

被害想定手法について

(これまでのワーキンググループでのご意見を踏まえた手法の検討)

令和2年12月2日
日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震対策検討ワーキンググループ
(第4回)

内閣府 (防災担当)

被害想定手法の検討について

- 被害想定手法は、南海トラフ地震や首都直下地震の検討の際の手法を用いることを基本とし、積雪寒冷地の影響について、パラメータ（避難速度等）や被害率テーブルで考慮することを確認。
- これまでに冬季の避難速度や低体温症の考慮など、積雪寒冷地の影響を中心に被害想定手法を議論し、今回以下の手法について提示

＜今回、説明する被害想定手法＞

- ①津波による人的被害（避難速度や行動開始時間の設定など）
- ②津波による建物被害（流氷等の漂流物の考慮など）
- ③揺れによる建物被害（積雪寒冷地の建物仕様を考慮した木造建物被害関数の適用など）
- ④揺れによる建物倒壊に伴う人的被害（低体温症・凍死の考慮など）
- ⑤揺れによる火災（地域係数の考慮、風の設定など）
- ⑥津波による火災

○意見に対する被害想定の評価方法の整理

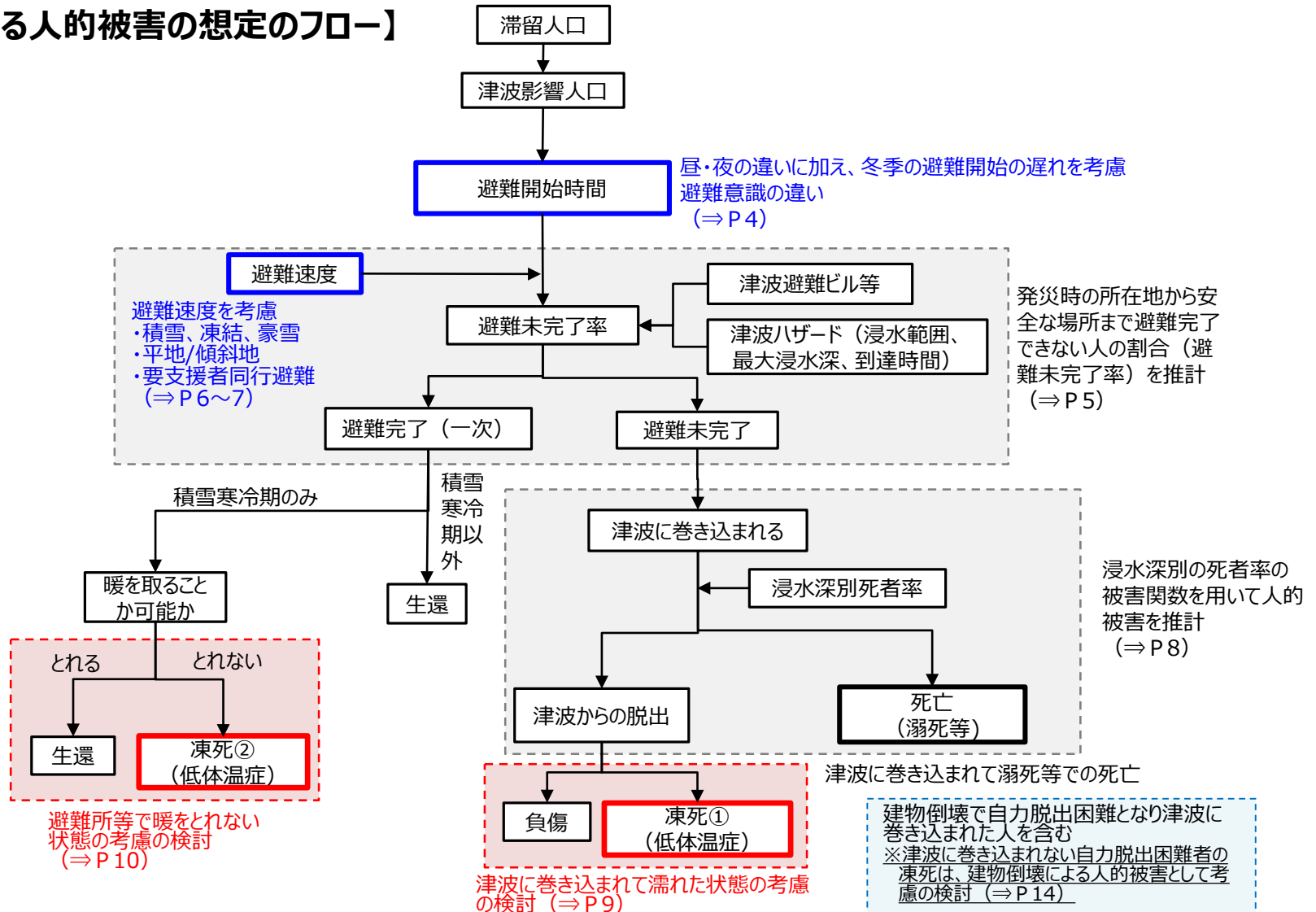
○被害想定の人的・物的被害の定量評価の条件設定

【参考】被害想定手法の検証（本想定 of 被害想定手法を東日本大震災に適用した場合の検証）

①津波による人的被害の想定手法

○津波の人的被害の推計の手法は南海トラフ巨大地震の被害想定と同様の手法を基本とし、避難開始時間、避難速度（平地/傾斜地、積雪、凍結、豪雪、要支援者同行避難）、低体温症等を以下のフローにより考慮することで、津波人的被害を推計。

【津波による人的被害の想定フロー】



①津波による人的被害の想定手法（避難行動の違い）

○避難開始時間について、時間帯や季節の違いを考慮。また、避難意識の違いのパターンを設定。

【避難開始時間】

- 南海トラフ巨大地震の被害想定と同様、昼の避難開始時間は直接避難の場合（すぐに避難する）で地震発生から**5分後**※1、夜の場合は避難が遅れることが想定されることから**10分後**※2とする。
- 用事後避難の場合（避難するがすぐに避難しない）は、東日本大震災実績より昼間は**15分後**※3の避難開始とする（夜間は**+5分後**）。
- 積雪寒冷地における積雪期は、防寒準備等に時間がかかることから、冬季は夏季に比べてさらに+2分と仮定**※4

	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）	
昼	5分 ⇒ 7分 (冬季)	15分 ⇒ 17分 (冬季)	メッシュに津波が到達してから避難
夜	10分 ⇒ 12分 (冬季)	20分 ⇒ 22分 (冬季)	

※1：巨大地震の場合は揺れが5分程度継続する可能性があるため（避難は揺れが収まってから）

※2：寝間着からの着替え等のため 昼間より+5分と仮定

※3：東日本大震災の調査結果による

※4：防寒着の着用等でさらに+2分と仮定

【避難意識のパターン】

- 南海トラフ巨大地震の被害想定の見直しと同様に、早期避難の減災効果を示すため、避難意識が低い場合や、そうでない場合の推計を実施。また、東日本大震災の実績値の推計も実施。

	避難行動別の比率（H24南海トラフ）		
	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	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	70% ※1	30% ※2	0% ※3
早期避難者比率が高い場合	70% ※1	20% ※2	10% ※4
早期避難者比率が低い場合	20% ※5	50% ※2	30% ※6
東日本大震災の実績 ※7	55%	40%	5%

設定値については、東日本大震災の被災地域での調査結果や過去の津波被害（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設定。

※1：東日本大震災ですぐに避難した人の割合が最も高い市で67%

※2：全体から直接避難と切迫避難の割合を引いた数値

※3：津波情報や避難の呼びかけを見聞きしている中でそれをもって避難のきっかけとなった場合、切迫避難の割合が一番低い市で0%。

※4：東日本大震災で意識の高い地域でも6.5%の人が避難しなかったこと（死者含む）を踏まえて設置

※5：日本海中部地震の事例等から20%。

※6：切迫避難の割合が高い市で25～約27%であったことによる。

※7：東日本大震災の実績

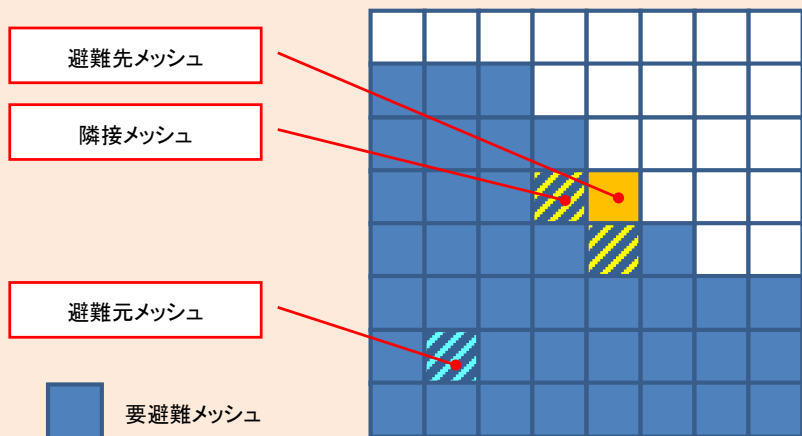
岩手県（54%、40%、6%）

宮城県（56%、41%、3%）

①津波による人的被害の想定手法（避難未完了率）

○南海トラフの想定と同様、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（避難未完了率）を以下の考え方で算定。

【避難未完了率】



【避難判定方法】

- ①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。
- ②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）から最短距離にある津波浸水深30cm未満の避難先メッシュを特定。
- ③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）。
- ④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（次ページ参照）で割って避難完了所要時間を算出。
- ⑤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。

【補足①】高層階滞留者の扱い

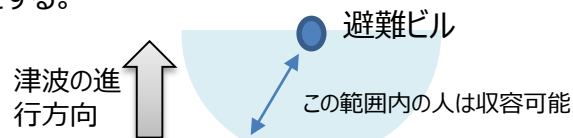
- ・避難元メッシュの最大浸水深よりも高い高層階にいる滞留者は、水平避難はせずにその場所にとどまって生存することとして扱う。
- ・一方、低い階の滞留者については避難先メッシュに水平避難することとして扱う。
- ・最大浸水深と水平避難者の関係は以下のように設定する。

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
30m以上の場合	全員避難

【補足②】津波避難ビル・タワーへの避難の設定方法

- ・津波避難ビル等は逃げ込むことができる避難先メッシュとして扱う。
- ・津波避難ビル等の指定数及び1棟当たり収容人数については、内閣府による調査（平成30年8月時点）における数値を用いる（A）。
- ・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る。その場合の収容可能人数については、津波が到達するまでの時間と避難速度の関係から次のように求めるものとする。

$$\left[\begin{aligned} \text{収容可能人数 (B)} &= \{ \pi \times (\text{避難距離 (m)})^2 \} \times 0.5 \times \text{周辺人口密度 (人/m}^2\text{)} \\ \text{ここで、避難距離 (m)} &= \{ \text{避難速度 (m/分)} \times \text{避難時間 (分)} \} \div 1.5 \end{aligned} \right]$$
- ・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等への収容可能人数とする。

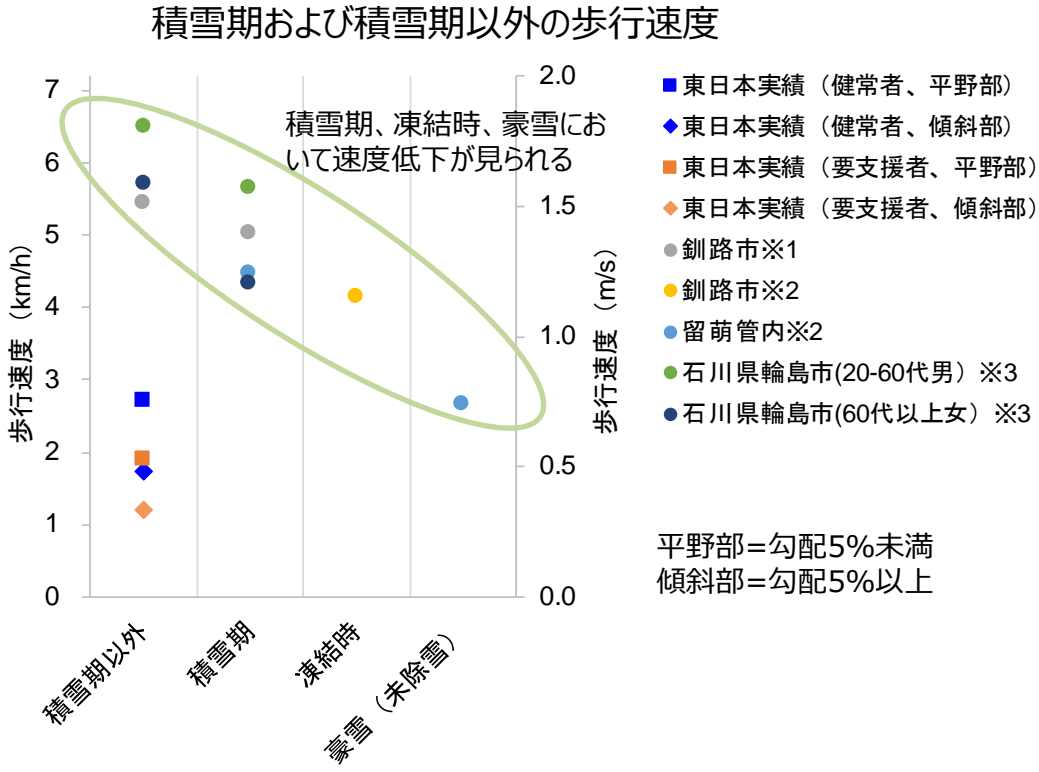


①津波による人的被害の想定手法（避難速度の設定）

○地域特性（平野部/傾斜部）、積雪・寒冷地の特性（積雪・凍結時での避難速度の低下）、避難行動要支援者同行避難時を踏まえて、避難速度の低下を以下のように反映し、津波の人的被害を推計

（第2回での議論を踏まえ既往研究等を確認）

- 既往研究における訓練による計測値によると、積雪期以外に対して、積雪期、凍結時、豪雪時（未除雪）の状況においては速度低下が見られる。
- 避難速度は東日本大震災の実績である平均徒歩避難速度2.24km/h (0.62m/s) ※をベースとし、既往研究における積雪期の速度低下率を適用することとする。



●なお、東日本大震災の実績より、避難時の状況として、健常者中心の避難が8割の人数、避難行動要支援者同行の避難が2割の人数いるものとして設定する。

●平野部、傾斜部でも東日本大震災の調査結果を基に設定。

※1. 奥野祐介、橋本雄一「積雪寒冷地における疑似的津波避難に関する移動軌跡データ分析」(Theory and Applications of GIS, 2015, Vol. 23, No.1, pp.11-20)
 ※2. 竹内慎一、戸松誠、千葉隆史、川村 壮「積雪寒冷条件下における津波からの避難行動に関する基礎的研究」(2017.3、地方独立行政法人北海道立総合研究機構調査研究報告No.379)
 ※3. 大堀和明「雪国地域独自の津波および雪・地震複合災害の被害軽減策の提案」(一般社団法人北陸地域づくり協会)

※南海トラフ巨大地震の被害想定の設定値は東日本大震災実績の速報値による2.65km/h (0.74m/s)

①津波による人的被害の想定手法（避難速度の設定）

表 徒歩による避難速度（設定値、昼間）

単位：時速km/h（括弧内は秒速m/s）

	地域特性別	健常者中心 ※3		避難行動 ※3 要支援者同行		全体
		冬季以外	非積雪・非凍結時	全体	2.43 (0.68)	1.69 (0.47)
		平野部	2.72 (0.76)	1.89 (0.53)	2.51 ※2 (0.70)	
		傾斜部	1.73 (0.48)	1.20 (0.33)	1.59 ※2 (0.44)	
冬季	積雪時 ※4	全体	1.94 (0.54)	1.35 (0.38)	1.79 (0.50)	
		平野部	2.18 (0.60)	1.51 (0.42)	2.01 (0.56)	
		傾斜部	1.38 (0.38)	0.96 (0.27)	1.27 (0.35)	
	豪雪時（未除雪時） ※5	全体	1.17 (0.32)	0.81 (0.23)	1.08 (0.30)	
		平野部	1.31 (0.36)	0.91 (0.25)	1.20 (0.33)	
		傾斜部	0.83 (0.23)	0.58 (0.16)	0.76 (0.21)	
	凍結時 ※6	全体	1.75 (0.49)	1.22 (0.34)	1.61 (0.45)	
		平野部	1.96 (0.54)	1.36 (0.38)	1.81 (0.50)	
		傾斜部	1.24 (0.35)	0.86 (0.24)	1.15 (0.32)	

東日本大震災の実績を基にした値 ※

積雪期の速度低下率を適用して推定

* 平野部=勾配5%未満、傾斜部=勾配5%以上

※1：東日本大震災時の平均徒歩避難速度は2.24km/h（0.62m/s）に設定

※2：平野部は全体平均の1.12倍、傾斜部は全体平均の0.71倍に設定

※3：健常者の避難速度と避難行動要支援者同行の避難速度は、東日本大震災の実績から8:2の人数割合であったとして全体平均より設定。

※国土交通省「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（第3版）」（2013年4月）」

※4：積雪時の避難速度は、東日本大震災の平均避難速度から2割低下

※5：未除雪の場合は積雪時から4割低下

※6：凍結路面時は積雪時から1割低下

・夜間（暗い場合）の避難速度については、足元が見えにくい等の理由から昼間の8割に設定。

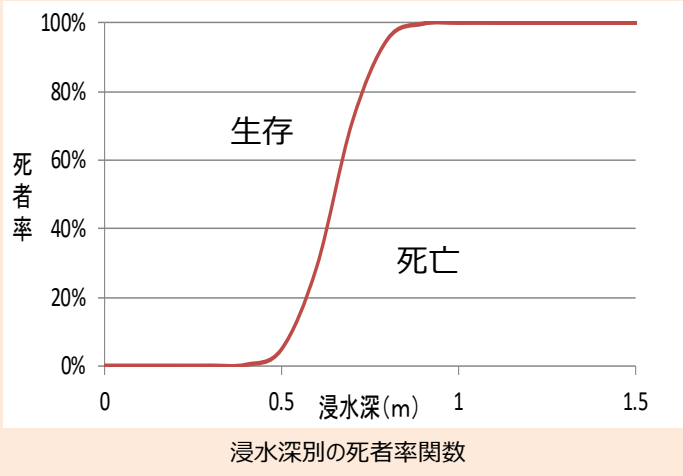
・各地域における避難行動要支援者同行の人数割合は地域における避難行動要支援者数のデータを用い、要支援者1人につき2人が同行すると設定。

①津波による人的被害の想定手法（浸水深別死者率）

○南海トラフの想定と同様、津波に巻き込まれたと判定された場合の死者数については浸水深別の死者率の被害関数を用いて推計。

【浸水深別死者率】

・P 5 の避難完了の判定で津波から逃げきれずに巻き込まれたと判定された場合の生死について、死者数を下図の死者率と浸水深の被害関数を用いて推計する。



津波浸水深 (m)	死者率
0	0%
0.1	0%
0.2	0%
0.3	0.01%
0.4	0.3%
0.5	4.8%
0.6	28.9%
0.7	71.1%
0.8	95.2%
0.9	99.7%
1	100.0%

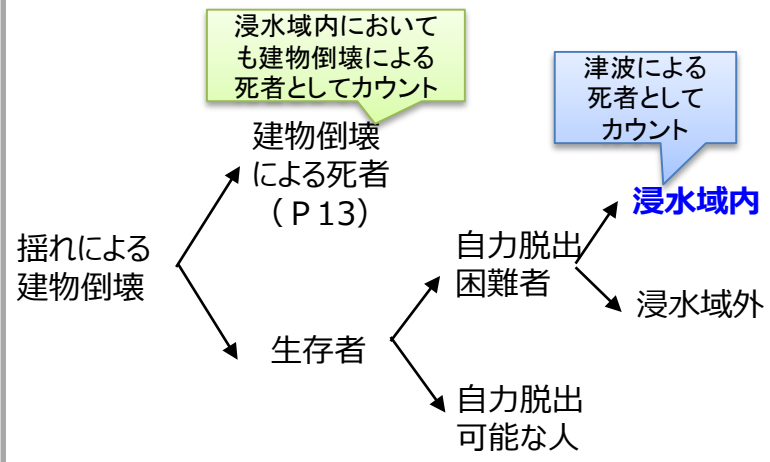
※津波に巻き込まれた場合の浸水深別死者率関数を内閣府で作成（南海トラフ巨大地震の被害想定等で使用）。これは、スマトラ島沖地震津波におけるバンダアチエでの被害事例を踏まえ、浸水深30cm以上で死者が発生し始め、浸水深1mでは津波に巻き込まれた人のすべてが死亡すると仮定した関数である。

・なお、津波に巻き込まれたと判定された場合は、生存した人も全員が負傷するものと仮定し、生存者の数を重傷者数：軽傷者数 = 12：88として振り分けることで負傷者を算出する。

（重傷者：軽症者の比率については、東日本大震災における人的被害の事例より設定）

【補足】揺れによる建物倒壊に伴う死者数や自力脱出困難者の扱いについて

- ・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するものとする（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津波による人的被害の想定手法（低体温症・凍死の考慮）

○人的被害の想定フロー①（P3参照）において、津波に巻き込まれて脱出できた場合でも濡れたことにより低体温症等により死亡する場合の定量的評価を以下の考え方により設定。

- 津波に巻き込まれた場合に溺死等により死亡しなかった場合においても、重傷や軽傷等、負傷者が発生。
- 重傷者については、自力では動けない状態であると仮定すると、濡れた状態のまま救助されるまでの数時間程度そのままの状態の可能性。
- 濡れたままの状態でも数℃以下の極寒の気温下におかれることは、より冷たい水に浸水していると同様に低体温症等のリスクが高まり、短時間で死亡する可能性があると考えられる。



●気温が-数℃以下の極寒の地域において、津波に巻き込まれ濡れたままの状態では動けない重傷者は、より短時間で低体温症等になり、救助が間に合わずに死亡すると仮定する。

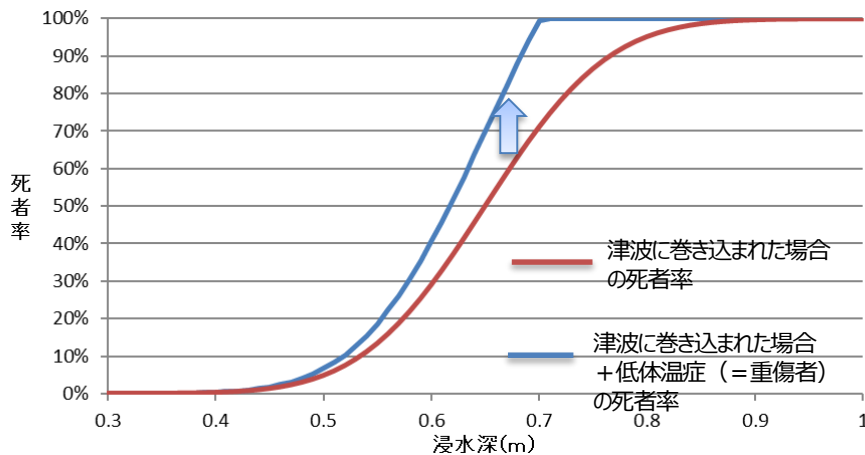


図 津波に巻き込まれた場合の浸水深別死者率

【参考】低体温症を定量的に考慮するための研究事例

【全身が浸水した場合の水温と最大生存時間】

下図は、Molnarの既存のデータ（※1）に対して、目撃された死亡事例21例を集めたデータ（※2）を追加した予測最大生存時間曲線を示している。このグラフの予測最大生存時間曲線は、人が近づくことができない限界として使用が可能（※2）。この曲線を超えて生存できる場合は、防護服による保護、高体重、部分的な浸水などの保護的な要因が関与すると考えられる。

- （※1） Molnar GW. Survival of hypothermia by men immersed in the ocean. Journal of the American Medical Association 1946; 131: 1046-1050.
- （※2） Xu X, Giesbrecht GG. A new look at survival times during cold water immersion. J Therm Biol 2018;78:100-5.

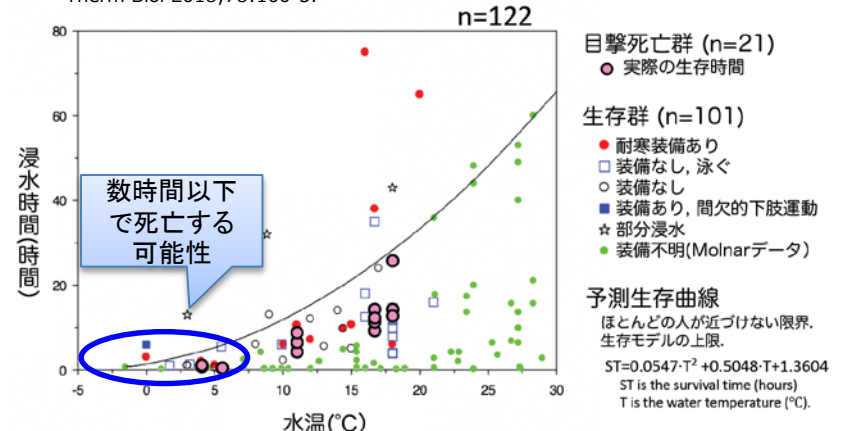


図 浸水後の最大生存時間曲線と浸水から目撃された死亡までの時間
* 上図の出典資料 [2] (=先述の(※2)資料に同じ)

(以上、大城和恵 (山岳医療救助機構 代表、北海道大野記念病院循環器内科・山岳外来、日本大学医学部 兼任講師) 「[Review] 全身が冷水に浸水した場合の生存時間」(2020/9/24)より引用)

実際には、数時間以内に救助されたり、被災した環境や負傷の症状によっては低体温症により死亡しないことも考えられるが、低体温症や凍死の定量的な推計が非常に難しいことから、本想定では今回のような設定を用いて定量化することとする。

①津波による人的被害の想定手法（低体温症・凍死の考慮）

○人的被害の想定フロー②（P3参照）において、津波には巻き込まれてないが暖がとれなかったことによる低体温症等により死亡する場合の評価方法を検討。評価にあたって根拠となるデータが乏しいことから定性評価とする。

- 東日本大震災においては、宮城県で22名の低体温症による犠牲者が報告されている（第3回WG資料参照）。
- この値を用いてフロー②の低温者数を推計する場合、この実績の死者率（22名/宮城県内の浸水域人口）をもとに、想定浸水域人口を掛け合わせることで低体温症等の死者数を推計する方法が考えられる。

$$\text{暖をとれる場所までたどりつけなかった場合の凍死者数（P3のフロー図②）} = \frac{\text{宮城県内の低体温症死者数（22人）}}{\text{宮城県内浸水域人口（約332,000人※1）}} \times \text{想定浸水域人口}$$

※1 総務省統計局東日本大震災関連情報（津波による浸水範囲に関する統計情報）をもとに集計

- しかし、上式の比率がかなり小さく、定量的な推計を行うには根拠データが十分でない。
- また、上式の東日本大震災当日の気温は0℃前後であり、今回想定するエリアにおける-10℃程度に対応する評価データが得られていない。

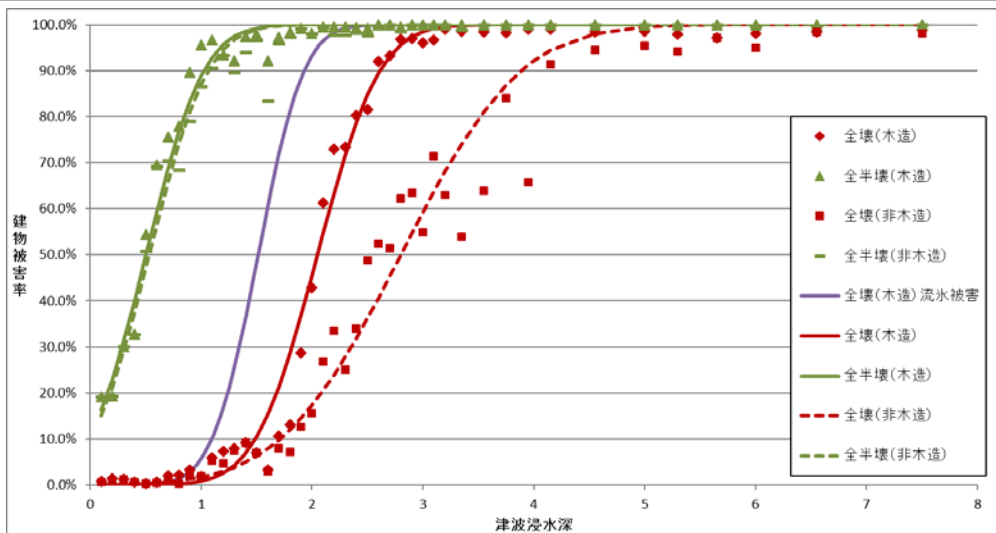


•津波には巻き込まれていないが暖がとれなかったことによる低体温症による死亡者については、定量的な評価にあたって根拠となるデータが乏しいことから定性的な評価とする。

②津波による建物被害の想定手法（流水等の漂流物の考慮）

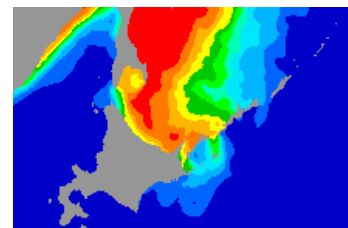
- 津波に漂流物が含まれる場合、破壊力が増加するため、人口集中地区とそれ以外の地区で浸水深別の建物構造別被害率を設定（被害関数は南海トラフ巨大地震の検討の際、東日本大震災の実績より設定）。
- さらに、寒冷期の流氷漂着地域では、流氷により建物被害が増大する可能性があるため、漂流物の衝突実験や1952年十勝沖地震の被害等を参考に、流氷が含まれる場合の被害率曲線を以下のとおり設定。

津波浸水深ごとの建物被害率（人口集中地区）



- ・漂流物がある場合とない場合での波力を比較した実験結果（松富、1990）を基にすると、波力は浸水深の二乗に比例することから、漂流物がある場合とない場合の波力の比は浸水深の比であらわされる。
- ・1952年十勝沖地震の浜中村霧多布地区での流氷を伴う津波被害は、浸水深約1.2mで全壊率約24%である。これと同じ全壊率となる東日本大震災の漂流物がない場合の浸水深は約1.6mで、これらの比は $1.2/1.6 = \text{約}0.75$ 倍である。
- ・このことから、流氷を伴う場合の津波の被害は、流氷を伴わない場合の浸水深の約0.75倍の浸水深による被害と同等になるとして設定。

流氷を設定する地域は、近年の気象条件などを踏まえて設定。



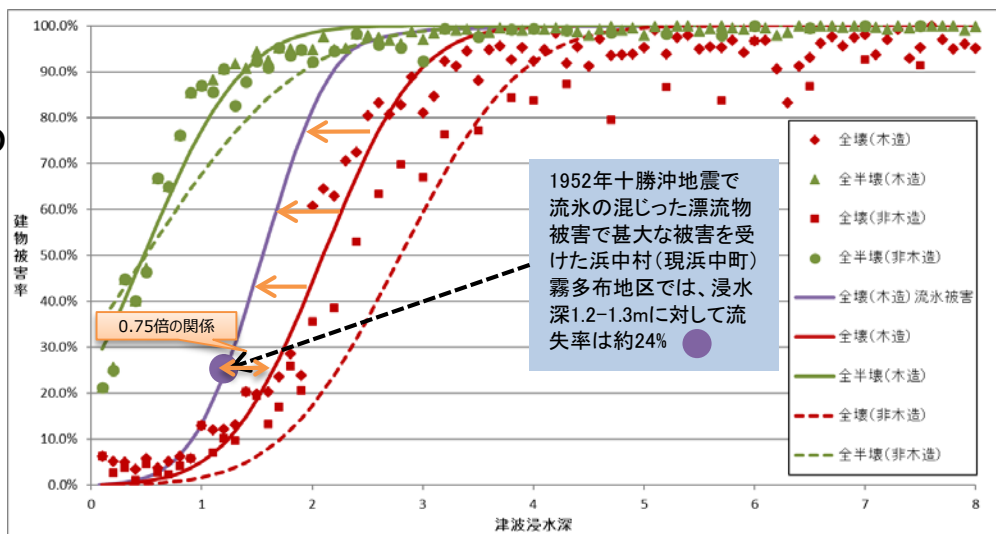
海氷出現率 Frequency of sea ice existence 算出範囲外
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 no calculation (%)

海氷分布図（平年値）

【統計期間：1981～2010年/2月20日の出現分布率】

出所）気象庁ホームページより

津波浸水深ごとの建物被害率（人口集中地区以外）



③揺れによる建物被害の想定手法

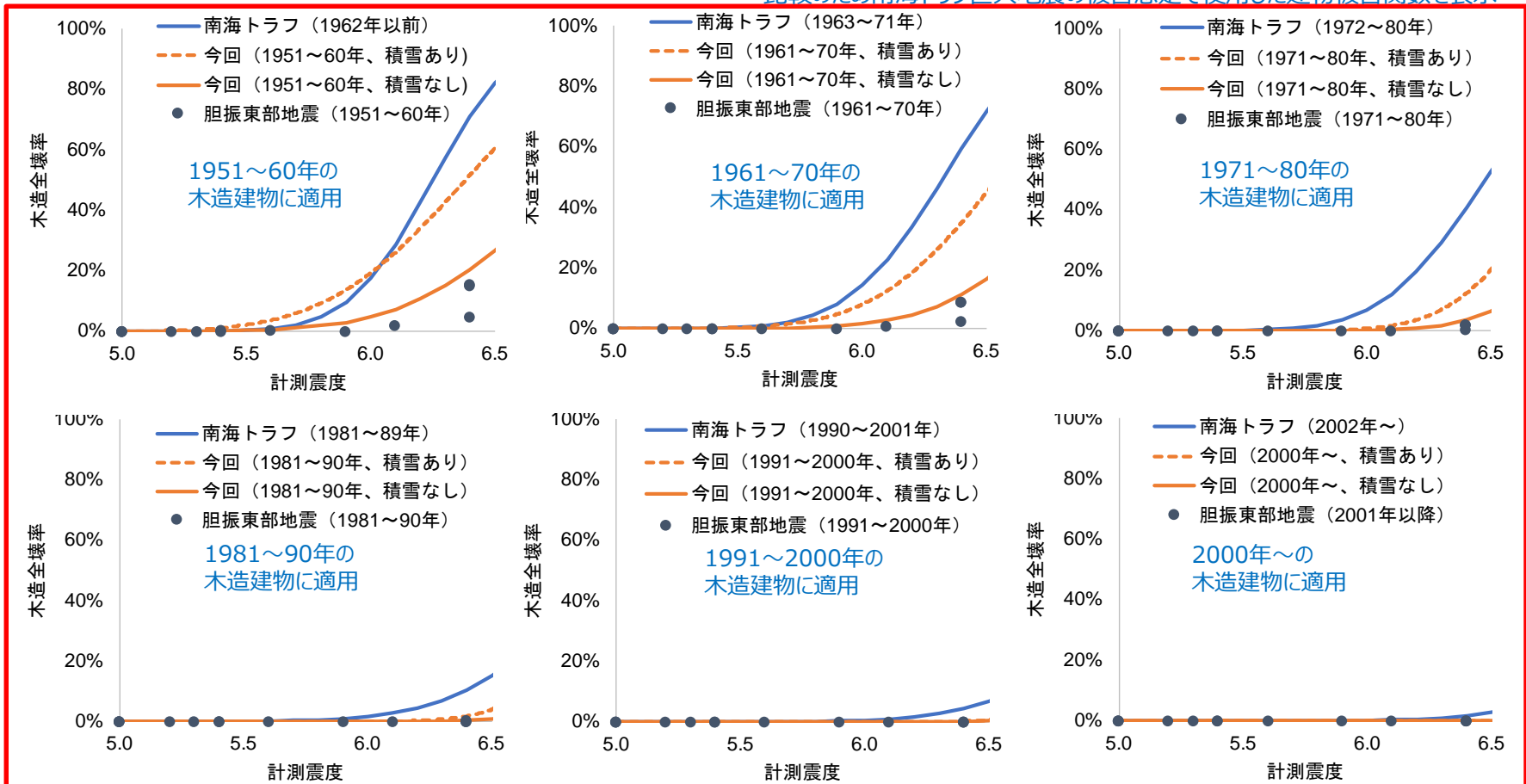
(積雪寒冷地の建物仕様を考慮した木造建物被害関数の適用)

- 揺れによる建物被害は、計測震度と建物被害の関数から全壊棟数等を推計する。
- 近年の研究※1,※2において、北海道の耐震性能をもとにした木造建物被害関数の構築が行われており、積雪期と積雪期以外での雪荷重の違いを考慮した被害関数を今回使用する。
(適用する建物被害関数は、南海トラフ巨大地震の被害想定等で用いた建物被害関数と比較して、北海道胆振東部地震の被害実績に近いものとなっている。)

※1 竹内慎一「地域性及び時代性を考慮した木造建築物の地震被害関数構築に関する研究」(北海道大学, 博士(工学) 甲第13652号, 2019)

※2 竹内慎一, 戸松誠, 千葉隆史, 川村壮「積雪寒冷期の大規模地震に対応した建物リスク」(北海道立総合研究機構 調査研究報告, No.393, 2019)

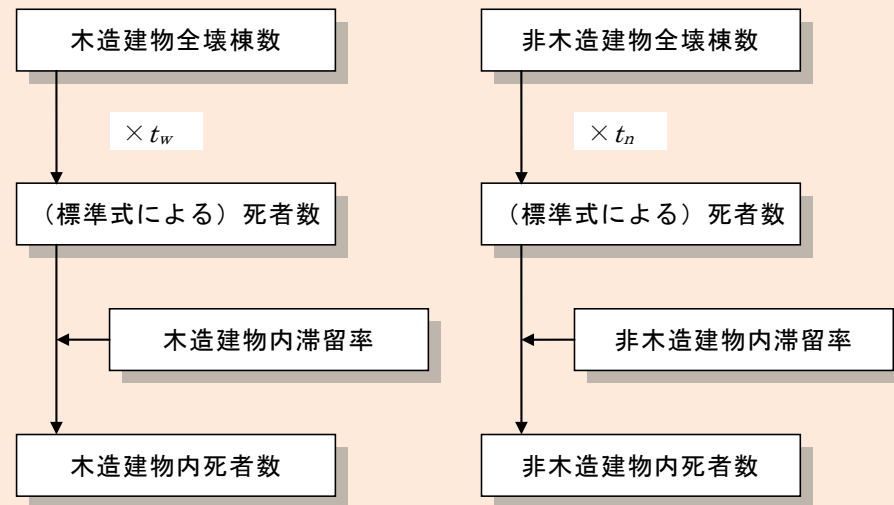
比較のため南海トラフ巨大地震の被害想定で使用した建物被害関数を表示



④揺れによる建物倒壊に伴う人的被害

○木造建物と非木造建物では、死者等の発生の様相が異なることから、木造建物、非木造建物を区別し、それぞれの建物からの死者数・負傷者数を推計。

揺れによる建物倒壊による死者数の想定手法



(死者数) = (木造 死者数) + (非木造 死者数)

(木造 死者数)
 = $t_w \times (\text{市町村別の揺れによる木造全壊棟数}) \times (\text{木造建物内滞留率})$

(非木造 死者数)
 = $t_n \times (\text{市町村別の揺れによる非木造全壊棟数}) \times (\text{非木造建物内滞留率})$

(木造建物内滞留率)
 = $(\text{発生時刻の木造建物内滞留人口}) \div (\text{朝5時の木造建物内滞留人口})$

(非木造建物内滞留率)
 = $(\text{発生時刻の非木造建物内滞留人口}) \div (\text{朝5時の非木造建物内滞留人口})$

$$t_w = 0.0676 \quad t_n = 0.00840 \times \left(\frac{P_{n0}}{B_n} \right) \div \left(\frac{P_{w0}}{B_w} \right)$$

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)

※類似の考え方をういて負傷者数・重傷者数を推計

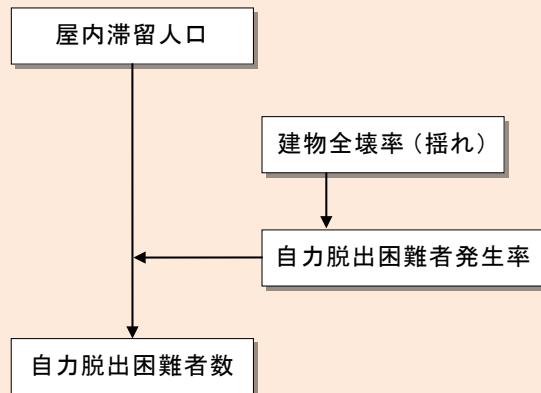
- 300人以上の死者が発生した近年の5地震（鳥取地震、東南海地震、南海地震、福井地震、兵庫県南部地震）の被害事例から算出した全壊棟数と死者数との関係を使用。
- 近年の地震の兵庫県南部地震、鳥取県西部地震、新潟県中越地震、新潟県中越沖地震、能登半島地震、岩手・宮城内陸地震の主な被災市町村、東北地方太平洋沖地震の内陸被災市町村の建物被害数（全壊棟数、全半壊棟数）と負傷者数・重傷者数との関係を使用。
- 東日本大震災では、約2万2千人もの死者・行方不明者が発生しているが、このうち内陸市町村の死者・行方不明数は非常に少なく、全壊棟数の少なさと相まって、建物被害棟数と死者関係式を見直すために十分なデータが得られなかった。

④揺れによる建物倒壊に伴う人的被害（要救助者（自力脱出困難者）の低体温症・凍死の考慮）

- 阪神・淡路大震災時における建物全壊率と救助が必要となる自力脱出困難者率との関係を用いて、自力脱出困難者数を算定。
- 冬季において救助に時間を要する中で、自力脱出困難な状態では低体温症の可能性が高まる点の考慮方法を検討。⇒ 評価データが乏しいことから定性評価とする。

南海トラフ手法の説明

揺れによる建物被害に伴う要救助者（自力脱出困難者）の想定手法



$$\begin{aligned} & \text{自力脱出困難者数（木造、非木造別）} \\ & = 0.117 \times (\text{揺れによる建物全壊率}) \times \text{屋内人口} \end{aligned}$$

【検討事項】

揺れによる建物倒壊で下敷き等で身動きの取れなくなった人について、低体温症や凍死を定量的に推計することは可能か？

- 自力脱出困難者の低体温・凍死を定量評価するために必要な、低体温等による死亡率と時間の関係を示すデータが乏しい。
- 定量的な評価ではなく、定性的な評価に留めることとする。

⑤揺れによる火災の想定手法（出火）

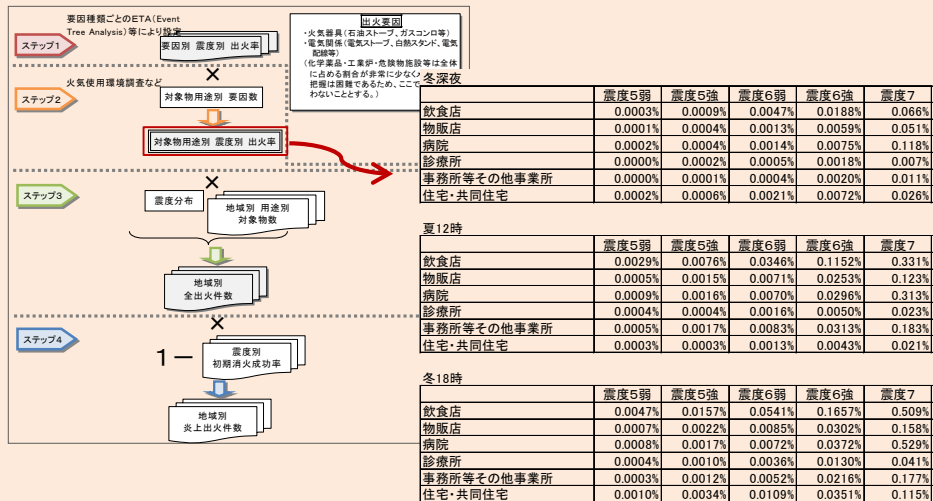
○基本的には、南海トラフ巨大地震や首都直下地震の想定手法を適用
 ○その上で、積雪寒冷地の地域・社会特性（火気使用環境の違いによる出火率の相違）や出火抑制対策（感震ブレーカー設置）を踏まえた出火率を設定し、建物被害による火災を推計。

（1）出火

- ①建物倒壊しない場合の火気器具・電熱器具からの出火
- ②建物倒壊した場合の火気器具・電熱器具からの出火
- ③電気機器・配線からの出火の3つに分けて出火率を設定
- 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。
 （停電時には電気関係からの出火はなく、停電復旧後に発生することも考えられるが、保守側の観点から、電気関係からの出火も地震直後に発生するものとして考える）

$$\begin{aligned} \text{全出火件数} &= \text{震度別用途別出火率} \times \text{震度別用途別対象物数} \\ \text{炎上出火件数} &= (1 - \text{初期消火成功率}) \times \text{全出火件数} \end{aligned}$$

①建物倒壊しない場合の火気器具・電熱器具からの出火



★全国平均に対する寒冷地の平常時火災の出火率の違いは、火気器具・電熱器具等の使用環境の違いが主原因と考え、出火率の地域倍率を用いて補正できないか検討。

②建物倒壊した場合の火気器具・電熱器具からの出火

- 阪神・淡路大震災時の事例から、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する。
- 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%とする。
- 時刻補正係数は1.0（深夜）、2.2（12時）、3.4（18時）とする。

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
 ここで、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）

③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、全壊率との関係で設定する。

電気機器からの出火件数 = 0.044% × 全壊棟数
 配線からの出火件数 = 0.030% × 全壊棟数

○初期消火成功率

- 東京消防庁出火危険度測定（第8回、平成23年）における住宅の初期消火成功率を適用する。

震度	6弱以下	6強	7
初期消火成功率	67%	30%	15%

★感震ブレーカー設置率を北海道13%、東北5%※として、その分だけ電気火災による出火が抑制されるものとする。
 ※：防災に関する世論調査（平成29年11月、内閣府）

⑤揺れによる火災の想定手法（延焼等）

（２）消防運用

- 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マクロ式を適用するものとする。
- 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もとに、消防本部・組合ごとに消火可能件数を算定する。

$$\begin{aligned} \text{消火可能件数（発災直後）} &= \\ & 0.3 \times (\text{消防ポンプ自動車数}/2 + \text{小型動力ポンプ数}/4) \\ & \times \{1 - (1 - 61,544 / \text{市街地面積 (m}^2\text{)})^{\text{水利数}}\} \\ \text{残火災件数} &= \text{炎上出火件数} - \text{消火可能火災件数} \end{aligned}$$

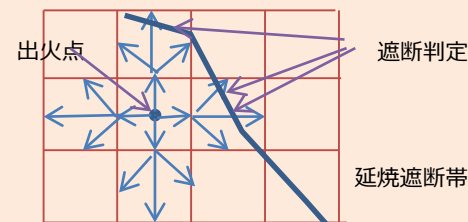
- 各消防本部・組合について求めた消火可能件数（発災直後；1時間後）と、想定される炎上出火件数を比較し、消火されなかった火災が延焼拡大すると考え、残火災件数（延焼拡大件数）を求めることとする。
- 上式は、阪神・淡路大震災（平均風速約3m/s）のデータに基づき、消防運用による消火可能件数をポンプ車数や消防水利数を用いて表現したものであり、風速が大きくなれば発災直後に消防によって消火できる割合が低下することが考えられる。ここでは、上式における係数0.3は、風速8m/sでは0.2とする。
- 消防運用によりすべての炎上出火を消し止められた場合においても、平均的に5棟/件の焼失があるものとして、1消火件数あたり5棟が焼失するものとする。

（３）延焼

- 250mメッシュを単位として時間経過に伴う延焼拡大状況を把握できるシミュレーションを行う。

※首都直下地震においては、広域的な消防応援が期待できると考えられるため、時間経過に伴い、どれだけの消防が必要とされるか把握できるよう、時間経過に伴う延焼拡大状況が評価できるモデルを採用した。

- 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、250mメッシュでの延焼シミュレーションを実施
- 延焼速度式は東消式2001を使用
- メッシュ中心に延焼が到達した時点で、当該メッシュは焼失と判定
- 延焼シミュレーション上の残火災の火点位置はランダムとして、100回繰り返すことで、各メッシュごとの平均的な焼失率、焼失棟数を算定
- 延焼遮断帯として、道路、鉄道、河川を考慮



- 風速については、平均的な風速と強い場合の風速の2通りを検討

⑤揺れによる火災の想定手法（地域係数）

出火率の地域別の差はなく地域係数は設定しない

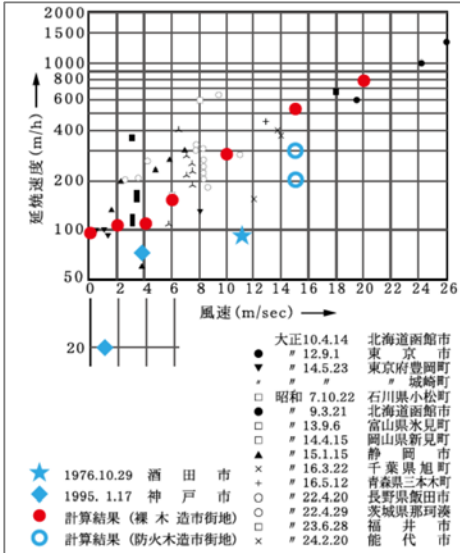
- ✓ 各道県の火災年報等によれば、建物火災の出火原因について地震時に出火可能性のある原因に限定して分析した場合、地域間による差はほとんどみられなく、出火の発生率に地域係数は設定しない。

平成29年	世帯数 (万世帯)	全出火件数(全国における建物火災の出火原因の上位10位のうち 地震時に出火可能性のある原因)							出火率 件/万 世帯
		右記合計	こんろ	ストーブ	配線器具	電灯電話 等の配線	電気機器	電気装置	全体
北海道	276	461	151	145	46	63	29	27	1.67
青森県	59	95	21	29	14	18	13		1.61
岩手県	52	82	12	28	16	16	6	4	1.57
宮城県	98	154	44	23	15	42	20	10	1.57
秋田県	43	74	9	34	4	12	8	7	1.74
山形県	41	76	20	21	5	15	10	5	1.85
福島県	78	90	34	24	15	17			1.15
東京都	699	982	531	127	193	78	16	37	1.40
全国	5,748	8,952	3,032	1,355	1,221	1,453	1,277	614	1.56

全火災件数のうち地震時出火可能性のある原因に絞った場合の比較
(通年比較)

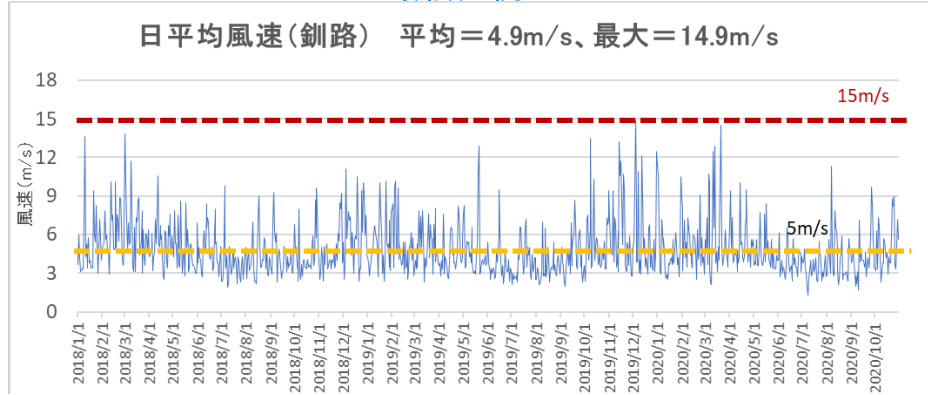
⑤揺れによる火災の想定手法（風速の設定）

- ✓ 首都直下地震の被害想定（平成25年）では、風速の設定としては東京の風速データを用いて平均3m/s、最大8m/sとしていた。
 - ✓ 過去の大火では、風速が強いほど延焼速度が大きい。
 - ✓ 過去約3年の北海道・東北各地の日平均風速を見ると、場所によって異なるが、北海道では大きな風速が観測されており、最大値はおよそ15m/s
- ⇒ 本想定では、地域を2区分して、**北海道～青森県では「平均5m/s、最大15m/s」、岩手県以南は「平均3m/s、最大8m/s」として設定**（各地の日平均風速の期間平均値と期間最大値を基に設定）



- (過去の大火における風速)
- ・関東大震災 (1923年) ※1
大手町12.3～16.1m/s (9/1 12時～19時)
 - ・函館大火 (1934年) ※2
函館 瞬間最高39m/s (推定)
 - ・酒田大火 (1976年) ※3
酒田9.0～12.4m/s (10/29 17時～10/30 5時)
 - ・糸魚川市大火 (2016年) ※4
糸魚川 平均風速 平均値10.7m/s
最大瞬間風速 平均値18.4m/s

釧路の例



地域	例	平均風速 (m/s)	最大風速 (m/s)
北海道～青森県	根室	5.3	12.6
	釧路	4.9	14.9
	浦河	4.1	19.5
	八戸	5.0	15.4
	採用値	5.0	15.0
岩手県以南	久慈	2.0	10.5
	宮古	2.2	6.3
	釜石	1.9	8.4
	大船渡	2.7	9.0
	気仙沼	1.9	5.6
	採用値	3.0	8.0

2018年1月1日～2020年11月16日における北海道・東北各地の日平均風速
(気象庁ホームページ (過去の気象データ検索) より)

※1 「1923関東大震災報告書」(中央防災会議災害教訓の継承に関する専門調査会, 平成18年)
 ※2 函館市ホームページ (<https://www.city.hakodate.hokkaido.jp/docs/2014012200615/>)
 ※3 「酒田市大火の延焼状況等に関する調査報告書」(自治省消防庁消防研究所, 昭和52年)
 ※4 「平成28 (2016) 年糸魚川市大規模火災調査報告書」(消防研究センター, 2018年)

⑥津波による火災の想定手法

○津波火災については提案されている以下の手法を用いて津波による出火件数を定量的に推計。

津波による出火件数の想定手法

東日本大震災の市町村別発生実績から推定された式は以下のとおり。

$$\begin{aligned}
 & \text{(津波火災件数)} = \text{(①車両火災件数)} + \text{(②その他の火災件数)} \\
 & \text{(①車両火災件数)} = \text{(世帯当たり所有車台数)} \times \text{(浸水建物数)} \times 0.000024 - 0.798 \\
 & \text{(②その他の火災件数)} = \text{(浸水建物数)} \times (a) + \text{(プロパン使用率)} \times 0.00069 \\
 & (a) = 1.080264 \text{ (重油の拡散がある場合)}、0.000264 \text{ (重油の拡散がない場合)}
 \end{aligned}$$

- ・「車両からの出火による津波火災」と「車両火災以外の津波火災」は発生メカニズムが異なるため、件数を別々に算出して合算。
- ・「車両火災以外の津波火災」は重油の拡散有無による影響を受けるため、重油の拡散があった場合・なかった場合をそれぞれ求める。

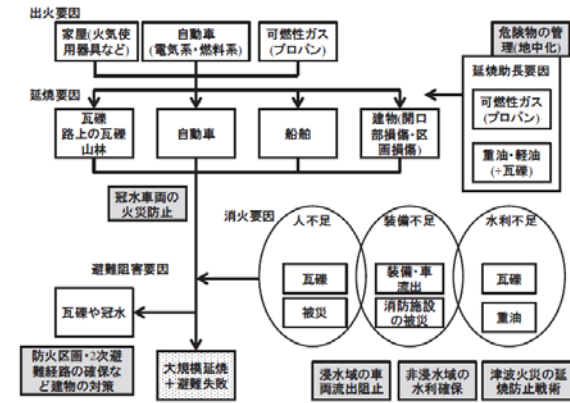
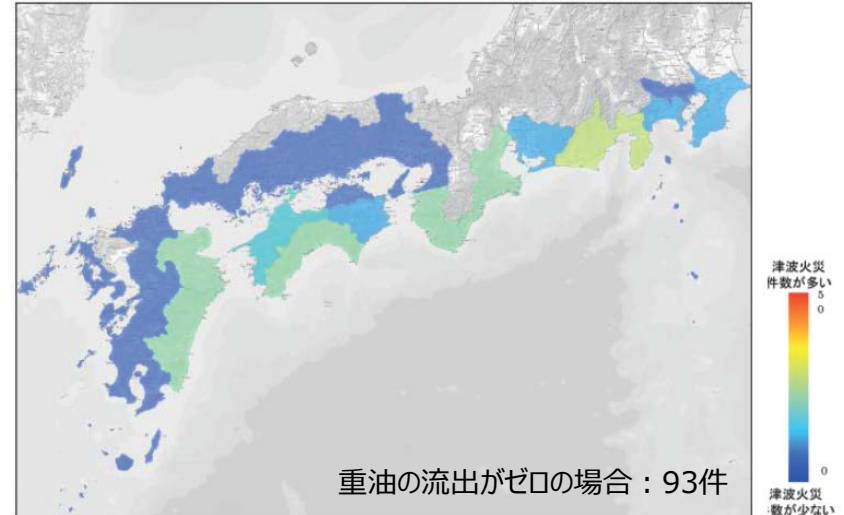


図 津波火災の発生メカニズム (白色) と対策 (灰色) (廣井(2014)より)

上記手法にて南海トラフ巨大地震陸側①ケース（東海地方が大きく被災するケース）の津波火災件数を推定した結果は以下のとおり。



(出所) 廣井悠. 津波火災に関する東日本大震災を対象とした質問紙調査の報告と出火件数予測手法の提案. 地域安全学会論文集(24). pp.111-121. 2014

いただいたご意見に関する被害想定の評価方法の整理

新規資料

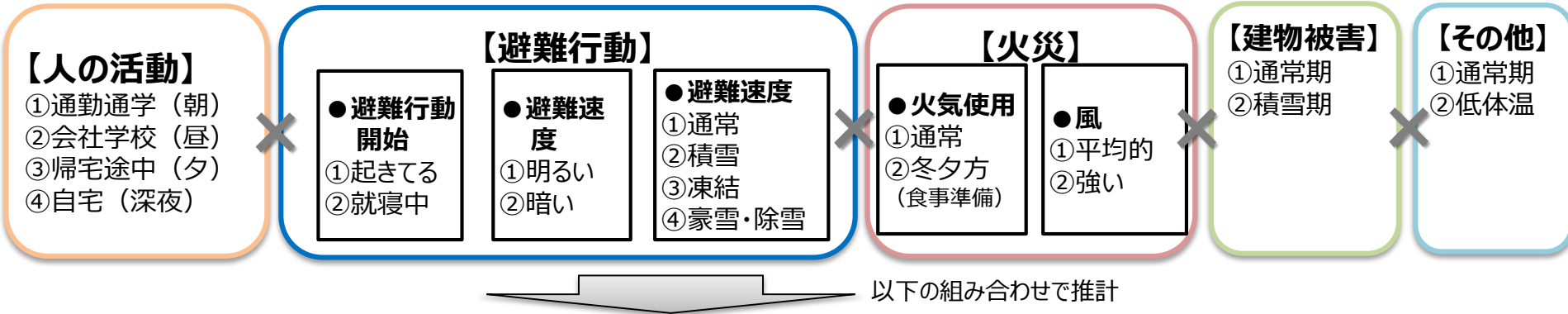
・被害想定 の推計作業に入る前に、これまでいただいた被害想定手法に係る意見の対応を整理。

意見	対応
避難行動開始時間の遅れの考慮	定量的に考慮（P4参照）
積雪・凍結時や地形勾配による避難速度の違いの考慮	定量的に考慮（P6～7参照）
避難要支援者の避難可能時間の考慮	避難速度で定量的に考慮（P6～7参照）
低体温・凍死を考慮	津波の人的被害については定量的に考慮（P9参照）津波に巻き込まれなかったが暖をとれなかった場合や建物被害の要救助者については被害様相を定性的に考慮（P10、P14参照）
流氷・川氷の考慮	流氷の影響は定量的に考慮（P11参照）。川氷は河川内の構造物等に影響することを定性的に評価。
積雪寒冷地の建物構造の違いの考慮	定量的に考慮（P12参照）。集合煙突被害などについては被害様相で定性的に考慮。
大型船舶などの漂流物の考慮	漂流物の多いエリアの津波による建物被害として考慮するが（P11参照）、被害様相においても定性的に考慮。
津波火災の考慮	定量的に考慮（P19参照）。
ホワイトアウト・暴風雪の設定の考慮	太平洋沿岸については津波の発生頻度も踏まえれば同時に発生する可能性は低いと考えられることから、定量評価としては実施せず、被害様相で定性的に考慮。
台風・火山などの他の自然災害の考慮	可能性は否定できないものの同時発生の可能性は低いことから、定量的な評価は実施せず被害様相で定性的に考慮。
停電の影響範囲をどの程度想定すべきか	地震・津波の被災エリアの停電件数等は定量的に推計。停電の影響範囲については今後の電力の被害想定作業で確認。
水道管の凍結等の影響の考慮	被害様相で定性的に考慮。
積雪によるライフライン等の復旧遅れの考慮	復旧日数等の算出で積雪期の作業遅れを考慮

被害想定の人的・物的被害の定量評価の条件設定

・被害想定の人的・物的被害の定量評価の推計作業を進めるにあたり、条件設定（想定シーン）を再整理。

注）第1回WGでご説明した内容を第3回でのご指摘も踏まえ改めて再整理



季節※	時間帯	人の活動 (滞留人口)	避難行動			火災		建物被害	その他	
			行動開始 時間	避難速度	避難速度	時間帯	風			
夏	朝	通勤等で移動中	起きてる	明るい	通常	通常	平均的 強い	通常	通常	
	昼	会社学校等の外出	起きてる	明るい	通常					
	夕	帰宅で移動中	起きてる	明るい	通常					食事準備
	深夜	自宅で就寝中	就寝中	暗い	通常					通常
冬 (積雪寒冷)	朝	通勤等で移動中	起きてる	明るい	積雪 凍結 豪雪・除雪	通常	通常	積雪荷重の 考慮等	低体温	
	昼	会社学校等の外出	起きてる	明るい						通常
	夕	帰宅で移動中	起きてる	暗い						食事準備
	深夜	自宅で就寝中	就寝中	暗い						通常

- ・試算後にどのパターンを報告のとりまとめに使用するかについて別途検討。
- ・暴風雪（ホワイトアウト）や複合災害等については前ページのとおり、被害想定定量評価としての前提条件としては組み込まず、定性的に被害様相を記載することとする。

○定量評価を行う被害想定手法については、南海トラフや首都直下の検討の際の手法を基本とし、積雪寒冷地特有の事象等を定量評価に取り込む部分を本WGで新たに検討。

下線は定量評価を実施する項目。赤字の項目は本WGにおいて積雪寒冷地特有の事象等を新たに手法として検討した項目。

人的・物的被害

1. 建物被害

- 1.1 揺れによる被害 ⇒積雪荷重を考慮した被害関数
- 1.2 液状化による被害
- 1.3 津波による被害 ⇒流氷による破壊力増加の考慮
- 1.4 急傾斜地崩壊による被害
- 1.5 地震火災による被害 ⇒風速の検討
- 1.6 津波火災による被害 ⇒出火件数の定量評価

2. 屋外転倒、落下物の被害

- 2.1 ブロック塀・自動販売機等の転倒
- 2.2 屋外落下物の発生

3. 人的被害

- 3.1 建物倒壊による被害
- 3.2 津波による被害
⇒行動開始の遅れや避難速度低下、低体温症等の考慮
- 3.3 急傾斜地崩壊による被害
- 3.4 火災による被害
- 3.5 ブロック塀・自動販売機の転倒、屋外落下物による被害
- 3.6 屋内収容物移動・転倒、屋内落下物による被害
- 3.7 揺れによる建物被害に伴う要救助者（自力脱出困難者） ⇒低体温の検討
- 3.8 津波被害に伴う要救助者・要搜索者

施設等の被害

4. ライフライン被害

- 4.1 上水道
 - 4.2 下水道
 - 4.3 電力
 - 4.4 通信
 - 4.5 ガス（都市ガス）
- 8.2 長周期地震動
 - 8.3 道路閉塞
 - 8.4 道路上の自動車への落石・崩土
 - 8.5 交通人的被害（道路）
 - 8.6 交通人的被害（鉄道）

5. 交通施設被害

- 5.1 道路（高速道路・一般道路）
 - 5.2 鉄道
 - 5.3 港湾
 - 5.4 空港
- 8.7 要配慮者
 - 8.8 災害関連死
 - 8.9 宅地造成地
 - 8.10 危険物コンビナート施設
 - 8.11 大規模集客施設
 - 8.12 地下街・ターミナル駅
 - 8.13 文化財

6. 生活への影響

- 6.1 避難者
 - 6.2 帰宅困難者
 - 6.3 物資
 - 6.4 医療機能
 - 6.5 保険衛生・防疫・遺体処理等
- 8.14 孤立集落
 - 8.15 災害応急対策等
 - 8.16 堰堤ため池等の決壊
 - 8.17 地盤沈下による長期湛水
 - 8.18 複合災害
 - 8.19 漁船船舶・水産関係施設
 - 8.20 治安

7. 災害廃棄物

- 7.1 災害廃棄物等

8. その他の被害

- 8.1 エレベータ内閉じ込め

9. 被害額

- 9.1 資産等の被害
- 9.2 生産・サービス低下による影響
- 9.3 交通寸断による影響

【参考】

被害想定手法の検証

(本想定 of 被害想定手法を東日本大震災に
適用した場合の検証)

被害想定手法の検証（津波による人的被害）

【参考】津波による人的被害を東日本大震災の再現計算で推計した検証例

東日本大震災の津波を再現した浸水深等のデータと、今回の被害想定手法を用いて、東日本大震災における岩手県と宮城県における人的被害検証計算を実施。

- 積雪無しの条件で、昼の時間帯を想定
- 揺れによる建物倒壊で閉じ込められ津波に巻き込まれた人数も考慮
- 再現計算における避難行動開始時間

岩手県：直後避難54%、用事後避難40%、切迫避難6%

宮城県：直後避難56%、用事後避難41%、切迫避難3%

直後避難、用事後避難の割合は、東日本大震災で実際に避難した被災者を対象とした調査※における回答者の割合をもとに設定。また、東日本大震災において津波に巻き込まれた死者は全員が切迫避難であったものとみなし、浸水人口に対する死者・行方不明者数の割合を切迫避難の割合として設定。

※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第7回会合資料「平成23年東日本大震災における避難行動等に関する面接調査（住民）分析結果」（2011年8月）

	東日本大震災実績		東日本大震災再現計算	
	浸水人口	死者・行方不明者数 (浸水域人口比)	浸水人口	死者数 (浸水域人口比)
岩手県	約10万8千人※ ¹	約6千2百人※ ² (約5.7%)	約9万2千人	約5千4百人 (約5.9%)
宮城県	約33万2千人※ ¹	1万1千人※ ² (約3.3%)	約33万8千人	約1万6千人 (約4.7%)
合計	約43万9千人※ ¹	約1万8千人※ ² (約4.1%)	約42万9千人	約2万1千人 (約4.9%)

※¹ 総務省統計局東日本大震災関連情報（津波による浸水範囲に関する統計情報）をもとに集計

※² 総務省消防庁「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）について（第159報）」をもとに集計

被害想定手法の検証（揺れによる建物被害）

【参考】揺れによる建物被害を東日本大震災の再現計算で推計した検証結果

- 東北地方太平洋沖地震の気象庁震度分布を用いて、今回適用する建物被害関数（積雪なし時）による検証を実施し、岩手県と宮城県の建物全壊棟数について東日本大震災時の実績と比較。
- 今回適用する被害関数は、北海道の耐震性能をもとにしたものであるが、同じように積雪寒冷地である東北地方において適用しても大きな問題がないことが検証できた。

	揺れによる建物全壊棟数	
	東日本大震災実績※1	今回適用する被害関数による検証計算結果
岩手県※2	147棟	237棟
宮城県※2	1,288棟	1,460棟

※1：総務省消防庁「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）について（第159報）」をもとに集計

※2：津波による被害があった沿岸部及び宮城県栗原市（震度7の揺れを観測したが建物全壊数が極めて少ない）を除く市町村