

令和2年度 第2回
札幌市 地震被害想定検討委員会

資料 3: 建物被害・人的被害の想定

令和3年1月7日

札幌市危機管理対策室

1.1 建物被害・人的被害に係る想定項目

- 揺れによる建物被害率曲線については、北海道立総合研究機構の方法を用いて、積雪寒冷地である札幌市の特性を考慮する。
- 液状化については、広域で液状化が発生した東日本大震災を踏まえた方法を用いる。
- 火災については、延焼クラスター法を用いる。

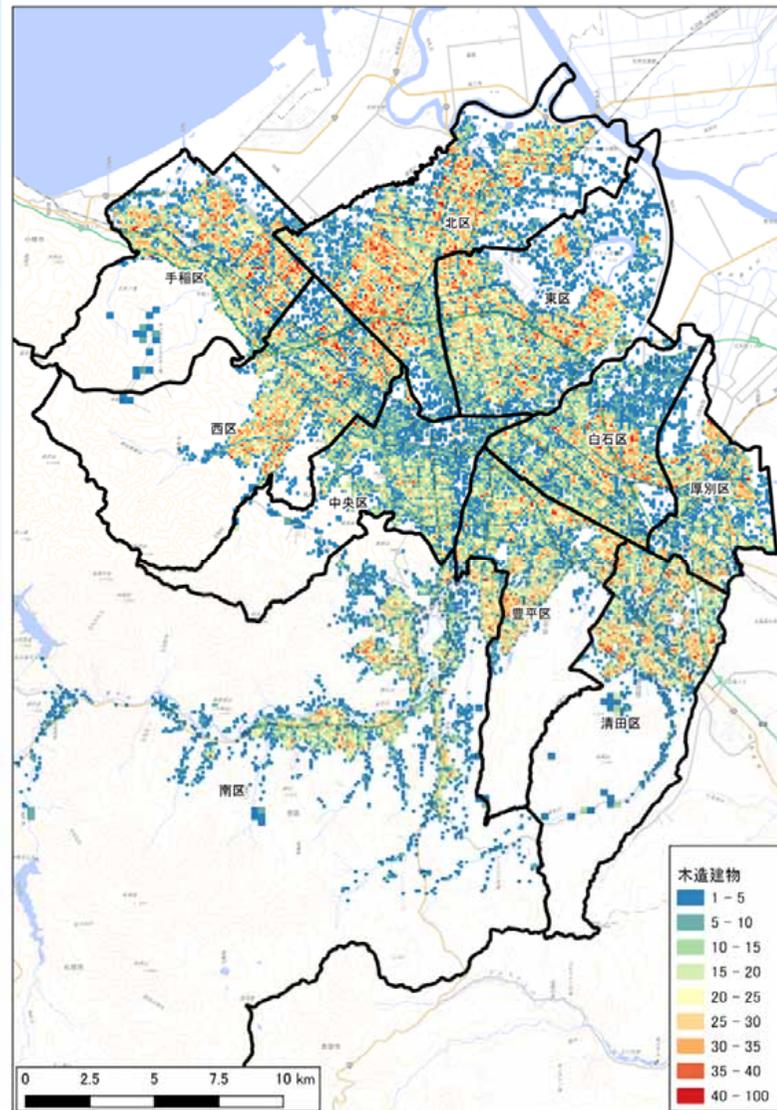
項目	概要	採用手法の出典		記載頁	
		現行想定	見直し案		
建物	基礎データ	都市計画基礎調査のGISデータ	—	—	P4
	揺れ	木造：日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震対策検討WG（北海道立総合研究機構2019）の方法による被害率曲線 非木造：中央防災会議（2012）の被害率曲線	阪神淡路の経験式に寒冷地補正	中防（日本海溝）	P5
	液状化	液状化面積率と建物被害率に基づく考え方を踏襲し、数値について東日本大震災を踏まえた方法	東京都(1997)	横浜市(2012)	P8
	土砂災害	急傾斜地・地すべり・雪崩の危険度ランク、被害率	静岡県(2001)	中防	P11
	火災	出火、消防運用、延焼の3段階 延焼については延焼クラスター法	静岡県(2001) 愛知県(2003) 中防(2006)	中防	P14
	まとめ				P21

1.2 建物被害・人的被害に係る想定項目：人的被害

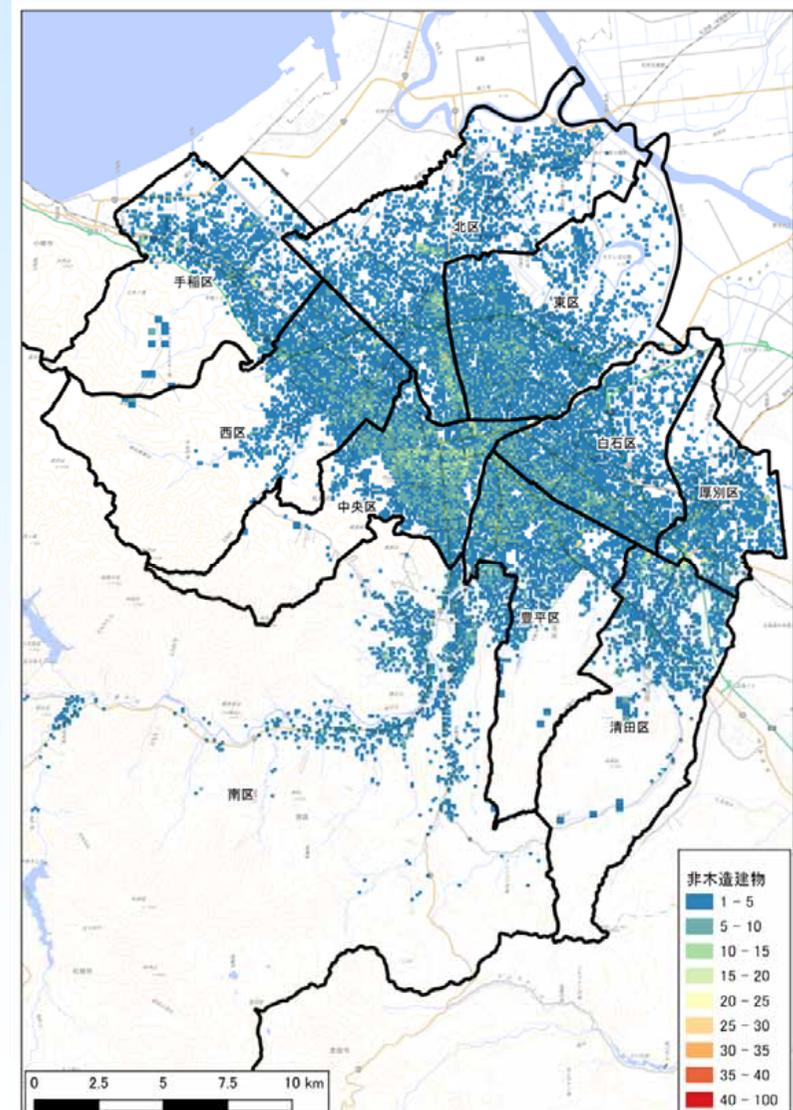
項目	概要	採用手法の出典		記載頁	
		現行想定	見直し案		
人	基礎データ	H27国勢調査、H27国勢調査・H26経済センサス等のリンクによる地域メッシュ統計	NHK放送研究所(2000)	中防	P22
	揺れ	建物被害棟数に対する死傷者率(過去の地震災害より)	中防(2005)	中防	P23
		自力脱出困難者(要救助者):建物被害棟数に対する比率	東京都(1997)	中防	P25
	土砂災害	建物被害棟数に対する死傷者率(過去の地震災害より)	静岡県(2001)	中防	P28
	火災	(逃げ遅れ、閉じ込め、逃げまどい)の3段階での死傷者率(過去の地震災害より)	平常時火災データより	中防	P30
	その他	中央防災会議(2012)の死傷者率(屋外転倒・落下物、屋内転倒・落下物)	想定なし	中防	P33
	まとめ				P39

2. 建物データ

- 建物1棟毎のデータとして、「平成30年度 札幌市都市計画基礎調査」の建物ポリゴンデータを用いる。
- 同データには、建物用途(専用住宅、共同住宅、専用店舗施設等)、耐火構造(耐火構造、簡易耐火構造、木造)、建築年、建物階数、延床面積等が格納されている。
- 中心部では非木造が多く、その周辺に木造が多い。



木造建物棟数(100mメッシュ)



非木造建物棟数(100mメッシュ)

3.1 揺れによる建物被害：手法

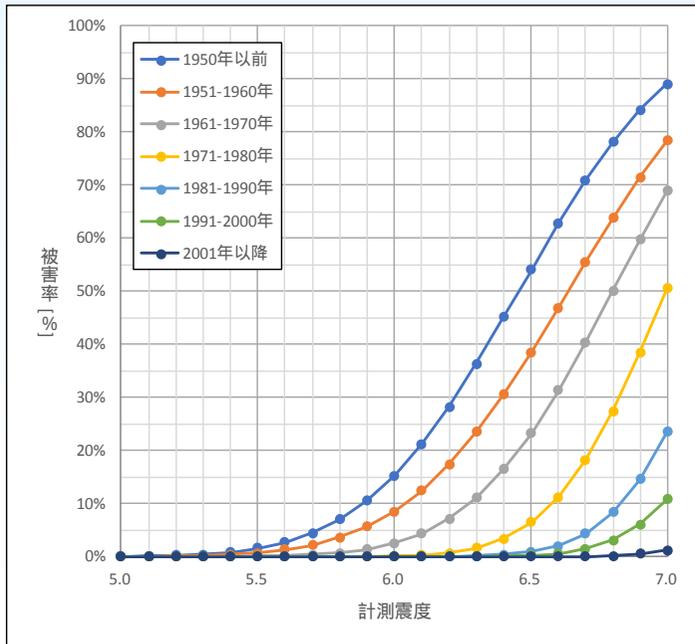
○基本的な考え方

- ・個別の建物の耐震診断結果情報を反映することは困難であることから、中央防災会議等と同様に、建築年代別、構造種別毎の被害率を用いる。
- ・北海道(2018)では、北海道のような積雪寒冷地の木造建築物が地震に強いことを考慮した竹内・岡田らの手法を採用しており、日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震対策検討WGでは、この手法について2018年胆振東部地震を踏まえた検証・更新がされたモデルである竹内ら(北海道立総合研究機構、2019)の方法の採用が予定されている。

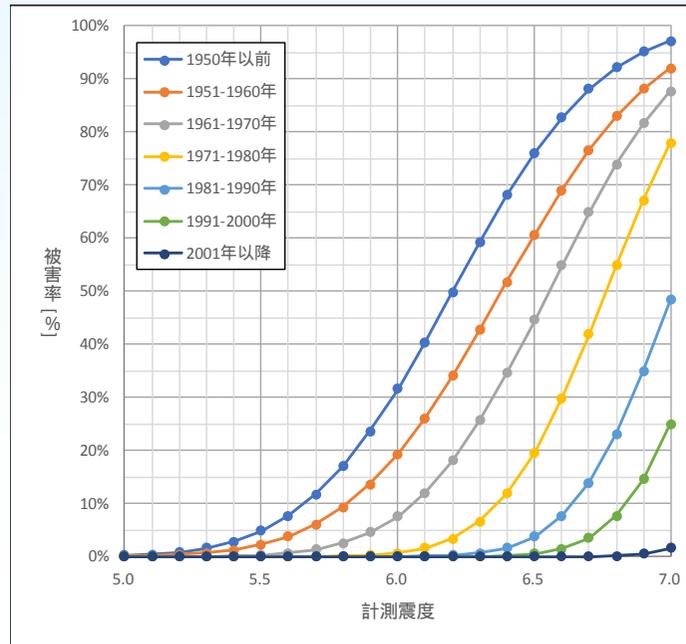
木造建物には竹内ら(北海道立総合研究機構、2019)の被害曲線を用いる。

非木造建物には、中央防災会議(2012南海トラフ等)の被害曲線を用いる。

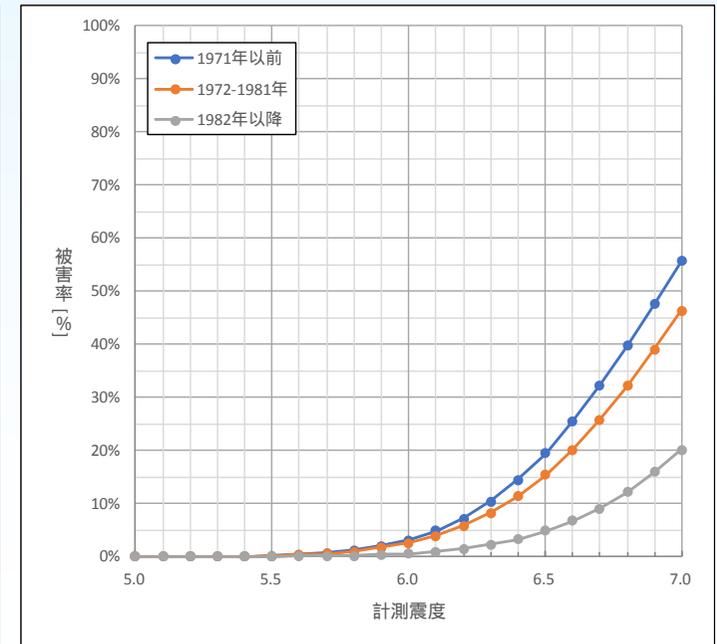
○想定手法



木造(冬以外) 全壊率



木造(冬) 全壊率



非木造 全壊率

3.2 揺れによる建物被害：手法の補足

【木造住宅の建物被害率曲線の新たな手法】

■竹内・岡田ほか(2013.6)による耐震診断結果を用いた地域性を考慮した評価を、冬と冬以外で区分し算出。

■北海道における木造建物の耐震評点の年代別分布の推定について

北海道大学学位論文「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」(竹内慎一、2019.3)

地方独立行政法人北海道立総合研究機構：道内の既存木造住宅における耐震性能の推計に関する研究、調査研究報告No.400、2019.3

- ・建物の耐震性を表す耐震評点分布の特性を、耐震診断結果や被害地震の資料等から分析・整理し、地域性を明らかにした上で、被害想定に活用しやすい建築年代別のモデルとして、汎用的な方法として提案している。
- ・**寒冷地の木造建物の耐震性の高さを考慮した手法**であり、中央防災会議の手法と比較すると、同一震度で被害率が低い。
- ・2018年胆振東部地震の実績で検証・更新した最新モデルを用いる。
- ・**現行想定で用いた手法は、阪神・淡路大震災の実績に基づく式に対し、冬は積雪荷重により被害が多くなることのみを考慮し、積雪寒冷地の耐震性の高さを考慮していない。**

建物被害想定 of 計算手法		胆振東部地震の被害実績との比較
中央防災会議(2006)極寒冷地の手法 (現行想定で採用の手法)		実被害の6.0~6.8倍
竹内氏の手法	胆振東部地震の実績を反映し更新した式	実被害の1.2~1.4倍

3.3 揺れによる建物被害：結果

- 揺れによる全壊棟数は現行想定より大きく減ることとなった。
- 最大被害となる月寒背斜による地震では想定する全壊棟数は4割程度となった。
- これは、主に被害率曲線を変更したことが主な要因だが、耐震化の進捗も寄与していると考えられる。
- 今回の想定結果は、胆振東部地震での検証もされた北海道の建物特性を反映したモデルによるものであり、また、検討中の中央防災会議WGでは、東日本大震災での検証により妥当性が確認されている。

揺れによる建物全壊棟数

想定地震		現行想定			今回		
		木造	非木造	計	木造	非木造	計
苫小牧沖	夏	0	21	21	0	0	0
	冬	0		21	1		1
石狩低地東縁 断層帯主部	夏	32	87	119	0	0	0
	冬	37		124	2		2
野幌丘陵断層帯	夏	4,650	1,027	5,677	1,559	751	2,310
	冬	5,303		6,330	4,078		4,829
月寒背斜	夏	24,405	3,532	27,937	4,939	2,026	6,965
	冬	27,798		31,330	11,441		13,466
西札幌背斜	夏	14,076	2,011	16,087	1,596	758	2,354
	冬	16,035		18,046	4,068		4,827

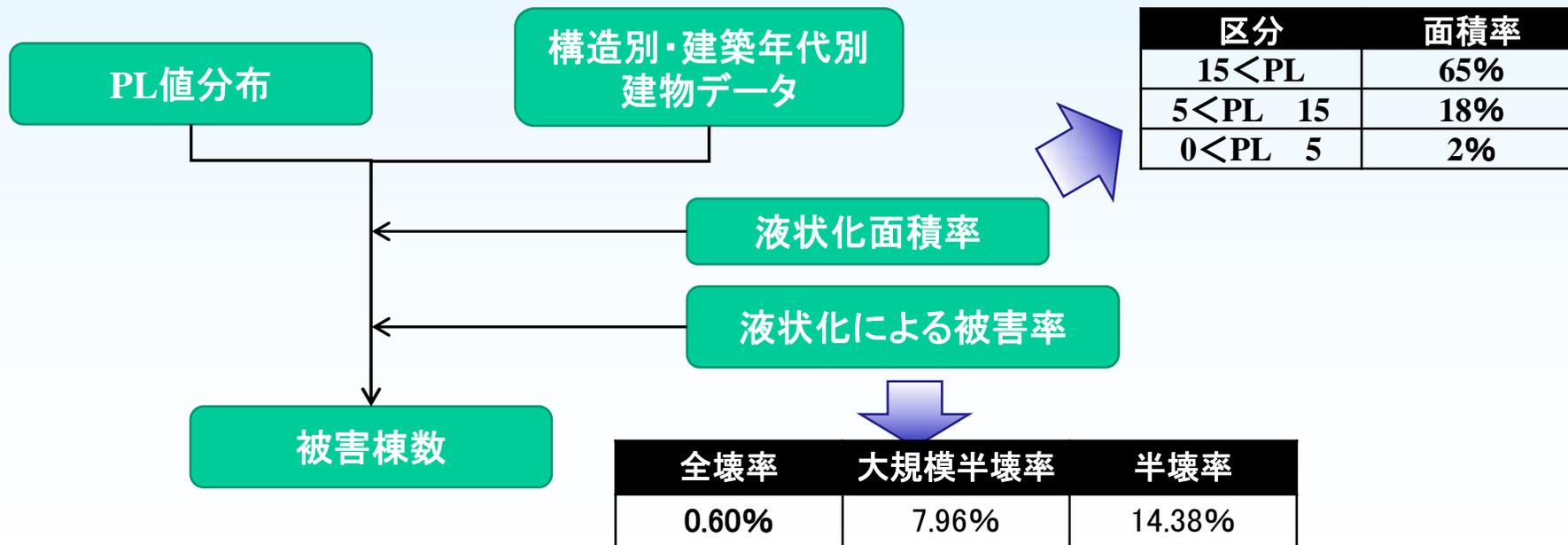
4.1 液状化による建物被害：手法

○基本的な考え方

- **液状化面積率に基づく想定手法**は(下図)が、現行想定、北海道(2018)など広く用いられている。
- 一方、中央防災会議(2013)では、**液状化による沈下量に基づく手法**が用いられている。
- 中央防災会議の手法は、現時点では被害事例に基づく検証は行われておらず、試算の結果では、揺れが小さい地震でも被害棟数が過大となる傾向にある。
- **横浜市(2012)**では、液状化面積率の考え方を踏襲した上で、2011年東日本大震災を踏まえ、PL値と液状化面積率の関係、大規模半壊を考慮した被害率の設定を行っているものであり、見直しに当たってはこの手法を採用する。

○想定手法

$$\text{(被害棟数)} = \text{(建物棟数)} \times \text{(液状化面積率)} \times \text{(液状化による建物被害率)}$$



杭を有する非木造建物の被害率は0%とする。4階以上の建物すべてと昭和55年以降の1～3階の20%を「杭有り」と仮定。

4.2 大規模半壊について:補足

- 平成16年の被災者生活再建支援法の改正により大規模半壊世帯が支援対象に追加された。この「大規模半壊」の定義は、「被災者生活再建支援法の一部を改正する法律の施行について(平成19年12月14日府政防第880号内閣府政策統括官(防災担当)通知)」において定められている。(下表参照)
- 2011年東日本大震災においては、液状化被害の大きかった浦安市、千葉市、香取市などで、建物の被災判定基準が液状化現象による被災に対応していないことが指摘され、内閣府は「建物の傾き」「建物の基礎の潜り込み」による判定基準を追加している。
- 被害想定では、大規模半壊定義以前のデータを用いていることがあるため、全体とりまとめにあたって、「大規模半壊」は「半壊」として扱う。
- 2016年熊本地震により熊本市内で全壊5,717棟、大規模半壊8,895棟の被害が生じており、液状化による被害棟数は約2,900棟である(熊本市震災記録誌より)。

住家の被害認定基準

被害の程度	認定基準
全壊	住家がその居住のための基本的機能を喪失したもの、すなわち、住家全部が倒壊、流失、埋没、焼失したもの、または住家の損壊が甚だしく、補修により元通りに再使用することが困難なもので、具体的には、住家の損壊、焼失若しくは流失した部分の床面積がその住家の延床面積の70%以上に達した程度のも、または住家の主要な構成要素の経済的被害を住家全体に占める損害割合で表し、その住家の損害割合が50%以上に達した程度のものとする。
大規模半壊	居住する住宅が半壊し、構造耐力上主要な部分の補修を含む大規模な補修を行わなければ当該住宅に居住することが困難なもの。具体的には、損壊部分とその住家の延床面積の50%以上70%未満のもの、または住家の主要な構成要素の経済的被害を住家全体に占める損害割合で表し、その住家の損害割合が40%以上50%未満のものとする。
半壊	住家がその居住のための基本的機能の一部を喪失したもの、すなわち、住家の損壊が甚だしいが、補修すれば元通りに再使用できる程度のも、具体的には、損壊部分とその住家の延床面積の20%以上70%未満のもの、または住家の主要な構成要素の経済的被害を住家全体に占める損害割合で表し、その住家の損害割合が20%以上50%未満のものとする。

4.3 液状化による建物被害：結果

- 液状化による全壊棟数は現行想定より大きく減ることとなった。
- 最大被害となる月寒背斜による地震では、全壊棟数は1/4程度、半壊は4倍程度となった。
- 液状化危険度に大きな差異はないことから、被害推定手法を変更したことが主な要因である。
- 液状化は建物が傾くものの、揺れによると倒壊のように住民が圧死するような被害ではないことから、**半壊が多くなることは、液状化による被害の特性をより適切に捉えている**と言える。
- ただし、東日本大震災での埋立地被害の実績が式に影響していることから、札幌市にとってはやや安全側の評価と考えられる。
- 中央防災会議の方法は、被災事例からの検証が行われておらず、試算では苫小牧沖や石狩低地東縁断層帯の地震において全壊棟数が1,000棟を超え、揺れが小さい時に過大になることを確認した。
2018年胆振東部地震での揺れは震度5強～6弱で、全壊約100件・半壊約700件である。

液状化による建物被害棟数

想定地震	現行想定						今回								
	全壊			半壊			全壊			半壊			大規模半壊 (半壊の内数)		
	木造	非木造	計	木造	非木造	計	木造	非木造	計	木造	非木造	計	木造	非木造	計
苫小牧沖	323	83	406	643	131	774	55	6	61	2,062	208	2,270	735	74	809
石狩低地東縁断層帯主部	688	190	878	1,375	296	1,671	32	3	35	1,207	126	1,333	430	45	475
野幌丘陵断層帯	1,327	369	1,696	2,647	585	3,232	349	39	388	12,978	1,438	14,416	4,624	512	5,136
月寒背斜	1,772	509	2,281	3,540	799	4,339	429	49	478	15,991	1,808	17,799	5,698	644	6,342
西札幌背斜	1,784	506	2,290	3,572	796	4,368	345	38	383	12,831	1,431	14,262	4,572	510	5,082

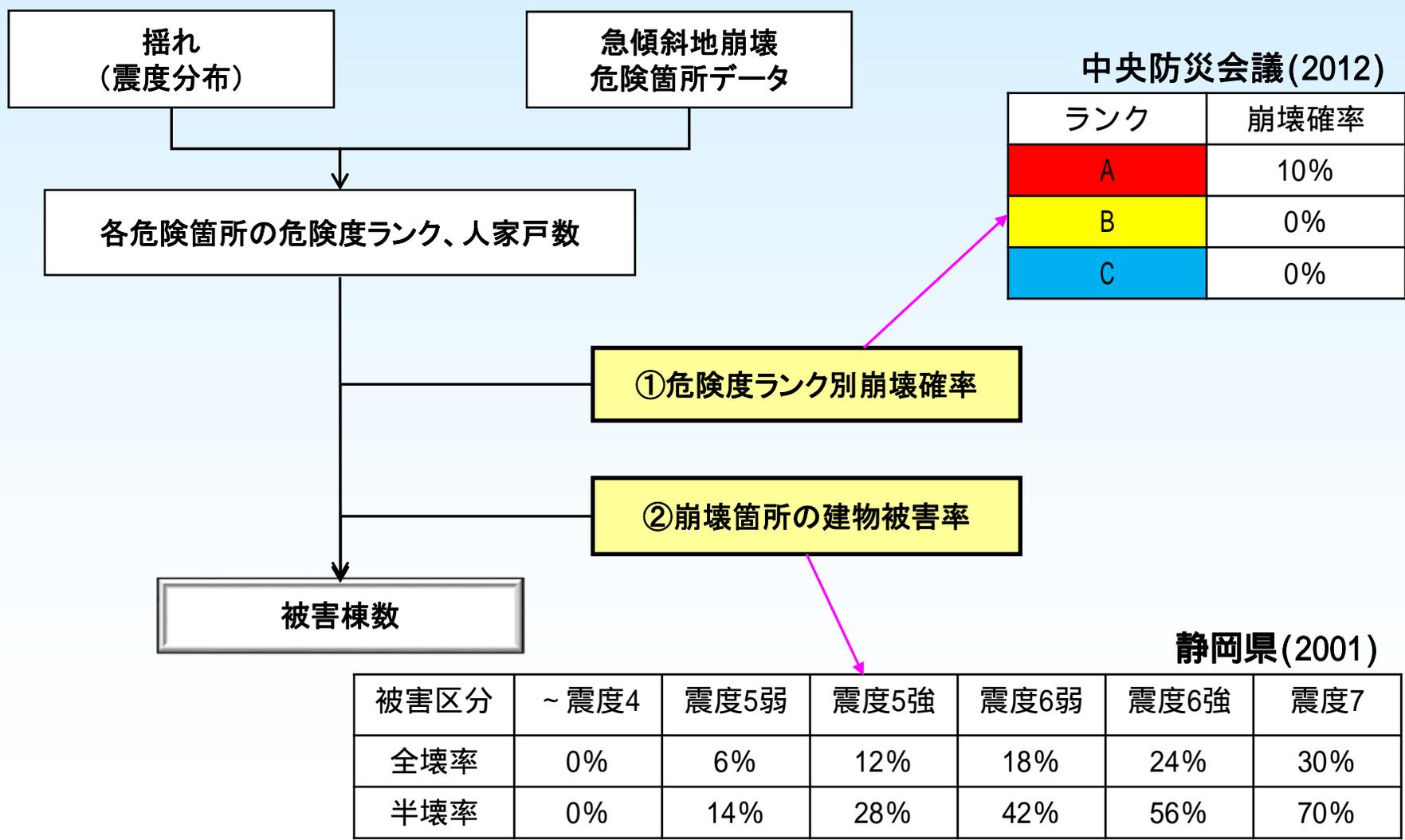
5.1 土砂災害による建物被害：手法

○基本的な考え方

中央防災会議(2013)の方法を用いる。

○想定手法

$$(被害棟数) = (危険箇所内建物棟数) \times (①崩壊確率) \times (②崩壊箇所における建物被害率)$$



5.2 土砂災害等の危険度ランク:結果

■危険度ランクについては、現行想定時から大きくは変わらない。

急傾斜地崩壊危険箇所の危険度ランク

想定地震	現行想定			今回		
	A	B	C	A	B	C
苫小牧沖	9	44	634	0	21	666
石狩低地東縁 断層帯主部	18	106	563	0	18	669
野幌丘陵断層帯	107	305	275	158	372	157
月寒背斜	292	322	73	369	250	68
西札幌背斜	187	320	180	127	345	215

地すべり危険箇所の危険度ランク

想定地震	現行想定			今回		
	A	B	C	A	B	C
苫小牧沖	0	1	3	0	0	4
石狩低地東縁 断層帯主部	0	1	3	0	0	4
野幌丘陵断層帯	1	1	2	0	0	4
月寒背斜	3	1	0	1	2	1
西札幌背斜	2	2	0	1	1	2

雪崩危険箇所の危険度ランク

想定地震	現行想定			今回		
	A	B	C	A	B	C
苫小牧沖	0	6	50	0	0	224
石狩低地東縁 断層帯主部	1	14	41	0	0	224
野幌丘陵断層帯	18	25	13	18	39	167
月寒背斜	44	9	3	40	70	114
西札幌背斜	35	17	4	7	45	172

5.3 土砂災害等による建物被害：結果

- 現行想定より少なくなっている。崩壊確率を中央防災会議に合わせて変更した影響が大きいと考えられる。
- 地すべりについては、GISデータの精度が向上し、危険箇所内の建物棟数が減ったことにより、被害棟数が大幅に少なくなっている。

急傾斜地崩壊危険箇所による全壊建物被害

想定地震	現行想定	今回		
	全壊	木造	非木造	計
苫小牧沖	6	0	0	0
石狩低地東縁断層帯主部	40	0	0	0
野幌丘陵断層帯	190	40	6	46
月寒背斜	329	297	42	339
西札幌背斜	234	45	6	51

地すべり危険箇所による全壊建物被害

想定地震	現行想定	今回		
	全壊	木造	非木造	計
苫小牧沖	13	0	0	0
石狩低地東縁断層帯主部	13	0	0	0
野幌丘陵断層帯	186	0	0	0
月寒背斜	422	15	1	17
西札幌背斜	420	15	1	17

雪崩危険箇所による全壊建物被害

想定地震	現行想定	今回		
	全壊	木造	非木造	計
苫小牧沖	3	0	0	0
石狩低地東縁断層帯主部	5	0	0	0
野幌丘陵断層帯	123	20	3	23
月寒背斜	279	67	13	79
西札幌背斜	233	156	29	185

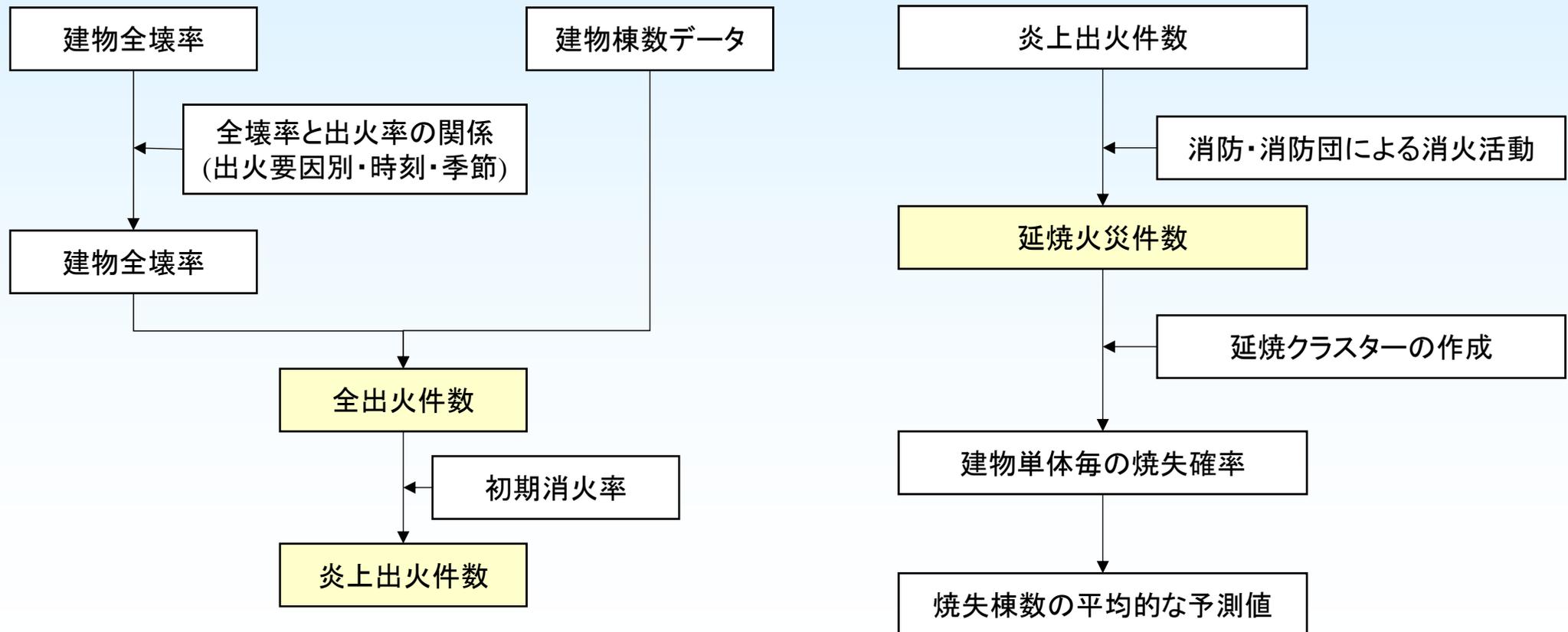
四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある。

6.1 火災による建物被害:算定フロー

○基本的な考え方

- 現行想定では延焼速度式が用いられてきたが、中央防災会議(2012南海トラフ)、東京都(2012)など、最近では延焼クラスター法もよく用いられる。
- 特に、隣棟間距離を算定可能な建物GISデータがある際に有効である。
- 北海道(2018)でも用いており、これに基づいて算定する。

○想定手法



6.2 火災による建物被害：出火と初期消火の想定

■全壊率と出火率の関係

- ・阪神・淡路大震災の建物全壊率と出火率の関係に、要因別出火率、時間係数、季節係数を掛けて補正したものをを用いる。

要因別出火率、季節係数：中央防災会議(2006)。

時間係数：被害想定と同じ。

$$\text{出火率} = R \times (\text{揺れによる建物全壊率})^{0.73}$$

■初期消火率[中央防災会議(2006)]

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

$$R = \text{要因別出火率} \times \text{時間係数} \times \text{季節係数} \times 0.0011$$

出火要因	要因別出火率	時間係数			季節係数		
		5時	12時	18時	冬5時	夏12時	冬18時
火気器具	16.4%	0.98	1.52	2.5	3.33	0.14	3.01
電熱器具	32.7%	0.98	1.52	2.5	3.33	0.14	3.01
電気器具・配線	32.6%	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

初期消火成功率

震度	消火率
震度5弱～5強	78.6%
震度6弱～6強	51.8%
震度7	43.9%

6.3 火災による建物被害：消火活動の想定

■ 消防・消防団による消火活動[中央防災会議(2012)]

$$\text{消火可能件数(発災直後)} = \frac{0.2 \times (\text{消防ポンプ自動車数}/2 + \text{小型動力ポンプ数}/4)}{\times \{1 - (1 - 61,544/\text{市街地面積}(\text{m}^2))\text{水利数}\}}$$

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

上式における係数0.2は、強風時条件に該当する(平均風速では0.3)。

消火活動能力

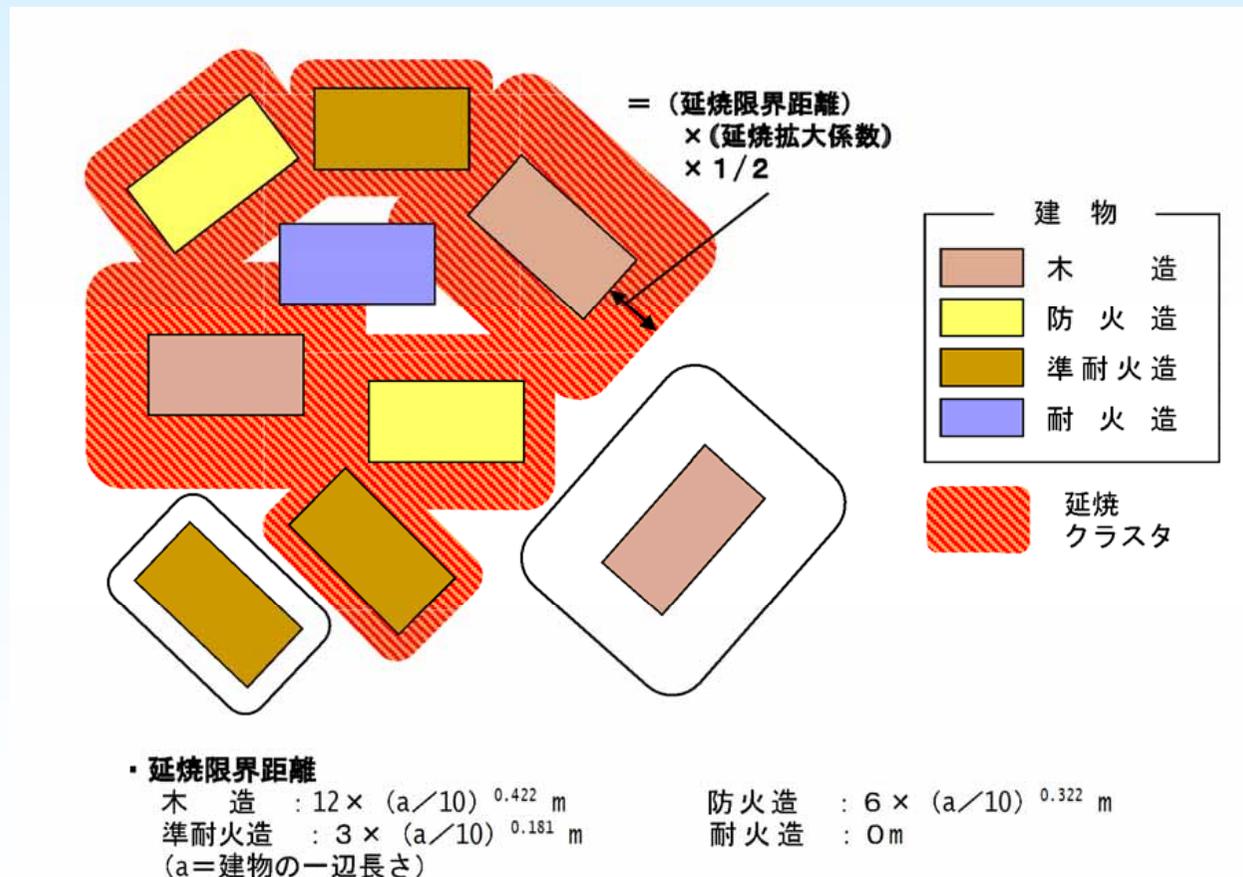
	ポンプ		消防水利		宅地面積 [km ²]	消火可能 火災件数
	ポンプ車	小型動力ポンプ	消火栓	防火水槽		
中央区	8	14	1,881	28	12.34	1
北区	11	16	2,464	184	20.57	2
東区	9	11	2,242	88	19.54	1
白石区	6	7	1,872	52	14.86	1
厚別区	5	4	1,116	70	12.01	1
豊平区	7	6	1,785	84	12.07	1
清田区	8	5	1,089	87	15.03	1
南区	11	9	1,757	96	8.63	2
西区	7	5	1,870	42	12.18	1
手稲区	8	5	1,552	42	10.43	1
札幌市	80	82	17,628	773	137.66	12

注)札幌市消防年報(2020年)より設定

6.4 火災による建物被害：延焼クラスタの想定

■ 延焼クラスタの作成[北海道(2018)を使用]

- ・建物の耐火構造(裸木造、防火造、準耐火造、耐火造)の特性から、各構造の延焼限界距離を算出する。
- ・各建物から耐火構造・規模に応じて延焼限界距離の半分のバッファを発生させ、建物間の延焼経路を持つ、延焼クラスタを作成する。



出典)東京消防庁

6.5 火災による建物被害：焼失棟数の想定

- ①メッシュ別炎上出火件数を建物単体データに割り振り(メッシュ単位における建物棟数で炎上出火件数を除する)、建物単体における出火確率を設定する。
- ② ①で設定した出火確率に対し、公設消防・消防団による消火件数を考慮して補正する。
- ③建物の焼失確率は、その建物が属するクラスターから1件以上出火する確率に等しいことから、クラスターを構成する建物を n 棟、クラスターに属する建物の出火確率の平均値を \bar{p} とすると、各建物の焼失確率 P は、次式で求められる。

$$\underline{P=1-\exp(-n\bar{p})}$$

- ④③で求めた建物の焼失確率に対し、集計単位(メッシュ、あるいは、区市町村など)における焼失棟数の平均的な予測値 χ は、集計単位に含まれる建物の焼失確率 P_k の総和に等しくなる。

$$\underline{\chi=\sum P_k}$$

6.6 出火火災による建物被害：出火・初期消火・消防活動

野幌
冬5時

	出火件数		消火件数	延焼火災件数
	全出火	炎上出火		
中央区	1	1	1	0
北区	2	1	1	0
東区	5	2	1	1
白石区	8	4	1	3
厚別区	3	2	1	1
豊平区	2	1	1	0
清田区	2	1	1	0
南区	0	0	0	0
西区	1	1	1	0
手稲区	0	0	0	0
札幌市	24	13	8	5

夏12時

	出火件数		消火件数	延焼火災件数
	全出火	炎上出火		
中央区	0	0	0	0
北区	0	0	0	0
東区	1	0	0	0
白石区	1	1	1	0
厚別区	0	0	0	0
豊平区	0	0	0	0
清田区	0	0	0	0
南区	0	0	0	0
西区	0	0	0	0
手稲区	0	0	0	0
札幌市	2	1	1	0

冬18時

	出火件数		消火件数	延焼火災件数
	全出火	炎上出火		
中央区	3	1	1	0
北区	5	2	2	0
東区	10	5	1	4
白石区	16	9	1	8
厚別区	7	3	1	2
豊平区	3	2	1	1
清田区	4	2	1	1
南区	1	0	0	0
西区	3	1	1	0
手稲区	0	0	0	0
札幌市	52	25	9	16

苫小牧沖、石狩低地東縁断層帯主部では、延焼出火は発生しない。

月寒
冬5時

	出火件数		消火件数	延焼火災件数
	全出火	炎上出火		
中央区	6	3	1	2
北区	9	5	2	3
東区	15	8	1	7
白石区	10	5	1	4
厚別区	3	2	1	1
豊平区	5	3	1	2
清田区	3	2	1	1
南区	2	1	1	0
西区	4	2	1	1
手稲区	0	0	0	0
札幌市	57	31	10	21

夏12時

	出火件数		消火件数	延焼火災件数
	全出火	炎上出火		
中央区	1	0	0	0
北区	1	1	1	0
東区	2	1	1	0
白石区	1	1	1	0
厚別区	0	0	0	0
豊平区	1	0	0	0
清田区	0	0	0	0
南区	0	0	0	0
西区	0	0	0	0
手稲区	0	0	0	0
札幌市	6	3	3	0

冬18時

	出火件数		消火件数	延焼火災件数
	全出火	炎上出火		
中央区	12	6	1	5
北区	19	10	2	8
東区	32	17	1	16
白石区	20	10	1	9
厚別区	7	3	1	2
豊平区	11	5	1	4
清田区	7	3	1	2
南区	3	2	2	0
西区	8	4	1	3
手稲区	1	0	0	0
札幌市	120	60	11	49

西札幌
冬5時

	出火件数		消火件数	延焼火災件数
	全出火	炎上出火		
中央区	2	1	1	0
北区	7	3	2	1
東区	5	3	1	2
白石区	1	1	1	0
厚別区	0	0	0	0
豊平区	1	0	0	0
清田区	0	0	0	0
南区	0	0	0	0
西区	5	2	1	1
手稲区	3	1	1	0
札幌市	24	11	7	4

夏12時

	出火件数		消火件数	延焼火災件数
	全出火	炎上出火		
中央区	0	0	0	0
北区	1	0	0	0
東区	1	0	0	0
白石区	0	0	0	0
厚別区	0	0	0	0
豊平区	0	0	0	0
清田区	0	0	0	0
南区	0	0	0	0
西区	1	0	0	0
手稲区	0	0	0	0
札幌市	3	0	0	0

冬18時

	出火件数		消火件数	延焼火災件数
	全出火	炎上出火		
中央区	4	2	1	1
北区	14	7	2	5
東区	11	6	1	5
白石区	3	1	1	0
厚別区	0	0	0	0
豊平区	1	1	1	0
清田区	0	0	0	0
南区	1	0	0	0
西区	10	5	1	4
手稲区	6	3	1	2
札幌市	50	25	8	17

6.7 出火火災による建物被害：延焼棟数

延焼棟数(今回)

	野幌丘陵断層帯		月寒背斜		西札幌背斜	
	冬早朝	冬夕方	冬早朝	冬夕方	冬早朝	冬夕方
中央区	1	2	43	111	1	18
北区	0	1	48	134	17	77
東区	19	64	118	265	31	82
白石区	49	122	72	170	0	1
厚別区	9	25	10	27	0	1
豊平区	0	16	32	80	0	1
清田区	0	13	10	28	0	0
南区	0	1	1	4	0	1
西区	0	1	21	65	26	87
手稲区	0	1	1	2	0	29
札幌市	80	245	358	886	76	297

冬夕方における比較

	現行想定			今回		
	全出火	炎上出火	延焼棟数	全出火	炎上出火	延焼棟数
苫小牧沖	0	0	0	0	0	0
石狩低地東縁 断層帯主部	5	0	0	0	0	0
野幌丘陵断層帯	95	46	382	52	25	245
月寒背斜	314	156	1,405	120	60	886
西札幌背斜	198	99	957	50	25	297

6.8 建物被害：まとめ

- ・揺れによる倒壊が占める割合が高い。
- ・火災は冬の夕方に発生件数が多くなり、焼失棟数も多くなる。

全壊棟数(棟)

今回	揺れ		液状化	土砂災害		火災			計		
	夏	冬		夏	冬	夏昼間	冬早朝	冬夕方	夏昼間	冬早朝	冬夕方
苫小牧沖	0	1	61	0	0	0	0	0	61	62	62
石狩低地東縁断層帯主部	0	2	35	0	0	0	0	0	35	37	37
野幌丘陵断層帯	2,310	4,829	388	46	69	0	80	245	2,744	5,366	5,531
月寒背斜	6,965	13,466	478	356	435	0	358	886	7,799	14,737	15,265
西札幌背斜	2,354	4,827	383	68	253	0	76	297	2,805	5,539	5,760

全要因による合計全壊・半壊棟数(冬夕)の比較

	現行想定		今回	
	全壊	半壊	全壊	半壊
苫小牧沖	449	1,260	62	2,308
石狩低地東縁断層帯主部	1,060	4,436	37	1,390
野幌丘陵断層帯	8,907	38,530	5,531	26,221
月寒背斜	36,046	81,252	15,265	41,603
西札幌背斜	22,180	56,369	5,760	25,710

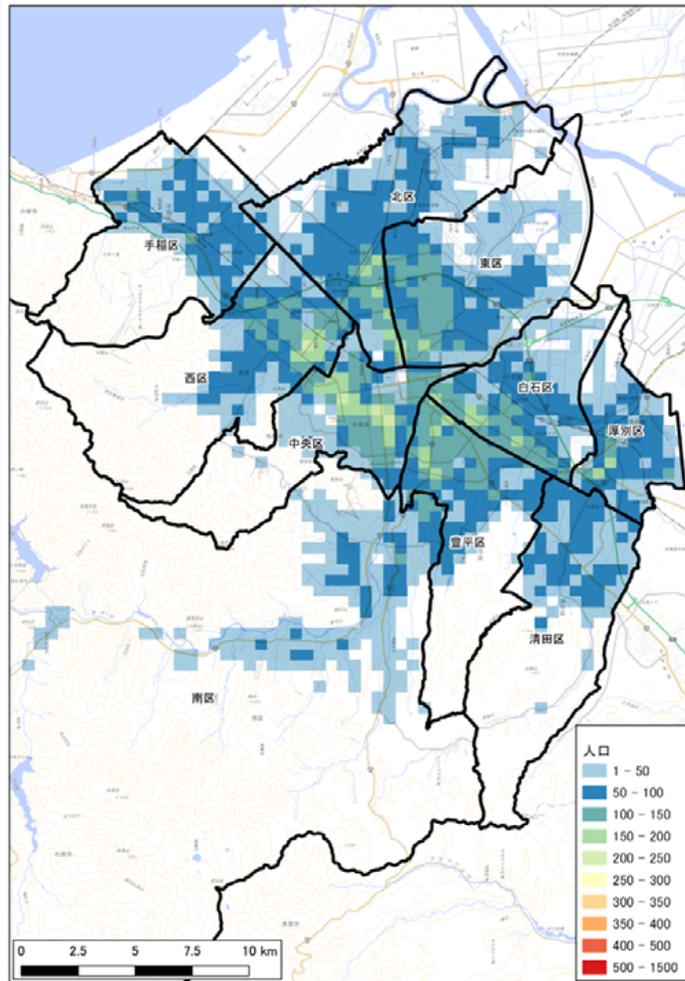
現行想定のおおむね1/2程度となる。
これは主に揺れによる建物被害の手法を見直したことによると考えられる。

7. 人口データ

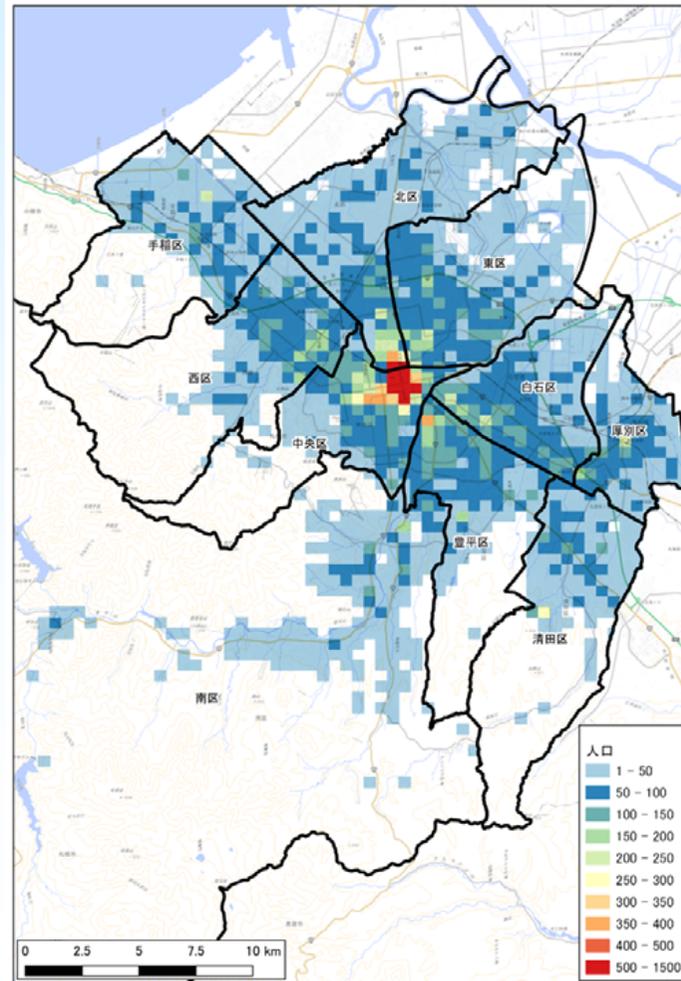
- 平成27年国勢調査の**夜間人口**(500mメッシュ)データ、平成27年国勢調査ー平成26年経済センサス等リンク地域メッシュ統計の**昼間人口**(500mメッシュ)データを用いる。
- 平成23年社会生活基本調査の調査項目(行動の種類)に対し、札幌市における屋内・屋外の行動比率を設定し、時間帯別の屋内滞留率を算定する。【屋内滞留率:夜間99%、昼間76%、夕方80%】

○作成結果

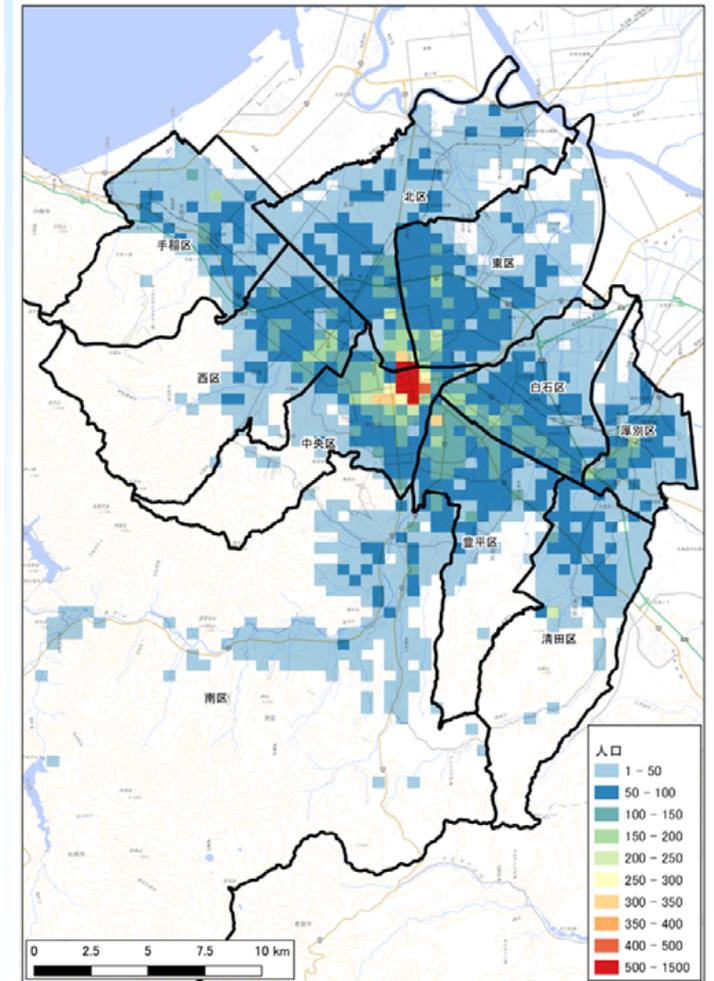
昼間は中心部に人が集まる様子が明瞭であり、建物の木造・非木造の分布と対応している。



夜間



昼間



夕方

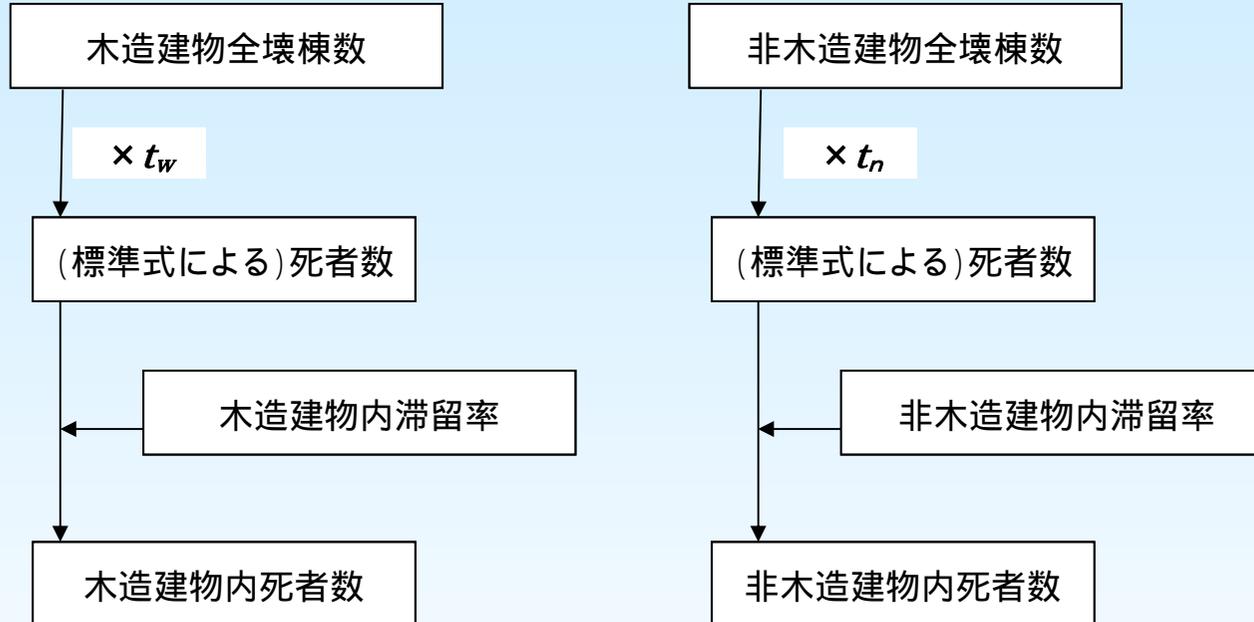
8.1 建物倒壊による人的被害：手法

○基本的な考え方

- 建物被害数に死者率 t_w 、 t_n を乗じるものであり、中央防災会議(2013)の方法を用いる。

○想定手法

死者数について記す。負傷者数も比率が変わるのみである。



(死者数) = (木造 死者数) + (非木造 死者数)

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

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

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

(非木造建物内滞留率) = (非木造建物内滞留人口) \div (朝5時の非木造建物内滞留人口)

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

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)

8.2 建物倒壊による人的被害:結果

- 建物倒壊による死者数は、現行想定より大きく減ることになった。
- これは、揺れによる建物全壊数が大幅に減少したことが大きく起因している。
- 現行想定と今回で、木造建物に関する係数は同じ値であることから、手法の変更による影響は小さい。

揺れによる建物全壊による死者数

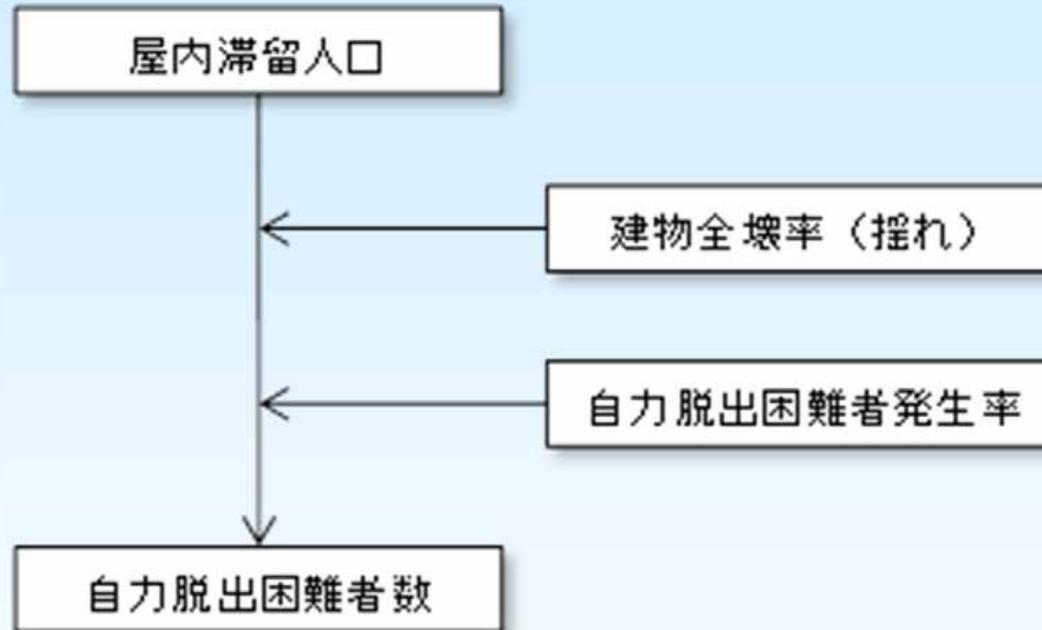
想定地震	現行想定			今回		
	夏昼	冬早朝	冬夕	夏昼	冬早朝	冬夕
苫小牧沖	0	1	0	0	0	0
石狩低地東縁断層帯主部	3	5	3	0	0	0
野幌丘陵断層帯	233	383	264	101	303	242
月寒背斜	1,275	1,964	1,448	333	859	703
西札幌背斜	737	1,132	837	107	305	245

8.3 要救助者(自力脱出困難者):手法

○基本的な考え方

- 中央防災会議(2013)の方法を用いる。
- 揺れによる建物倒壊により、救助が必要となる自力脱出困難者を想定する。

○想定手法



$$\text{自力脱出困難者} = 0.117 \times (\text{揺れによる建物全壊率}) \times (\text{屋内滞留人口})$$

東京都(1997)の下記の1995年阪神・淡路大震災での事例検討に基づく

・消防団により救助(遺体搬出)された人の割合

下敷き・生き埋め者率(%)=0.0164×木造全壊率(%)

・東灘区の実例(宮野ら,1996)より、消防によって救出された人は14%程度

$$0.0164/0.14=0.117$$

8.4 要救助者(自力脱出困難者)の凍死

○基本的な考え方

■凍死の考え方(現行想定)

- ・2通りの条件で想定

○想定手法

a) 冬季における要救助者が発災後2時間以内で死亡すると仮定した場合

要救助者は死者として想定する

(b)でも死亡となる方はダブルカウントになるため補正)。

スイス山岳救助隊では雪崩における埋没者を助け出す制限時間を90分としていることに基づくものであり、阪神・淡路大震災の事例から2時間以内では消防隊、近隣住民とも間に合わないと思われることによる。

b) 要救助者で翌日以降に救助された人のうち、夏であれば生きて救助される人が冬では死者となると仮定した場合

① 発災後24時間以内(当日)に救助されない人

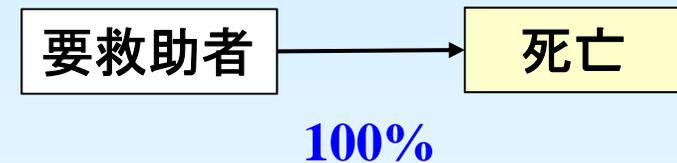
40%が救助されない(阪神・淡路大震災に基づく)

② ①のうち生存していたであろう人

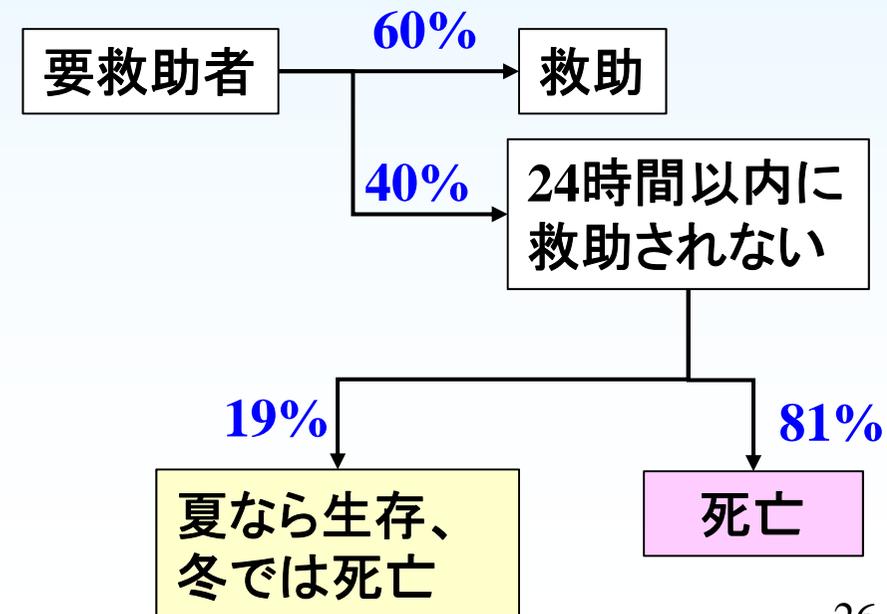
19%が生存。この人数を、夏であれば生存できるが、冬では死亡すると考える。

①②より、要救助者全体の7.6%を冬における増分として考える。

a)の条件



b)の条件



8.5 要救助者(自力脱出困難者):結果

- 現行想定より減少する傾向にあるが、増加要因もあるため、**死者数ほど減少しない**。
- これは、今回の中央防災会議の方法の方が、被害棟数に対してやや多く評価する式となっているためと考えられる。
- 現行想定では、木造についての係数を0.073、非木造についての係数を0.5としているため、それぞれ1.5倍、0.23倍程度になっている。

要救助者数(自力脱出困難者数)

想定地震	現行想定			今回		
	夏昼	冬早朝	冬夕	夏昼	冬早朝	冬夕
苫小牧沖	3	5	4	0	1	0
石狩低地東縁断層帯主部	30	40	31	0	1	1
野幌丘陵断層帯	1,098	1,608	1,237	956	1,899	1,531
月寒背斜	5,615	7,729	6,328	3,131	5,880	4,754
西札幌背斜	2,680	4,359	3,590	1,222	2,071	1,862

9.1 土砂災害による人的被害：手法

○基本的な考え方

- 中央防災会議(2013)の方法を用いる。
- この式は、東京都(1991)の方法で、1967年から1981年までの崖崩れの被害実態から求められた、被害棟数と死者数・負傷者数との関係式である。

○想定手法

$$\text{(死者数)} = \text{(木造建物 死者数)} + \text{(非木造建物 死者数)}$$

$$\text{(木造建物 死者数)} = 0.098 \times \text{(崖崩れによる木造全壊棟数)} \times 0.7 \times \text{(木造建物内滞留人口比率)}$$

$$\text{(非木造建物 死者数)} = 0.098 \times \text{(崖崩れによる非木造全壊棟数)} \times \text{(非木造建物内滞留人口比率)}$$

$$\text{(負傷者数)} = 1.25 \times \text{(死者数)}$$

$$\text{(重傷者数)} = \text{(負傷者数)} \div 2$$

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

$$\text{(非木造建物内滞留人口比率)} = \text{(発生時刻の非木造建物内滞留人口)} \div \text{(非木造建物内滞留人口の24時間平均)}$$

9.2 土砂災害等による人的被害:結果

- 在宅率が高い早朝の場合に人的被害は多くなる。
- 現行想定との差異は、建物被害の差異が反映された結果となっている。

土砂災害による死者数

想定地震	現行想定			今回		
	夏昼	冬早朝	冬夕	夏昼	冬早朝	冬夕
苫小牧沖	1	1	1	0	0	0
石狩低地東縁断層帯主部	2	4	3	0	0	0
野幌丘陵断層帯	18	31	24	3	6	5
月寒背斜	35	63	51	20	43	27
西札幌背斜	31	55	45	4	9	5

10.1 火災による人的被害：考慮する発生要因

○基本的な考え方

- 中央防災会議(2013)の方法を用いる。
- 死者の発生要因として、下表の3種類のシナリオを想定して、火災による死者数を想定する(3つの和)。

死者発生のシナリオ	備考	
炎上出火家屋内からの逃げ遅れ	出火直後	突然の出火により逃げ遅れた人 (揺れによる建物倒壊を伴わない)
倒壊後に焼失した家屋内の救出困難者 (生き埋め等)	出火直後	揺れによる建物被害で建物内に閉じ込められた後に出火し、逃げられない人
	延焼中	揺れによる建物被害で建物内に閉じ込められた後に延焼が及び、逃げられない人
延焼拡大時の逃げ惑い	延焼中	建物内には閉じ込められていないが、避難にとまどっている間に延焼が拡大し、巻き込まれて焼死した人

10.2 火災による人的被害:手法

○想定手法

- 既往地震・大火事例データを基に係数を決定した計算式を使用する。

a) 炎上出火家屋からの逃げ遅れ

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

※係数0.046は、平成17年～22年の5年間の全国における1建物出火(放火を除く)当たりの死者数ここで、

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

b) 倒壊後に焼失した家屋内の救出困難者

$$\text{(閉じ込めによる死者数)} = \text{(倒壊かつ焼失家屋内の救出困難な人)} \times \text{(1 - 生存救出率(0.387))}$$

ここで、

$$\text{(倒壊かつ焼失か屋内の救出困難な人)}$$

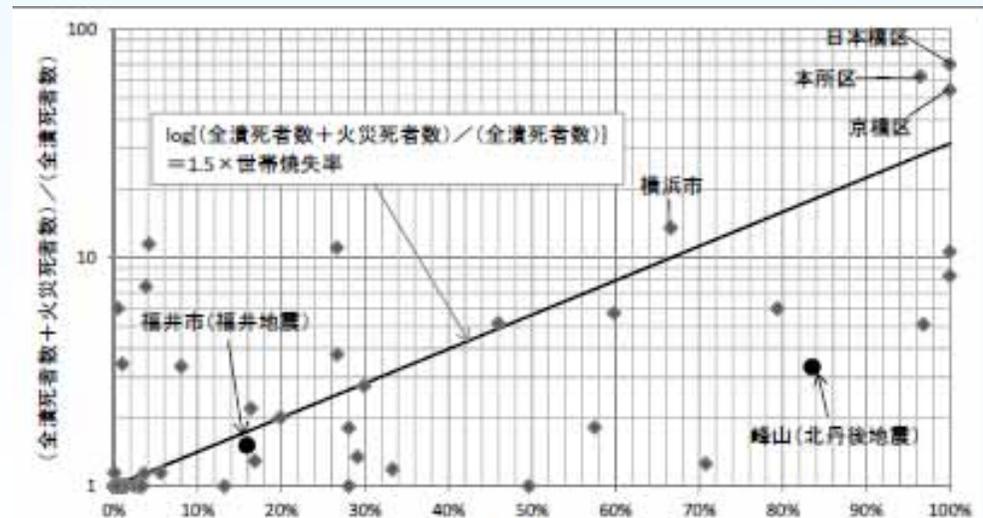
$$= \text{(1 - 早期救出可能な割合(0.72))} \times \text{(倒壊かつ焼失家屋内の要救助者数)}$$

$$\text{(倒壊かつ焼失か屋内の要救助者数)}$$

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

c) 延焼拡大時の逃げまどい

諸井・武村(2004)による関東大震災における「火災による死者の増加傾向」に係る推定式を適用する。



(注) 炎上家屋内における死傷者及び延焼家屋内における死傷者数とのダブルカウントの除去を行うものとする。

10.2 火災による人的被害:結果

- 火災発生件数が多い冬の夕方の条件で死者数も多くなる。昼の条件では火災延焼が発生しないので、人的被害も生じない。
- 焼失棟数は現行想定より減っているが、死者数は増加する傾向の結果となった。
- これは、今回は中央防災会議の方法により3段階で死者数を評価したことなど、算定方法の差異によるものである。
- 現行想定は、地震時でなく平常時火災から推定式を独自に構築したものであるため、式による差異が大きい。

火災延焼による死者数

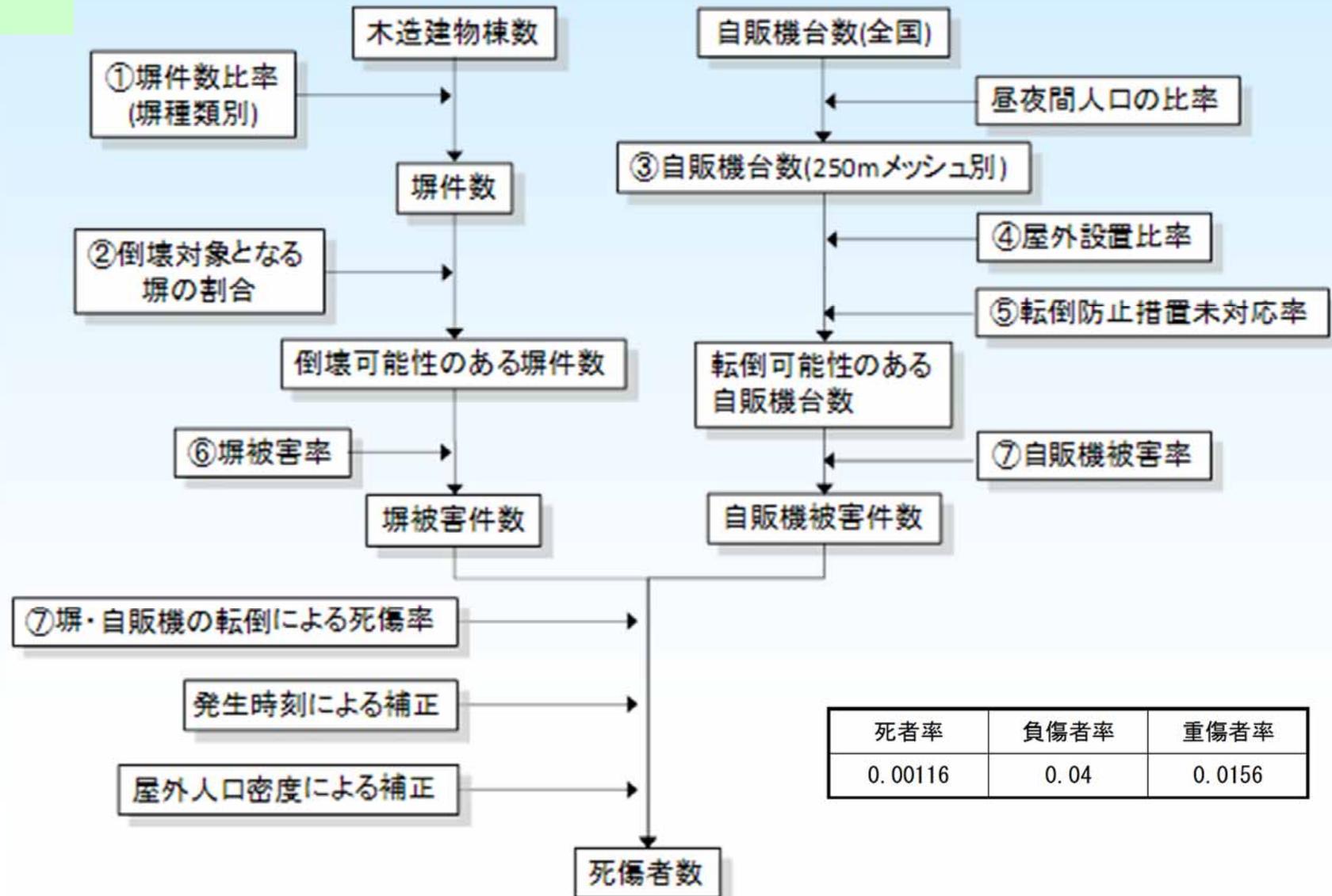
想定地震	現行想定			今回		
	夏昼	冬早朝	冬夕	夏昼	冬早朝	冬夕
苫小牧沖	0	0	0	0	0	0
石狩低地東縁断層帯主部	0	0	0	0	0	0
野幌丘陵断層帯	3	6	16	0	7	19
月寒背斜	8	23	58	0	34	78
西札幌背斜	4	16	39	0	7	24

11.1 屋外転倒物による人的被害:手法

○基本的な考え方

- 中央防災会議(2013)の方法を用いる(現行想定では算定せず)。
- 塀の件数の想定については、現行想定 of 札幌市における現地調査結果に基づく推定存在率を用いている。

○想定手法

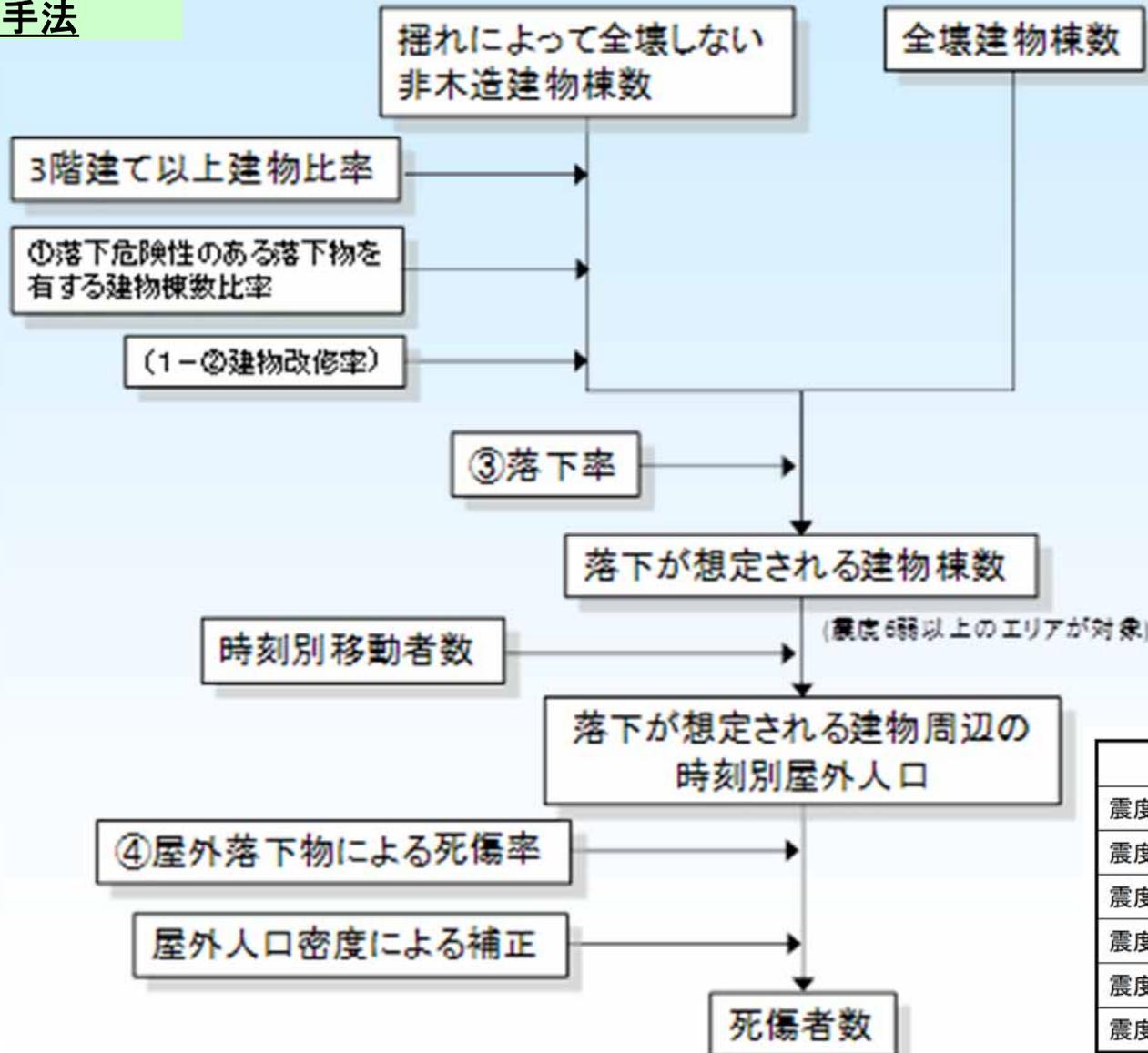


11.3 屋外落下物による人的被害:手法

○基本的な考え方

- 中央防災会議(2013)の方法を用いる(現行想定では算定せず)。

○想定手法



	死者率	負傷者率	重傷者率
震度 7	0.00504%	1.69%	0.0816%
震度 6 強	0.00388%	1.21%	0.0624%
震度 6 弱	0.00239%	0.700%	0.0383%
震度 5 強	0.000604%	0.0893%	0.00945%
震度 5 弱	0%	0%	0%
震度 4 以下	0%	0%	0%

11.4 屋外転倒物・落下物による人的被害：結果

- 屋外転倒物・落下物については、人が屋外にいる割合が高い昼間に被害が多くなる。
- 屋外落下物についてのみ季節差がある評価となるが、死者・重傷者は生じないので、負傷者でのみ季節差が現れている。

屋外転倒物(ブロック塀・自動販売機)、屋外落下物の合計死傷者数

【冬以外】

想定地震	死者			負傷者			重傷者		
	早朝	昼間	夕方	早朝	昼間	夕方	早朝	昼間	夕方
苫小牧沖	0	0	0	0	3	3	0	1	1
石狩低地東縁断層帯主部	0	0	0	0	9	8	0	4	3
野幌丘陵断層帯	0	7	6	11	262	220	4	92	77
月寒背斜	0	11	9	20	480	399	6	138	115
西札幌背斜	0	7	6	11	259	215	4	87	73

【冬】

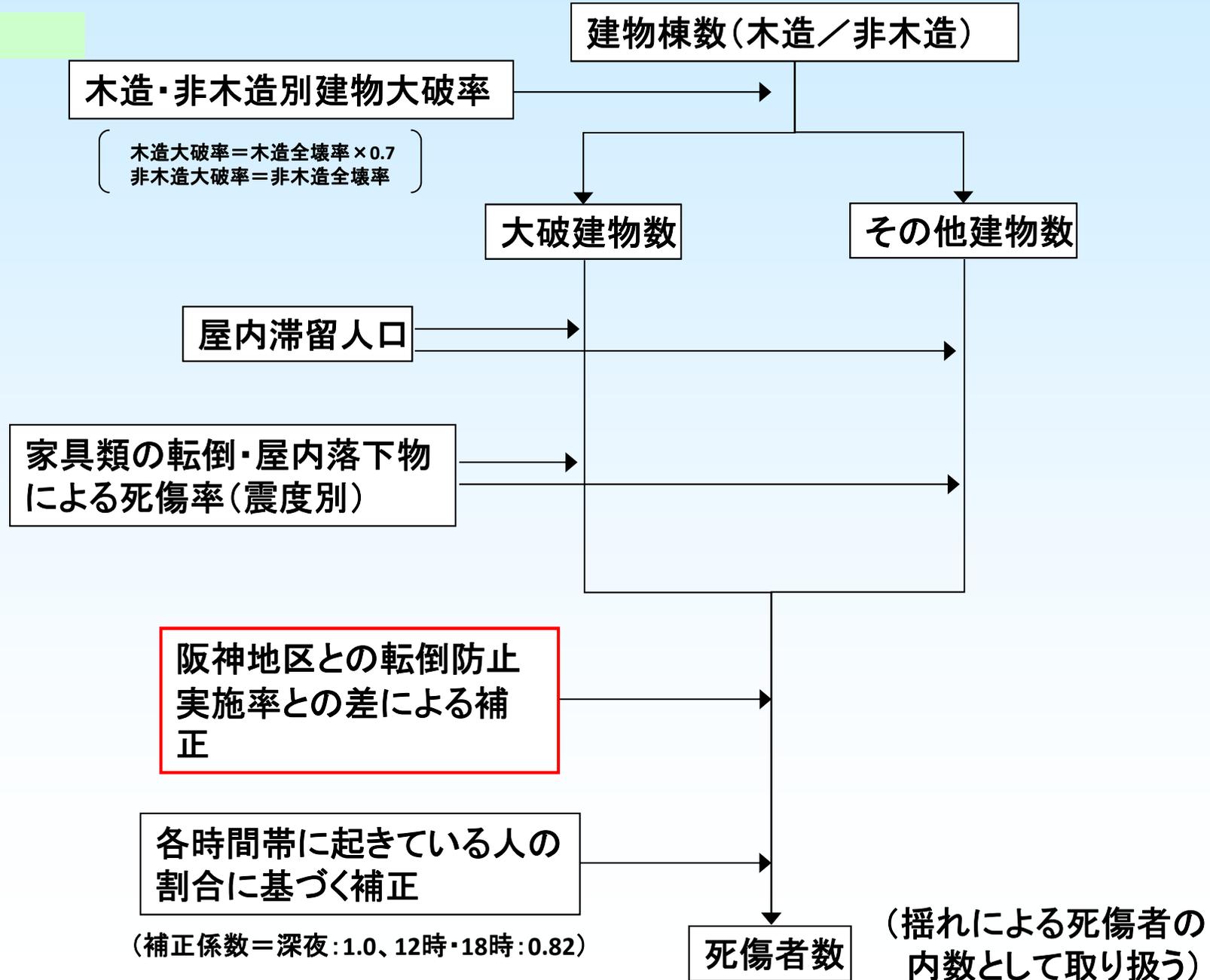
想定地震	死者			負傷者			重傷者		
	早朝	昼間	夕方	早朝	昼間	夕方	早朝	昼間	夕方
苫小牧沖	0	0	0	0	3	3	0	1	1
石狩低地東縁断層帯主部	0	0	0	0	9	8	0	4	3
野幌丘陵断層帯	0	7	6	12	280	235	4	92	77
月寒背斜	0	11	9	23	555	464	6	138	115
西札幌背斜	0	7	6	11	278	231	4	87	73

11.5 屋内収容物移動・転倒、屋内落下物による人的被害:手法

○基本的な考え方

- 中央防災会議(2013)の方法を用いる(現行想定では算定せず)。

○想定手法



11.6 屋内収容物移動・転倒、屋内落下物による人的被害：手法

屋内収容物移動・転倒による死者率

震度	大破		中破以下	
	木造	非木造	木造	非木造
震度 7	0.314%	0.192%	0.00955%	0.000579%
震度 6 強	0.255%	0.156%	0.00689%	0.000471%
震度 6 弱	0.113%	0.0688%	0.00343%	0.000208%
震度 5 強	0.0235%	0%	0.000715%	0.0000433%
震度 5 弱	0.00264%	0%	0.0000803%	0.0000049%

屋内落下物による死者率

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

屋内収容物移動・転倒による負傷者率

震度	大破		中破以下	
	負傷者率	重傷者率	負傷者率	重傷者率
震度 7	3.69%	0.995%	0.112%	0.0303%
震度 6 強	3.00%	0.809%	0.0809%	0.0218%
震度 6 弱	1.32%	0.357%	0.0402%	0.0109%
震度 5 強	0.276%	0%	0.00839%	0.00226%
震度 5 弱	0.0310%	0%	0.000943%	0.000255%

屋内落下物による負傷者率

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

屋内ガラスによる死傷者率

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

11.6 屋内収容物移動・転倒、屋内落下物による人的被害：結果

■揺れによる建物被害による被害の内数として考える。

屋内収容移動・転倒、屋内落下物、屋内ガラスの合計死傷者数

【冬以外】

想定地震	死者			負傷者			重傷者		
	早朝	昼間	夕方	早朝	昼間	夕方	早朝	昼間	夕方
苫小牧沖	0	0	0	0	0	0	0	0	0
石狩低地東縁断層帯主部	0	0	0	0	0	0	0	0	0
野幌丘陵断層帯	21	16	16	424	332	343	93	71	75
月寒背斜	77	59	62	1528	1219	1260	332	262	274
西札幌背斜	22	21	21	453	434	429	99	93	93

【冬】

想定地震	死者			負傷者			重傷者		
	早朝	昼間	夕方	早朝	昼間	夕方	早朝	昼間	夕方
苫小牧沖	0	0	0	0	0	0	0	0	0
石狩低地東縁断層帯主部	0	0	0	0	0	0	0	0	0
野幌丘陵断層帯	33	25	26	603	455	482	131	99	86
月寒背斜	117	89	94	2112	1622	1708	460	353	308
西札幌背斜	37	33	33	661	593	601	144	129	109

12. 人的被害：まとめ

- 建物倒壊に起因する割合が高いため、建物被害棟数同様に現行想定との1/2程度に大きく減少した。
 全要因による合計死者数(要救助者の凍死を考慮する前の値)

想定地震	現行想定			今回		
	夏昼	冬早朝	冬夕	夏昼	冬早朝	冬夕
苫小牧沖	1	2	1	0	0	0
石狩低地東縁断層帯主部	5	8	6	0	0	0
野幌丘陵断層帯	253	420	303	111	316	273
月寒背斜	1,318	2,050	1,557	363	936	816
西札幌背斜	772	1,203	921	117	321	279

a)のケースで凍死を考慮した結果

想定地震	現行想定			今回		
	夏昼	冬早朝	冬夕	夏昼	冬早朝	冬夕
苫小牧沖	1	6	4	0	1	0
石狩低地東縁断層帯主部	5	40	31	0	1	1
野幌丘陵断層帯	253	1,707	694	111	1,600	1,308
月寒背斜	1,318	8,234	6,619	363	4,911	4,030
西札幌背斜	772	4,690	3,793	117	1,721	1,538

b)のケースで凍死を考慮した結果

想定地震	現行想定			今回		
	夏昼	冬早朝	冬夕	夏昼	冬早朝	冬夕
苫小牧沖	1	2	1	0	0	0
石狩低地東縁断層帯主部	5	9	6	0	0	0
野幌丘陵断層帯	253	543	397	111	460	389
月寒背斜	1,318	2,637	2,038	363	1,383	1,177
西札幌背斜	772	1,535	1,193	117	478	421