

南海トラフ地震を対象とした 現在から将来における地震リスクの評価

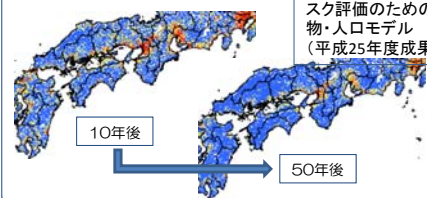
防災科学技術研究所
中村 洋光

概要

将来時点における地震リスク評価の試算

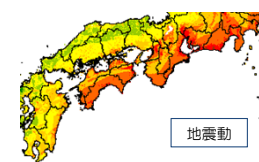
- 地震発生 の 時期や規模などの各種要因の変化がリスク評価に与える影響を把握する。

将来時点の建物・人口モデル

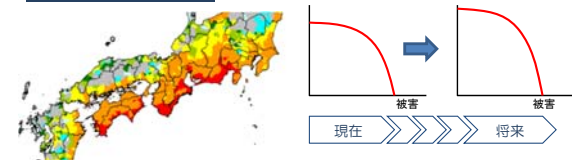


将来人口推計を元に作成した将来時点のリスク評価のための建物・人口モデル (平成25年度成果)

将来時点の南海トラフの地震ハザード



広域リスク評価(試算)



南海トラフで発生する地震の影響を受ける地域を対象に、これまで実施してきたリスク評価手法の検討を元に、将来時点の地震ハザード評価を用いてリスク評価の試算を行う。

広域リスク評価の流れ - 地震リスク

Hazard

+

Exposure

+

Fragility

地震リスク

地震調査研究推進本部の南海トラフの震源モデルを元に作成した地震ハザード情報(30年確率/50年確率)

- 2015年/2025年/2035年/2045年/2065年

将来推計人口を元に作成した人口・建物モデル

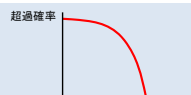
- 24時間の人口移動を反映
- 2015年/2025年/2035年/2045年/2065年

地震による建物被害関数(全壊/全半壊)
地震による人的被害関数(死者/重傷者)

- 2015年/2025年/2035年/2045年/2065年

被害と超過確率の関係(リスクカーブ)
期待値

- 建物被害・人的被害
- 2015年/2025年/2035年/2045年/2065年

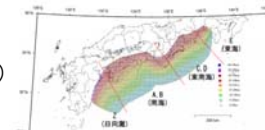


Hazard - 地震ハザード評価の流れ

南海トラフの震源モデル

- 距離減衰式(司・翠川(1999))
- 表層地盤の増幅特性(藤本・翠川(2006))

地震調査研究推進本部の震源モデル



南海トラフの地震の震源断層モデル (地震本部(2014))

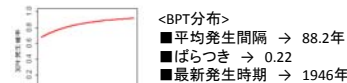
地表の地震動分布

- 地震動のばらつき(地震本部(2009))

条件付超過確率*と地震動強さの関係

*南海トラフの地震が発生した条件下でも超過確率

- 現在~将来の南海トラフ地震の発生確率



地震ハザードカーブ
(超過確率と地震動強さの関係)

藤原・他(2014)、奥村・他(2014)

表 南海トラフの地震の地震発生パターン(地震本部(2014))

| 震源タイプ | Z (日向側) | N.E (東南) | C.D (中央) | E (東海) | 震み | M | 深さタイプ | No. |
|-------|---------|----------|----------|--------|--------|------------------|-------|-----|
| 1 地震 | → | → | → | → | 0.0125 | 8.8 | ① | 1 |
| | → | → | → | → | 0.0125 | 9.0 ^② | ② | 2 |
| | → | → | → | → | 0.0125 | 9.0 | ③ | 3 |
| | → | → | → | → | 0.0125 | 9.1 ^④ | ④ | 4 |
| | × | → | → | → | 0.1025 | 8.7 | ⑤ | 5 |
| | × | → | → | → | 0.1025 | 8.9 | ⑥ | 6 |
| | → | → | → | × | 0.0125 | 8.8 | ⑦ | 7 |
| | → | → | → | × | 0.0125 | 9.0 | ⑧ | 8 |
| | × | → | → | × | 0.025 | 8.7 | ⑨ | 9 |
| | × | → | → | × | 0.025 | 8.9 | ⑩ | 10 |
| 2 地震 | → | → | → | → | 0.05 | 8.4 | ⑪ | 11 |
| | × | → | → | → | 0.05 | 8.7, 8.3 | ⑫ | 12 |
| | × | → | → | → | 0.325 | 8.5, 8.3 | ⑬ | 13 |
| 3 地震 | × | → | → | → | 0.025 | 8.7, 8.2 | ⑭ | 14 |
| | × | → | → | → | 0.1 | 8.5, 8.2 | ⑮ | 15 |

深さタイプ: ①: 深さ 10~25km 程度の震源域 ②: 深さ 0~25km 程度の震源域

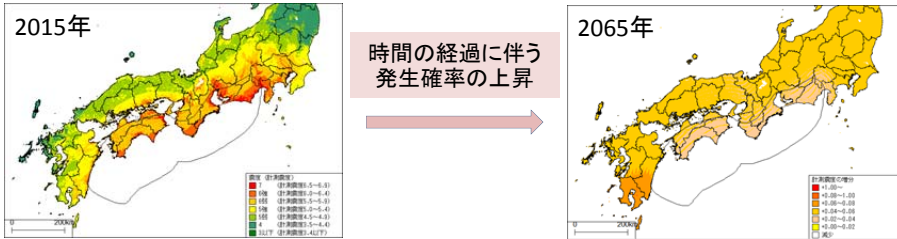
③: 深さ 0~10km 程度の震源域 ④: 深さ 0~10km 程度の震源域

※1: 内閣府 強震動計算モデルのマニキュアード ※2: 内閣府 強震動計算モデルのマニキュアード

Hazard - 地震ハザード評価結果

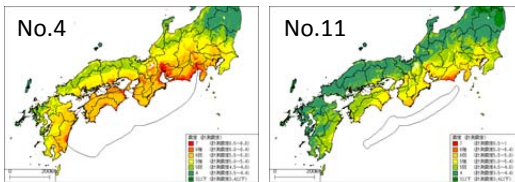
- ◆ 評価年: 2015年/2025年/2035年/2045年/2065年
- ◆ 評価単位: 250mメッシュ
- ◆ 評価結果: 30年・50年超過確率と計測震度の関係

□ 時間軸に着目 30年超過確率3%の計測震度



時間の経過に伴う発生確率の上昇

□ 発生パターンの多様性に着目



- ・南海トラフで発生する地震の多様性を反映できるハザードモデル
- ・時間の経過に伴う地震発生確率の変化を反映できるモデル

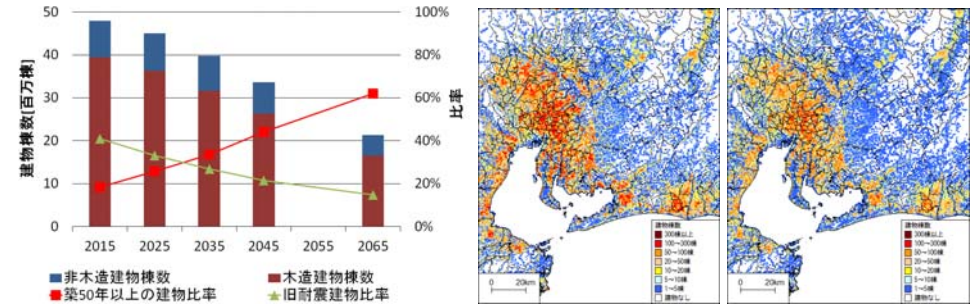
現在から将来にわたり、南海トラフで発生する地震によるリスクの変化を定量評価することが可能に。

Exposure - 建物モデル

- ・建物モデルは、平成25年度に構築した将来時点の建物モデルを利用
- ・将来の建物棟数
= 現在の建物棟数 + (現在～将来の新築棟数) - (現在～将来の減失棟数)

- ・評価年: 2015年/2025年/2035年/2045年/2065年
- ・評価単位: 250mメッシュ

建物モデルの例(名古屋市周辺)

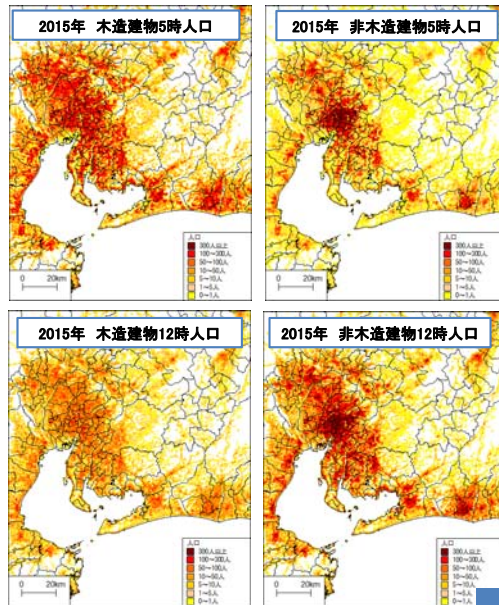


- 建物全棟数は徐々に減少し、2045年時点では約3,400万棟と推定
- 旧耐震基準建物の構成比率も減少し、2045年時点では約21%と推定
- 築50年以上の建物の構成比率は年々上昇し、2045年時点では40%を超える推定

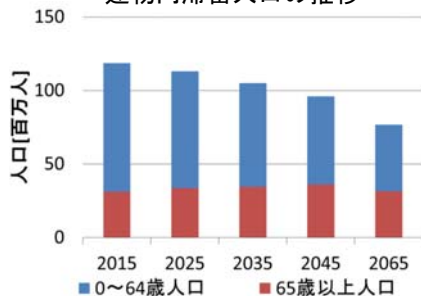
Exposure - 人口モデル

人口モデルの例(名古屋市周辺)

- ・人口モデルは、平成25年度に作成した将来時点の人口モデルを利用
- ・1日の人口移動(住宅→職場→住宅)を反映した建物内滞留人口のモデル
- ・評価年: 2015年/2025年/2035年/2045年/2065年
- ・評価単位: 250mメッシュ



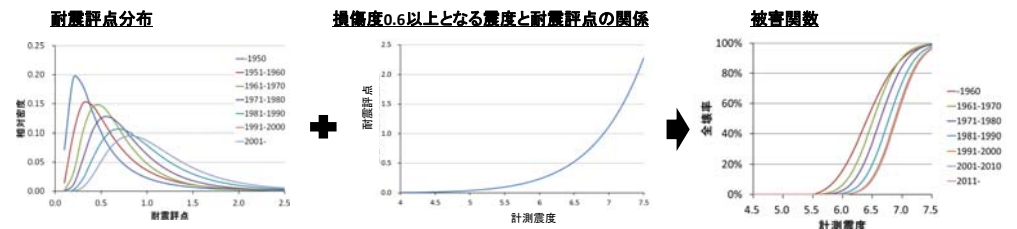
建物内滞留人口の推移



Fragility - 建物被害予測手法

木造建物

中嶋・岡田(2008)の損傷度0.6以上の被害率と震度の関係



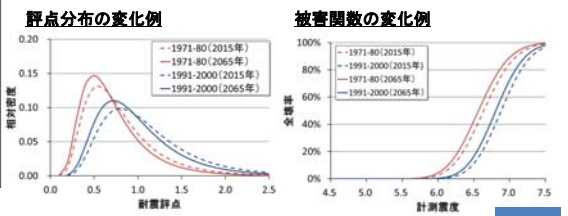
将来の木造建物の被害関数の考え方 (経年劣化)

- ①表1の評点設定時点(2003年と仮定)における各建築年代の築年数から求めた老朽度F、表1のμから、新築時の耐震評点の平均値を(1)(2)式から推定。
- ②評価基準年の耐震評点の平均値は、新築時から評価基準年までの経過年数から、(1)(2)式により推定。

- 中嶋・岡田(2008)
- ①耐震評点 = $A \times B \times C \times D \times E \times F \dots (1)$
A: 地盤・基礎、B: 建物の形、C: 壁の配置、D: 筋違、E: 壁の割合、F: 老朽度
 - ②老朽度 $F = -0.0021 \times \text{築年数} + 1 \dots (2)$
 - ③耐震評点分布は下表のμとσにより対数正規分布で表現

表1 木造建物の評点分布を示す建築年代別パラメータ

| | 1950 | 1951-1960 | 1961-1970 | 1971-1980 | 1981-1990 | 1991 |
|---|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| μ | -1.0968 | -0.7598 | -0.5854 | -0.4018 | -0.1862 | -0.3003 |
| σ | 0.8229 | 0.7046 | 0.5579 | 0.5335 | 0.5125 | 0.4809 |



Fragility — 人的被害予測手法

死者数

福島ほか(1997)の関係をベースに以下の補正を行った、罹災証明に基づく全壊率や高齢化の影響を考慮できる全壊率—死者率の関係を使用。

- 全壊率の低いケースの補正
- 罹災証明の被災度区分のための被害補正係数の設定
- 年齢区分補正係数の設定

Hr < 3.0% の場合

$$Dr = 0.0103 \times Hr \times a \times b$$

Hr ≥ 3.0% の場合

$$Dr = (0.0006 \times Hr^2 + 0.0067 \times Hr + 0.0054) \times a \times b$$

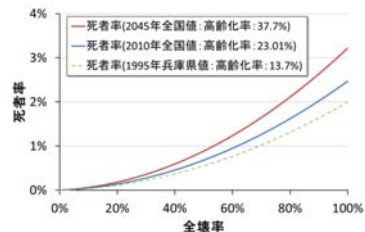
Dr: 死者率(%) Hr: 全壊率(%)

a: 罹災証明の被災度区分のための

被害補正係数(=0.3)

b: 年齢区分補正係数(下式参照)

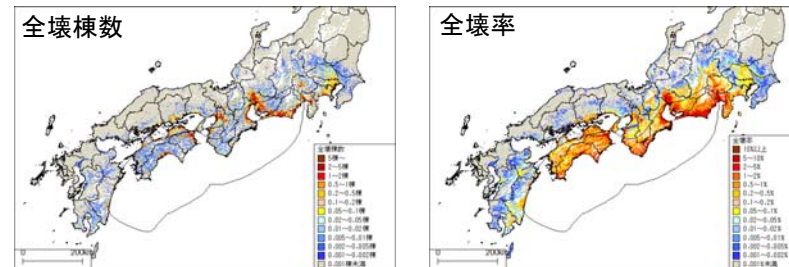
$$\text{年齢区分補正係数} = 0.65 \times 65\text{歳未満人口率} + 3.19 \times 65\text{歳以上人口率}$$



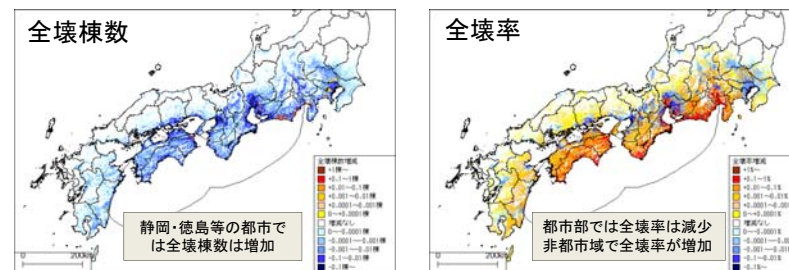
・ 福島ほか(1997): 福島誌、河田恵昭、西村明徳、林春男、田中聡: EDA手法を用いた人的被害の推定法の開発、地域安全学会、pp.52-55、1997

リスク評価結果 — 建物被害リスク(2) 2025年

➤ 建物全壊棟数・全壊率の30年期待値(南海トラフ全体)



➤ 建物全壊棟数・全壊率の30年期待値の増減(2015年→2025年)



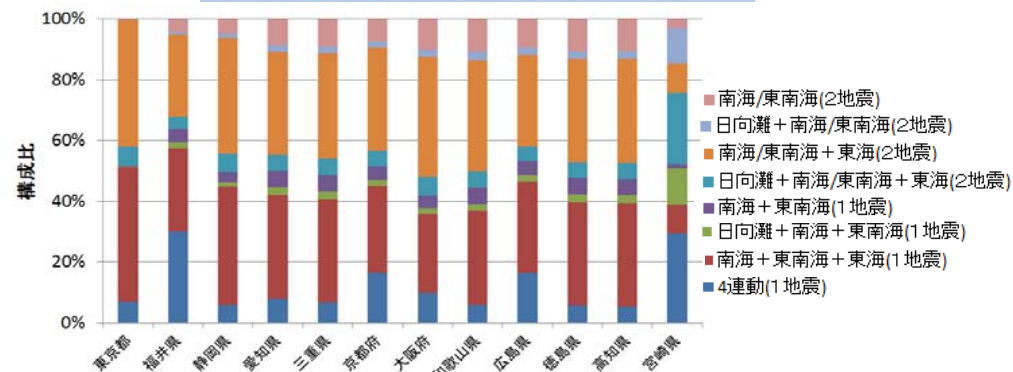
リスク評価結果 — 建物全壊棟数30年期待値の推移



- ◆ 建物全壊棟数の30年期待値は、時間の経過に伴う建物棟数の減少により、ほとんどの地域で減少する。
- ◆ 建物全壊率の30年期待値は、全国的に見た場合、2025年が最も高くなり、その後は減少する。
- ◆ 建物全壊率の期待値を変化させる要因を整理すると以下の通りである。
 - [増加要因] 木造建物の経年劣化、南海トラフの地震発生確率の上昇
 - [減少要因] 建物の建て替えによる耐震性能の向上
- ◆ 上記の増加要因や減少要因は地域によってその影響度が異なる。これは将来の推計人口の違いに起因する。都市部では人口の増加(或いは減少速度が遅いこと)等により、建物新設・建て替えが進み、相対的に新しい建物の占める割合が高くなる。その結果として、時間の経過に伴って地震発生確率が上昇しても建物全壊率は低下する傾向にある。一方、地方(田舎)では、人口減少により新しい建物が増える要因は少なく、相対的に都市部よりも建物全壊率が高くなる傾向にある。

リスク評価結果 — 地震発生パターン別構成比

建物全壊棟数30年期待値の構成比

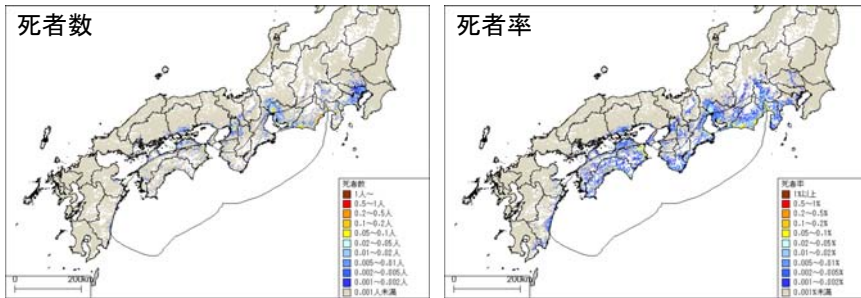


建物全壊被害の各発生パターン別の30年期待値の構成比を県別に比較すると、地域によって被害を構成する発生パターン(震源域)は異なる。

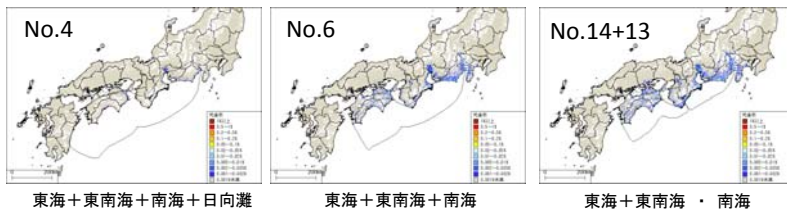
- 震源域から離れた地域(例: 福井県)では、日向灘+南海+東南海+東海(1地震)の影響が比較的大きい。
- 震源に近い地域(例: 静岡県)では、南海+東南海+南海(1地震および2地震)の影響が最も大きい。
- 日向灘に近い地域(例: 宮崎県)では、南海+東南海+南海(1地震および2地震)の影響は小さく、日向灘+南海+東南海+東海(1地震および2地震)の影響が最も大きい。

リスク評価結果 — 人的被害リスク(1) 2015年

➤ 死者数・死者率の30年期待値

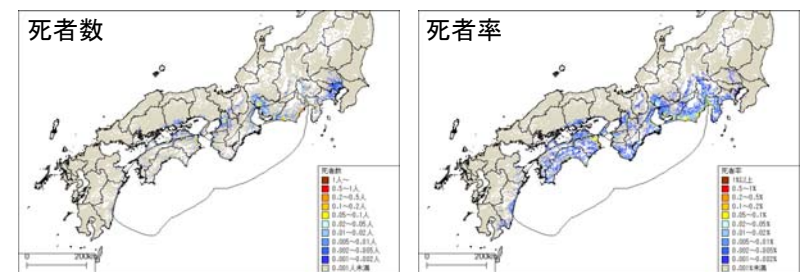


➤ 各発生パターンの死者率の30年期待値(例)

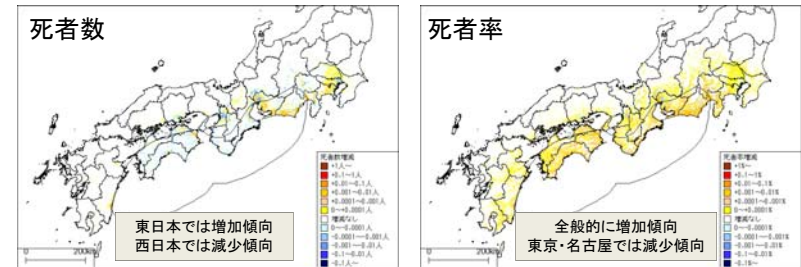


リスク評価結果 — 人的被害リスク(2) 2025年

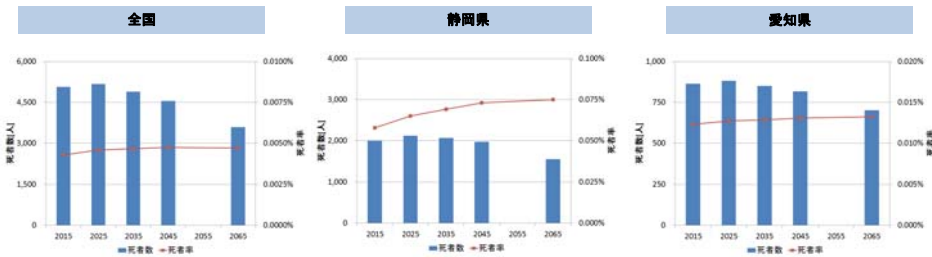
➤ 死者数・死者率の30年期待値



➤ 死者数・死者率の30年期待値の増減(2015年→2025年)



リスク評価結果 — 死者数30年期待値の推移



- ◆ 死者数の30年期待値は、2025年にピークとなり、その後、減少する結果となった。
- ◆ 死者率の30年期待値は、全国的に見た場合、2045年が最も高くなり、2065年でもほぼ同じレベルにある結果となった。
- ◆ 建物の耐震性能が向上するにも関わらず、死者率が上昇するあるいは2065年でも2045年とほぼ同じレベルを保つのは、高齢者の占める割合が年々高まるためと考えられる。
- ◆ 死者率の期待値を変化させる要因を整理すると以下の通りである。

- [増加要因] 高齢化の進展、南海トラフの地震発生確率の上昇
- [減少要因] 建物の建て替えによる耐震性能の向上

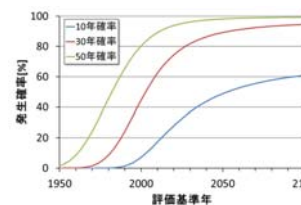


確率の違いによる期待値の変化(1) — 建物被害(揺れ)

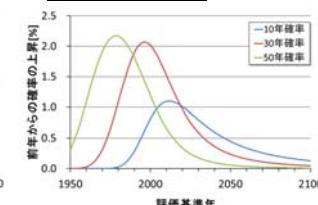


- 10年期待値では全壊棟数のピークが2025年・2035年にみられるのに対して、30年期待値・50年期待値は一貫して減少する結果となった。
- 全壊率では10年期待値は一貫して上昇するのに対し、30年期待値では2025年がピークとなりその後減少する結果に、50年期待値では一貫して減少する結果となった。

南海トラフの発生確率の推移



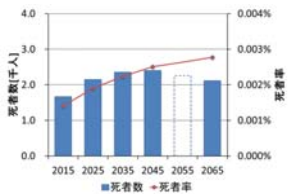
発生確率の上昇量



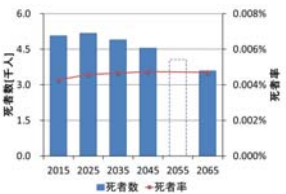
南海トラフのような周期的に繰り返し発生することが想定されている地震のリスク評価を実施する場合の評価期間の設定は、今後の重要な課題と考えられる。

確率の違いによる期待値の変化(2) — 人的被害(揺れ)

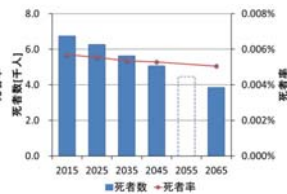
10年確率



30年確率

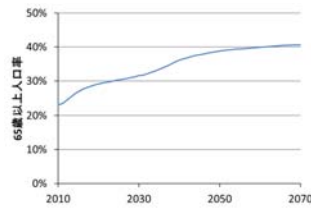


50年確率



- 死者数では10年期待値のピークが2045年、30年期待値のピークが2025年にみられるのに対して、50年期待値は一貫して減少する結果となった。
- 死者率では10年期待値・30年期待値は上昇傾向であるのに対し、50年期待値では減少が続く結果となった。
- 建物全壊棟数のリスクと比較すると、死者数のリスクのピークの発現時期がやや遅い傾向がある。人的被害の変動要因は、建物被害で挙げた要因以外に高齢化の影響がある。65歳以上人口の割合は今後上昇し続けると予想されており、評価基準年が将来になるほど、建物全壊棟数・全壊率が同じでも死者数・死者率は増加する傾向がある。

65歳以上人口率の将来予測



17

まとめ

- 地震本部の評価をベースとした南海トラフの地震ハザード情報を利用して、現在～将来の地震による建物被害リスク、人的被害リスクを試算した。
- 現在～将来におけるリスクの推移は、南海トラフの地震発生確率の上昇、建物の建替えによる耐震性能の向上、既存建物の経年劣化、高齢化の進展、人口の空間的分布の変化等の要因により変化する。
 - 地震(揺れ)リスク(30年期待値の場合)
 - 建物全壊のリスクは地震の発生確率の上昇や建物の経年劣化という負の要素はあるものの、建物の建て替えによる耐震性能の向上により、全般的には、建物全壊のリスクは減少する方向にある。全壊率のリスクに着目した場合、2025年をピークとして減少する。
 - 人的被害(死者)のリスクは、死者数(30年期待値)では2025年、死者率では2045年がピークとなる。建物被害と比較して人的被害のピークが将来方向にずれているのは、高齢化の影響と考えられる。

18