(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)～56)]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 7-1-1 に示す。

表 7-1-1　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
十勝総合振興局	6,440km
釧路総合振興局	2,723km
根室振興局	1,843km

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 7-1-1 に示す。

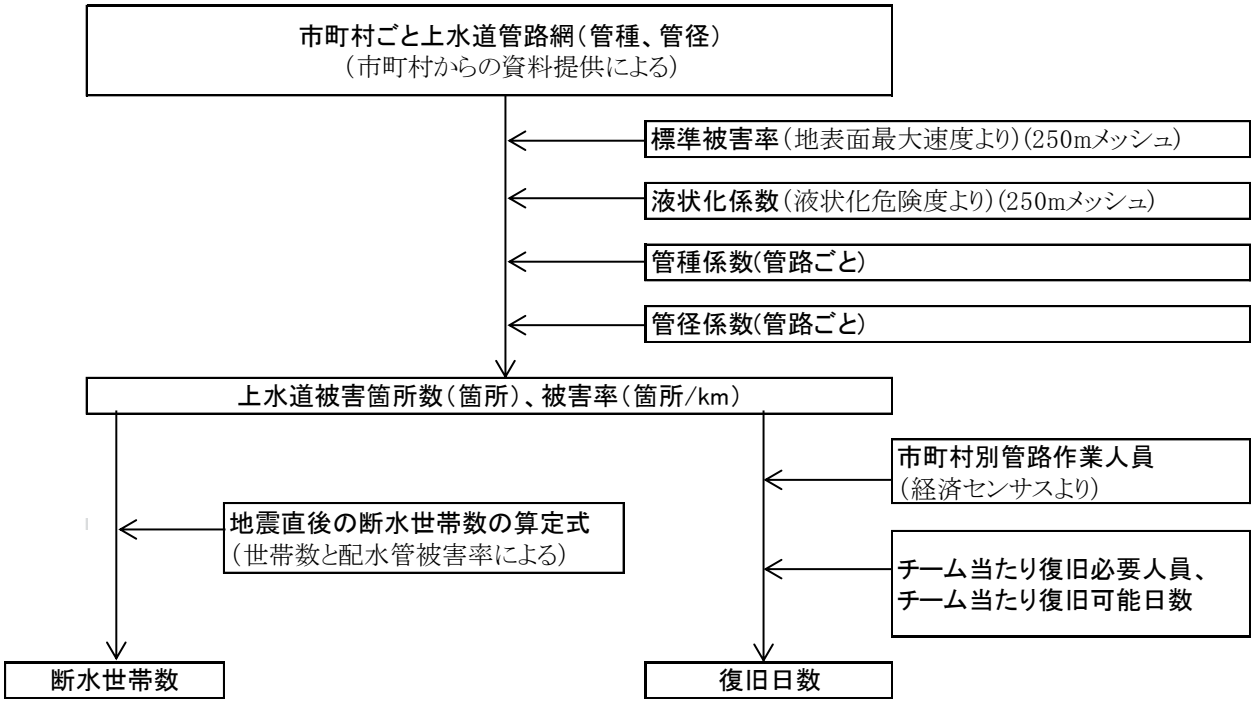

図 7-1-1　検討のフロー

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[57]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7-1-2に示すとおりである。

表7-1-2　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）[58]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)[59]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 7-1-3 参照）。

表 7-1-3　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)
φ400㎜以上	4	12	16	63
φ100～350㎜	2	6	8	13
φ100㎜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）[60]（表 7-1-4 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）[61]とする。

表 7-1-4　上水道作業員　（人）

振興局	上水道業と管工事業の合計
十勝管内	1,164
釧路管内	1,007
根室管内	262

（以下参考）

石狩管内	9,231
渡島管内	1,404
檜山管内	112
後志管内	683
上川管内	1,920
胆振管内	1,845
オホーツク管内	1,052
空知管内	939
留萌管内	132
宗谷管内	219
日高管内	195
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）

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、十勝平野断層帯主部 45_5 の地震で最大となり、十勝、釧路、根室を合わせて被害箇所数 4,783 箇所、発災 1 日後の断水世帯数 47,575 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十勝沖の地震であり、十勝、釧路、根室を合わせて管路の被害箇所は 2,235 箇所ながら、断水世帯数は 78,092 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、十勝では十勝平野断層帯主部 45_5 で最大となり上水道被害箇所数 4,743 箇所・発災 1 日後の断水世帯数 42,644 世帯、釧路では十勝沖の地震で最大となり上水道被害箇所数 1,059 箇所・発災 1 日後の断水世帯数 56,284 世帯、また、根室では標津断層帯 45_5 で最大となり上水道被害箇所数 623 箇所・発災 1 日後の断水世帯数 3,507 世帯が想定される。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、十勝平野断層帯主部 45_5 の地震で最大となり、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 58.7 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 167.6 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	十勝総合振興局		釧路総合振興局		根室振興局		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)
標津断層帯	45_5	1 未満	2	109	9,253	623	3,507	732	12,763
	30_1	0	0	32	3,173	316	2,273	347	5,446
十勝平野断層帯主部	45_2	4,733	45,456	22	3,082	0	0	4,755	48,537
	45_5	4,743	42,644	39	4,931	1 未満	1 未満	4,783	47,575
	30_3	4,486	40,401	84	10,430	1 未満	1 未満	4,570	50,832
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	－	20	408	243	19,692	194	3,070	457	23,170
十勝沖の地震	－	1,039	20,406	1,059	56,284	137	1,402	2,235	78,092
三陸沖北部の地震	－	29	744	12	1,592	－	－	40	2,336

表 2-7-6　上水道復旧日数（冬期以外）　（日）

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	
		復旧人員 1/4	復旧人員 1/2	復旧人員 1/4	復旧人員 1/2	復旧人員 1/4	復旧人員 1/2
標津断層帯	45_5	0.0	0.0	3.1	1.5	102.2	51.1
	30_1	0.0	0.0	0.9	0.4	47.1	23.5
十勝平野断層帯主部	45_2	115.5	57.8	0.3	0.1	0.0	0.0
	45_5	117.3	58.7	0.6	0.3	0.0	0.0
	30_3	106.1	53.0	1.2	0.6	0.0	0.0
石狩低地東縁断層帯主部(北)	30_1	0.0	0.0	－	－	－	－
根室沖・釧路沖の地震	－	0.5	0.2	5.2	2.6	32.5	16.2
十勝沖の地震	－	25.7	12.8	15.1	7.6	23.5	11.7
三陸沖北部の地震	－	0.7	0.3	0.1	0.1	－	－

表 2-7-7　上水道復旧日数（冬期）　（日）

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	
		復旧人員 1/4	復旧人員 1/2	復旧人員 1/4	復旧人員 1/2	復旧人員 1/4	復旧人員 1/2
標津断層帯	45_5	0.0	0.0	4.4	2.2	146.0	73.0
	30_1	0.0	0.0	1.2	0.6	67.3	33.6
十勝平野断層帯主部	45_2	165.0	82.5	0.4	0.2	0.0	0.0
	45_5	167.6	83.8	0.8	0.4	0.0	0.0
	30_3	151.5	75.8	1.7	0.8	0.0	0.0
石狩低地東縁断層帯主部(北)	30_1	0.0	0.0	－	－	－	－
根室沖・釧路沖の地震	－	0.7	0.3	7.5	3.7	46.4	23.2
十勝沖の地震	－	36.7	18.3	21.6	10.8	33.5	16.8
三陸沖北部の地震	－	0.9	0.5	0.2	0.1	－	－

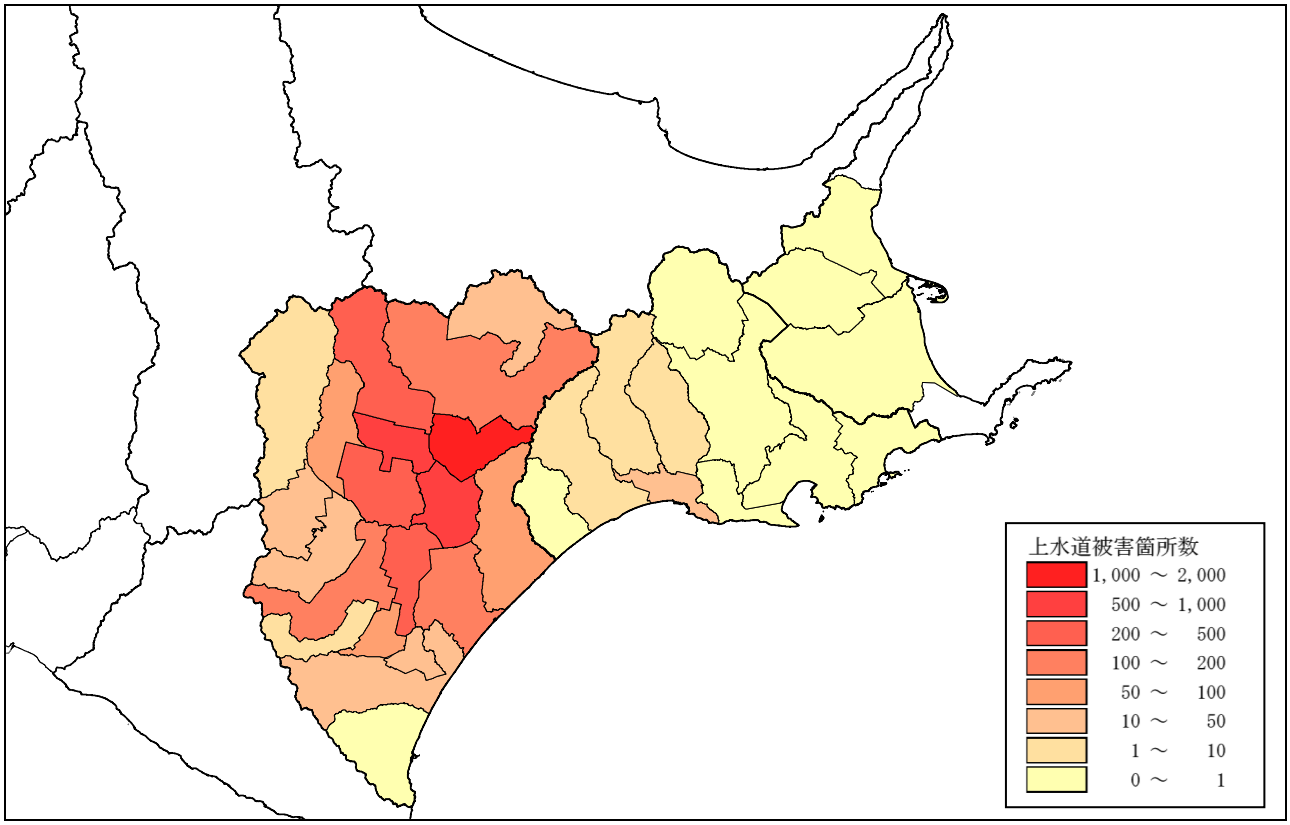

図 2-7-2　上水道被害箇所数の分布（十勝平野断層帯主部 45_5）

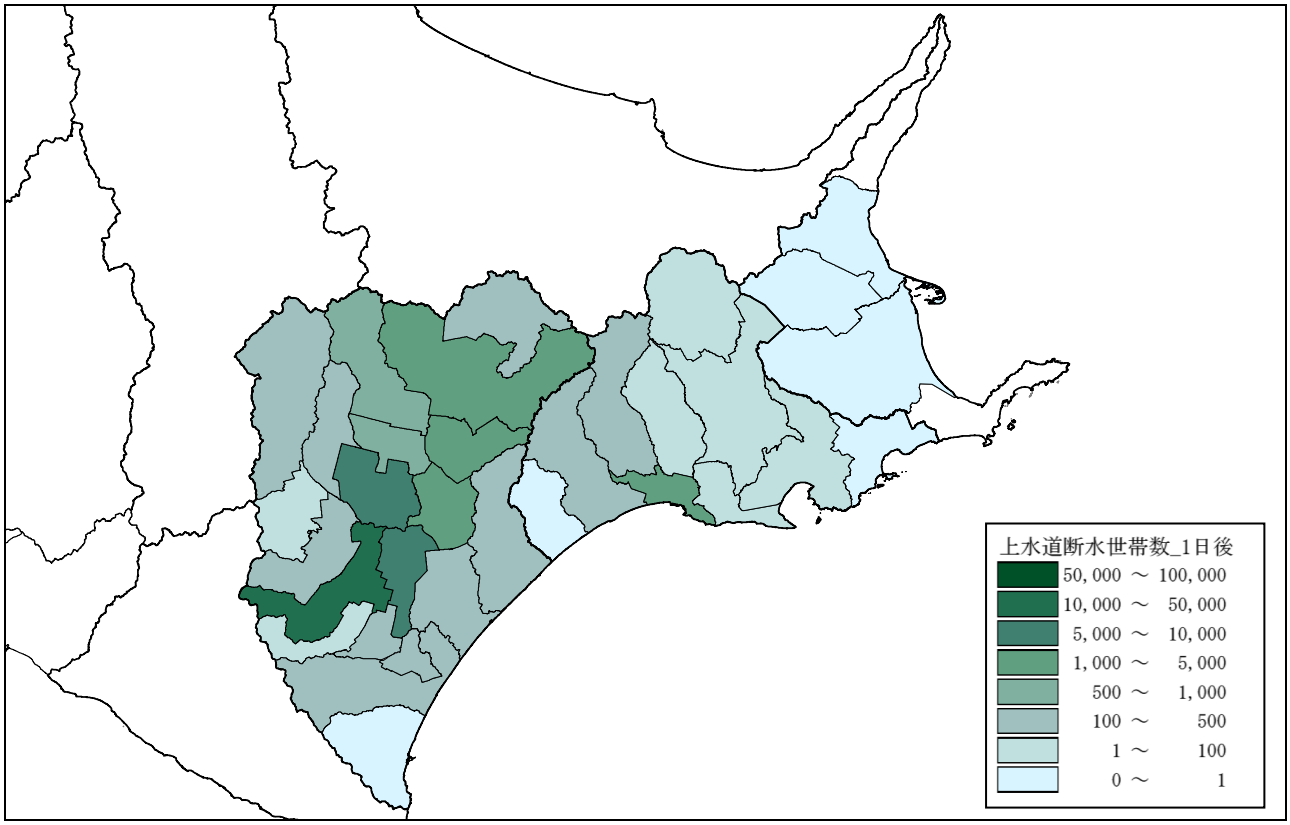

図 2-7-3　断水世帯数の分布（十勝平野断層帯主部 45_5）