

上下水道システムに対する地震リスクとその対策

秋葉道宏

国立保健医療科学院水道工学部

Earthquake Risk and Its Countermeasure for Water Supply and Sewage Systems

Michihiro AKIBA

Department of Water Supply Engineering, National Institute of Public Health

抄録

震災時における上下水道システムに内在するリスクとその対策について、過去において日本で発生した巨大地震の兵庫県南部地震、新潟県中越地震を教訓として検討を行った。下水処理場の被災による処理場の機能の停止は未処理下水が公共水域（河川）に放流されることになり、下流に上水道の取水口が位置する場合、感染症の発生リスクが高まることが想定される。地震発生直後の混乱期数日間においては、被災住民の生命維持を図るための飲料水、医療用水、消火用水の確保を図ることが最重要課題となることを示した。

キーワード： 水道，下水道，地震，危機管理，応急給水

Abstract

This paper describes the risk and its countermeasure presented in water supply and sewage systems, using the literature on two great earthquakes (the 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake and the 2004 Niigata Chuetsu Earthquake). Earthquake damage caused the blackout of sewage treatment plant and untreated wastewater was discharged to public water bodies, and in consequence, water-related infectious disease occurred high-risk, existing in intake facilities below. Drinking water, water for hospital and water for firefighting should be retained primly for a few days on earthquake.

Keywords: water supply, sewage systems, earthquake, risk management, emergency water supply

1. はじめに

わが国は、地震、豪雨、渇水などの自然災害が発生しやすい国土となっている。なかでも地震については、世界で1995年～2004年の間に発生したマグニチュード6以上の大規模地震945回のうち、210回（22.2%）が日本で起きているという世界有数の地震大国である。現在、わが国の上下水道は、これまでの整備により、水道の普及率が97%を、下水処理や浄化槽等汚水処理人口の整備率が75%を超え、上下水道システムは住民の日常生活や社会の諸活動全体の基盤として不可欠な存在となっている。しかし、ひとたび巨大地震が発生すると、地下に張り巡らさ

れた給排水管等が被災することにより、住民の生活・活動に甚大な影響を及ぼすことになる。

ここでは、上下水道システムの役割とそのシステムが震災を受けた場合の発生するリスクを整理し、過去に日本で発生した2つの巨大地震である兵庫県南部地震、新潟県中越地震の上下水道システムの被害状況を踏まえつつ、被災による迅速な応急給水について検討を加えてみたい。

2. 上下水道システムの役割と震災時の想定リスク

上水道システムは、図1に示すように取水場、導水管、浄水場、送水管、配水池、配水管、給水管から構成されて

〒351-0197 埼玉県和光市南2-3-6

2-3-6 Minami Wako, Saitama-ken, 351-0197, Japan.

いる。河川などの水源から、水道水の原料（原水）を取り、導水管で浄水場に送り、浄水場で飲用に適する水にまで水質を変換し、送水管で配水池まで運ばれ、そこから配水管、給水管を経て家庭の蛇口にたどり着くことになる。水道法（昭和32年制定）では、水道の目的を「清浄にして豊富低廉な水の供給を図り、もって公衆衛生の向上と生活環境の改善に寄与する」と規定し、水道を「導管その他の工作物により、水を飲用に適する水として供給する施設の総体をいう」と定義している。水を使用形態で区分した

ものを図2に示す。水は大きく分けて都市用水と農業用水として使用される。この中で、水道水は、家庭用水の他、消火用水、医療用水などの都市活動用水や工業用水としても使用され、住民の日常生活や社会の諸活動全体の基盤として不可欠な存在となっている。家庭用水の目的別使用量割合（東京都の調べ）によると、トイレ28%、風呂24%、炊事23%、洗濯17%の順であり、トイレの使用量がいちばん大きい。

下水道システムは、図3に示すように水管、雨水管等

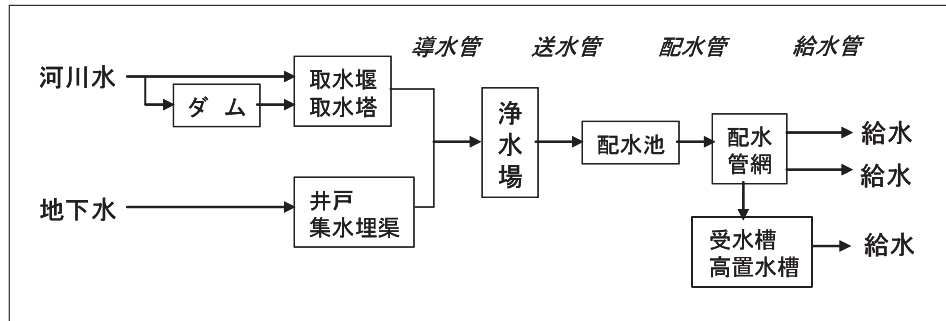


図1 上水道システムの構成

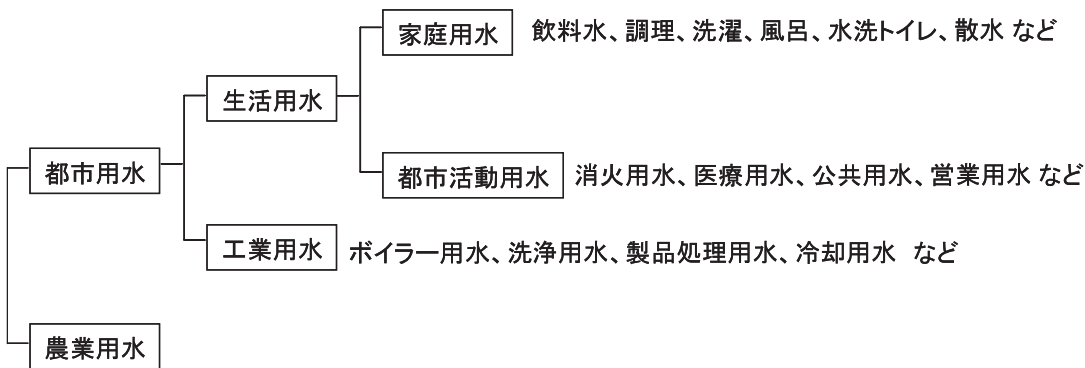


図2 水の使用形態の区分

の下水道管、ポンプ場、下水処理場から構成されている。下水の排除方式には分流式（図3上）と合流式（図3下）があり、分流式では、汚水を汚水管に、雨水を雨水管に、それぞれ別々の下水道管で流す方式である。一方、合流式は、汚水と雨水とも同一の下水道管で流す方式である。分流式の場合、家庭で水道水として使用（家庭用水）した後の水、例えば炊事、洗濯、風呂、トイレとして使用した水は排水口から敷地内の排水管をとおって、汚水ますを経て下水道管に接続されている。下水道管の汚水は、途中ポンプによって下水処理場まで送水される。下水処理場では、汚水を公共用水域に放流できるレベルまで水質を変換する。一方、雨どいからの雨水や敷地内に降った雨は、雨水ます、雨水管を経て河川等の公共用水域に放流される。このように下水道は、汚水や雨水の排除、公共用水域の水質保全などに大きな役割を果たしている。

以上のとおり、上下水道システムは、国民の生活や公衆

衛生等にとって極めて重要なライフラインの一つであり、地震の発生により上下水道システムが被災した場合、水に係る様々なリスクが発生することになる。

例えば、震災時には、地下に張り巡らされた配水管等が被災することにより断水が発生し、飲料水やトイレ等の生活用水の不足、また、医療活動や消火活動に必要な水にも支障をきたすことになる。下水管きよの被災は、下水量の増加によって下水が溢れ、公衆衛生上重大な事態を引き起こす恐れがある。特に合流式下水道の場合、降雨により下水管きよに堆積した汚濁物質が一気に放出される。下水処理場の被災による処理場の機能の停止は未処理の下水を公共用水域に放流されることになり、下流に上水道の取水口が位置する場合、感染症の発生リスクが高まることが想定される。また、事業所等からの有害化学物質の流出も懸念される。

厚生労働省では、国土交通省と共同で、地震等の緊急時

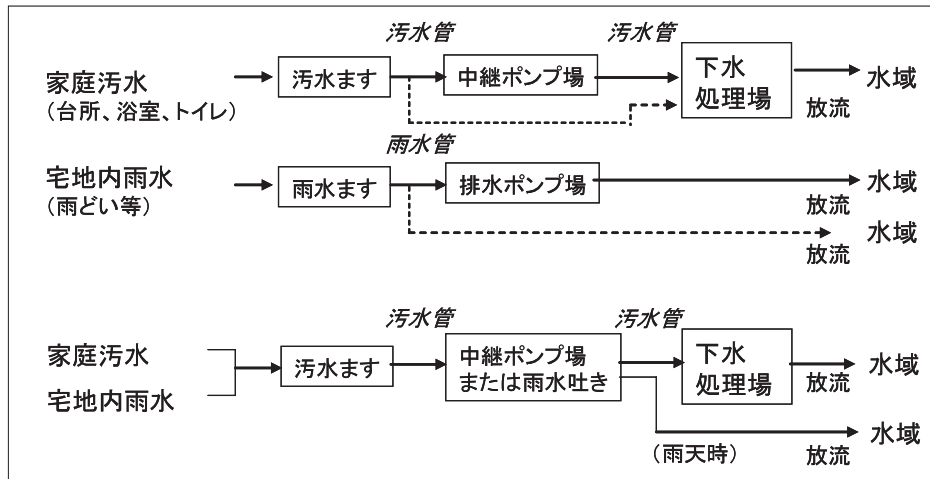


図3 下水道システムの構成

において国民の健康の保全，流域水質汚染の防止・公衆衛生の推進に資することを目的として，有識者による検討委員会（緊急時水循環機能障害リスク検討委員会）を設置し，この中で河川を中心とする流域に発生する水質リスク等の評価を行い，それらを回避・提言するための関係機関による連携方策についてまとめた¹⁾

震災ではないが，米国ルイジアナ州ニューオーリンズ市では2005年のハリケーン・カトリーナの襲来を受け，風水害により上下水道システムの機能停止など都市機能が壊滅し，浸水被害を受けた避難民の間でノロウイルスによる集団感染症が発生した。避難民2万4千人中，6,500人が診療を受け，そのうち1,165人（18%）が急性胃腸炎と診断と診断された。その内訳は511人（44%）下痢症のみ，342人（29%）嘔吐のみ，両症状316人（27%）であり，ほとんどの患者が18才以上の大人であった。また，医療スタッフも二次感染したと報告されている²⁾。我が国でも二次災害の事例として，2000年の鳥取西部地震で，48歳の男性が断水のため，震災で濁った自宅の飲用井戸を飲みレプトスピラ症に罹ったとの報告がある³⁾。

3. 震災による上下水道システムの被害状況

近年，震度7以上を記録した直下型地震は，1995年の兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）及び2004年の新潟県中越地震である。この2つの巨大地震は，中山間地域と都市臨海地域とそれぞれ発生したもので，表1に示すとおり被害状況に大きな違いが見られる。兵庫県南部地震では，二次災害として大規模な火災が発生し，人的・住家被害を大きくした。一方，新潟県中越地震では，4人に1人が高齢者で，避難や救護に配慮を要し，また土砂災害等による道路の寸断により，孤立集落が多数発生した。

以下，上水道システムの被害状況については，新潟県中越地震を中心に述べる。本地震では，40市町村（合併前の数），13万戸に上る断水が発生した。断水の原因としては，「水の濁り」2町，「停電によるポンプトラブル」1市，「管路の被害」6市23町1村であり，「管路の被害」が圧倒的に多かった。浄水場（上水道）の被害は，長岡市では地盤沈下や配管類の損傷，水質検査機器が破損したが，数時間で機能回復，小千谷市では地下水進入により非常用発電装置及び高圧受電盤が冠水し，浄水不能となったが，翌

表1 新潟県中越地震と兵庫県南部地震との被害の比較*

		新潟県中越地震	兵庫県南部地震
被災地人口（万人）		約110	約350
被災地高齢者人口（%）		29.8	16.4
死者・行方不明者（人）		48	6,433
火災		9件	7,456棟（焼失家屋数）
ライフライン	水道 断水（万戸）	約13	約130
	ガス 供給停止（万戸）	約5.6	約86
	電気 停電（万戸）	約31	約260
	電話 不通（回線）	約4,500	約300,000
被害額（兆円）		約3	約10

※文献⁴⁾を一部改変

日復旧した。しかし、小千谷市の簡易水道の浄水場では、地すべりにより流出・崩落した。管路の被害は、被害率で見ると、長岡市、小千谷市ではそれぞれ0.266件/km、0.130件/kmであるが、阪神・淡路大震災における芦屋市1.61件/km、西宮市0.72件/kmより低いことがわかった(図4)。これは、阪神・淡路大震災の教訓をとして、石綿セメント管や铸铁管を耐震性のダクタイル鉄管への更新してきたことの効果と分析されている。管種別被害形態については、被害の地域差が大きいため一概に比較できないが、離脱防止機構を有するダクタイル鉄管と溶接鋼管には被害は見られなかった。⁵⁾

現在、水道施設の耐震化率はいまだ低く、浄水場約20%、配水池約30%、重要な水道管について約14%という状況である。今後、浄水場で約4,000ヶ所、配水池で約17,000ヶ所、基幹管路で約12万kmの耐震化を行うことが必要となっているが、財政的に厳しい状況にある。水道事業は市町村経営を原則としており、中山間地域では集落単位で事業が運営されていることも多い、全国には約1

万の水道事業が存在しているが、このうち約8,000は、給水人工5,000人以下(簡易水道事業)であり、人口密度の低い中山間地域にあることから経営基盤が脆弱で料金収入だけでは経営が困難となっている。⁶⁾

下水道システムの被害については、下水処理場の機能停止により未処理下水の流出被害が1処理場で発生した他、管路の総延長152.1 km、マンホールの被害2719箇所、最大で1万3千戸の下水道が使用不可能になった。仮設トイレは約2千個設置されたが、十分な数ではなかったこと、トイレの様式が和式であったため、高齢者や要介護者に障害となったこと、またトイレが不衛生であったため、トイレの回数を減らそうと水分の摂取を制限したことによる健康障害も報告されている。

浄水場の取水口の upstream で、下水処理場の機能停止により未処理下水を河川に流出することになったが、流出先の河川流量に対して汚水の流出量が少量であったこと、翌朝には塩素滅菌、地震発生後7日目から応急復旧による簡易処理が実施されたことにより、問題は顕在化しなかった。

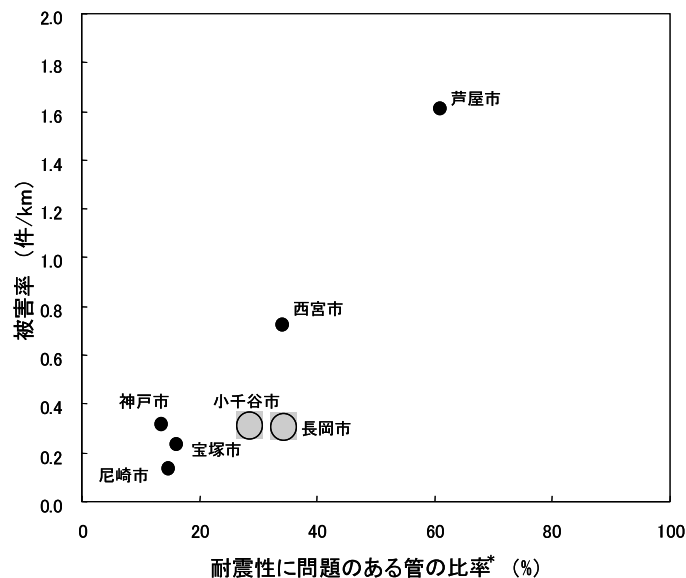


図4 管路の被害率と耐震性管路比率との関係⁵⁾

4. 震災対策

4.1 支援体制

水道事業者等は、地震が発生した場合、応急給水活動や応急復旧活動を円滑かつ迅速に進めていくためには、これらの活動の体制や内容等を定めておく必要がある。日本水道協会では、地震発生後1~2時間で「新潟県中越地震日本水道協会対策本部」を設置した。対策本部は、「地震等緊急時対応に関する報告書」(日本水道協会、1996年)に基づき、被災事業者、当該県支部、地方支部及び厚生労働省等と密接な関係を図り、被災地への応急給水や応急復旧の対応要請やその支援活動の調整を行った。この報告書による応援連絡体制は、図5のとおりである。

4.2 応急給水

地震に伴う断水の発生は、住民の生活・活動に甚大な影響を及ぼす。表2は、震災発生時(阪神・淡路大震災)から全市応急復旧完了に至る期間において、神戸市水道局災害対策本部で受け付けた苦情、要望、問い合わせ等の合計2398件の電話(いわゆる「市民の声」)の推移を定性的にとりまとめ、水道以外の他の都市基盤の復旧状況と重ね合わせて整理したものである⁸⁾。表中の括弧内は各期間末期の通水率を示している。地震発生直後の混乱期数日間においては、「生命維持用水が欲しい」「緊急用水が欲しい」等の被災住民の生命維持を図るための飲料水の確保が必要とされる。復旧が長引くにしがたい、断水市民の苦情は切実さを増し、震災発生から5週間目になると「水くみが

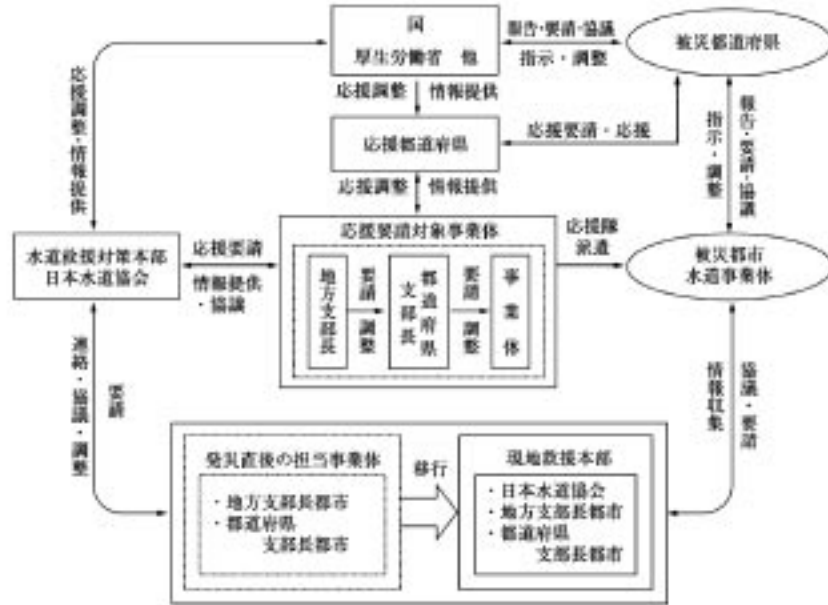


図5 日本水道協会の応援連絡体制⁷⁾

表2 震災発生後の市民生活状況の経時変化(神戸市)⁸⁾

期間	復旧の全般的状況	社会状況(新聞記事より)	市民の生活状況	要望	水道局で必要な対応
第1週 1/17~1/23 (44%)	混乱期 (避難)	1/20 銭湯再開1,500人が行列 1/22 代替バス開始	○断水により困難 ○飲料水を確保できず不安	○生命維持用水が欲しい ○緊急用水が欲しい	○飲料水の確保
第2週 1/24~1/30 (56%)	自宅復帰開始 (生活仮復旧)	1/24 電気ほぼ復旧 1/24 JR甲子園口~芦屋間運転再開 1/30 JR須磨~神戸間運転再開	○漏水して水が出ない ○応急給水の水量・頻度が不安定 ○復旧目途がわからず不安増大	○修復要望 ○生活用水が欲しい ○復旧目途を知りたい	○生活用水の確保 ○適切な応急給水 ○適切な広報(復旧目途)
第3週 1/31~2/6 (69%)	社会生活復帰開始 (社会経済活動復旧)		○他地区では通水し、不公平感 ○給水量、給水時間に不満 ○通勤再開で水汲みの人手が減り、運搬が困難	○早く自宅に通水して欲しい ○公平に復旧して欲しい ○応急給水の制約(量・時間)をなくして欲しい	○業務用水の確保 ○公平な復旧 ○仮設給水栓の設置
第4週 2/7~2/13 (78%)	本格復旧活動開始 (本格復旧)	2/8 JR芦屋~住吉間運転再開	○不公平感増大 ○運搬の限界	○一刻も早く自宅に通水して欲しい	○応急復旧完了 ○十分な応急給水
第5週~ 2/14~	通常生活復帰開始	2/20JR神戸~灘間運転再開 4/1JR灘~住吉間運転再開	○がまんの限界 ○怒り	○いまずぐ自宅に通水して欲しい	○自宅に通水(共用栓を含む)

大変辛い」「マンションの階段を上るのに疲れた」等の悲痛な声が寄せられるようになる。さらに「我慢も限界だ」「自分の家だけが通水を忘れられているのでは」等のように明らかに怒りの表現がでてくる。これらのことから、応急復旧期間の目安としては、可能な限り最長4週間以内となるが、阪神・淡路大震災は、年間をとおして水の消費量が少ない冬季に発生していることから、発生時期を考慮に入れる必要がある。

断水が住民に与える影響について、地震対策をふまえて用途区分ごとに目標を整理すると以下ようになる。

(1) 飲料水の確保

生命維持に必要な水量は、一人一日2~3ℓとされており、地震発生直後の混乱期数日間においては3ℓ以上の飲料水を確保・供給することが必要とされる。

(2) 医療水の確保

医療用水は、地震発生直後、家屋の倒壊等で負傷した住民の早期治療や手術等の緊急医療活動を行う上で必要不可欠であり、また入院患者や通院患者は、震災時にも継続して医療を受けることが必要である。兵庫県が実施した医療機関へのアンケート調査によると、兵庫県南部地震で、医療行為を停止させた原因の第1番目は、「水道水の供給不能」であり、以下「電話回線の不通および混乱」「ガスの

供給不能」「医療従事者の不足」と続く。医療活動への影響は、「人工透析用水」「X線撮影装置」「手術用機材の洗浄」「手洗い用水・清掃用水、入浴用水」が上げられる。

災害対策本部によると、県内139病院のうち、47病院で被害があったと報告されている。人工透析実施機関は50機関あり、5機関が被害を受けた。特に長岡市内の透析治療を実施している病院では、1日あたり150m³の大量の給水が必要であったが、容量が2m³程度の給水車では病院の受水槽が大きすぎたため、酒造メーカから大型のタンクローリーの提供をうけて難を逃れた。⁹⁾

国の中央防災会議では、「首都直下地震対策大綱」の中で、水道・電気等のライフラインは、災害時の救助・救命、医療救護及び消火活動など応急対策活動を効果的に進めるうえで重要となることから、地震時にライフライン機関が寸断することがないように、ライフライン事業者は、特に3次医療機関（高度で専門的な治療が可能な大学病院等）等の人命に関わる重要施設への供給ラインの重点的な耐震化等を進めるよう促している。医療用水の整備方針としては、各医療機関自ら確保することを原則としているが、厚生労働省では、平成17年度予算で、「重要給水施設配水管」への補助を新設し、一定の要件はあるが、地域防災計画等に明記されている拠点病院への耐震管路を補助対象としている。

京都市¹⁰⁾では、兵庫県南部地震の教訓として、平成13年度に策定した「京都市防災水利構想」の中で、医療用水を「透析・注射及び医療器具などの医療行為に必要となる水と入院患者等の感染防止などに必要となる水」と定義し、それぞれ確保水量と手段を以下のとおり定めている。

- ・透析治療を実施していない医療機関：20ℓ／床／日
- ・透析治療を実施している医療機関：150ℓ／透析治療患者数／日

医療用水の整備方針としては、各医療機関自ら確保することを原則としているが、緊急を要する医療機関へ優先的な給水体制の確立など、関係機関の協力体制を確立することとしている。大阪市水道局では、平成18年策定の「大阪市水道・ランドデザイン」の中で、震災後の応急医療

活動並びに消火活動を支援する水道システムの整備に向けた「救命ライフライン構想」を推進するとしている。

横浜市水道局では、平成18年策定の「災害医療拠点病院等への水道管耐震化10ヶ年計画」の中で、災害医療拠点病院等67か所の応急給水について、従来は給水車による運搬により対応することとしていたが、今後は水道管を耐震化し、災害時に水道管からの給水を継続することにより、医療行為の停止を防止することとしている。

(3) トイレなど生活用水の確保

地震発生直後の混乱期が一段落すると、炊事、風呂、トイレ等の生活用水の確保・供給していくことが必要となる。生活用水の必要水量は目安として以下のような値となっている。

- ・風呂：一人一日22～53ℓ（129～180ℓ／世帯・回）
- ・洗濯：144～235ℓ／世帯・回
- ・トイレ：8～12ℓ（一人一日30～57ℓ）

(4) 都市活動用水の確保

地震発生後3週間を経過したあたりから、営業用水、事務所用水などの都市活動用水の確保が必要となる。銀行では、計算機センターなどの冷却水に水道水を用いており、例えば大手都市銀行の場合、冷却水不足によるコンピュータの停止は、日本はもとよりネットワークを通じて諸外国にも大きな影響を及ぼし、全世界の社会混乱の原因となる。大手都市銀行における計算機センターのコンピュータの冷却水量は以下のとおりである。これらの銀行では独自に2～5日分の水を備蓄している。

- ・A銀行（国内勘定系、情報系オンライン、国際業務、資金証券オンライン系等）：380m³／日
- ・B銀行（集中処理業務、手形交換業務等）：300m³／日

応急給水の目標設定においては、応急復旧期間において、被災後の経過日数ごとに、「目標水量」や「運搬距離」を定め、応急給水拠点の配置および応急給水量の確保を留意必要がある。表3に応急給水の目標設定例を示した。

表3 応急給水の目標設定例¹¹⁾

地震発生からの日数	目標水量	市民の水の運搬距離	主な給水方法
地震発生～3日まで	3ℓ／人・日	概ね1km以内	耐震貯水槽、タンク車
10日	20ℓ／人・日	概ね250m以内	配水幹線付近の仮設給水栓
21日	100ℓ／人・日	概ね100m以内	配水支線上の仮設給水栓
28日	被災前給水量 (約250ℓ／人・日)	概ね100m以内	仮配管からの各戸給水 共用栓

注) 目標水量、運搬距離は、当該地区での井戸水使用等の水確保手段、地形などの条件にできるだけ配慮。

5. おわりに

地震等の災害が発生した場合、最も被害を受ける人たちは、高齢者、障害者、病人、乳幼児等である。政府は、こ

のような人々を「災害時要援護者」と呼び、平成18年3月、「災害時要援護者の避難支援ガイドライン」を公表し、都道府県、市町村をはじめ関係機関等に対して、「災害時要援護者」の避難支援体制の整備の徹底を求めている。新

潟県の発表によると、中越地震の発生時、寝たきりなどで要介護認定を受けた人は要支援を含め県内に約8万4千人、このうち地震で自宅から特別養護老人ホームなどの施設へは約8百人、学校などの避難所へは約3百人もの人が避難したという。特別養護老人ホーム等の重要施設や避難所へは優先的に応急給水が行われるが、水の量的なリスクはさげられない。身体等の洗浄水の不足は衛生環境の悪化をもたらす、感染症発生等の二次災害を引き起こすおそれがある。感染症が発生した場合、最も被害を受けるのは病原微生物の感受性の強い「災害時要援護者」である。また、医療用水の不足は、直接人命に危険をもたらす。

このように、上下水道システムは、人命にかかわる重要なシステムである。国の中央防災会議等は、近未来には、東海地震、東南海・南海地震、首都圏直下地震等の巨大地震が高い確率で発生すると予測しており、水道事業者等においては、平常時より経年管の更新、耐震性の高い管路への布設替えを計画的に推進し、一旦地震が発生したときの応急給水・復旧の整備も、より一層進めなくてはならない。

引用文献

- 1) 厚生労働省健康局水道課. 平成17年度流域水質の総合的な保全・改善のための連携方策（緊急時の水質リスクに対応した連携方策）検討調査報告書, 2007.
- 2) Palacio H, Shah U, Kilborn C. *et al.* Norovirus outbreak among evacuees from Hurricane Katrina –Houston, Texas, September 2005. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 2005 ; 54 (40).
- 3) Aoki T, Koizumi N, Watanabe H. A Case of Leptospirosis probably caused by drinking contaminated well-water after an earthquake. *Jpn J Infect Dis* 2001 ; 54 : 243-244.
- 4) 内閣府. 中山間地等の集落散在地域における地震防災対策に関する検討会参考資料. 2005.
- 5) 厚生労働省. 新潟県中越地震水道被害調査報告書. 2005.
- 6) 宮崎正信. 水道行政の現状と今後の課題. *環境技術* 2007 ; 36(1) : 43-47.
- 7) 日本水道協会. 地震等緊急時対応に関する報告書. 1996.
- 8) 財団法人水道技術研究センター. 近鉄圏における広域防災拠点整備・連携方策策定調査報告書. 2002.
- 9) 高田至郎, 鋤田泰子, 中尾真紀. 新潟県中越地震における病院ライフラインの被害と分析. *神戸大学都市安全研究センター研究報告* 2005 ; 8 : 377-391.
- 10) 京都市. 京都市防災水利構想. 2002.
- 11) 厚生省. 水道の耐震化計画策定指針（案）. 1997.