

東日本大震災における下水道施設被害の総括 (アンケート集計版)

—概要版—

1. 下水道施設被害の特徴.....	1
1.1 地震、津波及び液状化の概況.....	1
1.2 下水道施設の被害.....	6
1.3 アンケート調査の概要.....	7
1.4 被害要因の大別.....	8
2. 津波による被害.....	9
2.1 津波被害の特徴及び被害分類.....	9
2.2 被害傾向から見た津波対策の方向性.....	14
3. 液状化による被害.....	15
3.1 被害の概要.....	15
3.2 被害要因別の被害状況.....	17
3.3 被害の比較.....	24
3.4 対策技術の検証.....	27
4. 地震動に伴う広域的な地盤沈降による被害.....	29
4.1 概況.....	29
4.2 地盤沈降による下水道施設の被害.....	29
5. 個別事例の被害要因分析（現在、作業中）.....	31

本資料は、第5回下水道地震・津波対策技術検討委員会（12月15日開催）後に、一部の図表について修正しております。
なお、本資料のデータはアンケート集計に基づく速報値であり、今後のデータ追加及び精査により、変更する場合があります。

1. 下水道施設被害の特徴

1.1 地震、津波及び液状化の概況

(1) 地震

平成23年3月11日14時46分頃、三陸沖を震源（深さ約24km）とするマグニチュード9.0の国内観測史上最大規模となる地震が発生した。

最大震度は宮城県栗原市で記録された7であり、最大加速度は栗原市築館において観測された、2,933galである。

この地震は断層面が水平に対して10度と傾きが浅く、西北西-東南東方向に圧縮される、低角逆断層（衝上断層）型のずれであり、水平方向の変位量大きい、海溝型地震である。

また、この地震は、単一ではなく、3つの地震動が連動した（連動型地震）であり、破壊断層は、南北に400km、東西に200kmの広範囲で、岩手県沖から茨城県沖までの広範囲に及んだ。表1-1に地震の震源及び規模等を示す。また、図1-1に震度分布図を表1-2に過去の大規模地震と今回の地震の規模等の比較を示す。

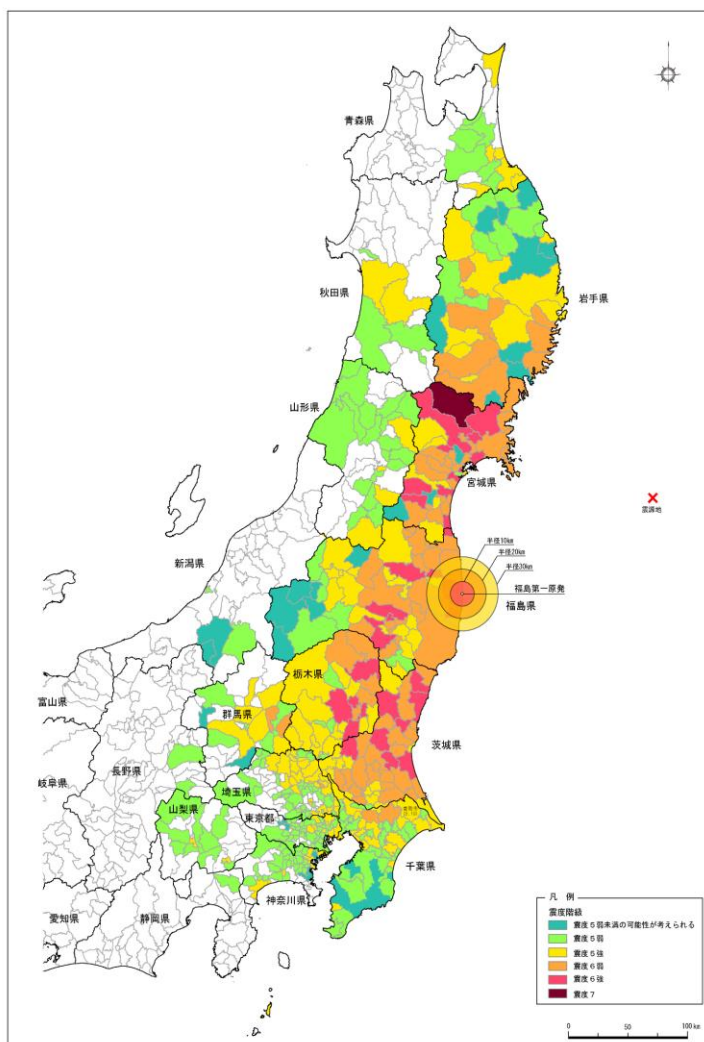


図1-1 本震による震度分布図

表1-1 地震の震源及び規模等

地震発生日時	平成23年3月11日14時46分
震源位置	北緯38度06.2分 東経142度51.6分 深さ24km
地震規模	モーメントマグニチュード (Mw) 9.0
最大震度	震度7 (宮城県栗原市築館)
発生機構	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型 (CMT解)

表 1-2 過去の大規模地震と今回の地震の規模等の比較※¹

地震名	発生日	マグニチュード [※]	震源深さ	最大震度 ^{※2}	最大加速度	地震範囲 (震度 ≥ 1)
関東地震	1923.9.1	M=7.9	相模湾 海底	VI(烈震)	—	—
新潟地震	1964.6.16	M=7.5 ± 0.2	約 40km	V(強震)	約 190gal (新潟市内地下)	26 都道府県
宮城県沖地震	1978.6.12	M=7.4	約 30km	V(強震)	約 320gal (仙台市内軟弱地盤)	25 都道府県
釧路沖地震	1993.1.15	M=7.5	約 100km	VI(烈震)	約 920gal (釧路地方気象台)	19 都道府県
兵庫県南部 地 震	1995.1.17	M=7.3	約 14km	VII(激震)	818gal (神戸海洋気象台)	40 都道府県
新潟県中越 地 震	2004.10.23	M=6.8	約 13km	VII(激震) 震度 7	1722gal (新潟県川口町川口)	29 都道府県
能登半島 地 震	2007.3.25	M=6.9	約 11km	震度 6 強	1304gal (輪島市門前町走出(旧))	37 都道府県
新潟県中越沖 地 震	2007.7.16	M=6.8	約 17km	震度 6 強	1019gal (柏崎市西山町池浦)	30 都道府県
岩手・宮城内陸 地 震	2008.6.14	M=7.2	約 8km	震度 6 強	4022gal (一関市巖美町祭時) ^{※3}	20 都道府県
東北地方太平 洋沖地震	2011.3.11	M=9.0	約 24km	震度 7	2933gal (栗原市築館) ^{※3}	45 都道府県

※¹ 上表は、「下水道地震対策技術検討委員会報告書（平成 20 年 10 月、下水道地震対策技術検討委員会）」に記載の表に、岩手・宮城内陸地震と東北地方太平洋沖地震を追記したものである。

※² 1996 年 4 月より震度階の表記方法が変わったため、能登半島地震以降の地震については新しい表記方法とした。なお、新潟県中越地震に関しては旧表記震度も判明しているため、両方を併記した。

※³ 防災科学技術研究所の調べ

また、この地震の特徴として、余震が頻発しており、本震発生後から立て続けに M7.0 以上の強い余震が 6 回、M6.0 以上が 96 回、M5.0 以上が 576 回発生した（気象庁発表 12 月 8 日 12 時現在）。図 1-2 に過去の地震との比較図を示す。

過去の地震と比較しても、今回の地震における余震回数が群を抜いて多いことが分かる。最大の余震は 3 月 11 日 15 時 15 分頃発生した茨城県沖を震源とする地震で、茨城県銚田市で震度 6 強が観測されている。

以上について、今回の地震の特性を整理すると、以下のような特徴が挙げられる。

- ・ 我が国観測史上最大の Mw9.0 を観測した。
- ・ ほぼ全国的（45 都道府県）に有感地震を観測した。
- ・ 最大加速度は岩手・宮城内陸地震（4,022gal）に次ぐ大きさ（2,933gal）。
- ・ 余震回数は、過去の大規模地震を大きく上回り、その規模も大きい。
- ・ 新潟県中越沖地震や岩手・宮城内陸地震などの最近の大規模地震に比べると震源深さは深い。

海域で発生した主な地震の余震回数比較（※本震を含む）
（マグニチュード5.0以上）

2011年12月08日12時00分現在

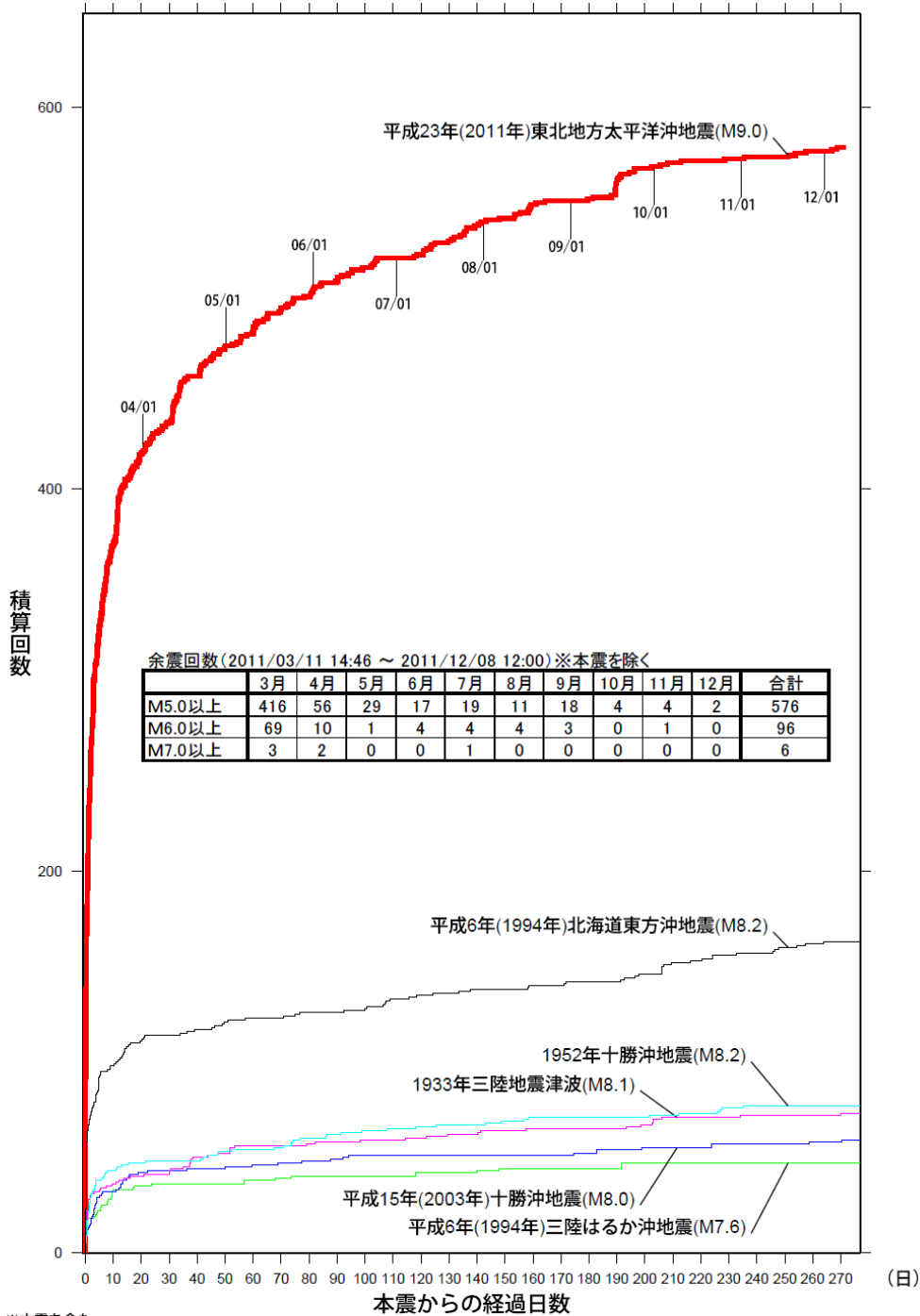


図 1-1 余震の発生回数比較（気象庁ホームページより）

(2) 津波

東日本大震災に伴う津波により、東北地方太平洋沿岸の津波観測地点では、観測施設が被害を受けるなどにより、津波の観測が欠測となり、実際の津波の最大値が得られていない地点がある。気象庁では、3月28日から4月2日までに、これらの津波観測地点付近において津波の痕跡等から津波の高さの調査を行い、4月5日に公表している。

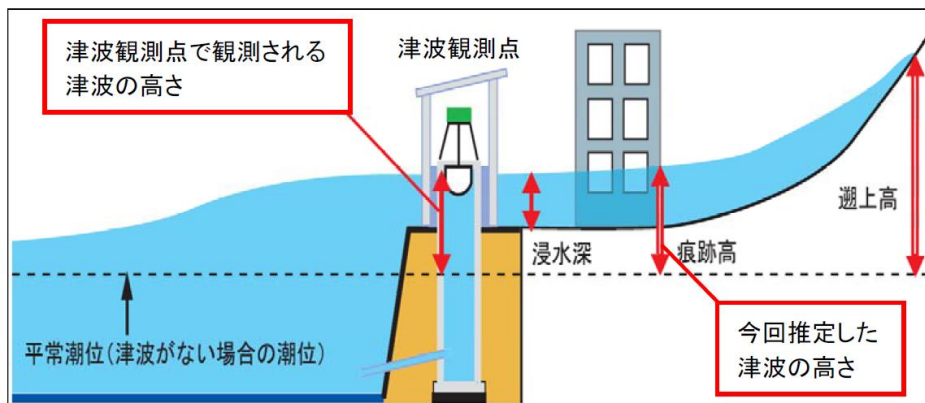
なお、表1-3は、気象庁から4月5日に発表された資料をベースに、その後公表されたデータに基づき、加筆・修正したものである。

表1-3 現地調査による津波観測点付近の津波の高さ

観測点名	津波観測点で観測される津波の高さ	今回推定した津波の高さ
八戸（青森県）	2.7m以上	6.2m
久慈港（岩手県）	—	8.6m
宮古（岩手県）	8.5m以上※	7.3m
釜石（岩手県）	4.1m以上	9.3m
大船渡（岩手県）	8.0m以上※	11.8m
石巻市鮎川（宮城県）	8.6m以上 (平成23年6月3日発表値)	7.7m
仙台港（宮城県）	—	7.2m
相馬（福島県）	9.3m以上 (平成23年4月13日発表値)	8.9m

※ 津波警報（津波観測に関する情報）で発表された速報値、または、後日現地で回収した津波観測点の記録の分析結果です（※印）。観測施設が大きな被害を受けており、その影響により適切に津波の高さを観測できていない可能性があります。

(参 考)



※津波の高さの推定には、各津波観測点の潮位の予測値（天文潮位）を用い、痕跡高から推定しています。

出典：気象庁報道発表資料, 平成23年4月5日

(3) 液状化

今回の地震では、液状化現象が東北地方から関東地方にかけて広範囲に渡り発生し、道路、護岸施設、上下水道などのライフライン施設、家屋等に大きな被害が生じた。

液状化対策技術検討会議が実施した関東地方周辺の調査によると、1都6県に渡って少なくとも96市区町村に及ぶ極めて広い範囲で液状化現象が発生し、特に、東京沿岸部や利根川下流域等の埋立地、旧河道・旧池沼等で集中して液状化が発生したと報告されている。

その中でも千葉県浦安市や千葉市等の東京沿岸部の海浜の埋立て地域では地域が全面的に液状化し、宅地、道路、護岸等様々な構造物に大きな被害をもたらした。

このような全面的な液状化が、関東一円の広い範囲で発生した理由としては、揺れの継続時間が長かった本震や直後に連続して発生した多数の余震、地盤特性などが要因としてあげられている。

図1-3の写真は東京都新木場で撮影された2枚の写真である。①は本震直後に撮影されたもので地面から水が噴き出している。②は本地震から約2時間後のもので歩道車道に土砂が堆積している。これらの写真からも、本震及び余震の影響により、長い時間地下水位が上昇し続け、液状化による被害を拡大させたことが分かる。



①3月11日14時59分【本震直後】



②3月11日16時41分【本震から2時間後】

図1-2 地震直後の状況

1.2 下水道施設の被害

(1) 処理場

- ・ 震災当初は、稼働停止が 48 処理場、施設損傷が 63 処理場、不明(福島第一原発周辺)が 9 処理場であった。
- ・ 都道府県別にみると、稼働停止は宮城県が最も多く 32 施設、次いで岩手県が 8 施設。
- ・ 12 月 1 日現在でも 15 施設が稼働停止状態にある。
- ・ 兵庫県南部地震でも稼働停止した処理場は 8 施設であり、今回の稼働停止数は過去と比べても格段に多い。(表 1-4)

表 1-4 稼働停止した処理場数

地震名	発生日	稼働停止処理場数
兵庫県南部地震	1995.1.17	8
新潟県中越地震	2004.10.23	1
能登半島地震	2007.3.25	0
新潟県中越沖地震	2007.7.16	0
東北地方太平洋沖地震	2011.3.11	48

(2) ポンプ場

- ・ 震災当初は、稼働停止が 79 ポンプ場、施設損傷が 32 ポンプ場、不明(福島第一原発周辺)が 1 ポンプ場であった。
- ・ 都道府県別にみると、稼働停止は宮城県が最も多く 56 施設、次いで岩手県が 10 施設。
- ・ 12 月 1 日現在でも雨水 15 施設 (うち排水対策地区のない施設は 12) 、汚水 3 施設のポンプ場が稼働停止状態にある。

(3) 管路

- ・ 管路の被害は、1 都 10 県に及び、被害延長 635km、人孔の被害は 20,659 箇所(12/1 時点)であった。(国土交通省公表資料：2 次調査ベース調べ、平成 23 年 12 月 1 日現在)
- ・ 都道府県別に見ると、宮城県、福島県及び茨城県で被害率が高い。また激しい液状化が発生した千葉県においても比較的高い被害率となっている。
- ・ 今回の地震の管路被害率は、全被災地の平均では過去の地震を下回っているものの、被害総延長は過去の地震を遙かにしのぐ規模。
- ・ 関東地方は埋め立て地における局所的な被害が顕著であったことから、関係する都県を除くと、被害率は 2.32%となり、新潟県中越沖地震以上の被害であり、能登半島地震と同程度。

表 1-5 過去の地震との比較 (管路)

震災名	被災自治体数	総延長 (km) a	被害管路延長 (km) b	被害率 b/a × 100
東日本大震災	129	64,815	635	0.98%
東日本大震災 (関東地方除く)	75	18,877	438	2.32%
能登半島地震	6	652	15	2.30%
新潟県中越沖地震	5	3,072	50	1.63%

※能登半島地震、新潟県中越沖地震の各数値は、災害査定ベース。

※関東地方とは、茨城県、栃木県、千葉県、埼玉県、東京都、神奈川県である。

表 1-6 東日本大震災における都道府県別の下水道管路施設被害概要

都道府県名	被災自治体数	総延長 (km) a	被害管路延長 (km) b	被害率 b/a×100	被害マンホール (箇所)
青森県計	1	113	0.1	0.093%	0
岩手県計	11	3,526	12	0.346%	170
宮城県計	39	9,702	305	3.144%	11,194
福島県計	22	5,110	120	2.340%	3,397
茨城県計	36	9,509	129	1.356%	4,656
栃木県計	2	287	2	0.697%	25
埼玉県計	1	214	0.006	0.003%	6
千葉県計	13	8,510	54	0.634%	981
東京都計	1	15,793	12	0.076%	212
神奈川県計	1	11,625	0.5	0.004%	13
新潟県計	2	426	1	0.302%	5
計	129	64,815	635	0.980%	20,659

※福島第1原発避難区域内の自治体は調査不能のため含まれていない。
 ※東日本大震災の各数値は、二次調査ベースである。
 (国土交通省調べ、平成23年12月1日現在)

1.3 アンケート調査の概要

下水道施設被害を把握するにあたって実施したアンケート調査の概要を以下に示す。

(1) アンケート対象

処理場：東日本大震災に起因する施設障害が発生した全処理場（120 処理場）

ポンプ場：東日本大震災に起因する施設障害が発生した全ポンプ場（112 ポンプ場）

管路：東日本大震災に起因する被害が発生し、災害査定を受ける自治体 135 箇所※

※9月のアンケート配布時点で災害査定を受ける予定の自治体数のため、国土交通省調べの被災自治体数とは整合しない

(2) 回収率等（※平成23年12月9日時点集計）

処理場：83/120(69%)、うち津波被害があったと回答した処理場数：12/83

ポンプ場：73/112(65%)、うち津波被害があったと回答したポンプ場数：41/73

管路：93/135（69%）、うち埋戻し部の液状化被害があったと回答した自治体：44/93
 うち周辺地盤の液状化被害があったと回答した自治体：23/93

(3) アンケート調査内容

処理場・ポンプ場に関しては、施設区分毎（処理場は23施設に分類、ポンプ場は5施設に分類）に、施設の有無、耐震対策の有無、被害の程度、被害対象工種、被害要因、浸水高を質問した。またこれとは別に、海岸からの距離や施設の覆蓋の状況、復旧対応状況等も質問している。

管路に関しては、施設区分毎（管きょ、人孔、マンホールポンプ）に、被害要因別（地震動、津波、液状化など）の被害状況を質問している。また、これとは別に、既設管の耐震対策の有無とその被害内容などについても質問している。

1.4 被害要因の大別

東日本大震災においては、地震動による被害(液状化含む)に加え、津波による被害やユーティリティ不足による二次的被害など、被害の要因が多岐にわたった。

アンケート調査結果では、図 1-4 に示す場内施設を対象とした被害要因別の被害割合のとおり、処理場、ポンプ場については被害の特徴的要因が津波であること、管路については液状化（部分液状化、全面液状化）が特徴的要因であることから（図 1-5）、次章ではこれらの施設に着目して整理する。

次章以降では、東日本大震災の被害の特徴を述べるにあたり、津波による被害と液状化による被害について、具体事例を挙げて説明する。また、生活再建やインフラの復旧阻害要因となっている地盤沈降についても整理を行う。

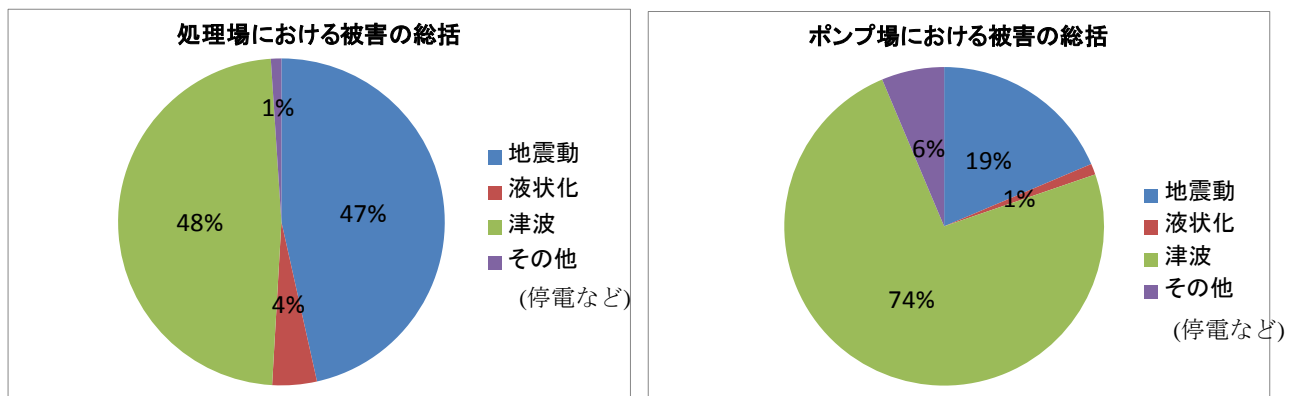


図 1-3 場内施設を対象とした被害要因別の被害割合の総括（処理場、ポンプ場）

※ 被害要因を2つ以上回答している場合には、それぞれの要因に対して被害を計上している。

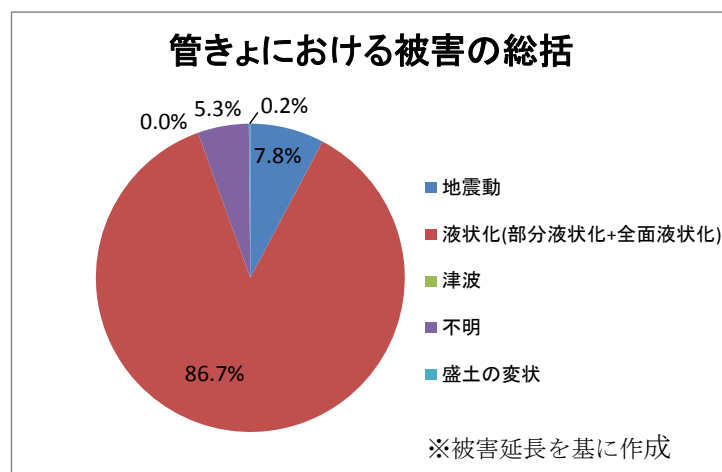


図 1-4 被害要因別の被害の総括(管路)

※ 部分液状化（埋め戻し部の液状化）と全面液状化（周辺地盤の液状化）の定義については、p.15 を参照のこと。

※ 今回のアンケート結果では、津波による被害は無かった。

2. 津波による被害

処理場に関し、被害の特徴的要因である津波による被害について、以下に概説する。

2.1 津波被害の特徴及び被害分類

アンケート調査に対し、津波により被害があった処理場内の施設（23 施設区分）に対する被害集計割合を用いて、今回の津波被害の特徴等を整理した。

(1) 地震動による被害との対比

- ・ 地震動と津波による被害傾向を比較すると、土木は地震動による被害が多く、電気は津波による被害が多い傾向があった。
- ・ なお、電気の被害では、津波による電気室や水処理施設の現場操作盤などの水没や流失による機能停止が大半である。

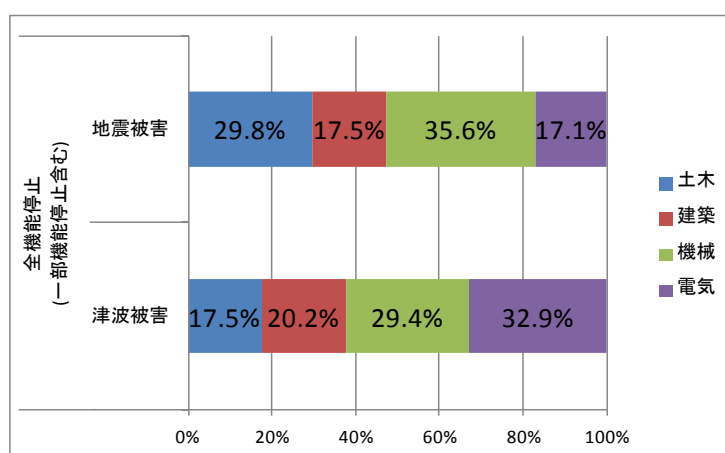


図 2-1 地震と津波の施設別被害の相対比較

- ・ 津波被害を受けた処理場・ポンプ場の本復旧までの時間（機能停止時間）は、地震動により被害を受けた処理場・ポンプ場よりも長い。
- ・ 兵庫県南部地震で最も被害が大きかった東灘処理場（神戸市）の復旧までの期間が約 100 日後であったことを考えても、今回の復旧には特に時間を要している。

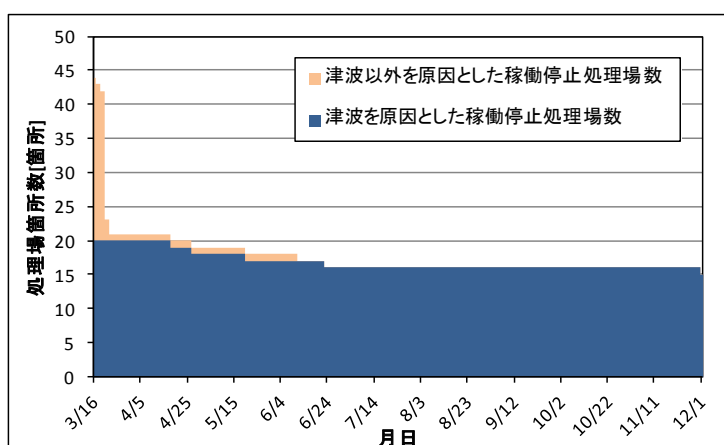


図 2-2 処理場における稼働停止状況

※ 図 2-2 は、稼働停止した 48 処理場のうち、汚水の流入・発生がないことにより稼働停止した 4 処理場を除く、44 処理場を対象として作成したものである。

(2) 津波発生時にも機能確保すべき施設の被害実態

- 津波発生時にも「機能確保すべき施設」として位置づけられる施設（流入渠、放流渠、污水ポンプ施設、自家発電施設、受変電設備）の被害割合の状況を見ると、土木施設を除き、ほぼ全施設が機能停止（全部または一部）している。
- 今後、「機能確保すべき施設」を優先的に対策する必要がある。

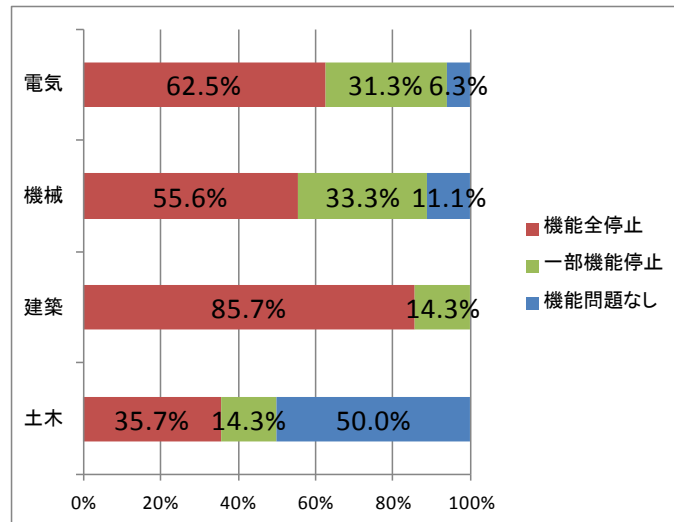


図 2-3 「機能確保すべき施設」の被害割合

(3) 津波被害の特徴分析

① 海岸との距離との関連

- 海岸からの距離と津波による処理場内の施設被害割合の関係を見ると、海岸からの距離が短いほど、被害の程度は大きい。
- 海岸より 1000m までは全機能停止が 50% を越えているが、それ以上になると極端に減っている。今後、対策の範囲や手法を検討する上で参考とすべきと考えられる。

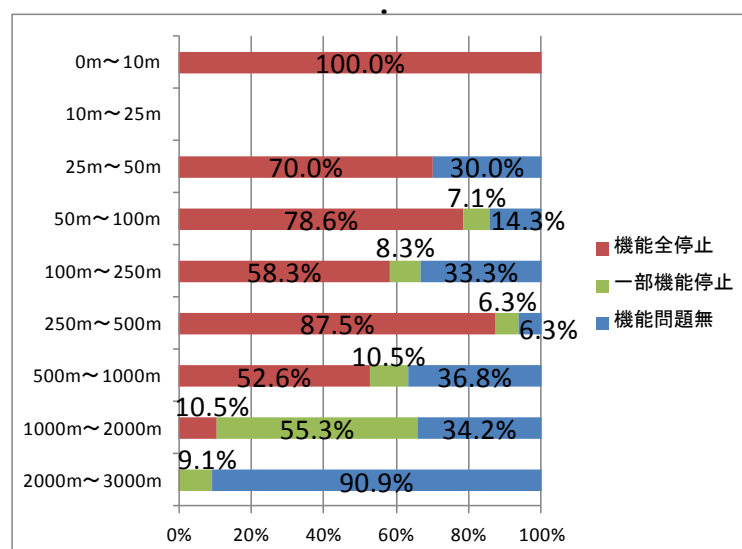


図 2-4 海岸からの距離と被害割合の関係

- ・ 海岸からの距離と処理場内の施設被害の要因（波圧、浸水、漂流物）の関係を見ると、海岸からの距離が短いほど波圧による被害が多く、長くなれば漂流物や浸水による被害割合が増加傾向になる。
- ・ 海岸から比較的遠い処理場では、漂流物による被害にも留意した対応が求められる。

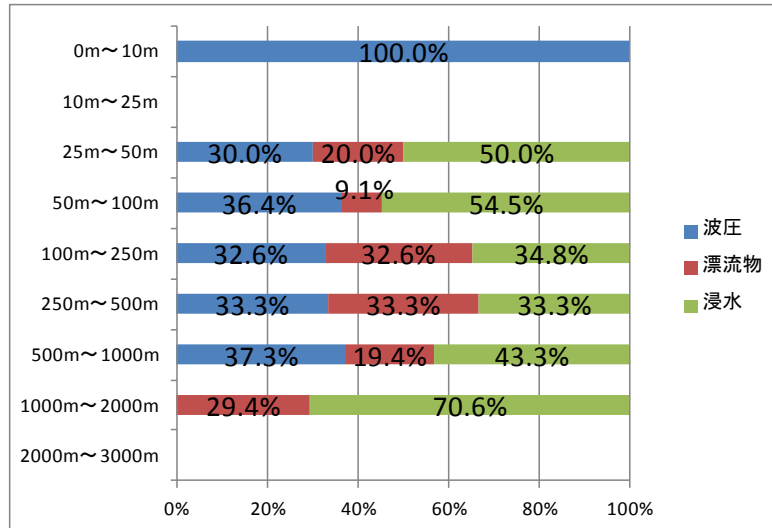


図 2-5 海岸からの距離と被害要因の関係

②津波浸水深との関連

- ・ 津波浸水深と、津波による処理場内の施設被害の程度（損傷状況、機能状況）の関係を見ると、浸水深が小さければ、全機能停止までとはならず、一部機能停止にとどまる結果となっている。
- ・ 浸水深が 1m を越えると全機能停止が半数を超えることから、今後、対策の範囲や手法を検討する上で参考とすべきと考えられる。なお、浸水深 8m~9m の「機能問題無」は、流入渠及び放流渠・吐口における電気設備、機械設備がない土木施設である。

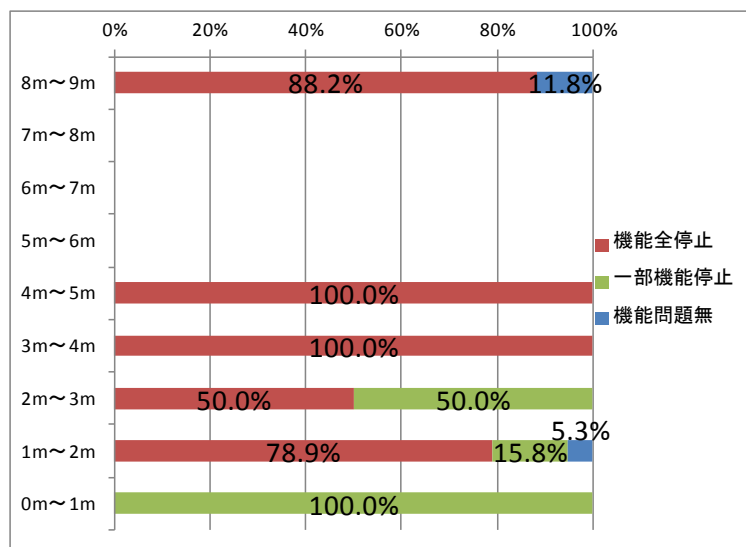


図 2-6 津波浸水深と被害割合の関係

- ・ 津波浸水深と被害の工種の間係を見ると、浸水深が 0～3m までは機械または電気の被害が主体であるが、浸水深が大きくなると、被害工種が複合化（土木、建築、機械、電気）する。
- ・ 浸水深が 3m までの場合は特に機械・電気、それ以上になれば全工種を対象とした津波対策が必要となることが示唆される。

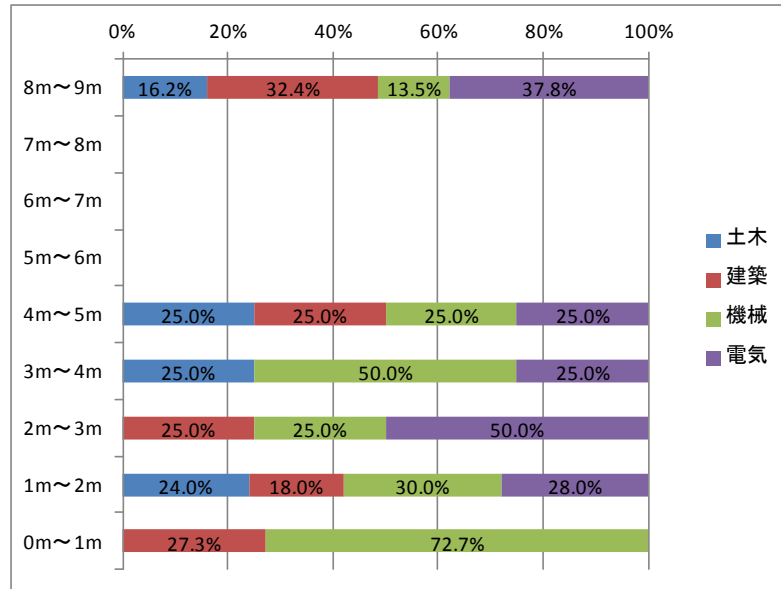


図 2-7 津波浸水深と被害工種の間係

③施設の配置との間係

- ・ 南蒲生浄化センターを例にとって、津波の進入方向と津波被害状況の間係を検証してみる。図 2-8 は同センターの概略の施設配置を示している。また図 2-9 は同センターの被害状況を示したものであるが、これらより、個々の施設（構造物）が津波浸入方向と直交する形で配置されていることが、甚大な被害を受けた一因であることが伺える。（※今後、他の処理場も含めてさらに詳細に検討を行う。）

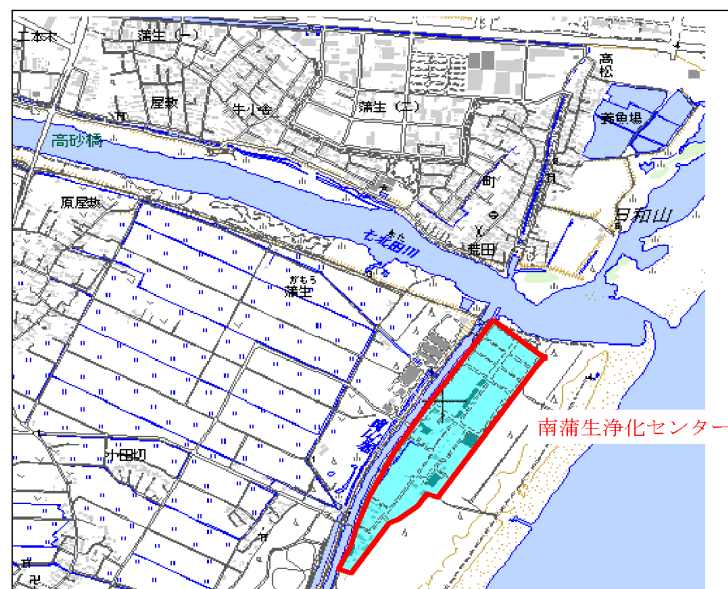


図 2-8 施設概略配置（南蒲生浄化センター）

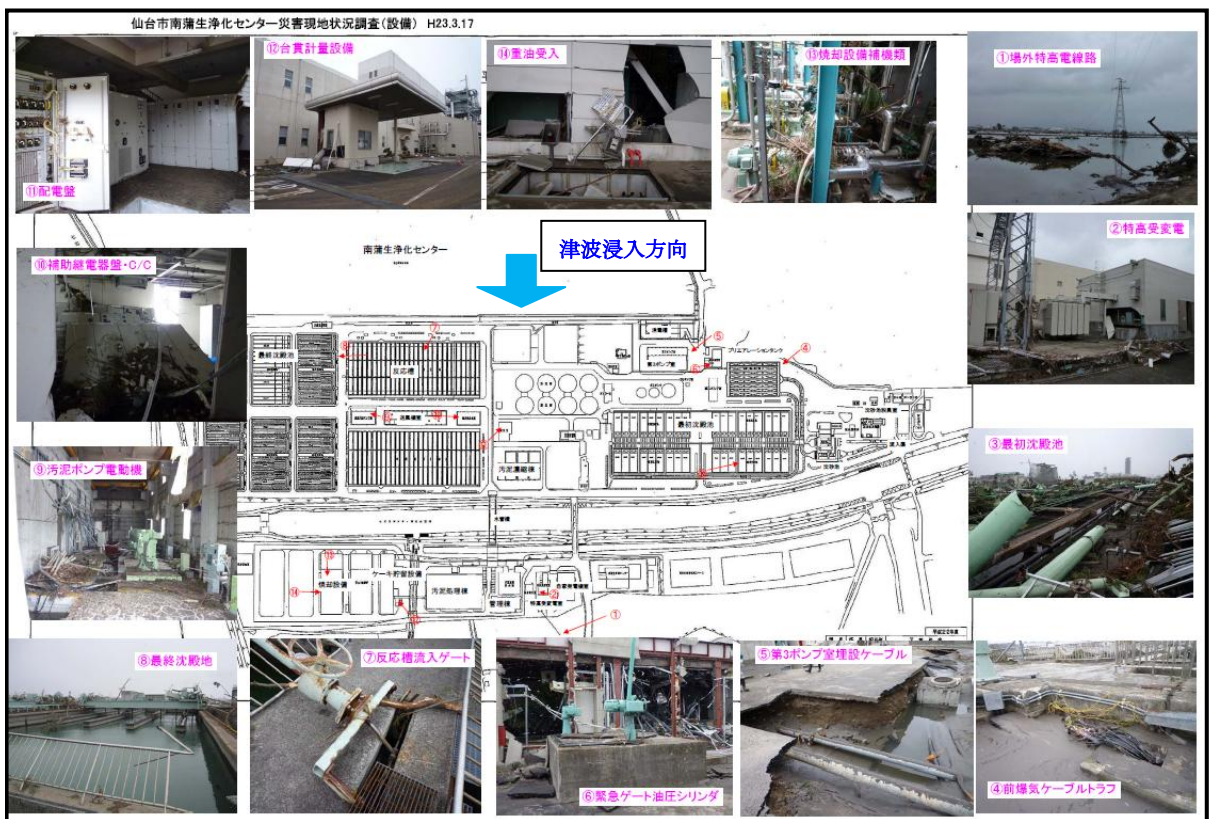
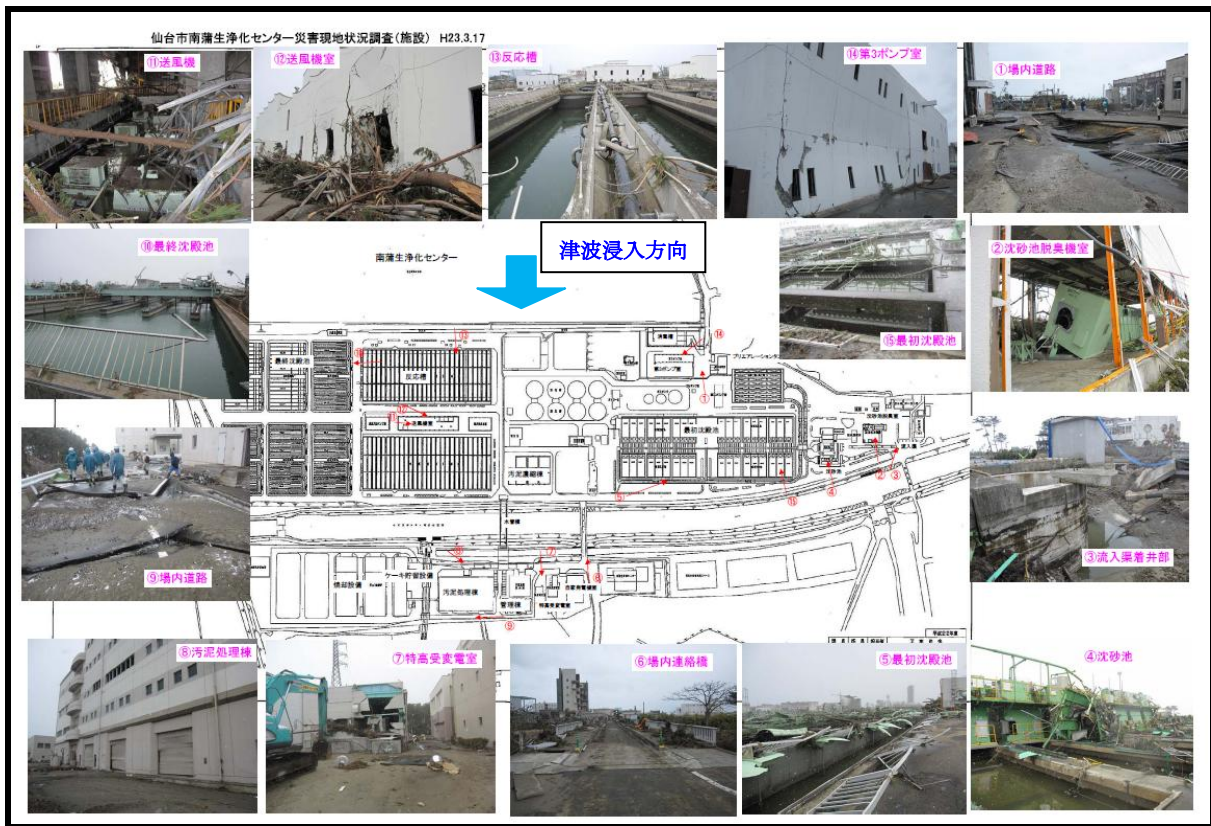


図 2-9 南蒲生浄化センターの被害状況

※日本下水道事業団提供

2.2 被害傾向から見た津波対策の方向性

下水道地震・津波対策技術検討委員会における第3次提言「東日本大震災で被害した下水道施設の本復旧のあり方」では、津波被害が想定される処理場・ポンプ場等における計画・設計上配慮すべき事項をとりまとめている。これらのうち、ハード対策のみに着目し、2.1 で示した今回の津波による被害傾向分析結果との関係性を整理したのが表 2-1 である。

表 2-1 第3次提言で示された対策項目と被害傾向分析結果の関係性

今回の津波による被災傾向分析結果 第3次提言で示された対策項目	津波では電気被害が地震動に比べて顕著である。	津波被害における機能停止期間は、地震動に比べ長い。	「機能確保すべき施設」は、ほぼ全施設が機能停止している。	海岸からの距離が短いほど、被災の程度は大きい。	海岸からの距離が短いと波圧、長くなれば漂流物や浸水による被害が増加する。	津波浸水深が大きいほど、被災の程度は大きくなる。	津波浸水深が大きいほど、被害要因が複合化(土木、建築、機械、電気)する。	津波浸水深が大きいほど、被害要因が複合化(波圧、浸水、漂流物)する。	津波の浸入方向に対して施設配置が直交している方が、被害が大きい。
計画 上 配 慮 す べ き 事 項	津波が想定される場合は、進入方向を検討し、その方向にできる限り平行な配置とする。	○							○
	水処理系列を2以上とし、それぞれの汚水、汚泥の搬送ルート、電力、空気、水、薬品等のラインを分離させる。	○		○		○	○		
	津波漂流物による施設、設備への衝撃を緩和する防護壁を設置する。	○			○			○	
	自家発電設備の設置が処理場内では困難な場合、用地外の高所に設置する。	○	○	○					
設計 上 配 慮 す べ き 事 項	[設備設置等高さ] 需要設備、操作盤、排気開口部は、想定津波高を考慮して設置する。	○				○			
	[施設の水密性] 想定津波高以下の扉、開口部等は水密性を確保する。	○				○			
	[施設の開口部] 施設の玄関、搬入扉等は津波進入方向と平行に設置する。								○
	施設はコンクリート造とする。				○	○	○		○
	コンクリート製蓋等により水処理施設の開口部に覆蓋を設置する。				○	○	○	○	
	浸水の可能性のある設備には、冠水対応型モータ・防水端子を採用する。						○	○	
	用水設備の機能不全に対応できる無注水型ポンプを採用する。			○	○		○		
	制御盤はできる限り2階以上の高層階に設置し、必要に応じて独立して高所に設置することを検討する。				○		○		
	小規模処理場であっても自家発電設備を設置する。	○	○	○				○	
	自家発電設備については、冷却水確保が困難な場合は、多様な燃料に対応可能なガスタービン駆動を採用する。	○		○				○	
消化ガス発電、太陽電池と蓄電池の組合せ等の独立電源の設置を検討する。	○		○				○		

3. 液状化による被害

3.1 被害の概要

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(1964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、車両等の通行を妨げるほど人孔が路上に大きく浮上るなどの液状化による下水道管路施設の被害が報告されている。

過去の地震被害を受けて、近年、液状化現象による人孔浮上メカニズムの解明や、耐震設計手法の確立、改良、民間による地震対策技術の開発が進められるとともに、国主導の地震対策への積極的な取り組みが推進されている。しかしながら、財政的、技術的課題により、耐震化率は低い状況にあるのが現状である。

今回発生した東日本大震災における下水道管路施設の被害については、約8割(アンケート結果より)が液状化による被害であり、耐震化の必要性を改めて認識させられた。

また、今回の地震被害については、震源近くでは、過去の多くの地震で見られる路面異常や管きよのたわみ、人孔突出が発生し、震源から離れた関東地方沿岸部を中心に顕著な液状化被害が発生するという地域性が大きな特徴であった。被害の特徴を詳細に分析し、今後の被害想定や対策技術の選定等に役立てる必要がある。

一方、先行して地震対策(液状化対策)を施している一部の地域では、技術導入による効果が確認されている。これら技術に関しては、今後の耐震化推進に向けて、各地で積極的な導入が進められることが期待される。

(1) 被害要因の分類

管路の液状化被害は、大きく次の3つの形態に分類される(図3-1)。

a) 埋め戻し部の液状化

管路施設の埋め戻し部分のみ液状化する場合(図3-1のa)

b) 周辺地盤の全面液状化

周辺地盤を含めて周辺地盤の液状化する場合(図3-1のb)

c) 側方流動を伴う周辺地盤の液状化

周辺地盤を含めて液状化し側方流動が起きる場合(図3-1のc)

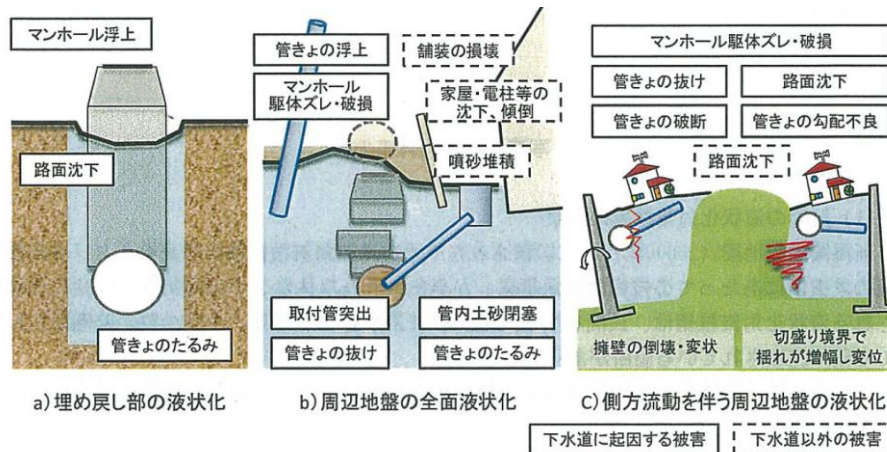


図3-1 下水道管路施設の被害要因の分類

(2) 液状化被害の発生分布

図 3-2 にアンケート結果を基に液状化による被害を市町村別に整理した図を示す。埋め戻し土の液状化（部分液状化）による被害は、岩手県、宮城県、福島県の東北地方に比較的多く見られ、全面液状化（周辺地盤の液状化）による被害は、東京都、千葉県、茨城県の関東地方に集中していることが分かる。

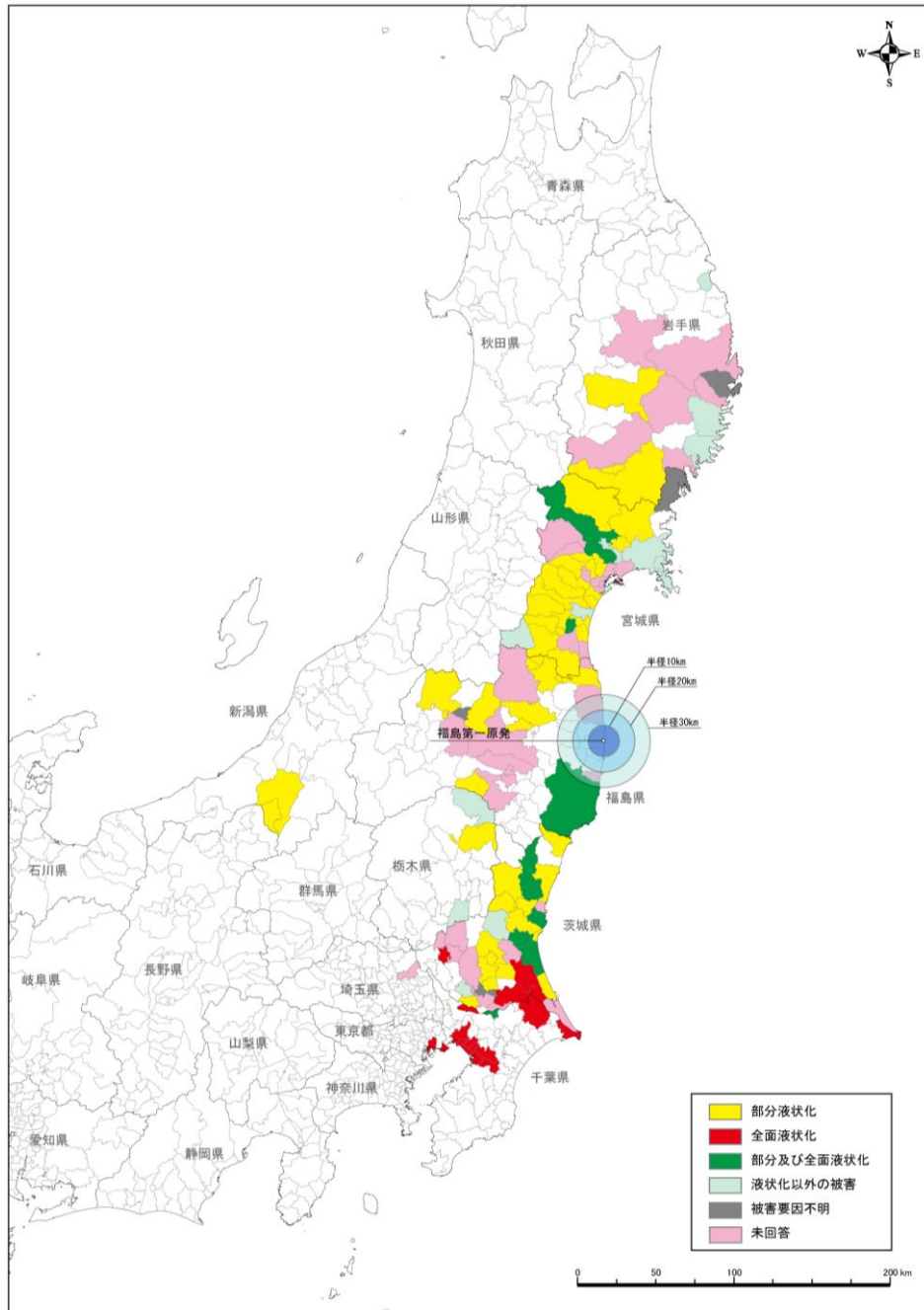


図 3-2 液状化による被害状況（2011.12.9 時点のアンケート結果に基づく）

※ 上図は、アンケート調査に対し、管路被害があったと回答した自治体について、市町村単位で着色を行ったものである。

3.2 被害要因別の被害状況

(1) 埋め戻し部の液状化による被害状況

1) 管きよ

アンケート結果に基づく都道府県別の被害状況を表 3-1 に示す。埋め戻し部の液状化による管きよ被害は、被害総延長においては、宮城県が最も多く(125.87km)、次いで、福島県(39.20km)、茨城県(32.03km)となる。また、表 3-2 に都道府県別の被害項目の内訳一覧を示す。路面異常、滞水、土砂堆積、本管破損等の被害箇所総数で見ても、宮城県が最も多く(4,592箇所)、次いで、福島県(1,632箇所)、茨城県(1,093箇所)となる。

アンケートでは、東京都における埋め戻し部の液状化による管きよの被害は報告されていない。

また、管きよの被害項目は、滞水が最も多く全被害箇所の半数を占め、次いで多いのは路面異常であり、この2項目だけで全体の9割を占めている。

埋め戻し部の液状化による管きよの主たる被害は、路面の異常や滞水が全体の9割を占め、その被害は宮城県、福島県、茨城県に集中している。

表 3-1 都道府県別管きよ被害 (埋め戻し部の液状化)

	管きよ総延長 (km) a	被害総延長 (km) b	被害率 b/a × 100
岩手県	3,526	4.97	0.141%
宮城県	9,702	125.87	1.297%
福島県	5,110	39.20	0.767%
茨城県	9,509	32.03	0.337%
栃木県	266	0.10	0.038%
千葉県	8,510	0.04	0.000%
東京都	15,793	0.00	0.000%
新潟県	426	1.30	0.305%
合計	52,842	203.51	0.385%

※管きよ総延長＝管きよの被害があった自治体の管きよ延長の合計。

表 3-2 都道府県別管きよ被害項目 (埋め戻し部の液状化)

	路面異常 (箇所)	滞水 (箇所)	土砂堆積 (箇所)	本管破損 (箇所)	被害箇所合計 (箇所)
岩手県	157	155	0	5	317
宮城県	1,856	2,369	16	351	4,592
福島県	657	798	21	156	1,632
茨城県	429	559	26	79	1,093
栃木県	1	0	0	1	2
千葉県	2	1	0	0	3
東京都	0	0	0	0	0
新潟県	7	38	1	0	46
合計	3,109	3,920	64	592	7,685

2) 人孔

人孔被害については、鉄蓋、躯体、突出、沈下、管接合部等の被害総人孔数が最も多いのは宮城県(3,630箇所)、次いで福島県(751箇所)、茨城県(539箇所)となる。

また、アンケートにおいて人孔総数の記載があった自治体のみを抽出し、被害率の算定を行うと宮城県が最も高く1.80%、次いで福島県(0.90%)、茨城県(0.33%)となる。

また、人孔の被害項目については、突出が最も多く被害総人孔の約51%を占め、次いで躯体(躯体ズレ、ひび割れ)約27%、管接合部約13%であった。

埋め戻し部の液状化による人孔の主たる被害は人孔の突出、躯体被害であり、その被害は宮城県、福島県、茨城県に集中している。

表 3-3 都道府県別人孔被害(埋め戻し部の液状化)

	人孔総数 (個) a	被害人孔数 (個) b	被害率 b/a×100
岩手県	52,670	54	0.10%
宮城県	202,117	3,630	1.80%
福島県	83,362	751	0.90%
茨城県	164,272	539	0.33%
栃木県	6,698	4	0.06%
千葉県	23,349	1	0.01%
東京都	31,200	0	0.00%
新潟県	4,338	0	0.00%
合計	568,006	4,979	0.88%

*人孔総数の記載があった自治体のみで算定。

表 3-4 都道府県別人孔被害項目(埋め戻し部の液状化)

	鉄蓋 (個)	躯体 (個)	突出 (個)	沈下 (個)	管接合部 (個)	その他 (個)	項目別の 被害総数 (個)
岩手県	0	1	20	31	0	2	54
宮城県	31	710	1,390	153	265	0	2,549
福島県	13	313	250	44	208	2	830
茨城県	44	116	482	46	48	0	736
栃木県	0	4	4	0	4	0	12
千葉県	1	0	0	0	0	0	1
東京都	0	0	0	0	0	0	0
新潟県	0	0	0	0	0	0	0
合計	89	1,144	2,146	274	525	4	4,182
被害率*	2%	27%	51%	7%	13%	0%	100%

※被害率＝項目別被害数／項目別の被害総数

※アンケート結果では被害人孔総数のみ記載している自治体があることや、被害項目が重複している場合もあるため、被害項目別の合計値が人孔総数と一致しない。

「鉄蓋」: 鉄蓋のずれ

「躯体」: 躯体のずれ、ひび割れ

「突出」: 震災前の路面より浮き上がった状態

「沈下」: 震災前の路面より沈んだ状態

「管接合部」: 人孔と本管接合部の破損

(2) 周辺地盤の液状化による被害状況

1) 管きよ

都道府県別の管きよ被害状況を表 3-5 に示す。周辺地盤の液状化による被害は、被害総延長については、千葉県が最も多く (29.27km)、次いで茨城県 (16.58km)、宮城県 (10.49km) という結果となる。

路面異常、滞水、土砂堆積、本管破損等の被害箇所総数では、千葉県 (3,783 箇所) が最も多く、次いで宮城県 (684 箇所)、東京都 (610 箇所) という結果となる。埋め戻し部の液状化による被害が全くなかった東京都においても被害が多く発生している。

また、管きよの被害項目は、埋め戻し部の液状化による被害に見られた滞水及び路面異常のほか、本管破損や土砂堆積の被害が多く発生した。

周辺地盤の液状化による管きよの被害では、埋め戻し部の液状化に比べ、土砂堆積や本管破損の割合が増加する傾向があり、これは液状化範囲が布設時の埋め戻し範囲に限らないため、液状化により支持力が低下した地盤内での管きよの揺れ幅が大きくなり、管の破損につながったことが要因と想定される。

表 3-5 都道府県別管きよ被害 (周辺地盤の液状化)

	管きよ総延長 (km) a	被害総延長 (km) b	被害率 b/a × 100
岩手県	3,526	0.00	0.000%
宮城県	9,702	10.49	0.108%
福島県	5,110	1.05	0.021%
茨城県	9,509	16.58	0.174%
栃木県	266	0.00	0.000%
千葉県	8,510	29.27	0.344%
東京都	15,793	4.70	0.030%
新潟県	426	0.00	0.000%
合計	52,842	62.10	0.118%

※管きよ総延長＝管きよの被害があった自治体の管きよ延長の合計。

表 3-6 都道府県別管きよ被害項目 (周辺地盤の液状化)

	路面異常 (箇所)	滞水 (箇所)	土砂堆積 (箇所)	本管破損 (箇所)	被害箇所合計 (箇所)
岩手県	0	0	0	0	0
宮城県	342	342	0	0	684
福島県	46	37	0	8	91
茨城県	182	221	22	26	451
栃木県	0	0	0	0	0
千葉県	384	1,104	1,015	1,280	3,783
東京都	0	83	305	222	610
新潟県	0	0	0	0	0
合計	954	1,787	1,342	1,536	5,619

2) 人孔

人孔被害については、鉄蓋、躯体、突出、沈下、管接合部等の被害総人孔数が千葉県が最も多く(2,302箇所)、次いで宮城県(814箇所)、茨城県(341箇所)となる。人孔被害においても埋め戻し部の液状化の被害が全くなかった東京都での被害が多く発生している。

被害項目では、沈下が約46%、躯体が約22%、突出が約20%と多い。千葉県における人孔の沈下被害が突出しているが、これは、液状化により周辺地盤全体が沈下し、人孔も同様に沈下したことによるものが多く、震災後の状態としては、人孔の沈下が原因で交通障害となるものは少なかった。

また、アンケートにおいて人孔総数の記載があった自治体のみを抽出し、被害率の算定を行うと千葉県が最も高く9.86%、次いで宮城県0.40%、東京都0.39%となり、関東地方の被害が大きかったことがアンケート結果からも見て取れる。

周辺地盤の液状化による人孔の被害では、埋め戻し部の液状化と同様に人孔の突出や躯体が多いに加え、周辺地盤の変状に伴う人孔沈下の割合が増加する。

表 3-7 都道府県別人孔被害（周辺地盤の液状化）

	人孔総数 (個) a	被害総人孔数 (個) b	被害率 b/a × 100
岩手県	52,670	0	0.00%
宮城県	202,117	814	0.40%
福島県	83,362	15	0.02%
茨城県	164,272	341	0.21%
栃木県	6,698	0	0.00%
千葉県	23,349	2,302	9.86%
東京都	31,200	122	0.39%
新潟県	4,338	0	0.00%
合計	568,006	3,594	0.63%

*人孔総数の記載があった自治体のみで算定。

表 3-8 都道府県別人孔被害項目（周辺地盤の液状化）

	鉄蓋 (個)	躯体 (個)	突出 (個)	沈下 (個)	管接合部 (個)	その他 (個)	項目別の被害 総数 (個)
岩手県	0	0	0	0	0	0	0
宮城県	0	266	251	6	36	0	559
福島県	0	5	5	4	1	0	15
茨城県	0	20	199	23	45	0	287
栃木県	0	0	0	0	0	0	0
千葉県	44	262	159	1,375	232	0	2,072
東京都	0	111	0	0	11	0	122
新潟県	0	0	0	0	0	0	0
合計	44	664	614	1,408	325	0	3,055
被害率*	1%	22%	20%	46%	11%	0%	100%

※被害率＝被害状況各項目／項目別の被害総数

※アンケート結果では被害総人孔総数のみ記載している自治体があることや、被害項目が重複している場合もあるため、被害項目別の合計値が人孔総数と一致しない。

3) 人孔の被害事例検討（浦安市）

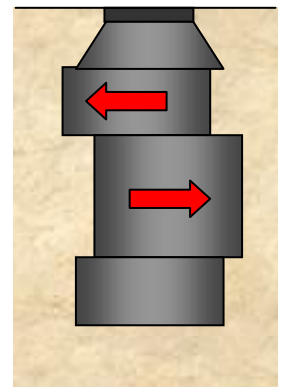
周辺地盤の液状化被害が顕著だった浦安市での人孔被害を調査した結果を以下に示す。

①地区別特徴

- 浦安市は、昭和 40 年代後半から 50 年代にかけて大規模な海浜埋立事業が行われている。そのなかで比較的古くに埋め立てられた今川地区や弁天地区で、人孔の躯体ズレや破損、滞水等の被害が多く発生した。一方、比較的新しく埋め立てられた海側の明海・日の出地区では、人孔の突出被害が多いのが特徴である。

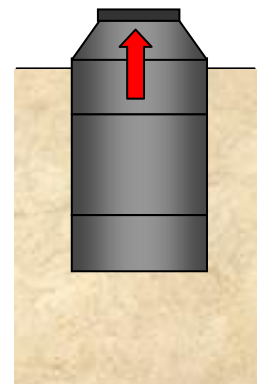
②人孔躯体のズレ被害

- 浦安市での被害は、これまでの新潟県中越地震などの被害と比較して、人孔躯体のズレ被害の発生頻度が高い傾向が見られる。これは本震により液状化が発生し支持力が低下した地盤に、再度余震による揺れが加わったことで、ズレ被害が増加したと想定される。また、特定の地域に集中して発生している傾向が見られる。
- ズレ被害の発生に関しては、布設年度による人孔形式の違いが考えられる。組立人孔と側塊ブロックの接合方法の違いがズレ被害の発生に大きく影響していると想定される。



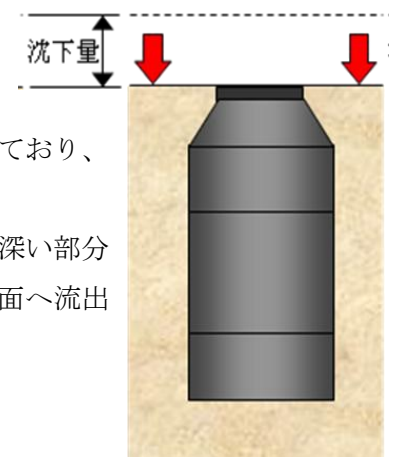
③人孔突出被害

- 新潟県中越地震などの被害より突出の発生頻度は少なく、突出量も少ない傾向が見られた。これは、液状化により発生した過剰間隙水圧が周辺地盤に消散され、人孔底部に加わる過剰水圧が小さくなった可能性が想定される。
- 人孔突出被害は、車道よりも歩道で多く発生している。
- 人孔の突出量とズレ被害には相関性が見られ、突出量の大きな人孔はズレ被害が起こっていない傾向が伺える。



④人孔沈下被害

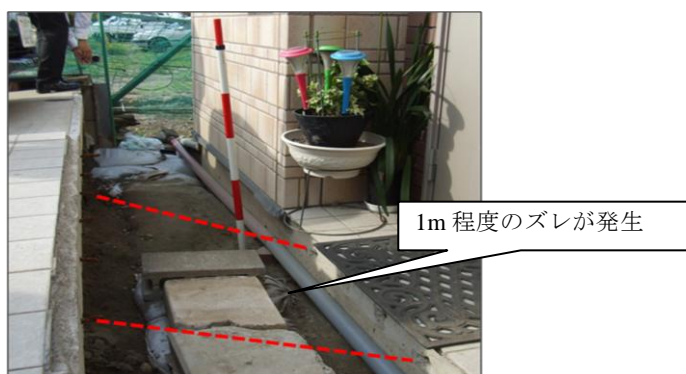
- 人孔沈下被害は、車道、歩道などの道路占用位置に関係なく発生しており、沈下量は震災後の地盤から最大で-11 c m、平均でも-5 c mである。
- 周辺の地盤と人孔が一緒にながった場所が多く、これは、人孔より深い部分に液状化層があり、人孔の基礎地盤部分の土砂も噴砂として道路表面へ流出したことが要因で沈下したと想定される。



(3) 側方流動を伴う周辺地盤の液状化による被害状況

稲敷市では、写真3-1のように利根川支流に面した住宅にて、側方流動にて住宅が1m近く移動し、住宅の玄関先に段差及び隙間が生じた（写①）。また、住宅裏手になる河川では、堤防が側方流動により川側へ移動し、崩壊している（写②）。

側方流動による堤防や住宅被害等は確認しているが、下水道施設の被害が、側方流動を伴う被害なのか否かは判別が難しく、今後再調査を行っていく。



写① 住宅先の段差、隙間



写② 堤防の崩壊

写真 3-1 液状化による側方流動被害状況（稲敷市）

(4) 液状化による被害のまとめ

下水道地震・津波対策技術検討委員会における第3次提言「東日本大震災で被害した下水道施設の本復旧のあり方」では、液状化被害が想定される管路施設の本復旧時に配慮すべき事項をとりまとめている。これらの事項と、ここまでに示した今回の液状化による被害傾向分析結果との関係性を整理したのが表3-9である。

表3-9 第3次提言で示された対策項目と被害傾向分析結果の関係性

今回の液状化による被災傾向分析結果 第3次提言で示された対策項目		埋め戻し部の液状化		周辺地盤の液状化		側方流動
		埋め戻し部の液状化による管渠の主たる被害は、路面の異常や滞水であり、過去の被災傾向と同様である。	埋め戻し部の液状化による人孔の主たる被害はマンホールの突出であり、過去の被災傾向と同様である。	周辺地盤の液状化による管渠の被害では、埋め戻し部の液状化に比べ、土砂堆積や本管破損の割合が増加する。	周辺地盤の液状化による人孔の被害では、埋め戻し部の液状化と同様にマンホールの突出が多いのに加え、特に沈下の割合が増加する。	今回の地震では、側方流動に伴う周辺地盤の液状化による管路被害も生じた。
計画上配慮すべき事項	管路ルート選定			○	○	○
設計上配慮すべき事項	埋戻し対策 ・埋戻し土の締固め ・砕石による埋戻し ・埋戻し土の固化	○	○	○	○	
	管きよ本体の対策 ・本管の材質変更			○		
	マンホール対策の対策 ・マンホールの浮上防止 ・マンホールの側塊ズレ防止		○		○	
	管きよ継手対策 マンホールと管きよ接続部等の対策 ・マンホール接続部の耐震継手 ・本管と取付管の接続部の耐震継手		○		○	
	管きよ接続部の対策 ・差込長さの延長と可とう性継手構造	○		○		

※上表には人孔の沈下に関する対策項目が示されていないが、今後、沈下要因を分析した上で、必要に応じて対策項目に加えるものである。

3.3 被害の比較

(1) 過去の地震被害との比較

1) 管きよの被害

ここでは、管きよの被害について整理する。過去の地震における管きよ被害を表3-10に示す。

過去の3地震における被害の上位は、順位こそ異なるが、路面異常または人孔滞水である。いずれも管きよの埋め戻し土の液状化が原因と考えられる。

表3-10 過去の地震における管きよ被害

地震名	平成16年 新潟県中越地震	平成19年 能登半島地震	平成19年 新潟県中越沖地震
被害の 順位	一位 路面異常 58% (5908箇所/10149箇所) 二位 人孔滞水 31% (3149箇所/10149箇所)	一位 路面異常 58% (954箇所/1643箇所) 二位 人孔滞水 27% (443箇所/1643箇所)	一位 人孔滞水 75% (4276箇所/5670箇所) 二位 路面異常 19% (1077箇所/5670箇所)
まとめ	被害の順位が異なるが、3地震とも埋め戻し土の液状化に起因する路面異常と人孔滞水が上位にあり、被害の傾向は同一である。		

(下水道地震対策技術検討委員会報告書 平成20年10月より)

今回の地震による管きよ被害を表3-11に示す。

過去と同様に、部分液状化では路面異常または人孔滞水の被害が多くを占めるが、周辺地盤の液状化被害（全面液状化）の影響で、土砂堆積や本管破損の被害が増加している。

表3-11 東日本大震災における管きよ被害

	路面異常 (箇所)		滞水 (箇所)		土砂堆積 (箇所)		本管破損 (箇所)		被害箇所合計 (箇所)
全面液状化	954	17%	1,787	32%	1,342	24%	1,536	27%	5,619
部分液状化	3,109	40%	3,920	51%	64	1%	592	8%	7,685
地震動	536	31%	729	43%	1	0%	447	26%	1,713
盛土の変状	1	17%	1	17%	0	0%	4	67%	6
津波	4	16%	2	9%	13	60%	3	14%	22
不明・その他	139	23%	282	47%	79	13%	97	16%	597
合計	4,743	30%	6,721	43%	1,499	10%	2,679	17%	15,642

2) 人孔の被害

ここでは、人孔の被害について整理する。過去の地震における人孔被害を表3-12に示す。新潟県中越地震及び能登半島地震では、被害の半数近くを突出が占めているが、新潟県中越沖地震では鉄蓋ズレが多く見られた他、人孔内の汚水滞水が多く確認された。

表3-12 過去の地震における人孔被害

地震名	平成16年 新潟県中越地震	平成19年 能登半島地震	平成19年 新潟県中越沖地震
被害の 順位	一位 突出 42% (1453箇所/3473箇所) 二位 躯体 17% (604箇所/3473箇所)	一位 突出 55% (325箇所/590箇所) 二位 躯体 14% (81箇所/590箇所)	一位 鉄蓋 45% (4512箇所/10109箇所) 二位 土砂汚水 36% (3602箇所/10109箇所)
まとめ	中越地震と能登半島地震ではマンホール被害のほぼ半分が突出であったが、中越沖地震では鉄蓋のズレが半分近くを占めた。		

(下水道地震対策技術検討委員会報告書 平成20年10月より)

今回の地震における人孔被害を、表3-13に示す

過去と同様に、人孔突出の被害が多くを占めるが、周辺地盤の液状化被害（全面液状化）の影響で、特に沈下の被害が増加している。

表3-13 東日本大震災における人孔被害

	鉄蓋 (個)		躯体 (個)		突出 (個)		沈下 (個)		管接合部 (個)		その他 (個)		項目別の 被害総数 (個)	被害総人孔数 (個)
全面液状化	44	1%	664	22%	614	20%	1,408	46%	325	11%	0	0%	3,055	3,594
部分液状化	89	2%	1,144	27%	2,146	51%	274	7%	525	13%	4	0%	4,182	4,979
地震動	32	1%	496	10%	389	8%	3,993	79%	141	3%	17	0%	5,068	4,875
盛土の変状	0	0%	1	20%	0	0%	4	80%	0	0%	0	0%	5	4
津波	43	59%	3	4%	0	0%	26	36%	0	0%	1	1%	73	72
不明・その他	2	0%	99	23%	115	27%	144	34%	62	15%	0	0%	422	366
合計	210	2%	2,407	19%	3,264	25%	5,849	46%	1,053	8%	22	0%	12,805	13,890

※アンケート結果では被害人孔総数のみ記載している自治体があることや、被害項目が重複している場合もあるため、被害項目別の合計値が人孔総数と一致しない。

(2) 埋め戻し部と周辺地盤の液状化の比較

図 3-3、図 3-4 に液状化被害による被害項目の内訳を示す。

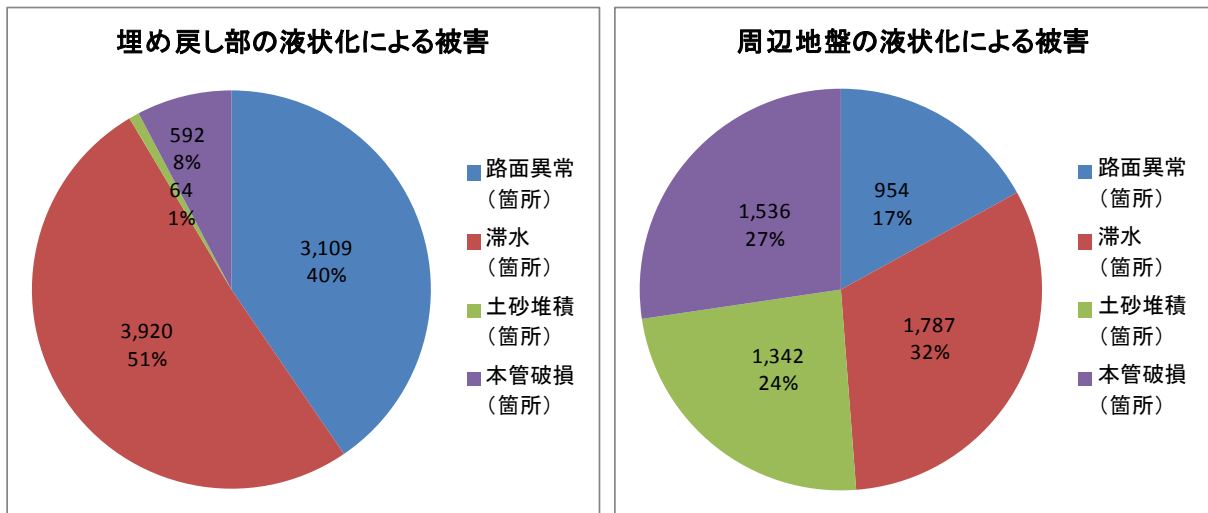


図 3-3 管きよ被害種別内訳

管きよにおける被害では、埋め戻し部の液状化では、路面異常、滞水が大半であるのに対し、周辺地盤の液状化では、本管破損や土砂堆積の比率が高くなる。

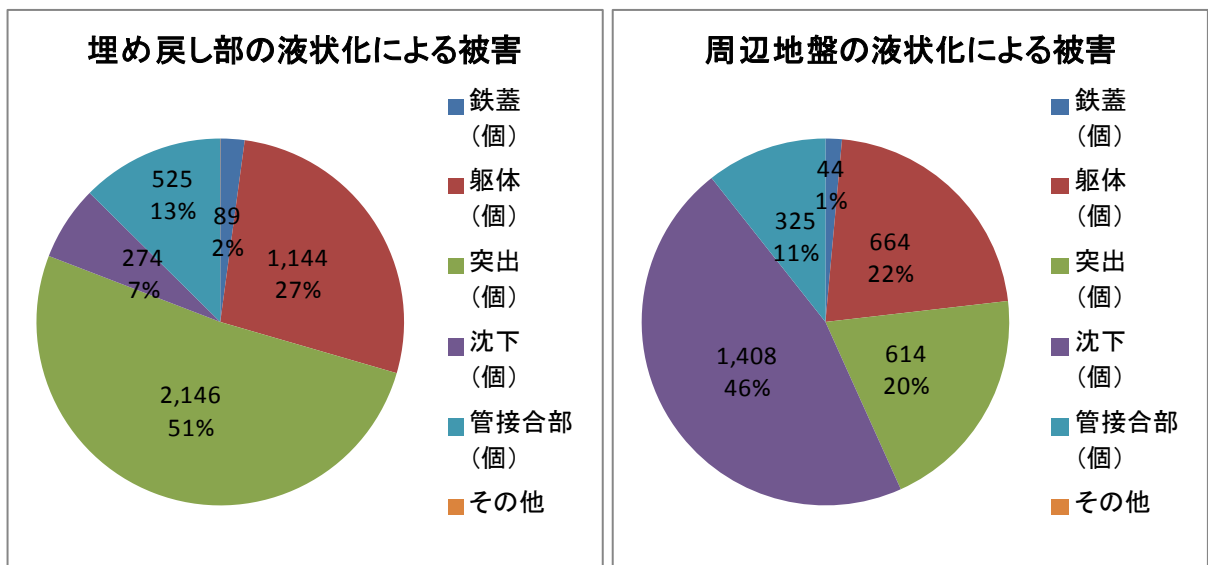


図 3-4 人孔被害種別内訳

人孔における被害では、埋め戻し部の液状化は、突出の割合がほぼ半数を占めているのに対し、周辺地盤の液状化では、沈下の被害が最も大きい。また、周辺地盤の液状化箇所では、管きよ、人孔内への大量の土砂流入が管きよの閉塞に繋がり、下水道の復旧の妨げとなったことが上げられる。埋め戻し部の液状化では、これらの事象は少なかった。

3.4 対策技術の検証

1) 埋め戻し土の液状化対策

表 3-14～15 各自治体の液状化対策の実施数量を示す（2011. 11. 16 時点アンケート結果）。

なお、ここでは、新潟県中越地震(2004 年)時に設置された下水道地震対策技術検討委員会より「管路施設の本復旧にあたっての技術的緊急提言」で発出された 3 工法において、以下に示すように適切に管理されている自治体を対象とする。

- ・ 砕石埋め戻し：地下水位以深を透水性の砕石で埋め戻す。
- ・ 固化対策：地下水位以深をセメント固化改良土で埋め戻す。
- ・ 埋め戻し土の締め固め：良質土で締め固め度 90%以上で管理。

①砕石埋め戻し

砕石埋め戻しによる対策済み路線は、栗原市のみで 0.09km であるのに対し、被害延長は約 0.02km (対策延長の 22.2%) となった。被害のあった路線では、人孔の突出と埋め戻し部の沈下が見られ、これは、砕石の材料間に空隙が生じているため、地下水の流入により、周辺地盤側から細粒分が入り周辺地盤に空隙が発生したことが要因と想定される。

表 3-14 砕石による埋め戻し対策の被害状況(km)

都道府県名	自治体名	対策延長	被害延長
宮城県	栗原市	0.09	0.02
合計		0.09	0.02

②埋め戻し土の固化

埋め戻し土の固化対策は、栗原市で 2.5km の採用があったが、被害延長は現在、調査中である。

③埋め戻し土の締め固め

埋め戻し土の締め固め対策は、宮城県及び福島県、栃木県、茨城県の4県10自治体で採用が確認でき、全体の対策延長455.2kmに対し、被害延長は44.6km（対策延長の9.8%）であった。

想定される被害要因としては、当初より締め固め度90%というスペックを満足していない可能性があり、狭隘な空間での作業、湧水による影響などが要因となり、締め固め強度の確保が難しく、十分な管理ができていなかったことが想定される。

表 3-15 埋め戻し土の締め固め対策の被害状況(km)

都道府県名	自治体名	対策延長	被害延長
宮城県	柴田町	-	8.27
宮城県	栗原市	31.00	12.00
宮城県	大河原市	127.00	18.00
宮城県	大衡村	23.50	0.80
福島県	桑折町	27.00	1.50
福島県	国見町	17.11	1.88
福島県	二本松町	122.50	0.70
福島県	西郷村	91.00	0.80
茨城県	鉾田市	13.70	0.60
栃木県	大田原町	2.40	0.10
合計		455.21	44.65

2) 人孔浮上抑制対策

表 3-16 各自治体の人孔浮上抑制工法の実施数量を示す（2011.11.16 時点アンケート結果）。

人孔浮上抑制工法による対策済み人孔は約 8,627 箇所であった。対策済み人孔のうち被害があった人孔は 0 箇所となっている。人孔浮上抑制対策では、液状化が発生した場所での設置数が少なく、現在調査中である。

表 3-16 人孔浮上抑制対策実施状況（箇所）

都道府県	自治体名	対策箇所	被害箇所
宮城県	七ヶ浜町	2	0
千葉県	船橋市	25	0
東京都	東京都区部	8,600	0
		8,627	0

4. 地震動に伴う広域的な地盤沈降による被害

4.1 概況

東北地方太平洋沖地震の地震動の影響で、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）。

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、20～94 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。

4.2 地盤沈降による下水道施設の被害

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。

直接的な被害としては、下水道管路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、大量の湧水の噴出等により、大量の水が下水道管路へ流入し、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。



写-4.1 石巻市内の人孔からの溢水



写-4.2 大槌町内の人孔滞水

表 4-1 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		
			管路	ポンプ場	処理場
岩手県	宮古市	33～50 cm			
	山田町	41～54 cm	被害なし	被害なし	被害なし
	大槌町	35 cm			
	釜石市	56～66 cm	浸入水、浸水 (市街地平地部、海岸沿岸部)	被害なし	被害なし
	大船渡市	60～76 cm	勾配不良、浸入水、 浸水	被害なし	被害なし
	陸前高田市	53～84 cm			
宮城県	石巻東部	～ cm			
	気仙沼市	65～74 cm			
	南三陸町	60～69 cm	勾配不良、浸入水、 浸水	海水の流入による 施設内水位の変動	被害なし
	石巻市	67～78 cm	勾配不良、浸入水、 浸水	雨水の自然排水困難	
	東松島市	38～47 cm			
	利府町	28 cm			
	亘理町	20～21 cm			
	岩沼市	47 cm			
	相馬市	23～29 cm	被害なし	被害なし	被害なし

※アンケート回収済みのみ反映

5. 個別事例の被害要因分析（現在、作業中）

下水道施設の被害要因を、①地震動による直接的な被害、②周辺地盤の液状化による被害（地盤沈下を含む）、③津波の衝撃による被害、④津波浸水による被害の4つの観点で分類した上で、各被害要因に関し、大規模で特徴的な被害を受けた下水道施設（管路、処理場・ポンプ場）の各代表例を対象に詳細な要因分析を行う。

（1）津波による下水道施設の被害要因分析

津波による壊滅的な被害を受けた2、3の処理場を対象に、処理場内の個別の構造物及び機械・設備等に分類した上で、被災の程度と浸水、波圧、漂流物の各種被害要因、施設配置や構造等との関係を詳細に分析する。

また、分析結果を基に、被災原因とこれに対する対応策を整理するとともに、対応策の実現性に関してケーススタディを実施する。

（2）液状化による下水道施設の被害要因分析

周辺地盤の液状化被害のうち、特徴的であった事例に着目し、管きょ属性情報（管種、管径、布設年度、土被り等）及び地質・地盤情報などを整理するとともに現地での詳細調査を実施し、被害のメカニズム解明及び被害要因の分析を行う。

（3）液状化対策技術の効果検証

東日本大震災の被災エリアには、事前に液状化対策が施工された管路施設（管きょ、マンホール）があることから、液状化対策施工済み施設に関して被災の有無を調査する。

調査対象は、管きょ埋め戻し工法、マンホール浮上防止対策工法、更生工法とし、対象施設周辺の被災状況や施工管理方法について情報収集し、一部の箇所において土質調査を実施する。