

15.1.3 地震時の水供給に関するリスクマネジメント

(1) 地震などの異常事態への対処

上水道システムは、少数の水源から多数の利用者に対して水供給を行うため、ネットワーク状の管路網により構成されたシステムとなっている。電力供給，ガス供給，下水処理などのシステムとともにライフライン系と称され，現代社会の諸活動に欠かすことができない社会基盤施設である。上水道システムが普及するにつれて，井戸を利用したかつての自給自足型の形態と比較して，容易にかつ安定的に水を得ることができるようになったが，その一方で，地震時のように大きな外力が広い範囲に作用した場合，遠隔地からパイプラインを通して配水するこうした供給体制の弱点が露呈することが知られている。地震防災の観点から，上水道のネットワーク・システムの問題点をまとめると，以下のようになる。

- i) 取水・導水・送水・配水に関わる供給システムの膨大な構成要素を網羅的に強化することは，経済的にも不合理であり，ある程度の物理的被害を許容せざるを得ない。
- ii) 配水幹線や浄水場・ポンプ場などの基幹的な施設や，ネットワークのボトルネック状の弱点で被害が発生した場合，その影響が全体の機能障害に発展する危険性がある。
- iii) 末端の配水管路網には被害が広域にわたって同時多発する場合が多い。また埋設施設が大多数を占めるため被害発見が容易ではなく，復旧作業が道路の開削・埋戻しを伴うものであるため，後出の図15.2のように完全復旧までに数日～数週間を要する。
- iv) 利用者が上水道システムへの依存を深めることにより，システム機能喪失時に水を取得手段がなく，断水に対する抵抗力を失いつつある。

これらは電力やガス供給システムや情報通信システムにも共通して当てはまる傾向であり，地震時の断水，停電，ガス停止，通信不能は，都市機能に多様な影響を及ぼすことになる。このようなライフライン地震災害が注目されたきっかけは，米国における1971年サンフェルナンド地震および我が国における1978年宮城県沖地震の被災経験であった。

以来今日に至るまで，都市化社会の地震災害の典型的側面としてライフライン系の被害による機能障害が注目されており，その耐震性の向上が急務とされてきた。中でも，生命維持に水が不可欠であること，水に代わる代替物が無いこと，現代生活が多様な水需要形態を持つことなどから，断水，低水圧，出水不良，濁り水などの形で現れる地震時機能障害が，生活・生産・経済活動などに及ぼす影響はひときわ大きい。従って，地震時のような非常事態のもとでも可能な限り機能を保持し，最低限度のニーズに応えらるとともに，迅速な機能回復が求められる。

以下では，上水道ライフラインにおける地震の防災対策を4種類に大別して概説する。

(a) 施設の耐震化・更新

上水道システムについては，水道施設耐震工法指針に準じて耐震設計が行われており，地中

埋設管路の耐震計算には、地盤変形に基づく応答変位法が用いられている¹⁾。

配水管路網には、鋳鉄管(CIP)、石綿セメント管(ACP)、塩化ビニール管(VP)、ダクタイル鋳鉄管(DCIP)などが採用されている。管路の被害状況を相対的に評価するには、単位長さあたりの被害発生箇所数で定義される被害率がよく用いられるが、これまでの被害統計から一般的に、石綿セメント管や塩化ビニール管が被害を受けやすく、ダクタイル鋳鉄管は耐震性に優れていることがわかっている。継手については、メカニカル継手のように相対変位をある程度吸収し、離脱や破損を防止できるタイプが被害を受けにくい。新設路線や布設替えの対象路線では、こうした耐震的な管種・継手が採用され、徐々にその割合が高まりつつある。しかし既存システム全体に行き渡るのは多大な費用、ひいては長い年月を必要とし、中小自治体では耐震的でない管がまだ多く残存しているのが現状である。

この他、埋設年代、腐食状況、管径・管厚および異型管部の有無、管路の埋設支持形態、地盤の種類、地震動強度、継続時間等の要因に左右される²⁾。

(b) ネットワーク形態面での対応

ネットワーク状の形態を有するシステムの地震時信頼性に関する特徴として、一部の被害が全体の機能障害に及ぶ被害波及効果と、逆に一部の被害であれば機能障害が回避される冗長性効果が挙げられる。ネットワーク形態面での対応は、このような特性を考慮して、「予備管路による複数系統化」、「異なる供給系統の相互連絡化」、「ループ管路化」、「給水区域のブロック・システム化」、「耐震貯水槽など備蓄・貯蔵の増強」などの方策により、被害の影響を最小限度に食い止め、震災時にも最低限度の機能を確保するとともに、復旧作業を容易に進めることが可能なシステムを構成する対策である。

工事断水の解消や漏水防止、配水調整など、日常的な維持管理にも役立つ方策であるといえる。

(c) システム・オートメーションでの対応

システム運用・管理者の判断を待つことなく、迅速な対応が求められる場合には、オートメーション化された防止対策が進められている。配水池流量の異常や一定レベル以上の地震動強度を感知すると、緊急遮断弁が作動して漏水による配水池枯渇を未然防止するシステムや、浄水場・ポンプ場などの基幹施設で停電すると即座に自家発電設備が起動するシステムなどが挙げられる。

(d) 人間の対応・作業

被災後の対応は、緊急対応、応急復旧、本復旧の3段階に分類される。緊急対応の段階では、工事業者との連絡、復旧人員の参集、復旧資機材の調達、被災情報の収集などによって、災害対応のための初動体制が確立される。応急復旧の段階では、ネットワーク系統制御や地上仮設管の布設により機能維持が図られる一方、応急給水活動などの代替手段によるサービス継続措置がとられ、利用者への影響の低減が図られる。特に、病院など重要施設への優先的な供給が

重要な課題となる。本復旧段階では、システムを被災前の状態に完全に戻すための作業が行われる。

また、事後対応を迅速に行うため、復旧戦略の策定、想定被災への対応訓練、復旧資機材のストック、事業社間の相互援助体制、などの事前策が進められている。

以上に述べたような多様な上水道システムの地震防災対策は、当然ながら限られた施策費用で進められる必要がある。どの対策に力点を置くかは、費用とリスク低減効果のバランスを考慮したうえで、合意形成を目指すことが必要である。

(2) 地震時における水供給態勢のリスクマネジメント

前項では、地震災害に対する上水道システムの取り組みについて述べた。断水等の障害が続く間、一般家庭の利用者は日常生活が制限された状況に置かれるとともに、節水、備蓄水の利用、応急給水の利用、近隣からのもらい水、宅外機能（公衆浴場、外食産業など）の利用、等の対応行動を強いられる。ここでは、地震時に配水管路網を通じた本来の水供給が不能となった状況下で、公的対応として重要な役割を果たす応急給水体制について述べる⁴⁾。

まず、近年の地震における断水の状況と、応急給水の実績についてみる。図15.2は、1964年新潟地震における新潟市、1978年宮城県沖地震における仙台市と塩釜市、1983年日本海中部地震における男鹿市と能代市、1993年釧路沖地震における釧路市の6市について、断水の回復過程を表す復旧曲線を示したものである。累積断水戸数は、新潟 113.1万（戸・日）、仙台 2.2万（戸・日）、塩釜 8.6万（戸・日）、男鹿 1.4万（戸・日）、能代 9.0万（戸・日）、釧路 636（戸・日）であり、新潟、能代、塩釜の順に大規模な断水であった。図15.3は、各市における応急給水の実績水量の日変化を比較したものである。応急給水の初動体制が整うのは早くても地震の翌日で、給水量のピークは3～5日目に現れることが多い。能代市では体制の強化が引き続いて行われ、ピークが12日目に現れている。延べ応急給水量は、新潟 7.2（万トン）、能代 0.4（万トン）、塩釜 0.2（万トン）の順に多い。

我が国においては、災害救助法が適用された場合、応急給水の責務は都道府県及び市町村にあり、地域防災計画に基づいて水道事業者は能力の許す限り応急給水に参画することになっている。実際には水道事業者が、周辺の自治体・民間・自衛隊などの支援を得て応急給水活動にあたる。「水道維持管理指針」³⁾には、給水量は以下の3段階に分けて順次増加する方針が明示されている。

第一段階では、生命維持に必要な最低水量として3（リットル/人・日）を確保する。期間は地震直後の混乱期3日間程度とし、拠点給水、運搬給水と住民の備蓄水で対処することが基本とされる。この水量は生理学的根拠に基づいて災害救助法で規定された量である。第二段階では、炊事・洗濯等の最低生活を営むための水量を、地域の状況に応じて仮設給水栓などによ

って確保し，応急復旧状況および供給能力に応じて水量を順次増強する．第三段階は，若干の不便はあるが通常の生活に必要な水量を給水可能とする事が目標とされ，一戸一栓程度で対処する．

図15.4は，自治体の地震災害時給水計画に関して日本水道協会が行ったアンケート調査（昭和55年）の結果³⁾を参考に，8都市について図示したものである．図中の直線プロットは，例えば仙台では「地震後2～15日目の応急給水量を20～100リットルとする」ということを便宜的に表示したものであり，直線的な増量計画であることを意味しない．想定している地震規模および被害規模が異なると考えられるため，一律に比較して論じることができないが，仙台市と新潟市は，震害経験を経ているため，実績を反映した計画となっていると考えられ，釧路市は新潟市に近いこと，小田原と横浜は総じて給水量が少なく，利用者の自助努力を前提としているとみられること，静岡と名古屋は全体の中間的な位置を占めること，等の傾向が見いだされよう．

図3には，生活用水原単位，節水目標値，応急給水目標値，生命維持推量の目安を併記した．算定主体・時期とも整合性に欠けるものの，これら4レベルの水量は対数軸上ではほぼ等間隔の水量となっており，水供給量 - 水消費行動の関係を簡潔に表しているといえる．

施設の全面的な耐震化が望めない現実の状況においては，応急給水のようなソフト的対応策の整備・推進が必須であり，地震災害に直面した場面での実効性を高める努力が重要である．そのためには，制度的な面での整備にとどまらず，現実的運用において，対策の有効性と正当性を裏付けるための評価手法を確立や，従来の震害経験にみられた問題点を解決することが必要である．

参考文献

- 1) (社)日本水道協会：水道施設耐震工法指針・解説，pp.159-188,1979.
- 2) 高田至郎：ライフライン地震工学，共立出版，1991.
- 3) (社)日本水道協会：水道維持管理指針，12.5 応急給水対策，pp.547-561，1982.
- 4) 能島暢呂：地震災害時の水運用について，地震防災シンポジウム「大都市を襲う地震災害と地震防災の課題 - ノースリッジ地震を教訓として」，日本建築学会，1994.

図15.2 被災都市における断水の復旧過程

図15.3 被災都市における応急給水量の日変化

図15.4 自治体における地震時応急給水計画（文献³⁾などをもとに作成）