

東日本大震災における全面的な液状化被害の事例報告

平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震では、液状化現象が広範囲に渡って発生し、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（国土交通省技術調査課）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、東京湾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。<sup>\*1</sup> その中でも千葉県浦安市や千葉市等の東京湾沿岸部の海浜の埋立地域では下水道や道路、宅地を含めた周辺地域が全面的に液状化し、住宅、道路、護岸等様々な構造物に大きな被害をもたらした。近年発生した地震においてはここまでの被害は報告されておらず、今回の地震が未曾有の災害であることを物語っている。

また、浦安市が設置した液状化対策技術検討委員会でも、浦安市内の4分の3を占める海浜埋立地で液状化現象が発生し大きな被害をもたらしたとの報告がされている。

東日本大震災における全面的な液状化による下水道施設被害について浦安市の事例を中心に整理する。

\* 1) 国土交通省HP（「液状化対策技術検討会議」の検討成果について）

[http://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08\\_hh\\_000154.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08_hh_000154.html)

1. 全面的な液状化が発生した地域での地震動の特徴

1) 地震の特徴

平成23年3月11日14時46分頃、三陸沖を震源とするMw（モーメントマグニチュード）9.0の国内観測史上最大規模となる地震が発生した。また気象庁によれば地震発生後Mw 5.0以上の地震の回数が過去の地震に比べ圧倒的に多いと報告している。また図1に示すように余震の震源地は岩手県沖から茨城県沖にかけて発生しておりMw 7以上の地震も複数回発生している。

最大の余震は平成23年3月11日城県鉾田市では震度6強が観測

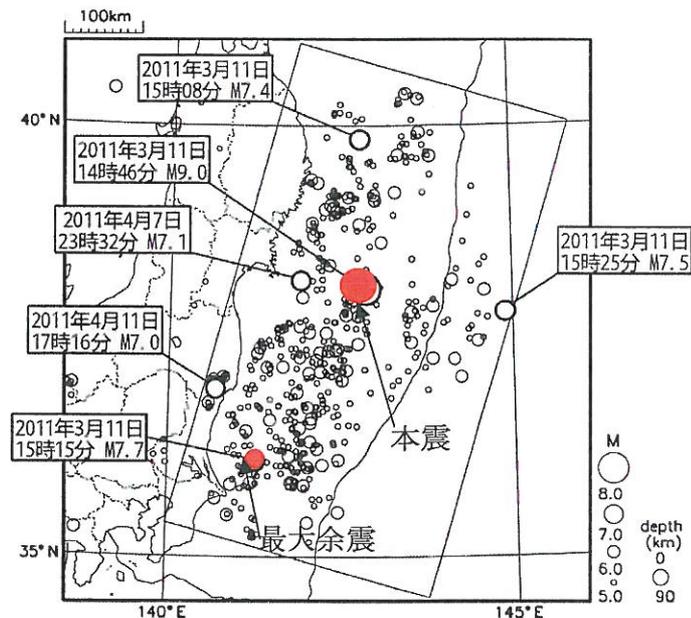


図1 本震及び余震の震央分布図<sup>\*2</sup>

\*2: 気象庁:「平成23年度【2011年】東北地方太平洋沖地震」について(第47報)

## 2) 関東地方周辺での地震動

東北地方太平洋沖地震の本震及び最大余震の際に観測された東京湾沿岸部及び利根川下流域の地震波形について、防災科学研究所KiK-net及びK-NETで観測された波形を取りまとめ、水平2成分について検討した。

対象とした観測点（図2）は、東京湾沿岸部としてK-NETの浦安（CHB008）及び千葉（CHB009）、利根川下流域としてK-NETの銚子（CHB005）及びKiK-netの波崎2（IBRH20）とした。また、各観測点の本震と最大余震の地表面での加速度波形を図3、4に示す。

本震について、東京湾沿岸部では各方向成分ごとの加速度が約120～180galである一方、利根川下流域の記録は170～220galと東京湾沿岸部に比べやや大きな値が観測された。

最大余震について、東京湾沿岸部では65～80galである一方、利根川下流域では160～300galと東京湾沿岸部の倍以上の値が観測された。

今後その他の地震記録も検討する必要があるが、利根川下流域で観測された地震記録から関東東部では、最大余震時の地震動が本震同等、もしくは本震以上のものであったと考えられる。一方で東京湾沿岸部の地震記録から、本震と比較し、余震時の地震動が約半分になっていることより、地震動が地質条件等により減衰した可能性が考えられる。

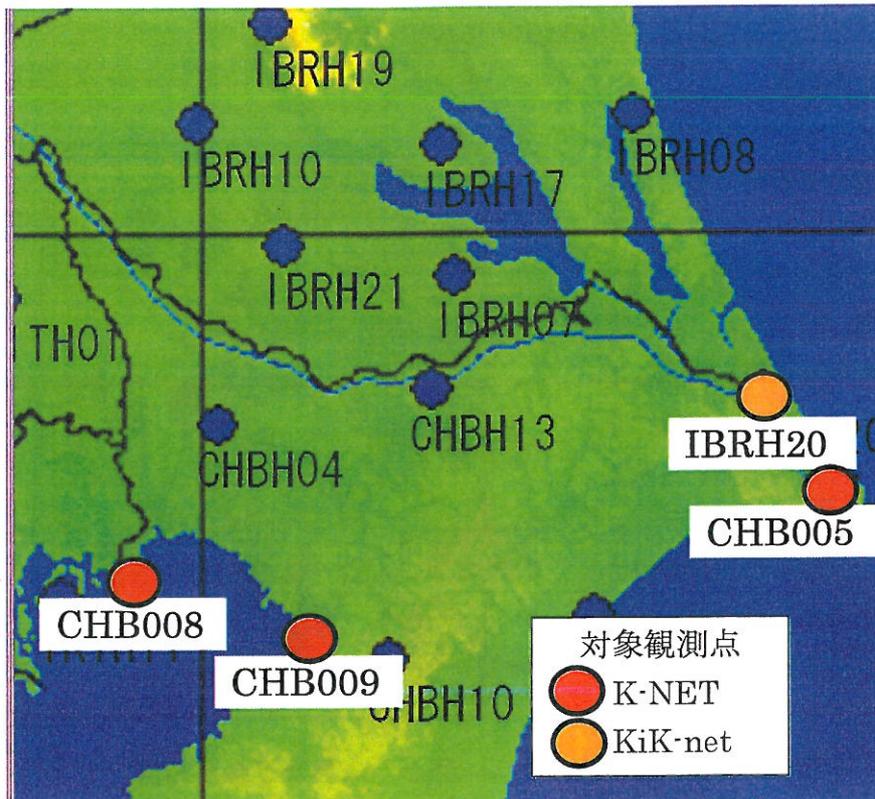
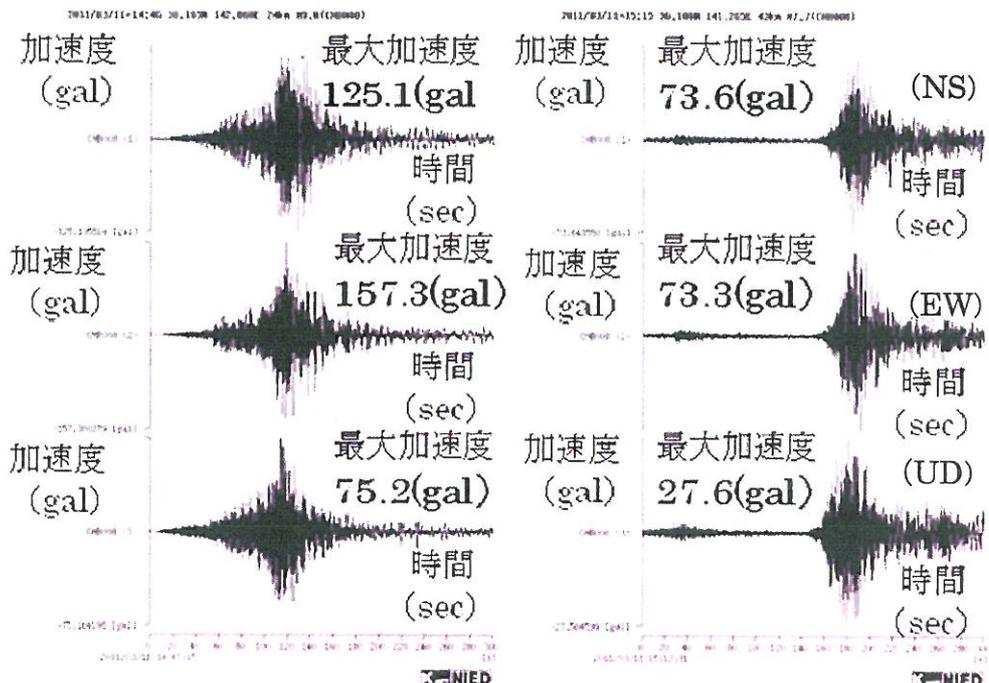
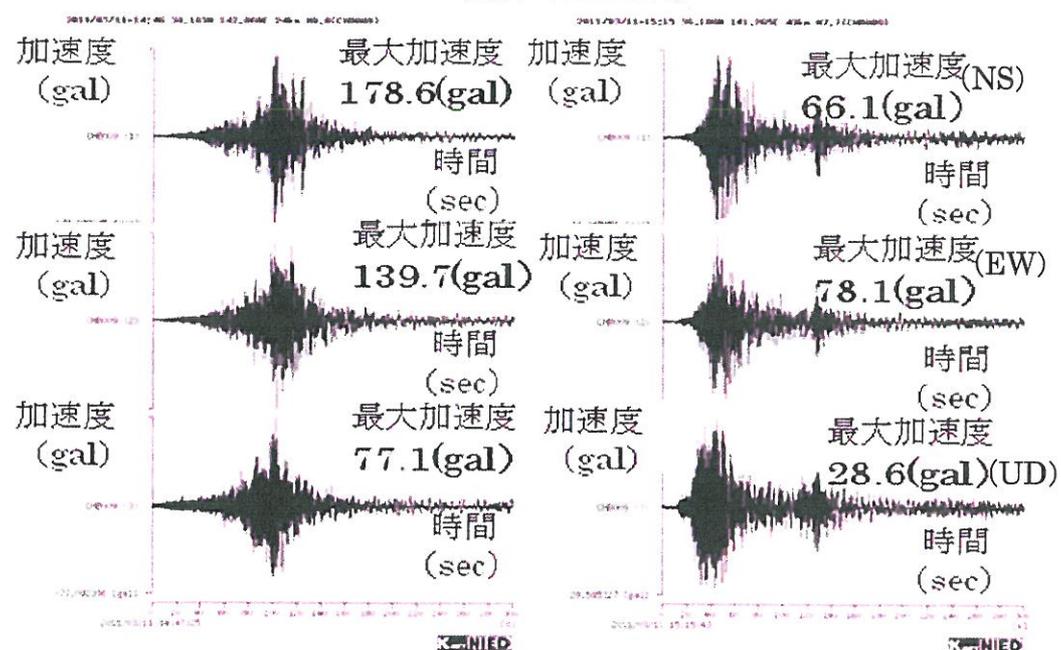


図2 対象の観測点位置\*3

\*3：防災科学研究所 HP：観測点地図（javascript:make\_map('0','0','all')）より



【本震】平成23年3月11日14時46分頃      【余震】平成23年3月11日15時15分頃  
**K-NET 浦安 (CHB008)**

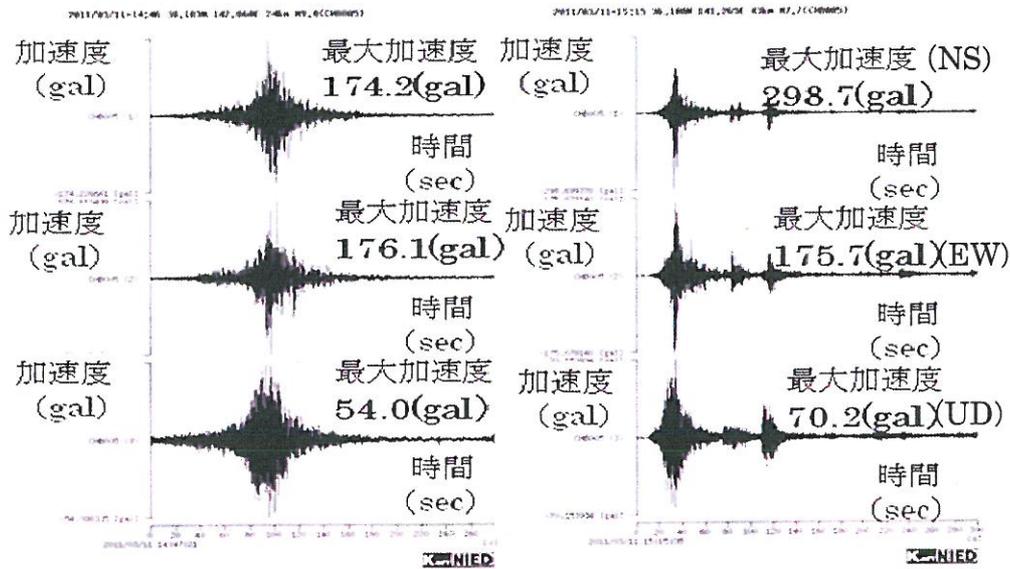


【本震】平成23年3月11日14時46分頃      【余震】平成23年3月11日15時15分頃  
**K-NET 千葉 (CHB009)**

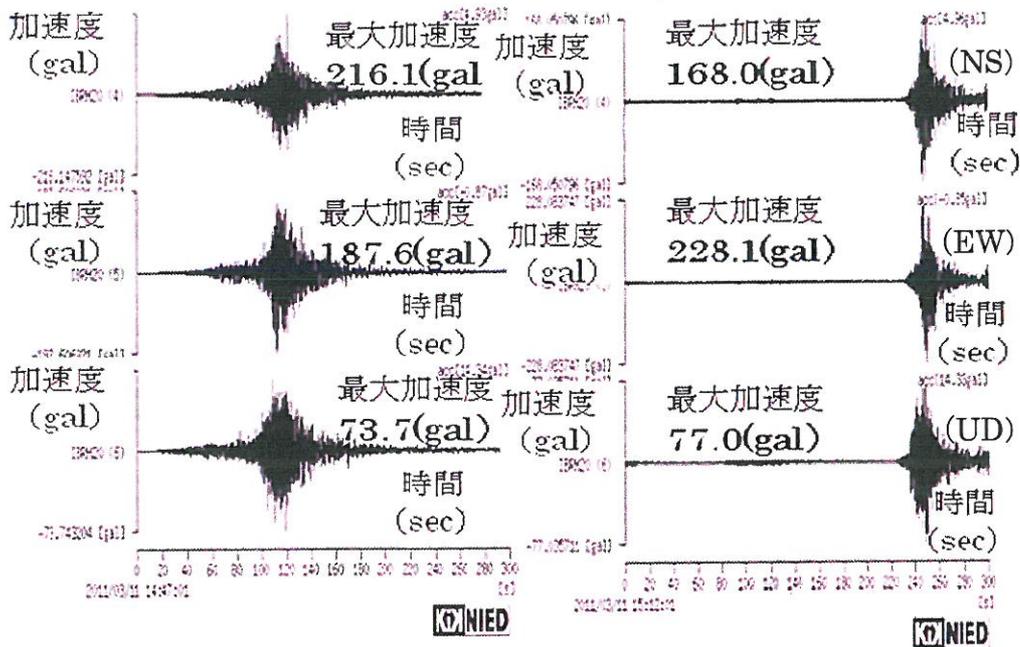
図3 東京湾沿岸部の地震動\*4

\*4: 防災科学研究所 HP: 観測点地図

(<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/pubdata/knet>) より



【本震】平成 23 年 3 月 11 日 14 時 46 分頃      【余震】平成 23 年 3 月 11 日 15 時 15 分頃  
K-NET 銚子 (CHB005)



KiK-net 波崎 2 (IBRH020)

【本震】平成 23 年 3 月 11 日 14 時 46 分頃      【余震】平成 23 年 3 月 11 日 15 時 15 分頃

図 4 利根川下流地域の地震動\*5

\*5: 防災科学研究所 HP: 観測点地図

(<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/pubdata/knet>) より

### 3)過去の地震動と関東地方で観測された地震動との比較

2)で対象とした地震動の中で一番大きい本震の加速度(波崎2)と過去の地震(新潟県中越地震、兵庫県南部地震)の加速度について比較を行った。

図5より過去の2地震よりも最大加速度は小さいが地震動の継続時間が長いことが特徴としてあげられる。

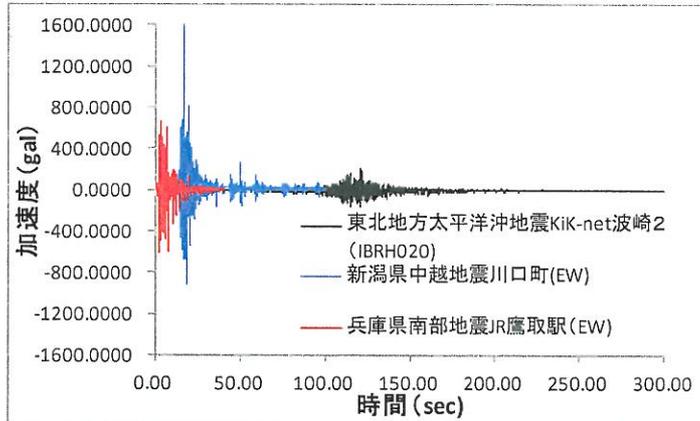


図5 今回の地震と過去の地震の最大加速度

### 4) 液状化現象の発生状況

図6の写真は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は本震から約2時間後のもので、歩道や車道で噴砂が見られ、土砂が堆積している。この他、数多く公表されている動画等を確認すると、本震直後から長い時間地下水位が上昇し続けたことが分かる。



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6 地震後の全面的液状化した地域の状況

### 5) 関東地方での地震動の特徴と液状化被害の関係

関東地方で観測された地震記録から、今回の地震動の大きさは過去に液状化が発生した地震の地震動に比べ小さいと考えられるが、本震の継続時間が長く、また、余震回数が多く、さらに余震時に本震を上回る地震動が発生している場所があった。

また、地震時に撮影された様々な映像から、液状化現象については、本震直後から数時間後まで噴水、噴砂の現象が継続したことが考えられる。

これらのことより、地震動が長い時間繰り返し発生し、液状化した地盤に余震による地震動が加えられたことで被害が拡大した可能性が考えられる。

## 2. 液状化現象による下水道施設の被災パターン

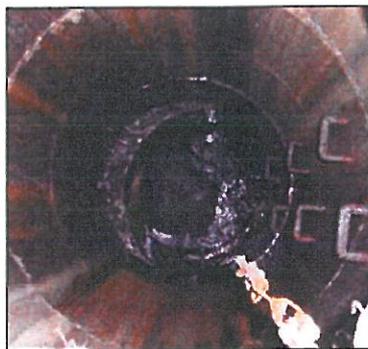
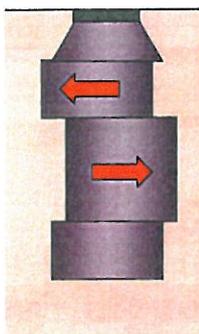
全面的な液状化現象が発生した地域では、従来の地震で報告されている埋め戻し土の液状化によるマンホールの突出被害に加え、周辺地盤の全面的な液状化による管きよの浮き上がりや大規模な地盤の変状による管きよの破断した、また、液状化の二次的被害とはなるが、管きよ内への大量の土砂流入による管閉塞等の被害がみられた。

次に代表的な被害事例を挙げる。

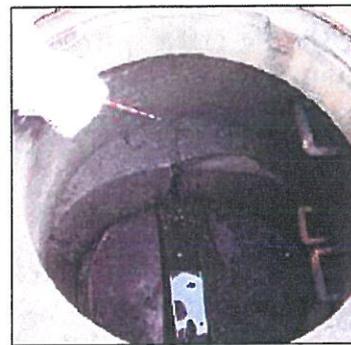
### 1) マンホールの被害事例

- 液状化による地盤支持力低下から、地震動や地盤流動などにより起こる被害事象

#### 【躯体ズレ】



浦安市



浦安市

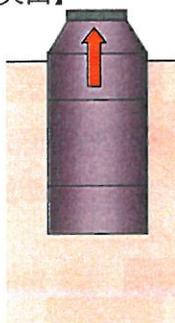
#### 【蓋枠ズレ】



千葉市

- 液状化による過剰間隙水圧上昇による被害事象

#### 【突出】



浦安市

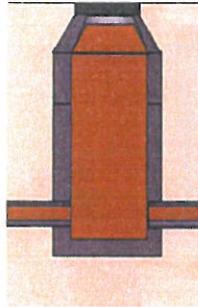


千葉市

(マンホールの周囲の地盤のみが沈下し、あたかもマンホールのみが浮上したかのように見える箇所もある)

●液状化による二次的被害事象

【土砂堆積】



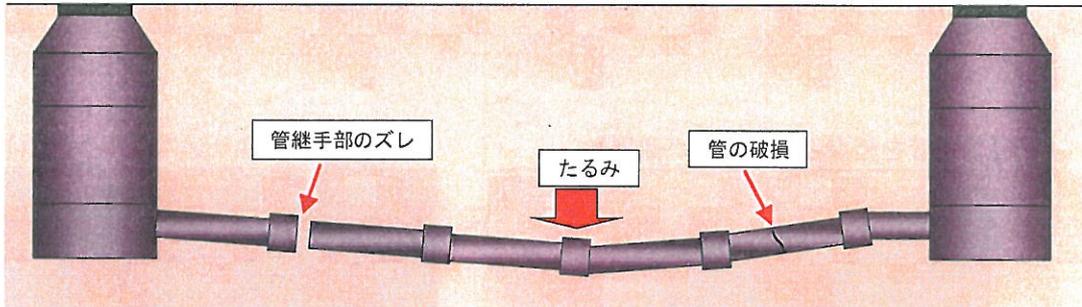
浦安市



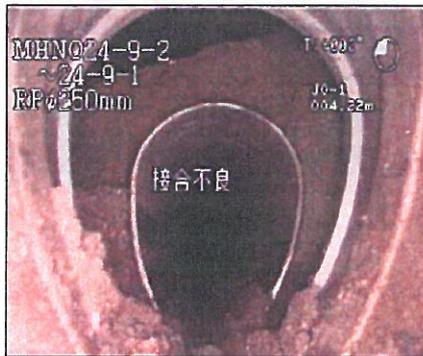
浦安市

2) 管きよの被害事例

●液状化による地盤支持力低下から、地震動や地盤流動などにより起こる被害事象



【継手ズレ (抜け)】



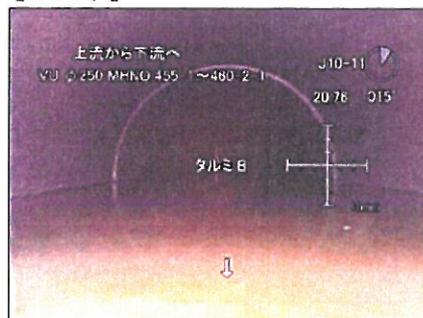
浦安市

【管の破損】



浦安市

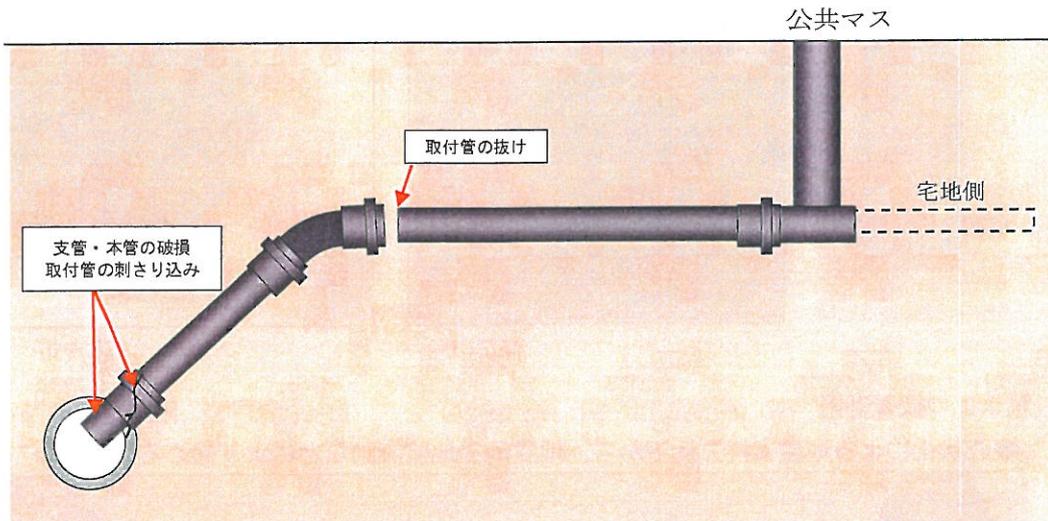
【たるみ】



浦安市

3) 取付管部の被害事例

- 液状化による地盤支持力低下から、地震動や地盤流動などにより起こる被害事象



【取付管を起点として本管が破損】



千葉市

【取付管の刺さり込みによる破損】



千葉市

【取付管部の抜け】



稲敷市

### 3. 浦安市での被害と過去の地震被害との比較

今回の地震によるマンホール及び管きよの被害について、市の4分の3を占める海浜埋立地で液状化現象が発生した千葉県浦安市での被害事例と、過去の3地震（新潟県中越地震、能登半島地震、新潟県中越沖地震）の被害との比較を行う。

なお、ここで用いるデータは、今回地震の被害としては『浦安市液状化対策技術検討調査委員会』でまとめられた報告資料を、過去の地震による被害データは、「下水道地震対策技術検討委員会報告書 平成20年10月」の資料を用いる。

#### 1) マンホールの被害

ここでは、マンホールの被害について整理する。過去の地震におけるマンホール被害を表-1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、マンホール内の汚水滞水が多く確認された。

表-1 過去の地震におけるマンホール被害

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

今回の地震で全面的液状化が確認された浦安市におけるマンホール被害を、表-2に示す。

浦安市では、マンホールの突出も確認されているが、躯体のズレ及び破損の割合が高い。また、液状化した土砂がマンホール内に大量に流入し閉塞する箇所が約4000箇所確認された。

表-2 東北地方太平洋沖地震による浦安市でのマンホール被害

		平成23年 東日本大震災		
マン ホ ー ル 被 害	一位 破損・クラック	(167箇所/475箇所)	35.2%	(被害項目箇所数/被害マンホール数)
		(167箇所/6216箇所)	2.7%	(被害項目箇所数/マンホール総数)
	二位 躯体ズレ	(114箇所/475箇所)	24.0%	被害マンホール数
		(114箇所/6216箇所)	1.8%	475箇所
	三位 突出	(112箇所/475箇所)	23.6%	マンホール総数
	(112箇所/6216箇所)	1.8%	6216箇所	
	土砂流入	(3868箇所/6216箇所)	62.2%	浦安市液状化対策技術検討調査 委員会 資料より

### 3) 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 過去の地震におけるマンホール被害

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

今回の地震による浦安市の管きよ被害を表-4に示す。

たるみが顕著に発生するほか、過去の地震ではあまり見られない継手ズレや破損・クラックが多く確認されている。単なる浮力だけでなく、継手ズレや破損・クラックを発生させる大きな横方向の変位が加わった可能性がある（今後、詳細に調査する）。

表-4 東北地方太平洋沖地震による浦安市でのマンホール被害

		平成23年 東日本大震災	
管渠 被害	一位 たるみ・蛇行 (18.5km/23.7km) (18.5km/212.2km)	78.1%	(被害項目延長/被害管路延長)
	二位 継手ズレ (11.5km/23.7km) (11.5km/212.2km)	48.5%	被害管路延長 23.7km
	三位 破損・クラック (8.2km/23.7km) (8.2km/212.2km)	34.6%	総管路延長 212.2km
	土砂流入 (127.2km/212.2km)	59.9%	
			8.7%

浦安市液状化対策技術検討調査委員会 資料より

#### 4. 浦安市での被害のまとめ

今回の地震による浦安市の管きょ・マンホール被害をまとめると、以下の通りとなる。

- マンホールの被害は、突出より、躯体の破損やズレの被害が特徴的であった。
- 管きょは、たるみの被害が多い他、過去の地震では報告例の少ない、継手ズレや破損・クラックといった大きな損傷が見られた。
- 管きょ及びマンホール内に土砂が大量に流入し固まり閉塞した。土砂撤去が困難であり、長期間の下水道使用制限に繋がった。
- 土砂流入は、管きょ・マンホール・ます・取付管の継手損傷部からの流入に加え、宅内排水設備管からも流入したと考えられる。
- 管きょ内への土砂の流入量は、過去の地震時より多い傾向にある。  
(過去の地震報告書では、マンホール蓋部分まで堆積した様子は無かった。)

#### 5. 今後の進め方

今回の地震による下水道施設被害を被災要因別にまとめ(全面的液状化、埋め戻し土液状化、盛土の変状)、現状の液状化対策の有効性と全面的液状化対策の検討に繋げていく。

##### 1) 今回の地震被害をアンケート調査により取りまとめる。(回収期限10月20日)

【被害データの要因別集計 (アンケートにて調査)】

- 全面的液状化の被害の特徴
- 埋め戻し土液状化の被害の特徴
- 盛土の変状被害の特徴

過去の地震との被害傾向の比較を行う

##### 2) 現状の液状化対策の有効性を確認する。

- ・ アンケート調査結果より、対象自治体へヒヤリング実施
- ・ 特質的事例箇所へのヒヤリング実施
- ・ 液状化対策実施路線での被害状況確認
- ・ 復旧工事時の現地調査実施

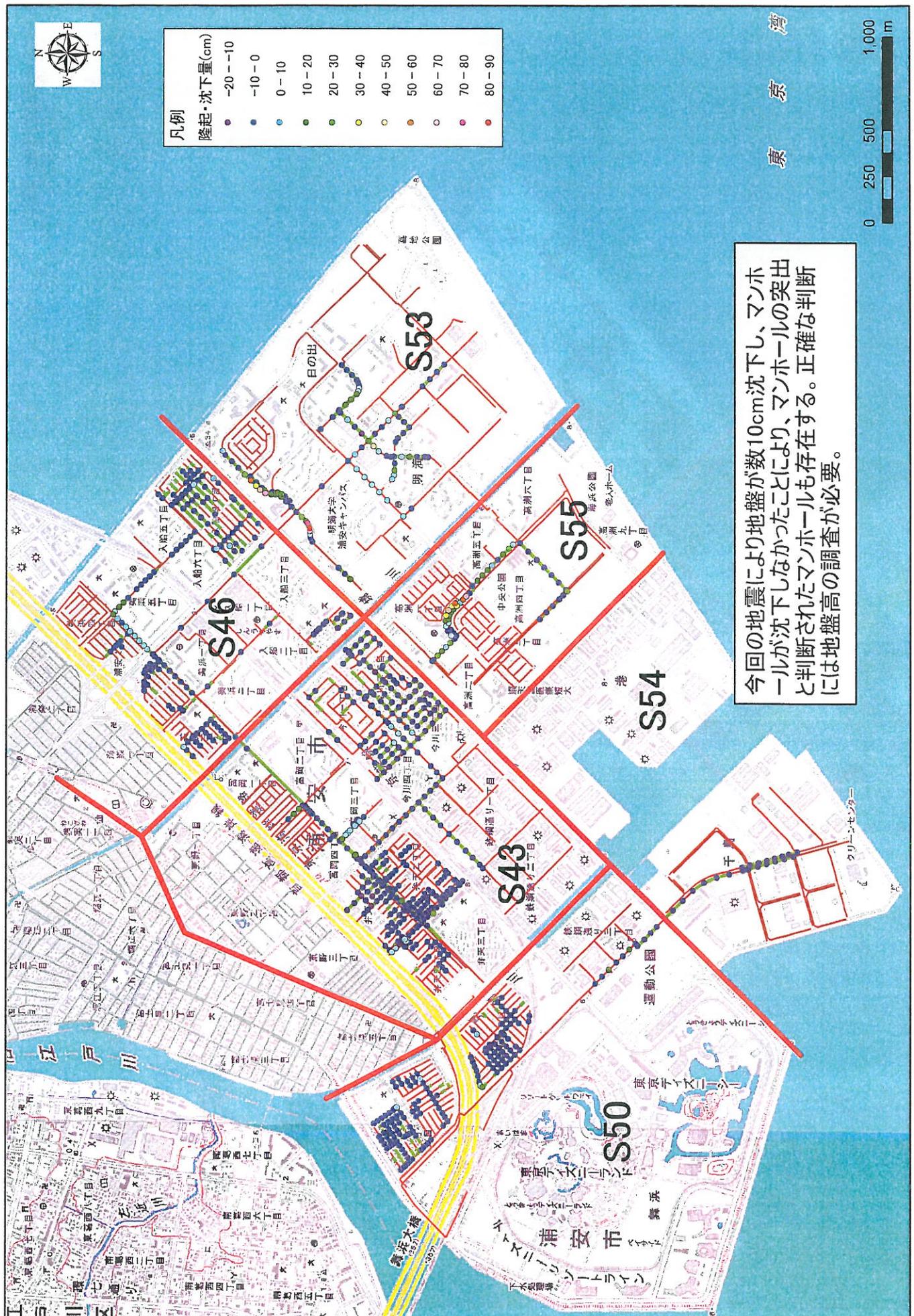
##### 3) 全面的な液状化地区での被害傾向(浦安市)

- ・ マンホール浮上、ズレ被害が集中した地区の詳細調査
- ・ 管きょ被害が集中した地区の詳細調査
- ・ 土質、土被り、液状化分布との被害状況把握

## 調査事例

- 1) マンホール突出被害マップ
- 2) マンホール躯体ズレ(全体)被害マップ
- 3) マンホール躯体ズレ(蓋・調整コンクリート)被害マップ
- 4) マンホール躯体ズレ(斜壁・直壁・躯体・底盤)被害マップ

# マンホール突出被害マップ



今回の地震により地盤が数10cm沈下し、マンホールが沈下しなかったことにより、マンホールの突出と判断されたマンホールも存在する。正確な判断には地盤高の調査が必要。

# マンホール躯体ズレ(全体)被害マップ





# マンホール躯体ズレ(斜壁・直壁・躯体・底盤)被害マップ

