

土木学会東日本大震災被害調査団  
緊急地震被害調査報告書

## 第 10 章 水道施設の被害

執筆担当

鍬田 泰子（神戸大学）

片桐 信（摂南大学）

## 10. 水道施設の被害

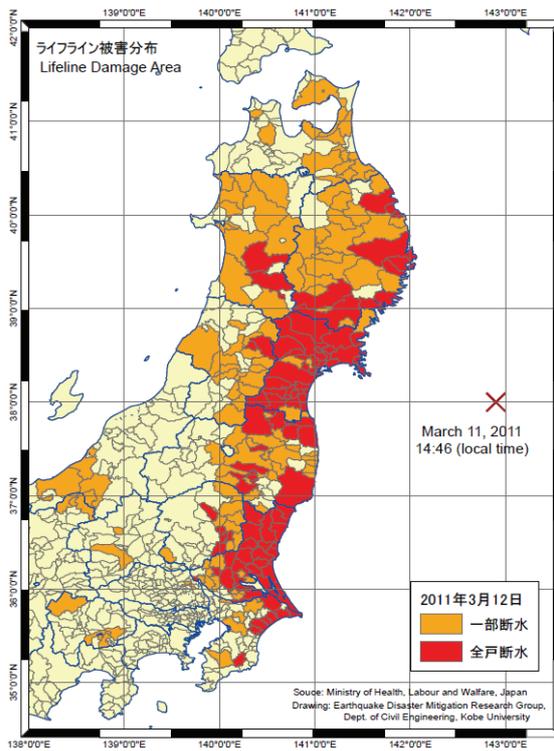
### 10.1 水道施設報告の概要

本報告は、地震被害の現地調査に基づいて宮城県・茨城県・千葉県における太平洋沿岸の水道事業体の施設・管路被害の特徴を整理したものである。報告対象地域への調査時にはまだ断水期間中の市町もあり、被害箇所や件数などの詳細はまだ明らかになっていないが、水道事業体の方々からの情報提供に基づき、水道施設や管路の被害が集中した地域や周辺の地震被害の様子を中心に報告する。調査対象地域は被災地域の一部であり、津波で町の大部分が浸水した岩手県・宮城県・福島県の沿岸地域や岩手県、福島県の内陸の被害は含まれていない。

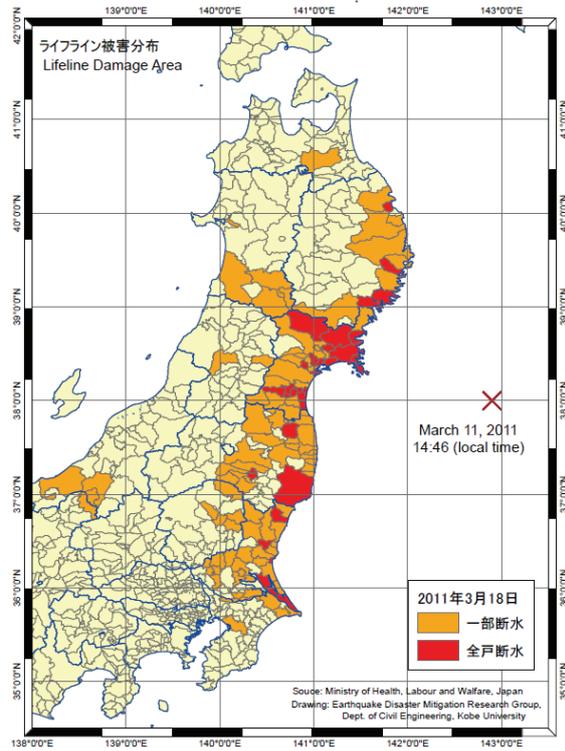
### 10.2 断水地域の概要

東北地方太平洋沖地震ならびその後の長野県や新潟県で発生した地震を受けて、水道施設が地震や津波の被害を受けて、日本全国で最大約170万戸、187市町村（3月25日）で断水の影響が生じた（厚生労働省の報告<sup>1)</sup>に基づく）。図10.2-1は厚生労働省の断水情報に基づいて全戸断水、一部断水の市町村の分布を示したものである。気象庁の震度分布<sup>2)</sup>と比較すると、震度5弱以上の市町村では何らかの断水被害が発生している。また、本地震被害の特徴として、1ヶ月近く経過すると津波で被災した沿岸部の市町村を除き、内陸の市町村では通水する傾向があるが、4月以降の余震によって再び断水になる市町村も発生している。

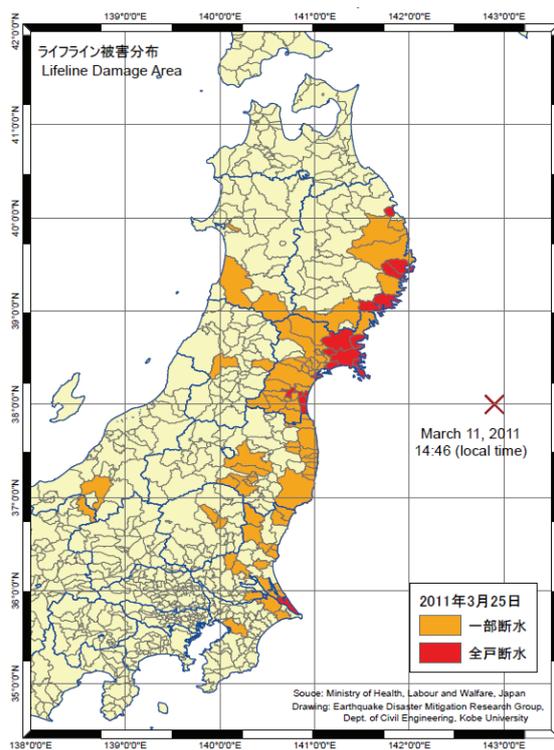
図10.2-2、図10.2-3は厚生労働省の報告資料に基づき、被災市町村の断水解消過程を示したものである。宮城県内では地震後2週間はほとんど通水していないことがわかる。しかし、それ以降は急激に断水が解消する地域と、徐々に解消する地域に分かれる。前者については、配水管の被害が少なく、ボトルネックになる基幹施設が復旧することですぐに解消したものと考えられる。一方、後者では基幹施設の復旧だけでなく、配水管にも被害が出ているものと考えられる。福島や茨城、千葉県では、地震後2、3日の停電の影響が未復旧率にも現れており、地震後1週間近くで断水人口が半減している。しかし、茨城県神栖市や岩手県釜石市などで復旧が遅れている地域もあり、いわき市については、4月以降の余震で再び断水していることが分かる。



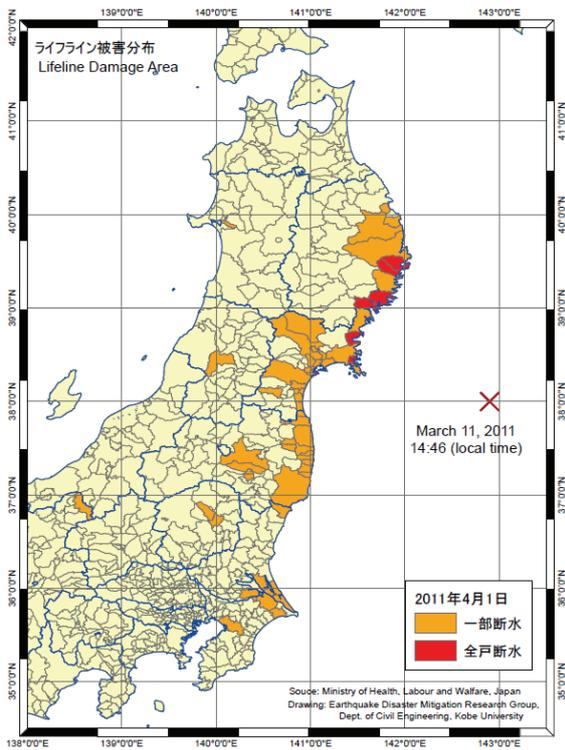
(a) 地震から1日後 (3月12日)



(b) 地震から1週間 (3月18日)

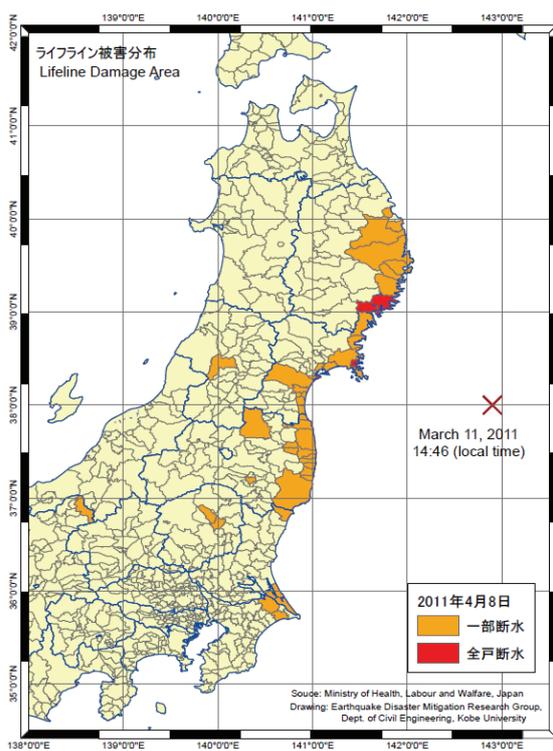


(c) 地震から2週間後 (3月25日)

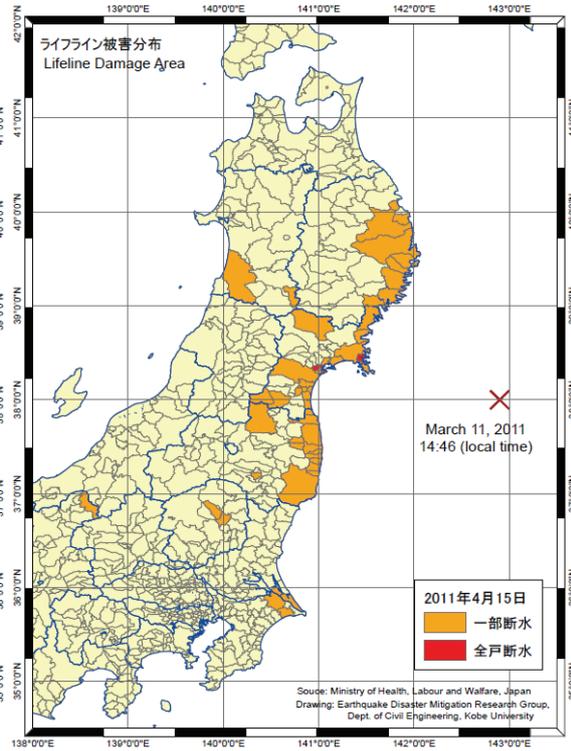


(d) 地震から3週間後 (4月1日)

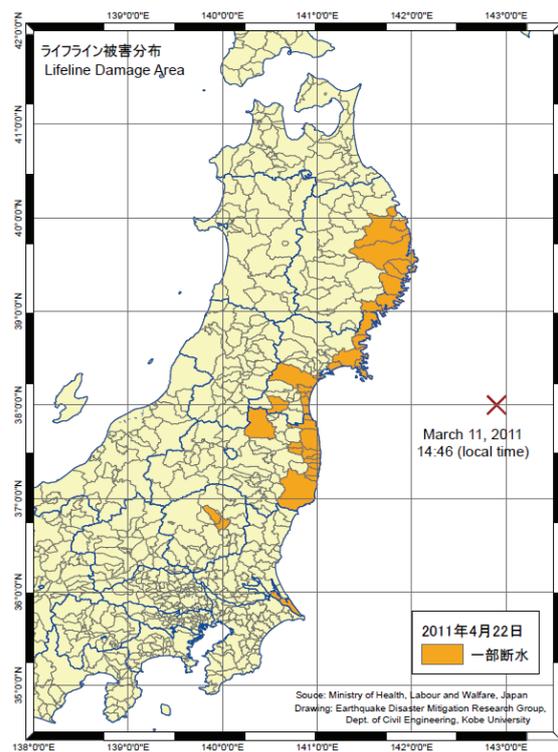
図 10.2-1 地震後の市町村の断水分布  
(厚生労働省の発表資料<sup>1)</sup>に基づき神戸大学で作図)



(e) 地震から4週間後(4月8日)



(d) 地震から5週間後(4月15日)



(g) 地震から6週間後(4月22日)

図 10.2-1 地震後の市町村の断水分布 (続き)  
(厚生労働省の発表資料<sup>1)</sup>に基づき神戸大学で作図)

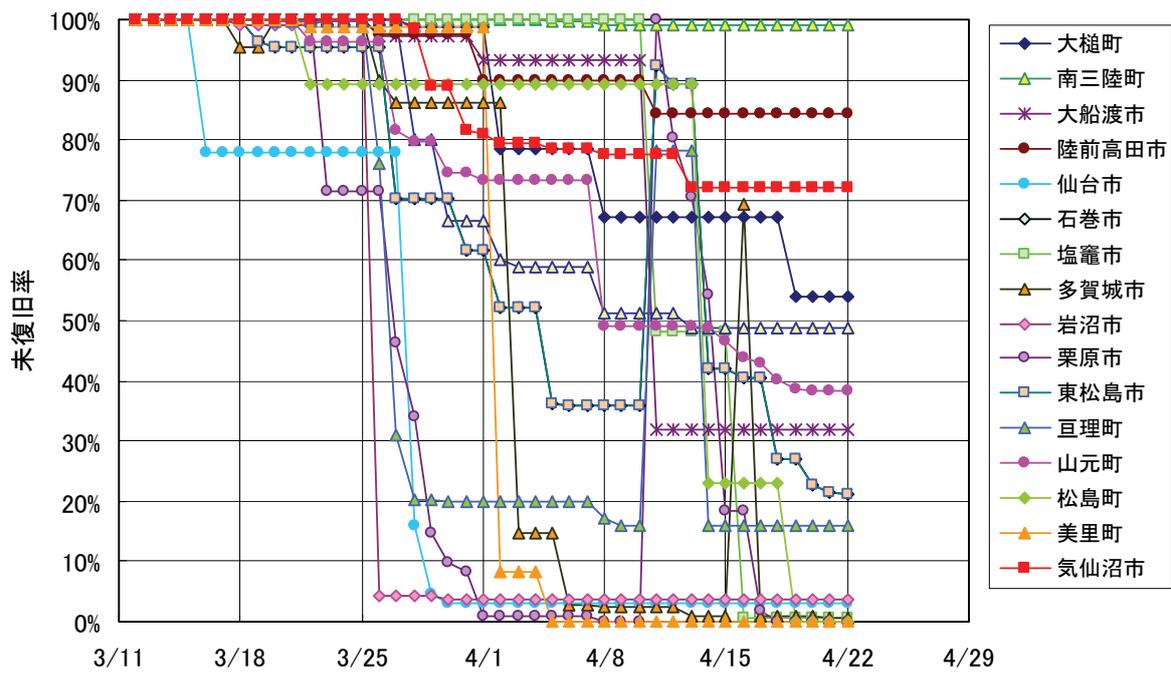


図 10.2-2 宮城県内の断水解消過程（厚生労働省の資料に基づく）

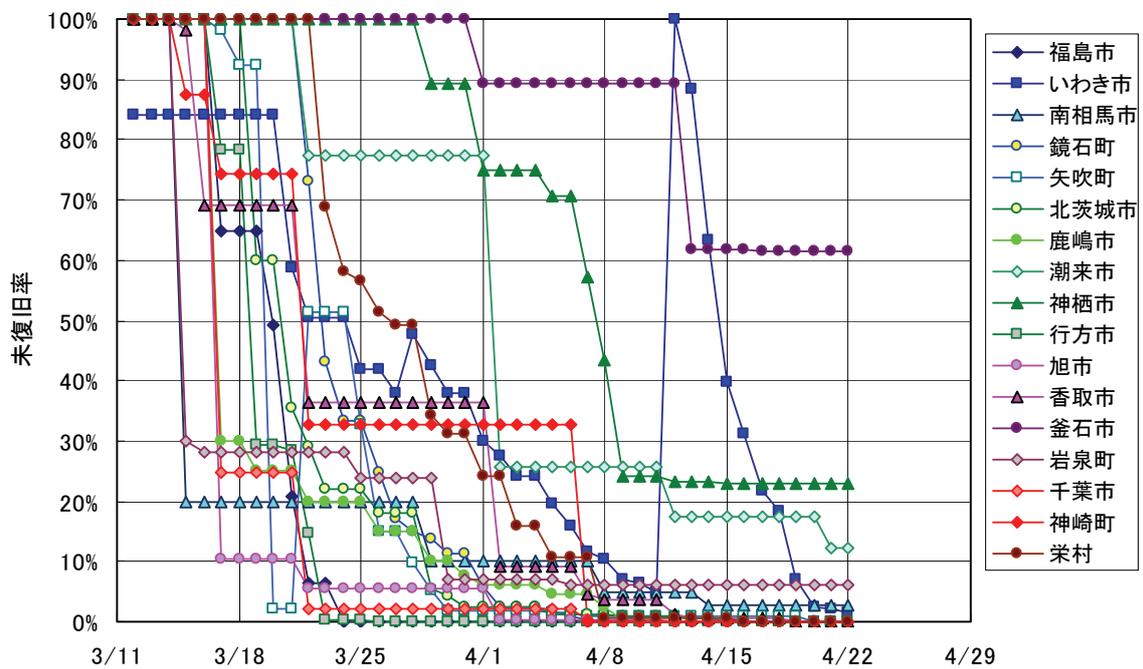


図 10.2-3 宮城県外の被災地の断水解消過程（厚生労働省の資料に基づく）

### 10.3 宮城県の用水供給送水管路の被害

#### 10.3.1 仙南・仙塩広域水道

仙南・仙塩広域水道<sup>3)</sup>は、宮城県南西部の白石市にある南部山浄水場から自然流下方式で宮城県中央部～南部一帯の17市町に水道用水を供給している。水源は七ヶ宿ダムのダム取水と白石川の河道取水による水であり、それらは南部山浄水場へ導水される。南部浄水場からの送水は図10.3-1に示すように2系統の幹線（高区系幹線と低区系幹線）に分かれる。供給対象地域の北部へ供給している高区系幹線により送水している市町（3市6町）は、仙台市・塩竈市・多賀城市・蔵王町・村田町・松島町・七ヶ浜町・利府町・富谷町であり、低区系幹線により送水している市町名（4市4町）は白石市・名取市・角田市・岩沼市・大河原町・柴田町・亶理町・山元町である。送水管延長は高区系幹線で約80km、低区系幹線で40kmになる。計画給水量は553,000m<sup>3</sup>/日である。この内、6割の給水量は仙台市に供給されている。

仙南・仙塩広域水道の本震での浄水施設やダムの大きな被害は報告されていない。送水供給が停止した要因の一つは、南部山浄水場から約3.5km下流にある東北自動車道白石IC周辺の高区系幹線の管路被害である。低区系幹線の上流側受水地点への送水が完了したのは白石内田前の3月15日であり、地震から4日後のことである。一方、高区系幹線の上流側受水地点の送水完了は村田町の村田西原での受水で3月21日である。地震後の停電の他、大口径管路の復旧や大口径送水管路への充水に10日を要した。



図 10.3-1 仙南・仙塩広域水道の送水管網図 (HPに基づき作図)

### 1) 白石 IC 横 送水管 SPφ2400

写真 10.3-1 は送水管 SPφ2400 の被害箇所を示している。曲がり部をもつ河川伏せ越し管路のコンクリート巻きたて部分の両側周辺の管路が復旧工事のため露出している。コンクリート巻きたて部分と上流側の露出部分との間は約 12.5m あり、その間に 2 箇所の可撓継手が設置されていた。復旧後の管中心は下流側に向かって水平に約 70cm 左へ、鉛直方向に約 10cm 上へ変位していることが分かる（写真 10.3-2、写真 10.3-3）。宮城県企業局<sup>3)</sup>の管路被害の写真によると可撓継手の 2 箇所で回転による抜けが生じている。しかし、周辺の高速度道路の盛土や高速度道路路面には地震による亀裂やすべりは確認できなかった。伏せ越し部の下流側の管路も上流側と同じようにコ



写真 10.3-1 東北自動車道白石 IC 近くの送水管被害箇所  
(2011 年 3 月 28 日時点、Google earth より衛星写真を引用)



写真 10.3-2 伏せ越し上流側の管路のずれ  
(復旧後)



写真 10.3-3 伏せ越し上流側の管路 (復旧後)



写真 10.3-4 伏せ越しコンクリート巻きたて部

写真 10.3-5 伏せ越し下流側の復旧後の様子

ンクリートの固定部の間に可撓性継手が入っており、宮城県企業局<sup>3)</sup>の管路被害の写真によると下流側の継手では引張りによる抜けが生じていた(写真 10.3-4, 写真 10.3-5)。伏せ越しコンクリート帯が河川の右岸側に移動したものと考えられる。下流側の管路は調査時点(4月9日)で上に土が盛られており復旧状況は確認できなかった。4月7日の余震では被害はなかった。

## 2) 白石バイパス横断 送水管 SPφ1200

低区系幹線では、本震の時に岩沼市でφ800の送水管に2,3箇所被害が出たと報告されている。4月7日の余震では、南部山浄水場から上流側受水点の白石内田前への分岐を越えた低区系幹線 SPφ1200の継手から漏水が発生した(写真 10.3-6)。漏水箇所は国道4号線白石バイパスを横断する手前で管路両端がコンクリートで巻き立てた固定部になる。写真からも明らかなように継手を押し輪で固定するリングの幅約20cmの変位が出ている。しかし、周辺の歩道路面は写真 10.3-7に示すように両側とも顕著な亀裂や沈下は見られなかった。写真 10.3-8の3月28日の衛星写真(Google earthより)では被災箇所の区間の道路路面に多くの砂が覆われており、液状化が発生した跡のように見える。管路上の車道路面だけ沈下したものと考えられる。



写真 10.3-6 低区幹線 SPφ1200 の漏水箇所

写真 10.3-7 SPφ1200 の漏水箇所周辺の様子

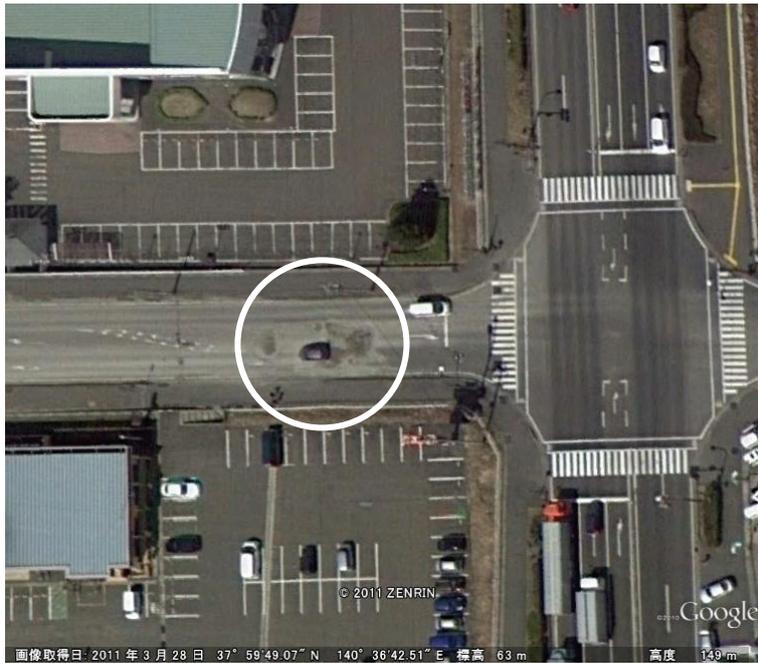


写真 10.3-8 SPφ1200の漏水箇所周辺の様子（3月28日のGoogle earthより引用）

### 10.3.2 大崎広域水道

大崎広域水道<sup>4)</sup>は、漆沢ダムを水源とする麓山浄水場、南川ダムを水源とする中峰浄水場の2つの浄水場から大崎市、松島町など10市町村へ1日最大120,000m<sup>3</sup>の水道用水を供給している(図10.3-2)。漆沢ダム系は昭和55年から、南川ダム系は平成7年から給水を開始し、計画給水人口は31.8万人である。

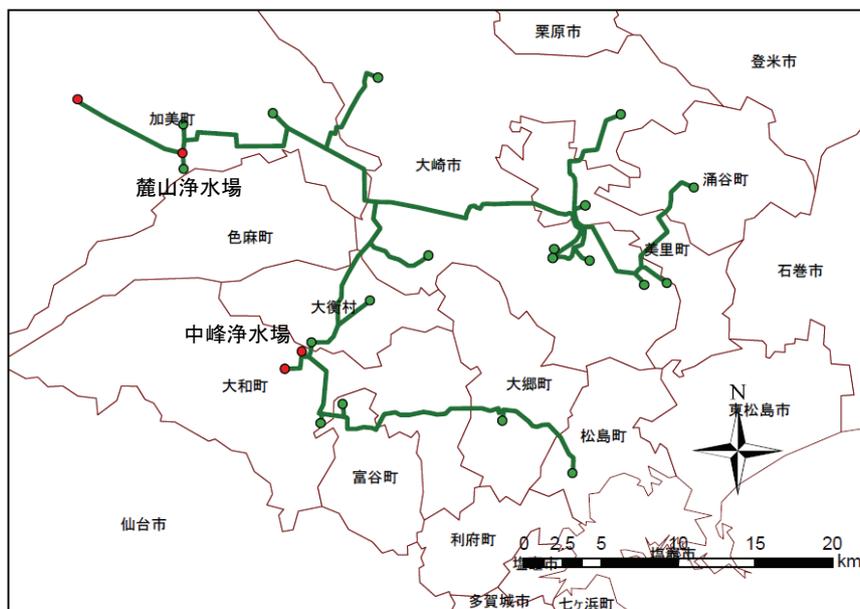


図 10.3-2 大崎広域水道の送水管網図（パンフレットに基づき作図）

本報告で紹介するのは漆沢系幹線の管路被害である。本震では大崎市内の水管橋 3 箇所と地中送水管  $\phi 900$  の 1 箇所の被害があった。写真 10.3-9 は漆沢系の大崎市を通って松山第二調整池に送水されるまでの送水管の被害であり、新江合川を横断する水管橋である。新江合川左岸で河川盛土の被害が見られた。

#### 1) 北屋敷水管橋 SP $\phi 500$

写真 10.3-10 は、同じく漆沢系幹線の送水管で渋川を横断する北屋敷水管橋である。左岸側の P5 橋脚（送水上流からみて）の下部では、堤体ブロックとの間に上下方向に 5cm 程度の変位が生じていた（写真 10.3-11）。P5 橋脚の上部では橋台コンクリートに亀裂が見られ、リンクサポートが時計方向に回転している（写真 10.3-12）。写真は 4 月 7 日の余震後に撮影したものであるが、本震の応急復旧で支承が固定されている。



写真 10.3-9 新江合川の 5 径間水管橋



写真 10.3-10 新渋川の 5 径間北屋敷水管橋



写真 10.3-11 北屋敷水管橋左岸の橋脚基礎



写真 10.3-12 北屋敷水管橋左岸の橋台

次に、4 月 7 日に発生した最大余震による被害の一部を下記に報告する。余震では、三本木中谷、古川敷玉、美里青生の 3 箇所で漆沢系基幹送水管路の漏水が発生したため、大崎市の田尻地区、松山地区、鹿島台地区と湧谷町、美里町への送水を停止することになった。これらの被害は本震ではなく、余震で新たに発生したものである。松山の第二調整池から田尻地区への送水管  $\phi$

500 の被害は以下の通りである。

## 2) 土手前水管橋 SPφ500

江合川を横断する遠田橋の下流側を並行に横断する土手前水管橋は、河川堤体部には単径間の水管橋を両岸にもち、河川横断部には4径間の水管橋が連なっている。江合川右岸側の橋脚基礎P2（上流からみて）が盛土のすべりによって河川側に傾斜したため（写真 10.3-13）、下部構造の橋台と上部構造を連結する伸縮可撓継手で抜けの被害が発生した（写真 10.3-14）。P2 橋脚基部の背後盛土がすべりによって沈下していたが河川を横断する水管橋の支承部には移動などの損傷は確認できなかった（写真 10.3-15）。河川横断部の水管橋の左岸側の管路は圧縮されてたわみが大きく見えた。一方、右岸側ではP6 橋脚に傾斜や、水管橋支承部の被害はなかったものの、河川盛土に大きな亀裂が入りすべっている状況であった（写真 10.3-16）。

写真 10.3-17 は離脱した継手と思われる。鋼管に筒状の継手を設置し、両端にゴム輪を装着して、円周4分割されたリングでゴム輪を圧縮する構造と考えられる。写真 10.3-18 は河川横断部の固定点であるが、片端にだけダンパーと考えられる装置が設置されていた。



写真 10.3-13 土手前水管橋左岸の P2 橋脚傾斜



写真 10.3-14 北屋敷水管橋左岸の伸縮可撓  
継手の抜け



写真 10.3-15 土手前水管橋左岸の P2 橋脚基部



写真 10.3-16 土手前水管橋右岸の盛土亀裂



写真 10.3-17 離脱していた継手の構造



写真 10.3-18 河川横断部片側に設置されているダンパー

### 3) 田尻さくらの湯手前の送水管φ500

土手前水管橋から田尻地区の受水地点までの間で、さくらの湯の施設に行く手前の緩やかな斜面でダクタイル鋳鉄管φ500の異形部で漏水の被害が発生した(写真10.3-19)。被害箇所は写真10.3-20の道路から左折して、写真左手の山側にある受水点へ送水する異形部周辺である。管路から写真10.3-19中央の測量ポール上端程度のまでの地盤は元々管路敷設時の地盤で、それより上層の地盤は山側の運動公園や周辺施設を建設する際に管路上部に3m近く盛って造成したものである。



写真 10.3-19 田尻地区 DIP φ500 異形部継手からの漏水



写真 10.3-20 田尻地区の道路斜面

## 10.4 宮城県の市町村の水道被害

### 10.4.1 仙台市

仙台市については現地踏査から地盤変状が大きく地中管路に影響を与えた地域を示す。

#### 1) 桜ヶ丘4丁目

桜ヶ丘4丁目は斜面の住宅地である。斜面に向かって2ブロック、幅2ブロックの限れた範囲で地盤の路面アスファルトの亀裂、流動が見られた（写真10.4-1、写真10.4-2）。宅地内には噴砂が見られたが、路面には著しい噴砂は確認できなかった。亀裂面からみても、ごく表層の地盤には粒径の小さい砂はなかった。そのため、少し深いところですべっていると考えられる。周辺住民の話によると、1978年の宮城県沖地震の時にはこの地域で被害はなかった。



写真 10.4-1 路面のすべりによる漏水



写真 10.4-2 地盤の亀裂

#### 2) 折立5丁目

折立小学校の山手の一角（斜面に沿って3ブロック）の宅地がすべりが発生している地域である。仙台市内では比較的古い住宅団地である。斜面に沿って道路も変形している。この地域では2層ポリエチレン管の地上仮設配管が宅地のメータまで直結して設置されていた。



写真 10.4-3 宅地擁壁の移動で盛り上がった路面



写真 10.4-4 斜面に沿って変形した道路



写真 10.4-5 2層 PP 管による仮設宅地内配管



写真 10.4-6 2層 PP 管による仮設配管

### 3) 緑が丘4丁目

斜面に沿って3, 4ブロック, 幅3ブロックの範囲の斜面宅地で路面の滑り, 陥没などの被害が発生している. 4月7日の時点では, 水道と下水道の管路復旧がそれぞれ行われており, 両方の復旧が終わった段階で通水する予定になっている. 下水道管路には陶管が使用されており, 地盤変状のためゴム輪が抜けている. 同じ材質・口径の管路がなく, 塩ビ管で仮復旧している.



写真 10.4-7 宅地内の地盤亀裂, 変状



写真 10.4-8 路面の亀裂, 陥没, 擁壁の傾斜



写真 10.4-9 バルブ周りの復旧



写真 10.4-10 下水管 (陶管φ250) の復旧

## 10.4.2 塩釜市

塩釜市の水道の大部分は仙台市の大倉ダムから取水した水を仙台市・塩釜市の延長 13km の共同管で仙台市の国見浄水場まで導水され、そこから塩釜市へ分岐した 21km の単独管で塩釜市の梅の宮浄水場まで導水されている。また、平成 2 年から仙南・仙塩広域水道から一部受水しており、浄水場内の配水池に貯水される。本震では、仙台から分岐した単独導水管で 5 ヶ所の被害が発生しており、4 月 4 日に 1 ヶ所、4 月 7 日の余震で 3 ヶ所と新たに大口径管路に被害が出ている。導水管の多くは SPφ700 であり、一部に DIP も使用されている。被害事例では、仙台市内の小さな河川（梅田川）の伏せ越し部のコンクリート基礎周辺で漏水した。また、その他には鋼管のリペアバンドで被覆していた溶接部からの漏水である。以下は、4 月 7 日の余震で新たに発生した導水管路被害について報告する。

### 1) 仙台市泉区松森 スポパーク松森駐車場 送水管 SPφ700

農道下の直線区間の鋼管で溶接部から漏水した被害箇所である（写真 10.4-11）。周辺の農地と比べて駐車場の区間だけ盛土されている。損傷時には溶接部にゴム板（リペアバンド）が巻かれ、その上に写真 10.4-12 に示すリングが装着されていた。復旧には幅のある半割りの鋼板で巻き、全周を直接溶接する方法がとられていた。



写真 10.4-11 溶接部からの漏水箇所



写真 10.4-12 ボルト締めしていたリング

### 2) 仙台市宮城野岩切 導水管 SPφ700

スポパークの被害箇所から 1km 離れた農道下の鋼管で同じく溶接部から漏水が発生した（写真 10.4-13）。この漏水箇所のごく近傍で、管路と農業用水路とが交差している（写真 10.4-14）。水路や農道に明らかな沈下や移動は確認できなかったが、市の水道技術者の話によると、漏水時の管路はねじれたような変状があった。復旧はスポパークの被害箇所同様、幅のある半割りの鋼板で巻き、直接溶接する方法がとられていた。



写真 10.4-13 溶接部からの漏水箇所



写真 10.4-14 管路と水路との位置関係

塩釜市の水道建設の歴史は古く、近代水道建設から 100 年にもなる。市内の管路の多くはダクタイル鋳鉄管が大部分を占めている。配水管の被害は海岸線や埋立地に多く、ダクタイル鋳鉄管の A 形や K 形継手で抜け出しや、受け口の亀裂が見られた。現在、津波で護岸が壊れている地域についてはバルブで止水している。市街地から桂島には SP  $\phi 250$  の海底パイプラインがあるが、本震では被害を受けていない。しかし、桂島浦戸では津波の被害が大きく、護岸や住家が流されている。また、桂浜から野々島への海底パイプラインについては、昨年のチリ津波で被災し災害復旧したところである。調査時（4 月 9 日）には、潜水土に依頼して管路の被害状況を確認するところであった。

塩釜市は、仙南・仙塩広域水道からの受水のみ reliant していなかったため、比較的早く復旧することができた。しかし、水道課があった市役所が津波で浸水し、水道職員の半数が一日半、役所の屋上に取り残された。公用車や機材も浸水で被害を受けている。浄水場にいた半数の職員はすぐに導水管の被害確認に出ている。自家発電装置が稼動したこと、浄水場内に 1 万  $m^3$  の配水池の貯水があったこと、管路などの資機材がストックされていたこと、配水区域がブロック化されていたことが早期復旧につながった。また、管路網などの情報システムは地震から 1 週間後には市役所から浄水場へ移動し、稼動することができた。市内に 2 ヶ所ある緊急遮断弁は過流量による遮断設定をしていたが、自動で機能した。

### 10.4.3 名取市

名取市は市内の樽水ダムからの自己水源の他に、仙台市の釜房ダムから分水した水と、仙南・仙塩広域水道からの受水の複数の水源を有している。3 月 11 日 15:40 に広域水道が停止した連絡を受け、名取市では市内への供給を停止した。最大供給量の約半分は仙南・仙塩広域水道からの水になる。市内の配水管路については、 $\phi 350 \sim \phi 700$  の幹線管路の半分は DIP の NS 継手などの耐震継手が採用されている。また、海岸にも耐震継手のある DIP 管が採用されていた。1978 年の宮城県沖地震の時には市内の管路の大半は石綿管であったが、その後更新が進み、現在では管路

の9割がDIPやSPなどの管路になり、VPは1割程度である。これらの更新の効果もあり、1978年の地震のときの管路被害率と比較して約1/3程度であることが報告されている。配水管の管路延長400kmにおいて、配水管の被害は30件程度(0.075件/km)である(調査時点)。

4月7日の余震後、仙南・仙塩広域水道の送水管の漏水被害があったが、名取市内では本震の時ほど多くの被害は発生していない。一箇所、区役所の南側の道路でφ300のダクタイル管の管体被害が発生している。写真10.4-15は余震発生前(4月7日)の被害箇所の様子である。本震での被害状況は確認していないが、路面が剥がれていた。管路被害はコンクリート固定部と異形管との間の直管で発生した。写真10.4-16の異形管の手前には国道がある。写真10.4-17、写真10.4-18に示すように10cmほどの長さの亀裂が管周方向に入った。傷は管の下面であって、管は矢板上を上越しする形で矢板上に布設されていた。



写真 10.4-15 被災箇所 (余震発生前)



写真 10.4-16 管路復旧の様子



写真 10.4-17 DIP φ 300 の管体亀裂



写真 10.4-18 DIP φ 300 の管体亀裂部拡大

#### 10.4.4 大崎市

大崎市では、西部の山間地域の地下水取水による独立水源のある地域以外は、前述した大崎広域水道から受水した水を配水している。鳴子温泉地域では、地震後に源水が白濁するなどの被害が発生しているが、施設に大きな被害は発生していない。また、4月7日の余震後には水質や管

路被害も発生していない。一方、古川地域では液状化の被害が甚大であった（写真 10.4-19、写真 10.4-20）。復旧途中の被害集計であるが、市内の配水管被害 340 件中 117 件が古川地区で発生している。この他に、鹿島台地区にも被害が多く、53 件発生している。4 月 10 日現在で、最終的な配水管被害件数は 380 件に及ぶ。古川地区より東側の地域では上述した広域水道の送水管被害によって復旧開始時期は遅れた。



写真 10.4-19 古川地区の液状化・建物被害



写真 10.4-20 古川駅周辺のマンホール被害

#### 10.4.5 津波に関連した水道・インフラ施設の被害

本地震で発生した津波の浸水によって東北地方の沿岸部の水道施設・管路に多くの被害が出ている。ここでは水道以外のインフラも含めて沿岸部の施設について整理する。

##### 1) 仙台市七北田川福田大橋下流 工業用水道水管橋

国道 45 号線で七北田川と横断する福田大橋の下流を並走する仙南・仙塩工業用水道の水管橋は橋脚の耐震補強中に津波の被害を受けている。福田大橋の橋脚の 2/3 ほどの高さまで津波は遡上しており、河川中に構築されていた仮設構造物が数多くあったが、これらについては流された様子は見られない（写真 10.4-21、写真 10.4-22）。水管橋の支承部にも移動は見られなかった。これは、柔構造継手部の前後で管が橋台に固定されているためであると考えられる。



写真 10.4-21 河川中の仮設構造物



写真 10.4-22 水管橋の支承部

また、福田大橋の添架管にも損傷は見られなかった（写真 10.4-23, 写真 10.4-24）. この管路は、橋梁上部構造に添架されている部分と、橋台に直接固定されている部分があり、橋の継ぎ目部の相対変位などが管路に伝わりにくい構造であったと考えられる.



写真 10.4-23 福田大橋の添架管



写真 10.4-24 福田大橋の添架管支承部

## 2) 仙台市仙台ガス港工場周辺

港工場では、防油壁横に丘架けされていた用水管路の基礎が沈下し、一方、地中に埋設されていたφ450のガス鋼管が露出していた（写真 10.4-25, 写真 10.4-26）. 地震による液状化や津波の遡上による波力の作用については明らかではないが、海岸に向かう道路の両脇に壁があり、壁周辺の洗掘が著しい. また、内陸側の防油壁の隅角では地盤の洗掘が広範囲にわたり、池のようになっている（写真 10.4-27, 写真 10.4-28）. その周辺は砂地になっている. また、写真 10.4-29 のようにタンクが転倒していた.



写真 10.4-25 露出した地中ガス鋼管



写真 10.4-26 丘架けされていた用水管路



写真 10.4-27 角地の地盤の洗掘



写真 10.4-28 左記配管の損傷部



写真 10.4-29 タンクの転倒

### 3) 石巻市北上運河

石巻市の国道 398 号線が北上運河を横断する箇所の左岸で堤防が決壊し、周辺の道路や住宅基礎が洗掘された（写真 10.4-30～写真 10.4-32）。洗掘範囲は 1000m<sup>2</sup> 近くになる。べた基礎住宅下の地盤は洗い流されており、管路が露出している。双葉町の大街道浄水場は海岸に近い浄水場（写真 10.4-33）であったが、周囲に土手があり、それにより浸水被害を免れたものと考えられる。



写真 10.4-30 北上運河堤防の決壊



写真 10.4-31 住宅基礎の洗掘



写真 10.4-32 洗掘による管路の抜け



写真 10.4-33 大街道浄水場

#### 4) 南三陸町

南三陸町では津波により 2 階建ての上下水道事務所の屋上まで浸水している (写真 10.4-34)。その一方で、八幡川にかかる河川橋の内、最も海岸側に位置する橋に添架されている管路は基礎周辺も洗掘されておらず、管路にも大きな損傷が見られなかった (写真 10.4-35)。



写真 10.4-34 南三陸町上下水道事務所



写真 10.4-35 南三陸町八幡川最下流の橋の添架管

#### 5) 気仙沼市

気仙沼市の大川を横断する 4 径間の気仙沼大橋の桁下に添架されている管路は、津波遡上時に桁下まで津波が到達したと見られるが、桁自体が管路類の防護柵になったのか管路に大きな損傷は見られなかった (写真 10.4-36, 写真 10.4-37)。



写真 10.4-36 気仙沼大橋



写真 10.4-37 気仙沼大橋の添架管

## 6) 排水機場の被害

北上川流域にある女川排水機場や釜谷崎排水機場では津波浸水の被害を受けている（写真 10.4-38～写真 10.4-41）。いずれの排水機場でも建屋周辺の地盤が沈下しており，建屋に取り付けられた排水管が伸長している。女川排水機場では地震後に排水のためのポンプ車が派遣されている。釜谷崎排水場でも復旧作業が行われていたが，周辺は津波による浸水で壊滅的な被害になっている。



写真 10.4-38 女川排水機場



写真 10.4-39 排水管路の周辺地盤の沈下



写真 10.4-40 釜谷崎排水機場



写真 10.4-41 排水管路の周辺地盤の沈下

## 10.5 茨城県の鰐川浄水場の被害

茨城県企業局鹿行水道事務所の鰐川浄水場の施設概要図を写真 10.5-1 に示す。衛星写真は地震後に撮影されたもので、敷地内一帯で液状化による噴砂の状況が確認できる。この浄水場は鰐川の取水口で取水した水を鹿行広域水道用水と鹿島工業用水に送水するための施設である。浄水場の一部完成は昭和 57 年 7 月である。現在、水道用水供給として計画一日最大給水量は 30,000m<sup>3</sup>、工業用水供給として計画一日最大給水量は 150,000m<sup>3</sup> で、いずれも供給地域は神栖市である。施設の構成については、鰐川で取水した後、導水されて写真 10.5-1 左側の取水ポンプ棟に入る。その後、工水系（写真上部）の施設と上水系（写真下部）の施設に分かれる。中央の雨水調整池の上空には高圧送電線があるため、その下には水道施設はない。

敷地内一帯で液状化のため基準となる地表の高さが明らかではないが、施設棟が沈下・隆起していないとすれば、写真 10.5-2 の上水道側の共同溝は 50cm 近く隆起しており、また、周辺地盤も 50cm 近く沈下し、雨水調整池へ流動している。共同溝の横には施設間をつなぐ管路 (DIP (T)) が撤去されたものとみられる (写真 10.5-3)。ポンプ棟、浄水池、管理棟周辺では液状化により周辺の地面が沈下している (写真 10.5-4, 写真 10.5-5)。沈殿池周りの地面は沈下していたが、施設そのものに被害がないように見える (写真 10.5-6)。また、管理棟前の高圧電線の鉄塔基礎には液状化の噴砂痕が見られず、鉄塔傾斜などの被害もなかった (写真 10.5-7)。



写真 10.5-1 鰐川浄水場 (2011 年 3 月 12 日時点, Google earth より衛星写真を引用)



写真 10.5-2 上水施設側の共同溝の浮上



写真 10.5-3 撤去された管路 DIP(T形)



写真 10.5-4 ポンプ室前の地盤沈下



写真 10.5-5 管理棟（配水池）周辺の路面沈下



写真 10.5-6 上水の沈殿池



写真 10.5-7 上水施設と工水施設の間にある  
鉄塔基礎

取水ポンプ棟周辺でも地盤沈下しており、ポンプ棟と管路との取り合い部分で交差する管路類が周辺地盤とともに沈下したためにダクトイル鋳鉄管φ600の伸縮可撓継手の隣のダクトイル管路の受挿口で抜けている（写真 10.5-8, 写真 10.5-9）。伸縮可撓継手は2層式のもので、伸縮余裕を超えた変位が発生していた。また、取水施設からポンプ棟に入る立ち上がり管路でも液状化に

より周辺地盤が沈下していることが管路についての土で確認できる（写真 10.5-10）．この管路のフランジ継手で顕著な変位は確認できなかったが，通水後の確認でフランジ部での開口部から漏水が報告されている．調査時（3月28日）には通水されておらず，取水施設から地上配管で試験通水のための水が送水されていた．ポンプ機器などには損傷は見られない（写真 10.5-11）．工業用水道側の共同溝も上水側の共同溝と同様に隆起していた（写真 10.5-12）．共同溝内では，一様に隆起しているが，共同溝の継目で目地が切断されて開口したことが報告されている（写真 10.5-13）．



写真 10.5-8 取水ポンプ棟の管路取り合い部



写真 10.5-9 取り合い部の継手の漏水



写真 10.5-10 取水ポンプ棟への導入管



写真 10.5-11 取水棟ポンプ



写真 10.5-12 工水側共同溝周辺地盤の沈下



写真 10.5-13 工水側共同溝の内部

## 10.6 茨城県の水道被害

### 10.6.1 神栖市

神栖市と鹿嶋市との市境周辺で水道施設・管路被害が顕著であった地域を写真 10.6-1 に示す。神栖市の水道は茨城県の鹿行水道事務所（浄水場）と鰐川浄水場の2系統から100%受水に頼っており、鹿行系の全2ルートを送水管と、10.5で上述した鰐川浄水場が液状化被害によって機能停止したために全戸断水に陥った。とくに、水道の上位系施設が市の北側に集中しているため、リスク分散が図りにくい構成になっていた。3月28日の調査時には市への供給水量が通常の1/3程度であり、徐々に通水ならびに被害確認を行っていく段階にあった。写真10.6-1は、被害が集中した地域を示している。写真10.6-1の中でコンテナ堰き止めの○印周辺に見える小さな点は津波で運ばれたコンテナである。



写真 10.6-1 神栖市 (Google earth より衛星写真を引用)

#### 1) 鰐川地区・神栖配水場

鰐川地区の神栖配水場は県企業局の鰐川浄水場から約1km南にある。隣接する鰐川浄水場とは

連結しておらず，鹿行水道事務所より神栖市へ送水される水がここで貯水される．調査時（3月30日）には自衛隊の応急給水車や他都市の応急給水車が配水池の水を入れて，応急給水に利用されていた（写真 10.6-2）．配水池の北側地盤では液状化により路面が地下，亀裂が生じていた（写真 10.6-3，写真 10.6-4）．水道局の話によると，可撓管と DIP（K 形）管が被害を受けた．写真 10.6-5 に示す配水池からの取り合い部の可撓管と写真中央の K 形の継輪が被害箇所となる．

配水池との取り合い部の伸縮可撓管はベローズ形式のもので，離脱防止機構が付いている（写真 10.6-6，写真 10.6-7）．DIP φ300 の K 形継手の被災箇所は配水池取り付け部から 10m ほどの箇所であるが，写真 10.6-4 の段差が生じている箇所に符合する（写真 10.6-8，写真 10.6-9）．写真 10.6-10 の撤去された管路にはロックリングが残っていた．また，損傷した継輪と可撓管の間には，写真 10.6-11 のバルブが接続されている．



写真 10.6-2 自衛隊の応急給水車両



写真 10.6-3 ポンプ室周辺の液状化



写真 10.6-4 配水池周辺の液状化による  
地表亀裂・沈下



写真 10.6-5 配水池からの配管



写真 10.6-6 配水池からの可撓継手管



写真 10.6-7 配水池からの可撓継手管



写真 10.6-8 DIP φ 300K 形継輪・復旧後



写真 10.6-9 DIP φ 300K 形継輪・損傷管路



写真 10.6-10 DIP φ 300 SII 継手挿し口



写真 10.6-11 DIP φ 300 バルブ部分

## 2) 掘割町・国道 124 号線周辺

国道 124 号線の西側の掘割町では、地域一帯で液状化が発生している。歩道下にあった雨水枡が液状化によって浮上している（写真 10.6-12, 写真 10.6-13）。この地域は鹿島工業地域の住宅地として開発された地域であるが、その他にも元々、神栖市は砂利の産地であり、砂利を採取した跡地に砂を埋めて造成したものと考えられる。国道 124 号線に沿って県企業局の鹿行水系送水

管が液状化による被害を受けたために復旧工事として地上に送水管 (SGP φ400) が設置された (写真 10.6-14, 写真 10.6-15)。元の送水管の一部と考えられる水管橋の支承部は鹿島港から遡上した津波で浸水されたと考えられるが、目視では支承部の移動や損傷は確認できなかった (写真 10.6-16, 写真 10.6-17)。支承周辺には津波で運ばれたがれきが残留しており、暗渠の背後地盤は津波で洗掘されていた。



写真 10.6-12 掘割町液状化による雨水枡浮上



写真 10.6-13 掘割町液状化による雨水枡浮上

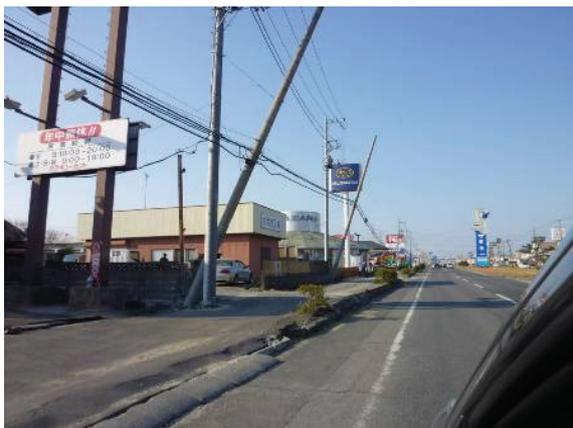


写真 10.6-14 国道 124 号線沿いの液状化



写真 10.6-15 国道 124 号線の県水送水管復旧



写真 10.6-16 元の送水管となっている水管橋



写真 10.6-17 水管橋の支承部

水管橋より海側（東側）には、小さな河川橋がありその河川橋で多くのコンテナが堰き止められていたので、水管橋に突撃するコンテナは軽減したものと考えられる。河道法面は崩壊して滑っているが液状化によるものか津波浸水によるものか判断できなかった（写真 10.6-18、写真 10.6-19）。コンテナが堰き止められた箇所よりも南側の河道も同様に法面が崩壊して通行止めになっていた。



写真 10.6-18 河川橋で堰き止められたコンテナ



写真 10.6-19 水管橋の海側

### 3) 深芝小学校周辺

写真 10.6-20、写真 10.6-21 は上記の掘割町の東側にある堀芝町の小学校周辺の路面の段差被害である。校舎から東側に 20cm ほどの段差が 100m 近く直線的に生じている。小学校のグラウンドには液状化の噴砂痕が確認できたが、段差周辺に液状化のような噴砂痕は見られなかった。宅地造成区画の境界に位置しており、北側区画の地盤の深い所で液状化して沈下したものではないかと考えられる。



写真 10.6-20 深芝小学校前の段差



写真 10.6-21 深芝小学校校内の段差

### 4) 波崎地区周辺

神栖市南部（銚子側）に位置する波崎地区では、国道 124 号線沿いの建物や路面にはほとんど

被害を確認することはなかった。波崎地区の明神小学校ではロータリークラブの住民が応急給水拠点で給水活動を行っていた（写真 10.6-22）。調査（3月27日）時点では、波崎地区にまだ送水できていない状況にあるが、この地域の配水管には石綿管が多く残っている。波崎地区までの石綿管の配水幹線 20km と波崎地区内の石綿管総延長 20km の被害確認が急がれる。市ではこれら石綿管の更新事業が進められていた（写真 10.6-23）。



写真 10.6-22 明神小学校の応急給水拠点



写真 10.6-23 波崎配水池

## 10.6.2 潮来市

潮来市の旧潮来町の地域には田の森浄水場で生成された水を送配水している。一方、旧牛堀町は平成15年度より茨城県企業局の鹿行広域水道用水から受水した水を供給している。牛堀・大塚野地区については3月21日に通水し、26日に潮来、築地、延方、大原地区が3月26日に通水した。調査時（3月30日）には日の出地区以外は減圧で配水している。

### 1) 田の森浄水場

潮来市南部の台地の上にある浄水場で二つの配水池にそれぞれ緊急遮断弁がついている。以前に誤作動があったため、地震時には手動設定にしていた。地震後数十分で二基の遮断弁を手動で停止し、配水池の水を確保した。地震後には貯められた配水池の水が応急給水に利用された。



写真 10.6-24 田の森配水池 2 池



写真 10.6-25 緊急遮断弁 2 基

## 2) 潮来駅周辺

潮来市潮来駅周辺の様子を写真 10.6-26 に示す。VP (TS) 管の復旧現場では、管路周辺の砂に貝殻が多く含まれていた (写真 10.6-27)。駅周辺でも路面に液状化による砂が多くみられたが、調査時には痕跡をみることは難しかった (写真 10.6-28, 写真 10.6-29)。



写真 10.6-26 潮来市潮来駅周辺  
(Google earth より衛星写真を引用)



写真 10.6-27 駅前の VP(TS)管の漏水



写真 10.6-28 駅前の噴砂の様子



写真 10.6-29 潮来駅前

## 3) 日の出地区

潮来市日の出町の被災図を写真 10.6-30 に示す。日の出町の団地一帯で液状化が発生し、水道・下水道などの地中管路被害の他、支持物も至る所で傾斜している (写真 10.6-31, 写真 10.6-32)。写真 10.6-33 では集合住宅の貯水槽の基礎が液状化で沈下し、壁に衝突している。団地の主要道では支持物の修繕や下水マンホールの復旧が進んでいた (写真 10.6-34)。写真 10.6-35～写真 10.6-38 では、雨水枡の横に埋設されていた水道管 (VP-RR)  $\phi 100$ , 下水管 (VU  $\phi 250$  接着接合) が雨水枡と宅地の壁で拘束されているため液状化の噴砂とともに地上に露出した。露出範囲は 80m 近くにおよび、途中 MH がある周辺で下水道管と水道管の上下が交差していた。日の出地区への配水

は写真 10.6-30 の VP 管修繕の箇所の配水管を通じて分岐する。ここでは VP 管φ150 のドレッサ一継手が損傷していた（写真 10.6-39）。継手内部は錆で腐食していた（写真 10.6-40）。



写真 10.6-30 潮来市日の出地区 (Google earth より衛星写真を引用)



写真 10.6-31 日の出地区の支持物の傾斜



写真 10.6-32 日の出地区の支持物の傾斜



写真 10.6-33 貯水槽の基礎の沈下



写真 10.6-34 下水 MH の復旧



写真 10.6-35 雨水枡横の水道・下水管路の隆起



写真 10.6-36 隆起した水道・下水管路



写真 10.6-37 下水管上を交差する水道管  
(下水管浮上が水道管路に影響か)



写真 10.6-38 隆起していない箇所の様子



写真 10.6-39 VP管のドレッサー継手



写真 10.6-40 中央に見えるVP管

### 10.6.3 鹿嶋市

鹿嶋市の水道は、鹿嶋地区と大野地区の二つの供給地区に分かれる。地震で水道施設の構造的な被害は無かったが、停電で一部機能が停止した。簡易水道については、3箇所のうち2箇所で被害が発生している。津賀浄水場では、ろ過タンクの底が抜けて砂が流出したと報告されている。鹿嶋市でも鹿行広域水道用水事業から受水していたが、地震後2～3日は受水停止になった。管路の被害は、長栖地区、平井地区で甚大であった。

#### 1) 平井地区・区画開発地域

鹿嶋市街地東側の平井地区について、県道255号線より東の元々の住宅地であった地域ではほとんど被害が出ていないが、県道より西側の宅地は元々沼地であった所を造成したため、地震で液状化の被害が発生した（写真10.6-41参照）。また、北海浜工業団地は埋立地である。



写真 10.6-41 鹿嶋市平井町（Google earth より衛星写真を引用）



写真 10.6-42 マンホールの浮上



写真 10.6-43 マンホール周辺の液状化跡



写真 10.6-44 畑の噴砂。手前側が沈下



写真 10.6-45 更地の噴砂

まだ、多くの住宅は建設されていないが、下水道マンホールの浮上や畑の中の噴砂が多く確認できた（写真 10.6-42～写真 10.6-45）。

## 2) 緑が丘地区

鹿嶋市鹿島神宮駅周辺の地図を写真 10.6-46 に示す。写真 10.6-46 は地震一日後の衛星写真である。緑が丘町は台地斜面に造成された住宅団地で、写真 10.6-47 に示す斜面で路面の凹凸ならびにマンホール周辺でアスファルトの圧縮、マンホール間でアスファルトに亀裂（引張り）が確認された。地震直後は斜面の中腹で大きな噴砂が見られたが、調査時には洗い流されており確認できなかった。公園に被害を受けた管路が残されており、下水用塩ビ管(RR)φ150 であった（写真 10.6-49）。公園の盛土も地震によって沈下していることがわかる（写真 10.6-50）。



写真 10.6-46 鹿嶋市鹿島神宮駅周辺 (Google earth より衛星写真を引用)



写真 10.6-47 地盤造成した団地斜面に沿って路面流動



写真 10.6-48 斜面底部では液状化被害



写真 10.6-49 損傷した下水用塩ビ管(RR)



写真 10.6-50 団地公園の盛土も滑っている

## 10.6.4 ひたちなか市

ひたちなか市の平均給水量は 52,000m<sup>3</sup> で、河川表流水（上坪浄水場系）70%、県水（水源は同じ那珂川、馬渡配水場系）15%、地下水（十三奉行配水池と阿字ヶ浦配水池）15%の内訳になっている。上坪浄水場系では、那珂川取水口の法面が崩落し、浄水場までの SPφ700 の導水管 7.3km にフランジの損傷によって 3 箇所での漏水が発生した。また、浄水場の着水井の中にある装置が落下し、この落下とともに着水井と高速沈殿池との接続パイプが破損したために 10 日程度浄水機能が停止した。現地視察できなかったが、ひたちなか市では被害写真が公表されている。給水量の大部分が浄水場系の水であるため、着水井の復旧がボトルネックになった。県水についても、浄水場沈砂池の破損や送水管の漏水が報告されているが、市の浄水場の復旧よりも早く 3 月 17 日に通水を開始している。また、井戸の二つの配水池については、停電で配水が一時停止したが、特に構造的な被害は報告されていない。

配水管の総延長は 823km である。那珂港では 1m の津波とともに、液状化の被害も受けた。海門町では耐震継手（NS）のダクタイル鉄管が敷設されており、それらには被害が出ていない。この他、市内では元々、川筋にそって路面の起伏が激しく、河川沿いの小砂町や中根の周辺で地盤変状の被害が発生している。

### 1) 海門町地区

河川流域の被害として、ひたちなか市海門町の地図を写真 10.6-51 に示す。海門町でも一帯に液状化被害が発生し、那珂川の河川堤防が被害を受けたと報告されている。現地調査では時間的に十分踏査できず、海門橋周辺の液状化跡を確認するしかできなかった(写真 10.6-52, 写真 10.6-53)。

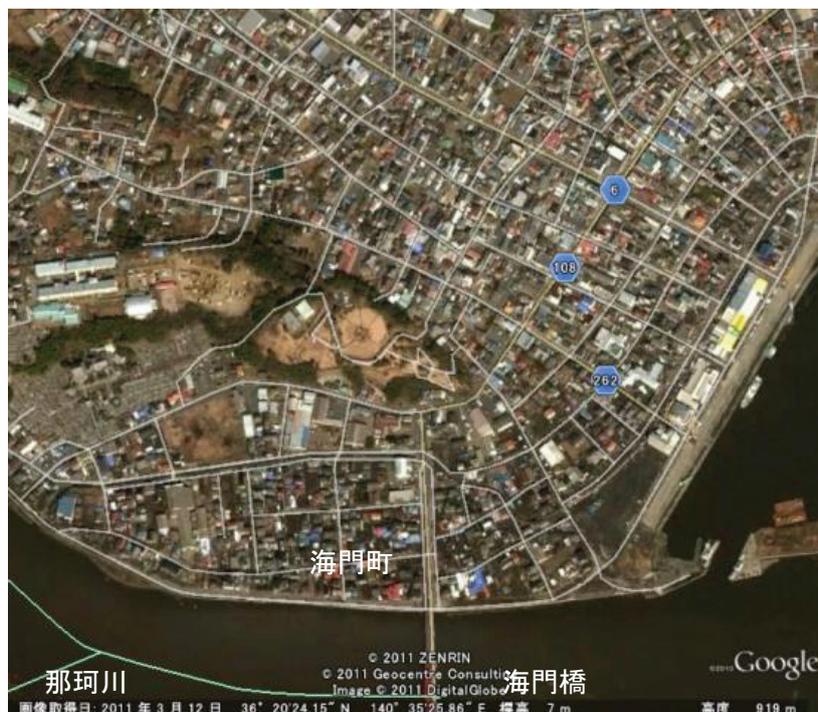


写真 10.6-51 ひたちなか市海門町 (Google earth より衛星写真を引用)



写真 10.6-52 液状化地域



写真 10.6-53 海門橋の基礎で液状化

#### 10.6.5 那珂市

那珂市には浄水場 3 箇所、配水場が 2 箇所ある。後谷浄水場では、深井戸の地下水を水源として  $1,000\text{m}^3/\text{日}$  の水を生成している。この他に工業用水を供給している。この浄水場の沈殿地で被害が発生している。木崎浄水場は久慈川の表流水を水源とする施設であり、ろ過沈殿池で躯体から漏水する被害が発生した、浄水機能は維持している。芳野配水池では、那珂川で取水した水を県企業局から受水している。瓜連浄水場・配水池では、久慈川の表流水を取水して配水している。

那珂市における基幹管路には、常磐自動車道を横断する付近で 2 箇所の被害が発生している。一箇所は  $\phi 350\text{DIP(A)}$  で、もう一つは  $\text{SP } \phi 150$  である。前者については下記で示す。市街地で液状化が集中した地域はない。那珂市は 2 つの川に挟まれた中台地にあることが起因していると考えられる。液状化したのは県道沿いのマンホールが浮上していた歩道である。これらは過去 10 年間で農業集落排水の整備のために建設したもので、下水道管の埋設とともに水道管の更新を同時に行っている。



写真 10.6-54 那珂市中心部 (Google earth より衛星写真を引用)

#### 1) 南酒出地区・常磐自動車道ボックスカルバート下

常磐自動車道のカルバート下に埋設されていた DIP(A)φ350 の管路が被害を受けた。理由はボックスカルバートの両方の出入口で地盤が隆起したためである。写真 10.6-55 は掘り出した時の様子であり、カルバート前で 50cm 近く隆起している。この被害メカニズムについては今後検討が必要である。ボックスカルバート内では 20cm 程度地面が沈下しており、数カ所亀裂が見える(写真 10.6-57, 写真 10.6-58)。調査時にはカルバートに樹脂を注入する復旧作業中であった。



写真 10.6-55 管路復旧時の様子



写真 10.6-56 ボックスカルバート周辺で隆起した地盤



写真 10.6-57 ボックスカルバード内の地盤沈下  
面亀裂



写真 10.6-58 ボックスカルバート内の地

## 2) 杉地区・県道瓜連馬渡線

写真 10.6-54 の○で示した県道 31 号線沿いの下水道マンホールの隆起と下水管路上の地盤沈下が大きい箇所である。この幹線沿いの下水道は過去 10 年以内に農業集落排水事業として埋設されたもので、その下水管と同時に水道管の更新が行われている。沈下している箇所には PE 管が埋設されており、調査時（3 月 29 日）でも水道には被害がなく通水していた。



写真 10.6-59 下水道管路上の地盤沈下



写真 10.6-60 マンホールの浮上

## 10.6.6 日立市

日立市は久慈川と十王川の 2 つの水源を持っている。久慈川水源については、久慈川の表流水を取水して森川浄水場で処理するために、φ600（CIP と SP）と φ800（SP）の 2 系統の導水管で

送水している。被害が発生したのはφ600の系統で、昔の施設を一部利用して送水管を拡張したため、CIP管の印籠継手で破損している。また、森川浄水場から会瀬配水場までの送水管において第1送水幹線と第10送水幹線でそれぞれ1箇所の管路被害が出ている。

配水管の被害については、久慈町周辺は昔からの住宅地で古いCIP管が使用されていることもあり、地震被害が集中している。管路被害の形態では、CIP管では抜けや亀裂があり、DIP管ではT形継手の抜けが発生している。VP管ではTS継手が多く採用されているが、被害が少なかった。VP管の多くは山手の新しい団地に敷設されていることもあり、地盤が良かったことも考えられる。

日立市は、山手に住宅団地が多くあり、山手の配水池へポンプアップして自然流下で配水している。主要な9つの配水池には緊急遮断弁を設置しており、震度5を超えると自動的に作動するように設定されている。それらは2池ある配水池の内、1池に設置されている。

十王町は平成16年に合併しており、配水業務は業者委託している。地震時に職員は市役所の水道課と森川浄水場にのみいた。それ以外の配水池は無人になっている。地震後2日間は、配水状況を確認しようともモニタリングできない状況にあり職員が現地へ視察して状況を確認していた。

日立市は日本水道協会の茨城県支部代表であったが、今回の地震で被災したことにより他の都市の被害・復旧の情報集約が難しくなった。48時間停電し、電話やFAXが使用できない状況にあった。市民への広報手段となる防災無線も更新時期にあり、使用できなかった。

### 1) 東金沢町

東金沢町は津波の浸水で被害を受けた地域である。1階のガラス戸のみ損壊していたので、津波の浸水高さは2m程度であったと考えられる。(写真10.6-61, 写真10.6-62)



写真 10.6-61 津波による住家被害



写真 10.6-62 津波による住家被害

日立市で水道管路被害が顕著であった久慈町の周辺を写真10.6-63に示す。久慈町周辺では河川の津波遡上と液状化被害による被害を受けている。また、国道245号線の大みか町では、日立製作所前で斜面の法片が崩壊して通行規制がされていた(写真10.6-64)。



写真 10.6-63 日上市久慈町  
(Google earth より衛星写真を引用)



写真 10.6-64 日立製作所前の国道の法片崩壊

## 2) みなと町

みなと町の新瀬上橋上流の両岸で液状化と津波による被害を受け、堤体が河川に迫り出し、堤体の背後地盤は沈下していた(写真 10.6-65, 写真 10.6-66)。また、水管橋 (SPφ250) のカバー (ラッキング) が剥落し、可動支承部では津波で管路が暗渠と衝突を繰り返したためか、管路底部で損傷して漏水している。調査時には漏水したままで対応しているとのことであった(写真 10.6-67~写真 10.6-69)。



写真 10.6-65 河川左岸の液状化による沈下



写真 10.6-66 河川右岸の液状化による沈下



写真 10.6-67 海側の水管橋



写真 10.6-68 暗渠内の管路（SP φ250）の漏水

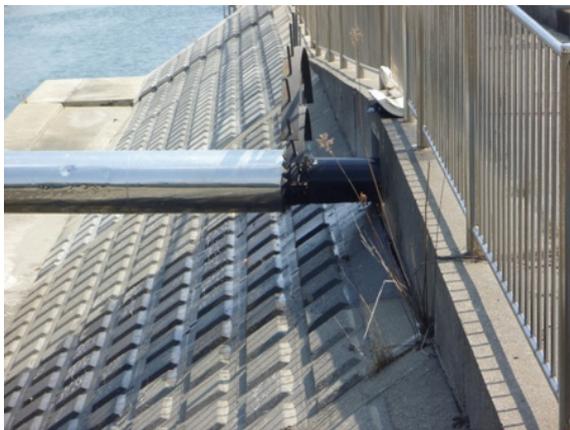


写真 10.6-69 暗渠内の管路（SP φ250）の漏水

### 3) 久慈町

久慈町では津波で浸水していると考えられるが 1m くらいの高さの浸水痕があり，東金沢町のように窓が割れるような被害は確認できなかった．路面の凹凸が生じているところもあったが広域に現れているわけではなかった．至る所に管路を復旧した跡があった．



写真 10.6-70 管路の修繕箇所



写真 10.6-71 管路の修繕箇所

## 10.7 千葉県の水害被害

### 10.7.1 浦安市

浦安市で水道施設被害が顕著であった地域を写真 10.7-1 に示す。現地調査時は地震から 2 週間を経過していたため、液状化の噴砂痕が清掃されている地域が多かった。この地域の液状化被害の特徴として、戸建ての住宅団地では路面が沈下するよりも、宅地が沈下して住宅が傾いている地域が多かった（写真 10.7-2、写真 10.7-3）。ライフラインの復旧方法も地域によって異なっており、弁天のように本管復旧を行った地区もあれば、美浜におけるガスの本管復旧をあきらめて地上に家庭へのガス管直結の仮設管や、舞浜における水道の地上仮設配管で対応しているように地域によって復旧方法に違いがあった（写真 10.7-4～写真 10.7-9）。

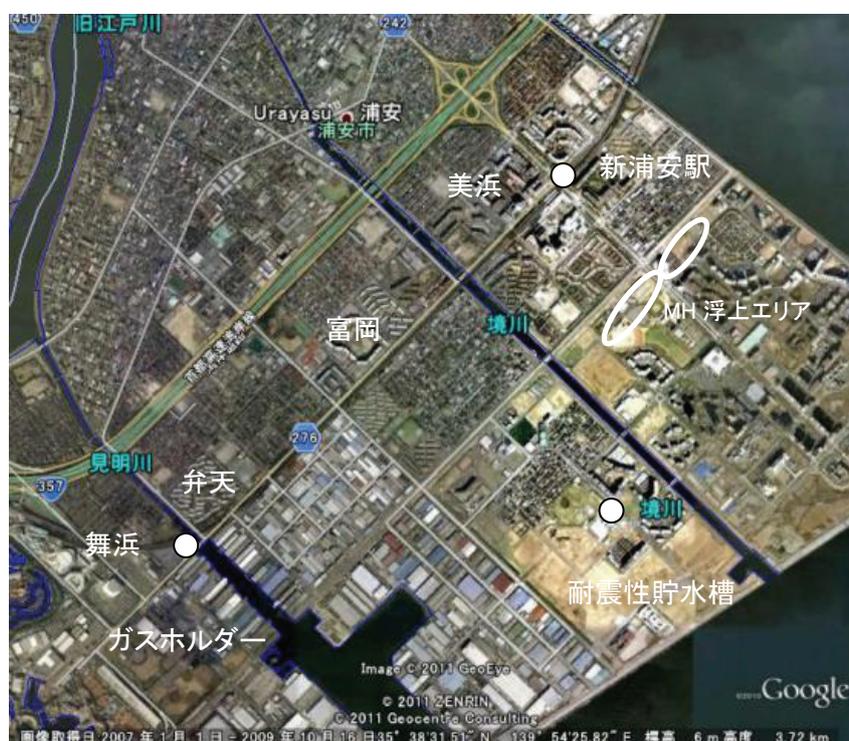


写真 10.7-1 浦安市 (Google earth より衛星写真を引用)



写真 10.7-2 舞浜の液状化



写真 10.7-3 弁天の液状化



写真 10.7-4 地上仮設ガス配管 (PE 管) 美浜



写真 10.7-5 ガス管の本管復旧 (PE 管) 美浜



写真 10.7-6 地上仮設ガス配管 (PE 管) 美浜



写真 10.7-7 水道管の地上仮設配管 (VP 管) 舞浜



写真 10.7-8 公園の仮設トイレ 舞浜



写真 10.7-9 本管復旧している弃天地区

耐震性貯水槽 100<sup>3</sup>も液状化により浮上し、バルブ等の装置の中に液状化で浮上した砂が詰まっている状態であった（写真 10.7-10、写真 10.7-11）。一方、舞浜のガスホルダーの敷地内やホルダー基礎周辺では、周辺の住宅にみられた液状化被害は見られなかった（写真 10.7-12、写真 10.7-13）。



写真 10.7-10 耐震性貯水槽 100<sup>3</sup>の浮上



写真 10.7-11 耐震性貯水槽 100<sup>3</sup>の浮上



写真 10.7-12 舞浜のガスホルダー



写真 10.7-13 ガスホルダーの基礎周辺  
液状化被害は確認できない

新浦安駅の海側地域は、広範囲に液状化が生じており、各所で噴砂、沈下、建物傾斜、マンホール浮上が見られた。ガス管路は全面的に被害を受けている様子で、資材置き場には大量のガス用 PE 管・継手が保管されていた。写真 10.7-1 の新浦安駅周辺では、多くの建物に傾斜、沈下が見られた。また、写真中に記すエリアではマンホールの浮上が 12 箇所発見された。



写真 10.7-14 建物周辺の沈下により変形している  
ガス用 PE 管



写真 10.7-15 建物への配水管接続部  
VP-RR φ100

写真 10.7-14 は商業施設へのガス供給管（PE 管）であるが、建物周辺地盤の沈下を受けて大きく変形しているものの、折損は見られなかった。写真 10.7-15 は、商業ビルへの配水管路（RR-VP φ100）であり、建物周辺地盤の沈下を受けているが、埋設場所が歩道であり土被りが浅いためか、変形しているものの継手の離脱や漏水は発見されなかった。

## 10.7.2 旭市

旭市は水道水を東総広域水道企業団から受水している。企業団では、本震によって浄水場の機械損傷があったと報告されている。しかし、停電から復帰する 2 日後には機能回復している。旭市内の海上、旭、飯岡、干潟の配水池への受水は地震後 2 日間停止し、その間旭市内は全戸断水となった。旭市の配水池には構造的な被害が出ていない。他都市と自衛隊から応急給水応援を受け、4 箇所の拠点へ応急給水をしている。他都市からの復旧応援は受けていない。地震後、ガソリンなどの問題から復旧資材の調達に時間がかかった。

旭市飯岡地区（旧飯岡町）で水道施設被害が顕著であった地域を写真 10.7-16 に示す。本震では、旭市の東側の旧飯岡町に地震・津波被害が集中した。飯岡地区の内陸側には下総台地が回りこみ、台地と九十九里浜の間には平野が広がる。旭市の平野部では昔から砂鉄が採取できたことから、町のいくつかの地域では砂鉄を採っては、砂鉄を採取した後の砂や山砂で埋め戻している地域が多かった。



写真 10.7-16 旭市飯岡地区 (Google earth より衛星写真を引用)

### 1) 後草地区

液状化被害が集中した後草地区も昔の採取地であったと見られる(写真 10.7-17～写真 10.7-20)．噴砂している砂は、茶色く、砂鉄が含まれるのか、砂にキラキラ光るものが含まれている．建物の被害については、ブロック塀の傾斜や転倒とともに宅地基礎そのものが傾斜している．この地域では水道管の被害も集中して発生し、仮設配管を設置している．



写真 10.7-17 後草地区谷原 沈下するガレージ



写真 10.7-18 後草地区谷原の液状化噴砂



写真 10.7-19 後草地区谷原の液状化噴砂



写真 10.7-20 後草地区谷原の液状化噴砂

## 2) 蛇園地区

蛇園地区は後草地区と同様の広域的な液状化被害があった地域である。40m<sup>3</sup>のコンクリート防火水槽が80cm近く浮上した(写真10.7-21)。液状化による噴砂跡だけでなく、畑一帯で波打つような側方流動がみられる(写真10.7-22～写真10.7-24)。写真10.7-23の畑の写真からも40cm程度、奥手と手前側で水平ずれが発生していることが確認できる。畑周辺では液状化とともに地盤の亀裂が見られた。この地域では水道管の被害も集中して発生し、仮設配管を設置している。



写真 10.7-21 蛇園地区の防火水槽(40m<sup>3</sup>)の浮上



写真 10.7-22 蛇園地区の畑の噴砂と段差



写真 10.7-23 畑の広域的な側方流動



写真 10.7-24 畑の広域的な側方流動

### 3) 三川地区

海側に向かう道路で波打つように地面の沈下が見られた（写真 10.7-25）。この地域では水道管の被害も集中して発生し、仮設配管を設置している。下水道が普及していない地域であるが、浄化槽も浮上していた（写真 10.7-26）。



写真 10.7-25 三川地区の路面の凹凸



写真 10.7-26 浄化槽の浮上

### 4) 椎名内地区

三川地区と同様に道路が沈下・水平移動している（写真 10.7-27, 写真 10.7-28）。写真 10.7-27 の左側に畑があり、畑の方向に移動している。この地域では水道管の被害も集中して発生し、仮設配管を設置している。



写真 10.7-27 椎名内地区の路面移動



写真 10.7-28 椎名内地区の畑の段差

### 5) 飯岡地区の津波被害

銚子の犬吠埼で津波が回り込んだためか、飯岡海岸の住宅に津波の浸水被害が発生している。屋根には損傷がみられないことから 2m 近くの浸水高さであったと考えられる。住民の話によると、第 3 波の津波が大きく、その波でこれらの被害が発生した（写真 10.7-29, 写真 10.7-30）。旭市で 10 名程度、津波による死者が出ているが、海岸に面した住宅ではなく、それより内側の住宅に居住していた人が亡くなっている人が多い。



写真 10.7-29 飯岡海岸の住宅の津波被害



写真 10.7-30 飯岡海岸の住宅の津波被害

### 10.7.3 銚子市

銚子市では、市の新宿取水場や白石貯水場から導水し、本城浄水場から市の東部へ送水・配水する本条浄水供給域（供給人口約 64,000 人）と東総広域水道企業団からの受水した水を供給する地域（供給人口約 14,000 人）の二つの配水域に分かれる。地震では、新宿の浄水場の逆洗管が損傷したが、浄水機能に大きな影響はなかった。管路被害で甚大であったのは柴崎 4 丁目の野球場の地すべり下にある配管である。柴崎地区へは本城浄水場から送・配水されており、上流側の三宅 1 丁目（柴崎 4 丁目の西側）へは 3 月 12 日までに配水が完了している。三宅 1 丁目に止水栓を新たに設置して配水を一時的に停止し、野球場を回り囲むようにして VPφ75 の二条で地上に仮配管を設置し、3 月 19 日 17 時に高野町へ水供給が開始された。銚子市柴崎町で水道施設被害が発生した地域を写真 10.7-31 に示す。地図中に地すべりしている範囲が確認できる。



写真 10.7-31 銚子市柴崎町 (Google earth より衛星写真を引用)

### 1) 柴崎町の地すべり地区

柴崎町の野球場で広域な地すべりが発生し、グラウンド脇に埋設されていた DIP  $\phi$  150 の管路が流出した（写真 10.7-32）。地すべりは野球場側だけでなく、反対側のキャベツ畑でも円弧すべりが見られた（写真 10.7-33, 写真 10.7-34）。管路の流出に伴い、高野町への配水が途絶えたために、野球場を周回するように地上の仮設配管 VP  $\phi$  75 の 2 条が設置された（写真 10.7-35）。



写真 10.7-32 柴崎町4丁目の野球場の地すべり



写真 10.7-33 柴崎町4丁目の野球場の地すべり



写真 10.7-34 野球場反対側の畑の地すべり



写真 10.7-35 仮設配管 (VP  $\phi$  75, 2 条)

### 10.7.4 香取市

旧佐原市域の水道は利根川の表流水を水源としており、地震による施設の被害は発生していない。その一方で、旧山田町、小見川町へ供給している利根川の表流水を水源とする浄水場で被害が発生しているが、浄水機能に支障の出るものではなかった。栗本地区には地下水を水源とする簡易水道があるが、ここでは被害を報告されていない。

佐原市では利根川流域で液状化による管路被害が甚大であり、地上仮設配管で復旧対応している。佐原地区の区役所周辺では仮設配管に給水管を直結させる方法で復旧されている。一方、新島地区では液状化による被害が厳しい地域の本管を仮設配管に置き換えている。小見川地区では、

新開地地区で液状化被害が発生しているが、本管復旧により対応している。地区によって災害復旧方法が異なっている。応急給水については、千葉県鴨川市、成田市、八千代市、埼玉県所沢市、深谷市と埼玉県企業局から応援が入った。

### 1) 佐原地区・香取市役所

香取市佐原地区で水道施設被害が顕著であった地域を写真 10.7-36 に示す。香取市役所は佐原地区にある。市役所内の地震計では震度 5 強が観測された(写真 10.7-37)。同じ市役所内にある 100<sup>m</sup><sup>3</sup>耐震性貯水槽については、周辺地盤の沈下や水槽の浮上などは見られなかった(写真 10.7-38)。しかし、写真 10.7-38 の奥手の道路では歩道が液状化して路面が変状していた。香取市役所は応急給水拠点になっており、水を取りにくる人が多かった(写真 10.7-39)。市役所建物の建築年は浅く、構造物そのものに損傷は見られなかったが、建物周辺の地盤が沈下するなどの被害を受けている(写真 10.7-40)。



写真 10.7-36 香取市佐原地区香取市役所周辺 (Google earth より衛星写真を引用)



写真 10.7-37 香取市役所内の計測震度計



写真 10.7-38 市役所前の耐震性貯水槽(100<sup>m</sup><sup>3</sup>)



写真 10.7-39 香取市役所前の応急給水拠点



写真 10.7-40 香取市役所建物周辺の液状化

## 2) 佐原地区・佐原口（市役所裏）の十間川・小野川周辺

佐原地区の国道 356 号線から利根川までの区間だけ液状化の被害が見られ、国道より内陸側では屋根瓦の散乱程度である。この地域は水郷の町として小野川や十間川の河川整備がされていた。地震によって堤体が河川側に流動し、土砂の流出や河床の隆起によって堰き止めている箇所もある（写真 10.7-41～写真 10.7-43）。また、その周辺の住宅地では液状化被害が集中しており、仮設配管によって応急的に水供給を行っている（写真 10.7-44）。



写真 10.7-41 小野川の地盤流動



写真 10.7-42 十間川周辺の地盤流動



写真 10.7-43 十間川周辺の河床隆起



写真 10.7-44 香取市役所前の仮設配管

### 3) 小見川地区・新開町

香取市小見川地区で水道施設被害が顕著であった地域を写真 10.7-45 に示す。小見川地区においても佐原地区と同様で国道 356 号線から利根川の周辺だけに液状化の被害が見られる。利根川下流河川出張所の前の通りでは、マンホールが隆起している箇所が数箇所見られる(写真 10.7-46)。また、写真 10.7-45 の左側(西側)の筋では、写真 10.7-47 のように液状化によって地盤の凹凸が激しい。写真 10.7-46 と写真 10.7-47 の間の公園にある防火水槽では 20cm ほど隆起していることを確認した(写真 10.7-48)。



写真 10.7-45 香取市小見川地区  
(Google earth より衛星写真を引用)



写真 10.7-46 新開町のマンホール浮上



写真 10.7-47 新開町の路面の凹凸



写真 10.7-48 新開町の防火水槽の浮上 20cm

## 10.8 まとめ

本報告は、東北地方太平洋沖地震による水道施設の被害の一部を整理したものであり、被害の全容を把握し、今後新たに調査・研究すべき課題や耐震設計や地震対策につながる提言にまでにはさらに詳細な調査や津波被災地への被害調査が必要である。しかしながら、茨城県、千葉県、宮城県の水道施設の被害調査を通じてみえてきた水道施設の地震対策に関する今後の課題について、構造面、機能面、復旧対応面から下記の通りまとめる。

### 10.8.1 構造面について

小口径の配水管の被害件数は明らかになっていないが、各市町村の断水解消状況やヒアリングできた現地の水道技術者の話から考察すると、兵庫県南部地震の神戸市の配水管被害と比較して全体的に軽微であったといえる。その一方で、本震や余震で基幹管路となる大口径管路に被害が発生し、広範囲に断水を引き起こした。管路被害は、伏せ越し部や曲がり部、コンクリート巻き立て部の周辺継手に集中していた。構造が変化する箇所や異形部などは応力集中が発生しやすい箇所であることはこれまでからよく知られているが、大口径管路を対象とした異形部の挙動や可とう継手の適応範囲については今回の被害メカニズムを明らかにするとともに、合理的な地震対策が必要となる。

次に、千葉、茨城の水道施設被害の主要因となった広域液状化は、海岸や河川周辺に水道施設をもつ事業者にとって早急に検討すべき課題といえる。液状化が発生しやすい地盤特性や想定地震に対する液状化判定についての既往の知見に併せて、長時間繰り返される震動や、数時間以上の長時間をかけて進行する液状化、広域に液状化が発生した場合の共同溝や水槽類などの地下構造物の挙動や構造物との取り合い部の管路の挙動など明らかにすべき課題が山積している。また、被害メカニズムの解明とともに効果的な対策を検討すべきである。

さらに、本震の直後から新潟や長野、静岡の内陸地震が発生する他、4月7日には本震と同レベルの地震動をもつ余震が発生している。福島では余震によって再び全戸断水に至っている。地震被害の甚大さから応急的な復旧に留まっている箇所も多いが、被害が拡大しない復旧方法・二次災害防護方法についても検討すべきである。これら構造面での水道施設の地震対策の課題を以下にまとめる。

- 大口径管路の耐震対策への再検証
  - 大口径鋼管の溶接部・可とう管の耐震性検証
  - 伏せ越し、曲がり部、固定部の管路挙動の解明
  - 水管橋支承基礎の継手機構
- 広域液状化に対する被害メカニズムの解明と対策実施
  - 最大地震動に併せて、継続時間の考慮

- 長周期地震動に対する河川沿岸の重要施設への対策
  - 取水口の堤体被害への対策
  - 施設周辺の液状化地盤沈下
  - 地下共同溝・雨水枡の浮上対策
  - 取り合い部の管路の可とう継手の余裕
- 液状化の可能性が高い宅地造成地への可とう材質管路の優先採用
- 地下貯水槽類への液状化浮上検証とその対策
- 高レベルな余震地震動への配慮
  - 本震で弱化した地盤の被害進行に対する二次災害予防対策
  - 被災構造物・管路の応急的な復旧方法

## 10.8.2 機能面について

今回の地震で震度7が観測された地域もあったが、数週間断水した事業体の多くは震度5弱から震度6強の地震動が観測された地域であり、地震動からみれば激震地とはいえない地域である。断水解消のプロセスからも明らかなように復旧活動が進まず、完全に休止している期間が一、二週間続いた。一つの原因として、停電の影響が大きい。北関東から東北地方の太平洋側にかけ地震後少なくとも2、3日は通電しなかった。自家発電装置を備えていても、1日以上停電に対応できる事業体は少ない。防災上、重要施設には複数の電力系統が配備されているが、広域災害になった場合には複数の電力系統が全て供給停止に陥る可能性がある。施設内の稼働状況、配水状況は遠隔監視できるようになっているが、停電すれば被害把握業務そのものが難しくなる。

もう一つの要因は、被災事業体の多くが広域用水事業の受水事業体であり、用水供給の大口径送水管路が被害を受けたために広域にその断水の影響を受けたことが挙げられる。図10.8-1は宮城県南部に用水供給している仙南・仙塩広域水道の受水市町村の水源バランスの概要図を示したものである。図の上段は高区系管路に連結した受水事業体、下段は低区系管路に連結した受水事業体を示している。複数の水源を有している事業体もあるが、6割から7割近くの水は広域水道からの受水に頼っている。大口径管路が供給元近くであったこと、一度空になった大口径管路に充水するまでに時間を要したこと、基本的に用水供給管路系はシンプルな樹形モデルであるが冗長性が低かったことなどの要因が重なったといえる。広域災害ゆえに、広域用水の水道システムと市町村内の水道システムが二重に連動してエンドユーザーの断水に波及している。神戸・阪神においても阪神水道企業団からの用水供給に依存しており、神戸市や芦屋市などの事業体の6、7割の水源は企業団からの受水になる。兵庫県南部地震以降に複数の送水幹線の重要性を鑑みて大容量送水管を復興事業の一環で建設している。限られた水資源を活用するために広域な用水供給事業が全国的に進んでいる。冗長性を持たせた広域水道幹線のグランドビジョンの構築とともに、受水事業体においては水源に対する供給停止リスクを十分理解した上で自己水源の維持管理を進める必要がある。

緊急遮断弁については、自動・手動の操作方法に違いがあるものの、稼動して応急給水のための水を確保した事業者が多い。これらの対策は神戸以降の教訓が活かされたといえる。

以上の内容を踏まえ、機能面での水道施設の地震対策の課題を以下にまとめる。

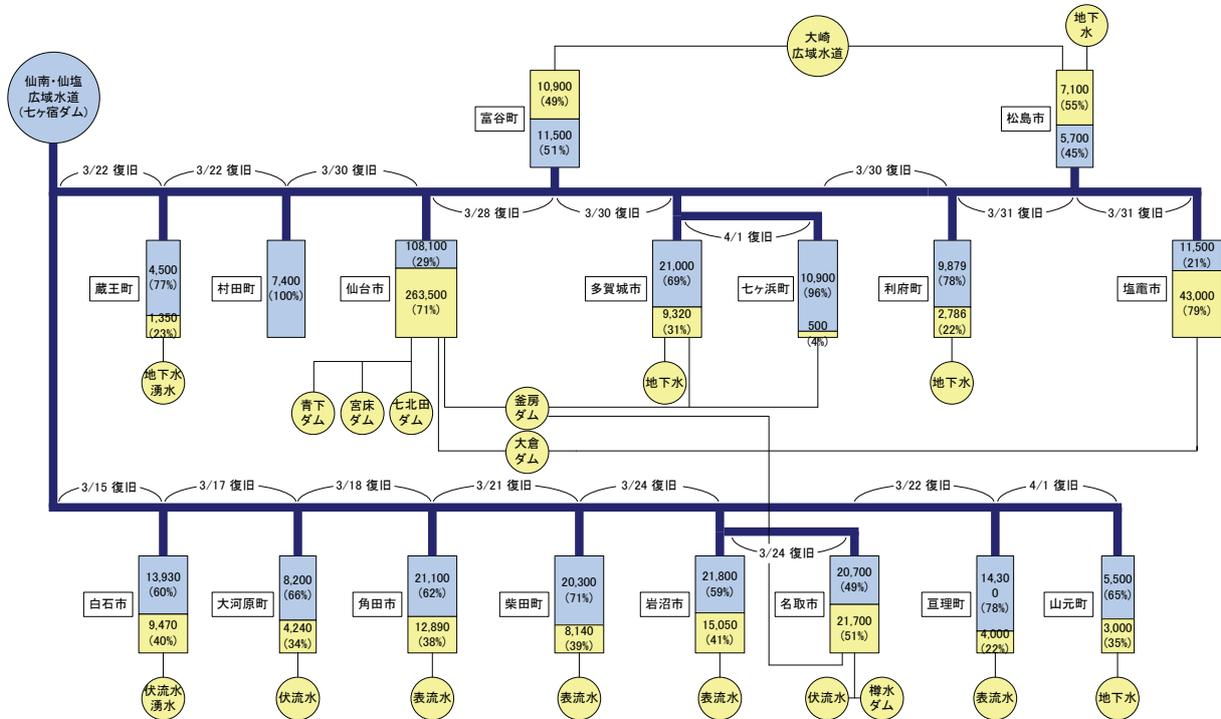


図 10.8-1 仙南・仙塩広域水道受水市町村の水源地バランス

□ 停電対策

- 2,3 日の停電は、初動の被害確認、その後の配水池や大口径管路への充水（少なくとも 1,2 日）、管路漏水確認のための水張りなどの復旧対応に遅延をもたらす

□ 送水・配水幹線の冗長化

- 単純構造の広域水道システム化への課題
- 県水と市水の二重システムのバランス
- 用水供給と自己水源の水源地分散化
- 簡易水道の連結によって脆弱・経年管路を含んだシステムの拡張化がもたらすシステム全体の耐震性低下
- 複数水源を要する配水システムのブロック化の重要性

□ 緊急遮断弁による水確保

- 自動・手動はあるものの水確保した事業者が多い

□ 緊急連絡管

- 周辺市町村も被災し、水融通がそれほど図られなかった

### 10. 8. 3 広域地震災害における復旧について

神戸や新潟の地震における教訓から、水道事業体では大都市間の災害時緊急応援体制の締結や県支部、地方支部の災害時情報収集・復旧支援組織の確立が進められてきた。スーパー広域地震災害を経験して見えてきたことは、県レベル、地方支部レベルの災害対応は内陸の地殻内地震や近年の地震災害規模であれば可能であるが、スーパー広域災害には機能できない。スーパー広域災害であることを判断できた段階で復旧に必要な情報集約・情報発信機能を情報網が確立している拠点で対応するように柔軟に切り替えることが重要となる。広域での応援体制、資機材調達などの課題は多い。

現地調査を通じて、津波被災地域を除けば、他都市事業体からの災害応援の多くは応急給水応援であり、管路などの災害復旧応援は非常に少なかった。また、配水区域一帯に液状化している地域において、本管復旧する地域と地上配管する地域に分かれた。早期復旧のためには、本管を地上配管で構築し、通水して落ち着いた段階でそのまま埋設する方法も考えられる。仮設配管のノウハウ以外に、災害復旧応援の派遣や仮設配管への災害補助に関わる会計上の問題で早期復旧に支障が出ているのであれば、復旧が落ち着いた段階でこれら災害時の事務的な問題についても検討する余地がある。この他、復旧対応に関する課題について以下にまとめた。

- 水道職員自身の津波被害
  - 塩釜市職員の半数は市役所屋上に一日半孤立
- 応急給水応援の早期開始
  - 日本水道協会の県支部・地方支部代表事業体被災による情報集約・災害応援機能の喪失
  - 災害時の広域連携化へ（遠方の姉妹都市応援は機能した）
- 災害復旧は地元被災業者が主
- 資機材調達のサプライチェーンの確保
  - 管路・機材・ガソリン・車・運搬ルート of 事前確認必要
- 広域液状化地区の応急復旧方針の意思決定支援
  - 本管復旧・本管間の地上仮設配管設置・地上配管ならびに給水管への直接結合の選択
- 復旧にあたる職員不足の課題
  - 市町村合併による水道技術職員の削減、他部署に異動した水道経験者の応援

以上、被害調査を通じて今後検討すべき課題について整理した。断片的な整理であるが、今後の詳細な被害調査・分析に少しでも役立てれば幸いである。被災地域の水道施設の早期復旧・復興を祈っている。

## 謝辞

本報告に関する水道施設の被害調査は、鋏田（神戸大学）・片桐（摂南大学）の他、神戸大学院生の渡部龍正氏とともに実施したものである。また、現地調査の一部は、澤田純男教授、高橋良和准教授、後藤浩之助教（以上、京都大学防災研究所）、古川愛子准教授（京都大学）との共同調査によるものである。片桐による新浦安駅付近の調査には塩化ビニル管・継手協会の坂口真幸氏に同行いただいた。

被災地の水道事業者、土木学会、日本水道協会の皆様には、貴重な資料や情報提供をいただいた。調査費の一部は、神戸大学都市安全研究センターの突発災害調査プロジェクトに支援いただいている。Google earth からは報告書内に衛星写真を引用させていただいた。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 厚生労働省：平成 23 年（2011 年）東日本大震災の被害状況及び対応について（第 1 報から第 49 報），<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r98520000014j15.html> (2011.4.16 アクセス)
- 2) 仙南・仙塩広域水道事務所：仙南・仙塩広域水道用水供給事業のあらまし  
(<http://www.pref.miyagi.jp/ss-kousui/index.htm>) (2011.4.16 アクセス)
- 3) 宮城県大崎広域水道事務所：大崎広域水道事務所の紹介 <http://www.pref.miyagi.jp/os-kousui/>  
(2011.4.16 アクセス)
- 4) 宮城県企業局：写真集水道用水事業  
<http://www.pref.miyagi.jp/kigyo/3,12higai/syashin/syashinkouiki.pdf> (2011.4.16 アクセス)