(7) ライフライン被害の想定（上水道、下水道）

1)上水道被害の想定

①検討の流れ

i)使用する上水道データの概要

本被害想定で対象とする上水道は、市町村が管理する上水道、簡易水道、農業用雑飲用水道の埋設管渠とする。

管路データは、市町村[1)～63)]より提供された管路資料（GIS または紙データ等）にもとづき GIS データを構築した。ただし、図面の不足などにより、すべての管路データを把握しているわけではない。

被害想定の対象となる上水道管路延長を表 2-7-1 に示す。

表 2-7-1　被害想定の対象となる上水道管路延長

振興局	上水道管路延長
渡島総合振興局	2,787 km
胆振総合振興局	3,604 km
日高振興局	1,095 km

ii)検討の流れ

上水道管路の被害想定は、市町村ごと上水道管路網に標準被害率、液状化による係数、管種・管径係数を掛け合わせて被害箇所数、被害率を算出する。また、上水道被害箇所数、被害率に基づき、断水世帯数を算定するとともに、被害箇所数に基づき復旧日数を算定する。

検討のフローを図 2-7-1 に示す。

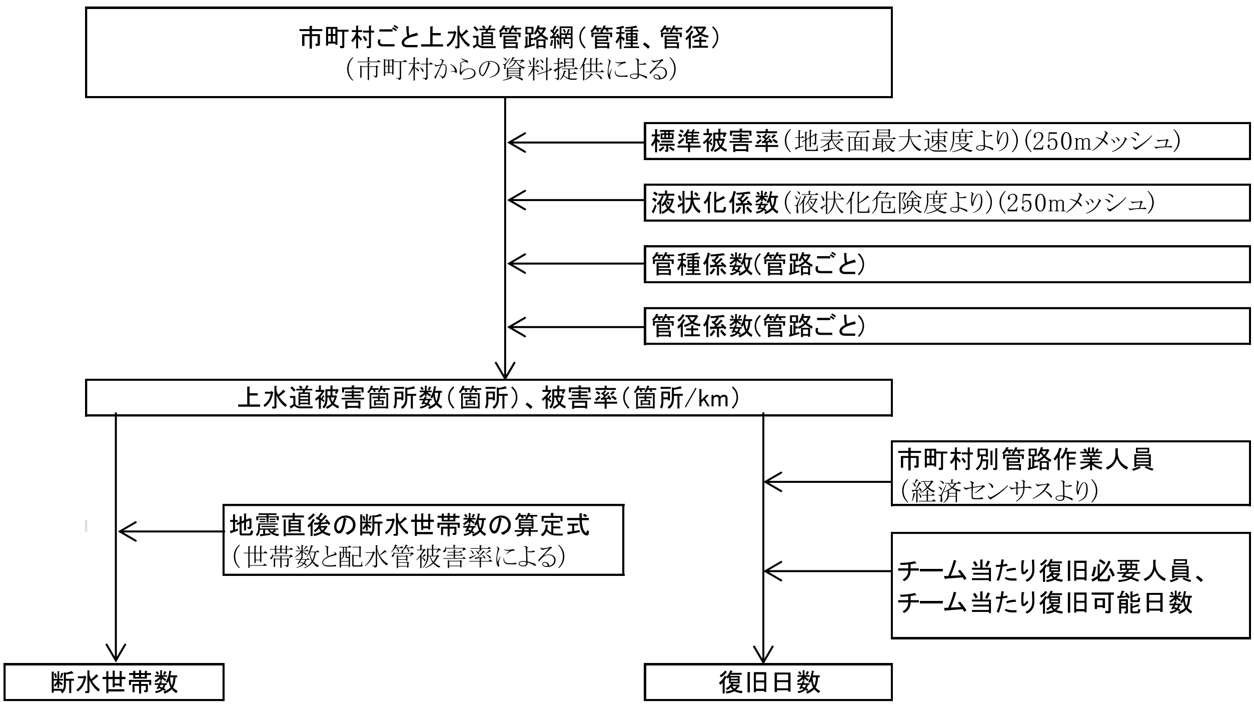

図 2-7-1　検討のフロー

②被害想定手法

i)管路被害

管路被害は、阪神・淡路大震災等の過去の震災における水道管（普通鋳鉄管）の被害データから得られた標準被害率R（箇所/km）と地表最大速度PGV（cm/sec）との関係から算出した標準被害率を用いて、液状化危険度、管種、管径による被害率の違いを加味し、管路延長（km）に乗じることで算出する。

上水道管路被害箇所数の計算式を以下に示す。

$$Nh = R \cdot L$$

$$R = R_1 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3$$

Ｎｈ：管路被害箇所数　Ｒ：被害率（箇所/km）　R_1：標準被害率（箇所/km）

C_1：液状化係数　C_2：管種係数　C_3：管径係数　Ｌ：管路延長（km）

また、標準被害率R_1の計算式[64)]を以下に示す。

$$R_1 = 2.24 \cdot 10^{-3} (PGV - 20)^{1.51}$$

PGV：地表最大速度

液状化係数C1は、日本海中部地震の被害事例より、以下の計算式で求められる。

Ｃ1＝液状化被害率（11）・液状化発生面積率＋１・（１－液状化発生面積率）

管種係数C2、管径係数C3は、表2-7-2に示すとおりである。

表2-7-2　管種係数C2、管径係数C3

管　種	C2	管　径(mm)	C3
ダクタイル鋳鉄管	0.3	～75	2.00
		100　～450	1.00
		500　～900	0.30
		1000　～	0.15
鋳鉄管	1.0	～75	1.70
		100　～250	1.20
		300　～900	0.40
		1000　～	0.15
鋼　管	0.3	～75	2.80
		100　～250	1.40
		300　～	0.80
塩化ビニール管	1.5	～75	1.00
		100　～250	0.80
石綿セメント管	3.0	～75	2.30
		100　～250	0.90
		300　～	0.40
ポリエチレン管	0.1	～1200	1.00
		1200　～	0.50

ii)断水世帯数

断水世帯数は、評価単位を単位として、阪神・淡路大震災を含む近年の地震による各市町村の配水管の物的被害率と地震直後の断水率の関係から得られた式（川上, 1996）[65]で算出した断水世帯率に世帯数を乗じて算出する。

地震発生直後　$y0 = H \cdot 1/(1 + 0.0473 \cdot R^{-1.61})$

1 日後　$y1 = H \cdot 1/(1 + 0.307 \cdot R^{-1.17})$

2 日後　$y2 = H \cdot 1/(1 + 0.319 \cdot R^{-1.18})$

y：断水世帯数　H：世帯数（国勢調査の世帯人員で人口を除して算出）

R：被害率（箇所/km）

iii)復旧日数

復旧日数は、埼玉県(1998)[66]等で用いられている水道管の管径別復旧効率及び必要人員を用いて、管路の被害箇所数及び各自治体で動員可能な復旧作業員数から復旧期間を予測する。

復旧は、管径を 3 段階に分け、復旧作業必要人員の合計および 1 件当たり復旧作業時間を適用して復旧に必要な時間を算出し、1 日当たりの作業時間を 8 時間として復旧日数を算出する（表 2-7-3 参照)。

表 2-7-3　復旧作業必要人員、1 件当り復旧作業時間（埼玉県(1998)等）

区　　分	復旧作業必要人員(職員数)	復旧作業必要人員(作業員数)	復旧作業必要人員合計	1 件当り復旧作業時間(h)
φ400mm 以上	4	12	16	63
φ100～350mm	2	6	8	13
φ100mm 未満	0.5	3	3.5	4

作業員は、北海道における上水道工事業者及び管路工事業者数の総数（経済センサス, 2009）[67]（表 2-7-4 参照）とするが、作業員のうちすべてが災害後に作業を行うことは難しいことから、総数のうち応急的な上水道の復旧に当たることができる割合を作業人員の１／４、または１／２と想定した場合の復旧日数を算出する。なお、作業員は、管内ごとの被害箇所数に応じて配分されることとする。

冬期の復旧工事遅延の影響については、復旧効率が夏期の 7 割（札幌市, 2012）[68]とする。

表 2-7-4　上水道作業員　（人）

振興局	上水道業と管工事業の合計
渡島管内	1,404
胆振管内	1,845
日高管内	195
（以下参考）	
十勝管内	1,164
釧路管内	1,007
根室管内	262
石狩管内	9,231
檜山管内	112
後志管内	683
上川管内	1,920
オホーツク管内	1,052
空知管内	939
留萌管内	132
宗谷管内	219
上水道作業員全道合計	20,165

（平成 21 年経済センサス-基礎調査　参考表　第３表　産業（小）別民営事業所数，従業者数－市区町村）[67)]

③被害想定結果

被害想定結果を表 2-7-5～2-7-7 に示す。上水道管路の被害は、石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km30_3 の地震で最大となり、渡島、胆振、日高を合わせて被害箇所数 2,291 箇所、発災 1 日後の断水世帯数 37,418 世帯となることが想定される。一方、1 日後の断水世帯数が最大となるのは石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km30_5 の地震であり、渡島、胆振、日高を合わせて管路の被害箇所は 2,005 箇所、断水世帯数は 41,779 世帯となることが想定される。

管内ごとの上水道被害箇所数は、渡島では函館平野西縁断層帯 45_3 の地震で最大となり上水道被害箇所数 790 箇所･発災 1 日後の断水世帯数 28,196 世帯、胆振では石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km30_3 の地震で最大となり上水道被害箇所数 1,867 箇所・発災 1 日後の断水世帯数 34,045 世帯（ただし断水世帯数が最大となる地震は石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km30_5 であり上水道被害箇所数 1,864 箇所・発災 1 日後の断水世帯数 39,787 世帯）、また、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上水道被害箇所数 583 箇所・発災 1 日後の断水世帯数 5,015 世帯となることが想定される。それぞれの管内で被害最大となる 3 つの地震の上水道被害箇所数及び断水世帯数の分布を図 2-7-2～2-7-7 に示す。

また、上水道の復旧日数は、石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km30_2 の地震で日高管内が最大となり、すべてが復旧するまで最短は冬期以外で復旧人員として管内作業員数の 1/2 を確保できた場合で 74.6 日間、最長は冬期の工事遅延の影響を受け、かつ復旧人員として管内作業員数の 1/4 を確保した場合で 106.6 日かかることが想定される。

表 2-7-5　上水道被害箇所数及び断水世帯数

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	
		被害箇所数	断水世帯数(1日後)	被害箇所数	断水世帯数(1日後)	被害箇所数	断水世帯数(1日後)	被害箇所数	断水世帯数(1日後)
十勝平野断層帯主部	45_2	−	−	1未満	10	32	879	32	889
石狩低地東縁断層帯 主部(北)・深さ7km	30_1	−	−	81	3,566	2	52	82	3,618
	45_1	−	−	84	3,953	1	32	85	3,986
石狩低地東縁断層帯主部(北)・深さ3km	30_2	−	−	170	7,228	7	194	176	7,422
	45_2	−	−	165	7,382	6	161	171	7,543
	45_3	−	−	55	2,541	1未満	5	55	2,546
石狩低地東縁断層帯主部(南)・深さ3km	45_2	−	−	380	9,054	1	31	381	9,086
	45_5	−	−	317	8,379	4	104	321	8,482
石狩低地東縁断層帯南部・深さ7km	30_5	0	0	1,076	30,382	113	1,796	1,189	32,178
石狩低地東縁断層帯南部・深さ3km	30_2	1未満	7	1,462	24,917	583	5,015	2,044	29,939
	30_3	1未満	3	1,867	34,045	424	3,370	2,291	37,418
	30_5	1未満	1未満	1,864	39,787	141	1,992	2,005	41,779
黒松内低地断層帯	30_5	130	2,016	11	425	0	0	140	2,441
	45_3	111	1,731	12	473	0	0	122	2,204
	45_4	183	1,929	14	569	0	0	197	2,498
函館平野西縁断層帯	45_2	685	24,531	0	0	−	−	685	24,531
	45_3	790	28,196	1未満	1未満	−	−	790	28,196
月寒背斜に関する断層	-	0	0	55	3,448	1未満	2	55	3,449
野幌丘陵断層帯	45_1	0	0	81	4,596	1未満	3	81	4,600
十勝沖の地震	-	14	624	126	7,254	104	2,422	243	10,301
三陸沖北部の地震	-	176	11,466	270	17,902	38	1,444	484	30,812
北海道南西沖の地震	No.2	311	10,338	167	11,310	1未満	7	478	21,655
北海道留萌沖の地震(走行N193° E)	No.1	68	2,136	146	9,139	1未満	3	214	11,278
北海道留萌沖の地震(走行N225° E)	No.2	44	1,451	176	11,060	1未満	11	221	12,522
増毛山地東縁断層帯	45_3	−	−	38	2,169	1未満	4	38	2,173
	45_5	−	−	68	3,844	1未満	10	68	3,855

表 2-7-6　上水道復旧日数（冬以外）　（日）

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		最大	
		復旧日数（人員1/4)	復旧日数（人員1/2)	復旧日数（人員1/4)	復旧日数（人員1/2)	復旧日数（人員1/4)	復旧日数（人員1/2)	復旧日数（人員1/4)	復旧日数（人員1/2)
十勝平野断層帯主部	45_2	−	−	0.1 未満	0.1 未満	4.3	2.2	4.3	2.2
石狩低地東縁断層帯 主部(北)･深さ 7km	30_1	−	−	1.9	0.9	0.2	0.1	1.9	0.9
	45_1	−	−	2.0	1.0	0.1	0.1	2.0	1.0
石狩低地東縁断層帯主部(北)･深さ 3km	30_2	−	−	3.8	1.9	0.7	0.4	3.8	1.9
	45_2	−	−	3.8	1.9	0.6	0.3	3.8	1.9
	45_3	−	−	1.3	0.7	0.1 未満	0.1 未満	1.3	0.7
石狩低地東縁断層帯主部(南)･深さ 3km	45_2	−	−	7.7	3.9	0.1	0.1	7.7	3.9
	45_5	−	−	6.4	3.2	0.4	0.2	6.4	3.2
石狩低地東縁断層帯南部･深さ 7km	30_5	0.0	0.0	24.1	12.0	13.9	6.9	24.1	12.0
石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km	30_2	0.1 未満	0.1 未満	29.0	14.5	74.6	37.3	74.6	37.3
	30_3	0.1 未満	0.1 未満	38.9	19.4	54.5	27.3	54.5	27.3
	30_5	0.1 未満	0.1 未満	41.2	20.6	17.4	8.7	41.2	20.6
黒松内低地断層帯	30_5	3.6	1.8	0.2	0.1 未満	0.0	0.0	3.6	1.8
	45_3	3.2	1.6	0.2	0.1 未満	0.0	0.0	3.2	1.6
	45_4	5.4	2.7	0.2	0.1	0.0	0.0	5.4	2.7
函館平野西縁断層帯	45_2	17.9	9.0	0.0	0.0	−	−	17.9	9.0
	45_3	20.9	10.5	0.1 未満	0.1 未満	−	−	20.9	10.5
月寒背斜に関する断層	-	0.0	0.0	1.6	0.8	0.1 未満	0.1 未満	1.6	0.8
野幌丘陵断層帯	45_1	0.0	0.0	2.1	1.1	0.1 未満	0.1 未満	2.1	1.1
十勝沖の地震	-	0.3	0.2	3.1	1.6	14.4	7.2	14.4	7.2
三陸沖北部の地震	-	4.4	2.2	6.6	3.3	5.1	2.5	6.6	3.3
北海道南西沖の地震	No.2	6.8	3.4	3.6	1.8	0.1 未満	0.1 未満	6.8	3.4
北海道留萌沖の地震(走行 N193° E)	No.1	1.7	0.8	3.2	1.6	0.1 未満	0.1 未満	3.2	1.6
北海道留萌沖の地震(走行 N225° E)	No.2	1.1	0.5	4.1	2.1	0.1 未満	0.1 未満	4.1	2.1
増毛山地東縁断層帯	45_3	−	−	1.0	0.5	0.1 未満	0.1 未満	1.0	0.5
	45_5	−	−	1.8	0.9	0.1 未満	0.1 未満	1.8	0.9

表 2-7-7　上水道復旧日数（冬）　（日）

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		最大	
		復旧日数（人員1/4)	復旧日数（人員1/2)	復旧日数（人員1/4)	復旧日数（人員1/2)	復旧日数（人員1/4)	復旧日数（人員1/2)	復旧日数（人員1/4)	復旧日数（人員1/2)
十勝平野断層帯主部	45_2	－	－	0.1 未満	0.1 未満	6.2	3.1	6.2	3.1
石狩低地東縁断層帯 主部(北)・深さ 7km	30_1	－	－	2.7	1.4	0.3	0.1	2.7	1.4
	45_1	－	－	2.9	1.4	0.2	0.1	2.9	1.4
石狩低地東縁断層帯主部(北)・深さ 3km	30_2	－	－	5.5	2.7	1.1	0.5	5.5	2.7
	45_2	－	－	5.5	2.7	0.9	0.4	5.5	2.7
	45_3	－	－	1.9	0.9	0.1 未満	0.1 未満	1.9	0.9
石狩低地東縁断層帯主部(南)・深さ 3km	45_2	－	－	11.0	5.5	0.2	0.1	11.0	5.5
	45_5	－	－	9.2	4.6	0.6	0.3	9.2	4.6
石狩低地東縁断層帯南部・深さ 7km	30_5	0.0	0.0	34.4	17.2	19.9	9.9	34.4	17.2
石狩低地東縁断層帯南部・深さ 3km	30_2	0.1 未満	0.1 未満	41.4	20.7	106.6	53.3	106.6	53.3
	30_3	0.1 未満	0.1 未満	55.6	27.8	77.9	38.9	77.9	38.9
	30_5	0.1 未満	0.1 未満	58.8	29.4	24.9	12.4	58.8	29.4
黒松内低地断層帯	30_5	5.2	2.6	0.3	0.1	0.0	0.0	5.2	2.6
	45_3	4.6	2.3	0.3	0.1	0.0	0.0	4.6	2.3
	45_4	7.8	3.9	0.3	0.2	0.0	0.0	7.8	3.9
函館平野西縁断層帯	45_2	25.6	12.8	0.0	0.0	－	－	25.6	12.8
	45_3	29.9	14.9	0.1 未満	0.1 未満	－	－	29.9	14.9
月寒背斜に関する断層	-	0.0	0.0	2.2	1.1	0.1 未満	0.1 未満	2.2	1.1
野幌丘陵断層帯	45_1	0.0	0.0	3.1	1.5	0.1 未満	0.1 未満	3.1	1.5
十勝沖の地震	-	0.5	0.2	4.5	2.2	20.5	10.3	20.5	10.3
三陸沖北部の地震	-	6.2	3.1	9.4	4.7	7.2	3.6	9.4	4.7
北海道南西沖の地震	No.2	9.8	4.9	5.2	2.6	0.1 未満	0.1 未満	9.8	4.9
北海道留萌沖の地震(走行 N193° E)	No.1	2.4	1.2	4.6	2.3	0.1 未満	0.1 未満	4.6	2.3
北海道留萌沖の地震(走行 N225° E)	No.2	1.6	0.8	5.9	3.0	0.1 未満	0.1 未満	5.9	3.0
増毛山地東縁断層帯	45_3	－	－	1.5	0.7	0.1 未満	0.1 未満	1.5	0.7
	45_5	－	－	2.5	1.3	0.1 未満	0.1 未満	2.5	1.3

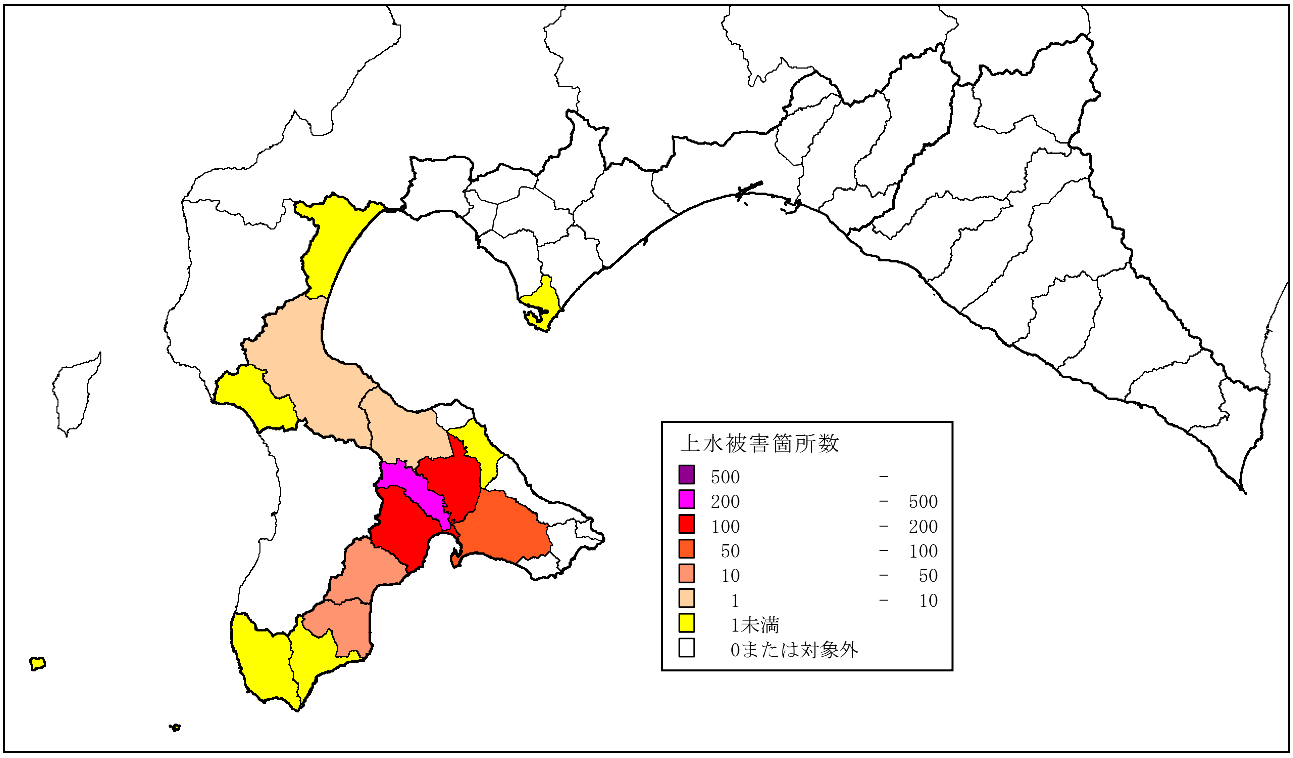

図 2-7-2　上水道被害箇所数の分布（函館平野西縁断層帯 45_3 の地震）

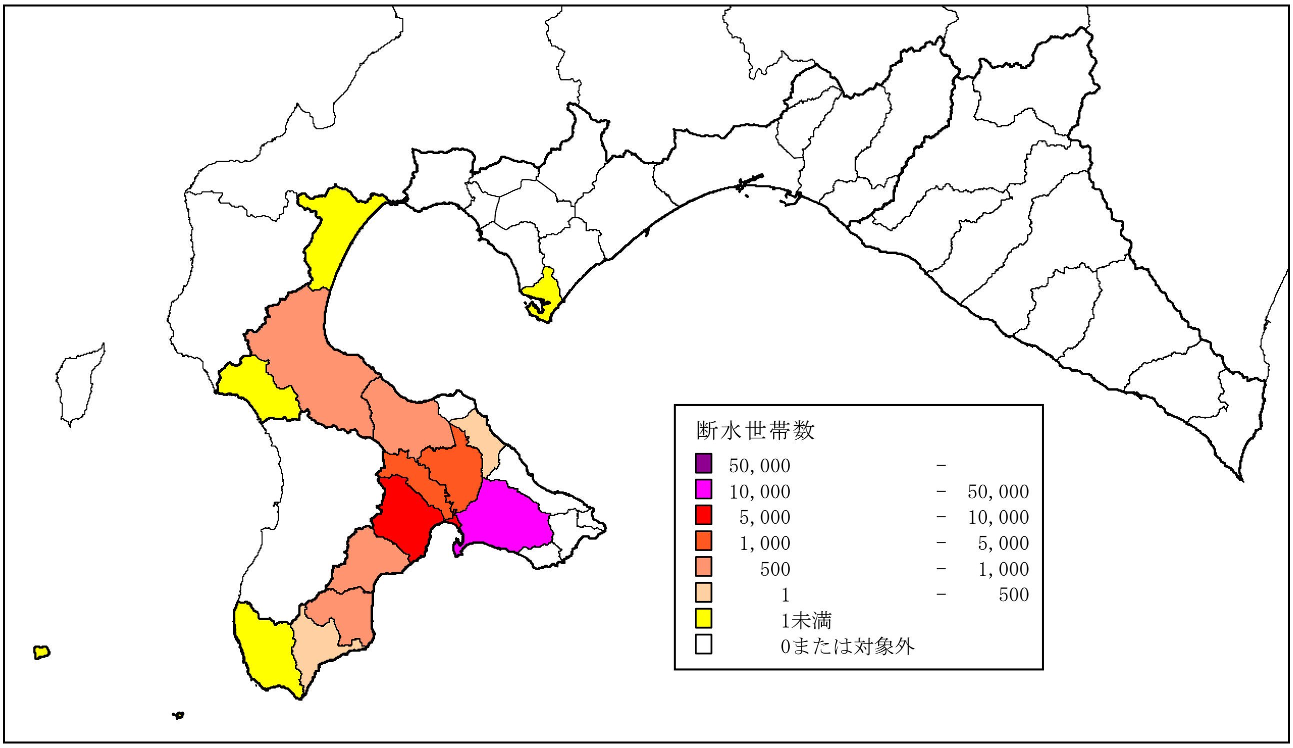

図 2-7-3　断水世帯数の分布（函館平野西縁断層帯 45_3 の地震）

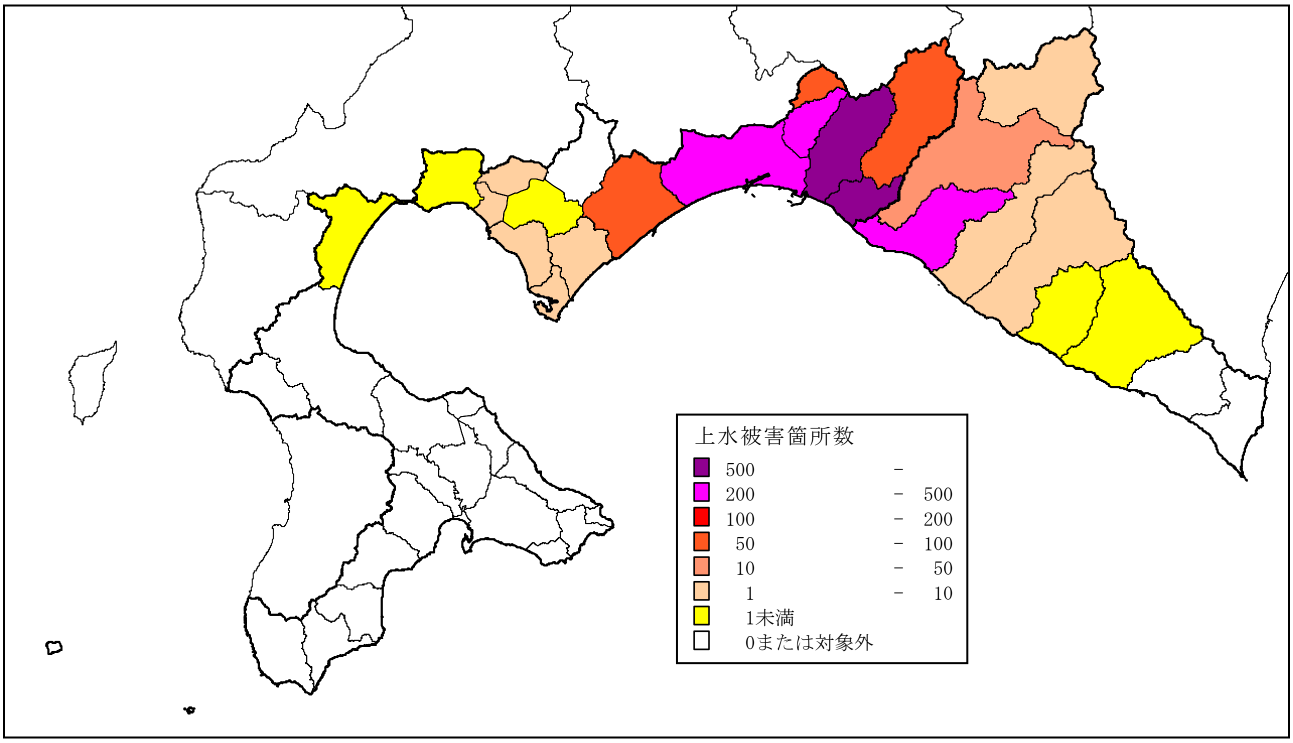

図 2-7-4　上水道被害箇所数の分布（石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km30_3 の地震）

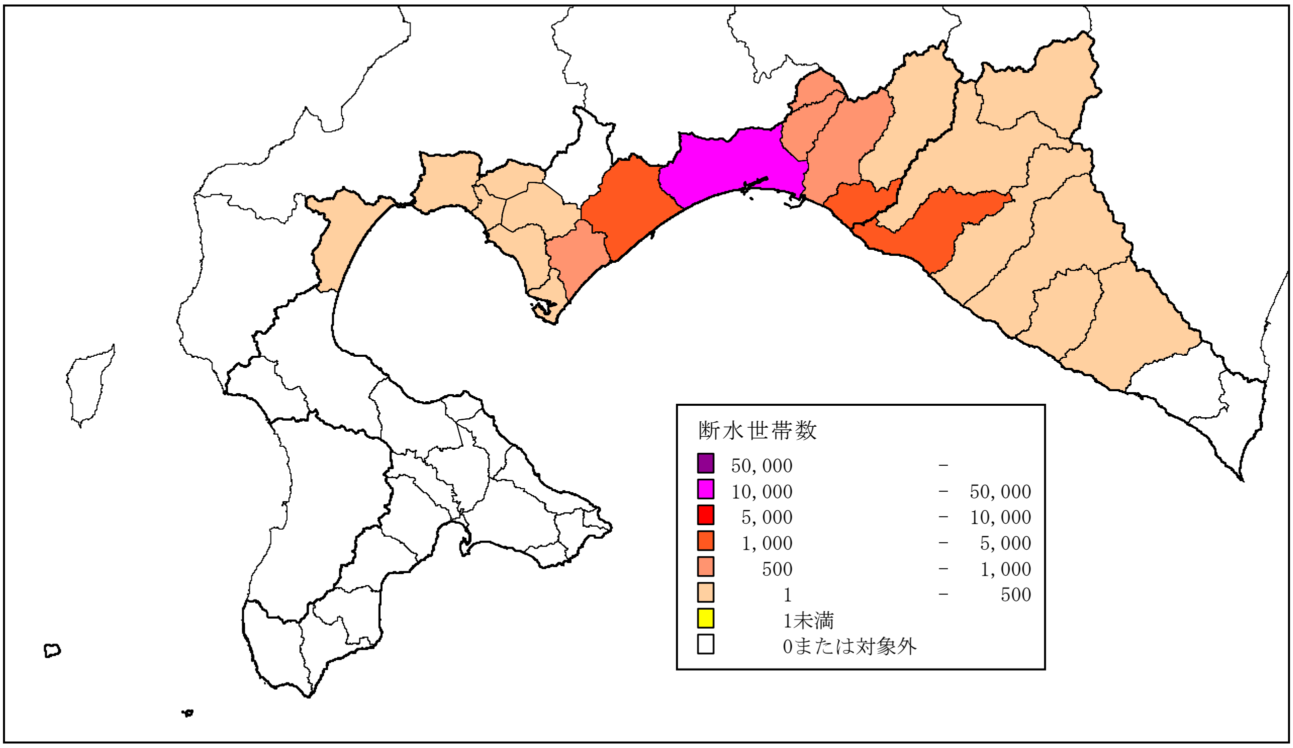

図 2-7-5　断水世帯数の分布（石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km30_3 の地震）

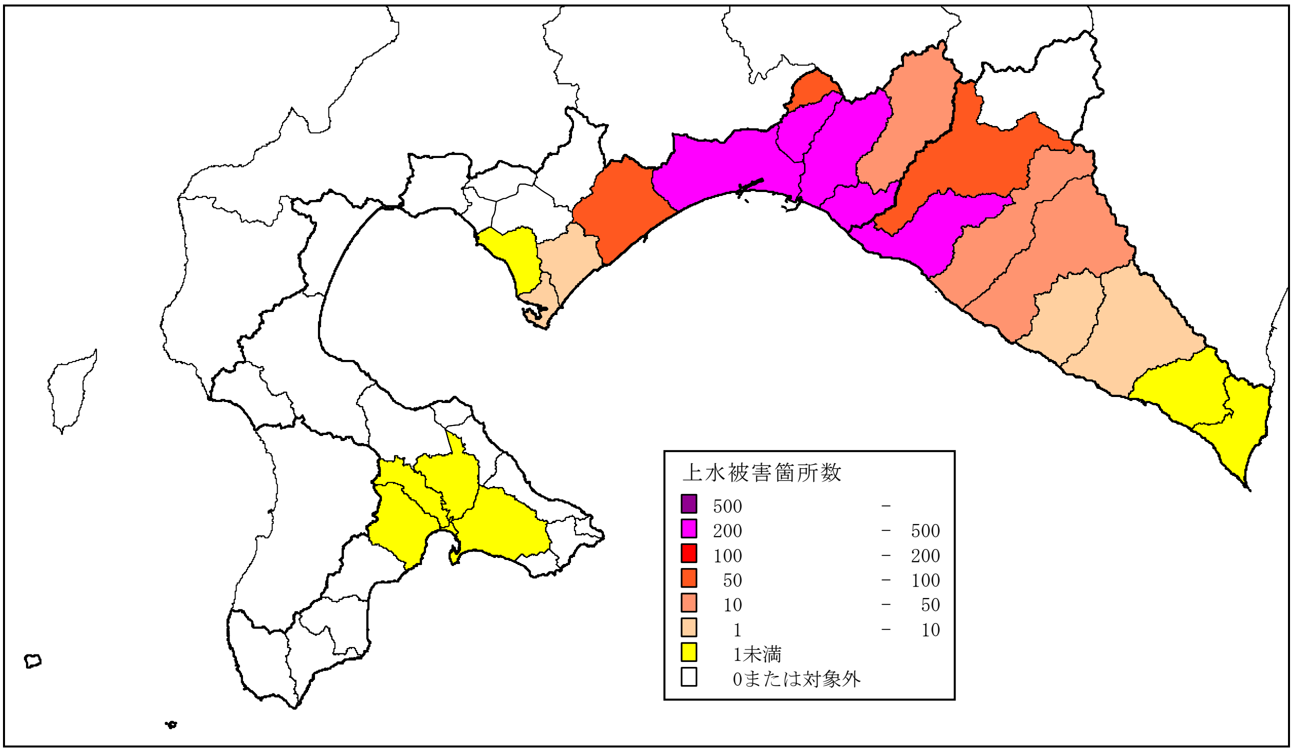

図 2-7-6　上水道被害箇所数の分布（石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km30_2 の地震）

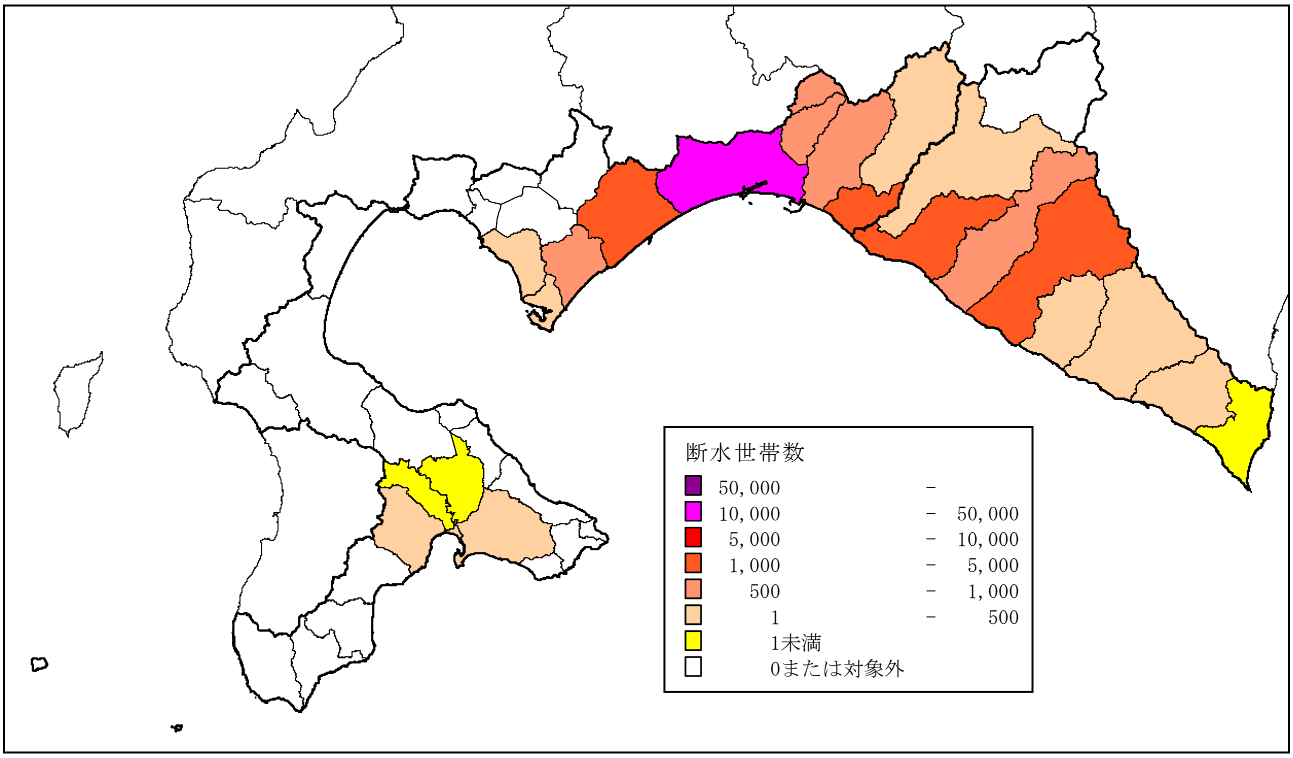

図 2-7-7　断水世帯数の分布（石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km30_2 の地震）