

## リスク・コミュニケーションの観点を用いたCVM（仮想市場法） による水道管路耐震化への住民の支払意思調査

A Survey on the Consumers' Willingness to Pay to Enhancing Earthquake Resistant of  
Water Distribution Pipes by Contingent Value Method from a view of Risk  
Communication

谷口 靖博<sup>1</sup>, 宮島 昌克<sup>1</sup>, 杉本 亮輔<sup>1</sup>

Yasuhiro TANIGUCHI<sup>1</sup>, Masakatsu MIYAJIMA<sup>1</sup> and Ryosuke SUGIMOTO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>金沢大学大学院自然科学研究科

Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University

The rate of earthquake resistant of water facilities is said to be lower, concretely speaking, about 12% for distribution pipes main on average in Japan. So it's getting more important to decide the level of resistant against earthquake. In this study we did questionnaires to the citizens showing the relationship between the cost of replacing old pipes and the risk of water suspension from a view of risk communication. The results of analyses show that maximum permissible limit for water suspension is about 2 to 3 days and willingness to pay for enhancing earthquake resistant is about 400 to 800 higher than it already is. But with the willingness, it is impossible to fulfill their permissible limit, so risk communication such as CAUSE model is necessary.

**Keywords:** *contingent value method, risk communication, willingness to pay, maximum permissible limit, water suspension, CAUSE model*

### 1. はじめに

我が国の水道は平成 19 年に普及率が約 97%<sup>1)</sup>となり、いつでも低廉で飲用可能な高品質の水が供給され、毎日の生活及び社会活動に必要な不可欠なライフラインとして定着している。高度経済成長時代の拡張やそれ以降の施設整備により、水道管布設替工事をを行ったとしても、最小限の断水で済むことが多く、水道は、常に絶えることがないサービス水準に達していると言える。

一方で水道は、ガスや電気といった他のライフラインと同様、地震などの自然災害に対しては脆弱であり、地震による被害を受けると、一定期間の断水を余儀なくされる。近年の国民生活レベル向上に伴い、日常生活や社会活動に必要な水道は、水道事業者による応急給水体制や応急復旧体制の確立、耐震化などにより、その断水被害を最小限に抑えるよう努めていかなければならない。

ところが、水道管路の耐震化率は、平成 18 年度末で基幹管路が約 11.9%（延長ベース）<sup>2)</sup>、応急給水計画を策定している水道事業者が約 34%<sup>3)</sup>と、必ずしも十分に進んでいるとは言えない状況である。これは、平成 7 年の阪神・淡路大震災のようなレベル 2（地震動供用期間中に発生する確率は低い、直下型地震又は海溝型巨大地震に起因する高いレベルの地震動）クラスの地震に耐えうる離脱防止型ダクタイル鋳鉄管<sup>4)</sup>の採用が全国的に広がってまだ約 10 年であること、高度経済成長時代の拡張期に布設され、法定耐用年数を経過した管路が多く存在し、近年の水道事業者の財政事情の悪化により、法定耐用年数を経過しても更新できない管路が多く存在す

ることなどが原因である。

そのため、水道事業を管轄する厚生労働省や水道の関連団体は「水道施設・管路耐震性改善運動」を平成 20 年度から展開し、地震に強い水道を目指して水道管路の耐震化に取り組んでいく機運を高めようとしており、より一層の耐震化の必要性が叫ばれているところである。ところが水道管路の耐震化は、水道事業を営む市町村の関係議会による承認は経るものの、水道事業者が作成した事業計画によって行われている事例がほとんどであり、一般住民の地震による水道の断水リスク認知が反映されているとは限らない。そのため、水道事業者と住民がリスクを共有しながら耐震化を進めていくというリスク・コミュニケーションを行い、耐震化レベルについて合意形成を図っていくことが今後必要になってくると思われる。

そこで本研究では、住民とのリスク・コミュニケーションの観点を用い、仮想市場法（Contingent Value Method：CVM）によって水道管路の耐震化に係る住民の支払意思を把握するアンケート調査を行った。

CVM は、アメリカでは 1980 年代に入ってから環境保全政策の社会的効果を評価するために導入されるようになり、日本でも環境経済学等を中心として発展してきた評価手法である。水道分野においては、吉田ら<sup>5)</sup>による水源林の便益評価における支払意思の把握、防災分野においては、竹谷ら<sup>6)</sup>による防災まちづくり事業における便益評価、佐藤ら<sup>7)</sup>による家屋の耐震補強工事への住民意識分析に用いられており、本研究では、水道管路の耐震化への WTP（Willingness To Pay：支払意思額）分析

の際に用いることとした。

さらに本研究では、アンケート調査によるリスク・コミュニケーションの有用性について検証したので、その内容について報告する。

## 2. 研究の背景と目的

### (1) 研究の背景

近年行われた震災時の水道の断水受忍限度に関するアンケート調査<sup>8) 9)</sup>によれば、発災後平均して2~3日程度しか断水に対して我慢できないという回答結果が寄せられている。また、阪神・淡路大震災時の実績によれば、震災時応急復旧過程での電話データからみたとし、苦情などの電話が発生しないような震災時応急復旧目標期間は1週間であると言われている<sup>10)</sup>。

ところが、多くの水道事業体では発災後の水道の応急復旧目標日数を地震発生から約4週間後<sup>11)</sup>としており、平成16年の新潟県中越地震でも、水道の復旧までに最大約1ヶ月<sup>12)</sup>を要した。このように、住民の意識と水道事業体が目標としている復旧目標にギャップが生じており、これは前述の耐震化率の低さに起因していることは言うまでもない。

水道管路の耐震化促進のためには、料金値上げや国庫補助制度拡充、企業債活用などによる耐震化費用の確保、水道事業体職員及び職員給与費の削減や事務事業の整理による経費削減、より安価な耐震化技術の開発や耐震化工事事務の効率化による耐震工事の迅速化などが挙げられる。これらの中でも料金値上げは抜本的対策であるが、これを実行するためには、水道の利用者であり水道料金の負担者である住民の理解が必要である。耐震化の前倒しを理由に料金値上げを行った水道事業体も存在するが、水道管路の耐震化に係る住民との直接的なコミュニケーションを実施し、その結果を耐震化施策に反映した事例は少ない。

また、こういった耐震化などの地震対策の投資をめぐる問題は、社会的ジレンマの一種として捉えることができる<sup>13)</sup>。すなわち、地震発生前に耐震化に係る出費を大きくして地震に対する備えを行っておけば断水リスクは低減させることができるが、出費を惜しめば、いざ災害が発生した場合の出費が大きくなる。さらに、災害に対する備えに関して決定要因となるのは、住民の地震災害に対するリスク認知であり、これは、水道事業のような社会基盤整備などの公共政策にも影響を及ぼすことが指摘されている<sup>14)</sup>。ところが、水道施設の約7割を占めると言われている管路については、その大部分が地中下に埋設されており、その耐震性や老朽度の可視化が容易でないため、非耐震性などのリスクが市民にとっては実感できないのが実情である。

そのため、水道管路の耐震化を進めるにあたっては、地震災害に対する市民の断水リスク認知を把握したうえで、水道事業者と住民がお互いの信頼関係のもと、発災時の断水などのリスクに関する情報を共有し、リスク解決策として、費用負担をさらに進めても水道管路の耐震化を進めていくのか、それとも現状のリスクを受容するのかなどを議論するというリスク・コミュニケーションを行い合意形成を図っていく必要がある。

### (2) 本研究におけるリスク・コミュニケーションの位置づけと研究の目的

リスク・コミュニケーション<sup>15)</sup>とは、広義には、リスクに関わるコミュニケーションのことで、報道機関と一般の住民・国民とのコミュニケーション及び行政機関やリスク研究者と一般住民・国民との間のコミュニケーションのことを指し、後者を狭義のリスク・コミュニケーションとしている。狭義のリスク・コミュニケーションは、地震災害の場合は、行政、あるいは、中立的立場たるリスク研究者から構成されるリスク専門家と一般の住民との間のコミュニケーションである。防災行政を考える場合、どの程度の予算と人材を防災行政に投入することが適正であるかを考えなければならない。この社会的ジレンマであるトレードオフを考えるためには、リスクに関しての十分な知識を共有した上で、行政、リスクの研究者、そして一般の住民が、それぞれの立場の役割を踏まえつつ、共に考えていくものであり、しかもそのコミュニケーションは、リスク専門家からの一方的なコミュニケーションではなく、双方向のコミュニケーションでなければならないとされている<sup>15)</sup>。

リスク・コミュニケーションの手法であるコミュニケーションプログラムには、アンケート調査も標準的なプログラムとして考えられるが、これまでの実証的研究で、その有効性が裏付けられているものではない<sup>16)</sup>。

そこで本研究では、こういった社会的ジレンマに対する方策の1つを決定する手法として、耐震化に要する費用と地震後の断水リスクとの関係を示したうえで水道管路耐震化へのWTPを問うというリスク・コミュニケーションの観点を川用することとし、アンケート調査を行うことによって、どの程度の耐震化投資が妥当であるのか検討するとともに、さらに、アンケート調査によるリスク・コミュニケーションの有用性について検討することを目的とした。

## 3. アンケート調査

### (1) アンケート調査の目的

前述のとおり、耐震化を達成するためには、それ相応の住民の費用負担が前提となり、費用負担と断水被害とはトレードオフの関係にあるという社会的ジレンマが存在する。耐震化を促進するために、断水リスクを住民に開示し、リスク・コミュニケーションにより、どの程度まで耐震化施策を進めていくのかを意思決定していく必要がある。

そこで、CVMを用い、耐震化にかかる投資費用、具体的には水道料金の値上げ額を示したうえで、それぞれの投資額に対する初日の断水率をばし、WTPを問うというアンケート調査を行った。なお、現在多くの水道事業体で行っている水道管路耐震化等の震災対策事業のPR手法が有効かどうか検証するため、水道事業体の震災対策内容を提示した場合と提示しない場合でWTPに相違があるのかも検証した。

アンケート調査実施にあたっては、隔たりが生じないよう、大規模水道事業体と中規模水道事業体を対象に行い、全体の傾向を把握することとした。

### (2) アンケート調査の対象

アンケート調査を行う都市としては、日本を代表し、かつ特徴的な都市を対象とすることとした。人口200万人以上を抱え、西日本の社会活動、経済、文化等の中心で、我が国を代表する政令指定都市であるA市、そし

て、県庁所在地であり、地方の中核都市として、人口40万人以上を抱えるB市を対象とし、全く同じアンケートを行った。

A市の水道事業体は、明治28年に通水開始し、古くからの水道管路が現存している。高度経済成長時代の水道需要増に合わせ拡張を行い、さらにその時期に、管路延命化策として、普通・高級铸铁管の二液性エポキシ樹脂ライニングを積極的に展開した結果、普通・高級铸铁管及び非耐震継手のダクタイル铸铁管率が約85%と、他の政令指定都市の水道事業体に比べ耐震化率が低く、そのため、積極的に耐震化事業を推進しているのが特徴である。B市の水道事業体は、昭和5年に通水開始し、普通・高級铸铁管率が約10%と経年管比率が他事業体に比べて比較的低く耐震化が進んでいる都市である<sup>17)</sup>。それぞれの水道事業体の概要を表1に示す。

なお、表1内の耐震化費用は、各水道事業体の単年度あたりの耐震管への布設替費用を、それぞれの都市の人口から、1人1ヶ月あたりに換算したものである。

表1 A市とB市の水道事業体の概要  
(数値は、平成20年度現在)

摘要	A市	B市
給水人口	2,652,099人	455,590人
管路延長	約5,192km	約2,350km
経年管(普通・高級铸铁管)率	約15%	約10%
平均水道料金 (1世帯1ヶ月あたり) ※管路耐震化費用を含む	約2,000円	約3,250円
管路耐震化費用 (1人1ヶ月あたり)	約500円	約200円

(3) アンケート調査方法

a) アンケート調査標本数

アンケート調査の標本数は、給水人口が有限母集団となるように、式[1]<sup>18)</sup>によって算出した。

$$n \geq \frac{N}{\left(\frac{e}{k}\right)^2 \frac{N-1}{P(1-P)} + 1} \quad [1]$$

ここに、n:必要回答数、N:母集団の大きさ、e:標本誤差の許容水準、k:信頼度に対応する正規分布点、P:予想される母集団の比率である。標本誤差の許容水準eを5%、信頼度を95%(k=1.96)とし、予想される母集団の比率Pは0.2とした。過去の同種のアンケート調査実績<sup>19)</sup>より、回答率が約3割弱見込めるとして、A市、B市ともに、アンケート調査票送付数はそれぞれ1,000通とした。

b) アンケート調査票配布方法

アンケートは、郵送調査法による質問紙調査とし、調査票の送付先は、西日本電信電話株式会社発行の電話帳「ハローページ」に記載されている住所・氏名から、層化系統抽出法を用い抽出した。アンケートの回答は無記名方式とし、世帯のうちの誰が答えてもよいことにした。

c) 調査期間

A市における調査票の郵送は平成20年11月17日に行い、平成20年12月10日までに返送のあった調査票を集計の対象とした。B市のアンケート調査票は平成21年12月15日に郵送し、平成21年12月28日までに回収した調査票を対象とした。

表2 アンケート項目の概要

質問項目	選択肢
①家庭での水道水の飲用	1.直飲⇔5.ミネラルウォーター等*
②水道水の節水の工夫	1.している ⇔ 5.していない*
③断水経験	1.あり 2.なし
④地震に対する水の備え	1.している 2.していない
⑤想定地震の認知	1.よく知っている ⇔ 5.知らない*
⑥地震時の断水リスク	1.あり ⇔ 5.なし*
⑦水道事業体の震災対策事業の認知	1.よく知っている ⇔ 5.知らない*
⑧水道耐震化のWTP (1人1ヶ月あたりの耐震化費用)	耐震化投資費用と発災初日の断水率の関係を明示してダブルバウンド方式により質問(1.はい2.いいえ)
⑨発災後の用途別断水受忍限度	飲料水、トイレ、洗面、風呂、台所及び洗濯の用途別に以下より選択 1.全く我慢できない 2.1日 3.2日 4.3日 5.4~5日 6.1週間 7.2週間 8.1ヶ月
⑩耐震化の考え方	1.自ら備える⇔ 5.水道事業体の耐震化を推進する*
⑪個人属性(性別)	1.男性 2.女性
⑫個人属性(年代)	1.10代 2.20代 3.30代 4.40代 5.50代 6.60代 7.70代以上
⑬個人属性(同居家族人数)	(人数を直接回答)
⑭個人属性(世帯年収) (単位:万円/年)	1.~100 2.100~300 3.300~500 4.500~700 5.700~1000 6.1000~

※印の質問に関しては、5段階のリッカート尺度により回答項目を設けた。

(4) アンケート調査票設計

アンケート調査票の項目の概要を表2に示す。各質問項目別のアンケート調査票設計内容は、次のとおり。

a) 普段の水道水の利用方法に関する問い(表2の①、②)

家庭での水道水の飲用について、ミネラルウォーター等のボトルドウォーターを利用している人ほど、発災直後の水道断水に困らないと想定でき、また、風呂の浴槽に水を貯めるなどの節水の工夫をしていれば、断水に困らないことがあると考えられ、耐震化へのWTPに影響を与えるかもしれない。よって、家庭での水道水の飲用と水道水の節水の工夫について、5段階のリッカートで回答するように質問項目を設けた。

b) 断水経験に関する問い(表2の③)

断水経験があれば、耐震化事業への関心が高くなる、つまり、耐震化へのWTPが高くなるかどうかを調査するために、断水経験に関する問いを設けた。

c) 地震リスク認知(表2の④、⑤、⑥、⑦)

リスク認知が公共政策にも影響を及ぼすことが指摘されていることから、想定地震の認知と断水リスクの認知及び地震に対する水の備えの有無、さらに、水道事業体による耐震化等の震災対策事業の認知について問うことにした。

d) WTP(表2の⑧、⑩)

水道事業体の耐震化事業へのWTPについては、CVMによって推定することとした。

CVMにおいて支払意志額を問う際には、「自由回答形式」「付け値ゲーム方式」「支払いカード形式」「二項選択方式(ダブルバウンド方式)」などがあるが、標本数が少なくても比較的良好な推定結果が得られると言われる<sup>20)</sup>「二項選択方式」を用いることにした。

WTPを問う際は、本研究の趣旨に沿い、耐震化に投資する費用と、その費用を全市民が負担した場合の今から10年後に地震が発生した場合の断水率との関係を示

し、費用負担を拒んでも断水率を受忍するのか、それとも費用負担をして、断水率を低減させるのかを、2段階で選択する質問とした。なお断水率は、住民にとって直接的な発災後のリスクである初日の断水率を用いることとした。また、今から10年後の断水率を示したのは、A市水道事業体をはじめ多くの水道事業体が、10か年単位での耐震化計画を策定しているためである。

WTPの質問は、具体的には、表1の「管路耐震化費用(1人1ヶ月あたり)」を現状とし、耐震化費用0円、現状の1/2、現状、現状の1.5倍、2倍、4倍、6倍から、初日断水率に差が出るよう、A市については表3の関係を、B市については表4の関係に対して4つのWTP質問のシナリオを作成し、A市は表5のWTPシナリオで、B市は表6のWTPシナリオに分け、1人1ヶ月あたりの管路耐震化費用への支払意思を問うた。なお、耐震化費用と初日断水率の関係は、式[2]~[4]<sup>21)22)</sup>を用いて算出した。

$$R_{sw} = 2.24 \times 10^{-3} (V_{max} - 20)^{1.51} \quad (V_{max} \geq 15 \text{ cm/s}) \quad [2]$$

$$R_w = C_g \cdot C_l \cdot C_p \cdot C_d \cdot R_{sw} \quad [3]$$

$$y = 1 / (1 + 0.307 R_w^{-1.17}) \quad [4]$$

ここに、 $R_{sw}$ : 標準被害率(箇所/km)、 $V_{max}$ : 地表面最大速度(cm/s)、 $R_w$ : 配水管被害率(箇所/km)、 $C_g$ : 地盤補正係数、 $C_l$ : 液状化補正係数、 $C_p$ : 管種補正係数、 $C_d$ : 管径補正係数、 $y$ : 発災初日の断水率である。

表3 A市における耐震化費用と10年後の発災初日断水率及び断水人口との関係

耐震化費用(円)	初日断水率	断水人口(万人)
0	74%	約195
250	71%	約188
500(現状)	68%	約180
750	63%	約168
1,000	58%	約153
2,000	50%	約133

表4 B市における耐震化費用と10年後の発災初日断水率及び断水人口との関係

耐震化費用(円)	初日断水率	断水人口(万人)
0	78%	約36
100	77%	約35
200(現状)	77%	約35
400	76%	約35
800	73%	約33
1200	72%	約33

表5 A市におけるWTPのシナリオ

シナリオ	初回提示額 $T_I$	初回Yesの場合の2回目提示額 $T_U$	初回Noの場合の2回目提示額 $T_L$
No.1	250円	500円	0円
No.2	500円(現状)	750円	250円
No.3	750円	1000円	500円
No.4	1000円	2000円	750円

表6 B市におけるWTPのシナリオ

シナリオ	初回提示額 $T_I$	初回Yesの場合の2回目提示額 $T_U$	初回Noの場合の2回目提示額 $T_L$
No.1	100円	200円	0円
No.2	200円(現状)	400円	100円
No.3	400円	800円	200円
No.4	800円	1200円	400円

また、水道事業体が現在行っている震災対策事業の情報提供やPRと同程度の内容を提供した場合と提供しない場合とでWTPに相違があるのかを検証するため、ホームページで公表している震災対策情報を1枚のチラシとして添付したアンケートと添付しないアンケート、それぞれ500通ずつ送付した。

さらに、直接的に、水道事業における耐震化の費用負担を望むのか、それとも自ら地震に対して備えるのかを伺う質問項目を設け、個人属性を除く質問項目の最後に設けた。

e) 断水時受忍限度(表2の⑨)

地震による断水時に、どれだけ水道がなくても困らないかという限度である断水時受忍限度について、水道の使用用途別に質問した。なお回答項目は、多くの水道事業体で採用している応急給水の8段階(表2の⑨)<sup>11)</sup>とした。なお、情報提供の有無で断水時受忍限度の差があるのかを分析するため、この質問はWTPの質問の後ろとした。

f) 個人属性(表2の⑩, ⑪, ⑬, ⑭)

アンケート調査票の最後に、性別、年代、同居家族人数を問うた。また、世帯年収によってWTPの差があるのか分析するため、質問項目に加えた。

(5) アンケート調査結果

a) 有効回答数

A市、B市それぞれのアンケートの有効回答数を表7に示す。

表7 アンケート有効回答数

	アンケート送付数	宛先不明等での返送数	有効回答数	有効回答率
A市	1,000	66	216	23.1%
B市	1,000	43	437	45.7%

b) アンケート回答結果の概括(WTPを除く)

アンケートの回答結果(普段の水道水の利用方法、断水経験、地震リスク認知、WTP、断水時受忍限度及び個人属性)を表8に示す。

アンケート回答結果を概括すると以下のとおりである。

- ・家庭での水利用に関しては、水道水直飲率が高く、節水の工夫をしている方が多い。
- ・半数以上に断水経験があるが、A市の方が断水経験があると回答した人が多い。
- ・地震リスク認知に関しては、断水リスクや水道事業体の震災対策事業の認知度は高いが、想定地震の認知度が低い。リスク認知に関しては、A市の方がB市より高く、水の備えも同様である。
- ・用途別断水受忍限度は、A市、B市ともに、トイレ、飲料水、台所、洗面、風呂の順に短い。A市とB市の回答結果に大きな差はない。
- ・耐震化の考え方については、水道事業体の耐震化を推進するという回答数が多かった。
- ・回答者は世帯主と思われる男性で40代以上が多かった。

(6) アンケート回答結果の分析

a) WTP

WTPの推定にあたっては、最も当てはまりがよいとされているワイブル分布関数を仮定するパラメトリックモデルを用いた。具体的な算出方法<sup>23)</sup>は以下のとおり。

表8 A市とB市のアンケート回答結果

質問内容	回答結果										
	水道水直飲 ← どちらでもない → ※ミネラルウォーター等										
①家庭での水道水の飲用	A市	33%	8%	40%	5%	14%					
	B市	48%	13%	29%	5%	4%					
②水道水の節水の工夫	← している ← どちらでもない → していない										
	A市	36%	22%	25%	5%	13%					
B市	27%	25%	24%	8%	18%						
③断水経験	あり なし										
	A市	75%	25%								
B市	50%	50%									
④地震に対する水の備え	← している ← していない										
	A市	70%	30%								
B市	39%	61%									
⑤想定地震の認知	← よく知っている ← どちらでもない → 全く知らない										
	A市	38%	30%	25%	2%	5%					
B市	22%	28%	27%	6%	16%						
⑥地震時の断水リスク	← よく知っている ← どちらでもない → 全く知らない										
	A市	73%	15%	8%	3%	2%					
B市	57%	23%	17%	2%	1%						
⑦水道事業者の震災対策事業の認知	← よく知っている ← どちらでもない → 全く知らない										
	A市	66%	20%	8%	1%	5%					
B市	42%	26%	17%	6%	8%						
⑧-1断水受忍限度：飲料水	← 全く 1日 2日 3日 4~5日 1週間 2週間 1ヶ月										
	A市	35%	28%	18%	13%	1%	4%	0%	0%		
B市	36%	36%	13%	7%	2%	4%	1%	0%			
⑧-2断水受忍限度：トイレ	A市	40%	25%	18%	11%	1%	3%	0%	0%		
	B市	51%	28%	8%	6%	3%	3%	1%	0%		
⑧-3断水受忍限度：洗面	A市	9%	19%	18%	25%	10%	14%	1%	1%		
	B市	14%	25%	20%	17%	9%	12%	2%	1%		
⑧-4断水受忍限度：風呂	A市	5%	5%	18%	28%	15%	23%	4%	2%		
	B市	8%	8%	19%	24%	13%	22%	4%	1%		
⑧-5断水受忍限度：台所	A市	19%	20%	25%	17%	7%	7%	2%	1%		
	B市	26%	28%	19%	13%	4%	8%	1%	1%		
⑧-6断水受忍限度：洗濯	A市	4%	7%	17%	24%	19%	22%	6%	1%		
	B市	8%	8%	17%	23%	16%	21%	4%	1%		
⑩耐震化の考え方	← 自らで備える ← 水道事業者の耐震化を推進する										
	A市	17%	11%	28%	8%	34%					
B市	11%	11%	44%	9%	26%						
⑪個人属性(性別)	男性 女性										
	A市	70%	30%								
B市	80%	20%									
⑫個人属性(年代)	← 10代 20代 30代 40代 50代 60代 70代以上										
	A市	0%	0%	2%	10%	25%	29%	35%			
B市	0%	0%	3%	10%	18%	41%	28%				
⑬個人属性(同居家族人数)	← 1人 2人 3人 4人 5人 6人 7人 8人										
	A市	23%	34%	21%	12%	6%	1%	2%	0%		
B市	13%	37%	18%	16%	8%	6%	1%	1%			
⑭個人属性(世帯年収)	← 100未満 100~300 300~500 500~700 700~1000 1000以上										
	A市	4%	3%	25%	15%	8%	9%				
B市	2%	31%	33%	17%	10%	6%					

注) 四捨五入の関係で、合計が100%とならない回答項目がある。

初回提示額を  $T_1$ 、初回 Yes の場合の 2 回目提示額を  $T_2$ 、初回 No の場合の 2 回目提示額  $T_L$  とすると、二項選択方式の場合、それぞれの回答が得られる確率は、

$$\left. \begin{aligned} Pr[Yes/Yes] &= S(T_2) \\ Pr[Yes/No] &= S(T_1) - S(T_2) \\ Pr[No/Yes] &= S(T_L) - S(T_1) \\ Pr[No/No] &= 1 - S(T_L) \end{aligned} \right\} \quad [5]$$

ただし、 $S(T)$  は生存関数であり、ワイブル分布の場合は、 $\mu$  を位置パラメータ、 $\sigma$  を尺度パラメータとして、

$$S(T) = \exp\left(-\exp\left(\frac{\ln T - \mu}{\sigma}\right)\right) \quad [6]$$

提示額  $T_j$  円に対して回答者が Yes と答える確率 (生存確率) を  $p_j$  とする。WTP が  $T_j$  から  $T_{j+1}$  の区間にあるとすると、 $N_j$  を WTP が  $T_j$  から  $T_{j+1}$  の区間にある回答者の人数として、対数尤度関数は、

$$\ln L = \sum_j N_j \ln(p_j - p_{j+1}) \quad [7]$$

以上により、支払意思額の平均値は、次式で下限値を求めることができる。

$$E[WTP]_{LOWER} = \sum_j T_{j+1} (p_j - p_{j+1}) \leq \int_0^{\infty} T dp(T) = E[WTP] \quad [8]$$

なお、支払意思額の推定にあたって、水道料金は世帯単位で支払っていることを考慮して、WTP の分析に用いる値は、式[9]を用い、1 世帯あたりに換算した。その換算結果を表 9 に示す。

$$W = P(Q - E) + C \quad [9]$$

ここに、 $W$ : WTP 分析に用いた額、 $P$ : 1 世帯あたりの平均人数、 $Q$ : アンケートでの提示額、 $E$ : 現状の 1 人 1 ヶ月あたり管路耐震化費用、 $C$ : 現状の 1 ヶ月 1 世帯あたり平均水道料金 である。

表 9 WTP 推定の際の換算

A市		B市	
WTP分析の額 (W)	アンケート提示額 (Q)	WTP分析の額 (W)	アンケート提示額 (Q)
1,100円	0円	2,760円	0円
1,550円	250円	3,005円	100円
2,000円 (現状)	500円 (現状)	3,250円 (現状)	200円 (現状)
2,450円	750円	3,740円	400円
2,900円	1,000円	4,720円	800円
4,700円	2,000円	5,700円	1,200円

以上より推定した WTP を、水道事業者が現在行っている震災対策事業の情報チラシを同封したもの (情報あり) としないもの (情報なし) の別に示すと表 10 及び表 11 のとおり、WTP の受諾率曲線は図 1 及び図 2 のとおりとなった。



WTP 分析結果より、A 市の場合は WTP の平均値が 2,797 円（情報ありの場合）であったため、現状の料金 2,000 円（1 世帯 1 ヶ月あたり）よりも平均して約 800 円、B 市の場合は WTP の平均値が 3,647 円（情報ありの場合）であったため、現状の料金 3,250 円（1 世帯 1 ヶ月あたり）よりも平均して約 400 円、現状に対して支払意思があることが明らかとなった。B 市の方が支払意思額が低かったのは、元々 B 市の方が耐震化率が高く、耐震化費用に対して初日断水率の差がなかった影響であると推測される。また、A 市の場合は水道事業体の震災対策情報提供ありの方が約 100 円、B 市の場合はなしの方が約 120 円の支払意思額が高かったが、顕著な差とは言えない程度であった。さらに、情報提供有無のパラメータを推定したので、その結果を表 12 に示す。

表 12 震災対策情報の提供有無のパラメータ推定結果

		係数	t 値	p 値
A 市	定数項	14.7689	2.644	0.009***
	提示額の対数	-1.8156	-2.594	0.010**
	震災対策情報あり・なし	-0.1967	-0.576	0.565
B 市	定数項	51.5059	16.705	0.000***
	提示額の対数	-6.3524	-17.289	0.000***
	震災対策情報あり・なし	0.2619	1.402	0.162

注) \*\*\*は 1%水準、\*\*は 5%水準で有意を意味する。

この分析結果より、WTP と震災対策情報の提供ありなしとの間に統計的有意な関係がなく、今回のアンケートで行った程度の情報提供・PR では、住民の支払意思に差がなかったと言える。

b) 各回答項目間の関連性の検定

各質問項目間に関連があるかどうかの検定には、 $\chi^2$  分布検定を行い、独立性、すなわち関連性を判定した。帰無仮説  $H_0$  を「2 変数は独立である（関連がない）」、対立仮説  $H_1$  を「2 変数は独立ではない（関連がある）」、2 つの質問項目 A、B の選択回答数をそれぞれ  $k, m$  とし、式[10]に示す  $\chi^2$  が自由度  $(k-1)(m-1)$  の  $\chi^2$  分布の棄却域にあるかどうか（有意水準 0.05）で検定を行った。検定結果を表 13 に示す。

$$\chi^2_0 = \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m (O_{ij} - \frac{n_i n_j}{n})^2}{\frac{n_i n_j}{n}} \quad [10]$$

ここに、 $O_{ij}$  : 質問項目 A の  $i$  かつ質問項目 B の  $j$  の回答数、 $n_i$  : 質問項目 A の  $i$  回答総数、 $n_j$  : 質問項目 B の  $j$  回答総数、 $n$  : 総回答数である。

$\chi^2$  分布による独立性の検定を行った結果、関連があると判定された質問項目に注目すると、A 市及び B 市で共通した傾向は以下のとおりである。

- ②水道水の節水の工夫と⑤想定地震の認知、⑥地震時の断水リスク及び⑦水道事業体の震災対策事業の認知に関連性があり、相関係数が正であるため、節水の工夫をしているほど、想定地震の認知及び地震時の断水リスクが高く、震災対策事業を認知していると言え、すなわち、総じてリスク認知が高いと言える。
- ⑤想定地震の認知、⑥地震時の断水リスク、⑦水道事業体の震災対策事業の認知に関する質問 3 者間がお互い関連性があり、また、⑩耐震化の考え方と関連性があり、相関係数は正である。リスク意識が高い

ほど想定地震及び震災対策の認知をしていることが分かり、地震に対して自ら備えるべきと考えている。

- ③断水経験と⑩耐震化の考え方に関連性があり、相関係数が正であるため、断水経験があるほど、自ら備えるべきだと考えていることが分かる。
  - ⑧各使用用途別の断水受忍限度については、全ての使用用途で関連性がありという結果であった。これは断水受忍限度は使用用途の内容に関わらないということを表している。
- 一方で、A 市と B 市のアンケート結果で差があらわれたのは、主に以下の項目である。

- ③断水経験について、A 市では⑥地震時の断水リスクとの関連性があり、断水経験があるほど断水リスクを持っているが、その一方、B 市では③断水リスクと④地震に対する水の備え、⑤想定地震の認知及び⑦水道事業体の震災対策事業の認知との関連性があり、断水経験があるほど、水の備えや想定地震及び震災対策事業の認知があることが判明した。
- B 市では、④地震に対する水の備えと⑩耐震化の考えに関連性があり、断水時の備えを行っている人ほど、地震対策は自らすべきと思っているが、A 市では有意とならなかった。
- A 市では、⑤想定地震の認知と⑨断水受忍限度との関連性があるが、B 市では、その 2 項目間の関連性はなかった。A 市では認知が高いほど断水が我慢出来ない傾向があると言える。

A 市と B 市のアンケート回答結果は、概して大きな相違はなかったと言えるが、認められた相違を総括すると、B 市では、断水リスクがあるほど、断水時の水の備えを行い、地震対策を自らすべきと思っているが、A 市ではそのような傾向がなく、つまり、A 市の方が断水経験等により断水リスクの認知は高くても、断水の備えを行わないという面が見られた。この違いの原因は明白ではないが、住民の性格の違いや地域性も影響していると推測される。

4. まとめと今後の課題

(1) アンケート調査結果のまとめ

本研究では、大規模水道事業体の A 市と地方中核都市の B 市を対象に、リスク・コミュニケーションの観点をを用い、断水リスクを提示したアンケート調査を行った。その結果、水道管路耐震化の支払意思額は、平均して、耐震化率が比較的低い A 市では 1 世帯 1 ヶ月あたり約 800 円程度、耐震化率の高い B 市においても約 400 円程度現状よりも追加して払ってもよいという結果が出た。しかし、現在水道事業体が行っている震災対策情報をチラシとして添付するといった PR 手法では、市民の支払意思額の相違はなかった。また、震災時の用途別断水受忍限度については、トイレが 1 位、飲料水が 2 位であり、全く我慢できないという回答が半数近くを占めた。その次の台所、洗面、風呂は、平均で 2~3 日の断水受忍限度であった。耐震化の考え方については、水道事業体に耐震化を推進する考え方の方が回答数が多かった。さらに、節水の工夫をしているほどリスク認知が高く、リスク認知が高く断水経験があるほど、自ら備えるべきと考えている傾向となった。

## (2) リスク・コミュニケーションの確立に向けての今後の課題

不景気や行政バッシングを背景として、議会の承認や住民の理解が得にくいと考えられる水道料金値上げは、多くの水道事業者が躊躇しているところであるが、断水リスクを示した今回のアンケート結果によれば、多くの住民が料金値上げを容認しても耐震化を促進すべきと考えていることが明らかとなった。

今後の水道管路耐震化を進めるためには、水道事業者が住民に対して積極的に耐震化事業のPRを行い、住民の理解を促進させる必要があると言われている。しかし、今回のアンケート調査で用いたような多くの水道事業者が行っている情報提供方法は、単なる事業の紹介をするという一方通行のPRであり、そういった手法では支払意思額の差は現れなかった。

また、多くの住民が地震時の断水リスクについて認知しており、水道事業者の日標よりも遥かに早く復旧して欲しいと願っていることが明らかとなった。しかし、アンケート結果に示す住民の断水受忍限度である2~3日以内に復旧させるためには、耐震化率を95%以上にする必要があるが、それを達成させるためには莫大な事業費が必要となる。

そのため、耐震化事業の紹介や断水リスクを提示するという今回のアンケート調査のような方法は、リスク・コミュニケーションの手段として不十分であり、対面式のリスク・コミュニケーションであるCAUSEモデル<sup>(2)</sup>などの手法によって、水道需要者である住民に耐震化状況及び断水リスク等を知ってもらい、水道事業者と住民との積極的かつ的確なリスク・コミュニケーションを行うことによって、バイアスが少なく中での住民の支払意思を把握し、また、住民にもある程度の断水リスクを容認してもらう前提で今後の耐震化レベルについて決定し、リスク・コミュニケーションの結果を耐震化事業計画に反映することが肝要であると考えられる。

## 補注

### (1) リスク・コミュニケーションの定義

リスク・コミュニケーションの定義については参考文献<sup>15)</sup>より引用したものである。

### (2) CAUSEモデル

Rowan<sup>24)</sup>が提唱するリスク・コミュニケーションのモデルで、リスク・コミュニケーション醸成のためには、関係者間の信頼確立(Credibility)、リスクへの気づき(Awareness)、リスクに関する理解(Understanding)、解決策の理解(Solutions)、対処行動の実行(Enactment)の段階を経るというもの。これら各段階の頭文字が、モデルの名称となっている。CAUSEモデルにより、最終的にリスク受容や対処行動の実行に至るとされている。

## 参考文献

### 1) 厚生労働省健康局水道課ホームページ:

<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/database/kihon/fukyu.html> (平成22年4月21日アクセス)

### 2) (社)日本水道協会震災対応等特別委員会:水道施設耐震

化の課題と方策, 2008.

- 3) 厚生労働省健康局:水道ビジョン(改訂版), 2008.
- 4) 管路の耐震化に関する検討会:管路の耐震化に関する検討会報告書, 2007.
- 5) 吉田謙太郎, 武田祐介, 合田素行:水源林の便益評価における情報効果の分析, 農業総合研究 No.50, Vol.3, pp.1-36. 1996.
- 6) 竹谷修一, 糸井川栄一, 岩見達也, 栗山浩一, 合田恵宜, 藤川学, 塩谷貴教:CVMを用いた防災投資効果計測の試行, 地域安全学会論文集, No.2, pp.145-152, 2000.
- 7) 佐藤慶一, 玉村雅敏:仮想市場法による家屋の耐震補強工事への住民意識の分析—千葉県市川市におけるケーススタディー, 地域安全学会論文集, No.8, pp.81-87, 2006.
- 8) 谷川靖博, 宮島昌克, 源田裕希:リスクコミュニケーションを踏まえた水道の震災対策事業認知度と支払意思額及び断水受忍限度に関する考察, 第60回全国水道研究発表会講演集, pp.538-539, 2009.
- 9) 大阪市水道局:平成19年度第5回インターネットアンケート(安定供給について), 大阪市水道局ホームページ <http://www.city.osaka.lg.jp/suido/page/0000015726.html> (平成22年4月21日アクセス)
- 10) 伊藤禎彦, 平山修久:震災時水道復旧過程での電話データからみた応復旧目標期間に関する一考察, 環境システム研究論文集 Vol.28, pp.151-161, 2000.
- 11) 厚生労働省健康局水道課:緊急時水循環機能障害リスク検討に関するアンケート調査, 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, 2006.
- 12) 新潟県中越地震水道現地調査団(厚生労働省健康局水道課):新潟県中越地震水道被害調査報告書, 2005.
- 13) 藤井聡:社会的ジレンマの処方箋—都市・交通・環境問題のための心理学, ナカニシヤ出版, 2003.
- 14) 梶原孝:市民のリスク認知, リスク学事典, 日本リスク研究学会, pp.272-273, 2006.
- 15) 藤井聡:リスク認知とコミュニケーション, 地震と人間, 朝倉書店, pp.70-88, 2007.
- 16) 土木学会:モビリティ・マネジメントの手引き, 土木学会, 2005.
- 17) 読売新聞:平成22年4月5日夕刊1面, 「水道の耐震化34%」
- 18) 猪股清二:統計学ハンドブック, 聖文社, 2000.
- 19) 平山修久:水利用形態からみた震災リスクの認知構造に関する一考察, 日本リスク研究学会第18回研究発表会講演論文集, Vol.18, pp.193-198, 2005.
- 20) 栗山浩一:環境評価と環境会計, 日本評論社, 2000.
- 21) 社団法人日本水道協会:地震による水道管路の被害予測, 1998.
- 22) 川上英二:道路交通システムの形状と連結確率との関係, 第1回年直下地震災害総合シンポジウム, pp.169-172, 1996.
- 23) 栗山浩一:ExcelでできるCVM第3.1版 環境経済学ワーキングペーパー#0703 <http://www.f.wasceda.jp/kkuri/workingpaper.html> (平成22年5月2日アクセス)
- 24) Rowan, K E: Why rules for risk communication are not enough - A problem-solving approach to risk communication, Risk Analysis, 14, pp.365-374, 1994.

(原稿受付 2010.5.29)

(掲載決定 2010.9.12)