

第5編 建物被害

建物被害は、直接的な原因として揺れ、液状化、土砂災害、津波、火災について、想定した。揺れ、液状化、火災を原因とする建物被害は、全壊棟数、半壊棟数、焼失棟数を125mメッシュ単位で、土砂災害を原因とする建物被害は、全壊棟数、半壊棟数を危険箇所単位で、津波を原因とする建物被害は全壊棟数、半壊棟数を津波浸水シミュレーションの解析単位である10mメッシュ単位で想定した。

また、建物被害は、揺れによって全壊した後、津波により流失する等、複数の原因で重複して被害を受ける可能性がある。

本調査では、複数の原因の重複を避けるため、「液状化⇒揺れ⇒津波⇒火災」の順で被害を算出し、被害数の重複を除外した。被害数の重複除外と全壊半壊の区分については次のようにした。

(1) 被害要因順序（重複被害集計の算出方法）

本調査においては被害種の採用順序を以下のように定めた。（内閣府（2012））¹

①液状化被害 > ②揺れによる被害(地震動被害) > ③津波被害 > ④火災焼失被害

被害の採用順序設定に伴い、被害の重複処理順序を以下のとおり設定した。

それぞれの被害種により、被害想定単位である 10m メッシュ別の被害状況（全壊・半壊・無被害）を比較し、全壊・半壊・無被害の被害程度順で災害現象を採用した。なお、液状化・地震動・津波による建物被害では、建物半壊被害算出において、火災焼失の影響を受けることから、夏 12 時・冬 18 時・冬深夜のシーンおよび風速強風時・風速平常時それぞれのシーンで被害量を算出した。これにより、以降に示す被害要因別の建物半壊数は、重複被害数を除いた数値となっている。次に重複処理の作業ステップを整理する。

【ステップ 1：液状化・揺れによる被害】

- ① メッシュの液状化危険度により、液状化面積を算出する。
- ② 液状化範囲内では、液状化による建物被害率により被害棟数を算出する。液状化による全壊棟数は被害数確定。半壊棟数は被害数暫定値。
- ③ 液状化範囲外では、地震動による被害率により被害棟数を算出する。揺れによる全壊棟数は被害数確定。半壊棟数は被害数暫定値。

【ステップ 2：津波被害】

- ④ 全建物を対象に、津波による建物被害を算出し、メッシュ毎に津波による全壊率、半壊率を算出する。
- ⑤ 地震動、液状化によって全壊に至らなかった建物棟数（＝液状化による半壊棟数＋地震動による半壊棟数＋地震動・液状化で被害がなかった無被害棟数）に対して、津波による建物全壊率を乗じて、津波による全壊棟数を算出する。液状化による半壊棟数・地震動による半壊棟数から、津波による全壊率分を差し引く（被害数暫定値算出）
- ⑥ 地震動、液状化によって被害のなかった無被害棟数に、津波による半壊率を乗じて、津波による半壊棟数を算出する。

【ステップ 3：火災被害】

- ⑦ 全建物を対象に、火災の延焼シミュレーションを実行し、メッシュ毎に焼失棟数、焼失率を算出する。

地震動、液状化、津波によって、全壊に至らなかった建物棟数（＝液状化による半壊棟数＋地震動による半壊棟数＋津波による半壊棟数＋地震動・液状化・津波で被害がなかった無被害棟数）に建物焼失率を乗じて、焼失建物棟数を算出する。液状化による半壊

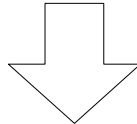
¹ 内閣府(2012)：南海トラフの巨大地震対策検討ワーキンググループ、建物被害・人的被害の被害想定項目及び手法の概要。

棟数、地震動による半壊棟数、津波による半壊棟数から焼失率分を差し引く。火災による半壊棟数が確定。

各作業ステップを以下に図示する。

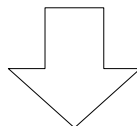
【ステップ1:液状化・揺れによる被害】

| | | ①液状化による被害 | | |
|-----------|-----|-----------|-----------|-----------|
| | | ①全壊 | ①半壊 | 無被害 |
| ②地震動による被害 | ②全壊 | ①液状化による全壊 | ②地震動による全壊 | |
| | ②半壊 | | ①液状化による半壊 | ②地震動による半壊 |
| | 無被害 | | | 無被害 |



【ステップ2:津波被害】

| | | ①液状化・②地震動 による被害 | | | | |
|-----|------|-----------------|-----------|-----------|-----------|----------|
| | | ①液状化全壊 | ①液状化半壊 | ②地震動全壊 | ②地震動半壊 | 無被害 |
| ③津波 | ③全壊 | ①液状化による全壊 | ③津波による全壊 | ②地震動による全壊 | ③津波による全壊 | |
| | ③半壊 | | ①液状化による半壊 | | ②地震動による半壊 | ③津波による半壊 |
| | ③無被害 | | | | | 無被害 |



【ステップ3:火災被害】

| | | ①液状化・②地震動・③津波 による被害 | | | | | | |
|-----|-----|---------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----|
| | | ①液状化全壊 | ①液状化半壊 | ②地震動全壊 | ②地震動半壊 | ③津波全壊 | ③津波半壊 | 無被害 |
| ④火災 | ④焼失 | ①液状化による全壊 | ④焼失 | ②地震動による全壊 | ④焼失 | ③津波による全壊 | ④焼失 | |
| | 無被害 | | ①液状化による半壊 | | ②地震動による半壊 | | ③津波による半壊 | 無被害 |

1. 建物の現況

1.1 建物棟数

各市町の家屋台帳、固定資産概要調書および、公共施設台帳並びに県有施設台帳から整理した建物棟数を示す。

表 5-1-1 建物の構造別市町別棟数

| 市町名 | 木造建物 (棟) | 非木造建物 (棟) | | | | 合計 (棟) |
|------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| | | RC 造 | S 造 | 軽量 S 造 | その他 | |
| 松山市 | 140,386 | 10,247 | 14,224 | 16,299 | 6,598 | 187,754 |
| 今治市 | 98,136 | 4,189 | 12,921 | 8,965 | 4,121 | 128,332 |
| 宇和島市 | 50,996 | 2,361 | 5,632 | 5,419 | 4,209 | 68,617 |
| 八幡浜市 | 23,622 | 2,583 | 3,268 | 1,648 | 1,288 | 32,409 |
| 新居浜市 | 55,493 | 5,149 | 7,694 | 6,786 | 3,294 | 78,416 |
| 西条市 | 61,836 | 2,415 | 10,448 | 7,422 | 3,766 | 85,887 |
| 大洲市 | 34,642 | 1,199 | 2,845 | 3,631 | 1,824 | 44,141 |
| 伊予市 | 19,036 | 931 | 1,683 | 2,238 | 7,021 | 30,909 |
| 四国中央市 | 34,550 | 11,093 | 7,952 | 5,258 | 3,907 | 62,760 |
| 西予市 | 37,994 | 1,057 | 3,976 | 3,858 | 1,650 | 48,535 |
| 東温市 | 16,439 | 764 | 1,582 | 2,256 | 711 | 21,752 |
| 上島町 | 6,679 | 229 | 224 | 453 | 613 | 8,198 |
| 久万高原町 | 12,792 | 281 | 669 | 581 | 209 | 14,532 |
| 松前町 | 14,109 | 324 | 1,341 | 1,725 | 700 | 18,199 |
| 砥部町 | 9,225 | 334 | 596 | 1,060 | 288 | 11,503 |
| 内子町 | 17,295 | 407 | 1,370 | 867 | 709 | 20,648 |
| 伊方町 | 8,488 | 1,899 | 712 | 470 | 885 | 12,454 |
| 松野町 | 4,873 | 82 | 559 | 483 | 229 | 6,226 |
| 鬼北町 | 11,844 | 186 | 1,188 | 1,470 | 358 | 15,046 |
| 愛南町 | 15,186 | 848 | 2,446 | 1,170 | 717 | 20,367 |
| 県合計 | 673,621 | 46,578 | 81,330 | 72,059 | 43,097 | 916,685 |

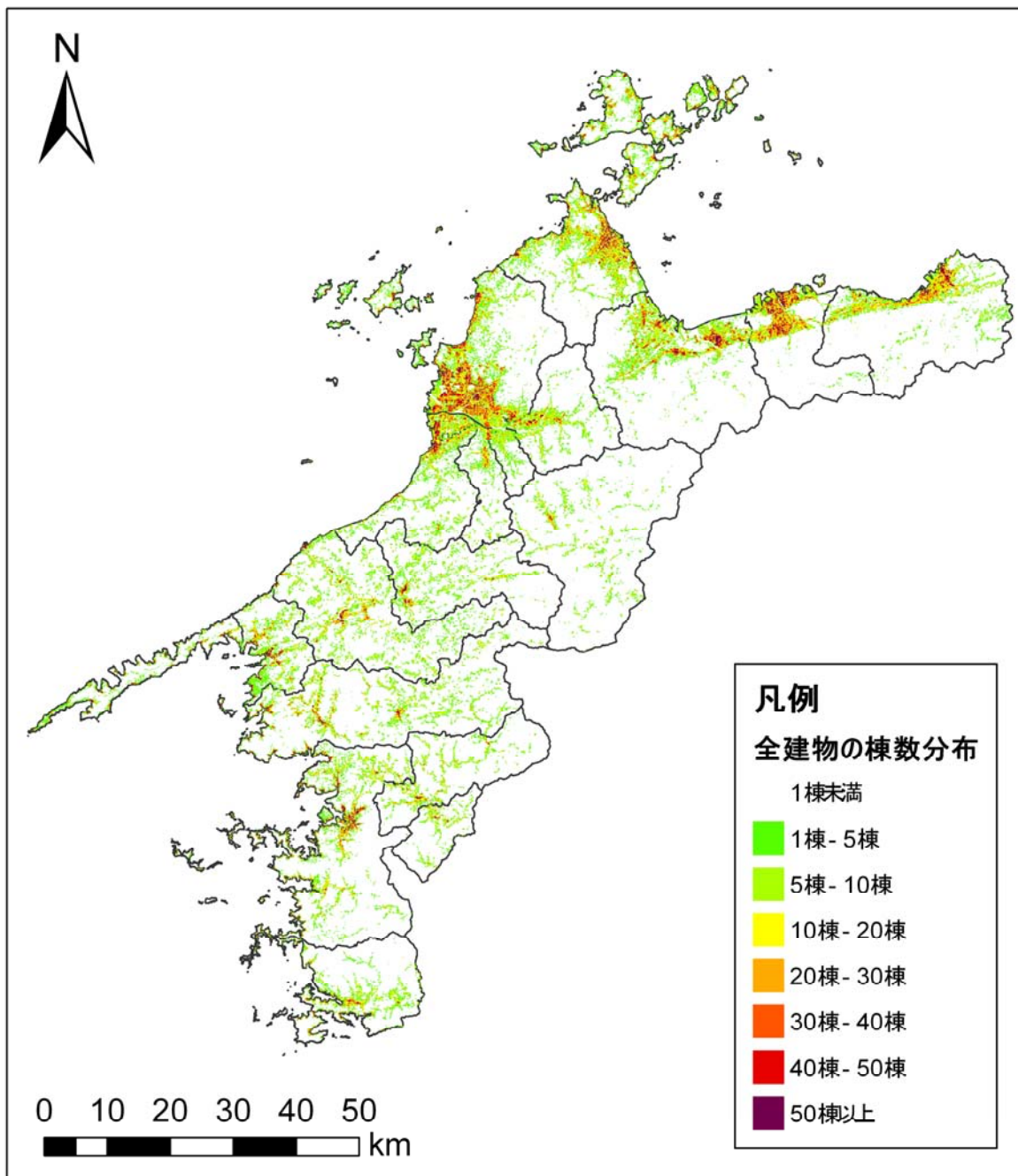


図 5-1-1 全建物の現況棟数分布図

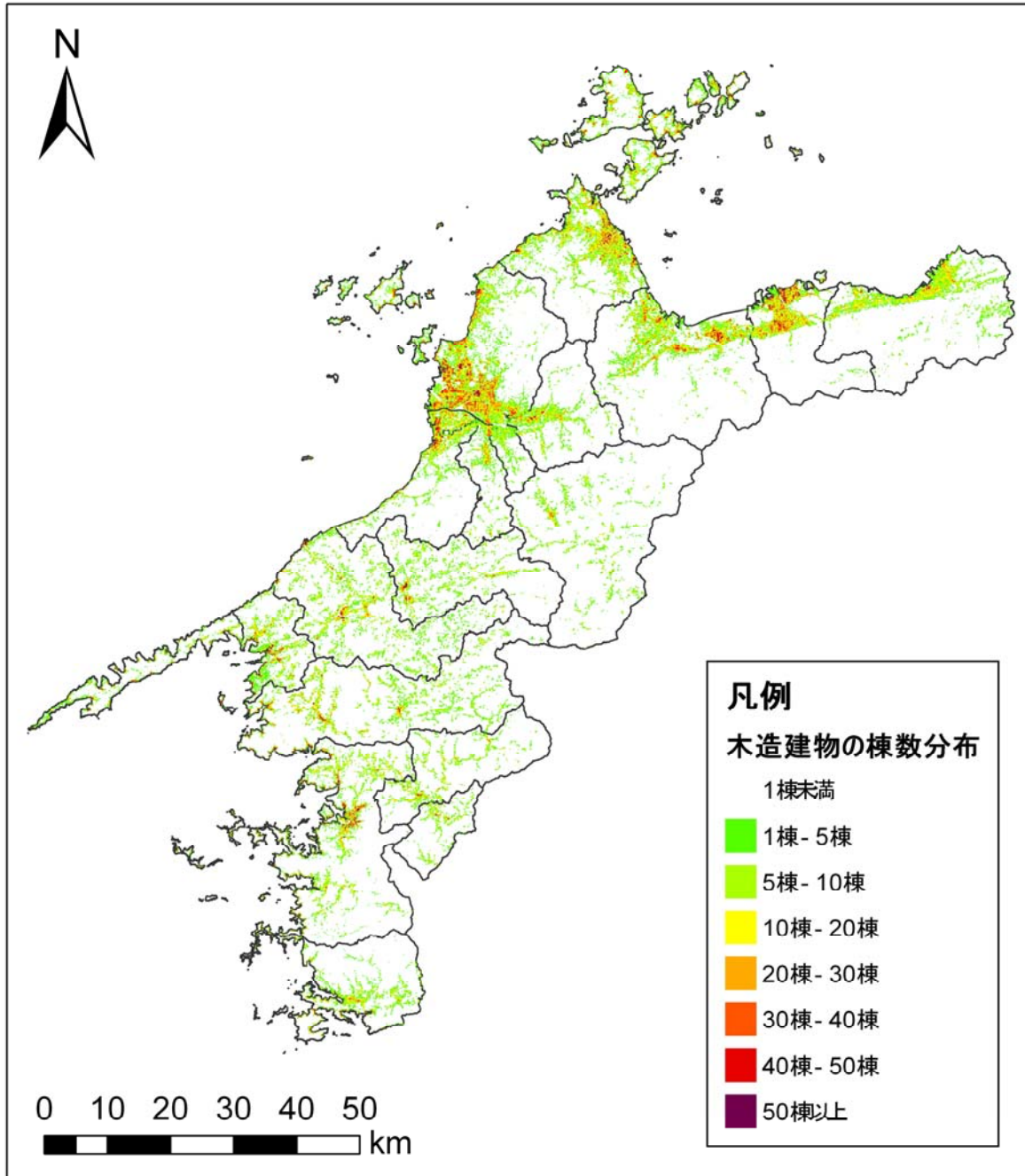


図 5-1-2 木造建物の現況棟数分布図

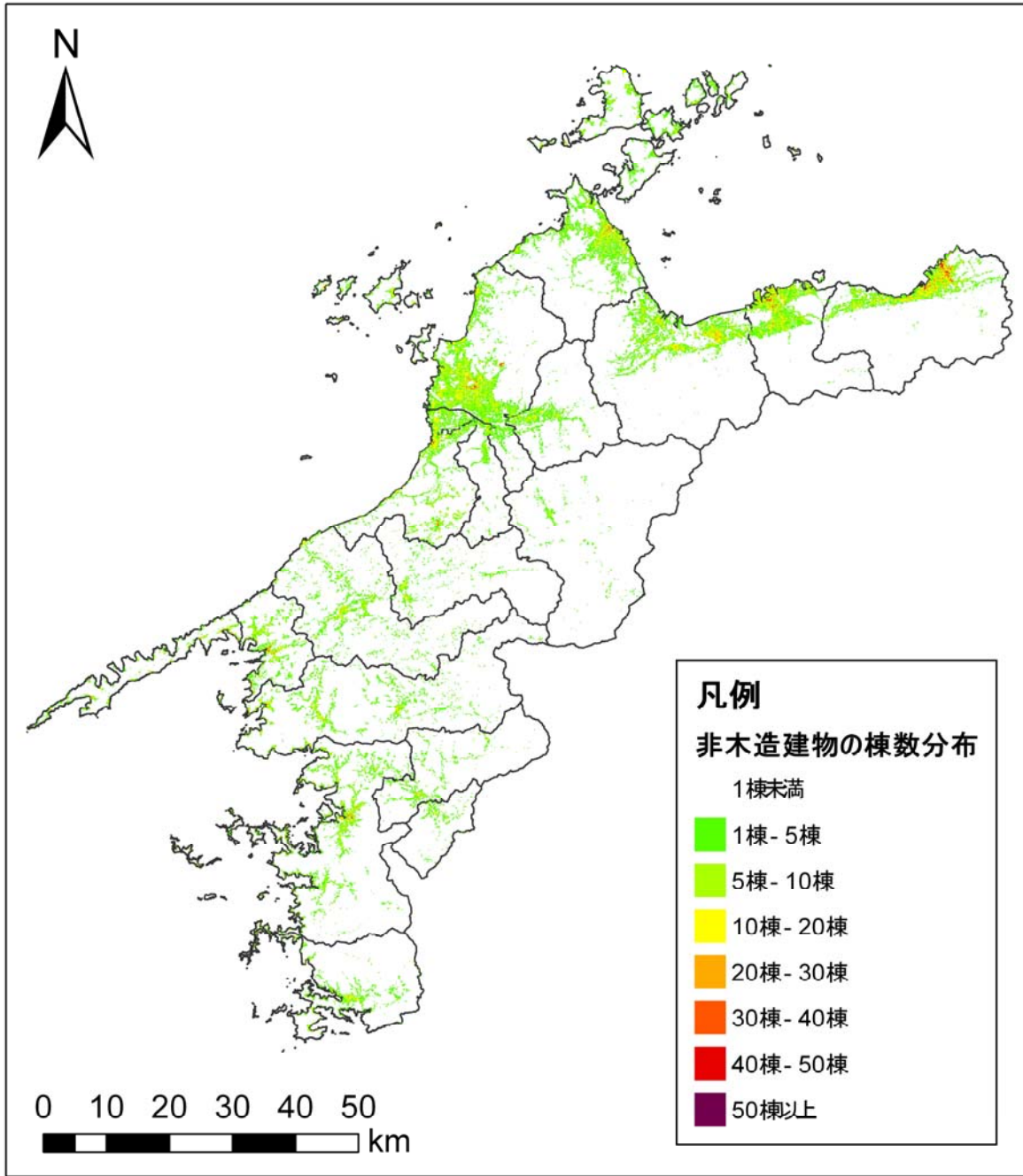


図 5-1-3 非木造建物の現況棟数分布図

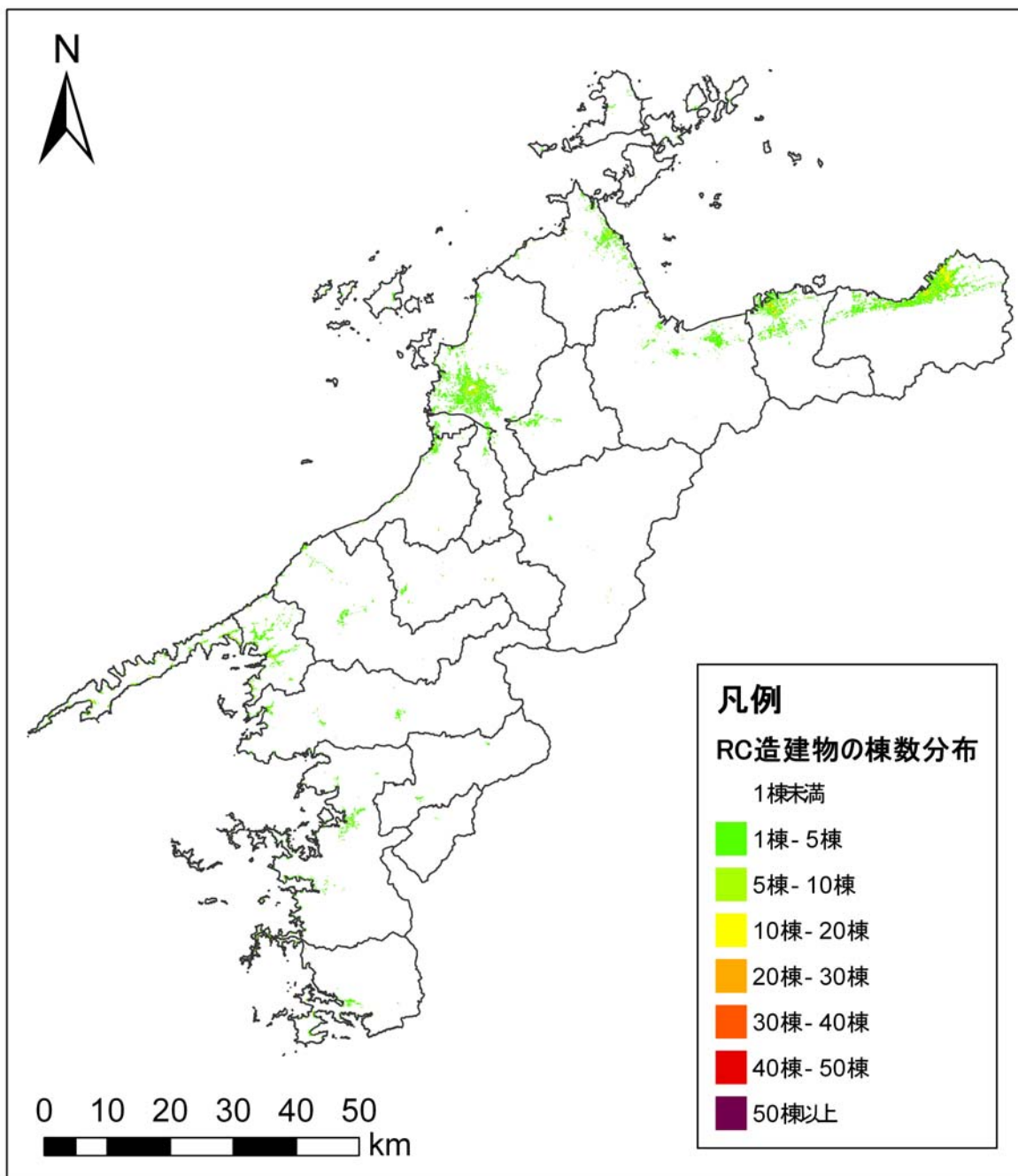


図 5-1-4 非木造建物（RC 造）の現況棟数分布図

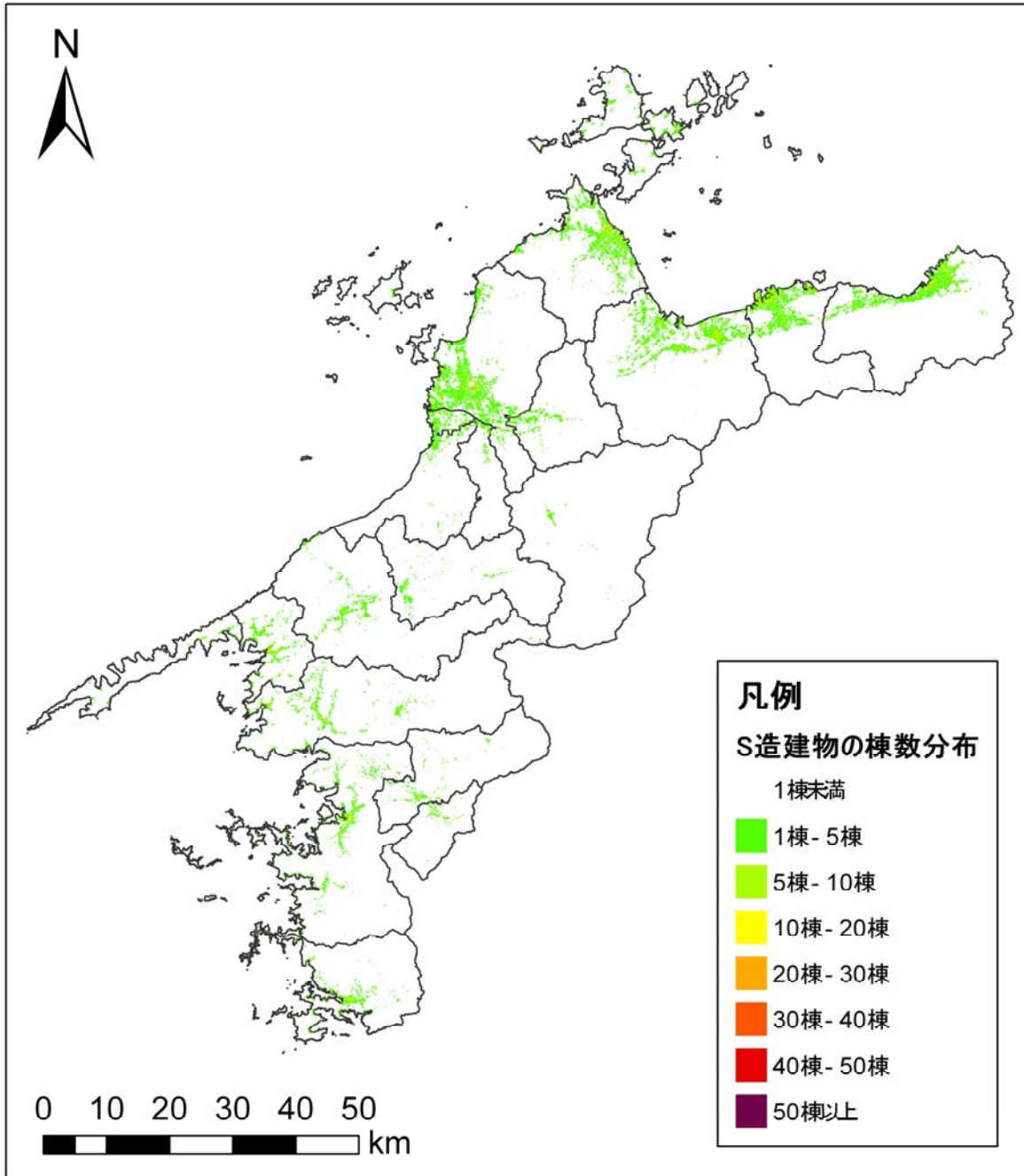


図 5-1-5 非木造建物（S 造）の現況棟数分布図

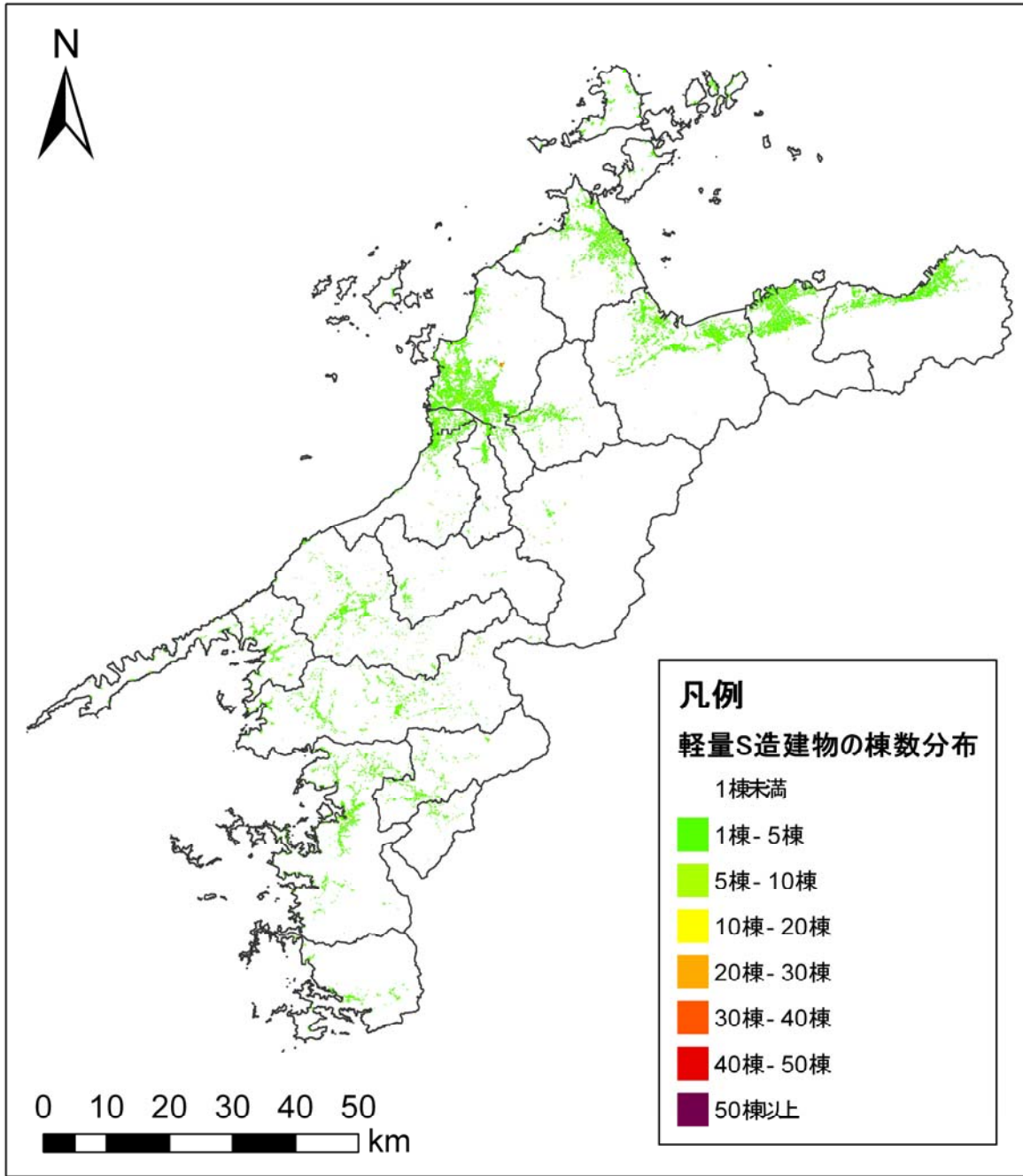


図 5-1-6 非木造建物（軽量S造）の現況棟数分布図

1.2 土砂災害危険箇所

県内の土砂災害危険箇所における市町別の保全人家戸数を示す。

表 5-1-2 土砂災害危険箇所保全人家戸数

| 市町名 | 保全人家戸数（棟） | | | | | 合計 |
|------------|----------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| | 急傾斜地崩壊 危険箇所 | 山腹崩壊 危険地区 | 地すべり 危険箇所 | 地すべり 危険地区 | 地すべり 危険地 | |
| 松山市 | 4,040 | 3,582 | 172 | 0 | 183 | 7,977 |
| 今治市 | 4,958 | 1,877 | 0 | 0 | 450 | 7,285 |
| 宇和島市 | 9,846 | 4,017 | 812 | 0 | 115 | 14,790 |
| 八幡浜市 | 2,050 | 962 | 4,716 | 202 | 1,641 | 9,571 |
| 新居浜市 | 1,055 | 877 | 311 | 213 | 23 | 2,479 |
| 西条市 | 821 | 839 | 377 | 118 | 322 | 2,477 |
| 大洲市 | 5,106 | 1,257 | 1,221 | 0 | 1,600 | 9,184 |
| 伊予市 | 2,081 | 1,576 | 398 | 30 | 627 | 4,712 |
| 四国中央市 | 630 | 1,207 | 573 | 0 | 329 | 2,739 |
| 西予市 | 856 | 1,843 | 630 | 5 | 642 | 3,976 |
| 東温市 | 662 | 858 | 281 | 17 | 61 | 1,879 |
| 上島町 | 700 | 253 | 0 | 0 | 49 | 1,002 |
| 久万高原町 | 1,051 | 914 | 693 | 470 | 1,024 | 4,152 |
| 松前町 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 砥部町 | 1,024 | 790 | 118 | 39 | 344 | 2,315 |
| 内子町 | 1,871 | 568 | 906 | 0 | 1,285 | 4,630 |
| 伊方町 | 1,875 | 1,357 | 2,909 | 71 | 1,812 | 8,024 |
| 松野町 | 550 | 373 | 2 | 0 | 0 | 925 |
| 鬼北町 | 530 | 666 | 313 | 0 | 72 | 1,581 |
| 愛南町 | 2,486 | 766 | 0 | 0 | 32 | 3,284 |
| 県合計 | 42,192 | 24,582 | 14,432 | 1,165 | 10,611 | 92,982 |

1.3 消防力

各市町の消防力を示す。

表 5-1-3 市町別消防力

| 市町名 | 消防ポンプ自動車等 | | 消防 水利数 |
|------------|------------|--------------|--------------|
| | ポンプ自動車数 | 小型動力ポンプ数 | |
| 松山市 | 47 | 121 | 1,198 |
| 今治市 | 49 | 112 | 794 |
| 宇和島市 | 23 | 140 | 117 |
| 八幡浜市 | 22 | 35 | 293 |
| 新居浜市 | 33 | 27 | 545 |
| 西条市 | 24 | 71 | 1,406 |
| 大洲市 | 12 | 73 | 597 |
| 伊予市 | 10 | 39 | 224 |
| 四国中央市 | 47 | 41 | 730 |
| 西予市 | 23 | 100 | 744 |
| 東温市 | 8 | 43 | 313 |
| 上島町 | 5 | 26 | 79 |
| 久万高原町 | 3 | 48 | 325 |
| 松前町 | 5 | 22 | 241 |
| 砥部町 | 5 | 17 | 156 |
| 内子町 | 4 | 54 | 186 |
| 伊方町 | 7 | 50 | 85 |
| 松野町 | 2 | 7 | 93 |
| 鬼北町 | 2 | 33 | 287 |
| 愛南町 | 14 | 47 | 159 |
| 県合計 | 345 | 1,106 | 8,572 |

2. 揺れによる建物被害

2.1 手法

揺れによる建物被害の算出手法、算出フローを示す。

揺れによる建物被害について、全壊・全半壊棟数は、計測震度および構造別・建築年次別の建物棟数と被害率曲線[※]から求めた。半壊棟数は、全半壊棟数から全壊棟数を差し引くことにより算出した。

○想定内容：全壊棟数、半壊棟数

○参考先：愛媛県（2002）²、内閣府（2012）¹、東京都（2006）³、群馬県（2012）⁴、島根県（2012）⁵

※ 被害率曲線：日本建築学会「2011年東北地方太平洋沖地震災害調査速報」（2011年7月）における被災建物の調査データをもとに内閣府が分析したもので、計測震度と建物被害の関係性を表した建物被害率曲線（フラジリティカーブ）である。曲線のもとになるプロットの計測震度は、気象庁観測点震度および強震記録の観測点のデータから推計した震度を用いている。

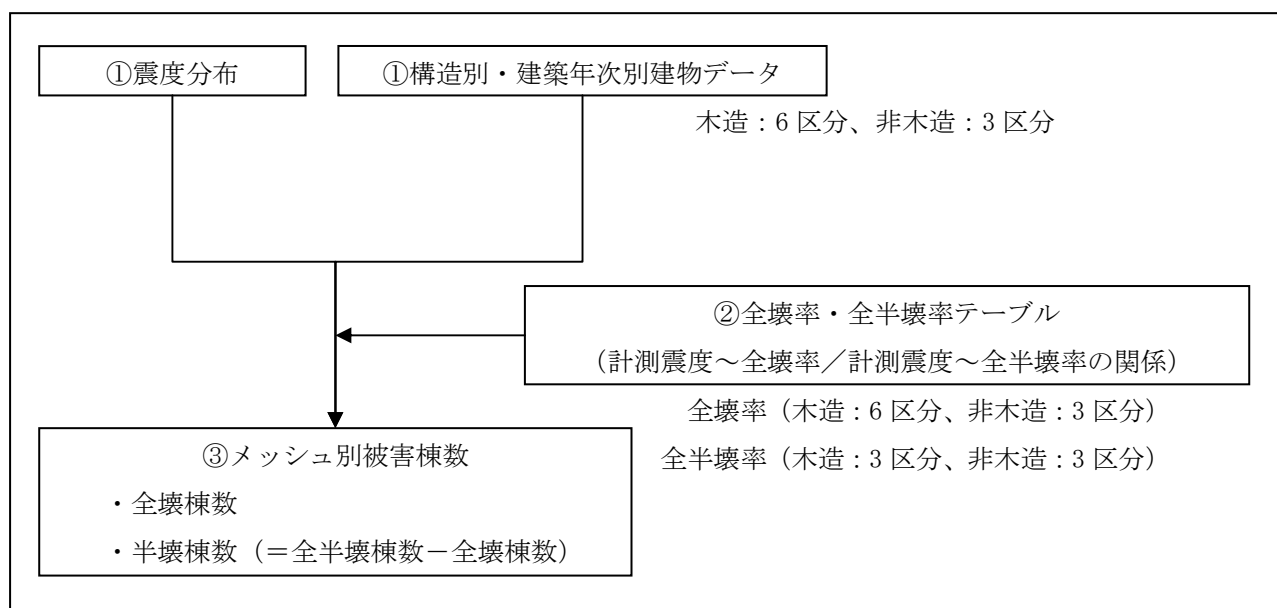


図 5-2-1 揺れによる建物被害の算出フロー¹

- ① 震度分布と建物データから、125mメッシュごとの全壊棟数、半壊棟数を算出した。
- ② 全壊棟数・全半壊棟数は、ともに内閣府（2012）¹における全壊率テーブル、全半壊率テーブルを用いて算出した。建物の分類は、構造（木造／非木造）、建築年代（木造／非木造）とした。

² 愛媛県（2002）：愛媛県地震被害想定調査報告書。

³ 東京都（2006）：首都直下地震等による東京の被害想定報告書。

⁴ 群馬県（2012）：群馬県地震被害想定調査報告書。

⁵ 島根県（2012）：島根県地震被害想定調査報告書。

③ 被害棟数算出式は、次のとおりとした。

なお、半壊棟数は、全半壊棟数から全壊棟数を差し引くことにより算出した。

$$\begin{aligned} \text{木造全壊建物棟数} = \\ \text{木造建築年別建物棟数} \times \text{木造建物における計測震度別全壊率} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{木造半壊建物棟数} = \\ \text{木造建築年別建物棟数} \times \text{木造建物における計測震度別全半壊率} - \\ \text{木造全壊建物棟数} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{非木造全壊建物棟数} = \\ \text{非木造建築年別建物棟数} \times \text{非木造建物における計測震度別全壊率} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{非木造半壊建物棟数} = \\ \text{非木造建築年別建物棟数} \times \text{非木造建物における計測震度別全半壊率} - \\ \text{非木造全壊建物棟数} \end{aligned}$$

全壊率、全半壊率の年次区分について

●木造建物の年次区分

- ・新築年の年次区分を新築年①（1981年～89年）、新築年②（1990年～2001年）、新築年③（2002年以降）の3区分とする。
- ・中築年の年次区分を中築年①（1963年～71年）、中築年②（1972年～80年）の2区分とする。
- ・旧築年の年次区分を1962年以前とする。
- ・旧築年、中築年の建物の耐震改修・補強による被害軽減効果を考慮する。

●非木造建物の年次区分

- ・新築年の年次区分を1981年以降とする。
- ・中築年の年次区分を1972年～80年とする。
- ・旧築年の年次区分を1971年以前とする。

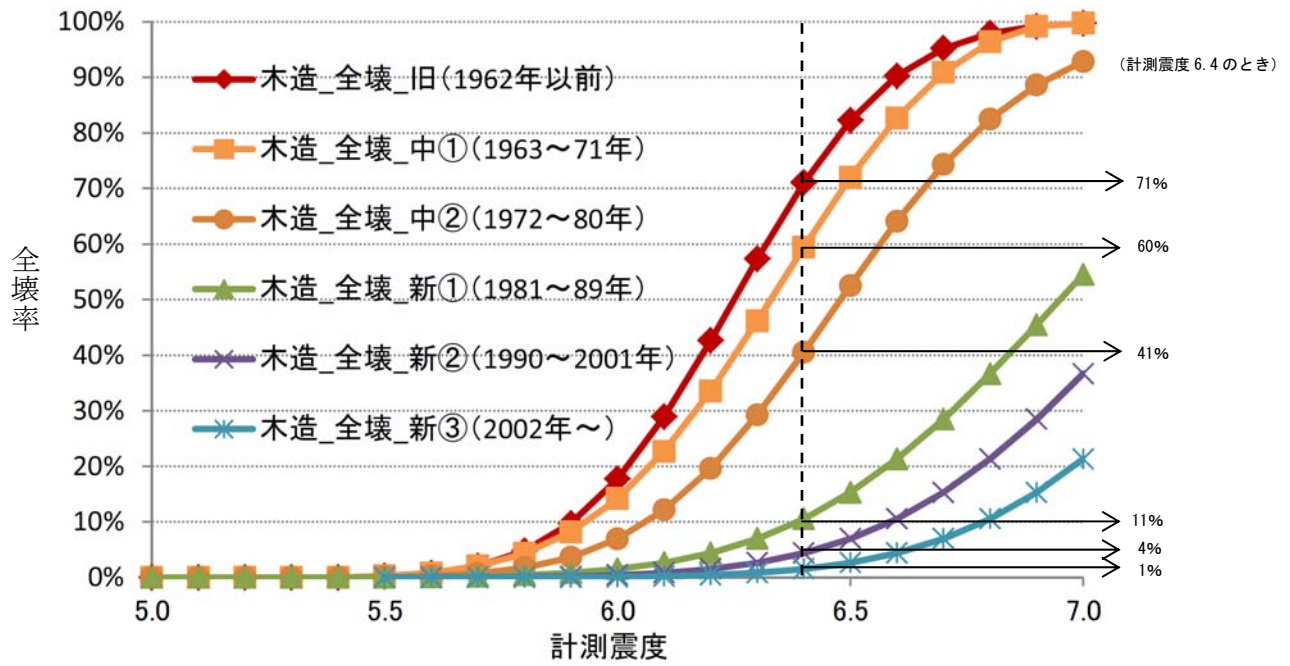


図 5-2-2 全壊率曲線（木造建物）¹

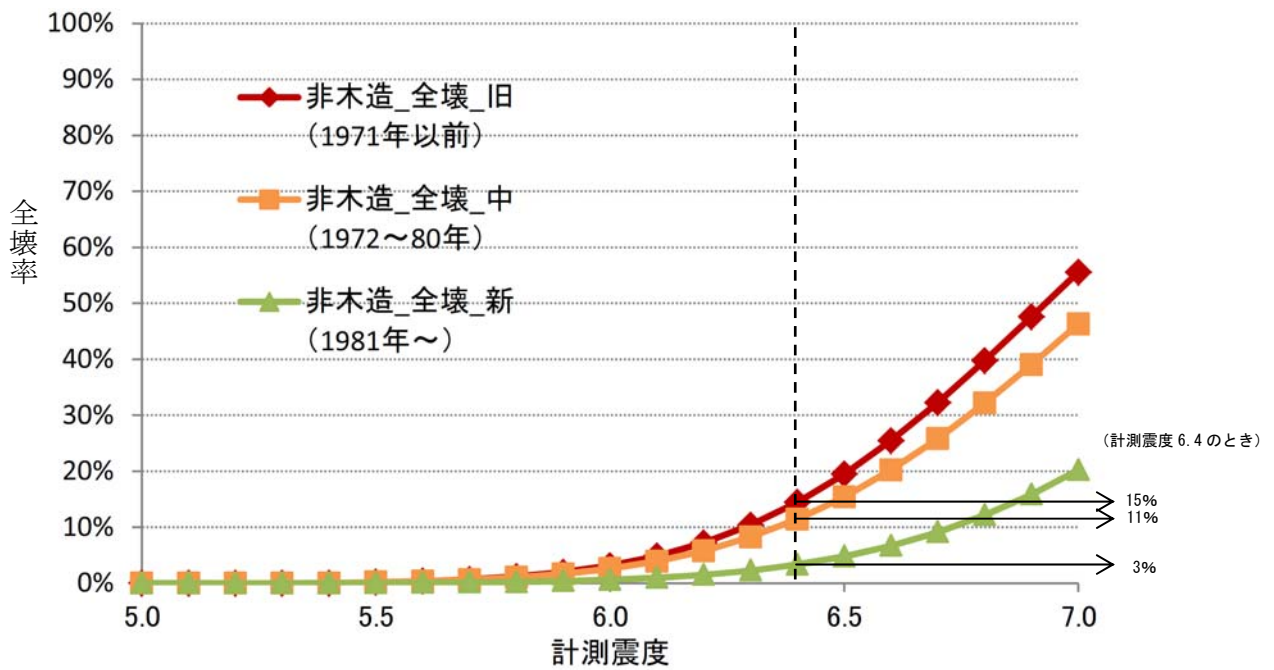


図 5-2-3 全壊率曲線（非木造建物）¹

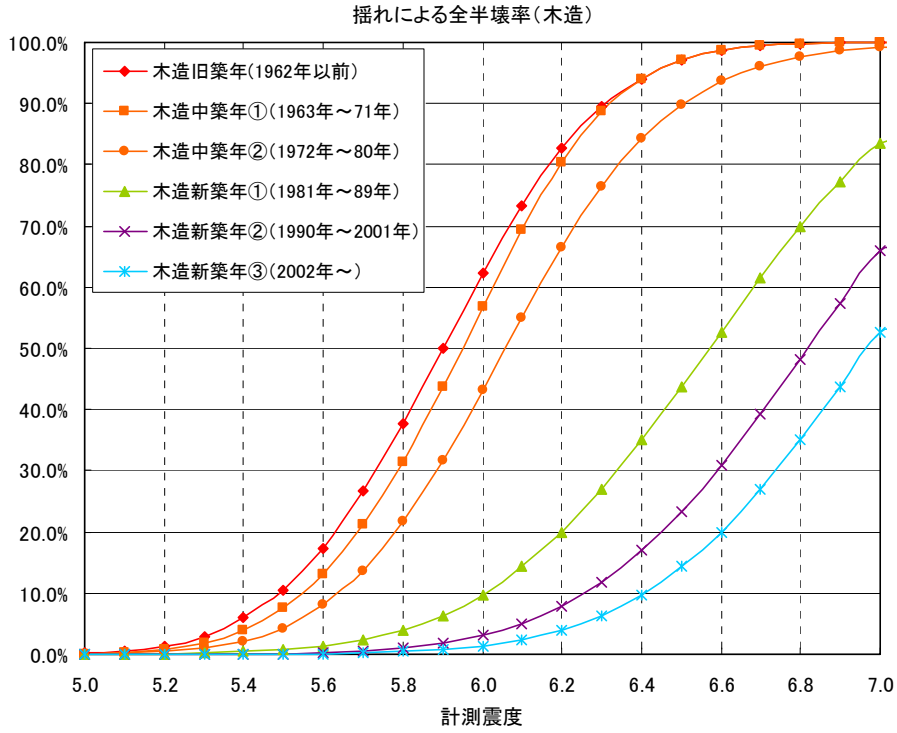


図 5-2-4 全半壊率曲線 (木造建物) ¹⁰

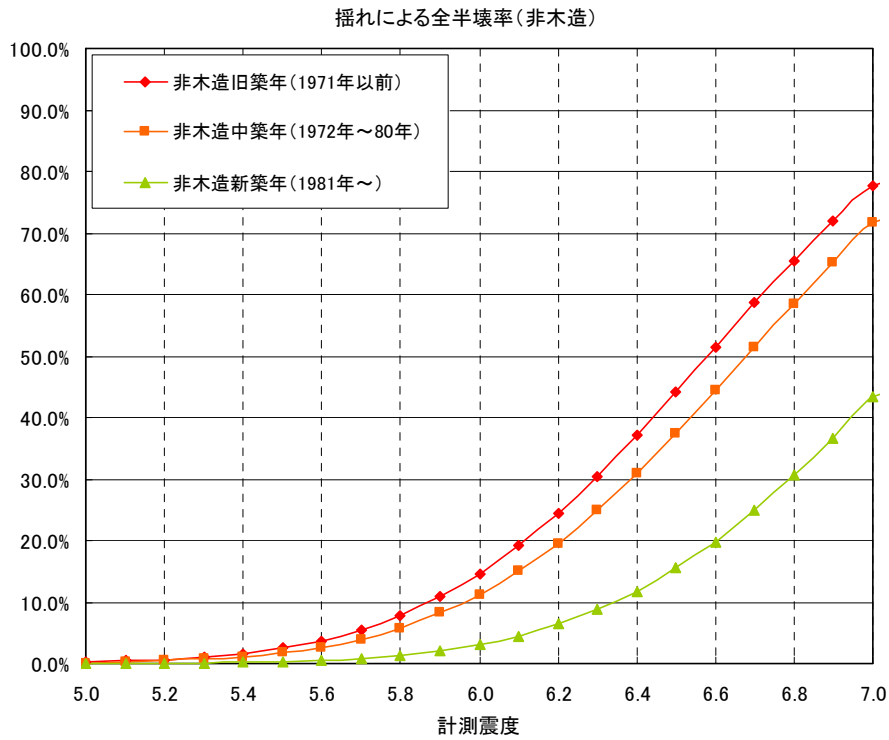


図 5-2-5 全半壊率曲線 (非木造建物) ¹⁰

2.2 結果

揺れによる建物被害の算出結果を示す。

表 5-2-1 揺れによる建物被害

| ケース名 | 全壊(棟) | 半壊(棟) |
|--------------------------------|---------|---------|
| 南海トラフ巨大地震 (基本ケース) | 12,469 | 32,122 |
| 南海トラフ巨大地震 (陸側ケース) | 107,554 | 128,773 |
| 南海トラフ巨大地震 (東側ケース) | 6,161 | 29,887 |
| 南海トラフ巨大地震 (西側ケース) | 13,210 | 31,626 |
| 安芸灘～伊予灘～豊後水道のプレート内地震 (北側ケース 1) | 466 | 7,590 |
| 安芸灘～伊予灘～豊後水道のプレート内地震 (北側ケース 2) | 335 | 5,671 |
| 安芸灘～伊予灘～豊後水道のプレート内地震 (南側ケース 1) | 88 | 2,653 |
| 安芸灘～伊予灘～豊後水道のプレート内地震 (南側ケース 2) | 49 | 1,831 |
| 讃岐山脈南縁－石鎚山脈北縁東部の地震 (ケース 1) | 22,292 | 20,695 |
| 讃岐山脈南縁－石鎚山脈北縁東部の地震 (ケース 2) | 28,851 | 26,526 |
| 石鎚山脈北縁の地震 (ケース 1) | 15,926 | 16,715 |
| 石鎚山脈北縁の地震 (ケース 2) | 11,034 | 20,408 |
| 石鎚山脈北縁西部－伊予灘の地震 (ケース 1) | 19,571 | 56,409 |
| 石鎚山脈北縁西部－伊予灘の地震 (ケース 2) | 11,757 | 47,501 |

表 5-2-2 揺れによる建物被害（南海トラフ巨大地震（陸側ケース））

| 市町名 | 全壊(棟) | 半壊(棟) |
|------------|----------------|----------------|
| 松山市 | 8,037 | 18,375 |
| 今治市 | 5,764 | 18,249 |
| 宇和島市 | 14,132 | 8,549 |
| 八幡浜市 | 3,891 | 4,207 |
| 新居浜市 | 14,795 | 10,367 |
| 西条市 | 14,574 | 11,832 |
| 大洲市 | 6,710 | 9,315 |
| 伊予市 | 1,559 | 3,814 |
| 四国中央市 | 14,945 | 9,329 |
| 西予市 | 10,342 | 9,920 |
| 東温市 | 2,092 | 4,179 |
| 上島町 | 997 | 1,908 |
| 久万高原町 | 1,007 | 3,671 |
| 松前町 | 3,055 | 2,482 |
| 砥部町 | 246 | 1,496 |
| 内子町 | 1,333 | 3,994 |
| 伊方町 | 99 | 604 |
| 松野町 | 883 | 1,598 |
| 鬼北町 | 2,847 | 3,783 |
| 愛南町 | 247 | 1,103 |
| 県合計 | 107,554 | 128,773 |

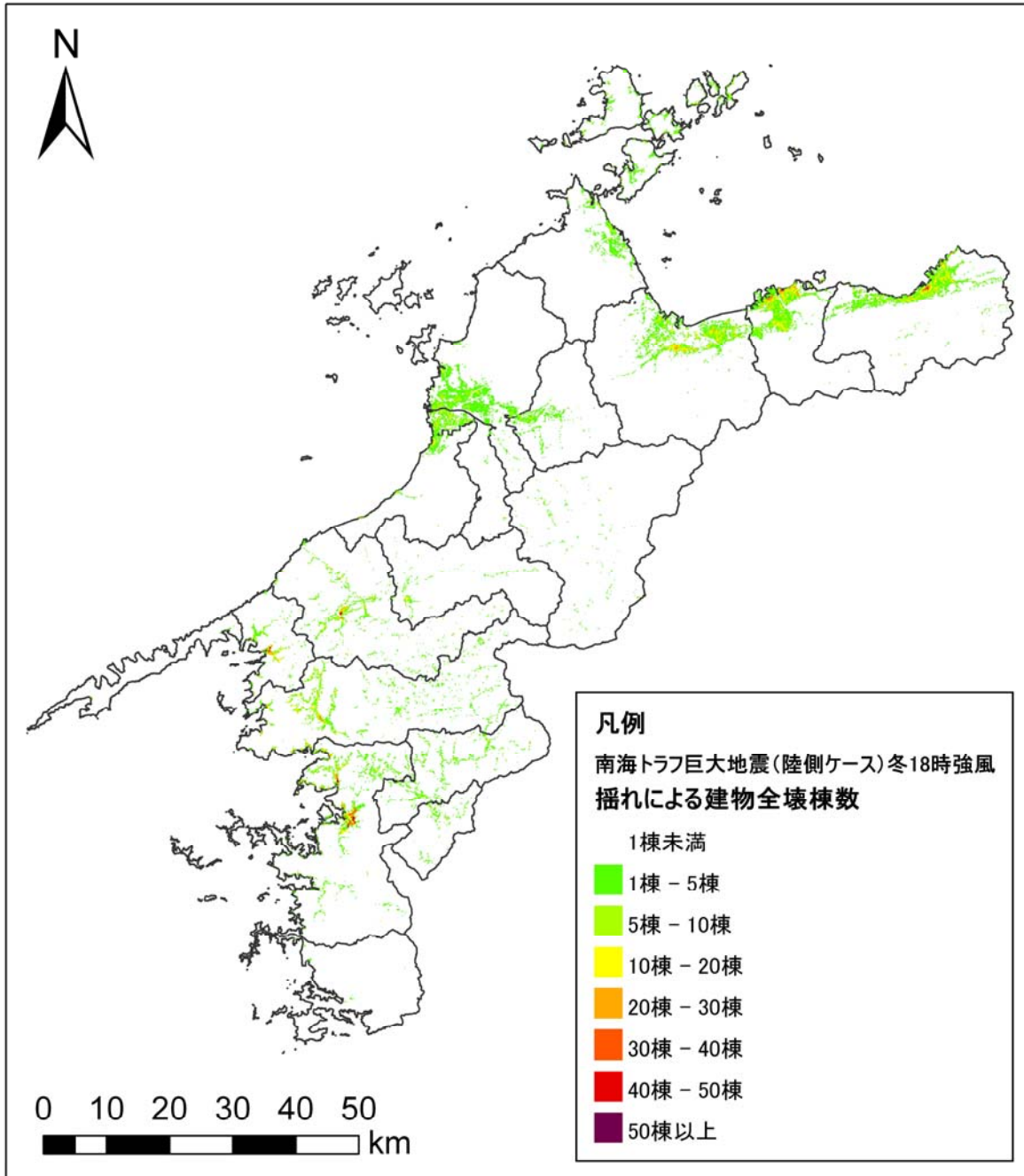


図 5-2-6 揺れによる建物全壊棟数分布図 (南海トラフ巨大地震 (陸側ケース))

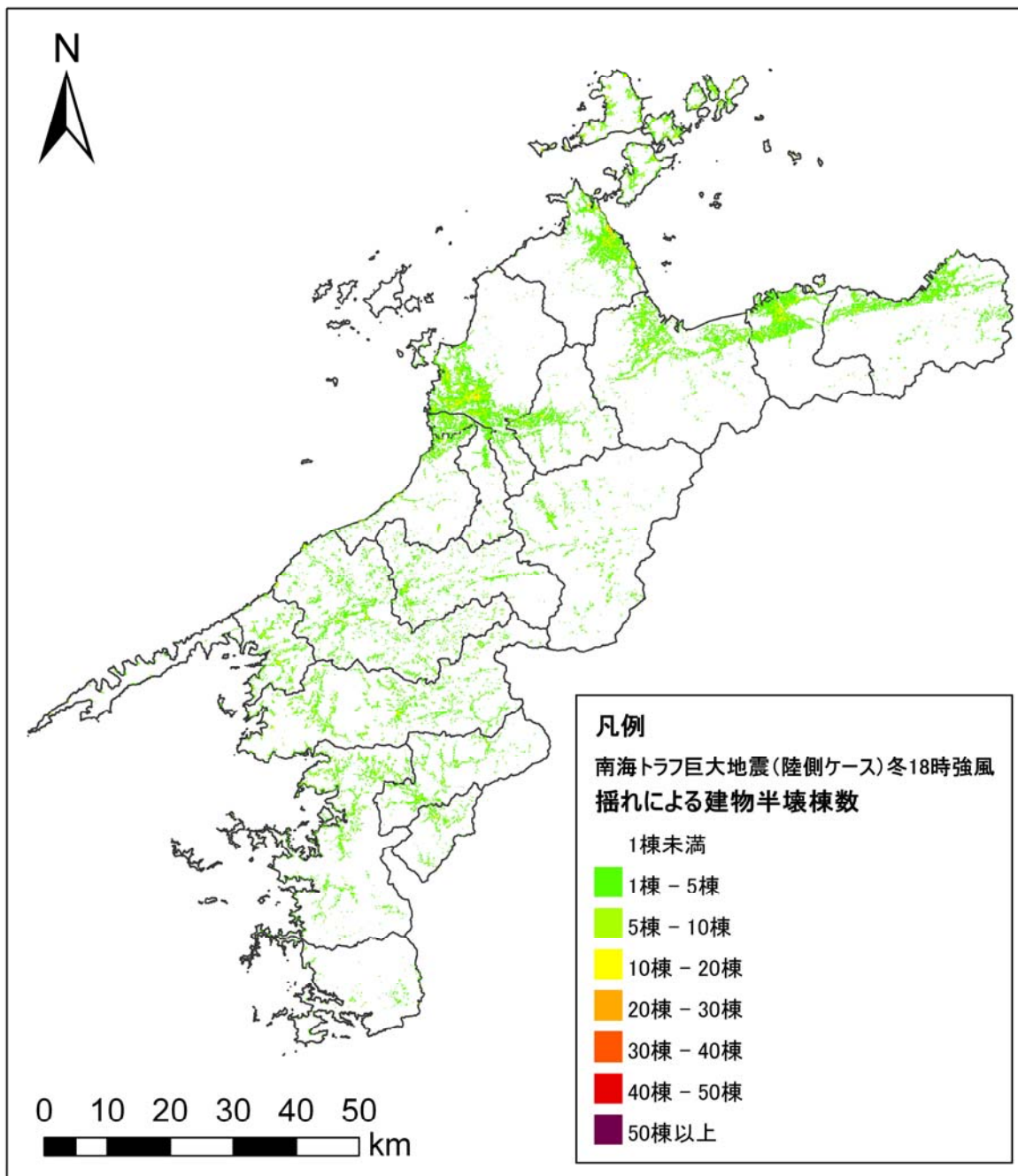


図 5-2-7 揺れによる建物半壊棟数分布図 (南海トラフ巨大地震 (陸側ケース))

3. 液状化による建物被害

3.1 手法

液状化による建物被害の算出手法、算出フローを示す。

液状化による建物被害は、構造別（RC造・S造は建築年次別も考慮）の建物棟数に、液状化危険度ランク、構造別（RC造・S造は建築年次別も考慮）の建物被害率（全壊率・半壊率）および液状化面積率を乗じて算出した。

○想定内容：全壊棟数、半壊棟数

○参考先：愛媛県(2002)²

液状化可能性指数（PL値）をもとに決定した液状化危険度ランク別に、液状化による全壊率・半壊率および液状化面積率を設定した。

表 5-3-1 PL値と液状化危険度の関係

| 液状化危険度ランク | PL値 | 液状化危険度 |
|-----------|----------------------|--------|
| A | $15.0 < PL$ | 極めて高い |
| B | $5.0 < PL \leq 15.0$ | 高い |
| C | $0.0 < PL \leq 5.0$ | 低い |
| D | $PL = 0.0$ | かなり低い |

なお、過去事例をもとにした被害率は、木造、RC造についてまとめたものがあるが、その他の構造については事例がないため、木造、非木造建物の2区分ごとに被害予測を行った。

また、建物の基礎様式の違いによって、液状化被害率が異なることが明らかになっており、本調査でもこの要因を考慮した。

※内閣府（2012）¹の液状化被害算出手法は、建物全壊棟数を算出するための基礎データが、千葉県浦安市や茨城県潮来市等、愛媛県の地盤特性と大きく異なるデータを基礎情報とした手法であるため、今回の想定に関しては、PL値から求める愛媛県（2002）²を採用した。

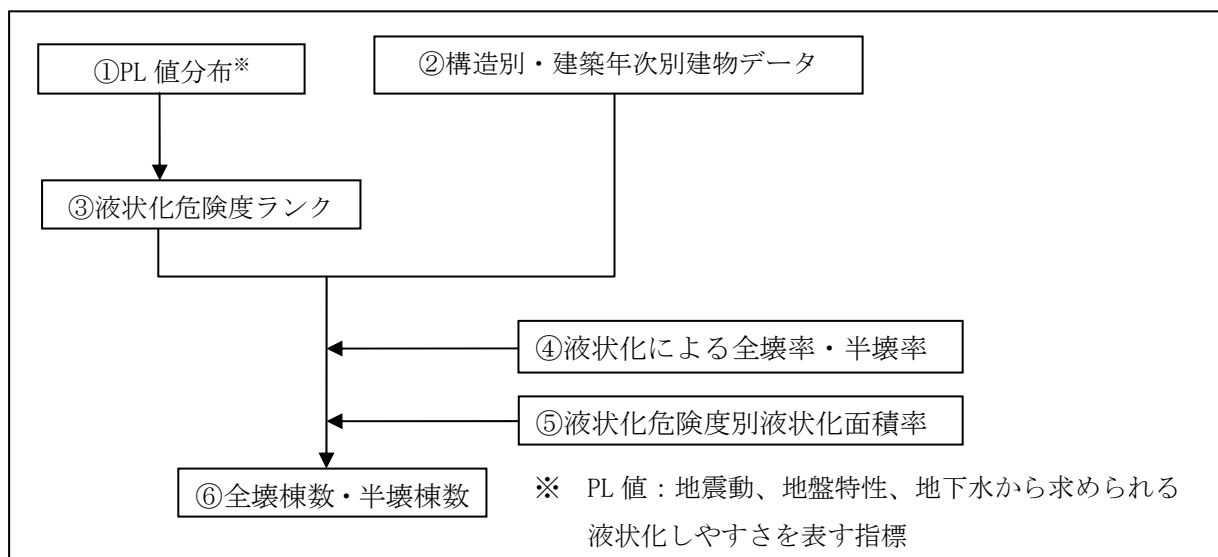


図 5-3-1 液状化による建物被害の算出フロー¹

(1) 木造建物、軽量S造建物、その他構造建物

a) 木造建物等の被害率

新潟地震（1964）、日本海中部地震（1983）の被害例をもとに設定した望月・荻本（1989）⁶の被害率を採用し、建築年代に関係なく、液状化が発生する地域では全壊率 10%、半壊率 20% に設定した。

また、本想定 of 液状化危険度判定は 125m メッシュごとに行っていることから、あるメッシュが液状化危険度大としても、メッシュ内全域で液状化が発生するとは考えられにくい。

よって、全壊率 10%、半壊率 20% に、液状化危険度別液状化面積率（1964 年新潟地震時の液状化発生状況から、ランク A：18%、B：5%、C：2%、D：0%）を乗じることによって、液状化危険度別被害率（表 5-3-2）を設定した。

なお、軽量S造、その他の構造については、1～3 階の低層建物が多く、基礎杭打等は施されていないものが多いと推定されることから、木造建物と同様の被害率を適用した。

表 5-3-2 木造建物、軽量S造、その他構造物の液状化による被害率²

| 液状化危険度 (液状化面積率) | 全壊率 (%) | 半壊率 (%) |
|--------------------|---------|---------|
| A (18%) | 1.8 | 3.6 |
| B (5%) | 0.5 | 1.0 |
| C (2%) | 0.2 | 0.4 |
| D (0%) | 0.0 | 0.0 |

⁶ 望月利男・荻本孝久（1989）：建築物及び付帯施設の被害想定手法、総合都市研究、38、pp. 25-49.

b) 木造建物等の全壊棟数・半壊棟数

$$\begin{aligned} & \text{木造、軽量S造、その他構造建物全壊棟数（半壊棟数）} \\ & = \text{木造、軽量S造、その他構造建物棟数} \times \text{液状化による被害率（全壊率・半壊率）} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{液状化による被害率（全壊率・半壊率）} \\ & = \text{液状化危険度別液状化面積率} \times \text{全壊率・半壊率} \end{aligned}$$

(2) 非木造建物（RC造、S造）

a) 非木造建物の被害率

非木造建物の被害率については、前回想定手法と同様、愛知県（1995）⁷・名古屋市（1997）⁸の方法を採用した。

この方法は、液状化集中地域における被害率を、静岡県（1993）⁹の新潟地震被害統計（表5-3-3）と、杭打ちの推定（年代、階数により杭打ちの有無を設定）から、表5-3-4のように設定している。昭和45年以前と昭和46年以降で区分した理由は、1964年新潟地震を境に非木造建物の杭打ちが一般化し、さらに昭和46年頃からは杭打ちにおいてフープ等も考慮されるようになってきたという液状化対策の推移によるものであり、7階以上および昭和46年以降3階以上のRC造建物については、十分な杭打ちが行われていると考え、被害の発生はないものとしている。液状化対策および指導は全国ほぼ同様と考えられることから、本想定においても杭打ちの推定は、愛知県（1995）⁷・名古屋市（1997）⁸と同様とした。

⁷ 愛知県（1995）：愛知県東海地震被害予測調査全体報告書。

⁸ 名古屋市（1997）：名古屋市地震被害想定調査報告書。

⁹ 静岡県（1993）：第2次地震被害想定結果報告書（人的・物的被害編）。

表 5-3-3 液状化による被害統計²

| 地域 | 全壊数（棟数） | | | | |
|--------------------|---------|---------------|---------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | 合計 | 傾斜角 | | | |
| | | 0度 | 0～1度 | 1～2.5度 | 2.5度～ |
| ①液状化被害顕著地域建物と推定を含む | 213 | 35 (16.4%) | 78 (36.6%) | 57 (26.8%) | 43 (20.2%) |
| ②液状化被害顕著地域建物と確認 | 181 | 17 (19.4%) | 68 (37.6%) | 54 <u>(29.8%)</u> 中破（半壊） | 42 <u>(23.2%)</u> 大破（全壊） |

注)「建築研究報告 No. 42、建設省建築研究所」より、1964年新潟地震において、液状化被害が顕著であった地域における RC 造建物の被害統計をまとめたものである。この表を利用して、「液状化集中地域」においては、中破（半壊）率約 30%（1～2.5 度傾斜）を、大破率約 23%（2.5 度～）とした。

表 5-3-4 液状化集中地域における全壊率、半壊率^{7 8}

| 年代区分 | 階数 | 全壊率 (%) | 半壊率 (%) |
|-----------|-----------|---------|---------|
| 昭和 45 年以前 | 7 階以上(杭有) | 0.0 | 0.0 |
| | 1～6 階(杭無) | 23.0 | 30.0 |
| 昭和 46 年以降 | 3 階以上(杭有) | 0.0 | 0.0 |
| | 1、2 階(杭無) | 23.0 | 30.0 |

上記被害率（表 5-3-4）と本想定における液状化危険度別液状化面積率（ランク A：18%、ランク B：5%、ランク C：2%、ランク D、E：0%）を乗じることにより、液状化危険度別の被害率（表 5-3-5～5-3-8）を設定した。なお、本想定では建物の建築年代区分を昭和 46 年以前と昭和 47 年以降で区分しているため、表 5-3-4 の被害率を 1 年ずらして、建築年代階数別液状化集中地域の被害率を昭和 45 年以前と昭和 46 年以降に分類した。

なお、S 造については RC 造の被害率を適用した。

表 5-3-5 RC 造建物および S 造建物の液状化による被害率²

（液状化危険度 A の場合）

| 年代区分 | 階数 | 全壊率 (%) | 半壊率 (%) |
|-----------|-----------|---------|---------|
| 昭和 46 年以前 | 7 階以上(杭有) | 0.0 | 0.0 |
| | 1～6 階(杭無) | 4.1 | 5.4 |
| 昭和 47 年以降 | 3 階以上(杭有) | 0.0 | 0.0 |
| | 1、2 階(杭無) | 4.1 | 5.4 |

表 5-3-6 RC 造建物および S 造建物の液状化による被害率²

(液状化危険度 B の場合)

| 年代区分 | 階数 | 全壊率 (%) | 半壊率 (%) |
|-----------|-----------|---------|---------|
| 昭和 46 年以前 | 7 階以上(杭有) | 0.0 | 0.0 |
| | 1~6 階(杭無) | 1.2 | 1.5 |
| 昭和 47 年以降 | 3 階以上(杭有) | 0.0 | 0.0 |
| | 1、2 階(杭無) | 1.2 | 1.5 |

表 5-3-7 RC 造建物および S 造建物の液状化による被害率²

(液状化危険度 C の場合)

| 年代区分 | 階数 | 全壊率 (%) | 半壊率 (%) |
|-----------|-----------|---------|---------|
| 昭和 46 年以前 | 7 階以上(杭有) | 0.0 | 0.0 |
| | 1~6 階(杭無) | 0.5 | 0.6 |
| 昭和 47 年以降 | 3 階以上(杭有) | 0.0 | 0.0 |
| | 1、2 階(杭無) | 0.5 | 0.6 |

表 5-3-8 RC 造建物および S 造建物の液状化による被害率²

(液状化危険度 D、E の場合)

| 年代区分 | 階数 | 全壊率 (%) | 半壊率 (%) |
|-----------|-----------|---------|---------|
| 昭和 46 年以前 | 7 階以上(杭有) | 0.0 | 0.0 |
| | 1~6 階(杭無) | 0.0 | 0.0 |
| 昭和 47 年以降 | 3 階以上(杭有) | 0.0 | 0.0 |
| | 1、2 階(杭無) | 0.0 | 0.0 |

b) 非木造建物の全壊棟数、半壊棟数

$$\text{非木造 (RC 造、S 造) 建物全壊棟数 (半壊棟数)} = \text{非木造 (RC 造、S 造) 建物棟数} \times \text{建築年代別の液状化による被害率 (全壊率・半壊率)}$$

$$\text{液状化による被害率 (全壊率・半壊率)} = \text{液状化危険度別液状化面積率} \times \text{建築年代別の全壊率・半壊率}$$

3. 液状化による建物の被害予測

3.1 木造建物

(1) 既往被害予測手法の事例

関東地震、新潟地震、日本海中部地震の被害事例をもとに、液状化発生地域の木造建物被害率を算出した資料がいくつかあり (表 B3-1)、これらは全国自治体の被害想定にも利用されている。

表 B3-1 液状化発地域における木造建物被害率

| 資料 | 対象地震 | 全壊率 (%) | 半壊率 (%) |
|----------------------|--------------------------------|-----------|-----------|
| ①望月・荏本 (1989) | 新潟地震 (1964)、 日本海中部地震 (1983) | 10 | 20 |
| ②損害保険料率算定会 (1990) | 日本海中部地震 (1983) | 15 | 25 |
| ③静岡県 (1993) | 関東地震 (1923) | 13.3 | 12.9 |
| | 新潟地震 (1964) | 10.5 | 15.4 |
| | 日本海中部地震 (1983) | 8.6 | 20.6 |
| | | (平均 10.8) | (平均 16.3) |

- ① 望月利男・荏本孝久 (1989) 建築物および付帯施設の被害想定手法、総合都市研究、38、25-50.
- ② 損害保険料率算定会 (平成 2 年) 液状化危険度に関する調査研究—液状化地域における住宅被害の研究—
- ③ 静岡県 (平成 5 年) 第 2 次地震被害想定結果報告書 (人的・物的被害編)

また、谷口・飯田 (1986) は濃尾地震・東南海地震・新潟地震等、地震被害を詳細に分析し、以下のような家屋被害の予測式を提案している。

$$Y=0.667S \cdot G \cdot PL-1.995 \cdot B$$

ただし、Y:被害率(%) PL:液状化危険度

S: M7.5 以上の海洋性地震は、1.3

M7.0~7.4 の海洋性地震、M7.5 以上の内陸性地震は、1.0

M6.9 以下の海洋性地震、M7.4 以下の内陸性地震は、0.222

G: 非液状化層の横移動 (地すべり) に係わる係数

横方向の地変大 (非液状化層の傾斜が大)、1.6

横方向の地変小 (近い場所で液状化強度がかなり異なる場合等)、1.0 横方向の地変無 (非液状強度が周辺でほぼ同じ)、0.3

B: 家屋の基礎形式に係わる係数、独立基礎; 1.0、有鉄筋布基礎; 5.0

④ 谷口・飯田（1986）地震時住家被害予測法定式化への試み - 主として、地盤液状化に起因する被害を中心に、日本建築学会構造系論文報告集、365.

また、液状化発生地域における全壊率・半壊率を、被害想定に利用する時、東京都（1991）、静岡県（平成5年）のように、「液状化可能性大のメッシュ」全域の建物を対象に、表B3-1のような全壊率・半壊率を適用する方法（ただし、液状化可能性中のメッシュでは全壊率・半壊率を半減して適用）と、愛知県（1995）・名古屋市（1997）・東京都（1997）のように、液状化可能性大メッシュが全て液状化するのではなく、液状化可能性メッシュの一定%（きわめて高い：12.7%、高い：6.3%、低い 3.2%、かなり低い：0.0%）が液状化発生すると予測されるとして、液状化発生面積上にある建物のみを対象に、全壊率・半壊率を乗じて、建物被害棟数を算出する方法がある。

(2) 本調査における被害予測手法

既往調査研究における全壊率・半壊率の設定方法を比較すると、谷口・飯田（1986）はGなどパラメータ値の設定のむつかしさに加え、算定されるのは、全壊・半壊率を合わせた被害率であることから、本調査には利用しづらい点がある。また、静岡県（1993）は関東地震（1923）時の液状化建物被害率を昭和29年以前建物の被害率として採用している。しかし、関東地震（1923）時の建物と昭和29年ごろの建物の強度を同一とみなしてよいのかという疑問もあることから、新潟地震（1964）、日本海中部地震（1983）両地震の被害事例をもとに設定した望月・荏本（1989）の被害率を採用した。なお、液状化判定は500mメッシュごとに行なわれていることから、あるメッシュが液状化可能性大としても、全域が液状化発生するとは考えられにくい。このことから、液状化可能性調査のほうから得られる予定の液状化判定ごとの液状化面積率を利用して、液状化面積上木造建物棟数を対象に、全壊率10%、半壊率20%を用いて被害棟数を算出した。

また、軽量S造建物も1～3階の低層建物が大部分を占めていることから、基礎杭打ち等の液状化対策を高じていないものが大半であろうと推定し、木造建物の被害率を同様に適用した。

3.2 非木造（RC造、S造、その他）

(1) 被害予測手法の事例

液状化による非木造建物の被害が顕著であった新潟地震の被害事例調査を参考に、調査自治体における建物基礎の分布状況から被害率を設定する方法を採るところが目立つ。

a) 東京都（1991）、神奈川県（1993）、広島県（1997）

新潟地震での液状化による建物被害発生状況と東京における建物基礎の分布状況から表B3-2の被害率を設定している。なお、液状化危険度大、中の地域で、それぞれ全面積の30%、15%で液状化が発生すると仮定している。

表 B3-2a RC 造建物の階数、基礎と被害判定

| RC 造 | 1、2 階 | 3 階 | 4～7 階 | 8 階以上 | 被害判定 |
|------|-------|-----|-------|-------|------|
| 支持ぐい | 15 | 60 | 95 | 100 | 無被害 |
| 摩擦ぐい | 15 | 20 | 5 | 0 | 中破 |
| 直接基礎 | 70 | 20 | 0 | 0 | 大破 |

表 B3-2b S 造建物の階数、基礎と被害判定

| S 造 | 1～3 階 | 4～7 階 | 8 階以上 | 被害判定 |
|------|-------|-------|-------|------|
| 支持ぐい | 0 | 30 | 100 | 無被害 |
| 摩擦ぐい | 10 | 50 | 0 | 中破 |
| 直接基礎 | 90 | 20 | 0 | 大破 |

b) 広島市 (1997)

a) と同様、新潟地震での液状化による建物被害発生状況と、広島市における建物基礎の分布状況から表 B3-3 の被害率を設定している。なお、液状化危険度大、中の地域で、それぞれ全面積の 30%、15% で液状化が発生すると仮定している。

表 B3-3a RC 造建物の階数、基礎と被害判定

| RC 造 | 1、2 階 | 3 階 | 4～7 階 | 8 階以上 | 被害判定 |
|------|-------|-----|-------|-------|------|
| 支持ぐい | 5 | 10 | 90 | 100 | 無被害 |
| 直接基礎 | 95 | 90 | 10 | 0 | 大破 |

表 B3-3b S 造建物の階数、基礎と被害判定

| S 造 | 1～3 階 | 4～7 階 | 8 階以上 | 被害判定 |
|------|-------|-------|-------|------|
| 支持ぐい | 1 | 25 | 100 | 無被害 |
| 直接基礎 | 99 | 75 | 0 | 大破 |

c) 静岡県 (1993)

「建物研究報告 No. 42、建設省建築研究所」より、新潟地震 (1964) において、液状化被害が顕著であった地域における RC 造建物の被害統計 (表 B3-4) をまとめた。この表を利用して、「液状化可能性大地域」においては、29.8% (1～2.5 度傾斜) を中破率、29.8% (2.5 度～) を大破率として、「液状化可能性のある地域」においては、大破率、中破率を半分に設定している。

表 B3-4 液状化による被害統計

| 地域 | 全棟数 (棟数) | 被害棟数 | | | |
|----------------------------|-------------|------------|------------|------------------|------------------|
| | | 傾斜角 | | | |
| | | 0度 | 0～1度 | 1～2.5度 | 2.5度～ |
| ①液状化被害 顕著地域建物 と推定を含む | 213 | 35 (16.4%) | 78 (36.6%) | 57 (26.8%) | 43 (20.2%) |
| ②液状化被害 顕著地域建物 と確認 | 181 | 17 (9.4%) | 68 (37.6%) | 54 (29.8%) 中破 | 42 (23.2%) 大破 |

また、杭打ちがされていると推定される建物は、被害を受けないとしている。実際には、建築確認申請書類から 97 棟を調査して、「4 階以上の建物」と「昭和 55 年以降の 1～3 階建物の 20%」には、基礎に杭が打たれていると仮定した。

この推定方法をまとめると、表 B3-5 のようになる。

表 B3-5 液状化可能性大地域における大破率、中破率

| 杭 | 大破率 | 中破率 |
|--------------------------|-------|-------|
| あり (4 階以上および 1～3 階の 20%) | 0.0% | 0.0% |
| なし | 23.2% | 29.8% |

(注) 可能性ありメッシュでは、大破率、中破率を半分の 11.6%, 14.9% に設定。

d) 愛知県 (1995)・名古屋市 (1997)

液状化集中地域における被害率を、静岡県 (1993) の新潟地震被害統計と、杭打ちの推定 (年代、階数により杭の有無を設定) から、表 B3-6 のように設定した。

表 B3-6 液状化集中地域における被害率

| 年代区分 | 階数 | 全壊率 (%) | 半壊率 (%) |
|--------|------------|---------|---------|
| S45 以前 | 7 階以上 (杭有) | 0.0 | 0.0 |
| | 1～6 階 (杭無) | 23.3 | 30.0 |
| S46 以降 | 3 階以上 (杭有) | 0.0 | 0.0 |
| | 1、2 階 (杭無) | 23.0 | 30.0 |

この被害率と、液状化判定結果別液状化面積率 (きわめて高い: 12.7%、高い: 6.3%、低い: 3.2%、かなり低い: 0.0%) を乗じることにより、液状化判定結果別に全壊率、半壊率を設定した。

B3-7 構造別被害認定基準の定義（液状化による被害）

| ランク | 被害内容（※新潟地震調査より） | 本調査での考え方 |
|-----|--|------------------------------|
| 全壊 | 木造建物：取り壊し、再築、基礎から屋根に至る破断（全壊） RC造・S造建物：2.5度以上の傾斜が生じたもの（大破） | 住める見込みは非常に少ない。復旧が困難と考えられる建物。 |
| 半壊 | 木造建物：建物の再建築をする場合の1/2程度の費用を復旧に要する（半壊） RC造・S造建物：1～2.5度以上の傾斜が生じたもの（中破） | 大幅な修理で住める可能性あり。 |

※ 田治米・望月・松田：地盤と震害 ―地域防災研究からのアプローチ―、積書店、(1977)
株式会社三菱総合研究所：平成2年度静岡県委託調査、第2次地震被害想定調査報告書（地震動・液状化による建築物被害の想定）、(1991)

(2) 本調査における被害予測手法

他自治体の事例から、液状化による非木造建物の被害率については、豊富な事例のある新潟地震（1964）を参考にするしかなさそうである。このうち、a)東京都（1991）、神奈川県（1993）、広島県（1997）、b)広島市（1997）では、大規模液状化発生地域全面積の30%で液状化が発生している根拠が乏しいこと、また、本調査では、メッシュごとに液状化面積率が予測されることから、液状化する面積上の非木造建物を液状化被害予測の対象建物とする。

次に、対象建物について、a)b)の方法を適用するならば、杭打ちの有無により大破（全壊）・中破（半壊）・無被害（その他）等と被害判定をする方法となり、d)愛知県（1995）・名古屋市（1997）の方法を適用するならば、杭打ちがある場合は被害なしとするものの、杭打ちがなくとも全建物が被害を被るのではなく、全壊率23%、半壊率30%を適用するということになる。

一般的には、新潟地震においても液状化集中地区上の建物が全て液状化被害を受けたわけではないことから、「新潟地震においても液状化集中地区」＝「本調査の液状化面積」と解釈し、d)の方法を採用し、液状化面積上の杭無建物は全壊率23%、半壊率30%、杭打建物は全壊率、半壊率0%とする。

なお、杭打建物棟数率は、愛媛県データがないため、愛知県（1995）・名古屋市（1997）のデータ（表B3-6）を採用した。

3.2 結果

液状化による建物被害の算出結果を示す。

表 5-3-9 液状化による建物被害

| ケース名 | 全壊(棟) | 半壊(棟) |
|--------------------------------|--------|--------|
| 南海トラフ巨大地震 (基本ケース) | 7,595 | 11,939 |
| 南海トラフ巨大地震 (陸側ケース) | 10,642 | 14,382 |
| 南海トラフ巨大地震 (東側ケース) | 7,615 | 12,200 |
| 南海トラフ巨大地震 (西側ケース) | 7,634 | 12,037 |
| 安芸灘～伊予灘～豊後水道のプレート内地震 (北側ケース 1) | 5,339 | 9,700 |
| 安芸灘～伊予灘～豊後水道のプレート内地震 (北側ケース 2) | 4,442 | 8,108 |
| 安芸灘～伊予灘～豊後水道のプレート内地震 (南側ケース 1) | 2,785 | 5,045 |
| 安芸灘～伊予灘～豊後水道のプレート内地震 (南側ケース 2) | 1,809 | 3,261 |
| 讃岐山脈南縁～石鎚山脈北縁東部の地震 (ケース 1) | 3,782 | 5,615 |
| 讃岐山脈南縁～石鎚山脈北縁東部の地震 (ケース 2) | 4,627 | 7,110 |
| 石鎚山脈北縁の地震 (ケース 1) | 3,295 | 5,092 |
| 石鎚山脈北縁の地震 (ケース 2) | 3,402 | 5,404 |
| 石鎚山脈北縁西部～伊予灘の地震 (ケース 1) | 6,573 | 10,929 |
| 石鎚山脈北縁西部～伊予灘の地震 (ケース 2) | 5,740 | 9,890 |

表 5-3-10 液状化による建物被害（南海トラフ巨大地震（陸側ケース））

| 市町名 | 全壊(棟) | 半壊(棟) |
|------------|---------------|---------------|
| 松山市 | 2,496 | 3,911 |
| 今治市 | 1,843 | 3,298 |
| 宇和島市 | 714 | 525 |
| 八幡浜市 | 181 | 67 |
| 新居浜市 | 1,130 | 1,216 |
| 西条市 | 1,466 | 1,866 |
| 大洲市 | 330 | 505 |
| 伊予市 | 297 | 362 |
| 四国中央市 | 1,046 | 1,187 |
| 西予市 | 166 | 120 |
| 東温市 | 119 | 188 |
| 上島町 | 83 | 140 |
| 久万高原町 | 26 | 48 |
| 松前町 | 357 | 465 |
| 砥部町 | 16 | 30 |
| 内子町 | 65 | 107 |
| 伊方町 | 96 | 77 |
| 松野町 | 23 | 42 |
| 鬼北町 | 66 | 123 |
| 愛南町 | 123 | 107 |
| 県合計 | 10,642 | 14,382 |

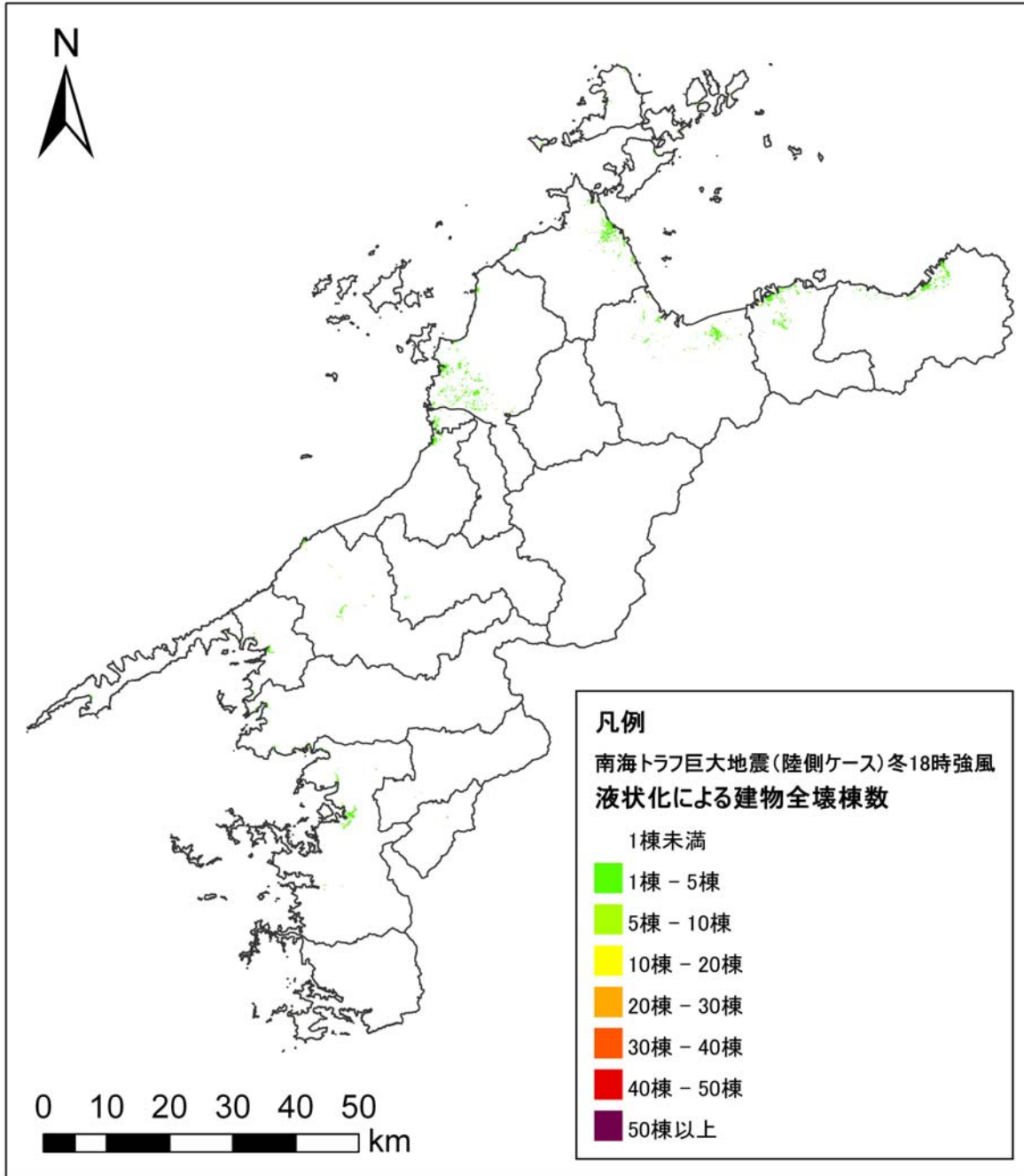


図 5-3-1 液状化による建物全壊棟数分布図 (南海トラフ巨大地震 (陸側ケース))

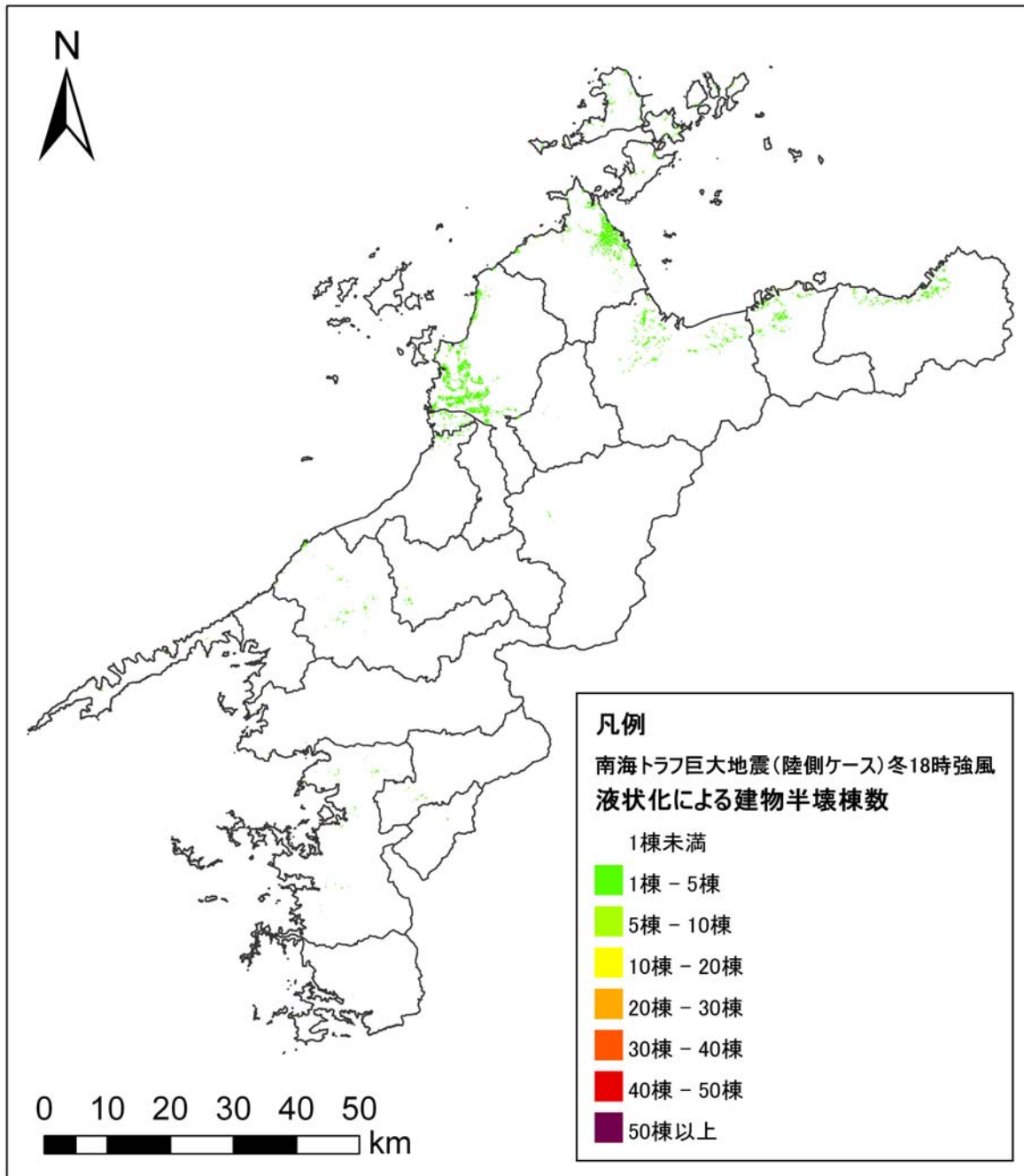


図 5-3-2 液状化による建物半壊棟数分布図 (南海トラフ巨大地震 (陸側ケース))

4. 土砂災害による建物被害

4.1 手法

土砂災害による建物被害の算出手法、算出フローを示す。

土砂災害による建物被害は、危険箇所の保全人家戸数と危険度ランク、崩壊確率・震度別建物被害率から被害棟数を算出した。

○想定内容：全壊棟数、半壊棟数

○参 考 先：内閣府（2012）¹、東京都（2012）¹⁰、広島県（2013）¹¹

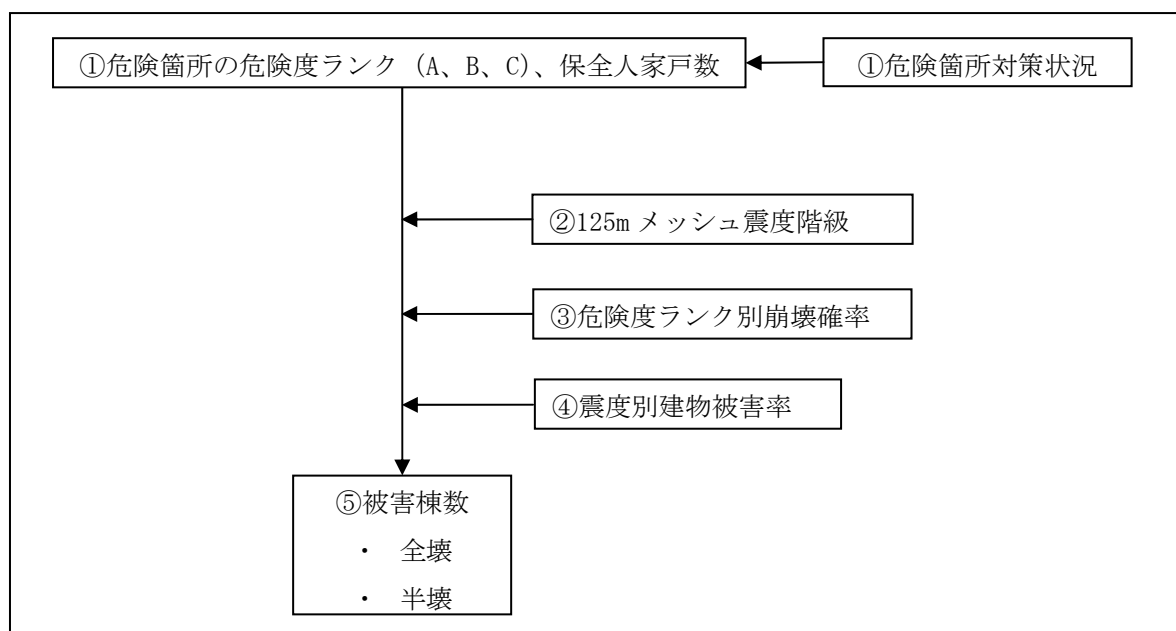


図 5-4-1 土砂災害による建物被害の算出フロー¹

¹⁰ 東京都（2012）：首都直下地震等による東京の被害想定報告書。

¹¹ 広島県（2013）：広島県地震被害想定調査報告書。

- ① 急傾斜地崩壊危険箇所を対象として、地形地質状況および対策工の施工状況から点数付けし、その合計点数（基準要素点）に応じて耐震ランク（A、B、C）を設定した。地すべり危険箇所については、既往調査の危険度ランクを耐震ランクと読み替えて、耐震ランクとメッシュ震度から急傾斜地崩壊危険箇所と同様に危険度を判定した。
- ② 地震動の計算により、125mメッシュ震度を算出した。
- ③ 危険度ランク別の崩壊確率は、近年発生した直下型地震の事例（新潟県中越地震、新潟県中越沖地震、岩手・宮城内陸地震）を踏まえ、次のように設定した（ランクB、Cの崩壊確率はゼロ）。

表 5-4-1 危険度ランクに対する崩壊確率¹

| ランク | 崩壊確率 |
|-----|------|
| A | 10% |
| B、C | 0% |

- ④ 震度別建物被害率について、全壊率は中央防災会議（2006）¹²を用いて、半壊率は静岡県（2001）¹³の被害率を用いた。

表 5-4-2 震度別建物被害率^{12 13}

| 震度階級 | ～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% |

- ⑤ 被害棟数は内閣府（2012）¹を参考として、次の式により算出した。

$$\boxed{\text{全壊棟数} = \text{危険箇所内人家戸数} \times \text{崩壊確率} \times \text{全壊率}}$$

$$\boxed{\text{半壊棟数} = \text{危険箇所内人家戸数} \times \text{崩壊確率} \times \text{半壊率}}$$

¹² 中央防災会議（2006）：首都直下地震対策専門調査会（15回）資料3.

¹³ 静岡県（2001）：3次地震被害想定結果.

4.2 結果

土砂災害による建物被害の算出結果を示す。

表 5-4-3 土砂災害による建物被害

| ケース名 | 急傾斜地崩壊危険箇所 (砂防護) | | 山腹崩壊危険地区 (森林整備課) | | 地すべり危険箇所 (砂防護) | | 地すべり危険地区 (森林整備課) | | 地すべり危険地 (農地整備課) | | 合計 | |
|----------------------------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|-------------------|-------------|---------------------|-------------|--------------------|-------------|-------------|-------------|
| | 全壊棟数 (棟) | 半壊棟数 (棟) | 全壊棟数 (棟) | 半壊棟数 (棟) | 全壊棟数 (棟) | 半壊棟数 (棟) | 全壊棟数 (棟) | 半壊棟数 (棟) | 全壊棟数 (棟) | 半壊棟数 (棟) | 全壊棟数 (棟) | 半壊棟数 (棟) |
| 南海トラフ巨大地震（基本ケース） | 219 | 512 | 40 | 94 | 112 | 262 | 4 | 9 | 16 | 38 | 392 | 915 |
| 南海トラフ巨大地震（陸側ケース） | 361 | 843 | 71 | 165 | 187 | 435 | 12 | 27 | 31 | 73 | 662 | 1,544 |
| 南海トラフ巨大地震（東側ケース） | 205 | 478 | 38 | 89 | 97 | 225 | 4 | 9 | 16 | 37 | 360 | 839 |
| 南海トラフ巨大地震（西側ケース） | 227 | 529 | 41 | 95 | 118 | 275 | 5 | 12 | 18 | 43 | 409 | 954 |
| 安芸灘～伊予灘～豊後水道のプレート内地震 (北側ケース1) | 101 | 236 | 13 | 29 | 45 | 105 | 3 | 8 | 8 | 19 | 170 | 397 |
| 安芸灘～伊予灘～豊後水道のプレート内地震 (北側ケース2) | 100 | 234 | 14 | 32 | 47 | 109 | 3 | 8 | 9 | 20 | 172 | 402 |
| 安芸灘～伊予灘～豊後水道のプレート内地震 (南側ケース1) | 99 | 230 | 18 | 42 | 68 | 160 | 0 | 1 | 11 | 26 | 197 | 459 |
| 安芸灘～伊予灘～豊後水道のプレート内地震 (南側ケース2) | 83 | 195 | 14 | 34 | 55 | 129 | 0 | 1 | 8 | 18 | 162 | 377 |
| 讃岐山脈南縁～石鎚山脈北縁東部の地震 (ケース1) | 24 | 56 | 5 | 11 | 8 | 19 | 1 | 3 | 1 | 3 | 40 | 92 |
| 讃岐山脈南縁～石鎚山脈北縁東部の地震 (ケース2) | 32 | 75 | 6 | 14 | 9 | 21 | 2 | 4 | 1 | 3 | 50 | 117 |
| 石鎚山脈北縁の地震（ケース1） | 19 | 43 | 4 | 10 | 5 | 11 | 2 | 4 | 1 | 1 | 30 | 69 |
| 石鎚山脈北縁の地震（ケース2） | 19 | 44 | 5 | 11 | 5 | 11 | 2 | 4 | 1 | 1 | 30 | 71 |
| 石鎚山脈北縁西部～伊予灘の地震（ケース1） | 157 | 366 | 27 | 64 | 88 | 205 | 5 | 12 | 18 | 42 | 296 | 690 |
| 石鎚山脈北縁西部～伊予灘の地震（ケース2） | 148 | 346 | 27 | 63 | 96 | 224 | 4 | 10 | 17 | 40 | 293 | 683 |

表 5-4-4 土砂災害による建物被害（南海トラフ巨大地震（陸側ケース））

| 市町名 | 急傾斜地崩壊危険箇所 (砂防護) | | | 山腹崩壊危険地区 (森林整備課) | | | 地すべり危険箇所 (砂防護) | | | 地すべり危険地区 (森林整備課) | | | 地すべり危険地 (農地整備課) | | | 合計 | | |
|------------|---------------------|-------------|-------------|---------------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|---------------------|-------------|-------------|--------------------|-------------|-------------|---------------|-------------|--------------|
| | 保全人家数 (棟) | 全壊棟数 (棟) | 半壊棟数 (棟) | 保全人家数 (棟) | 全壊棟数 (棟) | 半壊棟数 (棟) | 保全人家数 (棟) | 全壊棟数 (棟) | 半壊棟数 (棟) | 保全人家数 (棟) | 全壊棟数 (棟) | 半壊棟数 (棟) | 保全人家数 (棟) | 全壊棟数 (棟) | 半壊棟数 (棟) | 保全人家数 (棟) | 全壊棟数 (棟) | 半壊棟数 (棟) |
| 松山市 | 4,040 | 37 | 87 | 3,582 | 2 | 5 | 172 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 183 | 0 | 0 | 7,977 | 41 | 96 |
| 今治市 | 4,958 | 31 | 72 | 1,877 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 450 | 0 | 0 | 7,285 | 32 | 75 |
| 宇和島市 | 9,846 | 56 | 131 | 4,017 | 6 | 15 | 812 | 15 | 35 | 0 | 0 | 0 | 115 | 0 | 0 | 14,790 | 78 | 182 |
| 八幡浜市 | 2,050 | 26 | 60 | 962 | 2 | 5 | 4,716 | 79 | 185 | 202 | 0 | 0 | 1,641 | 4 | 10 | 9,571 | 111 | 260 |
| 新居浜市 | 1,055 | 6 | 14 | 877 | 3 | 8 | 311 | 3 | 7 | 213 | 1 | 3 | 23 | 0 | 0 | 2,479 | 14 | 32 |
| 西条市 | 821 | 5 | 11 | 839 | 3 | 6 | 377 | 3 | 7 | 118 | 1 | 2 | 322 | 1 | 2 | 2,477 | 12 | 29 |
| 大洲市 | 5,106 | 69 | 161 | 1,257 | 9 | 21 | 1,221 | 10 | 23 | 0 | 0 | 0 | 1,600 | 4 | 9 | 9,184 | 92 | 214 |
| 伊予市 | 2,081 | 27 | 62 | 1,576 | 8 | 18 | 398 | 4 | 9 | 30 | 1 | 1 | 627 | 4 | 10 | 4,712 | 43 | 99 |
| 四国中央市 | 630 | 6 | 13 | 1,207 | 3 | 7 | 573 | 7 | 17 | 0 | 0 | 0 | 329 | 1 | 3 | 2,739 | 17 | 40 |
| 西予市 | 856 | 7 | 17 | 1,843 | 12 | 27 | 630 | 5 | 11 | 5 | 0 | 0 | 642 | 0 | 0 | 3,976 | 24 | 56 |
| 東温市 | 662 | 5 | 13 | 858 | 2 | 6 | 281 | 2 | 6 | 17 | 0 | 0 | 61 | 0 | 0 | 1,879 | 10 | 24 |
| 上島町 | 700 | 2 | 4 | 253 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 49 | 0 | 0 | 1,002 | 2 | 4 |
| 久万高原町 | 1,051 | 12 | 28 | 914 | 5 | 11 | 693 | 10 | 23 | 470 | 8 | 19 | 1,024 | 5 | 11 | 4,152 | 39 | 92 |
| 松前町 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 砥部町 | 1,024 | 14 | 32 | 790 | 2 | 4 | 118 | 2 | 5 | 39 | 1 | 2 | 344 | 1 | 2 | 2,315 | 19 | 45 |
| 内子町 | 1,871 | 23 | 53 | 568 | 2 | 6 | 906 | 9 | 20 | 0 | 0 | 0 | 1,285 | 3 | 6 | 4,630 | 37 | 86 |
| 伊方町 | 1,875 | 9 | 21 | 1,357 | 4 | 8 | 2,909 | 35 | 81 | 71 | 0 | 0 | 1,812 | 8 | 19 | 8,024 | 55 | 129 |
| 松野町 | 550 | 7 | 16 | 373 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 925 | 8 | 18 |
| 鬼北町 | 530 | 6 | 15 | 666 | 4 | 8 | 313 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 72 | 0 | 0 | 1,581 | 11 | 25 |
| 愛南町 | 2,486 | 14 | 33 | 766 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 32 | 0 | 0 | 3,284 | 16 | 37 |
| 県合計 | 42,192 | 361 | 843 | 24,582 | 71 | 165 | 14,432 | 187 | 436 | 1,165 | 12 | 27 | 10,611 | 31 | 73 | 92,982 | 662 | 1,544 |

5. 津波による建物被害

5.1 手法

津波による建物被害の算出手法、算出フローを示す。

津波による建物被害は、人口集中地区とそれ以外の地区で浸水深別・建物構造別被害率を設定して、津波浸水シミュレーションの単位である 10m メッシュごとに全壊棟数、半壊棟数を算出し、125m メッシュ単位に集計した。

○想定内容：全壊棟数、半壊棟数

○参考先：内閣府 (2012) ¹

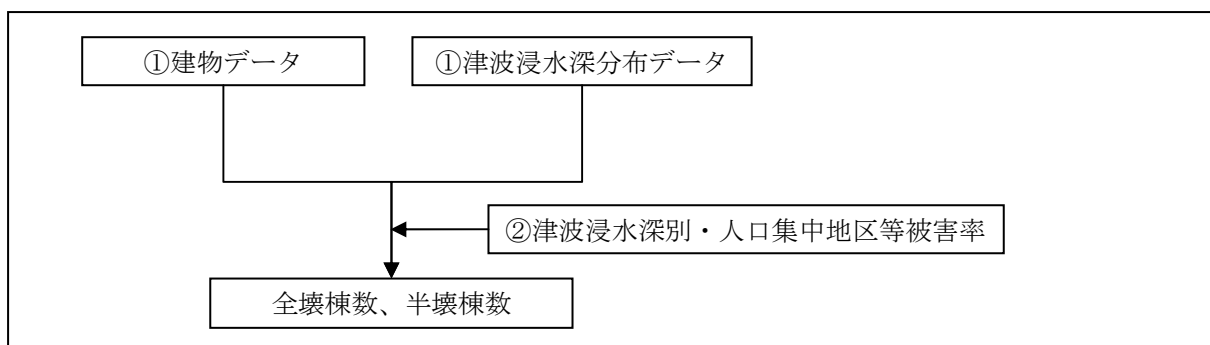


図 5-5-1 津波による建物被害の算出フロー¹

- ① 建物データを人口集中地区^{※1}とそれ以外の地区に分類し、津波浸水深分布データとの重ねあわせをした。
- ② 人口集中地区^{※1}とそれ以外の地区で、津波浸水深ごとの建物被害率^{※3}をそれぞれ設定して、建物構造別に全壊棟数^{※2}、半壊棟数^{※2}を 10m メッシュごとに算出し、125m メッシュ単位に集計した。

※1 人口密度が 4,000 人/km² 以上の基本単位区等が市区町村区域内で互いに隣接して、それらの隣接した地域の人口が国勢調査時に 5,000 人以上を有する地区。¹⁴

※2 「東日本大震災による被災現況調査結果について (第 1 次報告)」¹⁵による津波浸水深ごとの建物被災状況の構成割合を見ると、津波浸水深 2.0m を超えると全壊となる割合が大幅に増加している。半壊については、従来の被害想定では津波浸水深 1.0~2.0m で一律半壊としていたのに対し、浸水深が 0.5m 超から半壊となる割合が大きくなっている。

※3 図 5-5-2 津波浸水深ごとの建物被害率 (人口集中地区)

図 5-5-3 津波浸水深ごとの建物被害率 (人口集中地区以外)

¹⁴ 総務省 (2013) : 総務省統計局ホームページ.

¹⁵ 国土交通省 (2011) : 日本大震災による被災現況調査結果について (第 1 次報告).

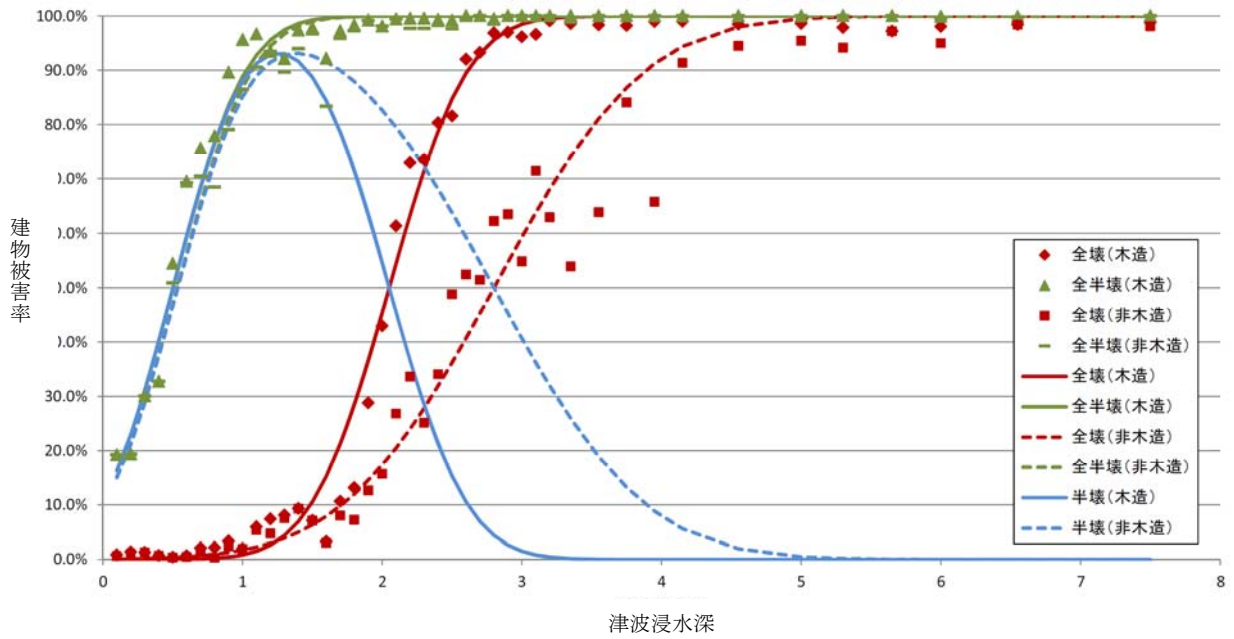


図 5-5-2 津波浸水深ごとの建物被害率（人口集中地区）¹

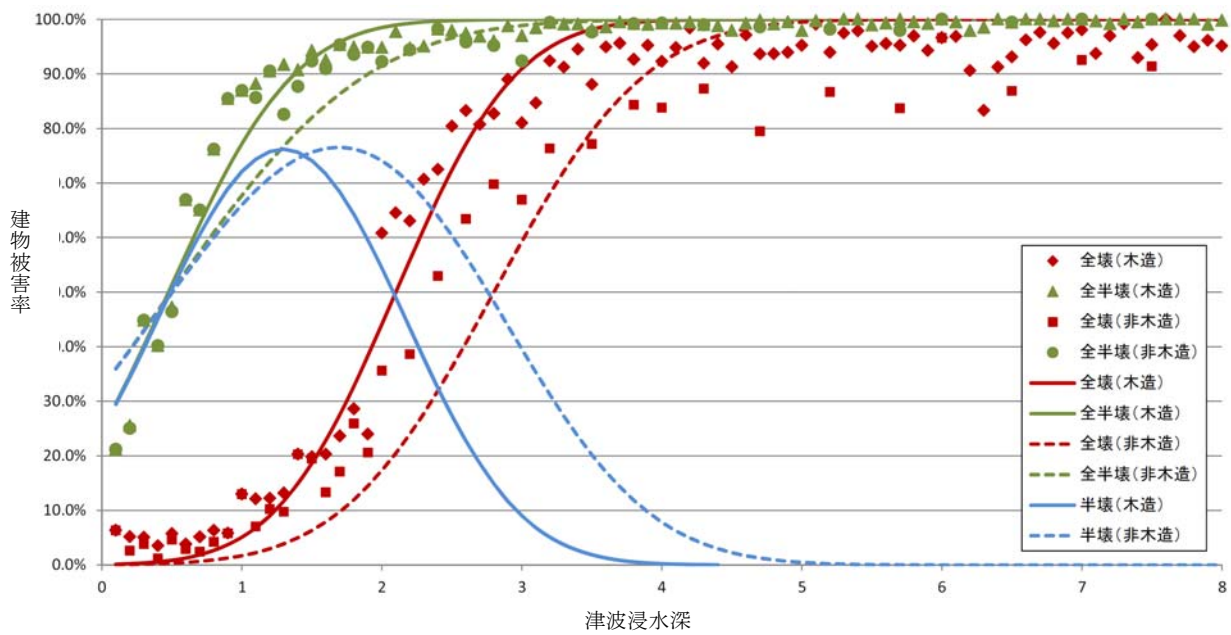


図 5-5-3 津波浸水深ごとの建物被害率（人口集中地区以外）¹

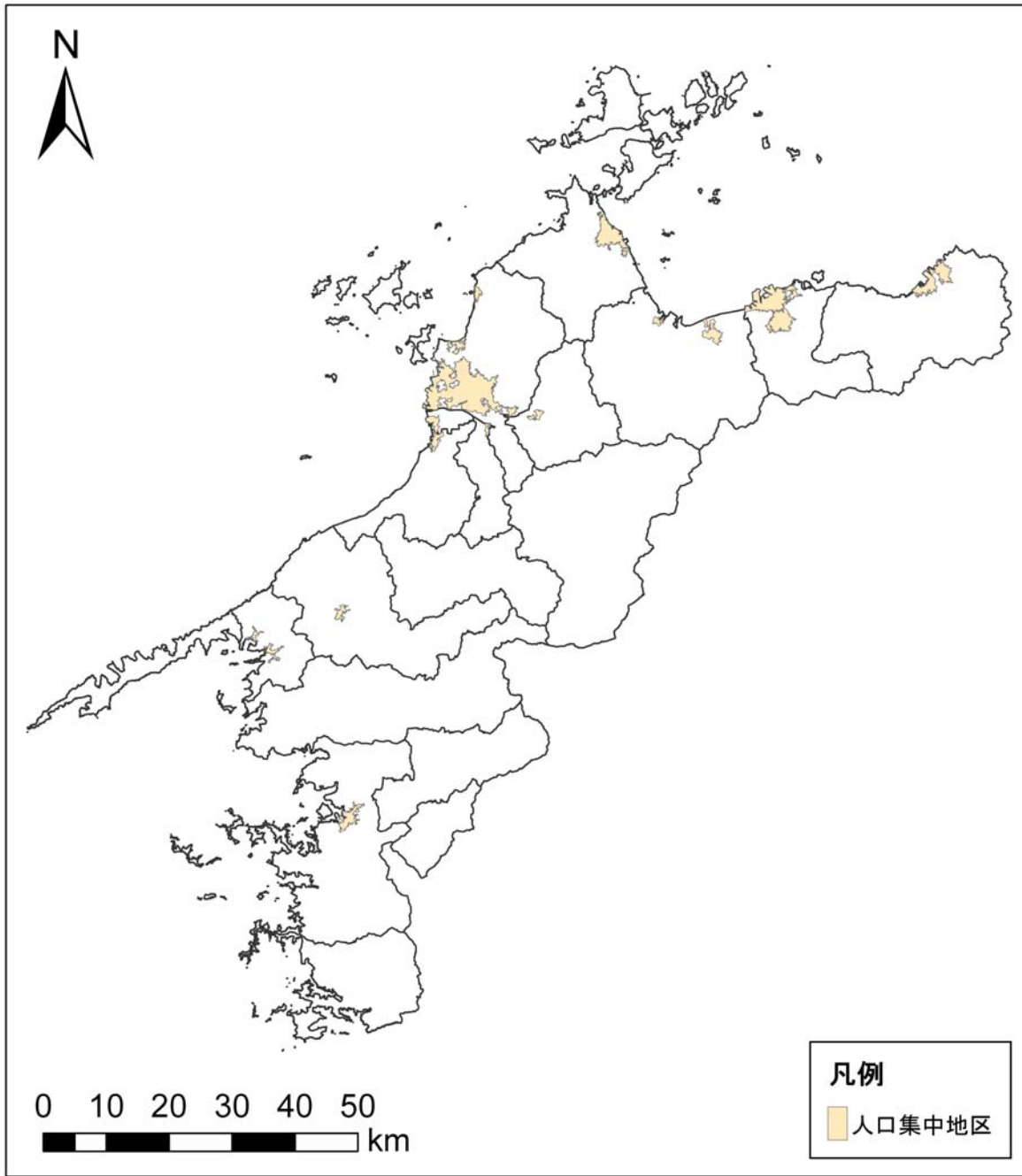


图 5-5-4 县内人口集中地区

5.2 結果

津波による建物被害の算出結果を示す。

表 5-5-1 津波による建物被害（冬 18 時 風速：強風）

| ケース名 | 全壊(棟) | 半壊(棟) |
|-------------------|--------|--------|
| 南海トラフ巨大地震（基本ケース） | 28,876 | 33,597 |
| 南海トラフ巨大地震（陸側ケース）* | 27,413 | 18,193 |
| 南海トラフ巨大地震（東側ケース） | 28,519 | 33,910 |
| 南海トラフ巨大地震（西側ケース） | 29,182 | 34,152 |

※ 南海トラフ巨大地震（陸側ケース）は、揺れ、液状化による建物被害が他のケースと比較して最も多いため、重複処理を行った結果、津波による建物被害が他のケースと比較して少なくなっている。

表 5-5-2 津波による建物被害（南海トラフ巨大地震（陸側ケース）冬 18 時 風速：強風）

| 市町名 | 全壊(棟) | 半壊(棟) |
|------------|---------------|---------------|
| 松山市 | 72 | 3,593 |
| 今治市 | 480 | 5,203 |
| 宇和島市 | 9,111 | 986 |
| 八幡浜市 | 5,102 | 347 |
| 新居浜市 | 706 | 1,250 |
| 西条市 | 3,890 | 3,814 |
| 大洲市 | 59 | 390 |
| 伊予市 | 100 | 375 |
| 四国中央市 | 66 | 459 |
| 西予市 | 2,961 | 286 |
| 東温市 | 0 | 0 |
| 上島町 | 22 | 213 |
| 久万高原町 | 0 | 0 |
| 松前町 | 114 | 419 |
| 砥部町 | 0 | 0 |
| 内子町 | 0 | 0 |
| 伊方町 | 1,664 | 388 |
| 松野町 | 0 | 0 |
| 鬼北町 | 0 | 0 |
| 愛南町 | 3,067 | 470 |
| 県合計 | 27,413 | 18,193 |

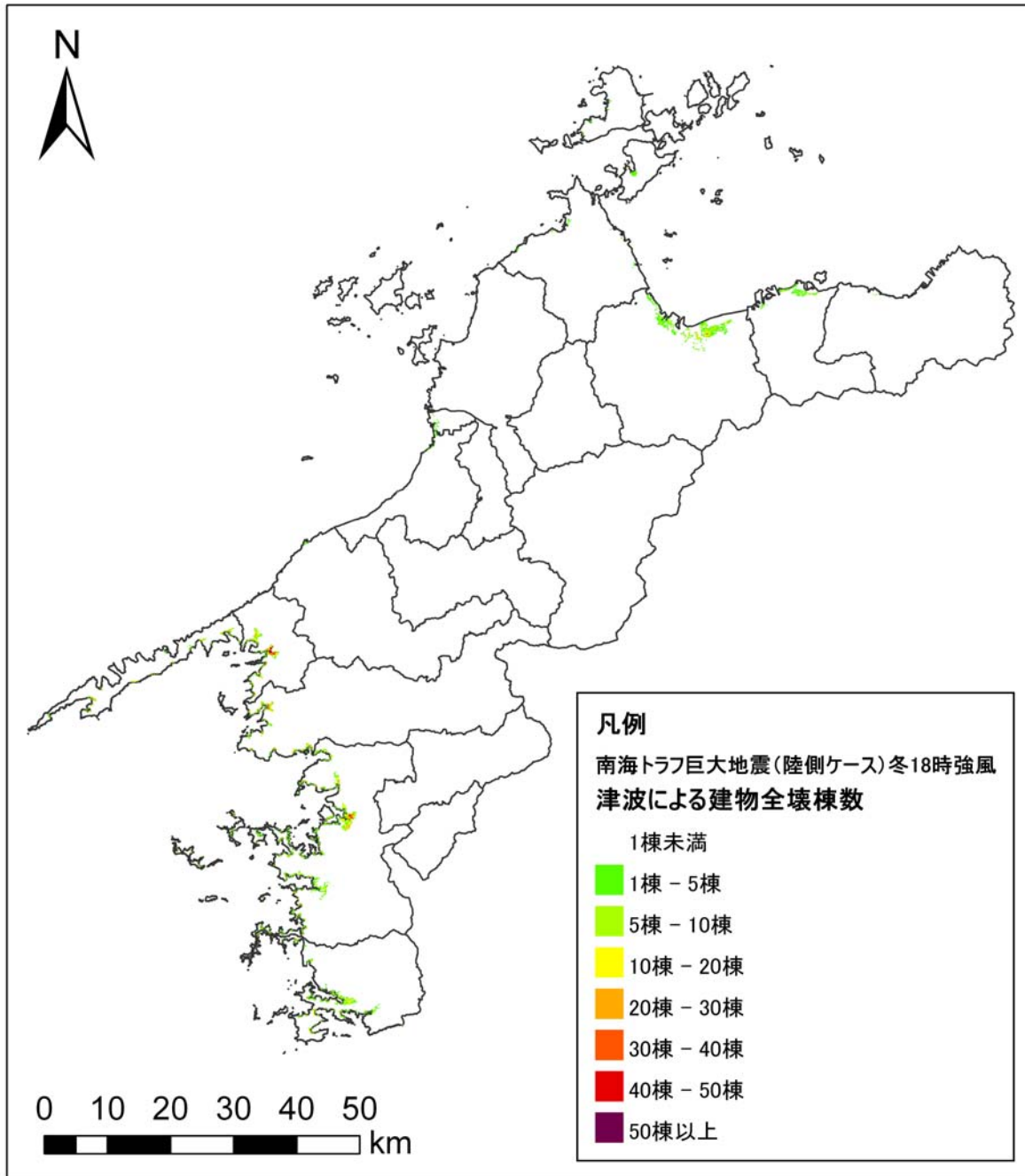


図 5-5-5 津波による建物全壊棟数分布図（南海トラフ巨大地震（陸側ケース））

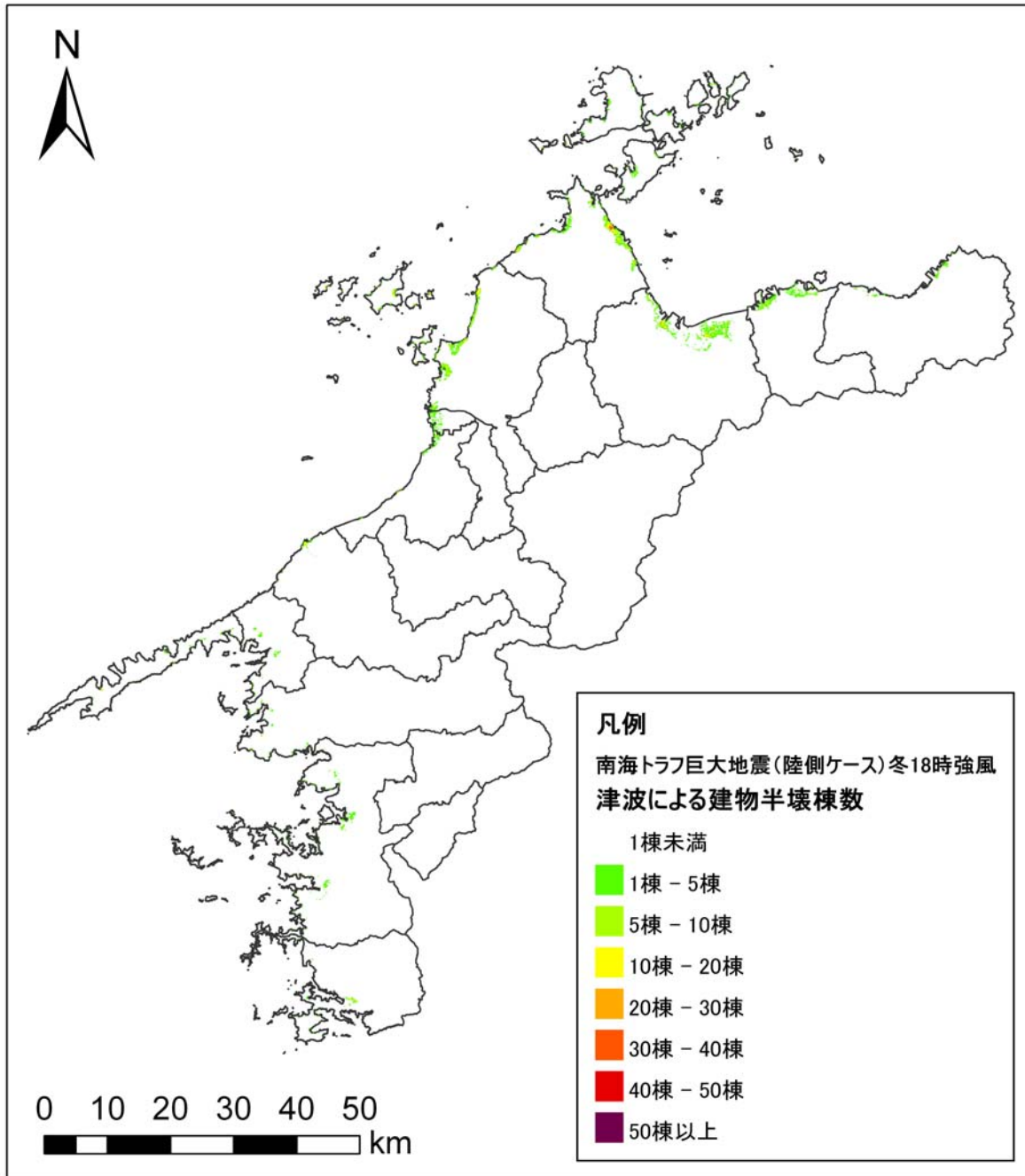


図 5-5-6 津波による建物半壊棟数分布図（南海トラフ巨大地震（陸側ケース））

6. 地震火災による建物被害

6.1 手法

地震火災による建物被害の算出手法、算出フローを示す。

地震火災による建物被害は、揺れによる全壊率と震度別・用途別出火率から出火件数を算出し、初期消火性効率、炎上出火件数、消防運用による消火可能件数から、消火できなかった残火災件数を求めた。これを出火点として配置し、風向き、風速等の気象条件を考慮した上で、延焼シミュレーション（48時間）を行い、焼失棟数を算出した。

○想定内容：出火件数、焼失棟数、焼失面積

○参考先：内閣府（2012）¹、愛媛県（2002）²、和歌山県（2006）¹⁶、広島県（2013）¹¹

6.1.1 設定条件

(1) 気象条件

地震火災の被害想定に使用する気象条件（風向・風速）は、県内の観測記録を採用した。設定した気象条件は、「平常時風速」「強風時風速」「風向」であり、それぞれの気象観測所と市町の位置関係から市町ごとに設定した。県内気象観測所位置を図5-6-1 県内市町別に設定した気象条件を表5-6-1に示す。

気象条件の設定に使用したデータを示す。

気象台・気象観測所：22 地点（うち風向・風速 14 地点）

期間：2000 年～2011 年（12 年分）

収集資料：気象データ・アメダス

(2) 統計処理方法

平常時、強風時の気象条件設定の際の統計処理は次のとおりとした。

統計項目：シーン（季節、時刻）ごとの特別平均風速と最多風向

ア 平常時風速と風向

平常時風速は、シーン毎の特別風速・風向データを12年分収集し、その12年分の平均値を採用した。風向は、最も出現頻度が高い風向を採用した。

イ 強風時風速と風向

強風時風速は、シーン毎の特別風速の平均 μ と標準偏差 σ を求め、平均 μ に 2σ 分を加えた値（強風時の風速を考慮）^{*}を採用した。風向は、最も出現頻度が高い風向を採用した。

※強風時風速：平均風速 μ に標準偏差 $\sigma \times 2$ を加えたもの（ 2σ を加えることで正規分布の95.45%値となり、異常値を除いた強風時風速といえる）

¹⁶ 和歌山県（2006）：和歌山県地震被害想定調査報告書。

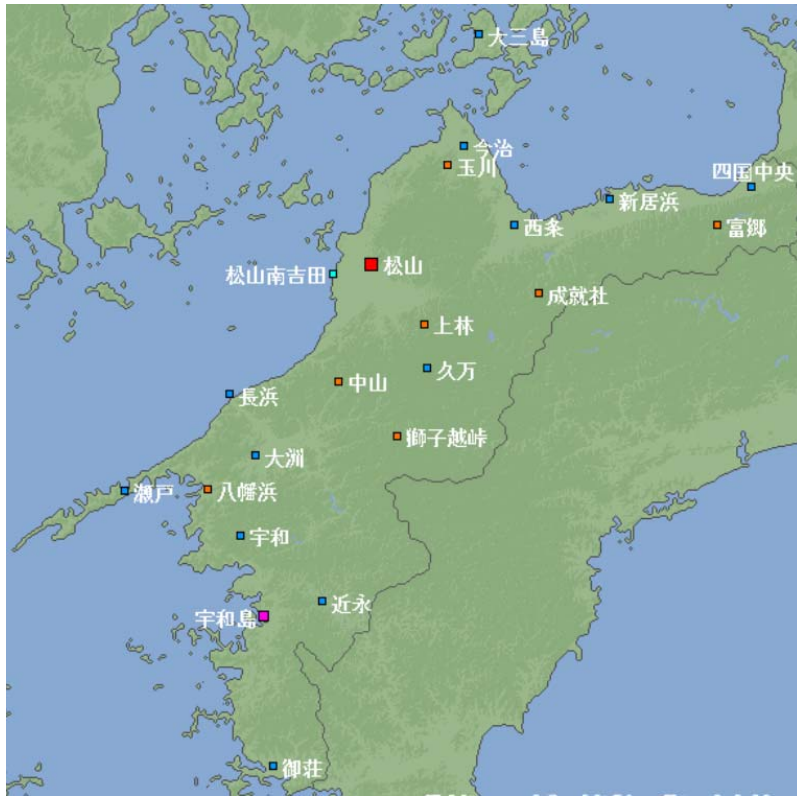


図 5-6-1 県内観測所位置¹⁷

表 5-6-1 シーン別風速・風向

(風速：m/s)

| 市町名 | シーン 観測所 | 冬深夜 | | | | 冬18時 | | | | 夏12時 | | | |
|-------|------------|-------------|-----|--------------------|------|-------------|-----|--------------------|------|-------------|-----|--------------------|------|
| | | 平均時 平均風速 | 2σ | 強風時 平均風速 +2σ | 最多風向 | 平均時 平均風速 | 2σ | 強風時 平均風速 +2σ | 最多風向 | 平均時 平均風速 | 2σ | 強風時 平均風速 +2σ | 最多風向 |
| | | 松山市 | 松山 | 1.9 | 2.4 | 4.3 | E | 2.3 | 2.6 | 4.9 | W | 2.8 | 2.2 |
| 今治市 | 今治 | 1.4 | 2.3 | 3.7 | S | 1.5 | 2.2 | 3.7 | W | 2.1 | 1.8 | 4.0 | NE |
| 宇和島市 | 宇和島 | 3.0 | 5.8 | 8.8 | SE | 3.5 | 5.5 | 9.0 | NW | 3.9 | 3.2 | 7.1 | W |
| 八幡浜市 | 宇和 | 1.5 | 3.4 | 4.9 | NW | 2.1 | 3.6 | 5.7 | NW | 2.7 | 2.4 | 5.1 | S |
| 新居浜市 | 新居浜 | 2.8 | 3.3 | 6.1 | SE | 3.1 | 3.9 | 7.0 | SW | 2.7 | 2.8 | 5.5 | N |
| 西条市 | 西条 | 2.0 | 2.6 | 4.6 | SW | 2.1 | 2.9 | 5.0 | SW | 2.9 | 2.6 | 5.5 | NE |
| 大洲市 | 大洲 | 0.8 | 2.6 | 3.4 | W | 1.3 | 2.9 | 4.3 | W | 1.9 | 2.4 | 4.2 | W |
| 伊予市 | 長浜 | 4.6 | 5.3 | 9.9 | S | 3.9 | 5.6 | 9.5 | NW | 2.9 | 3.2 | 6.1 | N |
| 四国中央市 | 三島 | 1.8 | 3.1 | 4.9 | E | 2.1 | 3.7 | 5.8 | SE | 2.0 | 2.1 | 4.1 | W |
| 西予市 | 宇和 | 1.5 | 3.4 | 4.9 | NW | 2.1 | 3.6 | 5.7 | NW | 2.7 | 2.4 | 5.1 | S |
| 東温市 | 松山 | 1.9 | 2.4 | 4.3 | E | 2.3 | 2.6 | 4.9 | W | 2.8 | 2.2 | 5.0 | NW |
| 上島町 | 大三島 | 2.6 | 4.4 | 6.9 | E | 2.8 | 4.7 | 7.5 | NE | 2.6 | 2.5 | 5.1 | W |
| 久万高原町 | 久万 | 0.7 | 2.1 | 2.8 | NW | 1.1 | 2.0 | 3.1 | W | 2.1 | 2.2 | 4.4 | NW |
| 松前町 | 松山 | 1.9 | 2.4 | 4.3 | E | 2.3 | 2.6 | 4.9 | W | 2.8 | 2.2 | 5.0 | NW |
| 砥部町 | 久万 | 0.7 | 2.1 | 2.8 | NW | 1.1 | 2.0 | 3.1 | W | 2.1 | 2.2 | 4.4 | NW |
| 内子町 | 久万 | 0.7 | 2.1 | 2.8 | NW | 1.1 | 2.0 | 3.1 | W | 2.1 | 2.2 | 4.4 | NW |
| 伊方町 | 瀬戸 | 4.2 | 5.1 | 9.3 | N | 4.8 | 5.2 | 10.1 | N | 4.9 | 5.4 | 10.3 | S |
| 松野町 | 近永 | 1.1 | 2.4 | 3.5 | NW | 1.6 | 2.5 | 4.0 | W | 1.9 | 1.9 | 3.8 | NW |
| 鬼北町 | 近永 | 1.1 | 2.4 | 3.5 | NW | 1.6 | 2.5 | 4.0 | W | 1.9 | 1.9 | 3.8 | NW |
| 愛南町 | 御荘 | 1.7 | 3.0 | 4.7 | NW | 1.9 | 3.1 | 5.0 | NW | 2.5 | 2.9 | 5.3 | W |

¹⁷ 気象庁(2013)：気象庁ホームページ。

6.1.2 地震火災による建物被害の算出フロー

火災における延焼シミュレーションシステムの被害算出フロー*を示す。

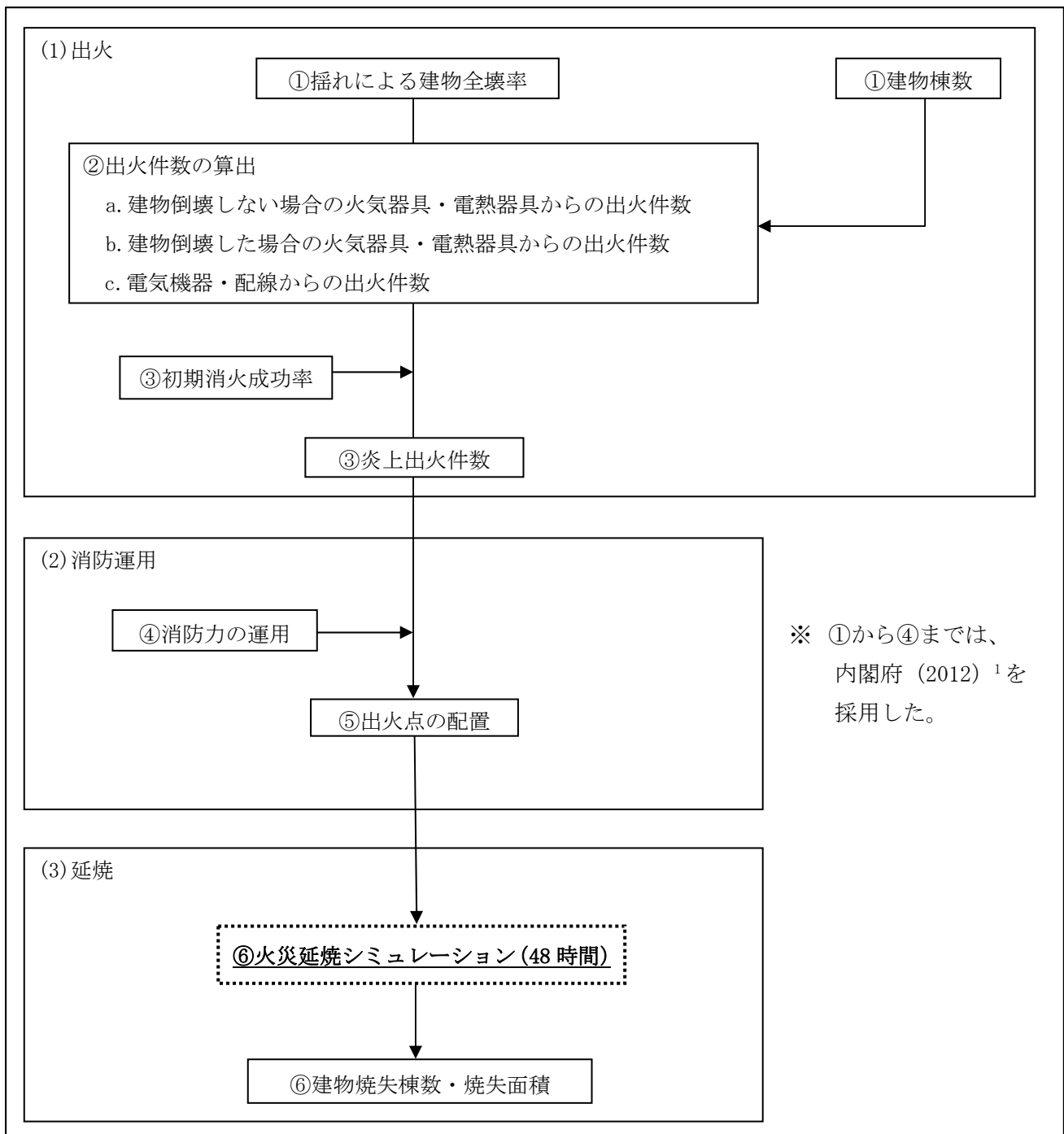


図 5-6-2 火災による建物被害の算出フロー

6.1.3 出火・消防運用・延焼

(1) 出火

① 揺れによる建物全壊棟数

揺れによる建物被害を算出したメッシュごとの建物棟数および全壊率を整理した。

② 出火件数の算出（内閣府（2012）¹による震度別用途別出火率（季節時間別）を採用）

出火件数の算出は、内閣府（2012）¹の手法を採用した。

a) 出火要因の多くを占める火気器具、電熱器具、電気器具、配線からの出火を対象とした。

b) 出火要因別に次のア)～ウ)に分類して、出火件数を求めた。

なお、化学薬品・工業炉・危険物施設等は全体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、取り扱わないこととした。

ア) 建物が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出火は、震度別用途別出火率（季節時間別）を設定し、次の式により算出した。

| |
|------------------------------------|
| 建物が倒壊しない場合の全出火件数＝震度別用途別出火率×用途別建物棟数 |
|------------------------------------|

表 5-6-2 震度別用途別出火率（季節時間帯別）¹

冬深夜

| | 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% |
| 事務所等その他事務所 | 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% |
| 事務所等その他事務所 | 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% |
| 事務所等その他事務所 | 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) 建物が倒壊した場合の火気器具・電熱器具からの出火

- ・ 阪神・淡路大震災の事例から、冬における倒壊建物 1 棟あたり出火率を 0.0449%とし、さらに時刻別に補正した。
- ・ 暖房器具類を使わない夏の場合には、倒壊建物 1 棟あたり出火率を 0.0286%とした。
- ・ 時刻補正係数は 1.0（深夜）、2.2（12 時）、3.4（18 時）とした。

建物倒壊した場合の全出火件数＝建物倒壊棟数×季節時間帯別の倒壊建物 1 棟あたり出火率

季節時間帯別の倒壊建物 1 棟あたり出火率：

0.0449%（冬深夜）、0.0629%（夏 12 時）、0.153%（冬 18 時）

カ) 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、全壊棟数との関係で設定した。

$$\text{電気機器からの出火件数} = 0.044\% \times \text{全壊棟数}$$

$$\text{配線からの出火件数} = 0.030\% \times \text{全壊棟数}$$

③ 初期消火成功率（内閣府（2012）¹⁾）と炎上出火件数

初期消火成功率は、平成 23 年「東京都消防庁出火危険度測定」における住宅の初期消火成功率を採用した。

表 5-6-3 震度別初期消火成功率

| 震度 | 6 弱以下 | 6 強 | 7 |
|---------|-------|-----|-----|
| 初期消火成功率 | 67% | 30% | 15% |

$$\text{炎上出火件数} = (1 - \text{震度別初期消火成功率}) \times (\text{出火件数})$$

(2) 消防運用

④ 消防力の運用（内閣府（2012）¹⁾）

- ・現況の消防力と阪神・淡路大震災での消火実績等をもとにした式を採用した。
- ・消防ポンプ自動車数、小型動力ポンプ数および消防水利数をもとに、消防本部・組合ごとに消火可能件数を算出した。

$$\text{消火可能件数（発災直後）} = \alpha \times (\text{消防ポンプ自動車数} / 2 + \text{小型動力ポンプ数} / 4) \times \{1 - (1 - 61,544 / \text{市街地面積 (m}^2\text{)})^{\text{水利数}}\}$$

$$\text{残火災件数} = \text{炎上出火件数} - \text{消火可能火災件数}$$

上式の補正係数 α は、市町それぞれ平常時・強風時の風速値から風速 8m/s 未満は 0.3、風速 8m/s 以上は 0.2 の設定とした。

- a) 市町内の各出火点に駆けつけることのできる消防車の合計数は、市町が所有する消防車台数を上限とした。
- b) 消防力 1 口あたりの消火可能火面周長は 10m とした。(和歌山県 (2006)¹⁶、広島県 (2013)¹¹⁾
- c) 消防ポンプ自動車等は 2 口、小型動力ポンプ積載車は 1 口として消火可能火面周長を設定した。(愛媛県 (2002)²⁾
- d) 市町ごとに求めた消火可能件数 (発火直後) 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炎が延焼拡大すると考え、残火件数を求めた。
- e) 各市町で消火できなかった炎上出火件数は、残火炎件数として焼失棟数の計上をした。
- f) 消防運用により全ての炎上出火を消し止められた場合においても、平均的に 1 消火件数あたり 5 棟が焼失するものとした。(内閣府 (2012)¹⁾

表 5-6-4 消火可能火面周長

| 種別 | 消火可能火面周長 |
|--|----------|
| 消防ポンプ車等 (普通消防ポンプ自動車、水槽付消防ポンプ自動車、 はしご付消防ポンプ自動車、屈折はしご付消防ポンプ自動車、 化学消防ポンプ自動車) | 20m |
| 小型動力ポンプ積載車 | 10m |

表 5-6-5 市町別出火件数 (南海トラフ巨大地震(陸側ケース) 冬 18 時 風速: 強風時)

| 市町名 | 出火件数 (件) | | | | |
|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|
| | 全出火 | 初期消火 | 炎上出火 | 消防力 鎮火 | 残出火 |
| 松山市 | 58 | 22 | 37 | 6 | 31 |
| 今治市 | 33 | 15 | 18 | 5 | 13 |
| 宇和島市 | 51 | 13 | 37 | 1 | 36 |
| 八幡浜市 | 14 | 5 | 9 | 3 | 6 |
| 新居浜市 | 62 | 15 | 47 | 5 | 42 |
| 西条市 | 62 | 16 | 46 | 6 | 40 |
| 大洲市 | 25 | 8 | 18 | 3 | 15 |
| 伊予市 | 8 | 4 | 5 | 1 | 4 |
| 四国中央市 | 62 | 13 | 48 | 5 | 43 |
| 西予市 | 35 | 9 | 26 | 5 | 21 |
| 東温市 | 10 | 3 | 6 | 2 | 4 |
| 上島町 | 4 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| 久万高原町 | 4 | 2 | 2 | 2 | 0 |
| 松前町 | 12 | 4 | 9 | 2 | 7 |
| 砥部町 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 内子町 | 5 | 2 | 3 | 2 | 1 |
| 伊方町 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 松野町 | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| 鬼北町 | 9 | 3 | 6 | 2 | 4 |
| 愛南町 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 県合計 | 463 | 140 | 323 | 54 | 269 |

⑤ 出火点の配置

出火点の配置は、和歌山県(2006)¹⁶や広島県(2013)¹¹の手法を採用した。

- a) メッシュごとに求められた消火不能件数の存在確率を大きい順に並べ替えた。
- b) 消火不能件数の存在確率が高い方から順に値を足し合わせていき、1件を超えるところまでを1つのグループとした。このグループによる消火不能件数の存在確率の合計は1件強となることからグループ内で出火が生じるものとし、このグループ内に1箇所の出火点を配置する。出火点を配置するメッシュは、このグループ内の最も多い消火不能件数の存在確率のメッシュとした。出火点配置の設定表を次表に示す。
- c) それ以降のメッシュについても順次同様の処理を行い、消火不能件数の存在確率の和が1を超えるごとにグルーピングし、それぞれ出火点を配置した。

表 5-6-6 出火点配置の設定表 (例)

| メッシュ名 | 消火不能件数の存在確率 (高い順) | 合計 | グループ | 出火点配置 |
|--------|-------------------|-----|--------|-------|
| メッシュ A | 1.2 | 1.2 | グループ A | 出火点 1 |
| メッシュ B | 0.8 | 1.4 | グループ B | 出火点 2 |
| メッシュ C | 0.6 | | | |
| メッシュ D | 0.5 | 1.2 | グループ C | 出火点 3 |
| メッシュ E | 0.4 | | | |
| メッシュ F | 0.3 | | | |
| メッシュ G | 0.3 | 1.1 | グループ D | 出火点 4 |
| メッシュ H | 0.2 | | | |
| メッシュ I | 0.2 | | | |
| メッシュ J | 0.2 | | | |
| メッシュ K | 0.2 | | | |
| ... | ... | ... | ... | ... |

6.1.4 延焼

⑥ 火災延焼シミュレーション

愛媛大学工学部二神透准教授開発の「火災延焼シミュレーションシステム」を採用し、残出火点からの延焼による建物焼失棟数を算出した。

- a) 消防力の運用でも消火できなかった出火点の属するメッシュを対象に延焼速度式（浜田式（1951）¹⁸）を用いて、延焼シミュレーションを行い、延焼棟数を算出した。
- b) 延焼シミュレーションは、10m四方のメッシュデータを用いて、県内の市町別にポリゴン（建物種別形状データ）を用いて実施した。
- c) 延焼要因として、市町別に季節・時刻ごとの風向、風速の気象条件を入力し、延焼シミュレーションを実施した。風向は東西南北に北東・南東・南西・北西を加えた 8 方向を想定した。
- d) 延焼判定には延焼速度式・延焼限界距離に加えて受熱温度判定を行った。
- e) 受熱温度計算は延焼シミュレーションの延焼対象となる建物の受熱面について輻射熱・対流熱を求め、常温 20℃・木材発火温度を 400℃と想定して算出をした。算出式は次のとおりである。

浜田式¹⁸： 1951年に浜田が構築した延焼速度式（市街地に純木造家屋が立地する場合の式）。以降、市街地内で防火造建築物や耐火造建築物が立地するという建物構造の混成状況を考慮に入れた改良（延焼速度比の導入）を実施。

本調査の延焼シミュレーションプログラムで採用している式は後者の式で、メッシュ属性として建物混成比率（延焼速度比）となる木造混成比、防火木造混成比をパラメータとして使用。本採用式は次の特色がある。地方自治体が市街地防火対策を講ずる際の火災危険性を把握するための公式として現在も多く採用されている。

¹⁸ 浜田稔（1951）：火災の延焼速度について、火災の研究、1、日本損害保険協会。

① 火炎傾き

風速を U (m/sec) とすると、火炎傾き θ は、次式で算出できる。

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{2}{U} \right)^{0.2}$$

② 建物火炎高さ

建物火炎高さ H_s (m) は、次式において同時延焼奥行きを D_s 、市街地係数を a として算出した。

$$n = 0.0133 \cdot (D_s - 10) \cdot (a - 0.1) + 3.98 / (D_s^{0.6})$$

$$H_s = 4.7 \cdot n \cdot \left(\frac{10^3}{U} \right)^{0.2}$$

ただし、 U : 風速 (m/sec) ($U \geq 2$)

③ 建物火災輻射熱量

建物火災輻射熱量 R_s (kcal/m²・h) は、 $f_i(x)$ に対する火炎面の平均輝面率 E_c を次式のように定義し、建物火災輻射発散強度 R_s (kcal/m²・h)、火炎面から受熱点の間の形態係数 $f_i(x)$ 、遮蔽物の平均透過率 e_i 、建物火災輻射発散強度 E_s (kcal/m²・h) として算出した。

$$e_i = 1 - \frac{h'_i + h'_{i+1}}{2} \cdot \frac{1}{H_s}$$

$$R_s = E_s \cdot \sum_{i=1}^n \{ \tau_i \cdot e_i \cdot f_i(x) \}$$

④ 気流熱

建物火災による気流熱 T_{as} (°C) は同時延焼奥行き D_s (m)、市街地係数を a として算出した。

$$T_{as} = 209 \cdot a \cdot \frac{D_s \cdot U}{X} \cdot \left(\frac{1}{X + D_s/2} \right)^{0.8}$$

⑤ 受焼温度

建物火災による受熱点の温度 T (°C) は次式により算出した。

$$T = T_{ac} + \frac{R_s}{20} + 20$$

f) 炎上建物が焼失するまでの時間(min)は次式で算出した。

$$POTT = \frac{(a - 0.25)}{(0.18 \cdot 1.6 \cdot (1 - c'/100 + c'/60))}$$

ただし、 a : 平均家屋長(m)、 c' : 耐火造混成比

火災延焼シミュレーションの算出フローを示す。

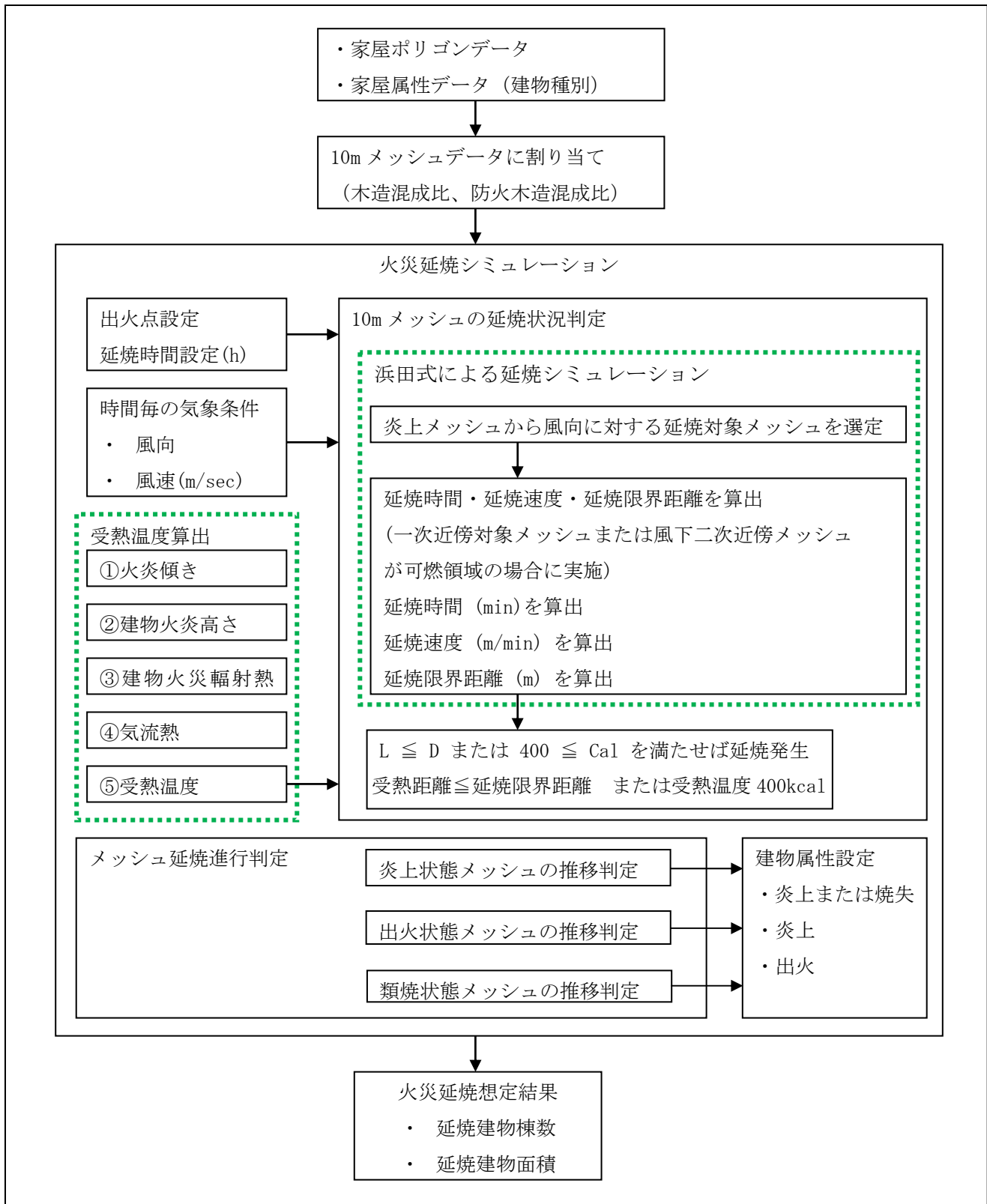


図 5-6-3 火災延焼シミュレーション算出フロー¹

- (1) 延焼シミュレーションの実行時間を 48 時間に設定し、単位時間ごとにその時間での気象条件に基づくメッシュ状態判定・延焼進行判定を行った。時間毎に変化したメッシュ状態は逐次建物の状態にも反映させてその延焼結果を出力した。
- (2) シミュレーション結果に、経過時間 (min) ・延焼 (炎上・焼失) した建物数・延焼した建物面積 (m²) ・延焼したメッシュ面積 (m²) を算出し、延焼建物は炎上時間別に整理をした。

6.2 想定手法の比較

内閣府と愛媛県の地震火災による建物被害の想定手法の比較を示す。

表 5-6-7 地震火災による建物被害の想定手法の比較(1/2)

| 項目 | 内閣府手法 | 愛媛県手法 |
|---------------|--|---|
| 出火 | 震度別用途別出火率と用途別の対象物数から出火件数を算出し、初期消火成功率を評価して、炎上する出火件数を算出。 | 計算の流れ・計算式・設定値は内閣府手法に同じ。 |
| 初期消火 | | |
| 炎上出火件数 | | |
| 消火力 | 出火の評価に加味。出火件数を抑止する際に震度によらず地域の公設消火力(消防ポンプ自動車数と小型動力ポンプ数等)に応じて一定の値を導入。 | |
| 残出火件数 | 想定する炎上出火点に対し、消火力を発揮した場合の残出火件数を算出。 | |
| 出火点配置 | <ul style="list-style-type: none"> ●出火点の概念はない(延焼クラスターデータベースに出火率を乗ずる手法)。 ●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、1棟あたりの残火災件数期待値(件/棟)を求め、それに対して延焼クラスターデータベースを適用し、焼失棟数期待値を算出。 | <ul style="list-style-type: none"> ●出火点の設定は以下の手順。 <ul style="list-style-type: none"> ・メッシュ別消火不能件数の存在確率が大きい順に並びかえ。 ・消火不能件数の存在確率の合計が1を超えるごとにグループ化し、グループ内で存在確率が最大のメッシュに出火点を配置。 |
| 延焼/気象 | アメダスデータの統計値を基に時間帯ごとの最頻の風向と平均風速・悪条件の風速(風速8m/s)を与える。すなわち一定の風向・風速の風が吹き続けるという設定。 | 過去アメダスデータ(2000-2011)の統計値を基に時間帯ごとの最頻の風向と平均風速・強風時(平均+2σ)風速を市町ごとに算出し、火災延焼シミュレーションに使用。 |
| 延焼/出火点からの延焼評価 | <ul style="list-style-type: none"> ●クラスター設定。 建物構造種別に応じ、燃え移るかどうかの距離(延焼限界距離)を設定、全建物間の距離が延焼限界距離より短ければ、全て延焼すると判定。延焼限界距離内にある建物同士の群をクラスターとし、クラスター内の1戸が延焼すれば、同一クラスター内の建物は同時に全て延焼し焼失。 ●焼失棟数算出。 1棟ごとの出火確率からクラスター内の1棟当たりの焼失リスクを算出、集計して焼失棟数を算出。 | <ul style="list-style-type: none"> ●市街地の建物の立地状況や気象条件等をあらわすパラメータにより延焼速度を数式とした浜田式による火災延焼シミュレーションを実施し、延焼エリアを想定。 ●浜田式は、市街地内で防火造建築物や耐火造建築物が立地するという建物構造の混成状況を考慮に入れた改良式を採用。 ●火災延焼シミュレーション用10mメッシュに基盤地図家屋位置情報を埋め込み、火災延焼シミュレーションを実施。 ●メッシュ属性は、木造・防火木造・耐火造情報、建ぺい率情報、木造混成比とした。 |

表 5-6-7 地震火災による建物被害の想定手法の比較(2/2)

| 項目 | 内閣府手法 | 愛媛県手法 |
|---------|---|--|
| 計算過程と結果 | <p>時間帯・気象条件ごとの各 1 回の計算結果を評価結果として提示。気象条件、出火件数は時間帯ごとに固定の値が設定される。気象条件は、平均的な風と、悪条件の風に分かれる。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● 延焼原因として、市町別に季節・時間ごとの風向、風速等の気象条件を入力し、シミュレーションを実施。 ● 延焼判定には延焼速度式・延焼限界距離に加えて受熱温度判定を実施。 ● 受熱温度計算はシミュレーション中の延焼対象となる個別の受熱面について輻射熱・対流熱を求め、常温 20℃・木材発火温度を 400℃と想定。 ● 設定したシミュレーション実行時間(48 時間)が終了するまで、単位時間帯ごとの気象条件に基づくメッシュ状態判定・延焼進行判定を実施。 |
| 特徴 | <ul style="list-style-type: none"> ● どのように燃えるかではなく、出火確率を持った建物同士がつながるかどうかの判定を行なっている。 ● 建物単体のデジタルマップを用いる手法であり、市街地の空間特性(建物の分布等)を反映できる。 | <ul style="list-style-type: none"> ● 建物 1 棟ごとの種別データ(普通建物・堅ろう建物)のデータを使用し、10m メッシュ単位の延焼シミュレーションを実施するため、算出結果の精度が高い。 ● 延焼結果として 1 分ごとの建物延焼状況を得ることができ、時系列ごとに延焼範囲、延焼方向を確認することが可能。 |

6.3 結果

地震火災による建物被害の算出結果を示す。

表 5-6-8 地震火災による焼失棟数および焼失面積（冬 18 時 風速：強風）

| ケース名 | 全出火 件数 (件) | 残出火 件数 (件) | 焼失棟数 (棟) | 焼失面積 (ha) |
|-----------------------------------|------------------|------------------|-------------|--------------|
| 南海トラフ巨大地震（基本ケース） | 91 | 16 | 10,789 | 530.11 |
| 南海トラフ巨大地震（陸側ケース） | 463 | 269 | 97,357 | 5,315.13 |
| 南海トラフ巨大地震（東側ケース） | 72 | 4 | 8,694 | 313.81 |
| 南海トラフ巨大地震（西側ケース） | 93 | 19 | 11,116 | 537.44 |
| 安芸灘～伊予灘～豊後水道のプレート内地震 （北側ケース 1） | 32 | 0 | 53 | 0.00 |
| 安芸灘～伊予灘～豊後水道のプレート内地震 （北側ケース 2） | 27 | 0 | 44 | 0.00 |
| 安芸灘～伊予灘～豊後水道のプレート内地震 （南側ケース 1） | 16 | 0 | 27 | 0.00 |
| 安芸灘～伊予灘～豊後水道のプレート内地震 （南側ケース 2） | 10 | 0 | 16 | 0.00 |
| 讃岐山脈南縁－石鎚山脈北縁東部の地震 （ケース 1） | 103 | 58 | 23,798 | 1,289.13 |
| 讃岐山脈南縁－石鎚山脈北縁東部の地震 （ケース 2） | 134 | 77 | 23,682 | 1,391.59 |
| 石鎚山脈北縁の地震（ケース 1） | 77 | 39 | 19,228 | 994.05 |
| 石鎚山脈北縁の地震（ケース 2） | 63 | 24 | 16,878 | 770.88 |
| 石鎚山脈北縁西部－伊予灘の地震（ケース 1） | 128 | 40 | 35,326 | 1,535.19 |
| 石鎚山脈北縁西部－伊予灘の地震（ケース 2） | 95 | 19 | 19,993 | 826.81 |

表 5-6-9 市町別地震火災による焼失棟数および焼失面積
(南海トラフ巨大地震(陸側ケース) 冬 18 時 風速: 強風)

| 市町名 | 全出火件数 (件) | 残出火件数 (件) | 焼失棟数 (棟) | 焼失面積 (ha) |
|------------|--------------|--------------|---------------|-----------------|
| 松山市 | 58 | 31 | 25,112 | 1,135.16 |
| 今治市 | 33 | 13 | 978 | 53.92 |
| 宇和島市 | 51 | 36 | 8,438 | 518.56 |
| 八幡浜市 | 14 | 6 | 2,832 | 228.57 |
| 新居浜市 | 62 | 42 | 18,524 | 932.19 |
| 西条市 | 62 | 40 | 13,191 | 825.99 |
| 大洲市 | 25 | 15 | 2,128 | 136.77 |
| 伊予市 | 8 | 4 | 4,877 | 196.67 |
| 四国中央市 | 62 | 43 | 10,213 | 670.32 |
| 西予市 | 35 | 21 | 3,226 | 259.74 |
| 東温市 | 10 | 4 | 2,065 | 109.35 |
| 上島町 | 4 | 1 | 560 | 22.56 |
| 久万高原町 | 4 | 0 | 10 | 0.00 |
| 松前町 | 12 | 7 | 4,719 | 200.80 |
| 砥部町 | 2 | 0 | 4 | 0.00 |
| 内子町 | 5 | 1 | 438 | 24.55 |
| 伊方町 | 1 | 0 | 2 | 0.00 |
| 松野町 | 3 | 1 | 10 | 0.00 |
| 鬼北町 | 9 | 4 | 26 | 0.00 |
| 愛南町 | 2 | 0 | 5 | 0.00 |
| 県合計 | 463 | 269 | 97,357 | 5,315.13 |

※ 焼失棟数が 5 棟未満、焼失面積が 0 になる理由は以下の複合的処理を実施しているためである。

- ① 消防力で消火した出火に関しては、焼失面積にカウントしていない。
- ② 消火できる出火 1 件あたり、5 棟焼失としているが、メッシュ内に 5 棟以上建物がない場合は、メッシュの建物全壊でない棟数と比較して少ない方を採用している。
- ③ 建物被害が、揺れ・液状化・津波で全壊になっていれば、焼失棟数としてカウントしていない。

7. 津波火災による建物被害

7.1 手法

津波火災による建物被害の定性的評価の方針を示す。

東日本大震災では、大規模な津波火災が発生したが、現時点では津波火災件数の調査、整理および分析が継続中であり、非容量、様相等を正確に把握することは難しく、定量化は困難である。このため、東日本大震災の知見等を踏まえ、津波火災の出火原因や被害様相について定性的に示した。

○想定内容：津波火災の被害の様相

○参考先：内閣府（2012）¹

7.1.1 東日本大震災で得られた知見等

関澤（2012）¹⁹によれば、出火原因および火災種別の内訳等は次のとおりである。

(1) 出火原因

- ・ 火気器具や可燃物の転倒落下によるもの（ストーブやヒータへの転倒やストーブ上への可燃物落下 0.8%）
- ・ ガス配管や電気配線の破壊・破損によるもの（ガス漏れ 0.8%、配線の断線・接触不良 10.5%）
- ・ 浸水や津波現象によるもの（津波漂着瓦礫の出火 33.9%、浸水による短絡・スパーク 21.8%、自然発火 2.4%）
- ・ その他（電気関係 4.0%、電気関係以外 0.8%、不明 25.0%）

(2) 火災種別

表 5-7-1 火災種別

| 火災種別 | 割合 |
|----------|-------|
| 建物火災 | 21.0% |
| 車両火災 | 32.3% |
| 瓦礫火災 | 33.9% |
| 漂流の車両と建物 | 4.0% |
| その他・不明 | 8.9% |

(3) 津波火災の火災規模

津波に起因する火災は、不明分（59.7%）を除いた内訳で、74.0%が全焼または大規模火災（ここでは5棟以上焼損）、部分焼損以下に止められたものは24.0%である。

¹⁹ 関澤愛（2012）：東日本大震災による火災の発生状況について、月刊フェスク、2012.6.

7.1.2 東日本大震災での主な事例

- ・ 流出した屋外タンクからのオイル、ガスボンベによって拡大し、また瓦礫等の可燃物も豊富であったため、それらは燃えたまま津波に乗って漂流。さらにこれらの集積の密度によっては、ここで海上油面火災が形成されたり、燃えた船舶が延焼拡大をさらに助長。
- ・ 津波によって打ち寄せられた家屋等の瓦礫が高台に堆積し、火のついた瓦礫から周辺の瓦礫へ燃え広がるケースが多い。
- ・ 瓦礫等に邪魔されて消火が困難となったことも延焼拡大の要因。
- ・ 焼失地域の中には山際の避難場所を燃やしたものや山林火災に発展するものもあり、一部の避難場所では再避難が必要となった。

7.2 結果

津波火災による建物被害は、シナリオに整理した。

8. 建物被害の課題・考察

8.1 建物被害算出における課題

(1) 揺れによる建物被害

① 耐震補強について

本調査では市町別耐震化率情報が得られなかったため、便宜上県内全市町が均一の耐震化率であると仮定して算出した。今後、建物耐震調査情報のデータベース化が進み、1棟ごとの建物被害棟数評価が可能となれば、耐震補強情報を評価因子として、詳細な建物被害棟数想定を実施することが重要と考える。

② 対象建物について

本調査では、建物内に人がいる可能性が否定できないことや、過小評価となる可能性を避けるため床面積による建物除外は実施しなかった。今後の調査・研究により狭小建物を除く基準値と高精度な家屋形状データが全県で整備されれば、対象家屋面積を設定して、それぞれ建物被害想定することが重要と考える。

③ 被害箇所特定について

本調査では、計算機の演算限界と家屋詳細位置・形状データの整備不足から、125mメッシュで被害想定を実施している特性上、厳密な家屋位置による被害算出（1棟評価）は実施していない。今後、計算機の演算能力が向上し、家屋詳細位置・形状データが同一精度で県全域整備されれば、より詳細に建物被害棟数想定をすることが重要と考える。

(2) 液状化による建物被害

内閣府(2012)¹が提示した手法で示される建物全壊率を判定するための地盤沈下量についての情報は、東日本大震災における千葉県・茨城県内の液状化建物被害棟数、日本海中部地震における秋田県内の液状化被害を基礎データとしているため、愛媛県の地盤特性に整合しない。

よって、本調査では、前回調査手法を踏襲し、構造別・建築年次別の建物棟数に液状化危険度ランク・構造別・建物年次別の建物被害棟数率および液状化面積率を乗じて算出する手法を採用した。今後、愛媛県の自然特性に整合する、新たな知見を採用することが出来れば、液状化の特性を考慮した被害想定を実施することが重要と考える。

(3) 土砂災害による建物被害

本調査では、県が管理する土砂災害危険箇所情報を有効活用し、想定される被害条件をより明確にすることを目的として、急傾斜地崩壊のほか、地すべりを想定現象とした。算出は危険箇所の保全人家戸数と危険度ランク、崩壊確率・震度別建物被害棟数率から被害棟数を求めた。今後、土砂災害防止法等に基づく基礎調査の県域全体調査が完了すれば、基礎調査結果を利用して被害想定を実施することが重要と考える。

(4) 津波による建物被害

本調査では、津波浸水深の算出値により建物被害棟数を求めたが、今後、東日本大震災の被害実績に基づいた調査研究が進めば、特に防災上重要な地域や施設に対して、津波流速や浮力等を考慮した詳細な建物被害想定を実施することが重要と考える。

(5) 地震火災による建物被害

本調査では、消火不能件数の存在確率から火災出火点を配置したが、今後、計算機の演算能力が向上すれば、10m メッシュでの延焼シミュレーションをモンテカルロ法(繰り返し計算)により実施し、各種条件(出火点、気象条件(風向・風速))を設定し、考えうる全てのパターンについてシミュレーションを行なうことが重要と考える。

【モンテカルロ法】

乱数を用いたシミュレーションを何度も行って、近似的な解を得る数値計算の手法。解析的なアプローチが困難な場合等に用いられる。高い精度の解を得るためには、試行回数を増やす必要がある。

8.2 建物被害算出における考察

(1) 揺れによる建物被害

揺れによる建物被害数は、南海トラフ巨大地震(陸側ケース)で最も多くなっており、市町別に見ると、四国中央市で最も多く、次いで新居浜市、西条市、宇和島市、西予市、松山市等で多くなっている。これらの松山市を除く上記市町については、地盤が軟らかい地域が広く分布することにより震度が高い地域が広がっているため、建物被害が多くなっている。松山市についてはこれらの市町に比べ震度は低いものの、建物棟数が多いため、比較的建物被害が多くなっている。

一方、伊方町や愛南町では、南海トラフ巨大地震(陸側ケース)における震度が総じて低く、さらに伊方町については、他市町に比べ非木造建物の割合が多いことから、建物被害が少なくなっている。

(2) 液状化による建物被害

液状化による建物被害数は、南海トラフ巨大地震(陸側ケース)で最も多くなっており、市町別に見ると、松山市で最も多く、次いで今治市、西条市等で多くなっている。

液状化危険度は、未固結な砂層が厚く堆積している三角州や砂丘、埋立地で高くなるが、松山市や今治市等被害が多い市町では、河川の下流域に沿って市街地が形成されており、また港湾利用に伴う埋立地も多くあることから、液状化の危険度が高いPL値15以上の地域が広く分布しており、その地域における建物数も多いため、被害数が多くなっている。

一方で、内陸に位置する久万高原町や砥部町、松野町等は比較的地盤が強固であるため、被害が少なくなっている。

(3) 土砂災害による建物被害

土砂災害による建物被害数は、南海トラフ巨大地震(陸側ケース)で最も多くなっており、市町別を見ると、八幡浜市で最も多く、次いで大洲市、宇和島市で多くなっている。

これら市町には、中山間地区にまとまった集落が多くあり、地震による急傾斜地崩壊や山腹崩壊、地すべりのおそれがある地区に近接した住家数が多いためである。

(4) 津波による建物被害

津波による全壊棟数は、宇和島市で最も多く、次いで八幡浜市、西条市で多くなっている。

これは、宇和島市、八幡浜市では 5m を超える津波により、建物が多く密集する地域において 3m を越える浸水深の面積が広がっており、西条市については、地盤沈下や堤防破壊により 3m を越える浸水深の面積が広がっていることから、建物被害が多くなっている。

(5) 地震火災による建物被害

地震火災による焼失棟数は、南海トラフ巨大地震(陸側ケース)で最も多くなっており、市町別に見ると、松山市で最も多く、次いで新居浜市、西条市、四国中央市で多くなっている。

これらの市町では、中心部に建物が密集しており、揺れによる出火点が多く想定されているため、延焼が広範囲となることから、焼失棟数が多くなっている。