4)避難者数の想定

①検討の流れ

避難者は、地震による建物の倒壊や、火災で住宅を失うことで発生する。また、兵庫県南部地震(1995)では、自宅建物に被害がない場合でも、ライフラインの途絶による避難者があった。東京都(1997)[9]は、避難者を避難所避難者数と疎開者（避難所外避難者数）に分類し、表 2-6-17 のように定義している。

表 2-6-17　避難者の定義

避難者分類	避難の状況
避難所避難者	建物被害やライフライン被害により避難所生活を強いられる住居制約者数
疎開者(避難所外避難者)	建物被害やライフライン被害により疎開を強いられる住居制約者数(避難所以外への避難者)

本想定では、前章までに算出した建物被害のうち、揺れによる季節別住家全半壊棟数、急傾斜地による住家全半壊棟数、液状化による建物全半壊棟数、火災による時間帯別建物焼失数を活用するとともに、次章で算出している上水道被害による断水世帯数に基づき、避難所避難者数と避難所外避難者数を算定する。

なお、液状化及び火災焼失に関する建物被害については住家・非住家の区分がないが、本項では避難者数を安全側で把握することとし、全数を住家と仮定して算出する。また、災害発生 1 日後の避難者数を推計する。

検討の流れを図 2-6-20 に示す。

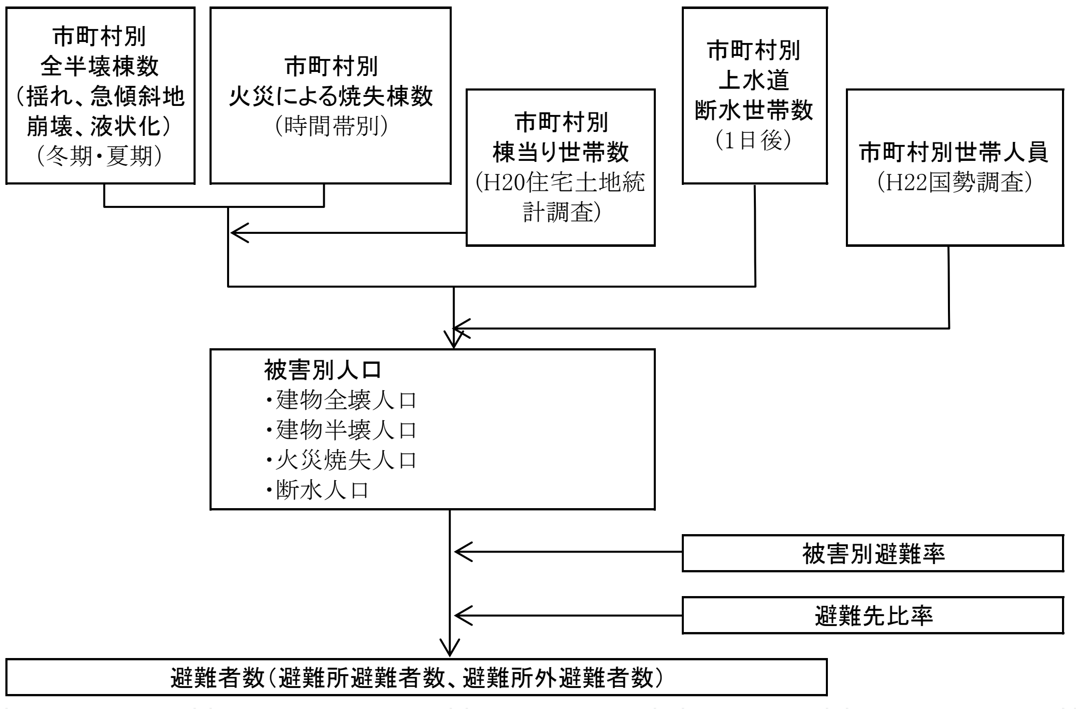

図 2-6-20　検討の流れ

②被害想定手法

避難者数は、建物被害別の避難率とライフライン被害による避難率により避難者数を算出する東京都(1997)[10]の手法を用いる。

室崎・流郷(1996)[11]は、兵庫県南部地震(1995)における住民アンケート結果から、発災翌日に住宅から避難所へ避難する人は、全壊・大破が 100%、半壊・中破が 50.3%、被害軽微・被害なしが 36.2%であり、避難者数のうち避難所へ避難する人と避難所以外へ避難する人の割合は 65:35 であったとしている。

また、住宅に被害が生じていない世帯の避難者数は、断水を指標として推定している。

避難人口(市町村単位)

　　＝ 1.000×全壊・焼失人口 ＋ 0.503×半壊人口 ＋ 0.362×断水率×被害なし人口

避難所避難者数(市町村単位)　　＝ 0.65×避難人口

避難所外避難者数(市町村単位)　＝ 0.35×避難人口

ただし、

全壊・焼失人口(市町村単位)＝{全壊棟数率＋焼失棟数率－(全壊棟数率×焼失棟数率)}×夜間人口

半壊人口(市町村単位) ＝ {半壊棟数率－(半壊棟数率×焼失棟数率)}×夜間人口

被害なし人口(市町村単位) ＝夜間人口－全壊・焼失人口－半壊人口

全壊棟数率(市町村単位)

　　＝ 揺れによる建物全壊率 ＋ 液状化による建物全壊率 ＋ 急傾斜地による建物全壊率

半壊棟数率(市町村単位)

　　＝ 揺れによる建物半壊率 ＋ 液状化による建物半壊率 ＋ 急傾斜地による建物半壊率

※揺れによる建物全半壊に比較し、液状化による被害数が少ないため、ダブルカウントを除去していない。また揺れに比べ急傾斜地の崩壊による被害の影響が大きいため、ダブルカウントを除去していない。

※断水率については、札幌市の想定手法を参考に、飲料水の家庭内備蓄の割合(26%、札幌市)をもとに、発災 1 日後の断水率に対して (1-0.26) ＝0.74 を乗じた「見かけ断水率」を用いる。

③被害想定結果

被害想定結果を表 2-6-18～20 に示す。避難者は、冬期の夕方に発生する月寒背斜に関連する断層の地震で最大となり、檜山、後志、石狩、留萌を合わせると避難所避難者数 318,405 名、避難所外避難者数 171,449 名、合計 489,854 名となることが想定される。

また、管内ごとの避難者数は、いずれも冬期の夕方に発生する地震で、檜山では北海道南西沖の地震 No.2 の地震で最大となり避難所避難者数 5,242 名・避難者外避難者数 2,823 名、後志では北海道留萌沖の地震(走向 N225° E)No.2 の地震で最大となり避難所避難者数 13,673 名・避難者外避難者数 7,362 名、石狩では月寒背斜に関連する断層の地震で最大となり避難所避難者数 318,198 名・避難者外避難者数 171,337 名、留萌では増毛山地東縁断層帯 30_2 の地震で最大となり避難所避難者数 6,495 名・避難者外避難者数 3,497 名となる。

表 2-6-18　想定される避難者数（冬の早朝）　（人）

地震名	断層モデル	檜山振興局		後志総合振興局		石狩振興局		留萌振興局		計	
		避難所避難者数	避難所外避難者数	避難所避難者数	避難所外避難者数	避難所避難者数	避難所外避難者数	避難所避難者数	避難所外避難者数	避難所避難者数	避難所外避難者数
十勝平野断層帯主部	30_3	－	－	－	－	6	3	－	－	6	3
富良野断層帯西部	30_2	－	－	1 未満	1 未満	931	501	1 未満	1 未満	931	501
	30_5	－	－	1 未満	1 未満	2,653	1,428	1 未満	1 未満	2,653	1,429
	45_3	－	－	1 未満	1 未満	1,617	871	1 未満	1 未満	1,618	871
増毛山地東縁断層帯	30_2	－	－	2	1	1,821	980	6,410	3,451	8,233	4,433
	45_1	－	－	686	370	43,608	23,481	2,835	1,526	47,129	25,377
	45_2	－	－	2	1	1,723	928	5,848	3,149	7,572	4,077
	45_3	－	－	1,066	574	61,950	33,358	2,444	1,316	65,460	35,248
	45_4	－	－	107	58	19,408	10,451	4,672	2,516	24,187	13,024
	45_5	－	－	1,641	884	90,935	48,965	736	396	93,313	50,245
沼田砂川断層帯	30_3	－	－	1 未満	1 未満	897	483	271	146	1,169	629
	30_4	－	－	2	1	2,341	1,260	173	93	2,516	1,355
	45_1	－	－	2	1	2,342	1,261	344	185	2,688	1,447
	45_2	－	－	5	3	3,434	1,849	584	314	4,023	2,166
	45_3	－	－	1 未満	1 未満	1,228	661	341	184	1,571	846
	45_4	－	－	5	3	2,918	1,571	265	143	3,188	1,717
当別断層	30_2	－	－	118	64	30,207	16,266	1 未満	1 未満	30,326	16,329
	30_5	－	－	54	29	33,050	17,796	1 未満	1 未満	33,104	17,825
石狩低地東縁断層帯主部(北)･深さ 7km	30_1	－	－	28	15	33,050	17,796	1 未満	1 未満	33,078	17,811
	30_5	－	－	22	12	33,614	18,100	2	1 未満	33,639	18,113
	45_1	－	－	59	32	46,127	24,838	1 未満	1 未満	46,187	24,870
石狩低地東縁断層帯主部(北)･深さ 3km	30_2	－	－	114	61	69,799	37,584	1 未満	1 未満	69,914	37,646
	45_2	－	－	184	99	85,074	45,809	1 未満	1 未満	85,258	45,908
	45_3	－	－	36	19	40,894	22,020	3	2	40,932	22,040
	45_5	－	－	65	35	58,562	31,534	5	3	58,632	31,571
石狩低地東縁断層帯主部(南)･深さ 3km	45_2	－	－	2	1 未満	17,956	9,669	0	0	17,958	9,670
	45_5	－	－	1 未満	1 未満	14,474	7,794	0	0	14,475	7,794

（表 2-6-18　想定される避難者数（冬の早朝）　（人）の続き）

地震名	断層モデル	檜山振興局		後志総合振興局		石狩振興局		留萌振興局		計	
		避難所避難者数	避難所外避難者数	避難所避難者数	避難所外避難者数	避難所避難者数	避難所外避難者数	避難所避難者数	避難所外避難者数	避難所避難者数	避難所外避難者数
石狩低地東縁断層帯南部･深さ 7km	30_5	1 未満	1 未満	165	89	52,003	28,002	1 未満	1 未満	52,169	28,091
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 未満	3,302	1,778	0	0	3,303	1,778
	30_3	1 未満	1 未満	158	85	43,130	23,224	1 未満	1 未満	43,288	23,309
	30_5	1 未満	1 未満	262	141	61,559	33,147	1 未満	1 未満	61,822	33,289
黒松内低地断層帯	30_5	1,393	750	860	463	3	1	－	－	2,255	1,214
	45_3	1,050	565	1,285	692	2	1	－	－	2,337	1,258
	45_4	960	517	1,020	549	3	2	－	－	1,983	1,068
函館平野西縁断層帯	45_2	698	376	1 未満	1 未満	－	－	－	－	698	376
	45_3	663	357	1 未満	1 未満	－	－	－	－	663	357
サロベツ断層帯北延長	30_2	－	－	－	－	－	－	1,313	707	1,313	707
	30_3	－	－	－	－	－	－	975	525	975	525
	30_5	－	－	－	－	－	－	423	228	423	228
西札幌背斜に関連する断層の地震	-	0	0	714	384	233,919	125,956	0	0	234,632	126,341
月寒背斜に関連する断層	-	1 未満	1 未満	207	111	307,223	165,428	1 未満	1 未満	307,430	165,539
野幌丘陵断層帯	45_1	1 未満	1 未満	247	133	141,395	76,136	1 未満	1 未満	141,642	76,269
十勝沖の地震	-	－	－	162	87	12,544	6,754	60	32	12,766	6,874
三陸沖北部の地震	-	800	431	584	315	13,838	7,451	1 未満	1 未満	15,223	8,197
北海道北西沖の地震	No.2	1 未満	1 未満	41	22	1,413	761	2,004	1,079	3,459	1,862
	No.5	0	0	1 未満	1 未満	2	1 未満	833	449	835	450
北海道南西沖の地震	No.2	5,235	2,819	3,895	2,097	9,717	5,232	1 未満	1 未満	18,847	10,149
北海道留萌沖の地震（走向 N193° E）	No.1	867	467	12,454	6,706	50,731	27,316	175	94	64,227	34,584
北海道留萌沖の地震（走向 N225° E）	No.2	483	260	13,463	7,250	86,939	46,813	4,354	2,345	105,239	56,667

表 2-6-19　想定される避難者数（夏の昼間）　　（人）

地震名	断層モデル	檜山振興局		後志総合振興局		石狩振興局		留萌振興局		計	
		避難所避難者数	避難所外避難者数	避難所避難者数	避難所外避難者数	避難所避難者数	避難所外避難者数	避難所避難者数	避難所外避難者数	避難所避難者数	避難所外避難者数
十勝平野断層帯主部	30_3	－	－	－	－	6	3	－	－	6	3
富良野断層帯西部	30_2	－	－	1 未満	1 未満	901	485	1 未満	1 未満	902	486
	30_5	－	－	1 未満	1 未満	2,553	1,374	1 未満	1 未満	2,553	1,375
	45_3	－	－	1 未満	1 未満	1,555	837	1 未満	1 未満	1,555	837
増毛山地東縁断層帯	30_2	－	－	2	1	1,731	932	5,317	2,863	7,050	3,796
	45_1	－	－	673	362	39,071	21,038	2,628	1,415	42,372	22,816
	45_2	－	－	2	1	1,642	884	4,957	2,669	6,601	3,554
	45_3	－	－	1,039	559	54,568	29,383	2,287	1,231	57,894	31,174
	45_4	－	－	106	57	17,902	9,639	4,113	2,215	22,121	11,911
	45_5	－	－	1,591	857	78,318	42,171	712	383	80,620	43,411
沼田砂川断層帯	30_3	－	－	1 未満	1 未満	852	459	265	143	1,118	602
	30_4	－	－	2	1	2,237	1,204	170	91	2,408	1,297
	45_1	－	－	2	1	2,231	1,201	337	182	2,570	1,384
	45_2	－	－	5	3	3,279	1,765	570	307	3,853	2,075
	45_3	－	－	1 未満	1 未満	1,170	630	334	180	1,505	810
	45_4	－	－	5	3	2,786	1,500	260	140	3,050	1,642
当別断層	30_2	－	－	117	63	27,011	14,544	1 未満	1 未満	27,128	14,607
	30_5	－	－	53	29	29,570	15,922	1 未満	1 未満	29,623	15,951
石狩低地東縁断層帯主部(北)･深さ 7km	30_1	－	－	27	15	30,665	16,512	1 未満	1 未満	30,692	16,527
	30_5	－	－	22	12	31,083	16,737	2	1 未満	31,107	16,750
	45_1	－	－	58	31	42,125	22,682	1 未満	1 未満	42,183	22,714
石狩低地東縁断層帯主部(北)･深さ 3km	30_2	－	－	113	61	62,761	33,794	1 未満	1 未満	62,873	33,855
	45_2	－	－	181	98	75,416	40,609	1 未満	1 未満	75,598	40,707
	45_3	－	－	35	19	37,659	20,278	3	2	37,698	20,299
	45_5	－	－	65	35	52,525	28,283	5	2	52,594	28,320
石狩低地東縁断層帯主部(南)･深さ 3km	45_2	－	－	2	1 未満	17,335	9,334	0	0	17,336	9,335
	45_5	－	－	1 未満	1 未満	14,219	7,657	0	0	14,220	7,657

（表 2-6-19　想定される避難者数（夏の昼間）　（人）の続き）

地震名	断層モデル	檜山振興局		後志総合振興局		石狩振興局		留萌振興局		計	
		避難所避難者数	避難所外避難者数	避難所避難者数	避難所外避難者数	避難所避難者数	避難所外避難者数	避難所避難者数	避難所外避難者数	避難所避難者数	避難所外避難者数
石狩低地東縁断層帯南部･深さ 7km	30_5	1 未満	1 未満	162	87	48,486	26,108	1 未満	1 未満	48,649	26,196
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 未満	3,290	1,772	0	0	3,291	1,772
	30_3	1 未満	1 未満	155	83	40,597	21,860	1 未満	1 未満	40,752	21,943
	30_5	1 未満	1 未満	257	139	57,217	30,809	1 未満	1 未満	57,475	30,948
黒松内低地断層帯	30_5	1,285	692	830	447	3	1	－	－	2,117	1,140
	45_3	991	534	1,163	626	2	1	－	－	2,156	1,161
	45_4	909	489	967	520	3	2	－	－	1,879	1,012
函館平野西縁断層帯	45_2	698	376	1 未満	1 未満	－	－	－	－	698	376
	45_3	663	357	1 未満	1 未満	－	－	－	－	663	357
サロベツ断層帯北延長	30_2	－	－	－	－	－	－	1,110	598	1,110	598
	30_3	－	－	－	－	－	－	844	454	844	454
	30_5	－	－	－	－	－	－	400	215	400	215
西札幌背斜に関連する断層の地震	-	0	0	701	378	181,664	97,819	0	0	182,365	98,197
月寒背斜に関連する断層	-	1 未満	1 未満	204	110	242,447	130,548	1 未満	1 未満	242,651	130,658
野幌丘陵断層帯	45_1	1 未満	1 未満	244	131	120,899	65,100	1 未満	1 未満	121,143	65,231
十勝沖の地震	-	－	－	159	86	11,780	6,343	59	32	11,998	6,460
三陸沖北部の地震	-	796	428	571	307	12,949	6,973	1 未満	1 未満	14,316	7,709
北海道北西沖の地震	No.2	1 未満	1 未満	40	22	1,330	716	1,880	1,012	3,250	1,750
	No.5	0	0	1 未満	1 未満	2	1 未満	792	426	794	427
北海道南西沖の地震	No.2	4,691	2,526	3,746	2,017	9,013	4,853	1 未満	1 未満	17,451	9,397
北海道留萌沖の地震(走向 N193° E)	No.1	838	451	11,301	6,085	44,620	24,026	171	92	56,930	30,655
北海道留萌沖の地震(走向 N225° E)	No.2	473	255	12,187	6,562	74,772	40,262	4,066	2,189	91,498	49,268

表 2-6-20　想定される避難者数（冬の夕方）　　（人）

地震名	断層モデル	檜山振興局		後志総合振興局		石狩振興局		留萌振興局		計	
		避難所避難者数	避難所外避難者数	避難所避難者数	避難所外避難者数	避難所避難者数	避難所外避難者数	避難所避難者数	避難所外避難者数	避難所避難者数	避難所外避難者数
十勝平野断層帯主部	30_3	－	－	－	－	6	3	－	－	6	3
富良野断層帯西部	30_2	－	－	1未満	1未満	931	501	1未満	1未満	931	501
	30_5	－	－	1未満	1未満	2,653	1,429	1未満	1未満	2,654	1,429
	45_3	－	－	1未満	1未満	1,617	871	1未満	1未満	1,618	871
増毛山地東縁断層帯	30_2	－	－	2	1	1,821	981	6,495	3,497	8,318	4,479
	45_1	－	－	686	370	44,096	23,744	2,846	1,533	47,629	25,646
	45_2	－	－	2	1	1,723	928	5,918	3,187	7,643	4,115
	45_3	－	－	1,066	574	62,779	33,804	2,444	1,316	66,289	35,694
	45_4	－	－	107	58	19,562	10,534	4,715	2,539	24,384	13,130
	45_5	－	－	1,642	884	92,408	49,758	737	397	94,786	51,039
沼田砂川断層帯	30_3	－	－	1未満	1未満	897	483	271	146	1,169	629
	30_4	－	－	2	1	2,341	1,261	173	93	2,516	1,355
	45_1	－	－	2	1	2,342	1,261	344	185	2,688	1,448
	45_2	－	－	5	3	3,434	1,849	584	314	4,023	2,166
	45_3	－	－	1未満	1未満	1,228	661	341	184	1,571	846
	45_4	－	－	5	3	2,918	1,571	265	143	3,188	1,717
当別断層	30_2	－	－	118	64	30,548	16,449	1未満	1未満	30,666	16,512
	30_5	－	－	54	29	33,375	17,971	1未満	1未満	33,429	18,000
石狩低地東縁断層帯主部(北)・深さ7km	30_1	－	－	28	15	33,301	17,931	1未満	1未満	33,329	17,947
	30_5	－	－	22	12	33,876	18,241	2	1未満	33,901	18,254
	45_1	－	－	59	32	46,553	25,067	1未満	1未満	46,612	25,099
石狩低地東縁断層帯主部(北)・深さ3km	30_2	－	－	114	61	70,580	38,005	1未満	1未満	70,695	38,066
	45_2	－	－	184	99	86,201	46,416	1未満	1未満	86,386	46,515
	45_3	－	－	36	19	41,225	22,198	3	2	41,264	22,219
	45_5	－	－	65	35	59,208	31,881	5	3	59,278	31,919
石狩低地東縁断層帯主部(南)・深さ3km	45_2	－	－	2	1未満	17,991	9,688	0	0	17,993	9,688
	45_5	－	－	1未満	1未満	14,496	7,805	0	0	14,496	7,806

（表 2-6-20　想定される避難者数（冬の夕方）　（人）の続き）

地震名	断層モデル	檜山振興局		後志総合振興局		石狩振興局		留萌振興局		計	
		避難所避難者数	避難所外避難者数	避難所避難者数	避難所外避難者数	避難所避難者数	避難所外避難者数	避難所避難者数	避難所外避難者数	避難所避難者数	避難所外避難者数
石狩低地東縁断層帯南部･深さ 7km	30_5	1 未満	1 未満	165	89	52,440	28,237	1 未満	1 未満	52,606	28,326
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 未満	3,306	1,780	0	0	3,306	1,780
	30_3	1 未満	1 未満	158	85	43,452	23,397	1 未満	1 未満	43,610	23,482
	30_5	1 未満	1 未満	262	141	62,133	33,456	1 未満	1 未満	62,396	33,598
黒松内低地断層帯	30_5	1,394	751	860	463	3	1	－	－	2,256	1,215
	45_3	1,050	565	1,287	693	2	1	－	－	2,339	1,260
	45_4	961	517	1,020	549	3	2	－	－	1,984	1,068
函館平野西縁断層帯	45_2	698	376	1 未満	1 未満	－	－	－	－	698	376
	45_3	663	357	1 未満	1 未満	－	－	－	－	663	357
サロベツ断層帯北延長	30_2	－	－	－	－	－	－	1,315	708	1,315	708
	30_3	－	－	－	－	－	－	977	526	977	526
	30_5	－	－	－	－	－	－	423	228	423	228
西札幌背斜に関連する断層の地震	-	0	0	715	385	242,817	130,748	0	0	243,532	131,133
月寒背斜に関連する断層	-	1 未満	1 未満	207	111	318,198	171,337	1 未満	1 未満	318,405	171,449
野幌丘陵断層帯	45_1	1 未満	1 未満	247	133	143,929	77,500	1 未満	1 未満	144,177	77,634
十勝沖の地震	-	－	－	162	87	12,579	6,774	60	32	12,802	6,893
三陸沖北部の地震	-	800	431	584	315	13,912	7,491	1 未満	1 未満	15,296	8,236
北海道北西沖の地震	No.2	1 未満	1 未満	41	22	1,414	761	2,006	1,080	3,460	1,863
	No.5	0	0	1 未満	1 未満	2	1 未満	834	449	836	450
北海道南西沖の地震	No.2	5,242	2,823	3,899	2,099	9,751	5,250	1 未満	1 未満	18,891	10,172
北海道留萌沖の地震(走向 N193° E)	No.1	867	467	12,567	6,767	51,419	27,687	175	94	65,028	35,015
北海道留萌沖の地震(走向 N225° E)	No.2	483	260	13,673	7,362	88,428	47,615	4,371	2,354	106,954	57,591

【2-2(6)人的被害の想定（揺れ・火災・急傾斜地による死傷者数、避難者数）の参考文献】

1) 田畑直樹・岡田成幸・高井伸雄：建物損傷度関数と棟死亡率関数の地震防災への利用法―人命損失に着目した木造低層建物の被害率関数の作成と震害予測例―、日本建築学会構造系論文集、第 611 号、pp.39-46、2007.1.

2) 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.

3) 大阪府：大阪府地震被害想定調査報告書、1997.

4) ＮＨＫ放送文化研究所：データブック国民生活時間調査 2010、2011.3.

5) 内閣府：地震被害想定支援マニュアル、http://www.bousai.go.jp/manual/index.htm 、2001

6) 東京都防災会議:東京における直下地震の被害想定に関する調査報告書(被害想定手法編)、1997.8.

7) 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.

8)東京都：東京における直下地震の被害想定に関する調査報告書，1997.8.

9)室崎益輝・流郷博史：阪神淡路大震災における市民の初期対応行動に関する研究，地域安全学会論文報告集 No.6，pp.205-212，1996.

(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)~76)]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。また管種・管径が不明な場合は、同規模の市町村の管種・管径割合などから推計した。

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
檜山振興局	894 km
後志総合振興局	2,349 km
石狩振興局	8,803 km
留萌振興局	1,004 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。

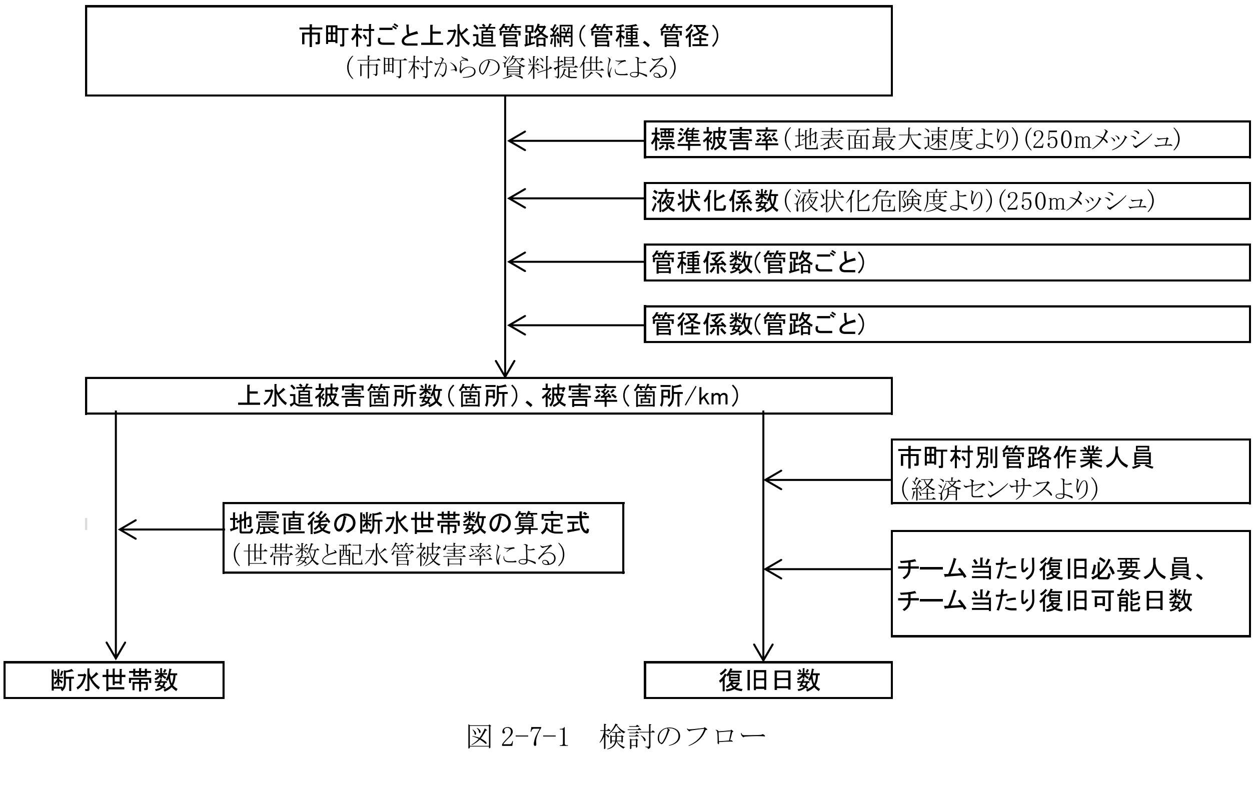

図 2-7-1　検討のフロー

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[77]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）[78]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)[79]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）[80]（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）[81]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
檜山管内	112
後志管内	683
石狩管内	9,231
留萌管内	132
（以下参考）	
渡島管内	1,404
胆振管内	1,845
日高管内	195
十勝管内	1,164
釧路管内	1,007
根室管内	262
上川管内	1,920
オホーツク管内	1,052
空知管内	939
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）[80)]

③被害想定結果

被害想定結果を表 2-7-5～2-7-7 に示す。上水道管路の被害及び 1 日後の断水世帯数は、月寒背斜に関連する断層の地震で最大となり、檜山、後志、石狩、留萌を合わせて被害箇所数 3,666 箇所、発災 1 日後の断水世帯数 472,612 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、檜山では北海道南西沖の地震 No.2 で最大となり上水道被害箇所数 675 箇所・発災 1 日後の断水世帯数 9,777 世帯、後志では北海道留萌沖の地震(走向 N193° E) No.1 で最大となり上水道被害箇所数 652 箇所・発災 1 日後の断水世帯数 25,841 世帯、石狩では月寒背斜に関連する断層の地震で最大となり上水道被害箇所数 3,661 箇所・発災 1 日後の断水世帯数 472,375 世帯、また、留萌ではサロベツ断層帯北延長 30_2 の地震で最大となり上水道被害箇所数 430 箇所・発災 1 日後の断水世帯数 2,442 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 4 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 2-7-2～2-7-9 に示す。

また、上水道の復旧日数は、北海道南西沖の地震 No.2 で檜山管内が最大となり、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 174 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 496 日かかると想定され、管内作業員だけでの早期復旧が不可能な結果となる。

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	檜山振興局		後志総合振興局		石狩振興局		留萌振興局		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)	被害箇所数	断水世帯数(1日後)
十勝平野断層帯主部	30_3	－	－	－	－	1未満	1未満	－	－	1未満	1未満
富良野断層帯西部	30_2	－	－	0	0	32	1,841	1未満	1未満	32	1,841
	30_5	－	－	0	0	65	6,080	0	0	65	6,080
	45_3	－	－	0	0	43	3,622	0	0	43	3,622
増毛山地東縁断層帯	30_2	－	－	0	0	67	4,224	423	11,728	490	15,952
	45_1	－	－	18	1,518	697	94,284	114	6,264	828	102,066
	45_2	－	－	0	0	61	3,973	360	11,150	420	15,123
	45_3	－	－	27	2,336	963	128,530	93	5,455	1,082	136,321
	45_4	－	－	3	220	356	45,156	243	9,488	602	54,865
	45_5	－	－	40	3,673	1,408	179,021	22	1,799	1,470	184,493
沼田砂川断層帯	30_3	－	－	0	0	27	2,054	9	768	36	2,822
	30_4	－	－	0	0	54	5,714	6	504	59	6,218
	45_1	－	－	0	0	54	5,770	11	971	65	6,740
	45_2	－	－	1未満	1未満	74	8,523	17	1,533	91	10,056
	45_3	－	－	0	0	34	2,892	11	955	45	3,848
	45_4	－	－	1未満	1未満	64	7,197	8	759	73	7,956
当別断層	30_2	－	－	3	148	530	67,528	0	0	533	67,676
	30_5	－	－	1	69	902	66,992	1未満	1未満	904	67,061
石狩低地東縁断層帯　主部(北)・深さ7km	30_1	－	－	1未満	30	552	72,868	1未満	1未満	552	72,899
	30_5	－	－	1未満	15	597	73,054	1未満	2	597	73,071
	45_1	－	－	2	90	754	99,693	1未満	1未満	755	99,784
石狩低地東縁断層帯　主　部(北)・深さ3km	30_2	－	－	4	237	1,153	144,400	0	0	1,156	144,637
	45_2	－	－	6	396	1,392	172,273	0	0	1,398	172,669
	45_3	－	－	1未満	35	740	86,716	1未満	6	741	86,757
	45_5	－	－	2	83	1,036	122,420	1未満	11	1,038	122,515
石狩低地東縁断層帯　主　部(南)・深さ3km	45_2	－	－	0	0	332	37,745	0	0	332	37,745
	45_5	－	－	0	0	309	26,909	0	0	309	26,909

（表 2-7-5　上水道被害箇所数及び断水世帯数　の続き）

地震名	断層モデル	檜山振興局		後志総合振興局		石狩振興局		留萌振興局		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)	被害箇所数	断水世帯数(1日後)
石狩低地東縁断層帯南部･深さ7km	30_5	0	0	6	476	829	115,263	1未満	1未満	835	115,739
石狩低地東縁断層帯南部･深さ3km	30_2	0	0	0	0	78	5,663	0	0	78	5,663
	30_3	0	0	6	483	694	96,348	0	0	699	96,831
	30_5	0	0	9	768	1,001	134,322	1未満	1未満	1,010	135,090
黒松内低地断層帯	30_5	205	3,290	48	1,929	1未満	1未満	－	－	253	5,219
	45_3	135	2,733	104	2,428	1未満	1未満	－	－	239	5,160
	45_4	122	2,541	65	2,150	1未満	1未満	－	－	187	4,691
函館平野西縁断層帯	45_2	42	1,647	0	0	－	－	－	－	42	1,647
	45_3	41	1,569	0	0	－	－	－	－	41	1,569
サロベツ断層帯北延長	30_2	－	－	－	－	－	－	430	2,442	430	2,442
	30_3	－	－	－	－	－	－	379	1,790	379	1,790
	30_5	－	－	－	－	－	－	106	819	106	819
西札幌背斜に関連する断層の地震	_	0	0	13	384	1,990	336,582	0	0	2,003	336,966
月寒背斜に関連する断層	_	0	0	5	236	3,661	472,375	0	0	3,666	472,612
野幌丘陵断層帯	45_1	0	0	7	544	2,808	264,344	0	0	2,816	264,888
十勝沖の地震	_	－	－	6	497	197	30,320	4	166	208	30,983
三陸沖北部の地震	_	53	2,162	23	1,809	201	33,792	0	0	278	37,764
北海道北西沖の地震	No.2	0	0	1	90	27	3,756	218	4,784	246	8,630
	No.5	0	0	0	0	1未満	1未満	104	2,010	104	2,010
北海道南西沖の地震	No.2	675	9,777	182	9,645	128	25,154	0	0	985	44,576
北海道留萌沖の地震（走向N193°E)	No_1	86	2,506	652	25,841	582	110,512	8	523	1,328	139,382
北海道留萌沖の地震（走向N225°E)	No_2	48	1,545	628	27,258	1,056	175,836	252	9,673	1,984	214,312

表 2-7-6　上水道復旧日数（冬以外）　　（日）

地震名	断層モデル	檜山振興局		後志総合振興局		石狩振興局		留萌振興局		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)	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	30_3	−	−	−	−	1	1	−	−	1	1
富良野断層帯西部	30_2	−	−	0	0	1	1	1	1	1	1
	30_5	−	−	0	0	1	1	0	0	1	1
	45_3	−	−	0	0	1	1	0	0	1	1
増毛山地東縁断層帯	30_2	−	−	0	0	1	1	103	52	103	52
	45_1	−	−	1	1	3	2	29	15	29	15
	45_2	−	−	0	0	1	1	88	44	88	44
	45_3	−	−	2	1	4	2	23	12	23	12
	45_4	−	−	1	1	2	1	60	30	60	30
	45_5	−	−	3	2	6	3	6	3	6	3
沼田砂川断層帯	30_3	−	−	0	0	1	1	3	2	3	2
	30_4	−	−	0	0	1	1	2	1	2	1
	45_1	−	−	0	0	1	1	3	2	3	2
	45_2	−	−	1	1	1	1	5	3	5	3
	45_3	−	−	0	0	1	1	3	2	3	2
	45_4	−	−	1	1	1	1	3	2	3	2
当別断層	30_2	−	−	1	1	3	2	0	0	3	2
	30_5	−	−	1	1	4	2	1	1	4	2
石狩低地東縁断層帯　主部(北)･深さ7km	30_1	−	−	1	1	3	2	1	1	3	2
	30_5	−	−	1	1	3	2	1	1	3	2
	45_1	−	−	1	1	3	2	1	1	3	2
石狩低地東縁断層帯主部(北)･深さ3km	30_2	−	−	1	1	5	3	0	0	5	3
	45_2	−	−	1	1	6	3	0	0	6	3
	45_3	−	−	1	1	3	2	1	1	3	2
	45_5	−	−	1	1	4	2	1	1	4	2
石狩低地東縁断層帯主部(南)･深さ3km	45_2	−	−	0	0	2	1	0	0	2	1
	45_5	−	−	0	0	2	1	0	0	2	1

（表 2-7-6　上水道復旧日数（冬以外）　（日）の続き）

地震名	断層モデル	檜山振興局		後志総合振興局		石狩振興局		留萌振興局		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)	復旧日数（人員1/4)	復旧日数（人員1/2)
石狩低地東縁断層帯南部・深さ 7km	30_5	0	0	1	1	4	2	1	1	4	2
石狩低地東縁断層帯南部・深さ 3km	30_2	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1
	30_3	0	0	1	1	3	2	0	0	3	2
	30_5	0	0	1	1	5	3	1	1	5	3
黒松内低地断層帯	30_5	132	66	2	1	1	1	−	−	132	66
	45_3	83	42	4	2	1	1	−	−	83	42
	45_4	73	37	3	2	1	1	−	−	73	37
函館平野西縁断層帯	45_2	11	6	0	0	−	−	−	−	11	6
	45_3	11	6	0	0	−	−	−	−	11	6
サロベツ断層帯北延長	30_2	−	−	−	−	−	−	114	57	114	57
	30_3	−	−	−	−	−	−	99	50	99	50
	30_5	−	−	−	−	−	−	29	15	29	15
西札幌背斜に関連する断層の地震	−	0	0	2	1	11	6	0	0	11	6
月寒背斜に関連する断層	−	0	0	1	1	17	9	0	0	17	9
野幌丘陵断層帯	45_1	0	0	1	1	10	5	0	0	10	5
十勝沖の地震	−	−	−	1	1	1	1	2	1	2	1
三陸沖北部の地震	−	20	10	2	1	1	1	0	0	20	10
北海道北西沖の地震	No. 2	0	0	1	1	1	1	61	31	61	31
	No. 5	0	0	0	0	1	1	29	15	29	15
北海道南西沖の地震	No. 2	347	174	9	5	1	1	0	0	347	174
北海道留萌沖の地震（走向 N193° E)	No_1	45	23	30	15	3	2	3	2	45	23
北海道留萌沖の地震（走向 N225° E)	No_2	24	12	30	15	5	3	69	35	69	35

表 2-7-7　上水道復旧日数（冬）　　（日）

地震名	断層モデル	檜山振興局		後志総合振興局		石狩振興局		留萌振興局		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)	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	30_3	－	－	－	－	1	1	－	－	1	1
富良野断層帯西部	30_2	－	－	0	0	1	1	1	1	1	1
	30_5	－	－	0	0	1	1	0	0	1	1
	45_3	－	－	0	0	1	1	0	0	1	1
増毛山地東縁断層帯	30_2	－	－	0	0	1	1	147	74	147	74
	45_1	－	－	2	1	5	3	41	21	41	21
	45_2	－	－	0	0	1	1	126	63	126	63
	45_3	－	－	2	1	6	3	33	17	33	17
	45_4	－	－	1	1	3	2	85	43	85	43
	45_5	－	－	3	2	9	5	8	4	9	5
沼田砂川断層帯	30_3	－	－	0	0	1	1	4	2	4	2
	30_4	－	－	0	0	1	1	3	2	3	2
	45_1	－	－	0	0	1	1	4	2	4	2
	45_2	－	－	1	1	1	1	6	3	6	3
	45_3	－	－	0	0	1	1	4	2	4	2
	45_4	－	－	1	1	1	1	4	2	4	2
当別断層	30_2	－	－	1	1	4	2	0	0	4	2
	30_5	－	－	1	1	5	3	1	1	5	3
石狩低地東縁断層帯　主部(北)･深さ7km	30_1	－	－	1	1	3	2	1	1	3	2
	30_5	－	－	1	1	4	2	1	1	4	2
	45_1	－	－	1	1	5	3	1	1	5	3
石狩低地東縁断層帯主部(北)･深さ3km	30_2	－	－	1	1	7	4	0	0	7	4
	45_2	－	－	1	1	8	4	0	0	8	4
	45_3	－	－	1	1	4	2	1	1	4	2
	45_5	－	－	1	1	6	3	1	1	6	3
石狩低地東縁断層帯主部(南)･深さ3km	45_2	－	－	0	0	2	1	0	0	2	1
	45_5	－	－	0	0	2	1	0	0	2	1

（表 2-7-7　上水道復旧日数（冬）　　（日）の続き）

地震名	断層モデル	檜山振興局		後志総合振興局		石狩振興局		留萌振興局		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)	復旧日数（人員1/4)	復旧日数（人員1/2)
石狩低地東縁断層帯南部･深さ7km	30_5	0	0	1	1	5	3	1	1	5	3
石狩低地東縁断層帯南部･深さ3km	30_2	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1
	30_3	0	0	1	1	5	3	0	0	5	3
	30_5	0	0	1	1	7	4	1	1	7	4
黒松内低地断層帯	30_5	188	94	3	2	1	1	－	－	188	94
	45_3	118	59	6	3	1	1	－	－	118	59
	45_4	103	52	4	2	1	1	－	－	103	52
函館平野西縁断層帯	45_2	16	8	0	0	－	－	－	－	16	8
	45_3	16	8	0	0	－	－	－	－	16	8
サロベツ断層帯北延長	30_2	－	－	－	－	－	－	162	81	162	81
	30_3	－	－	－	－	－	－	142	71	142	71
	30_5	－	－	－	－	－	－	41	21	41	21
西札幌背斜に関連する断層の地震	－	0	0	2	1	16	8	0	0	16	8
月寒背斜に関連する断層	－	0	0	1	1	24	12	0	0	24	12
野幌丘陵断層帯	45_1	0	0	1	1	15	8	0	0	15	8
十勝沖の地震	－	－	－	1	1	2	1	2	1	2	1
三陸沖北部の地震	－	29	15	2	1	2	1	0	0	29	15
北海道北西沖の地震	No.2	0	0	1	1	1	1	87	44	87	44
	No.5	0	0	0	0	1	1	41	21	41	21
北海道南西沖の地震	No.2	496	248	12	6	1	1	0	0	496	248
北海道留萌沖の地震（走向N193° E)	No_1	64	32	43	22	4	2	4	2	64	32
北海道留萌沖の地震（走向N225° E)	No_2	34	17	42	21	7	4	98	49	98	49

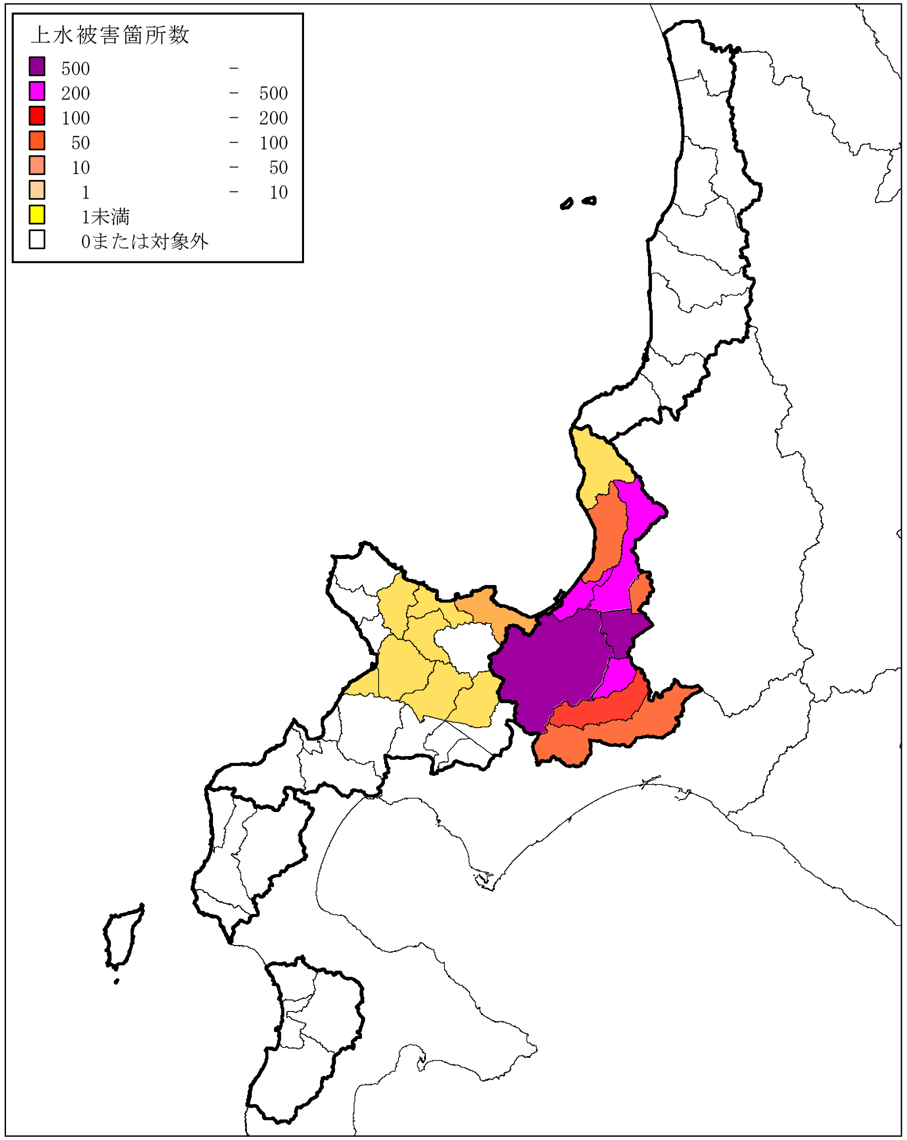

図 2-7-2　上水道被害箇所数の分布
（月寒背斜に関連する断層の地震）

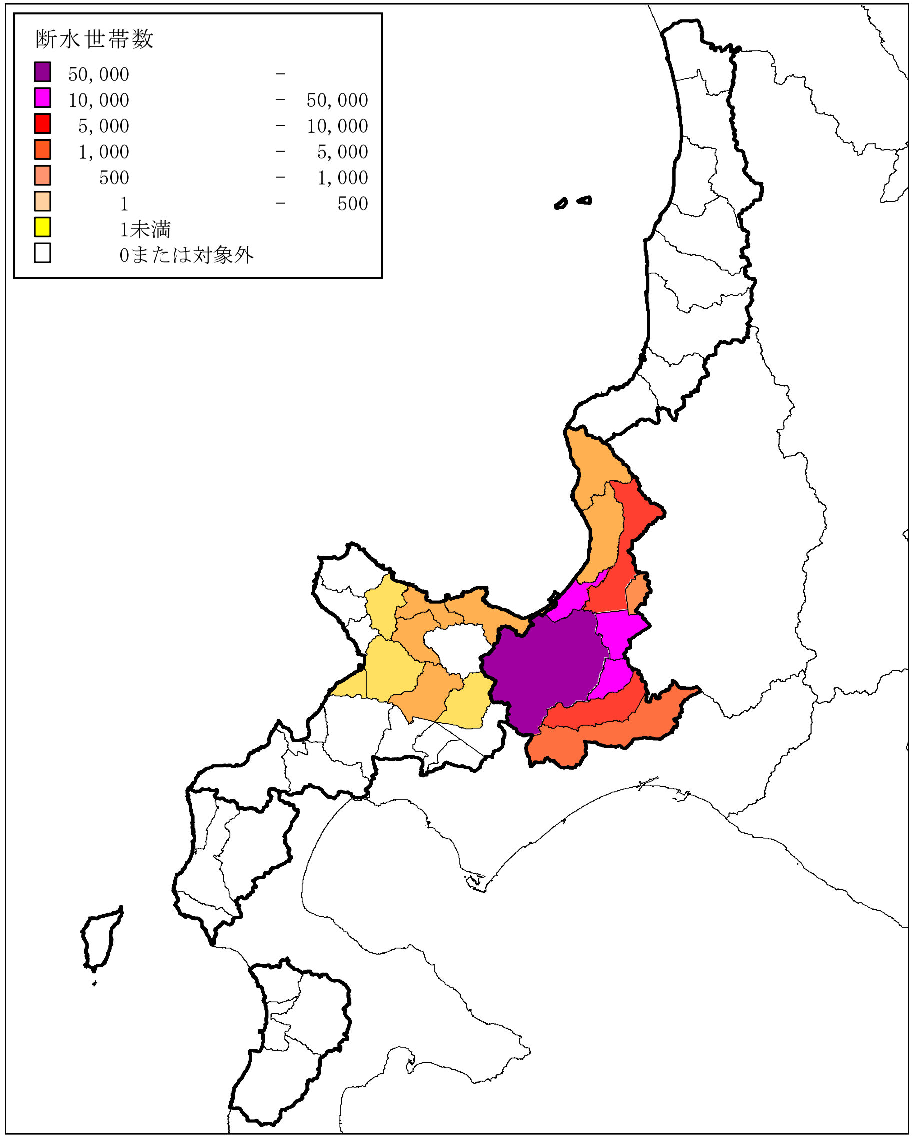

図 2-7-3　断水世帯数の分布
（月寒背斜に関連する断層の地震）

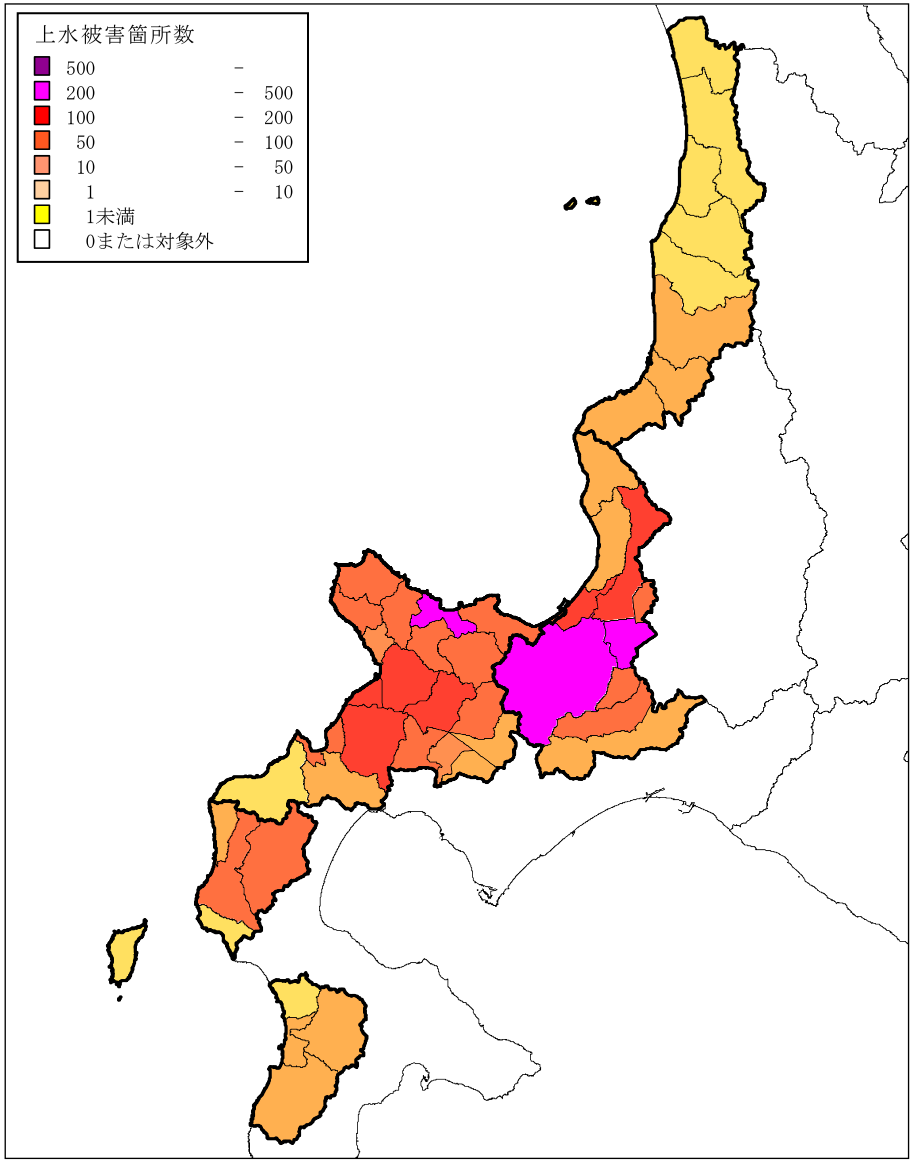

図 2-7-4　上水道被害箇所数の分布
（北海道留萌沖の地震（走向 N193° E） No. 1）

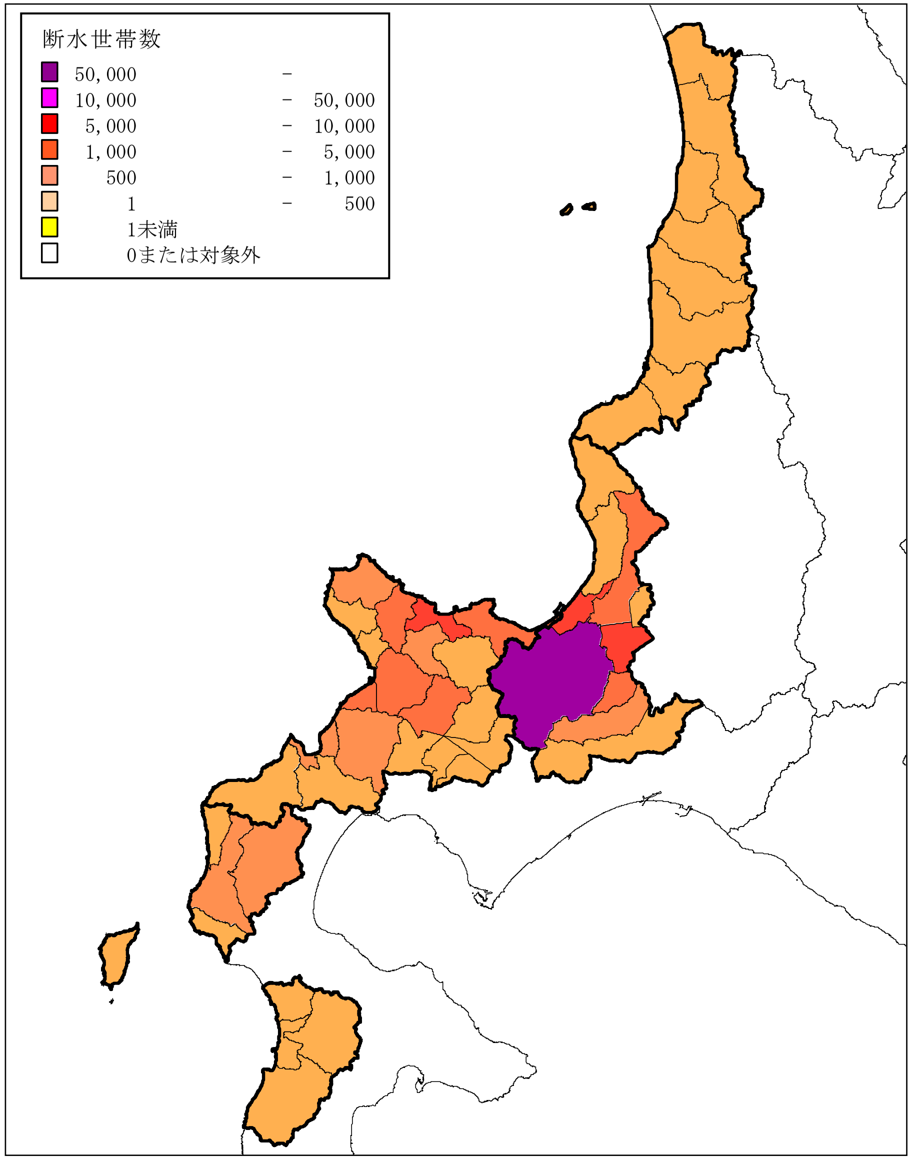

図 2-7-5　断水世帯数の分布
（北海道留萌沖の地震（走向 N193° E） No. 1）

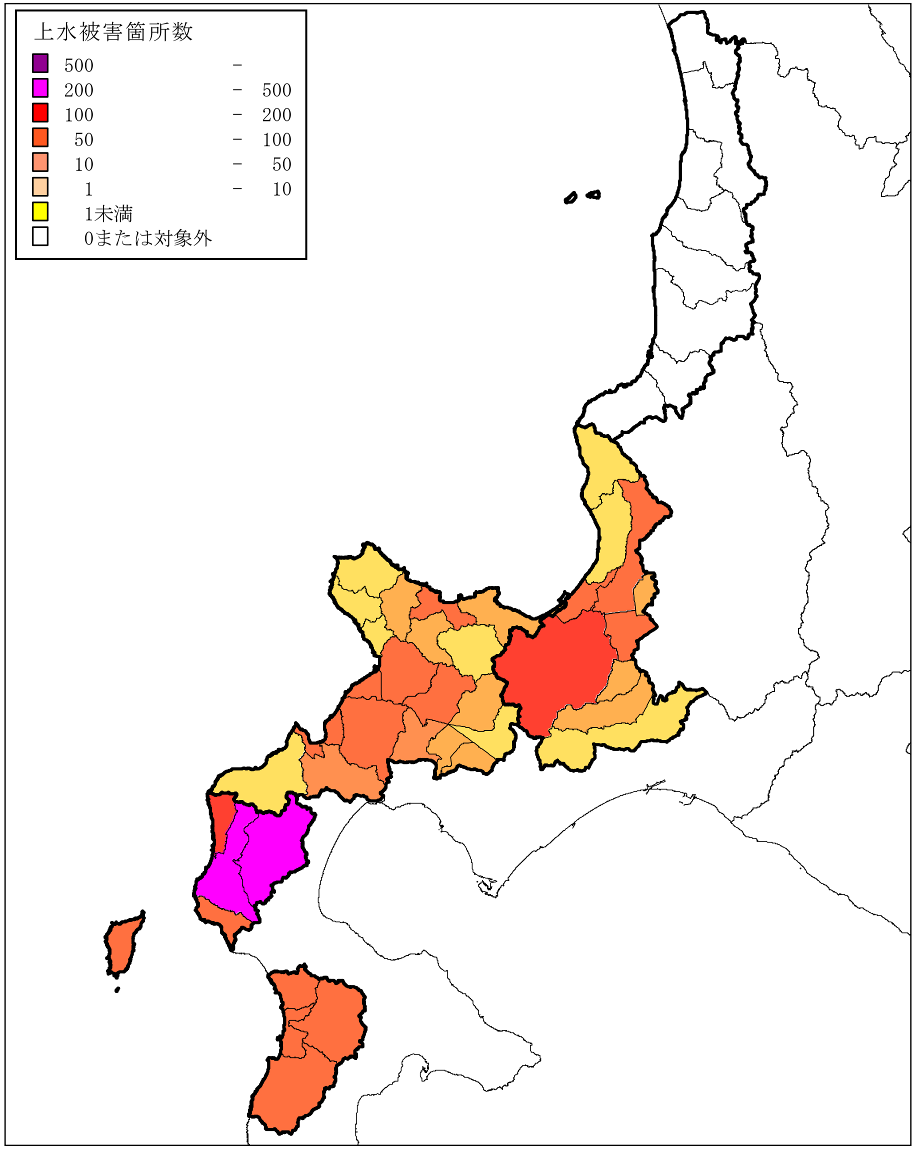

図 2-7-6　上水道被害箇所数の分布

（北海道南西沖の地震 No.2）

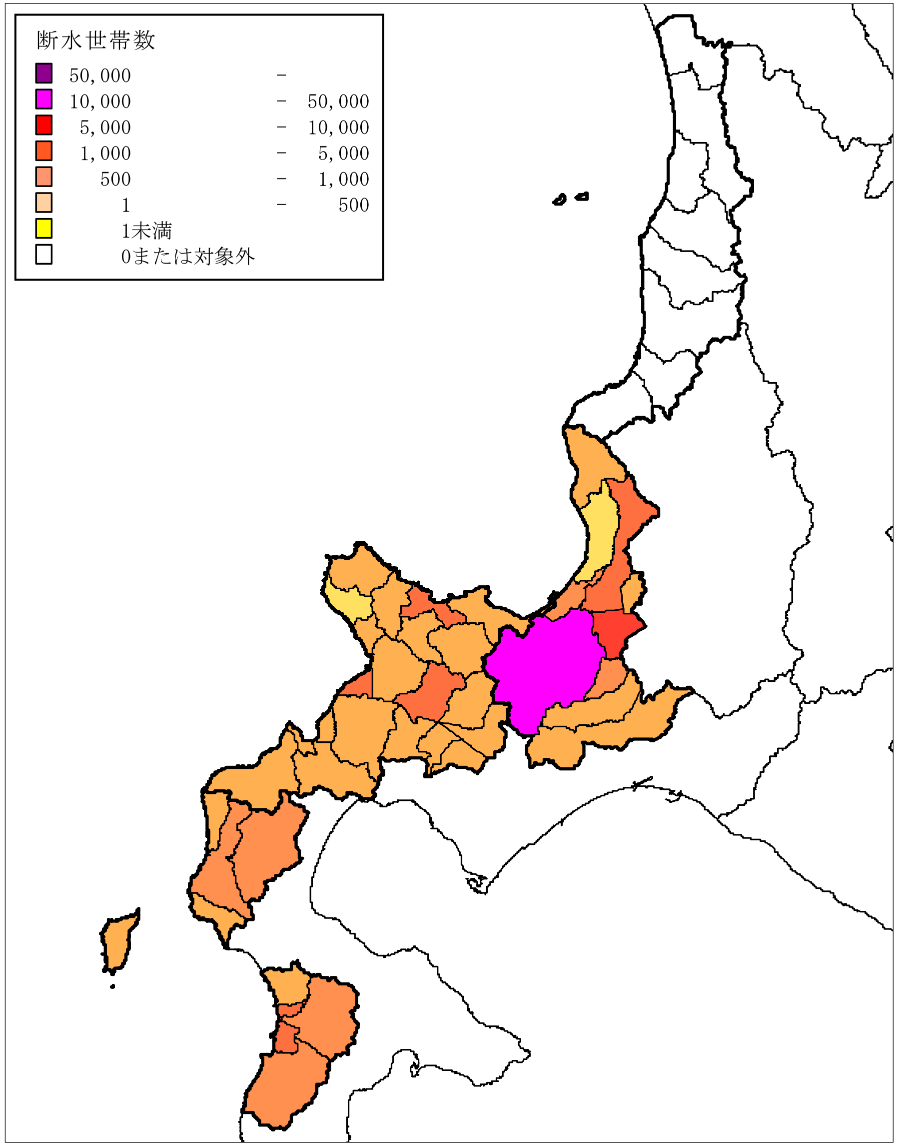

図 2-7-7　断水世帯数の分布

北海道南西沖の地震 No.2）

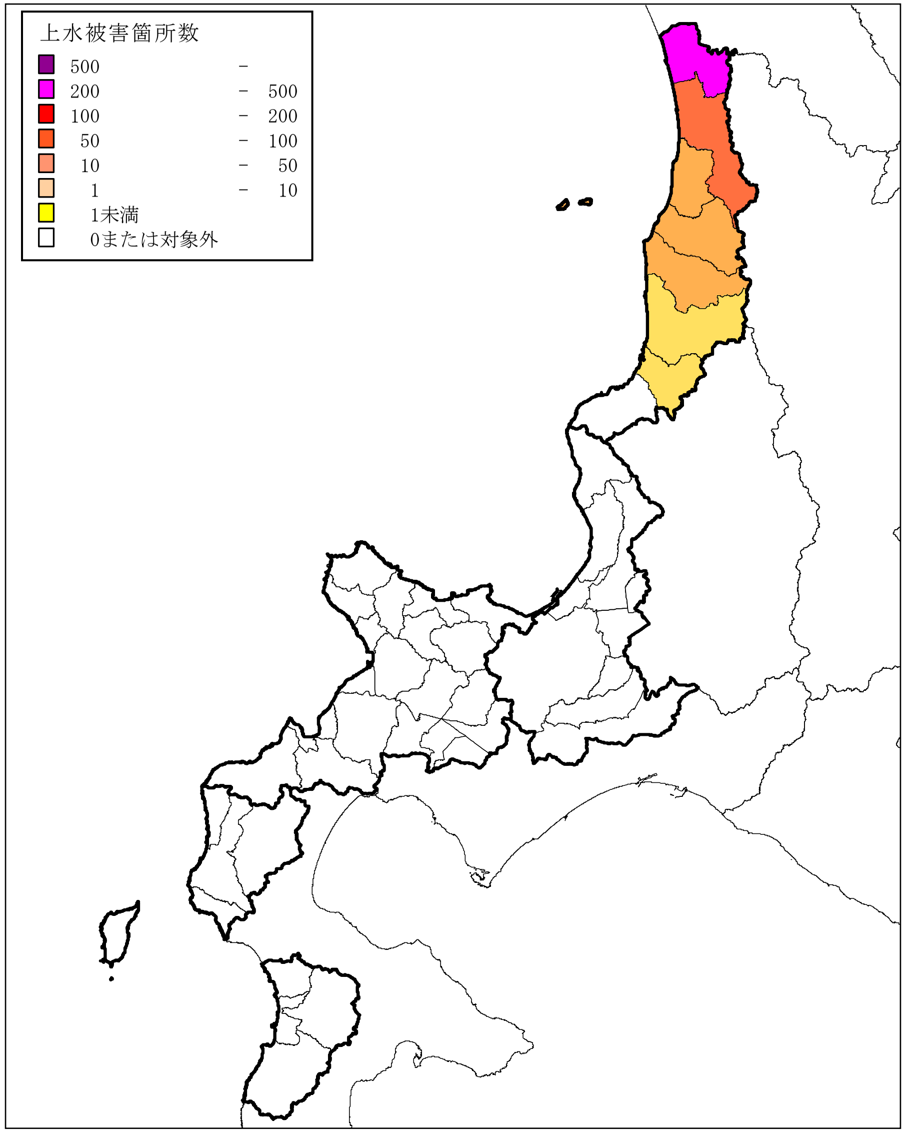

図 2-7-8　上水道被害箇所数の分布
（サロベツ断層帯北延長 30_2 の地震）※檜山・後志・石狩を除く

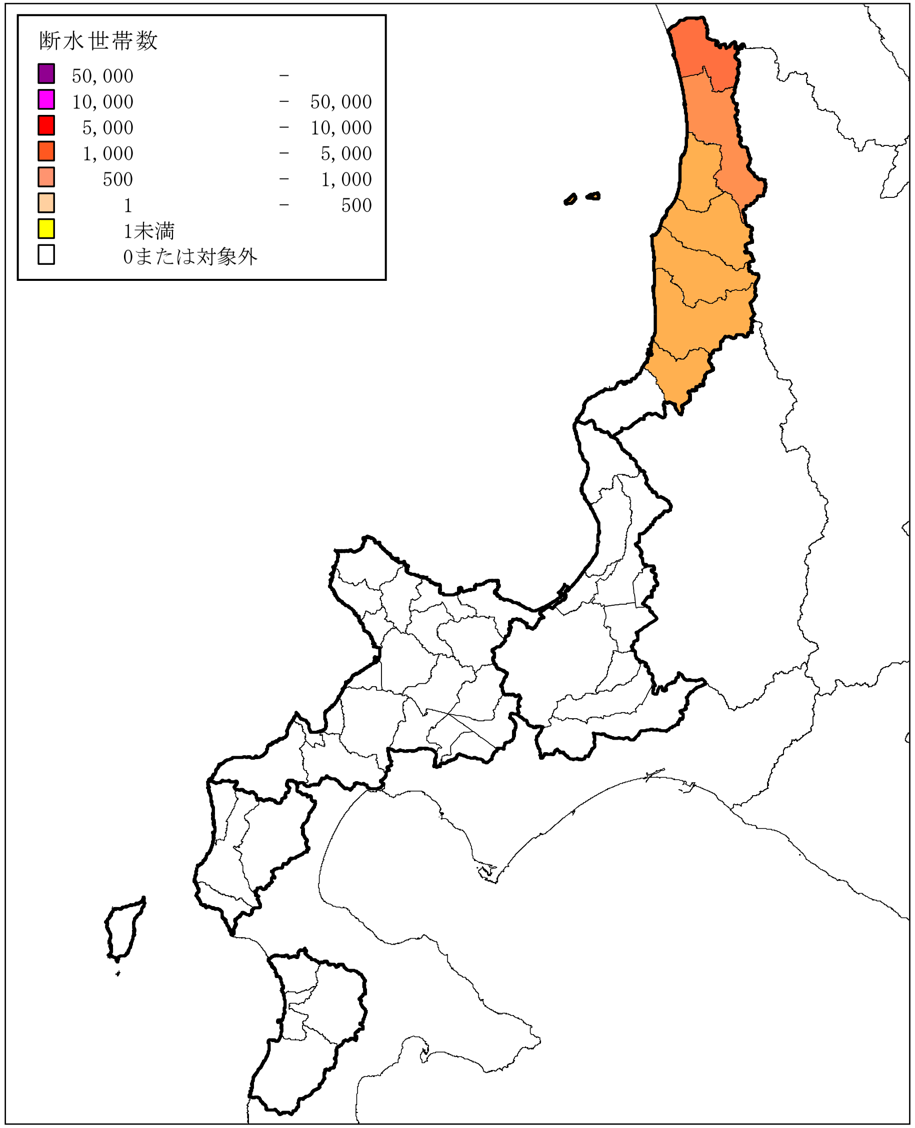

図 2-7-9　断水世帯数の分布
（サロベツ断層帯北延長 30_2 の地震）※檜山・後志・石狩を除く