②評価手法

A. 建物データの構築

市町村から用途別（住家、非住家）、構造別（木造、非木造）、年代別（被害計算方法に合わせた年代区分）の建物データを収集した（実施期間：平成 24 年 5 月～12 月）。平成 24 年 1 月の固定資産税台帳の建物を基本とし、可能な範囲で非課税建物を含め、評価単位毎の集計を市町村に依頼して入手したものである。

建物データの集計単位は、「GISMAP 町丁目・大字界（北海道地図株式会社、平成 24 年）」をベースに、市町村から収集した境界地図をもとに修正した大字・町丁目界を評価単位として用いる。

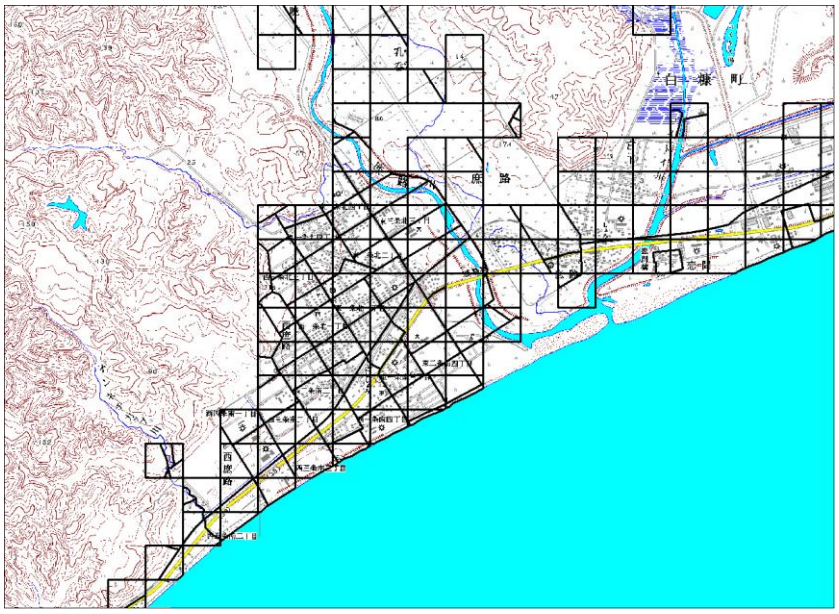
表 2-4-1　建物データ

	十勝総合振興局		釧路総合振興局		根室振興局		計	
	木造 棟数	非木造 棟数	木造 棟数	非木造 棟数	木造 棟数	非木造 棟数	木造 棟数	非木造 棟数
住家	111,090	11,475	77,773	5,133	27,726	2,599	216,589	19,207
非住家	21,996	30,460	10,388	10,889	5,164	13,887	37,548	55,236
計	133,086	41,935	88,161	16,022	32,890	16,486	254,137	74,443

B. 大字・町丁目界の代表震度

建物被害は、集計した大字・町丁目別に計算する。この際、被害計算には、大字・町丁目別の代表震度が必要となる。このため、250m メッシュ単位で計算された震度を大字・町丁目別に変換する必要がある。変換の方法は以下のとおりである。

国土地理院発行の数値地図 25000（地図画像）を背景として、建物の凡例を含む 250mメッシュを抽出する（図 2-4-2）。抽出されたメッシュを大字・町丁目界で分割する。分割されたメッシュごとの震度を基に、大字・町丁目界毎に面積を重み付けにした平均を計算し、大字・町丁目界の代表震度とする。



国土地理院発行の数値地図 25000（地図画像）「釧路」

図 2-4-2　建物のあるメッシュの同定

C. 木造建物被害の予測手法

a. 一般診断法(2004)の診断結果を指標とした損傷度関数

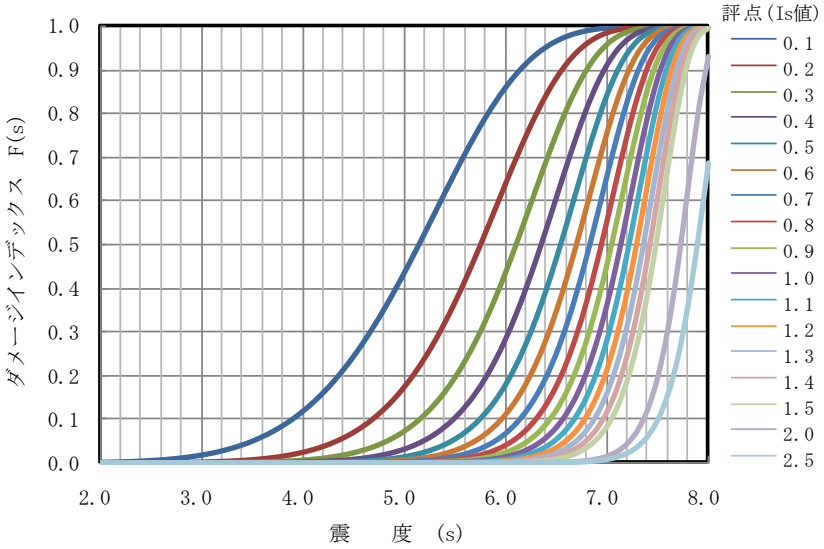
岡田・高井の損傷度関数[2)]は、耐震精密診断((財)日本建築防災協会,1995)による診断結果（総合評点)を指標としている。2004 年に改訂された(財)日本建築防災協会の一般診断法の診断結果(評点)を利用するために、日本木造住宅耐震補強事業者協同組合（以下、「木耐協」という）が平成 17～20 年に行った診断結果をもとに、一般診断法の診断結果を指標とした損傷度関数を作成した[2)]。図 2-4-3 に示す。

$$F(s) = 1 - \exp(-s/\eta)^m$$

$F(s)$ ：損傷度

s ：地震動強さ(気象庁震度)

m, η ：Is 値によって定まる値



Is_wd	m	η
0.1	6.77	5.43
0.2	9.19	5.98
0.3	11.12	6.31
0.4	12.85	6.53
0.5	14.49	6.71
0.6	16.10	6.85
0.7	17.68	6.97
0.8	19.28	7.08
0.9	20.88	7.17
1.0	22.52	7.25
1.1	24.18	7.33
1.2	25.87	7.39
1.3	27.58	7.46
1.4	29.31	7.52
1.5	31.04	7.57
2.0	38.59	7.80
2.5	37.41	7.97

図 2-4-3　一般診断法の診断結果(評点)を指標とした損傷度関数

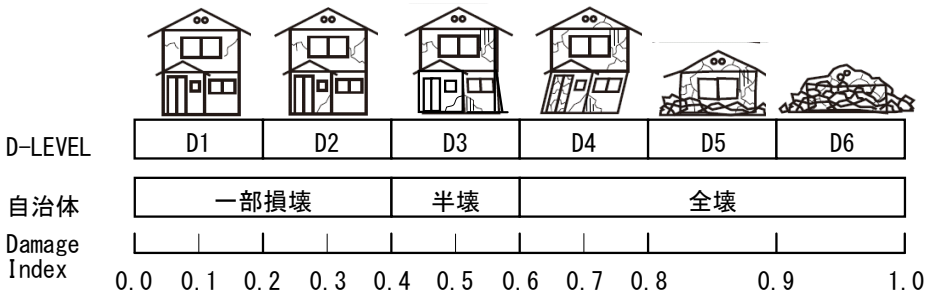


図 2-4-4　破壊パターンとダメージレベルと損傷度[4)]

b. 冬以外の木造建物被害の予測手法

北海道が行った木造住家の耐震診断結果(平成 18 年～21 年)を基に、積雪荷重がない場合の評点を再診断し、年代別の評点分布を推定した。結果を図 2-4-5 に示す。

地域における被害レベルごとに震度と被害率との関係を、道内の木造住家は推定した年代別の評点分布で一様に分布していると仮定し、一般診断法(2004)の診断結果を指標とした損傷度関数から計算した [3)]。結果を図 2-4-6 に示す。

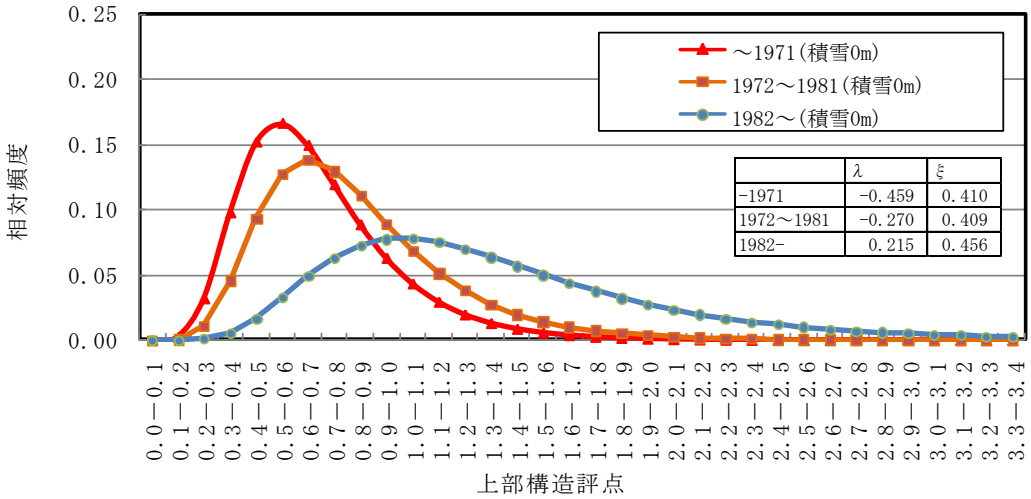
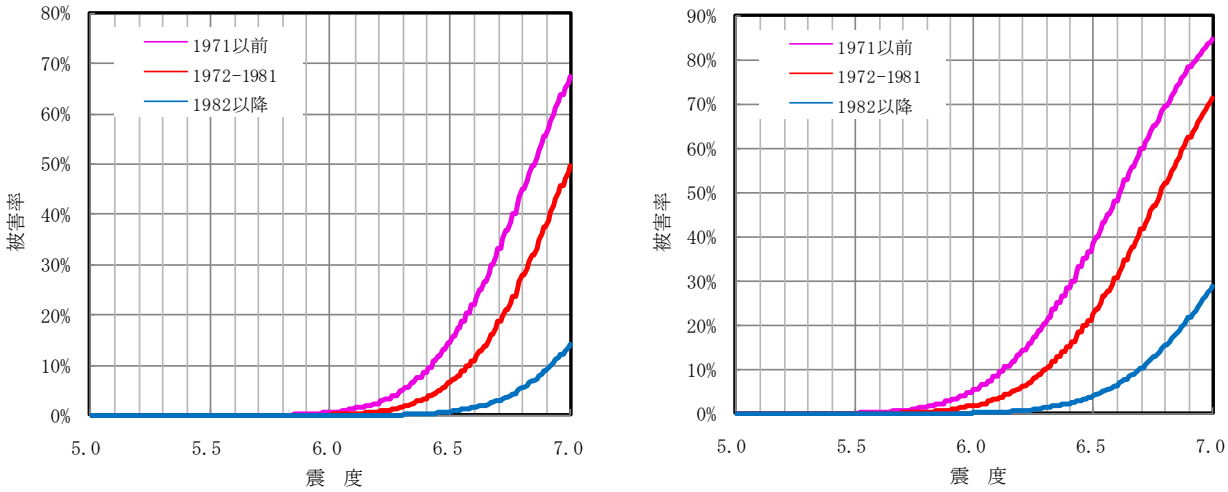


図 2-4-5　北海道の診断結果に基づく年代別の対数正規分布



a)年代別の震度と全壊率との関係　　b)年代別の震度と全半壊率との関係

図 2-4-6　年代別の震度と被害率との関係

c. 冬の場合の木造建物被害の予測手法

木造住宅の耐震診断の場合、多雪区域では積雪時の地震を考慮し、積雪荷重による必要耐力を加算し診断する。このことから冬の場合、多雪区域（垂直積雪量 1.0m 以上の地域）※については、北海道が行った木造住家の診断結果(平成 18 年～21 年)に基づく垂直積雪量を考慮した評点を基に木造建物被害の予測手法を構築する。

垂直積雪量 1.0m 以上地域の年代別の評点分布を推定した結果を図 2-4-7 に示す。地域における被害レベルごとに震度と被害率との関係を、道内の木造住家は推定した年代別の評点分布で一様に分布していると仮定し、一般診断法の診断結果を指標とした損傷度関数から計算した。結果を図 2-4-8 に示す。

垂直積雪量 1.0m 未満地域は、積雪荷重のない場合の年代別の評点分布と同等とし、図 2-4-6 の年代別の震度と全壊率との関係を適用する。

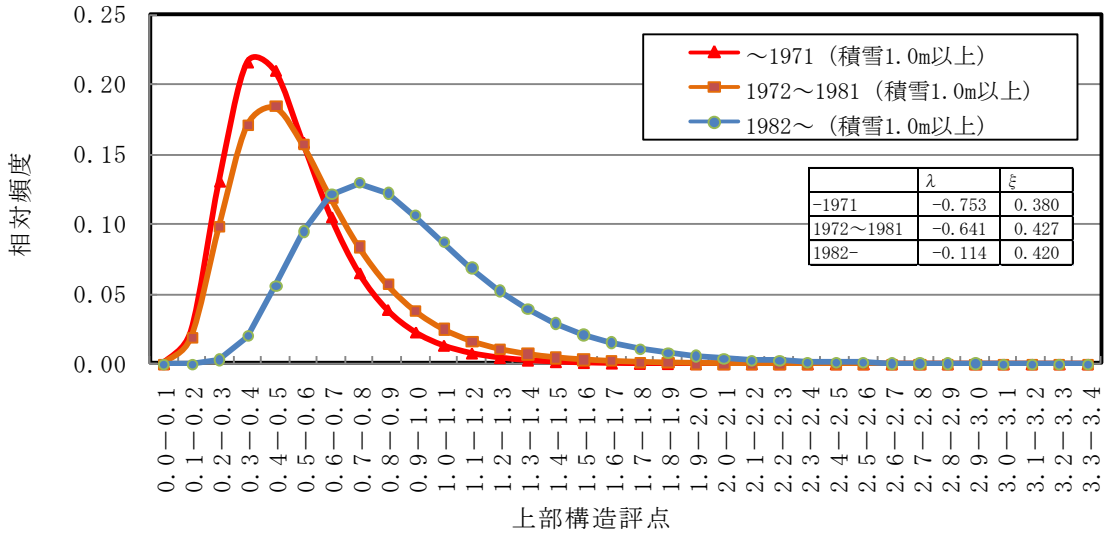
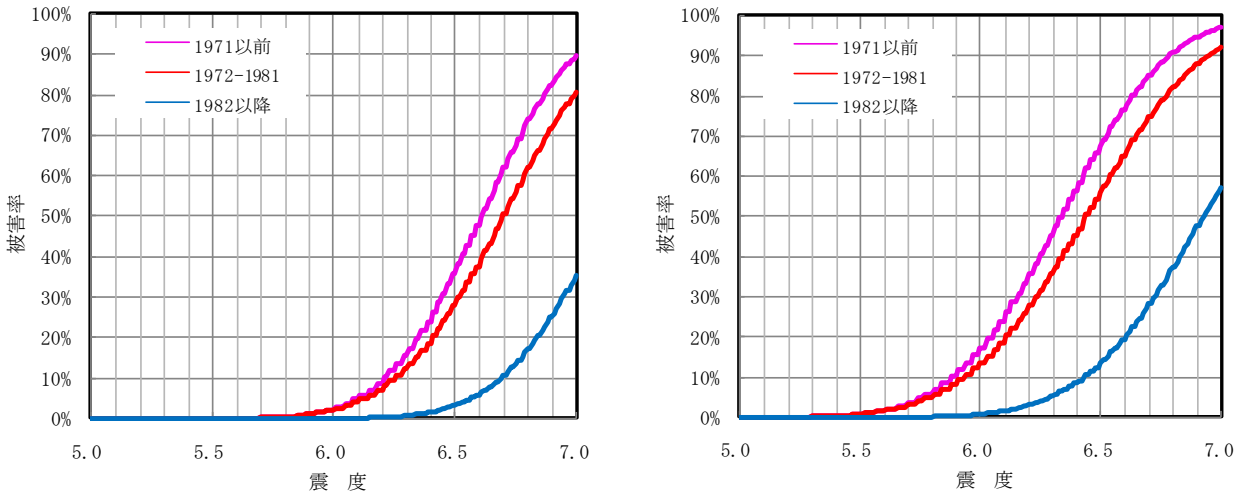


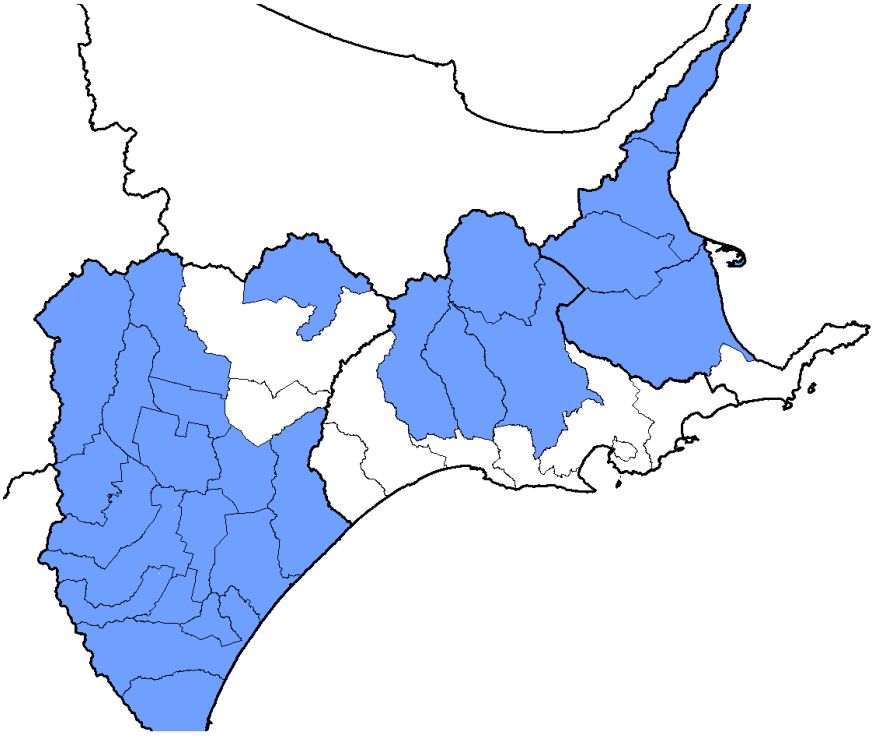
図 2-4-7　北海道の診断結果に基づく年代別の対数正規分布
（垂直積雪量 1.0m 以上地域）



a)年代別の震度と全壊率との関係　　b)年代別の震度と全半壊率との関係

図 2-4-8　年代別の震度と被害率との関係（垂直積雪量 1.0m 以上地域）

※ 建築基準法施行細則第 17 条第 1 項で規定される建築基準法施行細則第 17 条第 1 項で規定する多雪区域（垂直積雪量 100 センチメート以上の区域）



〈参考〉　建築基準法施行細則第 17 条第 1 項で規定される多雪区域
（垂直積雪量 100 センチメート以上の区域）

D. 非木造建物被害の予測手法

中央防災会議の経験的な手法は、評価単位毎に算定された震度を基にして構造別・建築年代別の被害率を求め、評価単位毎の構造別・建築年代別の棟数に掛け合わせ合算することで算定される。

以下に被害棟数の算定式と震度と被害率の関係を示す。

〈被害棟数の算定式〉

全壊棟数　＝（各年代別の非木造住家棟数 × 震度による全壊被害率）
全半壊棟数 ＝（各年代別の非木造住家棟数 × 震度による全半壊被害率）
半壊棟数 ＝ 全半壊棟数 － 全壊棟数

表 2-4-2　非木造建物の震度と被害率の関係

震度	全壊被害率			全半壊被害率		
	～S46	S47～S56	S57～	～S46	S47 ～ S56	S57～
5.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.1%	0.0%
5.1	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.2%	0.0%
5.2	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	0.4%	0.1%
5.3	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.7%	0.1%
5.4	0.0%	0.0%	0.0%	1.6%	1.1%	0.2%
5.5	0.2%	0.2%	0.0%	2.5%	1.8%	0.3%
5.6	0.4%	0.4%	0.1%	3.7%	2.7%	0.6%
5.7	0.7%	0.6%	0.1%	5.5%	4.0%	0.9%
5.8	1.2%	1.0%	0.2%	7.8%	5.8%	1.4%
5.9	2.0%	1.7%	0.4%	10.8%	8.2%	2.1%
6.0	3.1%	2.6%	0.6%	14.6%	11.2%	3.1%
6.1	4.8%	3.9%	1.0%	19.1%	15.0%	4.5%
6.2	7.2%	5.8%	1.5%	24.5%	19.6%	6.4%
6.3	10.4%	8.2%	2.3%	30.5%	24.9%	8.8%
6.4	14.5%	11.4%	3.3%	37.2%	30.9%	11.8%
6.5	19.5%	15.4%	4.8%	44.2%	37.4%	15.5%
6.6	25.5%	20.2%	6.7%	51.5%	44.3%	19.8%
6.7	32.3%	25.8%	9.1%	58.6%	51.4%	24.9%
6.8	39.7%	32.2%	12.2%	65.5%	58.5%	30.6%
6.9	47.6%	39.1%	15.9%	72.0%	65.3%	36.7%
7.0	55.6%	46.3%	20.2%	77.7%	71.6%	43.3%

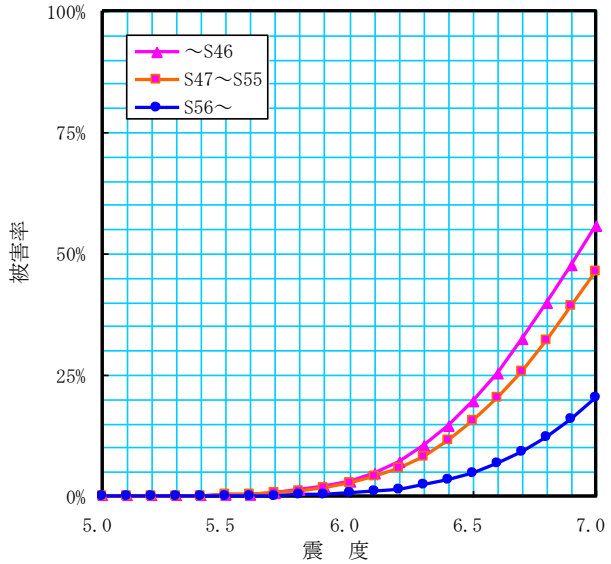


図 2-4-9　震度と非木造全壊率との関係

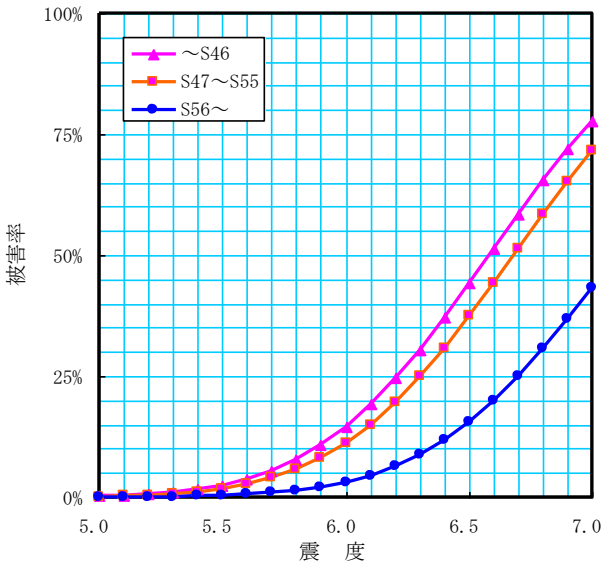


図 2-4-10　震度と非木造全半壊率との関係

③結果

冬および冬以外の季節毎の地震の揺れによる建物全半壊棟数の計算結果を表 2-4-3、2-4-4 に示す。

積雪により倒壊が多くなることが想定される冬の場合、地震の揺れによる建物全半壊棟数は、十勝管内では十勝平野断層帯主部 45_2 が最大被害の地震となり 11,041 棟、釧路では十勝沖の地震が最大となり 2,786 棟、根室では標津断層帯 45_5 が最大となり 1,277 棟が想定される。

それぞれの管内で最大被害となる３つの地震の全半壊棟数の分布を図 2-4-11～13 に示す。

表 2-4-3　地震の揺れによる建物被害（冬以外）

地震名	断層モデル	十勝総合振興局		釧路総合振興局		根室振興局		計	
		全壊棟数	半壊棟数	全壊棟数	半壊棟数	全壊棟数	半壊棟数	全壊棟数	半壊棟数
標津断層帯	45_5	1 未満	1 未満	8	103	92	525	99	628
	30_1	0	0	1 未満	32	27	220	27	252
十勝平野断層帯主部	45_2	1,424	3,872	1 未満	20	0	0	1,425	3,892
	45_5	1,673	4,308	1 未満	34	0	0	1,674	4,342
	30_3	1,060	3,343	7	86	0	0	1,067	3,429
石狩低地東縁断層帯主部（北）	30_1	1 未満	1 未満	－	－	－	－	1 未満	1 未満
根室沖・釧路沖の地震	－	1 未満	9	15	184	35	296	50	488
十勝沖の地震	－	107	719	447	2,258	5	121	559	3,099
三陸沖北部の地震	－	1 未満	13	1 未満	9	－	－	1 未満	22

表 2-4-4　地震の揺れによる建物被害（冬）

地震名	断層モデル	十勝総合振興局		釧路総合振興局		根室振興局		計	
		全壊棟数	半壊棟数	全壊棟数	半壊棟数	全壊棟数	半壊棟数	全壊棟数	半壊棟数
標津断層帯	45_5	1 未満	1 未満	11	153	197	1,080	208	1,234
	30_1	0	0	1 未満	44	45	428	46	472
十勝平野断層帯主部	45_2	3,275	7,766	1 未満	20	0	0	3,275	7,786
	45_5	3,142	7,666	1 未満	36	0	0	3,143	7,702
	30_3	2,176	6,194	7	88	0	0	2,182	6,282
石狩低地東縁断層帯主部（北）	30_1	1 未満	1 未満	－	－	－	－	1 未満	1 未満
根室沖・釧路沖の地震	－	1 未満	13	15	189	39	359	54	562
十勝沖の地震	－	245	1,596	453	2,333	6	160	704	4,089
三陸沖北部の地震	－	1 未満	21	1 未満	9	－	－	1 未満	30

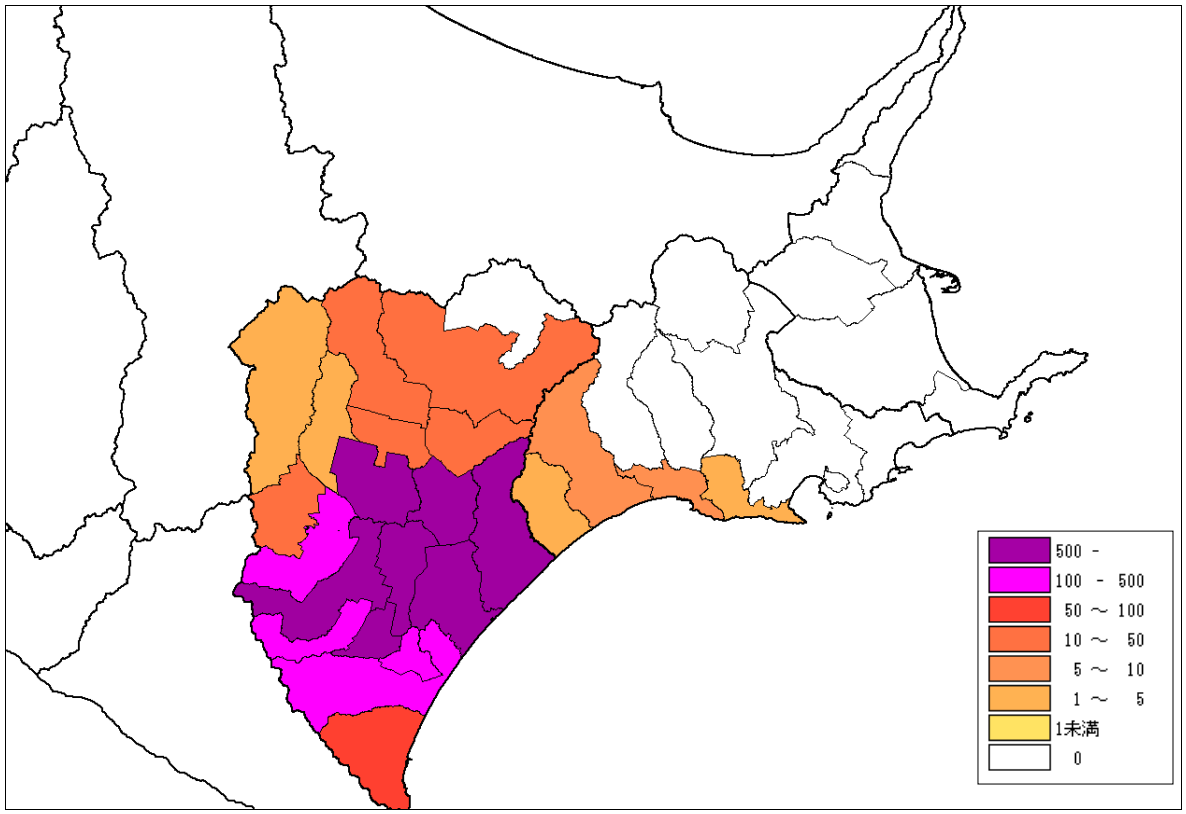


図 2-4-11　揺れによる建物全半壊棟数（十勝平野断層帯主部 45_2・冬）

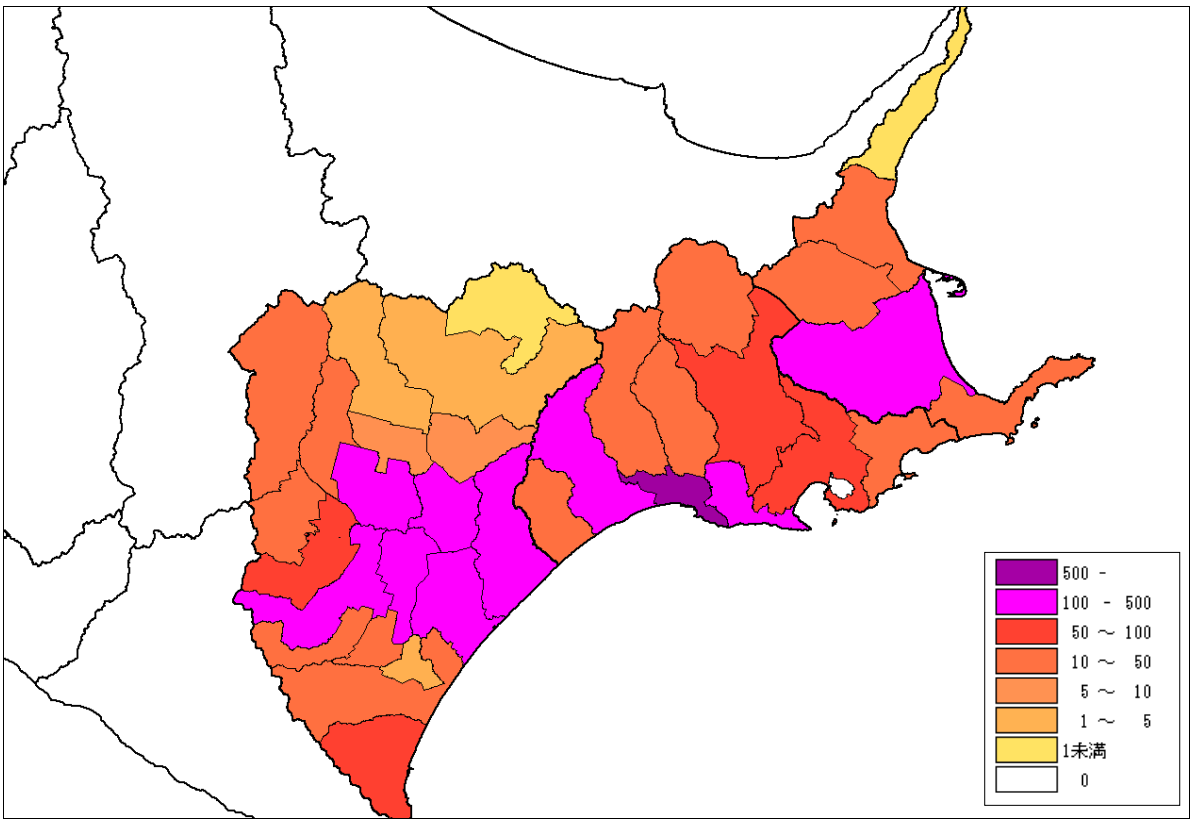


図 2-4-12　揺れによる建物全半壊棟数（十勝沖の地震・冬）

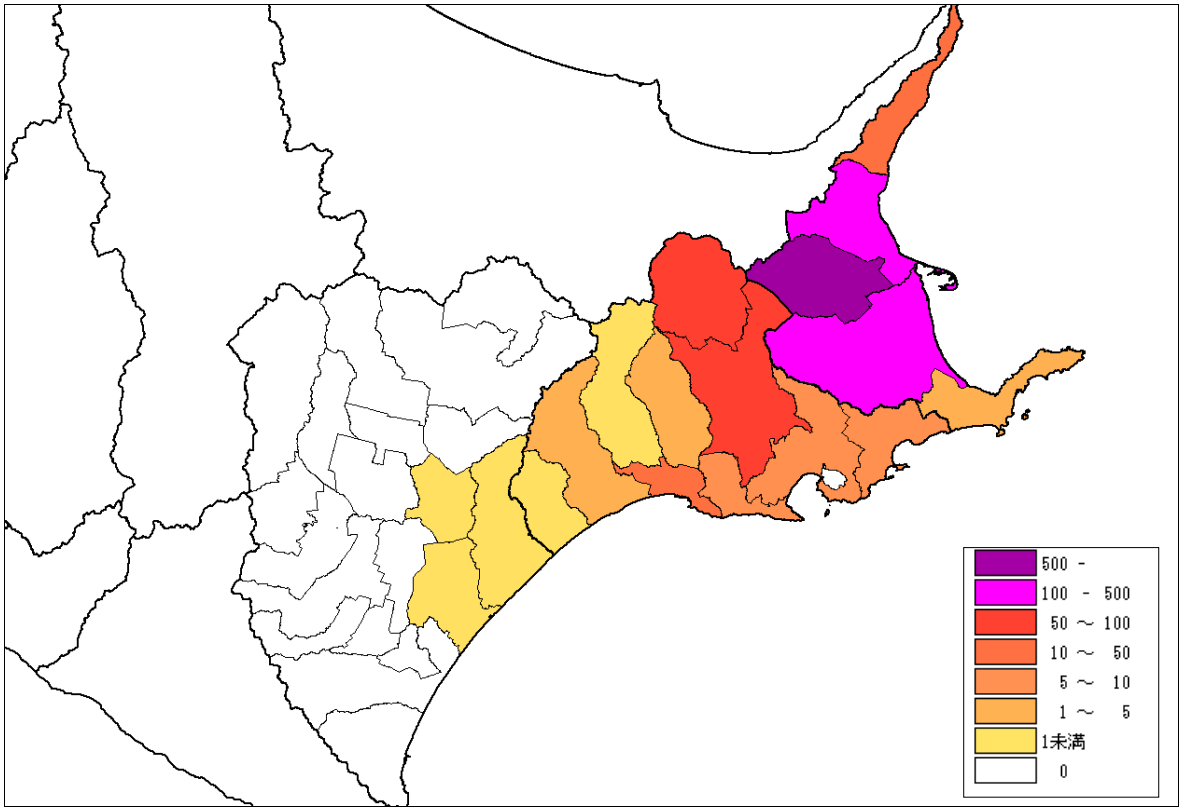


図 2-4-13　揺れによる建物全半壊棟数（標津断層帯 45_5・冬）

2) 液状化による建物被害

①検討の流れ

液状化危険度の想定で計算した液状化発生確率と収集した建物データから、過去の地震における液状化による建物被害率を用いて、全壊棟数および半壊棟数を計算する。液状化による建物被害の算定の流れを図 2-4-15 に示す。

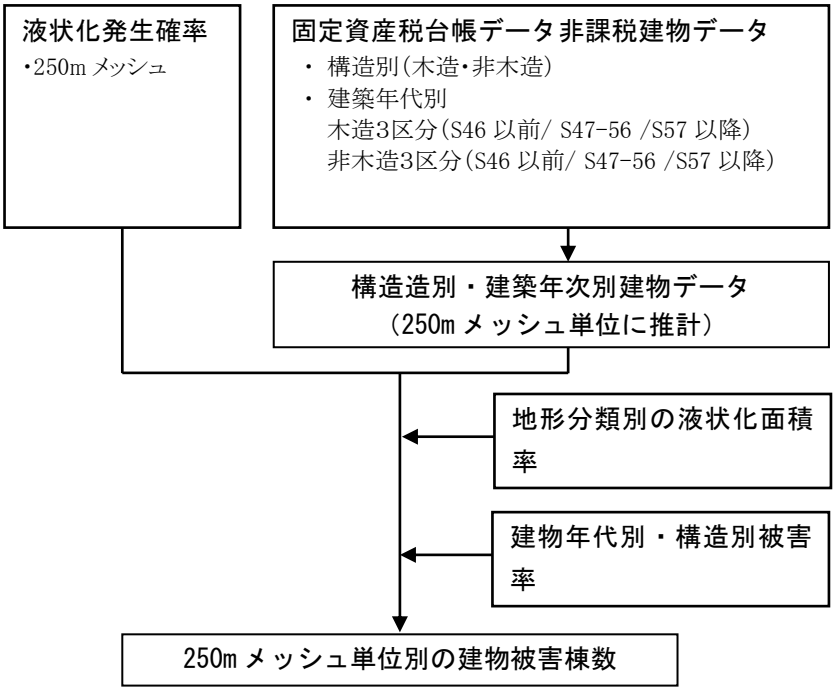


図 2-4-15　液状化による建物被害の算定の流れ

②評価手法

液状化による被害計算式を次式に示す。液状化面積率については、1983 年日本海中部地震および 2004 年新潟県中越地震に加え、過去の地震の液状化面積率を参考に損害保険料率算出機構[5]がまとめた表 2-4-5 を利用する。液状化面積率が整理されていない砂礫質台地については、松岡・若松・橋本(2011)の液状化危険度予測式で砂礫が広く堆積する同じグループとされている谷底低地と同じ液状化面積率とする。

液状化による建物被害率について、中央防災会議(2006)では半壊率が示されていない。ここでは、中央防災会議(2006)のもととなった静岡県(2001)・愛知県(2003)の手法を参照して、液状化発生地域内の全壊率・半壊率を設定した埼玉県(2007)[6]による被害率を用いる。

木造の被害率については静岡県(2001)の大破・中破率を、東京都(2006)を参考にして、全壊・半壊の 7 割程度と仮定して、全壊率・半壊率が設定されている。非木造の被害率については愛知県(2003) の大破・中破率を、東京都(2006)を参考にして、非木造の場合は全壊・半壊と同等と設定されている。建物種別と液状化による建物被害率を表 2-4-6 に示す。

非木造建物の杭の有無別の建物棟数については、東京都(2006)を参考にして、4Ｆ以上の建物及び、古い建築年代を除いた 1～3Ｆの建物の 20%を杭ありと推計する。

〈被害棟数の算定式〉

被害棟数 ＝ (液状化発生確率)×(液状化面積率)×(建物被害率)×(各年代・杭の有無別の建物棟数)

表 2-4-5　液状化面積率

微地形分類	液状化面積率
扇状地型谷底低地	3%
デルタ型谷底低地	3%
急勾配扇状地	1%
緩勾配扇状地	1%
自然堤防	10%
後背湿地	3%
旧河道	25%
三角州・海岸低地	2%
砂州・砂礫州	5%
砂丘間低地	5%
砂丘	5%
埋立地	20%

表 2-4-6　建物種別と液状化による建物被害率

区分	木造		非木造	
	35 年以前	36 年以降	杭なし	杭あり※
全壊率	19.0%	13.7%	23.0%	0.0%
半壊率	18.4%	25.7%	30.0%	0.0%

※ 杭あり：4F 以上の建物及び S47 以降の 1～3F の建物の 20%

③結果

想定地震の液状化による建物被害の計算結果を表 2-4-7 に示す。

液状化による全半壊棟数は、十勝管内では十勝平野断層帯主部 45_5 が最大被害の地震となり 51 棟、釧路管内では十勝沖の地震が最大となり 74 棟、根室管内では標津断層帯 45_5 が最大となり 6 棟が想定される。

それぞれの管内で最大被害となる 3 つの地震の全半壊棟数の分布を図 2-4-16～18 に示す。

表 2-4-7　液状化による建物被害

地震名	断層モデル	十勝総合振興局		釧路総合振興局		根室振興局		計	
		全壊棟数	半壊棟数	全壊棟数	半壊棟数	全壊棟数	半壊棟数	全壊棟数	半壊棟数
標津断層帯	45_5	1 未満	1 未満	3	6	2	4	5	10
	30_1	1 未満	1 未満	2	3	1	2	3	5
十勝平野断層帯主部	45_2	19	32	2	3	0	0	20	35
	45_5	19	32	2	4	1 未満	1 未満	21	36
	30_3	16	27	4	7	1 未満	1 未満	20	34
石狩低地東縁断層帯主部（北）	30_1	1 未満	1 未満	－	－	－	－	1 未満	1 未満
根室沖・釧路沖の地震	－	1 未満	1 未満	7	12	2	3	9	16
十勝沖の地震	－	6	10	26	48	1 未満	2	33	59
三陸沖北部の地震	－	1 未満	1	1	2	－	－	2	3

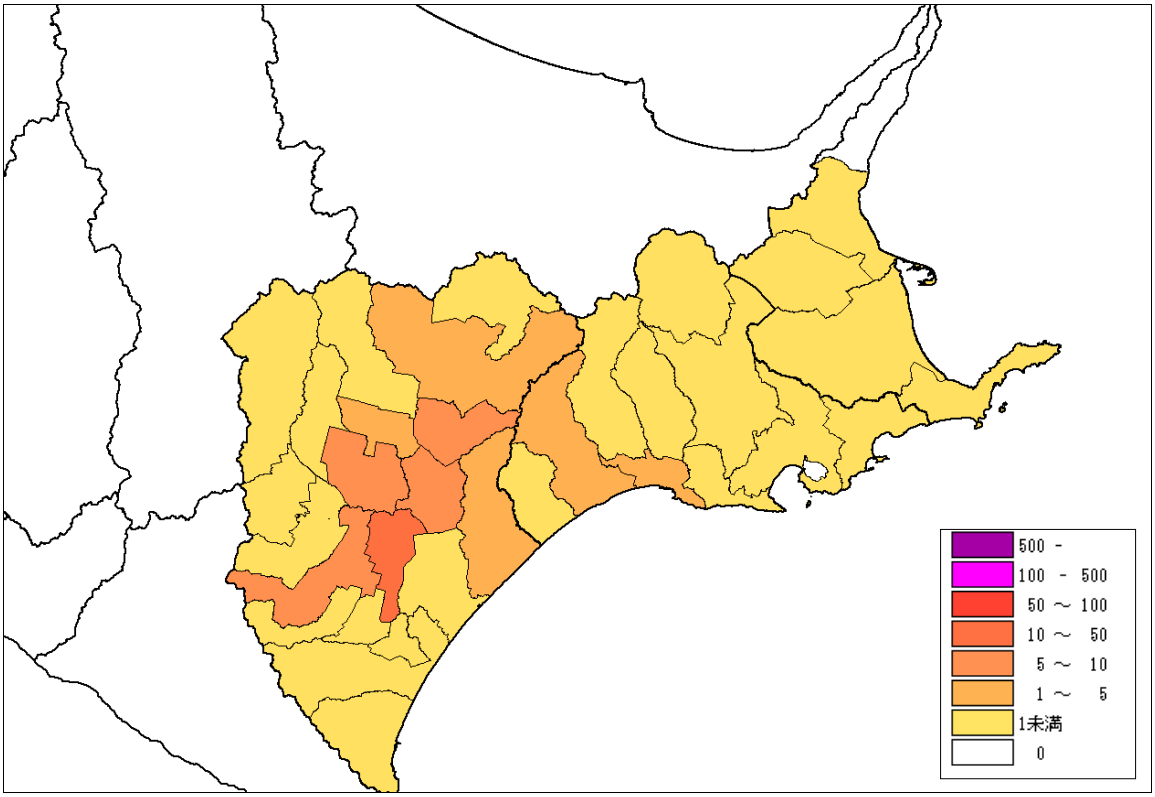


図 2-4-16　液状化による建物全半壊棟数（十勝平野断層帯主部 45_5）

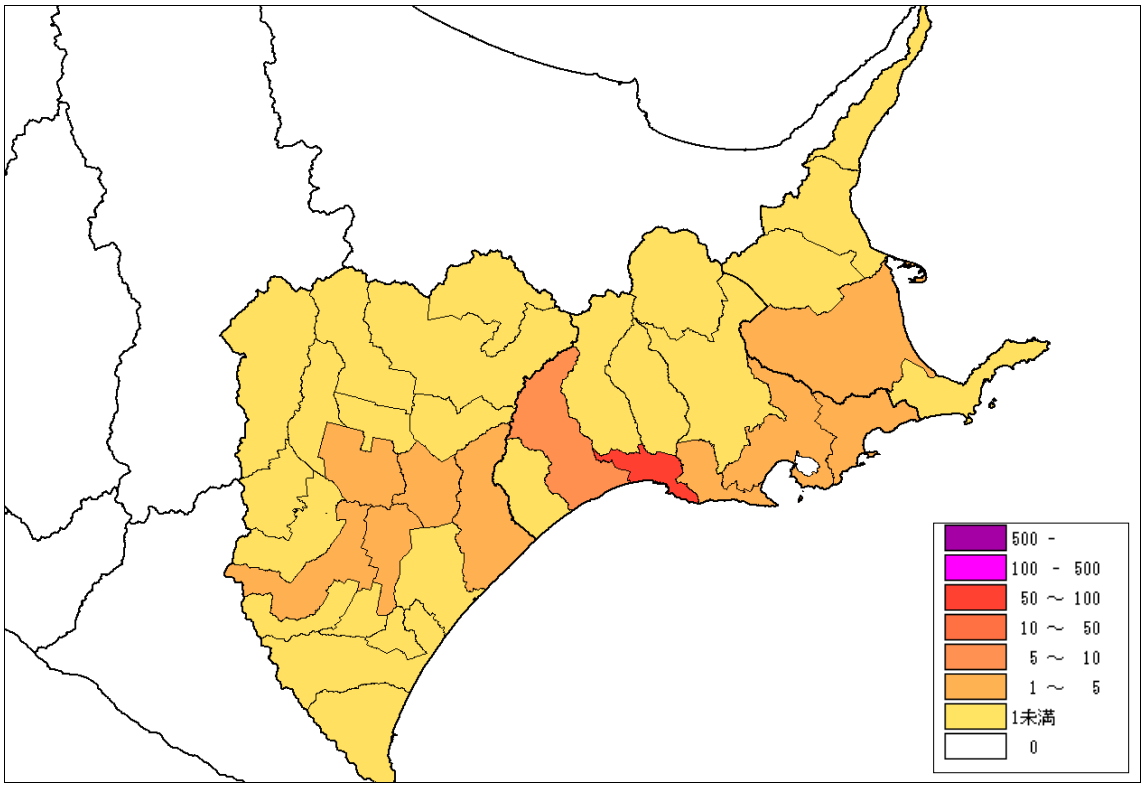


図 2-4-17　液状化による建物全半壊棟数（十勝沖の地震）

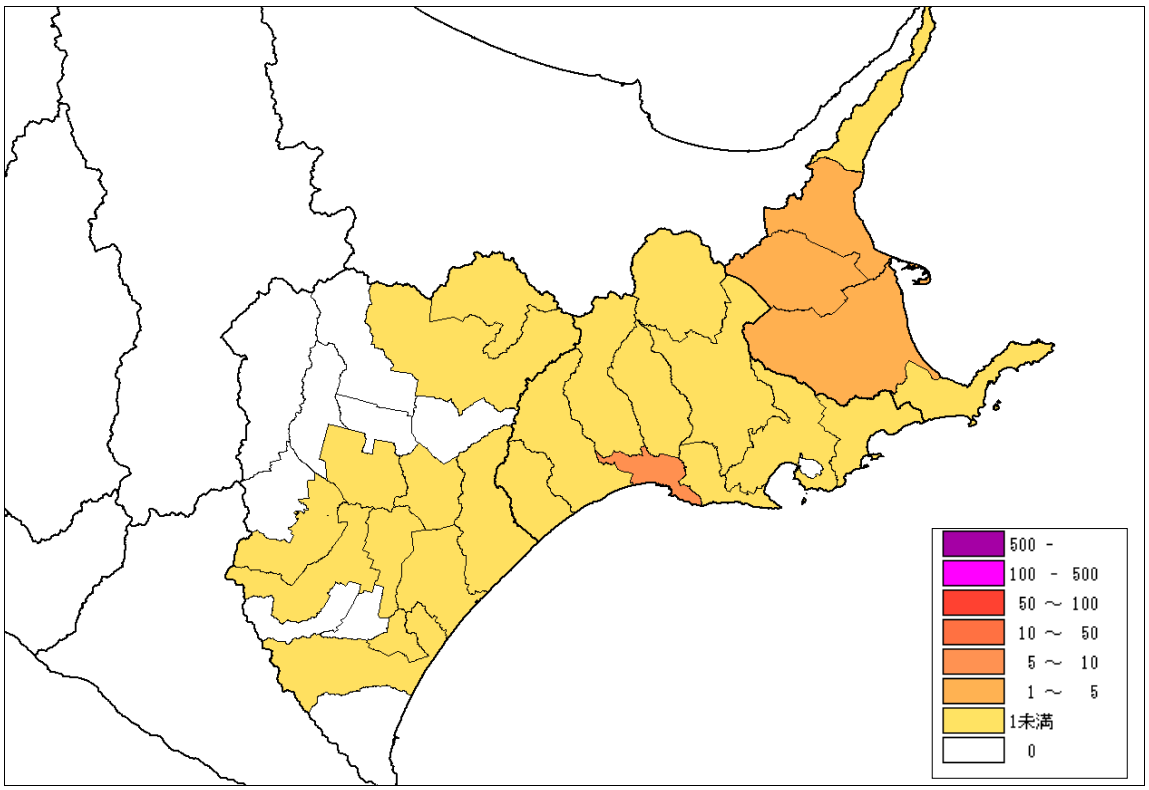


図 2-4-18　液状化による建物全半壊棟数（標津断層帯 45_5）