

(3) その他の被害

1) 造成盛土地域での被害

仙台市泉区南光台地区を対象に、造成宅地地盤図（切盛区分図）（㈱復建技術コンサルタント提供）と、下水道管路被害図（仙台市提供）を重ね合わせることで、造成盛土地域における管路の被害傾向を把握する。

①被害の概要

仙台市泉区南光台は、1980年代に、主に谷埋め盛土で造成された地区である。今回の地震では、盛土部で家屋被害が多く発生している（図 I-1-64、写真 I-1-18）。

②下水道施設の被害状況

下水道管路についても盛土部分及び切盛境において多くの被害が見られた。（図 I-1-64）

表 I-1-38 は、仙台市内の造成地での人孔被害箇所数を集計したものである。人孔被害は、盛土部で多く発生しており、全体の半数を占める。

被害の状況を盛土部、切土部で整理したものを写真 I-1-19. 20 に示す。盛土部での人孔被害は突出、躯体、蓋枠のズレや人孔周辺の地盤沈下が発生しており、液状化での被害と同様の事象が発生している（写真 I-1-19）。切土部での人孔被害は沈下、躯体のクラックなど地震動での被害と同様の事象が発生している（写真 I-1-20）

表 I-1-38 切土・盛土位置での人孔被害割合

地盤分類	データ区間	箇所	%
切土	~-30m	14	28%
切土	-30~-20m	6	
切土	-20~-15m	14	
切土	-15~-10m	32	
切土	-10~-7.5m	22	
切土	-7.5~-5m	36	
切土	-5~-2.5m	43	
切盛境	-2.5~2.5m	135	23%
盛土	2.5~5m	69	49%
盛土	5~7.5m	56	
盛土	7.5~10m	45	
盛土	10~15m	73	
盛土	15~20m	37	
盛土	20~30m	16	
盛土	30m~	0	
合計		598	100%

※(株)復建技術コンサルタント調べ

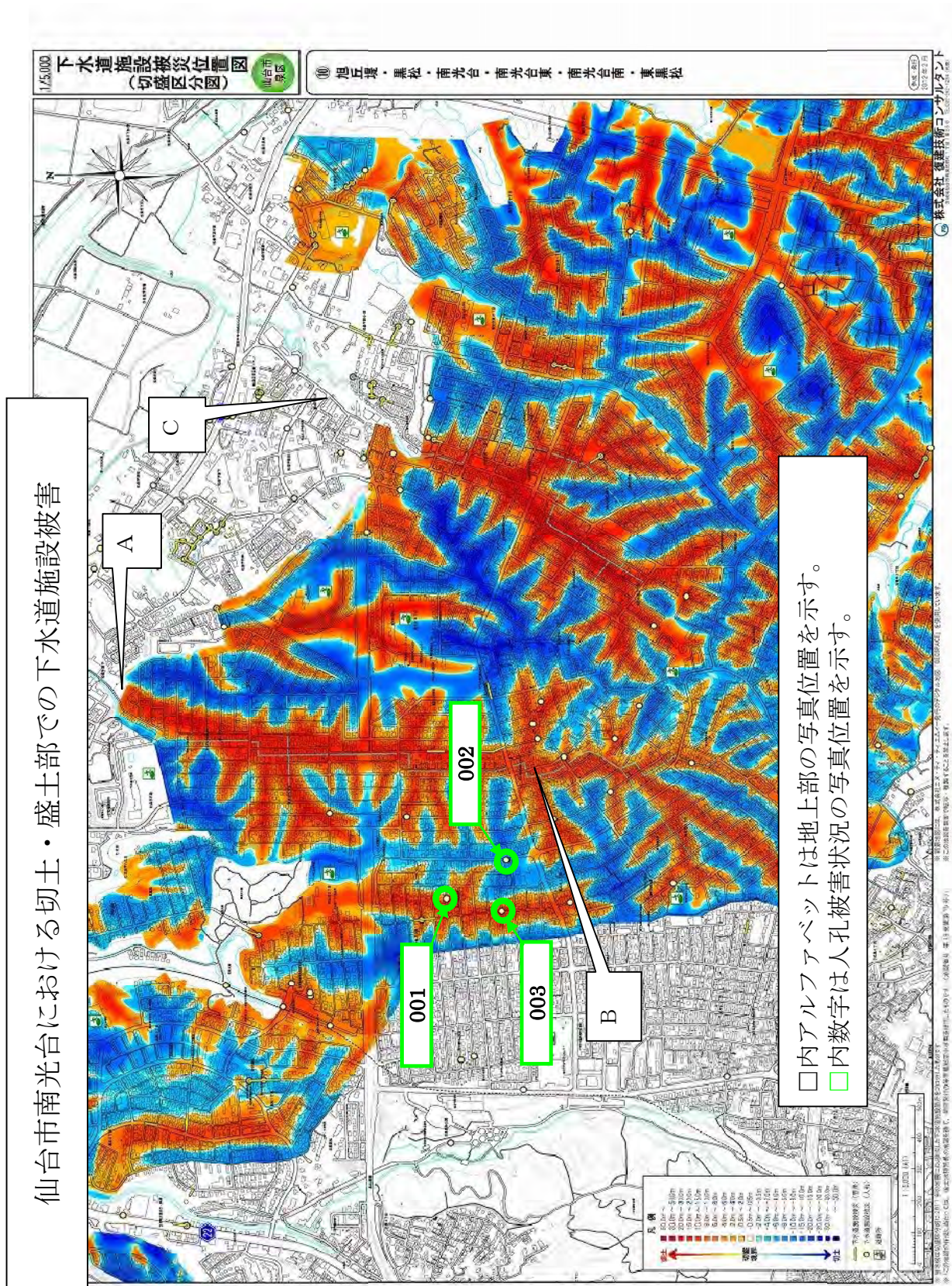


図 I-1-64(1) 造成宅地地盤と下水道被害の重ね合わせ図

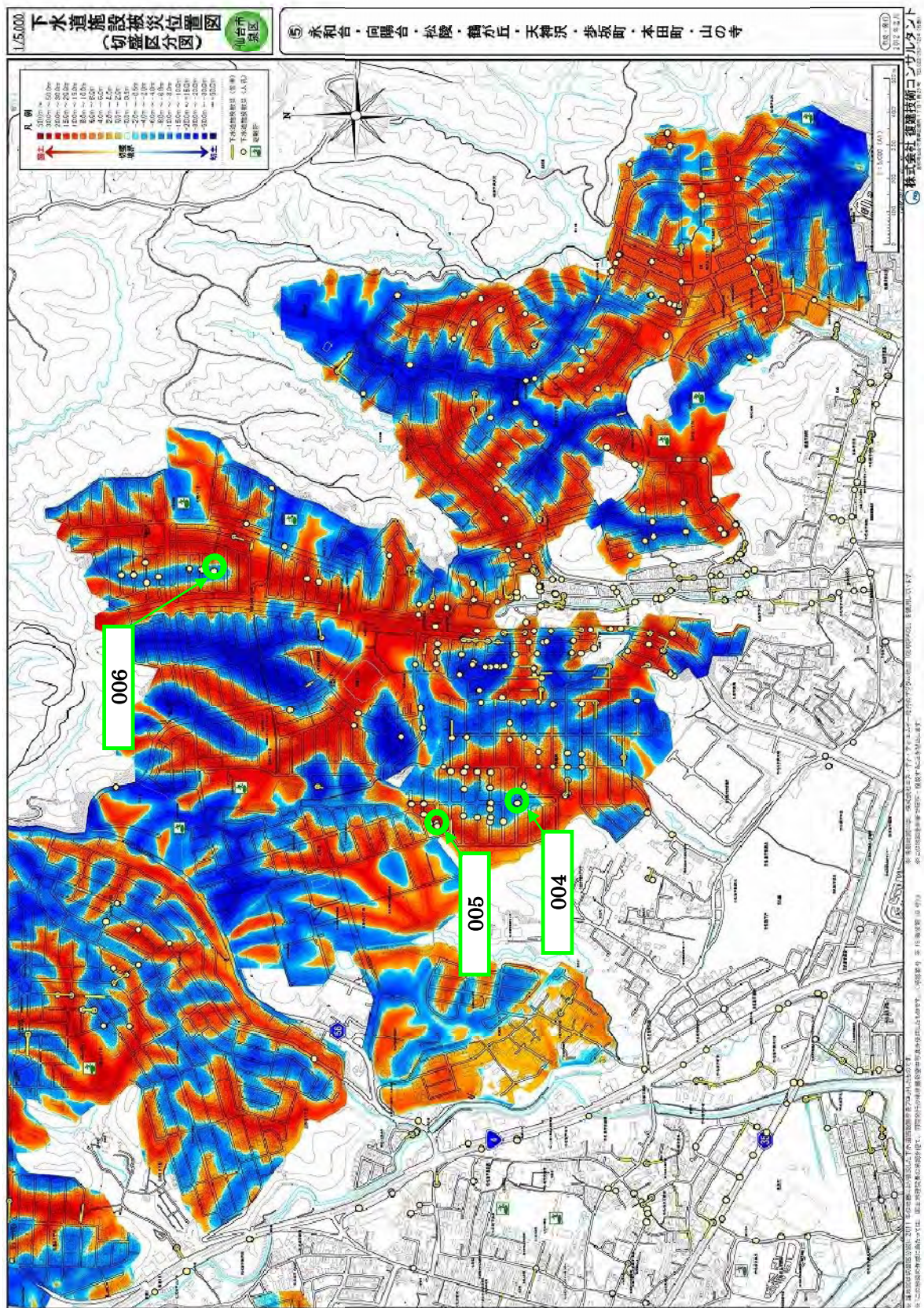


図 I-1-64 (2) 造成宅地盤と下水道被害の重ね合わせ図

仙台市南光台における盛土部での家屋被害



A地区における被害（のり面の崩壊による背後家屋傾斜）



B地区における被害（強い振動による家屋被害）



C地区における被害（沼の埋立地の液状化による家屋被害）

東京電機大学 安田教授提供

写真 I -1-18 仙台市南光台での家屋被害

盛土部		
001	003	005
		
周辺状況	周辺状況	周辺状況
		
蓋枠のずれ	人孔周辺地盤沈下 (10 c m)	人孔突出 (1 c m)
		
蓋枠のずれ	人孔周辺地盤沈下 (10 c m)	人孔突出 (1 c m)
		
下流管口侵入水	蓋枠のずれ	人孔躯体のずれ
		
下流管口侵入水	蓋枠のずれ	躯体目地部破損

写真 I-1-19 盛土部人孔被害状況

切土部		
002	004	006
		
周辺状況	周辺状況	周辺状況
		
人孔沈下 (3.5 c m)	蓋開口状況	蓋開口状況
		
人孔沈下 (3.5 c m)	蓋開口状況	人孔躯体クラック
		
蓋枠のずれ	人孔躯体クラック	人孔躯体クラック
		
蓋枠のずれ	人孔躯体クラック	人孔躯体クラック

写真 I-1-20 切土部人孔被害状況

③盛土造成地での対策方針

盛土造成地での被害傾向としては、盛土部での被害が多い傾向であった。

盛土部での下水道施設への液状化対策としては、出来る限り既存の対策を講じる必要があるが、住宅部局など他のライフラインの関連部局と協議の上、地域全体の被害を軽減するための対策が重要である。

また、事後対策として、既存の盛土の変状地域に対しては、仮設トイレ、可搬式水中ポンプ、仮設配管などの対応に必要なものを準備する必要がある。

2) 地盤沈降による被害

①地盤沈降の概況

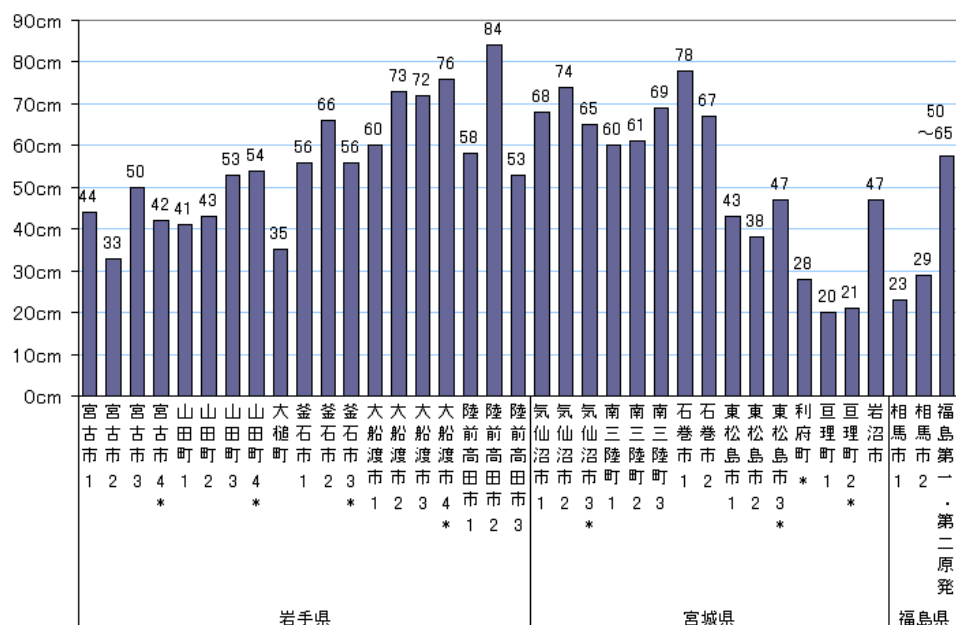
東日本大震災の影響で、東北地方の太平洋沿岸地域において顕著な地盤沈降（地震動による地盤の沈下：地盤沈降、液状化による地盤の沈下：地盤沈下と定義）が確認されている（国土地理院による電子基準点の解析結果より）。国土地理院が実施した（2011年4月5～10日）太平洋沿岸の28点の水準点・三角点における詳細な標高変動量調査を図 I-1-65 に示す。また、中央防災会議において参考資料として示された地殻変動状況（上下方向）を図 I-1-66 に示す。

図 I-1-65 より、震源地に近い岩手県、宮城県、福島県の太平洋沿岸地域の調査地点で、20～84 cmの地盤沈降が観察されている。特に、震源に近くなると地盤沈降量が大きくなる傾向にある。

国土地理院によると、太平洋に位置する海底プレートが隆起した反動で、陸側の地盤が軒並み沈降。プレートのずれが南北約400キロと大規模だったことから、地殻変動が広範囲に及んだと報告されている。

また、地盤沈降の影響で、満潮時や降雨時に沈降した沿岸部で浸水や冠水が発生し、交通への支障や復旧活動への影響等が生じている。

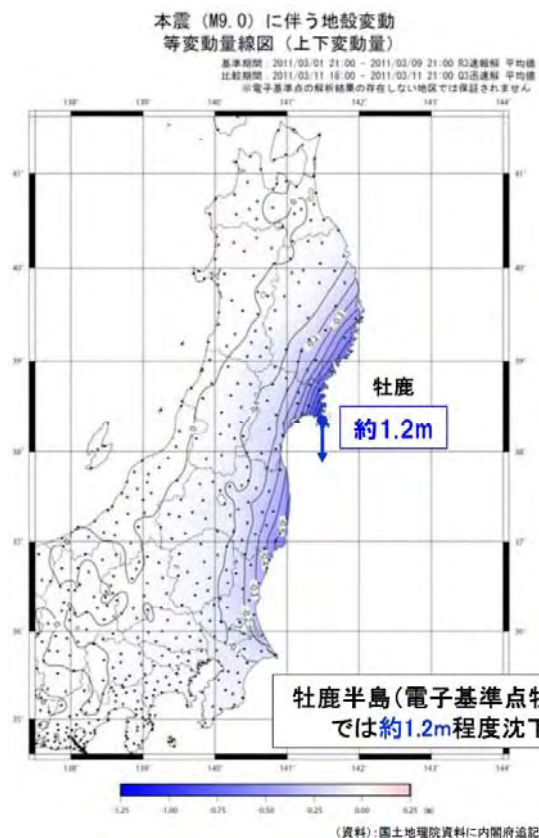
下水道施設に関しても、後述するとおり、下水道管きょの勾配不良による自然流下の不具合や雨水ポンプ場等の放流口が海水面以下となることによる排水不良などの被害が発生している。



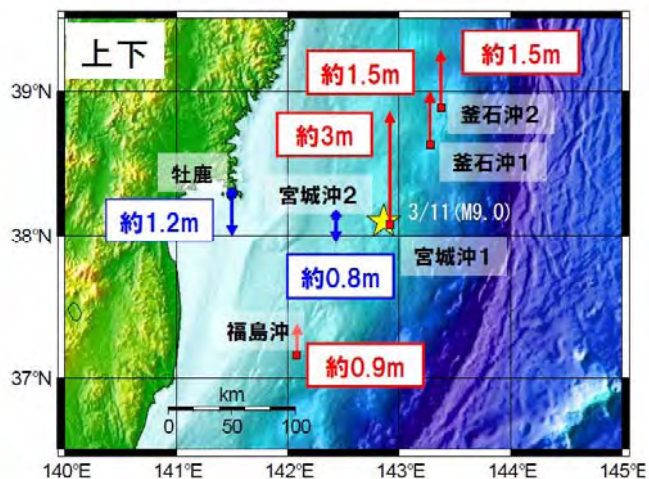
(注) 電子基準点(*)の精度は約1 cm、その他の水準点・三角点の精度は約10 cm

(資料) 国土地理院「平成23年東北地方太平洋沖地震に伴う地盤沈下調査結果について」(2011年4月14日)
東京新聞2011.7.9(福島第一・第二原発についての東京電力発表値)

図 I-1-65 東日本大震災被災地の地盤沈降量



震源のほぼ真上の宮城県沖 の海底約3メートル隆起



出典: 東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告 (参考図表集), 平成 23 年 9 月 28 日, 中央防災会議

図 I -1-66 地殻変動状況 (上下変動)

被害が大きかった石巻市では、満潮時や大潮時において市内の各所で道路の冠水被害が生じた（写真Ⅰ-1-21）。応急対応として、仮堤防の築造や、道路の嵩上げ等が講じられているが、冠水被害の解消には至っていない。



地盤沈下による道路冠水状況（１）



地盤沈下による道路冠水状況（２）

写真Ⅰ-1-21 地盤沈降による被害（石巻市）

②地盤沈降による下水道の被害

広範囲な地盤沈降により、下水道施設にも大きな被害及び影響が生じている（表Ⅰ-1-39）。

直接的な被害としては、下水道管きょの勾配不良により自然流下による排水ができなくなった事例や、雨水ポンプ場等の放流口が海水面以下となり排水に支障をきたしている事例がある。

また、地盤沈降に伴う冠水及び浸水、湧水の噴出等により、大量の水が下水道管きょへ流入し、人孔からの汚水溢水やポンプ場等への過負荷を生じさせている。

表Ⅰ-1-39 地盤沈降による下水道施設被害

	自治体	地盤沈降量	下水道施設被害		
			管きょ	ポンプ場	処理場
岩手県	宮古市	33～50 cm	勾配不良	—	—
	山田町	41～54 cm	勾配不良	(ポンプ場なし)	—
	大槌町	35 cm	勾配不良、侵入水	(ポンプ場なし)	—
	釜石市	56～66 cm	勾配不良	自然排水不可	—
	大船渡市	60～76 cm	勾配不良、浸水	—	—
	陸前高田市	53～84 cm	勾配不良	—	自然排水不可
宮城県	石巻東部	～ cm	侵入水	—	—
	気仙沼市	65～74 cm	勾配不良	自然排水不可	—
	南三陸町	60～69 cm	勾配不良	—	—
	石巻市	67～78 cm	勾配不良、侵入水、 浸水	自然排水不可	—
	東松島市	38～47 cm	勾配不良	—	—
	利府町	28 cm	—	—	—
	亘理町	20～21 cm	—	—	—
	岩沼市	47 cm	—	—	—
	相馬市	23～29 cm	—	—	—

*ヒアリング調査による。

③地盤沈降での対策方針

これら被害傾向より、特にポンプ場等の放流口高さの設定には、放流水面と吐き口との高さを確保するために、沈下量を想定した設計を行うなどの対策が必要である。

（４） 液状化対策工法の被害状況と今後の課題

液状化現象という言葉が一般的に知られるようになった新潟地震（昭和 39 年）以降、阪神淡路大震災や釧路沖地震、最近では新潟県中越地震や能登半島地震において、下水道管きよのたるみや埋戻し部の沈下、人孔の浮上など、液状化による下水道管路施設の被害が発生している。

下水道管路施設のこれら被害は、下水の流下阻害による下水道サービスの停止や交通障害等の社会的影響を招くことから、国では積極的な地震対策の推進に取り組むとともに、官民においては効果的な耐震化技術の研究が実施されてきた。

しかしながら、下水道管路施設の地震対策は途についたばかりであり、耐震化率は 14%（平成 9 年指針策定以前に工事発注された重要な幹線の耐震化状況：平成 21 年度末）と未だ低く、また種々の液状化対策工法の効果についても照査すべき点が多い。

ここでは、管きよの埋戻し 3 工法及び既存人孔の液状化対策工法を中心に、東日本大震災による被害状況を整理するとともに、今後の普及に向けた課題を整理する。

１）下水道管路施設における液状化対策工法

下水道管路施設の液状化対策工法は、下水道施設の耐震設計指針と解説―2006 年版―（以下、耐震指針）に記載がある。

管きよの液状化対策工法としては、新潟県中越地震時（平成 16 年度）に設置された下水道地震対策技術検討委員会で緊急提言された、図 I -1-67 示す、埋戻し土の締固め、砕石等による埋戻し、埋戻し土の固化の 3 工法（以下、「埋戻し 3 工法」）がある。

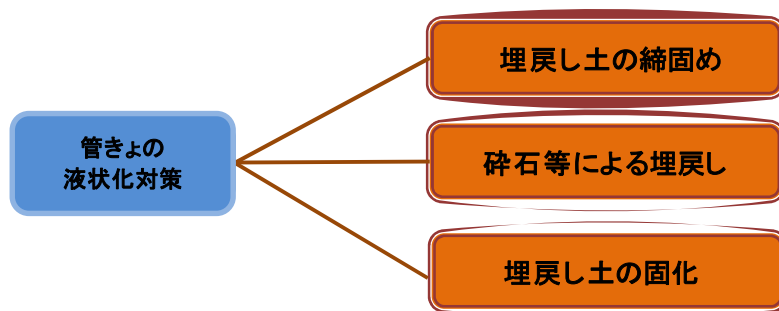


図 I -1-67 管きよの液状化対策工法

人孔の液状化対策工法については、新設時に耐震化する場合と既存施設を耐震化する場合で、採用する工法が区別されており、新設時については、図 I-1-68 に示す通り、液状化発生防止対策と被害軽減対策の 2 つに区分した上で、液状化発生防止対策として 2 工法、被害軽減対策として 5 工法が紹介されている。

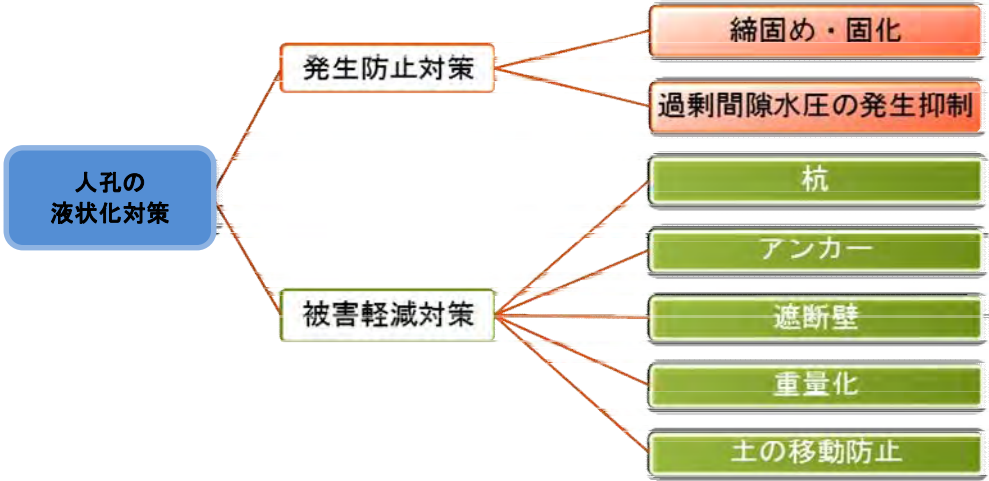


図 I-1-68 新設の場合の液状化対策工法

既存施設については、図 I-1-69 に示す通り、液状化発生防止対策と被害軽減対策の 2 つに区分した上で、液状化発生防止対策 2 工法、被害軽減対策 2 工法が紹介されている。

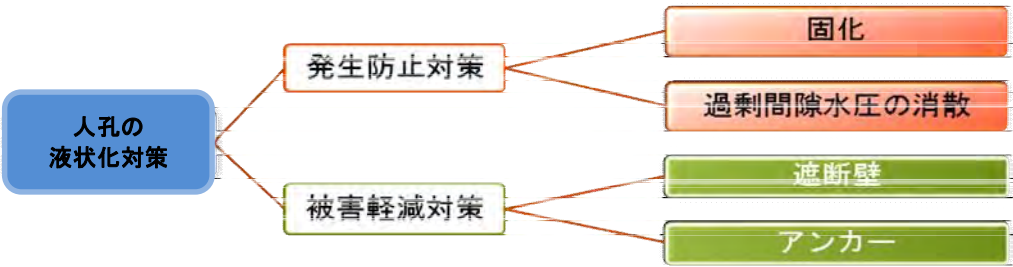


図 I-1-69 既存施設の液状化対策工法

2) 東日本大震災における埋戻し 3 工法等の現状と課題

① 埋戻し 3 工法等の施工状況と被害状況

a. 埋戻し土の締固め

本工法は、管きよの埋戻し部の締固め度を 90%以上確保することで、地震時の液状化を抑制するものである。通常の下水道埋設方法とほぼ変わらず、また特別な技術も必要なく、安価で高い効果が得られるため、発注者としては選択しやすい工法の 1 つである。

今回の地震の被災地における本工法の施工状況について、液状化対策としての施工実施例は確認されていないが、宮城県及び福島県の道路土工の施工基準として「路床における締固め度 90%」（以下、道路基準）があることから、道路基準に基づく締固め度は確保されていたと推定される（図 I-1-70）。

道路土工		液状化対策	今回の施工
	舗装 路盤		
90%以上	路床	90%程度以上	90%以上
85%以上(90%以上)	路体	90%程度以上	85%以上(90%以上)
	下水道管	90%程度以上	管周辺は遵守されていなかった

※（ ）内は、RI計器を用いた盛土の締固め管理を行った場合

図 I-1-70 締固め基準

しかしながら、道路基準が設定されていた箇所における下水道管きよの一部で、路面異常やたるみ等の被害が確認されている。

これは、道路基準が「路床」及び「路体」に設定されていることから、路体下の管きよ基礎やその埋戻し部に対して、その基準値が遵守されていなかったためと考えられる。よって、下水道管きよの液状化対策を行う際には、より厳しい施工管理が必要と考えられる。

また、一般に管きよの管側部（管きよの側面部）は転圧のための機械が入るスペースがないこと、塩化ビニル管の場合には特に管頂部（管きよの直上部）の施工においてオーバーコンパクション現象が生ずることがあること、土質によっては締固め度 90%の確保が困難なことがあるなど、締固め工法の施工に当たっての課題が多く残されている。

b. 砕石等による埋戻し

本工法は、埋戻し部が液状化しないよう、埋戻し材料に砕石を用いる方法であり、小口径管きよでは、多くの場合、砕石に対応可能なリブ付き塩ビ管等が用いられる。

リブ付き塩ビ管の施工方法は、管周りのみを碎石に置換する方法が標準（JSWAS K-13）であるが、液状化対策を目的とする工法では、地下水位以深（もしくは埋戻し部全部）を碎石で埋戻すことが最も重要である（図 I-1-71）。

本工法の採用箇所は、東日本大震災の被災地内では極僅かで、震度 7 を記録した栗原市の一部地域（築館）で採用されている程度である。

本地区では、同一路線上に、前出の標準施工箇所と液状化対策施工箇所が存在する。今回の震災では、標準施工箇所でも車両通行が不可能となる大きな路面異常が発生したが（写真 I-1-22）、液状化対策施工箇所では、路面が若干沈下した程度の被害であり（写真 I-1-23、写真 I-1-24）、その効果が確認された。

ただし液状化対策を施工した一部の管きょ（約 20m）で、被害程度は小さいものの、管きょのたわみ及び路面異常が発生しており、その原因究明のための調査を行った。

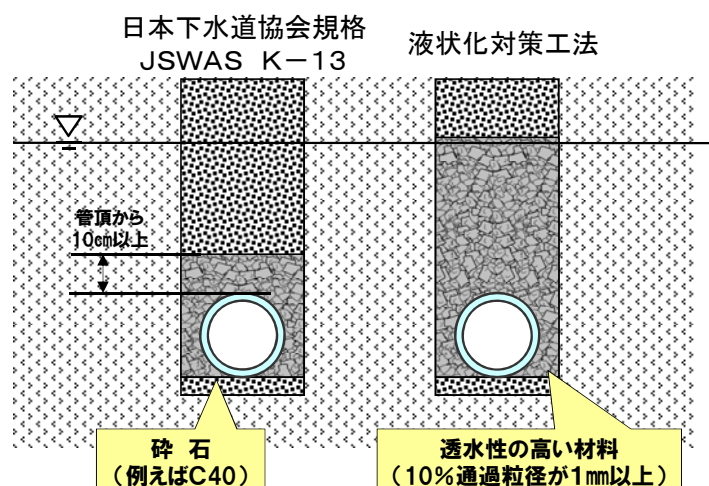


図 I-1-71 碎石による埋戻し方法



標準施工（未対策）
写真 I-1-22



液状化対策施工（被害なし）
写真 I-1-23



液状化対策施工（被害有り）
写真 I-1-24

調査にあたっては、対策済みながら若干の被害が確認された管きよについて、施工時の工事書類確認と当時の工事担当者へのヒアリングを実施した。この結果、使用した碎石の種類と、施工時の矢板引き抜きに関して問題があると推察された。

使用する碎石については、耐震指針において透水性の高い材料として 10%通過粒径 $D_{10} \geq 1 \text{ mm}$ の材料を推奨しているが、現場で使用されていたのは $D_{10} \geq 600 \mu\text{m}$ であり、細粒分が多く含まれていた。このため、液状化時の過剰間隙水圧の消散効果が低下し、被害につながったものと推察された。

矢板の引き抜きについては、引き抜きに伴い地山と埋戻し部に空隙が生じ、埋戻し部の締固めが緩んだ可能性が、当時の施工担当者により示唆されている。

c. 埋戻し土の固化

本工法は、埋戻し土に石灰やセメント系の固化剤を添加することで、埋戻し土の液状化を抑制しようとするものである。

今回被災地の中では、栗原市と東松島市で施工実績がある。両市の施工延長及び今回震災における被害延長を表 I-1-40 に示すとともに、両市における被災原因について調査した結果下記に示す。

表 I-1-40 栗原市と東松島市の被災状況

自治体名	整備延長 (m)	被災延長 (m)	固化対策延長 (m)		被害率① (%)	被害率② (%)
				うち被災延長		
	①	②	③	④	②/①	④/③
栗原市	315,000	12,200	2,500	54	3.87	2.16
東松島市	142,000	13,410	19,662	336	9.44	1.71

市全域の被害率と固化工法を採用した路線の被害率を比較すると両市とも固化した箇所の被害率の方が低い。また、被害程度を見ても固化した箇所は、若干の路面異常が見られる程度であり、一定の液状化対策の効果があったものと考えられる。

以下に、固化工法施工箇所において被災した箇所の被害の発生原因について検討する。

【栗原市における被災原因分析】

栗原市におけるセメント固化施工箇所と被災箇所を図 I-1-72 に示す。セメント固化対策延長 2500m に対して 54m が被災した。

被災箇所は、岩手宮城内陸地震時に被災し、本復旧時にセメント系固化剤による改良土を使用した鷺沢地区である。被害の程度について、固化施工済みの管きよでは、たるみ及び継ぎ手ズレが発生したが流下阻害にはなっていない。ただし、人孔については、固化施工済みの一部の人孔で 4～11 cm の浮上が確認された。液状化未対策の浮上が 5～10 cm であり、ほぼ同程度の被害を受けている（写真 I-1-25、26）。

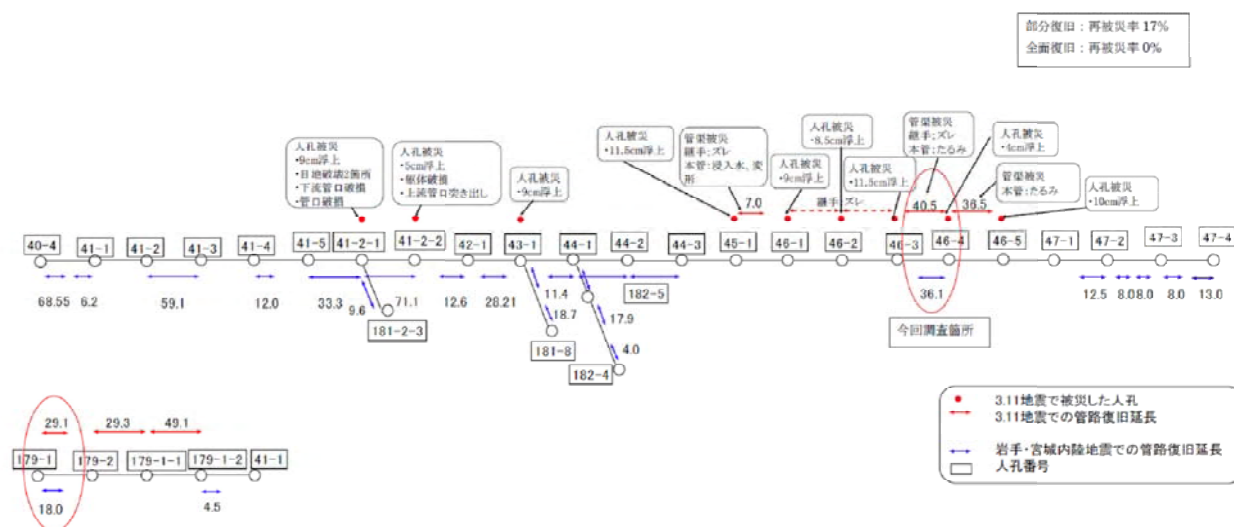


図 I-1-72 栗原市（鶯沢地区：固化工法施工箇所）における被災状況



写真 I-1-25 標準施工（未対策）



写真 I-1-26 液状化対策施工箇所（被災箇所）

被災原因を明らかにするために実施した、被災箇所における現地の土質調査及び被災状況の分析結果を述べる。

土質調査は、被災有りと被害なしの2カ所について、標準貫入試験、一軸圧縮強度試験を行ったほか、セメント添加量を推定するための酸化カルシウム分析を実施した。

この結果、一軸圧縮強度については、表 I-1-41 に示す通り、1断面当たりの平均一軸圧縮強度は2カ所とも基準値(50~100kPa)を下回る結果となったほか、調査深度が深い位置の土は特に強度が発現していなかった。N値については、2カ所とも同程度の値を示しているほか、セメント添加量は事前配合(50kg/m³)に近い混入率が確認された(表 I-1-42)。

表 I-1-41 栗原市における一軸圧縮強度試験結果

調査深度	被害有り		調査深度	被害なし		深度別 平均値
	孔-No1	孔-No2		孔-No3	孔-No4	
1.8～2.75m	76kpa	68kpa	1.5～2.3m	42.5kpa	18.4kpa	51.2kpa
2.75～3.35m	12.6kpa	12.2kpa	2.6～3.54m	12.6kpa	11.4kpa	12.2kpa
1断面当たり 平均値	44.3kpa	40.1kpa	1断面当たり 平均値	27.6kpa	14.9kpa	31.7kpa

表 I-1-42 栗原市土質調査結果一覧

調査項目	被害有り		被害なし	
	孔-No1	孔-No2	孔-No3	孔-No4
貫入試験 (JGS1443)	上部：5	上部：4	上部：6	上部：7
	下部：5	下部：13	下部：8	下部：8
酸化カルシウム (JISR5202)	—	上部： 推定セメント量=38.7kg/m ³	—	上部： 推定セメント量=69.4kg/m ³
	—	下部： 推定セメント量=43.9kg/m ³	—	下部： 推定セメント量=34.5kg/m ³

※上部：「被害あり」の孔は GL-1.8～2.75m、「被害なし」の孔は GL-1.5～2.3mの調査位置。

※下部：「被害あり」の孔は GL-2.75～3.35m、「被害なし」の孔は GL-2.6～3.54mの調査位置。

※酸化カルシウム分析結果は、分析で得られた乾燥ベースにおけるセメント量（％）と土質調査から得られた土の乾燥密度に基づき推定したセメント含有量を示した。

また、施工当時の状況についてヒアリングしたところ、セメント混合は現地攪拌（バックホウによる3回攪拌）であったこと、攪拌後の仮置きが1日程度あったことが分かった。また、管きょ及び人孔のセメント固化範囲について、不具合のあった部分のみの布設替え（図 I-1-73、表 I-1-43、表 I-1-44）であったことから、スパン全体もしくは人孔全周の固化が実施されておらず、今回の被害はこの場所に集中していることが分かった。

以上の結果を整理すると、セメントの必要添加量は満たしているものの、埋戻し時の施工上の問題により適正な強度が得られなかったことが推察される。

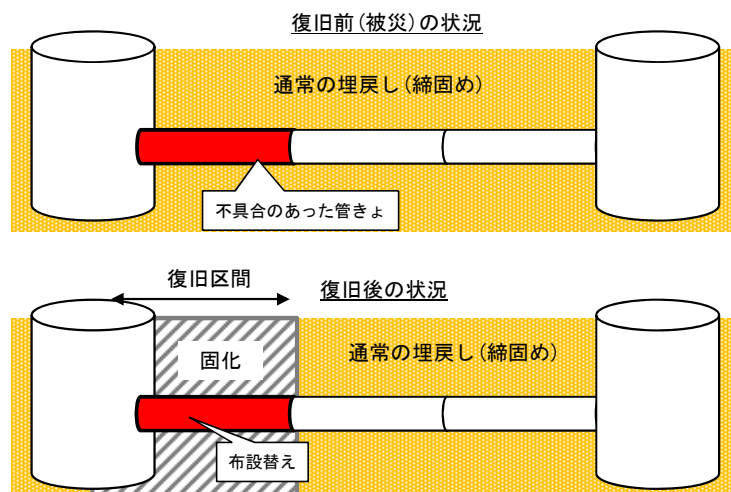


図 I-1-73 岩手宮城内陸地震時の復旧方法概念図

表 I-1-43 栗原市鶯沢地区（管きょ）における液状化対策施工延長と被害状況

管きょ	未対策	固化対策延長		計
		スパン全体対策	部分対策	
管きょ延長	47,662m	918m	1,218m	49,798m
うち被災延長	423m	0m	54m	477m

表 I-1-44 栗原市鶯沢地区（人孔）における液状化対策施工延長と被害状況

人孔	未対策	固化対策延長		計
		全周対策	部分対策	
人孔基数	851 基	0 基	92 基	943 基
うち被災基数	29 基	0 基	7 基	36 基

新潟県中越沖地震の際に設置された下水道地震対策技術検討委員会では、セメント系固化による埋戻し時の施工上の留意点が提言されており、この提言と現地土質試験結果及び現地の施工状況を照らし合わせると、主な原因として下記が考えられた。

- ・部分的な固化対策を実施したことから、十分な効果が得られなかった。
- ・セメント混合は現地攪拌（バックホウによるで3回攪拌）であったが、攪拌不足のため、1断面中の強度にばらつきが生じた。
- ・セメント攪拌後に仮置き（1日程度）したために、十分な強度が発現しなかった。
- ・深い位置の強度が低いことから、管周りの転圧が十分でなかった可能性がある。

(参考)

国総研の過年度研究（国土技術政策研究所 資料 No. 531, 2009. 4）によれば、セメント固化の強度発現に影響を与える因子として、地下水位、締固め度、仮置き期間の3つが示され、各因子の影響度を評価した強度発現推定式が示されている。本被災箇所での現地状況（地下水位の影響有り、深い位置の締固め度低い、仮置き1日）を加味し、強度発現率を推定すると、上部の強度（1.0）に対し、下部の推定強度発現率は20%となり、今回の土質試験結果とほぼ一致する。

【東松島市における被害状況】

東松島市では、平成17年度から液状化対策として、主に2地区を対象に、セメント系固化による耐震化を進めている。

今回の震災における2地区の被災状況を整理すると、表I-1-45の通りである。

表 I-1-45 施工年度別の整備延長と災害復旧延長

処理分区	大曲南処理分区			大曲北処理分区			合 計		
施工年度	整備延長 (m)	災害復旧 延長(m)	被害率 (%)	整備延長 (m)	災害復旧 延長(m)	被害率 (%)	整備延長 (m)	災害復旧 延長(m)	被害率 (%)
平成16年度	0	－	－	2,742	8	0.29	2,742	8	0.29
平成17年度	3,238	243	7.49	2,453	52	2.12	5,690	294	5.18
平成18年度	3,104	0	0.00	2,096	0	0.00	5,201	0	0.00
平成19年度	3,769	41	1.10	2,114	0	0.00	5,883	41	0.71
平成20年度	2,256	0	0.00	0	－	－	2,256	0	0.00
平成21年度	632	0	0.00	0	－	－	632	0	0.00
合計	12,999	284	2.18	9,405	60	0.64	22,404	344	1.54
固化対策延長 (平成17年度以降)	12,999	284	2.18	6,663	52	0.78	19,662	336	1.71

被災した箇所について詳細に分析すると、被災した管きは平成17年度に施工されたものに集中していることが分かった。また、施工担当者へのヒアリングによれば、平成17年度は、耐震化事業に着手した初年度であり、施工管理において十分な指導ができていなかったとして、翌年度から事前配合の立ち会いや指示等の適正化を図ったとのことである。この結果、平成18年度以降の施工箇所については、ほとんど被害がない。

施工管理の適正化において留意した事項は下記の通り。

- ・ 現地でセメント混合時の立会い（全数量に対して実施）
- ・ 現場発生土毎（1工事あたり3箇所）に一軸圧縮強度試験を行い、セメント配合量を決めた。

d. その他の埋戻し工法

近年、上記の埋戻し 3 工法に加え、液状化対策工法として流動化処理土や自硬性安定液等の施工実績が増えつつある。

流動化処理土や自硬性安定液は、水及びセメント系固化材と、発生土もしくはベントナイト等を混合攪拌することで高い流動性を持たせるとともに、高い施工性（転圧不要）と高い強度を有する材料である。転圧が困難な狭小な空間や液状化対策として広く公共事業で採用されており、これらを用いた埋戻しは「埋戻し部の固化」に分類される。

流動化処理土は、国土交通省下水道部で実施中の下水道クイックプロジェクトの新技术として平成 20 年度に技術評価が終了し、平成 23 年度末までに約 20 自治体が採用している。また、自硬性安定液は、約 400 自治体 60 km 以上の下水道での実績がある（メーカー等ヒアリング）ことから、下水道における液状化対策の新材料として今後の活用が期待される。

② 埋戻し 3 工法等における今後の課題

今回震災の被災地における埋戻し 3 工法の実施箇所は、極限られた箇所でのみであった。被害状況を確認したところ、交通障害や流下阻害等の大きな被害がなかったことから、一定の効果があったものとする。しかし、一部の管きよでは、施工上及び施工管理上の問題から液状化を防止するために必要な一定の基準を満たしていない箇所が確認された。また、工法の理解が不足しており、誤った施工をしている例も散見された。

今後の埋戻し 3 工法の採用においては、平成 20 年に設置された下水道地震対策技術検討委員会で、埋戻し 3 工法に関しての施工上の留意点（下水道地震対策技術検討委員会報告書、平成 20 年 10 月）をとりまとめており、引き続きこの提言の徹底を図るほか、前出の実態を踏まえ、下記について再検討する必要がある。

- ・施工管理上の問題と解決策を検討する。
- ・現場の施工条件等により、求める基準の確保が困難な場合の、工法の選択方法を検討する。特に、締固め工法については、確実に 90% 以上の締固め度を得ることが困難な場合があるため、採用に当たっては十分に注意が必要である。
- ・工法の技術的な理解度を向上させるためのマニュアル等充実化を行う。

また、従来の埋戻し 3 工法以外にも液状化対策としての効果が期待できる、流動化処理土や自硬性安定液の採用についても検討が必要である。

3) 東日本大震災における人孔液状化対策工法の現状と課題

① 人孔液状化対策技術の実績

人孔液状化対策工法における施工実績について、業者ヒアリング及びインターネットで調べた結果を表 I-1-46 に整理する。表中の施工実績については、各工法区分に分類される主な各社工法（施工実績の多い工法）毎の施工実績の総数を計上した。また図 I-1-73 に過剰間隙水圧消散工法と重量化工法の概念図を示す。

なお、埋戻し土の締め固め及び固化、遮断壁、土の移動防止については、施工実績に関する統計データや取り扱い業者が見つからなかったため、ここでは省略する。なお、遮断壁及び土の移動防止については、その実績は極めて少ないものと推察される。

表 I-1-46 人孔液状化対策工法の施工実績

工法区分	過剰間隙水圧 消 散	重量化	杭・アンカー	遮水壁	土の 移動防止
主たる工法数	4 工法	3 工法	2 工法	—	—
施工実績	約 9000 基	約 1000 基	2 基	—	—
うち東北 3 県	約 40 基	約 200 基	0 基	—	—
うち関東 3 都県	約 8700 基	約 500 基	0 基	—	—
採用自治体数	約 20	約 30	2		

※主たる工法数：当該工法に分類される施工実績の多い主たる各社の工法数

※施工実績：下水道事業における平成 20～22 年度の全国施工実績（試験施工除く）

※東北 3 県：岩手県、宮城県、福島県

※関東 3 県：茨城県、千葉県、東京都

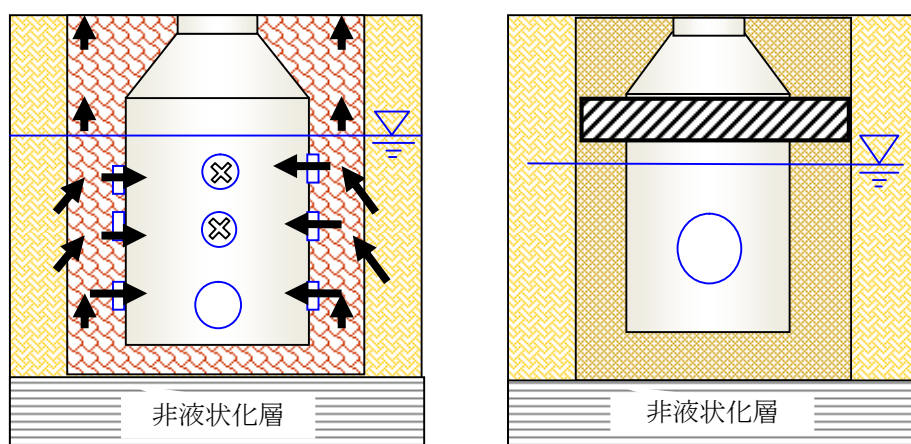


図 I-1-73 過剰間隙水圧消散工法と重量化工法の概念図

表 I-1-46 に示す通り、近年の施工実績では、過剰間隙水圧消散工法と重量化工法（図 I-1-73）が大半を占めており、その他の工法については実績が極めて少ない。

過剰間隙水圧消散工法は、東京都での採用が全体の 9 割以上を占めているほか、約 20 の自治体においても広く採用され、施工実績も増加傾向にある。主に、既存人孔の耐震化に採用されている。

重量化工法は、施工実績こそ過剰間隙水圧消散工法に及ばないが、1000 基を超える実績を有している。採用自治体数は、過剰間隙水圧消散工法より多い約 30 自治体と広く採用され、着実に施工実績も増えている。なお、人孔底版を重量化する新設適用タイプと、人孔上部（斜壁付近）や人孔内部に重量ブロックを設置する既設適用タイプがあり、施工実績としては既設適用タイプが大半を占める。しかしながら、耐震指針において、既存施設の液状化対策として扱われていない。

なお、新設人孔の耐震化については、詳細な公表データがないものの、経済性や施工性の面でメリットがあるとともに確実な耐震効果が期待できる、埋戻し材の締固めや固化、砕石埋戻しを採用するケースが多いものと推察される。

② 東日本大震災における人孔被害状況

a. 東日本大震災における液状化による人孔被害総数

東日本大震災では、東北から関東（沿岸部の埋立地）にかけての広い範囲で液状化現象が発生し、多くの人孔に被害が生じた（写真 I-1-27、28）。

国土技術政策総合研究所が実施した被災自治体に対する被害状況調査では、58 自治体で液状化現象による人孔躯体ズレや突出、沈下が発生しており、被害総基数は 6000 基（重複あり）を超えている（表 I-1-47）。



写真 I-1-27 浦安市の人孔突出



写真 I-1-28 栗原市の人孔突出

表 I-1-47 東日本大震災における被害人孔基数

被害項目	躯体ズレ	突出	沈下	計
被害基数	2109	2908	1682	6699

※被害基数の合計は、各被害項目の単純合計（重複計上）。

※国土技術政策総合研究所調査結果に基づく。

b. 東日本大震災における液状化による耐震化済み人孔の被害

施工実績の多い過剰間隙水圧消散工法と重量化工法の2工法については、東日本大震災の被災地域内にも施工されている。

震災後、被災自治体に設置された耐震化済み人孔については、各工法の関係団体（工法協会、メーカー等）が、被害の有無について独自に調査を実施している。ここでは、関係団体が実施した調査結果や国土技術政策総合研究所が実施した調査結果を整理する。

ア. 過剰間隙水圧消散工法

過剰間隙水圧消散工法は、主に東京都での採用が多い。東日本大震災では、江東区や江戸川区などの東京湾岸部の埋め立て地で大規模な液状化が発生しており、これら液状化が確認された地区に設置されている耐震化済み人孔 48 基について、路面の異常や人孔内の下水流下状況、過剰間隙水圧の消散効果を確認するための調査が関係団体①（表 I-1-48）により行われている。

この調査結果によると、調査した 48 基の全人孔で被害が発生していなかったことを確認したと報告されている。また調査した 48 基の内、過剰間隙水圧の消散が確認された人孔が 10 基あり、消散機能が適正に発揮され、人孔の浮上抑制効果があったと推察された。この他、石巻市や東松島市においても同様の調査が実施されており、24 基の人孔を調査し被害はなし、内 16 基で過剰間隙水圧の消散跡が確認できている。

また、同一工法区分であるが、別工法を開発している関係団体②も、自社工法施工箇所について路面異常有無の調査（計 24 基）を実施しており、被害がないことを確認している。

イ. 重量化工法

重量化工法は、東北3県その他、関東3県においても施工実績を有する。東日本大震災で特に被害の大きかった宮城県（栗原市、石巻市、東松島市など）や浦安市にも多くの施工実績があり、国土技術政策総合研究所の指導の下、関係団体が被害調査を実施した。

耐震化済み人孔の内、本震の震度が6強以上、調査対象人孔周辺で液状化被害が確認されている、調査対象人孔に近接または同一路線上に未対策人孔がある、の条件を満たす場所として、栗原市内3地区、東松島市1地区の4地区における21基の人孔を抽出し、人孔の周辺地盤変位を含

めた隆起測定、同一路線における人孔高さの測定、人孔内および管口の破損状況、流下観察、人孔周辺の家屋・道路構造物等の損傷状況の詳細調査を実施した。

この結果、周辺地盤の液状化により、正確な突出及び沈下の判断が困難な箇所があったが、流下阻害や交通障害を招くような被害は認められなかった。

表 I-1-48 東日本大震災における耐震化済み人孔の被害調査結果一覧

工法区分	調査者	調査対象	被害有無	備 考
過剰間隙	関係団体①	詳細調査：72 基	なし	東京湾岸部, 石巻市, 東松島市
水圧消散	関係団体②	一次調査：24 基	なし	栗原市, 登米市, 石巻市, 女川町
重量化	関係団体③・国総研	一次調査：309 基	なし	宮城県, 浦安市
		詳細調査：21 基	なし	浦安市, 栗原市, 東松島市

※関係団体の公表資料に基づく。

③ 今後の普及に向けた考え方

東日本大震災では、東北から関東にかけての広い範囲で発生した液状化により、多くの管きょ及び人孔が被害を受けた。

管路施設の耐震化率は 14%と低く、今回の地震において被害を受けた管きょや人孔のほとんどは未耐震であったと考えられる。

今後想定される東海・東南海・南海等の巨大地震に備え、既設人孔を中心とした地震対策（耐震化）をより積極的に進める必要があり、これには下水道管理者たる自治体が耐震対策により取り組みやすいマニュアル整備が必要である。

これまで耐震指針においては、人孔液状化対策の記述があるものの、下水道での実績がないものが含まれるなど、一部実態と乖離している部分がある。また、具体的な対策事例やその設計手法については不足している部分が多い。

よって今後の耐震指針等の改訂にあたっては、下記の事項に留意した記述が求められる。

a. 人孔液状化対策工法の事例再整理

現行耐震指針においては、各種の工法が参考として紹介されているが、下水道での実績や信頼度においては工法間で大きな差がある。前述の通り、人孔の液状化対策として、重量化工法及び過剰間隙水圧消散工法は施工実績も多く、今回震災での効果確認も進んでいることから、他工法との差別化を図ることも考慮すべきである。

また、既存施設の人孔液状化対策工法について、施工実績の多い重量化工法が記載されていないため、工法事例の追加を図る必要がある。

b. 人孔液状化対策工法の設計手法の確立

人孔液状化対策工法の設計については、共同溝設計指針や下水道耐震設計計算例を参考にするとの記述があるのみで、具体的な設計照査方法の解説がない。計算例だけでなく、適切な設計手法の確立を行い耐震指針に反映させるべきである。

c. 液状化対策工法の施工管理手法

液状化対策を施工する場所は、交通量の多い重要路線、高い地下水位、軟弱な地盤等の施工上の問題を抱える場合が多い。液状化対策の効果を確実に発揮するには、施工場所毎の施工条件に応じた採用工法及び施工方法を選択する他、適切な施工管理が求められる。よって、施工時の施工管理方法及び品質管理方法を明確にし、指針等に反映させるべきである。

1-5 下水道施設被害による社会的影響

下水道法第一条の法律の目的には「……下水道の整備を図り、もつて都市の健全な発達及び公衆衛生の向上に寄与」とあるが、今回の震災では下水処理場の機能停止、管きよの閉塞などの重大な影響が発生しており、下水道が使用できない状況が続くことによって以下の事象が懸念されている。

- ・未処理下水・簡易処理水の放流により公共用水域で公衆衛生上の問題が発生していないか
- ・下水道が使用できないため避難所等で公衆衛生被害が発生していないか

これらの事象の根本的な解決は早急な下水道施設の復旧であるが、被害直後から応急復旧までの初期においては、代替措置が必要である。

◎一時120カ所で逆流 多賀城周辺

仙塩浄化センターにほど近い多賀城市大代地区の住宅地。路上で作業員がマンホールの周りを土のうで囲み、あふれ出た汚水を道路の側溝へと誘導していた。周囲には鼻を突く異臭が漂う。

「下水の臭いが気になって食事もまずい」。この地区に住むスーパー店員渡辺彰さん(56)は、津波で自宅1階が浸水。今度は異様な臭気に悩まされる。「水道の復旧が進み、下水水量が増えれば臭いがさらにひどくなるのではないかと」先行きに不安を募らせる。

多賀城市では大代のほか桜木、栄の両地区でも下水の逆流が起きた。汚水があふれ出たマンホールは一時、約120カ所に上った。

市は当初、バキュームカーで汚水をくみ上げようとしたが、流出量が多く断念。土のうを積んで側溝に流す処置に切り替え、さらに、マンホールから直接ポンプでくみ上げもしている。側溝の汚水やポンプでくみ上げた水は、消毒剤をまいた上で地区内の川に放流している。

毎日十数件の苦情が寄せられているという市下水道課の江口明課長は「職員はあふれ出た汚水の対応に追われている。このままでは下水管の点検、復旧にも入れない」と窮状を訴える。

多賀城市大代地区に隣接する宮城県七ヶ浜町湊浜地区でも、汚水が路上にあふれた。

河北新報記事より（2011年3月15日）

トイレ4割に問題 石巻赤十字病院、272カ所で調査

石巻市内などの避難所の約4割でトイレの汚物処理が十分にできず、衛生状態が悪化していることが、石巻赤十字病院などの調査で分かった。病院には連日、感染症にかかった被災者が運ばれ、治療を受けて避難所に戻った被災者が体調を崩して再び搬送される悪循環が続いている。

3月末、石巻、東松島両市と女川町の学校や公民館など計272カ所の避難所を調査。107カ所のトイレで汚物や下水があふれていた。

病院は「バキュームカーの巡回が増えたが、状況はほとんど改善されていない」と説明する。

石巻市の一部では上下水道の復旧が進まずに下水があふれ、被災者が十分に手を洗えない状態が続く。仮設トイレまで歩くのが難しい高齢者が新聞紙に用を足し、袋に入れて捨てることもある。

赤十字病院に搬送される救急患者は通常の2倍以上。大半は避難生活を送る人たちで、胃腸炎や肺炎といった病気が目立つ。石橋悟救急部長は「ほとんどが衛生状態に起因している。暖房や食事も不十分で、高齢者を中心に体力が落ちている」と指摘する。

搬送患者を収容しきれず、仙台市の東北大病院に、連日5～10人の患者を受け入れてもらっている。東北大病院も、別の患者の手術を延期するなどし、ぎりぎりの対応を続ける。

石巻赤十字病院医療社会事業部長で県災害医療コーディネーターの石井正医師は「衛生状態が改善できれば患者が減らず、通常の診療ができない。衛生環境の整う市外への一時避難の検討も必要ではないか」と訴えている。（菊池春子）

河北新報記事より（2011年4月8日）

（１）未処理下水道等による公衆衛生への影響

１）震災後の状況把握と現地調査

地域によっては、下水道施設の被災・機能停止による汚水の滞留・溢水などが予想され、感染症などの原因となることが懸念された。また、被災地域の下水道担当部局が施設の機能回復に追われる中で、状況把握が困難なことも予想されたことから、特に公衆衛生上のリスクが想定される箇所をスクリーニングし、さらに現地調査、関係者ヒアリングにより状況を把握した。

①予備検討（公衆衛生上のリスク箇所のスクリーニング）

- a. 被災・機能停止施設の下流に浄水場が位置する箇所、既に人孔等からの溢水が報告されている箇所をリストアップ
- b. 被災地の確認前に入手可能な以下の既存統計資料を利用して予備検討
 - ・下水道統計、宮城県のパフレット等
 - ・既存の公表資料と国交省の被災状況取りまとめ資料などをもとに、水質面・衛生面の影響が懸念される箇所をリストアップ
 - ・上水道の復旧状況（厚生労働省取りまとめ資料）
 - ・先行の国総研現地結果も参考に絞込みを進めた

②現地調査 ４月５日（火）～８日（金）

土木研究所リサイクルチーム、国総研下水道研究部

（目的）施設被災に伴う衛生面・水質面の影響の把握と、その回避・軽減に向けた対応策の検討

- a. 予備検討によるスクリーニング箇所を中心に現地確認を行い、一部病原微生物の採水調査も実施した（写真Ⅰ-1-29、写真Ⅰ-1-30）。
 - ・未処理下水、簡易処理水などの影響を中心に把握
 - ・被害の大きい宮城県内の下水道施設を調査



写真Ⅰ-1-29 南蒲生浄化センター採水状況



写真Ⅰ-1-30 県南浄化センター簡易処理放流状況の確認

2) 結果

①処理場、ポンプ場の機能停止や管きよの被災で人孔等から溢水が発生

未処理下水の溢水は、市民の接触リスクが高く、最も回避すべき状況である。現地調査・ヒアリングを実施した都市・施設でも、水中ポンプ等が不足する中で、溢水が発生した場合には出来るだけ速やかに応急対応を行うよう対応が取られていた（写真 I-1-31、写真 I-1-32）。

- ・被災当初は、仮設ポンプや消毒剤、自家発電機燃料などの不足が対策のネックとなっていた。
- ・現場では応急対応、処理施設への導水など懸命の対応が取られ、4月以降は溢水箇所が激減している（図 I-1-74）。
- ・特に、大型の仮設ポンプなどにより、処理場の水処理系への送水、導水が復旧した場合には、溢水解消の効果が大きい（宮城県仙塩流域下水道及び関連公共下水道）。



※その後の対策により現在は解消（資料:国土交通省）

写真 I-1-31 人孔からの溢水の状況（宮城県七ヶ浜町内）



写真 I-1-32 流入きよからの仮設ポンプによる汚水くみ上げ
（宮城県石巻東部浄化センター）

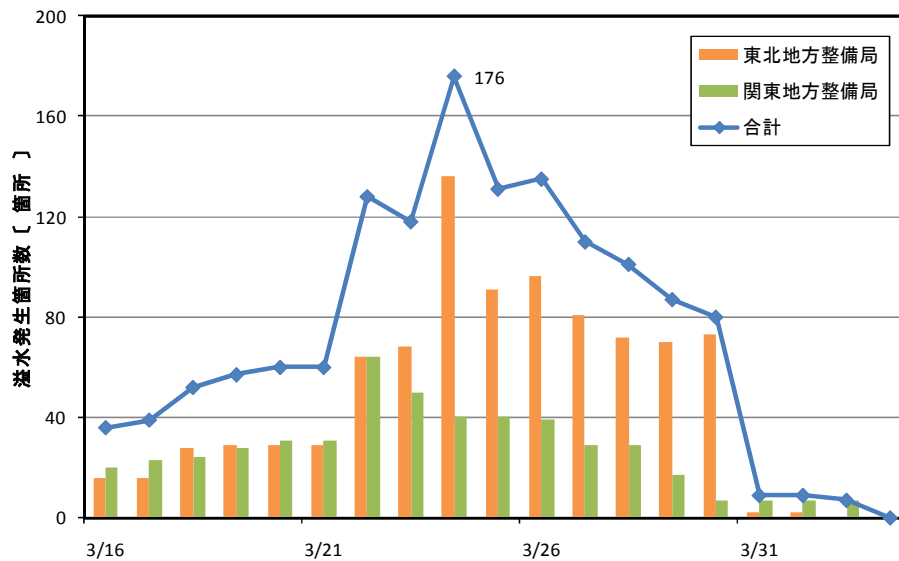


図 I-1-74 下水管きょ、人孔からの溢水箇所の推移
(国土交通省提供資料をもとに土木研究所が作成)

②ポンプ場や幹線管きょ人孔から河川等に簡易処理放流

処理場の機能停止や幹線管きょの流下阻害に対応するため、震災直後から簡易処理の検討が行われ、かなり早期から施設整備、処理が開始された。

簡易処理放流に際して、利水者、放流先水域管理者などとの協議調整に時間と労力を費やしているケースが多い。また、放流の実施に際しては、水利用状況に留意して放流先が選定されるなど、注意が払われている（石巻東部）（写真 I-1-33）。



※污水ポンプ場（停止中）付近で簡易沈殿処理、消毒後、本川まで導水して放流（旧北上川（石巻市内））

写真 I-1-33 簡易処理放流の状況

③被災処理場の下流に浄水場が存在

震災当初は停電や自家発電の燃料不足により、いくつかの河川中・上流域の処理場で処理機能が停止し（宮城県大崎市など。写真Ⅰ-1-34）、一時的に未処理下水が河川に放流された処理場もある。

施設被害が比較的軽微であったことも幸いし、その後、商用電源の回復に伴い、多くの処理場で機能復旧したが、処理場の下流近傍に浄水場や取水口が存在する場合には、放流に当たって関係者と十分な協議を行うなど留意が必要である。

なお環境省では、被災後の7月以降、公共用水域の水質モニタリング調査を実施しているが、人の健康の保護に関する環境基準を概ね満足している。



写真Ⅰ-1-34 採水調査状況（鳴瀬川（大崎市内））

参考：「被災地の公共用水域の水質モニタリング調査結果（速報②（岩手県及び宮城県内分））の公表について」、平成23年7月8日、環境省水・大気環境局水環境課

【宮城県】
|・河川の水質

<1/3>

採取地点		採取日	一般項目								生活環境項目								
水域名	地点		天候	気温 ℃	全水深 m	水温 ℃	電気伝導度 mS/m	色相	臭気	透明度 cm	pH	DO mg/L	BOD mg/L	SS mg/L	大腸菌群数 MPN/100ml	全窒素 mg/L	全磷 mg/L	全亜鉛 mg/L	
1	鹿折川下流	浪板橋	6月3日	快晴	17.5	1.72	13.6	1,953	暗灰黄緑色	微磯	100以上	7.3	7.8	1.5	3	7,000	1.1	0.043	0.016
2	大川下流	神山橋	6月3日	晴	20.3	0.32	15.4	24	無色透明	無	100以上	7.5	9.9	1.6	3	7,000	1.2	0.395	0.004
3	大川下流	大川河口	6月4日	晴	19.3	4.50	15.9	2,093	暗灰黄緑色	無	100以上	7.6	8.0	1.2	2	35,000	0.95	0.096	0.027
4	面瀬川	尾崎橋	6月3日	晴	18.6	0.38	18.8	36	無色透明	無	65	7.3	8.9	2.3	12	70,000	1.1	0.072	0.021
5	津谷川下流	梨ノ木橋	6月3日	晴	14.8	0.53	16.2	29	無色透明	無	100以上	7.4	9.5	< 0.5	2	3,500	0.82	0.036	0.006
6	八幡川下流	港橋	6月5日	曇	20.2	2.73	14.7	787	暗灰黄緑色	無	100以上	7.4	8.7	0.5	2	7,900	1.0	0.037	0.012
7	北上川	登米	6月5日	曇	18.0	3.80	17.5	—	淡白色透	無臭	100以上	7.3	9.5	1.2	6	3,300	0.82	0.041	0.002
8	北上川	飯野川	6月5日	曇	23.0	1.90	18.0	—	無色透明	無臭	100以上	7.4	9.4	1.5	4	3,300	0.81	0.036	0.002
9	北上川	飯野川橋(干潮：表層)	6月5日	曇	23.0	5.00	18.1	—	無色透明	無臭	100以上	7.4	9.6	0.9	4	1,700	0.85	0.039	0.002
10	旧北上川	門脇	6月5日	曇	23.0	4.50	17.8	—	淡黄色透	無臭	75	7.6	8.7	1.1	9	17,000	0.82	0.058	0.005
11	定川	定川大橋（河口）	6月5日	曇	25.1	0.25	20.8	371	茶色	無	21	7.0	6.4	1.6	20	54,000	1.20	0.165	0.010
12	鳴瀬川	小野	6月5日	曇	25.0	0.90	20.0	—	無色透明	無臭	34	7.0	8.0	1.9	30	13,000	0.98	0.147	0.019
13	高城川	明神橋	6月3日	快晴	22.8	1.77	17.8	26	黄土色	微カビ	20	7.1	9.0	1.3	19	22,000	1.2	0.158	0.009
14	新町川	常盤橋	6月3日	快晴	25.2	0.55	17.2	408	黄緑色	下水	75	7.8	7.8	1.1	4	7,900	3.0	0.102	0.009
15	貞山運河	貞山橋	6月3日	晴	19.0	1.49	20.2	4,050	灰黄緑色	無	47	7.3	1.6	3.1	5	4,900	2.0	0.266	0.007
16	砂押川下流	念仏橋	6月3日	快晴	23.4	1.35	18.8	414	灰黄緑色	無	47	7.4	7.6	1.1	10	110,000	1.4	0.148	0.013
17	名取川	関上大橋	6月5日	曇	26.0	0.65	20.0	—	無色透明	無臭	88	7.2	8.7	2.3	6	7,900	0.82	0.036	0.012
18	増田川下流	毘沙門橋	6月4日	曇	22.0	1.11	17.0	18	灰黄緑色	無	55	7.3	8.3	0.7	2	2,800	0.9	0.143	0.004
19	川内沢川	河内橋 (筋違橋上流)	6月4日	快晴	21.8	0.81	18.0	19	灰黄色	微下水	60	7.2	8.3	1.0	7	11,000	1.0	0.066	<0.003
20	五間堀川	矢ノ目橋	6月4日	晴	20.8	1.80	19.8	21	灰黄色	無	38	7.2	7.0	1.0	10	54,000	0.99	0.100	0.004
21	阿武隈川	岩沼	6月5日	曇	21.5	0.90	19.0	—	淡茶色透	無臭	44	7.3	9.2	1.2	35	4,900	1.19	0.084	0.019

(2) 避難所における公衆衛生

1) 避難所等の実態把握調査

下水道すなわちトイレが使用出来ないことで、感染症の集団発生などの公衆衛生問題が発生していないかについて、宮城県と岩手県において避難所の衛生環境について調査を実施した。また、石巻赤十字病院や市役所、県庁へのヒアリングも実施した。

2) 結果

①避難所でのヒアリング調査（平成 23 年 4 月 20 日～23 日）

調査結果の概要としては、以下の通りであった（表 I-1-49・50、写真 I-1-35～40）。

- ・ 災害用トイレ数は概ね確保されていたが、被災当初は不足した避難所があった。
- ・ 災害用トイレ等の使用に際しては、被災者自身と医療支援チーム等の貢献により清掃や消毒液の設置など清潔さが確保されていた。
- ・ 災害用トイレに溜まるし尿は定期的な汲み取りが実施されていた。
- ・ 子供、高齢者から洋式トイレの要望があった。
- ・ 気温の上昇に伴う臭気や害虫発生が懸念されていた。

なお、今回の調査は、被災後 1 ヶ月が経過していることから、水道の復旧状況が改善されており、災害用トイレの配備など充実していたと思われる。

a. 宮城県

表 I-1-49 避難所でのヒアリング調査結果一覧

調査日	施設名	避難者数	災害用トイレ 1 基に対する避難者数	トイレ環境による 感染症等の発生	水道の 復旧	下水道の 使用可否
	気仙沼市					
4/20	気仙沼小学校	135 人	14 人/基	無	有	使用可能
4/20	気仙沼総合体育館	600 人	60 人/基	無	有	合併浄化槽



（詰り防止のため紙は分別回収）
写真 I-1-35 災害用仮設トイレ内（気仙沼小学校）



（気仙沼小学校）
写真 I-1-36 トイレ手前に消毒液の設置

b. 岩手県

表 I-1-50 避難所でのヒアリング調査結果一覧

調査日	施設名	避難者数	災害用トイレ 1基に対する避難者数	トイレ環境による 感染症等の発生	水道の 復旧	下水道の 使用可否
	陸前高田市					
4/21	小友地区 (門前会館)	12 人	無	無	無	簡易水洗トイレ有
4/21	米崎小学校	100 人	17 人/基	無	無	浄化槽トイレ有
4/21	高田一中	500 人	17 人/基	無	無	使用不可
	宮古市					
4/23	グリーンピア三陸宮古 (アリーナ)	432 人	14 人/基	無	有	浄化槽トイレ有
4/23	グリーンピア三陸宮古 (ホテル)	250 人	無	無	有	浄化槽トイレ有
	田野畑村					
4/23	アズビィホール	200 人	20 人/基	無	有	使用可能



(グリーンピア三陸宮古(アリーナ))

写真 I-1-37 災害用仮設トイレの設置状況



(詰り防止のため紙は分別回収)

写真 I-1-38 災害用仮設トイレ内(高田一中)



(アズビィホール)

写真 I-1-39 災害用仮設トイレの設置状況



(グリーンピア三陸宮古(アリーナ))

(消毒液の設置)

写真 I-1-40 公衆衛生の呼びかけ

②病院でのヒアリング調査（平成 23 年 4 月 19 日）

石巻赤十字病院 宮城県災害医療コーディネーター 石井医師に対し公衆衛生に対するヒアリングを実施した（写真Ⅰ-1-41～44）。

- ・ 仮設トイレは水が流せないことや、つまりが生じるなど衛生的には好ましくない。
- ・ 避難所住民の努力や各医療チームの被災地域での活動で、今のところ特に集団での感染症は発生していない。
- ・ 以前新聞報道にて、トイレ利用に関して4割の不備があると発言したが、現在の割合は把握していない。※当時、使用後に汚物が流れないので新聞紙に包むなどの状況には感染症の恐れがあった。避難所のトイレを調査した結果、汚物があふれているなど問題のあるトイレが4割あり、衛生的な改善が必要であった。
- ・ 下水道が使えないために、手洗いや入浴なども十分に行えず衛生面で問題がある。
- ・ 下水道の早期復旧が望まれる。



写真Ⅰ-1-41 石巻日赤病院外観



写真Ⅰ-1-42 病院内状況



写真Ⅰ-1-43 コロナウイルス症候群対策状況



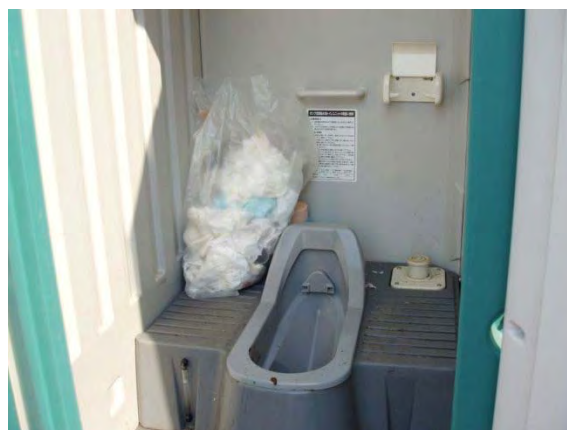
写真Ⅰ-1-44 病院入口でのマスク、消毒剤無料配布

宮城県 石巻市における衛生状況

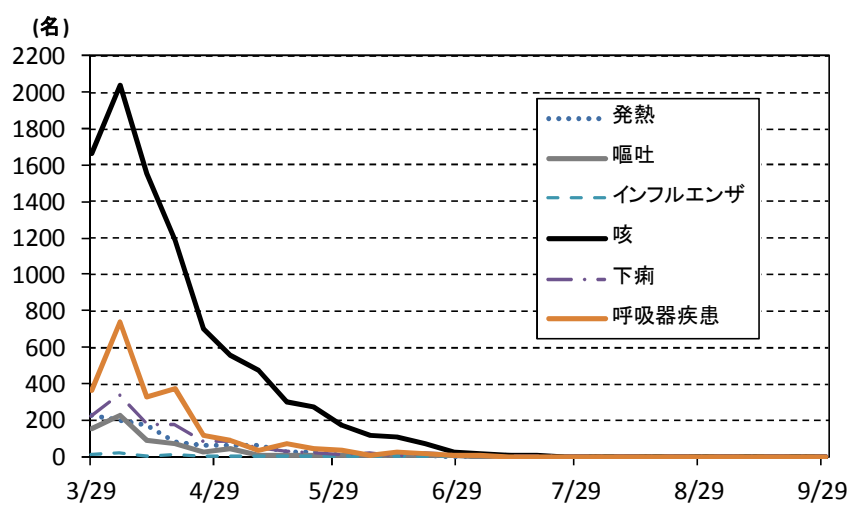
- ・3/17 時点、石巻市内には約 300 ヶ所の避難所があり、約 5 万人が避難していた。
- ・これらの避難所における負傷者や病人の情報、ライフラインの状況、衛生環境などは把握されていなかった。
- ・石巻赤十字病院を中心とする「石巻圏合同救護チーム」では、全ての避難所に対し 3/17～19 に調査を実施（以後、救護活動を終了する 9/30 まで継続）。
- ・トイレ環境などの衛生環境が劣悪な避難所が 100 ヶ所あることがわかった。
- ・下水道が被災したため、排便などの汚物が流せず、トイレの便器内には汚物が溜まり放しになっていた。
- ・和式トイレに新聞紙を敷き、そこに大便をし、それを新聞紙にくるんでポリ袋に入れ一箇所に集めるという処理をしていた場所もあった。
- ・いつ腸炎や肺炎が蔓延してもおかしくない状態であった。



避難所に張られていた注意書き



避難所のトイレ(石巻赤十字病院提供)



発災直後から7ヶ月間の避難所・救護所診断者の症状推移

資料提供：石巻圏合同救護チーム

[出典：東日本大震災 石巻災害医療の全記録「最大被災地」を医療崩壊から救った医師の7ヶ月, 石井 正, 2012, 講談]

③市役所、県庁ほか ヒアリング調査

市役所及び県庁等に対するヒアリングを実施した。

調査結果の概要としては、表 I-1-51 の通りであった（写真 I-1-45～48）。

- ・仮設トイレの設置を地域防災計画に位置付けているケース有り。（仙台市）
- ・仮設トイレは備蓄の他にリースによる確保方法がある。（仙台市）
- ・水道復旧後の下水量増加の対策として節水願いの呼びかけを実施していた。（宮城県、仙台市、気仙沼、釜石市）
- ・宮城県では、下水道への排水量を抑制する目的で、特定事業所に対して下水道への排水を除外施設を使用して河川への排水に切り替える等の対応を呼びかけた。

表 I-1-51(1) 市役所、県庁ほかでのヒアリング調査結果一覧

調査日	ヒアリング先	災害用トイレの配備	その他
4/18	宮城県	・管理管轄は市町村	・避難所は環境部局管轄 ・県民への節水要請
4/18	仙台市	・仮設トイレの保管やリースによる配備は環境部局で担当しているが、下水道部局と連携をとって、地域防災計画にこの業務を位置付けている。 ・仮設トイレは学校等に 950 個備蓄。さらに、リースなどにより 2,000 個の確保が可能であった。	・市民への節水要請
4/20	気仙沼市	・仮設トイレの配置計画は無く、被災直後は国交省から 360 個の提供があった。 ・避難所では水道と電気が復旧するまでは仮設トイレでの対応だった。 (バキュームによるし尿収集は良好)	・水道復旧後に下水量が増加するため、1,500 戸に節水願いのチラシを配布した。
4/21	遠野市	・地域防災計画に仮設トイレの配置計画は無い。	・防災計画見直しの必要性有り
4/21	陸前高田市 (鳴石地区)	・家屋各戸に仮設トイレ及び浄化槽を配置した。	・140 世帯対応の膜分離装置 (MBR) を設置し処理予定

表 I-1-51 (2) 市役所、県庁ほかでのヒアリング調査結果一覧

調査日	ヒアリング先	災害用トイレの配備	その他
4/22	岩手県		・釜石市では下水道使用自粛のお願いチラシを配布し、仮設トイレの利用を呼びかけ
7/4	戸田建設		・仙台市内 地下鉄工事現場で被災。 ・市内の避難所では初期の3日間はトイレが最も問題だった。 ・女性は2人一組でトイレを利用していた。
8/29	東松島市	・マンホールトイレの設置は整備していた5箇所のうち2箇所を使用できた。(他は津波により被災) ・貯水槽からの排水ポンプの使用説明が不十分であったため、汚物の詰まりが発生し、汲み取り清掃を行う必要があった。 ・仮設トイレも2日後に到着した。(他部局がリース協定を行っていた)	
9/13	石巻市	・仮設トイレの設置は衛生部局で実施。し尿、消防、ごみ処理は合同部局が担当。 ・下水道使用自粛要請は2～3ヶ月で解除した。仮設トイレもほとんど撤去した。	
9/13	大槌町	・仮設トイレの配備は地域整備課で行った。 ・仮設トイレの備蓄は無く、リースにて120基程度設置。(8/10まで無料でリース) ・現在は無償提供を受けた20基程度設置している。 ・仮設トイレに対しては在宅避難者より苦情が寄せられた。(汲み取り問題、汚いなど) ・食事等も十分とは言えず、トイレも衛生的とは言えないことから、被災当初2～3週間大便が出ない人もいた。	
H24 1/11	山元町	・避難所ごとの収容人数の想定はしていなかった。仮設トイレは、現況避難人数から100人/基あたりで計算した必要数を配置した。 ・仮設トイレの調達は企画課が行い、運用は上下水道事務所で行った。 ・仮設トイレの備蓄はなく、全てレンタルに頼った。 ・全国支援ルールの中に、仮設トイレやバキュームカーの手配、仮設ポンプ、発電機等を含めて欲しい。	

平成23年4月3日
気仙沼市
建設部下水道課

《下水道の使用について》

下水道を利用されている皆様へお知らせします。

3月11日の津波被害により，下水処理場の機能が停止中で，復旧にはかなりの期間を要する見込みです。

今後，このまま各家庭等からの生活排水が流入した場合，マンホールから汚水が溢れ，下水道が使えなくなる恐れがありますので，食器などはバケツなどで「ため洗い」を行い，お風呂などの水はため置いて使用するなど節水に努め，庭をお持ちの方は庭にまくなど，なるべく下水道に排水しないようご協力をお願いします。

また，トイレで使用した紙は燃えるゴミに出すようお願いします。

(気仙沼市下水道使用自粛用チラシ)

平成 23 年 3 月 25 日

下水道使用自粛のお願いについて

釜石市建設部 下水道課

今回の東日本大震災により、下水道施設に被害が発生し、下水が流れない状況となっております。

市民の皆様にはご不便をおかけしますが、トイレ、風呂、洗濯などの下水道の使用を最小限にとどめていただくようご協力をお願いします。

お願いする内容

- (1) トイレは、避難所等に設置してある仮設トイレをできるだけ利用していただくようお願いします。
- (2) 食事については、できるだけ下水道に流れるものが少なくなるように工夫していただきますようお願いします。
- (3) 洗濯やお風呂は、できるだけ回数を減らしていただきますようお願いします。

(釜石市下水道使用自粛用チラシ)

下水号外
平成23年4月21日

サッポロビール株式会社仙台工場長 殿

宮城県土木部下水道課長

県南浄化センターの機能不全に伴う排水量の抑制について（依頼）

本県の下水道行政の遂行にあたりましては、日ごろ多大な御協力をいただき感謝申し上げます。

さて、去る3月11日に発生した地震及び津波により、阿武隈川下流流域下水道県南浄化センターが機能不全に陥り、現在汚水の汲み上げ能力が低下している状態にあります。つきましては貴工場の排水を公共用水域へ排出する等により、下水道への排水量を抑制いただくようお願いします。

記

1 排水抑制を依頼する期間

処理場内メインポンプが復旧する平成23年5月中旬まで
（復旧の日取りが決定しましたら、別途連絡いたします。）

2 留意事項

(1) 水質

放流水質については、県環境生活部の指導の下、適切なレベルに維持するようお願いします。

(2) 下水道利用の一時停止に係る公共下水道管理者との協議

下水道の利用を一時停止することについて、公共下水道管理者である名取市へも協議を行い、内容について承諾を受けてください。

担当：土木部下水道課企画管理班
高橋

電話：022-211-3142

FAX：022-211-3195

Email：takahashi-ma819@pref.miyagi.jp

（宮城県：県南浄化センターの機能不全に伴う排水量の抑制について（依頼）文書）

- ・ 陸前高田市（鳴石地区）の各戸設置仮設トイレ



写真 I -1-45 一般家庭への仮設トイレ配備



写真 I -1-46 一般家庭への仮設トイレ配備

- ・ 陸前高田市（鳴石地区）の膜分離装置（MBR）による処理対応



写真 I -1-47 仮設処理場設置現場



写真 I -1-48 膜分離装置（MBR）の外観

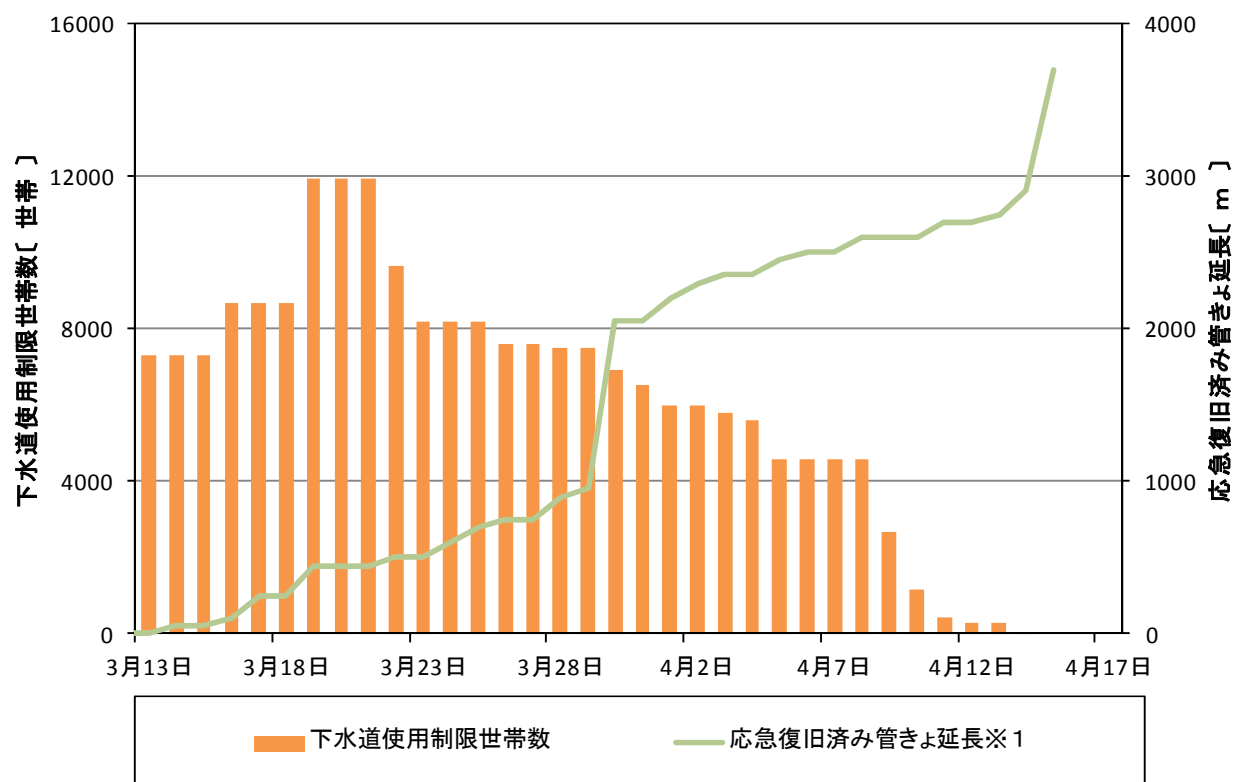
※下水道新聞 平成 23 年 4 月 27 日 記事より

- ・ 下水道区域の 7 割が被災。
- ・ 処理能力は $70\text{m}^3/\text{日} \cdot \text{基} \times 5 \text{基} = 350 \text{m}^3/\text{日}$
- ・ 設置面積 560m^2 と省スペース
- ・ 1 ヶ月弱で設置、稼動
- ・ 電力は自家発電機より供給。

④浦安市における下水道使用自粛要請対象世帯数と応急復旧状況

浦安市では液状化による管きょ被害の為、3月13日時点で約12,000世帯に対して下水道使用自粛要請対象を実施した。復旧では仮設配管の布設と土砂撤去が実施され、被災後一ヶ月経過した時点、4月15日には自粛要請は解除された。(図I-1-75)

この間、公園や学校等に災害用トイレが設置された。(写真I-1-49)



※1 応急復旧済み管きょ延長は仮設配管延長のみを示しており、土砂撤去延長は含まれておりません。

図I-1-75 浦安市における下水道使用自粛要請対象世帯数と応急復旧済み管きょ延長の経日変化



災害用トイレとバキュームカー



日の出中学校(災害用トイレ設置)



舞浜3丁目(災害用トイレ設置)

写真I-1-49 浦安市における応急復旧状況

(3) 機動的で迅速な公衆衛生の確保対策

被災後において、下水道施設の被災状況と応急復旧による対策状況を踏まえた機動的な公衆衛生の確保に関する概念図をまとめる（図 I-1-76）。

水道、ガス、電気などのライフラインは直ちに復旧が見込まれることを考慮して、下水道は不衛生状態になる前の応急対応期間内に最低限の機能を確保する対応を行う必要がある。

ただし、今回の様に甚大な被害が発生すると、下水道の復旧には長期間を要することとなるため、機動的で迅速な公衆衛生の確保には、下水道部局はもとより他部局との連携による自治体全体としての対応が求められる。

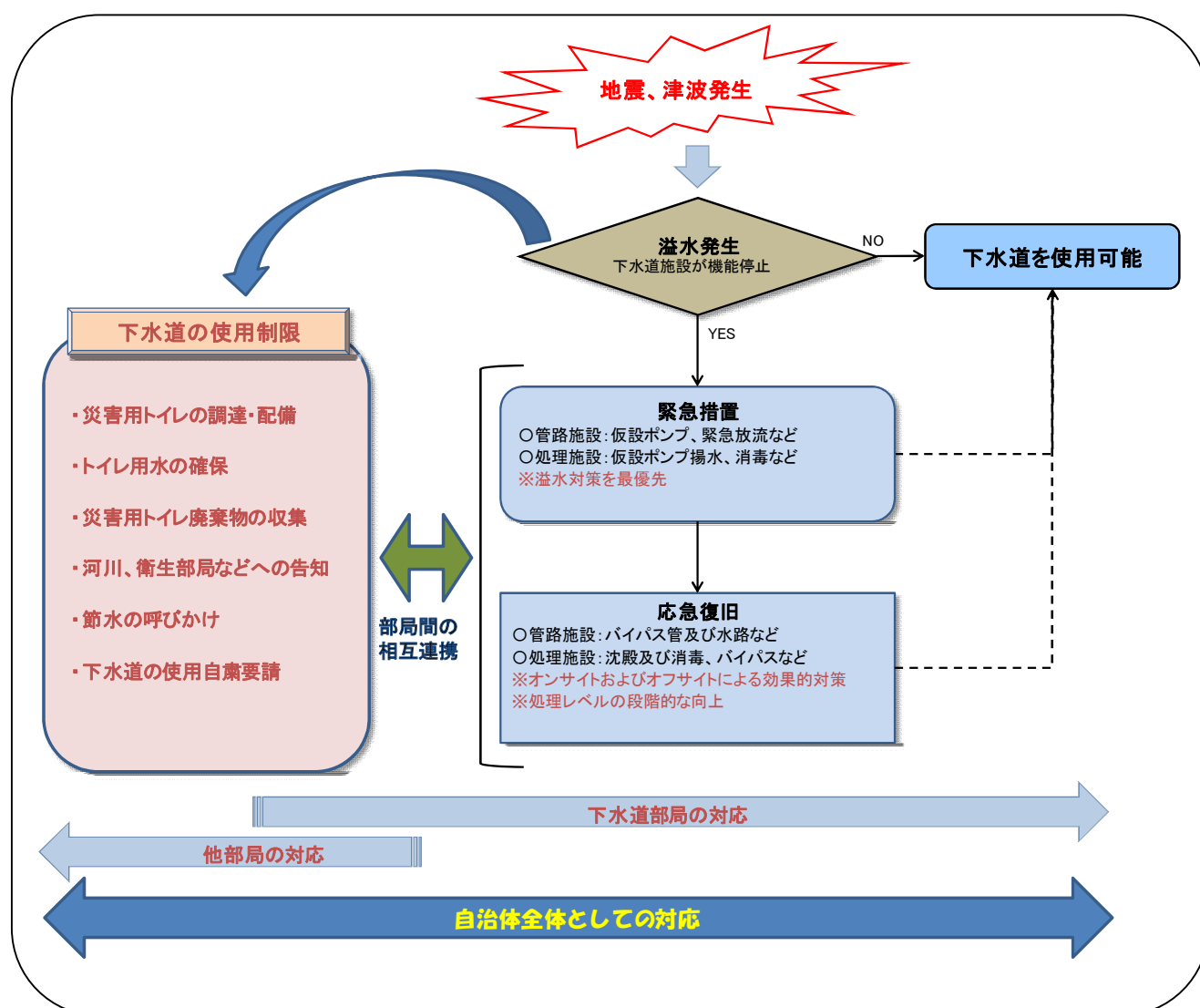


図 I-1-76 機動的で迅速な公衆衛生の確保

1) 未処理下水等に対する公衆衛生の確保対策

①「汚水排除」の徹底

被災当初は、公衆衛生面での重大な影響を回避するために、市街地や上水取水口上流などへの汚水流出を回避し、まずは排除を徹底する。

- ・ 汚水管きょ、人孔、中継ポンプ場、処理場の汚水流入ルートの中で溢水箇所の把握。
- ・ 汚水溢水の影響想定。
- ・ 溢水回避のための人孔部からの緊急放流や処理場流入きょ等への仮設ポンプ投入など緊急措置の実施。
- ・ 梅雨等の出水期における汚水排除の徹底。
- ・ 出水期には震災直後に緊急対応した箇所で、溢水が起こる可能性が高いことから応急復旧等で対応できない場合は、震災直後と同様の緊急対応を講じる。

②他のインフラの復旧状況等の情報収集と連携

人孔の溢水などは、水道復旧に伴う汚水量増加などにより発生するため、以下の状況変化を被災時でも把握できるような体制を構築する

- ・ 水道・ガス等の復旧状況、商用電源の復旧状況
- ・ 処理区域内への被災者の移動 → 汚水の発生・流下
- ・ 降雨・路面冠水による浸入水 等

③衛生面・水質面の情報を市民や利水者に迅速に伝達する体制構築

- ・ 処理場だけでなく、ポンプ場、管きょ、人孔などからの緊急放流などの可能性にも留意

④ユーティリティの広域的欠乏対策、広域停電への対策の強化

⑤その他

引き続き溢水対策や、簡易処理の長期化による影響には十分な注意が必要である。

また、公衆衛生面の応急対応後は、簡易処理のレベルアップ、放流先の監視、モニタリングの実施などにより、水環境・水質面の影響確認と対策強化に移行する。

2) 避難所における公衆衛生の確保対策

避難所における公衆衛生の確保対策は、保険衛生部局や環境部局、下水道部局等の多くの関係部局が関係するため、相互の役割を事前に明確にした上で、発災後には各部局の機動的で迅速な対応が必要である。

以上のような前提のもとで、避難所における公衆衛生確保のためには、図 I-1-77 の対策が必要である。なお、これらの対策を実行性のあるものとするため、地域防災計画、下水道BCPに反映することが必要である。

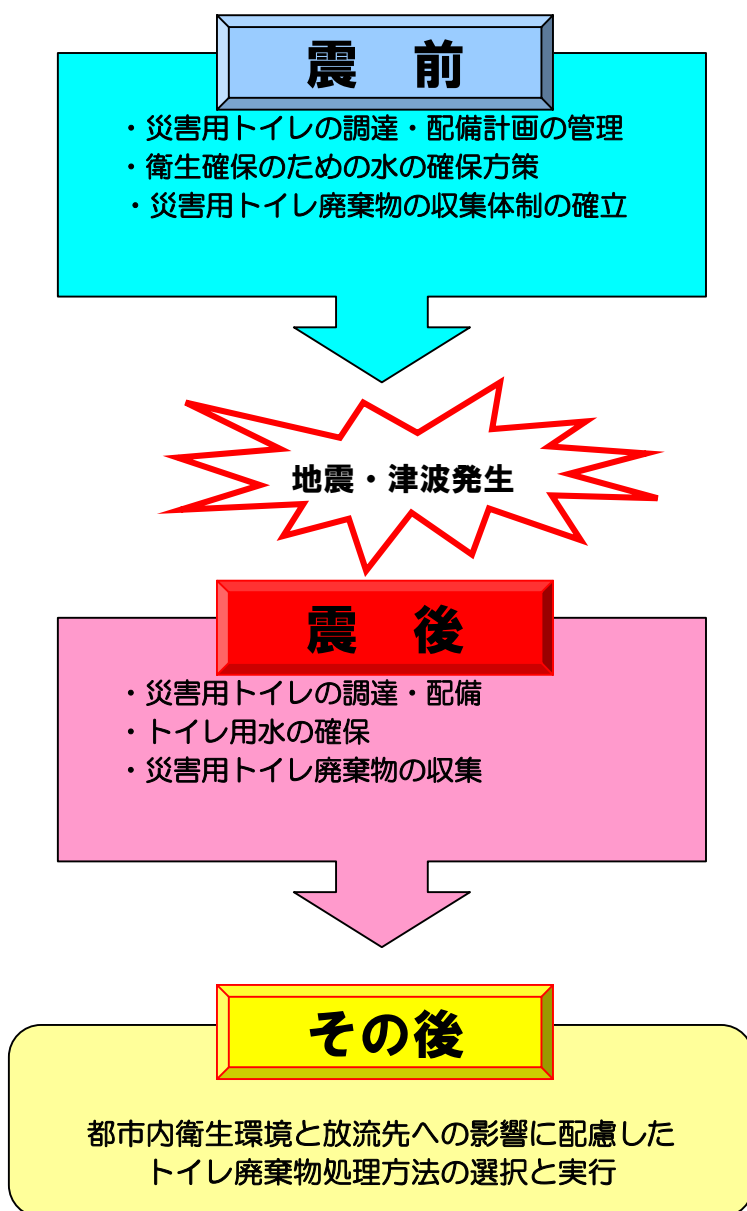


図 I-1-77 避難所における公衆衛生の確保

3) 被災地における機動的で迅速な公衆衛生の確保対策

下水道施設の機能損傷による公衆衛生への影響は下水道関係者等の緊急措置等によって回避されている。

出水期を迎えることや気温の上昇による病原性微生物による感染リスクの拡大を想定すると、一日も早い下水道施設の復旧が望まれるところであるが、復旧までは効果的な段階的復旧や機動的で迅速な公衆衛生の確保対策が必要である。

よって、地域の実情に応じた未処理下水等に対する公衆衛生の確保対策、ならびに避難所における公衆衛生確保対策を検討の上、これらを総合的に実施する必要がある。さらに、これらの対策を効率的に実施させるために、各種地震対策計画の策定及び見直し、下水道BCPの策定等が不可欠である（図 I-1-78）。

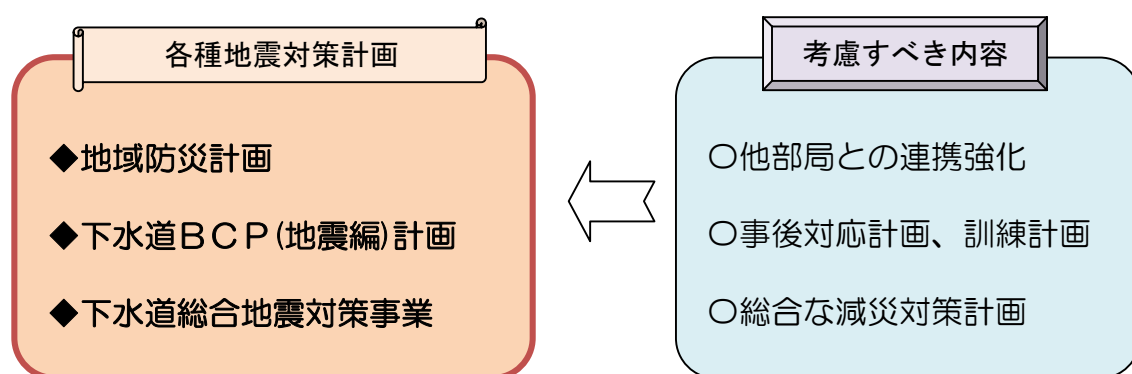


図 I-1-78 被災地における機動的で迅速な公衆衛生の確保