

<b>第9編 人的関係の想定</b> .....	<b>9-1</b>
9.1 検討項目.....	9-1
9.1.1 死傷者数.....	9-1
9.2 人口データ.....	9-2
9.2.1 夜間人口・昼間人口.....	9-2
9.2.2 夕刻人口.....	9-2
9.2.3 時間帯別移動人口割合.....	9-2
9.3 被害予測手法.....	9-5
9.3.1 建物被害による死傷.....	9-5
9.3.2 津波による死傷.....	9-6
9.3.3 斜面崩壊による死傷.....	9-16
9.3.4 火災による死傷.....	9-17
9.3.5 ブロック塀倒壊による死傷.....	9-18
9.3.6 要救助者.....	9-18
9.4 被害予測結果.....	9-19
【参考-1】.....	9-21
9.4.1 建物崩壊による死傷者.....	9-22
9.4.2 津波による死傷者.....	9-26
【参考-2】.....	9-27
9.4.3 斜面崩壊による死傷者.....	9-28
9.4.4 火災による死傷者.....	9-28
9.4.5 ブロック塀倒壊による死傷者.....	9-29
9.4.6 要救助者.....	9-29
【参考文献】.....	9-30

## 第9編 人的関係の想定

### 9.1 検討項目

#### 9.1.1 死傷者数

要因別に死傷者数を定量的に算定した。

- 1) 建物被害による死傷
- 2) 津波浸水による死傷
- 3) 斜面崩壊による死傷
- 4) 火災による死傷
- 5) ブロック塀倒壊による死傷
- 6) 要救助者

ここでそれぞれの定義は以下のとおりである。

死者：建物被害 {建物倒壊 (家具転倒も含む)}、津波浸水、火災などによる死者を想定 負傷者：建物被害や火災などにより、病院において治療が必要な負傷者を想定 重篤者：生命を救うため、直ちに処置を必要とするもの。入院が必要 重傷者：多少の治療の時間が遅れても生命に危険がないもの。入院が必要 中等傷者：上記以外の軽易な傷病で、ほとんど専門医の治療を要しないもの。入院は不要 要救助者：建物倒壊により閉じこめられたもの
--

※なお、大分県地震被害想定調査における重篤者は、生命を救うため、直ちに手術等の処置を必要とし、入院が必要であるものとして定義した

## 9.2 人口データ

### 9.2.1 夜間人口・昼間人口

以下に示すデータをもとに、メッシュ単位での常住人口を作成した。

- ① 平成 27 年国勢調査
- ② 平成 22 年国勢調査, 平成 21 年経済センサス基礎調査等のリンクによる地域メッシュ統計
- ③ 平成 28 年社会生活基本調査

### 9.2.2 夕刻人口

昼間人口から夜間人口への移行は、午後 4 時から 9 時までの間に直線的であるとした。

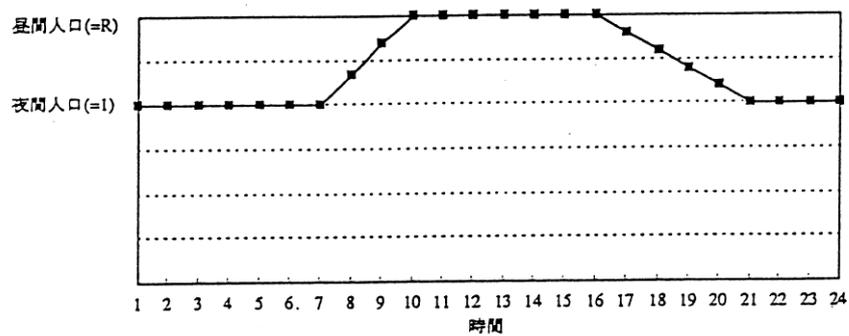


図 9-1 時間帯別の人口の推移

### 9.2.3 時間帯別移動人口割合

平成 28 年社会生活基本調査より時間帯別移動人口割合を作成した。今回調査で用いた時間帯別移動人口割合を図 9-2 に示す。今回作成した市町村別世帯数・人口を表 9-1 に示す。

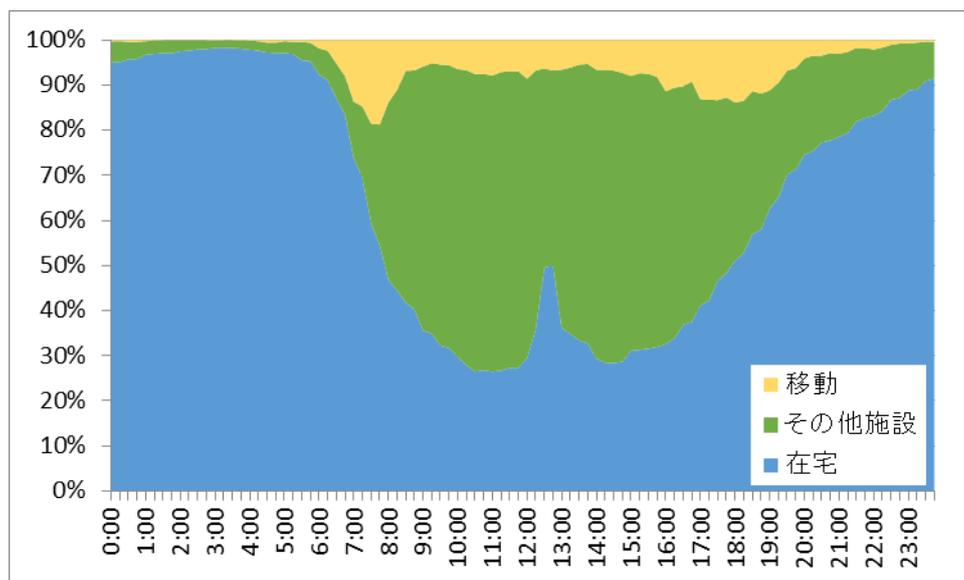


図 9-2 時間帯別移動人口割合

表 9-1 市町村別世帯数・人口

市町村	世帯数 (世帯)	朝 5 時人口 (人)	昼 12 時人口 (人)	夕 18 時人口 (人)
大分市	203,500	478,200	484,700	482,400
別府市	55,600	122,100	126,900	125,200
中津市	35,800	84,000	86,700	85,700
日田市	25,200	66,500	72,300	70,300
佐伯市	29,600	72,200	77,300	75,500
臼杵市	15,100	38,700	41,200	40,400
津久見市	7,500	18,000	19,900	19,300
竹田市	9,100	22,300	26,200	24,800
豊後高田市	9,600	22,900	23,900	23,600
杵築市	12,100	30,200	33,700	32,400
宇佐市	22,500	56,200	57,300	56,900
豊後大野市	14,300	36,600	39,400	38,400
由布市	13,300	34,200	36,000	35,400
国東市	12,100	28,600	34,400	32,400
姫島村	900	2,000	2,200	2,100
日出町	10,900	28,100	25,000	26,100
九重町	3,500	9,700	10,600	10,300
玖珠町	6,000	15,800	17,000	16,600
総計	486,600	1,166,300	1,214,700	1,197,800

※端数処理により合計値が異なる場合がある

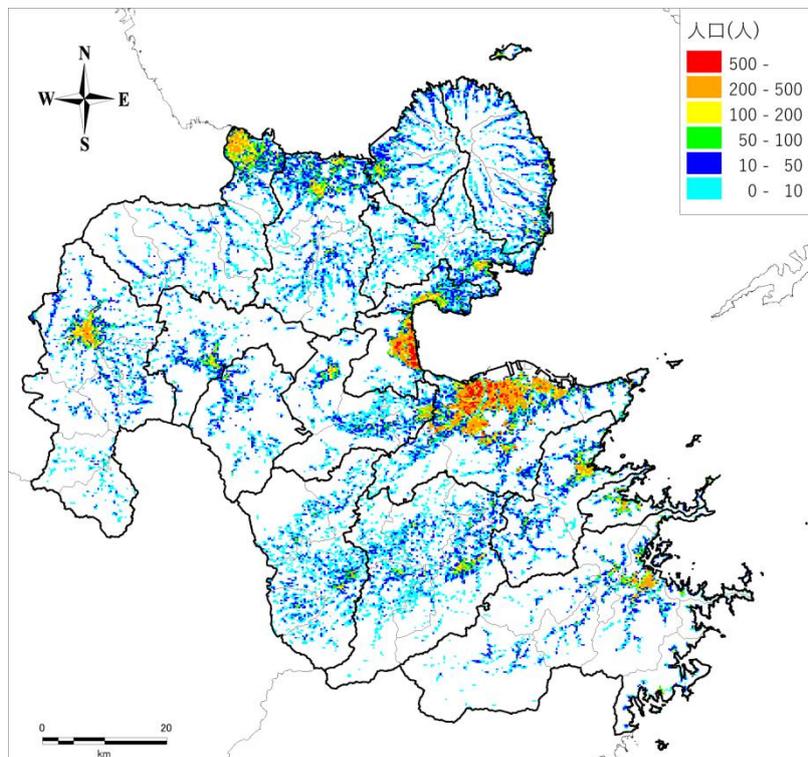


図 9-3 朝 5 時人口分布

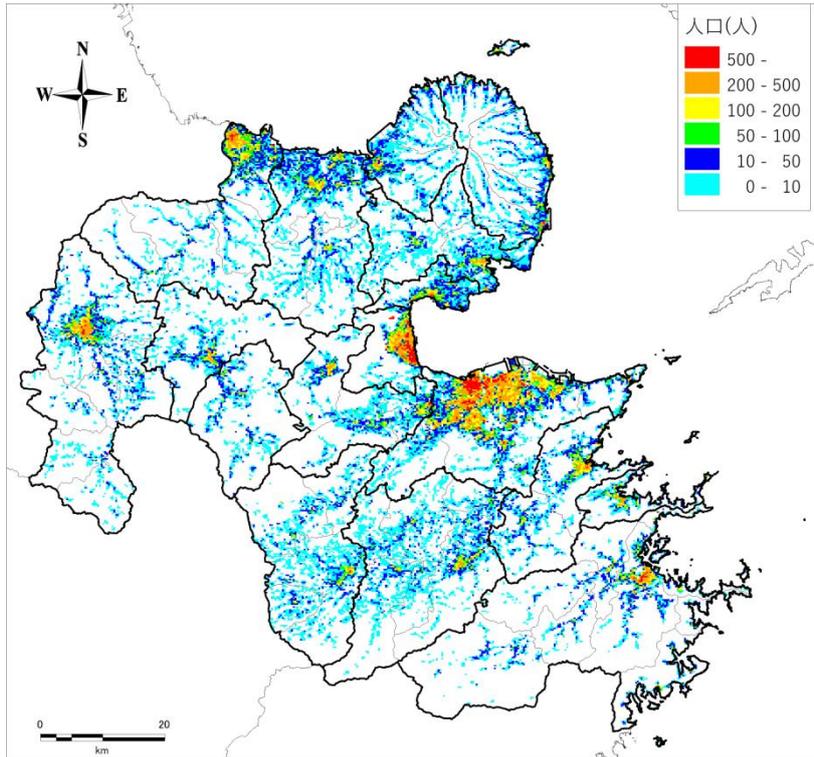


图 9-4 昼 12 時人口分布

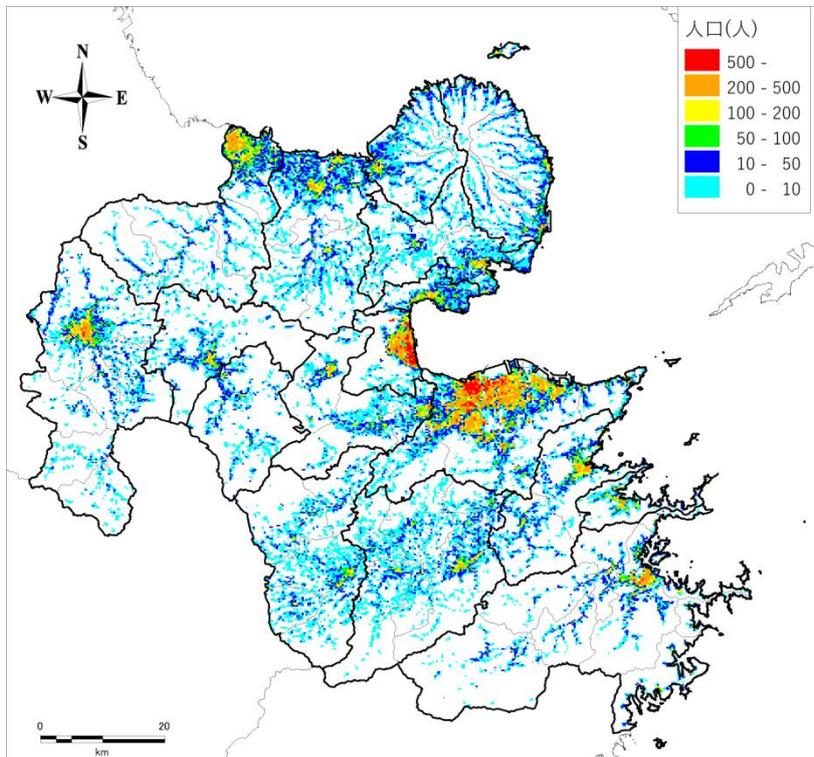


图 9-5 夕 18 時人口分布

### 9.3 被害予測手法

#### 9.3.1 建物被害による死傷

阪神・淡路大震災での被害データに基づき、木造建物被害だけでなく、非木造建物被害における死者数も設定し、木造（非木造建物）大破率と木造建物（非木造建物）における死者率との関係により、建物被害による死者数を算定した。なお、液状化による建物被害に関しては、過去の事例でも人的被害は発生していないため、本想定では液状化に起因する人的被害は発生しないものとした。

「1995年兵庫県南部地震における火災に関する調査報告書」（日本火災学会、1996年）では、阪神・淡路大震災の建築物被災度（震災復旧都市づくり特別委員会による）と死者数との関係を明らかにしており、このデータを用いた東京都地震被害想定（1997）の手法を参考とした。

家具の転倒を含む木造建物被害による死者数に関しては、東京都（1997）による以下の関係式から推定する。

$$\begin{aligned} & \text{木造建物被害による死者数} \\ & = 0.0315 \times \text{木造建物大破率}(\%) \times \text{メッシュ内木造屋内人口} \end{aligned}$$

非木造建物の被害による死者数に関しては最近の事例の資料がないため、東京都（1997）による以下の関係式から推定する。

$$\begin{aligned} & \text{非木造建物被害による死者数} \\ & = 0.0078 \times \text{非木造建物大破率}(\%) \times \text{メッシュ非内木造屋内人口} \end{aligned}$$

大阪府地震被害想定（1997）によれば、負傷者数は次式で表され、本想定では負傷者数の想定式としてこの式を適用した。

$$\begin{aligned} & \cdot \text{建物被害率} = (\text{全壊率} + 1/2 \times \text{半壊率}) \\ & \cdot \text{負傷者数} = \begin{cases} 0.01 \times \text{屋内人口}, & x \geq 37.5\% \\ (7 - 0.16X) \times \text{屋内人口}, & 25\% \leq X < 37.5\% \\ 0.12X \times \text{屋内人口}, & 0\% \leq X < 25\% \end{cases} \\ & \cdot \text{負傷者比率(負傷者に占める割合)} = \begin{cases} 5, & x \geq 20\% \\ 15 - 0.5X, & 10\% \leq X < 20\% \\ 10, & 0\% \leq X < 10\% \end{cases} \end{aligned}$$

また、大阪大学入院患者調査による入院患者数と建物大破率との関係を用い、かつ、入院患者に占める重篤者の割合を17%とする

※建物被害率は、揺れによる建物被害率を用い、液状化による被害率は含まない。

※建物被害による死傷には、家具転倒による死傷も内数として含まれている。

### 9.3.2 津波による死傷

津波による被害は、図 9-6 のフローに従って、以下の方法で想定を実施した。

- 津波浸水域において津波が到達する時間(浸水深 30cm 以上)までに避難が完了できなかった者を津波に巻き込まれたものとし、そこでの浸水深をもとに死亡か負傷かを判定する
- ①避難行動（避難の有無、避難開始時期）、②津波到達時間までの避難完了可否、③津波に巻き込まれた場合の死者発生度合の 3 つに分けて設定する
- なお、揺れによる建物倒壊に伴う自力脱出困難者は津波から避難できないものとする

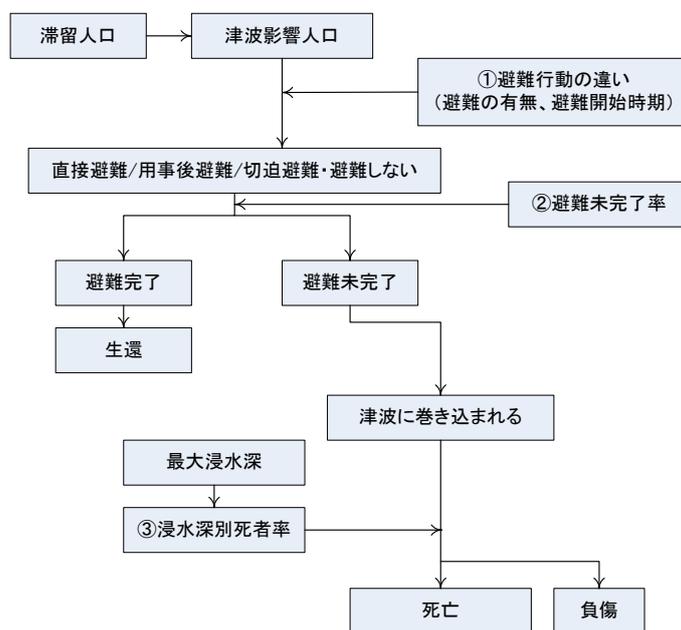


図 9-6 津波による死傷予測フロー

#### (1) 避難行動の違い（避難の有無、避難開始時期）

東日本大震災の被災地域での調査結果（「津波避難等に関する調査結果」（内閣府・消防庁・気象庁））及び過去の津波被害（北海道南西沖地震、日本海中部地震）の避難の状況を踏まえ、次表のような 4 つの避難パターンを設定する。

表 9-2 避難の有無、避難開始時期の設定

	避難行動別の比率		
	避難する		切迫避難あるいは避難しない
	すぐに避難する (直接避難)	避難するがすぐには避難しない (用事後避難)	
全員が発災後すぐに避難を開始した場合 (避難開始迅速化)	100%	0%	0%
早期避難者比率が高く、さらに津波情報の伝達や避難の呼びかけが効果的に行われた場合 (早期避難率高+呼びかけ)	70%	30%	0%
早期避難者比率が高い場合 (早期避難率高)	70%	20%	10%
早期避難者比率が低い場合 (早期避難率低)	20%	50%	30%

(2) 避難未完了率

発災時の所在地から安全な場所まで避難完了できない人の割合であり、以下の考え方で算定する

概要

- a) 要避難メッシュの特定  
最大津波浸水深が 30cm 以上となる要避難メッシュを特定。
- b) 避難先メッシュの設定  
各要避難メッシュ（避難元メッシュ）から最短距離にあり、かつ避難元メッシュよりも津波浸水深 1cm 到達時間が長い、津波浸水深 30cm 未満の避難先メッシュを特定する。
- c) 避難距離の算定  
メッシュ中心間の直線距離の 1.5 倍を避難距離とする（東日本大震災の実績）。
- d) 避難完了所要時間の算定  
各要避難メッシュについて、避難距離を避難速度（東日本大震災の実績から平均時速 2.65km/h と設定）で割って避難完了所要時間を算出。なお、避難開始時間は、昼間発災時は、直接避難者で発災 5 分後、用事後避難者で 15 分後とし、切迫避難者は当該メッシュに津波が到達してから避難するものとする。
- e) 避難成否の判定  
各要避難メッシュについて、避難先メッシュの隣接メッシュにおける浸水深 30cm 到達時間と避難先メッシュまでの避難完了所要時間を比較し、避難行動者別に避難成否を判定する。

## 詳細

### 避難完了/未完了判定計算

・	10m メッシュ浸水深データ : $h(x, y, t)$	
・	10m メッシュ最大浸水深データ : $h_{max}(x, y)$	
・	10m メッシュ 30cm 到達時間 : $t_{30}(x, y)$	(地震発生からの時間)
・	10m メッシュ 1cm 到達時間 : $t_1(x, y)$	(地震発生からの時間)
・	10m メッシュ内人口 : $n(x, y)$	
・	10m メッシュ避難行動者割合 :	
	直後避難者率 ; $pi$ 、用事後避難者率 ; $pl$ 、切迫避難者率 ; $1 - (pi + pl)$	
・	各津波避難ビルの 30cm 津波浸水到達時間 : $t_{buil}$	(地震発生からの時間)

### 【入力データ】

- a) 要避難メッシュ( $x_m, y_m$ )の特定

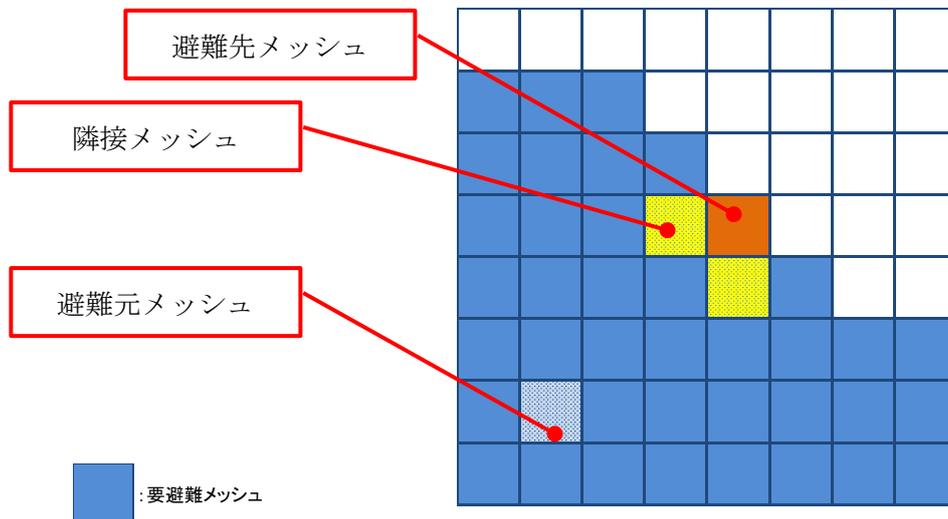
以下の条件を満たすメッシュ

$$h_{max}(x_m, y_m) \geq 30cm, t_{30}(x_m, y_m) > 0$$

- b) 避難先メッシュ( $x_n, y_n$ )の特定

各要避難メッシュ(避難元メッシュ)から最短距離にあり、かつ避難元メッシュよりも津波浸水深 1cm 到達時間が長い、津波浸水深 30cm 未満の避難先メッシュを特定する。

$$h_{max}(x_n, y_n) < 30cm, t_1(x_n, y_n) - t_1(x_m, y_m) > 0$$



- c) 避難距離 $l_e$ の算定

メッシュ中心間の直線距離の 1.5 倍を避難距離 $l_e$ とする。\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup>「津波避難を想定した避難路、避難施設の配置及び避難誘導について」(国土交通省、平成 24 年 4 月)によると、避難距離は直線距離の 1.5 倍

d) 避難完了所要時間 $t_e$ の算定

各要避難メッシュについて、避難完了所要時間 $t_e(x_m, y_m)$ を算出

$$t_e(x_m, y_m) = l_e(x_m, y_m) / 2.65(\text{km/h})$$

※2「津波避難を想定した避難路、避難施設の配置及び避難誘導について」(国土交通省、平成24年4月)によると、避難速度は平均2.65km/h

e) 避難成否の判定

各要避難メッシュについて、避難先メッシュの隣接メッシュにおける浸水深30cm到達時間と避難先メッシュまでの避難完了所要時間を比較し、避難行動者別に避難成否を判定する。

<直後避難者>

$$t_{30}(x_{n-1}, y_n) > t_e(x_m, y_m) + 5 \text{分} \quad \text{避難完了}^{\ast 3}$$

$$t_{30}(x_{n-1}, y_n) \leq t_e(x_m, y_m) + 5 \text{分} \quad \text{避難未完了(津波巻き込まれ)}^{\ast 3}$$

※3直後避難者の避難開始時間を地震後5分(揺れが収まるまで3分+収まってから避難開始まで2分)と設定

<用事後避難者>

$$t_{30}(x_{n-1}, y_n) > t_e(x_m, y_m) + 15 \text{分} \quad \text{避難完了}^{\ast 4}$$

$$t_{30}(x_{n-1}, y_n) \leq t_e(x_m, y_m) + 15 \text{分} \quad \text{避難未完了(津波巻き込まれ)}^{\ast 4}$$

※4「津波避難等に関する調査結果」(内閣府・消防庁・気象庁)の分析結果によれば、「用事後避難(避難するがすぐには避難しない)」の場合、東日本大震災において避難開始が早い時期で地震発生後10分、遅い地域で地震発生後15分~20分であった。また、「津波避難を想定した避難路、避難施設の配置及び避難誘導について」(国土交通省、平成24年4月)によると、避難開始時刻として最も多いのが15分後であった。以上のことから、用事後避難者の避難開始時間を地震後15分と設定。

<切迫避難者>

$$t_{30}(x_{n-1}, y_n) > t_e(x_m, y_m) + t_1 \quad \text{避難完了}^{\ast 5}$$

$$t_{30}(x_{n-1}, y_n) \leq t_e(x_m, y_m) + t_1 \quad \text{避難未完了(津波巻き込まれ)}^{\ast 5}$$

※5切迫避難者の避難開始時間を当該メッシュ津波浸水深1cm到達時間 $t_1$ と設定。

### (3) 浸水深別死者率

各要避難メッシュについて、避難未完了者(避難失敗者)に関して、死亡率曲線(浸水深30cm以上で死者発生、浸水深1mで全員死亡という正規分布の累積分布関数)で死亡率を算出する。死亡以外は負傷とする。

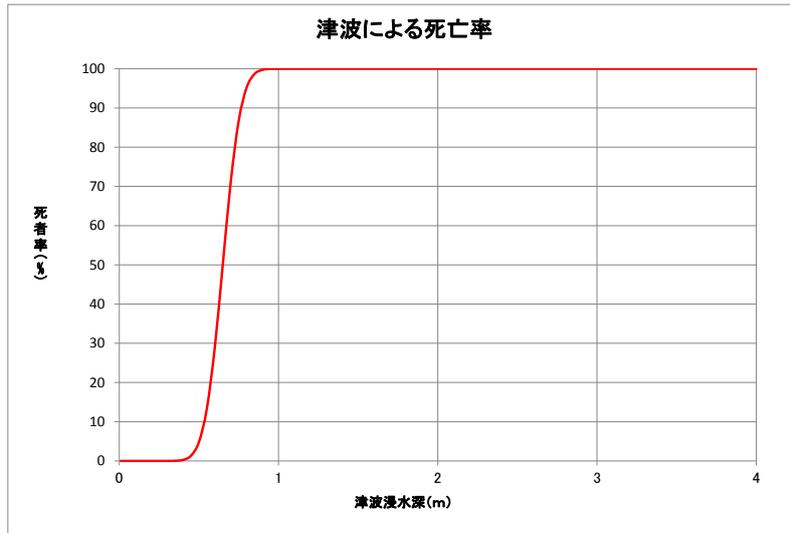


図 9-7 浸水別死者率  
(バンダ・アチェでの浸水別死者率(越村, 2009)より)

判定対象とする浸水深は移動中メッシュ  $(x_{n-s}, y_{n-t})$  の浸水深  $h(x_{n-s}, y_{n-t})$  とする。

<直後避難者>

$$h(x_{n-s}, y_{n-t}) = h(x_m, y_m) - \{h(x_m, y_m) - h(x_n, y_n)\} \times \{t_{30}(x_{n-1}, y_n) - 5 \text{分}^{\ast}\} / t_e(x_m, y_m)$$

※5分 >  $t_1(x_m, y_m)$  の場合は  $t_1(x_m, y_m)$  を用いる。

<用事後避難者の場合>

$$h(x_{n-s}, y_{n-t}) = h(x_m, y_m) - \{h(x_m, y_m) - h(x_n, y_n)\} \times \{t_{30}(x_{n-1}, y_n) - 15 \text{分}^{\ast}\} / t_e(x_m, y_m)$$

※15分 >  $t_1(x_m, y_m)$  の場合は  $t_1(x_m, y_m)$  を用いる。

<切迫避難者の場合>

$$h(x_{n-s}, y_{n-t}) = h(x_m, y_m) - \{h(x_m, y_m) - h(x_n, y_n)\} \times \{t_{30}(x_{n-1}, y_n) - t_1(x_m, y_m)\} / t_e(x_m, y_m)$$

また、津波に巻き込まれた人に対して上記の死者率を適用し、死者数を算出するが、結果として生存した人も全員が負傷するものと仮定する。負傷者の重傷：軽傷の割合については、北海道南西沖地震における奥尻町の人的被害の事例を参考にし、重傷者数：軽傷者数=49人：94人=34：66として配分することとする。なお、東日本大震災における人的被害の内訳（2012年3月11日現在、消防庁発表）をみると、沿岸市町村における重傷者数：軽傷者数=458人：3,464人=12：88となるが、津波以外の要因も含まれる可能性があること、安全側の観点から、北海道南西沖地震の際の重傷：軽傷の比率を用いる。

#### (4) 津波被害想定における考慮事項

##### ★夜間における避難開始の遅れ、避難速度低下の考慮

- ・ 東北地方太平洋沖地震は昼間の発生(14時46分発生)であったが、夜間発災の場合にはより避難が遅れることが想定される。「津波避難を想定した避難路、避難施設の配置および避難誘導について」(国土交通省、平成24年4月)によると、東日本大震災の沿岸被災地における徒歩での避難速度は2.65km/hであり、これまでの目安(3.60km/h)よりも低い値となっている。一方、夜間に発生した1993年北海道南西沖地震(22時22分発生)では平均的な避難速度は51.3m/分(3.08km/h)[「1993年北海道南西沖地震の総合調査研究報告」(東京都立大学都市研究センター、1994年3月)]であり、東日本大震災のほうが避難速度は遅い。ただし、東日本大震災を含め過去の地震災害における犠牲者は60歳以上の高齢者の占める割合が高く、60歳以上に限定した分析をしたところ、東日本大震災の2.59km/h(ただし、津波到達前に避難を開始した人で、一人で徒歩避難した人)に対して、北海道南西沖地震では2.09km/hであった。ここでは、夜間の場合には、避難開始は昼間に比べてさらに5分準備に時間がかかると仮定するとともに、避難速度も昼間の80%(2.09/2.59)に低下すると仮定する。

##### ★高層階滞留者の考慮

- ・ 襲来する津波の最大浸水深に応じてそれよりも高い高層階の滞留者は避難せずにとどまることができる場合を考慮する。
- ・ 最大浸水深別の避難対象者を次のように設定する。

最大浸水深	避難対象者
30cm以上6m未満	1、2階滞留者が避難
6m以上15m未満	1～5階滞留者が避難
15m以上30m未満	1～10階滞留者が避難

### ★津波避難ビルの考慮

- ・ 浸水域内に津波避難ビルが整備されているところでは、浸水域内にいる人は津波避難ビルに逃げ込むことで助かることができる。ここでは、津波避難ビルによる人的被害軽減効果を考慮したケースも検討する。
- ・ 現実的には避難までに時間的猶予があり浸水域外まで水平避難できる人でも、近くの津波避難ビルを使用するケースが考えられる。しかし、ここでは避難を要する浸水予想区域の人のうち、避難が間に合わないような人から優先的に津波避難ビルへの収容を考えることとする。
- ・ 津波避難ビルの指定数及び1棟当たり収容人数については、全国調査が行われている「津波避難ビル等」に関する実態調査結果について」（国土交通省、平成23年12月27日）における数値を用いる。津波避難ビル指定数は平成23年10月31日現在における地方公共団体が自ら地域防災計画等において位置づけている津波避難ビル等の棟数であり、また、1棟当たり収容人数は平成23年6月30日現在の全国平均値を用いる。なお、今回はマクロ的な想定であることから、各地の津波避難ビルの効果測定では、各ビルの具体的な配置や属性、周辺環境等を考慮して詳細に分析する必要がある。
- ・ まず、浸水域内の津波避難ビルにおける収容可能人数を設定する。浸水域内の津波避難ビルへの避難可能な人の最大値(A)は、各津波避難ビルの現状の数値を用い、不明の場合は、全国の避難ビルの平均収容可能人数〔558人/棟〕とする。
- ・ また、津波到達時間が短い場合には、避難ビル最大収容人数も逃げ込めない可能性があり、その場合の収容可能人数は次のように求めるものとする。

$$\text{収容可能人数} = \left\{ \pi \times (\text{避難距離} m)^2 \right\} \times \alpha \times \text{周辺人口密度} (\text{人}/m^2) \quad (\text{B})$$

ここで、

$\alpha = 0.5$  (津波避難ビルのカバーエリアは、津波から遠ざかる方向への避難が行われることを想定して半円として設定。津波避難ビルの設置密度が上がればカバーエリアに重複が発生するが、ここではそれは考慮しないものとする)

周辺人口密度(人/m<sup>2</sup>)

= 津波浸水区域人口(人) ÷ 津波浸水面積(m<sup>2</sup>)

避難距離(m) = {歩行速度(m/分) × 避難時間(分)} ÷ 1.5

歩行速度は東日本大震災の実態に基づき昼間 2.65km/h(44.2m/分)、そして夜間はその80%とする。

避難時間は、 $(t_{buii} - t_1 - t_2)$ で表され避難にかけられる時間を意味し、各津波避難ビルの30cm津波浸水到達時間 $t_{buii}$ が長く、避難開始時間 $t_1$ が早ければ津波避難ビルに逃げ込める人が増える。高台や高層階等まで上がるのにかかる時間 $t_2$ は、最大浸水深 $H(m)$ /階段・のぼり坂昇降速度 $P2(m/秒)$ で求めることができる(階段・のぼり坂昇降速度 $P2(m/$

秒))は0.21m/秒を想定)が、今回はマクロ的な計算であるため $t_2$ までは考慮しないこととする。ここで、避難開始後に避難にかけられる時間( $t_{buil}-t_1$ )は、避難パターン別に次表のとおりを設定する。

表 避難開始後に避難にかけられる時間

	避難開始後に避難にかけられる時間( $t_{ave}-t_1$ )	
全員が発災後直後に避難を開始した場合	昼間	$(t_{buil}-5分) \times 1.0$
	夜間	$(t_{buil}-10分) \times 1.0$
早期避難者比率(避難意識)が高く、さらに津波情報の伝達や避難の呼びかけが効果的に行われた場合	昼間	$(t_{buil}-5分) \times 0.7 + (t_{buil}-15分) \times 0.3$
	夜間	$(t_{buil}-10分) \times 0.7 + (t_{buil}-20分) \times 0.3$
早期避難者比率(避難意識)が高い場合	昼間	$(t_{buil}-5分) \times 0.7 + (t_{buil}-15分) \times 0.2$
	夜間	$(t_{buil}-10分) \times 0.7 + (t_{buil}-20分) \times 0.2$
早期避難者比率(避難意識)が低い場合	昼間	$(t_{buil}-5分) \times 0.2 + (t_{buil}-15分) \times 0.5$
	夜間	$(t_{buil}-10分) \times 0.2 + (t_{buil}-20分) \times 0.5$

注：上表で()内がマイナスになる場合は0とする

- ・ 求めた(A)と(B)を比較して少ない方を最終的な津波避難ビルへの収容可能人数とする。津波避難ビル考慮前の津波による人的被害数に対して、津波避難ビルへの収容可能人数分だけ人的被害が軽減されるものとする。

★揺れによる建物倒壊に伴う死者及び自力脱出困難者の考慮

- ・ 浸水域内における揺れによる建物倒壊に伴う死者については、建物倒壊による死者としてカウントし、津波による人的被害からは除く。
- ・ 浸水域内における揺れによる建物倒壊に伴う自力脱出困難者（うち生存者）については、津波による死者としてカウントするものとする（近隣住民等による救助活動が行われずに、建物倒壊により閉じ込められた状態で浸水する可能性があるとともに、浸水地域の救助活動が難航し、一定時間を経過すると生存率が低下することを考慮）。

- (1) 算定される津波による死傷者数に対して、(1-時間帯別の市町村別の建物倒壊による死者数÷市町村別全人口)を乗じることによって、浸水域内における建物倒壊による死者数との重複を処理する。

津波による死者数(重複処理後)

$$= [\text{前頁までの計算による}] \text{津波による死者数(重複処理前)} \\ \times (1 - \text{時間帯別の市町村別の建物倒壊による死者数} \div \text{市町村別全人口})$$

津波による負傷者数(重複処理後)

$$= [\text{前頁までの計算による}] \text{津波による負傷者数(重複処理前)} \\ \times (1 - \text{時間帯別の市町村別の建物倒壊による死者数} \div \text{市町村別全人口})$$

★揺れによる建物倒壊に伴う死者及び自力脱出困難者の考慮(続き)

- (2) 自力脱出困難生存者数のうち、津波浸水域内で発生した分、および津波による死者数(重複処理後)との重複をさらに取り除いた分(=A)について、(1)の結果としての津波による死者数に対してさらに加算する。

津波による死者増分

$$\begin{aligned} &= \{ \text{揺れによる建物倒壊に伴う自力脱出困難生存者数} \\ &\quad \times (\text{時間帯別の市町村別浸水域人口} \div \text{市町村別全人口}) \} \\ &\quad \times (1 - \text{津波による死者数(重複処理後)} \div \text{浸水域人口}) \end{aligned}$$

ここで、(A)のすべてが津波に巻き込まれて死亡するとは限られないが、津波浸水域での救助活動は津波警報等が出ている中で制限されるし、救助活動を開始しても救助には相当の時間を要すると考えられる中(夜間の救助にもなるとさらに活動困難)、生き埋め者の生存率は時間とともに減少するため、ここでは津波浸水域内の自力脱出困難生存者数は津波浸水深の大小にかかわらず死亡するものとする。

★地震動による堤防・水門の機能支障の考慮 (※津波による建物被害においても同様に考慮)

- ・ 地震動に対して堤防・水門が正常に機能するが、津波が堤防等を乗り越えた場合にはその区間は破堤するという条件を基本として被害想定を実施する。

★年齢構成を考慮した死傷者数の算定

- ・ 東日本大震災における岩手、宮城、福島の被災地域では、生存者においては高齢者ほど直後の避難率が高い傾向があるが、65歳以上及び75歳以上の方は結果として死者率が他年齢に比べて高い。ここでは、年齢構成が東日本大震災の被災地の状況よりも高齢化していれば津波に巻き込まれる可能性がより高いものとする。
- ・ 年齢構成を考慮した人的被害を推定するため、平成22年国勢調査に基づく市区町村別の年齢区分比率をもとにして、次式により人的被害補正係数を算出し、算出した市区町村別死傷者数に掛け合わせるものとする。

市区町村別の人的被害補正係数

$$= \sum (\text{年齢区分別比率} \times \text{年齢区分別重み係数})$$

$$\begin{aligned} &= 15 \text{歳未満人口比率} \times 0.34 + 15 \sim 64 \text{歳人口比率} \times 0.62 + 65 \text{歳} \sim 74 \text{歳人口比率} \\ &\quad \times 1.79 + 75 \text{歳以上人口比率} \times 2.81 \end{aligned}$$

★夏期の海水浴客等観光客の考慮

- ・ 浸水域内に海水浴場等が存在するところでは、夏期のピーク時には住民数（夜間人口・昼間人口）と比較しても無視できない人数の海水浴客が存在することから、津波による人的被害の算定において、海水浴客の被害を想定する必要がある。
- ・ 市町村単位の海水浴入り込み数（7・8月の月単位データ）をもとに、7・8月中の休日及び盆休み等に集中すること、ピーク時には一日単位利用者数の100%がいることを仮定し、これらの海水浴客等観光客の分だけ津波浸水域内人口が増加すると考えて、海水浴客人的被害増加率を設定する。

### 9.3.3 斜面崩壊による死傷

静岡県（2001）における、伊豆大島近海地震時の被害事例データを用いて、斜面崩壊による大破棟数と死傷者数の比等から算定した。

死者数(人) = 0.181 × 大破棟数(棟)
重篤者数(人) = 0.052 × 大破棟数(棟)
重傷者数(人) = 0.254 × 大破棟数(棟)
中等傷者数(人) = 2.4 × (重篤者数(人) + 重傷者数(人))

上式のもととなったデータの補正として、[(時間帯別の1世帯当たり住宅内人員) / (伊豆大島近海地震時における1世帯当たり人員 (3.51人))] を乗じた。

表 9-3 市町村の時間帯別の1世帯当たり住宅内人員\*

市町村	朝5時	昼12時	夕18時
大分市	2.44	0.88	1.68
別府市	2.24	0.88	1.57
中津市	2.49	0.96	1.75
日田市	2.84	1.07	1.97
佐伯市	2.55	1.03	1.80
臼杵市	2.72	1.10	1.92
津久見市	2.49	1.02	1.76
竹田市	2.54	1.06	1.82
豊後高田市	2.52	1.03	1.78
杵築市	2.51	1.05	1.81
宇佐市	2.58	1.03	1.82
豊後大野市	2.68	1.10	1.89
由布市	2.74	1.03	1.88
国東市	2.44	0.95	1.70
姫島村	2.53	1.10	1.82
日出町	2.66	1.01	1.82
九重町	2.98	1.24	2.10
玖珠町	2.81	1.06	1.94

\*国勢調査・事業所統計データより、急傾斜地地点における人口動態と時間別人口から、市町村別の1世帯あたりの時間別・住宅内人口を求めた

### 9.3.4 火災による死傷

死者は、大分県の平常時火災から求めた前々回（2008）の手法を用いる。

$$(\text{火災による死者数}) = 0.067 \times (\text{焼失棟数})$$

焼失棟数は、揺れによる被害のダブルカウントを処理した値を用いた。

負傷者は、大分県の平常時火災から求めた前々回（2008）の手法を用いる。

$$(\text{火災による負傷者数}) = 0.202 \times (\text{焼失棟数})$$

焼失棟数は、揺れによる被害のダブルカウントを処理した値を用いた。

函館大火・酒田大火の事例より重傷：中等傷＝5.3：13.7 とした

重篤者は建物の場合と同様に重傷者の2割とした

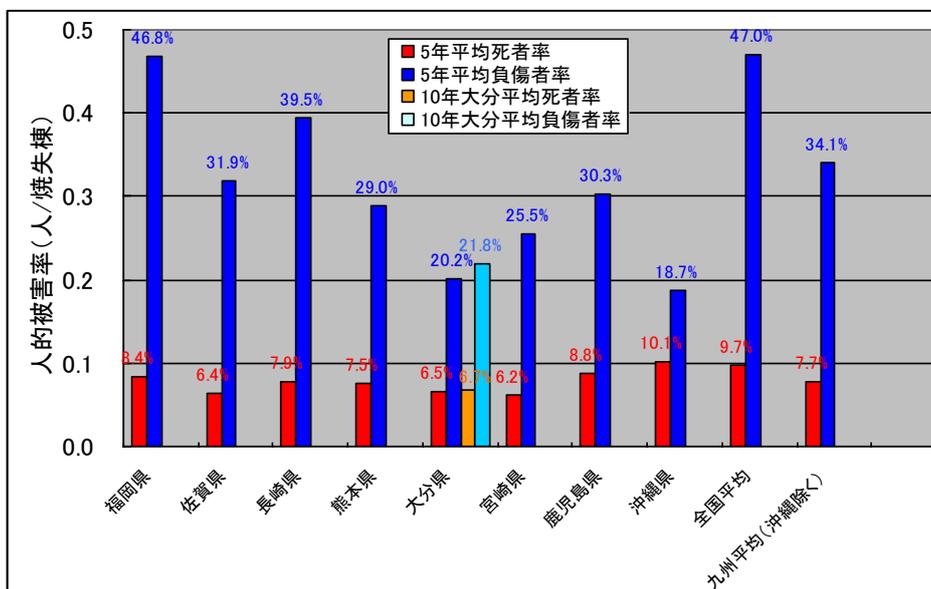


図 9-8 平常時火災における人的被害

### 9.3.5 ブロック塀倒壊による死傷

東京都（2006）と同様に、ブロック塀、石塀、コンクリート塀の転倒による死傷者は、宮城県沖地震（昭和 53 年）のブロック塀等の被害件数と死者数との関係に基づき作成された東京都被害想定（1997）の手法を用いる。負傷者については、東京都被害想定（1994）の手法には記述されていないため、同様に宮城県沖地震時の実態を踏まえて作成された静岡県第 3 次被害想定（2001）の手法を用いる。

$$\begin{aligned} \text{死者数(人)} &= 0.00116 \times \text{塀被害件数} \times (\text{屋外人口密度}/1689.16)(\text{人}/\text{km}^2) \\ \text{負傷者数(人)} &= 0.04 \times \text{塀被害件数} \times (\text{屋外人口密度}/1689.16)(\text{人}/\text{km}^2) \\ \text{重傷者数(人)} &= 0.04 \times 0.39 \times \text{塀被害件数} \times (\text{屋外人口密度}/1689.16)(\text{人}/\text{km}^2) \\ \text{※}1689.16(\text{人}/\text{km}^2) &\text{は、宮城県沖地震当時の仙台市の屋外人口密度} \end{aligned}$$

### 9.3.6 要救助者

要救助者（自力脱出困難者）とは、建物倒壊によって下敷き・生き埋めになった人のうち、自力で脱出した人を除き、家族、親戚、近所の人、消防団、警察、消防等により救出された人を行い、揺れによる全壊率と自力脱出困難者発生率（東京都(2008)）を、宮野ら（1996）の調査から補正した手法を用いる。

$$\begin{aligned} \text{下敷き・生き埋め者率} &= 0.0164 \times \text{木造全壊率(倒壊)} && \dots \text{東京都(2008)} \\ \text{(補正率:}0.017=0.016 \times 100/14\text{)} &&& \dots \text{宮野ら(1996)} \\ \text{要救助者(自力脱出困難者)数} &= 0.117 \times \text{建物倒壊率} \times \text{屋内滞留人口} \end{aligned}$$

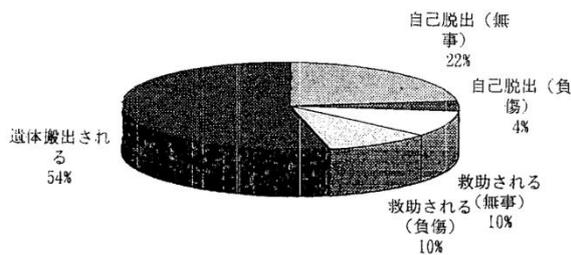


図 9-9 自己脱出と救助の状況

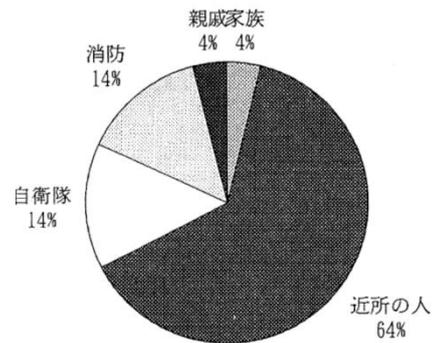


図 9-10 救助者(延べ)

#### 9.4 被害予測結果

地震別の死傷者数を表 9-4～表 9-7 に示す。各要因別の死傷者は、建物崩壊を表 9-8、津波を表 9-9～表 9-12、斜面崩壊を表 9-13、火災を表 9-14、ブロック塀倒壊を表 9-15 に示した。

人的被害の大きい地震のうち、中央構造線断層帯による地震及び南海トラフの巨大地震については、津波による要因が大きく、その対策が喫緊の課題である。また、中央構造線断層帯による地震及び日出生断層帯による地震においては、建物崩壊及び火災による被害が大きい。

なお、負傷者は病院にかからない軽傷者まで含めればさらに数倍になることが予想される。

図 9-11～図 9-16 に建物崩壊による死者数分布を示す。

表 9-4 死傷者（人）（津波による被害は堤防が機能しないとした場合、かつ、早期避難率が低い場合）

地震名	季節時刻	死者	重篤者	重傷者	中等傷者
中央構造線断層帯による地震※	冬 5 時	18,666	47	4,120	11,170
	夏 12 時	28,972	152	3,087	9,985
	冬 18 時	30,627	287	3,620	11,322
日出生断層帯による地震	冬 5 時	356	11	67	771
	夏 12 時	524	64	285	1,567
	冬 18 時	833	115	497	2,129
万年山-崩平山断層帯による地震	冬 5 時	20	0	1	27
	夏 12 時	13	0	4	37
	冬 18 時	13	0	7	39
南海トラフの巨大地震※	冬 5 時	15,178	3	3,991	7,960
	夏 12 時	20,077	6	1,751	3,677
	冬 18 時	19,519	8	1,645	3,439
周防灘断層群主部による地震※	冬 5 時	859	0	387	750
	夏 12 時	883	0	218	427
	冬 18 時	924	0	215	422
プレート内地震	冬 5 時	17	0	6	83
	夏 12 時	15	3	28	146
	冬 18 時	17	6	47	165

※津波被害予測の対象地震

表 9-5 死傷者（人）（津波による被害は堤防が機能しないとした場合、かつ、早期避難率が高い場合）

地震名	季節時刻	死者	重篤者	重傷者	中等傷者
中央構造線断層帯による地震	冬 5 時	7,108	47	1,734	6,536
	夏 12 時	12,104	152	1,597	7,091
	冬 18 時	13,756	287	2,452	9,055
南海トラフの巨大地震	冬 5 時	679	3	86	379
	夏 12 時	592	6	64	406
	冬 18 時	633	8	77	393
周防灘断層群主部による地震	冬 5 時	445	0	198	385
	夏 12 時	463	0	111	218
	冬 18 時	483	0	110	212

※津波被害予測の対象地震のみ記載

【参考-1】

表 9-6 死傷者（人）（津波による被害は、津波が乗り越えたら破堤する場合、かつ早期避難率が低い場合）

地震名	季節時刻	死者	重篤者	重傷者	中等傷者
中央構造線断層帯による地震	冬 5 時	14,697	47	2,967	8,929
	夏 12 時	24,954	152	2,746	9,319
	冬 18 時	26,183	287	2,952	10,027
南海トラフの巨大地震	冬 5 時	14,647	3	3,328	6,674
	夏 12 時	18,970	6	1,464	3,123
	冬 18 時	18,503	8	1,410	2,983
周防灘断層群主部による地震	冬 5 時	537	0	314	612
	夏 12 時	522	0	146	284
	冬 18 時	583	0	141	277

※津波被害予測の対象地震のみ記載

表 9-7 死傷者（人）（津波による被害は、津波が乗り越えたら破堤する場合、かつ早期避難率が高い場合）

地震名	季節時刻	死者	重篤者	重傷者	中等傷者
中央構造線断層帯による地震	冬 5 時	5,338	47	1,185	5,471
	夏 12 時	10,258	152	1,489	6,880
	冬 18 時	11,806	287	2,021	8,219
南海トラフの巨大地震	冬 5 時	63	3	33	279
	夏 12 時	57	6	48	375
	冬 18 時	59	8	57	354
周防灘断層群主部による地震	冬 5 時	130	0	128	250
	夏 12 時	115	0	32	63
	冬 18 時	138	0	35	71

※津波被害予測の対象地震のみ記載

#### 9.4.1 建物崩壊による死傷者

表 9-8 建物崩壊による死傷者（人）

地震名	季節時刻	死者	重篤者	重傷者	中等傷者
中央構造線断層帯による地震	冬 5 時	2,214	45	235	3,613
	夏 12 時	1,554	49	247	3,976
	冬 18 時	1,698	43	222	3,533
日出生断層帯による地震	冬 5 時	354	11	63	760
	夏 12 時	258	14	73	912
	冬 18 時	276	12	63	791
万年山-崩平山断層帯による地震	冬 5 時	19	0	0	23
	夏 12 時	13	0	2	31
	冬 18 時	13	0	1	26
南海トラフの巨大地震	冬 5 時	62	3	22	256
	夏 12 時	53	5	29	335
	冬 18 時	52	3	23	282
周防灘断層群主部による地震	冬 5 時	0	0	0	0
	夏 12 時	0	0	0	0
	冬 18 時	0	0	0	0
プレート内地震	冬 5 時	17	0	5	80
	夏 12 時	14	1	7	98
	冬 18 時	14	1	6	85

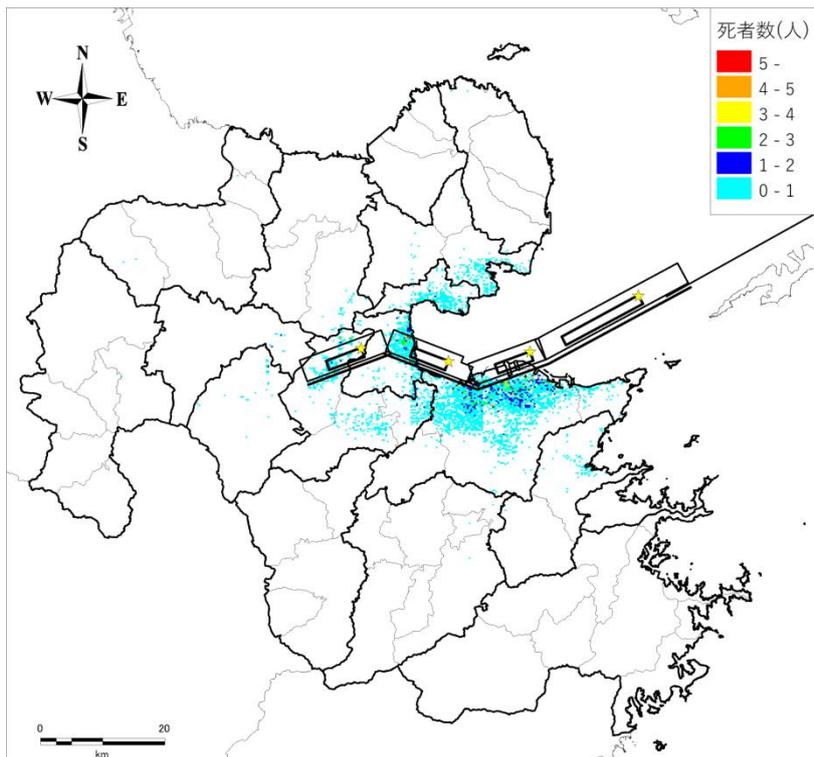


図 9-11 建物崩壊による死者数分布<中央構造線断層帯による地震>

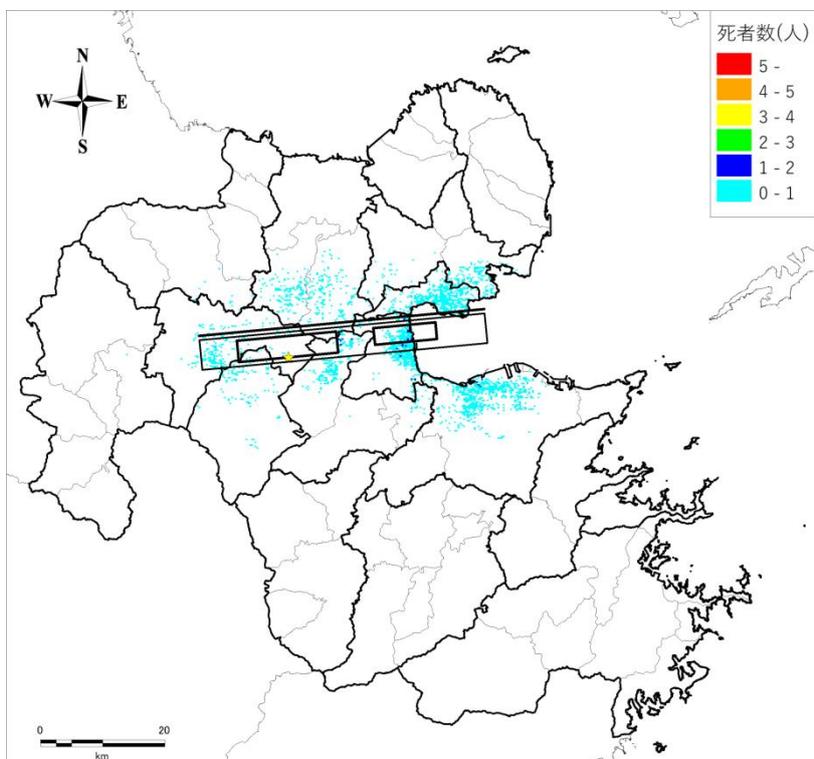


図 9-12 建物崩壊による死者数分布<日出生断層帯による地震>

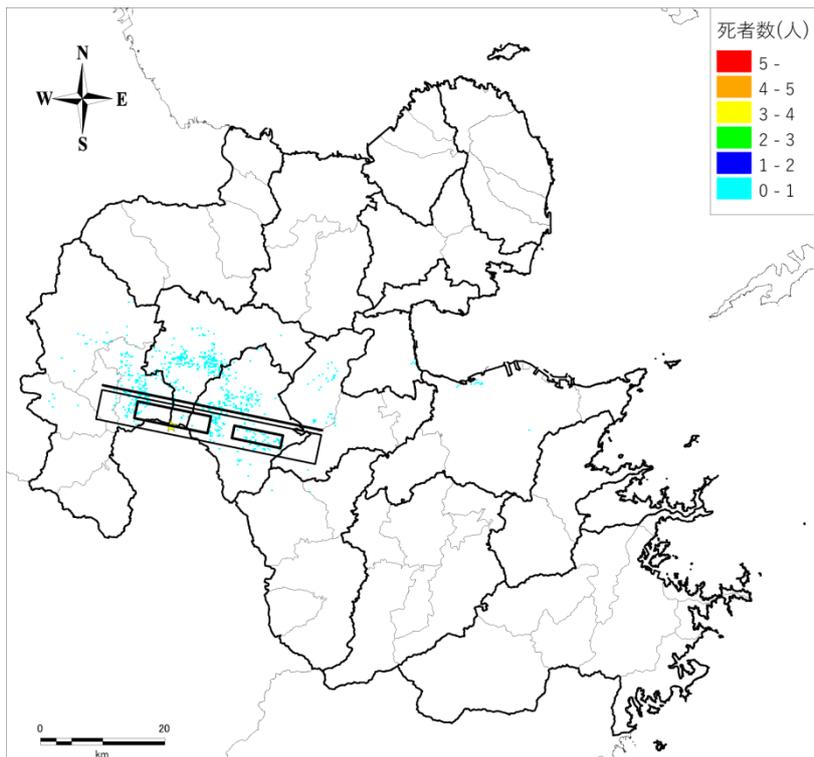


図 9-13 建物崩壊による死者数分布<万年山-崩平山断層帯による地震>

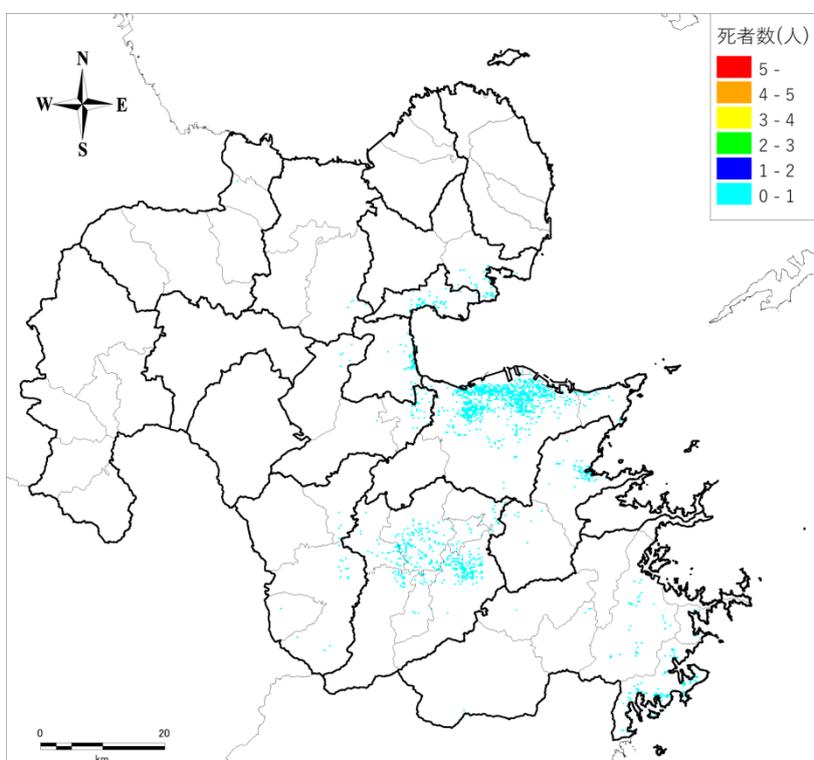


図 9-14 建物崩壊による死者数分布<南海トラフの巨大地震>

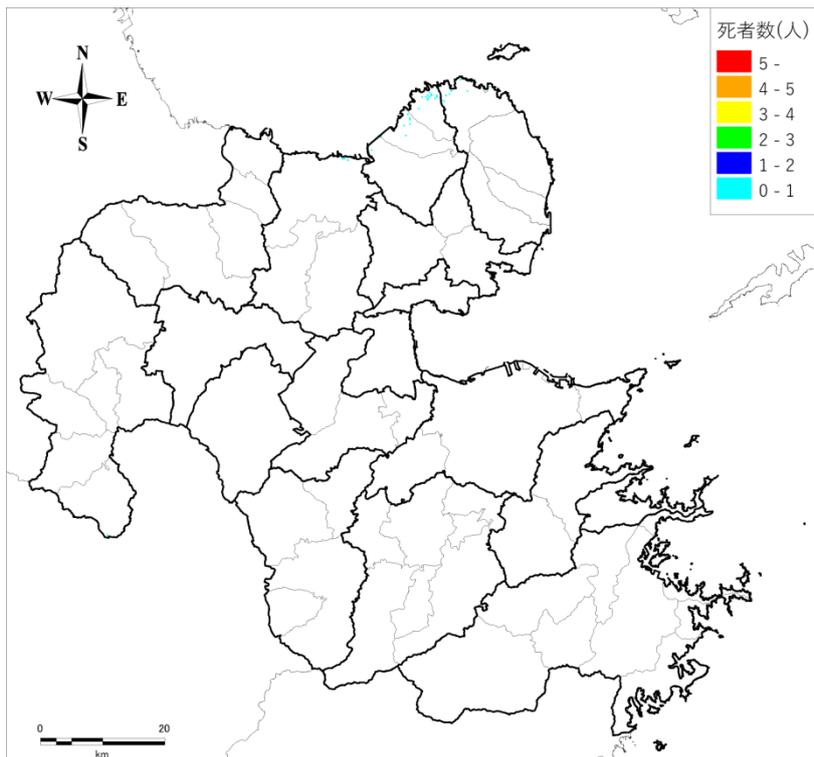


図 9-15 建物崩壊による死者数分布<周防灘断層群主部による地震>

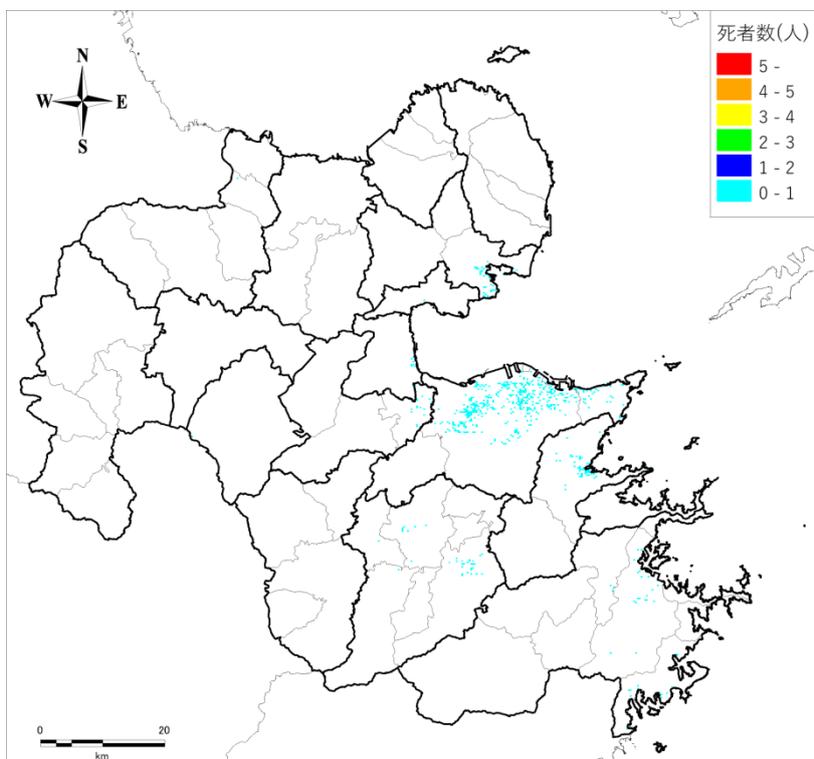


図 9-16 建物崩壊による死者数分布<プレート内地震>

#### 9.4.2 津波による死傷者

表 9-9 津波による死傷者（人）（津波による被害は堤防が機能しないとした場合、かつ、早期非難率が低い場合）

地震名	季節時刻	死者	重篤者	重傷者	中等傷者
中央構造線断層帯による地震	冬 5 時	16,440		3,872	7,519
	夏 12 時	26,864		2,409	4,677
	冬 18 時	27,587		2,389	4,635
南海トラフの巨大地震	冬 5 時	15,115		3,968	7,701
	夏 12 時	20,023		1,703	3,302
	冬 18 時	19,463		1,588	3,086
周防灘断層群主部による地震	冬 5 時	859		387	750
	夏 12 時	883		217	424
	冬 18 時	924		213	417

表 9-10 津波による死傷者（人）（津波による被害は堤防が機能しないとした場合、かつ、早期非難率が高い場合）

地震名	季節時刻	死者	重篤者	重傷者	中等傷者
中央構造線断層帯による地震	冬 5 時	4,882		1,486	2,885
	夏 12 時	9,996		919	1,783
	冬 18 時	10,716		1,221	2,368
南海トラフの巨大地震	冬 5 時	616		63	120
	夏 12 時	538		16	31
	冬 18 時	577		20	40
周防灘断層群主部による地震	冬 5 時	445		198	385
	夏 12 時	463		110	215
	冬 18 時	483		108	207

【参考-2】

表 9-11 津波による死傷者（人）（津波による被害は、津波が乗り越えたら破堤する場合、かつ、早期非難率が低い場合）

地震名	季節時刻	死者	重篤者	重傷者	中等傷者
中央構造線断層帯による地震	冬 5 時	12,471		2,719	5,278
	夏 12 時	22,846		2,068	4,011
	冬 18 時	23,143		1,721	3,340
南海トラフの巨大地震	冬 5 時	14,584		3,305	6,415
	夏 12 時	18,916		1,416	2,748
	冬 18 時	18,447		1,353	2,630
周防灘断層群主部による地震	冬 5 時	537		314	612
	夏 12 時	522		145	281
	冬 18 時	583		139	272

表 9-12 津波による死傷者（人）（津波による被害は、津波が乗り越えたら破堤する場合、かつ、早期非難率が高い場合）

地震名	季節時刻	死者	重篤者	重傷者	中等傷者
中央構造線断層帯による地震	冬 5 時	3,112		937	1,820
	夏 12 時	8,150		811	1,572
	冬 18 時	8,766		790	1,532
南海トラフの巨大地震	冬 5 時	0		10	20
	夏 12 時	3		0	0
	冬 18 時	3		0	1
周防灘断層群主部による地震	冬 5 時	130		128	250
	夏 12 時	115		31	60
	冬 18 時	138		33	66

### 9.4.3 斜面崩壊による死傷者

表 9-13 斜面崩壊による死傷者（人）

地震名	季節時刻	死者	重篤者	重傷者	中等傷者
中央構造線断層帯による地震	冬 5 時	8	2	10	30
	夏 12 時	2	1	4	11
	冬 18 時	5	1	7	21
日出生断層帯による地震	冬 5 時	1	0	4	10
	夏 12 時	0	0	0	4
	冬 18 時	0	0	1	6
万年山-崩平山断層帯による地震	冬 5 時	1	0	1	4
	夏 12 時	0	0	0	1
	冬 18 時	0	0	1	3
南海トラフの巨大地震	冬 5 時	1	0	1	3
	夏 12 時	0	0	0	1
	冬 18 時	1	0	1	2
周防灘断層群主部による地震	冬 5 時	0	0	0	0
	夏 12 時	0	0	0	0
	冬 18 時	0	0	0	0
プレート内地震	冬 5 時	0	0	1	3
	夏 12 時	0	0	0	1
	冬 18 時	0	0	0	2

### 9.4.4 火災による死傷者

表 9-14 火災による死傷者（人）

地震名	季節時刻	死者	重篤者	重傷者	軽傷者
中央構造線断層帯による地震	冬 5 時	4	0	3	8
	夏 12 時	548	95	380	1,230
	冬 18 時	1,331	231	923	2,984
日出生断層帯による地震	冬 5 時	1	0	0	1
	夏 12 時	264	46	183	592
	冬 18 時	553	96	383	1,238
万年山-崩平山断層帯による地震	冬 5 時	0	0	0	0
	夏 12 時	0	0	0	0
	冬 18 時	0	0	0	1
南海トラフの巨大地震	冬 5 時	0	0	0	0
	夏 12 時	0	0	0	0
	冬 18 時	1	0	0	1
周防灘断層群主部による地震	冬 5 時	0	0	0	0
	夏 12 時	0	0	0	0
	冬 18 時	0	0	0	0
プレート内地震	冬 5 時	0	0	0	0
	夏 12 時	0	0	0	0
	冬 18 時	0	0	0	1

#### 9.4.5 ブロック塀倒壊による死傷者

表 9-15 ブロック塀倒壊による死傷者（人）

地震名	季節時刻	死者	重篤者	重傷者	中等傷者
中央構造線断層帯による地震	冬 5 時	0	0	0	0
	夏 12 時	4	7	47	91
	冬 18 時	6	12	79	149
日出生断層帯による地震	冬 5 時	0	0	0	0
	夏 12 時	2	4	29	59
	冬 18 時	4	7	50	94
万年山-崩平山断層帯による地震	冬 5 時	0	0	0	0
	夏 12 時	0	0	2	5
	冬 18 時	0	0	5	9
南海トラフの巨大地震	冬 5 時	0	0	0	0
	夏 12 時	1	1	19	39
	冬 18 時	2	5	33	68
周防灘断層群主部による地震	冬 5 時	0	0	0	0
	夏 12 時	0	0	1	3
	冬 18 時	0	0	2	5
プレート内地震	冬 5 時	0	0	0	0
	夏 12 時	1	2	21	47
	冬 18 時	3	5	41	77

#### 9.4.6 要救助者

表 9-16 要救助者（人）

地震名	季節時刻	要救助者
中央構造線断層帯による地震	冬 5 時	795
	夏 12 時	515
	冬 18 時	589
日出生断層帯による地震	冬 5 時	126
	夏 12 時	83
	冬 18 時	94
万年山-崩平山断層帯による地震	冬 5 時	6
	夏 12 時	4
	冬 18 時	4
南海トラフの巨大地震	冬 5 時	20
	夏 12 時	15
	冬 18 時	16
周防灘断層群主部による地震	冬 5 時	0
	夏 12 時	0
	冬 18 時	0
プレート内地震	冬 5 時	4
	夏 12 時	2
	冬 18 時	3

## 【参考文献】

- 日本火災学会（1996）：1995年兵庫県南部地震における火災に関する調査報告書
- 東京都地震被害想定（1997）：東京における直下地震の被害想定に関する調査報告書(被害想定手法編)
- 大阪府地震被害想定（1997）：大阪府地震被害想定調査報告書、平成9年3月
- 国土交通省（2012）：津波避難を想定した避難路、避難施設の配置及び避難誘導について、平成24年4月
- 内閣府・消防庁・気象庁(2011)：東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会 津波避難等に関する調査結果
- 越村ら（2009）：津波被害関数の構築、土木学会論文集 B、vol65、No.4、2009
- 消防庁(2012)：東日本大震災における人的被害の内訳
- 国土交通省(2011)：「津波避難ビル等」に関する実態調査結果について
- 静岡県(2001)：第3次被害想定報告書
- 大分県(2008)：大分県地震被害想定調査業務報告書、平成20年3月
- 東京都(2006)：首都直下地震による東京の被害想定（最終報告）
- 宮野ほか(1996)：1995年兵庫県南部地震による人的被害 その5.神戸市東灘区における人命救助に関する聞き取り調査、日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿）、1996.9