

# 千葉市地震被害想定調査

## 報 告 書

平成 29 年 3 月

千 葉 市



## 目 次

	頁
第 1 章 調査概要.....	1
第 1 背景.....	1
第 2 目的.....	2
第 3 基本的な考え方.....	2
第 4 被害想定単位.....	3
第 5 地震発生季節・時刻・風速.....	3
第 6 想定地震.....	3
第 7 調査内容.....	6
第 8 調査フロー.....	7
第 2 章 千葉市直下地震の断層モデルの設定.....	8
第 1 千葉市において想定すべき地震.....	8
第 2 千葉市直下地震の震源断層モデル.....	11
第 3 章 地盤モデルの作成.....	16
第 1 概要.....	16
第 2 深部地盤.....	20
第 3 浅部地盤.....	23
第 4 章 地震動.....	47
第 1 概要.....	47
第 2 深部地盤における地震動の計算（統計的グリーン関数法）.....	49
第 3 浅部地盤における地震動の計算（一次元等価線形法）.....	55
第 5 章 液状化.....	65
第 1 概要.....	65
第 2 予測手法.....	67
第 3 予測結果.....	75
第 6 章 急傾斜地崩壊.....	83
第 1 概要.....	83
第 2 予測手法.....	83
第 3 急傾斜地崩壊危険度予測.....	84
第 4 予測結果.....	87
第 7 章 建物被害.....	90
第 1 概要.....	90
第 2 建物現況データの整理.....	92
第 3 揺れによる建物被害.....	95

第4	液状化による建物被害.....	102
第5	急傾斜地崩壊による建物被害.....	108
第6	火災による建物被害.....	113
第7	建物被害（全体）の予測結果.....	126
第8章	人的被害.....	133
第1	概要.....	133
第2	人口動態基礎データの作成.....	136
第3	建物倒壊による人的被害.....	138
第4	屋内収容物の移動・転倒、屋内落下物及び屋内ガラス被害による人的被害.....	143
第5	急傾斜地崩壊による人的被害.....	151
第6	火災による人的被害.....	153
第7	ブロック塀・自動販売機の転倒による人的被害.....	159
第8	屋外落下物による人的被害.....	166
第9	人的被害の予測結果.....	169
第9章	ライフライン被害.....	175
第1	概要.....	175
第2	電力.....	176
第3	上水道.....	178
第4	下水道.....	181
第5	通信.....	184
第6	ガス.....	186
第10章	交通施設被害.....	188
第1	概要.....	188
第2	道路橋梁.....	189
第3	道路閉塞被害.....	193
第4	鉄道施設.....	196
第11章	生活への影響.....	199
第1	概要.....	199
第2	避難者数.....	200
第3	帰宅困難者.....	205
第12章	その他の被害.....	208
第1	概要.....	208
第2	震災廃棄物.....	209
第3	エレベーターへの閉じ込め.....	211
第4	経済被害.....	215
第13章	建物の耐震化等による被害軽減効果の推計.....	219

第 1	建物の耐震化.....	219
第 2	家具転倒防止対策.....	219
第 3	出火防止対策.....	220
第 1 4 章	災害シナリオの作成.....	221
第 1	シナリオの作成方法.....	221
第 2	シナリオの作成結果.....	222



## 第1章 調査概要

### 第1 背景

本市では、平成20年12月に東京湾北部地震(モーメントマグニチュード\*(以下「Mw」という。))7.3を想定した地震被害想定調査(以下「平成20年度調査」という。)を実施した(千葉市(2008)<sup>1)</sup>。これは、当時の中央防災会議及び千葉県の被害想定結果を踏まえ、千葉市に大きな被害を発生させる可能性が高い地震として想定対象としたものである。

この想定から8年が経過した。その間の平成23年に発生した東日本大震災においては東北地方太平洋岸を中心として津波などによる甚大な被害が発生し、千葉市内においても湾岸の埋立地をはじめとして液状化などによる大きな被害が発生した。

東日本大震災の教訓と新たな科学的知見を踏まえ、平成25年12月に内閣府(2013)<sup>2)</sup>は、南関東地域の被害想定対象地震として、首都直下のマグニチュード(以下「M」という。)7クラスの地震(首都直下地震)、南関東地域の活断層(立川断層他)、相模トラフ沿いのM8クラスの地震(大正関東地震タイプの地震\*)、津波避難の対象とする地震(延宝地震\*)などによる、震度、津波高を試算し、南関東地域で防災・減災対策等の検討対象とする地震・津波について整理した。従前に中央防災会議、千葉県及び本市で想定対象地震としていた東京湾北部地震については、大正関東地震の震源域が従来想定されていたよりも広く、東京湾北部地震の震源域を包含していたことから、近い将来に発生することは無いものとして想定対象から除外された。

中央防災会議は、M7クラスの首都直下地震のうち、被害が大きく首都中枢機能への影響が大きい都心南部直下地震\*を、防災・減災対策の対象としたほか、長期的な防災・減災対策の対象とする地震を「大正関東地震タイプの地震」、津波避難対策の対象とする地震を「延宝地震」とし、地震動・津波による被害を算出した。人的・物的被害量の算出は、都県単位又は地域一括とされ、地域の詳細な状況は検討されていない。

このため、千葉県では平成28年3月に首都直下地震として、市川市から千葉市を

---

\*モーメントマグニチュード(Mw)：地震そのものの大きさ(規模)を表すものさしのことを、「マグニチュード(M)」という。マグニチュードの小さい地震でも震源から近いと地面は大きく揺れ、反対にマグニチュードの大きい地震でも震源から遠いと地面は余り揺れない。マグニチュードが1増えると地震のエネルギーは約32倍に、マグニチュードが2増えると地震のエネルギーは約1,000倍に増える。モーメントマグニチュード(Mw)は、世界的に採用されているマグニチュードの一種であり、しっかりした理論の裏付けを持ち地震の規模を適切に表す量であるが、遠地地震の記録を用いる必要があるため地震発生後すぐには計算できない。なお、日本で一般的にマグニチュードという場合には気象庁マグニチュード(Mj)を指す場合が多いが、これは日本のみで採用されているマグニチュードである。

\*大正関東地震タイプの地震：大正12(1923)年に南関東地域で発生した巨大地震を大正関東地震(関東大震災)と呼ぶ。震源域である相模トラフ沿いではM8クラスの地震が周期的に発生しており、これらのタイプの地震を総称して「大正関東地震タイプの地震」と呼ぶ。

\*延宝地震：延宝5(1677)年に房総半島東方沖で発生したM8クラスの地震。揺れによる被害はほとんど確認されていないのに対し、津波による大きな被害が発生した。

\*都心南部直下地震：内閣府(2013)による首都直下地震のうちのひとつであり、震が関直下を震源とし、首都機能に大きな支障をきたすと想定されることから、被害想定の対象としている。

震源域とする「千葉県北西部直下地震（M7.3）」を想定した地震被害想定調査（以下「平成 26・27 年度県調査」という。）を実施し、市町村別の人的・物的被害量を算出した（千葉県（2016）<sup>3</sup>）。

これらの新たな知見を踏まえて、今回新たに千葉市直下地震の地震被害想定調査を実施し、今後の地震防災・減災対策の基礎資料とするものとする。

## 第 2 目的

本調査は、国・千葉県の地震被害想定から得られた最新の科学的知見などを踏まえて、千葉市直下地震について、地震動（地震による揺れの大きさ）や液状化危険度、人的・物的被害を予測するとともに、市民生活への影響を調査し、本市の地域防災計画の見直し及び地震防災・減災対策の基礎資料とすることを目的とする。

## 第 3 基本的な考え方

本調査は、千葉市全域（面積 271.77km<sup>2</sup>）を対象とした。

地震動予測手法及び被害予測手法など、近年の技術的發展や東日本大震災等の被害状況を踏まえ、高精度化された手法を用いて地震被害想定調査を実施した。本調査での基本的な考え方は以下のものである。

- ① 南関東地域における地震の規模や発生頻度を考慮して、近い将来（今後 30～100 年以内）に発生する可能性が高く、本市への影響が最も大きくなると想定される地震を対象として、地震動、液状化危険度及び人的・物的被害について予測を行った。
- ② 精度の高い調査結果を得るため、**地震波形\***の計算を行うなど可能な限り詳細な予測手法を採用した。
- ③ 地震による被害や市民生活への影響の全体像を明らかにするため、建物被害や人的被害だけでなく、ライフライン被害や交通施設被害、建物の耐震化等による被害軽減効果等についても幅広く調査を実施した。
- ④ 被害想定調査の結果を、今後の市及び市民の地震防災対策に活用するため、調査結果を、分かりやすさを考慮して、報告書及びハザードマップにまとめた。

---

\***地震波形**：計算地点における各時刻（例えば、1/100 秒ごと）の地震動の大きさを並べたデータ、及び、それを横軸に時刻、縦軸に地震動の大きさを取ったグラフに表したもの。

## 第4 被害想定単位

地震動算出及び被害予測などの解析を行う単位は、基本的に**50m 標準メッシュ\***(以下「50m メッシュ」という。)とし、項目によっては、町丁目、区又は線・点とする。

## 第5 地震発生の季節・時刻・風速

想定する地震発生の季節及び時刻は、市民の多様な生活行動が反映でき、被害予測が過小評価とならないように、季節と時刻については3 ケース(表 1.5-1)、地震火災の風速については2 ケース(表 1.5-2)を設定した。

表 1.5-1 季節と時刻の想定ケース一覧

No.	季節・時刻	想定ケースの説明
1	冬 5 時	多くの方が自宅におり、住宅被害による死傷者が最も多くなるケース
2	夏 12 時	多くの方が、通勤、通学で自宅を離れている、日中の平均的なケース
3	冬 18 時	火気の使用が一年中で最も多く、火災被害が最も多くなるケース

表 1.5-2 風速の想定ケース一覧

No.	風速	想定ケースの説明
1	4m 毎秒 (s)	平均的な風速のケース(千葉市の平成 22 年 1 月 1 日から平成 26 年 12 月 31 日までの 5 年間の平均風速)
2	8m 毎秒 (s)	強風のケース(千葉市の平成 22 年 1 月 1 日から平成 26 年 12 月 31 日までの 5 年間のうち、20 日に 1 日くらいの頻度で生じる平均風速に相当)

## 第6 想定地震

千葉市を含む南関東地域の直下及びその周辺地域で発生した過去の地震を整理すると(図 1.6-1)、M8 クラスの地震が 200~400 年おきに発生しており、過去には、元禄 16 (1703) 年元禄関東地震、大正 12 (1923) 年大正関東地震が発生している。また、これらの M8 クラスの地震の前には M7 クラスの地震が複数回発生している。大正関東地震から既に 93 年が経過しており、今後、次の M8 クラスの地震が発生するまでの間に、M7 クラスの地震が複数回発生する可能性が考えられる。これに対して、M8 クラスの地震については当面発生する確率は低いものの、今後 100 年先頃には発生の確

\*50m 標準メッシュ：全国の地域を緯度経度の値によって、経度 3 秒間隔(東西方向)、緯度 2 秒間隔(南北方向)に分割した領域を指す。昭和 48 年 7 月 12 日行政管理庁告示第 143 号により経度 1 度間隔(東西方向)、緯度 40 秒間隔(南北方向)に分割した領域が「標準メッシュ」として定められており、50m 標準メッシュは、これを東西、南北それぞれの方向に 20 分割したものである。一辺の長さは約 50m であるが、緯線の長さが場所によって異なるため、北半球では北に行くほどメッシュの面積は小さく、南に行くほど大きくなる。

率が高くなっていると考えられる。

想定地震については、南関東地域のどこでも、M7 クラスの直下地震が近い将来に起こる可能性があることを踏まえて、「千葉市直下地震 (M7.3)」とする。想定地震の詳細については、第2章で説明する。

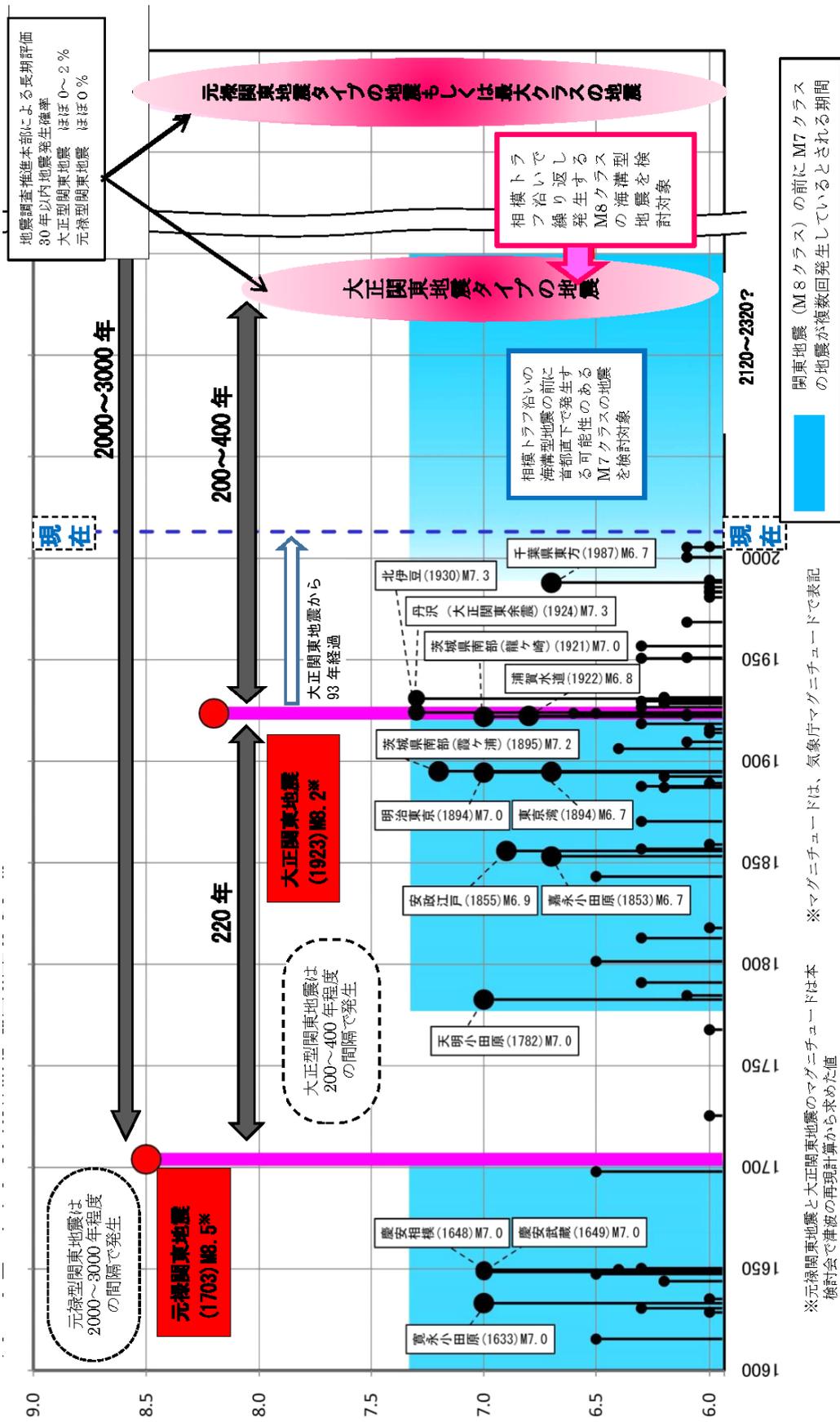


図 1.6-1 南関東地域で発生した地震 (中央防災会議 (2013a) <sup>4</sup>を一部修正)

## 第7 調査内容

今回の調査における主な被害予測項目と予測内容は表 1.7-1 のとおりである。

表 1.7-1 本調査の被害予測項目一覧表

種別	小項目	予測項目
揺れ・地盤被害	地震動	震度分布等
	液状化	液状化危険度、地盤の沈下量
	急傾斜地崩壊	急傾斜地崩壊危険度
建物被害・火災被害	揺れ	全壊・半壊棟数
	液状化	全壊・半壊棟数
	急傾斜地崩壊	全壊・半壊棟数
	出火・延焼	焼失棟数
人的被害	建物倒壊	死者数、重傷者数、軽傷者数
	屋内収容物移動・転倒、屋内落下物、屋内ガラス被害	死者数、重傷者数、軽傷者数
	急傾斜地崩壊	死者数、重傷者数、軽傷者数
	火災	死者数、重傷者数、軽傷者数
	ブロック塀・自動販売機の転倒、屋外落下物	死者数、重傷者数、軽傷者数
ライフライン被害	電力	停電軒数、停電率
	上水道	機能支障人口、機能支障率
	下水道	機能支障人口、機能支障率
	通信	機能支障回線数、機能支障回線率
	ガス	都市ガス機能支障戸数、機能支障率
交通施設被害	道路施設	道路橋梁被害数、道路閉塞率
	鉄道施設	不通区間及び復旧日数
生活への影響	避難者数	避難所避難者数、避難所外避難者数
	帰宅困難者数	主要駅周辺の帰宅困難者数
その他の被害	震災廃棄物	震災廃棄物発生量
	エレベータへの閉じ込め	エレベータへの閉じ込め発生台数
	直接経済被害予測	直接経済被害額
建物の耐震化等による被害軽減効果の推計	建物の耐震化等による被害軽減効果の推計	建物の耐震化、家具転倒防止対策、出火防止対策による建物被害・人的被害の軽減効果の推計
シナリオ	災害シナリオ	被害シナリオ及び対応シナリオ

## 第8 調査フロー

調査のフローを図 1.8-1 に示す。

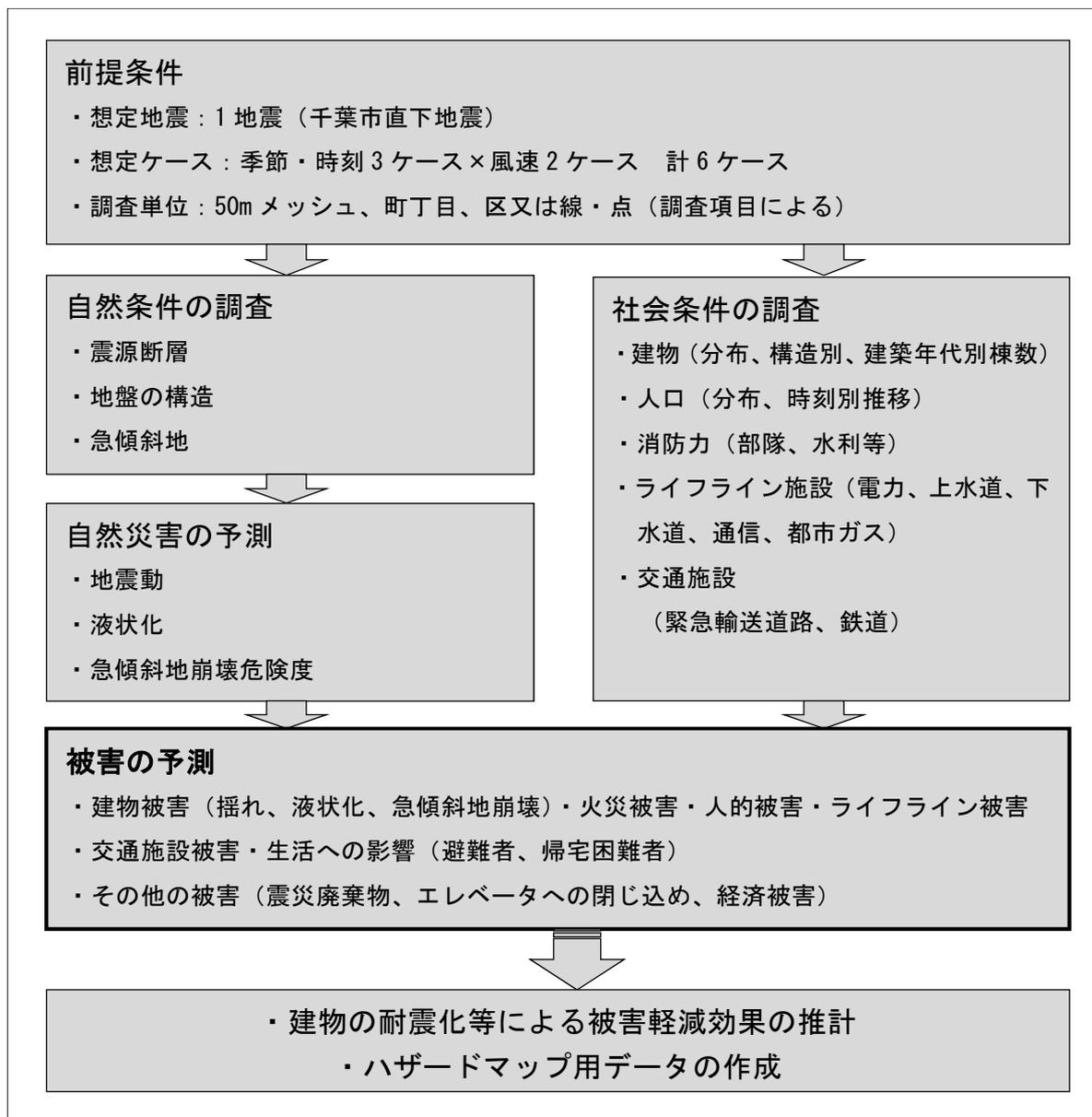


図 1.8-1 調査のフロー図

## 第2章 千葉市直下地震の断層モデルの設定

### 第1 千葉市において想定すべき地震

千葉市の位置する南関東地域は、北米プレート、フィリピン海プレート及び太平洋プレートの3つのプレート\*が交わって沈み込む地域である(図2.1-1)。このため、この地域ではプレートの境界面やプレートの内部で様々なタイプの地震(図2.1-2)が発生し、大きな被害を引き起こしてきた。

文部科学省の地震調査委員会(2004)<sup>5</sup>は、南関東地域でプレートの沈み込みに伴うM7程度の地震の発生確率を今後30年以内で70%程度であるとしている(地震調査委員会(2004, 2014))。また、内閣府は南関東地域では大正関東地震タイプのM8程度の地震の発生前に、沈み込むプレート内で発生するM7程度の地震(図2.1-2の③)の発生が頻発するとしている(2013)。

これらの地震の発生想定から、内閣府は、防災・減災対策の主眼を置く地震として都心南部直下地震(図2.1-3)について被害想定を実施した(2013)。また、平成26・27年度県調査ではプレート内で発生するM7程度の地震として、市川市～千葉市直下を震源域とする千葉県北西部直下地震(図2.1-3)について新たに被害想定を実施した(2016)。

これらのフィリピン海プレート内で発生するM7程度の地震については、発生する可能性の高い位置を特定することは困難であるため、内閣府や千葉県の想定においては、国や県に最も大きな被害をもたらすと考えられる位置に震源を設定して被害想定を実施している。内閣府の想定では南関東地方の主要都市直下に震源を置いたいくつかのケースを想定しており、そこでは震源域が千葉市の直下であり、千葉市で最も被害が大きくなるケース(千葉市直下地震)(図2.1-3)も検討されている。

一方、フィリピン海プレートと北米プレートの境界の地震(図2.1-2の②)においては、中央防災会議(2004)<sup>6</sup>や千葉県(2008)<sup>7</sup>において「東京湾北部地震」が想定されており、平成20年度調査においても、東京湾北部地震について検討している。しかしながら内閣府(2013)は、大正12(1923)年に発生したプレート境界地震である大正関東地震の震源域に、従来東京湾北部地震が発生すると想定されていた範囲が含まれるとしており、大正関東地震の際にひずみが解放されたと想定されることから、この範囲で近いうちに地震が発生する確率は低いとして検討から除外している。

---

\*プレート：プレートとは、地球の表面を覆っている十数枚の巨大な板状の岩盤で、それぞれが違う方向に年間数センチメートルの速度で動いている。千葉県付近では、陸のプレートである北米プレートの下に海のプレートであるフィリピン海プレートと太平洋プレートが引きずり込まれ、その力に耐えきれず跳ね上がろうとするとときに海溝型地震が発生する。

また、地殻内の浅い地震（図 2.1-2 の①）としては一般に「活断層\*」による地震が想定されるが、千葉県がこれまでに実施した活断層調査の結果では、千葉市内に活断層は確認されていない<sup>8</sup>。

これらの知見を踏まえて千葉市において想定すべき地震として、今回の調査ではフィリピン海プレート内の地震である「千葉市直下地震」を対象とすることとした。



図 2.1-1 関東周辺のプレート境界（内閣府（2013））

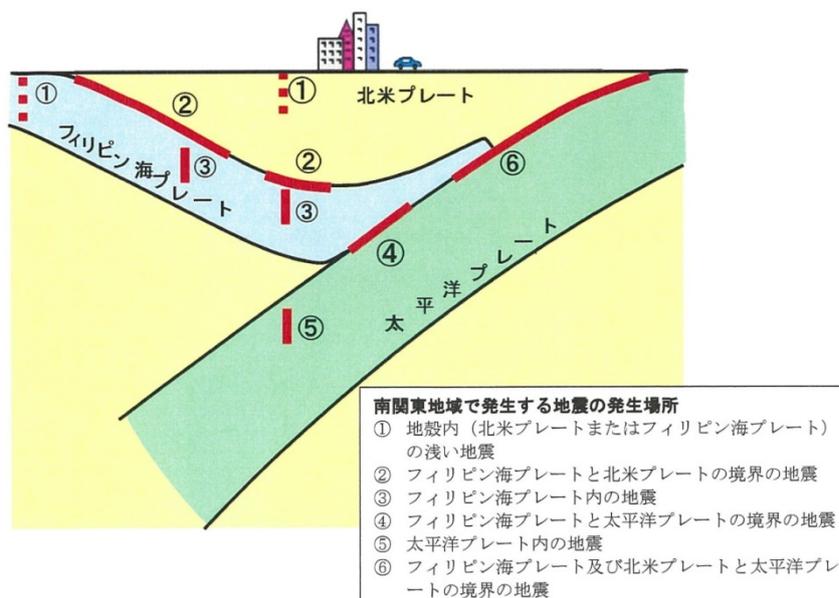


図 2.1-2 南関東地域で発生する地震のタイプ（内閣府（2013））

\*活断層：比較的最近（数 10 万年～ 200 万年）において地震を繰り返し発生させてきた断層であり、今後も地震を引き起こす可能性が高いと考えられる。地形図の判読やトレンチ調査（活断層と推定される領域でトレンチ（溝）を掘り、壁面の地層を観察する調査）などにより推定される。

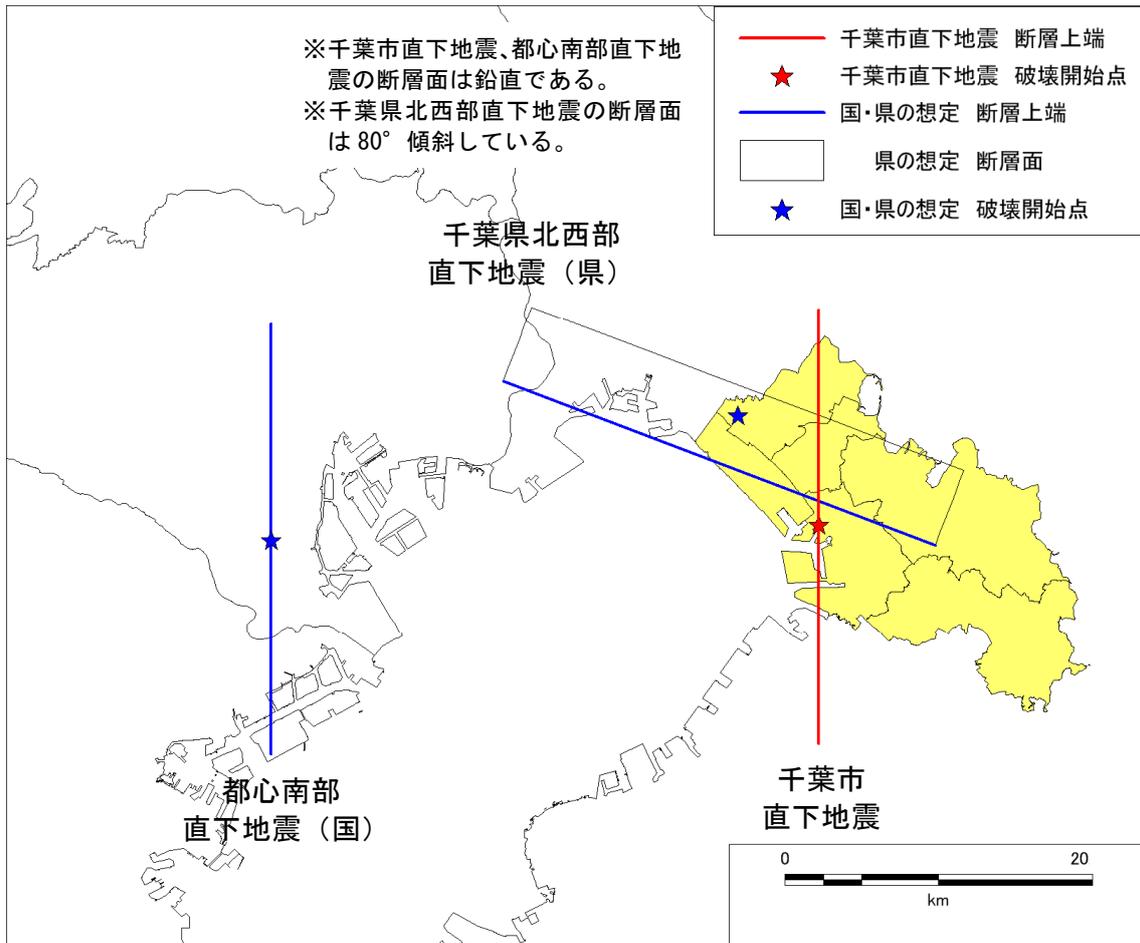


図 2.1-3 被害想定の対象とした地震

## 第2 千葉市直下地震の震源断層モデル

千葉市直下地震を想定した地震動の計算を行うため、震源断層のモデルとして、断層の位置、大きさ、規模等を設定した。

地震は、地下で岩盤がずれ動くことによって発生するエネルギーが地表まで伝わって生じる現象である(図 2.2-1)。このような岩盤のずれが生じた範囲を断層面と呼び、地震を発生させる断層を震源断層と呼ぶ。断層モデルは、実際には複雑な形状をしている断層面の形状を長方形の面として単純化することにより表現される。

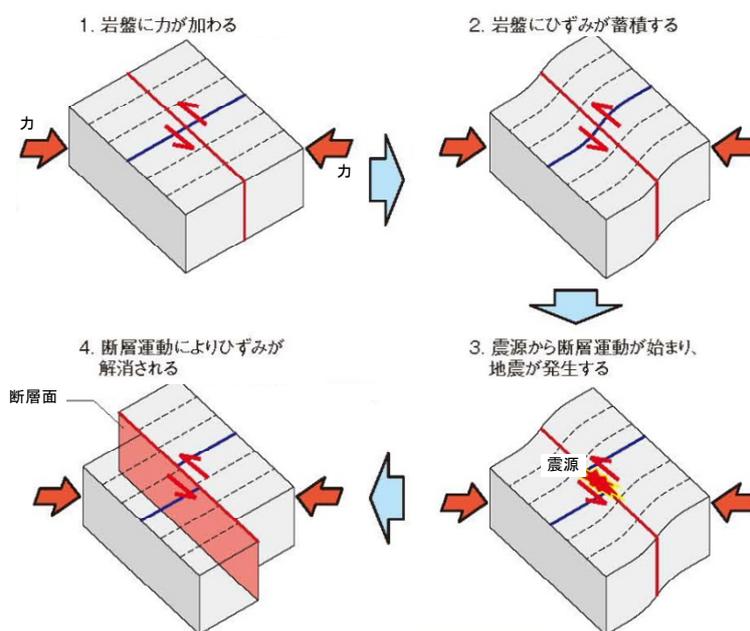


図 2.2-1 地震が発生するメカニズムのイメージ  
(出典：地震調査研究推進本部 HP<sup>9</sup>を修正)

断層モデルのイメージを図 2.2-2 に示す。水色の平行四辺形で示されているのが断層面である。断層モデルを数式で扱うために、断層の位置、大きさ、向きなどを表現する断層パラメータ(変数)が設定される。大きくは、断層面の位置(原点緯度、原点経度、深さ)、大きさ(長さ  $L$ 、幅  $W$ )と向き(走向  $\theta$ 、傾斜角  $\delta$ )及び断層面上でもすべり量\* ( $D$ )と向き(すべり角\*  $\lambda$ )の6種類がある。

実際の地震においては断層面が一様に動くのではなく、ある地点から破壊が発生し、時間差をもって断層面上を破壊が伝播していくと考えられている。また、破壊の際に

\*すべり量：断層運動により断層面間が相対的にどれだけ移動したかを表す量。

\*すべり角：断層運動により断層面間が相対的に移動した方向。横ずれは  $0^\circ$  とする。

生じるエネルギーの大きさも断層面内で様ではなく、相対的に大きなエネルギーを発生させやすい範囲があると考えられている。

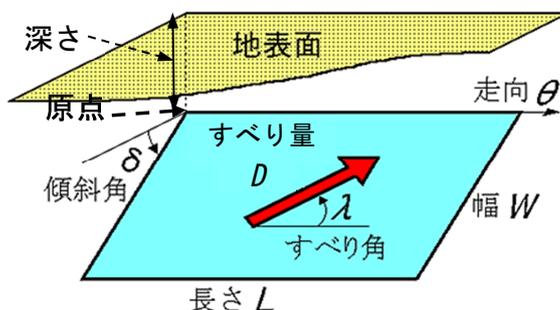


図 2.2-2 断層モデルのイメージ及び断層パラメータの定義  
(防災科学技術研究所 HP<sup>10</sup>に加筆)

図 2.2-3 に、このような断層の破壊過程を考慮した断層モデルのイメージを示す。断層面をいくつか（例えば  $7 \times 7$ ）の小領域（要素断層）に分割し、破壊が始まる要素の中心点を「破壊開始点\*」とする。また、相対的に大きなエネルギーを発生させる領域を「SMGA\*」（Strong-motion Pulse Generation Areas：「強震動生成域」）、それ以外の領域を「背景領域\*」として区別する。

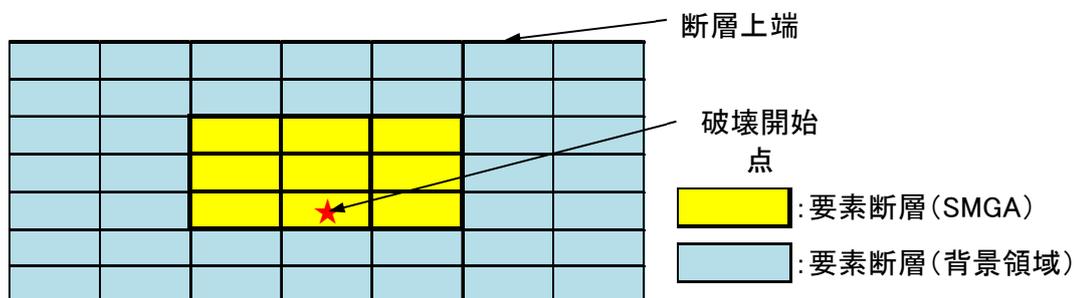


図 2.2-3 破壊過程を考慮した断層モデルのイメージ

今回の検討では、このような断層の破壊過程を考慮した詳細な手法により地震動の計算を行う（第 4 章参照）。

千葉市直下地震の震源断層位置図を図 2.2.4~5 に、断層パラメータを表 2.2-1 に示した。震源断層の位置及び断層パラメータについては、内閣府（2013）の首都直下地

\*破壊開始点：断層面の中で最初に破壊が始まる位置であり、順次隣接する要素断層を破壊が伝播する。  
\*強震動生成域（SMGA）：断層面の中で特に強い地震波（強震動）を発生させる領域のことを「強震動生成域（SMGA）」という。従来は「アスペリティ」と呼ばれていたが、この言葉は強い強震動を発生させる領域と断層すべりの大きな領域の両方を示す用語であり、東北地方太平洋沖地震の詳細な調査の結果、両者は必ずしも一致しない場合があるため、強震動生成域と呼ばれるようになった。（内閣府（2013a））  
\*背景領域：断層面の中で強震動生成域（SMGA）以外の領域。

震被害想定における千葉市直下地震のモデルを基に設定した。内閣府のモデルは、千葉市への影響が最も大きくなるように、震源断層の中心が千葉市役所の直下となるように設定されている。

断層の深さは、プレート内地震としては最も浅くなるよう、断層上面がプレート境界に一致するように設定した（約 30km）。断層の走向は南北方向とし、断層のすべり角（ずれの方向）は  $0^{\circ}$  とした。すなわち、断層面を境界に東側（山側）が北へ、西側（海側）が南へと動くモデルである。また、全断層面積のうちの 16.7%を SMGA とし、破壊開始点は SMGA の下端中央に設定した。

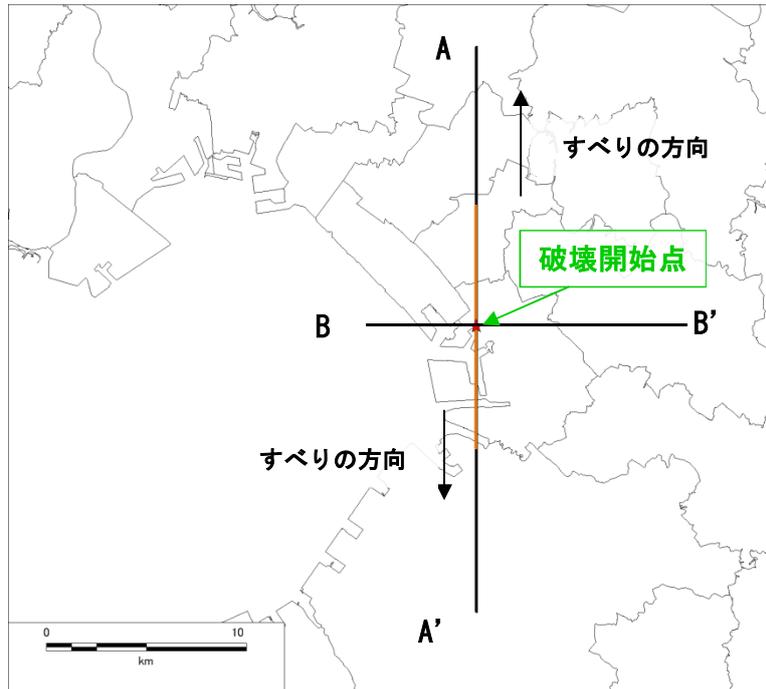


図 2.2-4 千葉市直下地震の震源域の位置及び破壊開始点  
—背景領域 —SMGA

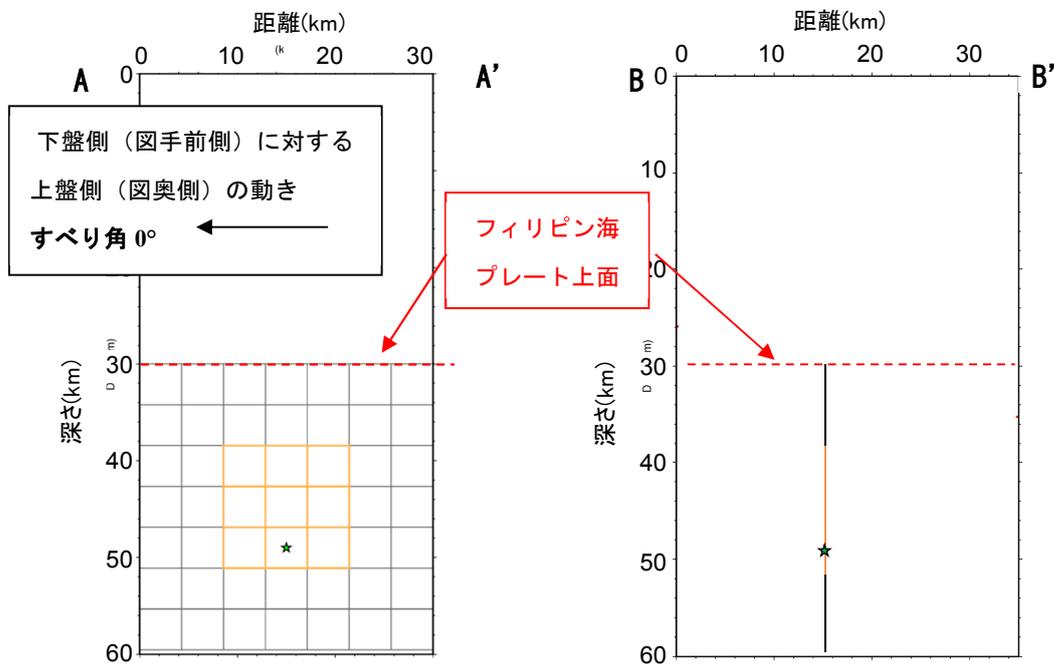


図 2.2-5 断面図とすべり角 —背景領域 —SMGA

表 2.2-1 千葉市直下地震の断層パラメータ

項目		数値	備考
断層 全体	原点緯度	35.604° N	
	原点経度	140.108° E	
	面積 $S$	900 km <sup>2</sup>	岩田・浅野 (2010) <sup>11</sup>
	平均応力降下量 $\Delta\sigma^*$	10.3 MPa	面積と地震モーメントの関係 $\Delta\sigma = 7/16 \times M_0 / (S/\pi)^{3/2}$ より
	平均すべり量 $D$	2.5 m	
	地震モーメント $M_0^*$	1.1E+20 Nm	岩田・浅野 (2010)
	モーメントマグニチュード $M_w$	7.3	
	長さ $L$	28.1 km	
	幅 $W$	32.1 km	
	走向	0°	南—北
	深さ	29.7 km	
	傾斜	90°	
	すべり角	0°	横ずれ
SMGA	応力パラメータ*	62	岩田・浅野 (2010)
	面積 $S_s$	150 km <sup>2</sup>	
	面積比*	16.7%	
	平均すべり量	5.1 m	断層全体の平均すべり量の2倍とした
	地震モーメント $M_{0s}$	3.5E+19 Nm	$M_{0s} = \mu DS$
	モーメントマグニチュード $M_{ws}$	7.0	$\Delta\sigma \times S/S_s$
	深さ	37.85 km	
その他	破壊伝播速度*	2.9 km/s	
	$f_{max}^*$	6 Hz	
	剛性率*	4.6E+10 N/m <sup>2</sup>	

※内閣府 (2013) による

\*平均応力降下量：岩盤に力が加わるとひずみの発生により岩盤内の応力（物体内部に発生する力の大きさ）が増加し、断層運動により地震が発生すると岩盤内のひずみが解消され、応力が減少する（図 2.2-1）。このひずみが解消されたときに応力が減少する大きさを応力降下量といい、断層面内全体の平均的な値として平均応力降下量を定義する。単位は圧力の大きさを表す MPa（メガパスカル）。

\*地震モーメント  $M_0$ ：地震の大きさを表す指標の一つで、断層運動の力のモーメント（エネルギー）を表す。単位はエネルギーの大きさを表す Nm（ニュートンメートル）。

\*応力パラメータ：地震の規模と周波数特性から定義される、地震の特性を表す量。

\*面積比：断層全体の面積に対する SMGA の面積の比。

\*破壊伝播速度：断層面内を破壊が伝わっていく速度。一般的には、地震波が地盤を伝わる速度より遅い（7割程度）。

\* $f_{max}$ ：高周波遮断周波数。地震動の検討において、どの程度の大きさの周波数までを考慮するかを表す量。単位は周波数の大きさを表す Hz（ヘルツ）。

\*剛性率：岩盤のひずみによる変形のしにくさを表す量。単位は圧力の大きさを表す N/m<sup>2</sup>（ニュートン毎平方メートル）。

### 第3章 地盤モデルの作成

#### 第1 概要

これまでに述べたように、震源断層で発生した地震の揺れは、地盤を伝わる間に**増幅\***されて地表に達する。(図 3.1-1)

地震動の数値計算を行うためには、第2章で説明した震源断層のモデルに加えて、地盤構造を数値モデル化する必要がある。

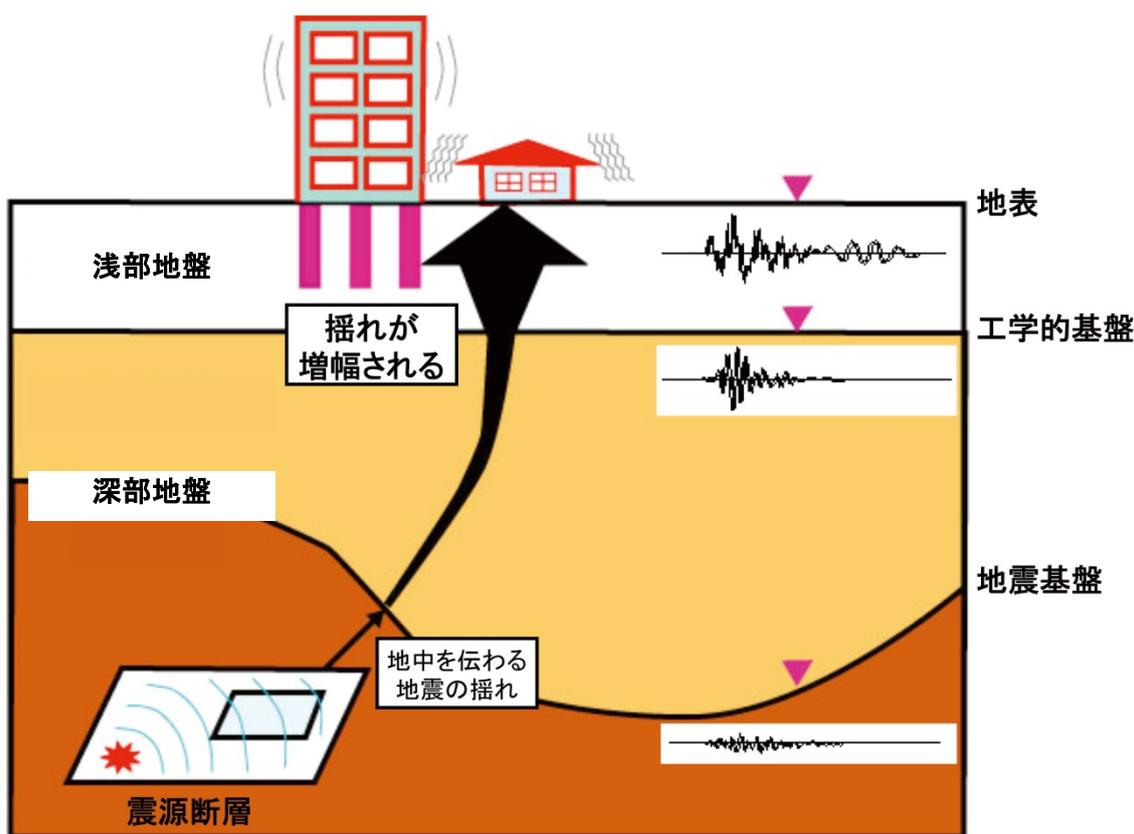


図 3.1-1 地盤の構造と地中を伝わる地震動の模式図

(出典：地震調査研究推進本部 HP)

地盤の構造は一般的に、水平方向の変化よりも鉛直方向の変化の方が大きい。このため、地盤構造をモデル化する際には、水平方向に連続した層構造(図 3.1-1)を仮定することが多い。このようなモデルを「層構造モデル」と呼ぶ。

特に、地震動を計算するための地盤モデルについては、「深部地盤」「浅部地盤」の2つに分けてモデル化することが一般的である。深部地盤と浅部地盤の一般的な特徴

\***増幅**：後述するように、地震波の伝わる速さが速い地盤よりも遅い地盤の方が揺れの増幅度が大きくなる性質がある。地盤内を地震波が伝わる速度は、部分的に例外はあるものの概ね浅い地盤ほど遅くなるため、震源断層付近の深い地盤から地表に地震波が伝わる間に揺れの大きさは増幅する。

は、以下のようにまとめられる（表 3.1-1）。

表 3.1-1 深部地盤と浅部地盤の一般的な特徴

項目	深部地盤	浅部地盤
定義	地震基盤*～工学的基盤*	工学的基盤～地表
地盤の硬さ	相対的に硬い	相対的に軟らかい
地震波の伝わる速さ	相対的に速い	相対的に遅い
P 波速度*	1,800～5,500m/s	1,800m/s 未満
S 波速度*	500～3,200m/s	500m/s 未満
揺れの増幅	増幅度は小さい	増幅度は大きい
非線形性*の有無	概ね線形*	浅くなるほど非線形性が大きい

これらの特徴のうち、地震動の計算のために重要な揺れの伝わりやすさの観点からすると、以下の特徴がある。

- ・ 深部地盤：相対的に硬く、揺れを増幅しにくく、地震波の伝わる速さは速い。
- ・ 浅部地盤：相対的に軟らかく、揺れを増幅しやすく、地震波の伝わる速さは遅い。

このため、地震動の計算のための数値モデルとしては、地盤の硬さとの相関が高い「密度\*」及び地震波の伝わる速度を表す「P 波速度」及び「S 波速度」に着目してモデルを作成するものとする。このような地震波の伝わる速度に着目したモデルは、「速度構造モデル」と呼ばれる。これ以外に、地震時や液状化発生時における浅部地盤の

\***地震基盤**：地盤の硬さが水平方向に概ね一定であり、地震動の増幅特性が均質であると想定される地盤のこと。この性質のため、地震基盤面上の地震動の大きさは地震のマグニチュードと震源距離で表すことが出来る。

\***工学的基盤**：通常地震基盤は非常に深い位置にあるため、地震基盤までの深さの地下構造に関する情報は少ない。そのため、地震動の評価を行う際には、地震基盤より浅い S 波速度 300～700m/s の地層を便宜的に「工学的基盤」とするという考え方がなされる。本調査では、S 波速度 500m/s の地層を工学的基盤とする。

\***P 波速度**：地震波にはいくつかの種類があるが、地盤の中を実際に伝わる波を実体波という。実体波には、二種類の波があり、このうち振幅が小さく、先に伝わっていく波を P 波という。地震が起きた時に、最初にカタカタとした縦揺れを感じる人が多いが、これが P 波による揺れである。P 波が地盤を伝わる速さを P 波速度（単位：m/s）と呼ぶ。

\***S 波速度**：二種類の実体波のうち、振幅が大きく、後から伝わっていく波を S 波という。地震が起きた時に、P 波に続いてユサユサとした横揺れを感じる人が多いが、これが S 波による揺れである。S 波が地盤を伝わる速さを S 波速度（単位：m/s）と呼ぶ。

\***非線形性**：一般的に金属などの硬質な物質内を揺れが伝わる場合には、入力大きさに比例して揺れが増幅するが、このような性質を線形性という。これに対して、地盤などの軟らかい物質内を揺れが伝わる場合、特に入力大きい場合には、入力と増幅の大きさは比例するとは限らない。このような性質を、地盤の非線形性という。

\***線形**：入力大きさに比例して揺れが増幅するような性質。

\***密度**：単位体積当たりの質量。単位は g/cm<sup>3</sup>。

特性を推定するために、「土質区分\*」「N値\*」「地質区分\*」などに着目したモデルを作成する。このように土質区分などに着目したモデルは「土質構造モデル」と呼ばれ、これらを総称して「地盤モデル」と呼ぶ。

本調査で用いる地盤モデルは、平成26・27年度県調査で作成されたモデルを基にした。このモデルでは、土質構造や速度構造に着目して浅部地盤については1m間隔で、深部地盤については16層に区分している。本調査における地盤モデルの概要を表3.1-2に示した。

速度構造モデルの作成のための基礎資料としては、研究機関による弾性波探査\*など直接的に深い地盤のP波、S波速度を探査した結果に加えて、地質学的な考え方に基づいた地層の分布に関する資料や、建物の建築のために実施したボーリング調査のデータなどを使用している。表3.1-2には浅部地盤、深部地盤に対応する地質区分も併せて示している。地質区分については、浅部地盤に関する節で詳しく述べる。

---

\***土質区分**：地盤を構成する材料について、土の特性に着目した分類。本調査では、土の粒度（土を構成する粒子の大きさ）に着目して、粒度の大きい順に「礫」「砂」「シルト」「粘土」に区分している。その他に、「埋立土（埋立地の造成に用いられた土）」「腐植土（木の葉等が腐食してできた土）」「ローム（火山灰から構成される土）」などを区分している。

\***N値**：地盤の硬さを表す指標で、標準貫入試験により測定される。通常深さ1mおきに測定される。ボーリング調査の際に必ず測定されることから、地盤に関する色々な物性値を推定する式によく利用される。FL値の計算のためには、地盤の深さや粒子の大きさの影響を除去するために、N値の補正(N1、Na)も行う。

\***地質区分**：地盤を構成する材料について、その地盤が形成された地質時代に着目して分類した区分。

\***弾性波探査**：人工的に地震を発生させて、地震波の伝わる速度を地表に設置した多数の地震計で測定することにより、地中の速度構造を推定する手法。

表 3.1-2 本調査における地盤モデルの概要

	千葉市内でのおよその深さ(m)	境界面の名称	地質区分			S波速度(m/s)	モデル作成手法	設定した物性値				
			埋立地	台地				土質	速度	密度	N値	動的
				低地	高地							
浅部地盤	0~10	埋立土層基底面	埋立土層	-	100~150	ボーリングデータを基に1m	○	○	○	○		
	0~50	沖積層基底面	沖積層	-	100~200	ごとに土質区分をモデル化し、速度に換算	○	○	○	○		
	0~50	N値50相当面*	下総層群上部		150~300		○	○	○	○		
			下総層群下部		300	千葉県水理地質図等から下端深さを決め、既存のPS検層*を基に速度を決定		○	○			
深部地盤	0~310	下総層群基底面	上総層群		400			○	○			
	50~360	工学的基盤			400			○	○			
	2,300~4,500	地震基盤	上総層群~先第三紀層		500~2,900	既存の弾性波探査結果を基に16層に区分し、それぞれの速度を決定		○	○			
			地殻最上部		3,200			○	○			

※設定した物性値の内容は、以下のとおり。

土質：土質区分で、「粘土」「砂」「砂土」など、地盤の土質特性に着目した区分。

速度：速度区分で、地震波（P波、S波）の伝わる速さ。

密度：地盤の密度。

N値：ボーリング孔内における標準貫入試験\*によって測定される地盤の硬さを示す値。

動的：動的変形特性曲線で、地震時に地盤の特性がどのように変化するかを表す曲線。

\*N値50相当面：建築物の杭基礎の支持層となる、ある程度の硬さ（N値が50以上）を持った地盤のこと。県内の台地部では地表から数10m程度、平野部では数10~数100m程度の深さである。通常ボーリング調査はN値50相当面まで実施されるため、N値50相当面については詳しいモデル化が可能である。このため、N値50相当面を以て深さと区分して解析することがよく行われる。建築分野等においてはN値50相当面のことを工学的基盤面と称することも多い。

\*PS検層：ボーリング孔内において地盤の弾性波速度を測定する試験。P波速度とS波速度を測定することから、PS検層と呼ばれる。

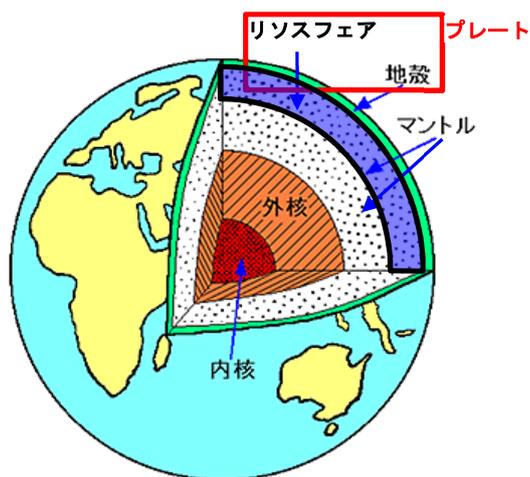
\*物性値：地盤の持っている性質をある尺度で表した値。

\*標準貫入試験：ボーリング調査時に実施される、地盤の硬さを示すN値を測定するための試験。ボーリング孔内に挿入した中空の金属筒（サンプラー）を先端に付けたロッド（金属の棒）の上端を、重さ63.5kgのハンマーを76cmの高さから自由落下させることにより打撃し、サンプラーを30cm貫入させるために必要な打撃回数を測定する。

## 第2 深部地盤

深部地盤は、地震基盤（S波速度が3,200m/s以上となる地殻\*最上部層）から工学的基盤（S波速度500m/s以上となる地盤）までを指す。深部地盤の構造は、千葉市域だけでなく、想定地震の震源域を含む広い範囲についてカバーするモデルを作成する必要があり、最新の知見を反映させることが望ましい。本調査では、S波速度500m/sまでの深部地盤について、平成26・27年度県調査でも採用されている首都直下地震モデル検討会（内閣府（2013））によるモデルを採用した（表3.2-1）。

本調査における深部地盤モデルは、工学的基盤～地震基盤までを16層に分割し、それぞれの層についてP波速度、S波速度、密度を設定している（表3.2-1）。そして、**250mメッシュ\***の中心点における各層の上端の深さを設定した。いくつかの代表的な層の上端深さの分布を図3.2-1に示した。



\***地殻**：地殻とは、地球を構成する地殻、マントル、外核、内核の4層のうち、最も表層に位置し、最も固い層である。地殻の厚さは大陸部で約30～40km、海洋で約6kmである。地殻の下位に位置するマントルの上層部の比較的固い部分をリソスフェア（岩石圏）と呼び、地殻とリソスフェアを合わせたものがプレートである。

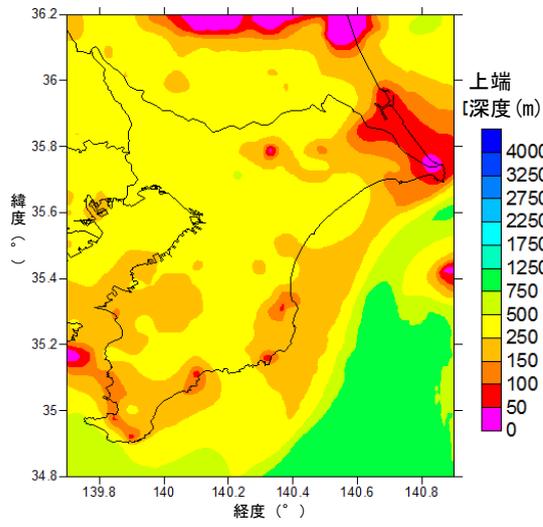
（右）竹内均「地球の科学」NHK ブックスに加筆

\***250mメッシュ**：全国の地域を緯度経度の値によって、経度11.25秒間隔（東西方向）、緯度7.5秒間隔（南北方向）に分割した領域を指す。昭和48年7月12日行政管理庁告示第143号により「標準メッシュ」として定められており、250mメッシュの正式な名称は「4分の1地域メッシュ」である。一辺の長さは約250mであるが、緯線の長さが場所によって異なるため、北半球では北に行くほどメッシュの面積は小さく、南に行くほど大きくなる。

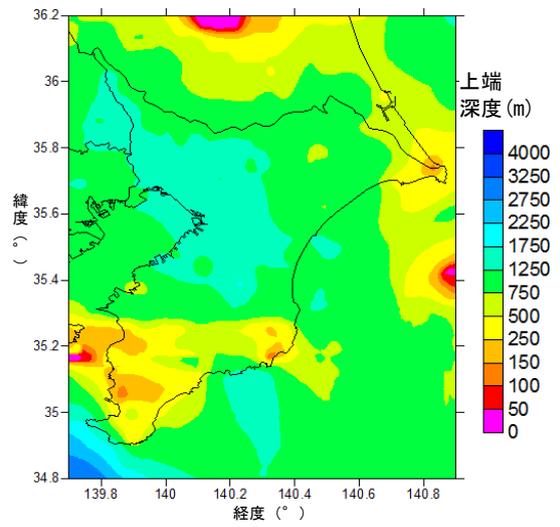
表 3.2-1 深部地盤モデルの速度層の一覧（内閣府（2013））

境界面		P 波速度 (m/s)	S 波速度 (m/s)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )
工学的基盤	浅部地盤			
	第 1 層	1,800	500	1.95
	第 2 層	2,000	600	2.00
	第 3 層	2,100	700	2.05
	第 4 層	2,200	800	2.07
	第 5 層	2,300	900	2.10
	第 6 層	2,400	1,000	2.15
	第 7 層	2,500	1,100	2.15
	第 8 層	2,700	1,300	2.20
	第 9 層	3,000	1,500	2.25
	第 10 層	3,200	1,700	2.30
	第 11 層	3,600	1,800	2.35
	第 12 層	3,700	1,900	2.35
	第 13 層	3,500	2,000	2.45
	第 14 層	4,200	2,400	2.45
地震基盤	第 15 層	5,000	2,900	2.60
	第 16 層	5,500	3,200	2.65

S波速度 900m/s 層 (第5層)



S波速度 1,500m/s 層 (第9層)



S波速度 3,200m/s 層 (第16層)

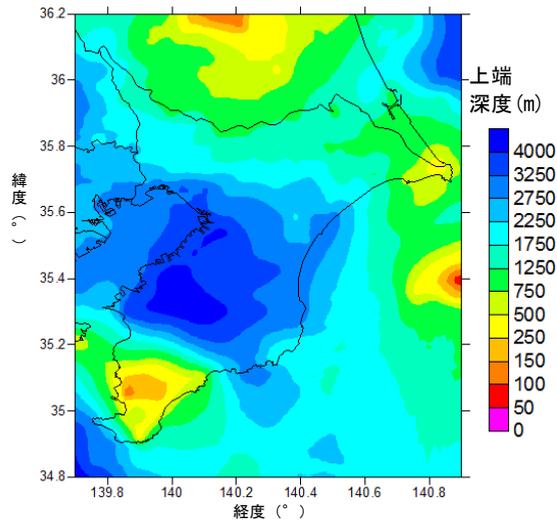


図 3.2-1 深部地盤の代表的な速度層の上端深度の分布 (千葉県 (2016))

### 第3 浅部地盤

浅部地盤は、工学的基盤面（S波速度 500m/s 以上となる地盤）から地表までの地盤をいう。浅部地盤の構造は、特に短周期地震動の大きさに影響し、震度、液状化被害、建物被害等の想定に重要である。

浅部地盤は、第四紀と呼ばれる地質時代に形成された地盤である。第四紀は約 260 万年前から始まる時代であり、氷期と間氷期の繰り返しにより様々な地層が形成されたことが判明している。このため、浅部地盤モデルの作成に当たっては、このような地層区分に着目することとする。

千葉市に分布する第四紀の地質層序\*を表 3.3-1 に示す。

表 3.3-1 関東平野に分布する第四紀の地質層序対比（木村ほか（2014）<sup>12)</sup>

赤枠：千葉市の地質層序 Ma：地質年代\*（1Ma：100 万年前） MIS：海洋酸素同位体ステージ\*

年代	Ma	段丘堆積物の統一名称 <sup>23)</sup>	段丘面	層群名 <sup>23)</sup>	大磯丘陵 <sup>23)</sup>	多摩丘陵・三浦半島 <sup>23), 24)</sup>	層群名	東京地域 <sup>24), 25), 26)</sup>	大宮台地 <sup>27), 28)</sup>	常陸台地 <sup>29)</sup>	下総台地 <sup>29)</sup>	MIS	
完新世	0.01		立川面									1	
後期更新世	0.14		三崎面		田名原・中津原段丘堆積物			立川段丘堆積物	立川段丘堆積物	桜川段丘堆積物	千葉Ⅱ段丘礫層	3	
		三崎M	小原台面		相模野段丘堆積物	三崎段丘堆積物		武蔵野段丘堆積物 M1, M2	武蔵野段丘堆積物	—	千葉Ⅰ段丘礫層	5.1	
中期更新世	0.73	小原台O	下末吉面	相模層群	吉沢層	下末吉層	下総層群	澁谷粘土層	常総粘土層	常総層	姉ヶ崎層、竜ヶ崎層、常総粘土層	5.3	
		下末吉S	多摩面		鶴見層、長尾層	東京層上部		木下層	木下層	木下層	5.5		
		多摩T-au			七岡峠層	—		—	—	横田層	7.1		
		多摩T-a			早田層	舞岡層、土橋層		東京層下部	清川層	清川層	清川層	7.3	
		多摩T-b			中井層	—		—	—	上泉層	上泉層	7.5	
		多摩T-c			古怒田層	オシ沼層		"江戸川層"	藪層	藪層	藪層	9	
		多摩T-d			雑色層	西根層							
		多摩T-e			鴨沢層	港南(上倉田)層		地蔵堂層	地蔵堂層	地蔵堂層	地蔵堂層	11	
					長沼不整合	屏風方浦層		—	—	—	—	笠森層	13
						長沼層		—	B2層	—	—	万田野層	15
						—		—	—	—	—	長南層	17
						—		—	江戸川層	C層	—	柿ノ木台層	19
前期更新世	2.6			上総層群	—	—	—	—	国本層	21			
				浜層、中里層、小柴層、大船層	—	—	—	—	梅ヶ瀬層	23			
				野島層、浦郷層	東久留米層	D層	—	—	大田代層	25-33			
鮮新世	5.1			—	北多摩層	—	—	—	黄和田層	35-61			
				—	—	—	—	—	大原層	63			
中新世	15				—	—	—	—	浪花層	65-67			
					—	—	—	—	勝浦層	69-81			
	23				安房層群								

\*地質層序：地層が重なる順序、及びそれを表にしたもの。

\*地質年代 (Ma)：地質学的手法で決定した年代。1Ma=100 万年。

\*海洋酸素同位体ステージ (MIS)：MIS とは、天然に存在する酸素同位体の比に基づいて分類した時代区分である。一般的な酸素 (<sup>16</sup>O) の分子量は 16 であるが、自然界には <sup>16</sup>O よりもわずかに重い分子量 17 (<sup>17</sup>O)、18 (<sup>18</sup>O) の酸素 (酸素同位体) が微量 (それぞれ 0.037%、0.204%) 存在する。<sup>18</sup>O 原子を含む水の方が <sup>16</sup>O 原子を含む水分子よりもわずかに凍りやすい特徴があるため、地層に含まれる酸素同位体の比を測定することにより当時の気候を推定し、MIS により時代を区分することができる。

以下に、浅部地盤モデルの作成に際して特徴づけられる地質層序について説明する。

- ① 下総層群下部：中期更新世（約 14~73 万年前）のうち、約 40 万年前以降の地層である（表 3.3-1）。このうち、地蔵堂層は MIS11（約 40 万年前）に堆積した地層であり、「下総層群\*」の最下位に位置する。千葉市域においては、S 波速度が 300~400m/s 程度であり、地蔵堂層の基底面から約 50m 下がった位置を、工学的基盤と想定している（千葉県（2016））。
- ② 下総層群上部：後期更新世（約 1.2~14 万年前）の地層である。このうち木下層は後期更新世の MIS5.5（約 14 万年前）に堆積した地層である。木下層の下位の横田層が千葉市域においては S 波速度が 300m/s 程度以上であり、標準貫入試験で N 値 50 以上が確認される比較的硬い地盤であることから、県内のボーリング調査は木下層の下端付近まで実施されていることが多い。千葉市域においては木下層の基底面を N 値 50 相当面としている（千葉県（2016））。
- ③ 沖積層：約 1.2 万年前の最終氷期最盛期以降（完新世）に堆積した地層である。S 波速度は 200m/s より小さいことが多い軟弱な地盤であり、地震の揺れを増幅させる地盤である。また、沖積層内の砂質土層はしばしば地震時に液状化を起こす。このため、沖積層の構造を詳細にモデル化することが、地震動予測のためには重要である。
- ④ 埋立土層：主に 1950 年代以降に東京湾岸における埋め立てにより浚渫された地盤である。浚渫土により構成される地盤は非常に軟弱であり、東日本大震災の際には美浜区を中心に大きな被害をもたらした。

本調査では、浅部地盤モデルとして平成 26・27 年度県調査で作成された 50m メッシュ地盤モデルを用いている。平成 26・27 年度県調査では、上述した地層境界に着目して、以下の手法で浅部地盤のモデル化を行っている（図 3.3-1）。

- 1) デジタル標高地図\*（5mDEM）及び土地条件図を基に、**低地\***と**台地\***の境界を区分する。沖積層の分布する範囲が低地であり、台地には沖積層は分布しないことから、この作業により沖積層の分布する範囲を抽出することになる。
- 2) 低地の範囲について、ボーリングデータを基に沖積層基底面（沖積層とその下位の

---

\***下総層群**：第四紀更新世中期から後期更新世に形成され、関東地方一円に分布する地層の名称。「地蔵堂層」、「藪層」、「上泉層」、「清川層」、「木下層」などで構成される。

\***デジタル標高地図（5mDEM）**：国土地理院から提供されている、標高の値を東西南北等間隔に整理したデータ。現在は東西南北 5m 間隔のデジタル標高地図（Digital Elevation Map）データが整備されている。

\***低地**：周囲と比べて標高の低い土地。

\***台地**：周囲と比べて標高が高いが、山地や丘陵よりは標高が低い土地。千葉市内には山地、丘陵は分布しない。

- 層との境界面)の深度分布を求める。沖積層基底面の深度分布については、木村ほか(2013)<sup>13</sup>などの方法により沖積層の成り立ちを考慮したモデル化を行った。
- 3) ボーリングデータ及びPS検層データを基に、木下層基底面及び下総層群(地蔵堂層)基底面の深度分布を求める。
  - 4) 木下層基底面以浅について、ボーリングデータを基に水平方向50mメッシュ、深さ方向1m間隔の土質区分のモデルを作成する。
  - 5) 作成した土質区分のモデルから、標準貫入試験によるN値とS波速度との関係式を用いて、速度構造のモデルを作成する。
  - 6) 木下層基底面以深について、PS検層の結果を用いて水平方向50mメッシュの速度構造のモデルを作成する。

千葉市内における50mメッシュのメッシュ数は、129,275メッシュである。  
 以下では、まず浅部地盤モデル作成に用いたボーリングデータについて述べる。  
 次に、先に述べた各地質層序の層境界面の設定方法について述べ、最後に各地質層序の速度構造及び土質構造の設定方法について述べる。

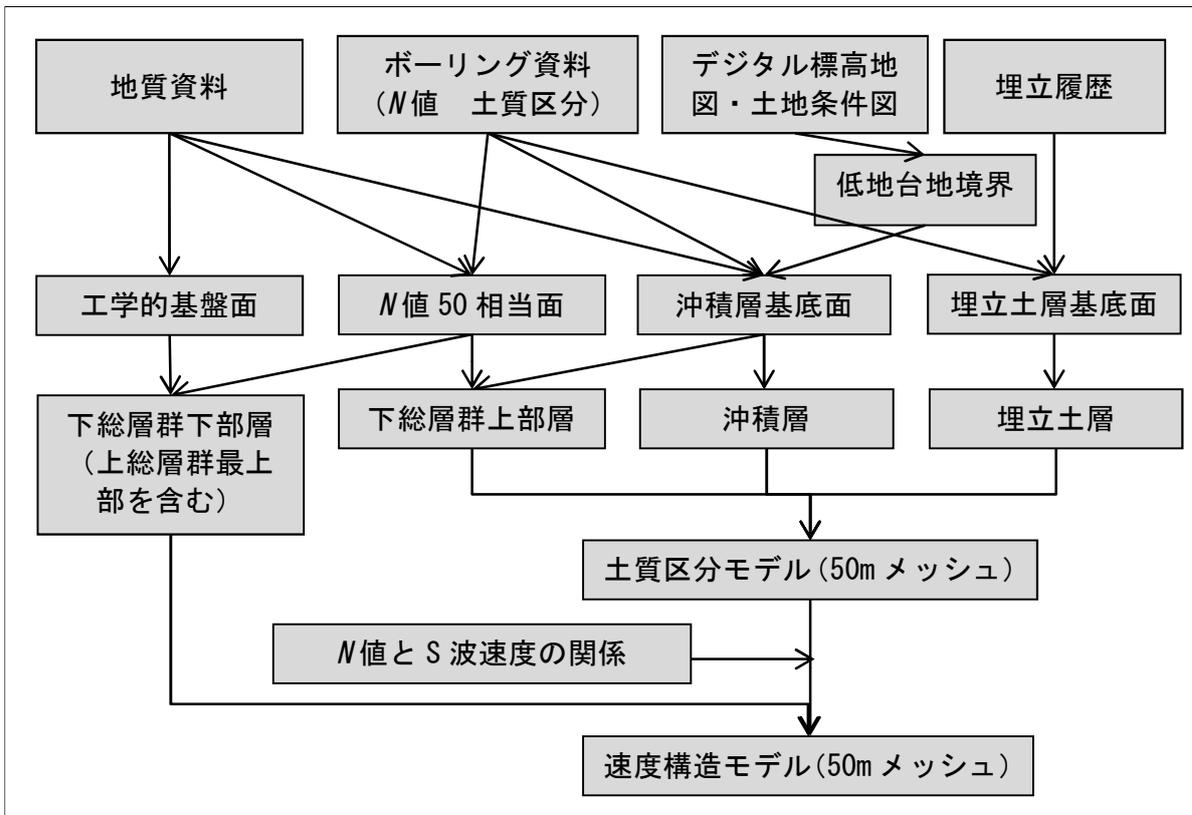


図 3.3-1 浅部地盤モデル作成のフロー図

## 1 使用したボーリングデータ

平成 26・27 年度県調査では、千葉市内で収集された 6,103 本のボーリングデータを使用して地盤モデルを作成している。今回の調査では、新たに 35 本のボーリングデータを追加し（計 6,138 本）、地盤モデルのチェックを行った。ボーリングデータの分布を図 3.3-2 に示す。

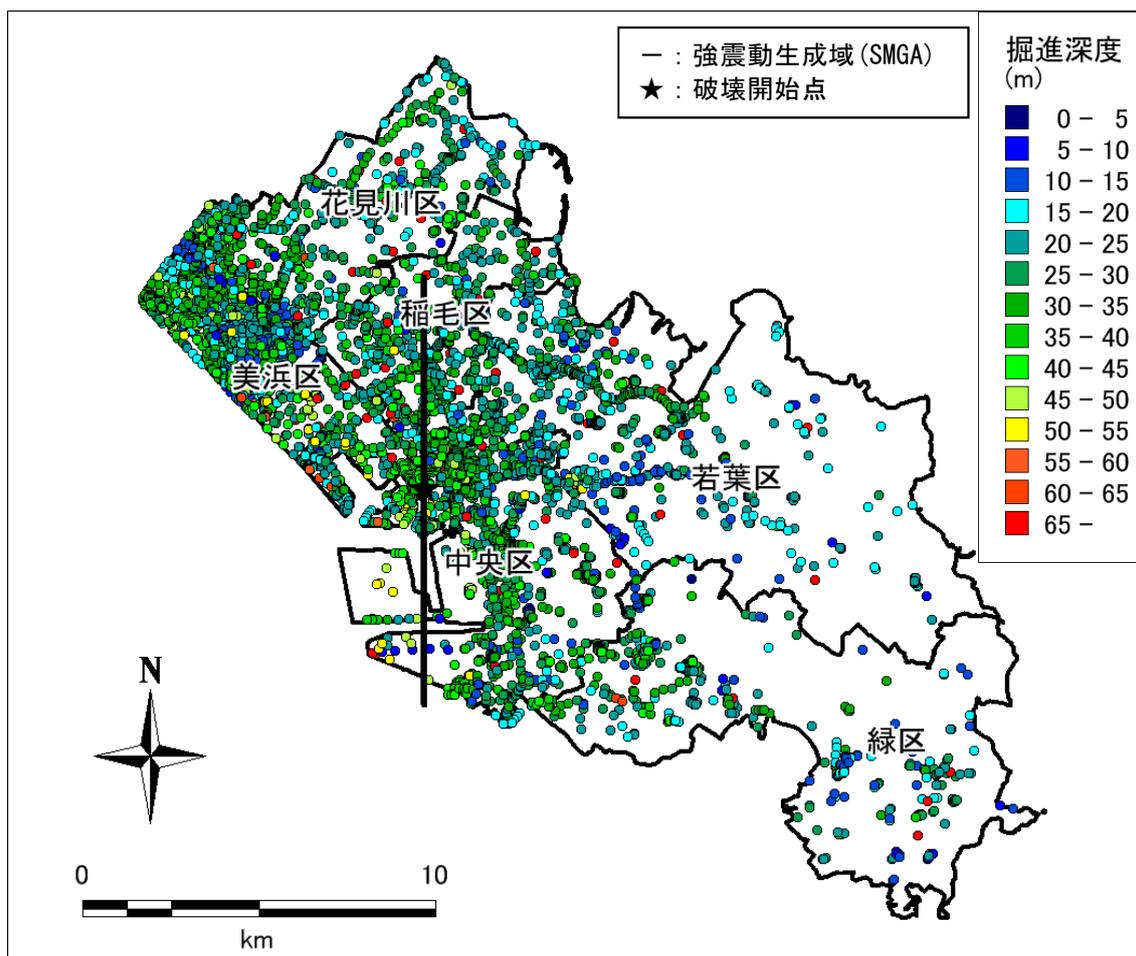


図 3.3-2 千葉市域のボーリングデータ分布図

## 2 地層境界面の設定

表 3.1-2 に示したとおり、浅部地盤については、埋立土層、沖積層、下総層群上部、下総層群下部（上総層群\*上部を含む）の 4 つに区分されている。これらの層の基底面をそれぞれ、埋立土層基底面、沖積層基底面、N 値 50 相当面、工学的基盤面として、それぞれの面の標高の分布は以下のように設定されている。

\*上総層群：第三紀鮮新世～第四紀更新世古期までに形成され、関東地方一円に分布する地層の名称。房総半島等の千葉県南部では広く地表に露頭しているが、千葉市域では下総層群の下位に位置し、関東地方の基盤をなしている。

### (1) 工学的基盤面（下総層群下部基底面）

工学的基盤面は深部地盤と浅部地盤との境界面である。

速度構造に着目すると、既に述べたように深部地盤の第1層のS波速度は500m/sであり（表3.2-1）、工学的基盤面を境にして深部地盤はS波速度 $\geq 500\text{m/s}$ 、浅部地盤はS波速度 $< 500\text{m/s}$ であるとされる。

地質層序に着目すると、工学的基盤面は概ね下総層群下部と上総層群の境界面に相当するとされる。ただし、防災科学技術研究所によるPS検層の結果<sup>14</sup>などによれば、上総層群の上端から深さ50m付近までは、S波速度が500m/sを下回るデータが多い。

このため、平成26・27年度県調査では、まず下総層群基底面（地蔵堂層基底面）について、中里・佐藤（2001）<sup>15</sup>及び千葉県水理地質図を参照してコンター\*を作成している。そのうえで、下総層群基底面の50m下を工学的基盤面として定義している。

工学的基盤面の標高分布を図3.3-3に示す。

### (2) N値50相当面（下総層群上部基底面）

N値は、ボーリング孔内において実施される標準貫入試験により、概ね深さ1m間隔で計測される地盤の硬さを表す指標である。ボーリング調査は、建築物の基礎（杭など）を支持するのに十分な硬さを持った地盤（支持層）の深さを確認するために実施されるが、N値が50を超える地盤が支持層の目安として用いられている。

速度構造に着目すると、N値50を超える地盤のS波速度は概ね300m/s以上である。

地質層序に着目すると、千葉市域では概ね下総層群上部と下総層群下部の境界面（下総層群上部基底面）以深でN値50を超えるとされ、平成26・27年度県調査では下総層群上部基底面をN値50相当面としている。

N値50相当面の標高の分布については、収集したボーリングデータのN値50となる深さの分布を基に、中里・佐藤（2001）を参考にして地質層序の境界面として滑らかな分布になるように設定している。

N値50相当面の標高分布を図3.3-4に示す。

---

\*コンター：地図上において、特定の量に着目した時に同じ値をとる点をつないで作成した線のこと。等高線等と呼ばれる。例えば、天気図において一定の気圧の範囲を示した線は等圧線と呼ばれ、コンターの一つである。

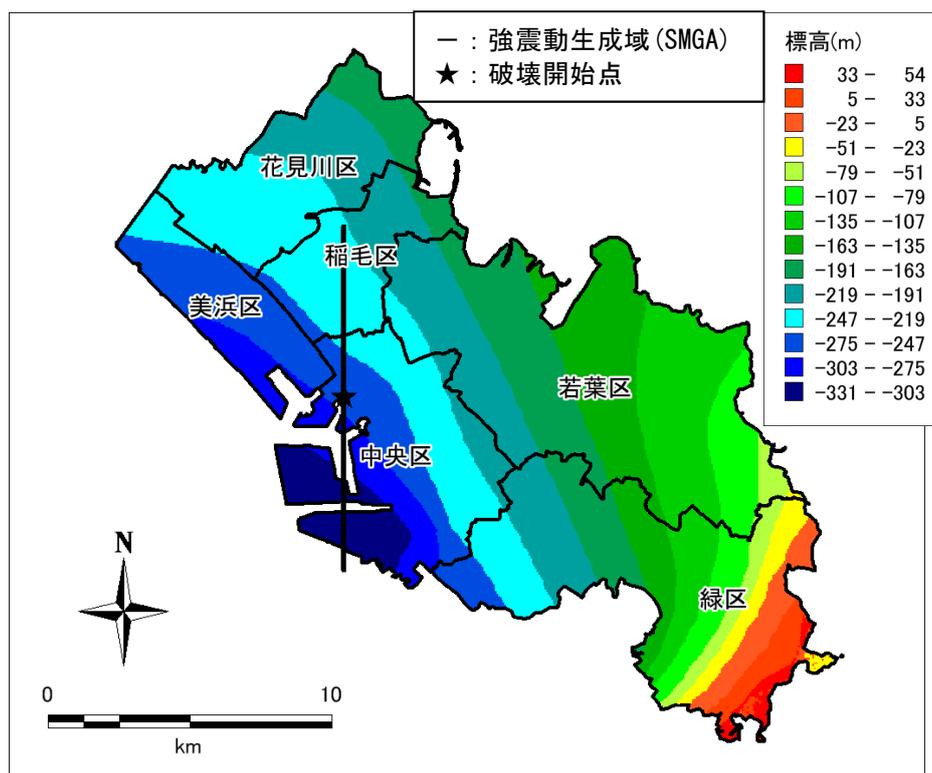


图 3.3-3 工学的基盤面標高分布图

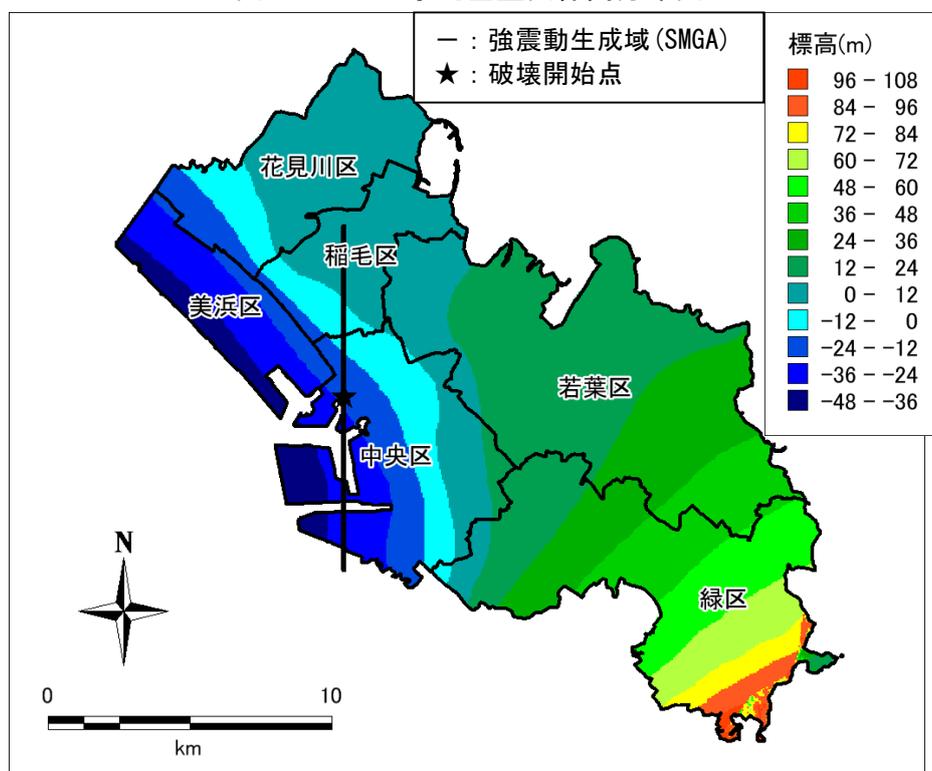


图 3.3-4 N值 50 相当面標高分布图

### (3) 沖積層基底面

沖積層は、約 1.2 万年前の最終氷期最盛期以降（完新世）に堆積した地層である。海面の高さ（海水準）は約 1.9 万年前には現在よりも 120～150m 低下していたが、その後の気候の温暖化により海水準は上昇を続け、約 6,500 年前には現在と比べて海面が 2～3m 高くなり、内陸まで海水が浸入した（縄文海進）。それ以降は気候の寒冷化もあり、現在の海水準となっている。この海進の時期に水面下であった範囲の海底に堆積した比較的軟弱な地盤によって沖積層は形成されている。

沖積層基底面は、このような沖積層の成り立ちにより約 6,500 年前以前当時の地形面を反映している。すなわち、当時に周囲よりも標高の低かった範囲に沖積層は堆積し、現在では低地を形成している。逆に、標高の高かった範囲には沖積層は分布せず、現在の台地を形成している。中でも、当時谷であった範囲では沖積層基底面の標高が低くなっている。このような地形は**埋没谷\***と呼ばれる。

これらをふまえて、沖積層基底面の標高の分布については、以下の手順で推定されている。

- ①低地と台地の境界の分布図を作成し、沖積層の分布域（＝低地）を把握する。
- ②ボーリングデータを基に、沖積層基底面の標高分布を推定する。その際、現在の谷地形の分布を参考にして、埋没谷の分布を推定する。

#### ア 低地・台地・埋立地の平面的分布

本市域における低地台地境界の分布を、後述する埋立地の範囲と併せて図 3.3-7 に示した。低地台地境界の分布については、国土地理院 5mDEM データを用いた**傾斜区分図\***（図 3.3-5）及び土地条件図（図 3.3-6）を参照している。

---

\***埋没谷**：過去には谷だったものの、その後の地形変動や埋め立てなどにより、地表面からは見えずに埋没した状態になっている地形のこと。千葉市内の湾岸部にはこのような埋没谷が多く分布している。台地部を開析して流れている小河川を始めとする谷地形は、湾岸の埋立地においても埋没谷として連続していることが多い。

\***傾斜区分図**：地盤の傾斜の大きさをランク分けした図面。

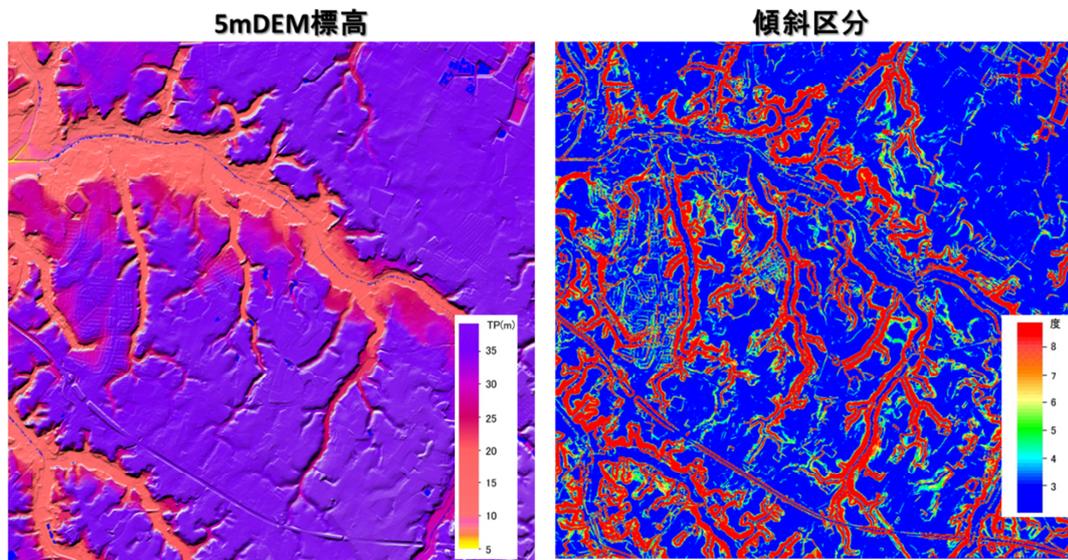


図 3.3-5 国土地理院 5mDEM の傾斜区分図

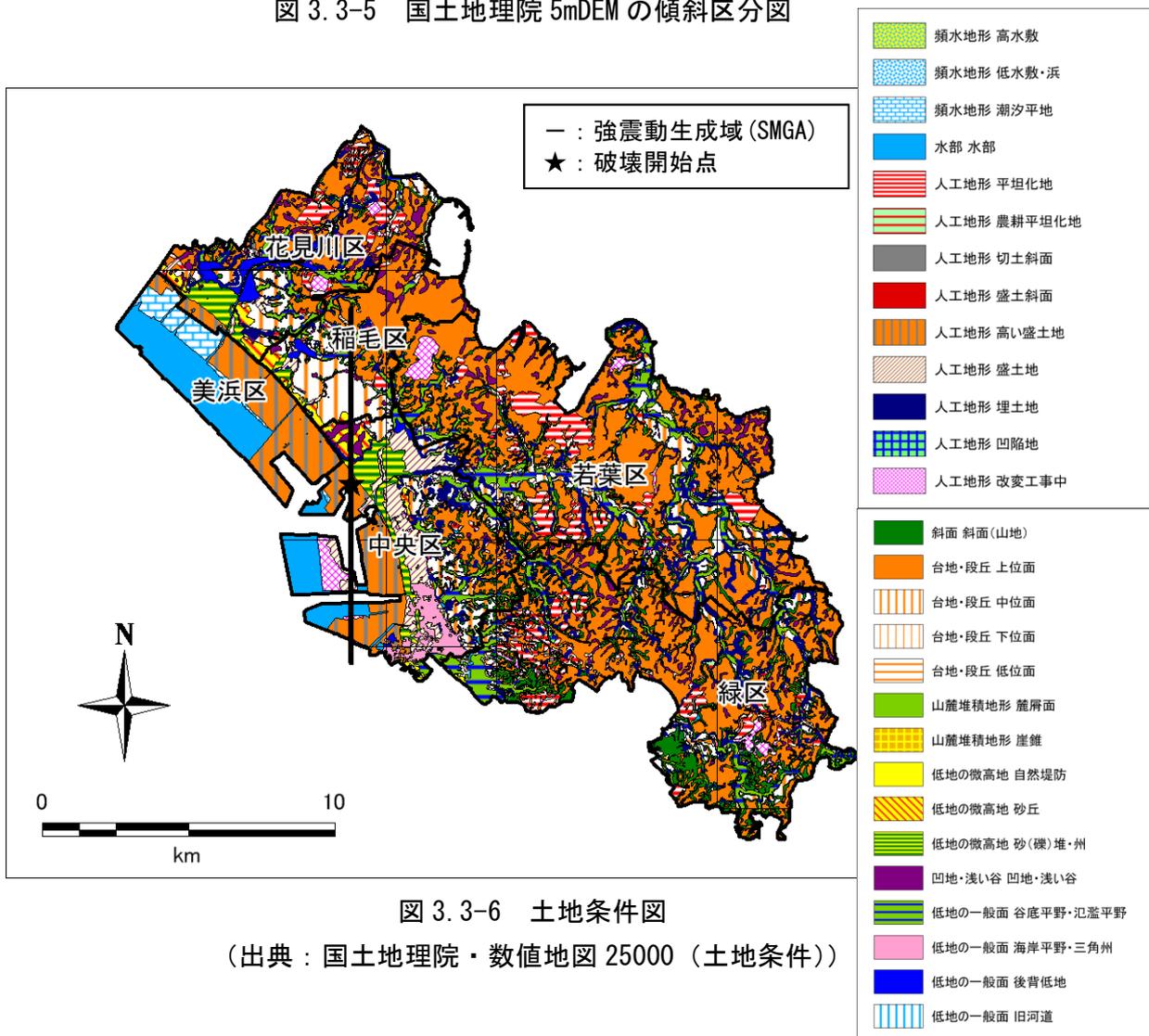


図 3.3-6 土地条件図

(出典：国土地理院・数値地図 25000 (土地条件))

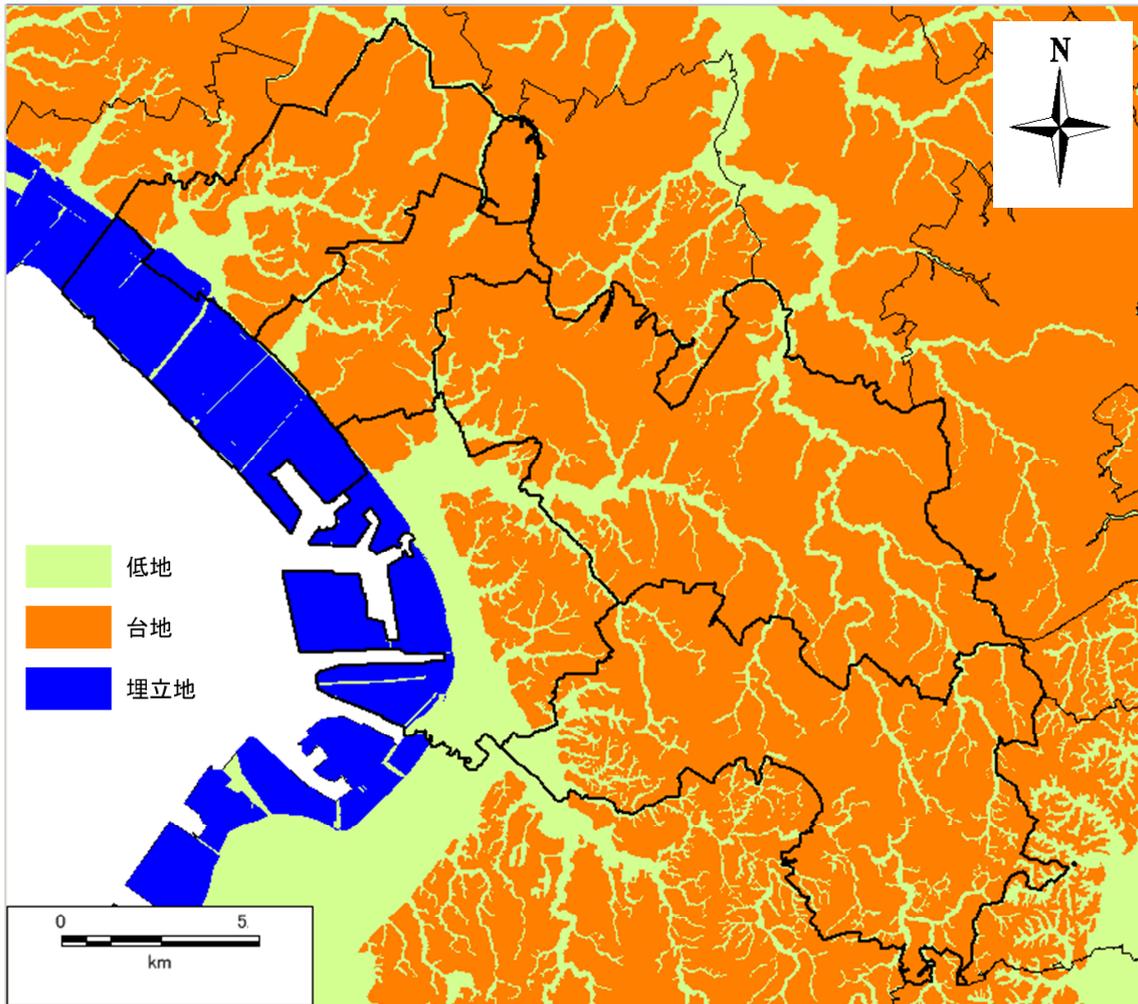


图 3.3-7 低地·台地·埋立地境界图（千葉県（2016））

### イ 沖積層基底面の分布

本市域における沖積層基底面標高分布図を図 3.3-8 に示した。沖積層基底面の分布については、ボーリングデータを参照して埋没谷の構造が考慮されている。また、埋没谷を含む沖積層基底面の起伏を立体的に確認するために、上空からみた沖積層基底面標高の分布を図 3.3-9 に示した。

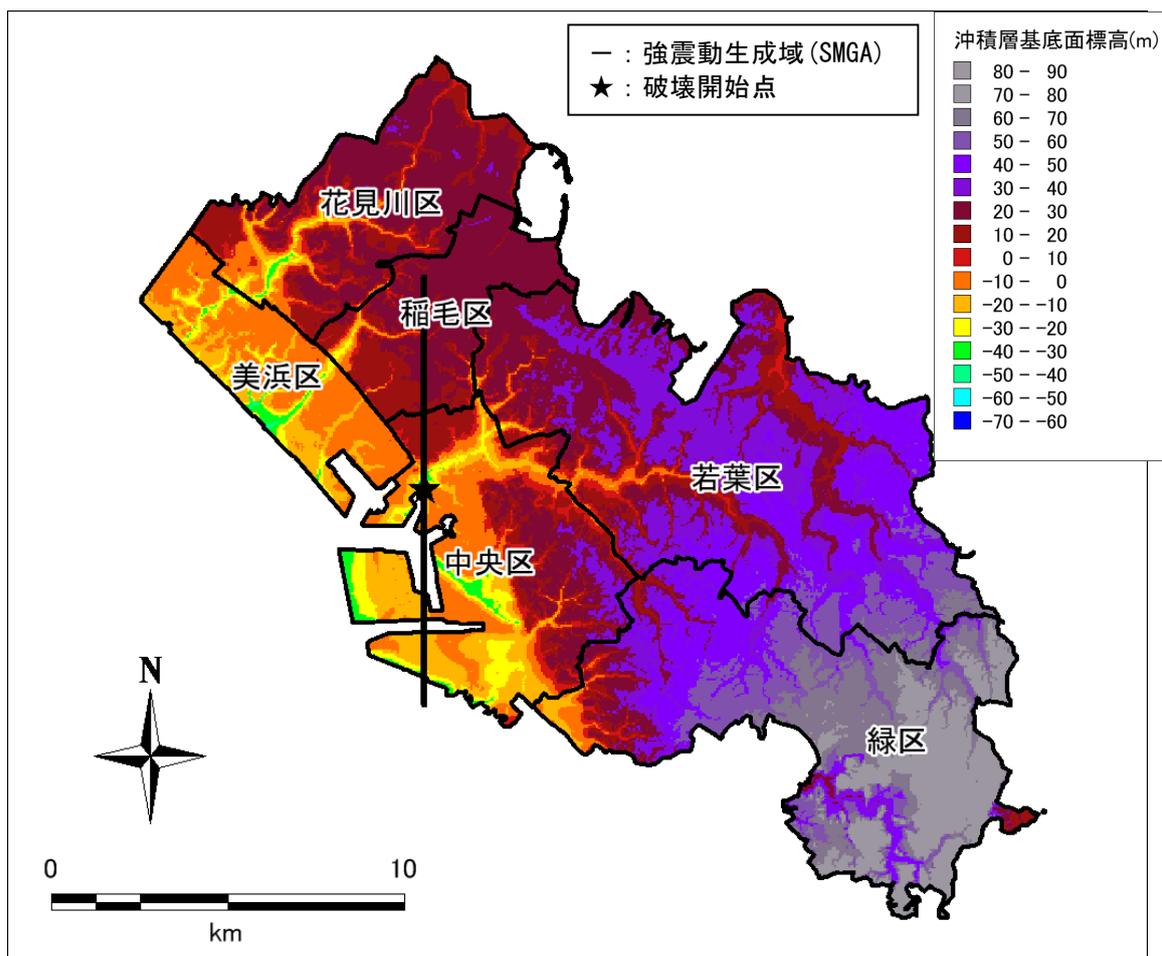
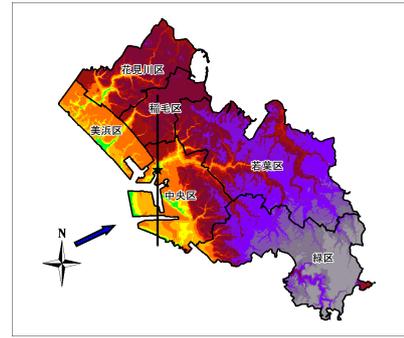


図 3.3-8 沖積層基底面標高の分布  
※沖積層が分布しない台地部については、地表面の標高を示している。



沖積層基底面

標高 (m)

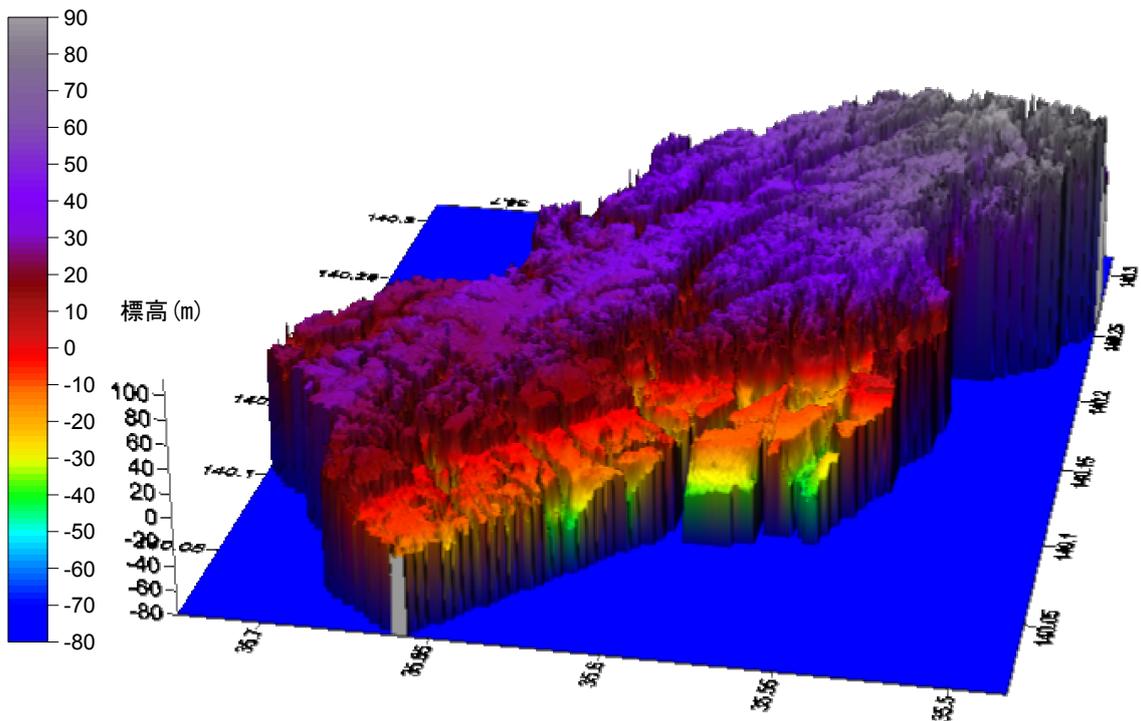


図 3.3-9 上空から見た沖積層基底面コンターの分布図（青矢印からの視角）  
 ※沖積層が分布していない範囲については、地表面標高を表示

#### (4) 埋立土層基底面

東京湾岸では、1950年代から埋め立てが進んでいる。平成26・27年度県調査において千葉県(2002)<sup>16</sup>等を基礎資料として作成された埋立履歴図を図3.3-10に、ボーリングデータを基に作成した埋立土層基底面の標高の分布を図3.3-11に示す。

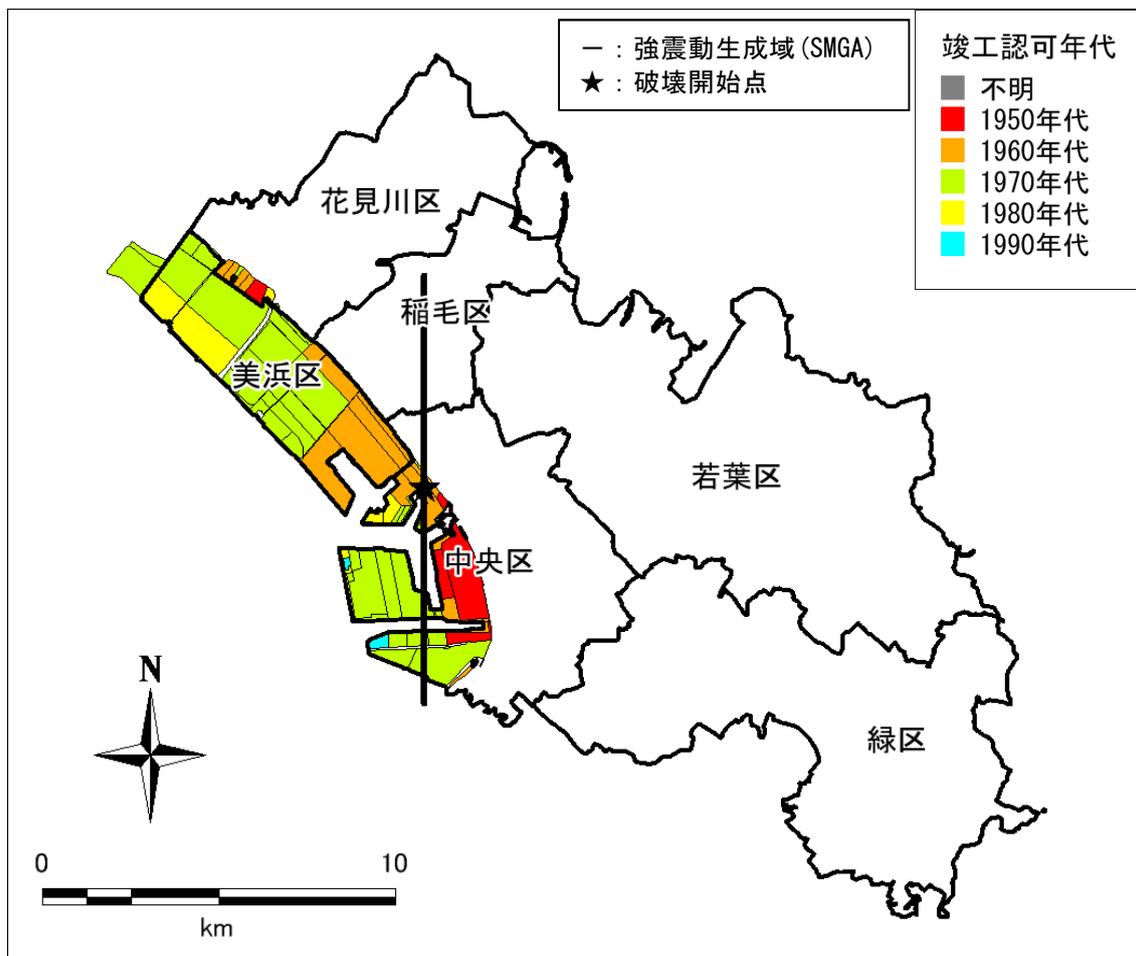


図3.3-10 東京湾岸の埋立履歴図(千葉県(2016)を基に作成)

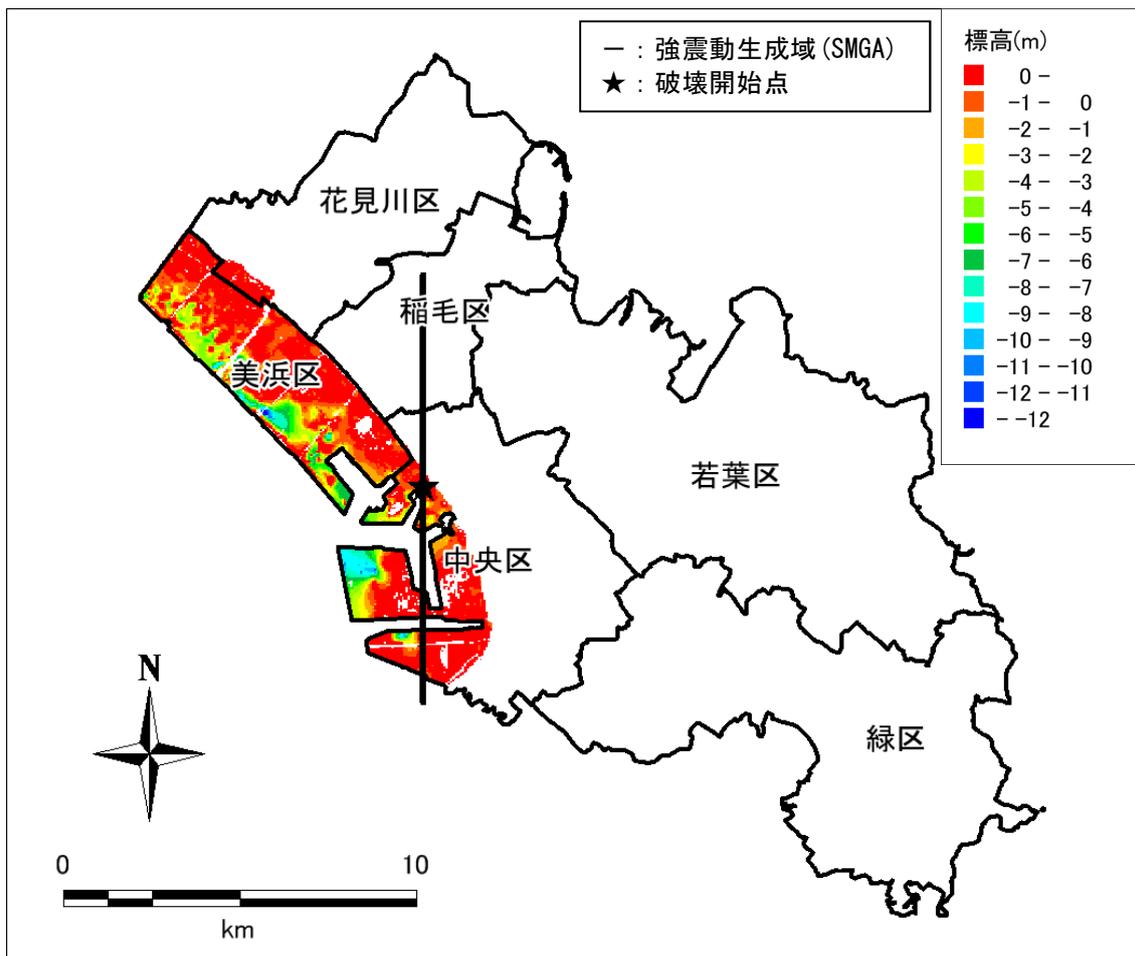


図 3.3-11 埋立土層基底面の標高分布

※埋立土層が分布している範囲のみ示した。

(5) 地層境界面の断面図

以上の手順で作成された浅部地盤モデルの地層境界面について、千葉市域を通る断面線位置（図 3.3-12）における断面図を作成した（図 3.3-13～16）。

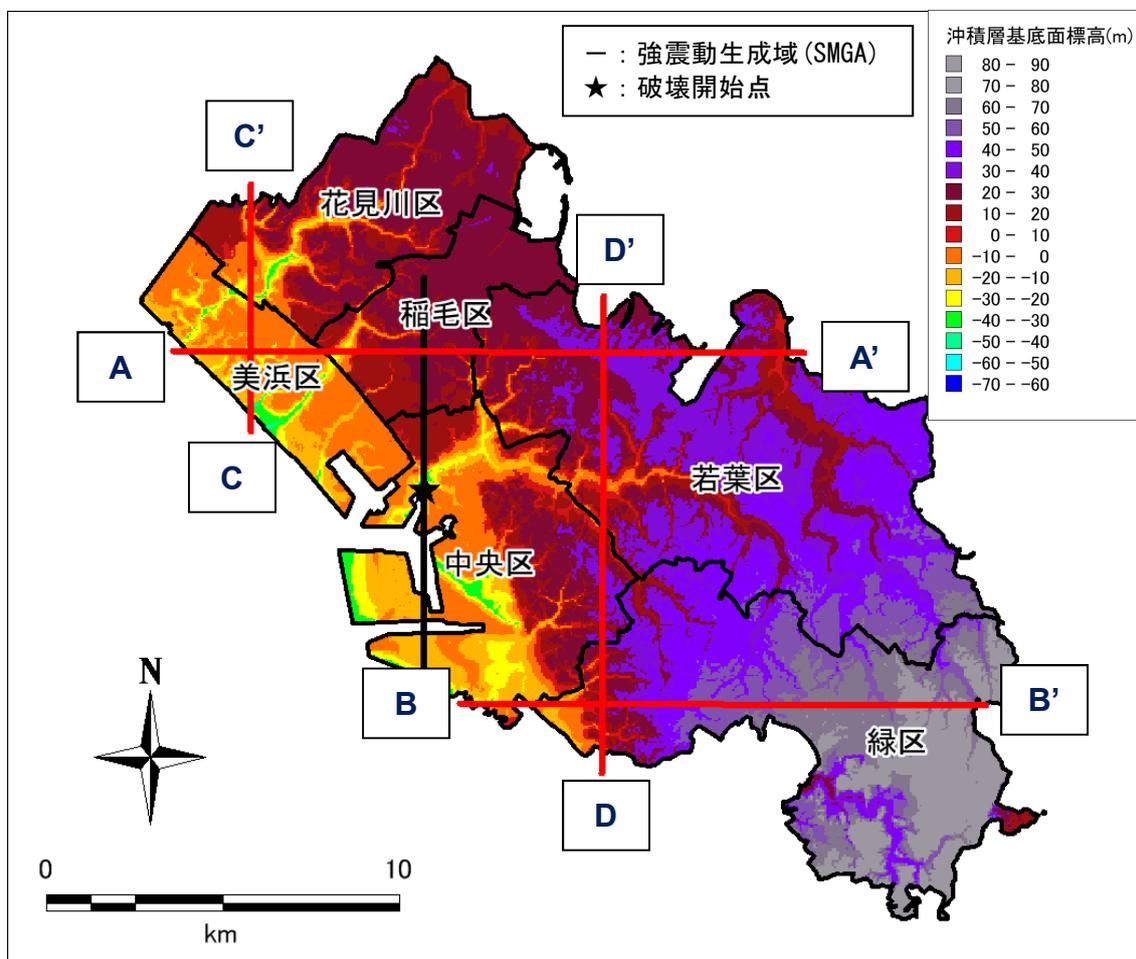


図 3.3-12 沖積層基底面標高及び作成した断面図の位置



图 3.3-13 东西方向断面图



图 3.3-14 东西方向断面图

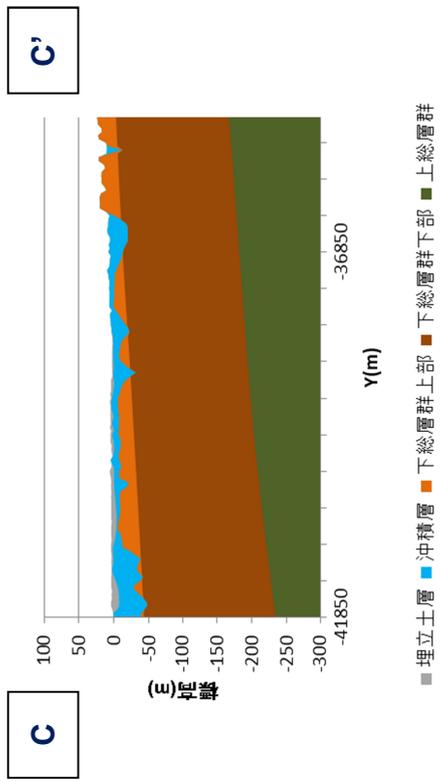


图 3.3-15 南北方向断面图

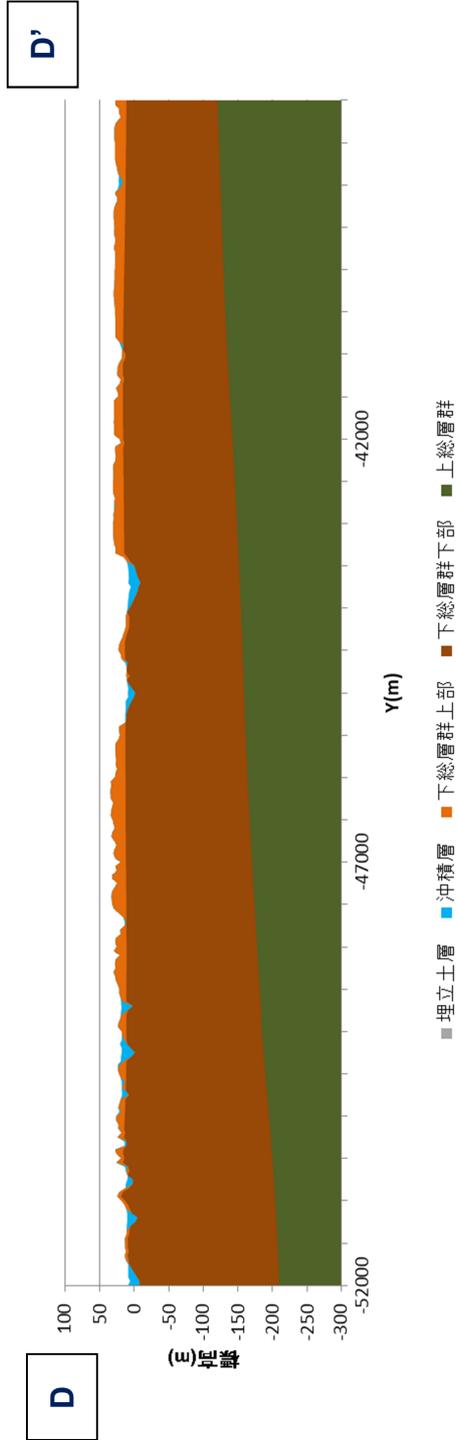


图 3.3-16 南北方向断面图

### 3 土質構造モデルの作成

前節で境界面の標高を設定した浅部地盤のうち、埋立土層、沖積層、下総層群上部についての 50m メッシュごとの土質構造モデルを、代表的な断面について図 3.3-17～18 に示した。

N 値 50 境界面以浅に分布するこれらの層については S 波速度が 300m/s 未満であり、地震時には非線形性の挙動を示し、入力地震動の大きさ及び土質区分によって地震動の伝播特性が変化する性質がある。また、その土質の分布は特に沖積層の堆積過程を反映して、場所によって大きく異なる。

土質構造モデルについては、木村ほか (2014) <sup>17</sup>に基づき、約 6 千本のボーリングデータの土質区分及び N 値を補間して、千葉市域の 50m メッシュボクセルモデル\*を作成した。ボクセルモデルとしては、深さ 1m ごとの土質区分及び N 値が与えられている。

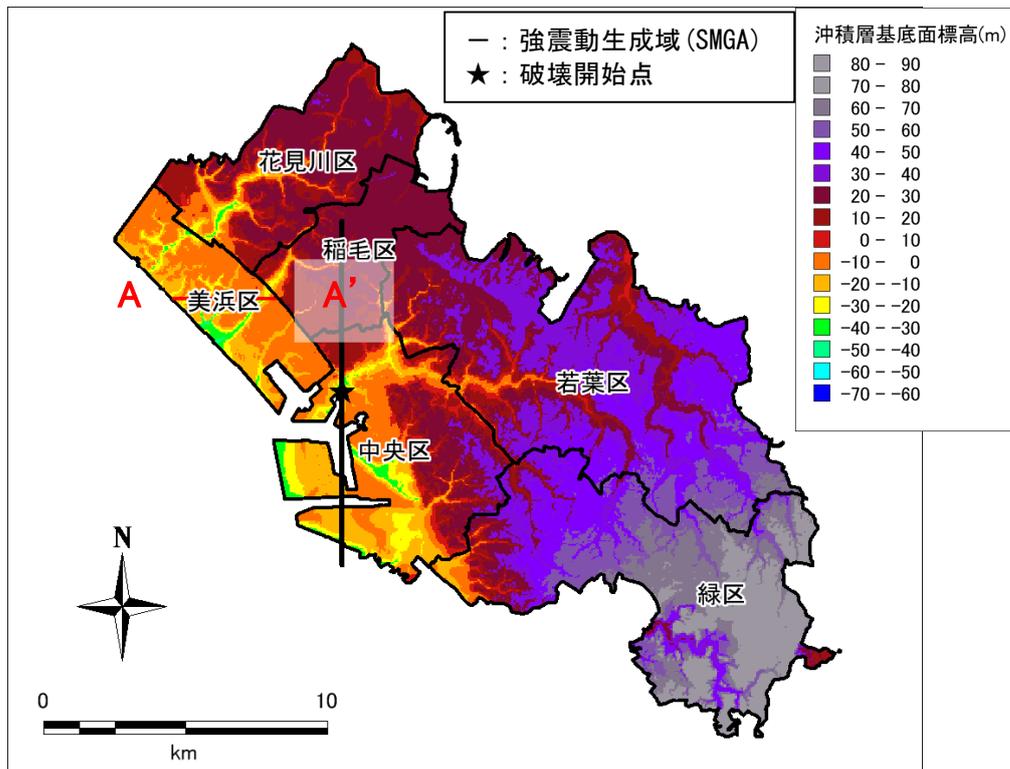


図 3.3-17 作成した断面図の位置

\*ボクセルモデル：水平方向及び深度方向に等間隔なモデル。本調査における 50m メッシュモデルは、水平方向 (x、y 方向) が 50m、鉛直方向 (z 方向) が 1m のボクセルモデルである。

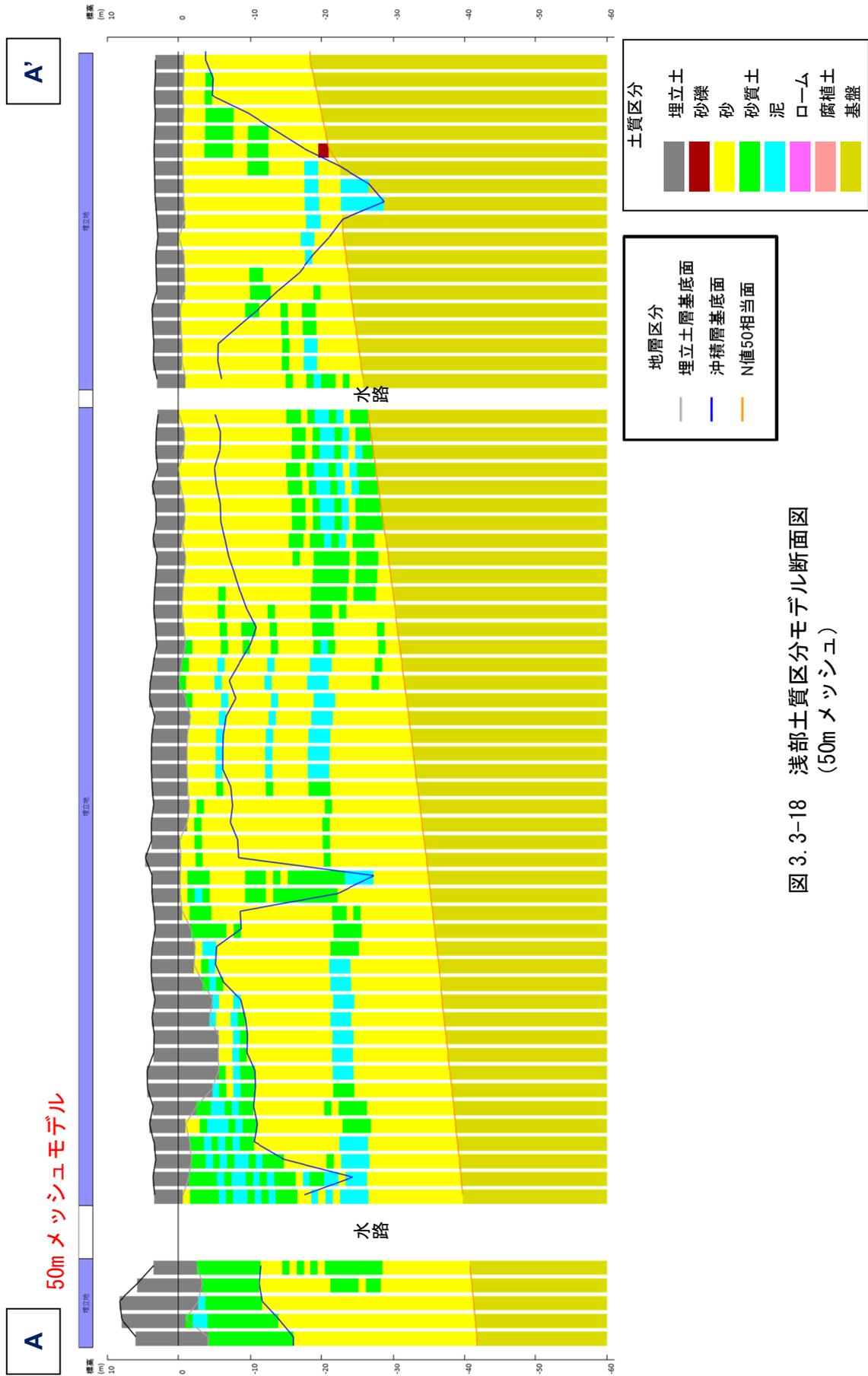


図 3.3-18 浅部土質区分モデル断面図  
(50mメッシュ)

#### 4 速度構造モデルの作成及びその他の物性値の設定

N 値 50 相当層以浅に分布する埋立土層、沖積層及び下総層群上部について土質構造モデルを作成したが、地震応答計算（第 4 章参照）の入力としては、速度構造モデルが必要となる。ここでは、土質区分ごとの N 値と S 波速度との関係を基に、土質構造モデルを速度構造モデルに変換する。

また、それ以外に必要な密度及び動的変形特性（後述）について、併せて設定した。

##### （1）速度構造モデル

土質区分ごとの N 値と S 波速度との関係式を基に、土質構造モデルを速度構造モデルに変換する。

砂質土及び粘性土の速度については、永田ほか（2007）<sup>18</sup>による千葉市内の N 値と S 波速度との以下の関係式を用いて設定した（千葉県（2008））。

$$V_s = a \cdot N^b \cdot Dep^c \text{ ————— (式 3.3-1)}$$

ここに、

N : N 値

Dep : 地表からの深さ(m)

a~c : 表 3.3-1 に示す土質ごとの係数

礫質土については中央防災会議（2001）<sup>19</sup>による以下の関係式を用いて設定した。

$$V_s = a \cdot N^b \cdot c \cdot d \text{ ————— (式 3.3-2)}$$

ここに、

N : N 値

a~d : 表 3.3-1 に示す土質ごとの係数

以上の関係を用いて、土質構造モデルを速度構造モデルに変換した。図 3.3-18 に対応する速度構造モデルの例を図 3.3-19 に示す。

なお、土質構造モデルを作成していない下総層群下部の速度構造については、防災科学技術研究所による PS 検層等を参照して、S 波速度 300m/s 以上～500m/s 未満で連続的に変化しているものと仮定し、下総層群下部全体を層厚が等しくなるように三等分し、上から 300m/s、350m/s、400m/s とした。

##### （2）密度

地震応答計算及び液状化計算に必要な密度の値については、中央防災会議（2001）による値を用いた（表 3.3-1）。

表 3.3-1 地震応答計算のための物性値（中央防災会議（2001））

時代	土質	記号	N値	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	S波速度(m/s)			動的 記号
					係数a	係数b	係数c	
完新統	盛土	B1	0~4	1.60	116.9	0.188	0.055	Bc
		B2	4~10	1.70	116.9	0.188	0.055	Bc
		B3	10~	2.00	116.9	0.188	0.055	Bc
	埋立土	F1	0~4	1.60	97.1	0.146	0.059	Bs
		F2	4~10	1.70	97.1	0.146	0.059	Bs
		F3	10~	2.00	97.1	0.146	0.059	Bs
	腐植土	Ap1	0~1	1.20	116.9	0.188	0.055	Ap
		Ap2	1~	1.30	116.9	0.188	0.055	Ap
	泥	Ac1	0~2	1.40	116.9	0.188	0.055	Ac
		Ac2	2~4	1.50	116.9	0.188	0.055	Ac
		Ac3	4~8	1.60	116.9	0.188	0.055	Ac
		Ac4	8~15	1.70	116.9	0.188	0.055	Ac
		Ac5	15~30	1.80	116.9	0.188	0.055	Ac
		Ac6	30~	1.80	116.9	0.188	0.055	Ac
	砂質土	Am1	0~2	1.40	116.9	0.188	0.055	Ac
		Am2	2~4	1.50	116.9	0.188	0.055	Ac
		Am3	4~8	1.60	116.9	0.188	0.055	Ac
		Am4	8~15	1.70	116.9	0.188	0.055	Ac
		Am5	15~30	1.80	116.9	0.188	0.055	Ac
		Am6	30~	1.80	116.9	0.188	0.055	Ac
	砂	As1	0~4	1.70	103.5	0.089	0.158	As
		As2	4~10	1.80	103.5	0.089	0.158	As
		As3	10~30	1.90	103.5	0.089	0.158	As
		As4	30~50	1.90	103.5	0.089	0.158	As
		As5	50~	1.90	103.5	0.089	0.158	As
	礫	Ag1	~20	1.90	101.457	0.256	0.000	g
		Ag2	20~30	2.00	101.457	0.256	0.000	g
		Ag3	30~50	2.00	101.457	0.256	0.000	g
		Ag4	50~	2.10	101.457	0.256	0.000	g
	更新統	腐植土	Dp1	0~1	1.20	125.5	0.145	0.137
Dp2			1~	1.30	125.5	0.145	0.137	Ap
ローム		DI1	0~4	1.40	125.5	0.145	0.137	Dc
		DI2	4~	1.50	125.5	0.145	0.137	Dc
泥		Dc1	0~2	1.50	125.5	0.145	0.137	Dc
		Dc2	2~4	1.60	125.5	0.145	0.137	Dc
		Dc3	4~8	1.70	125.5	0.145	0.137	Dc
		Dc4	8~15	1.80	125.5	0.145	0.137	Dc
		Dc5	15~30	1.80	125.5	0.145	0.137	Dc
		Dc6	30~	1.80	125.5	0.145	0.137	Dc
砂質土		Dm1	0~2	1.50	125.5	0.145	0.137	Dc
		Dm2	2~4	1.60	125.5	0.145	0.137	Dc
		Dm3	4~8	1.70	125.5	0.145	0.137	Dc
		Dm4	8~15	1.80	125.5	0.145	0.137	Dc
		Dm5	15~30	1.80	125.5	0.145	0.137	Dc
		Dm6	30~	1.80	125.5	0.145	0.137	Dc
砂		Ds1	0~4	1.80	163.4	0.183	0.029	Ds
		Ds2	4~10	1.80	163.4	0.183	0.029	Ds
		Ds3	10~30	1.90	163.4	0.183	0.029	Ds
		Ds4	30~50	1.90	163.4	0.183	0.029	Ds
		Ds5	50~	2.00	163.4	0.183	0.029	Ds
礫		Dg1	~20	1.90	124.082	0.256	0.000	g
		Dg2	20~30	2.00	124.082	0.256	0.000	g
		Dg3	30~50	2.00	124.082	0.256	0.000	g
		Dg4	50~	2.10	124.082	0.256	0.000	g
岩		RW	50~	1.80	300.0	0	0	-
		R	50~	1.80	300.0	0	0	-
下総層群		SL1	50~	1.80	300.0	0	0	-
		SL2	50~	1.80	350.0	0	0	-
		SL3	50~	1.85	400.0	0	0	-
上総層群	KZ1	50~	1.85	400.0	0	0	-	
	KZ2	50~	1.90	500.0	0	0	-	

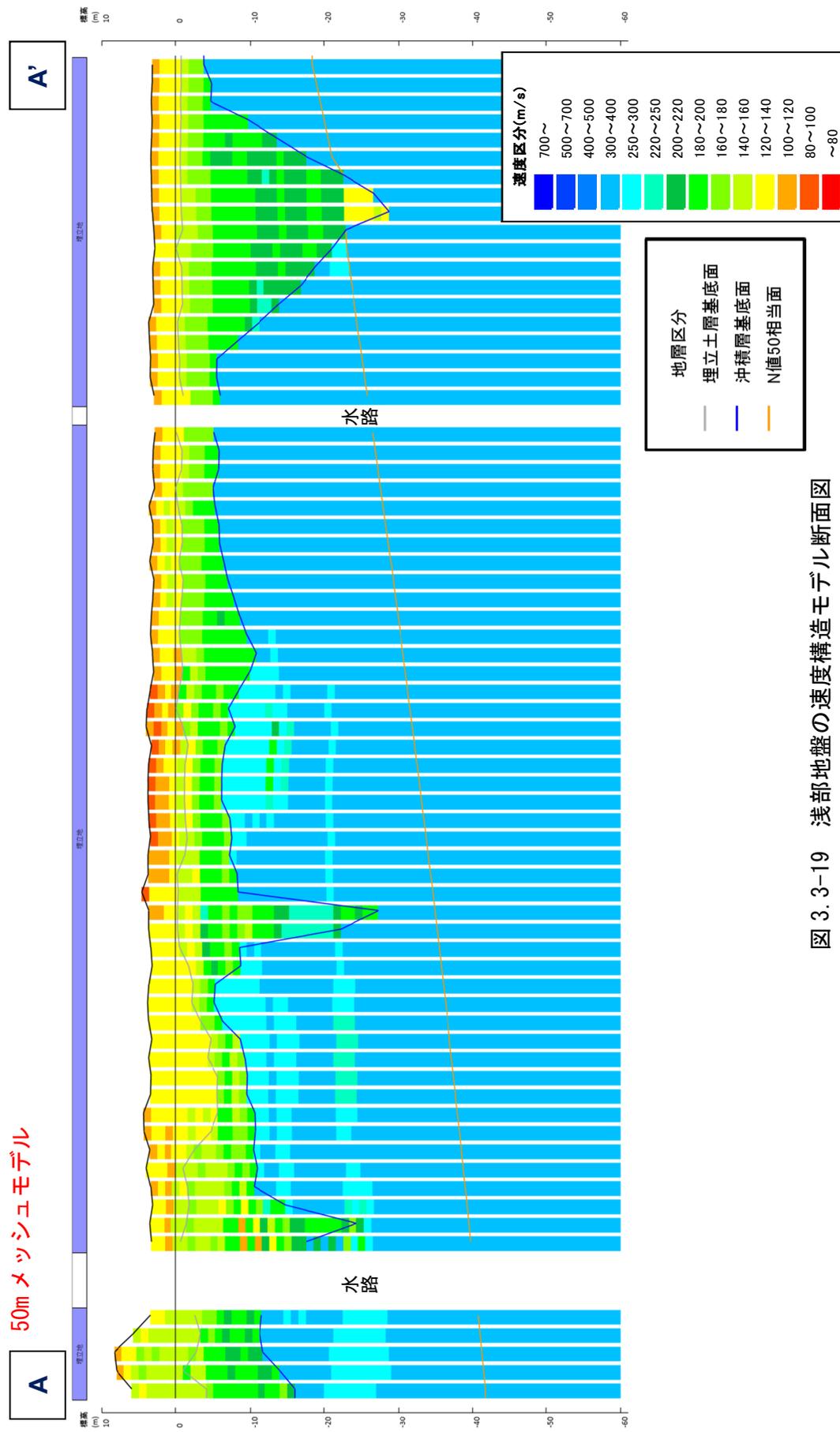


図 3.3-19 浅部地盤の速度構造モデル断面図  
(50m メッシュ)

### (3) 動的変形特性

先に述べたように、浅部地盤を構成する土質は非線形性を有するため、**等価線形法**\*による地震応答解析では、「動的変形特性曲線」により土質ごとの非線形性を設定する。

動的変形特性とは、地震動によって地盤が変形した時に、変形の大きさによって地盤の性質がどのように変化するかを示す特性のことである。**せん断ひずみ**\* ( $\gamma$ ) と**剛性率**\* ( $G/G_0$ ) 及びせん断ひずみと**減衰定数**\* ( $h$ ) の関係であり、横軸に  $\gamma$ 、縦軸に  $G/G_0$ 、 $h$  をとった土質区分ごとのグラフで表される。

今回の検討で用いる動的変形特性については、平成 26・27 年度県調査で設定された土質区分ごとの平均的な動的変形特性曲線を採用した。なお、砂質土については**拘束圧**\*によって曲線を分けた。また、礫質土の試験データは収集できなかったため、今津・福武 (1986)<sup>20</sup>による動的変形特性曲線を採用した。設定した曲線を図 3.3-20~22 に示した。

---

\***等価線形法**：地盤の非線形性を疑似的に評価する手法。非線形計算では時刻歴波形を逐次計算する必要があるが、等価線形計算ではスペクトルを用いて計算可能であり簡便であるため、広く採用されている。

\***せん断ひずみ ( $\gamma$ )**：物質に力が加わった時の単位体積当たりの変形量の大きさ。高さ 1 の長方形 (点線) の上辺を右に  $\Delta l$  だけ移動して平行四辺形に変形させたとき、「 $\Delta l/l$ 」の値 (第 5 章参照)。せん断ひずみの値が  $1 \times 10^{-4}$  を超えると、地盤が明瞭に非線形性の挙動を示すようになる。

\***剛性率 ( $G/G_0$ )**：せん断ひずみに対して地盤がどれだけ変形しにくいかを表す量。 $\gamma = 1 \times 10^{-6}$  の時の剛性率を 1 とし、ひずみが大きくなるにつれて剛性率は小さくなる。動的変形特性曲線のグラフでは右下がりの曲線で示される。

\***減衰定数 ( $h$ )**：地盤によって揺れがどれだけ減衰するかを表す量。0~1 の値をとり、値が大きくなるほど減衰が大きくなる。動的変形特性曲線のグラフでは右上がりの曲線で示される。

\***拘束圧**：地盤にかかる圧力のこと。実際の地盤では、より上位の地盤の荷重により受ける圧力 (全上載圧) から、地下水による浮力を引いた圧力 (有効上載圧) を受ける。砂質土の動的変形特性については、拘束圧 (=有効上載圧) に依存する。

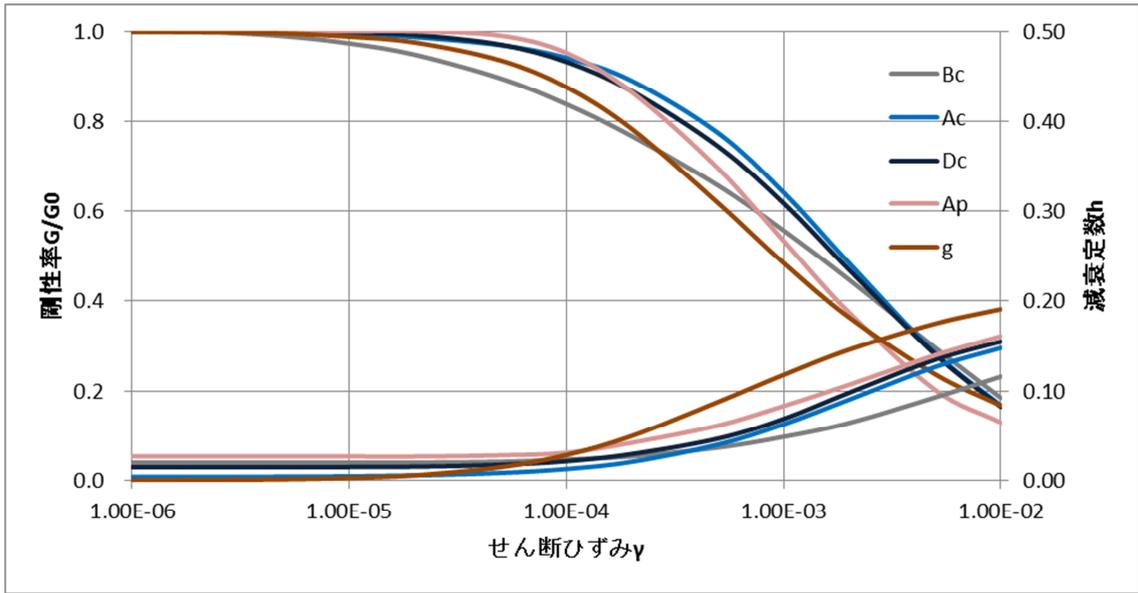


図 3.3-20 計算に使用した動的変形特性曲線  
 (埋立土(Bc)・粘性土(Ac, Dc)・腐植土(Ap)・礫質土(g))

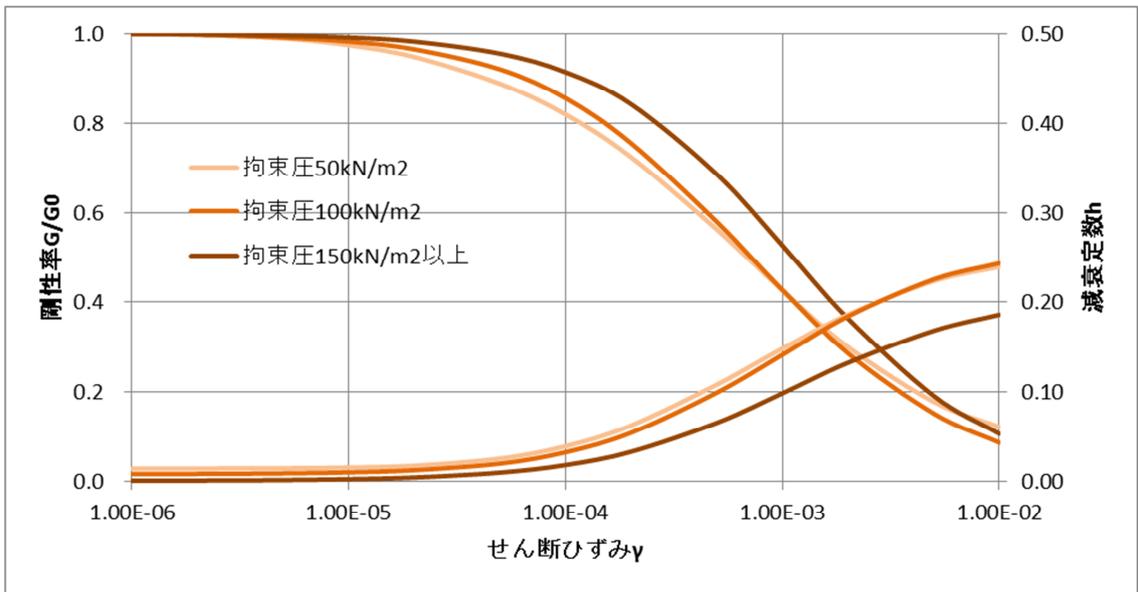


図 3.3-21 計算に使用した動的変形特性曲線 (沖積砂質土)

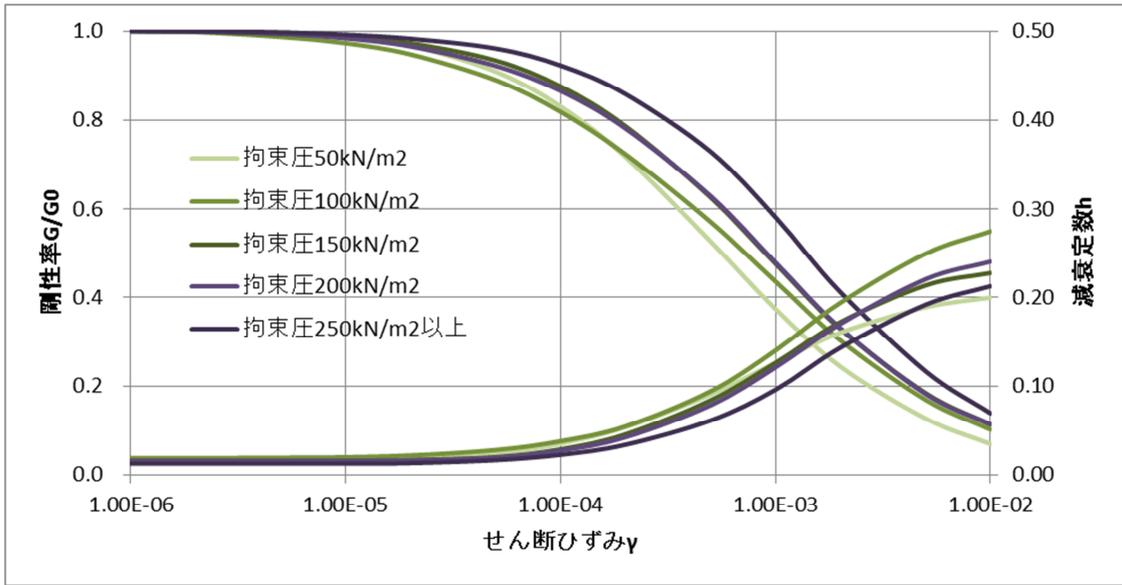


図 3.3-22 計算に使用した動的変形特性曲線（洪積砂質土）

## 第4章 地震動

### 第1 概要

これまでに整理した千葉市直下地震についての知見及び構築した地盤モデルを基に、地震動の想定を行った。

地震動の予測手法としては、震源断層の位置と規模（マグニチュード）及び地盤の増幅率（揺れやすさ）を基に、過去の地震記録から経験的に求められた関係式を用いて地表の震度や最大加速度値を求める手法（簡便法）と、震源断層モデルや地盤の構造を詳細にモデル化して地震波形を理論的にシミュレーション計算する手法（詳細法）の2種類に大きく分けられる。

平成20年度想定では、千葉県（2008）による詳細法を用いた250mメッシュの計算結果を50mメッシュに補間することにより地表の震度分布を求めた。一方、最近実施された内閣府や関東地方の都県（東京都や千葉県など）の地震被害想定では、詳細法を採用しており、千葉市直下地震（内閣府（2013））や千葉県北西部直下地震（千葉県（2016））についても、計算に使用した震源断層モデルや地盤モデルが公開されている。

これらの実績を踏まえて、今回の調査でも詳細法による地震動の予測を行うこととする。

また予測については、深部地盤と浅部地盤とに分けて検討する。深部地盤については、地震学の理論に基づき、断層の破壊過程を考慮した波形計算手法である「統計的グリーン関数法」を、浅部地盤の予測手法としては、地震工学の理論に基づき、浅部地盤の非線形性の挙動を考慮した波形計算手法である「一次元等価線形法」を用いることとする。

以下に統計的グリーン関数法及び一次元等価線形法について述べる。

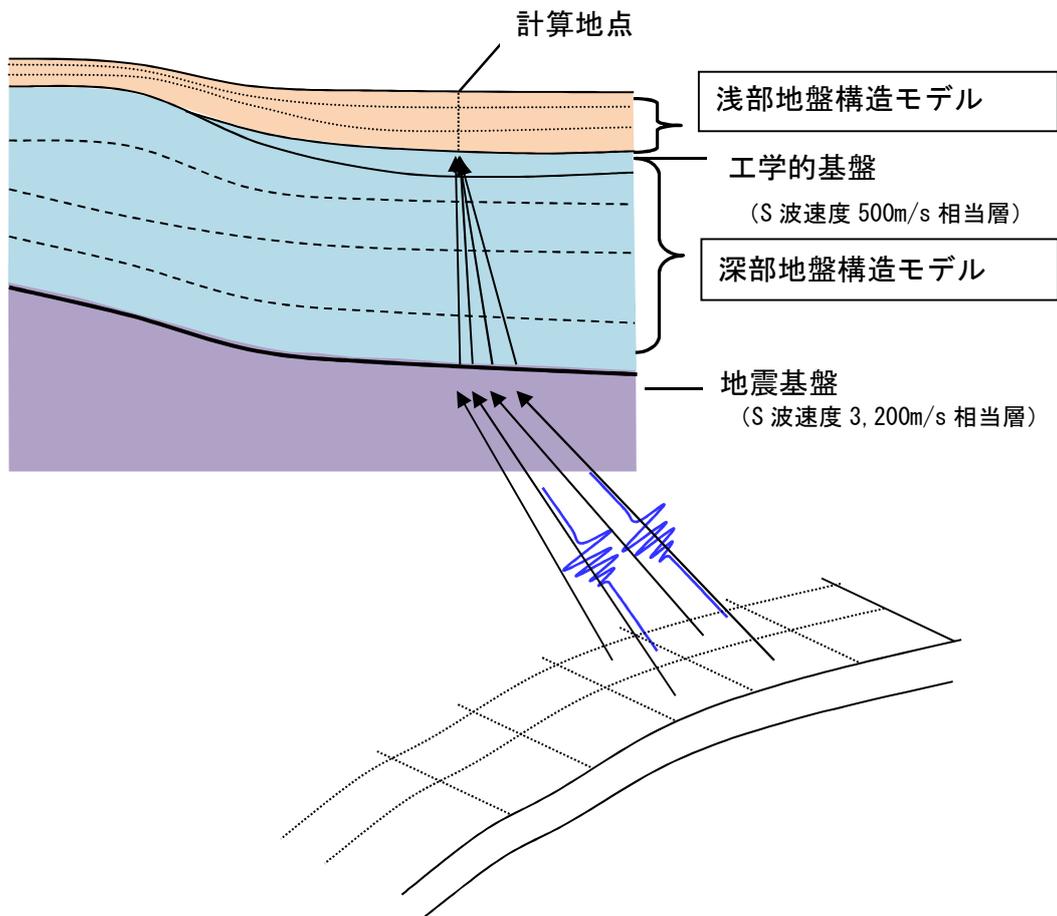


図 4.1-1 地震動波形計算の概念

## 第2 深部地盤における地震動の計算（統計的グリーン関数法）

### 1 計算手法

地震動の予測手法について、近年の地震被害想定に用いられている代表的な予測手法をまとめた。まず、深部地盤モデルを用いた震源から工学的基盤までの代表的な予測手法を表4.2-1に示す。

表 4.2-1 震源から工学的基盤面までの代表的な予測手法

	予測手法	特徴	出力
詳細法	経験的グリーン関数法*	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震観測記録をグリーン関数*として用いた予測手法</li> <li>震源パラメータが適切であれば、再現性は高い</li> <li>予測対象地点の地震観測記録が必要</li> </ul>	・時刻歴波形*
	統計的グリーン関数法*	<ul style="list-style-type: none"> <li>乱数による人工地震*を用いてグリーン関数を作成する予測手法</li> <li>深部地盤構造を一次元*の線形計算*により評価</li> <li>乱数や深部地盤構造などの計算パラメータの影響を強く受ける</li> </ul>	・時刻歴波形
	三次元*有限差分法	<ul style="list-style-type: none"> <li>震源から計算対象地域を一体で数値計算する手法</li> <li>表面波や不整形地盤構造の影響を考慮できる</li> <li>短周期まで計算することは精度や計算機の負荷により困難</li> </ul>	・時刻歴波形
簡便法	距離減衰式	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震動の大きさと震源距離の関係式を用いた予測手法</li> <li>観測記録との整合性は高い</li> <li>震源の破壊過程や深部地盤構造を考慮できない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震動指標（PGV*、PGA*など）</li> <li>応答スペクトル</li> </ul>

\*経験的グリーン関数法：グリーン関数法による地震動の計算のうち、グリーン関数として規模の小さい小地震の観測記録を用いる方法。

\*グリーン関数：ここでは、小断層の破壊を表すための関数。具体的には、ある点に瞬間的に力を加えた場合の別な点の応答を与える関数のこと。地震動の計算においては、断層面を細かい小断層に分割し、それぞれの小断層の破壊をグリーン関数で与え、これを足し合わせることで断層全体の地震動を計算することができる。

\*時刻歴波形：地震発生直後からある一定時間の各時刻における地震動の大きさの変化を示したデータであり、縦軸に地震動の大きさ、横軸に時刻をとって作成したグラフ。

\*統計的グリーン関数法：グリーン関数法による地震動の計算のうち、グリーン関数として乱数による人工地震を作成して与える方法。

\*乱数による人工地震：経験的グリーン関数法で用いている地震観測記録の代わりに、計算式をもって人工的に地震を再現する手法。実際の地震は複雑な過程を経て発生し、微細な初期条件の違いによって地震観測記録は大きく変化するため、乱数を用いて地震の初期条件を設定する。

\*一次元：地盤は東西方向、南北方向、上下方向に構造が変化するが、計算を単純化するために、このような三方向の構造の変化を考慮せず、東西方向び南北方向（水平方向）はどこまでいっても一定の構造で変化しないものと仮定し、上下方向の構造の変化だけを考慮することを、一次元という。

\*線形計算：地盤の非線形性を考慮せず、線形であると仮定して計算する手法。

\*三次元：地盤は東西方向、南北方向、上下方向に構造が変化するが、このように三方向の構造の変化を考慮することを、三次元という。

\*PGV：Peak Ground Acceleration の略。地動最大加速度。

\*PGA：Peak Ground Velocity の略。地動最大速度。

今回の調査では、以下の理由により、詳細法のひとつである「統計的グリーン関数法」を用いることとする。

- ・浅部地盤を 50m メッシュという大きさに詳細にモデル化したため、地震動についても震源の破壊過程や深部地盤構造を詳細に反映できる手法を採用することが望ましい。このため、詳細法である統計的グリーン関数法を採用し、詳細な地震動の分布を計算することとする。
- ・千葉市直下地震と同等の地震観測記録が得られていないため、経験的グリーン関数法は適用が難しい。
- ・千葉市直下地震の特性（短周期の揺れが卓越する）から短周期地震動の影響が重要であるため、三次元有限差分法の適用は難しい。
- ・簡便法である距離減衰式では、震源の破壊過程や深部地盤構造を詳細に検討することができず採用は望ましくない。

統計的グリーン関数法による工学的基盤における地震動の作成の流れを図 4.2-1 に示す。

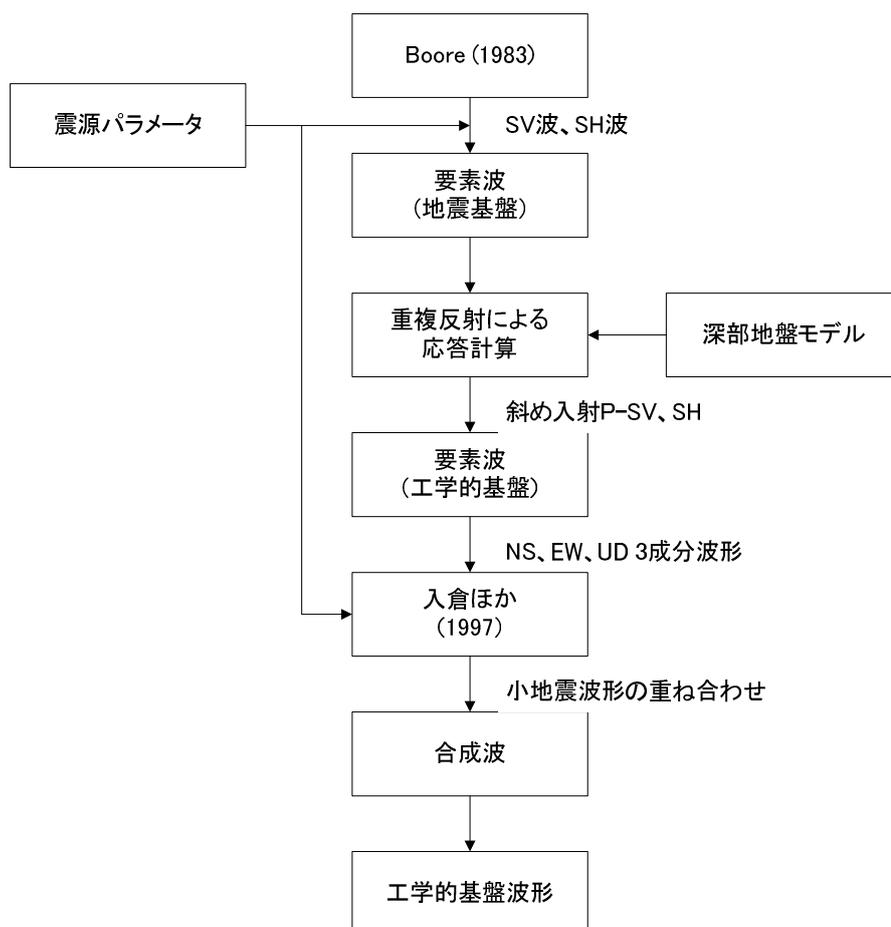


図 4.2-1 統計的グリーン関数法の流れ

以下に、今回想定に適用した統計的グリーン関数法の計算手法について示す。

- ① 対象とする断層面を小断層に分割し、小断層ごとに、Boore (1983) <sup>21</sup>の手法により  $\omega^2$ 乗則\*を満たす振幅スペクトル\*の形状を求める。要素地震波形\*として、このスペクトルモデルに経験的な位相\*特性を与えたものを使用する。

小断層ごとに Boore (1983) の手法により  $\omega^2$ 乗則を満たす振幅スペクトルの形状を求める。このスペクトル形状は以下の式で表現される。

$$S_A(\omega) = \frac{R_{\theta\phi}}{4\pi\rho\beta^3} M_0 \cdot \frac{\omega^2}{1+(\omega/\omega_c)^2} \cdot \frac{1}{1+(\omega/\omega_{\max})^2} \frac{e^{-\omega R/2Q\beta}}{R+C} \quad \text{--- (式 4.2-1)}$$

ここで  $\omega_c = 2\pi f_c$ ,  $f_c = 4.9 \times 10^6 \beta (\Delta\sigma/M_0)^{1/3}$

$\omega_{\max} = 2\pi f_{\max}$ ,  $f_{\max}$  は高周波遮断周波数

なお、 $M_0$  は地震モーメント [dyne·cm= $10^7$ Nm]、 $\rho$  は密度 [g/cm<sup>3</sup>]、 $\beta$  は媒質の S 波速度 [km/s]、 $R$  は震源距離 [km]、 $\Delta\sigma$  は応力パラメータ [bar= $10^{-1}$ MPa] である。 $R_{\theta\phi}$  はラディエーション係数であるが、これは、小断層ごとに計算地点への方位角、射出角により計算する。位相特性については、小断層—計算地点間の距離を考慮する佐藤 (1994) <sup>22</sup>に従って設定する。

- ② 上記手法で作成した計算地点での地震基盤におけるスペクトルに対して、工学的基盤までの地盤構造による増幅を考慮するため、SH 波\*については斜め入射の SH 波動場を、

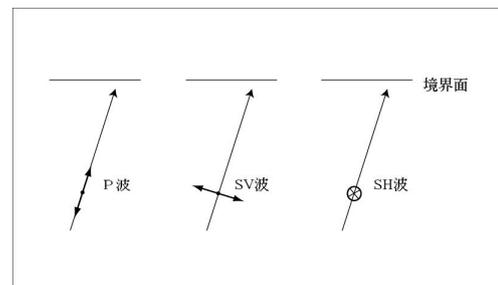


図 4.2-2 P 波、SV 波と SH 波

\* $\omega^2$ 乗則 (オメガにじょうそく) : 要素地震波形を定義するスペクトルの振幅は、低い振動数 ( $\omega$ ) では地震モーメントにほぼ等しい一定値であるが、ある振動数 (「コーナー振動数」) より高い振動数では、振動数の二乗に逆比例して振幅が減少するという法則。

\*スペクトル : 地震波形には、様々な周期の波が含まれている。理論的には、任意の波形はある振幅と周波数を持つ正弦波 (サインカーブ。  $y=A \cdot \sin(\omega t - \phi)$  ) という関数で表される。ここで、 $t$  は時刻、 $A$  は振幅、 $\omega$  は角周波数、 $-\phi$  は初期位相 ( $t=0$  における位相) という。) の和で表すことができる。これらの正弦波の周波数とその振幅を並べたものを「スペクトル」と呼ぶ。地震の特徴を説明するためにスペクトルが用いられることがある。

\*要素地震波形 : 細かく分割した断層 (第 2 章参照) のそれぞれが発生する地震波形のこと。

\*位相 : 正弦波をグラフで表した時に、グラフが横軸 (時刻) 方向にどれだけずれているかを示す値。

\*SH 波 : 地震波の進行方向の垂直方向に振動する波のうち、地震波の進行方向を矢印で紙の上に書いたときに、紙面と垂直方向に振動する波。横波。(図 4.2-2 参照)

**SV 波\***については、P-SV 波動場の応答計算を行う<sup>23</sup>。

- ③ 求められた工学的基盤で P 波、SH 波、SV 波を東西、南北、上下方向の成分に変換する。工学的基盤での各小断層からの波形を入倉ほか (1997)<sup>24</sup>に従って、それぞれの成分ごとに足し合わせる。これにより、工学的基盤での 3 成分波形を求める。

## 2 工学的基盤における地震動予測結果

工学的基盤における地震動の予測結果として、図 4.2-3 に工学的基盤での震度分布を示す。また、図 4.2-4 に工学的基盤での最大速度分布を、図 4.2-5 に工学的基盤での最大加速度分布を、図 4.2-6 に工学的基盤での SI 値の分布を示す。

いずれについても、断層面からの距離が近いほど地震動が大きくなるとは限らず、ある特定の領域で地震動が大きくなっている。具体的には、花見川区北部、若葉区東南部、中央区と稲毛区の境界付近に地震動の大きい領域が存在する。逆に、中央区や緑区南部では地震動が小さくなっている。

このように、地震動が特定の方向で大きくなる現象は「**ディレクティブティ効果\***」(防災科学技術研究所 (2000)<sup>25</sup>) と呼ばれ、震源断層に極めて近い(断層の長さの約 2 倍以内の範囲)においてみられる現象である。千葉市直下地震の震源断層の北側(花見川区北部)、東側(若葉区東南部)、震源断層のごく近傍(中央区と稲毛区の境界)では、このディレクティブティ効果により地震動が大きくなり、それ以外の領域(中央区や緑区南部)では地震動が小さくなっている。

ディレクティブティ効果については、平成 7 (1995) 年兵庫県南部地震の際にも確認されている。兵庫県南部地震の断層破壊は、明石海峡の直下で始まり北東の神戸側と南西の淡路島側に伝播した。震源断層近傍である神戸市以外にも、震源断層の北東延長方向に当たる西宮市、宝塚市でも甚大な被害が発生したが、ディレクティブティ効果の影響を最も受けやすい方向に位置していたことによるものである。

---

\*SV 波：地震波の進行方向の垂直方向に振動する波のうち、地震波の進行方向を矢印で紙の上に書いたときに、紙面と平行方向に振動する波。横波。(図 4.2-2 参照)

\*ディレクティブティ効果：断層破壊が高速で伝播するために、地震波の振幅が方位によって異なってくる現象。震源断層からある周波数の波が放射されると、破壊の進行方向では振幅が大きくなり、また周波数が高くなる。破壊が遠ざかる側では、逆に小振幅、低周波となる。これは、ドップラー効果(サイレンを鳴らした自動車が通過するとき、接近時には音が高く、通りすぎると音が低くなる現象)によるものである。

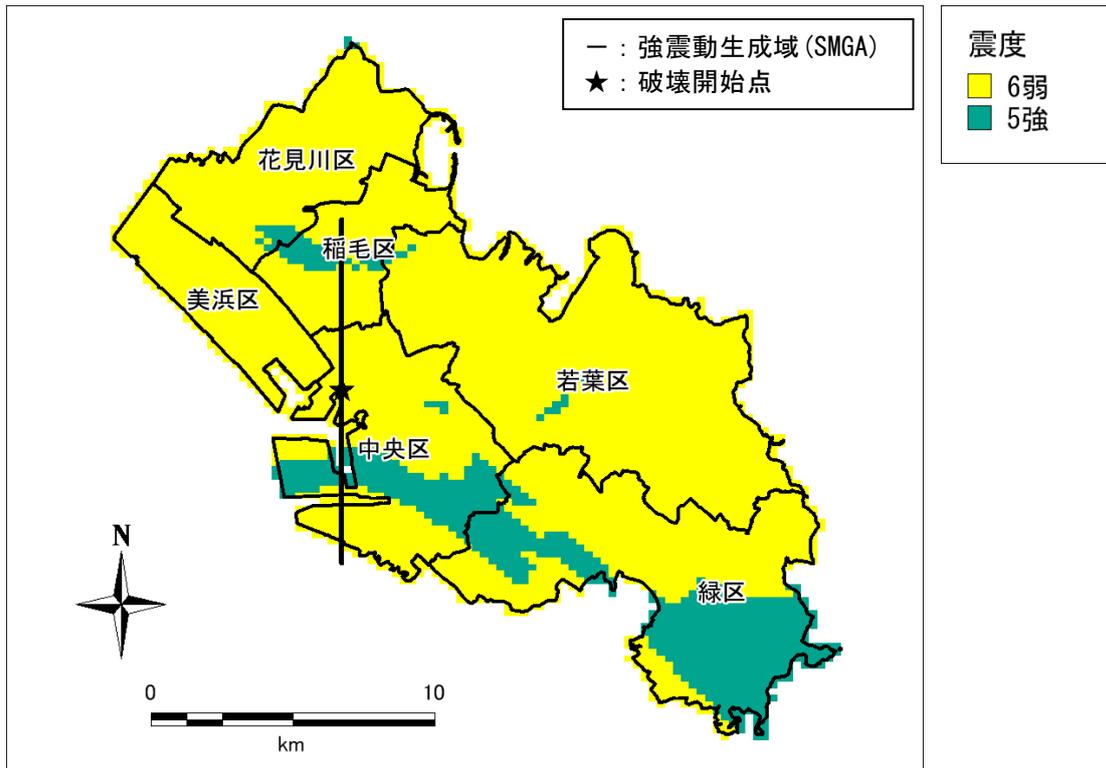


図 4. 2-3 千葉市直下地震の震度分布（工学的基盤）

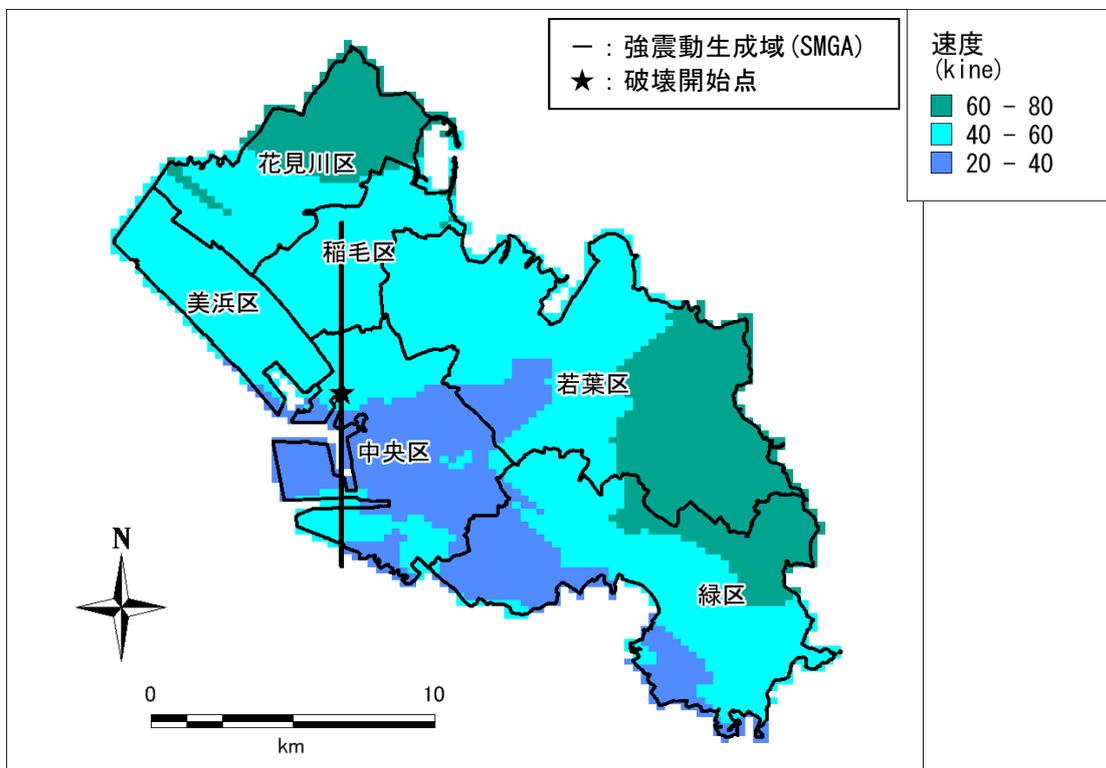


図 4. 2-4 千葉市直下地震の最大速度分布（工学的基盤）

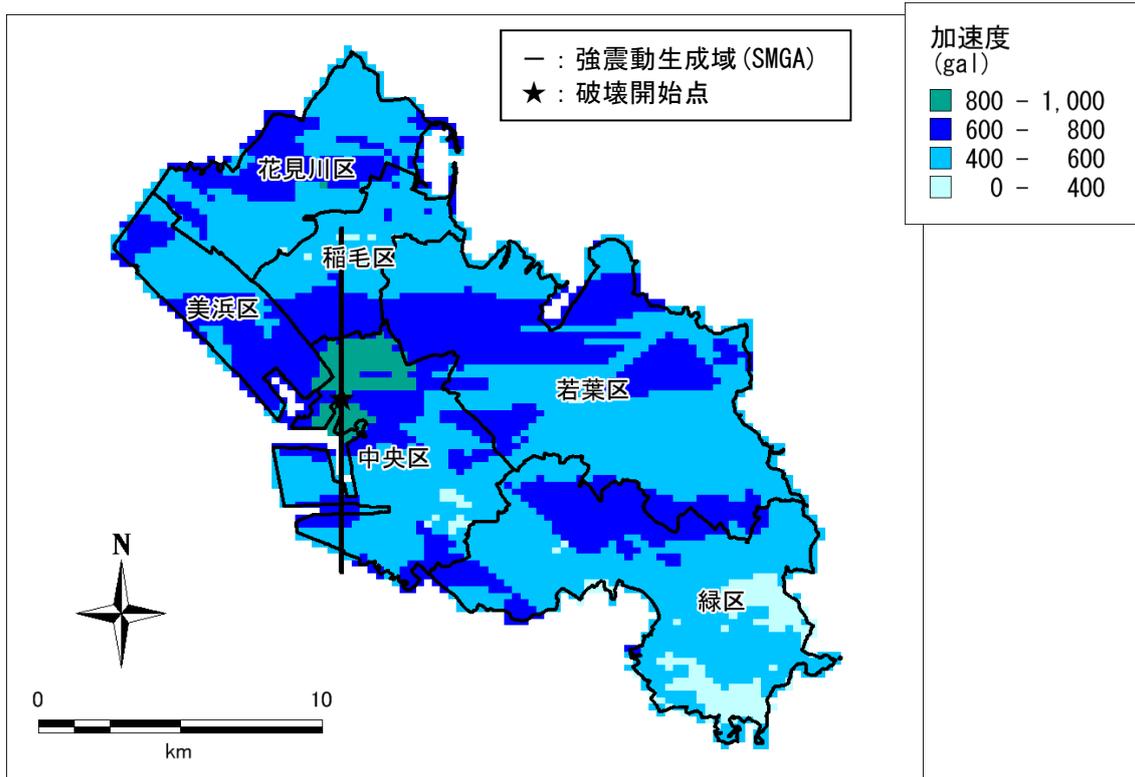


図 4.2-5 千葉市直下地震の最大加速度分布 (工学的基盤)

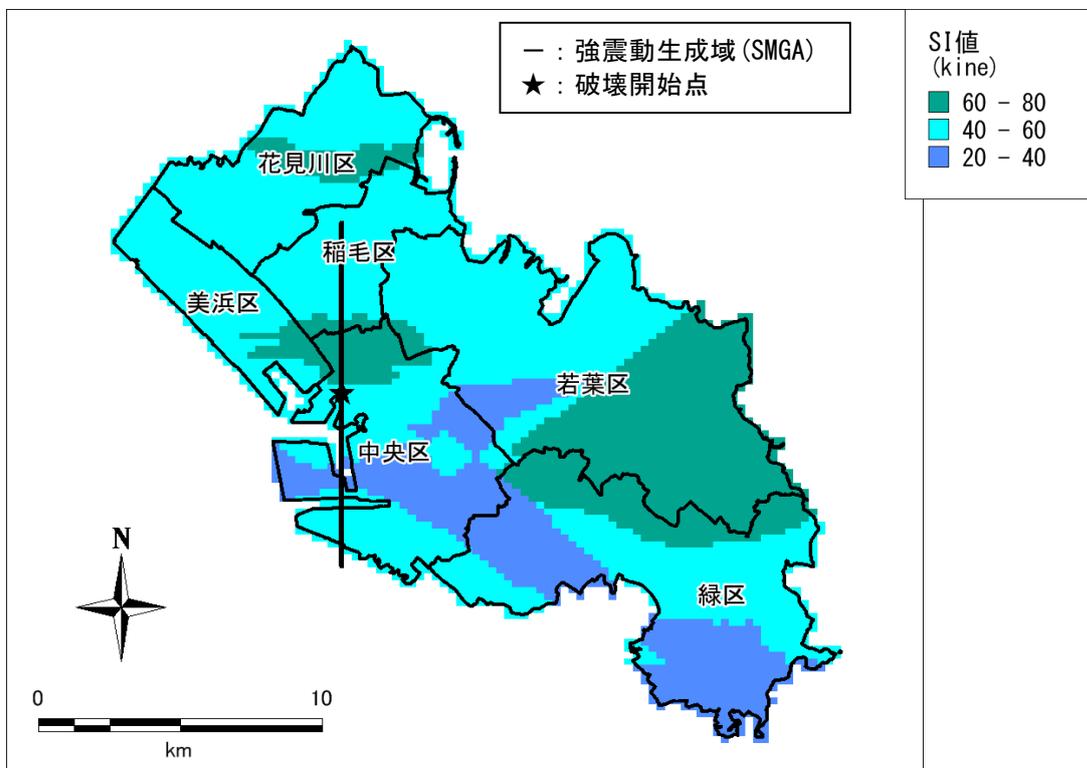


図 4.2-6 千葉市直下地震のSI値分布 (工学的基盤)

### 第3 浅部地盤における地震動の計算（一次元等価線形法）

#### 1 計算方法

地表における地震動の計算方法については、工学的基盤で算出された地震動波形と浅部地盤モデルを用いて一次元の**地震応答解析\***を行い、その結果から得られた**加速度波形\***から**計測震度\***、**地表最大加速度\*値**、**地表最大速度\*値**、**SI 値\***の指標を算出する。

地震応答解析は、地盤の非線形性を考慮するために、一次元の等価線形法を用いる。ただし、通常の等価線形計算では、高周波数での地震動の減衰が大きくなりすぎて実際の地震動と合わなくなるため、周波数の大きさによって**有効ひずみ\***の大きさが変化することを考慮した等価線形計算を行う。解析プログラムとしては、吉田・末富(1996)<sup>26</sup>による「DYNEQ」を用いる。図 4.3-1 に一般的な等価線形地震応答解析プログラムの概要を示した。以下に、計算手順の概略を示す。

- ① 工学的基盤における入力地震動波形をフーリエ変換し、振幅スペクトルを求める。
- ② 工学的基盤面のひとつ上の層について、その層の動的変形特性曲線と初期減衰定数 ( $h$ ) から有効ひずみ ( $\gamma_{\text{eff}}$ ) を求め、有効ひずみに対応するその層の周波数応答関数（振動数ごとの増幅率）を求める。
- ③ ①の振幅スペクトルと②の周波数応答関数を掛け合わせ、②の層上面における振幅スペクトルを求める。
- ④ ③を逆フーリエ変換し、②の層上面における地震動波形を求める。
- ⑤ ④からひずみ応答の波形を求め、ひずみ応答の最大値 ( $\gamma_{\text{max}}$ ) の 65%を有効ひずみ ( $\gamma_{\text{eff}}$ ) とする。
- ⑥ ②～⑤の計算を全層について行う。
- ⑦ 事前に②で設定した有効ひずみと⑤で求めた有効ひずみとを比較し、両者がある一定値以内に収まっていれば、計算終了とする。一定値内に収まって（収束して）いなければ、⑤の有効ひずみを初期値として、②～⑤の計算を再度行う。
- ⑧ すべての層について有効ひずみの値が収束した時点で計算終了とする。

---

\***地震応答解析**：地震時に工学的基盤に入射した波形が、地盤内をどのように伝わって地表でどのような波形になるかを数値計算により求める解析手法。

\***加速度波形**：地震動の大きさとして加速度値をとった地震波形。加速度の時刻歴波形。

\***計測震度**：地震計で観測される地震波形を処理して得られる、震度に対応する地震動の大きさを表す数値。例えば、計測震度 6.0～6.4 は震度 6 強に対応する。

\***地表最大加速度**：地表加速度の時刻歴波形の中で、加速度値の絶対値の最大。単位は gal (ガル) = cm/s<sup>2</sup>。

\***地表最大速度**：地表速度の時刻歴波形の中で、速度値の絶対値の最大。単位は kine (カイン) = cm/s。

\***SI 値 (Spectral Intensity)**：建物被害への影響が大きい周期帯による地震動の指標。減衰 20%の速度応答スペクトルの周期 0.1～2.5 秒の積分値。単位は kine (カイン) = cm/s。今回の調査では建物被害、ライフライン被害（ガス）、道路施設被害（道路橋梁）の想定などに用いられる。

\***有効ひずみ**：地盤にある一定の大きさの力が加わった時に、地盤が変形する大きさをひずみという。ひずみは加速度や速度と同様に時刻歴でその大きさが変化するが、時刻歴での最大値を最大ひずみという。これに対して、時刻歴の中で平均的なひずみの大きさを、有効ひずみという。

一般的な等価線形計算においては、⑤で示したように、ひずみ応答の最大値の65%を有効ひずみとしている。しかし、一般的な方法では高周波数で地震動の減衰が大きくなりすぎる傾向があるため、周波数によって有効ひずみの大きさを変える（有効ひずみの周波数依存性を考慮する）こととする。周波数依存性の設定については、山本・笹谷（2007）<sup>27</sup>による手法を採用した。

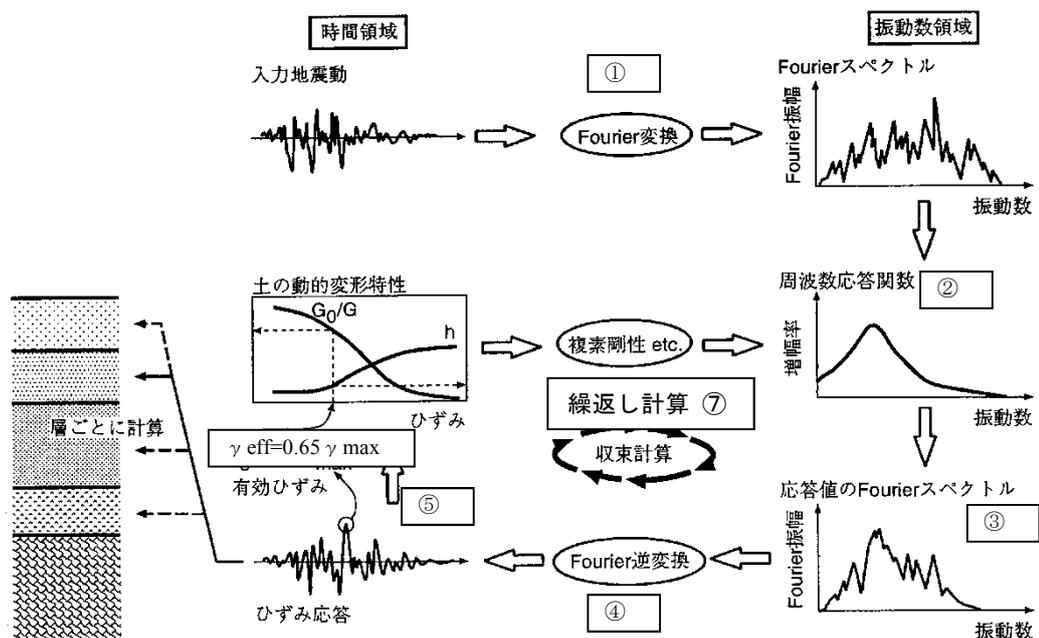


図 4.3-1 等価線形地震応答解析プログラムの概要（盛川（2005）<sup>28</sup>）

## 2 千葉市直下地震の地震動予測結果

地震動予測計算結果の例として、美浜区役所（メッシュコード：534030651701）における応答計算による地表の加速度波形、速度波形及びスペクトルの形状を図 4.3-2 に、地表の地震動分布を図 4.3-3 に示す。

美浜区役所における地表最大加速度は南北成分で 352gal、東西成分で 443gal である。速度応答スペクトルを見ると、やや長周期である 1.5～3 秒付近で振幅が最も大きくなっている。地中の地震動分布をみると、深さ 4～30m の砂質土層において、最大せん断ひずみの値が大きくなる（最大で 0.6%）とともに加速度が減衰しており（砂質土層下端で 360gal であったのが砂質土層中央では 220gal まで減衰）、この層は非線形性の挙動を示している。

図 4.3-4 に地表での震度分布を示す。また、図 4.3-5 に地表最大速度分布を、図 4.3-6 に地表最大加速度分布を、図 4.3-7 に地表での SI 値の分布を示す。また、表 4.3-1 に震度別・区別の面積割合の一覧を示す。

市全体の広い領域で震度 6 弱以上であり、非常に大きな揺れとなる。花見川区、稲毛区、若葉区などの台地部の広い範囲で震度 6 強となるのに対し、中央区、美浜区などの湾岸の埋立地及び谷底低地の広い範囲では震度 6 弱となる。また、中央区、緑区の一部においては震度 5 強となる。

このような震度分布となる要因としては、工学的基盤の震度分布（図 4.2-3）が花見川区、若葉区などの台地部で大きく、中央区、緑区で小さいことに加えて、地盤の非線形性による影響が挙げられる。一般に埋立地や谷底低地のような軟弱な地盤は揺れを増幅するが、千葉市直下地震のような非常に大きな地震では、先に挙げた美浜区役所の例のように地盤の非線形性の影響が大きく、逆に揺れを減衰させる効果が生じているためであると考えられる。

図 4.3-8 に、平成 20 年度調査による東京湾北部地震の震度分布を示す。震源が本調査とは異なり、東京湾内に震源断層が位置することから、震源域からの距離が近い中央区、美浜区などにおいて震度が大きくなっている。

最大加速度、最大速度、SI 値についても同様に、主に非線形性の影響により花見川区、稲毛区、若葉区などの台地部の広い範囲で振幅が大きく、中央区、美浜区などの湾岸の埋立地及び谷底低地の広い範囲で振幅が小さくなる。これらについても、工学的基盤の震度分布を反映していることに加えて、地盤の非線形性が影響していると考えられる。

表 4.3-2 に、主要駅、市役所、区役所の位置するメッシュにおける地震動の計算結果（震度階、地表最大速度、地表最大加速度、SI 値）を示す。

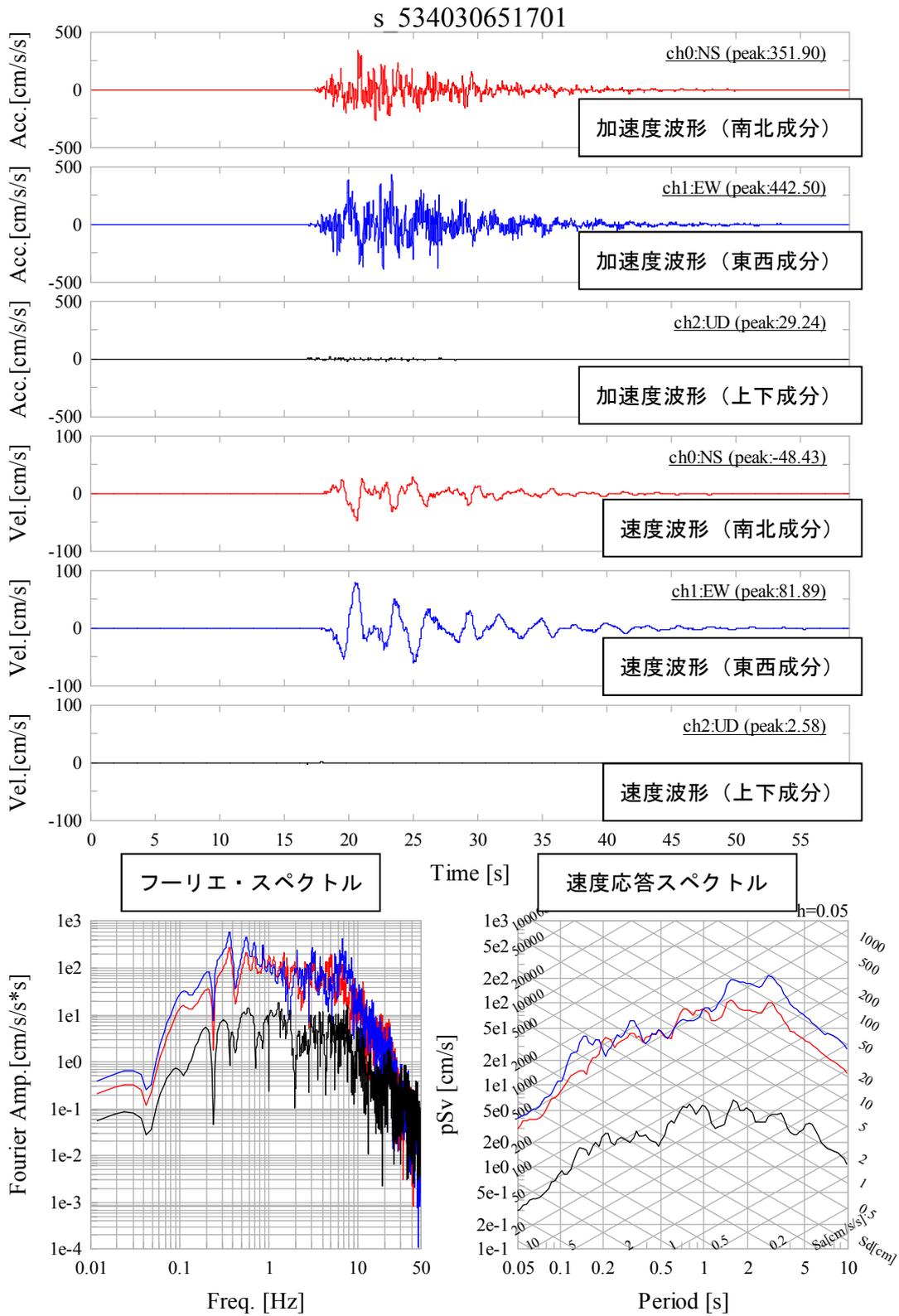


図 4.3-2 地震動計算結果の例（波形及びスペクトル・美浜区役所・地表）

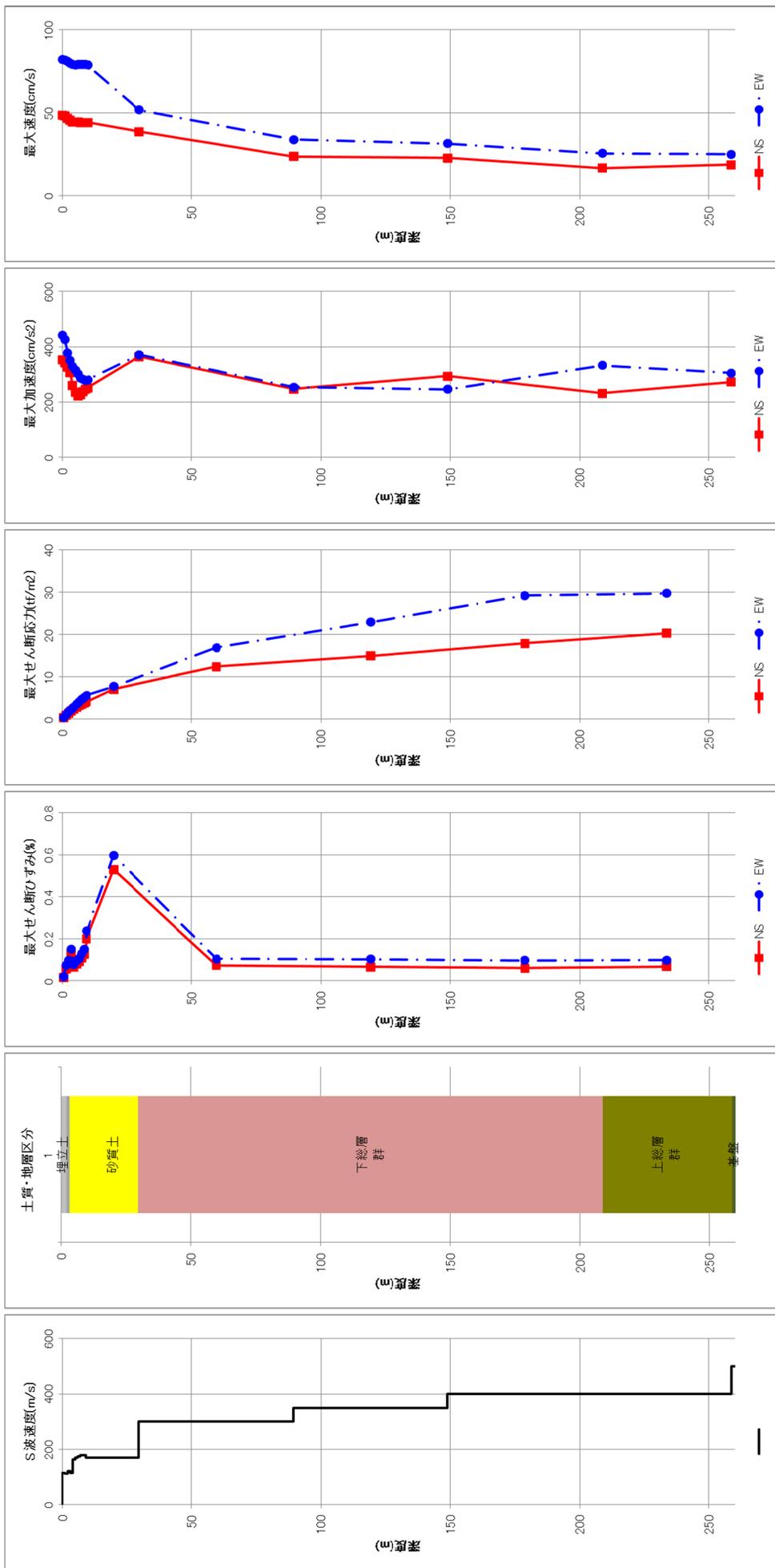


図 4.3-3 地震動計算結果の例 (土質区分、S 波速度、S 波速度、地中の地震動分布・美浜区役所)

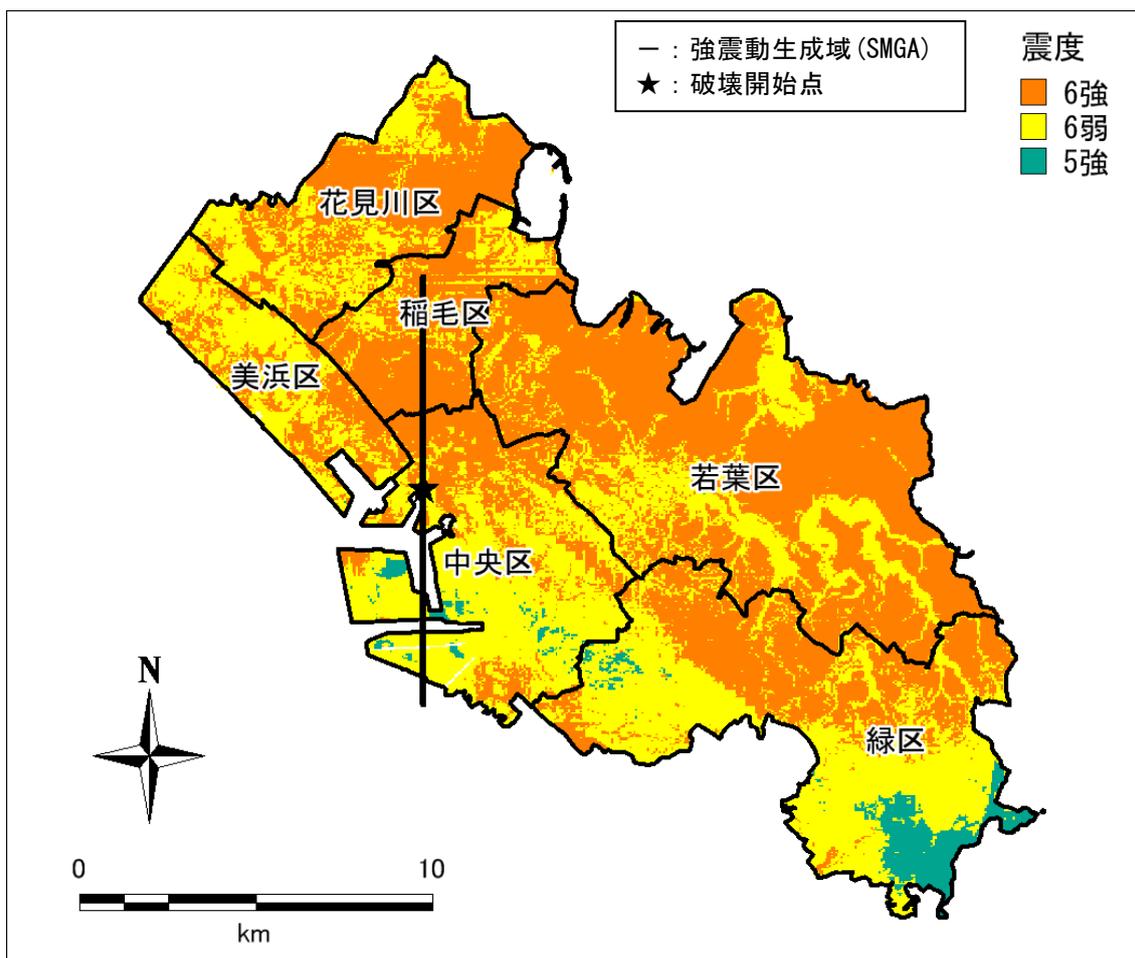


図 4.3-4 千葉市直下地震の震度分布（地表）

表 4.3-1 震度別・区別の面積割合

区名	総面積 (km <sup>2</sup> )	震度6強		震度6弱		震度5強	
		面積 (km <sup>2</sup> )	割合	面積 (km <sup>2</sup> )	割合	面積 (km <sup>2</sup> )	割合
中央区	44.70	13.96	31.2%	29.37	65.7%	1.37	3.1%
花見川区	34.19	21.00	61.4%	13.19	38.6%	0.00	0.0%
稲毛区	21.22	15.94	75.1%	5.28	24.9%	0.00	0.0%
若葉区	84.21	62.80	74.6%	21.40	25.4%	0.01	0.0%
緑区	66.25	24.35	36.8%	35.51	53.6%	6.39	9.6%
美浜区	21.20	8.45	39.9%	12.75	60.1%	0.00	0.0%
<b>合計</b>	<b>271.77</b>	<b>146.51</b>	<b>53.9%</b>	<b>117.49</b>	<b>43.2%</b>	<b>7.76</b>	<b>2.9%</b>

※四捨五入により、合計が合わない場合がある。

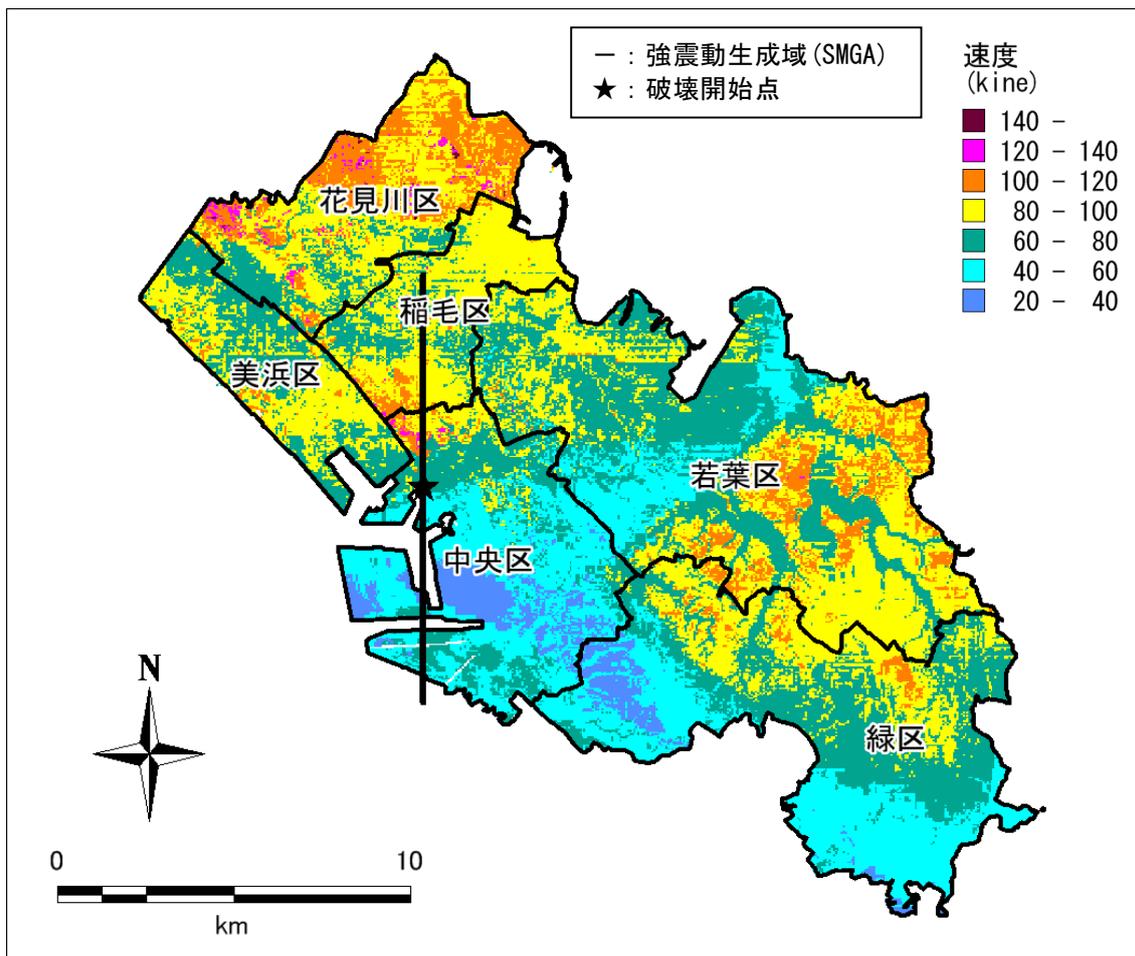


図 4.3-5 千葉市直下地震の最大速度分布 (地表)

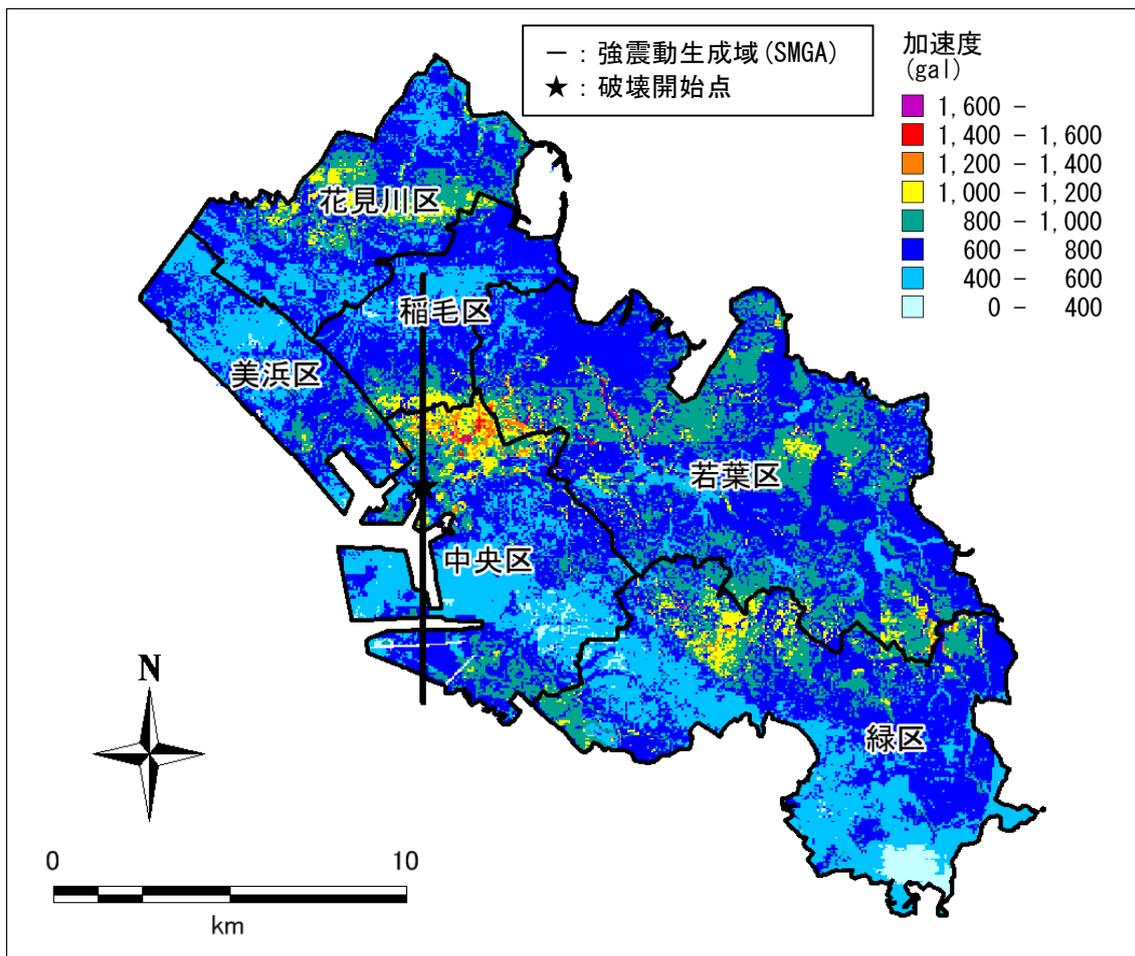


図 4.3-6 千葉市直下地震の最大加速度分布 (地表)

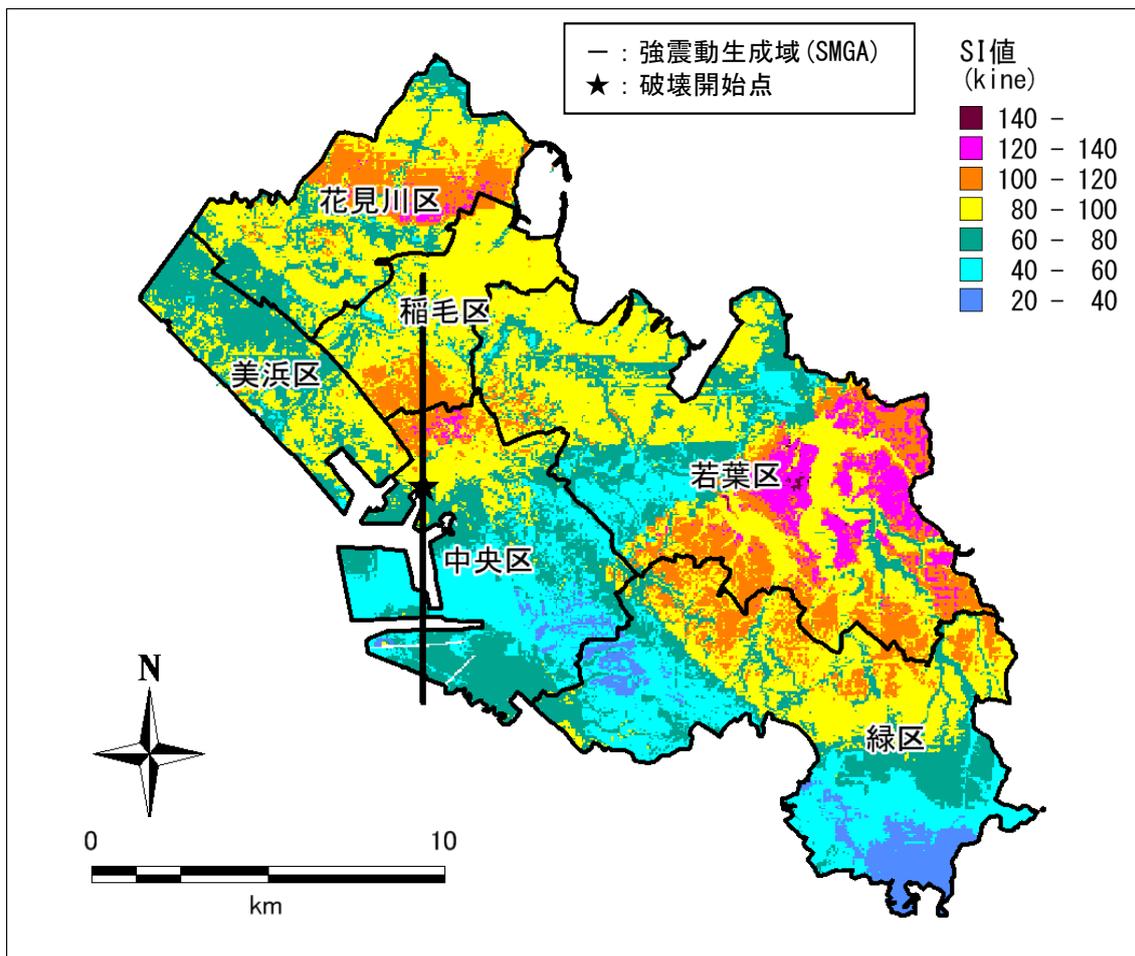


図 4.3-7 千葉市直下地震の SI 値分布 (地表)

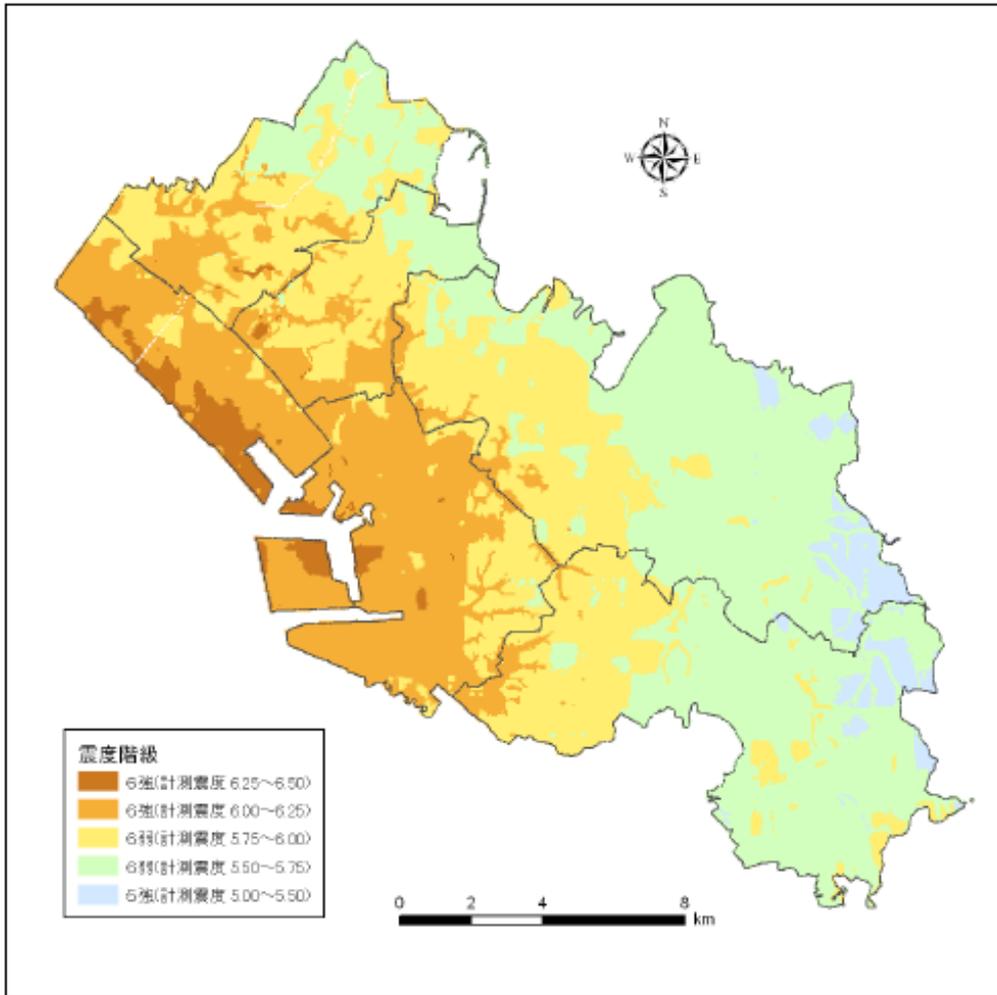


図 4.3-8 【参考】東京湾北部地震（平成 20 年度調査）の震度分布（地表）

表 4.3-2 主要駅・市役所・区役所における地震動計算結果（地表）

地点名	メッシュコード	震度階	最大加速度 (gal)	最大速度 (kine)	SI値 (kine)
千葉駅	534030391201	6弱	787	68	86
稲毛駅	534030671107	6強	694	82	92
幕張本郷駅	534040031407	6弱	606	127	90
海浜幕張駅	534030731607	6弱	706	84	79
千葉みなと駅	534030281604	6弱	637	70	80
蘇我駅	534021901808	6弱	540	54	64
千葉市役所	534030281710	6強	1038	71	95
中央区役所	534030390119	6強	654	77	95
花見川区役所	534030951010	6弱	736	98	89
稲毛区役所	534030680711	6強	706	85	97
若葉区役所	534031620109	6強	717	81	83
緑区役所	534021740402	6弱	526	46	48
美浜区役所	534030651701	6弱	443	82	70

## 第5章 液状化

### 第1 概要

液状化とは、地下水の豊富な砂質の地盤が地震による振動で液体状になる現象のことである。

図 5.1-1 に地盤が液状化するメカニズムを示した。

地震前の地盤 1) は、砂の粒子同士が接した状態で安定しており、その間隙を地下水（間隙水）が埋めている。

（地盤が粘土質の場合は、粒子が砂よりも小さいため、間隙水が発生する状態にはならない。）

このような地盤が地震によって揺すられる 2) と、間隙水にかかる圧力が上昇して砂粒同士の接合が離れることにより流動化して、一部は地表に噴砂として噴出する。

地震後 3) には、間隙水が消失した間隙を砂の粒子が埋めることにより、地盤が沈下して、建物を傾かせたりするなどの被害が発生する。

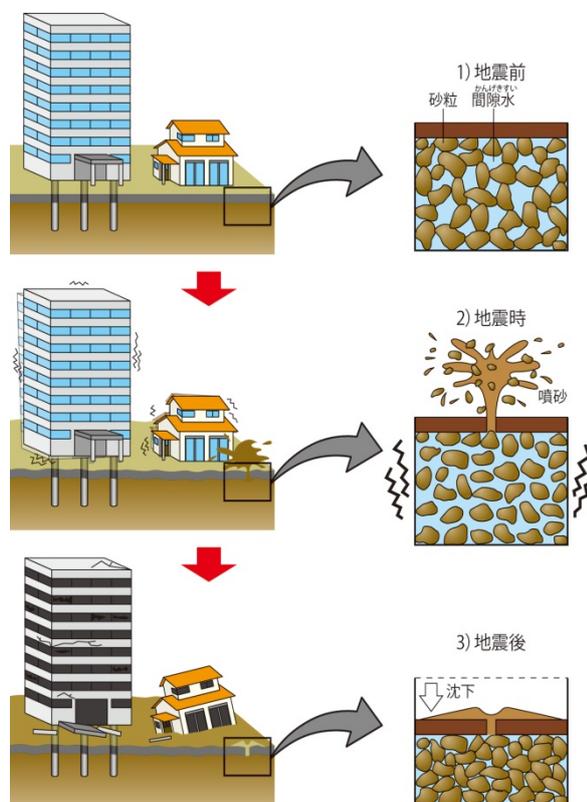


図 5.1-1 液状化のメカニズム

一般的に液状化が起りやすい条件としては、以下のことが挙げられる。

- ① 揺れが大きい場合の方が小さい場合より液状化しやすい。
- ② 同じ震度であっても、継続時間の短い地震（兵庫県南部地震など）よりも、継続時間の長い地震（東北地方太平洋沖地震、南海トラフの地震など）の方が液状化しやすい。
- ③ 自然に形成された地盤よりも、埋立地などの人工地盤の方が液状化しやすい。また、以前に河川だったところに砂が堆積して出来た地盤（旧河道）も液状化しやすい。
- ④ 粒子の細かい粘土、シルトを主体とする地盤よりも砂を主体とする地盤の方が液状化しやすい。（砂を全く含まない地盤では、液状化は発生しない。）
- ⑤ 同じ砂質地盤でも、締まった地盤よりも緩い地盤の方が液状化しやすい。
- ⑥ 同じ砂質地盤でも、地下水位が高い方が液状化しやすい。（地下水位が低い地盤では液状化は発生しない。）
- ⑦ 同じ砂質地盤でも、時代の新しい（完新世）地盤（沖積層）の方が液状化しやすい。

い。更新世以前の砂質地盤は、液状化しにくい。

①、②は、地震の特性の違いによるものであり、③以降は地盤及び地下水位の違いによるものである。液状化の予測においては、このような条件が反映される。

以上を踏まえて、液状化予測手法については、平成 26・27 年度県調査でも採用し、実績も豊富であることから、メッシュごとに液状化指数 ( $P_L$  値) を求める方法を採用し、千葉市直下地震について予測を行った。加えて、液状化による建物被害の想定に用いるため、メッシュごとの地盤沈下量についても予測を行った。

## 第2 予測手法

液状化予測計算は、内閣府（2013）及び平成26・27年度県調査でも採用されている**道路橋示方書\***（2012）<sup>29</sup>の方法に準じて、後述する $F_L$ 法及びこれを深度方向に重み付けして積分した $P_L$ 法を用いた。前節の地震動予測結果及び前項で設定した地盤モデルを用いて予測計算を行う。

以下に、採用した手法について述べる。

### 1 $F_L$ 法

$F_L$ 法とは、検討対象とする地盤（本調査では50mメッシュごとに作成した地盤モデル）の液状化対象層を抽出し、液状化対象層それぞれについて、液状化に対する抵抗力と地震力の強さとを比較し、液状化に対する抵抗率（ $F_L$ 値）を求める手法である。

#### （1）液状化予測対象メッシュ

液状化予測対象とするメッシュは沖積層及び埋立土層が分布する範囲、すなわち低地・台地・埋立地境界図（図3.3-7）における埋立地及び低地に該当するメッシュとした。台地においては沖積層が分布しないことから、対象外とした。区別の液状化予測対象メッシュの面積及び割合を表5.2-1に示す。

表5.2-1 区別液状化予測対象メッシュの面積・割合

区名	総面積 (km <sup>2</sup> )	液状化予測対象 メッシュの面積 (km <sup>2</sup> )	割合
中央区	44.70	28.44	63.6%
花見川区	34.19	7.76	22.7%
稲毛区	21.22	2.43	11.5%
若葉区	84.21	7.51	8.9%
緑区	66.25	5.14	7.8%
美浜区	21.20	21.19	100.0%
合計	271.77	72.48	26.7%

※四捨五入により、合計が合わない場合がある。

#### （2）液状化対象層

以下の全てに該当する地盤を液状化対象層とした。

- ・地下水位以深で、地表から深さ20mまでの沖積層の砂質土層。

\***道路橋示方書**：橋や高架の道路等を設計するための日本道路協会より刊行されている技術指針。「V耐震設計編」には砂質地盤の液状化の判定手法（ $F_L$ 法）が示されており、地震被害想定調査においては広く参照されている。阪神・淡路大震災等の知見を踏まえて何度か改訂されている。

・細粒分含有率  $FC^*$  が 35% 以下の土層。

### (3) $F_L$ 値

$F_L$  値は、次式で与えられる。

$$F_L = R/L \quad \text{———— (式 5.2-1)}$$

ここで、 $R$  : 液状化抵抗比

$L$  : 繰り返しせん断強度

$F_L$  値が 1.0 を下回る層については、液状化するものと見なす。

### (4) 液状化抵抗比 $R$ の求め方

液状化抵抗比  $R$  とは、地盤がどれだけ液状化しにくいを示す指標であり、 $N$  値や地震動のタイプ等を考慮して、以下の式により与えられる。

$$R = c_w R_L \quad \text{———— (式 5.2-2)}$$

$$R_L = 0.0882 \sqrt{N_a / 1.7} \quad (N_a < 14)$$

$$R_L = 0.0882 \sqrt{N_a / 1.7} + 1.6 \cdot 10^{-6} (N_a - 14)^{4.5} \quad (14 \leq N_a)$$

ここで、

<砂質土の場合>

$$R = c_w R_L$$

$$N_a = c_1 \cdot N_1 + c_2$$

$$N_1 = 1.7 \cdot N / (\delta_v' + 0.7)$$

$$c_1 = 1 \quad (0\% \leq FC < 10\%)$$

$$c_1 = (FC + 40) / 50 \quad (10\% \leq FC < 60\%)$$

$$c_1 = FC / 20 - 1 \quad (60\% \leq FC)$$

$$c_2 = 0 \quad (0\% \leq FC < 10\%)$$

$$c_2 = (FC - 10) / 18 \quad (10\% \leq FC)$$

---

\*細粒分含有率  $FC$  : 地盤を構成する粒子は、粒子の大きい順に「礫」「砂」「シルト」「粘土」と呼ばれる。細粒分含有率は、これらのうち液状化しにくい細かい粒子である「シルト」「粘土」が地盤全体の中で占める割合のことである。

<礫質土の場合>

$$N_a = \{1 - 0.36 \log_{10}(D_{50}/2)\}$$

ここに、

$R$  : 液状化抵抗比

$c_w$  : 地震動特性による補正係数\*

$R_L$  : 繰返し三軸強度比\*

$N$  : 標準貫入試験から得られる  $N$  値

$N_1$  : 有効上載圧\*1kgf/cm<sup>2</sup> 相当に換算した  $N$  値

$N_a$  : 粒度の影響を考慮した補正  $N$  値

$c_1, c_2$  : 細粒分含有率による  $N$  値の補正係数

$FC$  : 細粒分含有率(%) (粒径 75 $\mu$ m 以下の土粒子の通過質量百分率\*)

$D_{50}$  : 平均粒径\* (mm)

(タイプ I の地震動の場合)

$$c_w = 1.0$$

(タイプ II の地震動の場合)

$$c_w = 1.0 \quad (R_L \leq 0.1)$$

$$c_w = 3.3R_L + 0.67 \quad (0.1 < R_L \leq 0.4)$$

$$c_w = 2.0 \quad (0.4 < R_L)$$

※1) タイプ I : 大きな振幅が長時間繰返して作用する地震動 (プレート境界型の大規模な地震) を表したものである。

---

\*地震動特性による補正係数 : 地震の揺れの継続時間が長いか短いかによって液状化のしやすさが異なることから、これを考慮するために導入した係数。

\*繰返し三軸強度比 : 地盤の強度を表す指標。正式には「繰返し三軸試験」という室内土質試験で測定されるが、ここでは  $N$  値による推定式で算定される。

\*有効上載圧 : 地盤内のある 1 点において、より上位の地盤の荷重により受ける圧力 (全上載圧) から、地下水による浮力を引いたもの。

\*通過質量百分率 : 細粒分含有率の測定方法として、よくほぐした土粒子を網目の大きさの異なる様々なふるいにかけることが行われる。通過質量百分率は、全土粒子のうちどれだけの割合がふるいを通過したかを質量の比で表した値。

\*平均粒径 : 地盤を構成する土粒子を大きい順に並べたと仮定したときに、中央にくる粒子の大きさ。

※2) タイプⅡ：継続時間は短いが極めて強度を有する地震動（兵庫県南部地震のような内陸型地震）を表したものである。千葉市直下地震はタイプⅡに該当する。

#### (5) 繰り返しせん断強度 $L$ の求め方

繰り返しせん断強度  $L$  とは、地盤内のある 1 点にかかる地震力の大きさを表す指標であり、地表加速度から以下の換算式を用いて求める。

$$L = r_d \cdot \alpha / g \cdot \sigma_v / \sigma'_v \quad \text{———— (式 5.2-3)}$$

$$r_d = 1.0 - 0.015x$$

$$\sigma_v = \{\gamma_{t1} h_w + \gamma_{t2} (x - h_w)\} / 10$$

$$\sigma'_v = \{\gamma'_{t1} h_w + \gamma'_{t2} (x - h_w)\} / 10$$

ここに、

$L$ ：繰り返しせん断強度

$r_d$ ：繰り返しせん断強度の深さ方向の**低減係数\***

$\alpha$ ：地表最大加速度 (gal)

$g$ ：重力加速度 (980gal)

$\sigma_v$ ：全上載圧\* (kgf/cm<sup>2</sup>)

$\sigma'_v$ ：有効上載圧 (kgf/cm<sup>2</sup>)

$x$ ：地表面からの深さ (m)

$\gamma_{t1}$ ：地下水位面より浅い位置での土の**単位体積重量\*** (tf/m<sup>3</sup>)

$\gamma_{t2}$ ：地下水位面より深い位置での土の**単位体積重量** (tf/m<sup>3</sup>)

$\gamma'_{t2}$ ：地下水位面より深い位置での土の**有効単位体積重量\*** (tf/m<sup>3</sup>)

$h_w$ ：地下水位の深さ (m)

---

\* (繰り返しせん断強度の) **低減係数**：地震力の大きさである繰り返しせん断強度が地盤内でどのような分布をするかは、地震の種類、大きさや地盤状況によって異なる。しかしながら、過去の地震時の状況を調べた結果では、ある深さにおける繰り返しせん断強度は、地表における値からある一定値を深さに乗じた値を引くことで近似できるとされており、深さに乗じる値を低減係数と呼んでいる。

\* **全上載圧**：地盤内のある 1 点において、より上位の地盤の荷重により受ける圧力。

\* **土の単位体積重量**：単位体積当たりの土の重さ。本調査では土質区分、 $N$  値ごとに設定している。

\* **土の有効単位体積重量**：単位体積重量から、地下水の重量 (1tf/m<sup>3</sup>) を引いたもの。

## 2 $P_L$ 法

道路橋示方書（2012）に示された手順に従って、地表からの各深度での  $F_L$  値を算出し、その値を深さ方向に重みをつけて足し合わせ（図 5.2-1 参照）、地点での液状化危険度を表す  $P_L$  値を算出し、この  $P_L$  値によって液状化危険度の判定を行う。液状化危険度判定は、岩崎ら（1980）<sup>30</sup>による図 5.2-1 及び表 5.2-2 に示すような関係により判定を行う。 $F_L$  値から  $P_L$  値を計算した例を表 5.2-3 に示す。

$$P_L = \int_0^{20} (1 - F_L)(10 - 0.5x) dx \quad \text{----- (式 5.2-4)}$$

ここに、

$P_L$  : 液状化指数

$F_L$  : 液状化に対する抵抗率

$x$  : 地表面からの深さ (m)

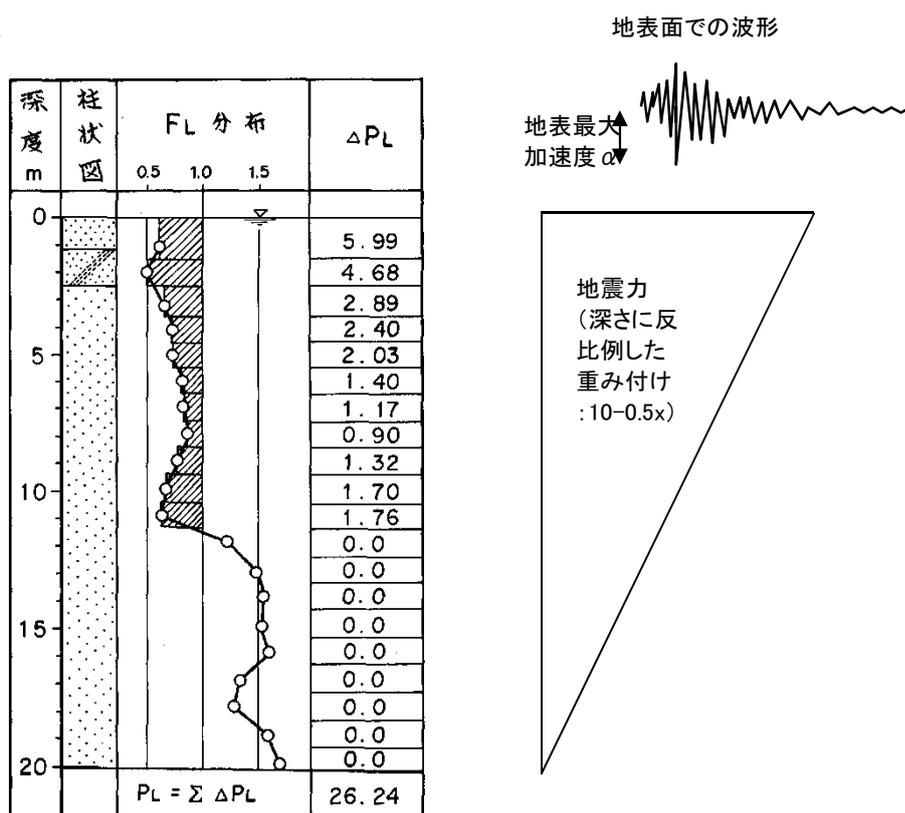


図 5.2-1  $P_L$  値の概念図（岩崎ほか（1980）に加筆）

表 5.2-2  $P_L$  値による液状化危険度判定区分 (岩崎ほか (1980))

	$P_L=0$	$0 < P_L \leq 5$	$5 < P_L \leq 15$	$P_L > 15$
$P_L$ 値による液状化危険度判定	液状化危険度は極めて低い。	液状化危険度は低い。	液状化危険度はやや高い。	液状化危険度は高い。

※台地部については、「なし」とした。

表 5.2-3  $P_L$  値の計算例

PL 値 32.014

判定深度 Z (m)	判定層厚 $\Delta Z$ (m)	FL	(1-FL)	重み関数W	$\Delta PL$
1.00	1.00	0.727	0.273	9.50	2.595
2.00	1.00	0.688	0.312	9.00	2.804
3.00	1.00	0.573	0.427	8.50	3.627
4.00	1.00	0.592	0.408	8.00	3.262
5.00	1.00	4.269	0.000	7.50	0.000
6.00	1.00	0.673	0.327	7.00	2.286
7.00	1.00	0.637	0.363	6.50	2.357
8.00	1.00	0.615	0.385	6.00	2.312
9.00	1.00	0.547	0.453	5.50	2.493
10.00	1.00	1.359	0.000	5.00	0.000
11.00	1.00	0.460	0.540	4.50	2.428
12.00	1.00	0.544	0.456	4.00	1.825
13.00	1.00	0.537	0.463	3.50	1.620
14.00	1.00	0.529	0.471	3.00	1.412
15.00	1.00	0.660	0.340	2.50	0.851
16.00	1.00	0.554	0.446	2.00	0.892
17.00	1.00	0.582	0.418	1.50	0.626
18.00	1.00	0.559	0.441	1.00	0.441
19.00	1.00	0.636	0.364	0.50	0.182
20.00	1.00	0.592	0.408	0.00	0.000

### 3 沈下量

内閣府（2012a）<sup>31</sup>の方法に従って、液状化に伴う地盤の沈下量を求める。

沈下量の計算については、全液状化対象層について $F_L$ 値の計算結果より体積ひずみ（＝各層の沈下量）を求め、これを合計することにより求める。沈下量の計算の流れを図5.2-2に示す。

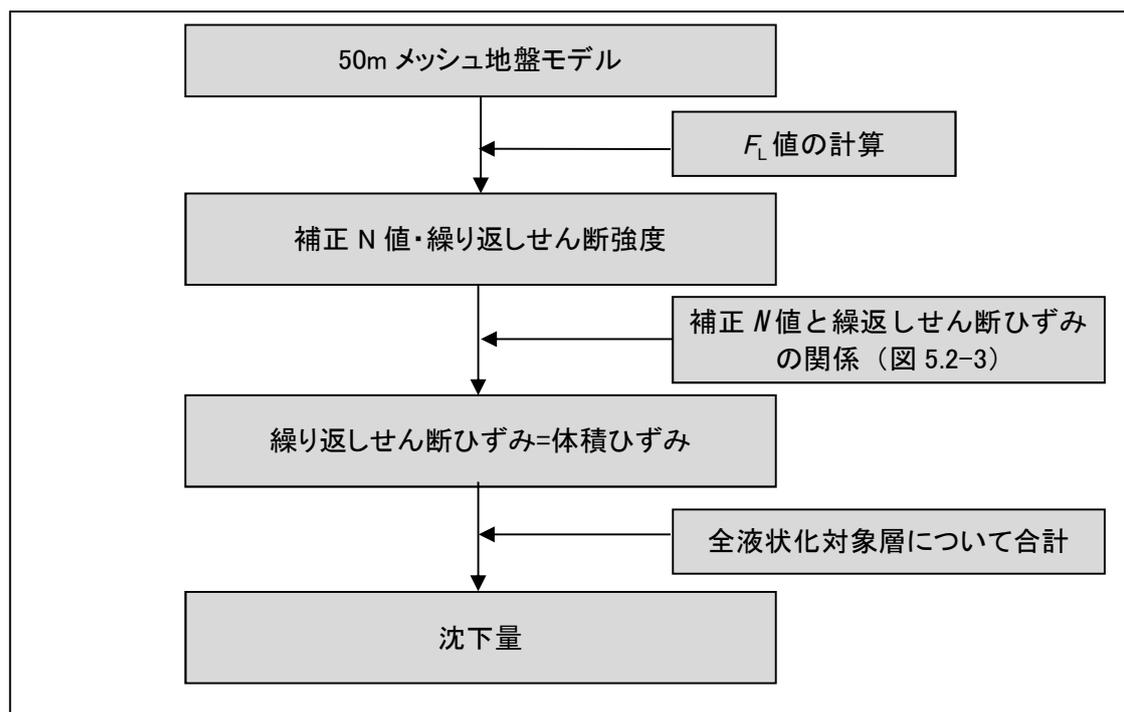


図 5.2-2 沈下量計算の流れ

まず、建築基礎構造設計指針（2001）<sup>32</sup>に示されている補正 $N$ 値と繰返しせん断ひずみの関係（図5.2-3）を用いて、検討対象とする層の補正 $N$ 値 $N_a$ （横軸）と繰返しせん断強度 $L$ （縦軸：図中では応力比）をプロットし（補正 $N$ 値、繰返しせん断強度については、 $F_L$ 値の項を参照）、プロットした点に対応する繰返しせん断ひずみの値を繰返しせん断ひずみ $\gamma_{cy}$ 曲線から読み取る。例えば $N_a=15$ 、 $L=0.3$ とすると、 $\gamma_{cy}=2\%$ の曲線と重なることから、 $\gamma_{cy}=2\%$ であると読み取れる。

プロットした点が曲線と曲線の間に来る場合は、それぞれの曲線の $\gamma_{cy}$ の値を対数補間することにより求める。このとき、繰返しせん断ひずみ $8\%$ の曲線より左側にプロットされる場合には $\gamma_{cy}=8\%$ とし、 $0.5\%$ より右側にプロットされる場合には、 $\gamma_{cy}=0.5\%$ とする。

せん断ひずみと体積ひずみとは異なる概念である（図 5.2-4）が、ここでは両者を同等であるとみなして、繰返しせん断ひずみ $\gamma_{cy}$ を体積ひずみ $\varepsilon_v$ として読み替える。そ

して、沈下量  $S$  を次のようにして推定する。

$$S = \sum_{i=1}^n (H_i \times \varepsilon_{vi}) \quad \text{— (式 5.2-5)}$$

ここに、

$S$ : 沈下量

$H_i$ :  $F_L < 1.0$  となる砂質土層  $i$  の層厚

$\varepsilon_{vi}$ :  $F_L < 1.0$  となる砂質土層  $i$  の体積ひずみ

$n$ :  $F_L < 1.0$  となる砂質土層数

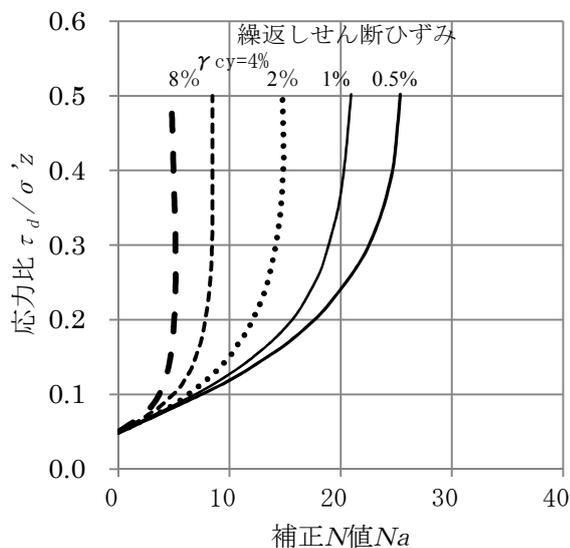
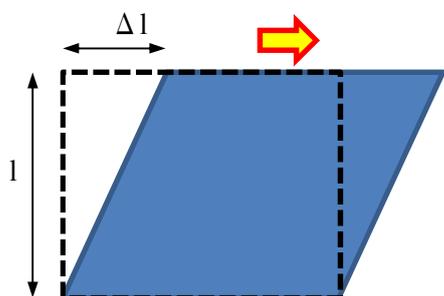
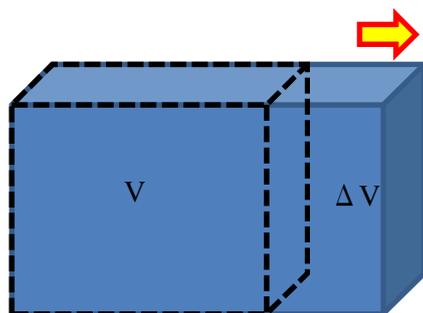


図 5.2-3 補正  $N$  値と繰返しせん断ひずみの関係

(建築基礎構造設計指針 (2001), p66, 図 4.5.7 補正  $N$  値と繰返しせん断ひずみの関係に加筆)



高さ 1 の長方形 (点線) の上辺を右に  $\Delta l$  だけ移動して平行四辺形 (青色) に変形させたとき、「 $\Delta l/1$ 」の値を「せん断ひずみ」という。



体積  $V$  の箱 (点線) の右側面を引っ張って  $\Delta V$  だけ横長に膨張させた (青色) とき、「 $\Delta V/V$ 」の値を「体積ひずみ」という。

図 5.2-4 せん断ひずみ (上) と体積ひずみ (下) の概念

### 第3 予測結果

液状化予測計算結果の例として、美浜区役所（メッシュコード：534030651701）における液状化危険度計算結果を図5.3-1及び表5.3-1に示した。地下水位面下の埋土層及び砂質土層のうち、相対的に $N$ 値の低い深度で $F_L$ 値が1を下回っている。 $P_L$ 値は13.3となり、液状化危険度がやや高いという結果になっている。

千葉市直下地震が発生した場合の液状化の予測結果を図5.3-2～図5.3-3に示した。また、区ごとの液状化危険度別面積割合を表5.3-2に示した。

液状化危険度については、中央区、花見川区及び美浜区の埋立地で液状化危険度の高い領域が広がっている。特に美浜区においては、5割近い範囲で液状化危険度が高くなっており、中央区においても2割近くの範囲で液状化危険度が高くなっている。

詳細にみると、埋立地内でも場所によって液状化危険度に相違がみられる。埋立地から内陸に向かって谷筋がいくつか存在する（筋状に液状化危険度が高くなる領域）が、埋立地の中でも谷筋に連なる領域（図5.3-4で囲った範囲）において液状化危険度が高くなっている。

同じ埋立地でも埋立土層の厚さは一様ではなく、もともとの地盤高は谷筋に沿って低くなっていたと想定されるため、谷筋に連なる埋立地では埋立土層が厚くなっていると考えられる。今回作成した50mメッシュ地盤モデルでは、このような昔の谷筋を考慮してモデル化を行っているため、埋立土層の厚い領域で液状化危険度が高くなったと考えられる。

図5.3-5に、千葉大学中井研究室による東北地方太平洋沖地震時の噴砂の分布状況を示す。美浜区内においても噴砂の状況は一様ではなく、激しい噴砂の領域と噴砂なしの領域に分かれている。平成26・27年度県調査によれば、50mメッシュ地盤モデルを用いて東北地方太平洋沖地震の揺れを再現計算した時の液状化危険度は、実際の噴砂の分布状況を概ね再現できているとしており、今回の千葉市直下地震についても、千葉県と同様の地盤モデル及び予測手法を採用していることから、概ね実際に想定される液状化の分布を反映できているものと考えられる。

図5.3-6に、今回の計算結果と東北地方太平洋沖地震時の噴砂の分布状況を重ね合わせて示す。想定地震動が異なるため厳密な比較はできないが、美浜区打瀬（ベイタウン）以外については、噴砂の状況と液状化危険度の分布の傾向はよく一致している。打瀬については液状化対策が施工されている可能性があるが、液状化計算に用いた地盤モデルでは、このような事後の対策については考慮されていないため、傾向が一致していないと考えられる。

図5.3-7に、平成20年度調査による液状化危険度の分布を示す。平成20年度調査の地盤モデルにはこのような谷筋の分布状況は反映されていないため、東北地方太平洋沖地震時とは異なる液状化危険度の分布を示している。

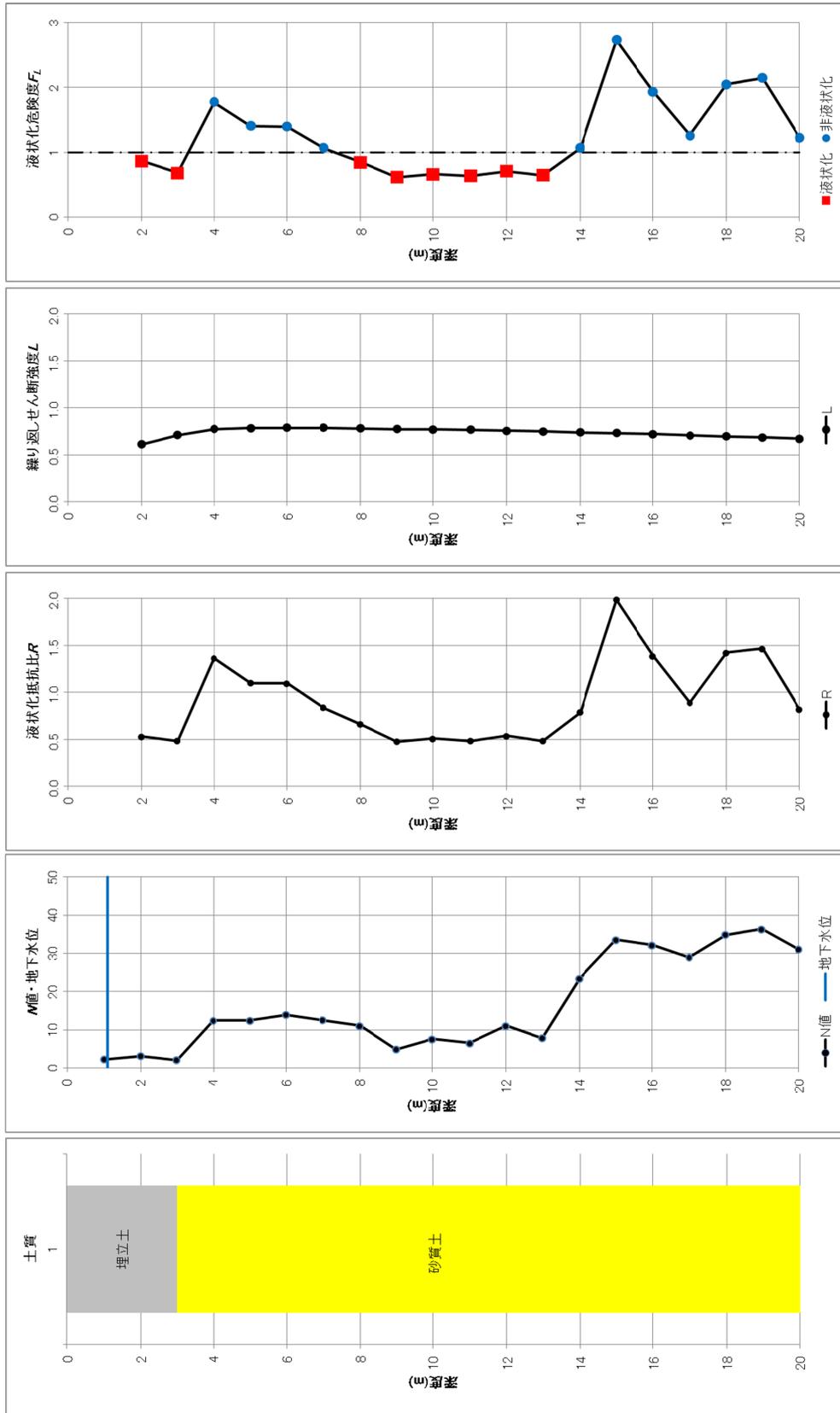


図 5.3-1 液化化危険度計算結果の例 (美浜区役所)

表 5.3-1 液状化危険度計算結果の例（美浜区役所）

地下水位：GL-1.08m PL= 13.275

判定深度 Z (m)	判定層厚 ΔZ (m)	FL	1-FL	重み関数 W	Δ PL
1	1.08	判定対象外			0.000
2	1.42	0.867	0.133	9.0	1.699
3	1.00	0.680	0.320	8.5	2.719
4	1.00	1.772	0.000	8.0	0.000
5	1.00	1.402	0.000	7.5	0.000
6	1.00	1.391	0.000	7.0	0.000
7	1.00	1.067	0.000	6.5	0.000
8	1.00	0.842	0.158	6.0	0.948
9	1.00	0.612	0.388	5.5	2.132
10	1.00	0.658	0.342	5.0	1.709
11	1.00	0.632	0.368	4.5	1.656
12	1.00	0.708	0.292	4.0	1.169
13	1.00	0.645	0.355	3.5	1.243
14	1.00	1.067	0.000	3.0	0.000
15	1.00	2.729	0.000	2.5	0.000
16	1.00	1.935	0.000	2.0	0.000
17	1.00	1.254	0.000	1.5	0.000
18	1.00	2.049	0.000	1.0	0.000
19	1.00	2.144	0.000	0.5	0.000
20	1.00	1.223	0.000	0.0	0.000

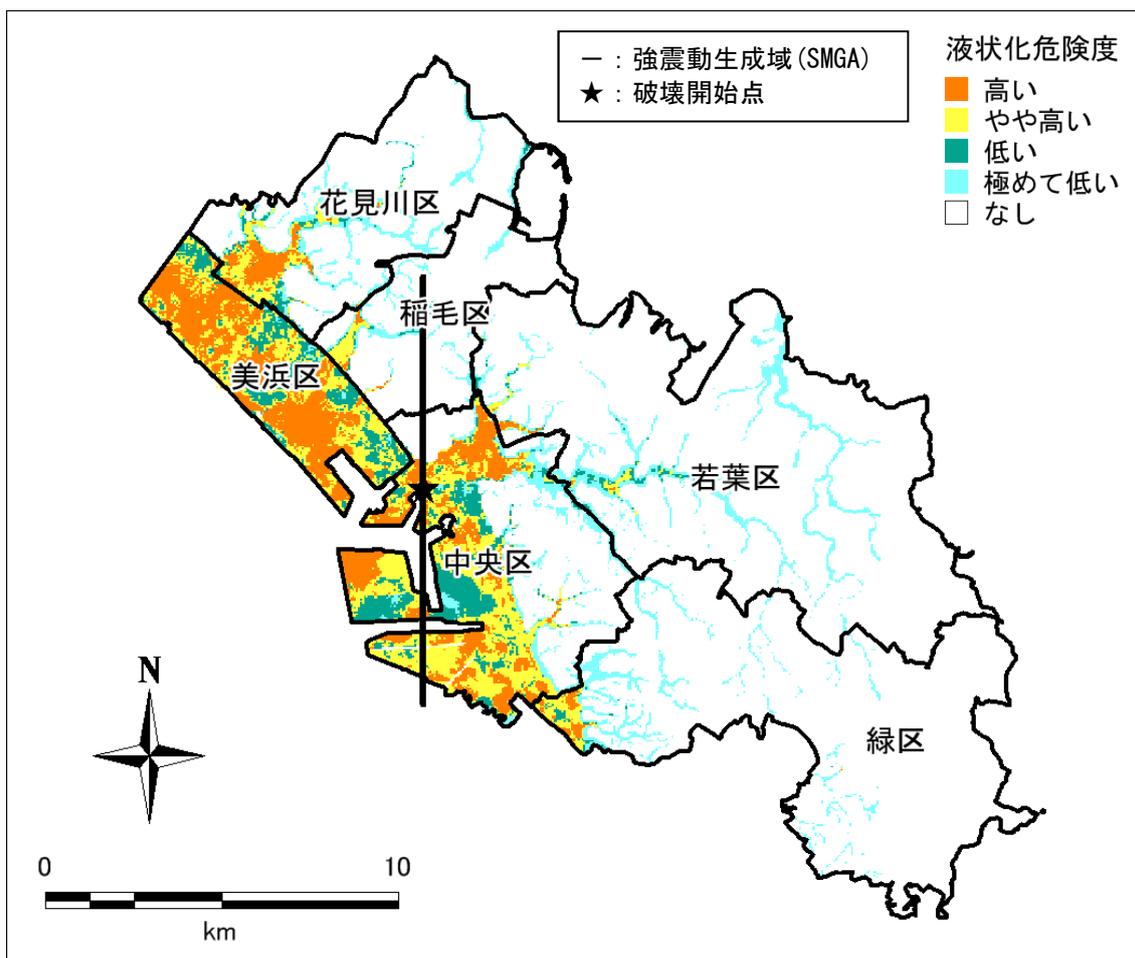


図 5.3-2 液状化危険度

表 5.3-2 液状化危険度別・区別の面積割合

区名	総面積 (km <sup>2</sup> )	高い		やや高い		低い		極めて低い		なし	
		面積 (km <sup>2</sup> )	割合								
中央区	44.70	8.08	18.1%	11.76	26.3%	5.33	11.9%	3.27	7.3%	16.26	36.4%
花見川区	34.19	1.54	4.5%	1.79	5.2%	0.91	2.7%	3.52	10.3%	26.43	77.3%
稲毛区	21.22	0.15	0.7%	0.61	2.9%	0.28	1.3%	1.39	6.6%	18.79	88.5%
若葉区	84.21	0.20	0.2%	0.49	0.6%	0.62	0.7%	6.20	7.4%	76.70	91.1%
緑区	66.25	0.51	0.8%	0.85	1.3%	0.21	0.3%	3.58	5.4%	61.11	92.2%
美浜区	21.20	9.96	47.0%	6.93	32.7%	3.89	18.4%	0.40	1.9%	0.01	0.0%
<b>合計</b>	<b>271.77</b>	<b>20.44</b>	<b>7.5%</b>	<b>22.43</b>	<b>8.3%</b>	<b>11.24</b>	<b>4.1%</b>	<b>18.37</b>	<b>6.8%</b>	<b>199.29</b>	<b>73.3%</b>

※四捨五入により、合計が合わない場合がある。

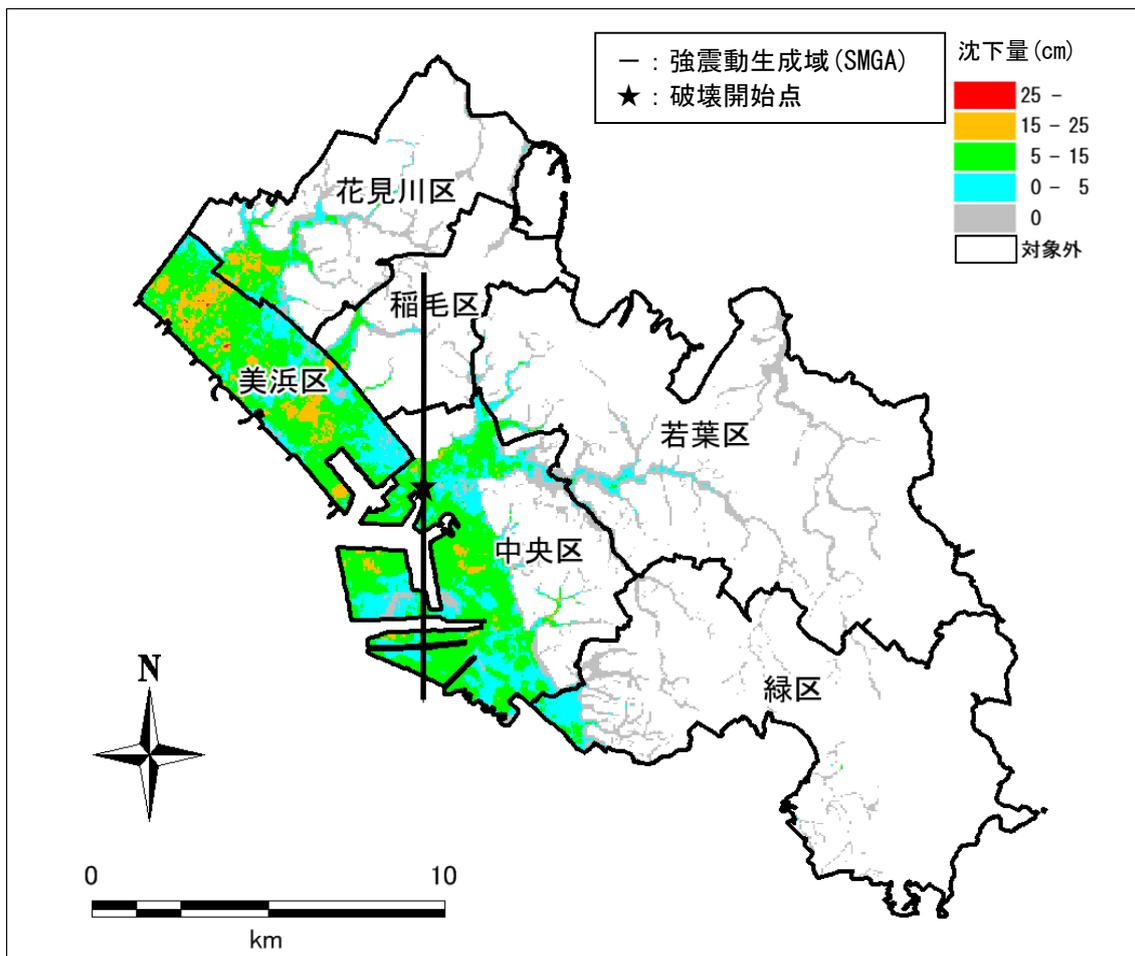


図 5.3-3 液状化に伴う沈下量

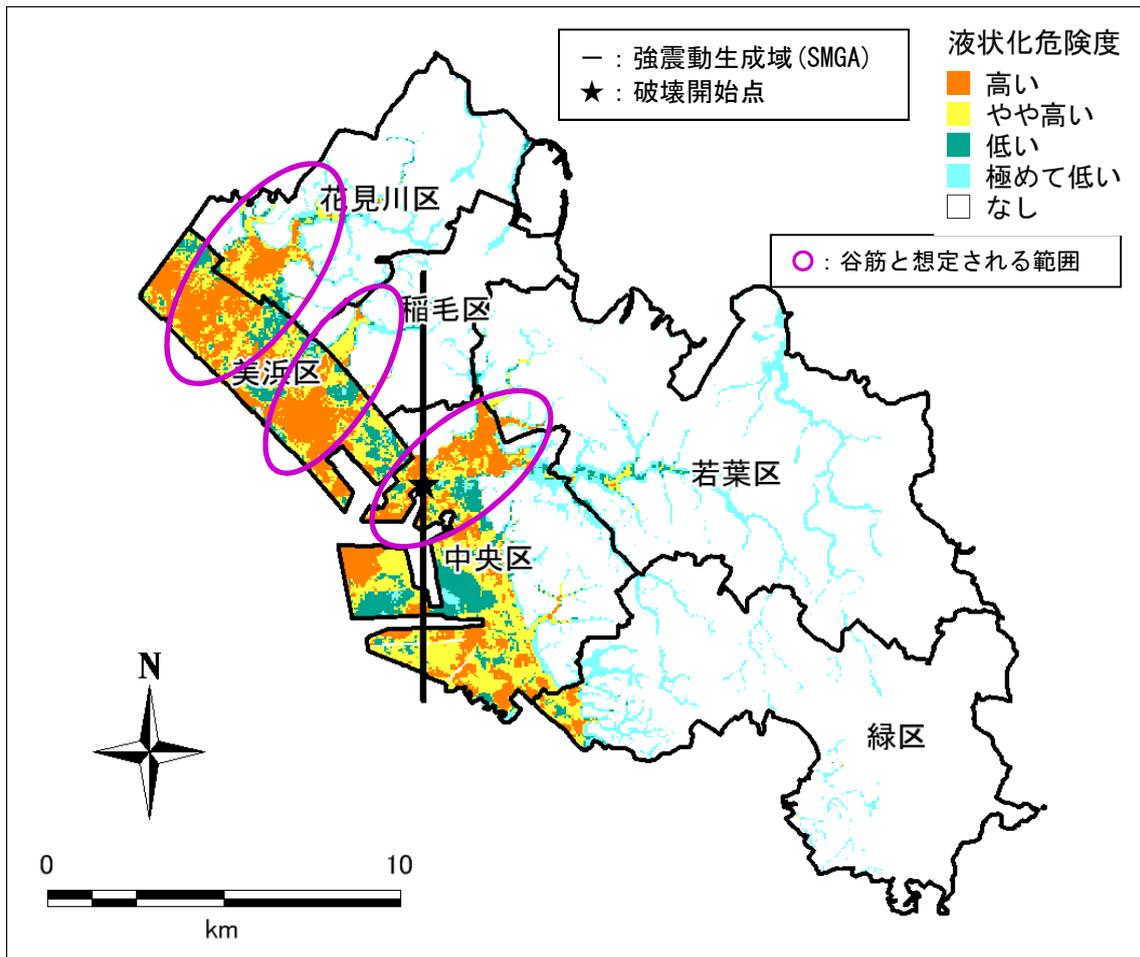


図 5.3-4 液状化危険度と谷筋と想定される範囲の比較

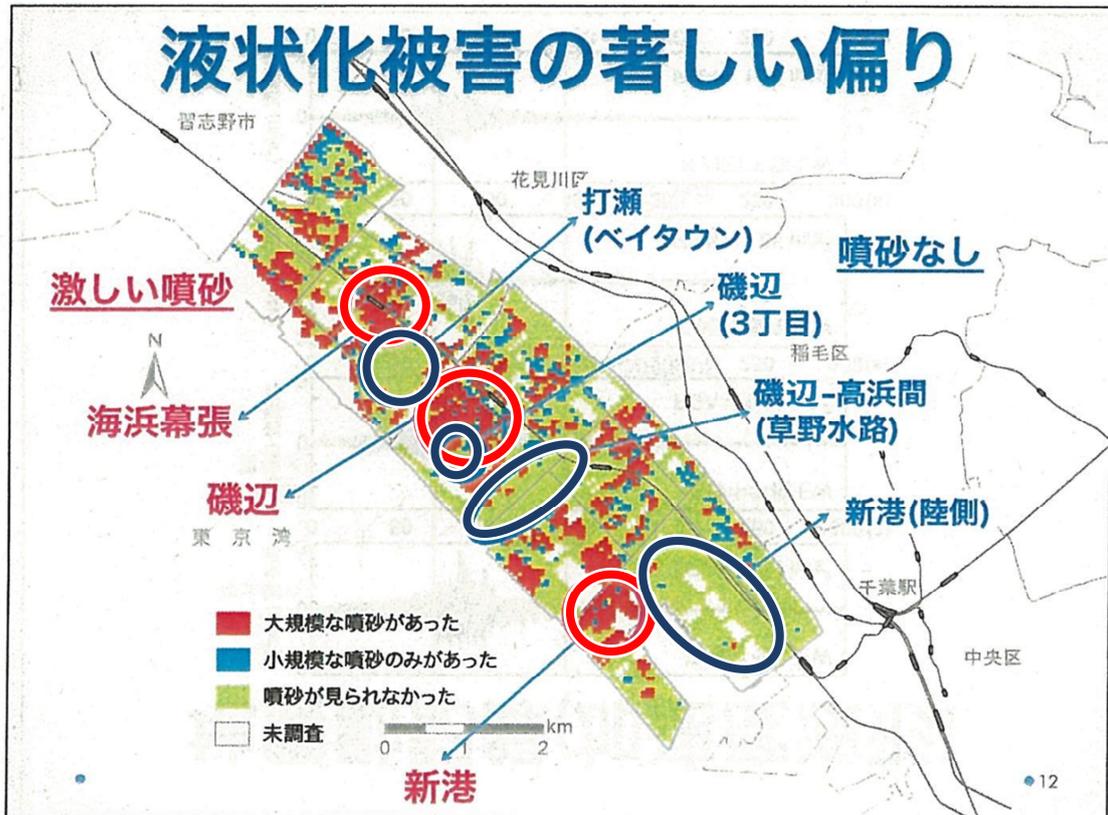


図5.3-5 東北地方太平洋沖地震の美浜区の噴砂状況  
(中井 (2011) を一部修正)

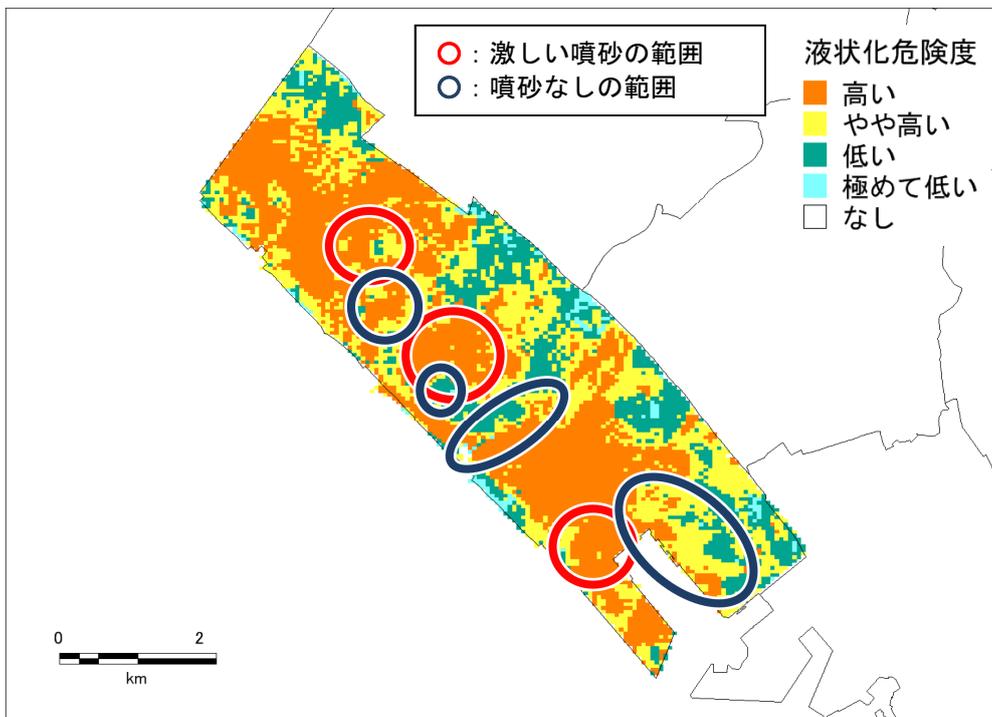


図 5.3-6 千葉市直下地震の液状化危険度 (美浜区)

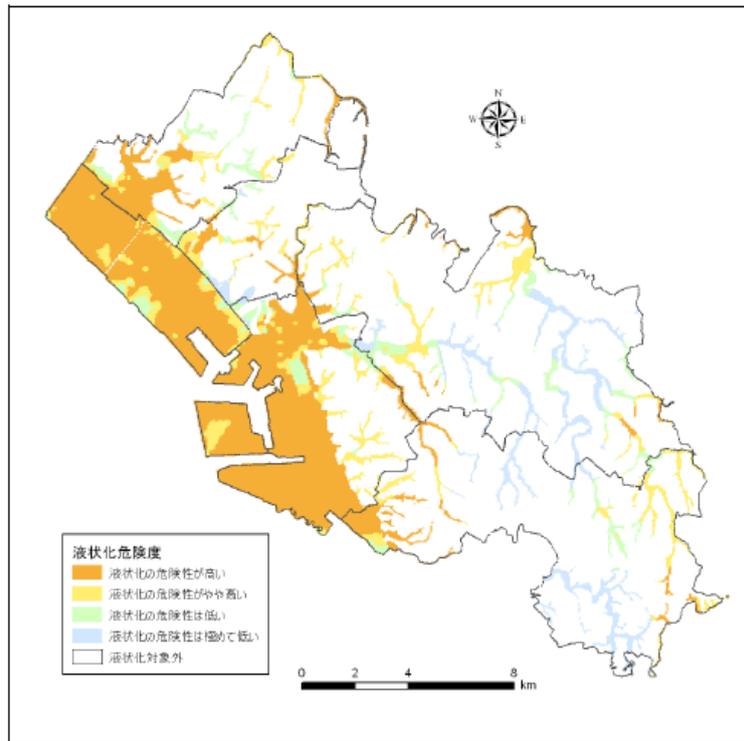


図 5.3-7 平成 20 年度調査による液状化危険度（東京湾北部地震）

表 5.3-3 に、主要駅、市役所、区役所の位置するメッシュにおける液状化の計算結果（液状化危険度、 $P_L$  値、沈下量）を示す。

表 5.3-3 主要駅・市役所・区役所における液状化危険度計算結果

地点名	メッシュコード	液状化危険度	PL値	沈下量 (cm)
JR・京成千葉駅	534030391201	なし	なし	0
JR稲毛駅	534030671107	なし	なし	0
JR・京成幕張本郷駅	534040031407	なし	なし	0
JR海浜幕張駅	534030731607	高い	36.48	14
JR千葉みなと駅	534030281604	やや高い	6.02	6
JR蘇我駅	534021901808	やや高い	9.61	5
千葉市役所	534030281710	高い	25.27	4
中央区役所	534030390119	やや高い	9.06	5
花見川区役所	534030951010	高い	16.18	12
稲毛区役所	534030680711	なし	なし	0
若葉区役所	534031620109	なし	なし	0
緑区役所	534021740402	なし	なし	0
美浜区役所	534030651701	やや高い	13.28	10

## 第6章 急傾斜地崩壊

### 第1 概要

がけ崩れ（急傾斜地の崩壊）は土砂災害のひとつであり、雨や地震などの影響によって土の抵抗力が弱まり、突然斜面が崩れ落ちる現象である。本調査では、千葉県が公表している急傾斜地崩壊危険箇所\*及び山腹崩壊危険地区\*を対象として、相対的な危険度を算定した。

### 第2 予測手法

検討の流れを図 6.2-1 に示した。

まず、急傾斜地崩壊危険箇所及び山腹崩壊危険地区（以下「急傾斜地崩壊危険箇所等」という。）のデータから、「急傾斜地崩壊危険箇所等の危険度判定基準」に基づいて点数付けした各斜面の要素点（表 6.3-1）を合計し、斜面ごとの危険度ランクを「1（24点以上）」「2（14～23点）」「3（13点以下）」の3段階で判定する。

次に、各斜面の地震動の大きさを第4章で計算した震度により5段階にランク分けし、表 6.3-4 により斜面の危険度ランクと比較することにより、地震時の危険度ランクを危険度が高い順に「A：危険性が高い」「B：危険性がある」「C：危険性が低い」の3段階で評価する。この手法は、中央防災会議（2013b）、群馬県（2012）<sup>33</sup>など他の自治体においても採用されている。

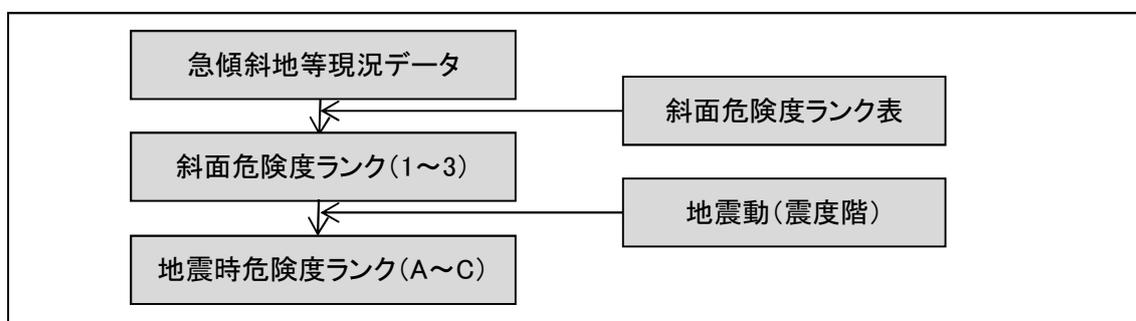


図 6.2-1 急傾斜地崩壊の危険度想定フロー

\*急傾斜地崩壊危険箇所：国土交通省の「急傾斜地崩壊危険箇所等点検要領」に基づいて千葉県が調査した、人家や公共施設に被害を及ぼすおそれのある傾斜度 30 度以上、高さ 5m 以上の急傾斜地及び近接地をいう。土砂災害警戒区域や土砂災害特別警戒区域も含まれる。

\*山腹崩壊危険地区：雨や地震などの影響により、山の斜面が崩れ落ちる危険がある地区で、千葉県が公表しているもの。

### 第3 急傾斜地崩壊危険度予測

#### 1 斜面の危険度判定

今回、斜面の危険度評価で使用したデータは、「急傾斜地崩壊危険箇所（土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律に基づく土砂災害警戒区域及び土砂災害特別警戒区域を含む。274 か所）に、山腹崩壊危険地区（急傾斜地崩壊危険箇所に含まれない箇所に限る。3 か所）を追加した上で、急傾斜地崩壊危険箇所等の危険度判定基準（表 6.3-1）に基づいて点数付けをした。さらにこれらを集計して得られた点数（基準要素点）を基に、表 6.3-2 に基づいて斜面の危険度ランクを「1：危険性高」「2：危険性中」「3：危険性低」の三段階で示した。点検結果より市内の検討箇所数の一覧を表 6.3-3 に示す。また、図 6.3-1 に評価箇所の位置図を示した。

表 6.3-1 急傾斜地崩壊危険箇所の危険度判定基準  
（日本道路協会道路震災対策委員会（1986）<sup>34</sup>）

項目	対象	基準	点数
斜面高 (H) m	斜面の高さ	$50 \leq H$	10
		$30 \leq H < 50$	8
		$10 \leq H < 30$	7
		$H < 10$	3
斜面勾配 ( $\alpha$ )	傾斜度	$59^\circ \leq \alpha$	7
		$45^\circ \leq \alpha < 59^\circ$	4
		$\alpha < 45^\circ$	1
オーバーハング*	横断形状	オーバーハングあり	4
		オーバーハングなし	0
斜面の地盤	地表の状況	亀裂が発達・開口しており転石・浮石*が点在する	10
		風化・亀裂が発達した岩である	6
		礫混じり土*、砂質土	5
		粘質土*	1
表土*の厚さ	表土の厚さ	0.5m 以上	3
		0.5m 未満	0
湧水	湧水	有	2
		無	0
落石/崩壊頻度	崩壊履歴	新しい崩壊地がある	5
		古い崩壊地がある	3
		崩壊地は認められない	0

\*オーバーハング：岩石や固結した地層がつくる急斜面を一般に崖とよび、その中で、90度以上の傾斜をもつ部分があり、下方部分よりも突出した状態にあるものをいう。基本的に崩落の可能性を持った斜面であるため大規模な崖は少ない。

\*転石・浮石：不安定な露岩や転がってきた岩のことであり、地震時には崖下へ転落する可能性が高い。

\*礫混じり土：礫の混じった土であり、粘性土と比べて地震時に崩壊する可能性が高い。

\*粘質土：粘土のことであり、砂質土と比べて地震時には比較的安定である。

\*表土：地盤を構成する土層のうち、最も表層部に位置するもの。地震時には表土の部分だけ滑動するおそれがある。

表 6.3-2 基準要素点別斜面危険度ランク表（埼玉県（2014）<sup>35)</sup>

斜面危険度ランク	表 6.3-1 による基準要素点
1：危険性高	24 点以上
2：危険性中	14～23 点
3：危険性低	13 点以下

表 6.3-3 急傾斜地崩壊危険箇所等の斜面危険度ランク集計表

斜面危険度ランク	検討箇所数
1：危険性高	29
2：危険性中	142
3：危険性低	106
合計	277

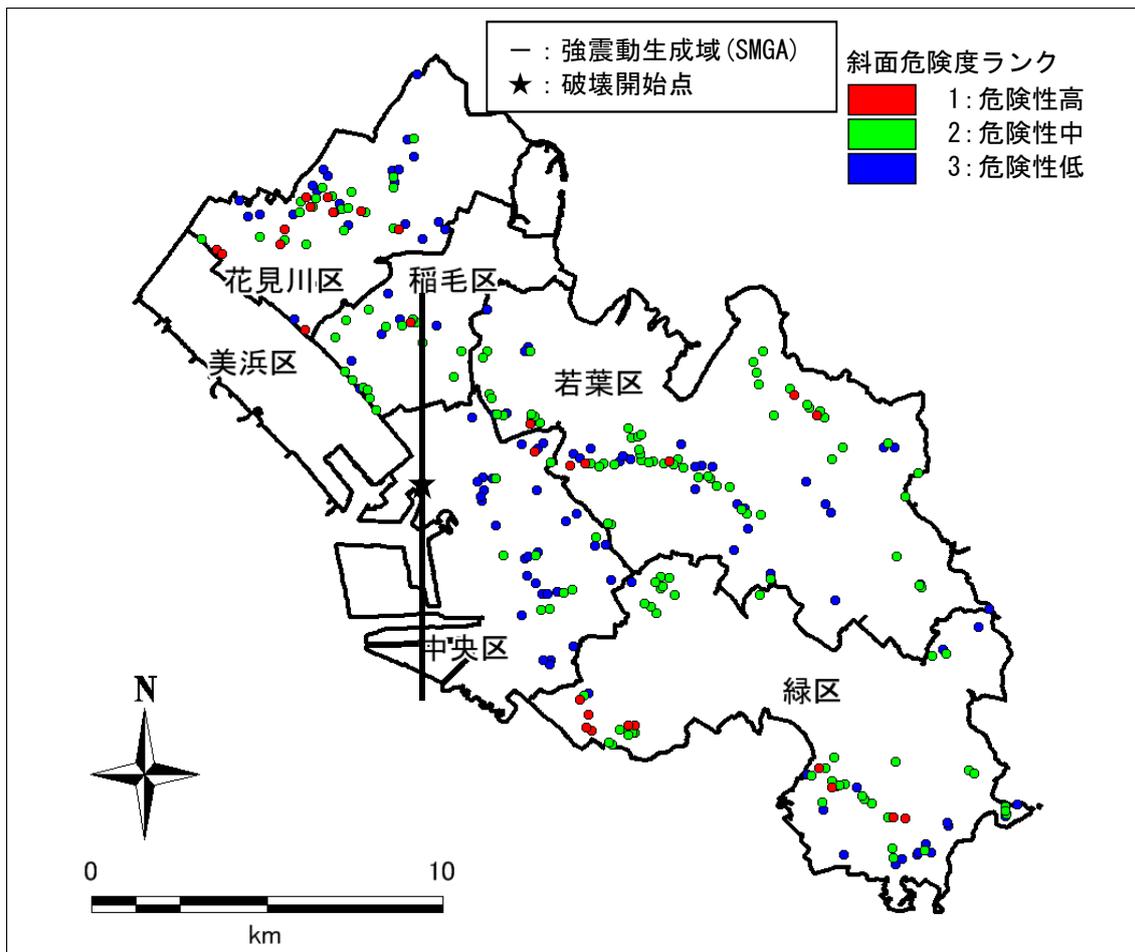


図 6.3-1 急傾斜地崩壊危険箇所位置図

## 2 地震時の急傾斜地崩壊危険度予測

予測計算は平成26・27年度県調査と同様に、昭和53（1978）年宮城県沖地震の被害データを基に設定された斜面危険度ランク（表6.3-2）と震度との関係を示したマトリックス判定基準により地震時危険度ランクを判定した。表6.3-4に地震時危険度ランクの判定基準を示した。

表6.3-4に基づき、急傾斜地の範囲と50mメッシュ震度とを重ね合わせ、地震時の相対的な危険度を求めた。相対的な危険度とは、例えば危険度Cの斜面よりも危険度Aの斜面の方が相対的に危険度が高いという意味であり、危険度Aの斜面が絶対的に危険、あるいは危険度Cの斜面が絶対的に安全、という意味ではないことに留意する必要がある。なお、複数の斜面が1メッシュにある場合は、最も高いランクを採用した。

表 6.3-4 急傾斜地の地震時危険度ランク

震度 斜面の 危険度ランク	斜面の危険度ランク（表 6.3-2）		
	1：危険性高	2：危険性中	3：危険性低
6 強以上	A	A	A
6 弱	A	A	B
5 強	A	B	C
5 弱	B	C	C
4 以下	C	C	C

宮城県（1987）：宮城県急傾斜地崩壊危険箇所カルテを用いた地震時斜面危険度予測方式

<地震時ランク A,B,C>の説明

- ・ランク A：危険性が高い
- ・ランク B：危険性がある
- ・ランク C：危険性が低い

<その他>

- ・対策工が既成の場合は、地震時危険度ランクを C とする。

#### 第4 予測結果

急傾斜地崩壊危険度等の地震時危険度ランク箇所数一覧を表 6.4-1 に、予測結果の分布図を図 6.4-1 に示した。市内ではほとんどの領域で震度 6 弱以上であることから、3 分の 2 を超える斜面で地震時危険度ランク A となっている。特に花見川区、若葉区では 8 割前後の斜面がランク A となっている。

図 6.4-2 に平成 20 年度調査による想定結果を示す。平成 20 年度調査においても、市内の急傾斜地の危険度ランクは概ね A となっており、一致した傾向を示す。

表 6.4-1 急傾斜地崩壊危険箇所等の地震時危険度ランク箇所数一覧表

区名	地震時危険度ランク			合計
	A：危険性が 高い	B：危険性が ある	C：危険性が 低い	
中央区	19	9	12	40
花見川区	41	3	9	53
稲毛区	10	2	11	23
若葉区	75	7	10	92
緑区	41	12	16	69
美浜区	0	0	0	0
<b>合計</b>	<b>186</b>	<b>33</b>	<b>58</b>	<b>277</b>

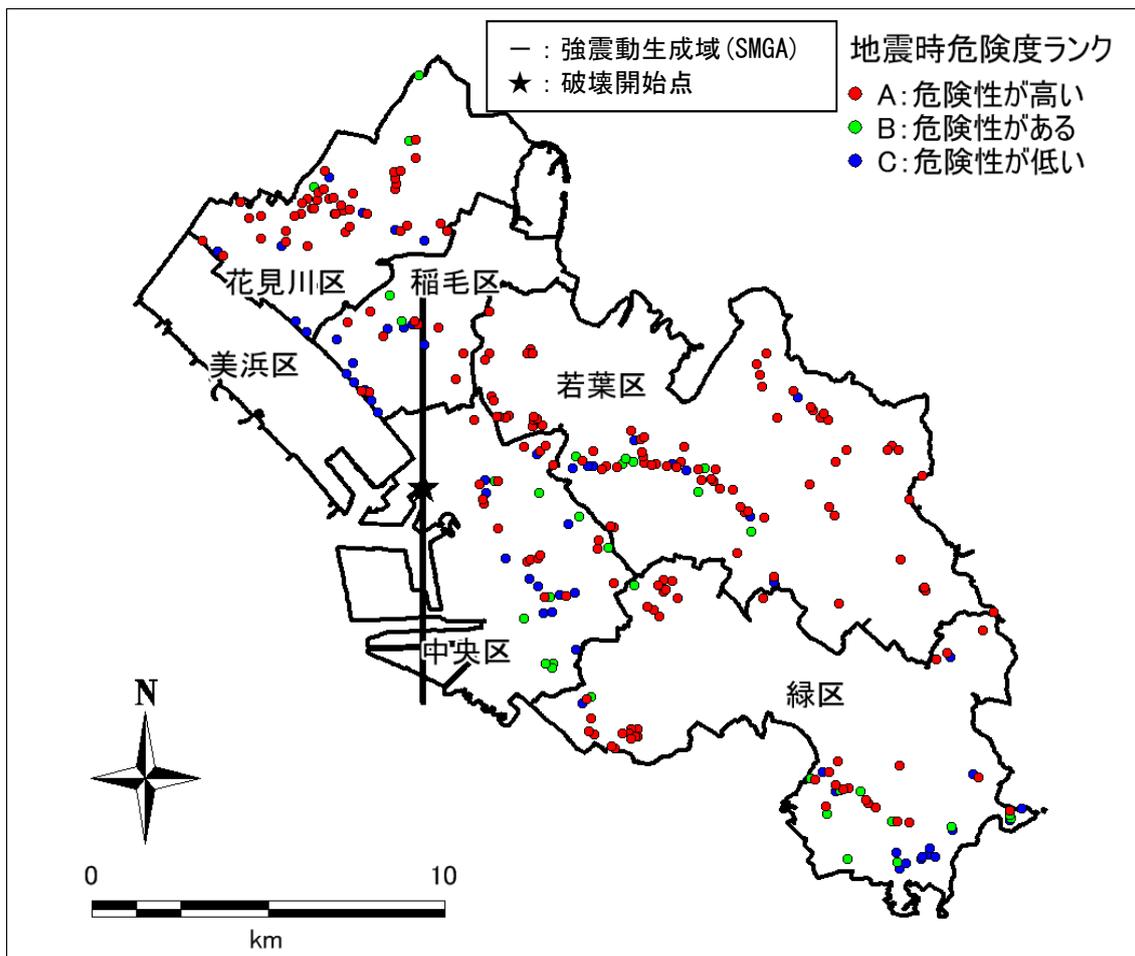


図 6. 4-1 急傾斜地崩壊危険箇所等の地震時危険度ランク

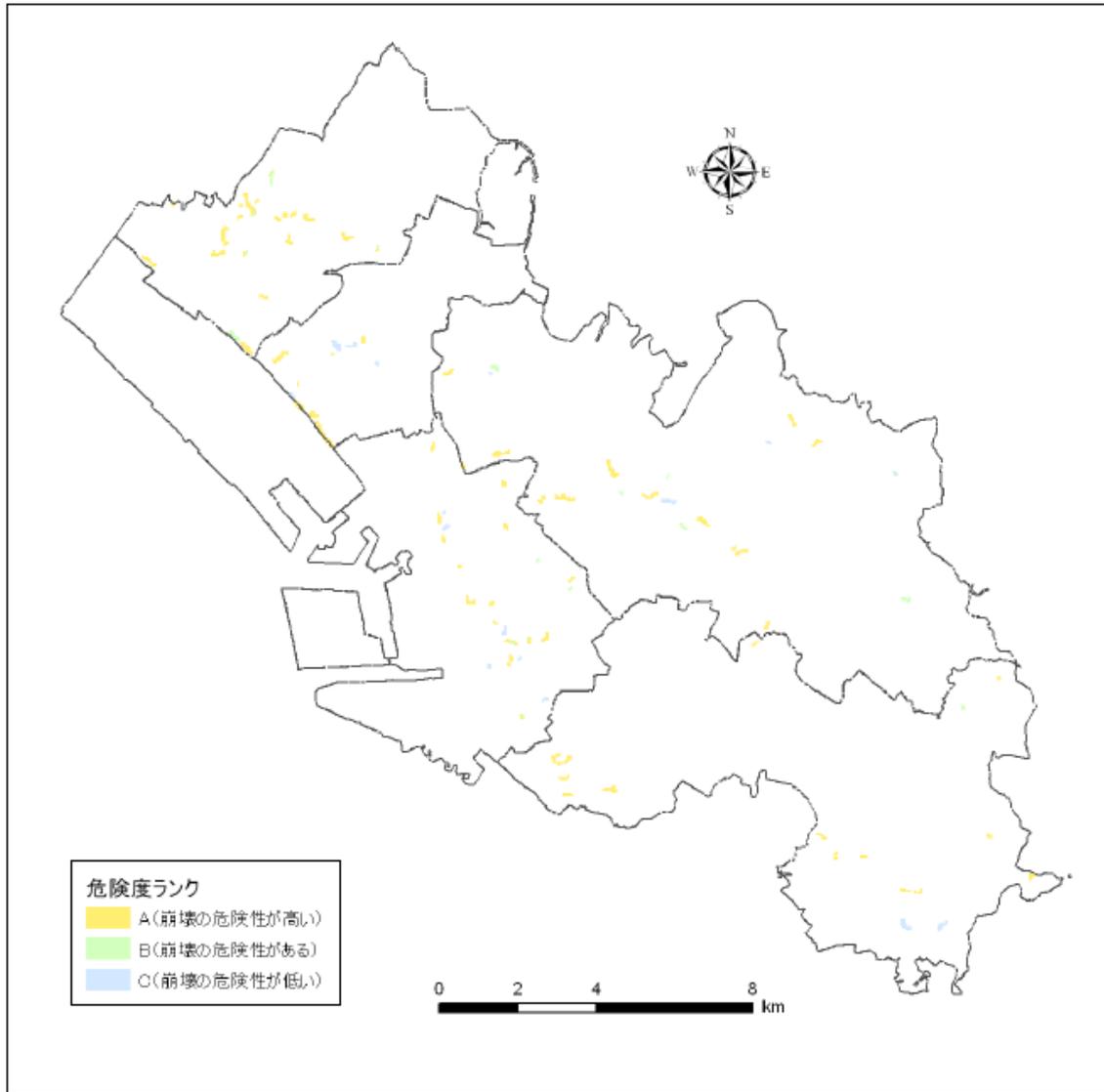


図 6.4-2 【参考】急傾斜地地震時崩壊危険ランク  
(東京湾北部地震・平成 20 年度調査)

## 第7章 建物被害

### 第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阪神・淡路大震災で見られたように大きな被害が予想される。

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・液状化・急傾斜地崩壊による建物被害、火災による建物被害を算出した（図7.1-1）。

#### 1 建物データの整理

建物被害予測のための基礎データとして、建物リスト及び**建物外形デジタルデータ\***を収集し、50mメッシュごとの構造別・建築年代別・階層別建物棟数データを整理した。

#### 2 揺れによる建物被害

揺れによる建物被害予測として、構造別・建築年代別・階層別のSI値と全壊率・全半壊率の関係から全壊・半壊棟数を算出した。昭和56年以降に建てられた木造建物についても、10年単位で区分し、築年によって被害傾向に差が出る手法とした。

#### 3 液状化による建物被害

液状化による建物被害予測として、東日本大震災時の浦安市の調査結果を参考に、地盤沈下量から構造別・建築年代別に全壊・半壊棟数を算出する手法を用いて、全壊・半壊棟数を算出した。

#### 4 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として、近年発生した直下地震の事例（平成16（2004）年新潟県中越地震、平成19（2007）年新潟県中越沖地震、平成20（2008）年岩手・宮城内陸地震）を踏まえ、地震時危険度がランクA（危険性が高い）の急傾斜地崩壊危険箇所等による崩壊確率を設定し、震度分布から、各急傾斜地崩壊危険箇所等の区域内人家戸数（急傾斜地等が崩壊することによって被害を受けると推定される人家の戸数）の全壊・半壊棟数を算出した。

---

\***建物リスト**：本市が所有する、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**：建物の輪郭を取めたデジタルデータ。GIS上で処理することにより、個別の建物の面積を求めることが可能である。

## 5 火災による建物被害

火災による建物被害について、出火及び延焼の過程を考慮して焼失棟数を算出した。

出火は、建物倒壊した場合については阪神・淡路大震災の事例から作成した全出火件数と建物倒壊棟数の関係式、建物倒壊しない場合については、火気器具・電熱器具からの震度別・建物用途別・季節時間帯別の出火率から出火件数を計算し、震度別の初期消火成功率から炎上件数を算出した。

消防運用\*による消火件数については、阪神・淡路大震災時の消防力と延焼拡大の状況を踏まえた関係式により算出した。

その上で、延焼による建物被害については、延焼シミュレーション\*手法を用いて、24時間以内に延焼する可能性のある建物の範囲を、一棟単位で特定した。

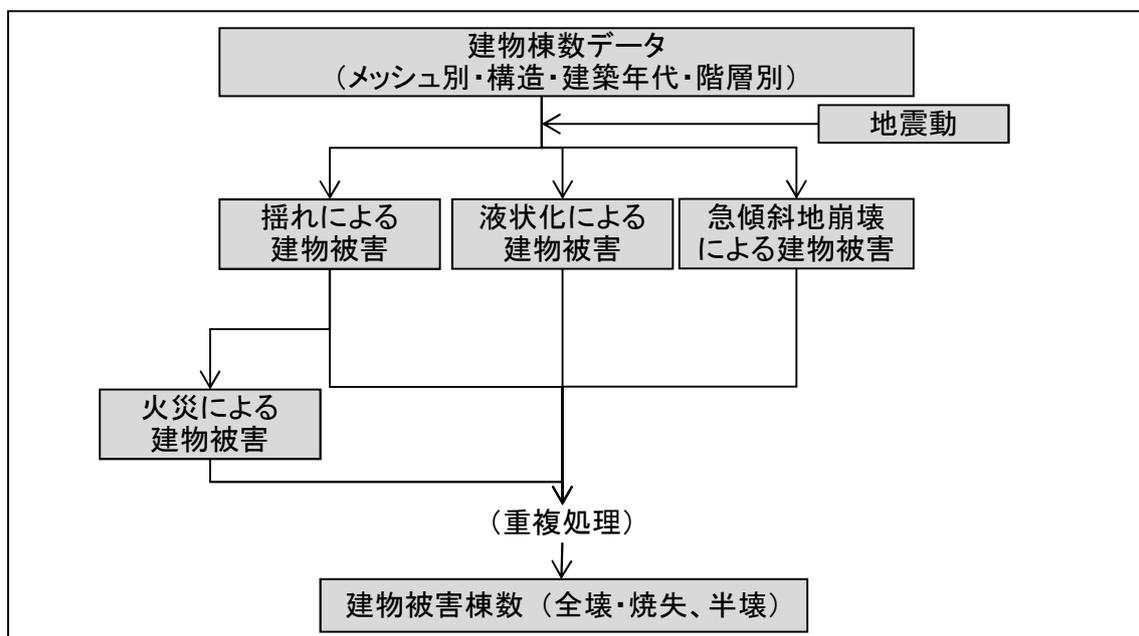


図 7.1-1 建物被害の予測フロー（千葉県（2016））

\*消防運用：消防署や消防団が、その所有する消防力を運用して消火にあたること。

\*延焼シミュレーション：建物の分布データをもとに火災が燃え広がる様子を計算機上で再現した計算を、延焼シミュレーションと呼ぶ。

## 第2 建物現況データの整理

### 1 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）、鉄筋コンクリート造（以下RC造）の3区分とした（表7.2-1）。

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7.2-2）建築基準法が改正された昭和56（1981）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7.2-3）。

表 7.2-1 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 7.2-2 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 7.2-3 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～7F	3F～4F
	8F～	5F～

## 2 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。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千葉市内の建物データについて、表7.2-4～6に取りまとめて示した。

表 7.2-4 千葉市内の建物棟数（木造）

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
階層	全階層						
中央区	1,309	5,877	7,880	6,605	6,659	10,803	39,133
花見川区	697	2,974	7,506	6,621	5,971	8,280	32,049
稲毛区	349	2,878	5,397	4,610	4,358	7,223	24,815
若葉区	652	2,926	9,424	6,195	6,717	9,155	35,069
緑区	863	1,334	3,881	5,225	7,421	10,122	28,846
美浜区	0	50	1,351	1,839	803	1,616	5,659
<b>合計</b>	<b>3,870</b>	<b>16,039</b>	<b>35,439</b>	<b>31,095</b>	<b>31,929</b>	<b>47,199</b>	<b>165,571</b>

表 7.2-5 千葉市内の建物棟数（RC造）

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~ 7F	7F~	1F~ 4F	5F~ 7F	7F~	1F~ 4F	5F~ 7F	7F~	
中央区	444	91	48	435	106	112	1,138	341	448	3,163
花見川区	145	196	7	1,058	209	11	901	177	100	2,804
稲毛区	201	101	1	344	85	28	790	126	134	1,810
若葉区	117	2	0	560	108	1	851	56	42	1,737
緑区	30	0	0	90	4	0	569	75	66	834
美浜区	82	187	2	499	506	83	517	119	220	2,215
<b>合計</b>	<b>1,019</b>	<b>577</b>	<b>58</b>	<b>2,986</b>	<b>1,018</b>	<b>235</b>	<b>4,766</b>	<b>894</b>	<b>1,010</b>	<b>12,563</b>

表 7.2-6 千葉市内の建物棟数 (S 造)

建築年代 階層	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~	
中央区	1,831	326	55	6,072	1,725	259	10,268
花見川区	1,230	39	3	5,048	694	25	7,039
稲毛区	1,027	92	3	4,111	779	42	6,054
若葉区	1,923	56	0	5,667	438	9	8,093
緑区	635	4	0	5,702	265	17	6,623
美浜区	463	30	10	1,772	229	55	2,559
<b>合計</b>	<b>7,109</b>	<b>547</b>	<b>71</b>	<b>28,372</b>	<b>4,130</b>	<b>407</b>	<b>40,636</b>

### 第3 揺れによる建物被害

#### 1 予測手法の概要

揺れによる建物被害の予測フローを図 7.3-1 に示した。

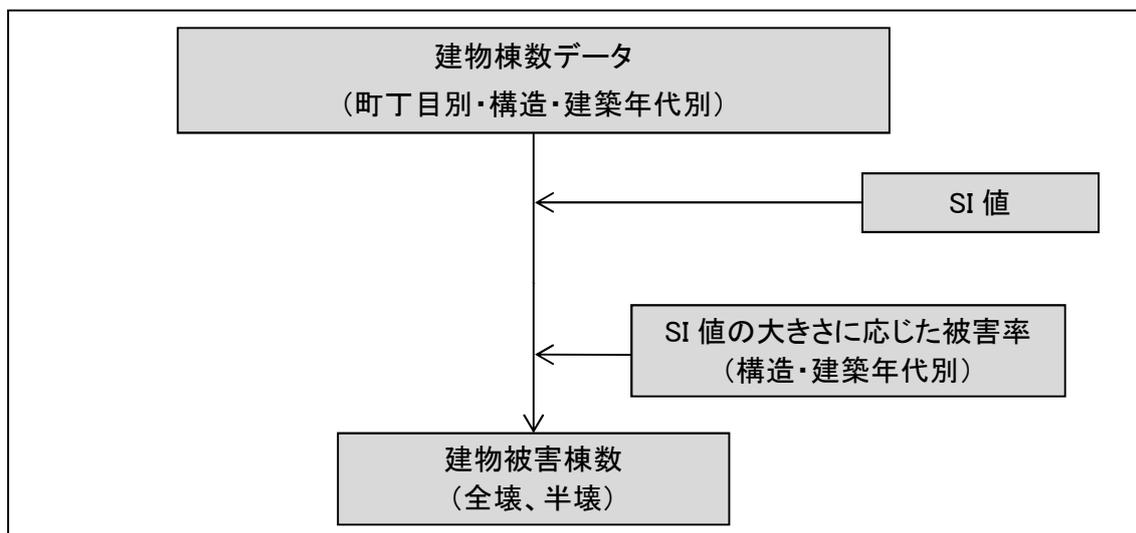


図 7.3-1 揺れによる建物被害の予測フロー（千葉県（2016）を一部修正）

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 7.3-1 参照）と判定される。

表 7.3-1 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

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。しかしながら平成 26・27 年度県調査は、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。

\*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。東日本大震災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。

そのため、平成 26・27 年度県調査と同様に、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 (1994) <sup>36)</sup> より求め使用することとする。

被害率は、平成 26・27 年度県調査と同じ被害率曲線を採用した。

構造については、木造、S 造、RC 造の 3 種類とした (表 7.2-1)。また建築年代については、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 (表 7.2-2)。

以下に、各構造について設定した被害率曲線について述べる。なお、平成 26・27 年度県調査に従って、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。)

## 2 全壊・全半壊の被害率

### (1) 木造

木造建物の全壊率曲線、全半壊率曲線を図 7.3-2 に示す。新しい建物ほど被害率が小さくなる傾向があり、その傾向は新耐震基準年代である昭和 56 (1981) 年以降においても同様である。

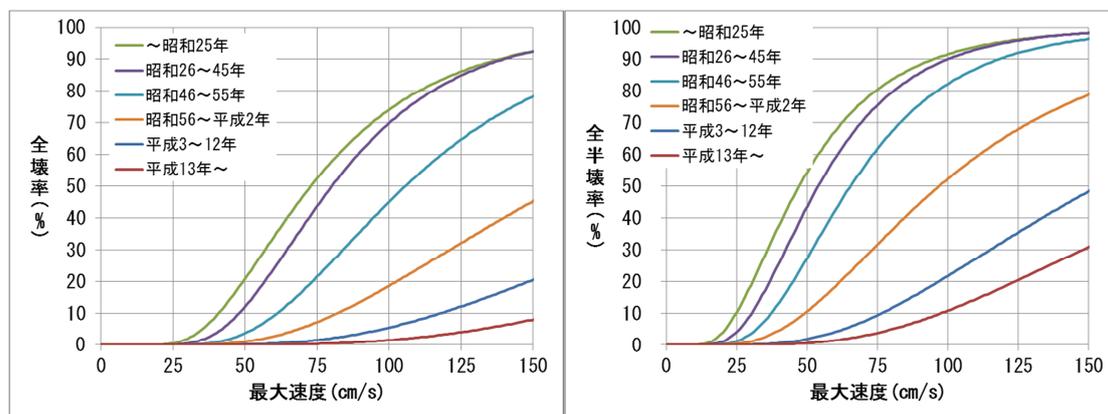


図 7.3-2 被害率曲線 (木造 / 左 : 全壊率、右 : 全半壊率) (千葉県 (2016))

## (2) S造

S造建物の全壊率曲線、全半壊率曲線を図7.3-3～4に示す。新しい建物ほど、また階層が低いほど被害率が小さくなる傾向がある。

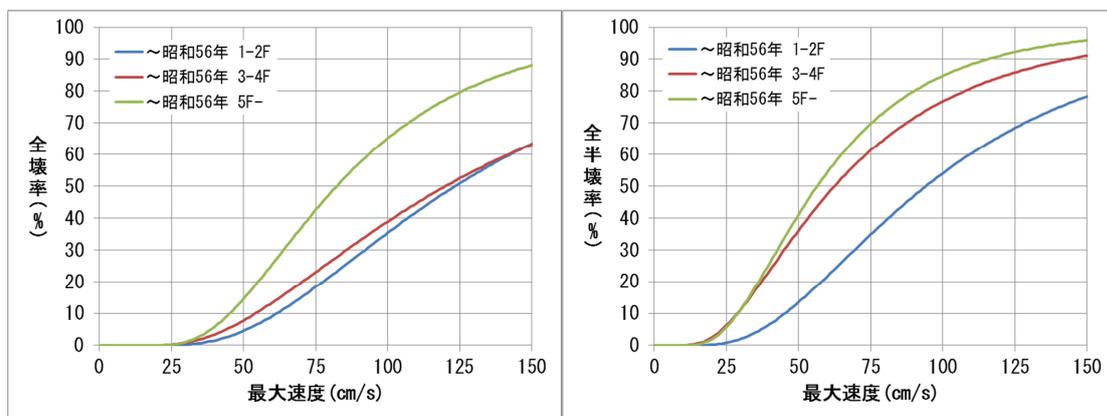


図7.3-3 被害率曲線(S造:～昭和56年/左:全壊率、右:全半壊率)(千葉県(2016))

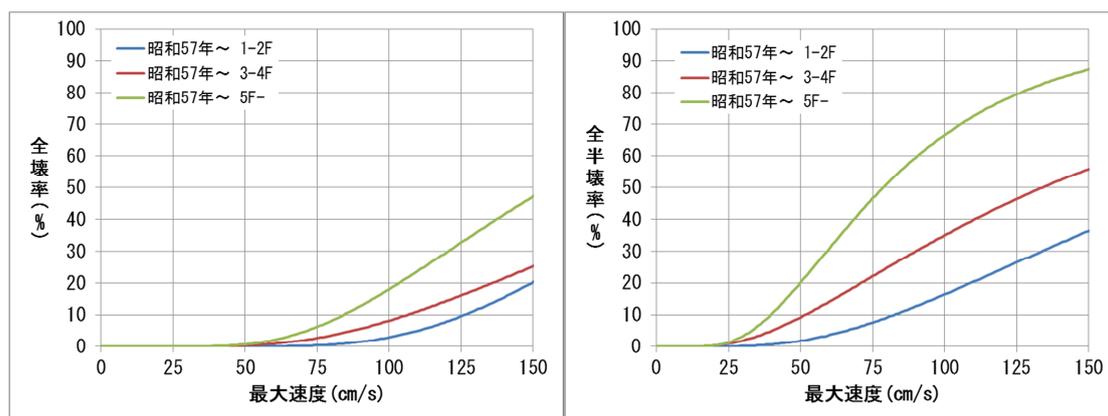


図7.3-4 被害率曲線(S造:昭和57年～/左:全壊率、右:全半壊率)(千葉県(2016))

### (3) RC造

RC造建物の全壊率曲線、全半壊率曲線を図7.3-5～7に示す。新しい建物ほど、また階層が低いほど被害率が小さくなる傾向がある。

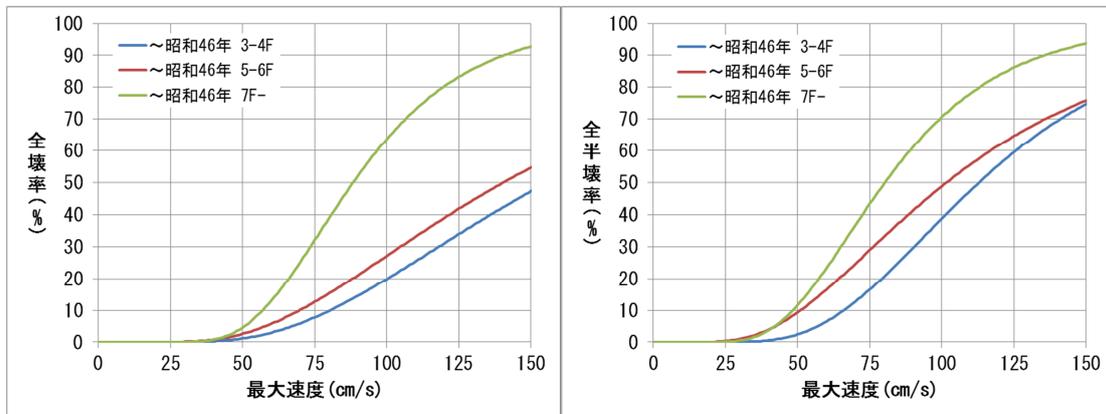


図7.3-5 被害率曲線（RC造：～昭和46年／左：全壊率、右：全半壊率）  
（千葉県（2016）） ※ 1-2Fについては、3-4Fの被害率を用いた。

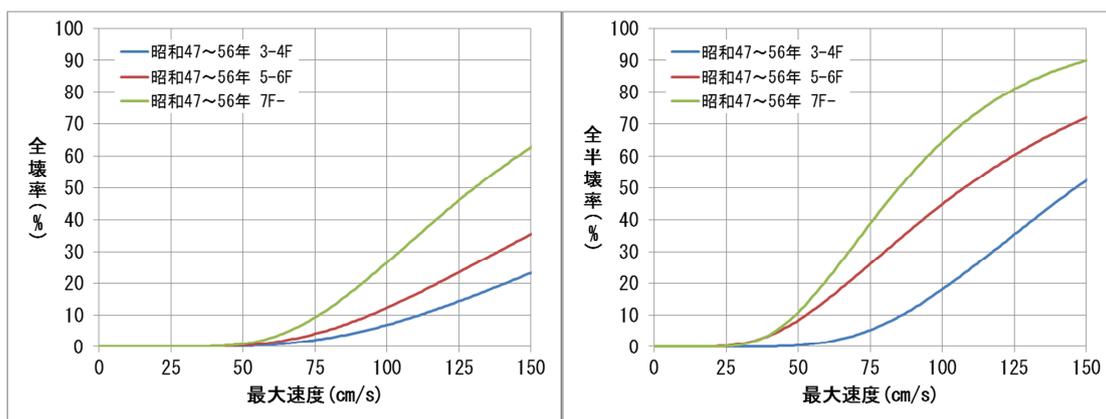


図7.3-6 被害率曲線（RC造：昭和47～56年／左：全壊率、右：全半壊率）  
（千葉県（2016）） ※ 1-2Fについては、3-4Fの被害率を用いた。

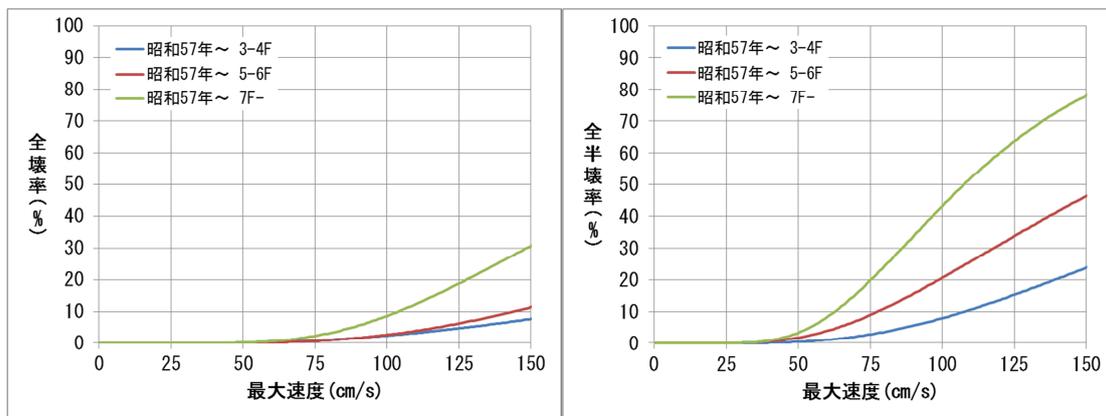


図7.3-7 被害率曲線（RC造：昭和57年～／左：全壊率、右：全半壊率）  
（千葉県（2016）） ※ 1-2Fについては、3-4Fの被害率を用いた。

### 3 予測結果

揺れによる建物被害の想定結果を表 7.3-3 及び図 7.3-8～9 に示す。中央区、花見川区、若葉区においてそれぞれ約 4 千棟前後の建物が全壊し、中でも比較的地震動が大きく木造建物の多い花見川区において全壊棟数が最大となる。また、中央区、花見川区、若葉区で 5 千棟以上の建物が半壊し、木造建物の多い若葉区において半壊棟数が最大となる。

平成 20 年調査による東京湾北部地震の被害（表 7.3-4）と比較すると、震度分布の相違を反映して、中央区及び美浜区で今回の方が被害棟数が少なく、花見川区、稲毛区、若葉区、緑区で被害棟数が多くなっている。

表 7.3-3 揺れによる建物被害予測結果一覧

区名	全棟数	全壊棟数	半壊棟数	全壊率	半壊率
中央区	52,520	3,900	5,440	7.4%	10.4%
花見川区	41,900	4,130	5,800	9.9%	13.9%
稲毛区	32,690	3,450	4,650	10.6%	14.2%
若葉区	44,880	3,980	5,900	8.9%	13.1%
緑区	36,360	1,250	2,140	3.4%	5.9%
美浜区	10,430	420	990	4.0%	9.5%
<b>合計</b>	<b>218,770</b>	<b>17,140</b>	<b>24,920</b>	<b>7.8%</b>	<b>11.4%</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。

表 7.3-4 【参考】東京湾北部地震（平成 20 年度調査）の揺れによる建物被害棟数

区名	全棟数	全壊棟数	全壊率
中央区	54,641	7,579	13.9%
花見川区	42,474	2,453	5.8%
稲毛区	33,050	2,714	8.2%
若葉区	44,729	1,209	2.7%
緑区	32,426	627	1.9%
美浜区	9,954	904	9.1%
<b>合計</b>	<b>217,274</b>	<b>15,485</b>	<b>7.1%</b>

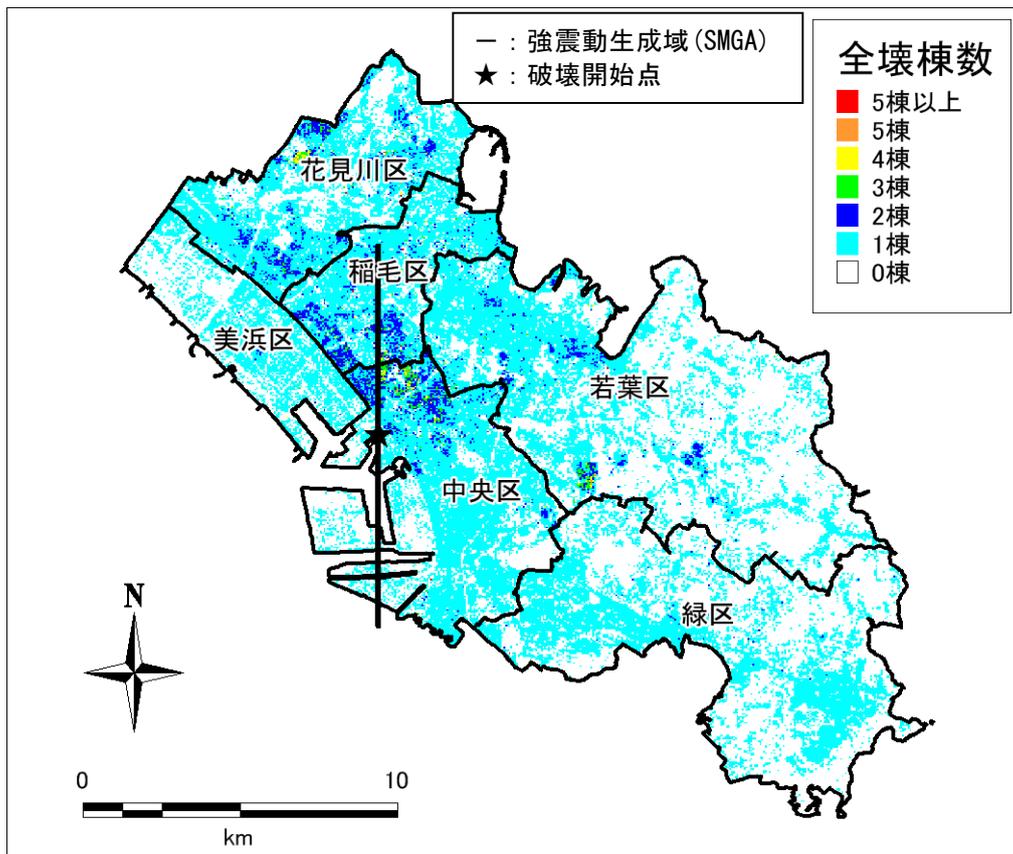


図 7.3-8 揺れによる 50m メッシュ建物被害予測結果分布図 (全壊棟数)

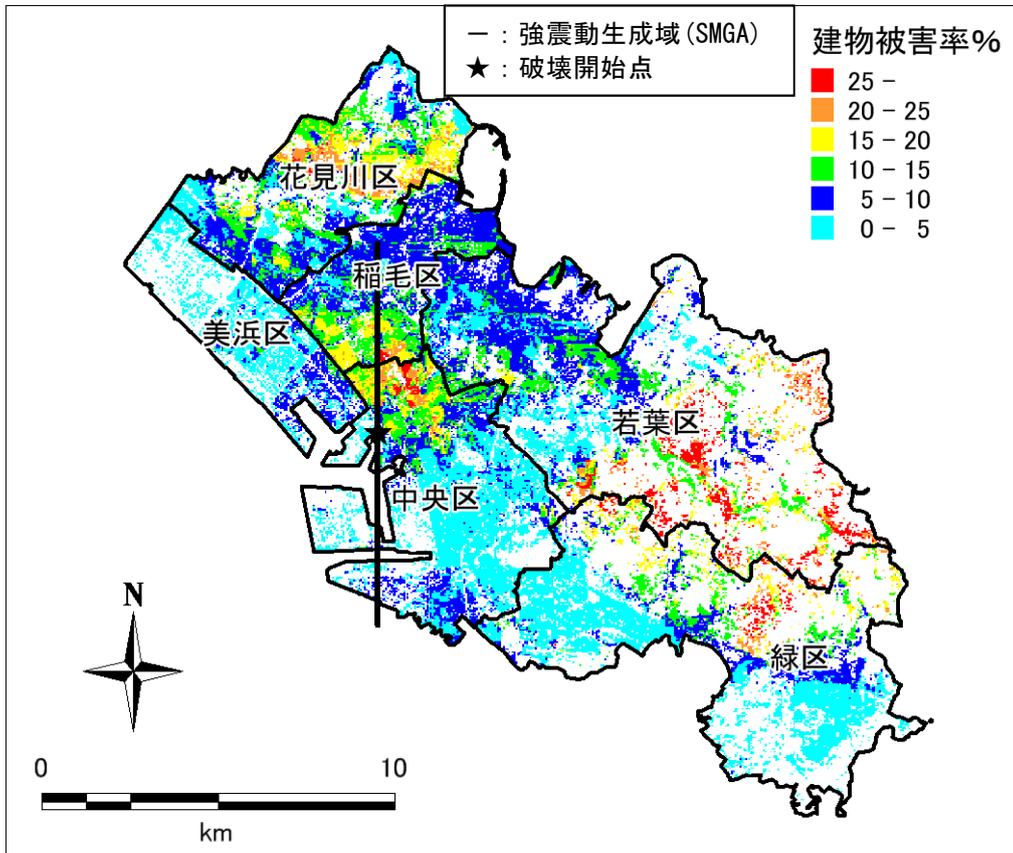


図 7.3-9 揺れによる建物被害率分布図（全建物数に占める全壊棟数の割合）

## 第4 液状化による建物被害

### 1 予測手法の概要

液状化による建物被害については、平成 26・27 年度県調査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>37)</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（算出方法については第5章参照）、木造・非木造に分けて建物被害と関連付けた（中央防災会議 (2013b)<sup>38)</sup>。

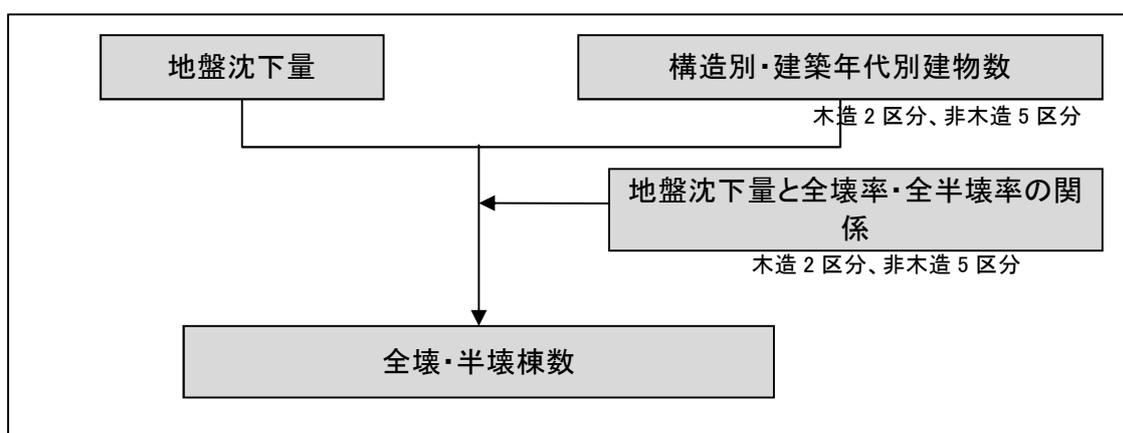


図 7.4-1 想定フロー（液状化による建物被害）  
（中央防災会議 (2013b) に基づいて作成）

### 2 木造建物の被害率

平成 26・27 年度県調査による木造建物の被害率を図 7.4-2 に示す。

昭和 55(1980)年以前建築の木造建物の被害率を図 7.4-2 に赤線で示す。昭和 53(1978)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、昭和 56 (1981) 年以降建築の木造建物の被害率を図 7.4-2 に青線で示す。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。

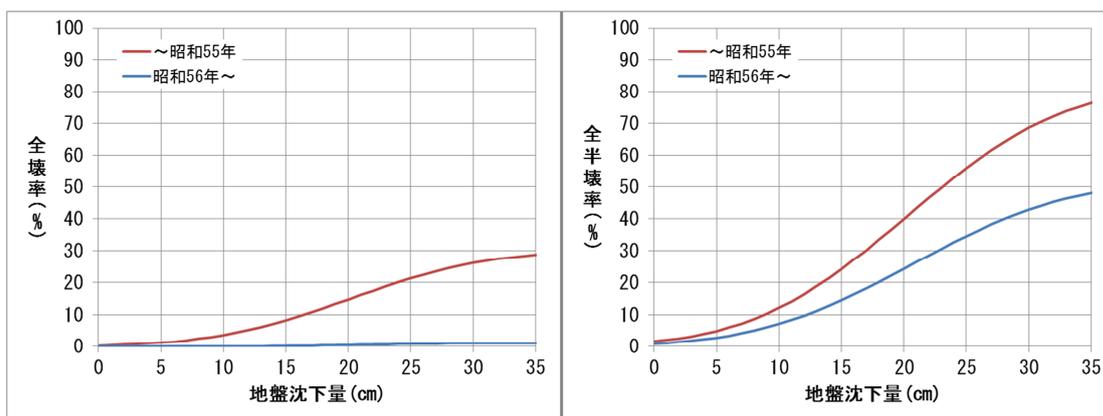


図 7.4-2 地盤沈下量に対する建物被害率  
 (木造/左:全壊率、右:全半壊率) (千葉県 (2016))  
 (中央防災会議 (2012)<sup>39</sup>における被害想定算出データを基に設定)

### 3 非木造建物の被害率

液状化の際には基礎地盤が流動することから、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は、非木造建物の被害程度に大きく影響する。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する。

#### (1) 杭無し

杭無しの非木造建物の被害率を図 7.4-3 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。

\* (建物の) アスペクト比: 建物の高さと同辺の比率。比率が大きいほど細長い構造になり、地盤の変動に対して不安定である。

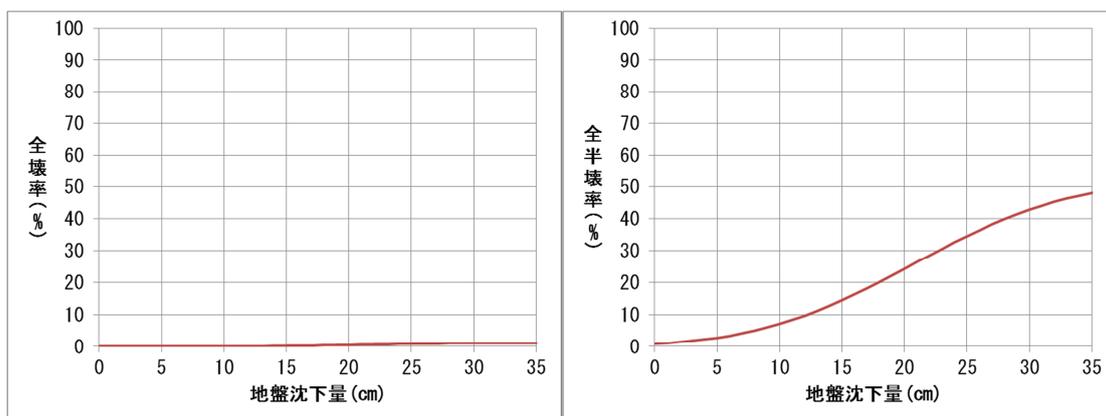


図 7.4-3 地盤沈下量に対する建物被害率  
 (非木造：杭無し／左：全壊率、右：全半壊率) (千葉県 (2016))  
 (中央防災会議 (2012) における被害想定算出データを基に設定)

### (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 7.4-4 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。

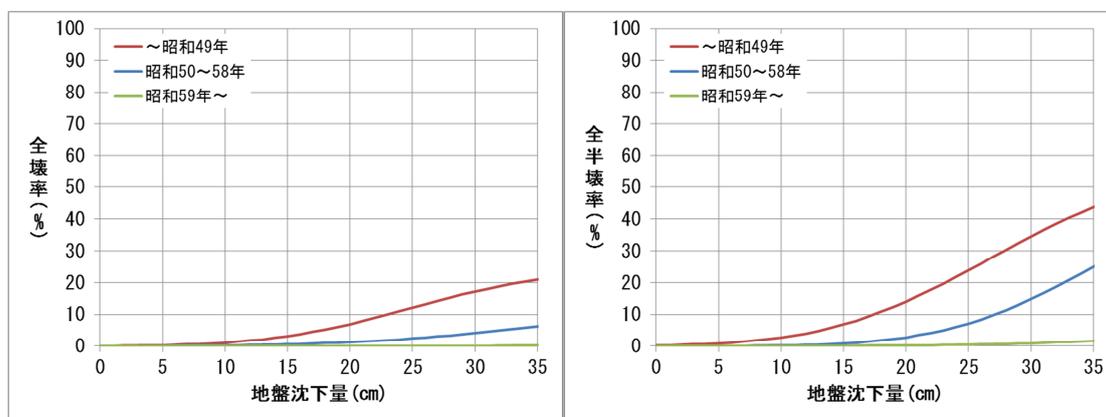


図 7.4-4 地盤沈下量に対する建物被害率  
 (非木造：杭有り-細長い小規模建物／左：全壊率、右：全半壊率) (千葉県 (2016))  
 (中央防災会議 (2012) における被害想定算出データを基に設定)

### (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) 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する。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（2013b）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。

#### 4 予測結果

液状化による建物被害の想定結果を表 7.4-1 及び図 7.4-5～6 に示す。液状化危険度の高い低地・埋立地がある中央区、花見川区、美浜区において全壊棟数が多くなり、中でも中央区において全壊棟数が最も多くなる。湾岸の埋立地に位置する美浜区については、全壊棟数の絶対数は中央区、花見川区よりも少ないが、これは液状化による被害が生じる可能性の高い木造建物の割合が他の区と比較して少ないためであると考察される。一方、花見川区の南西側では全壊棟数が多くなっているが、この範囲は造成年代の古い埋立地から低地部に位置し液状化危険度が高い一方、建築年代の古い木造建物が多く分布しているためであると考えられる。

平成 20 年度調査による東京湾北部地震の被害（表 7.4-2）と比較すると、概ね同程度の被害棟数となっている。

表 7.4-1 液状化による建物被害予測結果一覧

区名	全棟数	全壊棟数	半壊棟数	全壊率	半壊率
中央区	52,520	120	820	0.2%	1.6%
花見川区	41,900	100	550	0.2%	1.3%
稲毛区	32,690	10	80	0.0%	0.2%
若葉区	44,880	2	20	0.0%	0.0%
緑区	36,360	3	30	0.0%	0.1%
美浜区	10,430	40	430	0.3%	4.2%
<b>合計</b>	<b>218,770</b>	<b>270</b>	<b>1,930</b>	<b>0.1%</b>	<b>0.9%</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。

※四捨五入により、合計が合わない場合がある。

表 7.4-2 【参考】東京湾北部地震（平成 20 年度調査）の液状化による建物被害棟数

区名	全棟数	全壊棟数	全壊率
中央区	54,641	145	0.3%
花見川区	42,474	48	0.1%
稲毛区	33,050	12	0.0%
若葉区	44,729	5	0.0%
緑区	32,426	5	0.0%
美浜区	9,954	110	1.1%
合計	217,274	324	0.1%

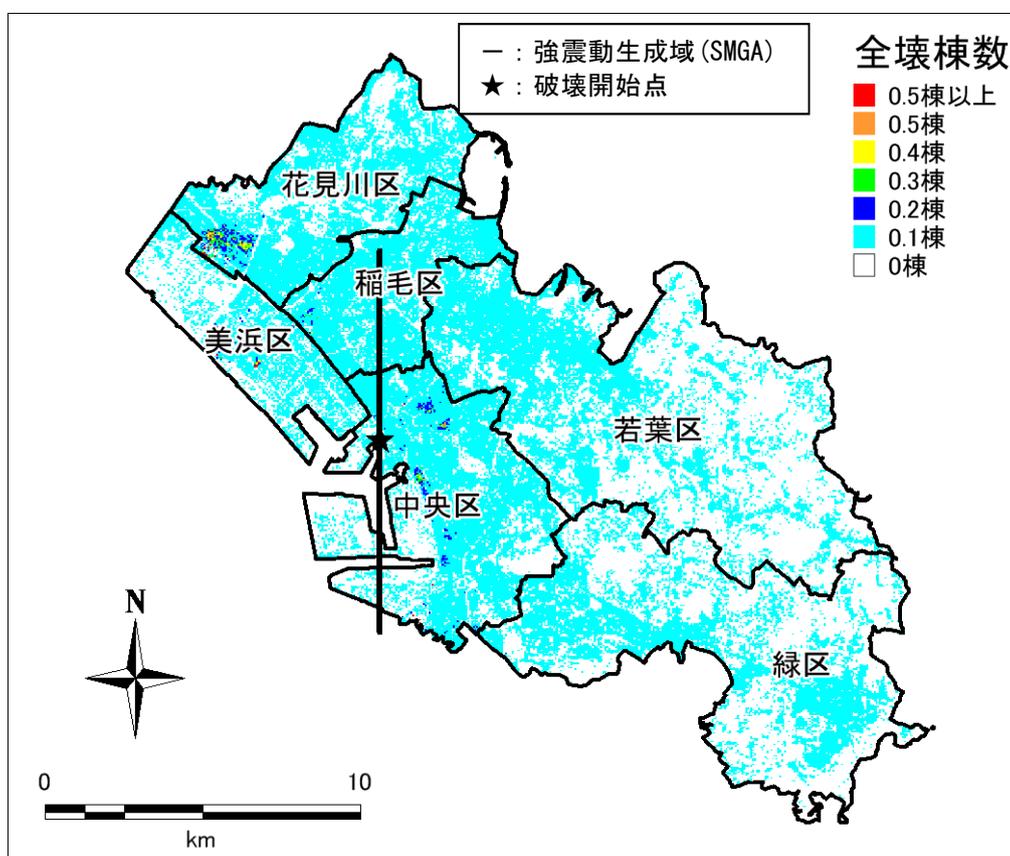


図 7.4-5 液状化による 50m メッシュ建物被害予測結果分布図（全壊棟数）

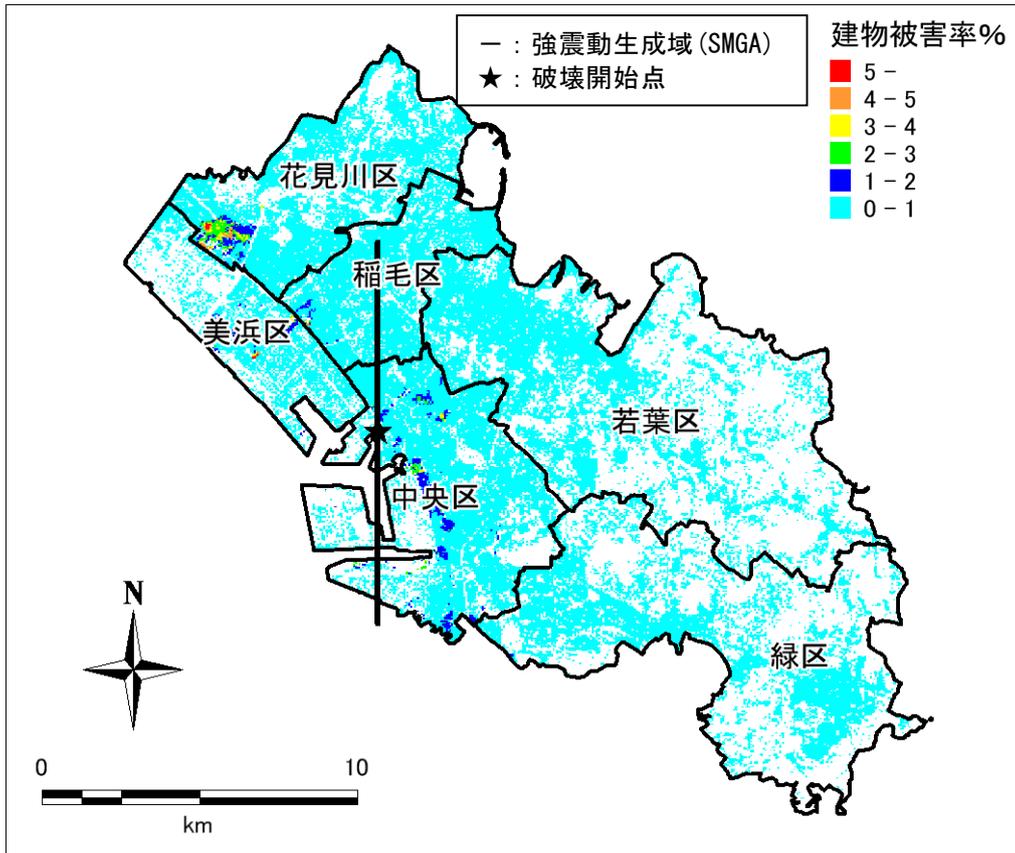


図 7.4-6 液状化による建物被害率分布図（全建物数に占める全壊棟数の割合）

## 第5 急傾斜地崩壊による建物被害

### 1 予測手法

急傾斜地崩壊危険箇所等の地震時危険度ランク（第6章参照）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7.5-1：中央防災会議（2013b））を用いた。

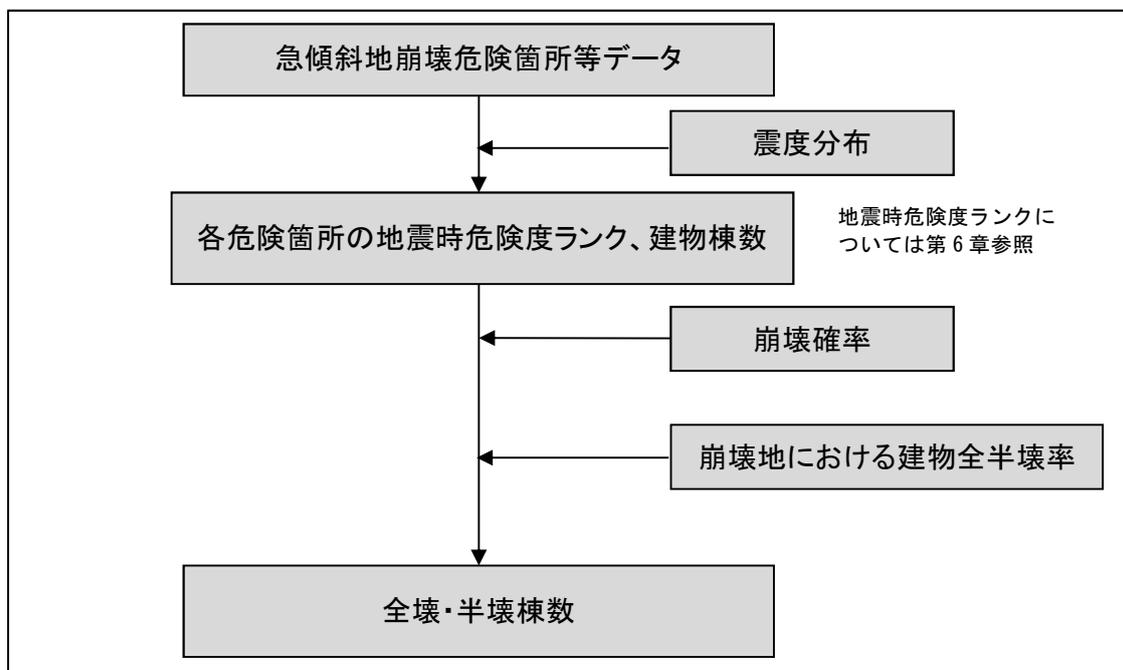


図7.5-1 想定フロー（急傾斜地崩壊による建物被害）  
（中央防災会議（2013b）に基づいて作成）

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。

$$\text{危険箇所等における全半壊棟数} = \text{危険箇所等の人家戸数} \times \text{危険箇所等の崩壊確率} \\ \times \text{危険箇所等における建物全半壊率} \quad \text{— (式 7.5-1)}$$

危険箇所等の建物棟数については、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（1978）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））。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（2004）年新潟県中越地震、平成19（2007）年新潟県中越沖地震、平成20（2008）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（内閣府（2013b））。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7.5-1のように設定した（ランクB、Cの崩壊確率はゼロ）。

表 7.5-1 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（2013b）

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、半壊率については平成 26・27 年度県調査に準拠して表 7.5-2 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・半壊率とは異なる。）

表 7.5-2 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>40</sup>

## 2 予測結果

急傾斜地崩壊による建物被害の想定結果を表 7.5-3 及び図 7.5-2～3 に示す。全市で 9 棟程度の全壊被害が発生すると想定される。

平成 20 年度調査による東京湾北部地震の被害（表 7.5-4）と比較すると、東京湾北部地震の方が全体的に被害棟数が多くなっている。これは、今回の調査では、最新の知見を反映して地震時危険度ランク別の崩壊確率（表 7.5-1）を低く設定したためである。

表 7.5-3 急傾斜地崩壊による建物被害予測結果一覧

区名	全棟数	全壊棟数	半壊棟数	全壊率	半壊率
中央区	52,520	2	5	0.0%	0.0%
花見川区	41,900	3	6	0.0%	0.0%
稲毛区	32,690	-	1	0.0%	0.0%
若葉区	44,880	2	5	0.0%	0.0%
緑区	36,360	1	3	0.0%	0.0%
美浜区	10,430	0	0	0.0%	0.0%
<b>合計</b>	<b>218,770</b>	<b>9</b>	<b>20</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</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。

表 7.5-4 【参考】東京湾北部地震（平成 20 年度調査）の急傾斜地崩壊による建物被害棟数

区名	全棟数	全壊棟数	全壊率
中央区	54,641	27	0.0%
花見川区	42,474	31	0.1%
稲毛区	33,050	15	0.0%
若葉区	44,729	17	0.0%
緑区	32,426	13	0.0%
美浜区	9,954	0	0.0%
<b>合計</b>	<b>217,274</b>	<b>104</b>	<b>0.0%</b>

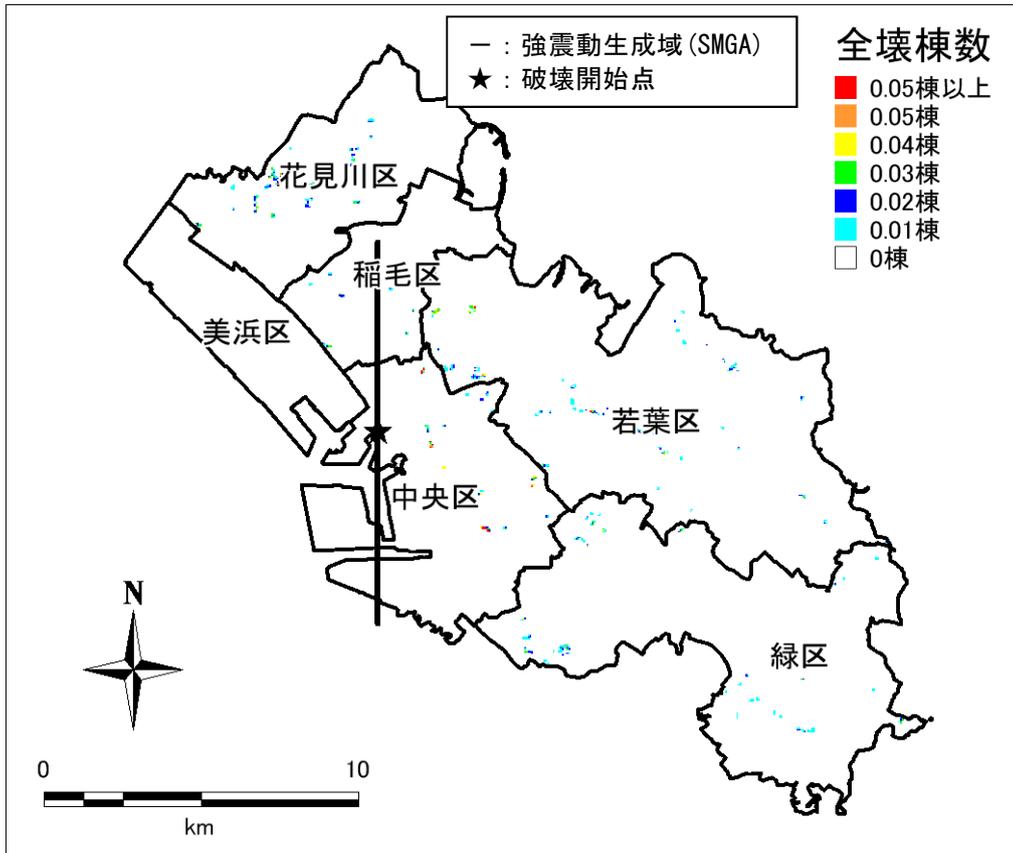


図 7.5-2 急傾斜地崩壊による 50m メッシュ建物被害予測結果分布図 (全壊棟数)

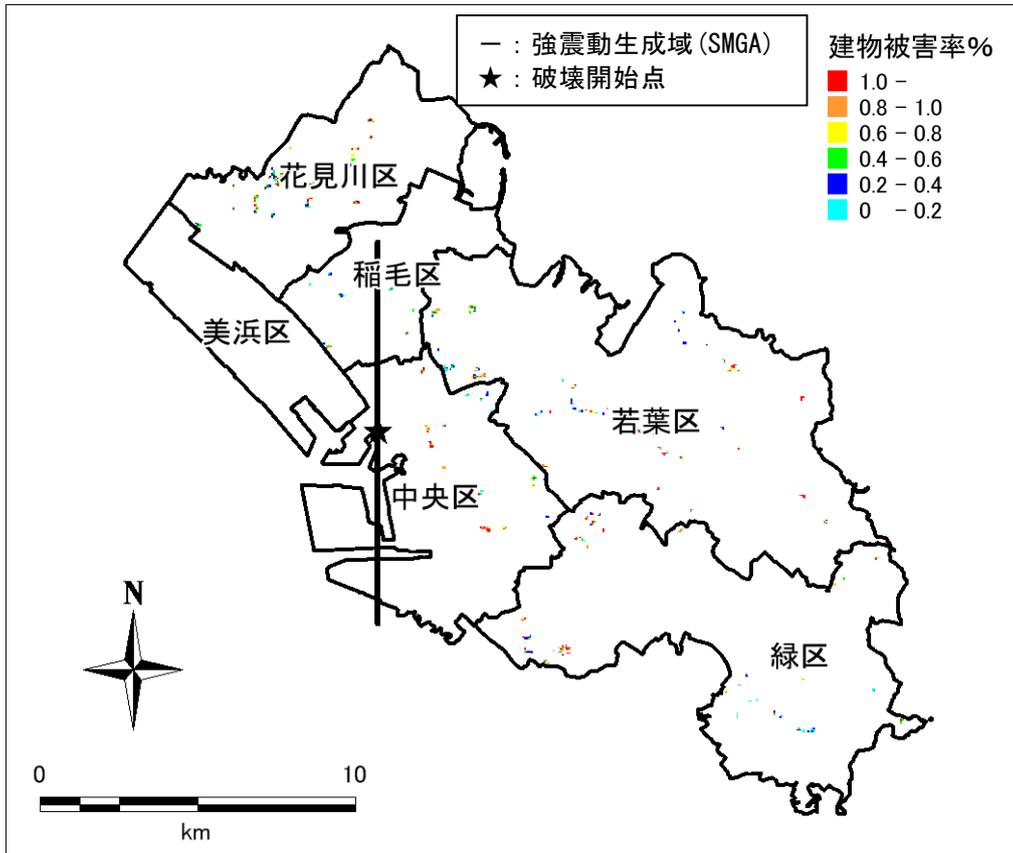


図 7.5-3 急傾斜地崩壊による建物被害率分布図  
(全建物数に占める全壊棟数の割合)

## 第6 火災による建物被害

### 1 出火件数の予測手法

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う。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（図 7.6-1 参照）は、中央防災会議（2013b）及び平成 26・27 年度県調査の手法に沿い、出火要因ごとにイベントツリー解析\*を行って算定する。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 7.6-1）、それぞれの出火要因についてイベントツリーを想定する。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、全出火件数を算定する。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、千葉市の平成 22 年 1 月 1 日から平成 26 年 12 月 31 日までの 5 年間の平均風速\*である 4m 毎秒と、20 日に 1 日くらいの頻度で生じる平均風速に相当する 8m 毎秒の 2 種類とした。また風向は同時期に全般的に北側からの風の回数が最も多く、その中でも北北西が多いことから、北北西の風とした。

---

\*イベントツリー（解析）：樹形図と呼ばれ、フローチャートの一種。及びそれを用いた解析。最初に起点となる不具合（初期事象。例えば出火要因）を置き、続けて事象の進展や対策など（延焼、消火など）を分岐して展開していくことにより、最終的に対策が成功したか失敗したかを示した図面。それぞれの分岐に発生確率を与えて解析することにより、最終的な対策の成功／失敗確率が与えられる。

\*平均風速：気象庁による観測では地上約 10 メートルの高さにおける 10 分間の平均風速を「風速」と定義する。これに対し、0.25 秒ごとに更新される 3 秒（12 サンプル）平均を「瞬間風速」という。

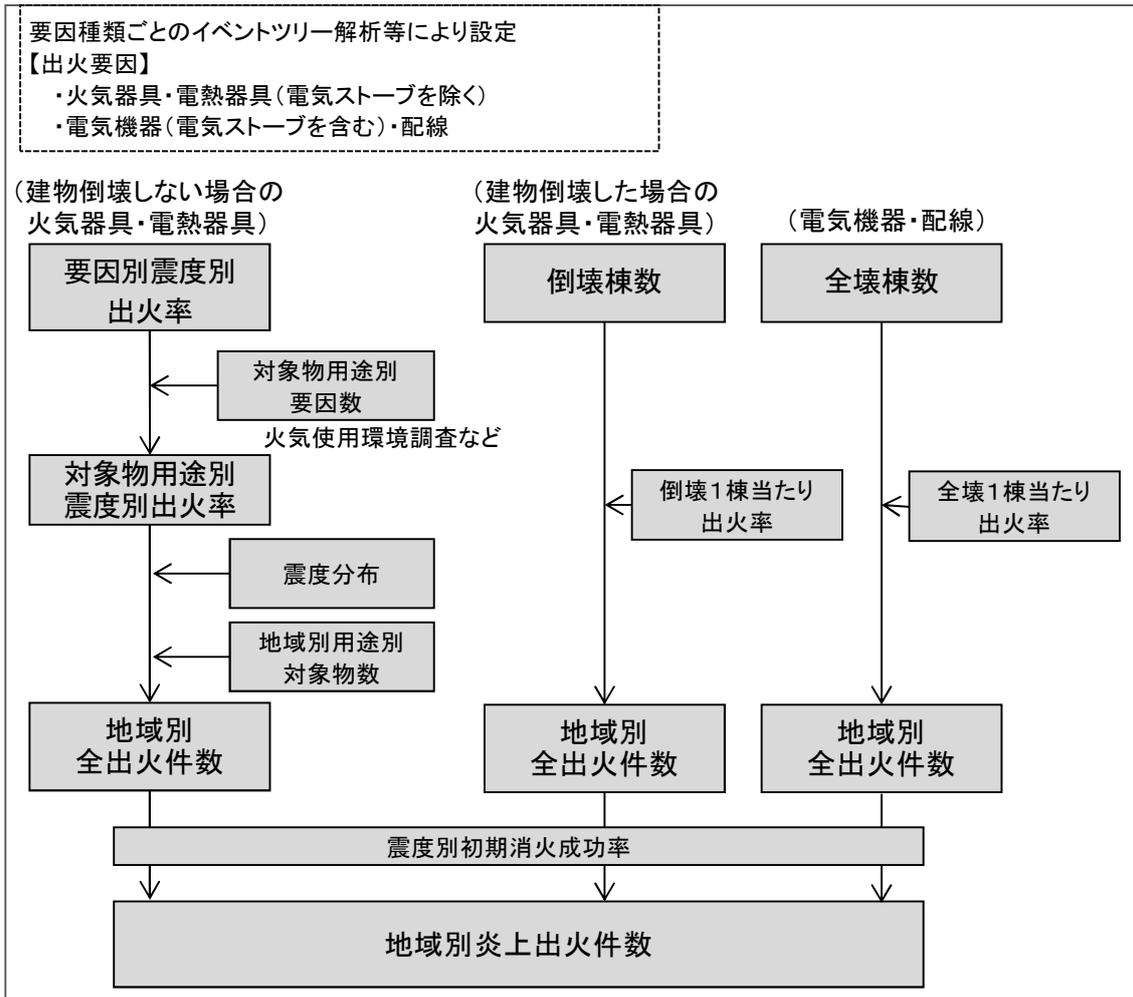


図 7.6-1 想定フロー（出火）

表 7.6-1 出火要因の種類（静岡県（2001）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。

## (1) 出火件数

「建物倒壊しない場合の火気器具・電熱器具からの出火」、「建物倒壊した場合の火気器具・電熱器具からの出火」、「電気機器・配線からの出火」を個別に求めて足し合わせたものを全出火件数としてカウントし、それに対して初期消火成功率を考慮して初期消火に失敗した件数を炎上出火件数として町丁目別に求めた。

### ア 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（2013b）、表 7.6-2）。

表 7.6-2 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（2013b））  
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（2012b）<sup>41</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

$$= \text{建物倒壊棟数} \times \text{建物倒壊1棟当たりの出火率} \times \text{時刻補正係数} \quad \text{—(式7.6-1)}$$

建物倒壊棟数については、東京都防災会議（1991）<sup>42</sup>を参考に、全壊棟数の7割とした。

建物倒壊1棟当たりの出火率については、阪神・淡路大震災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、阪神・淡路大震災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。阪神・淡路大震災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（2012b））。

$$\text{電気機器からの出火件数} = 0.044\% \times \text{全壊棟数} \quad \text{—(式7.6-2)}$$

$$\text{配線からの出火件数} = 0.030\% \times \text{全壊棟数} \quad \text{—(式7.6-3)}$$

### イ 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7.6-3の初期消火成功率（東京消防庁（2011）<sup>43</sup>）から、初期消火に失敗し炎上する件数を算出した。

$$\text{炎上出火件数} = \text{全出火件数} \times (1 - \text{初期消火成功率}) \quad \text{—(式7.6-4)}$$

表7.6-3 震度別の初期消火成功率（東京消防庁（2011））

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) 消防運用の考慮

初期消火しきれずに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。ここでは消防運用として、**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アを設定するとともに、阪神・淡路大震災での実態に合うようにア基本的な消火可能件数評価式を補正した修正評価式イを設定し、本調査ではイの式を採用した。

#### ア 基本的な消火可能件数評価式

消防運用による消火件数の算出方法は、基本的には、1 炎上出火に対して、4 口の放水を必要とし、表 7.6-4 に示すポンプ車の種類、台数が揃う場合において、火災を 1 件消火できるものとした。考え方の根拠として、1 辺 10m の建物の 4 辺を包囲するのに 40m 以上の包囲長\*が必要であり、一方、1 口当たりの包囲長は、10~15m 程度であることによる。

表 7.6-4 1 火災を消火するために必要な台数

ポンプ種類	1 火災消火するための台数
消防ポンプ自動車の場合	2 台
小型動力ポンプ積載車の場合	4 台

※消防ポンプ自動車＝普通消防ポンプ自動車（B1 以上\*）＋水槽付消防ポンプ自動車（B1 以上）＋化学消防車（泡消火型）＋化学消防車（粉末消火型）

※小型動力ポンプ＝小型動力ポンプ付積載車＋小型動力ポンプ付水槽車

※本想定では手引きポンプ〔手引動力ポンプ＋小型動力ポンプ非積載〕の場合、走行速度のほか、放水能力の点でも小型動力ポンプ積載車よりも落ちる場合が多いため、消防力に含めないものとする。

表 7.6-4 の考え方から、以下の式で消火可能件数を表わせる。

$$\text{消火可能件数} = \text{消防ポンプ自動車数} / 2 + \text{小型動力ポンプ数} / 4 \quad \text{———— (式 7.6-5)}$$

ここで、消防隊が駆けつけても水利が付近にない可能性等、消防水利の過不足状況の影響を考慮するため、水利のカバー率について設定する。

一般的な消防車両が有するホース 10 本分×20m に道路の屈曲を考慮して半径 140m の円内で放水可能であるとし、水利が市街地内に平均的に分布していると考えた場合、ある出火点の周囲 140m 以内に水利がある確率は、以下の式により求められる。

\*消防ポンプ自動車：いわゆる消防車と呼ばれる、揚水、放水機能を持つ消防用の自動車。ここでは、普通消防ポンプ自動車（B1 以上）＋水槽付消防ポンプ自動車（B1 以上）＋化学消防車（泡消火型）＋化学消防車（粉末消火型）とした。

\*小型動力ポンプ：ポンプと内燃機関が一体になった持ち運び可能な消防用設備で、消防機関、消防団、防火対象物、危険物施設等に設置されている。

\*消防水利：消火栓、防火水槽、河川など、消防活動を行う際に利用できる水利施設。

\*包囲長：例えば建物の四辺を密閉するように板で囲った場合に必要となる板の長さ。

\*B1 以上：ポンプの性能を示す指標。B1 級は、規格放水圧力 0.85MPa、高圧放水圧力 1.4MPa などと定められている。

$$\text{水利存在確率} = 1 - (1 - 3.14 \times 140 \times 140 / \text{市街地面積}^* (\text{m}^2))^{\text{水利数}} \quad \text{—— (式 7.6-6)}$$

消火可能件数と、水利存在確率の式から、消火可能件数は、以下の式により表わせる。

$$\begin{aligned} \text{消火可能件数} &= (\text{消防ポンプ自動車数}/2 + \text{小型動力ポンプ数}/4) \\ &\times \{1 - (1 - 3.14 \times 140 \times 140 / \text{市街地面積} (\text{m}^2))^{\text{水利数}}\} \quad \text{—— (式 7.6-7)} \end{aligned}$$

ここで、消防運用で使用する消防水利は、防火水槽（40 トン以上）、井戸、河川、海、プール、池、下水道等とする。

この式においては、地震によって生じる消防活動に影響する様々な要素が考慮されておらず、またホース延長距離の設定も仮定であるため、以下では、阪神・淡路大震災の事例を踏まえて、ポンプ車等及び水利数と、消火可能件数の関係式を求める。

### イ 阪神・淡路大震災に基づく評価式の設定

日本消防協会(1996)<sup>44</sup>によれば、阪神・淡路大震災発災(地震の発生は平成7(1995)年1月17日午前5時46分)直後の出火件数及び延焼範囲1,000 m<sup>2</sup>以上の大規模火災に至った件数は表7.6-5のとおりである。

表 7.6-5 阪神・淡路大震災の大規模火災件数  
(発災当日7時までの間に出火した建物件数)

市・区	出火件数	うち延焼範囲 1,000 m <sup>2</sup> 以上の件 数
西宮市	16	2
芦屋市	7	0
神戸市東灘区	9	4
神戸市灘区	13	7
神戸市中央区	9	2
神戸市兵庫区	11	6
神戸市長田区	13	11
神戸市須磨区	7	4

これら出火件数を住民による初期消火により消し残った炎上火災件数とみなし、さらに消防は人家の火災(木造火災)を優先して消火活動に当たると考えた。木造火災の割合が出火の約55%とし(木造・非木造別の出火件数は一部の市を除いて明らかで

\*市街地面積：建築物の密集した地域のうち、平均建ぺい率がおおむね10%以上の街区がひと固まりとなり人口1万人以上となっている区域。また、1万人以上の区域がなくても、人口千人以上の区域(準市街地)が近接して複数ある場合。「消防力の基準」(平成12年消防庁告示第1号)第2条第1号に定義されている。

ないので、「平成7年兵庫県南部地震被害調査報告書」（建設省建築研究所（1996））<sup>45</sup>での聞き取り調査の対象となった木造、非木造出火件数より設定)、求められる木造炎上火災の推定件数に対し、消防隊や消防団の活動効果により消火された火災の件数を次式のとおりとした。

$$\text{推定消火件数} = (\text{木造炎上火災の推定件数} - 1,000 \text{ m}^2 \text{以上の出火件数})$$

これにより算出される消防による推定消火件数は表 7.6-6 の結果となる。なお、消火の推定件数がマイナスになるものは0とした。

表 7.6-6 阪神・淡路大震災の推定消火件数

市・区	木造炎上火災の推定件数	推定消火件数
西宮市	8.8	6.8
芦屋市	3.9	3.9
神戸市東灘区	5.0	1.0
神戸市灘区	7.2	0.2
神戸市中央区	5.0	3.0
神戸市兵庫区	6.1	0.1
神戸市長田区	7.2	0.0
神戸市須磨区	3.9	0.0

一方、被災各市・区の消防ポンプ自動車、防火水槽等の当時の現況は表 7.6-7 のとおりである。

表 7.6-7 阪神・淡路大震災被災地の消防力

市・区	ポンプ車	消防団ポンプ車	消防団小型ポンプ積載車	防火水槽 (公設+私設)	宅地面積 (km <sup>2</sup> )
西宮市	15	38	0	927	24.9
芦屋市	5	4	0	60	6.2
神戸市東灘区	7	7	0	38	6.7
神戸市灘区	6	0	0	100	3.9
神戸市中央区	15	0	0	147	5.9
神戸市兵庫区	6	0	0	104	3.1
神戸市長田区	5	0	0	93	3.1
神戸市須磨区	6	0	0	129	6.6

なお、ここでの水利は、震災時にほとんど利用できなかった消火栓を除く防火水槽

(公設+私設)とし、神戸市各区の宅地面積は、神戸市全体の宅地面積を可住地面積で比例配分することにより求めたものである。

この阪神・淡路大震災被災地の消防力を入力として求められる消火可能件数と、上記の推定消火件数との差が最も小さくなるように、最小二乗法にて補正係数を求めた。この結果、補正係数は 0.3 と求められる。結果、消火可能件数は次式のとおり求められる。

消火可能木造火災件数

$$=0.3 \times (\text{消防ポンプ自動車数}/2 + \text{小型動力ポンプ数}/4) \\ \times \{1 - (1 - 3.14 \times 140 \times 140 / \text{宅地面積 (m}^2\text{)})^{\text{水利数}}\} \quad \text{——— (式 7.6-8)}$$

上式は、阪神・淡路大震災(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 は、風速 8m/s では 0.2 とする。

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。

残火災件数 = 炎上出火件数 - 消火可能火災件数

なお、消火件数として求められるのは阪神・淡路大震災の事例のうち 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手法

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、建物一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（中央防災会議（2013b））。

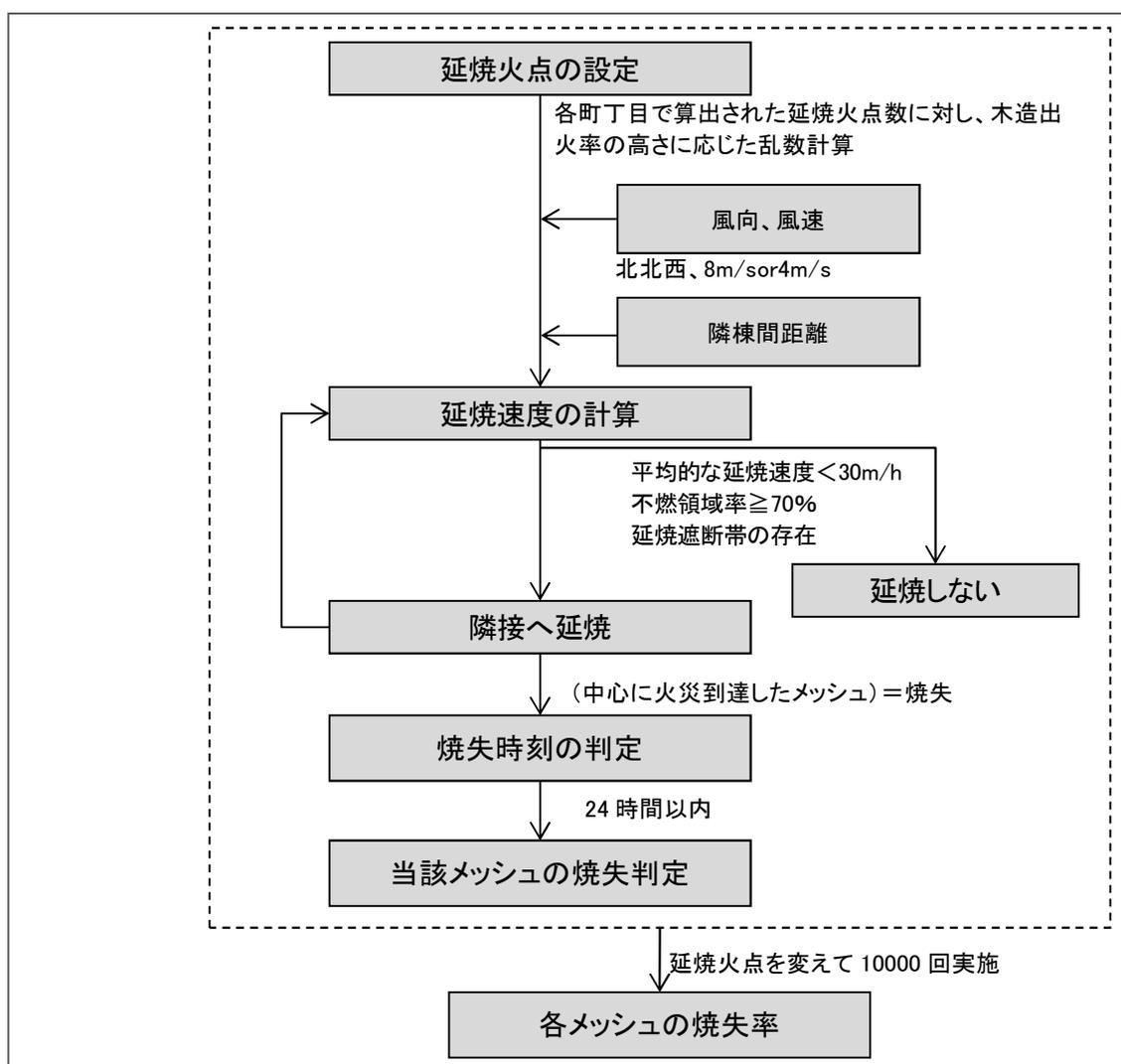


図 7.6-2 想定フロー（延焼）（中央防災会議（2013b））

延焼シミュレーションでは、50m メッシュごとに建物の焼失を集計して延焼拡大状況を計算した。延焼時間については、兵庫県南部地震における大規模延焼の発生から鎮圧までの平均的な時間が約 20 時間であった（群馬県（2012））ことを考慮して、24 時間後の計算結果をもって火災被害を判定した。

なおシミュレーションは 1 回の計算では、延焼火点の位置に依存した結果になるため、延焼火点の位置を 10,000 回ほど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、結果、メッシュが焼失と判定された数を持って、メッシュの焼失率とした。

計算の方法は、1 時間単位で延焼の進捗状況を計算し求めた。このような計算を繰り返し行い、異なるルートからの延焼時刻が早い場合は、延焼時刻を上書きした上で、同様の計算を焼け止まるか、全ての新たな延焼メッシュが 24 時間後になるまで繰り返した。

### 3 予測結果

火災による建物被害の想定結果を表 7.6-8～9 及び図 7.6-3～4 に示す。冬 18 時において出火件数が最大となり、さらに風速 8m/s 時において焼失棟数が最大となる。

区ごとの焼失棟数を比較すると、木造建物が多く、地震動が大きい中央区、花見川区において被害が多くなっている。焼失危険度（＝焼失棟数／全棟数）の分布をみると、稲毛区や中央区で 15%を超える範囲が存在するなど、木造建物の密集している特定の地域で危険度が高くなっている。

平成 20 年度調査における東京湾北部地震による焼失棟数は 1,788 棟（冬 18 時）であり（表 7.6-10）、今回の結果より被害が少ない結果となっている。これは、平成 20 年度調査よりも今回の方が建物の全壊棟数が多いことが出火件数の推定に影響していることが考えられる。

また、今回の想定手法は、建物一棟単位の構造や隣接建物間の距離を考慮した延焼シミュレーションであり、メッシュ単位で不燃領域率（燃えない建物がメッシュを占める面積の割合）を設定した概略的な手法を採用している平成 20 年度調査と延焼の想定手法が異なることも、焼失棟数の違いに影響していると考えられる。手法としては、平成 20 年度調査よりも今回の手法の方が、実際に想定される被害に近い状況が再現されていると考えられる。

これに対して、今回の検討と同様の手法を採用している平成 26・27 年度県調査による千葉県北西部直下地震による千葉市の焼失棟数は約 2,700 棟である。千葉県北西部直下地震の千葉市内の震度は今回の結果と比較して小さいことから、今回の結果は概ね千葉県（2016）の結果と整合している。

なお、今回の想定手法では他市からの応援を想定していないが、実際の火災では他市の消防からの応援も考えられる。

表 7.6-8 火災被害予測結果一覧（延焼時間 24 時間の計算結果）

季節・時間帯	風速	全出火件数	炎上出火件数	消火件数	残火災件数	焼失棟数
冬 5 時	4m/s	24	15	15	0	70
	8m/s			10	5	980
夏 12 時	4m/s	25	16	15	1	220
	8m/s			10	6	1,180
冬 18 時	4m/s	68	42	15	27	3,980
	8m/s			10	32	5,880

表 7.6-9 火災による焼失棟数予測結果一覧

区名	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
中央区	20	250	50	300	1,030	1,540
花見川区	10	260	60	320	1,100	1,520
稲毛区	10	210	40	250	790	1,230
若葉区	10	150	40	180	590	900
緑区	10	100	30	120	400	590
美浜区	3	20	6	20	70	100
<b>合計</b>	<b>70</b>	<b>980</b>	<b>220</b>	<b>1,180</b>	<b>3,980</b>	<b>5,880</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。

※四捨五入により、合計が合わない場合がある。

表 7.6-10 【参考】東京湾北部地震（平成 20 年度調査）の火災による建物焼失棟数

区名	全棟数	焼失棟数	焼失率
中央区	54,641	1,042	1.9%
花見川区	42,474	293	0.7%
稲毛区	33,050	316	1.0%
若葉区	44,729	64	0.1%
緑区	32,426	10	0.0%
美浜区	9,954	63	0.6%
<b>合計</b>	<b>217,274</b>	<b>1,788</b>	<b>0.8%</b>

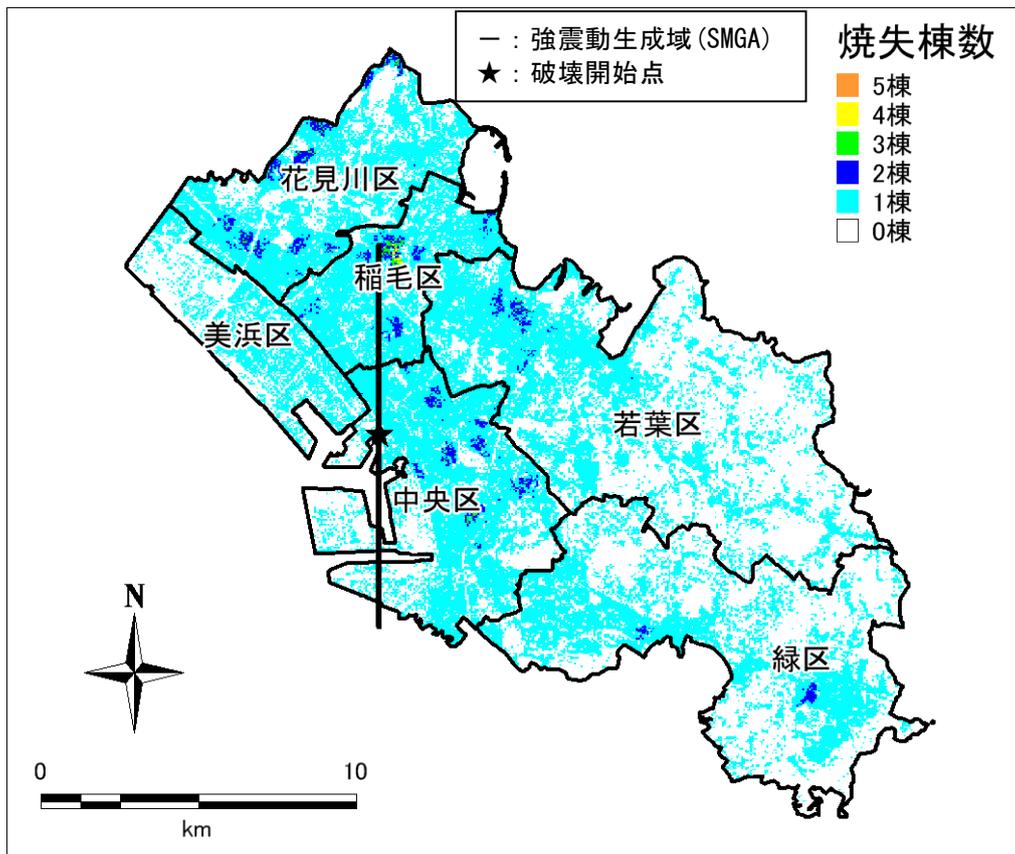


図 7.6-3 50m メッシュ別焼失棟数予測結果図 (冬 18 時、風速 8m/s)

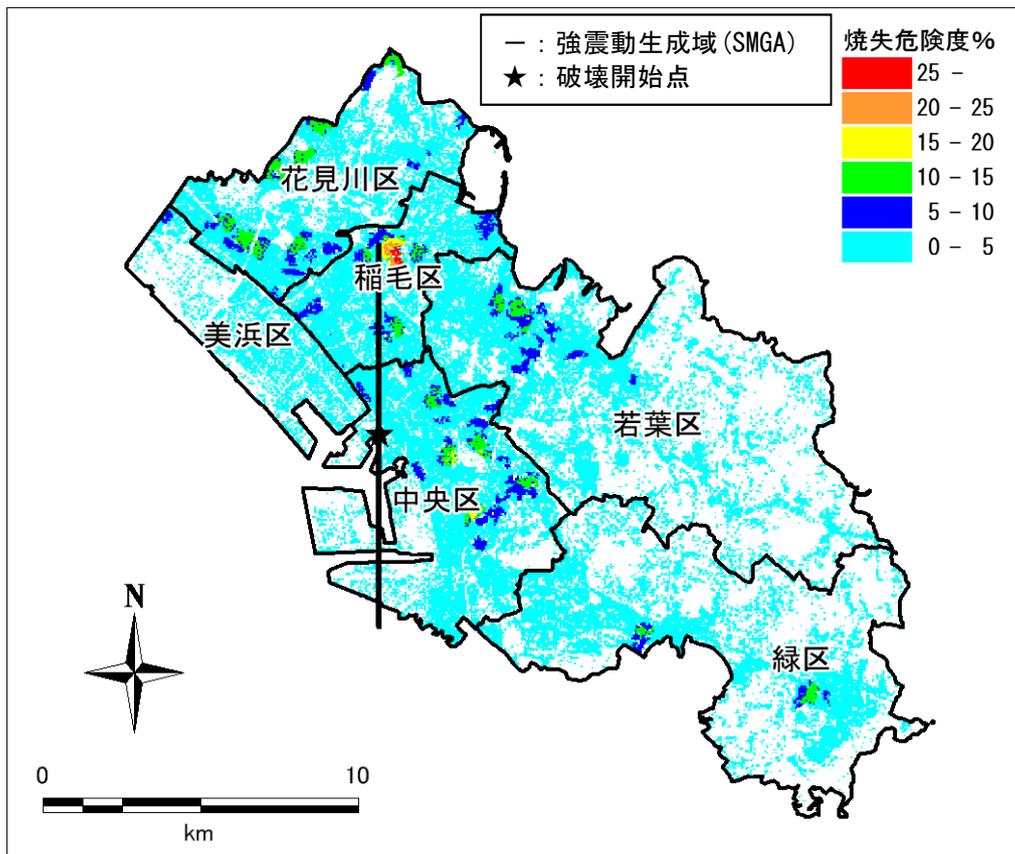


図 7.6-4 50m メッシュ別焼失危険度予測結果図 (冬 18 時、風速 8m/s)

## 第7 建物被害（全体）の予測結果

これまでに計算した揺れ、液状化、急傾斜地崩壊による建物倒壊及び火災による建物焼失を集計して、全壊・焼失棟数を予測した。建物被害は複数の要因で重複して被害を起こす可能性がある（例えば、揺れによって全壊した後で火災で焼失）ことから、被害要因の重複を避けるため、本調査では内閣府（2012）に準拠して「液状化」→「揺れ」→「急傾斜地崩壊」→「火災」の順番で被害要因を割り当てた。すなわち、以下の式によりメッシュごとの全壊・焼失棟数を求めた。

$$\begin{aligned} \text{メッシュごとの全壊・焼失棟数} &= \text{メッシュ全棟数} \times \text{液状化による全壊率} \\ &+ \text{液状化で全壊していない棟数} \times \text{揺れによる全壊率} \\ &+ \text{液状化・揺れで全壊していない棟数} \times \text{急傾斜地崩壊による全壊率} \\ &+ \text{液状化・揺れ・急傾斜地崩壊で全壊していない棟数} \times \text{火災による焼失率} \end{aligned}$$

—————（式 7.7-1）

千葉市直下地震の予測結果について、全6ケース（季節、時刻別3ケース、風速2ケース）を計算して、被害数量・被害率を表7.7-1～4に整理した。なお、町丁目別の被害数量については、別途巻末資料にまとめた。

表 7.7-1 全壊・焼失棟数

区名	全壊棟数			焼失棟数						合計						
	揺れ	液状化	急傾斜地崩壊	冬5時		夏12時		冬18時		冬5時		夏12時		冬18時		全棟数
				風速 4m/s	風速 8m/s	風速 4m/s	風速 8m/s	風速 4m/s	風速 8m/s	風速 4m/s	風速 8m/s	風速 4m/s	風速 8m/s	風速 4m/s	風速 8m/s	
中央区	3,900	120	2	20	250	50	300	1,030	1,540	4,040	4,280	4,080	4,320	5,050	5,560	52,520
花見川区	4,130	100	3	10	260	60	320	1,100	1,520	4,250	4,490	4,290	4,550	5,340	5,750	41,900
稲毛区	3,450	10	-	10	210	40	250	790	1,230	3,480	3,680	3,510	3,720	4,260	4,700	32,690
若葉区	3,980	2	2	10	150	40	180	590	900	4,000	4,130	4,020	4,160	4,570	4,890	44,880
緑区	1,250	3	1	10	100	30	120	400	590	1,260	1,350	1,280	1,370	1,650	1,840	36,360
美浜区	420	40	0	3	20	6	20	70	100	460	470	460	480	530	560	10,430
<b>合計</b>	<b>17,140</b>	<b>270</b>	<b>9</b>	<b>70</b>	<b>980</b>	<b>220</b>	<b>1,180</b>	<b>3,980</b>	<b>5,880</b>	<b>17,490</b>	<b>18,400</b>	<b>17,640</b>	<b>18,600</b>	<b>21,400</b>	<b>23,300</b>	<b>218,770</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 7.7-2 全壊・焼失率

区名	全壊率			焼失率						全壊・焼失率					
	揺れ	液状化	急傾斜地崩壊	冬5時		夏12時		冬18時		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	風速 4m/s	風速 8m/s	風速 4m/s	風速 8m/s	風速 4m/s	風速 8m/s
中央区	7.4%	0.23%	0.005%	0.032%	0.479%	0.101%	0.563%	1.954%	2.931%	7.7%	8.1%	7.8%	8.2%	9.6%	10.6%
花見川区	9.9%	0.23%	0.006%	0.031%	0.614%	0.138%	0.756%	2.629%	3.628%	10.1%	10.7%	10.2%	10.9%	12.7%	13.7%
稲毛区	10.6%	0.04%	0.001%	0.031%	0.635%	0.129%	0.772%	2.426%	3.757%	10.6%	11.2%	10.7%	11.4%	13.0%	14.4%
若葉区	8.9%	0.00%	0.005%	0.031%	0.335%	0.079%	0.394%	1.307%	2.012%	8.9%	9.2%	9.0%	9.3%	10.2%	10.9%
緑区	3.4%	0.01%	0.004%	0.033%	0.273%	0.072%	0.322%	1.102%	1.615%	3.5%	3.7%	3.5%	3.8%	4.5%	5.1%
美浜区	4.0%	0.34%	0.000%	0.033%	0.174%	0.057%	0.217%	0.687%	0.988%	4.4%	4.5%	4.4%	4.6%	5.0%	5.3%
<b>合計</b>	<b>7.8%</b>	<b>0.12%</b>	<b>0.004%</b>	<b>0.032%</b>	<b>0.450%</b>	<b>0.101%</b>	<b>0.540%</b>	<b>1.819%</b>	<b>2.688%</b>	<b>8.0%</b>	<b>8.4%</b>	<b>8.1%</b>	<b>8.5%</b>	<b>9.8%</b>	<b>10.6%</b>

表 7.7-3 半壊棟数

(棟)

区名	半壊棟数				全棟数
	揺れ	液状化	急傾斜地崩壊	合計	
中央区	5,440	820	5	6,270	52,520
花見川区	5,800	550	6	6,360	41,900
稲毛区	4,650	80	1	4,730	32,690
若葉区	5,900	20	5	5,930	44,880
緑区	2,140	30	3	2,170	36,360
美浜区	990	430	0	1,420	10,430
<b>合計</b>	<b>24,920</b>	<b>1,930</b>	<b>20</b>	<b>26,880</b>	<b>218,770</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 未満は「-」と表示。

※四捨五入により、合計が合わない場合がある。

表 7.7-4 半壊率

区名	半壊率			
	揺れ	液状化	急傾斜地崩壊	合計
中央区	10.4%	1.57%	0.010%	11.9%
花見川区	13.9%	1.30%	0.014%	15.2%
稲毛区	14.2%	0.25%	0.003%	14.5%
若葉区	13.1%	0.05%	0.012%	13.2%
緑区	5.9%	0.07%	0.009%	6.0%
美浜区	9.5%	4.15%	0.000%	13.6%
<b>合計</b>	<b>11.4%</b>	<b>0.88%</b>	<b>0.009%</b>	<b>12.3%</b>

要因別では揺れによる全壊棟数が最も多く 17,140 棟、液状化が 270 棟、急傾斜地崩壊が 9 棟である。一方火災による焼失棟数は冬 18 時、風速 8m/s のケースが最も多く、5,880 棟である。このとき、全壊・焼失棟数は 23,300 棟であり、全市の約 11%の建物が被害を受ける。区ごとの値を比較すると、木造建物が多く地震動の大きい花見川区で最も多く、5,750 棟が被害を受ける。

参考までに、平成 20 年度調査による東京湾北部地震の被害量を表 7.7-5 に、平成 26・27 年度県調査による千葉県北西部直下地震の被害量を表 7.7-6 に示す。

平成 20 年度調査による東京湾北部地震の建物被害量は、全棟数約 22 万棟に対して全壊・焼失棟数は約 18,000 棟であり、市全体で約 8%の建物が被害を受けるとされている（複数要因のダブルカウント除去処理は行っていない。）。今回の想定は、平成 20 年度調査よりも、揺れによる全壊棟数及び火災による焼失棟数が増加した。これは、地震動が大きくなったことや、建物全壊棟数の増加が、出火件数・延焼件数の増加につながったことが要因であると考えられる。

一方、液状化被害については今回の想定の方が減少しているが、これは第 5 章で述べたように詳細な地形を反映したため、埋立地においても一様に液状化するのではなく、地域によって必ずしも液状化しない範囲があることを反映したためである。

また、急傾斜地崩壊については、最近の被害地震における知見を反映して地震時危険度ランクごとの崩壊率を変更した（第 7 章第 5 参照）ことにより、今回の想定の方が大幅に全壊数が減少している。

区ごとの被害を比較すると、揺れによる被害については、中央区・美浜区で全壊棟数が減少する一方、その他の区では全壊棟数が増加している。これは両者の想定における地震動の大きさの分布の違いを反映しており、今回の想定では、中央区・美浜区の位置する湾岸部に比べて内陸部の方が相対的に地震動が大きくなっていることによるものである。

液状化については、花見川区については地震動の大きさを反映して全壊棟数が増えている一方、特に美浜区を中心としたその他の地区については、詳細な地形を反映したこと、また美浜区については相対的にマンション等の非木造建物が多く木造建物が少ないことにより全壊棟数が減少している。

一方、千葉県北西部直下地震による被害は全棟数約 22 万棟に対して全壊・焼失棟数 14,800 棟であり、市全体で約 7%の建物が被害を受けるとされている。特に揺れ及び火災による被害量が千葉市直下地震で大きくなっており、市内の地震動の大きさの相違を反映していると考えられる。

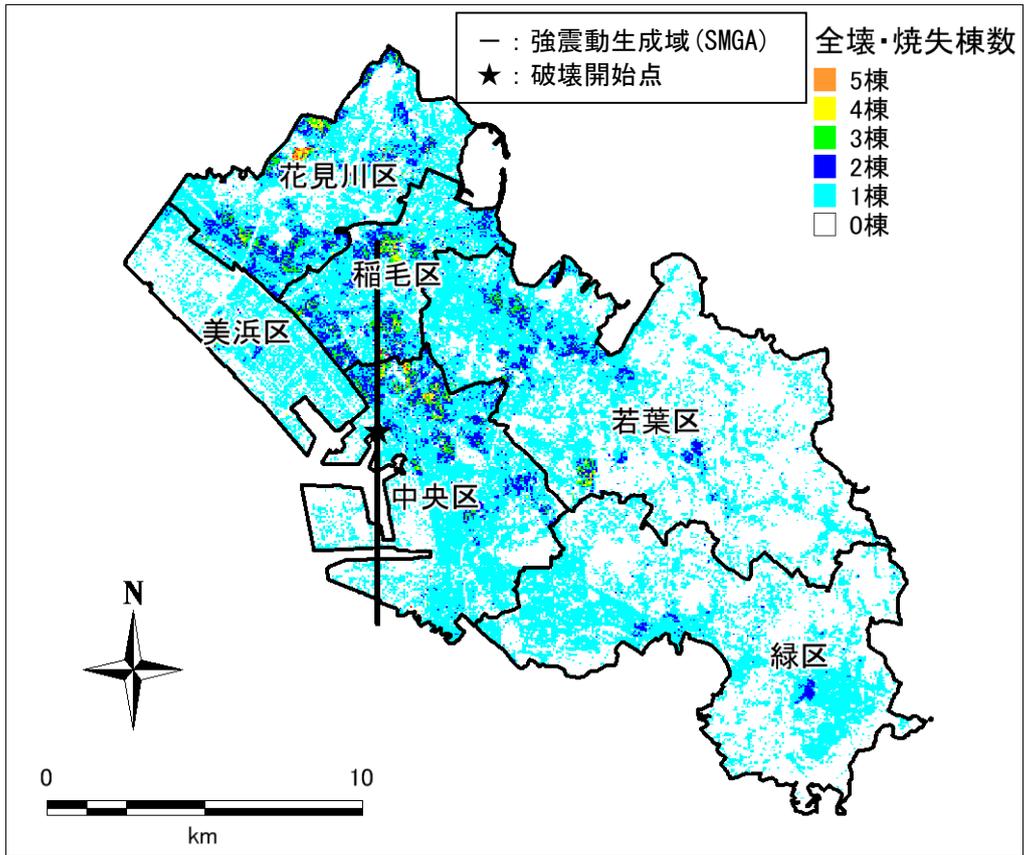


図 7.7-1 50m メッシュ別全壊・焼失棟数予測結果図 (冬 18 時、風速 8m/s)

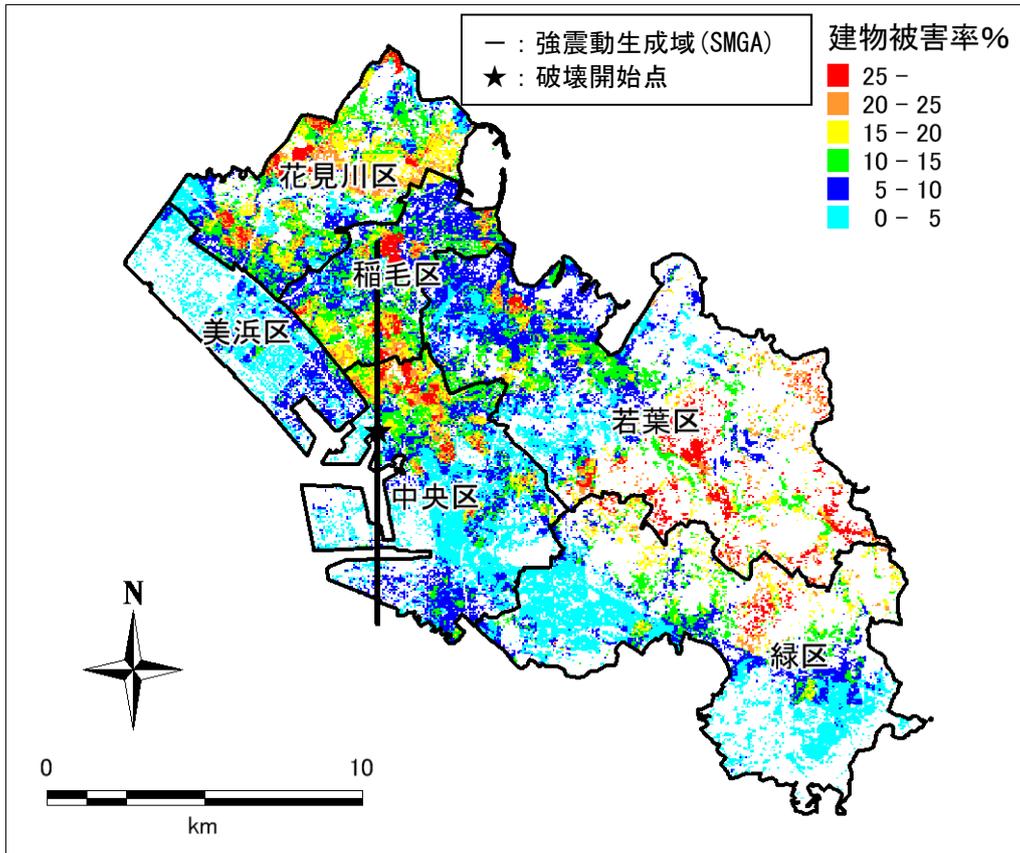


図 7.7-2 揺れ・液状化・急傾斜地崩壊・火災による建物被害率分布図  
 (全建物数に占める全壊・焼失棟数の割合・冬 18 時、風速 8m/s)

表 7.7-5 【参考】東京湾北部地震（平成 20 年度調査）との全壊・焼失棟数の比較（冬 18 時、風速 8m/s）

区名	揺れ		液状化		急傾斜地	
	今回	前回	今回	前回	今回	前回
中央区	3,900	7,579	120	145	2	27
花見川区	4,130	2,453	100	48	3	31
稲毛区	3,450	2,714	10	12	-	15
若葉区	3,980	1,209	2	5	2	17
緑区	1,250	627	3	5	1	13
美浜区	420	904	40	110	0	0
<b>合計</b>	<b>17,140</b>	<b>15,485</b>	<b>270</b>	<b>324</b>	<b>9</b>	<b>104</b>

区名	火災		合計	
	今回	前回	今回	前回※
中央区	1,540	1,042	5,560	8,793
花見川区	1,520	293	5,750	2,825
稲毛区	1,230	316	4,700	3,057
若葉区	900	64	4,890	1,295
緑区	590	10	1,840	655
美浜区	100	63	560	1,077
<b>合計</b>	<b>5,880</b>	<b>1,788</b>	<b>23,300</b>	<b>17,701</b>

※複数要因のダブルカウント除去処理は行っていない。

表 7.7-6 【参考】千葉県北西部直下地震（平成 26・27 年度県調査）との全壊・焼失棟数の比較（冬 18 時、風速 8m/s）

区名	揺れ		液状化		急傾斜地	
	今回	県調査	今回	県調査	今回	県調査
中央区	3,900	1,800	120	100	2	-
花見川区	4,130	5,400	100	80	3	10
稲毛区	3,450	2,700	10	10	-	-
若葉区	3,980	460	2	-	2	-
緑区	1,250	260	3	-	1	-
美浜区	420	1,200	40	100	0	-
<b>合計</b>	<b>17,140</b>	<b>11,800</b>	<b>270</b>	<b>290</b>	<b>9</b>	<b>20</b>

区名	火災		合計	
	今回	県調査	今回	県調査
中央区	1,540	470	5,560	2,300
花見川区	1,520	1,100	5,750	6,600
稲毛区	1,230	420	4,700	3,100
若葉区	900	550	4,890	1,000
緑区	590	110	1,840	380
美浜区	100	50	560	1,400
<b>合計</b>	<b>5,880</b>	<b>2,700</b>	<b>23,300</b>	<b>14,800</b>

## 第8章 人的被害

### 第1 概要

地震による被災時には、様々な要因により人的被害が発生する。

まず、揺れ・液状化・急傾斜地崩壊による建物倒壊により、建物内において多くの人的被害が発生する。倒壊しない建物についても、屋内収容物の移動・転倒や落下物による被害が発生する。さらに、建物外においても、屋外落下物やブロック塀・自動販売機の転倒により人的被害が発生する。

また火災の発生によって、建物内で火災に巻き込まれることによる人的被害に加えて、建物外への移動の際にも延焼に巻き込まれることにより被害が発生する。

このような多様な要因を踏まえ、本章では建物内外の**滞留人口\***データを基に、中央防災会議（2013b）の手法を用いて、市内における人的被害について予測を行った（図8.1-1）。人的被害を引き起こす要因としては、建物倒壊、屋内収容物の移動・転倒、屋内落下物及び屋内ガラス被害、急傾斜地崩壊、火災、ブロック塀・自動販売機の移動・転倒、屋外落下物を想定した。

本章は人的被害として、「死者」、「重傷者」、「軽傷者」及び後者の2つを合わせた「負傷者」を扱う。これらの定義を表8.1-1に示した。なお、「死者」と「負傷者」を合わせて「死傷者」と呼ぶ。

表 8.1-1 人的被害の統一基準

死者	当該災害が原因で死亡し、死体を確認したもの、又は死体を確認することができないが死亡したことが確実なもの。
重傷者	災害のため負傷し、医師の治療を受けまたは受ける必要のあるもののうち1月以上の治療を要する見込みのもの。
軽傷者	災害のため負傷し、医師の治療を受けまたは受ける必要のあるもののうち1月未満で治癒できる見込みのもの。
負傷者	災害のため負傷し、医師の治療を受けまたは受ける必要のあるもの。 (重傷者+軽傷者)

※出典：「災害の被害認定基準の統一について」（昭和43年6月14日内閣総理大臣官房審議室長通知）に加筆

#### 1 人口動態基礎データの作成

人的被害予測の基礎データとして、平成20年第5回東京都市圏パーソントリップ調査\*（東京都市圏交通計画協議会<sup>46</sup>）のデータを基に、時刻別人口を整理し、区ごと

\*滞留人口：震災が起きた時刻において市内にいる人の数。

\*パーソントリップ調査：「どのような人が」「どのような目的で」「どこからどこへ」「どのような交通手段で」移動したかなどを調べる調査であり、そこから鉄道や自動車、徒歩といった各交通手段の利用割合や交通量などを求めることができる。10年ごとに実施されており、最新の調査は平成20年に実施された。

に人口動態基礎データを作成した。

## 2 建物倒壊による人的被害

建物倒壊による圧迫死等によって生じる人的被害を予測した。建物被害によって生じる人的被害としては、建物倒壊によるもの以外に屋内収容物の移動・転倒、屋内落下物による被害があるが、これらについては別途想定した。木造建物と非木造建物とでは死者等の発生の様相が異なることから、両者を区別して、過去の地震被害を基にした全壊棟数と死者数の関係式及び全半壊棟数と負傷者数の関係式により計算した。

## 3 屋内収容物の移動・転倒、屋内落下物及び屋内ガラス被害による人的被害

屋内収容物・落下物（表 8.1-2）・ガラス被害によって生じる人的被害について、建物構造及び建物被害別に滞留人口を計算した上で、阪神・淡路大震災時の被害状況を基に作成した震度別の死傷者率の関係式を用いて算出した。なお、屋内収容物については阪神・淡路大震災当時と現在とでは、転倒防止策の実施率が向上していることや、時間帯によっては屋内収容物の移動・転倒に巻き込まれる可能性が低下することも考慮し、補正を行った。

表 8.1-2 屋内転倒物・屋内落下物の例

屋内転倒物（転倒した屋内収容物）の例	タンス、書棚、食器棚、衣装棚、机、いす、ラック、テレビ、電子レンジ、炊飯器、食器乾燥機、洗濯機など
屋内落下物の例	天井、電灯、空調（エアコン）、額縁に入った絵画、賞状、棚の上部に置かれたものなど

## 4 急傾斜地崩壊による人的被害

急傾斜地崩壊によって生じる人的被害については、過去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計算した。

## 5 火災による人的被害

火災によって生じる人的被害を予測した。火災による人的被害としては、出火時の逃げ遅れ、延焼時の建物倒壊による閉じ込め及び延焼時の逃げまどいに分けて計算した。最近の地震被害である東日本大震災では、焼失棟数の少なさ（全焼・半焼 297 棟：平成 24 年 12 月 9 日警察庁調べ<sup>47)</sup>）もあり、算出式を見直すための十分なデータが得られていないことから、過去の大火災の事例に基づく算出式により算出した。

## 6 ブロック塀・自動販売機の移動・転倒による人的被害

ブロック塀・自動販売機の移動・転倒による人的被害については、過去の地震時の

被害状況から設定した関係式により区別のブロック塀・自動販売機の被害件数を算出し、過去の地震時の被害件数と死傷者率の関係式を用いて死傷者数を予測した。

## 7 屋外落下物による人的被害

屋外落下物による人的被害については、落下危険性のある落下物を保有する建物比率を計算した上で、過去の地震時の震度別の屋外落下物及び窓ガラスの屋外落下の被害による死傷者率の関係式から算出した。

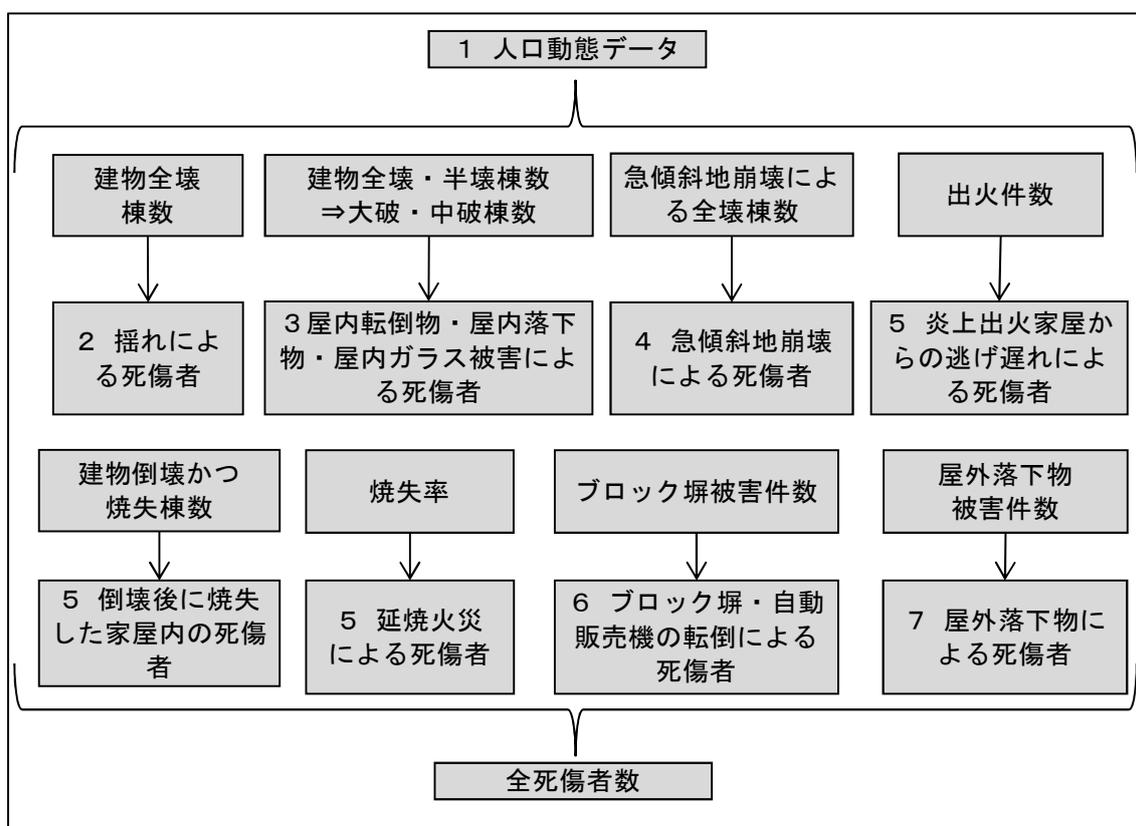


図 8.1-1 想定フロー（死傷者数）

## 第2 人口動態基礎データの作成

人的被害予測の基礎データとして、平成20年第5回東京都市圏パーソントリップ調査のデータを基に、時刻別人口を整理し、区ごとに人口動態基礎データを作成した。これらのデータは、人的被害予測における滞留人口の値として用いられる。

全市の人口動態のグラフを図8.2-1に、各想定時刻における区ごとの住家、非住家、屋外の滞留人口を表8.2-1～3に示した。また、全市の木造・非木造建物数の比率から木造・非木造建物内の滞留率を求め、表8.2-4に示した。

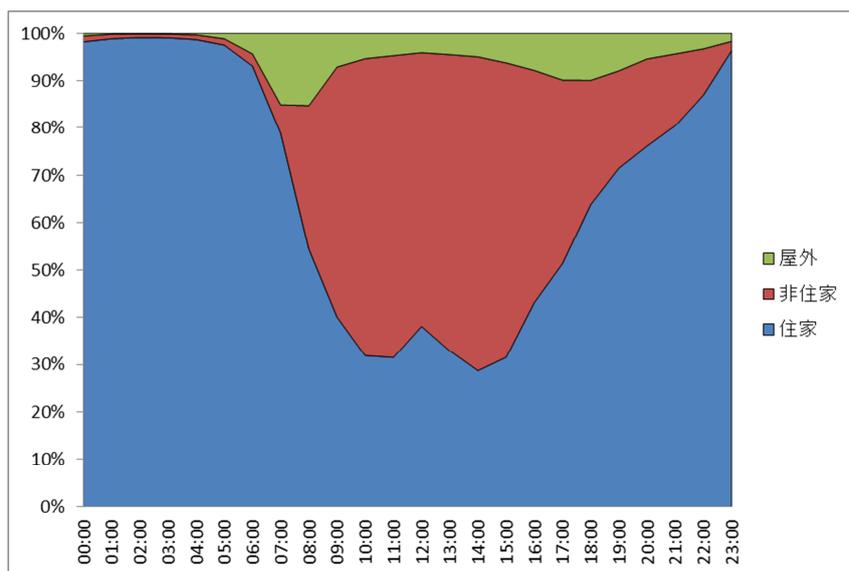


図 8.2-1 千葉市内の人口動態（平成20年パーソントリップデータより作成）

表 8.2-1 千葉市内の5時の滞留人口数（単位：人）

区名	住家	非住家	屋外	合計
中央区	175,420	4,417	2,929	182,766
花見川区	176,014	1,492	1,734	179,240
稲毛区	145,127	1,581	1,595	148,303
若葉区	144,848	1,466	1,524	147,838
緑区	109,422	962	1,068	111,452
美浜区	140,962	2,310	1,852	145,123
<b>合計</b>	<b>891,793</b>	<b>12,228</b>	<b>10,702</b>	<b>914,722</b>

※四捨五入により、合計が合わない場合がある。

表 8.2-2 千葉市内の12時の滞留人口数（単位：人）

区名	住家	非住家	屋外	合計
中央区	67,792	161,562	9,400	238,753
花見川区	64,933	64,960	5,666	135,559
稲毛区	52,777	73,835	5,663	132,274
若葉区	56,188	62,794	5,124	124,105
緑区	38,875	44,982	3,601	87,457
美浜区	50,134	93,213	6,057	149,405
<b>合計</b>	<b>330,699</b>	<b>501,345</b>	<b>35,511</b>	<b>867,555</b>

※四捨五入により、合計が合わない場合がある。

表 8.2-3 千葉市内の18時の滞留人口数（単位：人）

区名	住家内	非住家内	屋外	合計
中央区	113,110	75,115	23,146	211,372
花見川区	111,925	31,488	14,269	157,682
稲毛区	91,645	33,564	13,915	139,124
若葉区	93,774	29,762	12,539	136,074
緑区	69,494	21,041	9,233	99,768
美浜区	88,653	42,790	15,214	146,657
<b>合計</b>	<b>568,601</b>	<b>233,760</b>	<b>88,315</b>	<b>890,676</b>

※四捨五入により、合計が合わない場合がある。

表 8.2-4 千葉市内の木造・非木造建物内滞留人口数（単位：人）

時刻	木造建物内	非木造建物内	屋外	合計
5時	674,933	229,088	10,702	914,722
12時	250,282	581,762	35,511	867,555
18時	430,332	372,029	88,315	890,676

※四捨五入により、合計が合わない場合がある。

### 第3 建物倒壊による人的被害

#### 1 予測手法

建物倒壊時における圧迫等による人的被害者数を予測した。

建物倒壊による人的被害としては、建物倒壊時の圧迫等による人的被害だけではなく、屋内収容物の移動・転倒、屋内落下物及び屋内ガラス被害による人的被害も発生する。このため、本調査で採用する建物倒壊による死傷者数の推定式については、屋内収容物の移動・転倒、屋内落下物及び屋内ガラス被害による死傷者数も含んだ式となっている。

本項においては、屋内収容物の移動・転倒、屋内落下物及び屋内ガラス被害による死傷者を含んだ死傷者数を計算し、後述する（第4参照）屋内収容物の移動・転倒、屋内落下物及び屋内ガラス被害による死傷者数を差し引くことにより、建物倒壊による死傷者数を求めた。

#### (1) 死者数

建物倒壊による死者数の想定フローを図8.3-1に示した。

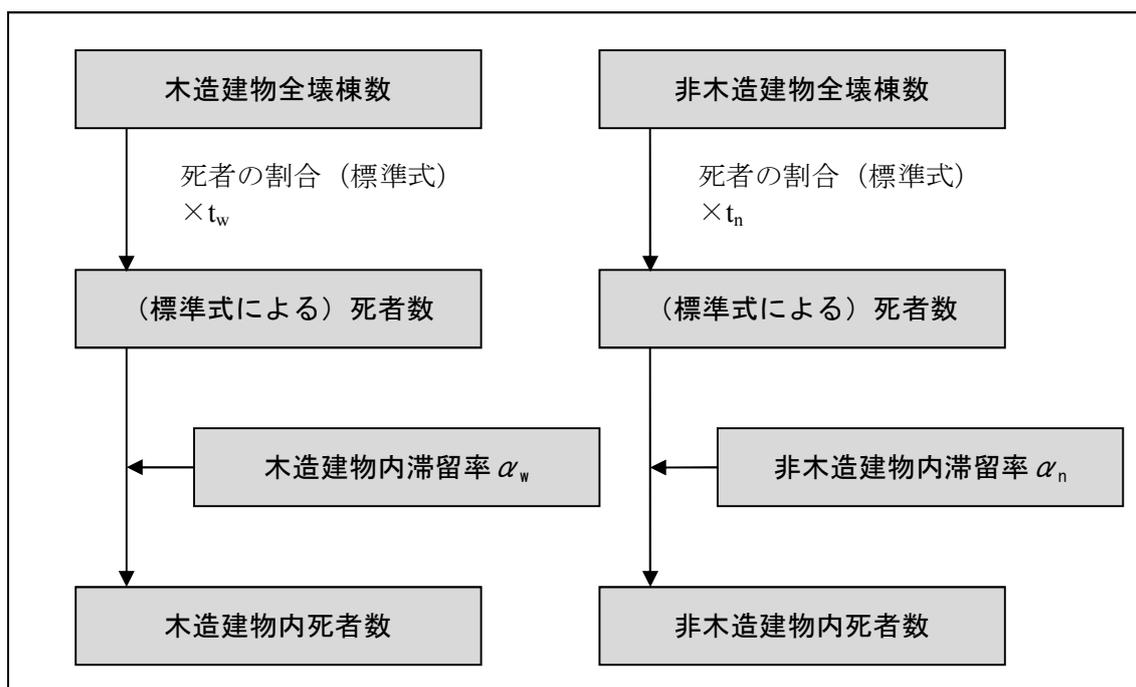


図 8.3-1 想定フロー（建物倒壊による死者数）

（中央防災会議（2013b）に基づいて作成）

中央防災会議（2012）では、木造建物、非木造建物の全壊棟数を用いて木造建物、非木造建物の死者数の推定式を作成しており、この式を基に町丁目ごとの死者数を計算する。

死者数 = 死者数（木造） + 死者数（非木造） ———— (式 8.3-1)

死者数（木造） = 標準式による死者数（木造） × 木造建物内滞留率  $\alpha_w$

=  $t_w$  × 揺れによる木造全壊棟数 × 木造建物内滞留率  $\alpha_w$

非木造（死者数） = 標準式による死者数（非木造） × 非木造建物内滞留率  $\alpha_n$

=  $t_n$  × 揺れによる非木造全壊棟数 × 非木造建物内滞留率  $\alpha_n$

ここで、 $t_w$  及び  $t_n$  は標準式による朝 5 時における木造及び非木造全壊棟数と死者数の比の値であり、300 人以上の死者を出した昭和 18(1943)年鳥取地震、昭和 19(1944)年東南海地震、昭和 21(1946)年南海地震、昭和 23(1948)年福井地震、平成 7(1995)年兵庫県南部地震の 5 つの地震から関係式が推定されている(中央防災会議(2001))。

$$t_w = 0.0676 \quad t_n = 0.00840 \times \left( \frac{P_{n0}}{B_n} \right) \div \left( \frac{P_{w0}}{B_w} \right) \quad \text{———— (式 8.3-2)}$$

ここに、

$P_{w0}$  : 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）

また、 $\alpha_w$  及び  $\alpha_n$  は標準式の滞留人口を発生時刻の滞留人口に変換するための係数であり、以下の式で求められる。

木造建物内滞留率  $\alpha_w$

= 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

———— (式 8.3-3)

非木造建物内滞留率  $\alpha_n$

= 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

———— (式 8.3-4)

## (2) 負傷者数

### ア 重傷者数

建物倒壊による重傷者数の想定フローを図 8.3-2 に示した。

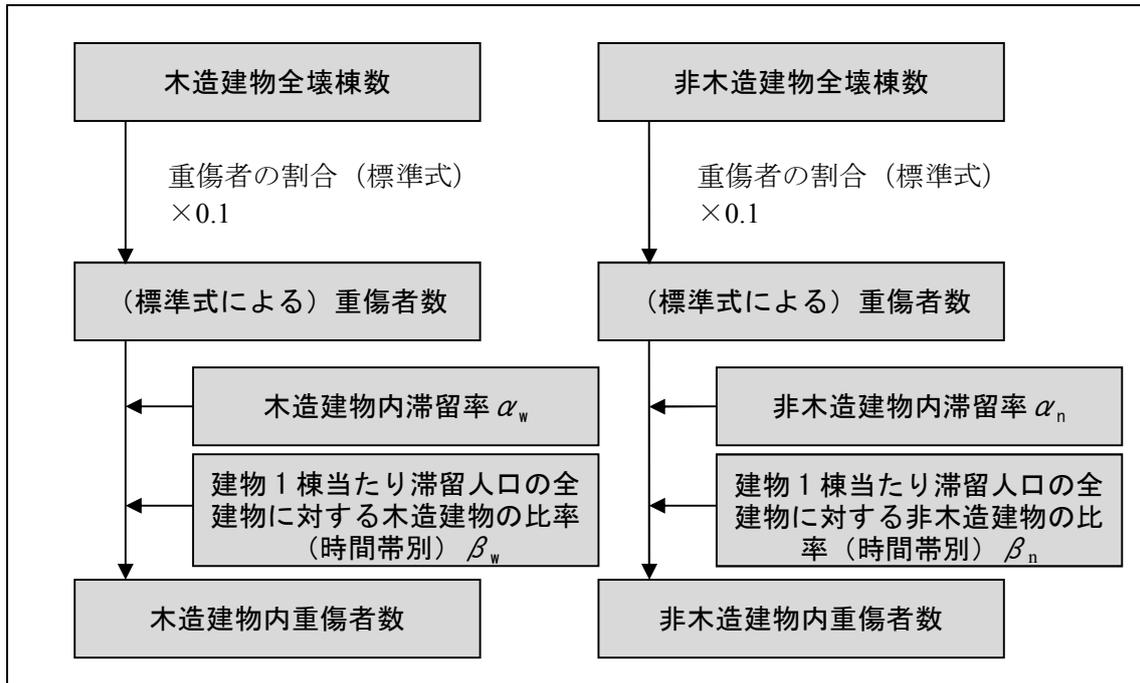


図 8.3-2 想定フロー（建物倒壊による重傷者数）  
（中央防災会議（2013b）に基づいて作成）

平成 7 (1995) 年兵庫県南部地震、平成 12 (2000) 年鳥取県西部地震、平成 16 (2004) 年新潟県中越地震、平成 19 (2007) 年新潟県中越沖地震、平成 19 (2007) 年能登半島地震、平成 20 (2008) 年岩手・宮城内陸地震の主な被災市町村、平成 23 (2011) 年東北地方太平洋沖地震の内陸被災市町村の重傷者数と全壊棟数との関係を分析した、重傷者数と建物被害との関係（標準式）（中央防災会議 2013b）を用いた。

$$\text{重傷者数} = 0.100 \times \text{揺れによる全壊棟数} \quad \text{----- (式 8.3-5)}$$

標準式において重傷者数が多い阪神・淡路大震災の発災時を考慮すると、上式は建物内滞留率が高い朝 5 時時点での関係式とみなされる。そこで、以下のとおり、建物内滞留率 ( $\alpha_w$ 、 $\alpha_n$ ) が低い時間帯では建物内での被害が小さくなることを考慮した。

また、上式は全建物の平均的な滞留人口に対する傾向を表しているものと考えられるが、木造建物と非木造建物では 1 棟当たりの滞留人口は大きく異なると考えられる。このため、木造、非木造別に、全建物の 1 棟当たり屋内滞留人口に対する比率（時間帯別）( $\beta_w$ 、 $\beta_n$ ) を乗じた。

$$\text{木造建物における重傷者数} = 0.100 \times \text{揺れによる木造全壊棟数} \times \alpha_w \times \beta_w \quad \text{----- (式 8.3-6)}$$

$$\text{非木造建物における重傷者数} = 0.100 \times \text{揺れによる非木造全壊棟数} \times \alpha_n \times \beta_n \quad \text{----- (式 8.3-7)}$$

ここで、

木造建物内滞留率  $\alpha_w$

= 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  $\alpha_n$

= 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

建物 1 棟当たり滞留人口の全建物に対する木造建物の比率 (時間帯別)  $\beta_w$

= 木造建物 1 棟当たりの滞留人口 / 全建物 1 棟当たりの滞留人口

建物 1 棟当たり滞留人口の全建物に対する非木造建物の比率 (時間帯別)  $\beta_n$

= 非木造建物 1 棟当たりの滞留人口 / 全建物 1 棟当たりの滞留人口

### イ 負傷者数

建物倒壊による負傷者数 (= 重傷者数 + 軽傷者数) の想定フローを図 8.3-3 に示した。

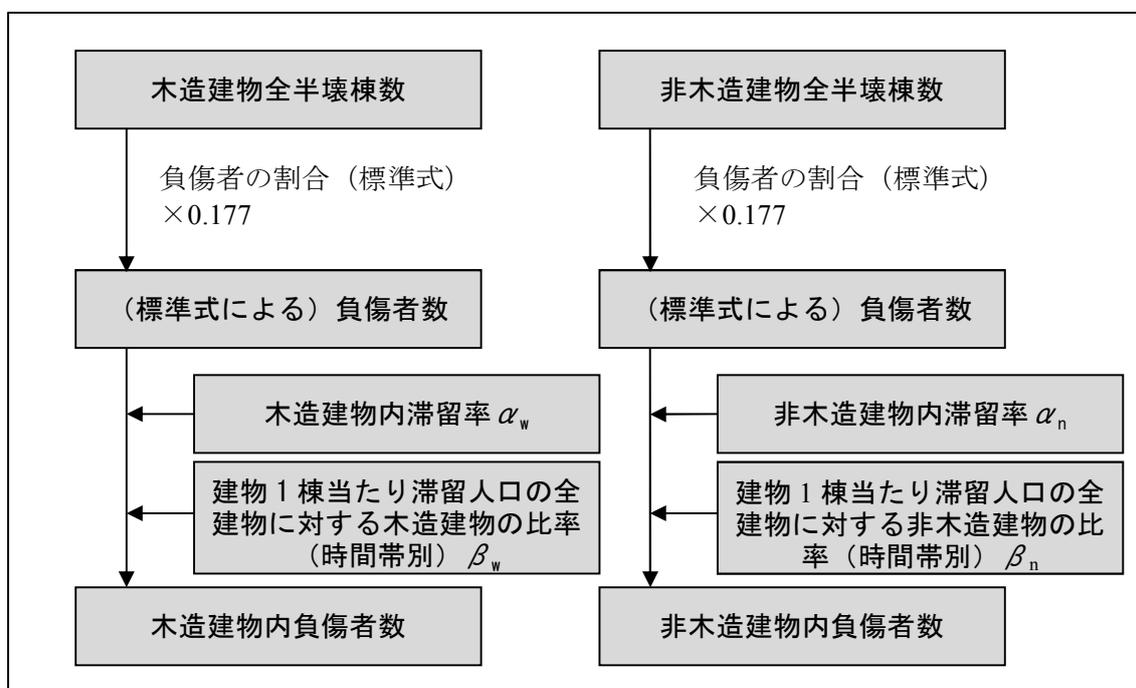


図 8.3-3 想定フロー (建物倒壊による負傷者数)

(中央防災会議 (2013b) に基づいて作成)

重傷者数と同様、平成 7 (1995) 年兵庫県南部地震、平成 12 (2000) 年鳥取県西部地震、平成 16 (2004) 年新潟県中越地震、平成 19 (2007) 年新潟県中越沖地震、平成 19 (2007) 年能登半島地震、平成 20 (2008) 年岩手・宮城内陸地震の主な被災市町村、平成 23 (2011) 年東北地方太平洋沖地震の内陸被災市町村の負傷者数と全半壊棟数との関係を分析した負傷者数と建物被害との関係式 (標準式) (中央防災会議 (2013b)) を用いた。

$$\text{木造建物における負傷者数} = 0.177 \times \text{揺れによる木造全半壊棟数} \times \alpha_w \times \beta_w$$

————— (式 8.3-8)

$$\text{非木造建物における負傷者数} = 0.177 \times \text{揺れによる非木造全半壊棟数} \times \alpha_n \times \beta_n$$

————— (式 8.3-9)

ここで、

木造建物内滞留率  $\alpha_w$

= 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  $\alpha_n$

= 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

建物 1 棟当たり滞留人口の全建物に対する木造建物の比率 (時間帯別)  $\beta_w$

= 木造建物 1 棟当たりの滞留人口 / 全建物 1 棟当たりの滞留人口

建物 1 棟当たり滞留人口の全建物に対する非木造建物の比率 (時間帯別)  $\beta_n$

= 非木造建物 1 棟当たりの滞留人口 / 全建物 1 棟当たりの滞留人口

## 2 予測結果

これまでに述べた手法により建物倒壊による死傷者数を計算し、区別に集計して表 8.3-1 に示した。先に述べたように、ここでの建物倒壊による死傷者数は、予測手法の項で述べた手法により算出した死傷者数から、屋内収容物の移動・転倒、屋内落下物及び屋内ガラス被害による死傷者数 (第 4 参照) を引いた値である。

建物倒壊による死者数が最も多いのは冬 5 時のケースで、約 1,000 人である。中でも最も多いのは花見川区であり、250 人である。

表 8.3-1 区別の建物倒壊による死傷者数

(人)

区名	冬5時			夏12時			冬18時		
	死者数	重傷者数	軽傷者数	死者数	重傷者数	軽傷者数	死者数	重傷者数	軽傷者数
中央区	200	290	850	80	220	1,010	140	210	760
花見川区	220	300	930	90	300	1,180	160	250	890
稲毛区	180	220	640	70	230	970	130	190	680
若葉区	210	280	930	90	320	1,160	160	250	880
緑区	70	90	330	30	90	370	50	80	290
美浜区	10	20	100	6	20	130	10	10	100
<b>合計</b>	<b>900</b>	<b>1,200</b>	<b>3,780</b>	<b>360</b>	<b>1,190</b>	<b>4,820</b>	<b>660</b>	<b>1,000</b>	<b>3,600</b>

※10 以上は一の位を四捨五入、10 未満は整数で表示。

※四捨五入により、合計が合わない場合がある。

## 第4 屋内収容物の移動・転倒、屋内落下物及び屋内ガラス被害による人的被害

### 1 予測手法

#### (1) 屋内収容物の移動・転倒

タンス、書棚、食器棚、衣装棚、机、いす、ラック、テレビ、電子レンジ、炊飯器、食器乾燥機、洗濯機などの屋内収容物の移動・転倒による死傷者数を算出した。

#### ア 死者数

屋内収容物の移動・転倒による死者数の想定フローを図8.4-1に示した。

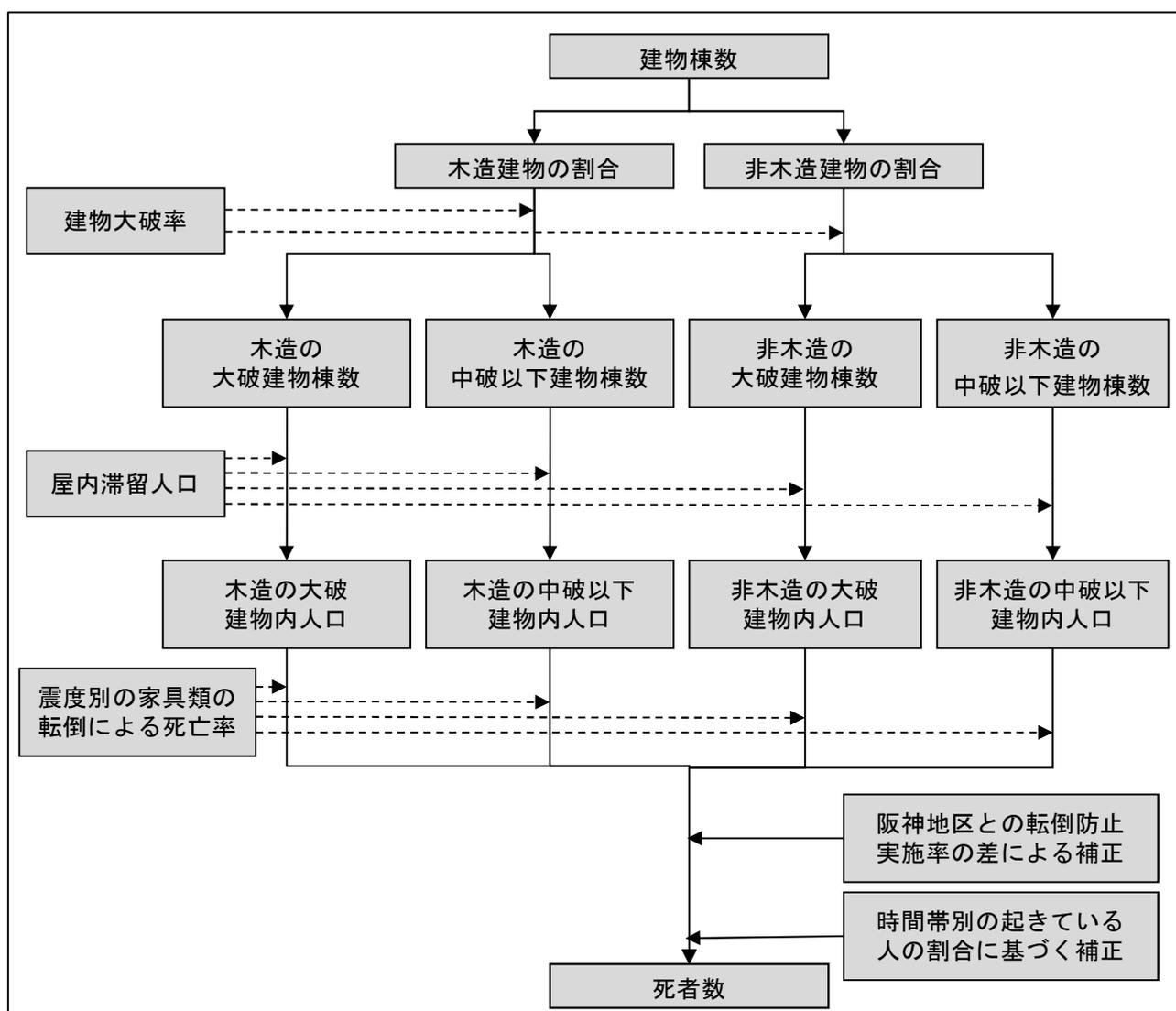


図8.4-1 想定フロー(屋内収容物の移動・転倒による死者数)(中央防災会議(2013b))

屋内収容物の移動・転倒による死者数については、建物の財産価値の損失である全壊・半壊（表 7.3-1 参照）ではなく、構造的な被災である大破・中破によって想定している。大破・中破の定義を表 8.4-1 に示す。

表 8.4-1 大破・中破の定義（鳥取県（2005）<sup>48</sup>を一部修正）

ランク	木造	RC 造	S 造
大破	大部分の壁が破損し、内外装材がほとんど脱落している。筋交いが破損し、柱・梁に割れが生じ、床が破損している。	柱のひび割れによって鉄筋が露出・座屈し、耐力壁*に大きなひび割れが生じて耐力に著しい低下が認められるもの。	残留部材角 *1/30 以上
中破	大部分の壁にひび割れが生じ、一部が脱落している。大部分の屋根瓦が破損している。基礎のひび割れが著しい。	柱に典型的なひび割れ、耐力壁にひび割れが見られ、二次壁*・非構造体に大きな損傷が見られるもの。	残留部材角 1/30 未満

本調査では、大破率については全壊率に一定の比率を掛けることで算出することとし、以下の式により木造・非木造建物別の大破建物棟数、中破以下建物棟数を算出した。

$$\text{木造大破率} = \text{木造全壊率} \times 0.7 \quad \text{----- (式 8.4-1)}$$

$$\text{非木造大破率} = \text{非木造全壊率} \quad \text{----- (式 8.4-2)}$$

木造・非木造建物別の大破建物棟数、中破以下建物棟数に発災時間帯別の屋内滞留人口を乗じて、木造・非木造建物別の大破建物内滞留人口、中破以下建物内滞留人口を算出した。

木造・非木造建物別の大破建物内滞留人口、中破以下建物内滞留人口に、震度別、木造・非木造建物別の、屋内転倒物による死者率（表 8.4-2）を乗じ、さらに、阪神・淡路大震災当時の阪神地区との転倒防止実施率の違いによる補正係数を（0.812）を乗じて死者数を算出した。

転倒防止実施率の違いによる補正係数(0.812)

$$= 1 - \frac{628 \text{ 人 (家具等を転倒防止器具などで固定している)}}{3334 \text{ 人 (アンケート調査対象モニター数)}} \quad \text{----- (式 8.4-3)}$$

（平成 24 年千葉市インターネットモニターアンケート調査結果「災害への備え」

\*耐力壁：地震や風などの横からの力に抵抗する能力を持つ壁。

\*残留部材角：地震等により建物の部材が受けた変形の角度。

\*二次壁：耐力壁以外の壁。

について)

表 8.4-2 屋内収容物の移動・転倒による死者率（中央防災会議（2013b））

震度	大破		中破以下	
	木造建物	非木造建物	木造建物	非木造建物
震度 7	0.314%	0.192%	0.00955%	0.000579%
震度 6 強	0.255%	0.156%	0.00689%	0.000471%
震度 6 弱	0.113%	0.0688%	0.00343%	0.000208%
震度 5 強	0.0235%	0%	0.000715%	0.0000433%
震度 5 弱	0.00264%	0%	0.0000803%	0.00000487%

また、昼間の時間帯は起きている人が多く、夜間よりも危険を回避できる可能性が高いことから、時間帯別補正係数（5時：1.0、12時・18時：0.82）を乗じて、時間帯による起きている人の割合に基づく危険性の違いを補正した（中央防災会議（2013b））。

#### イ 負傷者数・重傷者数

負傷者数・重傷者数についても、アと同様に、大破建物及び中破以下建物における負傷者率・重傷者率（表 8.4-3）を用いて算出した（中央防災会議（2013b）：図 8.4-2）。負傷者率・重傷者率については、木造・非木造を区別せず同一の値を採用した。

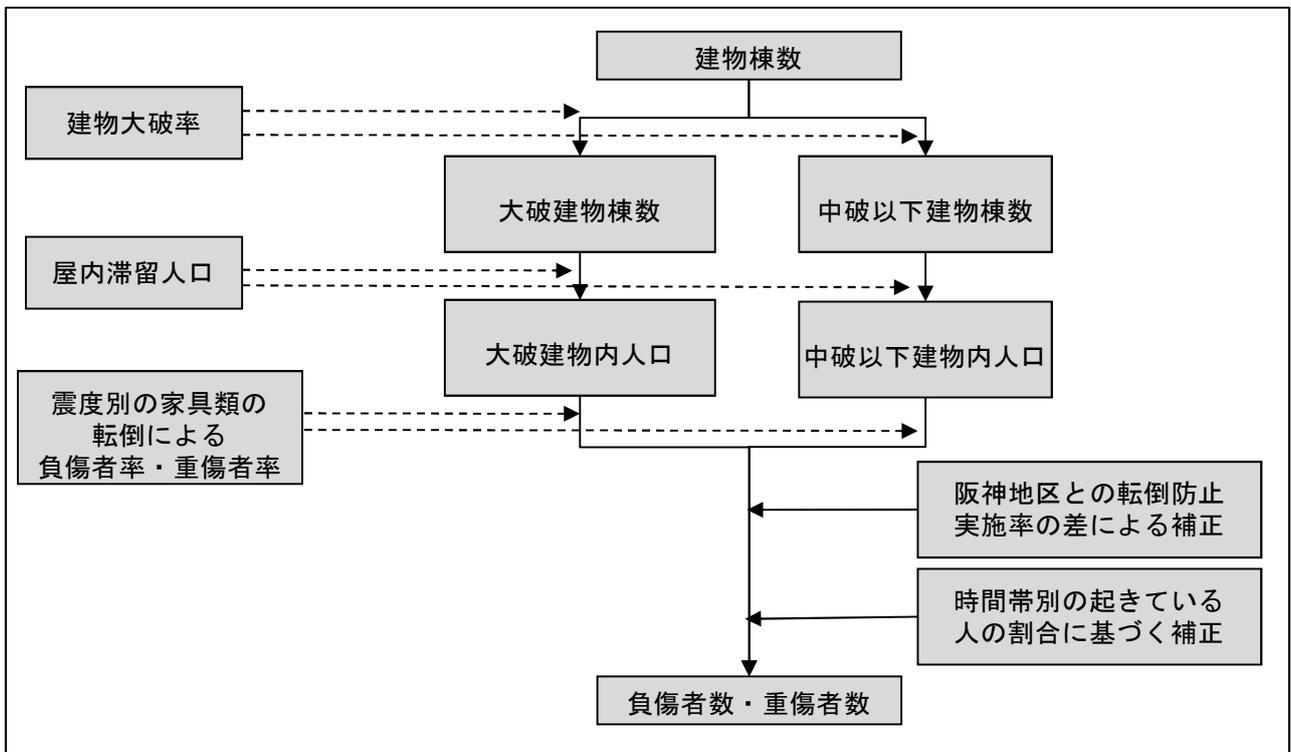


図 8.4-2 想定フロー（屋内収容物の移動・転倒による負傷者数・重傷者数）  
（中央防災会議（2013b））

表 8.4-3 屋内収容物の移動・転倒による負傷者率・重傷者率(中央防災会議(2013b))

震度	負傷者率		重傷者率	
	大破	中破以下	大破	中破以下
震度 7	3.69%	0.995%	0.112%	0.0303%
震度 6 強	3.00%	0.809%	0.0809%	0.0218%
震度 6 弱	1.32%	0.357%	0.0402%	0.0109%
震度 5 強	0.278%	0%	0.00839%	0.00226%
震度 5 弱	0.0310%	0%	0.000943%	0.000255%

(2) 屋内落下物

天井、電灯、空調（エアコン）、額縁に入った絵画、賞状、棚の上部に置かれたものなどの屋内落下物による死傷者数について算出した。

屋内落下物による死者数、負傷者数・重傷者数については、(1) のア及びイと同様の手法により、大破建物及び中破以下建物における死者率（表 8.4-4）・負傷者率・重傷者率（表 8.4-5）を用いて算出した（中央防災会議（2013b）：図 8.4-3～4）。

表 8.4-4 屋内落下物による死者率（中央防災会議（2013b））

震度	大破		中破以下	
	木造建物	非木造建物	木造建物	非木造建物
震度 7	0.0776%	0.0476%	0.00270%	0.000164%
震度 6 強	0.0542%	0.0351%	0.00188%	0.000121%
震度 6 弱	0.0249%	0.0198%	0.000865%	0.0000682%
震度 5 強	0.0117%	0%	0.000407%	0.0000404%
震度 5 弱	0.00586%	0%	0.000204%	0.0000227%

表 8.4-5 屋内落下物による負傷者率・重傷者率（中央防災会議 2013b）

震度	負傷者率		重傷者率	
	大破	中破以下	大破	中破以下
震度 7	1.76%	0.0613%	0.194%	0.00675%
震度 6 強	1.23%	0.0428%	0.135%	0.00471%
震度 6 弱	0.566%	0.0197%	0.0623%	0.00216%
震度 5 強	0.266%	0.00926%	0%	0.00102%
震度 5 弱	0.133%	0.00463%	0%	0.000509%

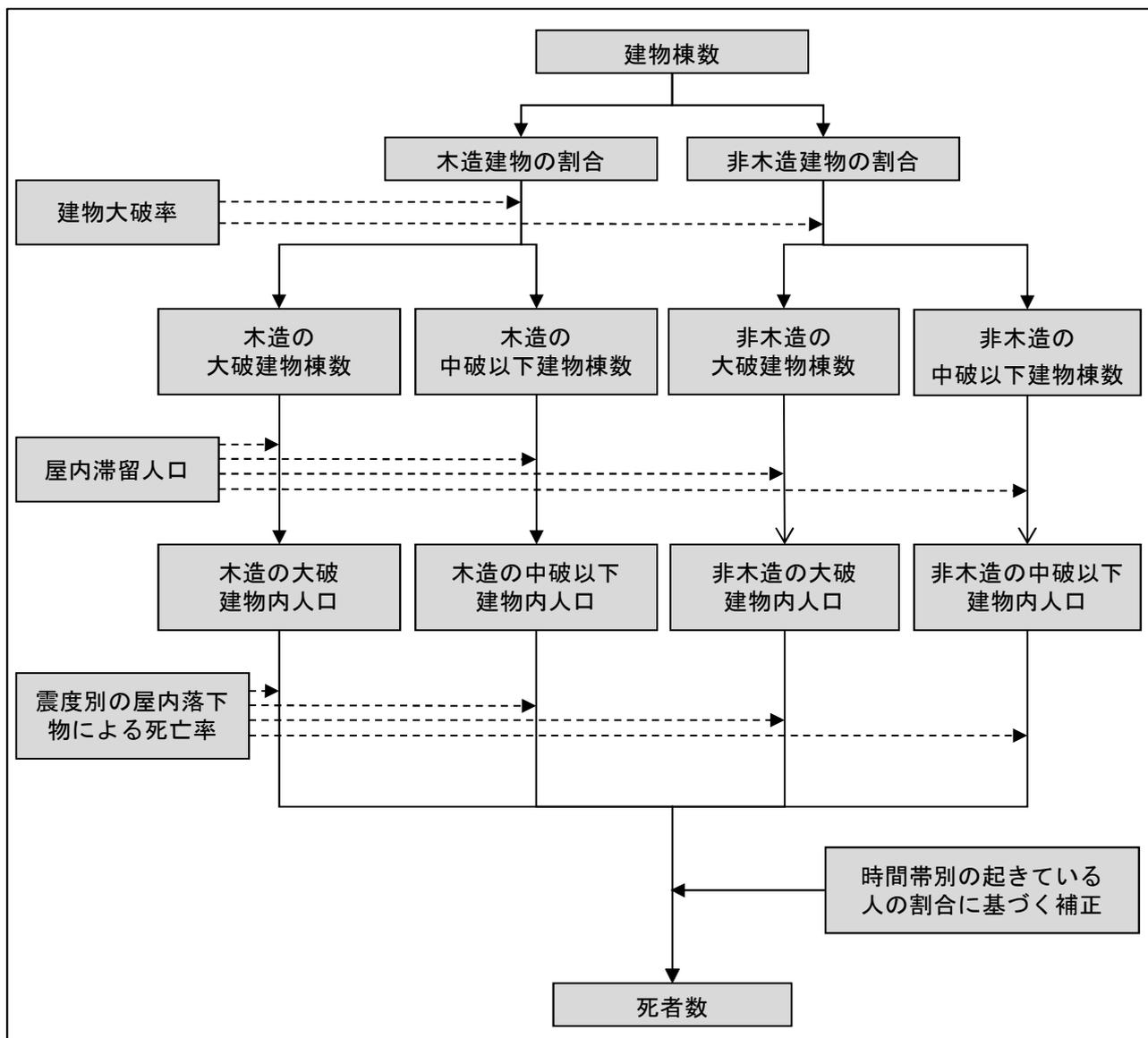


図 8.4-3 想定フロー（屋内落下物による死者数）（中央防災会議（2013b））

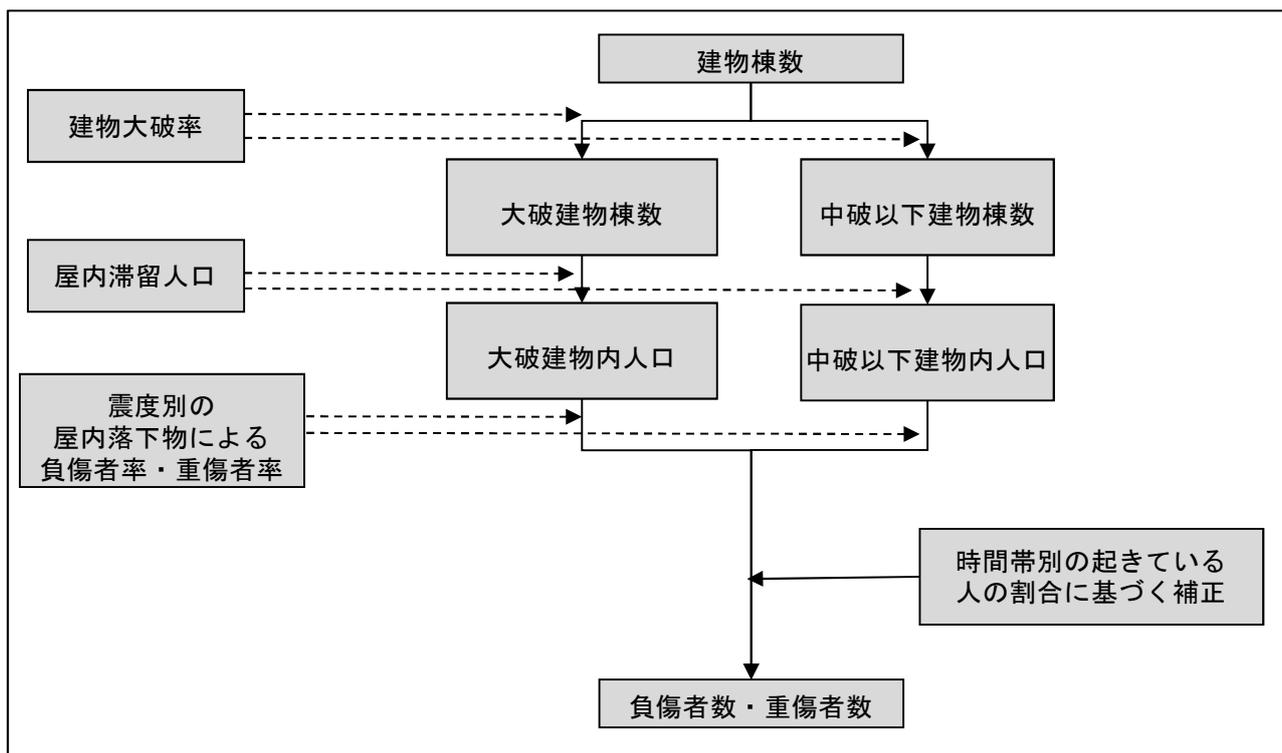


図 8.4-4 想定フロー（屋内落下物による負傷者数・重傷者数）（中央防災会議（2013b））

### （3）屋内ガラス被害

屋内ガラスの破損に伴う死傷者についても、（1）屋内収容物の移動・転倒による死傷者数及び（2）屋内落下物による死傷者数と同様に算出した。

屋内ガラス被害による死者数、負傷者数・重傷者数については、屋内ガラス被害による死者率・負傷者率・重傷者率（表 8.4-6）を用いて算出した（中央防災会議（2013b）：図 8.4-5）。

表 8.4-6 屋内ガラス被害による死傷者率（中央防災会議（2013b））

	死者率	負傷者率	重傷者率
震度 7	0.000299%	0.0564%	0.00797%
震度 6 強	0.000259%	0.0490%	0.00691%
震度 6 弱	0.000180%	0.0340%	0.00480%
震度 5 強	0.000101%	0.0190%	0.00269%
震度 5 弱	0.0000216%	0.00408%	0.000576%

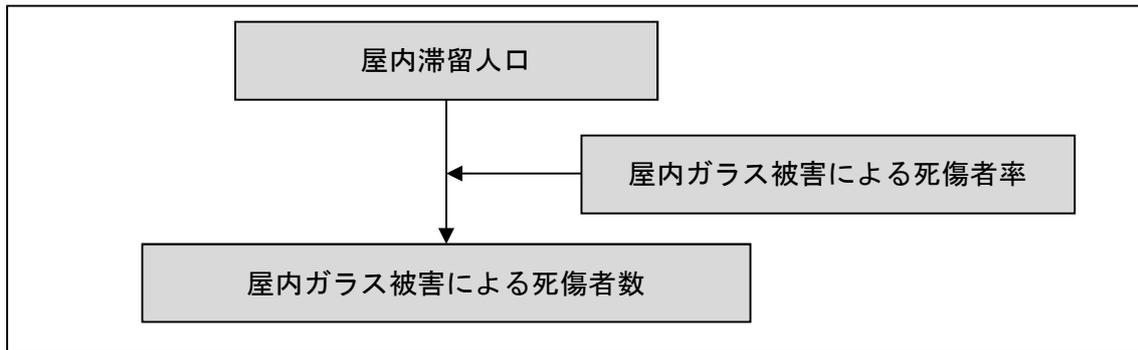


図 8.4-5 想定フロー（屋内ガラス被害による死傷者数）

## 2 予測結果

これまでに述べた手法により屋内収容物の移動・転倒、屋内落下物及び屋内ガラス被害による死傷者数を計算し、区別に集計して表 8.4-7～9 に示した。

屋内収容物の移動・転倒による死者数は冬 5 時のケースで最も多く、120 人である。中でも中央区、花見川区、稲毛区で 30 人と多くなっている。

屋内落下物による死者数は冬 5 時のケースで最も多く、30 人である。

屋内ガラス被害による死者数は全ケースで 2 人以下となっている。

表 8.4-7 区別の屋内収容物の移動・転倒による死傷者数

(人)

区名	冬5時			夏12時			冬18時		
	死者数	重傷者数	軽傷者数	死者数	重傷者数	軽傷者数	死者数	重傷者数	軽傷者数
中央区	30	100	250	10	80	220	20	80	210
花見川区	20	80	230	9	50	130	10	50	150
稲毛区	30	100	250	10	50	140	20	60	160
若葉区	20	80	220	9	40	120	10	50	140
緑区	5	20	50	2	10	30	3	10	40
美浜区	5	20	70	2	20	70	3	20	60
<b>合計</b>	<b>110</b>	<b>400</b>	<b>1,070</b>	<b>50</b>	<b>260</b>	<b>720</b>	<b>60</b>	<b>280</b>	<b>740</b>

※10 以上は一の位を四捨五入、10 未満は整数で表示。

※四捨五入により、合計が合わない場合がある。

表 8.4-8 区別の屋内落下物による死傷者数

(人)

区名	冬5時			夏12時			冬18時		
	死者数	重傷者数	軽傷者数	死者数	重傷者数	軽傷者数	死者数	重傷者数	軽傷者数
中央区	6	20	140	3	10	120	4	10	110
花見川区	5	20	120	2	9	70	3	10	80
稲毛区	6	20	140	2	9	80	3	10	90
若葉区	5	10	120	2	8	70	3	9	70
緑区	1	3	30	-	2	20	1	2	20
美浜区	1	4	40	-	4	40	1	4	30
<b>合計</b>	<b>20</b>	<b>70</b>	<b>580</b>	<b>10</b>	<b>50</b>	<b>390</b>	<b>10</b>	<b>50</b>	<b>400</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 8.4-9 区別の屋内ガラスによる死傷者数

(人)

区名	冬5時			夏12時			冬18時		
	死者数	重傷者数	軽傷者数	死者数	重傷者数	軽傷者数	死者数	重傷者数	軽傷者数
中央区	-	9	60	-	8	50	-	7	40
花見川区	-	9	50	-	5	30	-	6	30
稲毛区	-	8	50	-	5	30	-	5	30
若葉区	-	8	50	-	5	30	-	5	30
緑区	-	3	20	-	2	20	-	2	20
美浜区	-	3	20	-	3	20	-	3	20
<b>合計</b>	<b>2</b>	<b>40</b>	<b>260</b>	<b>1</b>	<b>30</b>	<b>180</b>	<b>1</b>	<b>30</b>	<b>180</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。

## 第5 急傾斜地崩壊による人的被害

### 1 予測手法

揺れにより引き起こされた急傾斜地崩壊により家屋が倒壊し、それに伴って死傷者が発生する場合を想定した。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した。

東京都防災会議（1991）の手法に従い、急傾斜地崩壊による被害が顕著に見られた昭和42年から昭和56年までの急傾斜地崩壊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、人的被害を算出した（図8.5-1）。なお、木造建物の大破棟数は、全壊棟数×0.7に等しいものとした（第4参照）。

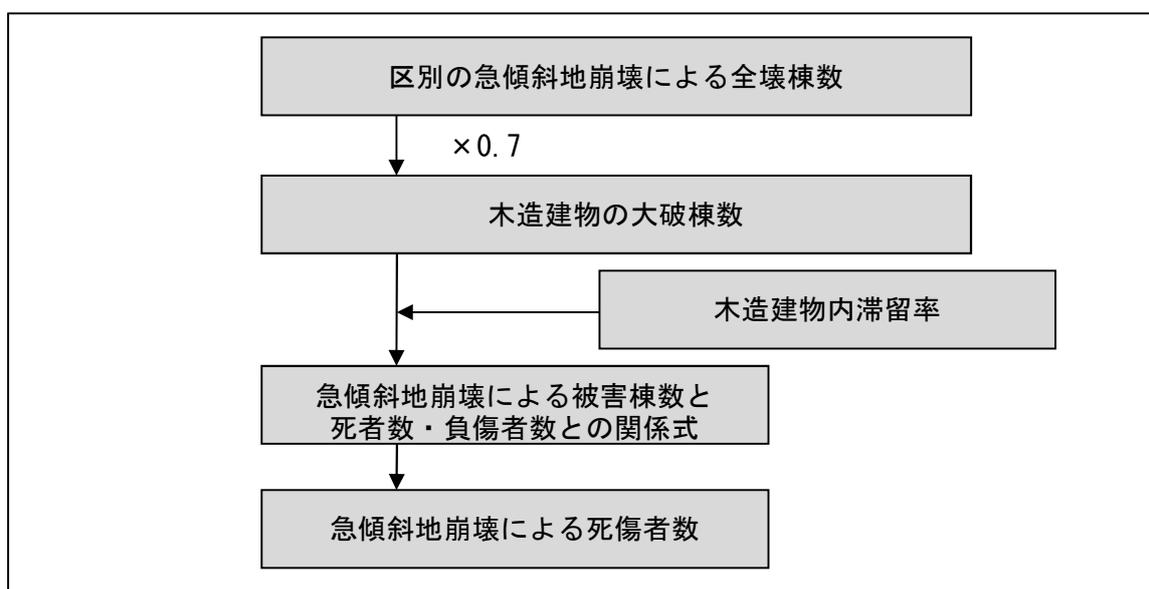


図 8.5-1 想定フロー（急傾斜地崩壊による死傷者数）

急傾斜地崩壊による建物被害と死傷者数の関係を以下の式とした（中央防災会議（2013b））。ここで木造建物を中心に人的被害が発生していると考え、急傾斜地崩壊による建物被害は全て木造建物で発生するものと仮定した。

$$\text{死者数} = \text{被害実態から求めた死者数と全壊棟数の比 (0.098)} \times \text{区別の急傾斜地崩壊による全壊棟数} \times 0.7 \times \text{木造建物内滞留率} \quad \text{----- (式 8.5-1)}$$

$$\text{負傷者数} = 1.25 \times \text{死者数} \quad \text{----- (式 8.5-2)}$$

$$\text{重傷者数} = \text{負傷者数} \div 2^{\ast} \quad \text{----- (式 8.5-3)}$$

ここで、

$$\text{木造建物内滞留率} =$$

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

※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、重傷者数は仮に負傷者数の半分とする。

## 2 予測結果

これまでに述べた手法により急傾斜地崩壊による死傷者数を計算し、区別に集計して表 8.5-1 に示した。

急傾斜地崩壊による死者数・重傷者数・軽傷者数は全ケースで1人以下である。

表 8.5-1 区別の急傾斜地崩壊による死傷者数

(人)

区名	冬5時			夏12時			冬18時		
	死者数	重傷者数	軽傷者数	死者数	重傷者数	軽傷者数	死者数	重傷者数	軽傷者数
中央区	-	-	-	-	-	-	-	-	-
花見川区	-	-	-	-	-	-	-	-	-
稲毛区	-	-	-	-	-	-	-	-	-
若葉区	-	-	-	-	-	-	-	-	-
緑区	-	-	-	-	-	-	-	-	-
美浜区	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	1	1	1	-	-	-	1	-	-

※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。

## 第6 火災による人的被害

### 1 予測手法

火災の発生時には、表 8.6-1 に示すようなシナリオで死傷者が発生することが想定される。(中央防災会議 (2013b))。

表 8.6-1 火災による死傷者発生シナリオ (中央防災会議 (2013b))

死傷者発生のシナリオ	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出火し、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
延焼拡大時の逃げまどい	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、巻き込まれて負傷する人

このシナリオを踏まえ、火災による死傷者を、以下の3種類の要因を想定し算出した。

- ①出火時の逃げ遅れ
- ②延焼時の建物倒壊による閉じ込め
- ③延焼時の逃げまどい

(1) 死者数

火災による死者数の想定フローを図 8.6-1 に示した。

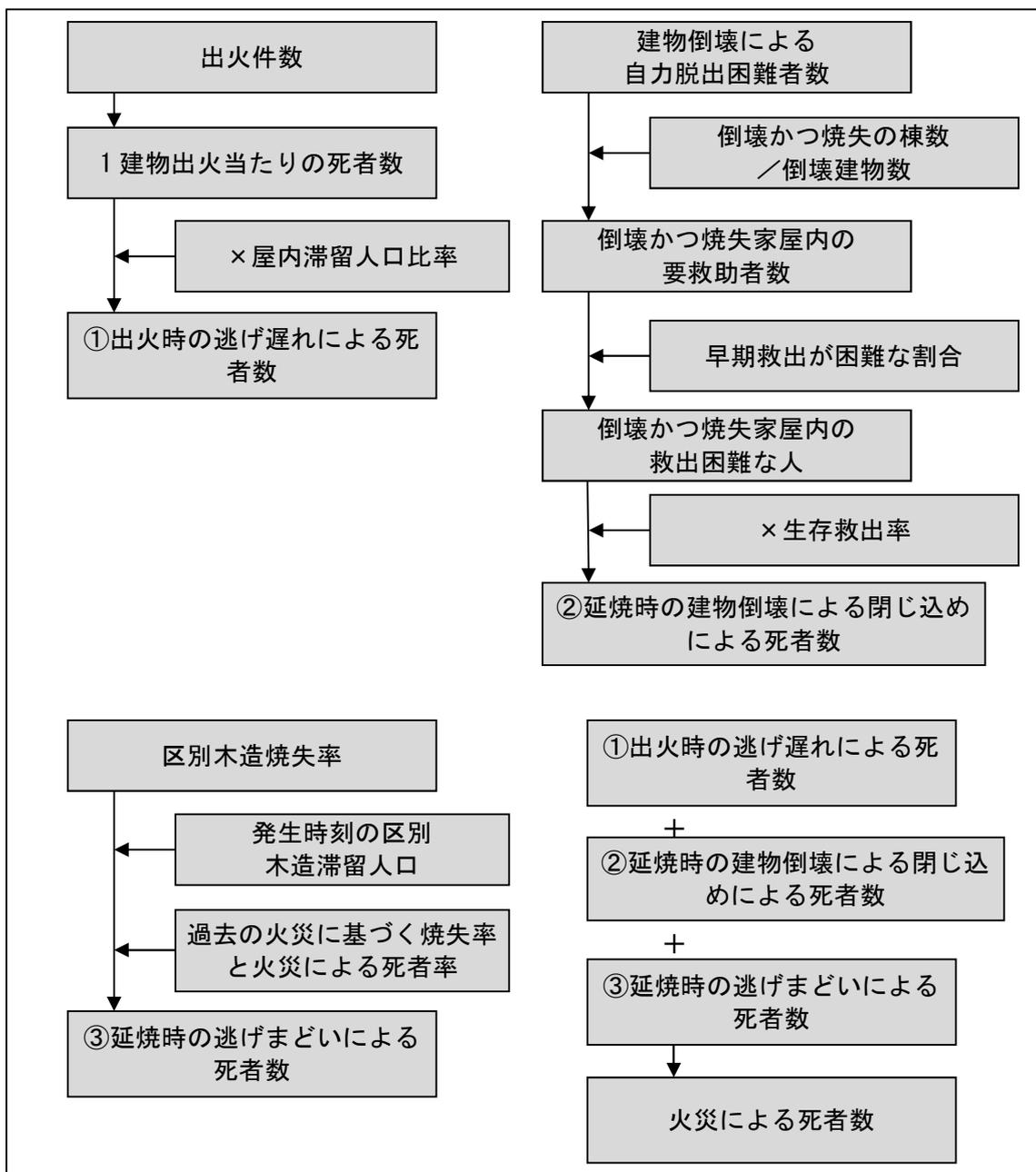


図 8.6-1 想定フロー（火災による死者数）

## ア 出火時の逃げ遅れ

突然の出火により逃げ遅れて被災した死者数を次式（中央防災会議（2013b））により算定した。

$$\text{炎上出火家屋内から逃げ遅れた死者数} = 0.046 \times \text{炎上出火件数} \times \text{屋内滞留人口比率}$$

—————（式 8.6-1）

ここで、

係数 0.046：平成 17 年～平成 22 年の 6 年間の全国における 1 建物出火（放火を除く）当たりの死者数

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

## イ 延焼時の建物倒壊による閉じ込め

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した。倒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した。

倒壊後に焼失した家屋内の救助困難な人（閉じ込めによる死者数）＝倒壊かつ焼失家屋内の救出困難な人×消防団による生存救出率（0.387）（神戸市（1996）<sup>49）</sup>

—————（式 8.6-2）

ここで、

倒壊かつ焼失家屋内の救出困難な人

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

倒壊かつ焼失家屋内の要救助者数

$$= \text{建物倒壊による自力脱出困難者数} \times (\text{倒壊かつ焼失の棟数} / \text{倒壊建物数})$$

## ウ 延焼時の逃げまどい

通常の大火は地震火災とは状況が異なると考えられる。近年は死傷者数の多い火災は発生していないことから、過去に死傷者数の多かった火災のうち、大正 12（1923）年関東地震と地震以外の大火のうち被害の大きかった昭和 9（1934）年函館大火を基にして、世帯焼失率（焼失世帯数／全世帯数）と火災による死者率（火災による死者数／全人口）との比率（0.0365：中央防災会議（2013b））を用いた。関東地震の焼失世帯人口及び死者数は諸井・武村（2004）<sup>50）</sup>による市区町村別の死者数データベースを用いた。また、函館大火は函館大火災害誌（財団法人北海道社会事業協会（1937）<sup>51）</sup>による被害実績を基にした（中央防災会議（2013b））。

火災による死者率＝0.0365×世帯焼失率（中央防災会議（2013b））より、

火災による死者数／全人口＝0.0365×焼失世帯数／全世帯数

火災による死者数＝0.0365×焼失世帯数×（全人口／全世帯数）

$$=0.0365 \times \text{焼失世帯数} \times 1 \text{世帯当たりの人口}$$

$$=0.0365 \times \text{焼失人口}$$

よって、

$$\text{延焼火災による死者数} = 0.0365 \times \text{焼失人口} \quad \text{———— (式 8.6-3)}$$

ここで、

$$\text{焼失人口} = \text{区別木造焼失率} \times \text{発生時刻の区別木造滞留人口}$$

(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とのダブルカウントの除去を行うものとする。

## (2) 負傷者数

火災による負傷者数の想定フローを図 8.6-2 に示した。

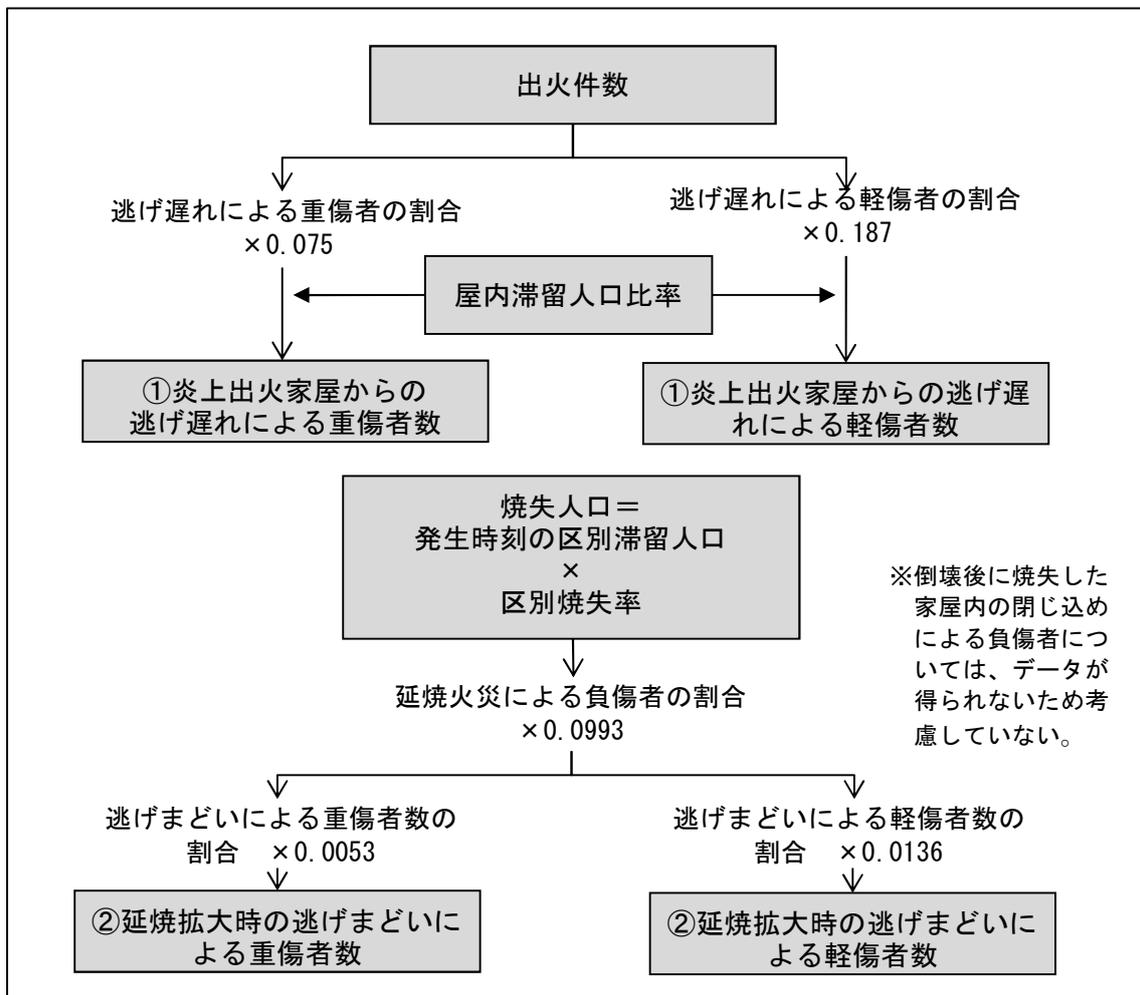


図 8.6-2 想定フロー (火災による負傷者数)

### ア 出火時の逃げ遅れ

平時の火災における負傷者発生率から算定した (中央防災会議 (2013b)、千葉県

(2016) )。

$$\text{出火直後の火災による重傷者数} = 0.075 \times \text{出火件数} \times \text{屋内滞留人口比率} \quad \text{———— (式 8.6-4)}$$

$$\text{出火直後の火災による軽傷者数} = 0.187 \times \text{出火件数} \times \text{屋内滞留人口比率} \quad \text{———— (式 8.6-5)}$$

ここで、

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

### イ 延焼時の建物倒壊による閉じ込め

死者のケースとは異なり、大正 12 (1923) 年関東地震における延焼火災による負傷者数については詳細が不明であるため、昭和 9 (1934) 年函館大火をはじめとする大火データ (財団法人北海道社会事業協会 (1937)) を基に算定した (千葉県 (2016))。

$$\text{延焼火災による負傷者数} = 0.0993 \times \text{焼失人口} \quad \text{———— (式 8.6-6)}$$

ここで、

$$\text{焼失人口} = \text{区別焼失率} \times \text{発生時刻の区別滞留人口}$$

負傷者の中で入院を要するもの (重傷者) の割合は、大火データの中で最大であった昭和 30 (1955) 年新潟大火の 0.53% とした。負傷者の中で医師の治療を要するもの (軽傷者) の割合は、昭和 51 (1976) 年酒田大火や昭和 9 (1934) 年函館大火を参考に外科・眼科・中毒等の事例から 1.36% とした (千葉県 (2016))。

## 2 予測結果

これまでに述べた手法により火災による死傷者数を計算し、区別に集計して表 8.6-2 ~4 に示した。

死者数が最も多いのは冬 18 時風速 8m/s のケースで、120 人である。中でも花見川区において 40 人と最も多くなっている。

表 8.6-2 区別の火災による死傷者数（冬5時）

(人)

区名	冬5時					
	風速4m/s			風速8m/s		
	死者数	重傷者数	軽傷者数	死者数	重傷者数	軽傷者数
中央区	0	0	0	10	20	60
花見川区	0	0	0	20	40	100
稲毛区	0	0	0	20	30	80
若葉区	0	0	0	30	40	100
緑区	0	0	0	8	10	30
美浜区	0	0	0	2	4	9
合計	0	0	0	90	160	390

※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 8.6-3 区別の火災による死傷者数（夏12時）

(人)

区名	夏12時					
	風速4m/s			風速8m/s		
	死者数	重傷者数	軽傷者数	死者数	重傷者数	軽傷者数
中央区	6	10	30	7	10	30
花見川区	6	9	20	7	9	20
稲毛区	5	8	20	5	8	20
若葉区	6	10	30	6	10	30
緑区	2	3	8	2	3	8
美浜区	1	2	4	1	2	4
合計	30	40	110	30	40	110

※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 8.6-4 区別の火災による死傷者数（冬18時）

(人)

区名	冬18時					
	風速4m/s			風速8m/s		
	死者数	重傷者数	軽傷者数	死者数	重傷者数	軽傷者数
中央区	20	9	20	30	9	20
花見川区	30	10	30	40	10	30
稲毛区	20	9	20	30	9	20
若葉区	10	10	30	20	10	30
緑区	3	4	10	4	4	10
美浜区	1	2	4	1	2	4
合計	80	50	120	120	50	120

※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。

## 第7 ブロック塀・自動販売機の転倒による人的被害

### 1 予測手法

#### (1) ブロック塀の倒壊

##### ア 被害数

ブロック塀、石塀及びコンクリート塀（以下、「ブロック塀」という。）の倒壊被害数量については、中央防災会議（2013b）に基づき、建物1棟当たりのブロック塀の存在割合からブロック塀の分布数を求めるとともに、昭和53（1978）年宮城県沖地震における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た（図8.7-1）。

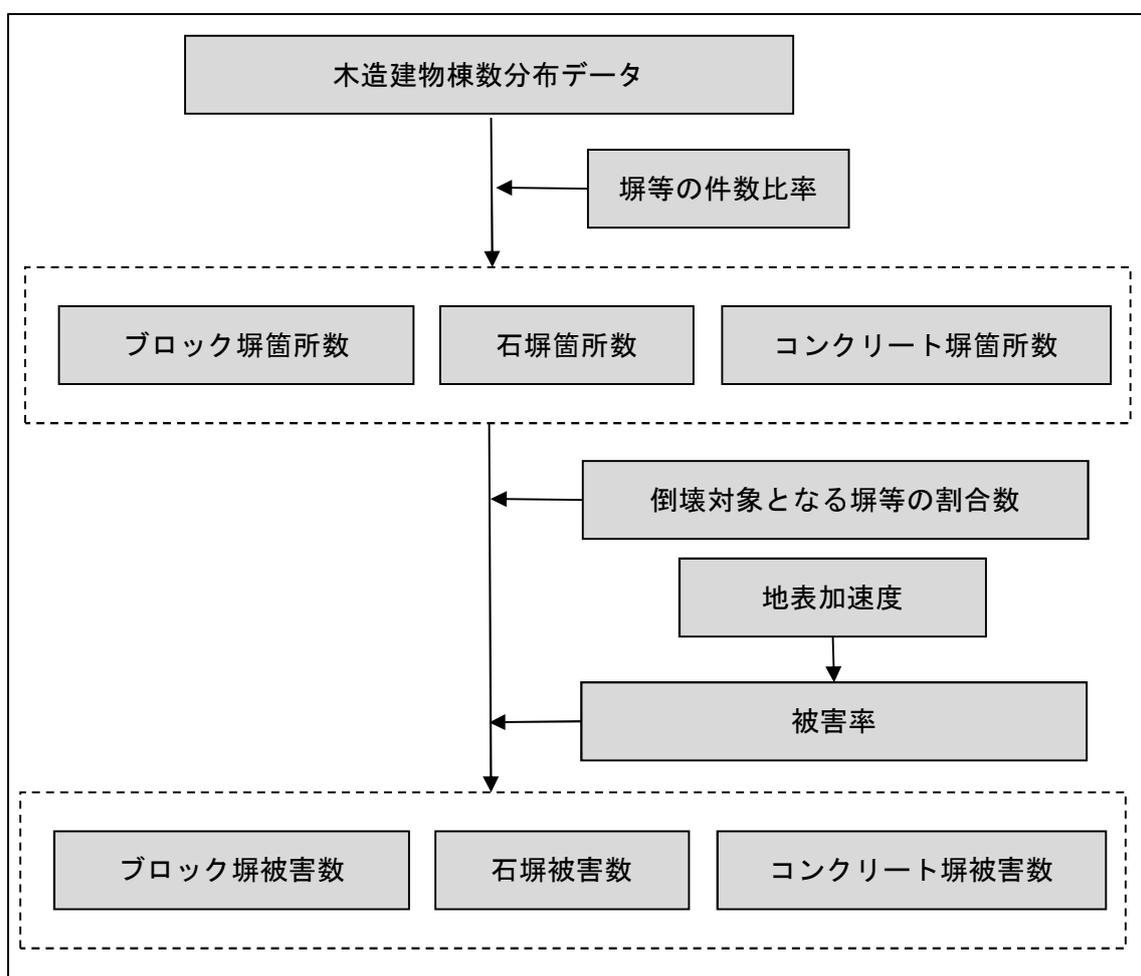


図 8.7-1 想定フロー（ブロック塀被害数）（中央防災会議（2013b））

##### (ア) 塀件数

ブロック塀の数量については、愛知県（2003）<sup>52</sup>による県内の木造棟数とブロック塀数との関係を用いて求めた。また、石塀・コンクリート塀については、東京都（1997）による木造棟数と塀件数との関係を用いて求めた（表8.7-1）。

表 8.7-1 木造棟数とブロック塀件数との関係（中央防災会議（2013b））

ブロック塀	石塀	コンクリート塀
0.16×（木造住宅棟数）	0.035×（木造住宅棟数）	0.038×（木造住宅棟数）

（イ）倒壊対象となる塀の割合

東京都による各塀の危険度に関する外見調査の結果から判定した特に改善の必要のない塀の比率が設定されている。東京都（1997）では、このうち半数は改訂耐震基準を十分満たしており倒壊の危険性はないものとしていることから、以下の式により倒壊対象となる塀の割合を求めた（表 8.7-2）。

倒壊対象となる塀の割合(%)=100-0.5×外見調査の結果特に改善の必要がない塀の比率(%) ————（式 8.7-1）

表 8.7-2 倒壊対象となる塀の割合（中央防災会議（2013b））

塀の種類	外見調査の結果特に改善が 必要ない塀の比率(%) (A)	倒壊対象となる割合(%) (100-0.5A)
ブロック塀	50.0	75.0
石塀	36.2	81.9
コンクリート塀	57.6	71.2

（ウ）被害率

倒壊対象となる塀の地震時の被害率については、昭和 53（1978）年宮城県沖地震時の地震動の強さ（加速度）とブロック塀の被害率との関係の実態に基づき、以下のよう設定した。

ブロック塀被害率(%)=-12.6+0.07×地表最大加速度(gal) ————（式 8.7-2）

石塀被害率(%)=-26.6+0.168×地表最大加速度(gal) ————（式 8.7-3）

コンクリート塀被害率(%)=-12.6+0.07×地表最大加速度(gal) ——（式 8.7-4）

（エ）被害数

以上より、以下の式を用いてブロック塀の被害数を算定した。

ブロック塀の被害数=木造建物棟数×塀等の件数比率

×倒壊対象となる塀等の割合×（地表最大加速度から求めた）被害率

—————（式 8.7-5）

## イ 死傷者数

倒壊については、東京都（1997）<sup>53</sup>や静岡県（2001）を参考に、昭和 53（1978）年宮城県沖地震時のブロック塀の被害件数と死傷者数との関係から死傷者率（＝倒壊 1 件当たりの死傷者数）を設定して（表 8.7-3）以下の式で算出した。

$$\begin{aligned} \text{死傷者数} &= \text{死傷者率} \times \text{区別のブロック塀被害件数} \\ &\quad \times \text{区別時刻別外出者数} / \text{区別 18 時外出者数} \\ &\quad \times (\text{区別屋外人口密度} / 1689.16 \text{ (人/km}^2\text{)}) \quad \text{———— (式 8.7-6)} \end{aligned}$$

表 8.7-3 ブロック塀の被害における死傷者率（中央防災会議（2013b））

死者率	負傷者率	重傷者率
0.116%	4%	1.56%

死傷者率は、昭和 53（1978）年宮城県沖地震時の仙台市の屋外人口密度（1689.16 人/km<sup>2</sup>）を前提とした値であるため、各区の屋外人口密度（平成 22 年度道路交通センサスより算出）に応じて補正した。なお屋外人口密度は道路交通センサスによる昼間の時間帯の推定値であり、時刻別には推定されていない。このため、死傷者率設定の基となった昭和 53（1978）年宮城県沖地震の発生時刻に近く夕方時点における移動者が多い 18 時における移動者数の比で補正した（図 8.7-2）。

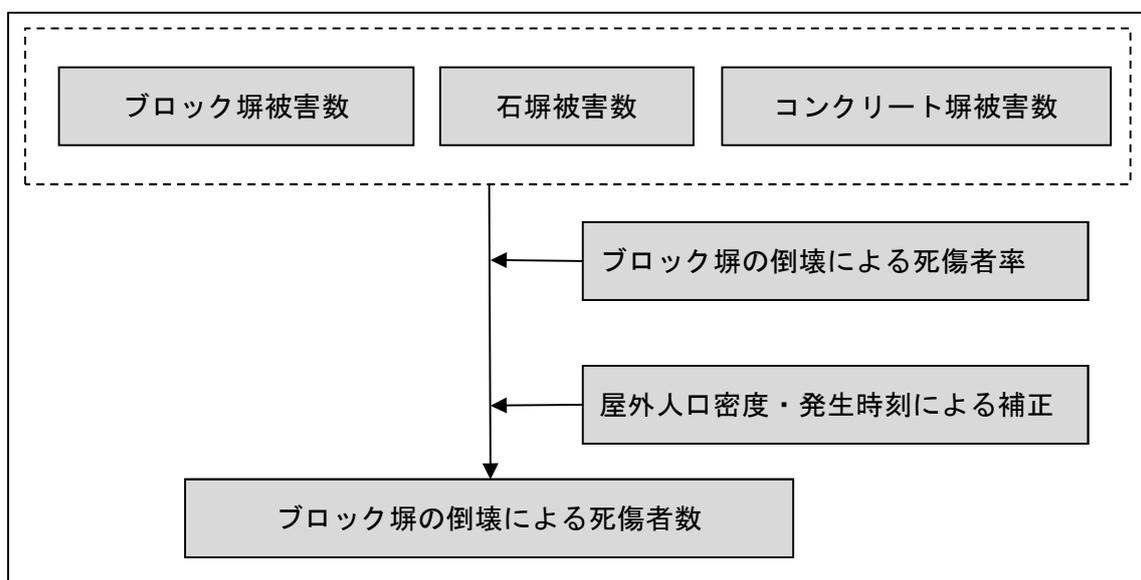


図 8.7-2 想定フロー（ブロック塀の倒壊による死傷者数）（中央防災会議（2013b））

## (2) 自動販売機の転倒

### ア 被害数

自動販売機の転倒被害数量については、中央防災会議（2013b）に基づき、まず自動販売機の屋外設置比率と転倒防止措置未対応率から転倒対象となる割合を求め、これと阪神・淡路大震災時の実態から設定される被害率とを乗じることにより、被害数を求めた（図 8.7-3）。

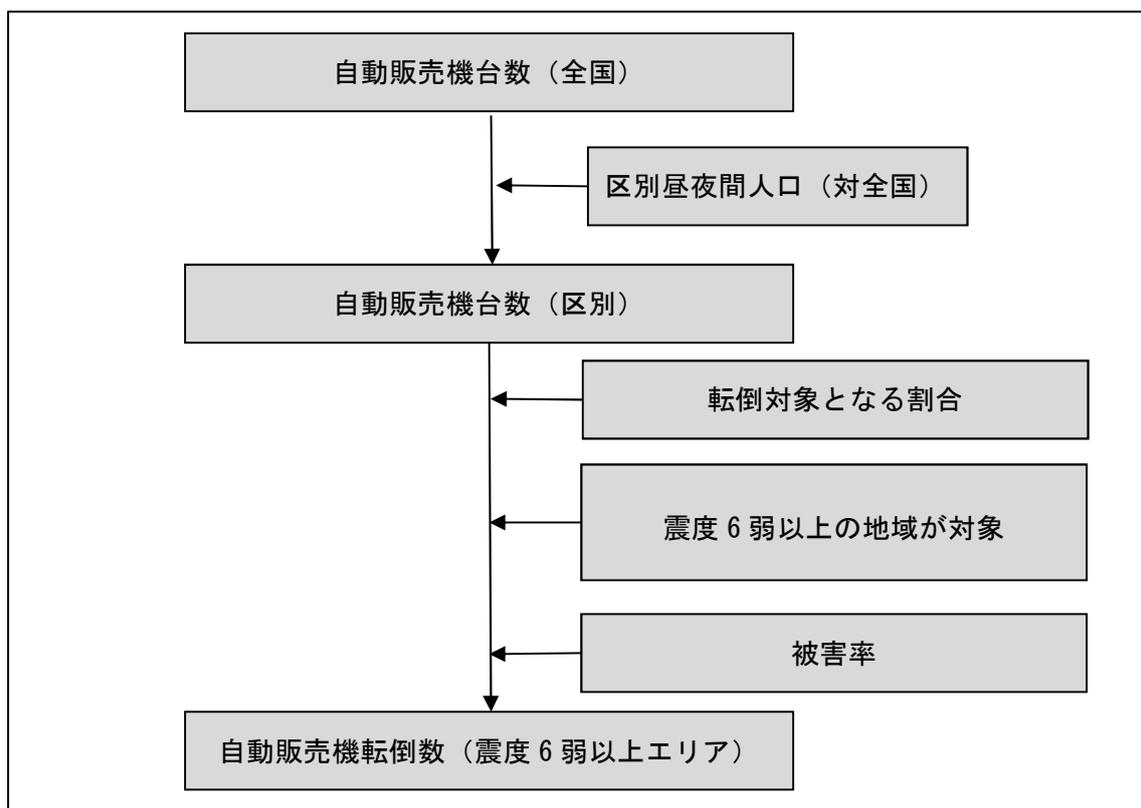


図 8.7-3 想定フロー（自動販売機転倒被害数）（中央防災会議（2013b））

#### (ア) 自動販売機台数

自動販売機の台数については、全国の台数 5,001,700 台（平成 27 年末時点日本自動販売機工業会調べ<sup>54</sup>）を各区に次の式で配分して求めた。

$$\text{区別の自動販売機台数} = \text{全国自動販売機台数} \times \frac{(\text{区別夜間人口} + \text{区別昼間人口})}{(\text{全国夜間人口} + \text{全国昼間人口})} \quad \text{----- (式 8.7-7)}$$

#### (イ) 転倒対象となる自動販売機の割合

転倒対象となる自動販売機の割合は、屋外設置比率（約 6 割：清涼飲料水メーカーへのヒアリング結果）と転倒防止措置未対応率（約 1 割：自動販売機転倒防止対策の進捗状況を踏まえて設定）より設定した。

### (ウ) 被害率

自動販売機の被害率は、阪神・淡路大震災時の（概ね震度 6 弱以上の地域における）転倒率により設定した（東京都（2006）<sup>55</sup>）。

阪神淡路大震災時の（概ね震度 6 弱以上の地域における）転倒率＝

$$25,880 \text{ 台} / 124,100 \text{ 台} = \text{約 } 20.9\% \quad \text{-----} \quad (\text{式 } 8.7-8)$$

（神戸市、西宮市、尼崎市、宝塚市、芦屋市、淡路島：全数調査）

### (エ) 被害数

以上より、以下の式を用いて自動販売機の転倒数を算定した。

自動販売機の転倒数＝全国の自動販売機台数（5,001,700 台）

×昼夜間人口の対全国比×屋外設置比率（6 割）

×転倒防止措置未対応率（1 割）×転倒率 -----（式 8.7-9）

※震度 6 弱以上の地域を対象とする。

### イ 死傷者数

自動販売機転倒による死傷者数については、既往災害による被害事例や被害予測手法の検討例は存在しないため、中央防災会議（2013b）に基づき、ブロック塀の倒壊による死傷者数算定式を適用した。ただし、ブロック塀の全長と自動販売機の幅の違いによる死傷者率の違いを考慮し、自動販売機とブロック塀の幅の平均長の比（1:12.2）によって補正した（図 8.6-4）。死傷者率については、ブロック塀の死傷者率（表 8.7-3）と同じとした。

死傷者数＝死傷者率×区別の自動販売機被害件数

×区別時刻別移動者数／区別 18 時移動者数

×（区別屋外人口密度／1689.16（人／km<sup>2</sup>）） -----（式 8.7-10）

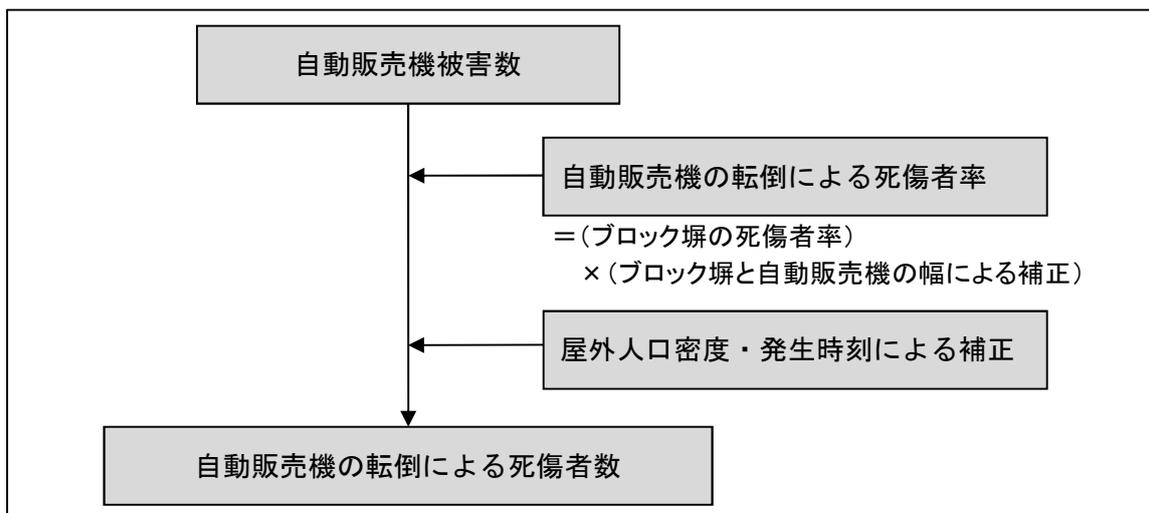


図 8.7-4 想定フロー（自動販売機の転倒による死傷者数）  
（中央防災会議（2013b））

## 2 予測結果

### （1）ブロック塀の倒壊

これまでに述べた手法によりブロック塀の倒壊数量及び死傷者数を計算し、区別に集計して表 8.7-4～5 に示した。

ブロック塀の倒壊数は全市で 12,570 件であり、34.2%のブロック塀で倒壊が発生する。倒壊数が最も多いのは中央区で、3,220 件である。また、被害率が最も大きいのは若葉区で、38.6%である。死者数については、冬 18 時のケースが最も多く、全市で 5 人である。

表 8.7-4 区別のブロック塀の倒壊数

区名	数量	被害量	被害率
中央区	8,750	3,220	36.8%
花見川区	7,190	2,460	34.2%
稲毛区	5,570	1,850	33.2%
若葉区	7,690	2,960	38.6%
緑区	6,300	1,730	27.4%
美浜区	1,270	350	27.2%
<b>合計</b>	<b>36,770</b>	<b>12,570</b>	<b>34.2%</b>

※塀の数については、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 8.7-5 区別のブロック塀の倒壊による死傷者数

(人)

区名	冬5時			夏12時			冬18時		
	死者数	重傷者数	軽傷者数	死者数	重傷者数	軽傷者数	死者数	重傷者数	軽傷者数
中央区	-	-	-	-	1	1	-	6	9
花見川区	-	-	-	-	3	5	1	20	30
稲毛区	-	-	-	-	2	3	1	10	20
若葉区	-	-	1	-	4	6	2	20	30
緑区	-	-	-	-	1	2	1	8	10
美浜区	-	-	-	-	-	-	-	2	4
<b>合計</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>5</b>	<b>70</b>	<b>110</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。

## (2) 自動販売機の転倒

これまでに述べた手法により自動販売機の転倒数量及び死傷者数を計算し、区別に集計して表 8.7-6~7 に示した。

自動販売機の転倒数は全市で 560 台であり、2.8%の自動販売機で転倒が発生する。転倒数が最も多いのは中央区で、140 台である。また、被害率が最も大きいのは若葉区で、4.3%である。死者数については、全ケースで 1 人未満である。

表 8.7-6 区別の自動販売機の転倒数

区名	数量	被害量	被害率
中央区	4,050	140	3.5%
花見川区	4,100	110	2.7%
稲毛区	3,300	80	2.5%
若葉区	3,070	130	4.3%
緑区	2,630	80	2.9%
美浜区	2,940	20	0.5%
<b>合計</b>	<b>20,100</b>	<b>560</b>	<b>2.8%</b>

※台数については、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。

表 8.7-7 区別の自動販売機による死傷者数

(人)

区名	冬5時			夏12時			冬18時		
	死者数	重傷者数	軽傷者数	死者数	重傷者数	軽傷者数	死者数	重傷者数	軽傷者数
中央区	-	-	-	-	-	-	-	-	-
花見川区	-	-	-	-	-	-	-	1	1
稲毛区	-	-	-	-	-	-	-	1	1
若葉区	-	-	-	-	-	-	-	1	2
緑区	-	-	-	-	-	-	-	-	1
美浜区	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>合計</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>5</b>

※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。

## 第8 屋外落下物による人的被害

### 1 予測手法

#### (1) 被害数

窓ガラスを含む屋外落下物の数量については、中央防災会議（2013b）に基づき、東京都（1997）を参考に、全壊する建物及び震度6弱以上の地域における3階建て以上の非木造建物のうち落下危険物を有する建物の棟数から、落下物の発生が想定される建物棟数を算定した（図8.8-1）。

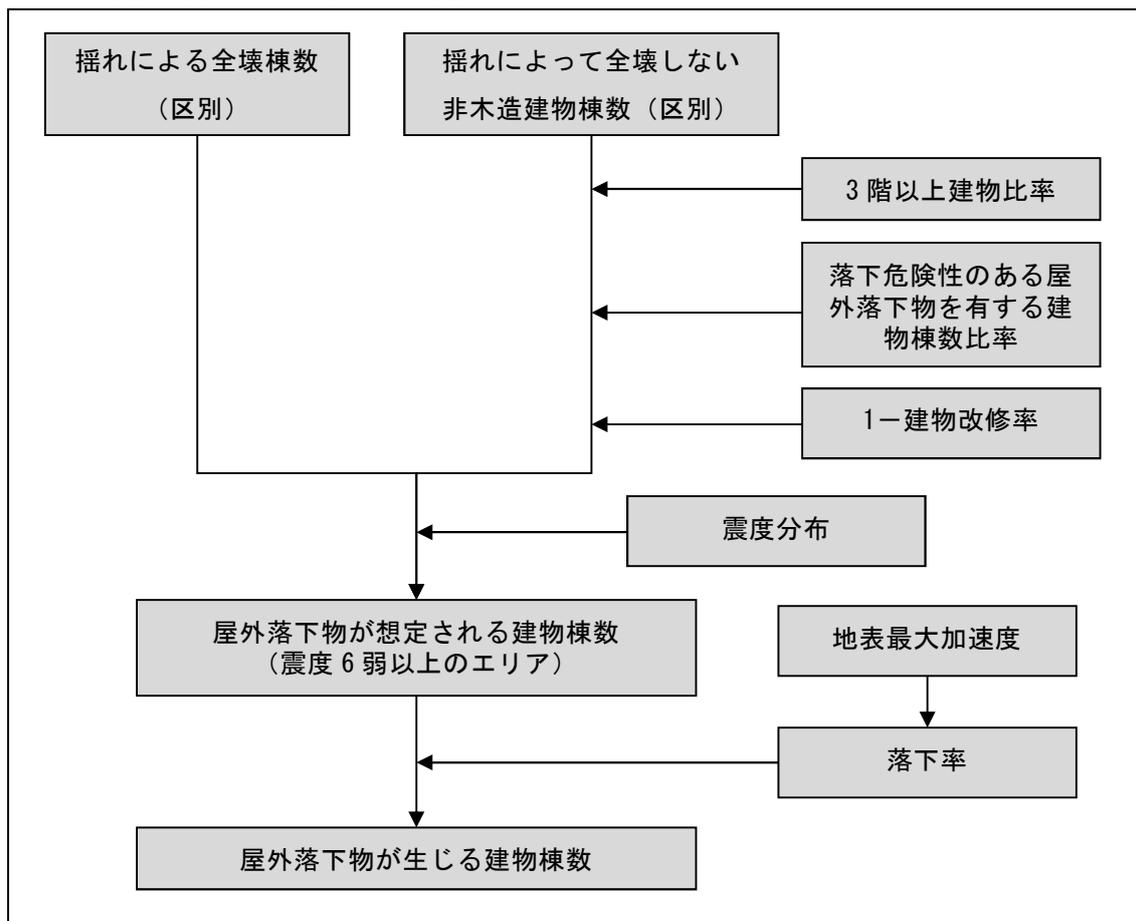


図8.8-1 想定フロー（屋外落下物が生じる建物棟数）（中央防災会議（2013b））

#### ア 落下危険性のある屋外落下物を有する建物棟数比率

屋外落下物を有する建物棟数比率については、東京都（1997）を基に対象となる建物の築年別に設定した（表8.8-1）。

表 8.8-1 屋外落下物を有する建物比率

建築年代	飛散物（窓ガラス、壁面等）	非飛散物（吊り看板等）
～昭和 45（1970）年	30%	17%
昭和 46（1971）年～ 55（1980）年	6%	8%
昭和 56（1981）年～	0%	3%

### イ 建物改修率

建物改修率については、東京都（1997）で用いられている平均改修率 87%を採用した。

### ウ 落下率

落下物の発生が想定される建物のうち落下が生じる建物の割合（落下率）は、東京都（1997）で設定されたブロック塀の被害率と同じ式を用いた。

$$\text{落下率}(\%) = -12.6 + 0.07 \times \text{地表加速度}(\text{gal}) \quad \text{----- (式 8.8-1)}$$

### エ 被害数

以上より、以下の式を用いて屋外落下物が生じる建物棟数を算定した。

$$\begin{aligned} \text{屋外落下物が生じる建物棟数} = & \{ \text{揺れによる全壊棟数} \\ & + \text{揺れによって全壊しない非木造建物棟数} \times 3 \text{ 階以上建物比率} \\ & \times \text{落下危険性のある屋外落下物（飛散物及び非飛散物）を有する建物比率} \\ & \times (1 - \text{建物改修率}) \} \times (\text{地表最大加速度から求められる}) \text{落下率} \\ & \text{----- (式 8.8-2)} \end{aligned}$$

※震度 6 弱以上の地域を対象とする。

## (2) 死傷者数

屋外落下物による死傷者数については、火災予防審議会・東京消防庁（2005）<sup>56</sup>による、昭和 53（1978）年宮城県沖地震時の落下物による被害事例に基づき設定された、屋外落下物による死傷者率（表 8.8-2）を用いて次式により算出した（図 8.8-2）。

$$\begin{aligned} \text{死傷者数} = & \text{死傷者率} \\ & \times (\text{区別の落下危険性のある落下物を保有する建物棟数} / \text{区別の建物棟数} \times \text{区別の時刻別移動者数}) \\ & \times (\text{区別の屋外人口密度} / 1689.16 (\text{人} / \text{km}^2)) \quad \text{----- (式 8.8-3)} \end{aligned}$$

表 8.8-2 屋外落下物の被害における死傷者率（中央防災会議（2013b））

震度	死者率	負傷者率	重傷者率
震度 7	0.00504%	1.69%	0.0816%
震度 6 強	0.00388%	1.21%	0.0624%
震度 6 弱	0.00239%	0.700%	0.0383%

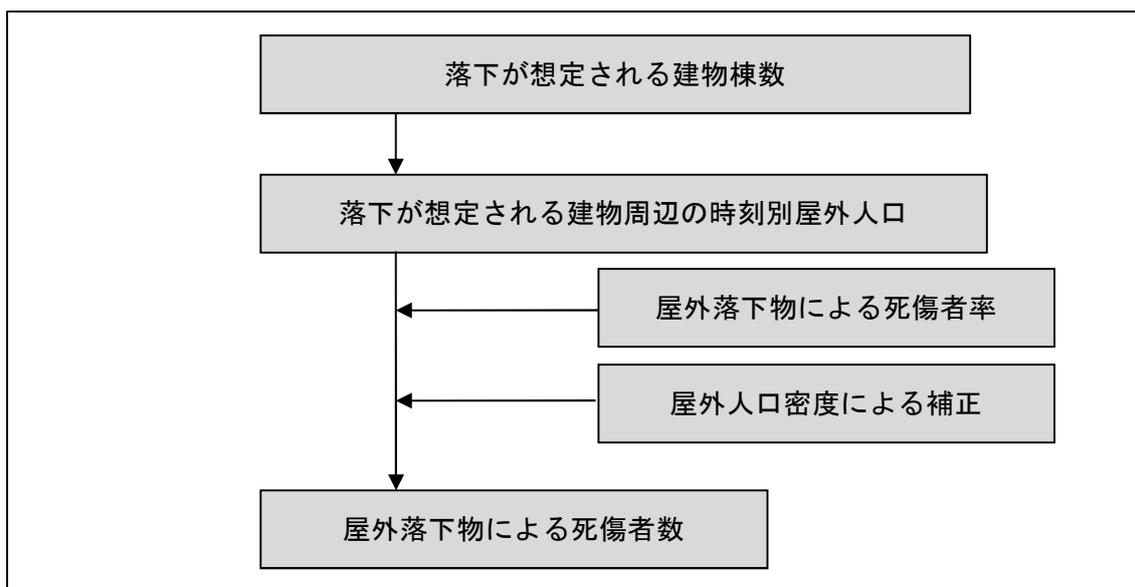


図 8.8-2 想定フロー（屋外落下物による死傷者数）（中央防災会議（2013b））

## 2 予測結果

これまでに述べた手法により屋外落下物の発生数量及び死傷者数を計算し、区別に集計して表 8.8-3 に示した。

屋外落下物は全市の 15,410 棟の建物で発生する。死者数は冬 18 時のケースで最も多く、8 人である。

表 8.8-3 区別の屋外落下物の発生数量及び死傷者数

区名	屋外落下物が発生する建物数	死傷者数 (人)								
		冬5時			夏12時			冬18時		
		死者数	重傷者数	軽傷者数	死者数	重傷者数	軽傷者数	死者数	重傷者数	軽傷者数
中央区	3,510	-	-	3	-	2	30	1	10	200
花見川区	3,810	-	1	10	-	6	110	2	40	670
稲毛区	3,190	-	1	9	-	6	110	2	40	690
若葉区	3,560	-	-	7	-	4	80	2	30	470
緑区	1,000	-	-	1	-	1	9	-	3	60
美浜区	340	-	-	2	-	1	20	-	7	120
<b>合計</b>	<b>15,410</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>30</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>350</b>	<b>8</b>	<b>120</b>	<b>2,200</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。

## 第9 人的被害の予測結果

### 1 死傷者数（全体まとめ）

建物倒壊等による人的被害について予測を行った（表 8.9-1～2）。

死者数・重傷者数が最大となるケースは、自宅で寝ている時間帯である冬5時、風速 8m/s で、死者数が 1,130 人、重傷者数が 1,870 人、軽傷者数は 6,120 人である。このケースで最も死者数が多いのは建物倒壊の多い花見川区であり、死者数が 280 人、重傷者数が 450 人、軽傷者数は 1,460 人である。

軽傷者数が最大となるケースは、冬 18 時、風速 8m/s で、死者数が 880 人、重傷者数が 1,600 人、軽傷者数は 7,370 人である。人々が活動している時間帯であり、朝 5 時であれば動くことができず亡くなっていた可能性のある者が被害を回避して軽傷者になったと考えられる。このケースで最も軽傷者数が多いのは花見川区であり、1,870 人である。

表8.9-1 人的被害の予測結果（風速4m/s）

区名	冬5時			夏12時			冬18時		
	死者数	重傷者数	軽傷者数	死者数	重傷者数	軽傷者数	死者数	重傷者数	軽傷者数
中央区	230	420	1,300	100	340	1,450	190	340	1,360
花見川区	250	410	1,350	110	380	1,550	210	390	1,870
稲毛区	210	350	1,090	90	310	1,360	170	330	1,690
若葉区	240	380	1,320	110	400	1,480	190	380	1,660
緑区	80	110	440	30	110	460	60	110	450
美浜区	20	50	230	9	50	280	20	50	340
<b>合計</b>	<b>1,040</b>	<b>1,710</b>	<b>5,730</b>	<b>450</b>	<b>1,590</b>	<b>6,580</b>	<b>840</b>	<b>1,600</b>	<b>7,370</b>

※10 以上は一の位を四捨五入、10 未満は整数で表示。

※四捨五入により、合計が合わない場合がある。

表8.9-2 人的被害の予測結果（風速8m/s）

区名	冬5時			夏12時			冬18時		
	死者数	重傷者数	軽傷者数	死者数	重傷者数	軽傷者数	死者数	重傷者数	軽傷者数
中央区	250	440	1,360	100	340	1,450	200	340	1,360
花見川区	280	450	1,460	110	380	1,550	220	390	1,870
稲毛区	230	380	1,170	90	310	1,360	180	330	1,690
若葉区	270	420	1,420	110	400	1,480	200	380	1,660
緑区	90	130	470	30	110	460	60	110	450
美浜区	20	50	240	9	50	280	20	50	340
<b>合計</b>	<b>1,130</b>	<b>1,870</b>	<b>6,120</b>	<b>450</b>	<b>1,590</b>	<b>6,590</b>	<b>880</b>	<b>1,600</b>	<b>7,370</b>

※10 以上は一の位を四捨五入、10 未満は整数で表示。

※四捨五入により、合計が合わない場合がある。

## 2 要因別の死傷者数

要因別（建物倒壊等、急傾斜地崩壊、火災、ブロック塀・自動販売機の転倒、屋外落下物）の死傷者数について表 8.9-3～11 に示した。

死者数・重傷者数が最大となる冬 5 時、風速 8m/s のケースについて要因別の内訳をみると、死者数 1,130 人中 900 人、重傷者数 1,870 人中 1,200 人、軽傷者数 6,120 人中 3,780 人が建物倒壊によるものである。また、死者数 1,130 人中 140 人、重傷者数 1,870 人中 510 人、軽傷者数 6,120 人中 1,910 人が屋内収容物移動・転倒、屋内落下物、屋内ガラス被害によるものであり、両者を合わせると約 9 割となり、就寝時の時間帯であり避難行動が遅れることによると考えられる。

軽傷者数が最大となる冬 18 時、風速 8m/s のケースについて要因別の内訳をみると、死者数 880 人中 660 人、重傷者数 1,600 人中 1,000 人、軽傷者数 7,370 人中 3,600 人が建物倒壊によるものである。一方で、ブロック塀・自動販売機の転倒、屋外落下物による死者数が 10 人、重傷者数が 200 人、軽傷者数が 2,320 人であり、屋外滞留者が朝 5 時と比較して大量に増えており、特に軽傷者数については約 3 割を占める大きな要因となっている。

参考までに、平成 20 年度調査による東京湾北部地震の死者数を表 8.9-12 に、平成 26・27 年度県調査による千葉県北西部直下地震の死者数を表 8.9-13 に示す。

平成 20 年度調査による東京湾北部地震の死者数は、約 1,000 人であるとされている。今回の想定と比べて揺れ、急傾斜地崩壊による被害が大きく、火災による被害が小さくなっている。中でも、中央区及び美浜区における建物被害による死者数が著しく多くなっているが、これらは建物全壊・焼失棟数の傾向と一致している。

一方、千葉県北西部直下地震による死者数は 340 人であり、今回の想定と比較すると特に建物被害による死者数が小さくなっている。これは、揺れによる建物全壊棟数が半分程度であることによるものと考えられる。

表8.9-3 要因別の死者数（冬5時）

(人)

区名	建物倒壊	屋内収容物移動・転倒、屋内落下物、屋内ガラス被害	急傾斜地崩壊	火災		ブロック塀・自動販売機の転倒、屋外落下物	合計	
				風速4m/s	風速8m/s		風速4m/s	風速8m/s
中央区	200	30	-	0	10	-	230	250
花見川区	220	30	-	0	20	-	250	280
稲毛区	180	30	-	0	20	-	210	230
若葉区	210	30	-	0	30	-	240	270
緑区	70	6	-	0	8	-	80	90
美浜区	10	6	0	0	2	-	20	20
<b>合計</b>	<b>900</b>	<b>140</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>90</b>	<b>-</b>	<b>1,040</b>	<b>1,130</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8.9-4 要因別の重傷者数（冬5時）

(人)

区名	建物倒壊	屋内収容物移動・転倒、屋内落下物、屋内ガラス被害	急傾斜地崩壊	火災		ブロック塀・自動販売機の転倒、屋外落下物	合計	
				風速4m/s	風速8m/s		風速4m/s	風速8m/s
中央区	290	120	-	0	20	-	420	440
花見川区	300	110	-	0	40	1	410	450
稲毛区	220	120	-	0	30	1	350	380
若葉区	280	100	-	0	40	1	380	420
緑区	90	20	-	0	10	-	110	130
美浜区	20	30	0	0	4	-	50	50
<b>合計</b>	<b>1,200</b>	<b>510</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>160</b>	<b>3</b>	<b>1,710</b>	<b>1,870</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8.9-5 要因別の軽傷者数（冬5時）

(人)

区名	建物倒壊	屋内収容物移動・転倒、屋内落下物、屋内ガラス被害	急傾斜地崩壊	火災		ブロック塀・自動販売機の転倒、屋外落下物	合計	
				風速4m/s	風速8m/s		風速4m/s	風速8m/s
中央区	850	450	-	0	60	3	1,300	1,360
花見川区	930	410	-	0	100	10	1,350	1,460
稲毛区	640	440	-	0	80	9	1,090	1,170
若葉区	930	380	-	0	100	8	1,320	1,420
緑区	330	110	-	0	30	1	440	470
美浜区	100	130	0	0	9	2	230	240
<b>合計</b>	<b>3,780</b>	<b>1,910</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>390</b>	<b>30</b>	<b>5,730</b>	<b>6,120</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8.9-6 要因別の死者数（夏12時）

(人)

区名	建物倒壊	屋内収容物移動・転倒、屋内落下物、屋内ガラス被害	急傾斜地崩壊	火災		ブロック塀・自動販売機の転倒、屋外落下物	合計	
				風速4m/s	風速8m/s		風速4m/s	風速8m/s
中央区	80	20	-	6	7	-	100	100
花見川区	90	10	-	6	7	1	110	110
稲毛区	70	10	-	5	5	1	90	90
若葉区	90	10	-	6	6	1	110	110
緑区	30	3	-	2	2	-	30	30
美浜区	6	2	0	1	1	-	9	9
<b>合計</b>	<b>360</b>	<b>60</b>	<b>-</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>2</b>	<b>450</b>	<b>450</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8.9-7 要因別の重傷者数（夏12時）

(人)

区名	建物倒壊	屋内収容物移動・転倒、屋内落下物、屋内ガラス被害	急傾斜地崩壊	火災		ブロック塀・自動販売機の転倒、屋外落下物	合計	
				風速4m/s	風速8m/s		風速4m/s	風速8m/s
中央区	220	100	-	10	10	3	340	340
花見川区	300	60	-	9	9	9	380	380
稲毛区	230	70	-	8	8	8	310	310
若葉区	320	60	-	10	10	8	400	400
緑区	90	10	-	3	3	2	110	110
美浜区	20	30	0	2	2	1	50	50
<b>合計</b>	<b>1,190</b>	<b>330</b>	<b>-</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>30</b>	<b>1,590</b>	<b>1,590</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8.9-8 要因別の軽傷者数（夏12時）

(人)

区名	建物倒壊	屋内収容物移動・転倒、屋内落下物、屋内ガラス被害	急傾斜地崩壊	火災		ブロック塀・自動販売機の転倒、屋外落下物	合計	
				風速4m/s	風速8m/s		風速4m/s	風速8m/s
中央区	1,010	390	-	30	30	30	1,450	1,450
花見川区	1,180	240	-	20	20	110	1,550	1,550
稲毛区	970	250	-	20	20	120	1,360	1,360
若葉区	1,160	220	-	30	30	80	1,480	1,480
緑区	370	70	-	8	8	10	460	460
美浜区	130	120	0	4	4	20	280	280
<b>合計</b>	<b>4,820</b>	<b>1,290</b>	<b>-</b>	<b>110</b>	<b>110</b>	<b>370</b>	<b>6,580</b>	<b>6,590</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8.9-9 要因別の死者数（冬18時）

(人)

区名	建物倒壊	屋内収容物移動・転倒、屋内落下物、屋内ガラス被害	急傾斜地崩壊	火災		ブロック塀・自動販売機の転倒、屋外落下物	合計	
				風速4m/s	風速8m/s		風速4m/s	風速8m/s
中央区	140	20	-	20	30	1	190	200
花見川区	160	20	-	30	40	4	210	220
稲毛区	130	20	-	20	30	3	170	180
若葉区	160	20	-	10	20	3	190	200
緑区	50	4	-	3	4	1	60	60
美浜区	10	3	0	1	1	1	20	20
<b>合計</b>	<b>660</b>	<b>80</b>	<b>1</b>	<b>80</b>	<b>120</b>	<b>10</b>	<b>840</b>	<b>880</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8.9-10 要因別の重傷者数（冬18時）

(人)

区名	建物倒壊	屋内収容物移動・転倒、屋内落下物、屋内ガラス被害	急傾斜地崩壊	火災		ブロック塀・自動販売機の転倒、屋外落下物	合計	
				風速4m/s	風速8m/s		風速4m/s	風速8m/s
中央区	210	100	-	9	9	20	340	340
花見川区	250	70	-	10	10	60	390	390
稲毛区	190	80	-	9	9	50	330	330
若葉区	250	60	-	10	10	50	380	380
緑区	80	20	-	4	4	10	110	110
美浜区	10	30	0	2	2	9	50	50
<b>合計</b>	<b>1,000</b>	<b>350</b>	<b>-</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>200</b>	<b>1,600</b>	<b>1,600</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8.9-11 要因別の軽傷者数（冬18時）

(人)

区名	建物倒壊	屋内収容物移動・転倒、屋内落下物、屋内ガラス被害	急傾斜地崩壊	火災		ブロック塀・自動販売機の転倒、屋外落下物	合計	
				風速4m/s	風速8m/s		風速4m/s	風速8m/s
中央区	760	360	-	20	20	210	1,360	1,360
花見川区	890	260	-	30	30	700	1,870	1,870
稲毛区	680	280	-	20	20	710	1,690	1,690
若葉区	880	240	-	30	30	500	1,660	1,660
緑区	290	70	-	10	10	70	450	450
美浜区	100	110	0	4	4	130	340	340
<b>合計</b>	<b>3,600</b>	<b>1,330</b>	<b>-</b>	<b>120</b>	<b>120</b>	<b>2,320</b>	<b>7,370</b>	<b>7,370</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 8.9-12 【参考】東京湾北部地震（平成 20 年度調査）との死者数の比較（冬 18 時、風速 8m/s）

区名	建物被害		急傾斜地		火災		合計	
	今回※1	前回	今回	前回	今回	前回	今回※2	前回※3
中央区	170	485	-	2	30	27	200	513
花見川区	180	161	-	2	40	7	220	169
稲毛区	150	177	-	1	30	8	180	186
若葉区	170	77	-	1	20	1	200	80
緑区	60	41	-	1	4	1	60	43
美浜区	10	53	0	0	1	2	20	55
<b>合計</b>	<b>740</b>	<b>994</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>120</b>	<b>45</b>	<b>880</b>	<b>1,046</b>

※今回については、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。

※1 屋内収容物移動・転倒、屋内落下物、屋内ガラス被害を含む。

※2 ブロック塀・自動販売機の転倒、屋外落下物を含む。

※3 複数要因のダブルカウント除去処理は行っていない。

表 8.9-13 【参考】千葉県北西部直下地震（平成 26・27 年度県調査）との死者数の比較（冬 18 時、風速 8m/s）

区名	建物被害※1		屋内収容物等※2		急傾斜地		火災	
	今回	県調査	今回	県調査	今回	県調査	今回	県調査
中央区	170	20	20	20	-	-	30	20
花見川区	180	80	20	-	-	-	40	80
稲毛区	150	30	20	10	-	-	30	20
若葉区	170	10	20	-	-	-	20	30
緑区	60	-	4	-	-	-	4	10
美浜区	10	40	3	-	0	-	1	-
<b>合計</b>	<b>740</b>	<b>180</b>	<b>80</b>	<b>30</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>120</b>	<b>160</b>

区名	ブロック塀※3		合計※2	
	今回	県調査	今回	県調査
中央区	1	-	200	40
花見川区	4	-	220	160
稲毛区	3	-	180	60
若葉区	3	-	200	30
緑区	1	-	60	10
美浜区	1	-	20	40
<b>合計</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>880</b>	<b>340</b>

※今回については、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。前回については、100 以上は十の位を四捨五入、5~99 は一の位を四捨五入、5 未満（0 を含む）は「-」と表示。

※1 屋内収容物移動・転倒、屋内落下物、屋内ガラス被害を含む。

※2 屋内収容物移動・転倒、屋内落下物、屋内ガラス被害。

※3 ブロック塀・自動販売機の転倒、屋外落下物。

## 第9章 ライフライン被害

### 第1 概要

#### 1 電力

過去の地震被害を参考に、揺れ及び火災による配電線の被害による停電を考慮して、震度に対する発災後の時間経過と供給率との関係を基に予測した。

#### 2 上水道

管路被害によって生じる機能支障について、地震動の大きさに応じた発災後の日数と供給率との関係を基に予測した。

#### 3 下水道

管路被害によって生じる機能支障について、地震動の大きさに応じた発災後の日数と供給率との関係を基に予測した。

#### 4 通信

固定電話を対象として、火災による架空ケーブルの焼失、揺れ・建物倒壊による電柱の折損及び停電による回線不通を足し合わせて、機能支障回線数を予測した。

#### 5 ガス

都市ガスを対象として、地震動が一定の大きさに達した時にブロック内で一律に供給停止が生じるものとして、機能支障戸数を予測した。なお、都市ガスに関しては市内の各ガス供給事業者の協力を得て想定した。

## 第2 電力

### 1 予測手法

首都直下地震防災・減災プロジェクト（文部科学省（2011）<sup>57</sup>）で岐阜大学の能島教授を中心とするグループが提案している電力の復旧予測モデルを踏まえた予測手法を基に算出した。（図 9.2-1）

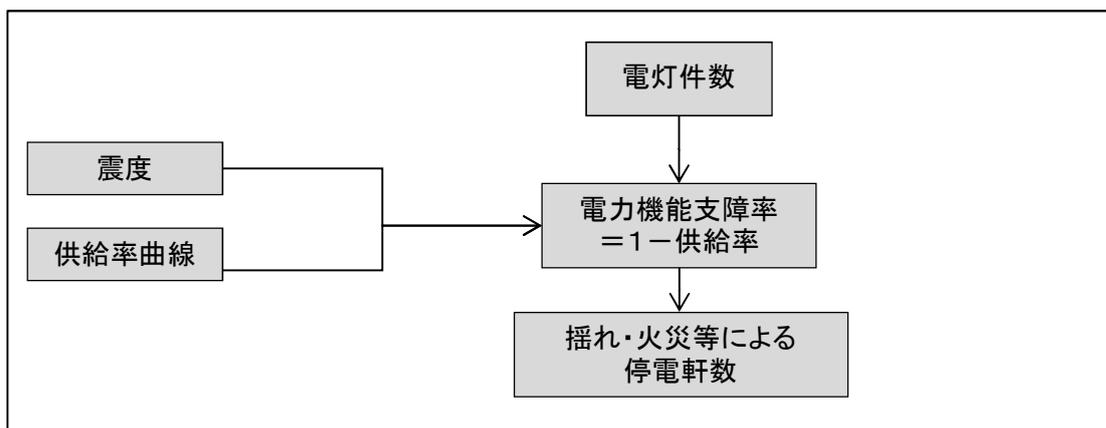


図9.2-1 予測フロー（電力）

文部科学省（2011）の手法では、**電灯件数\***に震度の大きさに応じて設定される供給率曲線（発災からの経過時間と電力の供給率との関係）を乗じることにより、揺れ・火災による配電線の被害による停電軒数を算出した。

電灯件数については、東京電力パワーグリッド（株）から提供を受けたデータを基に、町丁目ごとの件数を設定した。供給率曲線については、文部科学省（2011）による所与の震度に対する曲線（図 9.2-2）を採用した。

\*電灯件数：電気の供給について、電力会社と契約している者の数。

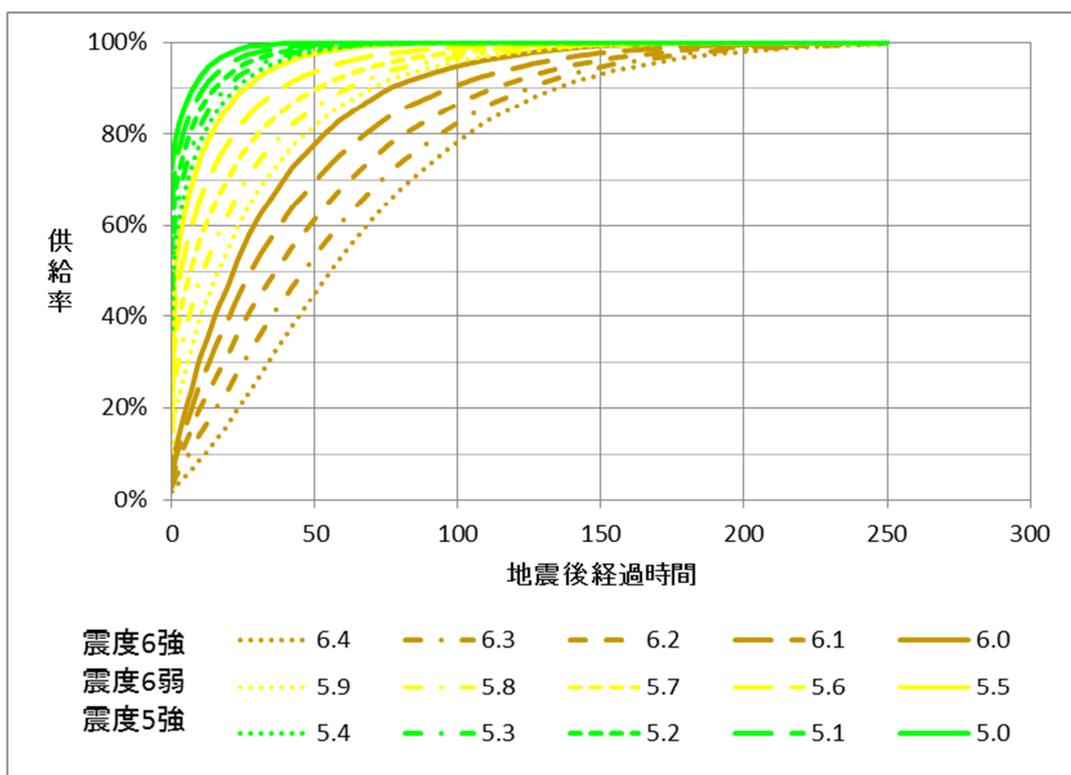


図9.2-2 震度に対する供給率曲線（電力）（文部科学省（2011））

## 2 予測結果

推定結果を表9.2-1に示した。

電灯数（電力の供給を受ける世帯数）約53万軒に対して発災直後で91%の停電が発生する。1日後に54%が回復し、1週間後に99%が回復する。緑区については、他の区と比べて震度5強の範囲が広く供給率の回復が速いことから、停電率が低くなっている。

表9.2-1 停電軒数及び停電率

区名	電灯数	停電軒数 (軒数)						停電率 (%)					
		直後	1日後	3日後	1週間後	2週間後	1か月後	直後	1日後	3日後	1週間後	2週間後	1か月後
中央区	128,660	117,000	58,970	17,970	1,300	0	0	91	46	14	1	0	0
花見川区	97,010	89,700	45,350	13,040	770	0	0	92	47	13	1	0	0
稲毛区	82,840	77,790	43,000	13,830	1,040	0	0	94	52	17	1	0	0
若葉区	87,350	82,090	46,570	15,620	1,290	0	0	94	53	18	1	0	0
緑区	66,250	55,770	21,440	5,210	280	0	0	84	32	8	0	0	0
美浜区	64,350	59,100	29,050	8,100	450	0	0	92	45	13	1	0	0
<b>合計</b>	<b>526,450</b>	<b>481,450</b>	<b>244,380</b>	<b>73,770</b>	<b>5,120</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>91</b>	<b>46</b>	<b>14</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

※電灯数及び停電軒数については、10以上は一の位を四捨五入、10未満は整数で表示。

※四捨五入により、合計が合わない場合がある。

### 第3 上水道

#### 1 予測手法

上水道の機能支障（＝上水道の施設被害等によって断水するなど、供給能力が低下することで日常生活等に支障が生じる状況。）について予測を行った。（図9.3-1）

首都直下地震防災・減災プロジェクト（文部科学省（2011））で岐阜大学の能島教授を中心とするグループが提案している阪神・淡路大震災のデータ（兵庫県8市、大阪府17市2町）を踏まえた予測手法を基に算出した。

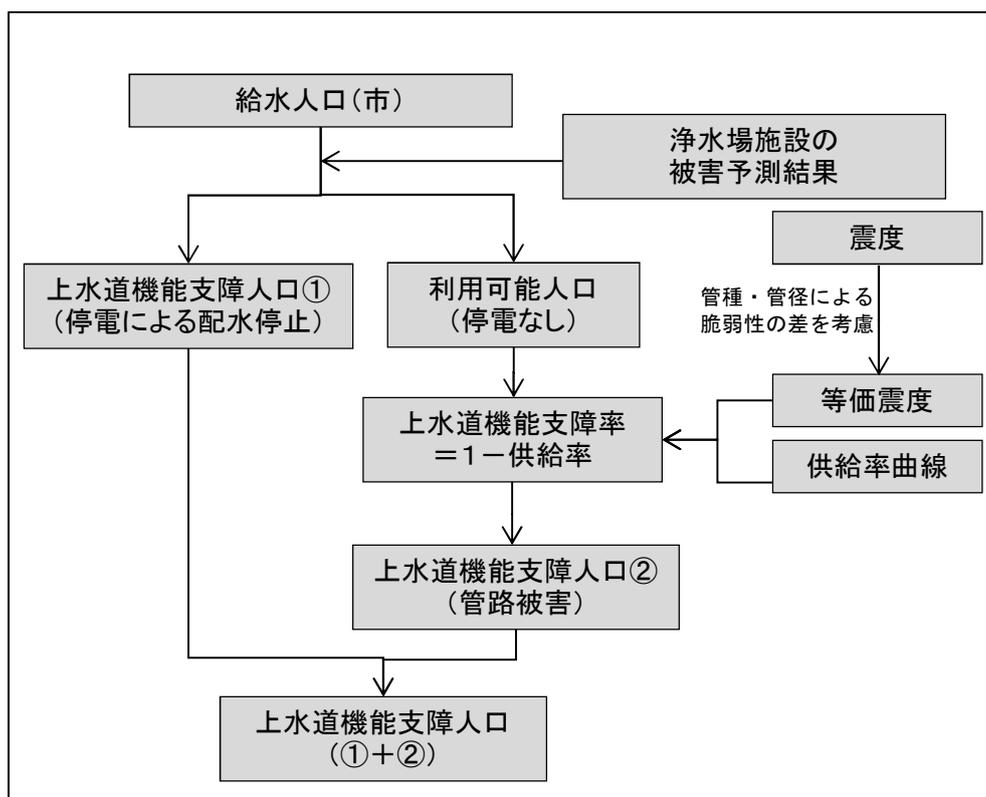


図9.3-1 予測フロー（上水道）（中央防災会議（2013b）を一部修正）

まず、停電による配水の停止が発生することを考慮して、浄水場別の停電被害を予測し、停電による上水道機能支障人口（①）を求めた。次に、停電が発生していない人口（利用可能人口）については、震度ごとの供給率曲線（図9.3-2）から算出した機能支障率（ $=1 - \text{供給率}$ ）を利用可能人口に掛け合わせることで管路被害による機能支障人口（②）を求めた。①と②を足し合わせることで、上水道の機能支障人口を求めた。

機能支障率を求めるための供給率曲線は、阪神・淡路大震災のデータを基に定義されたものであるため、千葉市内における管種・管径による脆弱性と阪神・淡路大震災時の脆弱性との差を考慮するために、次式により、計測震度  $I_0$  から管種・管径による

脆弱性の差を考慮した等価震度  $I_{eq}$  を求め、 $I_{eq}$  の値に対応する供給率曲線を用いて機能支障率を求めることとした。

$$I_{eq} = I_0 - \Delta I \quad \text{————— (式 9.3-1)}$$

ここで  $\Delta I$  は地域ごとの脆弱性の差に対応した  $I_{eq}$  と  $I_0$  の差の値であり、値が大きいほど脆弱性が小さい。千葉市については、0.07~0.12 とされている（文部科学省（2011））。ここでは、 $\Delta I=0.10$  とした。

また、復旧想定についても同様に、発災後の日数における停電による上水道機能支障人口と管路被害による機能支障人口とを足し合わせた機能支障人口を給水人口から引くことにより、復旧率を求めた。

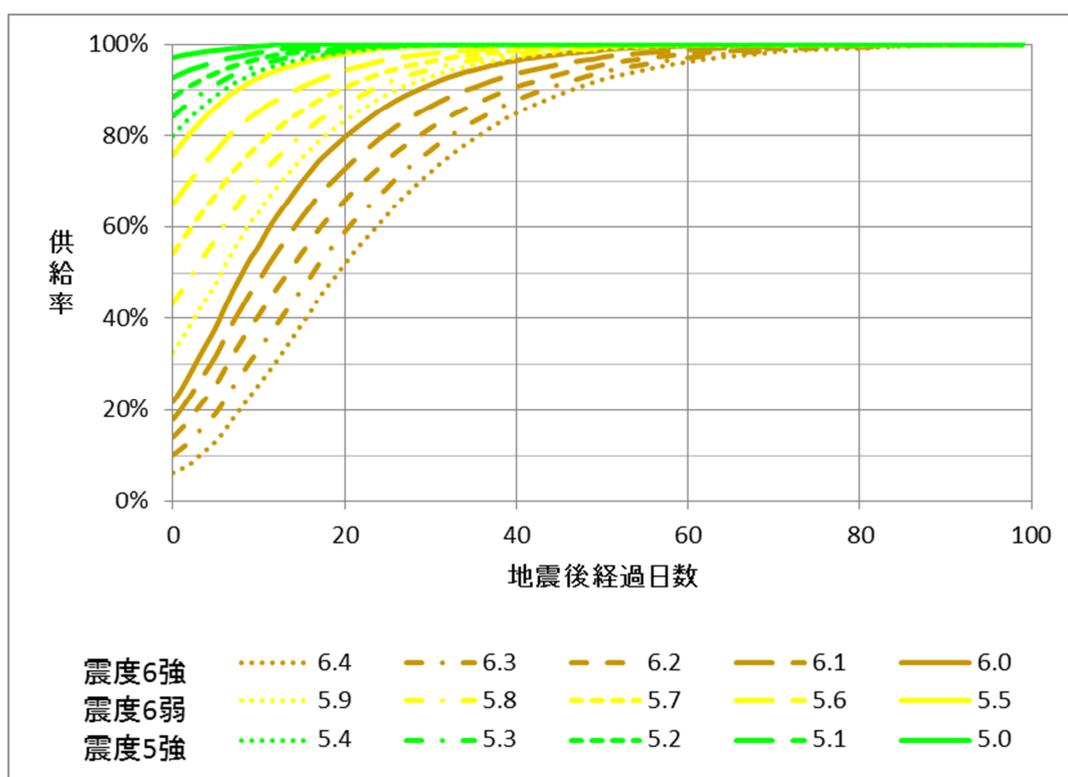


図9.3-2 震度に対する供給率曲線（上水道）（文部科学省（2011））

なお、市内の給水人口については、平成26年度の水道統計調査結果（千葉県総合企画部水政課（2016）<sup>58</sup>）より引用し、市内の配水管の分布状況を基に町丁目に配分した。

## 2 予測結果

市内に上水道を供給する水道施設の停電予測結果（手法は第2を参照）を表9.3-1に示した。

表 9.3-1 水道施設の停電による機能停止状況

事業体名	施設名	所在地	停電による機能停止期間	非常用発電機の稼働時間
千葉市水道局	平川浄水場	緑区平川町2210	1日以内	10時間
	大木戸浄水場	緑区大木戸町1417	12時間以内	14時間
	土気浄水場	緑区土気町1635-2	12時間以内	13時間
	更科浄水場	若葉区更科町1377	1日以内	24時間
	ちばりサーチパーク浄水場	若葉区上泉町1170	1日以内	19時間
	大野台送水ポンプ場	緑区大野台1-9-14	12時間以内	10時間
	高根給水場	若葉区高根町881-70	1日以内	20時間
千葉県水道局	—	—	最大1日以内	10時間以上
四街道市水道事業センター	—	—	最大1日以内	1～2日

※所在地における停電率が50%以上となると機能停止が生じる。  
 ※最大稼働時間はエンジン燃料をタンク満タンに保管している状況を示しており、通常時は80～90%の保有率を維持している。

市内に7か所存在する水道施設ではいずれも停電が発生するが、発災直後は非常用発電機により配水機能が保持される。非常用発電機の稼働時間を超えると配水機能が失われるが、遅くとも1日以内に停電は復旧することから、直後及び1日後以降の停電による配水停止は発生しないものと想定した。

なお、千葉県水道局については非常用発電機が10時間程度稼働可能、四街道市については1～2日程度稼働可能であり、同様に直後及び1日後以降の停電による配水停止は発生しないものと想定した。

以上を踏まえて、利用可能人口（＝全給水人口）に対する供給率曲線より上水道の機能支障を算出し、結果を表9.3-2に示した。発災直後で給水人口のうちの65%、1日後で62%について機能支障が発生する。平成26・27年度県調査による千葉県北西部直下地震の想定結果と比較すると、千葉市直下地震では千葉市内で震度6強となる範囲が広いことから、機能支障率がやや大きくなる結果となっている。緑区については、他の区と比べて震度5強の範囲が広く供給率の回復が速いことから、機能支障率が低くなっている。

表 9.3-2 上水道機能支障

区名	給水人口	上水道機能支障人口 (人)						上水道機能支障率 (%)					
		直後	1日後	3日後	1週間後	2週間後	1か月後	直後	1日後	3日後	1週間後	2週間後	1か月後
中央区	191,220	120,770	115,710	104,640	81,800	50,430	14,220	63	61	55	43	26	7
花見川区	191,130	126,210	121,010	109,430	85,390	52,080	14,200	66	63	57	45	27	7
稲毛区	153,900	111,500	107,410	97,970	77,740	48,640	14,080	72	70	64	51	32	9
若葉区	144,790	107,730	103,930	95,060	75,850	47,910	14,190	74	72	66	52	33	10
緑区	122,230	54,980	51,840	45,640	33,860	19,530	4,750	45	42	37	28	16	4
美浜区	138,650	88,520	84,690	76,250	58,960	35,390	9,250	64	61	55	43	26	7
<b>合計</b>	<b>941,920</b>	<b>609,720</b>	<b>584,580</b>	<b>528,990</b>	<b>413,600</b>	<b>253,970</b>	<b>70,690</b>	<b>65</b>	<b>62</b>	<b>56</b>	<b>44</b>	<b>27</b>	<b>8</b>

※給水人口及び上水道機能支障人口については、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。

## 第4 下水道

### 1 予測手法

下水道の機能支障（＝下水道の施設被害等によって処理機能が低下することでトイレの使用等の日常生活に支障が生じる状況）について想定を行った（図9.4-1）。

下水道の評価にあたっては、中央防災会議（2013b）の手法を用いて、①処理施設の停電の影響、②管路被害（＝被害延長）を考慮した。

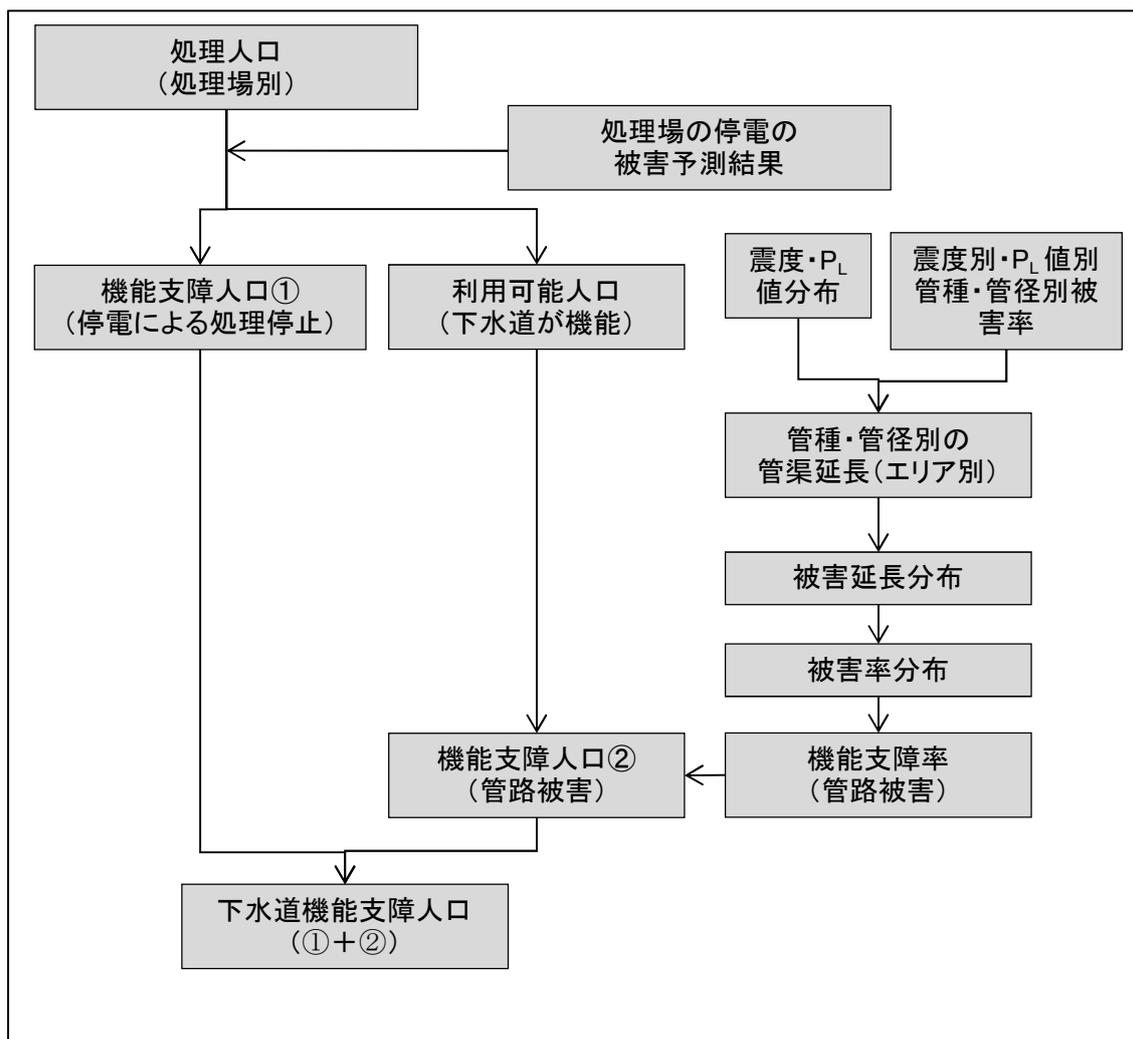


図9.4-1 予測フロー（下水道）（中央防災会議（2013b）を一部修正）

#### （1）停電の影響

千葉市の公共下水道は、中央浄化センター（美浜区）、南部浄化センター（中央区）、花見川終末処理場（千葉県所管施設・美浜区）の3か所で処理を行っている。いずれの施設についても停電は発生するが1日以内に復旧し、12～24時間程度稼働可能な非常用発電機を所有していることから、停電による処理場の機能支障は発生しないものと想定した。

(2) 管路被害 (=被害延長)

停電の影響がないと判定された処理人口 (=全処理人口) について、管路被害による機能支障人口を推計した。液状化危険度別、震度階級別、管種別の管路被害率 (表 9.4-1) を基に、被災直後の未修復管路延長を求め、これが下水道復旧作業員により日々修復されるとした上で、全管路延長に対する復旧対象管路延長の比率を、処理人口に乗じることにより推計した。

なお、下水道復旧作業員は他市からの応援も含むものとした。

表9.4-1 液状化危険度別、震度階級別、管種別の平均被害率

管種	震度階・計測 震度基準値 液状化危険度		5弱	5強	6弱	6強	7
			4.75	5.25	5.75	6.25	6.75
塩ビ管 陶管	A~D	ALL	1.0%	2.3%	5.1%	11.3%	24.9%
その他の管	A	$15 < P_L$	0.6%	1.3%	3.0%	6.5%	14.5%
	B	$5 < P_L \leq 15$	0.5%	1.0%	2.2%	4.8%	10.6%
	C	$0 < P_L \leq 5$	0.4%	0.9%	2.0%	4.5%	9.8%
	D	$P_L = 0$	0.4%	0.9%	1.9%	4.2%	9.2%

※出典：中央防災会議 (2013b)

また、下水道の供給率曲線 (図 9.4-2) より復旧率 (=供給率) を求め、復旧日数を想定した。

なお、市内の処理人口については、平成 27 年度公共下水道普及状況 (千葉市ホームページ) より、処理可能人口 938,301 人に接続率 99.4% を乗じて 932,671 人とし、市内の管路の分布状況を基に町丁目に配分した。各区の管種別・区別の管路長を表 9.4-2 に示した。

表9.4-2 管種別・区別下水道管路長

区名	(km)		
	塩ビ管 陶管	その他の管	合計
中央区	340	570	910
花見川区	350	340	690
稲毛区	280	220	500
若葉区	400	390	790
緑区	360	540	900
美浜区	130	300	430
<b>合計</b>	<b>1,870</b>	<b>2,360</b>	<b>4,220</b>

※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。

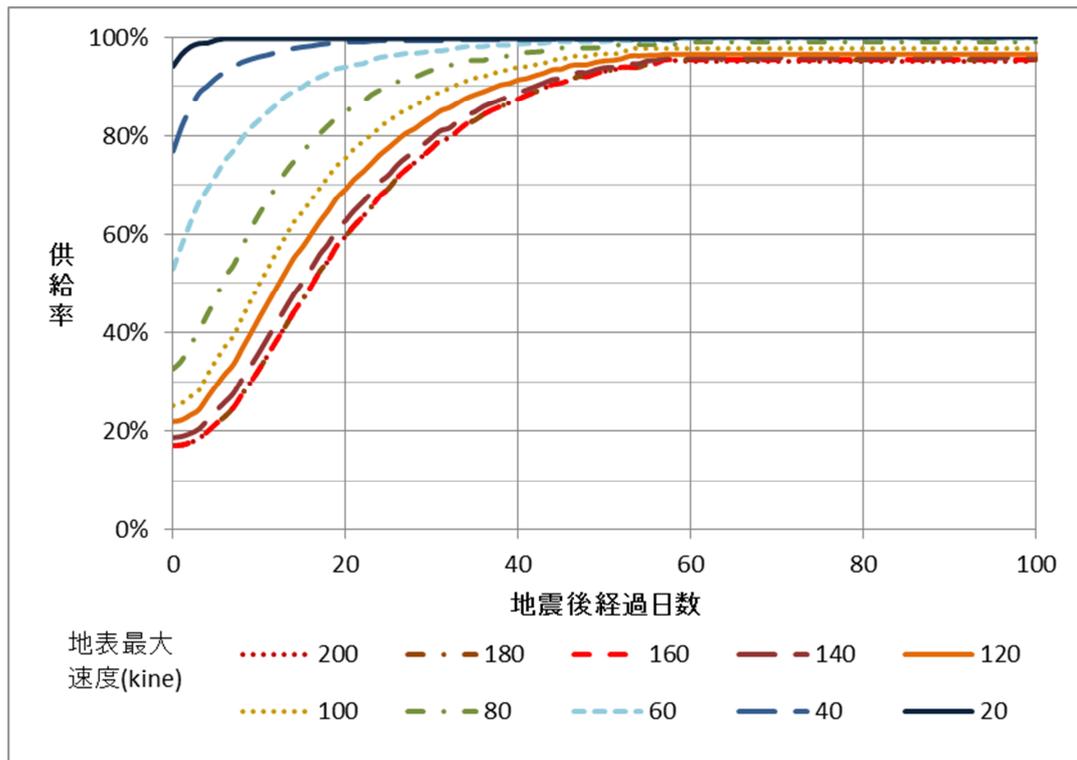


図9.4-2 地表最大速度に対する供給率曲線（下水道）

## 2 予測結果

結果について表 9.4-3 に示した。処理人口約 93 万人に対して発災直後で 4%の機能支障が発生する。ただし、下水道機能が復旧しても上水道が使用できないとトイレ等が使用できないため、上水道の機能支障についても併せて考慮する必要がある。被害率の高い塩ビ管・陶管の割合の大きい花見川区、稲毛区及び若葉区において機能支障率が高くなっている。

表9.4-3 下水道機能支障

区名	処理人口	下水道機能支障人口 (人)						下水道機能支障率 (%)					
		直後	1日後	3日後	1週間後	2週間後	1か月後	直後	1日後	3日後	1週間後	2週間後	1か月後
中央区	189,490	5,060	4,700	4,000	2,980	1,600	450	3	2	2	2	1	0
花見川区	189,410	7,740	7,620	7,180	5,940	3,600	1,130	4	4	4	3	2	1
稲毛区	152,520	7,580	7,420	6,830	5,450	3,100	890	5	5	4	4	2	1
若葉区	142,950	6,330	6,100	5,470	4,220	2,300	620	4	4	4	3	2	0
緑区	120,890	1,970	1,790	1,460	1,030	520	140	2	1	1	1	0	0
美浜区	137,410	4,430	4,310	3,930	3,090	1,720	480	3	3	3	2	1	0
<b>合計</b>	<b>932,670</b>	<b>33,110</b>	<b>31,940</b>	<b>28,870</b>	<b>22,720</b>	<b>12,840</b>	<b>3,710</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>

※処理人口及び下水道機能支障人口については、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。

## 第5 通信

### 1 予測手法

中央防災会議（2013b）の手法（図 9.5-1）に従い、主として停電被害による固定電話の不通回線率を予測した。

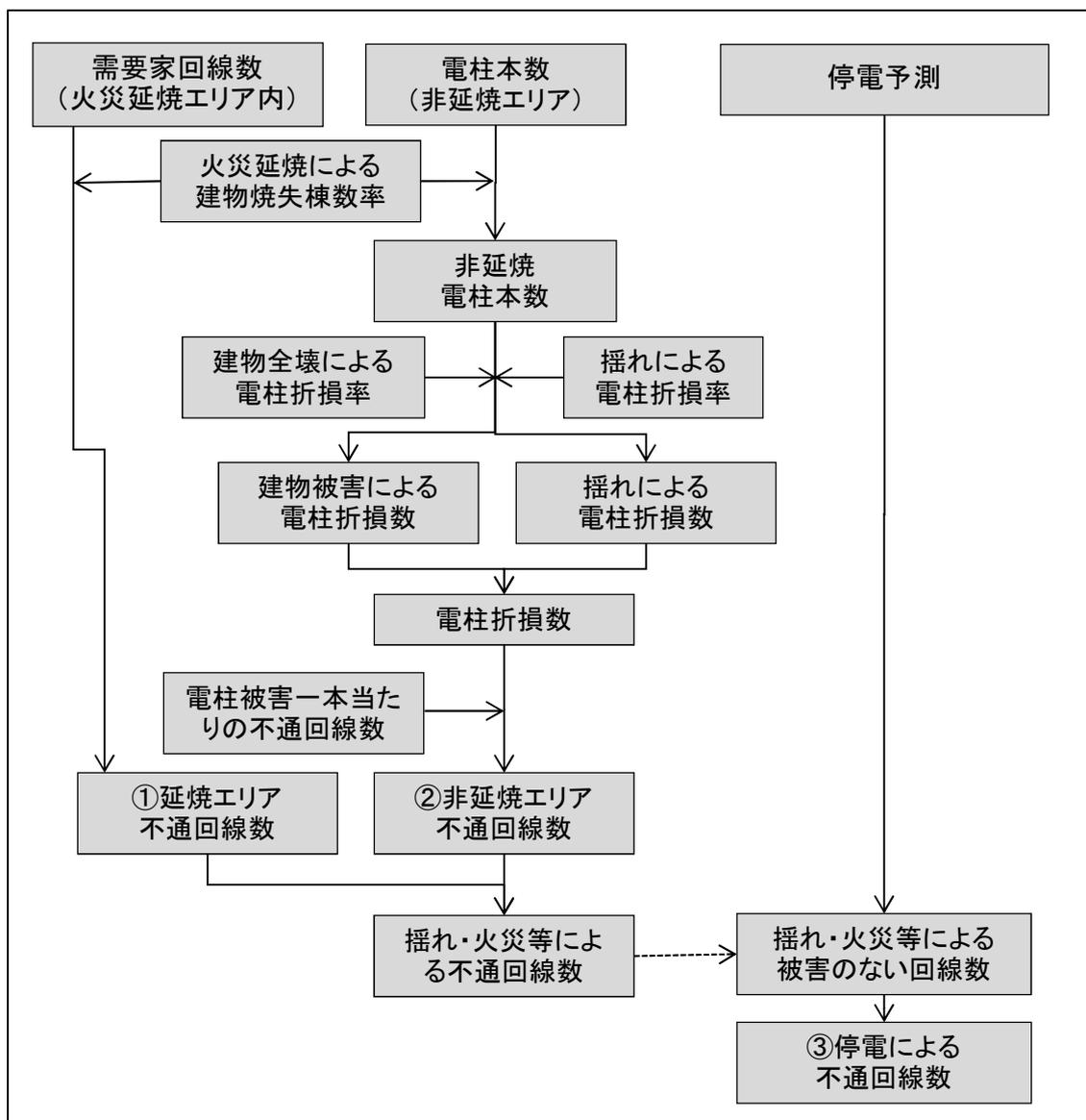


図9.5-1 予測フロー（通信・固定電話）（中央防災会議（2013b）を一部修正）

まず、火災延焼エリア内については架空ケーブルの焼失により回線が不通になるものと想定し、火災延焼による建物焼失棟数率を**需要家回線数**\*に乗じることにより延焼エリアの不通回線数（①）を求めた。

\***需要家回線数**：固定電話の施設を有し、サービスを受け電話を使用している回線数。

次に、非延焼エリアについては揺れ及び建物倒壊による電柱の折損被害のために回線が不通になることを想定し、非延焼エリア内の建物全壊による電柱折損率（中央防災会議（2004）より 17.5155%×建物全壊率（%））と揺れによる電柱折損率（表 9.5-1）を非延焼電柱本数に乘じることにより非延焼エリア内の電柱折損数を求め、全電柱数に対する電柱折損数の比を非延焼エリア内の全回線数に乘じることにより、非延焼エリア内の不通回線数（②）を求めた。

表 9.5-1 揺れによる電柱折損率（中央防災会議（2004））

震度	電柱折損率
震度 6 強	0.056%
震度 6 弱	0.056%
震度 5 強	0.00005%

以上の揺れ・火災による不通以外に、停電による回線不通が生じることを想定し、揺れ・火災による被害の無い回線数（全回線数－①－②）に停電率（第 2 参照）を乘じることにより停電による不通回線数を求めた（③）。

以上の①、②、③を足し合わせることにより固定電話の不通回線数を求めた。

復旧については、停電の復旧の際に電柱の折損も併せて復旧すると想定されることから、電柱の折損による不通回線の復旧率は、停電の復旧率（第 2 参照）と同一とみなして計算した。

なお、回線数については、NTT 東日本（株）から提供を受けたデータを基に、町丁目ごとの数を設定した。

## 2 予測結果

固定電話の通信機能支障回線数及び機能支障率の予測結果を表 9.5-2 に示した。

回線数約 30 万に対して発災直後は約 9 割が不通となり、約 28 万回線の通信機能に支障が生じる。1 日後には 54%、1 週間後には 99%が回復し、約 2 週間ですべての回線が回復する。

表9.5-2 固定電話の通信機能支障回線数及び支障率

区名	回線数	通信機能支障回線数 (回線)						通信機能支障率 (%)					
		直後	1日後	3日後	1週間後	2週間後	1か月後	直後	1日後	3日後	1週間後	2週間後	1か月後
中央区	58,710	53,560	26,850	8,150	580	0	0	91	46	14	1	0	0
花見川区	82,480	76,580	38,480	11,020	640	0	0	93	47	13	1	0	0
稲毛区	47,290	44,690	24,670	7,890	590	0	0	94	52	17	1	0	0
若葉区	41,300	38,810	21,780	7,240	590	0	0	94	53	18	1	0	0
緑区	38,390	32,760	13,220	3,370	200	0	0	85	34	9	1	0	0
美浜区	31,920	29,110	14,070	3,880	210	0	0	91	44	12	1	0	0
<b>合計</b>	<b>300,090</b>	<b>275,510</b>	<b>139,080</b>	<b>41,550</b>	<b>2,810</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>92</b>	<b>46</b>	<b>14</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

※回線数及び通信機能支障回線数については、10 以上は一の位を四捨五入、10 未満は整数で表示。

※四捨五入により、合計が合わない場合がある。

## 第6 ガス

### 1 予測手法

都市ガスの機能支障（＝都市ガスの供給停止により日常生活等に支障が生じる状況）を予測した（図 9.6-1）。なお、本想定においては、他ライフラインと違い、ガス事業者の協力を得て被害想定を行った。

中央防災会議（2013b）の手法では、供給停止戸数等の評価にあたっては①停電による施設被害、②安全措置による供給停止を考慮している。

このうち、①については、都市ガス供給設備のガバナ（圧力調整器）では、ガス輸送と圧量調整をガス自身の圧力差により行い電力を利用しないこと、また、上流の製造所については、震源地直近に位置する製造所では長期にわたる停電が発生した場合に運転を停止する可能性があるものの、複数の製造所を有しておりガス導管網を介して送出することで、必要な製造能力が確保される（ガス事業者ヒアリングによる）ことから、停電に起因する供給停止は発生しないと想定した。

②安全措置による供給停止については、**防災ブロック\***ごとに判断を行う。事業者によっては、50m メッシュ SI 値（第4章参照）の分布を基に、ガス事業者の保安規程における供給停止基準（60kine）を用いて、設置している供給設備の地区ガバナの全てを遮断して、ブロック全体の供給を停止すると想定し、供給停止戸数を想定した。

復旧については、供給停止戸数のうち全壊あるいは焼失した戸数を除いた戸数を復旧対象とし、地震による被害率と投入可能な人員を踏まえて、過去のガス事業者の復旧進捗実績から復旧日数を算定した。

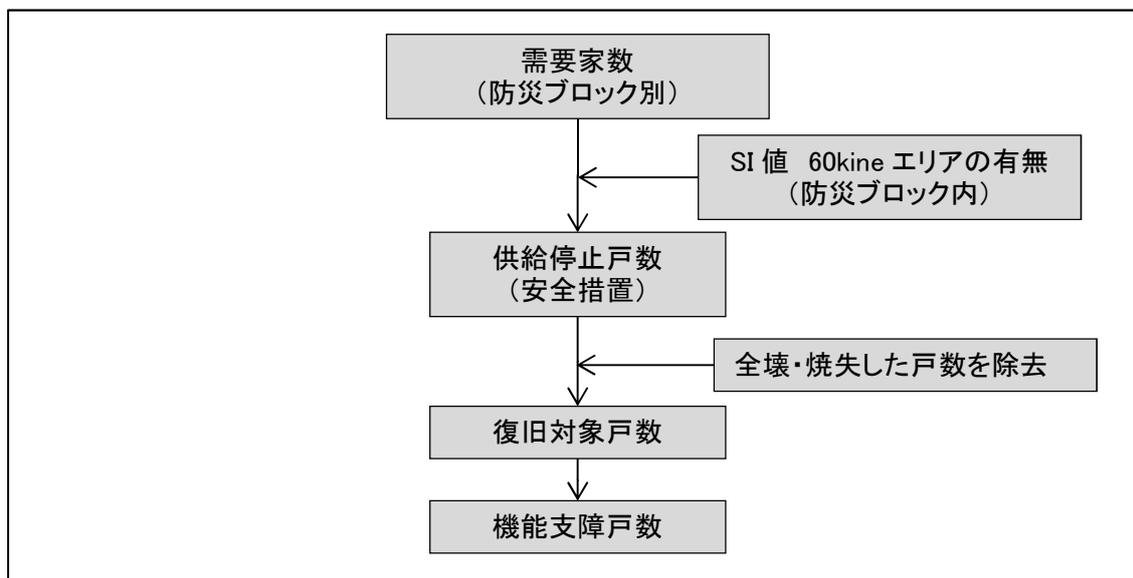


図9.6-1 予測フロー（都市ガス）

\***防災ブロック**：大地震などによりにガス供給施設に被害が想定されるときに、火災などの二次災害を防ぐために一斉にガス供給を止める範囲。防災ブロックを細分化することにより、復旧作業に期間を要するガスの供給停止エリアの範囲を小さくすることができる。

## 2 予測結果

都市ガスの被害状況及び復旧日数の予測結果を表 9.6-1～2 に示した。

全調定戸数約 36 万に対して約 7 割でガス供給停止が生じ、約 23 万戸が復旧対象となる。復旧には約 20～30 日を要する。

表9.6-1 都市ガスの被害状況と復旧対象戸数

区名	被害状況			復旧対象戸数	
	全調定戸数 (戸)	調定停止戸 数(戸)	ガス供給停 止率(%)	消失割合(%)	戸数(戸)
中央区	83,275	15,134	18.2	10.6	13,530
花見川区	69,640	69,640	100.0	12.9	60,685
稲毛区	63,719	49,509	77.7	13.5	42,830
若葉区	48,284	40,365	83.6	11.5	35,707
緑区	30,474	30,354	99.6	5.0	28,822
美浜区	67,137	56,753	84.5	6.4	53,103
<b>合計</b>	<b>362,529</b>	<b>261,755</b>	<b>72.2</b>	<b>10.3</b>	<b>234,676</b>

※調定停止戸数のうち全壊・焼失した戸数の割合を消失割合とし、復旧対象から除外した。  
※四捨五入により、合計が合わない場合がある。

表9.6-2 都市ガスの機能支障及び支障率

区名	全調定 戸数	都市ガス機能支障戸数 (戸)						都市ガス機能支障率 (%)					
		直後	1日後	3日後	1週間後	2週間後	1か月後	直後	1日 後	3日 後	1週 間後	2週 間後	1か 月後
中央区	83,275	13,530	12,580	10,690	8,390	4,190	0	16	15	13	10	5	0
花見川区	69,640	60,685	56,440	47,940	37,620	18,810	0	87	81	69	54	27	0
稲毛区	63,719	42,830	39,830	33,840	26,550	13,280	0	67	63	53	42	21	0
若葉区	48,284	35,707	33,210	28,210	22,140	11,070	0	74	69	58	46	23	0
緑区	30,474	28,822	26,800	22,770	17,870	8,930	0	95	88	75	59	29	0
美浜区	67,137	53,103	49,390	41,950	32,920	16,460	0	79	74	62	49	25	0
<b>合計</b>	<b>362,529</b>	<b>234,676</b>	<b>218,250</b>	<b>185,390</b>	<b>145,500</b>	<b>72,750</b>	<b>0</b>	<b>65</b>	<b>60</b>	<b>51</b>	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>0</b>

※都市ガス機能支障戸数には、全壊・焼失により復旧対象外となった戸数は含まれていない。  
※都市ガス機能支障戸数（1日後以降）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。  
※四捨五入により、合計が合わない場合がある。

## 第10章 交通施設被害

### 第1 概要

#### 1 道路橋梁

市内の緊急輸送道路上の道路橋梁が地震によって被災し、道路に機能支障が発生する可能性を把握することを目的として、道路橋梁の被害状況について予測した。

#### 2 道路閉塞

市内すべての道路を対象として、建物倒壊率に基づいて、**道路閉塞率\***を算出し、どの程度の割合の区間で道路閉塞が発生するかを予測した。

#### 3 鉄道

JR 線、京成線を対象として、路線上の震度と不通率との関係から、どの区間で不通となり何日間で復旧するかを予測した。千葉都市モノレールについては、軌道の構造が大きく異なり、過去の被害実績が十分でないことから、被害予測の対象としなかった。

---

\***道路閉塞率**：道路閉塞（がれきなどにより車道幅員が3m未満となること）が生じる道路区間（交差点から交差点までを1区間とする）の割合。

## 第2 道路橋梁

### 1 予測手法

千葉県（2008）の手法に基づき、緊急輸送道路上の橋梁を対象として、橋梁の位置するメッシュのSI値（第4章参照）に応じた被害率を設定し、橋梁の被害を算出した（図10.2-1）。

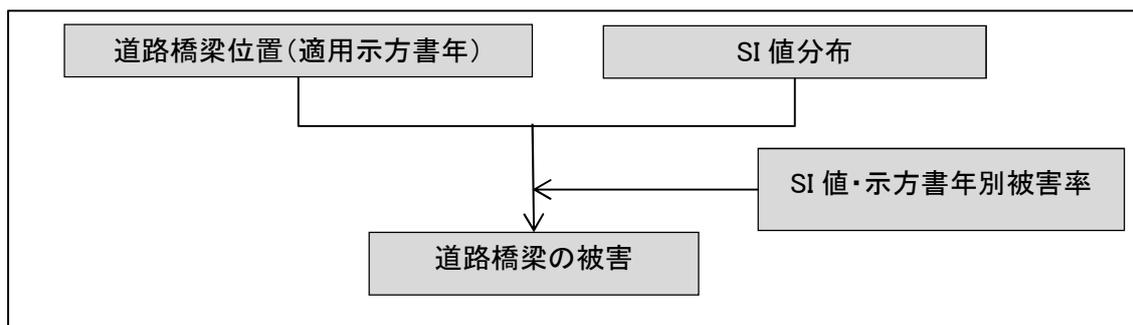


図10.2-1 予測フロー（道路）

千葉県（2008）で採用された、日下部ほか（2004）<sup>59</sup>によるSI値の大きさと被災レベルとの関係を表10.2-1～2に示す。日下部ほか（2004）は道路橋脚の被害を対象とした手法であることから、想定の対象は、緊急輸送道路上の橋長15m以上の橋脚を有する**多径間\***の橋梁とした。示方書年とは、橋梁を造った時に設計基準として準拠した**道路橋示方書\***の刊行年であり、新しいほど厳しい設計基準となっている。

図10.2-2に想定対象とする道路橋梁の位置を、表10.2-3に道路管理者別の想定対象とする橋梁数を示す。

\***多径間**：一般的に橋長の長い橋梁を造る場合、途中に橋脚などの支点を設置する。支点と支点の間のことを径間といい、始点と終点以外の支点を有する（橋脚が1つ以上ある）橋梁を多径間の橋梁と呼ぶ。

\***道路橋示方書**：橋や高架の道路等を設計するための日本道路協会より刊行されている技術指針。「V耐震設計編」に耐震性を考慮した橋梁の設計基準が記載されている。

表 10.2-1 地震動強さ別の被害状態及び被害率

示方書年 SI 値	昭和 55 年 以前	昭和 55 年	平成 2 年	平成 7 年	平成 8 年以降
10 未満	無被害	無被害	無被害	無被害	無被害
10~15	軽微な被害	軽微な被害	軽微な被害	軽微な被害	軽微な被害
15~30	小規模損傷				
30~40					
40~45					
45~65	中規模損傷	中規模損傷	小規模損傷	小規模損傷	
65~70					
70~75	大規模損傷	中規模損傷	中規模損傷		
75~105					
105~110		中規模損傷	中規模損傷		
110~115					
115~120	大規模損傷	大規模損傷	中規模損傷		
120~190					
190 以上			大規模損傷	大規模損傷	

※ 日下部ほか（2004）に加筆

表 10.2-2 被害状態の定義（日下部ほか（2004）、千葉県（2008）を参考にして作成）

被害状態	定義
大規模損傷	倒壊が生じたり、著しく大きい損傷変形や、大きな鉄筋の破断等が生じたりして、長期間の通行止めが必要となる。
中規模損傷	鉄筋の一部の破断や部分的なかぶりコンクリートのはく離などが生じ、通行止めが必要となる。
小規模損傷	ひび割れ等が発生し、幅員規制が必要となる。
無被害・軽微な被害	損傷がないか、あっても通行に影響のない極めて軽微なもの。

表 10.2-3 想定の対象とした橋梁数

道路管理者	橋梁数
千葉市	13
NEXCO 東日本 (千葉管理事務所)	25
NEXCO 東日本 (市原管理事務所)	53
国道事務所	35
合計	126

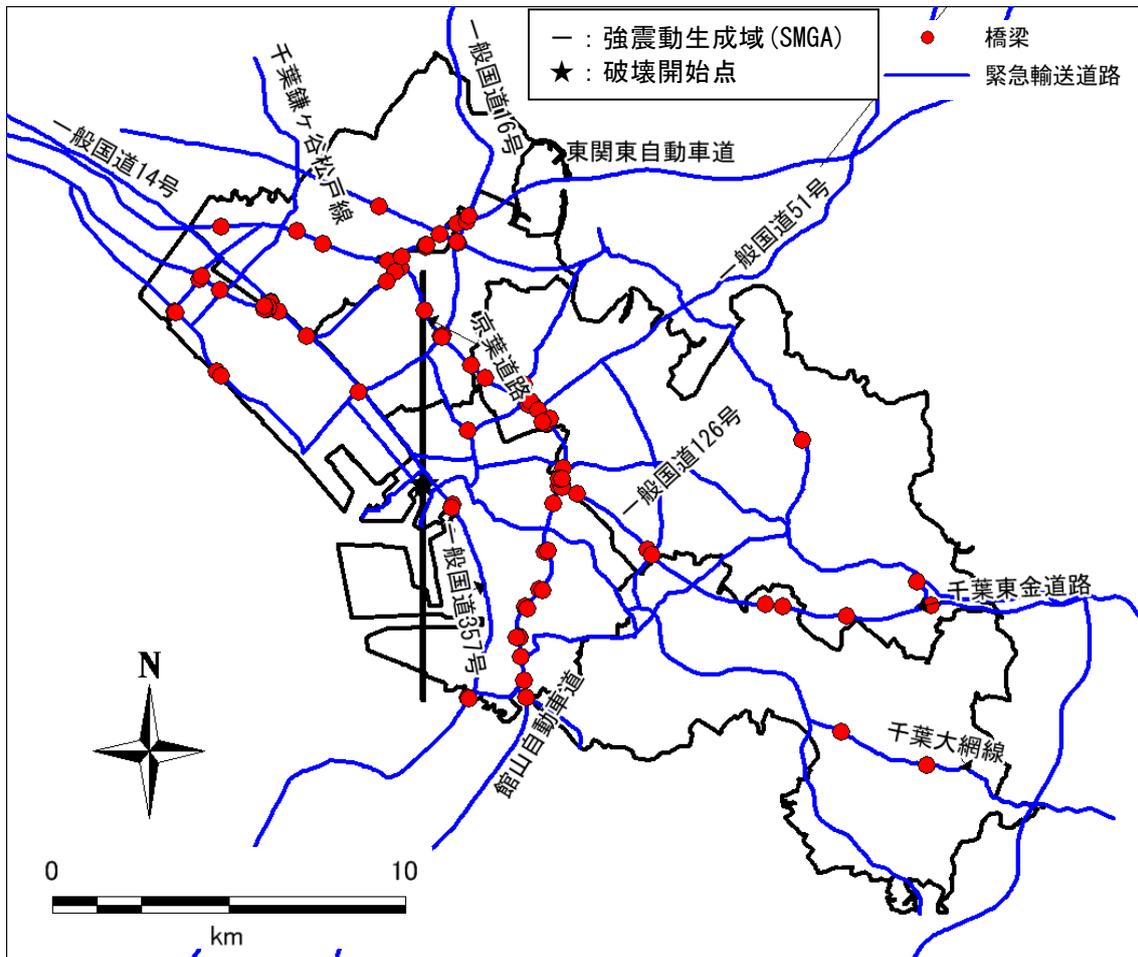


図 10.2-2 想定の対象とした橋梁の位置

## 2 予測結果

被害状況を図 10.2-3 及び表 10.2-4 に示した。橋梁別の被害予測結果については、巻末資料に示した。

予測対象とした 126 か所の橋梁のうち、11 か所で大規模損傷が、8 か所で中規模損傷が、107 か所で小規模損傷が発生すると予測された。なお、大規模損傷が予測される 11 か所の橋梁については、いずれも耐震補強を実施中あるいは実施予定である。

表 10.2-4 道路橋梁被害箇所数

無被害又は 軽微な被害	小規模損傷	中規模損傷	大規模損傷	合計
0	107	8	11	126

※大規模損傷が予測される橋梁については、いずれも耐震補強を実施中あるいは実施予定。

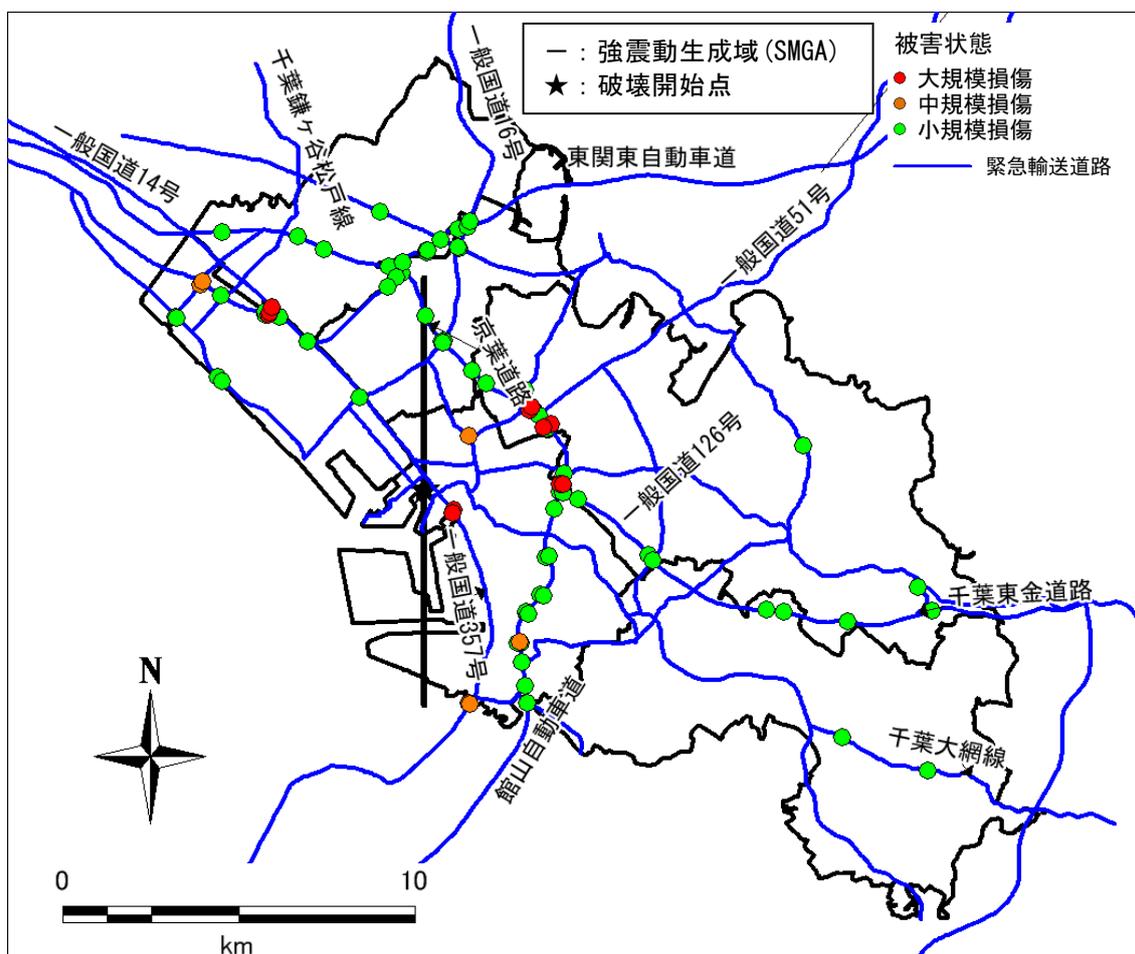


図 10.2-3 道路橋梁の被害の分布

### 第3 道路閉塞被害

#### 1 予測手法

千葉県（2008）の手法に基づき、市内のすべての道路を対象として、建物倒壊による道路閉塞を予測した（図 10.3-1）。ここでいう道路閉塞とは、閉塞によって車道の残存幅員が 3m 以下になった状態を定義する。

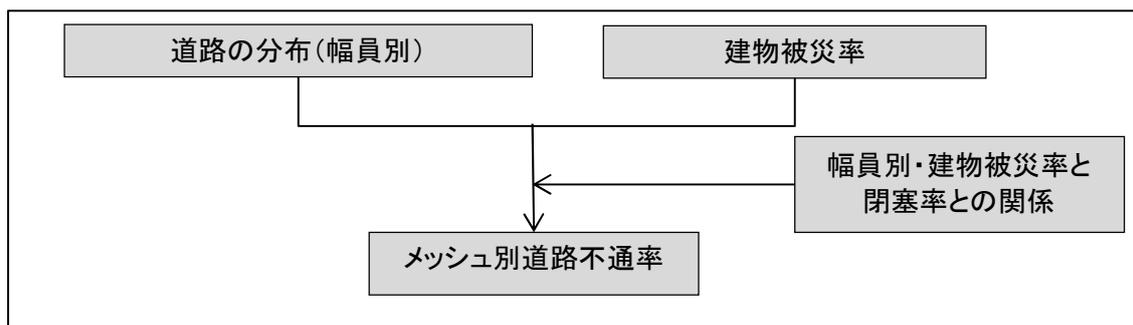


図 10.3-1 予測フロー（道路閉塞）

千葉県（2008）で採用された、建物被災によりどの程度道路が閉塞したかということとを道路幅員別に算出した阪神・淡路大震災時の調査データ（東京都（2006））に基づき、以下の式を設定し、道路閉塞率を算出した。

#### 【幅員 3.5m 未満の道路】

$$\text{道路閉塞率（\%）} = 0.9009 \times \text{建物被災率（\%）} + 19.845 \quad \text{-----} \quad \text{（式 10.3-1）}$$

#### 【幅員 3.5m 以上 5.5m 未満の道路】

$$\text{道路閉塞率（\%）} = 0.3514 \times \text{建物被災率（\%）} + 13.189 \quad \text{-----} \quad \text{（式 10.3-2）}$$

#### 【幅員 5.5m 以上 13m 未満の道路】

$$\text{道路閉塞率（\%）} = 0.2229 \times \text{建物被災率（\%）} - 1.5026 \quad \text{-----} \quad \text{（式 10.3-3）}$$

ここで、

$$\text{建物被災率（\%）} = \text{全壊率（\%）} + (1/2) \times \text{半壊率（\%）}$$

なお、幅員 13m 以上の道路では道路閉塞は生じないものとした。

ここでいう道路閉塞率とは、対象とする道路に含まれる道路区間（交差点から交差点までを 1 区間とする）の総数に対する閉塞が生じる道路区間の割合のこととする。

道路閉塞率については、個別の道路の閉塞率を求め、さらに 50m メッシュ内の閉塞率の平均値を求め、メッシュ別の道路閉塞率を算出した。家田ほか（1997）<sup>60</sup>の阪神・淡路大震災時に活動した消防署長、隊員へのアンケートによれば、がれきなどによる道路閉塞で車道幅員が 3m 未満になった道路の割合が 15～20%を境にして、その道路の通行をあきらめる割合が増える傾向にあり火災防災面で影響を及ぼすとしている。

## 2 予測結果

路線ごとの道路閉塞率の分布を図 10.3-2 に、メッシュ別の道路閉塞率の分布を図 10.3-3 に示した。また、区ごとに各道路閉塞率区分に属するメッシュ数の割合を一覧表にして表 10.3-1 に示した。

道路通行をあきらめる人の割合が高くなる道路閉塞率 20%以上となる割合は、全市で 13.6%となっており、中でも花見川区で約 23%と一番高くなっている。これに対して美浜区では約 4%と一番低くなっている。これは、美浜区においては倒壊する建物の割合が小さいこと、幅員の広い道路が比較的多いことが原因であると考えられる。ただし、今回の検討では建物倒壊で発生したたれきによる道路閉塞を想定対象としているが、これ以外にも液状化による道路陥没等によっても道路閉塞が生じる可能性があることに留意する必要がある。

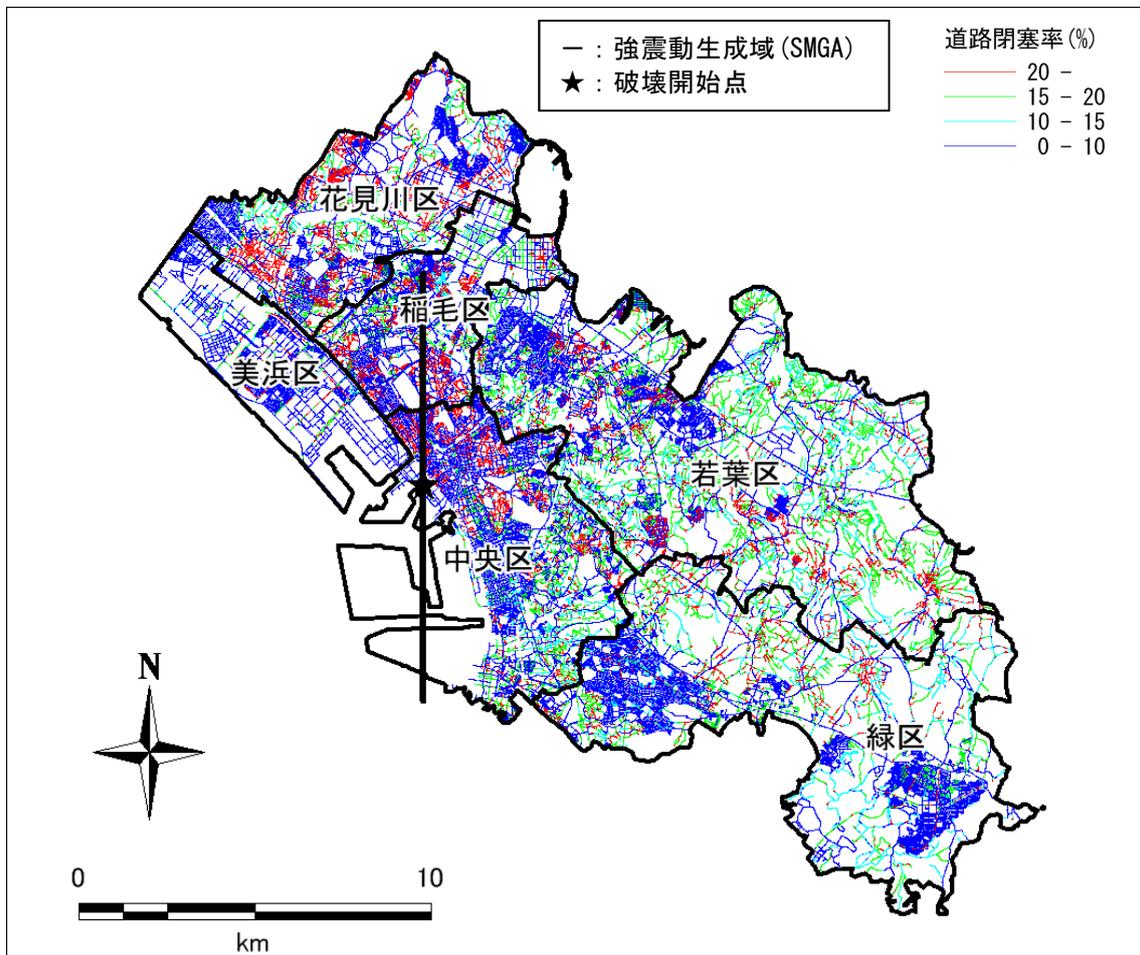


図 10.3-2 路線ごとの道路閉塞率の分布

表 10.3-1 各区の道路閉塞率メッシュ数の割合

区名	道路閉塞率			
	10%未満	10～15%	15～20%	20%以上
中央区	59.0%	13.1%	14.7%	13.1%
花見川区	51.7%	12.1%	13.7%	22.5%
稲毛区	57.4%	11.8%	14.6%	16.2%
若葉区	40.6%	17.2%	28.6%	13.6%
緑区	54.7%	16.3%	19.3%	9.7%
美浜区	84.4%	4.9%	6.5%	4.2%
合計	52.9%	14.2%	19.3%	13.6%

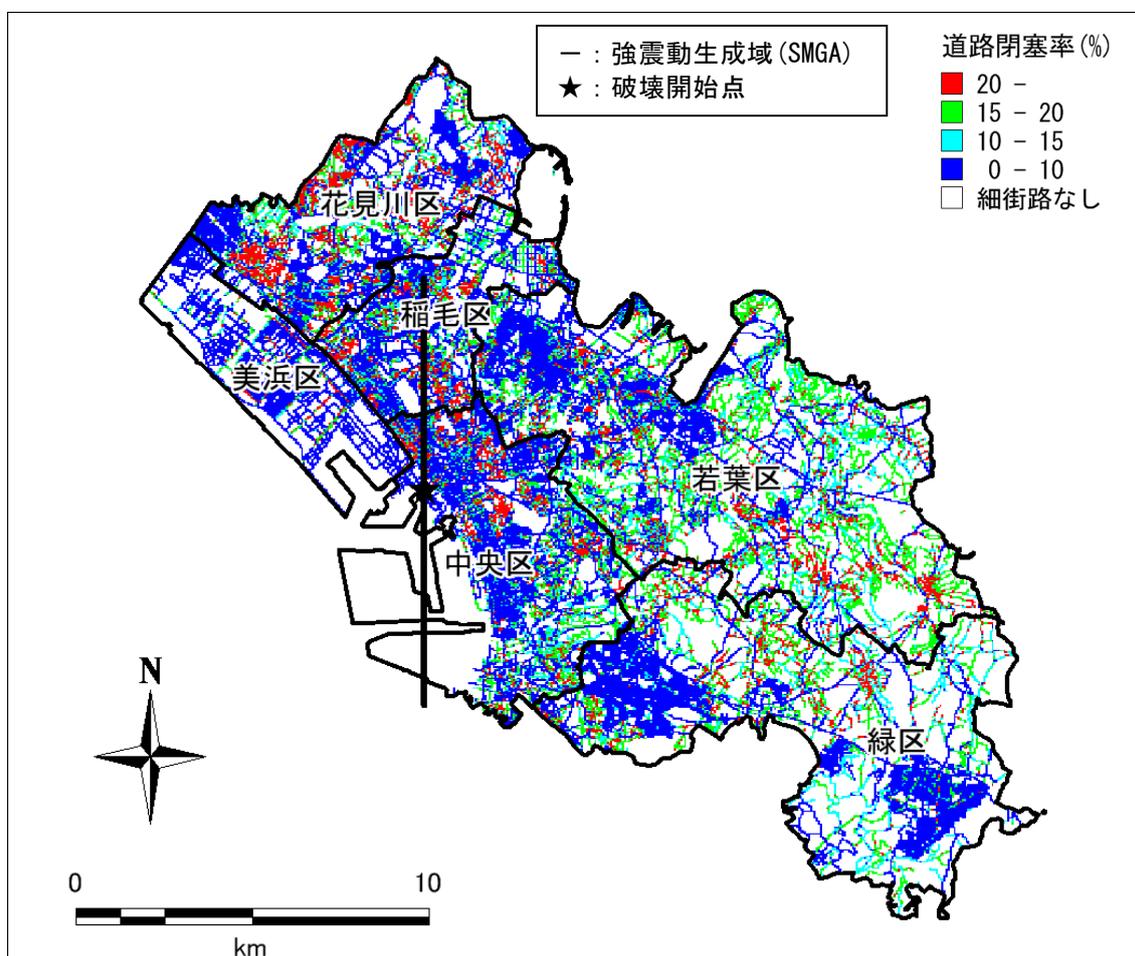


図 10.3-3 メッシュ別道路不通率の分布

## 第4 鉄道施設

### 1 予測手法

市内の鉄道（表 10.4-1 及び図 10.4-2）を対象に、東京都（1997）の手法に基づいて地震直後、1日後、2日後の不通区間及び復旧日数を想定した（図 10.4-1）。

なお、千葉都市モノレールについては軌道の構造が大きく異なり、過去の被害実績が十分でないことから、対象外とした。

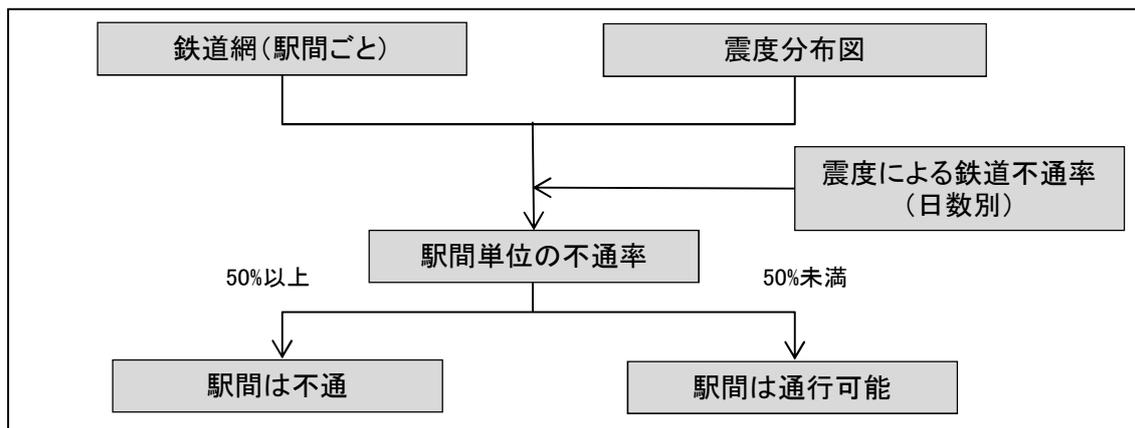


図 10.4-1 予測フロー（鉄道）

表 10.4-1 想定対象とした鉄道路線

会社名	路線名	区間※	駅間数
東日本旅客鉄道	総武線	津田沼～千葉	6
	総武本線	千葉～四街道	3
	京葉線	新習志野～蘇我	5
	外房線	千葉～大網	6
	内房線	蘇我～八幡宿	2
京成電鉄	本線※※	実籾～八千代台、京成大和田～勝田台	2
	千葉線	京成津田沼～千葉中央	9
	千原線	千葉中央～ちはら台	5

※千葉市外の最初の駅を含む

※※千葉市内に駅は存在しない

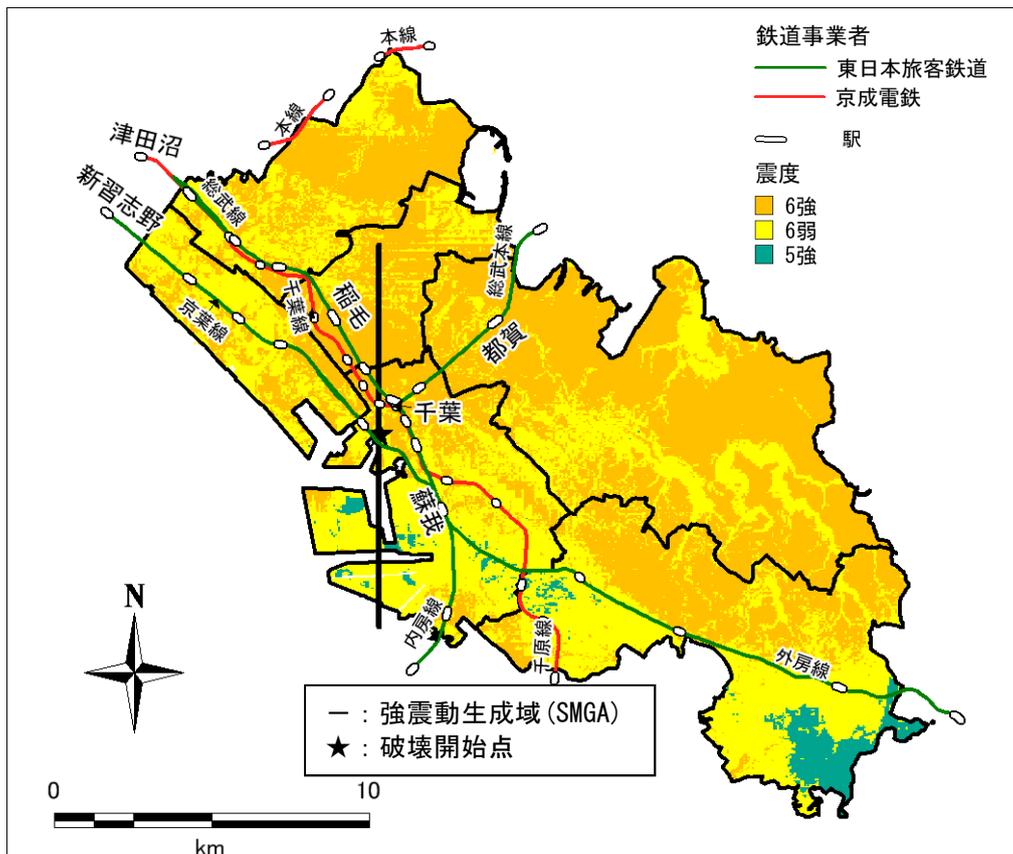


図 10.4-2 想定対象とした鉄道路線と震度分布

以下の手順で予測を行った。

(1) 駅間ごとの震度の整理

鉄道路線と 50m メッシュ震度データとを重ね合わせ、駅間ごとに震度ランク別メッシュ数を整理する。

(2) 駅間ごとの不通率の計算

震度ランク別の不通率 (表 10.4-2) を基に、次式により駅間ごとの不通率を求める。

$$\begin{aligned}
 (\text{駅間の不通率}) = \{ & (\text{震度 6 強の不通率}) \times (\text{震度 6 強のメッシュ数}) + (\text{震度 6} \\
 & \text{弱の不通率}) \times (\text{震度 6 弱のメッシュ数}) + (\text{震度 5 強の不通率}) \times (\text{震度 5 強} \\
 & \text{のメッシュ数}) \} / (\text{駅間の全メッシュ数}) \quad \text{----- (式 10.4-1)}
 \end{aligned}$$

例えば、駅間に震度 6 強が 3 メッシュ、震度 6 弱が 4 メッシュ、震度 5 強が 1 メッシュだった場合の直後の不通率は、以下のとおりである。

$$(\text{駅間の直後の不通率}\%) = \{80 \times 3 + 25 \times 4 + 0 \times 1\} / 8 = 42.5 (\%)$$

表 10.4-2 震度ランク別の不通率（東京都（1997））

震度	不通率（％）		
	直後	1日後	2日後
6強	80	80	75
6弱	25	15	5
5強	0	0	0

### （3）駅間ごとの通行可能性の判定

駅間の不通率が 50%以上の場合には駅間は不通、50%未満の場合には駅間は通行可能であるとして、通行可能性を駅間ごとに判定した。

### （4）路線別の復旧日数の判定

直後から 1 日ごとに不通率の判定を行い、路線内の全ての駅間で不通率が 50%未満となるまでの期間をその路線の復旧日数とする。3 日後以降については、以下の式で不通率を判定する。

$$\begin{aligned}
 (\text{震度 6 強の不通率}\%) &= -0.1027 \times \log(\text{日数}) + 0.7127 \\
 (\text{震度 6 弱以下の不通率}\%) &= 0
 \end{aligned}
 \quad \text{----- (式 10.4-2)}$$

## 2 予測結果

発災直後、1 日後、2 日後の不通区間数及び復旧日数を表 10.4-3 に示す。復旧日数については、震度分布を反映して東日本旅客鉄道総武線（津田沼～千葉区間）及び京成電鉄千葉線が 8 日間であり、最も復旧に時間を要する。

表 10.4-3 路線別の不通区間数及び復旧日数

会社名	路線名	区間	駅間数	不通駅間数			復旧日数
				直後	1日後	2日後	
東日本旅客鉄道	総武線	津田沼～千葉	6	4	3	3	8
	総武本線	千葉～四街道	3	3	3	3	6
	京葉線	新習志野～蘇我	5	1	1	1	4
	外房線	千葉～大網	6	1	0	0	1
	内房線	蘇我～八幡宿	2	1	0	0	1
京成電鉄	本線※	実籾～八千代台、京成大和田～勝田台	2	2	2	2	4
	千葉線	京成津田沼～千葉中央	9	7	7	6	8
	千原線	千葉中央～ちはら台	5	0	0	0	0

※千葉市内に駅は存在しない

## 第11章 生活への影響

### 第1 概要

#### 1 避難者数

建物被害等の予測結果を踏まえ、過去の地震災害を参考にした避難者数の算定手法により、避難者数を予測した。建物被害と、上水道機能支障による自宅生活の困難による避難者数を算出している。その上で、避難所避難者数（＝避難所への避難者数）と避難所外避難者数（＝知人・親戚宅等への避難者や屋外避難者、在宅避難者を含む、避難所以外への避難者数）の割合を、過去の地震災害から設定した上で、避難所及び避難所外避難者数を算出した。

#### 2 帰宅困難者数

東京都市圏パーソントリップ調査（第8章参照）のデータを基に、主要駅付近における外出者数を算出した。その上で、東日本大震災時の帰宅困難者調査を踏まえ、自宅から外出先までの距離と当日中の帰宅困難となる割合との関係式により、そのうちの帰宅困難者数を算出した。

## 第2 避難者数

### 1 予測手法

1日後、3日後、1週間後、2週間後、1か月後というスパンで、避難所避難者数及び避難所外避難者数を算出した。阪神・淡路大震災の全壊棟数（全壊世帯数）、半壊棟数（半壊世帯数）、上水道機能支障率及び避難所避難者数の実績値を基に、中央防災会議（2013b）の次の基本式にて避難者数を算出した。

なお、断水による避難率については、川崎市（2010）<sup>61</sup>による値を用いた。

$$\text{避難者数} = (\text{全壊棟数} \times 1.0 + \text{半壊棟数} \times 0.13) \times 1 \text{棟当たり平均人員} + \text{上水道機能支障人口}^{\ast 1} \times \text{断水による避難率}^{\ast 2} \quad \text{———— (式 11.2-1)}$$

$$\text{避難所避難者数} = \text{避難者数} \times \text{避難所避難比率}^{\ast 3} \quad \text{———— (式 11.2-2)}$$

$$\text{避難所外避難者数} = \text{避難者数} - \text{避難所避難者数} \quad \text{———— (式 11.2-3)}$$

※1：上水道機能支障人口は、自宅建物被害を原因とする避難者を除く上水道機能支障世帯人員を示す。

※2：断水による避難率は、阪神・淡路大震災時の実績より断水による避難率の値を36.2%（発災後の日数によらず一律）とした。（川崎市（2010））

※3：避難所避難比率＝避難者のうち避難所に避難する割合であり、避難所避難比率＋避難所外避難比率＝1である。

1日後・3日後：0.60 1週間後：0.50 2週間後：0.40 1か月後：0.30

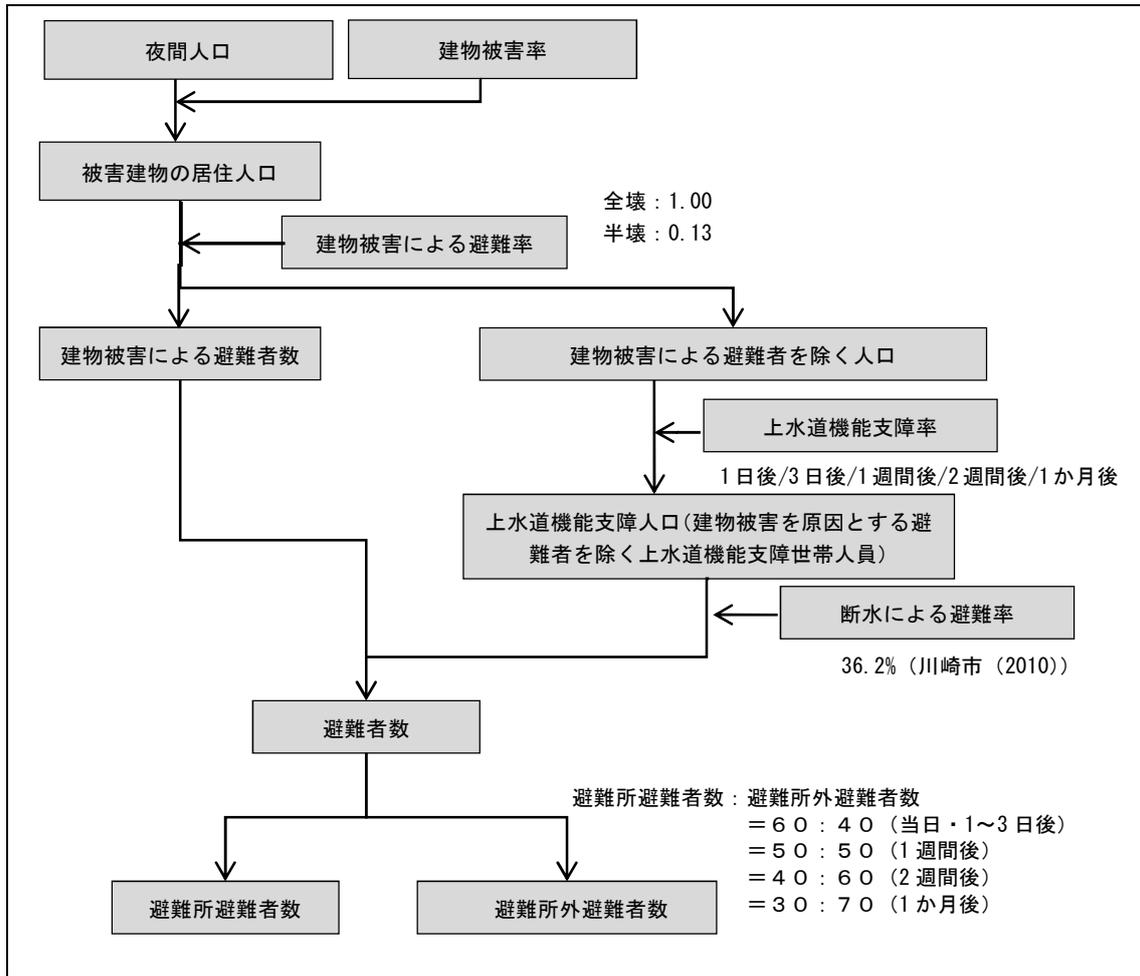


図 11.2-1 予測フロー（避難者）

## 2 予測結果

避難者数については、代表ケースとして建物被害が最も大きい冬 18 時・風速 8m/s について、1 日後、3 日後、1 週間後、2 週間後、1 か月後というスパンで予測を行った(表 11.2-1~6)。全避難者数は 1 日後をピークとして約 30 万人と予測された。また、避難所避難者数については、1 日後をピークとして約 18 万人と予測された。

表 11.2-1 全避難者数 (冬 18 時、風速 8m/s)

(人)

区名	1 日後	3 日後	1 週間後	2 週間後	1 か月後
中央区	64,520	61,020	53,820	44,000	32,740
花見川区	66,330	62,770	55,400	45,200	33,610
稲毛区	56,270	53,380	47,220	38,370	27,890
若葉区	58,040	55,230	49,140	40,290	29,640
緑区	26,960	24,850	20,850	16,010	11,030
美浜区	32,100	29,250	23,350	15,330	6,450
<b>合計</b>	<b>304,210</b>	<b>286,500</b>	<b>249,780</b>	<b>199,200</b>	<b>141,360</b>

※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 11.2-2 要因別全避難者数 (冬 18 時、風速 8m/s)

(人)

区名	建物被害による避難者数				
	1 日後	3 日後	1 週間後	2 週間後	1 か月後
中央区	28,380	28,380	28,380	28,380	28,380
花見川区	29,280	29,280	29,280	29,280	29,280
稲毛区	23,640	23,640	23,640	23,640	23,640
若葉区	25,170	25,170	25,170	25,170	25,170
緑区	9,440	9,440	9,440	9,440	9,440
美浜区	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300
<b>合計</b>	<b>119,220</b>	<b>119,220</b>	<b>119,220</b>	<b>119,220</b>	<b>119,220</b>

区名	断水による避難者数				
	1 日後	3 日後	1 週間後	2 週間後	1 か月後
中央区	36,130	32,630	25,440	15,610	4,360
花見川区	37,050	33,490	26,120	15,910	4,330
稲毛区	32,630	29,740	23,580	14,730	4,250
若葉区	32,870	30,060	23,970	15,120	4,470
緑区	17,520	15,400	11,410	6,570	1,590
美浜区	28,800	25,950	20,050	12,030	3,140
<b>合計</b>	<b>184,990</b>	<b>167,270</b>	<b>130,550</b>	<b>79,970</b>	<b>22,130</b>

※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 11.2-3 避難所避難者数（冬 18 時、風速 8m/s）

(人)

区名	1日後	3日後	1週間後	2週間後	1か月後
中央区	38,710	36,610	26,910	17,600	9,820
花見川区	39,800	37,660	27,700	18,080	10,080
稲毛区	33,760	32,030	23,610	15,350	8,370
若葉区	34,820	33,140	24,570	16,120	8,890
緑区	16,180	14,910	10,420	6,400	3,310
美浜区	19,260	17,550	11,670	6,130	1,930
<b>合計</b>	<b>182,530</b>	<b>171,900</b>	<b>124,890</b>	<b>79,680</b>	<b>42,410</b>

※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 11.2-4 要因別避難所避難者数（冬 18 時、風速 8m/s）

(人)

区名	建物被害による避難者数				
	1日後	3日後	1週間後	2週間後	1か月後
中央区	17,030	17,030	14,190	11,350	8,510
花見川区	17,570	17,570	14,640	11,710	8,790
稲毛区	14,180	14,180	11,820	9,460	7,090
若葉区	15,100	15,100	12,580	10,070	7,550
緑区	5,670	5,670	4,720	3,780	2,830
美浜区	1,980	1,980	1,650	1,320	990
<b>合計</b>	<b>71,530</b>	<b>71,530</b>	<b>59,610</b>	<b>47,690</b>	<b>35,770</b>

区名	断水による避難者数				
	1日後	3日後	1週間後	2週間後	1か月後
中央区	21,680	19,580	12,720	6,250	1,310
花見川区	22,230	20,090	13,060	6,370	1,300
稲毛区	19,580	17,850	11,790	5,890	1,270
若葉区	19,720	18,030	11,980	6,050	1,340
緑区	10,510	9,240	5,700	2,630	480
美浜区	17,280	15,570	10,020	4,810	940
<b>合計</b>	<b>110,990</b>	<b>100,360</b>	<b>65,280</b>	<b>31,990</b>	<b>6,640</b>

※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 11.2-5 避難所外避難者数（冬 18 時、風速 8m/s）

（人）

区名	1日後	3日後	1週間後	2週間後	1か月後
中央区	25,810	24,410	26,910	26,400	22,920
花見川区	26,530	25,110	27,700	27,120	23,530
稲毛区	22,510	21,350	23,610	23,020	19,520
若葉区	23,210	22,090	24,570	24,170	20,750
緑区	10,780	9,940	10,420	9,610	7,720
美浜区	12,840	11,700	11,670	9,200	4,510
<b>合計</b>	<b>121,680</b>	<b>114,600</b>	<b>124,890</b>	<b>119,520</b>	<b>98,950</b>

※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 11.2-6 要因別避難所外避難者数（冬 18 時、風速 8m/s）

（人）

区名	建物被害による避難者数				
	1日後	3日後	1週間後	2週間後	1か月後
中央区	11,350	11,350	14,190	17,030	19,870
花見川区	11,710	11,710	14,640	17,570	20,500
稲毛区	9,460	9,460	11,820	14,180	16,550
若葉区	10,070	10,070	12,580	15,100	17,620
緑区	3,780	3,780	4,720	5,670	6,610
美浜区	1,320	1,320	1,650	1,980	2,310
<b>合計</b>	<b>47,690</b>	<b>47,690</b>	<b>59,610</b>	<b>71,530</b>	<b>83,460</b>

区名	断水による避難者数				
	1日後	3日後	1週間後	2週間後	1か月後
中央区	14,450	13,050	12,720	9,370	3,050
花見川区	14,820	13,400	13,060	9,550	3,030
稲毛区	13,050	11,900	11,790	8,840	2,970
若葉区	13,150	12,020	11,980	9,070	3,130
緑区	7,010	6,160	5,700	3,940	1,110
美浜区	11,520	10,380	10,020	7,220	2,200
<b>合計</b>	<b>74,000</b>	<b>66,910</b>	<b>65,280</b>	<b>47,980</b>	<b>15,490</b>

※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。

### 第3 帰宅困難者

#### 1 予測手法

市内の主要駅における帰宅困難者\*数を予測した（図 11.3-1）。

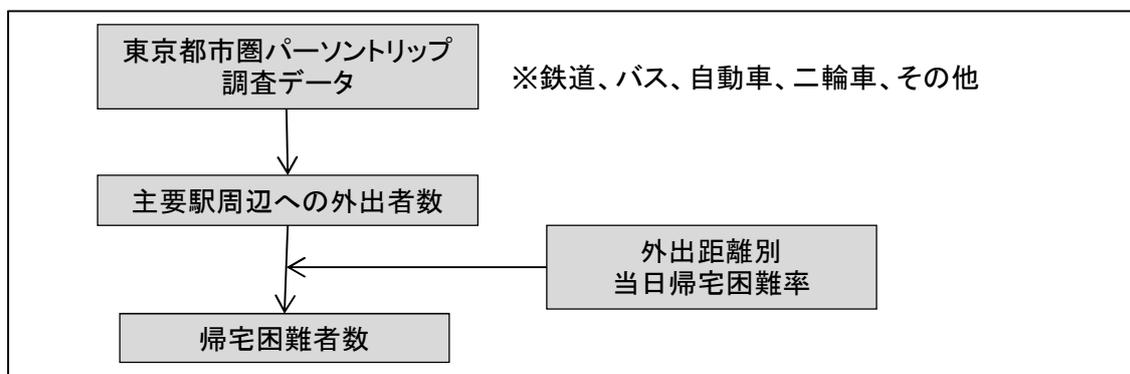


図 11.3-1 予測フロー（帰宅困難者）

#### （1）主要駅周辺への外出者数

始めに、主要駅周辺における居住地ゾーン\*外への外出者（＝居住地が存在するゾーン以外への外出者）数を算出した。

主要駅周辺のゾーンを図 11.3-2 に示す。

\***帰宅困難者**：首都直下地震帰宅困難者等対策協議会最終報告（2012）では、「地震発生時に外出している者のうち、近距離徒歩帰宅者（近距離を徒歩で帰宅する人）を除いた帰宅断念者（自宅が遠距離にあること等より帰宅できない人）と遠距離徒歩者（遠距離を徒歩で帰宅する人）」と定義している。

\***ゾーン**：東京都市圏パーソントリップ調査において取り扱われるデータの地域単位のことであり、計画基本ゾーンと呼ばれる（以下「ゾーン」という。）。一般的には、市区町村を1つあるいは複数に分割した広がり地域単位である。

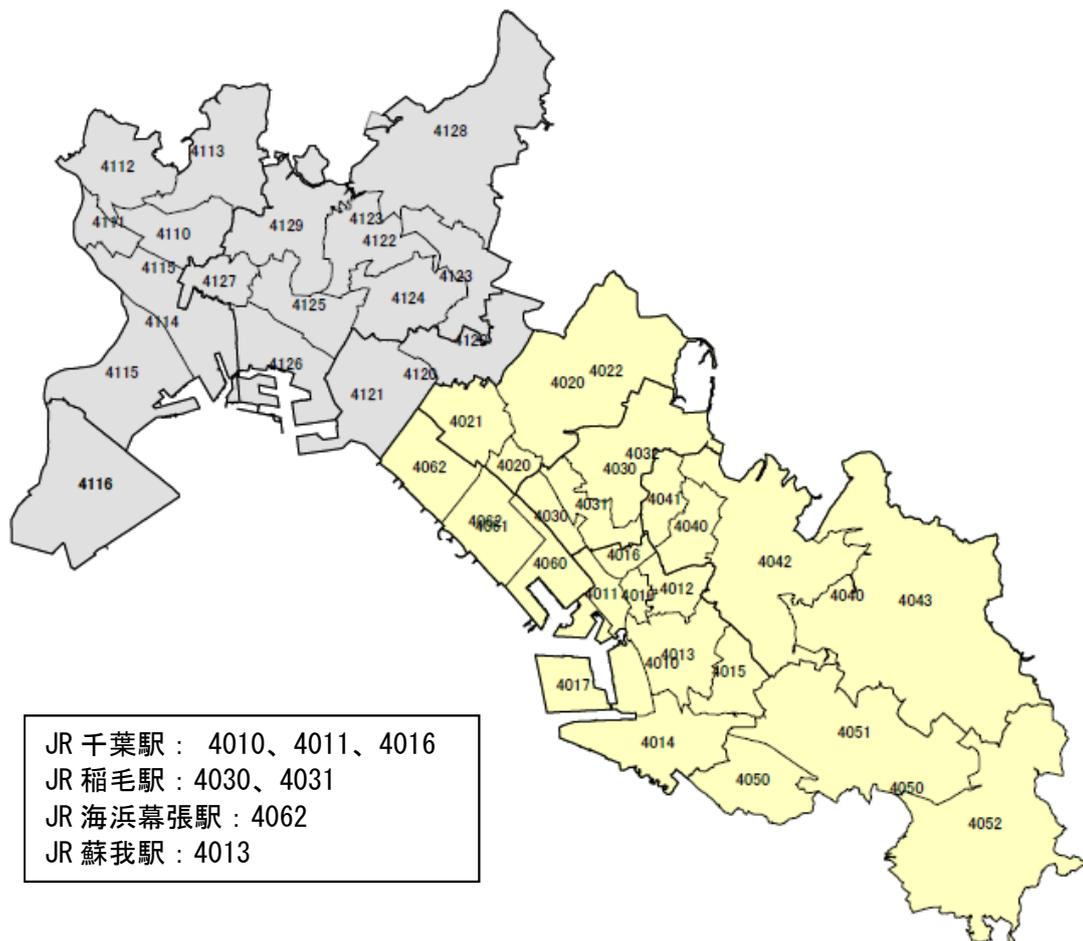


図 11.3-2 千葉市周辺におけるゾーン区分と主要駅周辺のゾーン  
(東京都市圏交通計画協議会 (2012) <sup>62)</sup>)

## (2) 帰宅困難者数

中央防災会議 (2013b) による外出距離別当日帰宅困難率<sup>\*</sup> (図 11.3-3 参照) を、パーソントリップ調査に基づく代表交通手段が鉄道、バス、自動車、二輪車、その他の現在地ゾーン別居住地ゾーン別滞留人口 (= 主要駅周辺への外出者数) に対して適用し、帰宅困難者数を算定した。

$$\text{当日帰宅困難率}\% = (0.0218 \times \text{外出距離 km}) \times 100 \quad \text{———— (式 11.3-1)}$$

<sup>\*</sup>東日本大震災当日は道路の交通規制がかからなかったことから自動車・二輪車等での帰宅が可能であった点を踏まえ、当日帰宅困難率は、代表交通手段が鉄道である外出者のデータを基に設定したもの

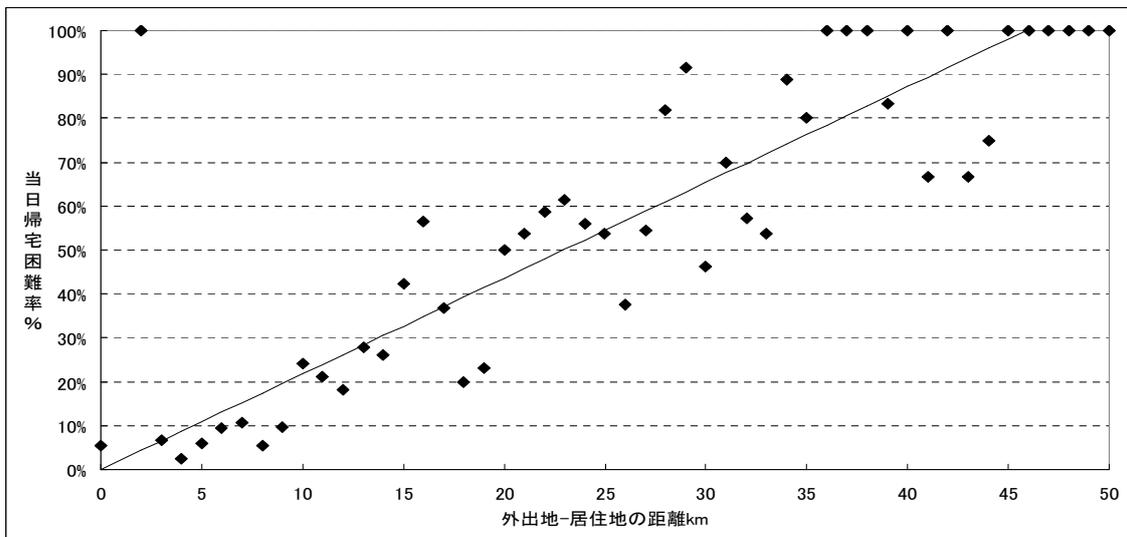


図 11.3-3 東日本大震災発災当日における外出距離別の当日帰宅困難率  
 (代表交通手段が鉄道の場合を抽出して分析したもの)  
 (中央防災会議 (2013b) を一部修正)

## 2 予測結果

千葉市内の主要駅における帰宅困難者数を表 11.3-1 に示した。

平日 12 時に地震が発生し、県内すべての公共交通機関が停止した場合、JR・京成千葉駅では約 31,000 人、JR 海浜幕張駅では約 27,000 人、JR 稲毛駅では約 10,000 人、JR 蘇我駅では約 4,400 人の鉄道利用の帰宅困難者が発生すると予測された。

表 11.3-1 主要駅周辺における外出者数及び帰宅困難者数

駅名	外出者数(人)				帰宅困難者数(人)			
	通勤	通学	私事等	計	通勤	通学	私事等	計
JR・京成千葉駅	55,100	5,000	6,000	66,000	26,800	2,500	2,000	31,300
JR海浜幕張駅	38,200	9,600	1,200	49,000	20,800	5,600	570	27,000
JR稲毛駅	6,400	12,800	740	19,900	2,900	7,000	200	10,100
JR蘇我駅	9,200	2,800	3,900	15,800	3,000	900	500	4,400

※JR・京成千葉駅、JR 海浜幕張駅、JR 稲毛駅については千葉県 (2016) を引用。

※JR 蘇我駅については十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。

## 第12章 その他の被害

### 第1 概要

#### 1 震災廃棄物

建物の全壊・焼失棟数と、がれき発生量の推定式を用いて、**震災廃棄物\***の発生量を算出した。

#### 2 エレベータへの閉じ込め

揺れによる安全装置の作動による停止、故障による停止及び停電に伴う停止を考慮して、閉じ込めが発生し得るエレベータ台数を予測した。

#### 3 直接経済被害

直接経済被害として、被害を受けた施設及び資産について、復旧に要する費用の総額を、その施設・資産の損傷額と捉え、被害量に単位被害量当たりの予測復旧額を掛け合わせるにより復旧に要する費用の総額を予測した。

---

\*震災廃棄物：大規模な震災によって大量に発生するがれきや家財道具等の廃棄物。

## 第2 震災廃棄物

### 1 予測手法

建物の全壊・焼失棟数と、及び中央防災会議（2013b）の手法を用いて、震災廃棄物発生量の予測を行った。（図 12-2-1 参照）

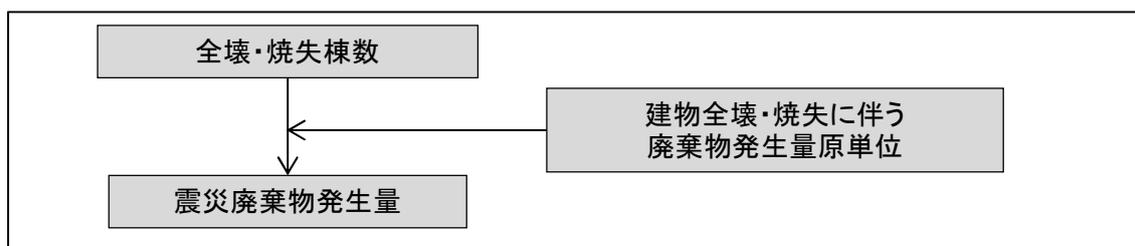


図 12.2-1 予測フロー（震災廃棄物）（中央防災会議（2013b）を一部修正）

「災害廃棄物対策指針」（環境省（2014）<sup>63</sup>）におけるがれき発生量の推定式は、以下の式で表される。

$$Q_1 = s \times q_1 \times N_1 \quad \text{————— (式12.2-1)}$$

$Q_1$ ：がれき発生量

$s$ ：1 棟当たりの平均延床面積（平均延床面積）（ $\text{m}^2/\text{棟}$ ）

$q_1$ ：単位床面積当たりのがれき発生量（原単位）（ $\text{t}/\text{m}^2$ ）

$N_1$ ：解体建築物の棟数（＝全壊・焼失棟数）（棟）

なお、1 棟当たりの平均延床面積は市内の建物データから表 12.2-1 のとおり設定し、単位床面積当たりのがれき発生量は表 12.2-2 のとおり設定した。また、重量から体積への変換にあたっては表 12.2-3 の換算係数を用いた。

表 12.2-1 1 棟当たりの延床面積（ $\text{m}^2/\text{棟}$ ）

木造	非木造
107	650

表 12.2-2 面積当たりがれき重量 (トン/㎡)

木造			鉄筋コンクリート造			鉄骨造		
可燃物	不燃物	合計	可燃物	不燃物	合計	可燃物	不燃物	合計
0.194	0.502	0.696	0.120	0.987	1.107	0.082	0.630	0.712

(非木造については鉄筋コンクリート造と鉄骨造の中間的な値として設定)

木造			非木造		
可燃物	不燃物	合計	可燃物	不燃物	合計
0.194	0.502	0.696	0.10	0.81	0.91

※出典：中央防災会議 (2013b)

表 12.2-3 重量から体積への換算係数 (m<sup>3</sup>/トン)

可燃物	不燃物
1.8	0.68

## 2 予測結果

震災廃棄物の発生量について、区単位で予測した。結果として、全市で約 265 万トン、約 245 万 m<sup>3</sup>(東京ドーム 2 杯分)の震災廃棄物が発生すると予測された(表 12.2-4)。最も発生量が多い区は中央区であり、約 71 万トン、約 64 万 m<sup>3</sup>の震災廃棄物が発生すると予測された。

表 12.2-4 震災廃棄物発生量 (冬 18 時、風速 8m/s)

区名	重量 (トン)	体積 (m <sup>3</sup> )
中央区	708,130	642,000
花見川区	555,830	527,170
稲毛区	441,920	421,260
若葉区	568,070	522,090
緑区	297,200	261,110
美浜区	80,340	71,820
<b>合計</b>	<b>2,651,500</b>	<b>2,445,450</b>

※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。

### 第3 エレベータへの閉じ込め

#### 1 予測手法

中央防災会議（2013b）の手法を基に、閉じ込めにつながり得るようなエレベータ停止が発生するエレベータ台数を算出した（図 12.3-1）。

エレベータ閉じ込め事故に関連する被害事象として、以下を取り扱った。

- (1) 地震時**管制運転\***中の安全装置優先作動に伴うエレベータ停止
- (2) 地震時管制運転装置の非設置・非作動で、揺れによる故障等に伴うエレベータ停止
- (3) 停電時自動着床装置が非設置で、地震による停電に伴うエレベータ停止

#### (1) 地震時管制運転中の安全装置優先作動に伴うエレベータ停止

地震時管制運転装置を設置しているエレベータでは、大きな地震動（加速度 80gal 以上）を検知すると管制運転装置が作動し、最寄りの階で停止し、ドアを開放する。ただし、このときドア開放を検知した場合は、安全装置が作動してドアが閉じたまま停止し、閉じ込めが発生する。

地震時管制運転中の安全装置優先作動に伴うエレベータ停止台数は、次式により求められる。

$$\text{地震時管制運転中の安全装置優先作動に伴うエレベータ停止台数} = \text{地震時管制運転装置作動に伴う停止台数} \times \text{ドア開放検知に伴う安全装置作動率}$$

————— (式 12.3-1)

ただし、

$$\text{地震時管制運転装置作動に伴う停止台数} = \text{全エレベータ台数} \times \text{地震時管制運転装置設置率} \times \text{地震動分布 (80gal を超えるかどうか)}$$

#### (2) 揺れによる故障等に伴うエレベータ停止

地震時管制運転装置を設置していないエレベータについては、大きな揺れにより損傷が発生した場合、故障等によりドアが閉じたまま停止し、閉じ込めが発生する。

揺れによる故障等に伴うエレベータ停止台数は、次式により求められる。

$$\text{揺れによる故障等に伴う停止台数} = (\text{全エレベータ台数} - \text{地震時管制運転装置作動に伴う停止台数}) \times \text{揺れによる故障率}$$

————— (式 12.3-2)

#### (3) 停電に伴うエレベータ停止

停電時自動着床装置を設置しているエレベータでは、停電が発生した場合、最寄り

---

\***管制運転**：エレベータについて、地震等の加速度を検知して、自動的にかごを昇降路の出入口の戸の位置に停止させ、かつ、当該かごの出入口の戸及び昇降路の出入口の戸を開くことなどができる運転機能。

の階に停止してドアを開放するが、設置していない場合に閉じ込めが発生する。

停電に伴うエレベータ停止台数は、次式により求められる。

$$\text{停電に伴う停止台数} = \{ \text{全エレベータ台数} - \text{地震時管制運転装置作動に伴う停止台数} - \text{揺れによる故障に伴う停止台数} \} \times \text{停電率} \times \text{停電時自動着床装置非設置率}$$

————— (式 12.3-3)

#### (4) 閉じ込めにつながるようなエレベータ停止が発生するエレベータ台数

(1)～(3)を合算することにより全エレベータ停止台数を求めることができる。

$$\text{閉じ込めにつながるようなエレベータ停止が発生するエレベータ台数} = \text{地震時管制運転中の安全装置優先作動に伴うエレベータ停止台数} + \text{揺れによる故障等に伴う停止台数} + \text{停電に伴う停止台数}$$

————— (式 12.3-4)

#### (5) 設定したパラメータ

エレベータへの閉じ込めの予測に必要なパラメータについては、表 12.3-1 のように設定した。

基本的には中央防災会議 (2013b) に従ったが、最新の値が入手可能なデータについては、更新した。

表 12.3-1 予測に用いた値 (パラメータ)

項目	値及び手法	出典
千葉県内の全エレベータ台数	26,458 台	日本エレベータ協会 (2016) <sup>64</sup>
千葉市内の全エレベータ台数	5,075 台 (エレベータ台数は人口集中地区 (DID) の人口に比例して分布するものと仮定し、全県と千葉市の平成 22 年 DID 人口比より求めた。)	国土数値情報 人口集中地区データ
区ごとの全エレベータ台数	5 階以上の非木造建物棟数比より求めた。	—
地震時管制運転装置設置率	67.7% (490,955 台/全国 724,854 台)	日本エレベータ協会 (2016)
ドア開放検知に伴う安全装置作動率	0.114% (2005 年千葉県北西部地震における実績: 緊急停止した 64,000 台中 73 台で閉じ込めが発生)	藤田 (2006) <sup>65</sup>
揺れによる故障率	震度 6 強: 22% 震度 6 弱: 15% 震度 5 強: 8%	火災予防審議会・東京消防庁 (1999) <sup>66</sup>
停電時自動着床装置非設置率	68.4%	中央防災会議 (2008) <sup>67</sup> : 日本エレベータ協会の東京 23 区における調査資料

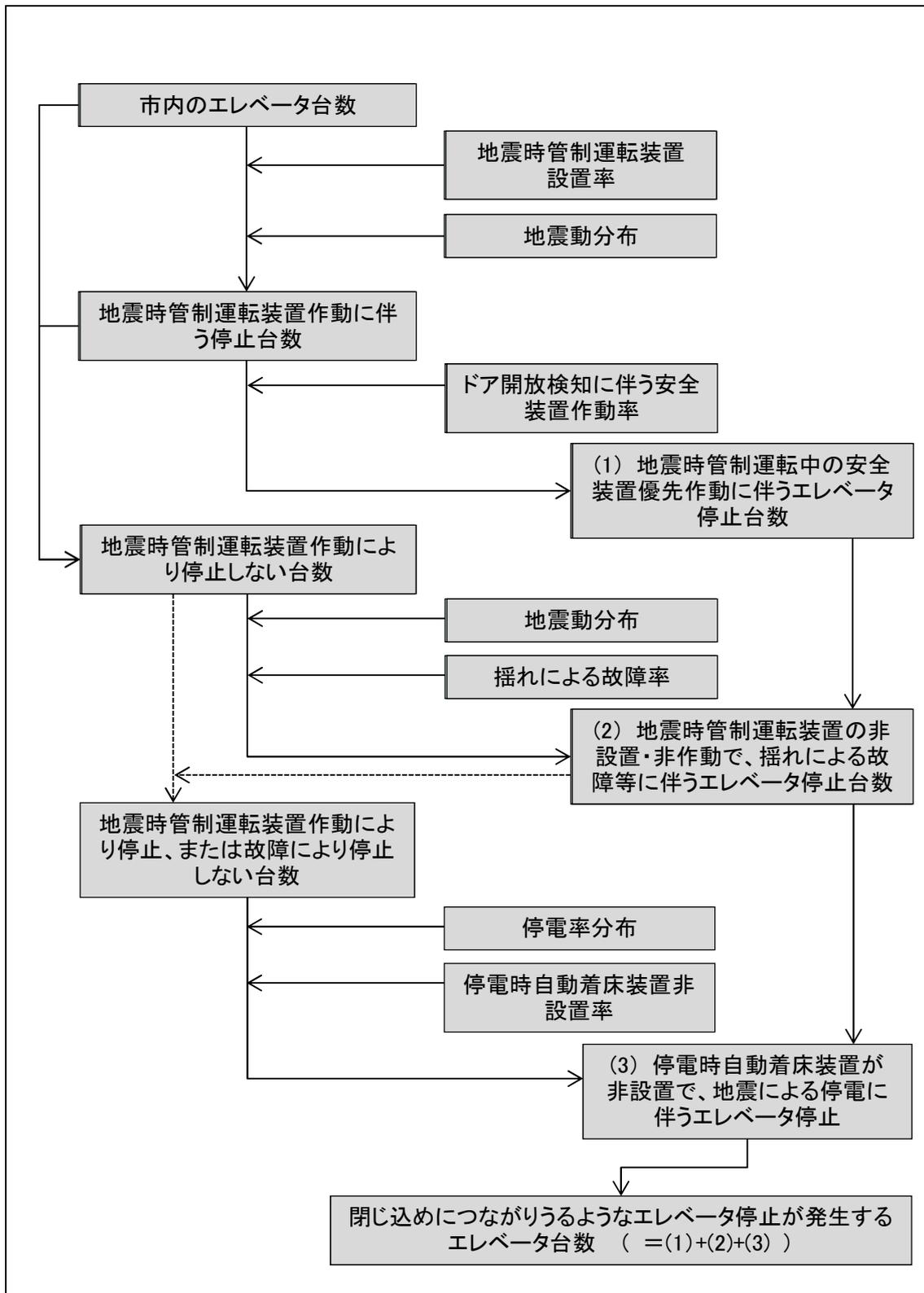


図 12.3-1 予測フロー（エレベータへの閉じ込め）

（中央防災会議（2013b）を一部修正）

## 2 予測結果

エレベータへの閉じ込めについて予測を行った（表 12.3-2）。

全エレベータ約 5,000 台のうち約 1,100 台のエレベータで閉じ込めにつながり得るエレベータ停止が発生すると予測された。

表 12.3-2 エレベータ停止台数

区名	全エレベータ 台数	安全装置作 動停止台数	揺れによる 停止台数	停電に伴う 停止台数	全停止台数	停止率
中央区	1,736	1	110	280	391	22.5%
花見川区	864	1	51	143	195	22.6%
稲毛区	618	0	41	102	143	23.1%
緑区	259	0	18	42	60	23.2%
若葉区	192	0	9	30	39	20.3%
美浜区	1,406	1	83	233	317	22.5%
<b>合計</b>	<b>5,075</b>	<b>3</b>	<b>312</b>	<b>830</b>	<b>1,145</b>	<b>22.6%</b>

## 第4 経済被害

### 1 予測手法

各種の被害想定結果を勘案して、被災後の市域の**直接経済被害\***を想定した。中央防災会議（2013c）<sup>68</sup>による予測手法を基本とし、**原単位\***は千葉県（2016）のものを用いた。

#### （1）基本的な考え方

被害を受けた施設及び資産について、復旧に要する費用の総額を、その施設・資産の損傷額と捉え、被害量×復旧額の原単位によって直接経済被害額を予測した（図12.4-1）。

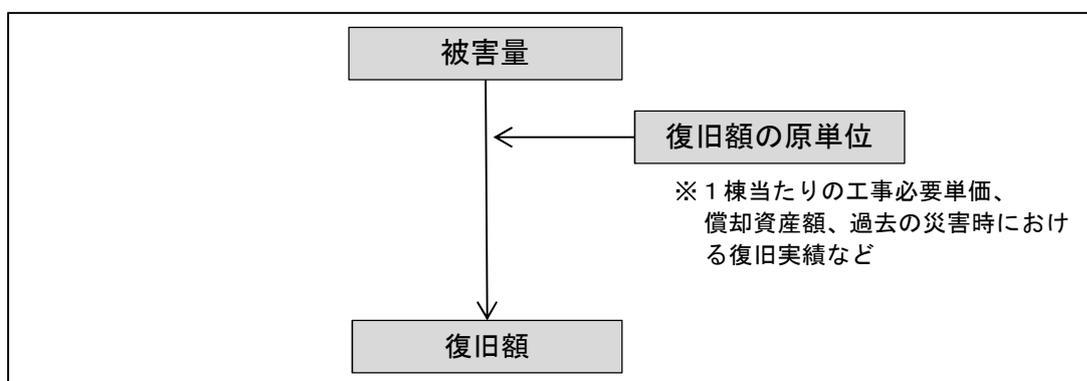


図12.4-1 予測フロー（直接経済被害額）

#### （2）被害予測手法

各施設・資産の復旧額を下記の①×②によって算出した。直接経済被害額は、復旧に要する金額を考えると、基本的には「再調達価額」を原単位として用いた。

\***直接経済被害**：住宅等の建物、交通施設及びライフライン施設等の被害による経済的被害。地震による経済的被害としてはこの他に、経済活動の停滞や機会損失などによって生じる間接経済被害がある。

\***原単位**：被害量1単位を復旧するために必要な金額。被害量に原単位を乗じることにより復旧に必要な金額が求められる。

表 12.4-1 (1) 直接経済被害の種類及び対象とする被害量 (1/2)

施設・資産の種類	①復旧額計算の対象とする被害量	②使用する原単位	
住宅	全壊棟数 +半壊棟数×0.5 (住宅)	新規住宅1棟当たり工事必要単価(木造・非木造別)	木造住宅1棟当たり単価 =1,948万円 非木造住宅1棟当たり単価 =9,154万円
オフィスビル等	全壊棟数 +半壊棟数×0.5 (非住宅)	新規非住宅1棟当たり工事必要単価(木造・非木造別)	木造非住宅1棟当たり単価 =3,016万円 非木造非住宅1棟当たり単価 =15,542万円
家財	(全壊率+1/2半壊率)×世帯数 (住宅)	1世帯当たりの家財評価額	家財評価額 =1世帯平均918万円
その他償却資産*	(全壊建物率+1/2半壊建物率)×全棟数 (非住宅)	1棟当たりの償却資産額	1棟当たりの非木造非住宅償却資産復旧額 =市償却資産額(1.67兆円) <sup>※1</sup> /全棟数(非住宅)
在庫資産*	(全壊建物率+1/2半壊建物率)×全棟数 (非住宅)	1棟当たりの棚卸資産額	1棟当たりの非木造非住宅棚卸資産被害額 =市在庫資産額(0.77兆円) <sup>※2</sup> /全棟数(非住宅)

※1:市償却資産額については、従業者1人当たり業種別資産価値評価額(千葉県(2008)) (表12.4-2)及び千葉市内の業種別従業者数(平成26年度経済センサス基礎調査)(表12.4-3)より求めた。

※2:市在庫資産額については、従業者1人当たり業種別在庫資産評価額(千葉県(2008)) (表12.4-2)及び千葉市内の業種別従業者数(平成26年度経済センサス基礎調査)(表12.4-3)より求めた。

\***償却資産**:事業のために使用する資産のうち、土地や家屋を除いた構築物、機械・器具、船舶・航空機、車両・運搬具、備品・工具などの物。固定資産税の一種である償却資産税が課せられる。

\***在庫資産**:販売する目的で一時的に保有している商品、製品、仕掛品、原材料等の、会社の本来の生産、販売、管理活動に必要な資産。

表 12.4-1 (2) 直接経済被害の種類及び対象とする被害量 (2/2)

施設・資産の種類		①復旧額計算の対象とする被害量	②使用する原単位	
ライフライン	上水道	上水道機能支障人口 (人)	人口当たり復旧額	16,000 円/人
	下水道	管路：被害延長 (m)	管路：被害延長当たり 復旧額	55.3 万円/m
	電力	停電件数	1 件当たり復旧額	90,000 円/件
	通信	不通回線数 (固定回線)	回線当たり復旧額	40 万円/回線
	都市ガス	供給停止戸数	世帯当たり復旧額	22 万円/世帯
交通施設	道路	道路橋脚の被害箇所数	箇所当たり復旧額	大規模損傷： 1.907 億円/箇所 小規模損傷： 0.275 億円/箇所 中規模損傷：両者 の平均値

表 12.4-2 従業者 1 人当たり業種別資産価値評価額及び在庫資産評価額  
(千葉県 (2008))

業種	償却資産 (千円)	在庫資産 (千円)
建設	1,390	4,169
製造	4,350	5,071
運輸通信	7,627	658
卸小売	2,176	2,727
金融保険	3,667	465
不動産	19,893	12,093
サービス	3,667	465

表 12.4-3 千葉市内の業種別従業者数 (平成 26 年度経済センサス基礎調査)

業種	従業者数
建設	29,704
製造	26,724
運輸通信	38,621
卸小売	89,075
金融保険	15,090
不動産	11,468
サービス	202,617

## 2 予測結果

経済被害について予測を行った（表 12.4-4）。

全市で直接経済被害は約 2.3 兆円と予測された。

主な被害は、建物被害が約 1 兆 800 億円、家財被害が約 6,600 億円となる。

表 12.4-4 直接経済被害の予測結果

直接被害内訳		億円
建物被害	住宅	8,140
	非住宅	2,690
家財被害		6,630
償却資産被害		2,450
棚卸資産被害		1,120
ライフ ライン	上水道	120
	下水道	90
	電力	220
	通信	560
	都市ガス	490
交通施設	道路	70
合計		22,570

※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。

### 第13章 建物の耐震化等による被害軽減効果の推計

地震による被害に対する予防対策として、建物の耐震化、家具転倒防止対策及び出火防災対策を実施した場合を想定し、建物被害・人的被害の被害軽減効果について予測した。

#### 第1 建物の耐震化

現状の本市の住宅の耐震化率は86.2%（平成27年度末推計値<sup>69</sup>）である、旧耐震基準の建物の建て替えや耐震補強等が行われ、95%（第2次千葉市耐震改修促進計画の平成32年度末目標耐震化率）・100%の建物が耐震化された場合の被害軽減効果を予測した。

予測手法については、全ての建物が耐震化されたとしてまず耐震化率100%のケースを計算し、**線形補間\***により耐震化率95%のケースを計算した。

建物の耐震化が95%になった場合の被害軽減効果は、揺れによる全壊棟数が17,140棟から8,000棟に、建物倒壊等による死者数が冬5時で1,030人から470人に、重傷者数が1,710人から790人に減少すると予測された。

表 13.1-1 建物の耐震化が促進された場合の被害軽減効果

項目	被害予測結果	耐震化率 95%	耐震化率 100%
揺れによる全壊棟数	17,140 棟	8,000 棟	2,800 棟
建物倒壊等 <sup>※</sup> による死者数（冬5時）	1,030 人	470 人	160 人
建物倒壊等 <sup>※</sup> による重傷者数（冬5時）	1,710 人	790 人	270 人

※建物倒壊、屋内収容物移動・転倒、屋内落下物、屋内ガラス被害の合計

※一の位を四捨五入して表示。

#### 第2 家具転倒防止対策

現状の本市の家具転倒防止対策の実施率は18.8%（平成24年千葉市インターネットモニターアンケート調査結果「災害への備え」についてを参考にして設定）であるが、予防対策についての啓発が進み、実施率が65%（千葉県地震防災戦略<sup>70</sup>の目標）・100%となった場合の被害軽減効果を予測した。

家具の転倒防止対策実施率が65%になった場合の被害軽減効果は、屋内収容物等による死者数が冬5時で140人から60人に、重傷者数が510人から220人に減少すると予測された。

\*線形補間：2つの量  $a$  と  $b$  があつた時に、 $a$  の増加量に対する  $b$  の増加量が一定だと仮定して、既知の  $a$  の値から未知の  $b$  の値を求めること。

表 13. 2-1 家具転倒防止対策が促進された場合の被害軽減効果

項目	被害予測結果	実施率 65%	実施率 100%
屋内収容物等※による 死者数（冬 5 時）	140 人	60 人	0 人
屋内収容物等※による 重傷者数（冬 5 時）	510 人	220 人	0 人

※屋内収容物移動・転倒、屋内落下物、屋内ガラス被害の合計

※一の位を四捨五入して表示。

### 第 3 出火防止対策

中央防災会議（2013d）<sup>71</sup>は、出火を防止するための防災・減災対策として、「電熱器具等からの出火を防止する**感震ブレーカー等\***の設置」「家庭用消火器等の消火資機材保有率の向上、消火訓練の実施、家具類の転倒・落下防止等の消火活動を可能とする空間の確保等による初期消火成功率の向上」を挙げている。

中央防災会議（2013e）<sup>72</sup>によれば、これらの対策が実施された場合の被害軽減効果は、感震ブレーカー等が 100%設置されて電気出火が防止された場合には、焼失棟数及び死者数が約半分減少するとしている。さらに、これと併せて初期消火率の向上等が実施された場合には、焼失棟数及び死者数が 9 割以上減少するとしている。

仮に中央防災会議（2013e）と同じ割合の出火防止効果があるとした場合、感震ブレーカー等を 100%設置した場合の千葉市直下地震（冬 18 時・風速 8m/s）による焼失棟数は 3,270 棟に、死者数は 70 人となると想定される。また、これと併せて初期消火率の向上等が実施された場合の千葉市直下地震による焼失棟数は 160 棟に、死者数は 3 人となると想定される。

表 13. 3-1 出火防止対策が促進された場合の被害軽減効果

項目	被害予測結果	感震ブレーカー 等設置率 100%	感震ブレーカー 等設置率 100%+ 初期消火率向上
火災による焼失棟数 （冬 18 時・風速 8m/s）	5, 880 棟	3, 270 棟	160 棟
火災による死者数 （冬 18 時・風速 8m/s）	120 人	70 人	3 人

※中央防災会議（2013e）と同じ割合の被害軽減効果があると仮定した場合

※一の位を四捨五入して表示。

\***感震ブレーカー等**：感震機能付きの分電盤のほか、コンセントタイプや簡易タイプを含め、地震の揺れを感知し電力供給を遮断する機器全般を示す。

## 第14章 災害シナリオの作成

前章までの被害想定結果に基づき、千葉市直下地震（M7.3）が発生した場合における市の被害様相及び対応について、時間経過に即して災害シナリオとして作成した。

### 第1 シナリオの作成方法

#### 1 対象地震

災害シナリオは、表 14.1-1 に示した対象地震、時刻及び風速の想定結果を用いて作成した。夕飯時で火気の使用が多く、火災被害が最も大きくなるケースである。また、帰宅ラッシュ時で帰宅困難者が多く発生するとともに、日没後の発災のため、被害状況の把握がきわめて困難になるケースである。

表 14.1-1 対象地震・時刻・風速

項目	内容
地震	千葉市直下地震（M7.3）
時刻	冬 18 時
風速	8m/s

#### 2 シナリオの期間

シナリオの期間は、千葉市業務継続計画＜地震対策編＞（平成 27 年 3 月）（以下「千葉市 BCP」という。）に準じて、表 14.1-2 に示した局面別にとりまとめた。ただし、千葉市 BCP は第 6 局面（1 か月程度）までとしているが、災害対応には 1 か月後も対応すべき事項があるため、第 6 局面の後の時間区分を追加した。

表 14.1-2 各局面の設定

局面	時間区分	設定の考え方
第 1 局面	地震発生から 3 時間程度	発災直後の人命救助・火災対応や災害応急活動体制の立ち上げを行う。
第 2 局面	発災後 3 時間から 24 時間程度	人命救助・火災対応を継続するとともに、災害応急活動を開始するほか、避難所の開設・運営を行う。
第 3 局面	発災後 24 時間から 72 時間程度	人命は、72 時間が経過すると生存率が急激に低下するため、最優先に人命救助を行うとともに、避難所の生活環境の向上等を行う。
第 4 局面	発災後 4 日から 7 日程度	被災者への救援救助を継続するとともに、被災者に対する生活支援を開始する。また、行政機能の回復に向けた取り組みを進める。
第 5 局面	発災後 8 日から 2 週間程度	被災者の生活環境の向上を図るとともに、インフラの復旧に向けた準備等を開始する。
第 6 局面	発災後 3 週間目から 1 か月程度	復旧・復興期に移行し、インフラの復旧を開始するとともに、被災者に対する各種の生活再建支援を行う。
※	発災後 1 か月以降	復旧・復興対応、生活再建支援を継続するとともに、避難者の減少に合わせて避難所の閉鎖、長期にわたるメンタルケアなどを行う。

※千葉市 BCP に「発災後 1 か月以降」を追加

### 3 シナリオの種類及び項目

#### (1) 被害シナリオ

被害想定の項目に準じて、被害状況の概略について記載した。被害想定結果から、定量データに基づく被害像に加え、過去の地震災害やその課題を踏まえて定性的な被害像を記載した。

#### (2) 対応シナリオ

(1) で作成した被害シナリオから想定される応急対策ニーズの変化を表 14.1-3 の項目別に整理した。各応急対策業務については、千葉県 BCP、千葉県地域防災計画（平成 27 年 3 月修正）から抽出するとともに、過去の地震災害を踏まえて記載した。

表 14.1-3 記載項目

項目	
災害対策本部の活動	物資供給
外部からの応援受入れ	住宅対策
消防・救急救助活動	交通対策
医療・救護、保険・防疫	ライフライン・公共施設
避難対策	環境対策
要配慮者	その他

### 第2 シナリオの作成結果

作成した被害シナリオを表 14.2-1 に、対応シナリオを表 14.2-2 に示した。

なお、震源や地震の規模、発生時期、時刻等が異なれば、被害状況も異なることに留意するとともに、実際の地震時には、応急対策ニーズに応じて臨機に対応していくことが必要である。

表 14.2-1 被害シナリオ (千葉市直下地震 M7.3 冬 18時 風速 8m/s) (●: 定量データに基づく被害像 ○: 定性的な被害像)

		第1局面	第2局面	第3局面	第4局面	第5局面	第6局面				
		18:00~	21:00~	翌6:00~	24時間~	4日目~	8日目~	3週間目~	※1か月後~	~数年後	
<b>地震動</b>		●冬の平日18時頃、千葉市直下を震源とするマグニチュード7.3規模の地震が発生 ●千葉市全域で最大震度6強の揺れを観測	○最大震度5弱~6弱の余震が発生	○余震が頻発			○余震が次第に減少				
<b>建物被害</b>	<b>揺れ</b>	●中央区、花見川区、稲毛区、若葉区を中心に揺れによる建物倒壊が市域に広く発生 ●市全体で揺れにより全壊17,140棟、半壊24,920棟発生(全建物の約2割が揺れにより半壊以上の被害を受ける)	○余震により、被害が進行する								
	<b>液状化</b>	●中央区、美浜区の埋立地、河川沿いや谷筋を中心に液状化による被害が発生 ●市全体で液状化により、全壊270棟、半壊1,930棟発生									
	<b>急傾斜地崩壊</b>	●市の広い地域(美浜区以外)で急傾斜地崩壊が発生 ●中央区、花見川区、若葉区を中心に、急傾斜地崩壊により全壊9棟、半壊20棟発生	○余震や降雨等でさらに急傾斜地崩壊が発生								
	<b>火災</b>	○夕食時の火気使用等による出火 ●中央区、稲毛区、花見川区をはじめとして市域で火災が発生 ●市全域で68件出火し、42件が炎上	●炎上した火災42件のうち10件が消防機関の活動により、消火あるいは自然鎮火 ●32件が延焼	○消防機関による消火を継続するが、消防力の不足、風の影響等によりさらに延焼	○電力の復旧により、通電火災が発生 ●さらに延焼し、全焼棟数は5,880棟に達する ○鎮火						
<b>人的被害</b>		●広域で人的被害が発生(被害合計: 死者880人、重傷者1,600人、軽傷者7,370人)し、中央区、花見川区、稲毛区、若葉区は、それぞれ200人前後の死者が発生する ●死者数のうち、建物倒壊に起因するものが約75%を占める ●建物倒壊により、死者660人、重傷者1,000人、軽傷者3,600人発生 ●急傾斜地崩壊により死者1人発生 ●屋内収容物の移動・転倒、屋内落下物、屋内ガラス被害により、死者80人、重傷者350人、軽傷者1,330人発生 ●ブロック塀・自動販売機等の転倒、屋外落下物により、死者10人、重傷者200人、軽傷者2,320人発生 ○建物等の下敷きになり、自力脱出困難者が発生 ○中央区、美浜区を中心にエレベーターが一部停止し、閉じ込めが発生	○夜間時のため要救出者の救助活動が遅れる ○死傷者、要転院患者への対応能力の不足 ○重傷者・要転院患者に対する病床が不足 ●火災により、死者120人、重傷者50人、軽傷者120人発生	○気象条件や地理条件により、救助が難航・長期化する ○救出活動の収束後、遺体捜索・埋火葬対応へ移行するが、遺体安置所が不足する							
<b>ライフライン</b>	<b>電力</b>	●ほぼ市全域で停電する(市域の約9割が停電、停電軒数526,450軒)		●市域の約5割が回復する(停電率46%)	●停電率14%まで回復	●概ね復旧作業が完了(全市の1%で停電)					
	<b>上水道</b>	●市全域の半数以上で断水となる(給水人口の約65%が支障、機能支障人口609,720人)		○応急給水活動の実施 ●市域の62%で依然として断水	○基幹管路の復旧が進む ●市域の56%で断水	●市域の半数近くが依然として断水(断水率44%)		●全市の断水率が1割をきるまで復旧作業が進む(断水率8%)			
	<b>下水道</b>	●下水道への被害は、処理人口の約4%で機能支障、機能支障人口33,110人 ○機能支障率は高くないが、上水道が使用できない地域はトイレ等の使用も不可能となる	○ライフライン断絶による生活支障が発生 ○災害対策本部や病院等におけるライフラインのバックアップ機能(電気、水・食料、燃料等)が限界を超え、様々な活動支障が発生 ○ライフライン復旧要員及び資機材の不足	●市域の3%で機能支障	○管渠・処理場等の応急対策が進められる ●市域の3%で機能支障	●市域の2%で機能支障	●下水道の応急復旧が概ね完了(機能支障率1%)				
	<b>通信</b>	●ほぼ市全域で固定電話の通信機能支障発生(市域の約9割が支障、機能支障275,510回線) ○携帯電話は、ほぼ全市で非常につながりにくい状態となる ○携帯電話の充電がなくなる		●市域の支障率46%であり、約半数が回復	○代替手段により、限定的に通信が確保される ●市域の14%で機能支障	●通信回線の復旧作業は概ね完了					
	<b>ガス</b>	●都市ガスの供給エリアの65%でガス供給停止が生じる(調定停止戸数261,755戸、復旧対象戸数234,676戸)		●市域の60%で機能支障	●市域の51%で機能支障	●市域の40%で機能支障	●市域の20%で機能支障	●都市ガスの復旧作業が完了			
<b>交通</b>	<b>道路</b>	●市全域で道路閉塞が発生し、市域の13.6%の路線で道路閉塞率20%以上となり、通行をあきらめる人の割合が高くなる ○液状化による道路陥没等による道路閉塞が発生	○細街路の閉塞により応急活動に支障 ○道路閉塞、緊急輸送道路の交通規制、車利用の帰宅困難者や避難者の増加により、大規模な交通渋滞が発生	○緊急輸送道路が概ね復旧 ○一部の地域での日常生活、経済活動の再開により、交通渋滞が激化							
	<b>鉄道</b>	○点検により全線で運転見合わせ ○点検後、京成千原線は運行 ●鉄道被害により、市域を通過する路線では京成千原線を除く路線で運休	○不通となったエリアは、応急復旧作業や被害状況の把握及び復旧作業開始	●JR外房線、JR内房線は復旧	●JR総武本線、JR京葉線、京成線は復旧 ○道路復旧後、バスによる代替輸送が開始	●JR総武線、京成千葉線の復旧に時間を要するが、全線で復旧					
<b>生活への影響</b>	<b>避難者</b>	●建物被害世帯を中心に避難者が発生 ○避難路の閉塞や避難時の混乱による二次被害発生 ○天井等非構造部材や設備破損等で一部避難所が使用不能 ○避難所開設時に混乱が発生	○余震への恐怖心から就寝のため、また、余震等の不安から避難所へ避難する住民が増える ○避難所におけるベットの問題が発生する ○避難者の携帯等のバッテリーが切れる ○学校のグラウンドが自動車で満杯になる ○帰宅困難者等の区別がつけられず混乱	●ライフライン途絶のため避難者数が増加(全避難者数30万人、避難所避難者数18万人、避難所外避難者12万人) ○避難所に入らず混乱 ○避難者数、車中泊等避難所外避難者数の把握が困難	○生活環境の悪化が深刻化 ○入浴施設の不足 ○親戚等を頼り、市外避難、疎開者が発生 ○避難者の一部でエコノミー症候群等により健康悪化 ○避難者による避難所の自主運営:当初は混乱 ○就労・就学場の喪失	●避難所避難者12万5千人、避難所外避難者12万5千人 ○学校再開に向けて、避難所集約 ○仮設住宅必要戸数の把握が難航 ○震災関連死の発生 ○心のケアを要する	●1か月後の避難所避難者は42,410人と依然として多く、中央区、花見川区、稲毛区、若葉区の避難所避難者8千~1万人 ○ライフライン復旧・自宅の修理完了により帰宅 ○仮設住宅への移動を開始 ○公営住宅の建設用地の不足 ○仮設住宅にてコミュニティ形成が難航				
	<b>要配慮者</b>	○避難行動要支援者の安否確認や避難支援が必要 ○避難所に避難する要配慮者の把握及び生活支援を要する	○在宅の避難行動要支援者の安否確認等のための人員が不足 ○要配慮者が避難所内で適切に生活するための場所及び支援を確保することが困難	○透析患者等内部障がい者への医療対応の難航 ○避難所内で要配慮者へのケアが行き渡らず、要配慮者の負担が大きくなる ○拠点福祉避難所の不足	○慢性疾患の悪化		○高齢者等における入院(病院)・入所(福祉施設)の長期化 ○生活再建が困難な高齢者等が避難所に残される				
	<b>帰宅困難者</b>	●鉄道の停止により、主要駅で帰宅が困難となる通学・通勤者等が発生(JR・京成千葉駅:31,300人、JR海浜幕張駅:27,000人、JR稲毛駅:10,100人、JR蘇我駅:4,400人) ○ターミナル駅周辺で避難場所、物資、トイレ等の不足	○鉄道の運休決定による帰宅困難者が駅周辺の避難所やホテル等に移動 ○徒歩帰宅者により道路が混乱	○鉄道の復旧により、徐々に帰宅困難者が減少	○バスによる代替輸送を開始し、帰宅困難者の帰宅支援						
	<b>物資</b>		○備蓄物資で対応するが、避難所によっては不足する避難所が発生する ○避難者に対するトイレの数が足りず、避難所のトイレに長蛇の列ができる ○高齢者、乳幼児、女性等に配慮した物資不足 ○買占めが生じ、スーパー等で飲食物等の売切れ発生	○車など避難所以外での避難者が多数おり、物資必要量の把握が困難 ○道路被害、ガソリン不足等により物資供給が滞る ○備蓄食料の不足	○国・県からの物資が大量に届き、物資の仕分け、集積場所から避難所への配送が滞る ○避難所では保管スペースが不足する	○ライフラインの復旧に伴い食品のニーズが変化する ○食糧や物資等の余剰分が発生し始める					
	<b>震災廃棄物</b>	○道路上などに障害物が発生し、家屋だけでなく、自動車、樹木・材木等も震災廃棄物となる		○全壊した建物を中心に廃棄物が発生 ○発生した廃棄物を処理するための輸送力、集積場所の確保が必要 ●265万トンのがれき(震災廃棄物)が発生			○周辺環境への汚染のおそれ、オープンスペースの不足などが課題				
<b>その他被害</b>	<b>エレベーター</b>	●中央区、美浜区等を中心にエレベーターが停止し、全市で1,145台のエレベーターが停止	○閉じ込め者の救出が難航	○高層ビル等では、ライフライン停止に伴う生活支障							
	<b>経済</b>	●直接経済被害額:約2.3兆円									

表 14.2-2 対応シナリオ（千葉市直下地震 M7.3 冬 18時 風速 8m/s）

		第1局面	第2局面		第3局面	第4局面	第5局面	第6局面		
		18:00～	21:00～（夜間）	翌6:00～（朝方）	24時間～	4日目～	8日目～	3週間目～	※1か月後～	
災害対策本部の活動		<ul style="list-style-type: none"> <li>○災害対策本部の設置</li> <li>○第4配備体制（自動配備）、職員の自主参集</li> <li>○本部員会議の運営</li> <li>○防災指令等の伝達</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○職員の安否確認</li> <li>○庁舎の被害調査</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○職員の食料等の調達</li> <li>○職員の負傷状況の確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○職員交代要員の確保、体調管理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○視察者（見舞者）への対応</li> <li>○災害救助法の適用：救助法に基づく救助の実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○応急活動体制の調整（応援職員との調整）</li> <li>○災害関係経費の出納</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○災害対策従事職員の公務災害補償等</li> <li>○災害復旧計画策定</li> <li>○被災地の建築制限等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○災害復興に係る都市計画</li> <li>○職員等へのメンタルヘルスマネジメント</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○災害対策本部の廃止</li> </ul>
	情報通信、情報収集・伝達	<ul style="list-style-type: none"> <li>○電子情報・システム等の保全</li> <li>○通信回線・通信機器の確保</li> <li>○防災行政無線の運用・統制</li> <li>○災害関連情報の収集・伝達（県への報告を含む）</li> <li>○報道機関への情報提供及び報道要請</li> <li>○市民への災害広報（HP、SNS等）</li> <li>○災害広聴（コールセンターの設置、ちばレボシステムの運営）</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○災害に係る相談（本庁への相談窓口の設置）</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○災害に係る相談（避難所への臨時市民相談所、区への災害相談窓口の設置）</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○広報紙誌の編集及び発行</li> </ul>		
外部からの応援受入れ		<ul style="list-style-type: none"> <li>○消防相互応援及び緊急消防援助隊の要請</li> <li>○自衛隊の派遣要請</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○応援部隊の誘導・受入れ（消防、自衛隊）</li> <li>○応援職員の要請</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ボランティアセンターの設置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○他都市応援職員の受入れ</li> <li>○ボランティアの受入れ及び連絡調整</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○義援金の受入れ</li> <li>○義援金の受付・保管</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○応援職員等の撤収</li> </ul>
消防・救急救助活動		<ul style="list-style-type: none"> <li>○消火活動、広報活動、巡回警戒</li> <li>○救急及び被災者の救助</li> <li>○危険物製造所等の被害状況等の確認</li> <li>○消防団との活動連携</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>○ヘリによる被害情報収集</li> <li>○火災原因等調査</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○身元不明遺体の対応</li> <li>○行方不明者の捜索受付等</li> <li>○死体等の処理（死体安置所の設置、納棺用品の確保等）</li> </ul>				
医療・救護保健・防疫		<ul style="list-style-type: none"> <li>○市医療対策本部の設置</li> <li>○病院災害対策本部の設置及び運営</li> <li>○院外負傷者の受入れ</li> <li>○所管施設の安全確認等</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○被災者の医療、助産、救護</li> <li>○救護所の開設及び運営</li> <li>○医薬品及び衛生資材等の確保</li> <li>○防疫活動</li> <li>○飲料水及び食品の衛生</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○避難所等での保健活動</li> <li>○後方医療機関への搬送</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○動物救護活動等の実施</li> <li>○公衆浴場の確保</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○OPTSDへのケア実施</li> </ul>	
避難対策		<ul style="list-style-type: none"> <li>○来訪者等の安全確保</li> <li>○所管施設の安全確認等</li> <li>○警戒区域の設定</li> <li>○避難勧告・指示の伝達</li> <li>○避難者の誘導及び収容</li> <li>○帰宅困難者対策</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○避難所の開設及び運営</li> <li>○一時滞在施設の開設</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○避難者数の把握</li> <li>○備蓄品の配布</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○帰宅困難者への帰宅支援</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○住民の安否確認・提供</li> <li>○避難所でのプライバシー確保、要配慮者や女性への配慮等</li> <li>○救援物資等の受入れ及び配付</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○炊き出し設備等の運用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○学校再開に向けて避難所の集約</li> <li>○災害見舞金の支給</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○災害弔慰金の支給</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○仮設住宅入居等により避難所の閉鎖</li> </ul>
要配慮者		<ul style="list-style-type: none"> <li>○避難行動要支援者の避難支援</li> <li>○児童生徒等の安全確保（保育所、こどもルーム）</li> <li>○要配慮者の安否・状況確認等</li> <li>○児童生徒等の引渡し（保育所、こどもルーム）</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○避難所における要配慮者支援</li> <li>○千葉市災害時外国人支援センターへの支援、外国人対応</li> <li>○災害時保育（児童・職員の安否確認、施設の被害調査）</li> <li>○社会福祉施設の被害状況の把握</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○在宅避難の要配慮者対策</li> <li>○拠点福祉避難所の開設及び運営支援</li> <li>○災害時保育（保育の継続）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○女性相談窓口の設置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○こころのケア</li> </ul>		
物資供給		<ul style="list-style-type: none"> <li>○避難所初動対応用備蓄品（食料・簡易トイレ等）の活用</li> <li>○車両の調達</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○物資調達体制の確立</li> <li>○集積場所の開設</li> <li>○緊急輸送の実施</li> <li>○燃料の調達</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○応急給水対策</li> <li>○拠点備蓄倉庫等からの物資の輸送</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○集積場所の管理・運営</li> <li>○緊急生活必需物資等の調達</li> <li>○プッシュ型支援への対応（受入体制の整備）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○義援品・救援物資等の管理</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○集積場所の閉鎖</li> </ul>	
住宅対策						<ul style="list-style-type: none"> <li>○住宅等の応急復旧に関する相談及び指導</li> <li>○応急危険度判定の実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○被災宅地危険度判定の実施</li> <li>○被害認定調査</li> <li>○被災台帳の作成</li> <li>○り災証明書の申請受付</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○り災証明書の発行</li> <li>○応急仮設住宅の建設・管理</li> </ul>		
交通対策		<ul style="list-style-type: none"> <li>○緊急輸送道路等のパトロール・報告</li> <li>○鉄道等の被害状況、運行状況等の情報収集</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○緊急輸送道路などの通行確保</li> <li>○港湾関係機関との連絡調整</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○鉄道等の被害状況、運行状況等の情報の周知</li> <li>○緊急輸送道路の啓開作業</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○道路・橋梁等道路施設の災害復旧</li> </ul>		
ライフライン・公共施設		<ul style="list-style-type: none"> <li>○水門等の警戒及び操作</li> <li>○所管施設の被害状況等の確認</li> <li>○ライフライン事業者（電気・水道・ガス）による各施設の被害状況等の確認</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○農業集落排水施設の応急復旧</li> <li>○公共下水道の応急復旧</li> <li>○都市下水道及び排水路の応急復旧</li> <li>○ライフライン事業者（電気・水道・ガス）による応急復旧</li> <li>○河川、土砂災害危険箇所の緊急調査・報告</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○資機材、燃料等の調達</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○各施設の災害復旧</li> </ul>		
環境対策			<ul style="list-style-type: none"> <li>○大気汚染、水質汚濁等の調査</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○仮設トイレの設置</li> <li>○し尿の収集・処理</li> <li>○清掃施設の災害予防及び災害復旧</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ごみの収集・処理</li> <li>○がれきの処理計画作成</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○仮置き場の確保</li> <li>○震災廃棄物の処理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○仮設トイレ等の撤去</li> </ul>		
その他	教育	<ul style="list-style-type: none"> <li>○避難所開設・運営への協力</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○学校施設等の被害調査及び災害復旧（児童生徒等・職員の安否確認、施設の被害調査）</li> <li>○文化財の被害調査及び災害復旧</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>○児童・生徒のこころのケア</li> <li>○授業再開の準備</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○授業の再開</li> <li>○学用品等の支給</li> <li>○学校給食の確保</li> </ul>	
	経済・産業			<ul style="list-style-type: none"> <li>○商工業関係の被害調査</li> <li>○地方卸売市場開場の判断</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○農作物、家畜等の被害調査</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○中小企業の経営相談</li> <li>○中小企業の災害復旧資金融資及び金融相談</li> </ul>			
	優先的通常業務（BCPより）					<ul style="list-style-type: none"> <li>○戸籍に係る届の審査受理業務</li> <li>○埋葬及び火葬の許可業務</li> <li>○虐待相談等業務</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○市税の賦課・徴収業務</li> <li>○母子健康手帳の受付業務</li> <li>○国民健康保険被保険者資格業務</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○職員の健康管理</li> <li>○予算及び経理関係業務</li> <li>○文書の收受・発送・保存業務</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○児童手当支給業務</li> <li>○保育所等の入所・利用の決定業務</li> <li>○生活保護費支給業務</li> </ul>	

## 参考文献

- <sup>1</sup>千葉市 (2008) : 千葉市地震ハザードマップ作成業務委託報告書, 平成 20 年 12 月.
- <sup>2</sup>内閣府 (2013) : 首都直下の M7 クラスの地震及び相模トラフ沿いの M8 クラスの地震等の震源断層モデルと震度分布・津波高等に関する報告書, 内閣府首都直下地震モデル検討会, 平成 25 年 12 月.
- <sup>3</sup>千葉県 (2016) : 平成 26・27 年度千葉県地震被害想定調査報告書, 平成 28 年 3 月.
- <sup>4</sup>中央防災会議 (2013a) : 首都直下地震の被害想定と対策について (最終報告) ~首都直下の M7 クラスの地震及び相模トラフ沿いの M8 クラスの地震等に関する図表集~, 中央防災会議 首都直下地震対策検討ワーキンググループ, 平成 25 年 12 月.
- <sup>5</sup>地震調査委員会 (2004) : 相模トラフ沿いの地震活動の長期評価, 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 平成 16 年 8 月 23 日.
- <sup>6</sup>中央防災会議 (2004) : 中央防災会議「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.
- <sup>7</sup>千葉県 (2008) : 平成 19 年度千葉県地震被害想定調査報告書, 平成 20 年 3 月.
- <sup>8</sup>千葉県 : 活断層調査・地下構造調査結果と地震防災.
- <sup>9</sup>地震調査研究推進本部 : 防災・減災のための素材集, <http://www.jishin.go.jp/materials/> [平成 28 年 12 月 16 日閲覧].
- <sup>10</sup>防災科学技術研究所 : 地震の基礎知識とその観測, [http://www.hinet.bosai.go.jp/about\\_earthquake/1stpage.htm](http://www.hinet.bosai.go.jp/about_earthquake/1stpage.htm), [平成 28 年 12 月 16 日閲覧].
- <sup>11</sup>岩田知孝・浅野公之 (2010) : 強震動予測のためのスラブ内地震の特性化震源モデルの構築, 北海道大学地球物理学研究報告, 73, pp. 129-135.
- <sup>12</sup>木村克己・林武司・大井昌弘 (2014) : 関東地方の地質・地盤, 新・関東の地盤 増補地盤情報データベースと地盤モデル付 (2014 年版), 地盤工学会関東支部, p.15.
- <sup>13</sup>木村克己・花島裕樹・石原与四郎・西山昭一 (2013) : 埋没地形面の形成過程を考慮したボーリングデータ補間による沖積層基底面モデルの三次元解析: 東京低地北部から中川低地南部の沖積層の例, 地質学雑誌, 第 119 巻, 第 8 号, pp. 537-553.
- <sup>14</sup>防災科学技術研究所 : 強震観測網 (K-NET、KiK-net について), <http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/docs/kyoshin.shtml>, [平成 28 年 12 月 16 日閲覧].
- <sup>15</sup>中里裕臣・佐藤弘幸 (2001) : 下総層群の年代と“鹿島”隆起帯の連動, 第四紀研究, 40, pp. 251-257.
- <sup>16</sup>千葉県 (2002) : 港湾資料集 (資料編), 千葉県土木部港湾整備課, 平成 14 年 3 月.
- <sup>17</sup>木村克己・花島裕樹・石原与四郎・西山昭一 (2014) : ボーリングデータ解析による浅部地下地質構造の三次元モデリング: 東京低地北部から中川低地南部の例, 附属資料, 特殊地質図, no.40, 地質調査総合センター.
- <sup>18</sup>永田葉子・中井正一・関口徹 (2007) : 千葉市における表層地盤の S 波速度推定式の検討, 日本地震工学会大会-2007 梗概集, pp. 90-91.
- <sup>19</sup>中央防災会議事務局 (2001) : 東海地震に関する専門調査会 (第 10 回), 平成 13 年 11 月 27 日, 資料 3-1, pp. 12-23.
- <sup>20</sup>今津雅紀・福武毅芳 (1986) : 砂礫材料の動的変形特性, 第 21 回土質工学研究発表会, pp.509-512.
- <sup>21</sup>Boore, D.M. (1983) : Stochastic simulation of high-frequency ground motions based on seismological models of the radiated spectra, Bulletin of Seismological Society of America, Vol.73, No.6, pp. 1865-1894.
- <sup>22</sup>佐藤智美・川瀬博・佐藤俊明 (1994) : ポアホール観測記録を用いた表層地盤同定手法による工学的基盤波の推定及びその統計的特性, 日本建築学会構造系論文集, 第

---

461号, pp. 19-28.

- <sup>23</sup>Haskell, N. A.(1964): The dispersion of surface waves on multi-layered media, BSSA, 43(1), pp. 17-34.
- <sup>24</sup>入倉孝次郎・香川敬生・関口春子 (1997) : 経験的グリーン関数法を用いた強震動予測方法の改良, 地震学会講演予稿集, 1997年度秋季大会, B25.
- <sup>25</sup>防災科学技術研究所 (2000) : 強震動の基礎 ウェブテキスト 2000版, <http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/gk/publication/>, [平成29年2月7日閲覧].
- <sup>26</sup>吉田望・末富岩雄 (1996) : DYNEQ : 等価線形法に基づく水平成層地盤の地震応答解析プログラム, 佐藤工業 (株) 技術研究所報, pp. 61-70.
- <sup>27</sup>山本明夫・笹谷努 (2007) : 2003年十勝沖地震における地盤の非線形応答 : KiK-net鉛直アレー記録の活用, 日本地震工学会論文集, 第7巻, 第2号(特集号), pp. 144-159.
- <sup>28</sup>盛川仁 (2005) : 非線形地震応答解析とSHAKEの使い方, 強震動予測—その基礎と応用, 日本地震学会強震動委員会.
- <sup>29</sup>日本道路協会 (2012) : 道路橋示方書・同解説 耐震設計編, 平成24年3月.
- <sup>30</sup>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, pp. 23-29.
- <sup>31</sup>内閣府 (2012a) : 南海トラフの巨大地震モデル検討会 (第二次報告) 強震断層モデル編 (別添資料) —液状化可能性、沈下量について—, p. 4.
- <sup>32</sup>日本建築学会 (2001) : 建築基礎構造設計指針, p. 66.
- <sup>33</sup>群馬県 (2012) : 群馬県地震被害想定調査 報告書 調査手法編, 平成24年6月.
- <sup>34</sup>日本道路協会道路震災対策委員会 (1986) : 道路の震災対策に関する調査報告—道路構造物の耐震調査及び震災対策工法に関する研究—.
- <sup>35</sup>埼玉県 (2014) : 埼玉県地震被害想定調査 報告書, 平成26年3月.
- <sup>36</sup>童華南・山崎文雄 (1996) : 地震動強さ指標と新しい気象庁震度との対応関係, 生産研究, 48. 巻 11号.
- <sup>37</sup>Kohji TOKIMATSU & Kota KATSUMATA (2012) : LIQUEFACTION - INDUCED DAMAGE TO BUILDINGS IN URAYASU CITY DURING THE 2011 TOHOKU PACIFIC EARTHQUAKE, Proceedings of the International Symposium on Engineering Lessons Learned from the 2011 Great East Japan Earthquake, March 1 - 4, Tokyo, Japan
- <sup>38</sup>中央防災会議 (2013b) : 首都直下地震の被害想定項目及び手法の概要 ~人的・物的被害~, 中央防災会議 首都直下地震対策検討ワーキンググループ, 平成25年12月.
- <sup>39</sup>中央防災会議 (2012) : 南海トラフ巨大地震の被害想定について (第一次報告), 中央防災会議 防災対策推進検討会議 南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ, 平成24年8月29日発表.
- <sup>40</sup>静岡県 (2001) : 第3次地震被害想定結果, 平成13年5月.
- <sup>41</sup>内閣府 (2012b) : 南海トラフ巨大地震の被害想定 (第二次報告) について, 資料2-2 建物被害・人的被害の被害想定項目及び手法の概要, (平成24年8月29日発表).
- <sup>42</sup>東京都防災会議 (1991) : 東京における地震被害の想定に関する調査研究, 平成3年9月.
- <sup>43</sup>東京消防庁 (2011) : 出火危険度測定 (第8回).
- <sup>44</sup>日本消防協会 (1996) : 阪神・淡路大震災誌.
- <sup>45</sup>建設省建築研究所 (1996) : 平成7年兵庫県南部地震被害調査最終報告書, 平成8年3月.
- <sup>46</sup>東京都市圏交通計画協議会 : パーソントリップ調査,

---

<http://www.tokyo-pt.jp/person/01.html> [平成 29 年 2 月 7 日閲覧].

- <sup>47</sup>警察庁緊急災害警備本部 (2012) : 平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震の被害状況と警察措置, 平成 28 年 12 月 9 日,  
<https://www.npa.go.jp/archive/keibi/biki/higaijokyo.pdf> [平成 29 年 2 月 7 日閲覧].
- <sup>48</sup>鳥取県 (2005) : 鳥取県地震防災調査研究報告書, 平成 17 年 3 月, 鳥取県防災局防災危機管理課.
- <sup>49</sup>神戸市 (1996) : 阪神・淡路大震災—神戸市の記録 1995 年—.
- <sup>50</sup>諸井孝文・武村雅之 (2004) : 関東地震 (1923 年 9 月 1 日) による被害要因別死者数の推定, 日本地震工学会論文集, 第 4 巻, 第 4 号.
- <sup>51</sup>財団法人北海道社会事業協会 (1937) : 函館大火災害誌.
- <sup>52</sup>愛知県 (2003) : 愛知県東海地震・東南海地震等被害予測調査報告書—想定地震に基づく被害想定—, 平成 15 年 3 月, 愛知県防災会議地震部会.
- <sup>53</sup>東京都 (1997) : 東京都被害想定.
- <sup>54</sup>日本自動販売機工業会 : 自販機普及台数及び年間自販金額 2015 年 (平成 27 年) 版,  
<http://www.jvma.or.jp/information/fukyu2015.pdf>, [平成 29 年 2 月 7 日閲覧].
- <sup>55</sup>東京都 (2006) : 首都直下地震による東京の被害想定報告書, 東京都, 平成 18 年.
- <sup>56</sup>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, 2005.3.
- <sup>57</sup>文部科学省 (2011) : 首都直下地震防災・減災特別プロジェクト 3. 広域的危機管理・減災体制の構築に関する研究 平成 23 年度・成果報告書.
- <sup>58</sup>千葉県総合企画部水政課 (2016) : 平成 26 年度 千葉県の水道.
- <sup>59</sup>日下部毅明・谷屋修一・吉澤勇一郎 (2004) : 道路施設に対する地震の防災投資効果に関する研究, 国土技術政策総合研究所資料, 第 160 号.
- <sup>60</sup>家田仁・上西周子・猪股隆行・鈴木忠徳 (1997) : 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, pp. 69-82, 1997. 10.
- <sup>61</sup>川崎市 (2010) : 川崎市地震被害想定調査報告書, 平成 22 年 3 月.
- <sup>62</sup>東京都市圏交通計画協議会 (2012) : 東京都市圏パーソントリップ調査 PT データ利用の手引き, 平成 24 年 6 月.
- <sup>63</sup>環境省 (2014) : 災害廃棄物対策指針, 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部, 平成 26 年 3 月.
- <sup>64</sup>日本エレベーター協会 (2016) : 2015 年度昇降機設置台数等調査結果報告, エレベータージャーナル, No. 11, pp. 1-8, 2016.8.
- <sup>65</sup>藤田聡 (2006) : 地震災害とエレベーター, 予防時報, No. 227, pp. 42-48.
- <sup>66</sup>火災予防審議会・東京消防庁 (1999) : 地震発生時における人命危険要因の解明と対策, 東京消防庁防災部防災課, 1999.3.
- <sup>67</sup>中央防災会議 (2008) : 「東南海、南海地震等に関する専門調査会」(第 34 回), 資料 3 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～交通被害、ライフライン被害、孤立集落の発生など～, p51, 2008.5.14.
- <sup>68</sup>中央防災会議 (2013c) : 首都直下地震の被害想定項目及び手法の概要 ～経済的被害～, 中央防災会議 首都直下地震対策検討ワーキンググループ, 平成 25 年 12 月.
- <sup>69</sup>千葉市 (2016) : 第 2 次千葉市耐震改修促進計画, 平成 28 年 4 月, 千葉市.
- <sup>70</sup>千葉県 (2009) : 千葉県地震防災戦略, 平成 21 年 9 月, 千葉県.
- <sup>71</sup>中央防災会議 (2013d) : 首都直下地震の被害想定と対策について (最終報告) ～本文～, 中央防災会議 首都直下地震対策検討ワーキンググループ, 平成 25 年 12 月.

---

<sup>72</sup>中央防災会議（2013e）：首都直下地震の被害想定 対策のポイント，中央防災会議 首都直下地震対策検討ワーキンググループ，中央防災会議 防災対策実行会議（第3回），資料 1-1，平成 25 年 12 月。