

東日本大震災における水道被害と復旧支援に関する考察

～神戸大学と近隣水道事業者の連携研究～

Study on Water Supply Support Activity to East Japan Great Earthquake

- Collaboration between Kobe University and Water Supply Authorities -

松下 眞 鋤田 泰子 藤田 一郎
Makoto Matsushita Yasuko Kuwata Ichiro Fujita

1. はじめに

東日本大震災は1995年1月の阪神・淡路大震災以降、最大規模の地震であり、甚大な津波被害や原発事故など、新たな要素により多くの新たな問題を投げかけている。兵庫県は東北地方から距離的に遠いが、大規模災害であったことから、日本水道協会の要請により、直後から多くの水道事業者が給水応援隊を派遣した。また、神戸大学はライフライン地震工学の視点から水道管路の被害に着目し、現地調査を積極的に実施した。

2011年10月、神戸大学は東北支援を行った兵庫県南部の水道事業者に呼びかけて、有志による「水道地震対策研究会」（以下、「研究会」）を立ち上げ、水道被害と支援方法に関する情報交換をおこなった。その内容は、今回の地震被害から教訓を抽出し、整理・分析を加えて、南海・東南海地震に対応するために兵庫県地域において考慮しておくべき施設耐震化および応援派遣に関するノウハウのとりまとめ、である。

本研究会は、大学が所在地において社会貢献をおこなう一つのモデルを提供している。図-1には、神戸大学と周辺の水道事業・用水供給事業の関係^(註1)を示した。水道事業者から見ても、職員数の減少という状況下で、地震対策や緊急対応について科学的視点から知見を集約できるメリットは大きい。また人的ネットワーク形成も期待できる。本論文では、2011年3月11日の地震発生から約1年後までに研究会においてまとめられた成果と複合災害への取り組みについての考察を紹介する。

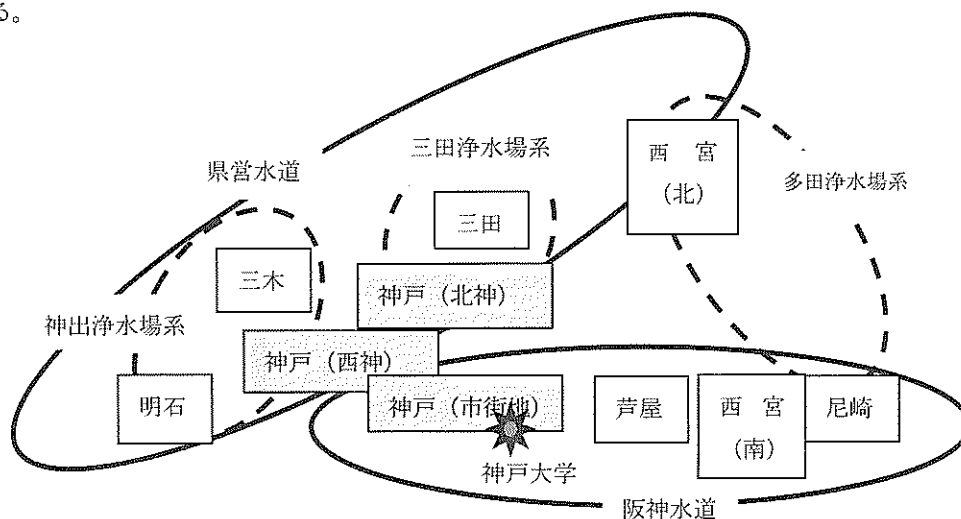


図-1. 神戸大学とその近隣の水道事業者との位置関係

2. 水道に関する被害の状況²⁾

神戸大学は、地震発生後の3月末から4月にかけて、および7月に宮城県内陸部および茨城県に現地調査をおこなった。また、兵庫県の水道事業体は給水・復旧支援を行いながら岩手県三陸沿岸の被災状況を調査した。この結果、広域災害のため複雑に被害が連鎖する状況が見られるものの、水道被害については大きく次の3パターンに分類できることがわかった。

- (1) 強い地震動によって構造物や管路が破損したもの
- (2) 液状化によって管路の継手部が離脱するなど通水能力が失われたもの
- (3) 津波によって施設が破壊され、復旧が困難な状況に追い込まれたもの

調査対象となった箇所は限られており、広範な区域をカバーしているわけではないが、この中に今回の被災の特徴が凝縮されていると考えられる。これらについて、以下に詳述していくこととする。また、被災事業体からヒヤリングを実施する中で、各事業者において比較的被害箇所がよく把握されており、兵庫県南部地震における被害と比較するとそれほど広範かつ大規模なものではない、との印象が与えられた。

2. 1 強い地震動

強い地震動によって、大口径管路や水管橋のような構造物に被害が生じている。事例として、宮城県用水供給事業である「仙南・仙塩広域水道」および「水管橋」(大崎広域水道と那珂川水管橋)を紹介する。

仙南・仙塩広域水道では、15か所の被害のうち14か所が管路継手部であった。なかでも伸縮可とう管の継手事故が伏せ越し部、曲がり部、コンクリート防護工の周辺部などで発生していた。(図-2)

長大水管橋は各地で被害が発生しており、那珂川水管橋(図-3)では支承が損壊し継手が抜ける被害、大崎広域水道事業では兩岸の河川堤防の沈下量の差などにより管路の継手はずれる被害が生じている。

このような大口径管路、長大水管橋の被害は、復旧にある程度の日数を要するものの、復旧によって給水状況が一気に改善される。このため、事故を発生させないための工法・材質の選定、設計変位量の設定、計画的なバックアップルート確保について見直す必要がある。

2. 2 液状化

千葉県、茨城県の水道施設・管路被害の主原因となった広域液状化は、海岸や河川周辺に水道施設を持つ事業者にとって早急に検討すべき課題であるといえる。茨城県鹿行広域水道の鱒川浄水場では施設全体で液状化が発生し、ポンプ場などの杭基礎構造物周辺が沈下する一方、共同溝が浮上し、1m近くの段差が生じた。同様の管路網の被害は、東京湾沿岸や利根川流域の沿岸部の住宅地でも発生している。(図-4)このような場所は住宅のために改変された地形であり、旧地形を知ることで被害発生場所をある程度特定することができる。また、耐震継手管やポリエチレン管などを使用することで、地盤変位に追随する管路とし、給水を継続することは可能である。ただし、将来的には上下の不陸により管路内に空気が溜り、流下断面を阻害する可能性はあるため、



図-2. 大口径管の破損(宮城県企業局提供¹⁾)

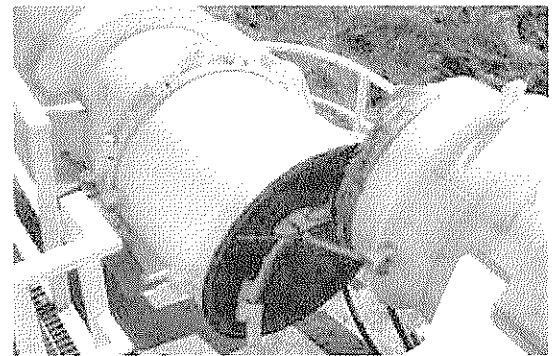


図-3. 水管橋伸縮部の破損(茨城県水戸市)



図-4. 耐震貯水槽の浮上(千葉県浦安市)

復旧作業のなかで空気抜きなどの対応策が必要になってくると考えられる。

2. 3 津波

地震によって生じた津波は、東北地方の太平洋沿岸に大きな被害をもたらした。水道施設に対しても津波特有の被害が生じており、被害状況を把握し分析したうえで、今後、津波対策を検討していく必要がある。

津波による水道被害は、直接的なものとしては浅井戸の塩水化・濁水化、河口部の水管橋の流失、海水をかぶることによる電気装置の故障などがある。さらに一面をガレキが覆い尽くすことにより、仕切り弁・消火栓などが埋没し、埋設管路の位置がわからなくなる状況も生じた。(図-5～7)

また間接的なものとして電力施設の被災による動力の喪失、それに伴う浄水処理・ポンプ送水など電力に頼る施設能力の喪失がある。道路が寸断されることにより、浄水処理の薬品やガソリンが不足し、間接的に給水活動にも影響を与えた。

2. 4 被害と復旧の分析

2. 4. 1 液状化の被害集中箇所の地形特性³⁾

東日本大震災に伴う液状化被害は、過去に例がないほど広範なものであったが、水道施設への被害としては、継手の抜けだし、管体の亀裂、漏水などがある。茨城県神栖市、鹿嶋市、潮来市と千葉県香取市など7つの被害集中箇所をGIS上で表示した。(図-8のA～G) これらから旧河川を埋め立てた地盤、後背湿地や狭わいな谷筋平地の埋め立て地盤、砂利採掘場の埋め戻し箇所などいずれも人工改変地であった。ただ、その面積は1km²以内に絞られる。この地区では、管路被害率が他地区に比べ6～17倍に大きくなっていることがわかった。

2. 4. 2 広域水道の被災による復旧への影響⁴⁾

今回、宮城県用水供給事業の大口径管路が被災したことで、供給を受ける末端市町村水道の復旧にも大きな影響があった。断水長期化の要因分析を行うためのモデルを次のように定義した。

自己水源における電力復旧日数(以下、 T_e)、広域水道の復旧日数(以下、 T_f)と、液状化による配水管路復旧の遅延日数(以下、 T_l)を本地震の断水長期化の要因として加算し、広域水道と自己水源の影響は広域水道受水割合 r で調整するものとする。各日数を説明変数とした重回帰分析によって、モデルのあてはまりを分析した。式(1)に通水率90%達成日数の予測モデルを示す。

$$T_{est} = k_1 T_{p90} + k_2 (1-r) T_e + k_3 r T_f + k_4 T_l \quad (1)$$



図-5. 津波で被災したポンプ場(岩手県大槌町)



図-6. 津波により洗掘された管路(陸前高田市)

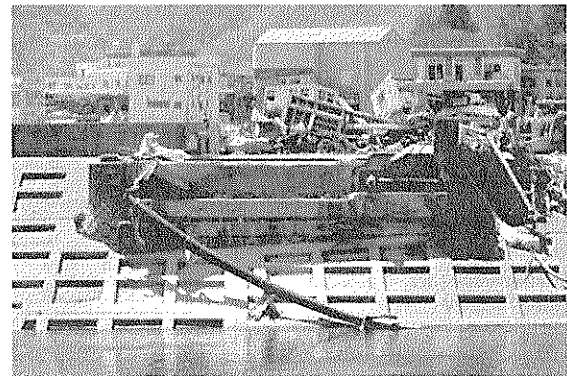


図-7. 安渡橋水管橋の破損(岩手県大槌町)

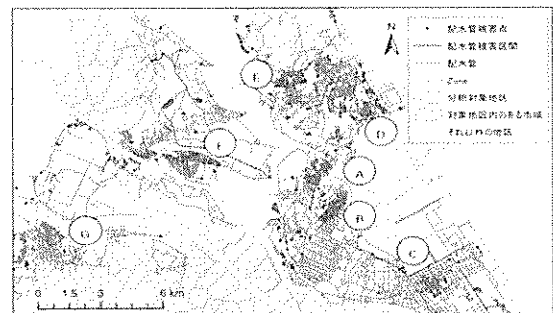


図-8. 液状化の集中地区(茨城県・千葉県)

ただし、 T_{90} ：通水率 90%までの管路復旧日数、 T_e ：自治体の自己水源における電力復旧日数、 T_i ：広域水道の復旧日数、 T_j ：液状化による配水管路復旧の遅延日数、 k_i ：偏回帰係数

この式をもとに回帰分析をおこなったところ、予測値と実際の復旧日数は、 $R^2=0.92$ であり、これだけの要因でよく表現されているといえる。

すなわち、広域水道から用水供給を受けている末端事業体の復旧日数は、①広域水道の復旧日数、②広域水道が占める供給割合、③電力復旧日数、④液状化による遅延日数を組み合わせることで表現できる。

2. 4. 3 応急給水活動支援の分析⁵⁾

地震直後から日本水道協会が中心となって被災地への給水活動を展開した。これを厚生労働省の発表資料から追ってみると、派遣台数は 300 台を越えており、ピーク時は 355 台であった。また、派遣自治体は全国に分布しているが、当然ながら給水人口 70 万人以上の事業体が多くの給水車を派遣している。

このことは当初の大規模断水に対応するうえで重要なことである。しかし、後半になると地元東北の事業体を中心になっていくことで、「被災県+日水協の地方支部」の組み合わせによる支援体制がとられた。この方法は、初期の大規模な支援、最終期の地元事業体への引き継ぎという観点から有効な考え方と思われる。さらに後述するように、地方支部内においても、県支部などにさらに小さな単位で特定の地区を分担していくことで、中小事業体であっても長期的な支援体制を維持していく、という概念が生み出された。

初期の大規模な応急給水については、その需要をいかに把握するか、日本水道協会が中心になっていかに派遣事業体を募集・割り当てをおこなうか、またこれを迅速に実施できるか、がカギとなる。

2. 5 被害の特徴についてのまとめ

- ① 特に重要な構造物について、設計時に想定する変位量の見直しが必要である。
- ② 液状化が予想される場所の構造物（共同溝）・管路では浮上防止や不同沈下などへの対策が必要である。一方、改変地形においては液状化が発生し、管路被害の集中箇所が見られるので、事前の対策がある程度可能である。
- ③ 「地震→津波」による複合災害は、ライフライン全体にさまざまな影響を与える。またライフライン相互に機能被害が影響し合って、結果、復旧作業が遅れることにもつながる。

3. 水道に関する応急給水と応急復旧の支援

2011 年 3 月 11 日の地震発生を受け、日本水道協会では災害規模の甚大さに鑑み、全国からの給水支援を実施することを決め、兵庫県支部にも派遣要請があった。これを受け、兵庫県南部の水道事業体からも、多くの都市が応援派遣をおこなうことを決定し、翌 12 日（土）以降、あいついで現地に向け出発した。この中には、後に研究会に加わったメンバーが所属する事業体（明石、芦屋、尼崎、西宮、三田、阪神水道、神戸）も含まれている。

当初、応援隊は千葉県において活動したが、その後、日水協本部から関西地方支部の担当が岩手県と決定され、関西の事業体は移動して盛岡市に集結した。3 月 17 日以降、太平洋沿岸部では津波被害により衛生的な水が不足しているこ

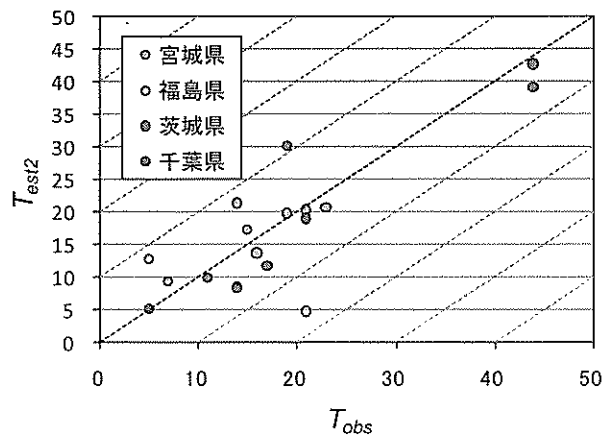


図-9. 通水率 90%達成の予測と実績

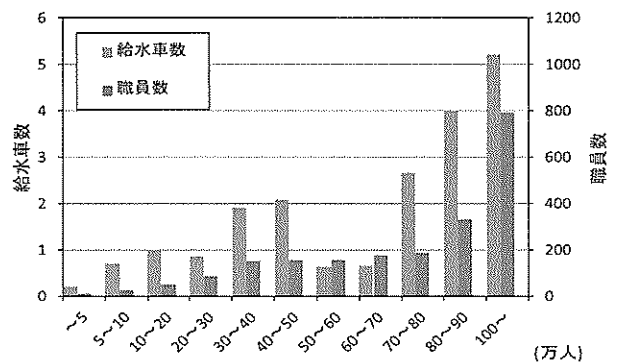


図-10. 応援を派遣した事業体の給水車数と職員数（給水人口別）

とが判明し、岩手県三陸沿岸の地域に対して給水支援活動を開始し、5月まで継続した。また、復旧支援については神戸市が大槌町と陸前高田市を担当し、6月20日過ぎまで活動を継続した。

この活動を続ける中で、次のような事項が明らかになった。

- ① 初動期は混乱が生じやすいため、先遣隊と給水実働部隊は行動を別にし、日水協本部や他支部と情報交換し調整しながら、実働部隊の活動先を決めていく必要がある。
- ② 支援が長期化した場合、地域で連合チームを結成することで人材を有効活用できる。
- ③ 支援チームの交代に際して、ルートマップや供給先リスト（タンク容量など情報も含む、図-12）、収容人数など基本データを引き継いでいくことが必要である。
- ④ 給水支援も復旧隊との連携、保健福祉など他分野との情報交換が有効であるため、できるだけ意思疎通しやすい体制（同一自治体・地域）で一つの被災地を継続して支援していくことが有効である。
- ⑤ 給水に関しては、自衛隊やボランティアグループが活動しており、これらと連携して重複を避ける必要がある。
- ⑥ 水に関しては、PET ボトルや川の水、プールの水などもあり、これらを総合的に活用することで被災者の生活を支援する視点を持つ必要がある。
- ⑦ 現地活動が長期化すると、後方支援基地の場所、応援隊への支援能力、住民の理解などが重要になる。（この点に関しては先遣隊の役割であるが。）
- ⑧ 復旧支援については、被災地の要望をできるだけ汲み上げること、中途半端に業務を切り上げないこと、現地の事情などに配慮すること、などが求められる。
- ⑨ 図面やマッピングなどの情報は貴重であるが、現地と相違していたり、修正されていないかたりして混乱することを覚悟しておく必要がある。
- ⑩ インターネットで得られる地図・航空写真、携帯・カーナビのGPS機能は管路位置特定にも効果がある。

水道に対する支援の場合、給水回復を図ることが至上命題であり、現地の被害調査やその分析などは二の次に置かれる。神戸大学は地震発生から少し経過してから現地（茨城県、宮城県）に入り、地元水道事業職員へのインタビューなどから被害情報を収集し、GISなどの情報と重ね合わせて被害マップを作成し、被害箇所の特徴を明らかにしていった。一方、神戸市は、岩手県大槌町と陸前高田市において復旧支援をする中で、水源被害、管路被害の実態を観察し、いくつかの教訓を得ている。それらを総合すると、次のような知見に総括できる。

- ① 茨城県などの液状化地域において管路被害の集中する箇所が存在し、改変前の地盤図などから、かつて軟弱地盤であった箇所が多いこと。
- ② 大崎、美里、栗原など内陸部の強震動地区なども、被害状況は地盤と関係があると推測される。
- ③ 水道用水供給事業は効率的に用水確保ができるしくみであるが、それだけに頼っていると配水管被害が少ないにもかかわらず復旧が遅れる事例が見られた。このため、用水供給側において個別施設の耐震化と二系統化で給水安定性を確保するとともに末端側でも他地域・他都市からのバックアップ（連絡管）を考慮しておくことが必要である。

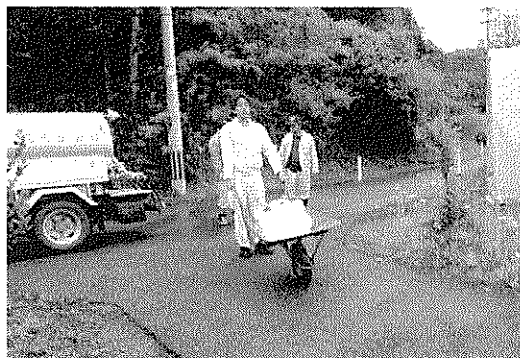


図-11. 大槌町での応急給水（運搬）

番号	給水場所	給水開始時刻	給水量	備考
1	和田伸幸宅前	10:35 ~ 10:40	0.5	
2	松橋宅庭駐車場	10:45 ~ 11:20	0.5	
3	木下勇夫宅前	11:25 ~ 11:35	0.8	給水量多い
4	田中宅裏庭駐車場	12:15 ~ 12:25	0.2	
5	吉里吉里中入口	12:35 ~ 12:38	0.9	
6	佐藤正芳宅前	12:45 ~ 13:15	0.8	
7	給食センター前	13:25 ~ 13:50	0.4	
8	東谷孝宅前	13:55 ~ 14:15	0.7	
9	倉本徳蔵宅前	14:20 ~ 14:30	2.0	給水量多い
10	吉里吉里駅前	14:35 ~ 14:45	0.2	給水タンク(0.5)
11	△△△△	15:10 ~ 15:12	0.2	
12		15:20 ~ 15:25	0.1	
13				
14				
15				

※ 上記のほかに、専ら幼児保育園の給水タンク(0.5)にも随時給水を行う。

図-12. 応急給水活動の巡回コース（例）

- ④ 岩手県の三陸沿岸においては、浅井戸を水源とし塩素滅菌をただけの水道システムが多い。これらのシステムは井戸が津波により塩水化し、電源を喪失し、海辺の中継ポンプなどが冠水して利用できず、河口部の幹線水管橋が流失するなどしてシステム全体が破壊された。
- ⑤ 水道システムの復旧にあたっては、全体を把握したうえで、優先復旧箇所、全体工程や入手可能な資材などを勘案しながら復旧戦略を立てていく必要がある。
- ⑥ 支援にあたる人材に限られること、現地においても専門家がいないとは限らないことから、水道復旧に関するあらゆる事項に取り組む必要がある。具体的には、配水池洗浄、管路洗浄、ポンプ・テレメータなどの操作、給水装置、水質知識などである。

4. 水道地震対策研究会の設立とその活動

東日本大震災に関して、神戸大学と兵庫県南部地域の水道事業者は独立してさまざまな活動を展開したが、2011年9月に、神戸大学の呼びかけにより、東北の水道支援にかかわった近隣の水道関係者有志が集結し、知見を交換しつつ情報を共有し、地元兵庫の水道の津波対策、液状化対策に役立てていく研究会（「水道地震対策研究会」）が設立された。研究会は翌10月以降、関連する講演会&パネルディスカッションを含めて計7回開催された。

東日本大震災において発生した水道の被害状況、その給水・復旧支援の実際を踏まえ、いくつかの教訓と対策を、支援した側の事業者（兵庫県南部地域）に具体的にあてはめて考えておく必要がある。また災害時にあつては、地域全体として対応することも必要であり、既存の兵庫県の相互応援協定の枠組みをより効果的に活用していくために、何が必要であるか検討することも必要である。この研究会は、副次的効果として、兵庫県南部地域の水道事業者間の人的ネットワークの形成にも寄与しており、技術情報の交換やその継承にも役立っている。自治体における職員数の削減は今後とも進行していくことが予想されるため、今回のような大学を核とした地域連携のネットワークは、維持・継承していくことが重要であると認識されるようになった。

5. 兵庫県南部地域において考慮すべき教訓

兵庫県南部地域は大阪湾に面し、海洋型地震に際して津波の被害も想定されている。しかしながら阪神・淡路大震災以降、各事業者が耐震化計画を進めていく上で津波に対する配慮は十分にされているとはいえない。また、液状化による管網レベルの配水管被害、強震動による幹線被害、津波による水管橋被害および電源喪失の事態発生を対象に、既存施設・システムに対する影響を検討し、必要であれば現行の耐震化計画見直しを行う必要がある。

再掲になるが、今一度、見直しポイントを列挙すると

- ① 河口部における橋梁添架の水管橋の洗い出し、断絶した場合の影響、バックアップの方法を検討する。
- ② 海岸近くに位置するポンプ場など電気設備を擁する施設とそのバックアップを検討する。
- ③ 電源喪失した場合、短期・長期に分けた影響評価と対策、配水池・トンネル・浄水場の有効活用を検討する。
- ④ 旧地形との照合による配水管被害の多発予想箇所の洗い出し、耐震管による改善を進める。
- ⑤ 有効に機能する連絡管の設置場所はないか。

兵庫県南部地域では、阪神水道企業団が芦屋・尼崎・西宮・神戸の4市に、兵庫県用水供給事業（県営水道）が神戸など17市5町1企業団に水道用水を供給しており、この2大用水供給事業によって最大約160万 m^3 /日の供給が可能である。特に阪神水道は阪神間250万市民が必要とする水量の8割を供給している。なお、図-1には、阪神水道と県営水道の受水団体のうち、神戸市と密接な関係を有する水道事業者との関係を図化した。各市の水道事業（末端水道事業）は用水供給からの受水と自己水源からの供給を組み合わせることで安定給水を図っており、用水供給事業の供給停止は各市の給水継続に大きな影響を与える。特に阪神水道は供給量が多く、受水各市の水源水量に占める比率が高いため、その影響は極めて大きい。一方で、用水供給事業は末端事業者間の受水量を調整することで災害時の被害軽減に貢献する可能性も持っている。すなわち各市水道事業が自己水源を最大限活用し、生じる余力を受水量の減に反映できれば、用水供給事業は水源不足の末端水道事業により多くの水量を供給できる。このような調整が有効に機能すれば地域全体の

安定供給に大きく寄与すると思われる。阪神水道と県営水道の両方を受水している事業者（神戸・尼崎・西宮）でも同じように自己水源を活用して、水量調整の幅を増やすことで地域全体に恩恵を与えることができる。各事業者および地域においては、城内連絡、隣接間連絡、広域連絡などバックアップルートを活用するノウハウ開発の研究推進、協定などの手続き、その利用方法への習熟を訓練やその他の活動を通じて普段から連携を強めていく必要がある。

6. 得られた教訓と今後の方策

ここでは、本研究会の成果として、被害調査から得られた事項、被災地支援に関する教訓、兵庫県南部地域への反映、南海・東南海地震への対応、その他の課題に分けて必要事項を列挙する。

【被害調査から】

- ① 液状化地域では、管路被害集中箇所が存在し、旧地盤と照合することである程度予測が可能である。この点から管路の見直しが必要である。
- ② 強震動地域では、大口径管の被災、重要構造物の被災が大きな影響を与えており、個別施設の耐震化・二重化、下流側でのバックアップルート確保が重要である。
- ③ 津波に関しては、水源の塩水化、電源喪失、河口部水管橋の流失が問題である。それぞれについて検討の必要がある。

【被災地支援に関する教訓】

- ① 初動については先遣隊と救援隊を独立して運用し、日水協本部や他支部と調整した後、実際の支援場所に入るようにすること。
- ② 先遣隊は情報発信されていない地域を重視する必要がある。
- ③ 支援は通常時から情報交換している県支部・県内ブロック単位での活動が効果的である。
- ④ 支援が長期化した場合、連合チームでの対応が有効であり、給水車・資材利用に関する取り決めが必要である。
- ⑤ 給水については、ルートマップ整備、給水先リストなど引き継ぎ資料を統一化しておくことが有効である。
- ⑥ 給水方法は、受水タンクの活用、ポンプ車とそれ以外の使い分け、給水バッグの配達、ポリタンクの無人受付（並べてもらう）、給水栓設置など複数の方法を状況に応じて使い分ける必要がある。
- ⑦ 復旧支援については、資材不足、専門家不足、ノウハウ不足が想定されるため、支援内容を支援側が決めつけない態度が必要である。求められれば、配水池洗浄から家庭給水栓での通水までをおこなうことで被災事業者の負担を軽減できる。
- ⑧ 沿岸部で支援する場合、後方支援基地の存在は重要であり、できるだけ通常の生活ができ、物資調達に便利な都市を選定する必要がある。

【兵庫県南部地域への反映】

- ① 管路被害の集中地域となりうる場所の特定と当該地区の管路耐震化をおこなう。
- ② 強震動対策として、重要構造物に対する耐震性評価と対策を実施する。
- ③ 大口径管や重要管路に対するバックアップを検討する。
- ④ 用水供給を中心とした広域連絡管、隣接市間を結ぶ隣接連絡管の機能・能力・利用方法などを今一度見直し、必要であればさらに充実させていく必要がある。

【南海・東南海地震に備えた対応】

- ① 淡路島南部を中心に淡路広域水道に関する水道システム上の課題の共通認識および対策の検討が必要である。
- ② 兵庫県を中心とした協議会などの組織化、できれば基金などを創設する。
- ③ 後方支援基地の場所選定と役割を検討する。
- ④ 支援に当たり、PET ボトルや沢水などを含めた水の総合的供給による被災者の生活の質の維持方法を検討する。

これらの知見から、東日本大震災の教訓と今後の震災対応について「水道地震対策研究会からの提言」（付録）を取りまとめた。

7. 複合災害のメカニズムから見た水道被害の発生

東日本大震災による水道被害は原因別に地震動・液状化・津波の3つに分類できると述べてきた。しかし、これら現象は並列に議論できるものであろうか。地震が発生すると、強地震動そのものにより管路・構造物が破壊され、同時に液状化・津波を引き起こす。液状化はその位置において地盤の変動が管路被害をもたらす。また、津波は震源が海上である場合に海面が持ち上げられ、その波が沿岸部に向かって押し寄せることで被害が発生する。まず液状化が起こり、津波も同時に発生するものの到達時間の関係から遅れて被害をもたらす。

地震とその関連災害は、このように時間遅れを生じつつ、水道システムに強振動と同種あるいは全く異なる種類の被害が生じさせる。これらを原因とする水道被害もあいまって被害が増幅されていくが、このようなプロセスを詳細に分析することで、被害拡大防止のヒントが隠されていることも考えられる。ここでは、被害をもたらす事象の連鎖(Cascading Effects)とそれに伴う水道の被災を定性的に整理し、今後における研究の出発点としたい。

7. 1 物理的被害の発生から機能被害へ

地震そのものの振動によって管体に無理な力がかかり管路破損、あるいはウォーターハンマーなどでも管体被害が発生する。さらに地すべり・段差など地盤変位への追従ができないことで継手離脱が生じる。浄水場や配水池などの構造物では、コンクリートに割れを生じ、水槽からの水漏れ、電気・機械設備の破損などで、浄水機能が失われたりする。

液状化に関しては、側方流動などでの継手離脱、貯水槽の浮き上がり、管路の不陸が生じ水中の空気が集まりエアレダまりとなって通水断面が減少する。

津波は、河口部において波による橋梁と水管橋の流失をもたらし、水源が浅井戸の場合、井戸の塩水化・濁水化をもたらす。また、電気・機械設備が海水を被ることで、電気系統が機能しなくなり、計測・通信や制御など現代水道の中核的なシステムに被害をもたらす。

管路と構造物の破損は水道システムの物理的な被害であるが、これらは断水または漏水となって市民の生活支障や都市活動の停滞につながる。また漏水は量によっては道路陥没や地すべりを誘発し、さらなる別の被害につながっていく。さらに津波によりガレキが都市を覆うことで、埋設管やその他設備の位置が不明になり、その位置確認や泥の排出などの作業が設備そのものの復旧、ひいては水道機能回復の遅れにつながった。

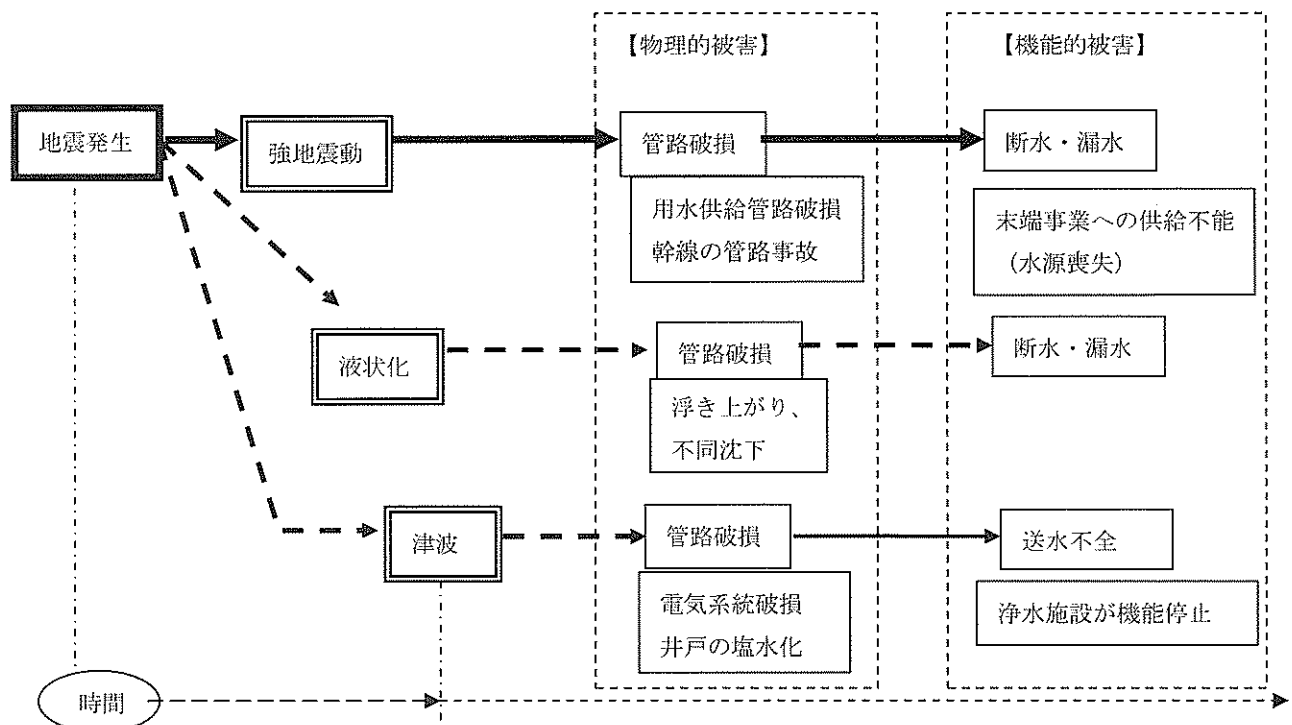


図-13. 水道に関する被害発生の連鎖

7. 2 事象の連鎖の相互関係

このような地震事象の連鎖とそれに伴う具体的な水道物理被害、その結果としての水道機能被害の関係を図-13に示す。図から津波がなければ三陸沿岸の水道被害は大きいものではなく、部分的な補修で済んだことが推察される。また、液状化地帯にあっては、旧地形から液状化発生がある程度予測できることから、管路の耐震化など事前の対策が重要であると読むことができる。

水道の複合被害について、地震を出発点とする事象の連鎖としてとらえ、その相互関係を分析していく手法を提案した。今後、これらを因子間の関係として定式化し、物理被害の連鎖から機能被害への影響を明らかにするとともに、復旧にあたっての方針決定および水道施設の減災に対する合理的な考え方を確立していくことが望まれる。

8. おわりに

2011年3月11日の東日本大震災を契機に、南海・東南海地震が発生した場合、兵庫県南部地域での強振動・液状化以外に、津波が発生した場合の対策を事前に検討しておくことが重要になっている。神戸大学では、兵庫県南部地域の水道事業体に呼びかけ、研究会を設立して情報交換や状況分析を進めることで、地震・津波の対応に役立つ知見を得て、この地域の水道地震対策の進展に貢献できると考えた。

この結果として、「水道地震対策研究会」はこのようなテーマを検討し、この地域における津波対策などを見直し、大きな被害を受けそうな事業体への応援について情報集積と支援の検討を進める必要性を指摘することができた。

今後、今回の検討に基づく積極的な情報交換と対策検討に係る協議会などが設置され、兵庫県における人的ネットワークが構築されていくこと、それらを総合する形で実際の対策が進められることが期待される。

【謝辞】

本論文を作成するにあたり、報告書「東日本大震災に対する水道被害調査と給水・復旧支援の実際」から多くの部分を引用しています。情報を持ち寄り、議論を重ねた水道地震対策研究会メンバーのみなさまに感謝いたします。

注1) 県営水道（神出系、三田系、多田系）の供給対象事業は標記の都市以外にもあるが、神戸大学を中心に関連する範囲のみを記した。

参 考 文 献

- 1) 宮城県企業局 HP, <http://www.pref.miyagi.jp/kigyo/>
- 2) 水道地震対策研究会：東日本大震災に対する水道被害調査と給水・復旧支援の実際, pp. 4-19, 2012
- 3) 鍬田泰子, 池尻大介：鹿島地域の液状化による管路被害集中地域と地形変遷, 日本地震工学会論文集・東日本大震災特集号第12巻、第4号（特集号）, pp. 249- 262, 2012
- 4) 鍬田泰子, 岡本祐：東北地方太平洋沖地震における断水長期化要因の解明, 地域安全学会論文集, No. 13, 2012
- 5) 大西洋二, 鍬田泰子：広域災害時の応急給水能力に関する一考察 ―東日本大震災の事例―, 土木学会論文集 A1, Vol. 68, No. 4, I_930-I_939, 2012

著 者

- | | |
|-------|------------------------------------|
| 松下 眞 | 神戸大学大学院生, 修士（工学） |
| 鍬田 泰子 | 研究員 神戸大学大学院准教授, 博士（工学）, ライフライン地震工学 |
| 藤田 一郎 | 所属 神戸大学大学院教授, 学術博士, 河川工学 |

<付録> 東日本大震災の教訓と今後の震災対応

～水道地震対策研究会からの提言～

水道地震対策研究会

【被害調査】

1. 情報のない地域は「自ら情報発信できないほど甚大な被害」があると心得よ！
2. 旧地形から管路被害集中が想定される地区を把握し、事前に耐震化を進めよ！

【応急給水】

3. 応急給水業務にあたっては、受水槽または仮設タンクを活用せよ！
(時間のかかる個別給水はできるだけしない。バルーンその他タンクを持参のこと。)
4. 給水定点に名前を記入したポリタンクを置き、各自持ち帰ってもらう！
(巡回ルートと訪問時間をできるだけ固定する。横入りなどがない地域であることが前提。)

【長期支援】

5. 支援が長期化する場合、県単位、地区ブロック単位での混成部隊での支援が有効！
(ルートマップと給水先リスト(タンク容量、予定時間など)により引き継ぎする。)

【応急復旧】

6. 復旧に関しては給水先の通水確認までが「支援」と心得よ！
(このため被災地の要望に基づき何でも対応すること！たとえば配水池洗浄、ポンプ修理などから各家庭での給水管工事まで)

【用水供給の停止】

7. 用水供給事業のみを水源としている場合は、他地区・他市町からのバックアップが必要！
(水源の複数化は常に考慮しておく必要がある。連絡管システムの充実を図る。)

【大津波への対処】

8. 県南部の水道事業者は、河口部の水管橋、電源喪失についてのリスク確認などが必要！
9. 相互応援の視点から、南海・東南海地震に備えての対処方針の検討が必要！
(淡路島の水道システムの状況、先遣調査、後方支援基地など)

<参考>水道地震対策研究会メンバー表

団体名	メンバー
神戸大学 (市民工学科)	鍛田泰子(准教授)、岡本祐 池尻大介、大西洋二、大野顕大
明石市水道部	辻和也、楡井康哲
芦屋市水道部	山下徳正、岡本和也、南善樹
尼崎市水道局	若宮智之、西山武揮、森下啓太郎

団体名	メンバー
神戸市水道局	松下眞、松田康孝、柿坂康弘
三田市水道事業所	青野泰二、長澤正憲
西宮市水道局	岩橋邦法
阪神水道企業団	門脇正夫、井上拓也