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 2-4-14 に示す。

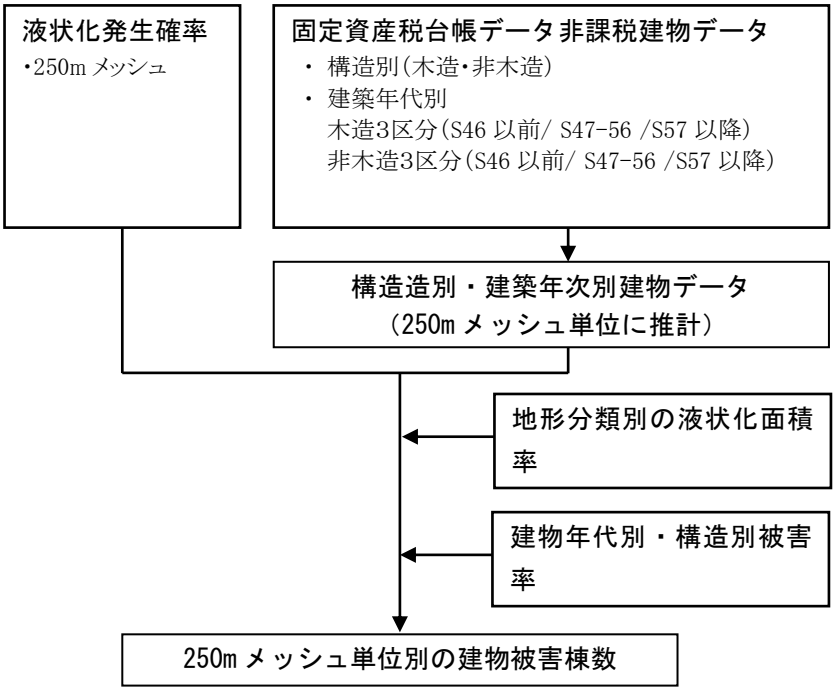

図 2-4-14　液状化による建物被害の算定の流れ

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、1972 年以降の 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、渡島では函館平野西縁断層帯 45_3 の地震が最大被害となり 64 棟、胆振では石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km30_5 の地震が最大となり 47 棟、日高では石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km30_2 の地震が最大となり 14 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 2-4-15～17 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	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	1 未満	1	1 未満	1
石狩低地東縁断層帯 主部(北)･深さ 7km	30_1	－	－	1	2	1 未満	1 未満	1	3
	45_1	－	－	1	3	1 未満	1 未満	2	3
石狩低地東縁断層帯主部(北)･深さ 3km	30_2	－	－	2	4	1 未満	1 未満	3	4
	45_2	－	－	2	4	1 未満	1 未満	3	5
	45_3	－	－	1	2	1 未満	1 未満	1	2
石狩低地東縁断層帯主部(南)･深さ 3km	45_2	－	－	3	5	1 未満	1 未満	3	5
	45_5	－	－	3	5	1 未満	1 未満	3	5
石狩低地東縁断層帯南部･深さ 7km	30_5	1 未満	1 未満	11	19	1	2	12	21
石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km	30_2	1 未満	1 未満	10	18	5	9	16	27
	30_3	1 未満	1 未満	14	25	4	6	18	31
	30_5	1 未満	1 未満	17	30	1	2	18	32
黒松内低地断層帯	30_5	2	3	1 未満	1 未満	0	0	2	4
	45_3	1	2	1 未満	1 未満	0	0	2	3
	45_4	2	3	1 未満	1 未満	0	0	3	4
函館平野西縁断層帯	45_2	20	33	1 未満	1 未満	－	－	20	33
	45_3	24	40	1 未満	1 未満	－	－	24	40
月寒背斜に関する断層		1 未満	1 未満	1	2	1 未満	1 未満	1	3
野幌丘陵断層帯	45_1	1 未満	1 未満	2	3	1 未満	1 未満	2	3
十勝沖の地震		1	2	3	5	2	3	6	10
三陸沖北部の地震		9	14	5	10	1 未満	1	15	25
北海道南西沖の地震	No_2	8	13	4	6	1 未満	1 未満	11	19
北海道留萌沖の地震(走行 N193° E)	No_1	2	3	3	5	1 未満	1 未満	5	9
北海道留萌沖の地震(走行 N225° E)	No_2	1	2	4	6	1 未満	1 未満	5	9
増毛山地東縁断層帯	45_3	－	－	1	2	1 未満	1 未満	1	2
	45_5	－	－	2	3	1 未満	1 未満	2	3

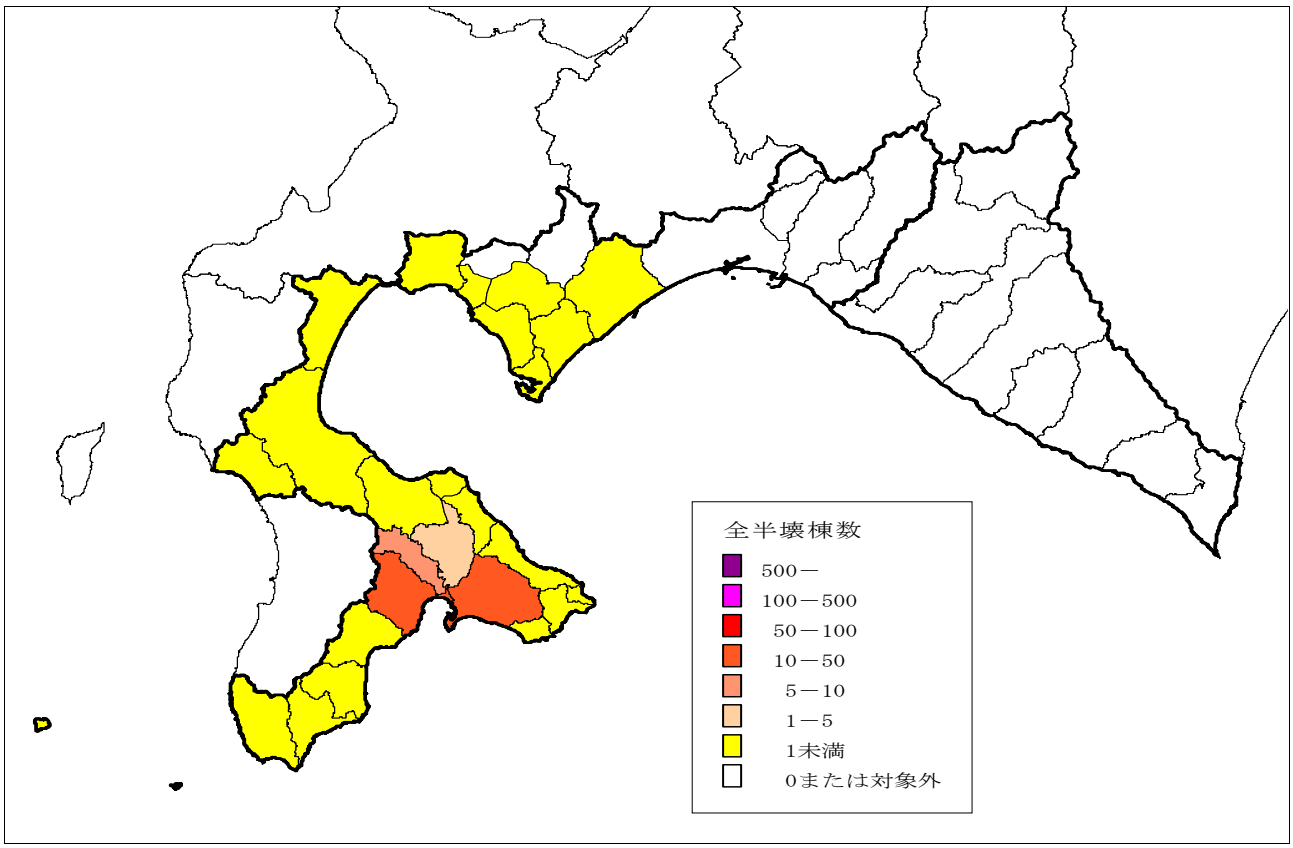

図 2-4-15　液状化による建物全半壊棟数（函館平野西縁断層帯 45_3 の地震）

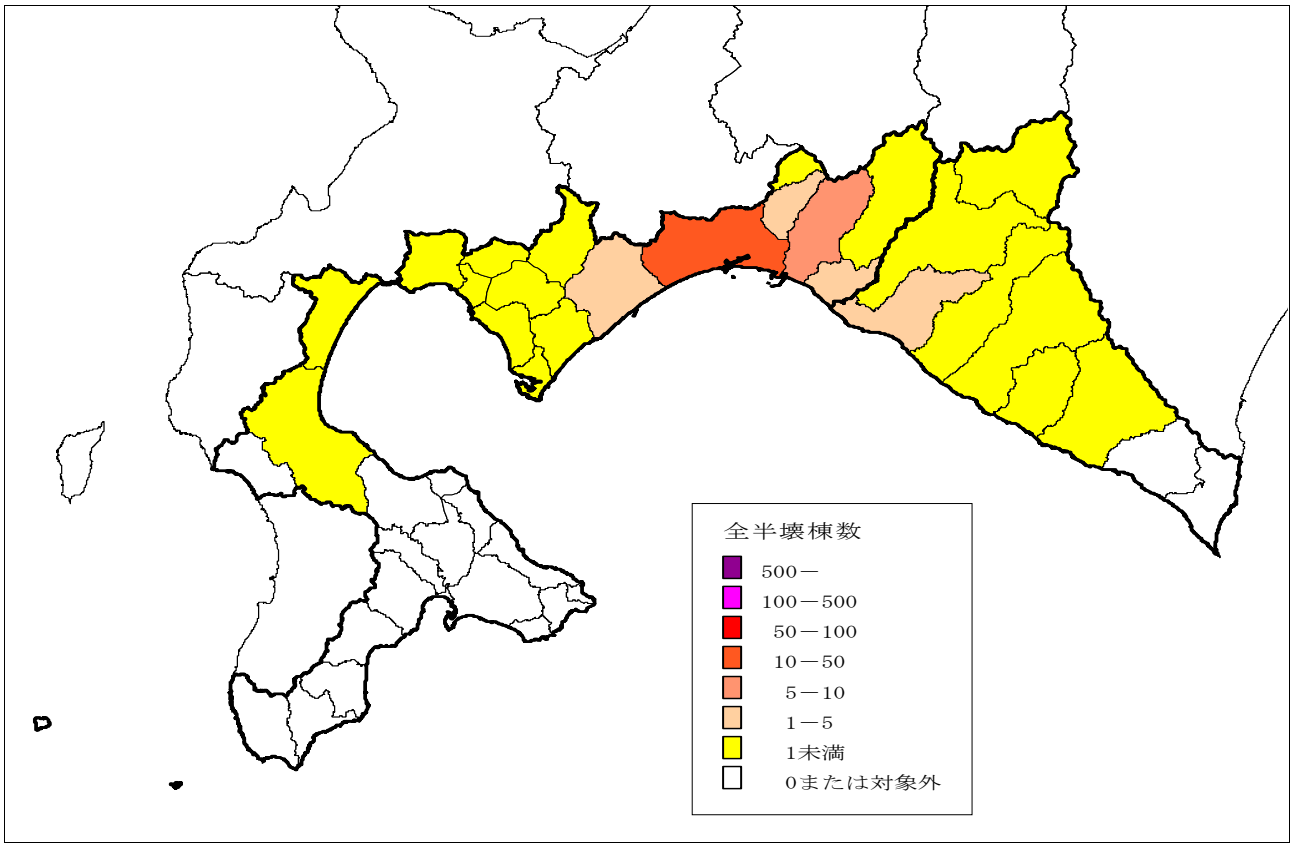

図 2-4-16　液状化による建物全半壊棟数（石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km30_5 の地震）

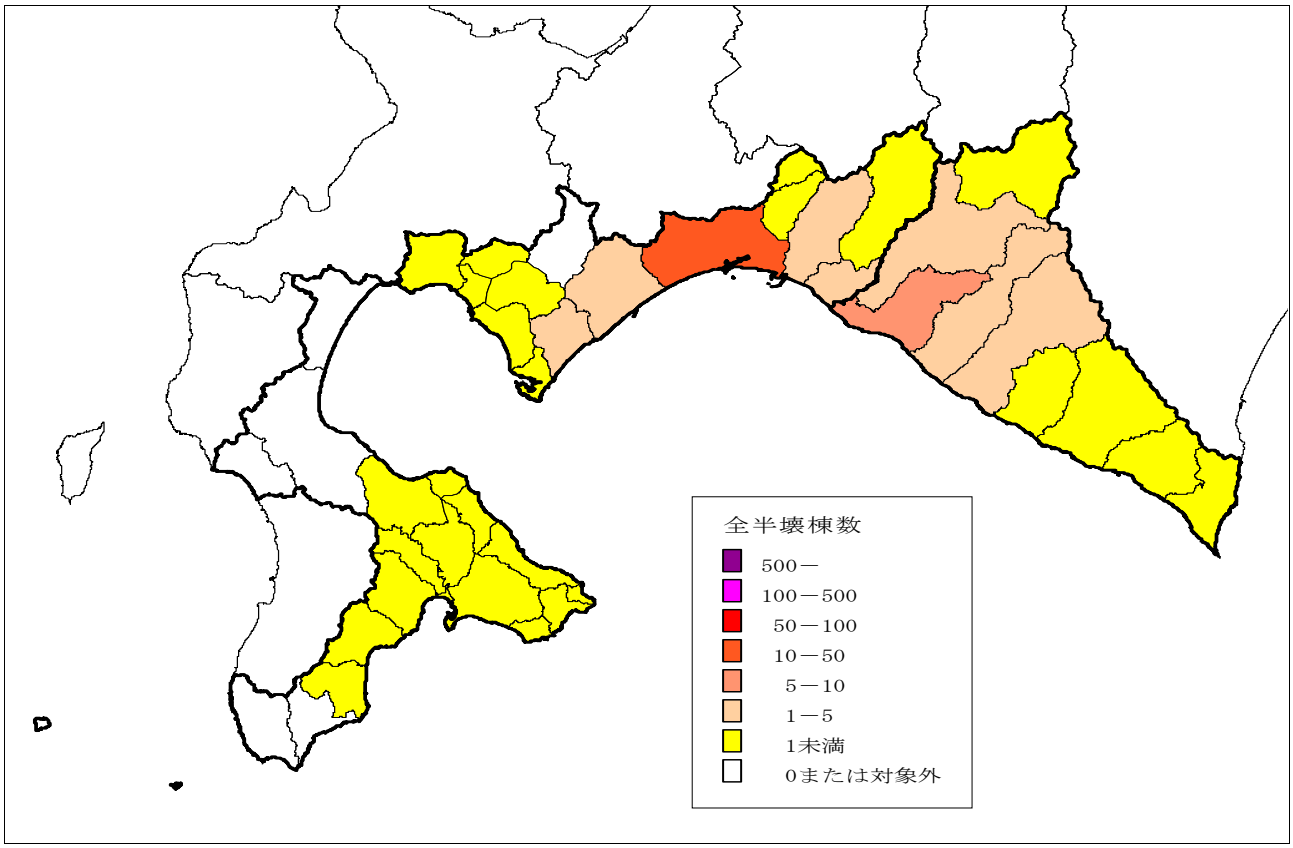

図 2-4-17　液状化による建物全半壊棟数（石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km30_2 の地震）

3)急傾斜地崩壊による建物被害の想定

①検討の流れ

急傾斜地崩壊による建築物被害は、「(3)急傾斜地崩壊の想定」によって判定した斜面崩壊危険度判定ランク及び、急傾斜地崩壊危険箇所現地調査表で把握されている影響人家戸数を使用し、棟数[7]換算して危険度ランク別崩壊確率及び震度別人家被害率を掛け合わせることで被害住家棟数を推計する。

検討の流れを図 2-4-19 に示す。

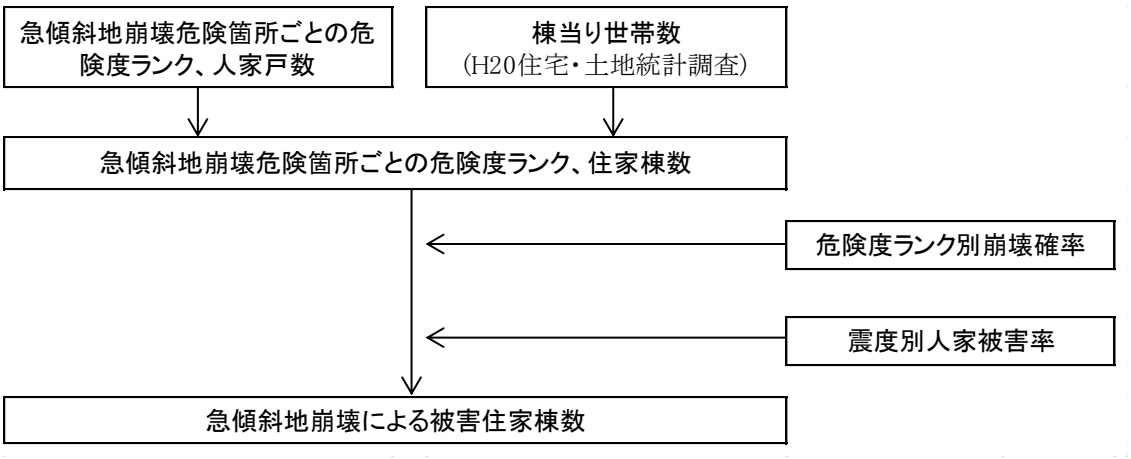

図 2-4-19　検討の流れ

②評価手法

評価手法は、危険度箇所内の人家棟数に、危険度ランク別崩壊確率及び震度分布に基づく震度別人家被害率を乗じて算出する鳥取県(2005)[8]の手法を用いる。

急傾斜地崩壊による住家被害棟数＝危険度箇所内の影響住家棟数
×危険度ランク別崩壊確率（表 2-4-8）×震度別人家被害率（表 2-4-9）

鳥取県(2005)では、宮城県沖地震(1978)での被害事例を参考に危険度ランク別崩壊確率を設定している（表 2-4-8 参照)。また、震度別人家被害率を、宮城県沖地震(1978)と伊豆大島近海地震(1978)での被害事例を参考に設定している（表 2-4-9 参照)。

表 2-4-8　危険度ランク別崩壊確率

危険度ランク	崩壊率
A（崩壊の可能性が高い）	59%
B（崩壊の可能性がある）	12%
C（崩壊の可能性が低い）	0%

表 2-4-9　震度別人家被害率

	震度階級					
	～4	5弱	5強	6弱	6強	7
全壊率	0.0%	2.5%	5.5%	8.0%	11.0%	14.0%
半壊率	0.0%	6.0%	13.0%	19.0%	26.0%	33.0%

③評価結果

被害想定結果を表2-4-10に示す。急傾斜地崩壊による住家被害は、三陸沖北部の地震で最大となり、渡島、胆振、日高を合わせて全壊棟数137棟、半壊棟数325棟となることが想定される。

また、被害棟数は、渡島では三陸沖北部の地震で最大となり全壊72棟・半壊172棟、胆振では渡島と同じく三陸沖北部の地震で最大となり全壊45棟・半壊107棟、日高では十勝沖の地震で最大となり全壊41棟・半壊98棟が想定される。それぞれの管内で最大被害となる2つの地震の全半壊棟数の合計の分布状況を図2-4-18～2-4-19に示す。

表2-4-10　急傾斜地崩壊による住家被害

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	24	56	24	57
石狩低地東縁断層帯 主部(北)･深さ7km	30_1	－	－	3	7	2	5	5	12
	45_1	－	－	3	7	2	4	5	11
石狩低地東縁断層帯主部(北)･深さ3km	30_2	－	－	4	9	3	6	6	15
	45_2	－	－	5	11	3	6	7	17
	45_3	－	－	2	4	1未満	1未満	2	5
石狩低地東縁断層帯主部(南)･深さ3km	45_2	－	－	5	11	2	4	6	15
	45_5	－	－	4	10	2	4	6	14
石狩低地東縁断層帯南部･深さ7km	30_5	0	0	11	26	5	11	16	37
石狩低地東縁断層帯南部･深さ3km	30_2	1未満	1	17	40	20	47	37	89
	30_3	1未満	1未満	19	45	11	27	31	73
	30_5	1未満	1未満	14	34	5	13	20	46
黒松内低地断層帯	30_5	4	9	4	10	0	0	8	19
	45_3	4	9	5	12	0	0	9	21
	45_4	4	10	4	9	0	0	8	19
函館平野西縁断層帯	45_2	35	84	1未満	1未満	－	－	35	84
	45_3	38	89	1未満	1未満	－	－	38	90
月寒背斜に関する断層	-	0	0	3	6	1未満	1未満	3	7
野幌丘陵断層帯	45_1	0	0	3	7	1未満	1未満	3	8
十勝沖の地震	-	8	18	9	21	41	98	58	138
三陸沖北部の地震	-	72	172	45	107	20	46	137	325
北海道南西沖の地震	No.2	57	135	43	102	1未満	2	100	238
北海道留萌沖の地震(走行N193° E)	No.1	8	19	24	56	1未満	2	33	77
北海道留萌沖の地震(走行N225° E)	No.2	7	16	25	59	1未満	2	33	77
増毛山地東縁断層帯	45_3	－	－	2	4	1未満	1	2	5
	45_5	－	－	5	11	1未満	2	5	13

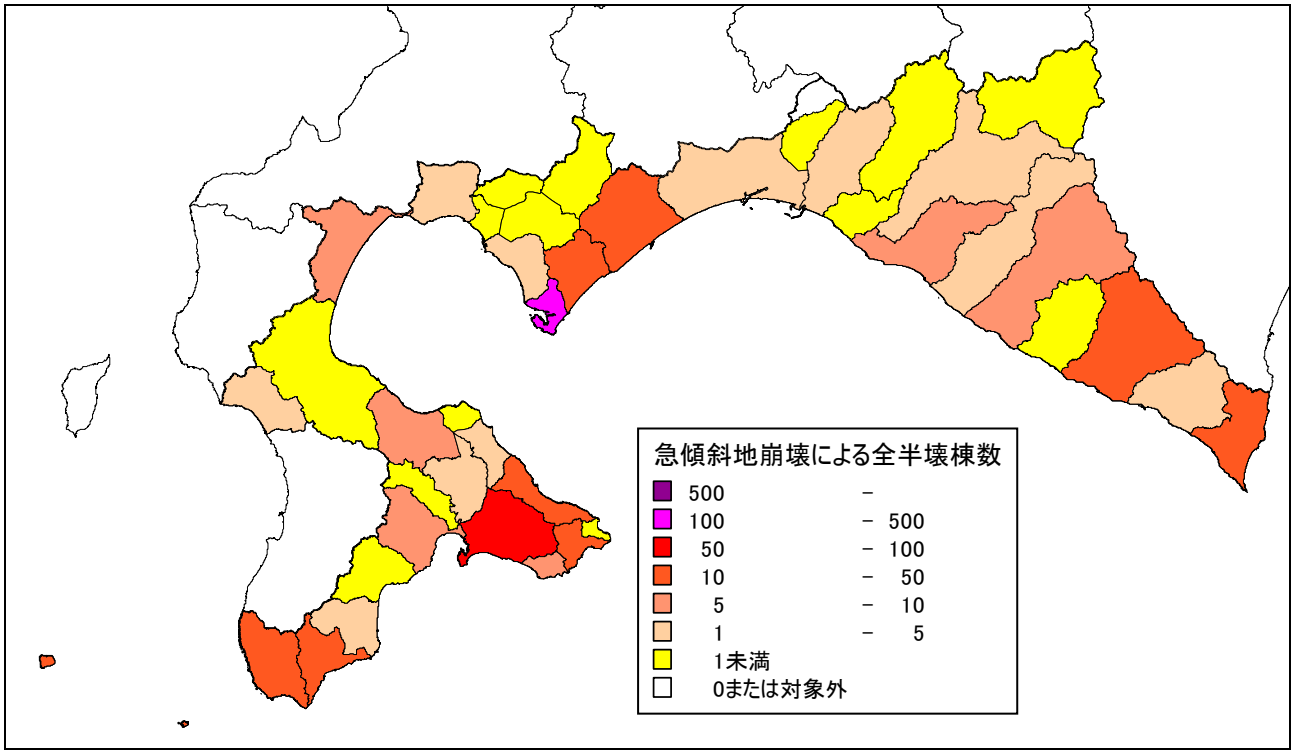

図 2-4-18　急傾斜地崩壊による住家被害の分布（三陸沖北部の地震）

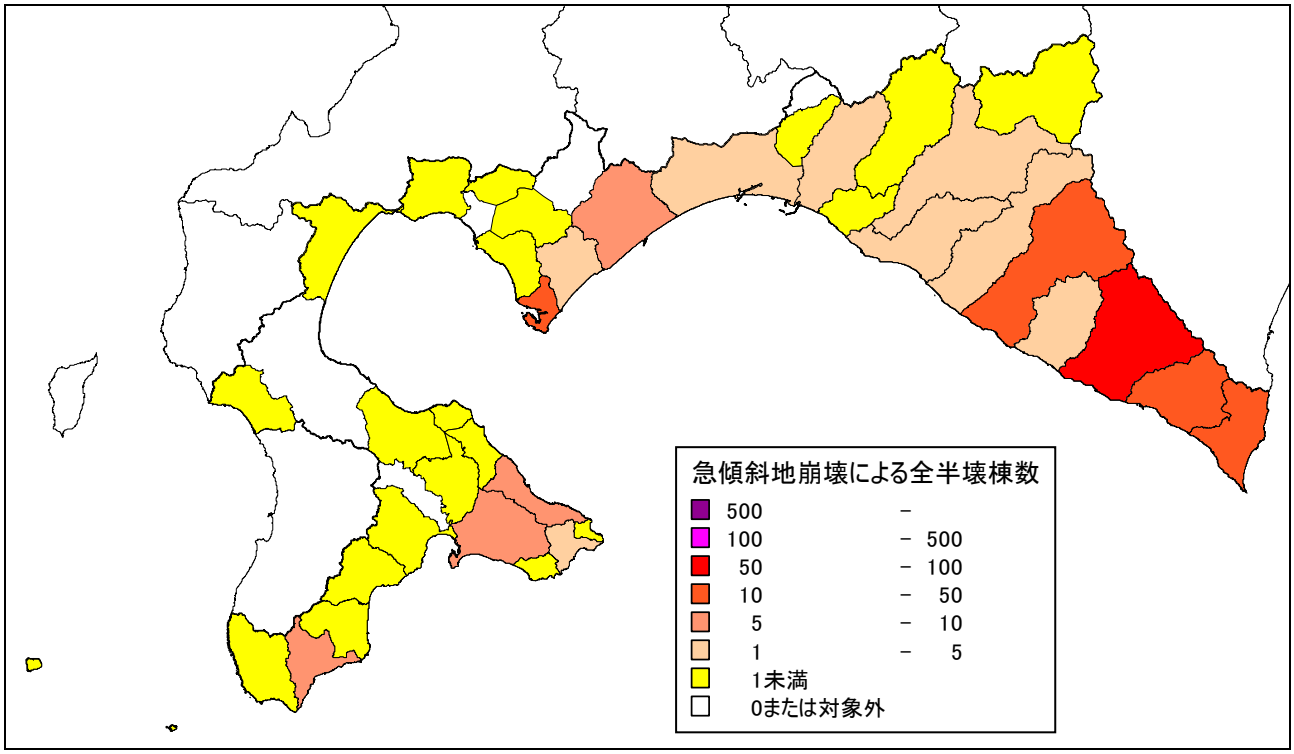

図 2-4-19　急傾斜地崩壊による住家被害の分布（十勝沖の地震）

【2-2(4)建物被害（揺れ、液状化、急傾斜地）の想定の参考文献】

1) 岡田、高井：木造建築物の損傷度関数の提案と地震防災への適用－地震動入力を確定的に扱う場合－，日本建築学会構造系論文集第 582 号，2004.
2) 竹内、岡田、戸松、南、石井：北海道の木造住宅の診断結果を考慮した建物被害予測手法の検討，日本建築学会北海道支部研究報告集，No.83，2013.6.
3) 中央防災会議・日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会:第１７回日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係る被害想定手法について，2006.1.
4) 岡田、高井：地震被害調査のための建物分類と破壊パターン,日本建築学会構造系論文集，524, pp.65-72,1999.
5) 損害保険料率算出機構：微地形区分データを用いた広域の液状化発生予測手法に関する研究，地震保険研究１５，pp74，2008.6.
6) 埼玉県：平成 19 年度埼玉県地震被害想定調査報告書，2007.
7) 総務省統計局：住宅の建て方(4 区分)、構造(2 区分)、階数(4 区分)別むね数―市区町村，住宅・土地統計調査，2008
8) 鳥取県：鳥取県地震防災調査研究報告書，2005.3,
http://www.pref.tottori.lg.jp/jishinbousaichousa/（2012.12 閲覧）

(5) 火災被害の想定

発生時刻および季節について、冬の早朝および夕方、夏の昼間を想定し、火災被害（出火件数、焼失棟数）を検討した。

①出火件数の検討の流れ

地震時に発生する全ての出火件数と家人、隣人、自主防災組織等の初期消火による効果を踏まえて、残りの組織的な消防力が必要とされる炎上出火件数を評価する。

本被害想定では、阪神・淡路大震災時の揺れによる建築物の倒壊と出火の関係に基づいた出火件数の評価手法である中央防災会議(2006) [1] の方法を用いる。

出火件数の算定の流れを図 2-5-1 に示す。

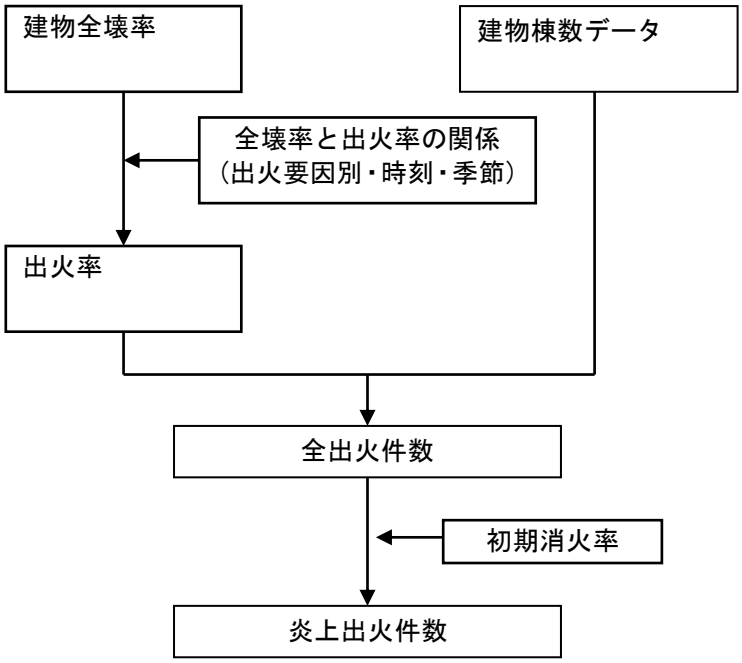

図2-5-1　出火件数の算定の流れ

※　全出火件数 ＝ 初期消火件数 ＋ 炎上出火件数

②出火件数の評価手法

全出火件数の算定手法を以下に示す。

〈全出火件数の算定式〉

全出火件数 ＝ 住家棟数 × 出火率

阪神・淡路大震災の建築物全壊と出火の関係に基づき標準出火率が設定される。

出火率 ＝ 要因別出火率 × 0.0011 × (揺れによる建物全壊率)$^{0.73}$ × 時刻係数 × 季節係数

住家からの出火を想定し、出火要因は一般火器具（ガス・コンロ・石油ストーブ等）、電熱器具（電気ストーブ・電気コンロ等）、電気機器・配線（電気製品、屋内配線）とする。一般火器具及び電熱器具は、季節や時間帯によって使用率に差が生じるため、時刻と季節を考慮する。出火要因別の出火率と時刻係数、北海道の季節係数を表 2-5-1 に示す。

表 2-5-1　要因別出火率と時刻係数、季節係数

出火要因	要因別出火率	時刻係数			季節係数（北海道）				
		5 時	12 時	18 時	春	夏	秋	冬 18 時	冬 5 時
一般火器具	16.4%	1.0	5.5	12	2.29	0.14	2.29	3.01	3.33
電熱器具	32.7%								
電気機器・配線	32.6%	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

出火率の算定式と表 3-4-1 から要因別の出火率は、

a）一般火器具

出火率 a ＝ R_1 × (揺れによる建物全壊率)$^{0.73}$

ただし R_1 は、冬 5 時：0.00060、夏 12 時：0.00014、冬 18 時：0.00652

b）電熱器具

出火率 b ＝ R_2 × (揺れによる建物全壊率)$^{0.73}$

ただし R_2 は、冬 5 時：0.00120、夏 12 時：0.00028、冬 18 時：0.01299

c）電気機器・配線

出火率 c ＝ 0.00036 × (揺れによる建物全壊率)$^{0.73}$

以上から出火率は、各火災要因別の出火率を合計した値となる。全出火件数の算定手法を以下に示す。

出火率 ＝ 出火率 a ＋ 出火率 b ＋ 出火率 c

炎上出火件数の算定手法を以下に示す。

〈炎上出火数の算定式〉

炎上出火件数 ＝（1 － 初期消火率）×（全出火件数）

表 2-5-2　初期消火率

震　度	初期火率
震度５弱～５強	78.6%
震度６弱～６強	51.8%
震度７	43.9%

③出火件数の想定結果

想定した季節・時刻毎の出火件数（全出火件数、炎上出火件数）の計算結果を表 2-5-3～5 に示す。

出火件数が最大となる冬の夕方において、炎上出火件数は、渡島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 38 件、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 39 件、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 11 件が想定される。

表 2-5-3　出火件数（冬の早朝）

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	
		全出火件数	炎上出火件数	全出火件数	炎上出火件数	全出火件数	炎上出火件数	全出火件数	炎上出火件数
十勝平野断層帯主部	45_2	－	－	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満
石狩低地東縁断層帯主部(北)・深さ 7km	30_1	－	－	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満
	45_1	－	－	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満
石狩低地東縁断層帯主部(北)・深さ 3km	30_2	－	－	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満
	45_2	－	－	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満
	45_3	－	－	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満
石狩低地東縁断層帯主部(南)・深さ 3km	45_2	－	－	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満
	45_5	－	－	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満
石狩低地東縁断層帯南部・深さ 7km	30_5	0	0	4	2	1未満	1未満	4	2
石狩低地東縁断層帯南部・深さ 3km	30_2	1未満	1未満	5	3	2	1	7	4
	30_3	1未満	1未満	7	4	2	1未満	9	5
	30_5	0	0	8	4	1未満	1未満	9	4
黒松内低地断層帯	30_5	1	1未満	1未満	1未満	0	0	1	1未満
	45_3	1未満	1未満	1未満	1未満	0	0	1未満	1未満
	45_4	2	1未満	1未満	1未満	0	0	2	1未満
函館平野西縁断層帯	45_2	6	3	0	0	－	－	6	3
	45_3	8	4	1未満	1未満	－	－	8	4
月寒背斜に関する断層	-	0	0	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満
野幌丘陵断層帯	45_1	0	0	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満
十勝沖の地震	-	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満
三陸沖北部の地震	-	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1	1未満
北海道南西沖の地震	No.2	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1	1未満
北海道留萌沖の地震(走行 N193° E)	No.1	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満
北海道留萌沖の地震(走行 N225° E)	No.2	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満
増毛山地東縁断層帯	45_3	－	－	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満
	45_5	－	－	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満

表 2-5-4　出火件数（夏の昼間）

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	
		全出火件数	炎上出火件数	全出火件数	炎上出火件数	全出火件数	炎上出火件数	全出火件数	炎上出火件数
十勝平野断層帯主部	45_2	－	－	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
石狩低地東縁断層帯 主部(北)･深さ 7km	30_1	－	－	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
	45_1	－	－	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
石狩低地東縁断層帯主部(北)･深さ 3km	30_2	－	－	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
	45_2	－	－	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
	45_3	－	－	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
石狩低地東縁断層帯主部(南)･深さ 3km	45_2	－	－	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
	45_5	－	－	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
石狩低地東縁断層帯南部･深さ 7km	30_5	0	0	1	1 未満	1 未満	1 未満	1	1 未満
石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km	30_2	1 未満	1 未満	2	1 未満	1 未満	1 未満	3	1
	30_3	1 未満	1 未満	3	1	1 未満	1 未満	3	2
	30_5	0	0	3	2	1 未満	1 未満	3	2
黒松内低地断層帯	30_5	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	0	0	1 未満	1 未満
	45_3	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	0	0	1 未満	1 未満
	45_4	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	0	0	1 未満	1 未満
函館平野西縁断層帯	45_2	2	1	0	0	－	－	2	1
	45_3	3	1	1 未満	1 未満	－	－	3	1
月寒背斜に関する断層	-	0	0	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
野幌丘陵断層帯	45_1	0	0	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
十勝沖の地震	-	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
三陸沖北部の地震	-	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
北海道南西沖の地震	No.2	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
北海道留萌沖の地震(走行 N193° E)	No.1	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
北海道留萌沖の地震(走行 N225° E)	No.2	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
増毛山地東縁断層帯	45_3	－	－	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
	45_5	－	－	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満

表 2-5-5　出火件数（冬の夕方）

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	
		全出火件数	炎上出火件数	全出火件数	炎上出火件数	全出火件数	炎上出火件数	全出火件数	炎上出火件数
十勝平野断層帯主部	45_2	－	－	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
石狩低地東縁断層帯 主部(北)･深さ 7km	30_1	－	－	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
	45_1	－	－	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
石狩低地東縁断層帯主部(北)･深さ 3km	30_2	－	－	2	1	1 未満	1 未満	2	1
	45_2	－	－	2	1	1 未満	1 未満	2	1
	45_3	－	－	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
石狩低地東縁断層帯主部(南)･深さ 3km	45_2	－	－	6	3	1 未満	1 未満	6	3
	45_5	－	－	4	2	1 未満	1 未満	4	2
石狩低地東縁断層帯南部･深さ 7km	30_5	0	0	35	17	2	1	37	18
石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km	30_2	1 未満	1 未満	46	24	21	11	67	35
	30_3	1 未満	1 未満	65	34	15	7	80	41
	30_5	0	0	76	39	4	2	80	41
黒松内低地断層帯	30_5	10	5	1 未満	1 未満	0	0	10	5
	45_3	8	4	1 未満	1 未満	0	0	8	4
	45_4	18	9	1 未満	1 未満	0	0	18	9
函館平野西縁断層帯	45_2	55	29	0	0	－	－	55	29
	45_3	71	38	1 未満	1 未満	－	－	71	38
月寒背斜に関する断層	-	0	0	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
野幌丘陵断層帯	45_1	0	0	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
十勝沖の地震	-	1 未満	1 未満	2	1 未満	2	1 未満	4	2
三陸沖北部の地震	-	4	2	6	3	1 未満	1 未満	11	5
北海道南西沖の地震	No.2	9	4	3	1	1 未満	1 未満	11	5
北海道留萌沖の地震(走行 N193° E)	No.1	1	1 未満	2	1 未満	1 未満	1 未満	3	1
北海道留萌沖の地震(走行 N225° E)	No.2	1 未満	1 未満	2	1 未満	1 未満	1 未満	3	1
増毛山地東縁断層帯	45_3	－	－	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
	45_5	－	－	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満

④焼失棟数の検討の流れ

延焼による火災被害（焼失棟数）の計算方法としては、市街地をメッシュ区画に分割して予測する手法や建物単体のデータを用いる手法がある。メッシュ区画に基づいた方法では、メッシュ内は均一な市街地として扱われ、大規模空地など延焼遮断効果が反映されにくい。また出火点の位置を仮定する必要があり、位置により被害数が変わる。

ここでは、建物の延焼限界距離や隣棟間隔など市街地の空間特性を考慮でき、出火点を仮定することなく市街地の焼失棟数の期待値を算出できる、建物単体データを用いた火災被害の計算方法として加藤ら(2006) の延焼クラスターに基づく焼失棟数の予測手法 [1)]を用いる。加藤ら(2006) の手法は、中央防災会議(2012)や東京都(2012)、横浜市(2012)などで利用されている。

延焼クラスターとは、建物構造から延焼限界距離を求め、この距離内に連坦する建物群を一体的に延焼する可能性があると見なしたものである。

図 2-5-2 に火災被害（焼失棟数）の検討の流れを示す。

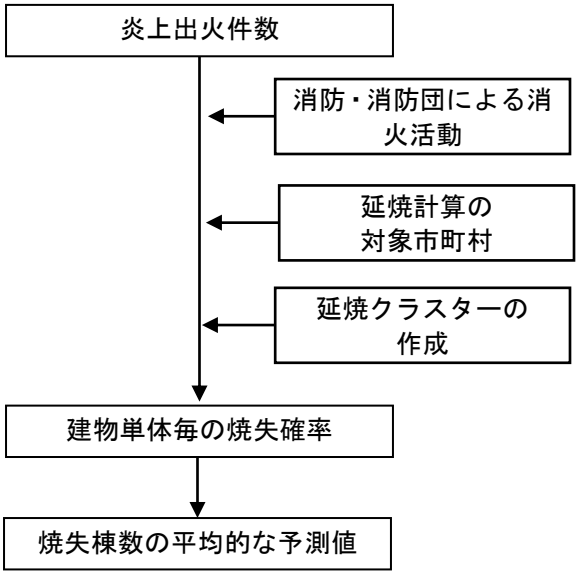

図 2-5-2　焼失棟数の検討の流れ

⑤焼失棟数の評価手法

A. 消防運用（消火可能火災件数と残火災件数）

消防運用には、風向・風速や延焼速度から火面延長を求め、現有の消防力・拠点からの到達時間などから消火可能件数を計算する方法と、消防ポンプ自動車数・小型動力ポンプ数及び消防水利数などから経験的に消火可能件数を計算するマクロ式を利用する方法とがある。

ここでは全道の火災被害をマクロに捉える観点から、中央防災会議(2012)[3]や愛知県(2003)[4]、札幌市(2008)[5]で利用されている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利用し、市町村単位の消火可能件数を算定する。

予測式を下記に示す。阪神・淡路大震災の事例（平均風速 3m/s）をもとに推計された式である。予測式は、発災１時間後に出動可能な場合の消防運用に該当する。

消火可能火災件数 ＝ 0.3 ×（消防ポンプ自動車数/2 ＋ 小型動力ポンプ数/4）
×{1 －（1 － 3.14×140^2 / 宅地面積(㎡)）^{水利数}}

残出火件数 ＝ 炎上出火件数 － 消火可能火災件数

消火可能件数を市町村毎にマクロに計算するにあたり以下の仮定を行った。

現有の消防力（消防ポンプ自動車数・小型動力ポンプ数及び消防水利数）は、「平成２４年消防年報・北海道」の統計資料を元に推計する。消防組合毎に消防力がまとめられている場合、人口規模に基づいて市町村毎に按分する。ただし、地震時には水道管破損のため消火栓は用できない可能性が高いため、消防水利数に消火栓を含まないこととする。市町村単位の市街地面積（宅地面積）は、市町村毎の統計値がないことから、全道の宅地面積（平成２４年度土地所有・利用の概況、国土交通省土地・建設産業局土地市場課資料）を収集した建物棟数で按分することで推計する。

B. 延焼計算の対象市町村

出火が火災延焼に繋がる恐れのある建物密度の高い地域として、市町村の境域内で人口密度の高い地域として設定された人口集中地区（DID）を含む都市計画区域（ゾーン区域）を選定した。渡島管内の函館市、北斗市、七飯町、八雲町、胆振管内の伊達市、室蘭市、登別市、白老町、苫小牧市、日高管内の新ひだか町の 10 地域である。

上記市町村の該当地域は都市計画基礎調査により建物単体データが整備されており、想定地震により残火災件数が見込まれる場合は、延焼クラスターに基づく焼失棟数の予測を行う。

上記以外の市町村は、基本的に延焼しないとし、炎上出火件数をそのまま焼失棟数とする。

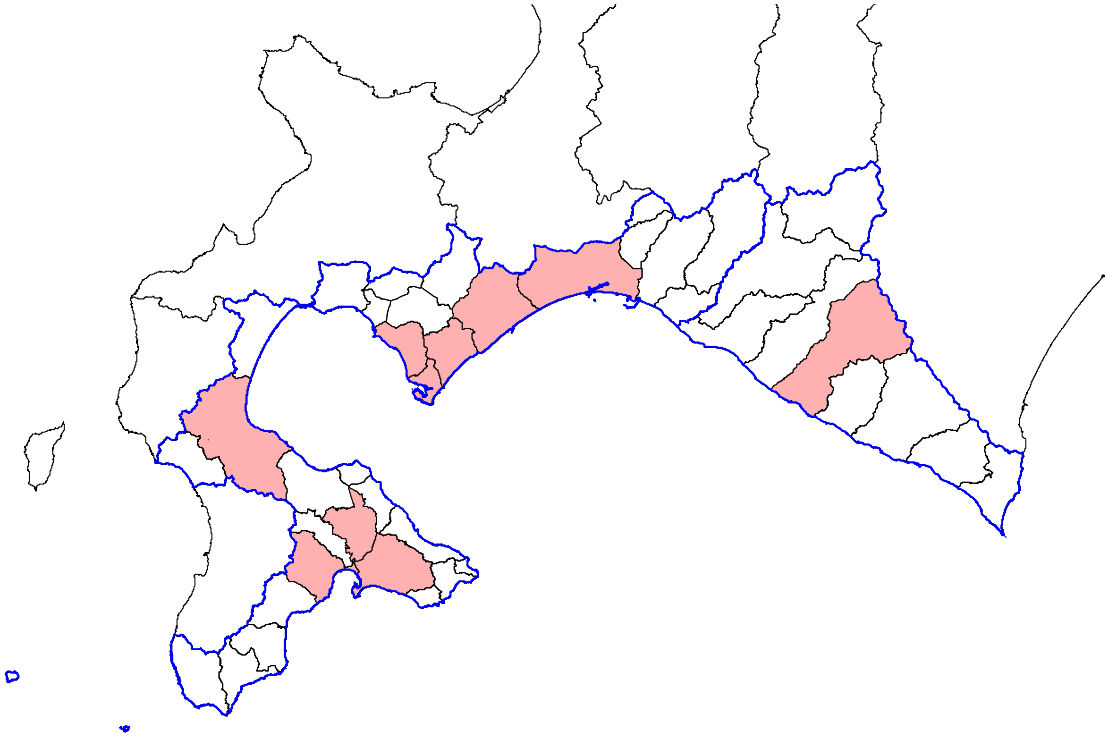

図 2-5-3　人口集中地区（DID）を含む都市計画区域をもつ市町村

C. 延焼クラスターの作成

各地域の都市計画基礎調査の建物単体データを用いて、延焼クラスターを作成する。

a. 構造の推定

延焼限界距離を計算するために、建物単体データを「裸木造」「防火造」「準耐火造」「耐火造」に分類する。都市計画基礎調査の構造分類は「木造」「簡易耐火造」「耐火造」「不明」であるため、以下のとおりに仮定する。

・「簡易耐火造」は「準耐火造」

・「木造」は、昭和 35 年（1960 年）以前を「裸木造」、昭和 36 年（1961 年）以降を「防火造」と仮定する。年代が不明な木造は安全側に判断し「裸木造」とする。

・「不明」は建築面積から仮定する。40 ㎡以下は置き物置や置き車庫が多いことから「準耐火造」、平屋の木造住宅や長屋の建築面積を考慮し 40 ㎡から 400 ㎡までを木造、400 ㎡以上を「耐火造」と仮定する。

b. 延焼限界距離の計算

国土交通省総合技術開発プロジェクト「まちづくりにおける防災性能評価・対策技術の開発（平成10～14 年度)」[6)]で示された各構造の延焼限界距離の算定式を用いる。

○裸木造：

$$D = 12 \cdot \left(\frac{a}{10}\right)^{0.442} = 4.34 \cdot a^{0.442} \quad [\mathrm{m}]$$

○防火造：

$$D = 6 \cdot \left(\frac{a}{10}\right)^{0.322} = 2.86 \cdot a^{0.322} \quad [\mathrm{m}]$$

○準耐火造：

$$D = 3 \cdot \left(\frac{a}{10}\right)^{0.181} = 1.98 \cdot a^{0.181} \quad [\mathrm{m}]$$

○耐火造：

$$D = 0 \quad [\mathrm{m}]$$

＊建築面積を A[㎡]とすると a＝√A

ここで、耐火造の延焼限界距離を 0m としているが、これは耐火造を空地と同等の防火的機能を有するものと考えることによる。

c. バッファーによるクラスターの作成

市街地の中で各建物から構造・規模に応じて延焼限界距離の半分のバッファーを発生させ、その論理的和集合を取ることにより、それぞれの建物間に延焼経路を持つクラスターを作成する。

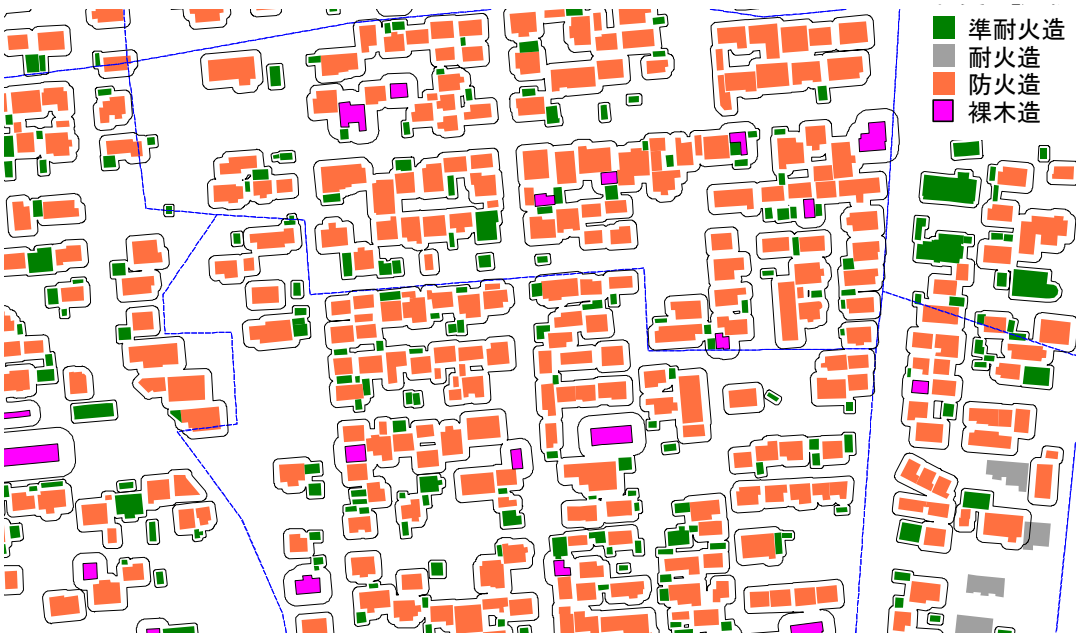

図 2-5-4　延焼クラスターの例

D. 焼失棟数の予測

以下の方法で、焼失棟数の平均的な予測値を計算する。

a. 評価単位ごとの炎上出火件数から、建物単体の出火確率を設定する。

b. 建物の焼失確率は、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、次の式で求められる。

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

c. 集計単位（評価単位など）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 の総和に等しくなることから、次の式で求められる。

$$\chi = \sum P$$

⑥焼失棟数の想定結果

想定した季節・時刻毎の焼失棟数の計算結果を表 2-5-6～8 に示す。

焼失棟数が最大となる冬の夕方において、渡島では函館平野西縁断層帯 45_3 の地震で被害が最大となり焼失棟数 196 棟、胆振では石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km30_5 の地震で最大となり焼失棟数 202 棟、日高では石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km30_2 の地震で最大となり焼失棟数 12 棟が想定される。

それぞれの管内で最大被害となる３つの地震の焼失棟数の分布を図 2-5-6～8 に示す。

表 2-5-6　焼失棟数（冬の早朝）

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
		焼失棟数	焼失棟数	焼失棟数	焼失棟数
十勝平野断層帯主部	45_2	－	1 未満	1 未満	1 未満
石狩低地東縁断層帯 主部(北)･深さ 7km	30_1	－	1 未満	1 未満	1 未満
	45_1	－	1 未満	1 未満	1 未満
石狩低地東縁断層帯主部(北)･深さ 3km	30_2	－	1 未満	1 未満	1 未満
	45_2	－	1 未満	1 未満	1 未満
	45_3	－	1 未満	1 未満	1 未満
石狩低地東縁断層帯主部(南)･深さ 3km	45_2	0	1 未満	1 未満	1 未満
	45_5	0	1 未満	1 未満	1 未満
石狩低地東縁断層帯南部･深さ 7km	30_5	0	8	1 未満	8
石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km	30_2	1 未満	5	1	6
	30_3	1 未満	11	1 未満	12
	30_5	0	20	1 未満	20
黒松内低地断層帯	30_5	1 未満	1 未満	0	1 未満
	45_3	1 未満	1 未満	0	1 未満
	45_4	1 未満	1 未満	0	1 未満
函館平野西縁断層帯	45_2	9	0	－	9
	45_3	14	1 未満	－	14
月寒背斜に関する断層	-	0	1 未満	1 未満	1 未満
野幌丘陵断層帯	45_1	0	1 未満	1 未満	1 未満
十勝沖の地震	-	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
三陸沖北部の地震	-	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
北海道南西沖の地震	No.2	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
北海道留萌沖の地震(走行 N193° E)	No.1	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
北海道留萌沖の地震(走行 N225° E)	No.2	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
増毛山地東縁断層帯	45_3	－	1 未満	1 未満	1 未満
	45_5	－	1 未満	1 未満	1 未満

表 2-5-7　焼失棟数（夏の昼間）

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
		焼失棟数	焼失棟数	焼失棟数	焼失棟数
十勝平野断層帯主部	45_2	－	1 未満	1 未満	1 未満
石狩低地東縁断層帯 主部(北)･深さ 7km	30_1	－	1 未満	1 未満	1 未満
	45_1	－	1 未満	1 未満	1 未満
石狩低地東縁断層帯主部(北)･深さ 3km	30_2	－	1 未満	1 未満	1 未満
	45_2	－	1 未満	1 未満	1 未満
	45_3	－	1 未満	1 未満	1 未満
石狩低地東縁断層帯主部(南)･深さ 3km	45_2	0	1 未満	1 未満	1 未満
	45_5	0	1 未満	1 未満	1 未満
石狩低地東縁断層帯南部･深さ 7km	30_5	0	1	1 未満	1
石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km	30_2	1 未満	1 未満	1 未満	1
	30_3	1 未満	2	1 未満	3
	30_5	0	5	1 未満	6
黒松内低地断層帯	30_5	1 未満	1 未満	0	1 未満
	45_3	1 未満	1 未満	0	1 未満
	45_4	1 未満	1 未満	0	1 未満
函館平野西縁断層帯	45_2	1	0	－	1
	45_3	2	1 未満	－	2
月寒背斜に関する断層	-	0	1 未満	1 未満	1 未満
野幌丘陵断層帯	45_1	0	1 未満	1 未満	1 未満
十勝沖の地震	-	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
三陸沖北部の地震	-	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
北海道南西沖の地震	No.2	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
北海道留萌沖の地震(走行 N193° E)	No.1	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
北海道留萌沖の地震(走行 N225° E)	No.2	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
増毛山地東縁断層帯	45_3	－	1 未満	1 未満	1 未満
	45_5	－	1 未満	1 未満	1 未満

表 2-5-8　焼失棟数（冬の夕方）

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
		焼失棟数	焼失棟数	焼失棟数	焼失棟数
十勝平野断層帯主部	45_2	－	1 未満	1 未満	1 未満
石狩低地東縁断層帯 主部(北)･深さ 7km	30_1	－	1 未満	1 未満	1 未満
	45_1	－	1 未満	1 未満	1 未満
石狩低地東縁断層帯主部(北)･深さ 3km	30_2	－	4	1 未満	4
	45_2	－	4	1 未満	4
	45_3	－	1 未満	1 未満	1 未満
石狩低地東縁断層帯主部(南)･深さ 3km	45_2	0	7	1 未満	7
	45_5	0	5	1 未満	5
石狩低地東縁断層帯南部･深さ 7km	30_5	0	94	1	95
石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km	30_2	1 未満	65	12	77
	30_3	1 未満	123	7	131
	30_5	0	202	2	204
黒松内低地断層帯	30_5	5	1 未満	0	5
	45_3	4	1 未満	0	4
	45_4	9	1 未満	0	9
函館平野西縁断層帯	45_2	122	0	－	122
	45_3	196	1 未満	－	196
月寒背斜に関する断層	-	0	1 未満	1 未満	1 未満
野幌丘陵断層帯	45_1	0	1	1 未満	1
十勝沖の地震	-	1 未満	3	1 未満	4
三陸沖北部の地震	-	2	12	1 未満	14
北海道南西沖の地震	No.2	5	1	1 未満	7
北海道留萌沖の地震(走行 N193° E)	No.1	1 未満	1 未満	1 未満	1
北海道留萌沖の地震(走行 N225° E)	No.2	1 未満	3	1 未満	3
増毛山地東縁断層帯	45_3	－	1 未満	1 未満	1 未満
	45_5	－	1 未満	1 未満	1 未満

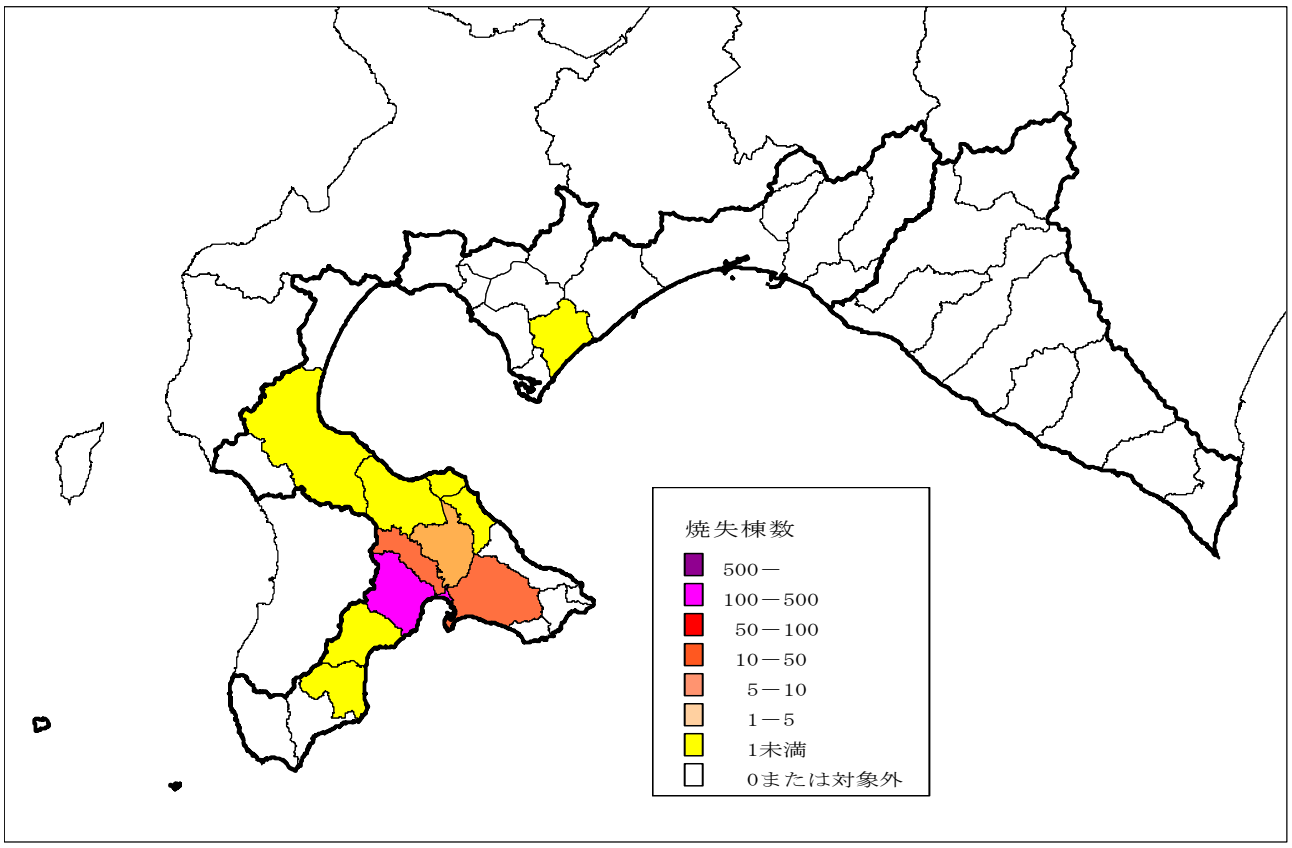

図 2-5-5　火災による建物焼失棟数（函館平野西縁断層帯 45_3 の地震・冬の夕方）

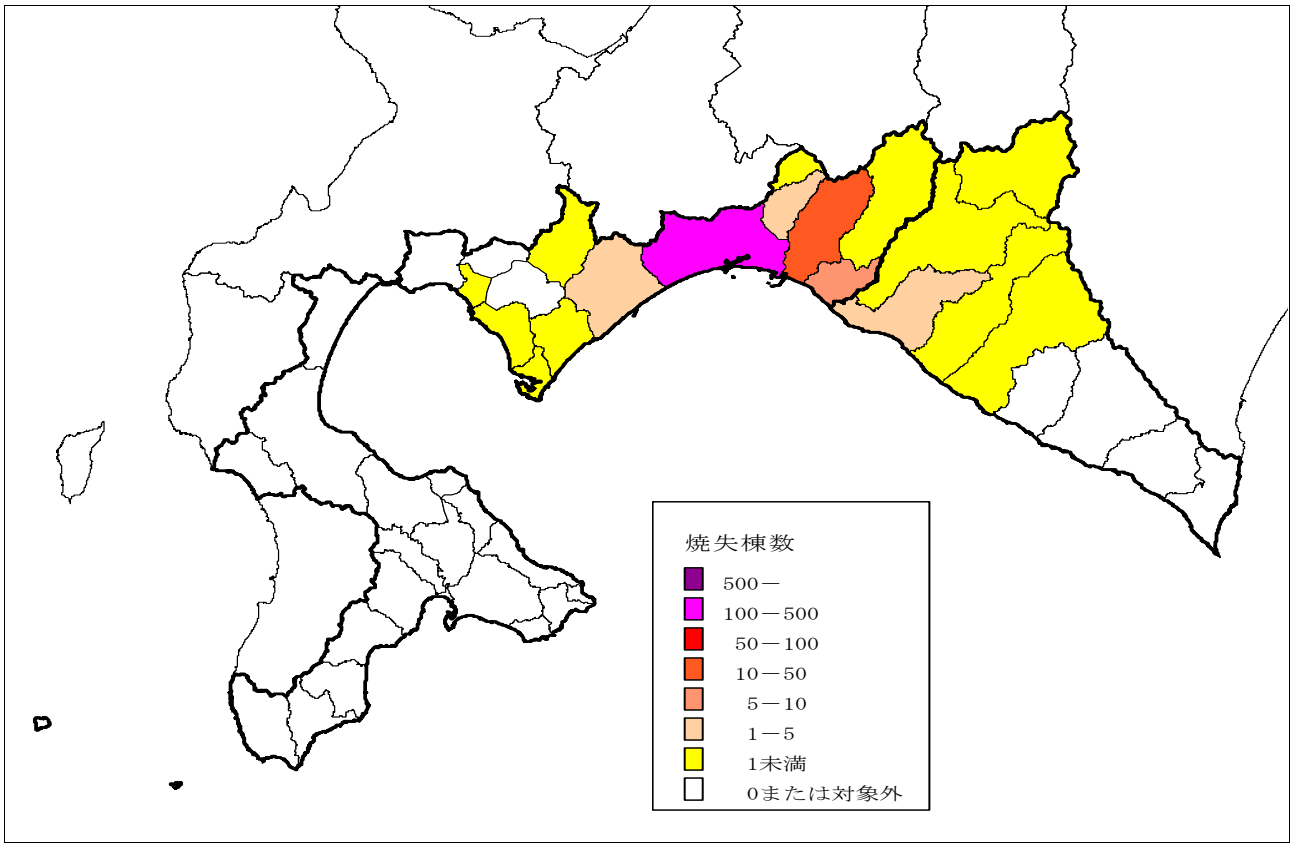

図 2-5-6　火災による建物焼失棟数（石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km 30_5 の地震・冬の夕方）

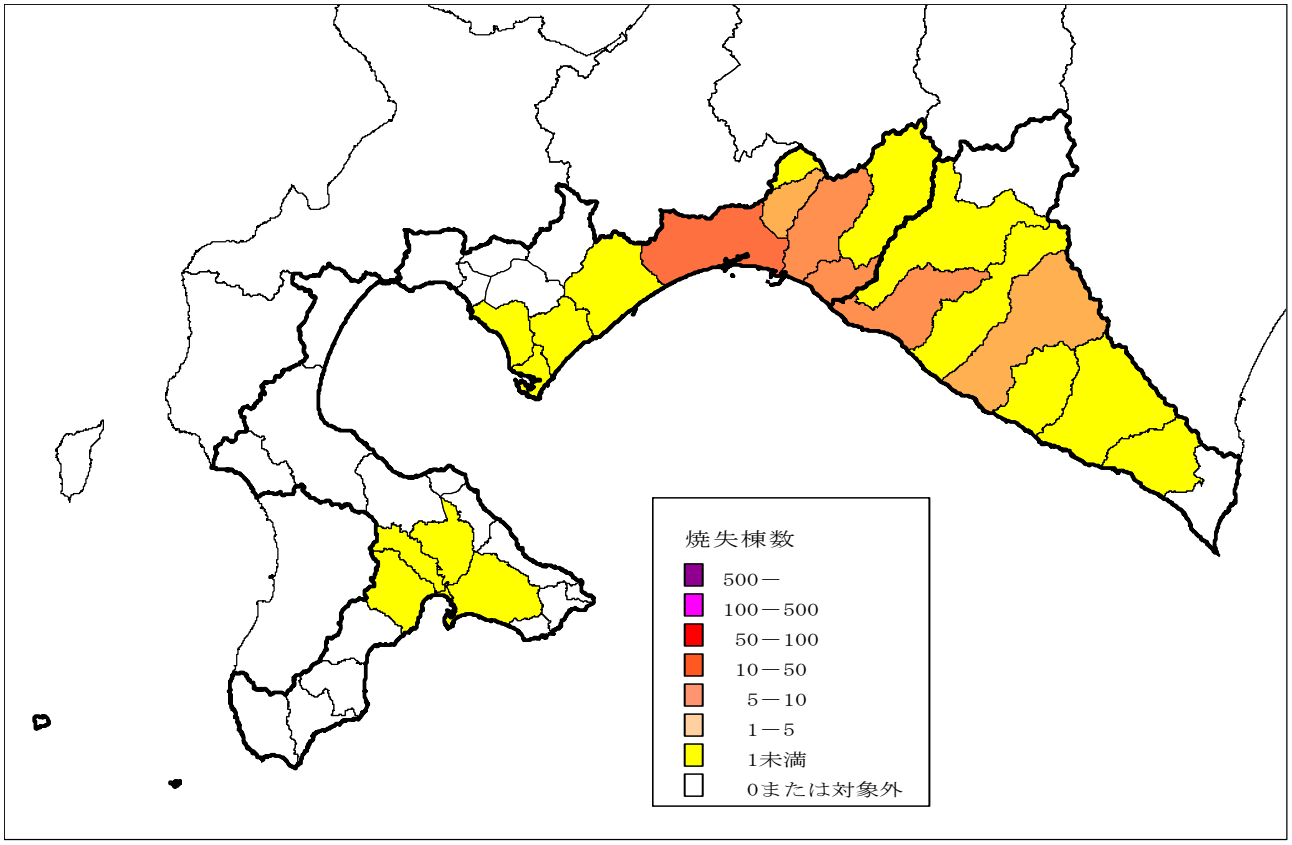

図 2-5-7　火災による建物焼失棟数（石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km 30_2 の地震・冬の夕方）

【2-2(5)火災被害の想定の参考文献】

1) 中央防災会議・日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会:第１７回日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係る被害想定手法について、2006.1.
2) 加藤孝明・程洪・亜力坤玉素甫・山口亮・名取晶子：建物単体データを用いた全スケール対応・出火確率統合型の地震火災リスクの評価手法の構築、地域安全学会論文集 No.8、2006 .
3) 中央防災会議・防災対策推進検討会議・南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ：南海トラフ巨大地震の被害想定について（第一次報告）資料 2-1 南海トラフの巨大地震建物被害・人的被害の被害想定項目及び手法の概要、2012.8.29.
4) 愛知県防災会議地震部会：愛知県東海地震・東南海地震等被害予測調査報告書－想定地震に基づく被害想定－、2003.3.
5) 札幌市：平成 19 年度地震動及び被害の評価事業報告書、2008.3.
6) 国土交通省：国土交通省総合技術開発プロジェクトまちづくりにおける防災性能評価・対策技術の開発、2003.3.
7) 戸松誠・大柳圭紀、南慎一：北海道旭川市における都市防火性能評価による防火地域・準防火地域指定基準の策定、日本建築学会計画系論文集、第 75 巻