(3) 急傾斜地被害の想定

①検討の流れ

i)使用するデータの概要

地盤崩壊危険性の予測は、北海道が指定する急傾斜地崩壊危険箇所を対象として、崩壊危険性の予測を行う。

急傾斜地崩壊危険箇所は、Ⅰ～Ⅲの分類に分かれている。地盤崩壊危険性の予測は、分類Ⅰ～Ⅲのうち特に人家に影響のある地域として、急傾斜地崩壊危険箇所現地調査表（北海道建設部砂防災害課）[1)]が整備されているⅠ及びⅡの箇所を対象とする。急傾斜地崩壊危険箇所の分類と被害想定対象を表2-3-1に示す。

表2-3-1　急傾斜地崩壊危険箇所の分類

分　　類	説　　明	渡島・胆振・日高管内箇所数	崩壊危険度想定対象
急傾斜地崩壊危険箇所Ⅰ	被害想定区域内に人家が5戸以上等（5戸未満であっても官公署、学校、病院、社会福祉施設等の災害弱者関連施設等のある場合を含む）ある箇所。	933	○
急傾斜地崩壊危険箇所Ⅱ	被害想定区域内に人家が1～4戸ある箇所。	618	○
急傾斜地崩壊危険箇所に準ずる斜面Ⅲ	被害想定区域内に人家がない場合でも、都市計画区域内であること等一定の要件を満たし、住宅等が新規に立地する可能性があると考えられる箇所。	169	×

ii)検討の流れ

急傾斜地崩壊危険箇所の地震時崩壊危険度評価は、急傾斜地崩壊危険箇所現地調査表を活用し、急傾斜地の状態及び対策工の有無を踏まえ、震度分布と重ね合わせることにより評価する。

検討の流れを図2-3-1に示す。

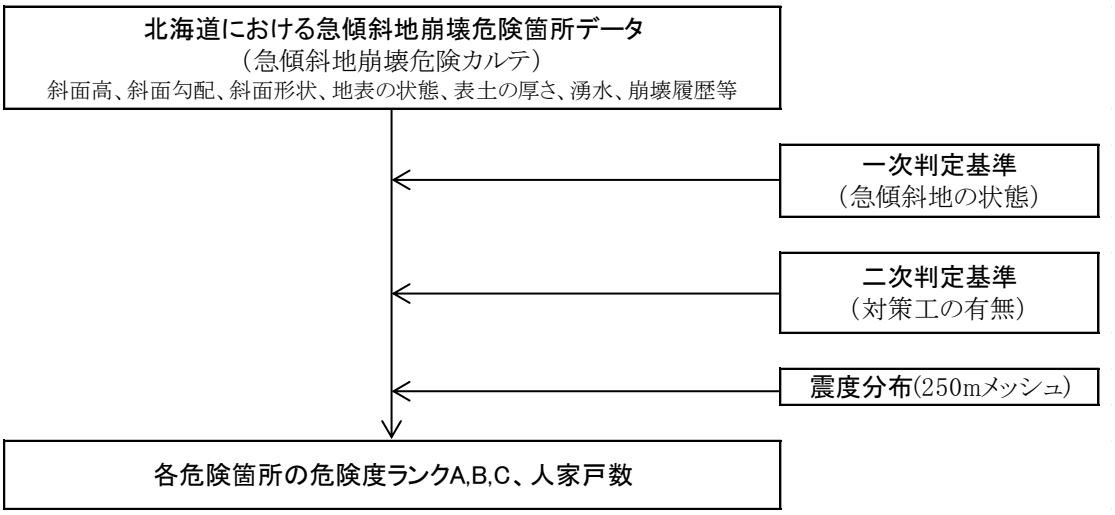


図2-3-1　検討の流れ

②評価手法

評価手法は、日本道路協会道路震災対策委員会(1986)[2)]による法面・斜面耐震判定方法を用いて、急傾斜地崩壊危険箇所現地調査表を活用し、急傾斜地崩壊危険箇所を崩壊危険度 A、B、C に判定する。地震による急傾斜地の崩壊危険度の考え方を表 2-3-2 に示す。

表 2-3-2　地震による急傾斜地の崩壊危険度の考え方

崩壊危険度	評　価
A	崩壊の可能性が高い
B	崩壊の可能性がある
C	崩壊の可能性が低い

判定は三段階で行う。一次判定では、表 2-3-3 に示す 7 項目について判定基準を定め、急傾斜地崩壊危険箇所現地調査表との照合から採点を行い、点数の合計により一次判定ランク a、b、c を決定する。

表 2-3-3　斜面崩壊危険度判定基準（一次判定）

項　　目	小項目名	点数
斜面高	50m 以上	10
	30～50m	8
	10～30m	7
	10m 未満	3
斜面勾配	60°以上	7
	45～60°	4
	45°未満	1
オーバーハング 遷急線 縦断形状	オーバーハングあり、遷急線が非常に明瞭	7
	遷急線が明瞭、凸型斜面	4
	遷急線は不明瞭、直線型、凹型斜面	0
地表の状態	亀裂が発達、開講しており転石・浮石が点在する	10
	風化、亀裂が発達した岩である	6
	礫混じり砂、砂質土	5
	粘性土	1
	風化、亀裂が発達していない岩	0
表土の厚さ	0.5m 以上	3
	0.5m 未満	0
湧水	有	2
	無	1
崩壊履歴	当該斜面に新しい崩壊地あり	5
	当該斜面に古い崩壊地あり	3
	崩壊地は認められない	0

第一次判定ランク	合計点数 24 以上	a
	合計点数 14～23	b
	合計点数 13 以下	c

二次評価では、表 2-3-4 に基づき、当該箇所に対する対策工の実施状況を加味して二次判定ランクa’、b’、c’を決定する。

表 2-3-4　斜面崩壊危険度判定基準（二次判定）

二次判定基準	一次判定ランク		
	a	b	c
対策工なし、未完成	a’	b’	c’
対策工既成	c’	c’	c’

最後に、当該崩壊箇所に震度分布を重ね合わせ、表 2-3-5 に基づき地震時の斜面崩壊危険度判定Ａ、Ｂ、Ｃを決定する。

表 2-3-5　地震時の斜面崩壊危険度

二次判定ランク	震度階級				
	～4	5弱	5強	6弱	6強～
a’	C	B	A	A	A
b’	C	C	B	A	A
c’	C	C	C	B	B

③被害想定結果

被害想定結果を表 2-3-6 に示す。被害想定の結果、急傾斜地崩壊危険箇所のうち地震で崩壊の危険がある箇所の数（崩壊危険度ランクＡとＢの合計）は、三陸沖北部の地震が最大となり、Ａは 214 箇所、Ｂは 586 箇所となることが想定される。

また、管内ごとでは、渡島では三陸沖北部の地震で最大となりＡが 85 箇所・Ｂが 251 箇所、胆振では渡島と同じく三陸沖北部の地震で最大となりＡが 76 箇所・Ｂが 240 箇所、日高では十勝沖の地震で最大となりＡが 82 箇所・Ｂが 130 箇所となる。それぞれの管内で崩壊が最大となる 2 つの地震による急傾斜地崩壊危険度分布図を、図 2-3-2～2-3-3 に示す。

表 2-3-6　急傾斜地崩壊危険度

地震名	断層モデル	渡島総合振興局			胆振総合振興局			日高振興局			計		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
十勝平野断層帯主部	45_2	－	－	－	1	9	580	48	79	175	49	88	755
石狩低地東縁断層帯主部(北)･深さ 7km	30_1	－	－	－	16	54	520	9	25	268	25	79	788
	45_1	－	－	－	15	60	515	5	25	272	20	85	787
石狩低地東縁断層帯主部(北)･深さ 3km	30_2	－	－	－	21	87	482	14	33	255	35	120	737
	45_2	－	－	－	21	92	477	14	30	258	35	122	735
	45_3	－	－	－	13	41	536	0	15	287	13	56	823
石狩低地東縁断層帯主部(南)･深さ 3km	45_2	－	－	－	34	49	507	7	25	270	41	74	777
	45_5	－	－	－	29	61	500	7	24	271	36	85	771
石狩低地東縁断層帯南部･深さ 7km	30_5	0	0	659	65	68	457	21	40	241	86	108	1,357
石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km	30_2	1	20	638	68	88	434	63	88	151	132	196	1,223
	30_3	0	10	649	78	96	416	41	67	194	119	173	1,259
	30_5	0	2	657	73	78	439	19	41	242	92	121	1,338
黒松内低地断層帯	30_5	13	24	622	6	62	522	0	0	302	19	86	1,446
	45_3	12	27	620	6	68	516	0	0	302	18	95	1,438
	45_4	9	24	626	7	65	518	0	0	302	16	89	1,446
函館平野西縁断層帯	45_2	62	143	454	0	4	586	－	－	－	62	147	1,040
	45_3	66	141	452	0	7	583	－	－	－	66	148	1,035
月寒背斜に関する断層	-	0	0	659	8	61	521	0	9	293	8	70	1,473
野幌丘陵断層帯	45_1	0	0	659	14	67	509	0	14	288	14	81	1,456
十勝沖の地震	-	9	66	584	29	106	455	82	130	90	120	302	1,129
三陸沖北部の地震	-	85	251	323	76	240	274	53	95	154	214	586	751
北海道南西沖の地震	No.2	100	208	351	66	212	312	1	32	269	167	452	932
北海道留萌沖の地震(走行 N193° E)	No.1	17	79	563	54	173	363	0	29	273	71	281	1,199
北海道留萌沖の地震(走行 N225° E)	No.2	14	71	574	58	176	356	1	33	268	73	280	1,198
増毛山地東縁断層帯	45_3	－	－	－	6	63	521	1	29	272	7	92	793
	45_5	－	－	－	10	88	492	1	30	271	11	118	763

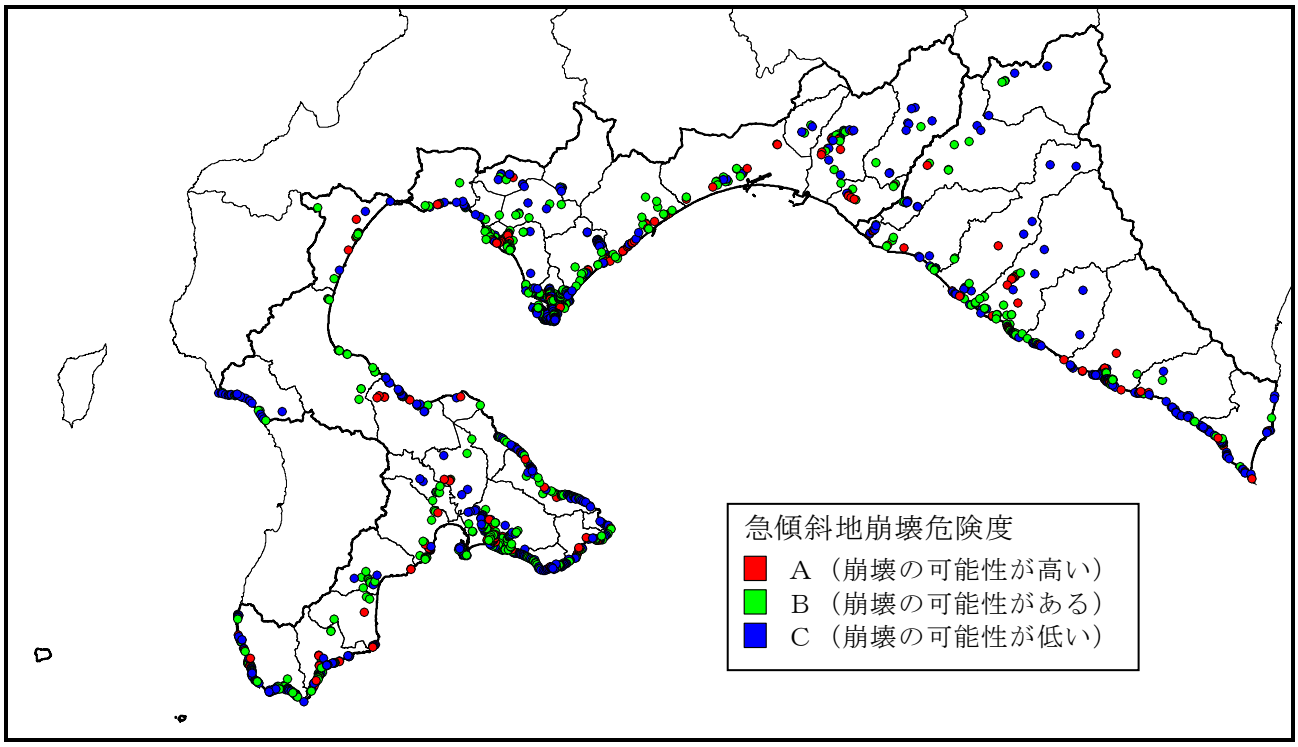


図 2-3-2　急傾斜地崩壊危険度分布図（三陸沖北部の地震）

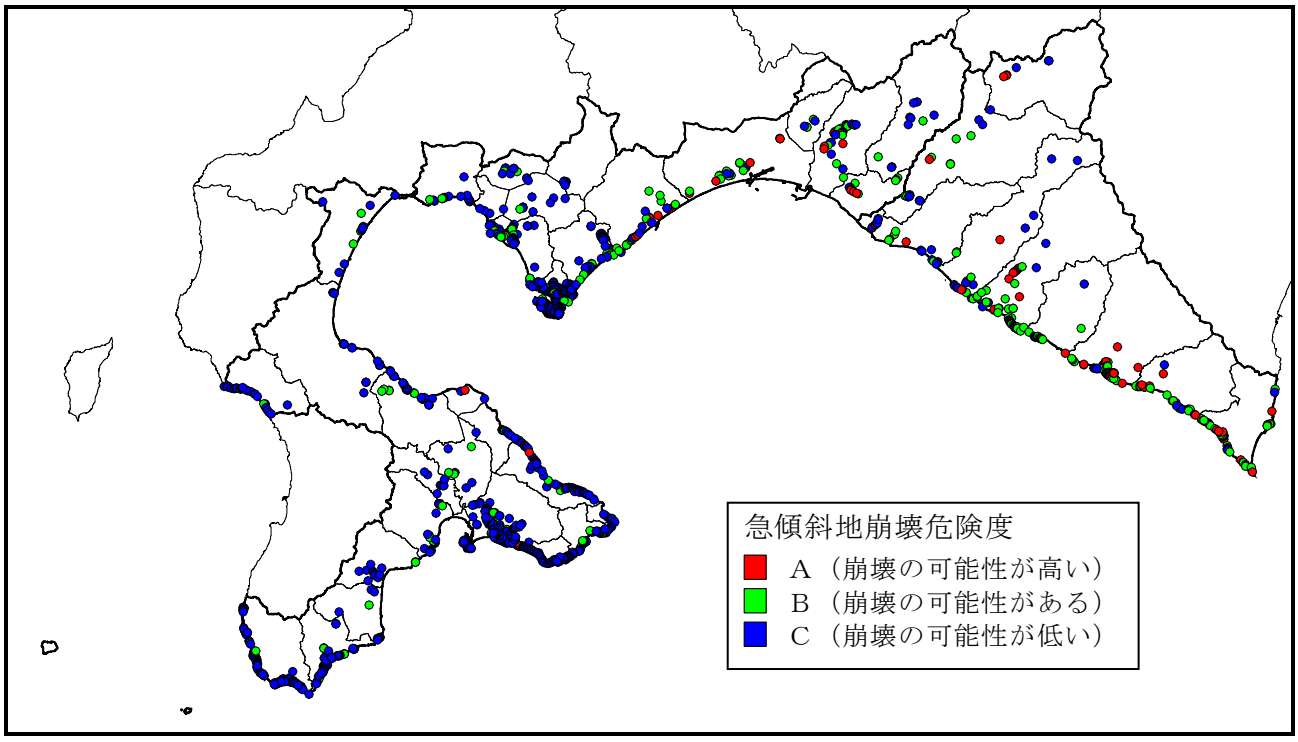


図 2-3-3　急傾斜地崩壊危険度Ａ，Ｂの合計の分布（十勝沖の地震）

【2-2.(3)急傾斜地被害の想定の参考文献】

1)北海道建設部砂防災害課：急傾斜地崩壊危険箇所現地調査表，2012.
2)日本道路協会道路震災対策委員会：道路の震災対策に関する調査報告－道路構造物の耐震調査及び震災対策後方に関する研究－，1986.

(4) 建物被害（揺れ、液状化、急傾斜地）の想定

1)揺れによる建物被害

① 検討の流れ

揺れによる建物被害は、木造建物・非木造建物の全壊棟数及び全半壊棟数について算定する。

算定方法としては、建物の応答解析に基づいて被害を算定する手法と、過去の地震の被害結果に基づく震度と建物被害率の関係から評価する経験的な手法の２つに分けられる。後者の経験的な手法が比較的簡便で多くの自治体で用いられている。また岡田・高井(1999)[1)]は、個別の住宅を対象として診断値と震度とから損傷度を確定的に計算する手法を提案している。これは、木造住宅の耐震精密診断(建築防災協会、1995)による総合評点(Is 値)を指標に、震度、PGV を説明変数として、被害の程度（損傷度 Damage Index）を評価する手法である。被害想定を実施する地域の耐震診断結果の分布があれば、被害の地域性を考慮することが可能である。

本被害想定では、木造建物の被害評価手法として、岡田・高井の損傷度評価手法の考え方を採用し、北海道の木造住宅の耐震診断結果の地域分布を適用することで、北海道の地域性を考慮した被害の評価を行う[2)]。また、積雪荷重を考慮した耐震診断結果と考慮しない場合の診断結果とを適用することで、冬（積雪期）と冬以外（無積雪期）の被害想定を行う。なお、木造非住家の被害評価手法にも木造住家と同様の手法を適用する。

非木造建物の被害評価手法として、中央防災会議(2006)の経験的な手法[3)]を適用する。

図 2-4-1 に建築物被害の算定の流れを示す。

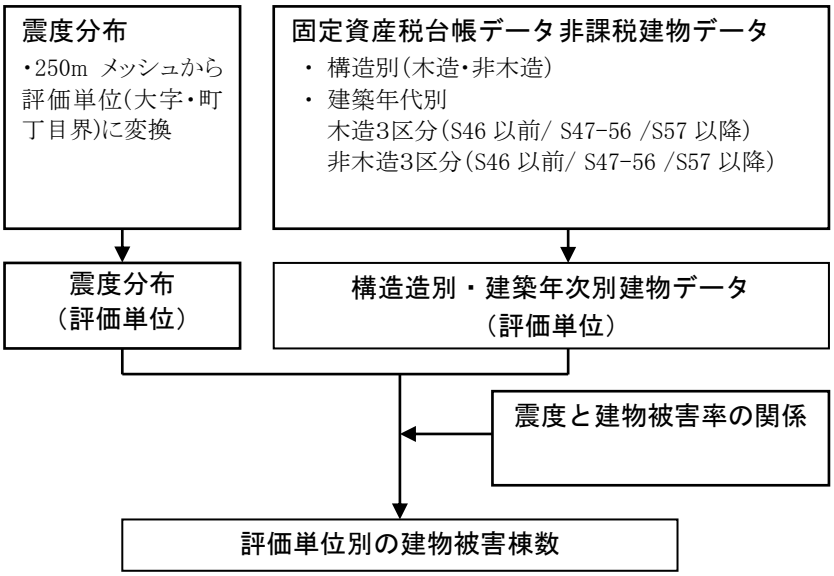


図 2-4-1　揺れによる建物被害の算定の流れ

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 25 年 5 月～12 月）。平成 25 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。

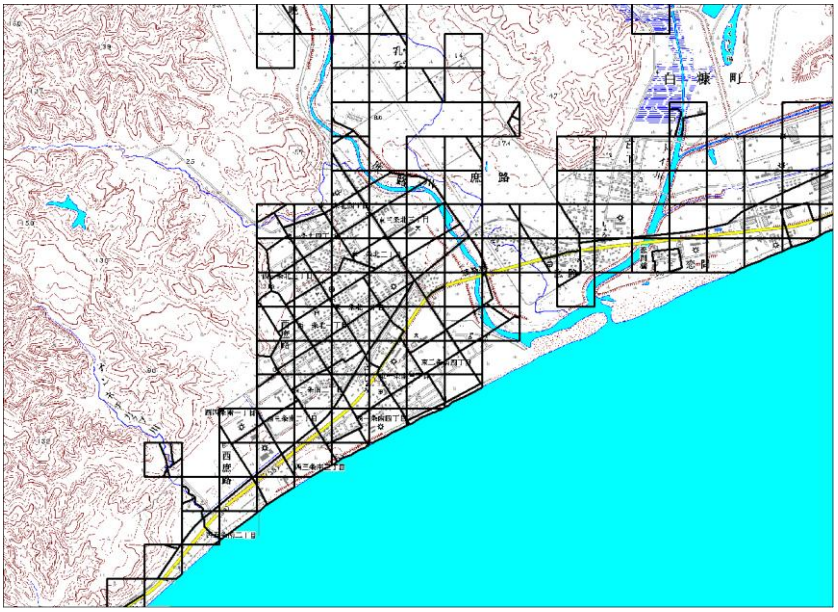
表 2-4-1　建物データ

	渡島総合振興局		胆振総合振興局		日高振興局		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	135,920	9,727	122,733	11,711	27,922	2,742	286,575	24,180
非住家	26,059	16,559	9,806	17,584	14,700	9,524	50,565	43,667
計	161,979	26,286	132,539	29,295	42,622	12,266	337,140	67,847

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

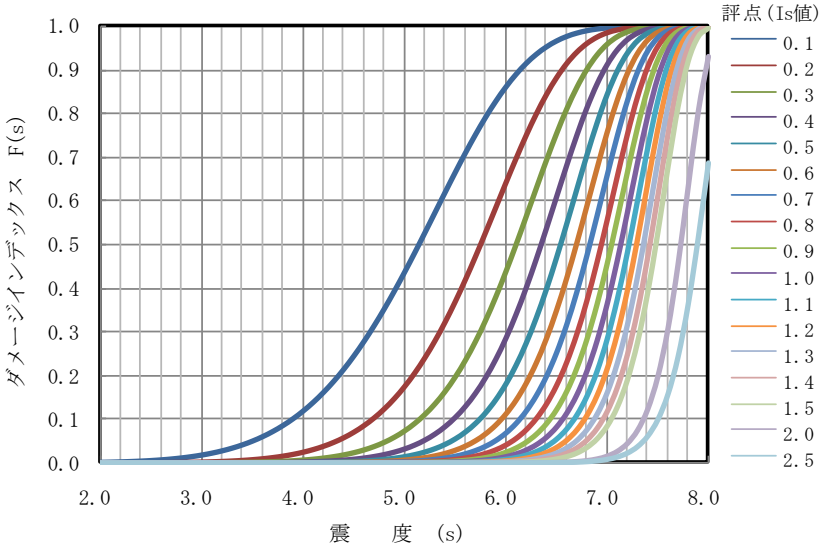
岡田・高井の損傷度関数[2)]は、耐震精密診断((財)日本建築防災協会,1995)による耐震診断結果（上部構造評点＝耐震診断によって計算される耐震性能を表す数値。以下、「評点」という)を指標としている。2004 年に改訂された(財)日本建築防災協会の一般診断法による耐震診断結果(評点)を利用するため、日本木造住宅耐震補強事業者協同組合（以下、「木耐協」という）が平成 17～20 年に行った一般診断法による耐震診断結果(評点)をもとに、損傷度関数を作成した[2)]。図 2-4-3 に示す。

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

$F(s)$ ：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

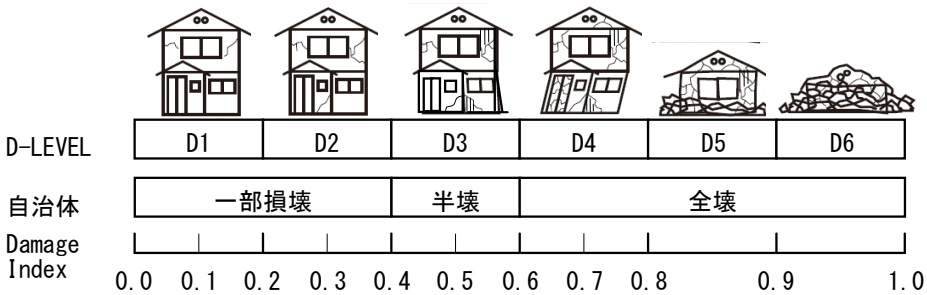


図 2-4-4　破壊パターンとダメージレベルと損傷度[4)]

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(評点)※を基に、積雪荷重がない場合の建築年代別の耐震診断結果(評点)の統計分布を推定した。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は、道内の木造住家の年代別の耐震診断結果(評点)は推定した統計分布で一様に分布していると仮定し、一般診断法の耐震診断結果(評点)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。

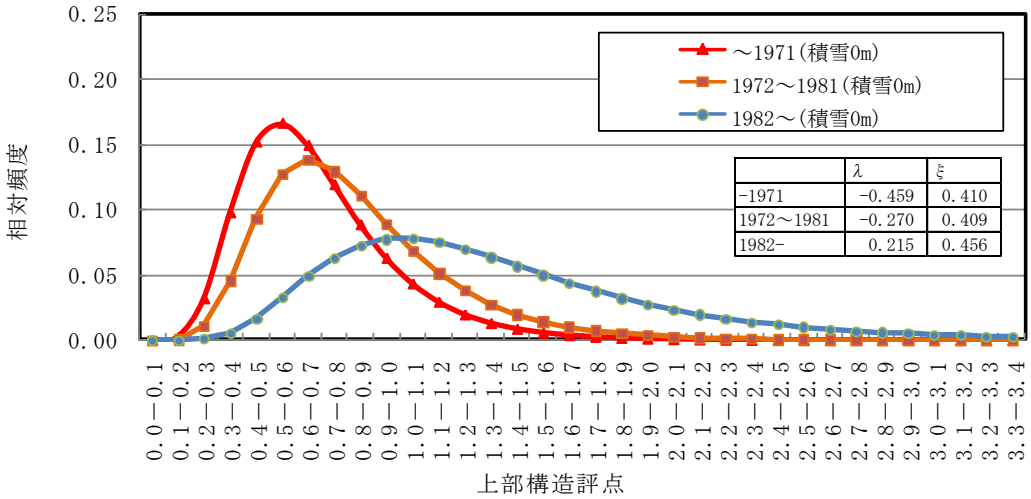
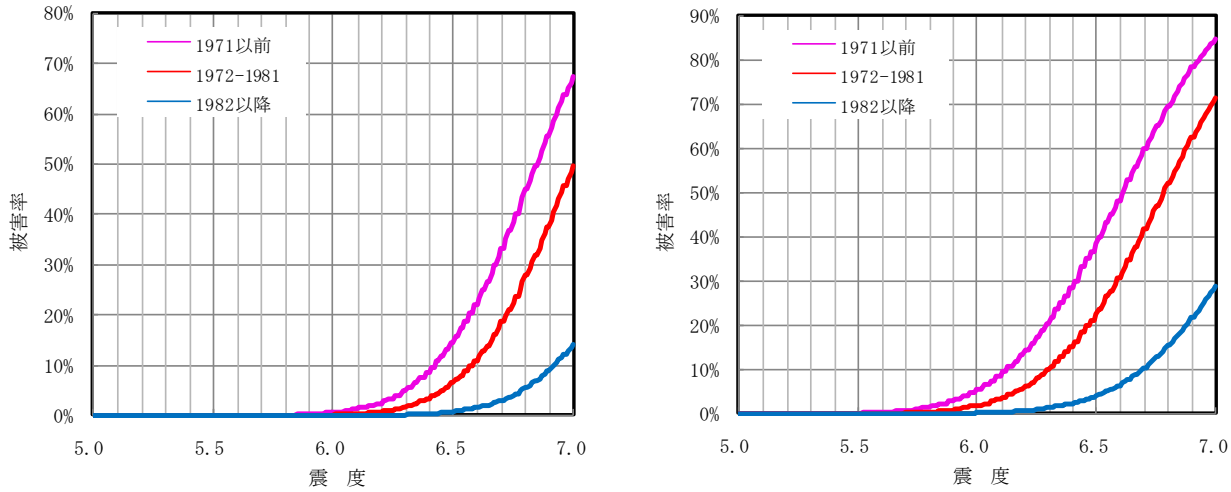


図 2-4-5　建築年代別の耐震診断結果(評点)の分布



a) 建築年代別の震度と全壊率との関係　　b) 建築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

※ 北海道建設部住宅局建築指導課が、一般居住者を対象に実施した木造住宅の無料耐震診断のうち、平成 18 年から 21 年までの診断結果 433 件を利用した。

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耐震診断結果(評点)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以上地域の建築年代別の耐震診断結果(評点)の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は、道内の木造住家の年代別の耐震診断結果(評点)は、推定した統計分布で一様に分布していると仮定し、一般診断法の耐震診断結果(評点)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耐震診断結果(評点)の分布と同等とし、図 2-4-6 の年代別の震度と全壊率との関係を適用する。

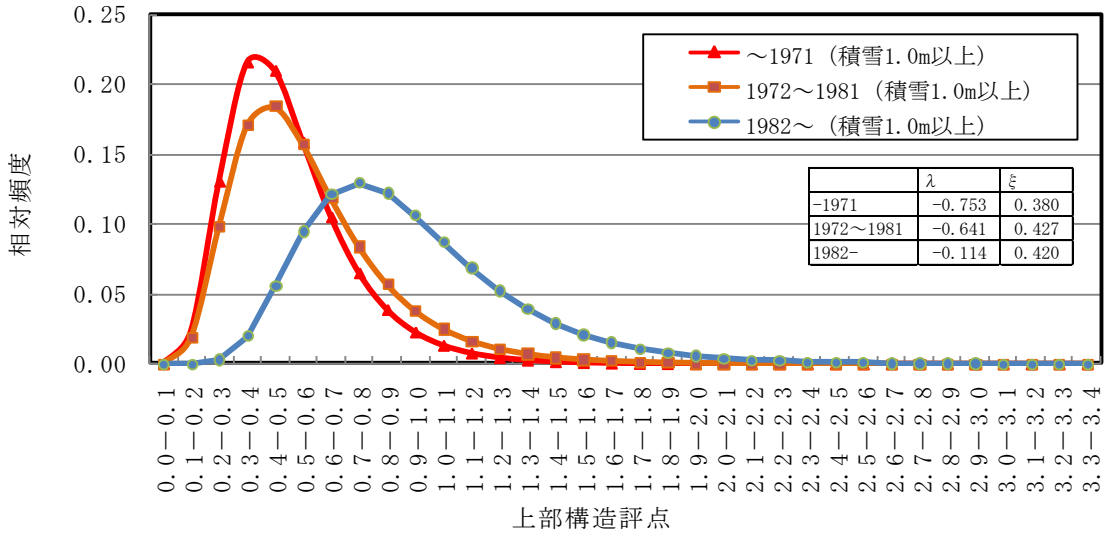
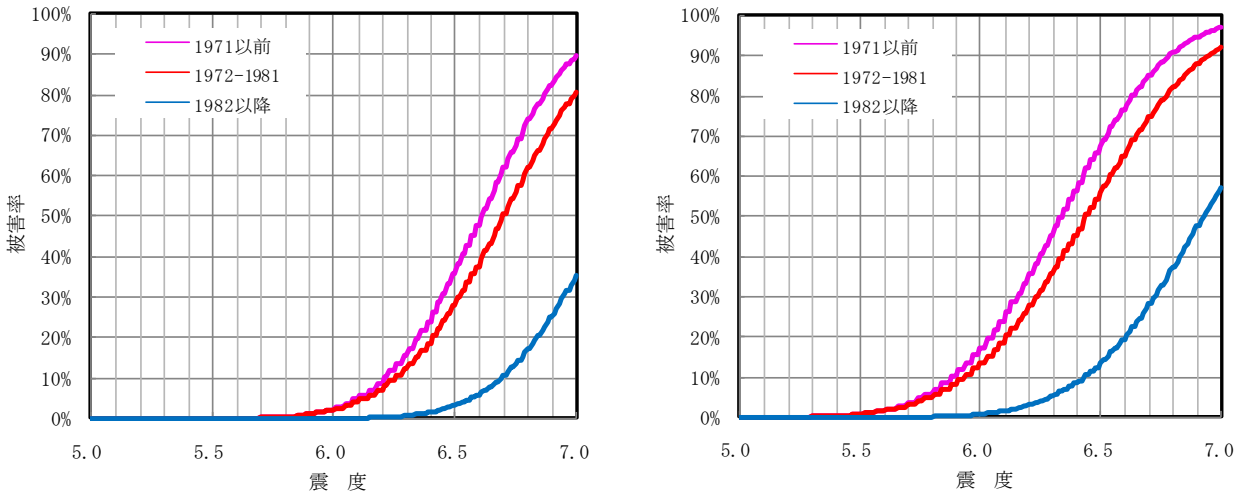


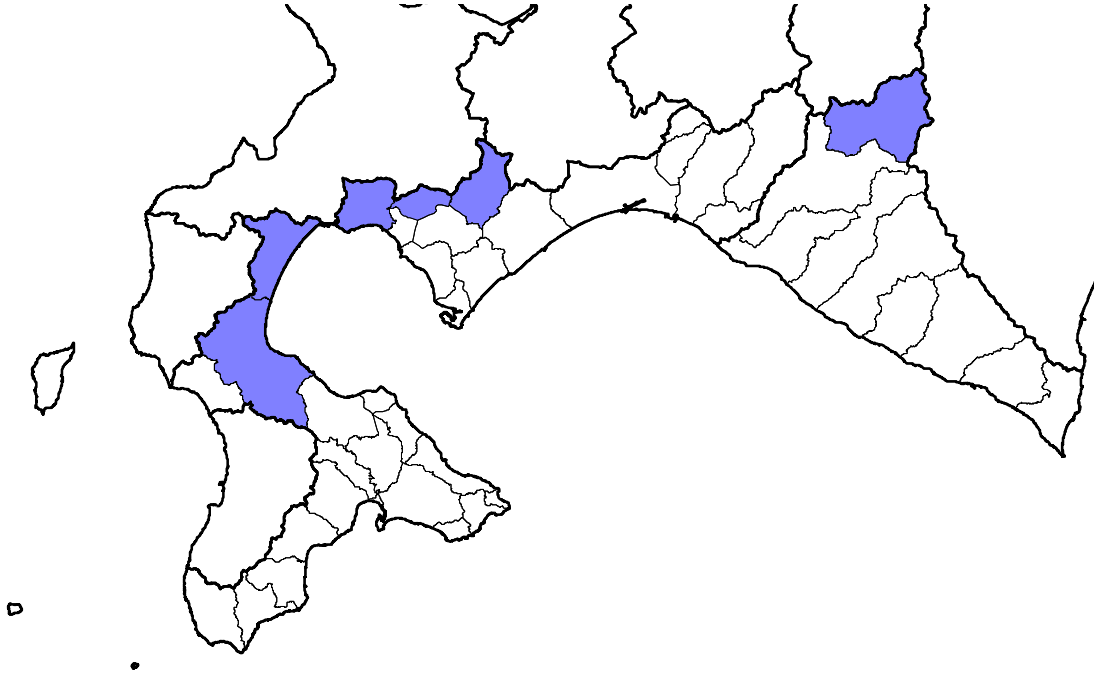
図 2-4-7　建築年代別の耐震診断結果(評点)の分布
(垂直積雪量 1.0m 以上地域)



a）建築年代別の震度と全壊率との関係　　b）建築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%

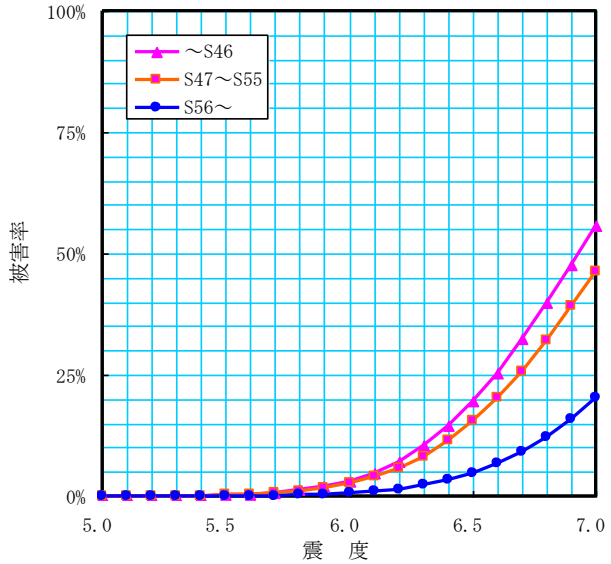


図 2-4-9　震度と非木造全壊率との関係

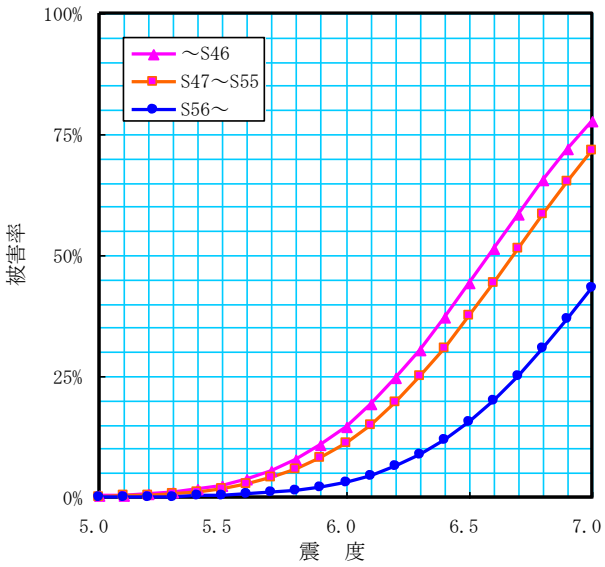


図 2-4-10　震度と非木造全半壊率との関係

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、渡島管内では函館平野西縁断層帯 45_3 による地震が最大被害の地震となり 4,915 棟、胆振では石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km30_5 が最大となり 5,472 棟、日高では石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km30_2 が最大となり 1,542 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	渡島総合振興局		胆振総合振興局		日高振興局		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
十勝平野断層帯主部	45_2	－	－	1 未満	1 未満	2	43	2	44
石狩低地東縁断層帯 主部(北)･深さ 7km	30_1	－	－	4	76	1 未満	2	4	78
	45_1	－	－	5	81	1 未満	1	5	83
石狩低地東縁断層帯主部(北)･深さ 3km	30_2	－	－	16	172	1 未満	7	16	179
	45_2	－	－	15	171	1 未満	6	15	177
	45_3	－	－	1	52	1 未満	1 未満	1	52
石狩低地東縁断層帯主部(南)･深さ 3km	45_2	－	－	73	412	1 未満	1	73	413
	45_5	－	－	44	302	1 未満	4	44	305
石狩低地東縁断層帯南部･深さ 7km	30_5	0	0	598	2,070	25	150	624	2,220
石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km	30_2	1 未満	1 未満	1,122	2,083	452	1,090	1,574	3,174
	30_3	1 未満	1 未満	1,661	2,830	331	753	1,993	3,582
	30_5	0	0	1,696	3,776	55	223	1,750	3,999
黒松内低地断層帯	30_5	78	291	1 未満	8	0	0	78	299
	45_3	51	232	1 未満	9	0	0	51	241
	45_4	189	476	1 未満	10	0	0	189	485
函館平野西縁断層帯	45_2	1,256	2,631	0	0	－	－	1,256	2,631
	45_3	1,740	3,175	1 未満	1 未満	－	－	1,740	3,175
月寒背斜に関する断層	-	0	0	3	63	1 未満	1 未満	3	64
野幌丘陵断層帯	45_1	0	0	6	86	1 未満	1 未満	6	87
十勝沖の地震	-	1 未満	18	9	156	15	154	25	328
三陸沖北部の地震	-	30	340	43	435	2	50	75	825
北海道南西沖の地震	No.2	51	430	17	244	1 未満	1 未満	68	674
北海道留萌沖の地震(走行 N193° E)	No.1	6	75	9	184	1 未満	1 未満	14	260
北海道留萌沖の地震(走行 N225° E)	No.2	3	43	14	228	1 未満	1 未満	16	271
増毛山地東縁断層帯	45_3	－	－	1 未満	44	1 未満	1 未満	1 未満	44
	45_5	－	－	3	77	1 未満	1 未満	3	77

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	渡島総合振興局		胆振総合振興局		日高振興局		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
十勝平野断層帯主部	45_2	－	－	1 未満	1 未満	2	43	2	44
石狩低地東縁断層帯 主部(北)･深さ 7km	30_1	－	－	4	76	1 未満	2	4	78
	45_1	－	－	5	81	1 未満	1	5	83
石狩低地東縁断層帯主部(北)･深さ 3km	30_2	－	－	16	172	1 未満	7	16	180
	45_2	－	－	15	171	1 未満	6	15	177
	45_3	－	－	1	52	1 未満	1 未満	1	52
石狩低地東縁断層帯主部(南)･深さ 3km	45_2	－	－	73	412	1 未満	1	73	413
	45_5	－	－	44	302	1 未満	4	44	305
石狩低地東縁断層帯南部･深さ 7km	30_5	0	0	598	2,070	25	150	624	2,220
石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km	30_2	1 未満	1 未満	1,122	2,083	452	1,090	1,574	3,174
	30_3	1 未満	1 未満	1,661	2,830	331	753	1,993	3,583
	30_5	0	0	1,696	3,776	55	223	1,750	3,999
黒松内低地断層帯	30_5	235	629	1 未満	8	0	0	235	637
	45_3	160	539	1 未満	9	0	0	160	548
	45_4	513	835	1 未満	10	0	0	513	845
函館平野西縁断層帯	45_2	1,256	2,632	0	0	－	－	1,256	2,632
	45_3	1,740	3,175	1 未満	1 未満	－	－	1,740	3,175
月寒背斜に関する断層	-	0	0	3	63	1 未満	1 未満	3	64
野幌丘陵断層帯	45_1	0	0	6	86	1 未満	1 未満	6	87
十勝沖の地震	-	1 未満	19	9	156	15	154	25	330
三陸沖北部の地震	-	30	357	43	436	2	50	75	843
北海道南西沖の地震	No.2	108	740	17	248	1 未満	1 未満	124	988
北海道留萌沖の地震(走行 N193° E)	No.1	13	167	9	188	1 未満	1 未満	22	355
北海道留萌沖の地震(走行 N225° E)	No.2	6	92	14	230	1 未満	1 未満	19	322
増毛山地東縁断層帯	45_3	－	－	1 未満	44	1 未満	1 未満	1 未満	44
	45_5	－	－	3	77	1 未満	1 未満	3	77

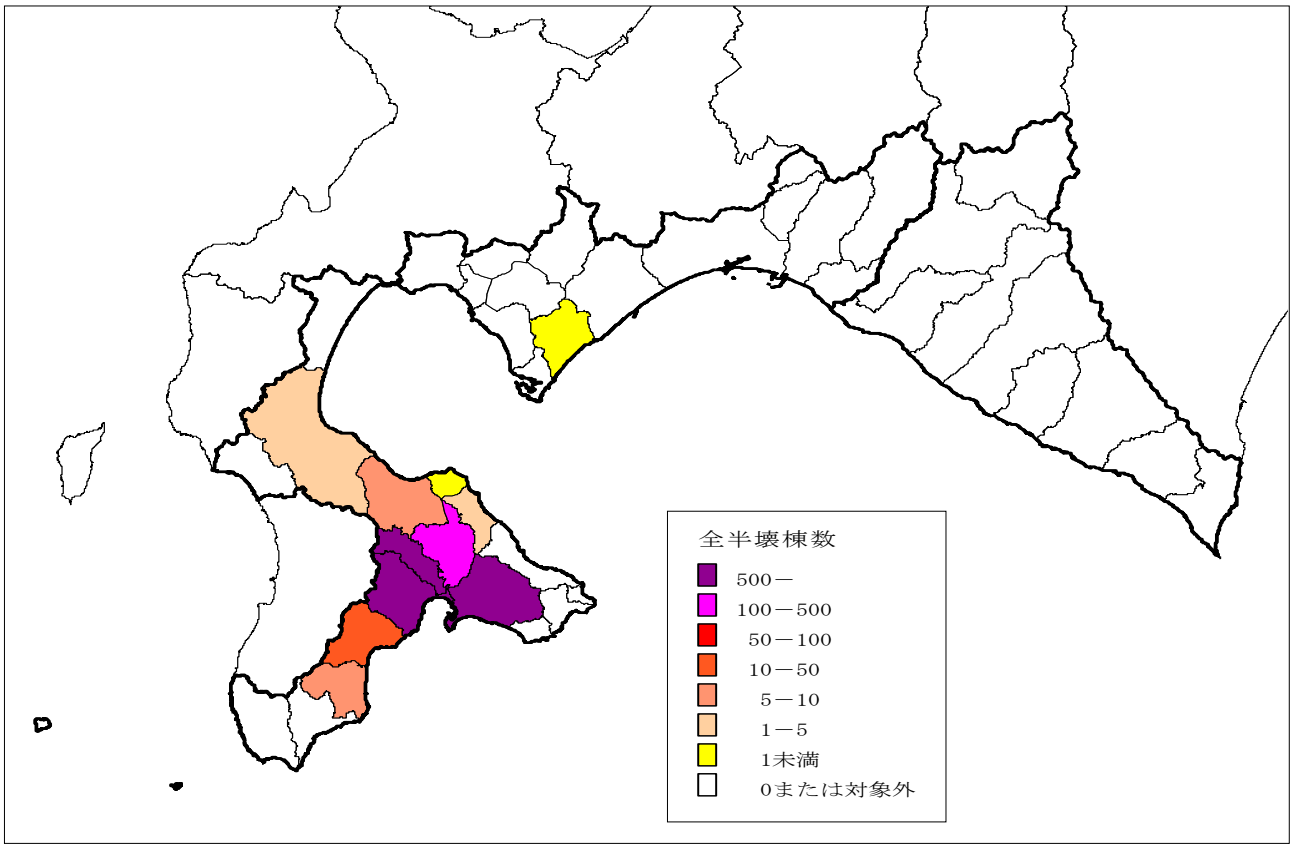


図 2-4-11　揺れによる建物全半壊棟数（函館平野西縁断層帯 45_3 の地震・冬）※日高を除く

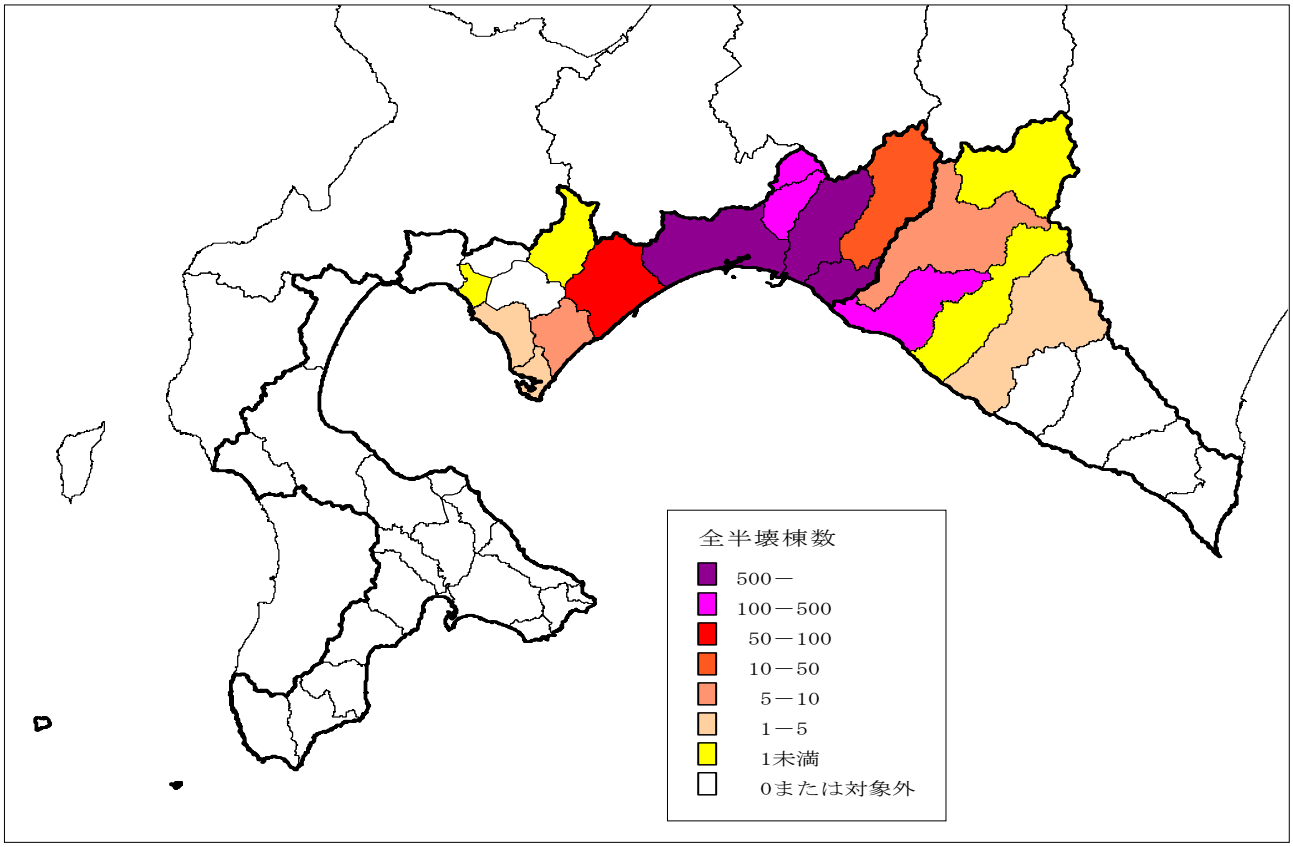


図 2-4-12　揺れによる建物全半壊棟数（石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km 30_5 の地震・冬）

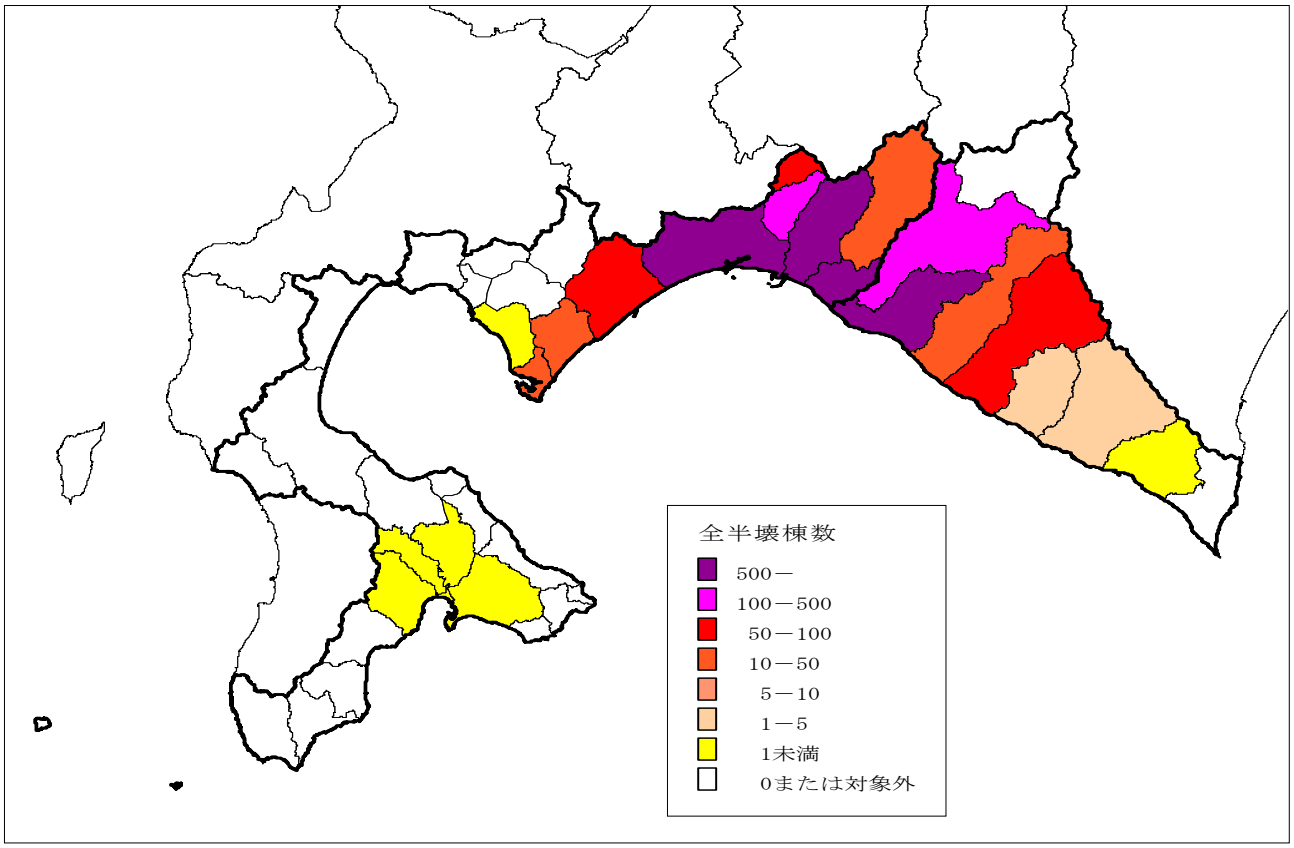


図 2-4-13　揺れによる建物全半壊棟数（石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km 30_2 の地震・冬）