

住民意識を考慮したソフト・ハード両面からの 上下水道減災対策の最適化手法の提案

池本 良子¹・山中 明彦²・宮島 昌克³・安田 誠宏⁴・森崎 啓⁵・高野 典礼⁶

¹正会員 金沢大学教授 理工研究域環境デザイン学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail: rikemoto@se.kanazawa-u.ac.jp

²正会員 パシフィックコンサルタンツ(株) (〒530-0004 大阪市北区堂島浜1丁目2-1)
E-mail: akihiko.yamanaka@os.pacific.co.jp

³正会員 金沢大学教授 理工研究域環境デザイン学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail: miyajima@se.kanazawa-u.ac.jp

⁴正会員 関西大学准教授 環境都市工学科 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3-35)
E-mail: yasuda-t@kansai-u.ac.jp

⁵正会員 パシフィックコンサルタンツ(株) (〒101-8462 東京都千代田区神田錦町2丁目22番地)
E-mail: hiroshi.morisaki@os.pacific.co.jp

⁶正会員 石川工業高等専門学校准教授 環境都市工学科 (〒929-0392 石川県津幡町北中条)
E-mail: takano@ishikawa-nct.ac.jp

過疎化高齢化の課題を抱える中小都市における災害対策においては、ハード対策のみでは限界があり、ソフト対策を効果的に盛り込んだ対策を検討する必要があるが、そこには、ソフト対策を実行する住民の意識が極めて重要である。本研究では、過去に大きな地震による被災経験を持ち、かつ、津波襲来の危険性が指摘されている、石川県輪島市輪島地区を対象に、住民意識を取り入れたハード対策とソフト対策の最適化手法について検討を行った。まず、対象地域における上下水道施設の現状を調査し、被災初期から施設の機能回復までの期間における上下水道施設の地震対策について検討した結果、基幹施設であるポンプ場における津波を考慮した対策の重要性を指摘した。次に、対象地域の住民に対してアンケート調査を行った結果、断水を許容できる期間は3日であるのに対し、簡易トイレを許容できる期間は5.4日と比較的長かった。水道施設と下水道施設のハード対策への支払意志額は同程度であったが、簡易トイレの支払意志額はハード対策の21か月分であった。

Key Words : water supply and sewer system, non-structural measure, acceptable days, willingness to pay

1. はじめに

大規模地震時の上下水道施設の被災は、その後の住民の健康や生活環境、自然環境に多大な影響を及ぼすことが知られている。東日本大震災においては、下水道施設の津波に対する脆弱性が浮き彫りとなった。

上下水道施設の地震対策については、国や協会（下水道協会、水道協会等）が主体となって耐震基準を設定し、それを元にして各自治体が整備計画を策定し、施設の補強や再構築等の事業を実施している。しかし、各自治体の地震危険度は地域条件（地盤条件や津波危険度等）により異なるため、必要となる対策規模が大きく異なる上、自治体の財政力によっても対策達成度が大きく異なってくる。そのため、特にハード対策については、地域によって

地震対策レベルに差があり、更には対策期間が長期に及ぶ可能性もある。この間はソフト対策による地震対策が必要となることも想定される。また、想定範囲を超える規模の地震の発生も考えられ、ハード対策のみでの安全性確保には限界があり、ソフト対策を効果的に盛り込んだ対策を検討することが有効な手段になると考えられる。しかし、ソフト対策を実行するのは、地域の住民であり、それをどこまで盛り込んだ対策を実施するかについては、住民の視点が極めて重要である。

本研究では、過去に大きな地震による被災経験を持ち、かつ、津波襲来の危険性が指摘されている、石川県輪島市輪島地区を対象に、住民へのアンケート調査を行い、被災初期から施設の機能回復までの期間において、住民の視点を取り入れたハード対策とソフト対策の最適化手法について検討を行った。

2. 対象地域の概要と上下水道施設の状況

石川県輪島市は、能登半島の北西に位置している。平成 28 年 4 月 1 日現在の人口は 28,426 人であり、輪島市と門前町が合併した平成 18 年 2 月 1 日の 34,750 人から、18%減少している。65 歳以上の高齢者が 12,014 人と 42%を占めており、高齢化と人口減少が著しい地域である。平成 19 年の能登半島地震では、震度 6 強を観測し、大きな被害があった。特に門前地区において、下水道施設の被害が大きかった。

石川県輪島市の公共下水道事業は、平成 6 年度より輪島処理区（事業計画区域 387ha）において事業着手し、平成 12 年 6 月に輪島市浄化センターの供用を開始している。平成 25 年度末時点での下水道普及率は 99.8%（=13,937 人 / 13,970 人）と高い値を示している。旧輪島市街地のほぼ全域をカバーする輪島市浄化センターは、市街地を流れる河川の上流域に位置し、市街地の汚水はポンプにより終末処理場に送られるシステムとなっている。すなわち污水排除が自然流下方式ではなく動力源（電源等）を必要とする圧力式であることから、自然流下式に比べて災害時においてポンプ場が被災した場合、下水道を使えない地域が多く発生し、復旧にも時間を要する可能性がある。図-1 は、輪島市における上下水道施設の位置を示したものである。基幹施設である「輪島市浄化センター」、「堀町ポンプ場」、「河合町中継ポンプ場」はすでに耐震化がされており、想定範囲内の地震による直接被害は考えにくい。一方、管路施設についても、97.2km のうち、平成 10

年度以降に建設された 84.7km についても耐震化がなされている。

一方、水道普及率は 99.3%であり、市街地にある川原田川を水源とした浄水施設が対象地区に給水している。未耐震化の施設が多く、耐震化率は 14%である。

高齢化、人口減少という課題を抱えている本地域においては、効果的で経済的な災害対策は、極めて重要と考えられる。

以上のような現状を鑑みると、今後、以下の対策が必要と考えられる。

1) 津波を考慮したハード対策

下水道管路の耐震化率は高いが、津波被害を想定すると、管路に被害が発生しなくても、泥水の流入による流下機能障害が発生する恐れがある。津波被害を想定した早期の復旧マニュアルを整備しておく必要がある。

一方、当該地区には、前述したように処理場までの基幹管路（圧送）と 2 箇所のポンプ場があり、本施設が機能不全に陥った場合には、ほぼ全域の下水道が使用不能となることから、地震対策上においては最重要地区になると判断できる。これらの施設は、すでに耐震化されており、地震動による施設の補強等の必要ない。一方、現状の津波予測では、市街地が浸水するものの、ポンプ場までは、津波が到達しない想定になっている。しかし、市街地が浸水した場合のポンプ場の安全性については、不明である。施設の重要度と鑑みると、地震動による被害想定に加えて、津波による被害を想定し、電源施設の浸水対策も必要と考えられる。



図-1 輪島地区の上下水道施設

2) 水道被災時の効果的な給水対策とトイレ対策

水道施設が復旧するまでは、家屋に被害がなくても避難所で生活をする人が多いことが知られている。避難所近隣の住民については、自宅で生活していても避難所のトイレを利用する場合が多い。そのため、減災対策として、被災住民への給水車による生活用水の供給、および避難所におけるトイレ対策を検討する必要がある。特に、避難所における過去の対策事例によれば、防災トイレには様々な形式があり、災害時のトイレ対策は、避難所における生活環境の快適性を向上する観点においては重要な検討事項である。

3) 水道復旧後の効果的な下水道ソフト対策

対象地域では水道、下水道ともに被災する可能性がある。水道施設の復旧を優先した場合、下水道施設の復旧と必ずしも連携できるとは限らない。過去の災害においても、水道施設が復旧しているにもかかわらず、下水道施設が被災しているために、マンホールからの溢水や下水処理場での未処理もしくは簡易処理放流が行われてきた。断水しない地域や、早期に復旧する地域におけるトイレ対策を検討する必要がある。

3. 地震対策に対する住民意識調査

3.1 調査方法

地震対策の効果の発現には、耐震補強等の対策そのものの性能に加え、対策を享受する住民の対策へのインセンティブが有効に働くことが重要となる。例えば、多額の投資によって施設の補強対策を実施しても、不確定な要因（想定範囲外の地震規模や津波の発生等）によって、その効果が投資額に見合う結果を得ることができない場合は、必ずしも最適な投資とは考えられない。その反面、ソフト対策等の小額な投資でも、享受する住民が、その効果を納得できれば、対策はより有効に機能すると考えられる。そのためには、住民が地震対策に対してどの程度の投資が妥当と考えるかをあらかじめ検討しておくことが、最適な対策を検討する上で有効となる。また、具体の対策を検討する上でも、住民の満足度の評価を確認しておくことは、対策の効果を最大限に発揮させることに対する評価基準として有効なものになると考えられる。そこで、本研究では、以下のような内容の調査用紙を作成し、石川高専および金沢大学学生に対して、予備調査を実施して改良した後、輪島市輪島地区の舳倉島を除く 4200 世帯に対して調査票を配布し、町会を通した回収を実施した。

- ① 各家庭における水の備蓄量
- ② 下水道被災時のトイレの利用に関する意識
- ③ 簡易トイレで我慢できる日数
- ④ 下水道被災時の水道利用制限に関する意識
- ⑤ 地震津波対策に関する支払意思額

⑥ 簡易トイレに関する支払意思額

⑦ 断水の我慢できる日数

⑧ 水道の耐震化に対する支払意思額

3.2 調査結果と考察

回収した調査用紙は、395 通であり、有効回答数は 386 通であった。

図-2 は水の備蓄量について示したものである。ペットボトルを備蓄している家庭は 33%程度存在するが、備蓄量は平均で 16 リットル程度であり、4 人家族では一人当たりは 4 リットル程度である。1 人 1 日の飲料水の必要量は、2 リットル程度であることが知られていることから、2 日分の備蓄しかないことになる。飲料用以外にふる水や井戸水を備蓄している家庭もあるが、下水道に機能障害が発生した場合には、溢水等の被害が生じる可能性がある。

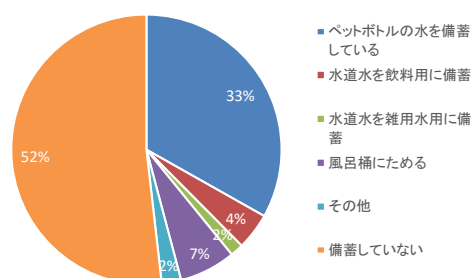


図-2 水の備蓄

図-3 は、断水を許容できる日数および簡易トイレの使用を許容できる日数を示したものである。断水は、3 日まで許容できる人が 80%近くを占めており、平均では 3 日となった。一方、簡易トイレの使用を許容できる期間については、3 日以内は約半数であり、平均では 5.4 日と、水道と比較すると許容期間が長いことがわかる。これは、水道復旧後であっても、下水道の使用制限が 2 日程度は可能であることを示唆している。

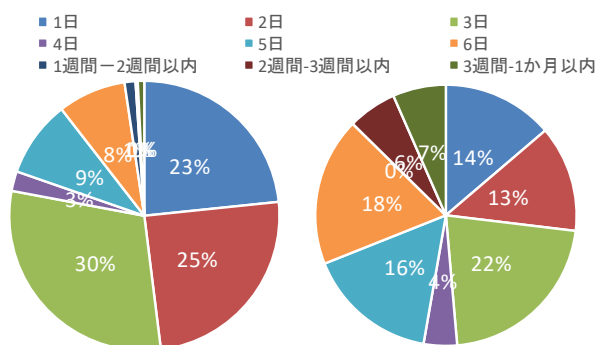


図-3 断水および簡易トイレで我慢できる日数

図-4 は、水道および下水道のハード対策に対する 1 ヶ月あたりの支払意思額を示したものである。両社に大きな違いはなく、平均値は水道で 212 円、下水道で 199 円であった。水道だけでなく、下水道に対しても投資の必要性を感じている結果であった。

輪島地区の世帯数は 9660 世帯であり、水道で年間 2460 万円、下水道で年間 2310 万円程度が妥当投資額となる。

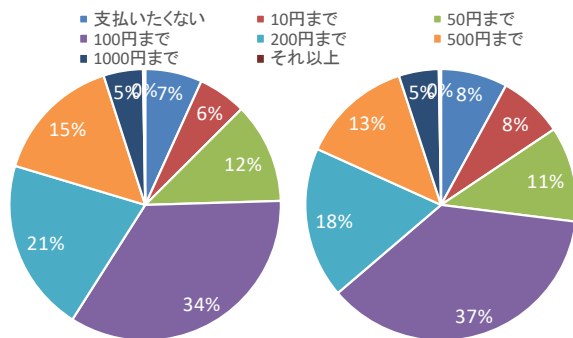


図-4 水道および下水道のハード対策に対する支払意思額

一方、図-5 は、下水道が使えない際に自宅で使う簡易トイレに対する 1 回あたりの支払意思額を示したものである。平均では 66 円となり、1 人 1 日 5 回の使用を仮定すると、本地区の 1 世帯当たりの平均人数は 2.3 人であることから、1 世帯当たり 764 円となり、これに簡易トイレを許容できる日数 5.4 日に乗じると 1 災害あたり 4125 円となる。これは、1 か月のハード対策の支払意思額の 21 か月分となった。

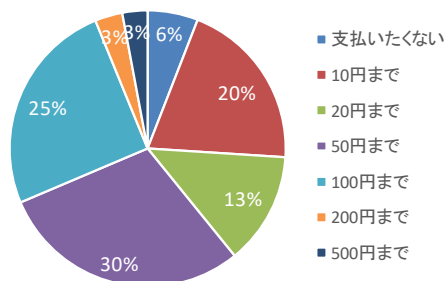


図-5 家庭用簡易トイレに対する支払意思額

これらの結果に基づいて、当該地域における最適な地震対策の策定に向け、その評価方法について検討する。

住民満足度の観点から、機能発現できる期間の設定を行う必要がある、アンケート結果に基づき、事前対策としての財政支出額（この場合、基本的には

被災時の断水期間を極力短縮する）と住民の支払意思額との比較評価により、事業の対応レベルを決定する。例えば、未耐震管路を 10 年で改善するための投資額が、その受益を享受する住民が支払う可能な費用（支払意思額）の 10 年分と同等となれば、その事業は実行可能と判断する。また、支払意思額が、未耐震管路の 50% であれば、優先順位（基幹管路とその他管路）の設定を行い、事業執行を検討することが可能となるであろう。一方、下水道の復旧に要する期間や、その間の対策についてもアンケート結果から考察を行うことが可能である。今後、本アンケート結果の解析を行い、これらのことを検討していく予定である。

4. おわりに

住民の視点を考慮したソフト・ハード両面からの上下水道減災対策の最適化手法について、輪島市輪島地区を対象として、検討を行った。まず、対象地区の現状を調査し、津波を想定した対策の重要性を指摘した。次に、地区住民へのアンケート調査を行った結果、断水を許容できる期間は 3 日であるのに対し、簡易トイレを許容できる期間は 5.4 日と比較的長かった。水道施設と下水道施設のハード対策への支払意思額は同程度であったが、簡易トイレの支払意思額はハード対策の 21 か月分であった。今後はこれらの結果をもとに、効果的なハード対策とソフト対策の組み合わせについて検討を行う。

一方、輪島市における地震危険度については、地震そのものの揺れに伴う被害に加え、津波による被害の可能性もあり、地震規模により異なる浸水エリアの設定も踏まえ、被害想定を高精度に、検討の深度化を目指していくことが重要と考えられる。

謝辞：本研究を実施するにあたって、輪島市上下水道部の担当者各位には、多くの貴重な情報を御提供頂き、現状抱えている問題等について議論させていただきました。本研究は、土木学会地震工学委員会（小委員長：金沢大学・宮島昌克教授）の活動として実施したもので、委員各位には多くの助言をいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 輪島市上下水道部：輪島市下水道事業業務継続計画＜地震・津波災害版＞（平成 27 年度版）

COMBINATION OF STRUCTURAL AND NON-STRUCTURAL MEASURES OF WATER SUPPLY AND SEWER SYSTEM BASED ON CONSCIOUS AND OWNERSHIP OF LOCAL RESIDENTS

Ryoko YAMAMOTO-IKEMOTO, Akihiko YAMANAKA, Masakatsu MIYAJIMA, Tomohiro YASUDA, Hiroshi MORISAKI, and Morihiro TAKANO

In small-scale city, which populations are aging and decreasing, not only structural measure but also non-structural measure of water supply and sewer system against natural disaster are useful. To plan the effective non-structural measure, conscious of local residents are important. This study proposes a combination method of structural and non-structural measure through a case study in Wajima district of Wajima City. First, as the results of survey of the Business Continuity Plan (BCP) made by Wajima City Office, structural measure of sewer system by considering tsunami was proposed to be important. Next, a questionnaire investigation to the local residence was performed. Average acceptable days of water supply cutoff were 3 days, and average acceptable days of portable toilet usage were 5.4 days. Willingnesses to pay (WTP) for structural measure of water supply and sewer system were 212 yen/month and 199 yen/month, respectively. WTP for portable toilet was 66 yen/once, which was equivalent to 22 month of WTP for structural measure. Future study can propose an effective combination measure using above results .