

バンダアチェにおける水道システム震災復興と 住民の水利用への影響

鋤田 泰子¹・長澤 正治²

¹神戸大学大学院工学研究科 准教授 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1)

E-mail:kuwata@kobe-u.ac.jp

²元神戸大学工学部 学生 (657-8501 神戸市灘区六甲台町1)

日本に限らずアジア諸国は近年数々の地震・津波による大災害を経験したが、災害復興を契機に災害に強いまちづくりのために新たな都市基盤が構築されつつある。本稿では、日本と水利用形態の異なるインドネシア・バンダアチェを対象に、2004年スマトラ島沖地震津波の震災復興によって再構築された水道システムを背景にして住民の水利用の変化とそれに伴う水利用に関する住民意識についてアンケート調査にもとづき分析を行った。飲み水と生活用水を使い分け、ほとんど引用されない水道水でも、井戸水より塩害の影響がなく水質に一定の満足が得られているが、日常・災害時の水道の安定供給については十分な満足が得られず住民の利用方法に課題があることが示された。最後に、地震・津波の可能性が高く、水道が普及していない地域での防災対策について考察を行った。

Key Words : Disaster reconstruction, water supply system, Indonesia, residential consciousness

1. はじめに

近年、日本、中国、台湾、イラン、パキスタンなどアジアでは地震が多発している。とくに、インドネシアは、地震頻度や年間平均被災死亡者数で見ると、世界でも上位に入る地震国で、2004年12月のスマトラ島沖地震(Mw9.1)を始め、2005年3月のニアス島沖地震(Mw8.5)や2009年9月のパダン沖地震(Mw7.5)により、大きな地震・津波被害を受けている。2004年のスマトラ島沖地震では、とりわけスマトラ島北端のアチェ特別州西海岸が甚大な被害を受け、州都バンダアチェや西アチェ県のムラボは壊滅状態に遭った。インドネシアの死者は12万人を超え、行方不明者も未だに1万人近い¹⁾。本地震ではインドネシア近隣国でも津波被害は大きく、世界中の機関やNPOから被災地へ災害復旧・復興に向けた援助が届けられた。

バンダアチェは、震災から6年が経過し、様々な復興事業が推し進められ、漸く以前のまちの様子を取り戻そうとしている。途上国における災害復興計画には、元の生活環境に戻すだけでなく、復興の機会に生活水準を向上させ、さらには災害に強いまちづくりに誘導させることが期待される。震災復興には、都市基盤の再建とともに地域コミュニティの再建、地域産業の再建などと組み合わせて実施される。

都市基盤の再建には頑強な住宅再建だけでなく、道路や水道、電力など公共施設の再建が含まれる。とくに、水道については、地震後の住民の生活・衛生環境を維持するためにも、地下水だけに頼らない水道システムの構築が重要である。

バンダアチェでは震災前から水道システムが整備され、管路による給配水が行われているが、山間地や郊外の集落では浅井戸が主な水源である。地震・津波発生時には、管路が被害を受けて水道システムは一時的に断水になることもあるが、井戸は津波浸水による塩害で使用不可能になり、長期にわたって飲料水や生活用水の確保に支障が出る。日本と水利用環境が異なるインドネシアや東南アジア諸国に対して、地震防災の研究はまず水利用の違いを認識した上で津波災害による住民生活への短・長期的な影響を明らかにすることが必要である。

被災地の水道システム復興事業には日本の機関も参画している。多額の復興資金によって数々の復興事業が進められるものの、事業による被災地住民の生活への影響は未だ明らかになっていない。これらの事業効果の解明とともに、地震・津波の可能性が高く、水道が普及していない地域における都市基盤の整備方法や、それに向けた災害復旧・復興のあるべき姿や方法については十分議論の余地がある。

本研究は、バンダアチェを対象として水道システ

ムの被害と復興状況，地震前後の住民の水利用の変化について 2010 年 10 月に調査を行った。災害前後の水利用の変化については住民にアンケート調査を行い，震災復興としての水道システム導入が日常の住民生活や災害への備えに及ぼす影響を明らかにすることを試みた。本研究の成果は，被災地の復興事業評価とともに，水利用形態が日本と異なるアジア諸国において今後の災害復興計画策定のための基礎資料となりうる。



写真-1 自宅前の浅井戸（バンダアチェ）

2. バンダアチェPDAMの水道復興

インドネシア・バンダアチェの水道事業体である PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum, 地域飲料水供給公社) では二カ所の浄水場が稼働しており，それぞれの供給能力は 600ℓ/s と 20ℓ/s である。後者の浄水場は 5 年前に建設され，1 年前に修繕され供用が再開された。実質は，前者の浄水場が 2004 年の震災前から主要な浄水施設となっている。この浄水場はアチェ川の表流水を水源とするもので 1975 年に建設，1980 年に供用開始された。地震時には沈殿池などの池構造物に亀裂の被害が出たが，海岸から離れた内陸の浄水場まで津波の遡上は至らなかったと報告されている²⁾。浄水場の構造的な被害はスイスの支援によって災害復旧された。浄水場内には容量 2,000m³ の貯水池がある。浄水後はポンプ加圧して自然流下方式で市域に供給されている。浄水場内のポンプには，緊急時のために 4 基のうち 2 基に自家発電装置が備えられた。

2004 年の地震・津波による水道管路の被害については，水管橋などが損傷し，給水量が元の 25% に低下したと報告されている³⁾。管路網の半分近くが浸水し，建物が倒壊・流出したこともあり，復興事業では被害を受けた古い管路網は一掃された。浸水図と管路復興図⁴⁾とを比較すると，津波による建物被害 0% でも浸水地域では管路は更新されている。浄水場から市街地に向けて口径 500mm と 600mm の幹線（いずれも鋼管）が 2 条敷設されており，その他には市の西側に別系統で口径 300mm の配水管がある。これらの幹線については，地震後に敷設替えされていないため被害がなかったと考えられる。

2010 年時点の PDAM の配水管路延長は 198km あり，本管以外の配水管口径は 400mm～50mm のものが使用されている。管種は主にポリエチレン(PE)管で，管路の接合には熱融着(EF)処理がされている。PE 管は柔軟性に富んだ一体構造管路である。小口径管路にはこの他に硬質塩化ビニル(PVC)管が採用されている。災害復興支援として日本からは高性能 PE(HPPE)管が提供されており，他国からも PE 管や PVC 管が支援された。管路網の災害復旧計画には JICS（(財)日本国際協力システム）が協力支援した。

バンダアチェでは，海拔 0m 地帯が広く分布しているために，地震前から浅井戸が塩害を受け，深井戸を掘る場合は地下 200m ぐらいの深度が必要にな

る。そのため，水道利用率は地震前から 75%³⁾と高く，インドネシアの他地域よりも水道が普及していた。近年のインドネシアの地震被災地であるパントウルやパダンではいずれも水道利用率は 10% 程度^{5), 6)}に過ぎないことを比較すると，バンダアチェは元々地形的な制約条件があるために水道システムが不可欠な地域といえる。

復興住宅の建設により郊外から多くの被災者が移住し，2010 年時点でバンダアチェ内の人口は 12 万人から 22 万人に増加した。バンダアチェ PDAM 顧客数も地震前の約 17,000 世帯から 40,501 世帯に倍増し，その内，32,415 世帯が稼働（料金徴収）している。水道利用率は 72% に達し，津波浸水後も変わらず水道への依存が高い。つまり，震災後の移住者とともに水道需要者も増大している。一方，水道の有収率（供給量に対して収益につながった水量の比率）は依然と低く，52% である。沿岸部では，住宅再建にともない管路布設，水道メータの設置が行われており，地区内でメータが全戸設置できた段階で，料金徴収を開始する計画が立てられているため，一部では無料使用している地域もある。

インドネシアでは水道事業の民営化が進められ，災害復興がほぼ完成しているバンダアチェ PDAM は，水道料金収入と施設の維持管理や人件費などの支出との収支均衡をとって経営している。施設更新などで建設費が嵩む場合には，市に予算要求を行い建設するシステムになっている。このような健全な経営状態にあるのは，ジャカルタやメダンなどの大都市に限られている。

インドネシアにおける家庭での水取得方法には，PDAM 水道による供給の他に，井戸による生活用水の取水，飲料ボトル水の購入，がある。次節で詳細に調査分析を行うが，一般的に水道料金は市民の生活水準より高額な一方，水質が悪く，洗濯・掃除など生活用水には使えるが直接飲料していることはほとんどないといわれる。そのため，生活用水として井戸が利用される（写真-1 参照）。井戸は，住宅の地下に井戸が設置されているものや，高架タンクに汲み上げて家庭内の給水システムをつくっているものも見られる⁵⁾。また，飲料水にはボトル水（1 ガロン=19ℓ）が利用されている。市街地でフィルタ処理されたボトル水を販売する専門店があり，各家庭で買い溜めされている（写真-2 参照）。



写真-2 買い溜めされた飲用ボトル水

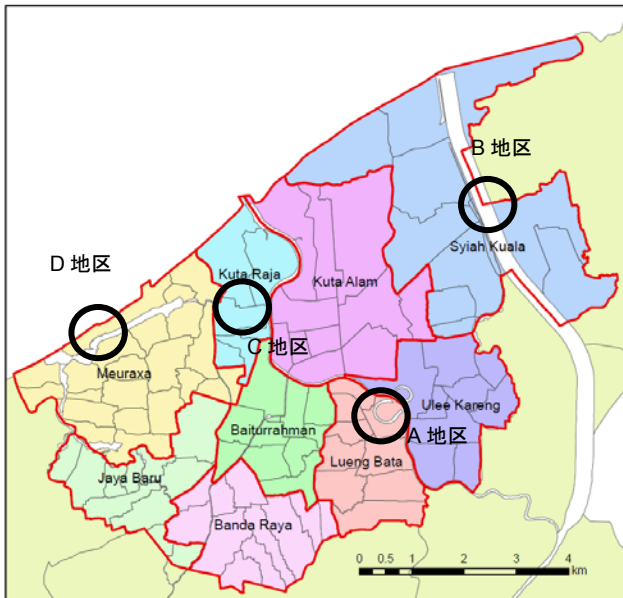


図-1 バンダアチェ調査地区の位置

3. 水利用に関する住民意識調査

(1) 調査概要

本アンケート調査の目的は、バンダアチェの水利用状況や住民の水に対する意識を調査・分析することで水道システムの導入が生活や災害復興に及ぼす利点や影響を明らかにすることにある。質問票はインドネシア語表記で選択回答形式のものを作成した。アンケート調査は、2010年10月8～11日の4日間に、調査地区で世帯ごとに訪問して回答者と対面形式で回答を得た。質問内容は基礎的な世帯の情報（世帯数、水利用形態、所得など）に加え、現在利用している水に対する満足度（水質、安定性など）や、断水の受忍日数についてである。調査場所は、バンダアチェ内の図-1に示す4つの地区である。各地区で40弱の世帯で調査を実施し、全体で144世帯の回答を得た。

アンケート調査地区は、2004年の地震・津波の被害状況や海岸・川などの地形的な条件、移住住民の多さなどを踏まえ、現地の研究者や学生らの意見を参考に選定を行った。以下にアンケート調査地区の特徴を示す。

a) A地区 ツチ (Tsuchi)

地震後に台湾の慈善団体の支援によって空き地を

表-1 アンケート実施地区の概要

地区	A	B	C	D
地名	Tsuchi	Syiah Kuara	Kuta Raja	Meuraxa
場所	市南東部	市北東部	市中央北部	市西部
特徴	復興住宅地域	住宅街	河川流域付近	海岸付近
津波の被害	—	中程度の被害	甚大な被害	甚大な被害
2004年建物被害率 ⁷⁾	7.4%	35.6%	82.5%	98.6%
人口(2009)	21,437	32,564	7,890	12,189
アンケート回答数	39	35	33	36
地区外からの移住率	100.0%	20.0%	66.7%	45.9%
水道利用率(アンケート結果)	100.0%	74.3%	33.3%	21.6%
地区の水道利用率(水道局調べ)	85.2%	88.1%	38.0%	21.3%
移住後の水道利用開始率	74.3%	31.4%	48.5%	40.5%

利用して建設された復興住宅団地である。被災者がインドネシア全域から移住してきているため、様々な生活水準の家庭が存在し、地震時の被災場所や被災状況も異なる。復興住宅地内では、住宅は全戸2LDKの間取りで、水道が予め敷設されているため、回答者の多くが水道利用者である。

b) B地区 シャクアラ (Syiah Kuara)

バンダアチェ市の北東に位置する、シャクアラ大学近くの住宅街である。この地区は海岸から少し離れた平地で、住民は比較的高所得層である。他地域と比較すると、路面が舗装され、各住宅の敷地面積が広く、外壁が整備されている。この地区では多くの回答者が水道利用者である。

c) C地区 クタ・ラジャ (Kuta Raja)

C地区はアチェ川の河口近くにあり、津波来襲時には壊滅的な被害を受けた。地区には半壊・全壊したままの住宅が未だに多く残り、住民は比較的低所得層である。

d) D地区 ムラクサ (Meuraxa)

D地区は海に近く津波で大きな被害を受けた地域である。津波浸水・塩害のために全域で井戸が使用不可能な状態が続いている。井戸の復旧に費用がかかるのでそのまま放置していることが多く、洗浄しても濁度や塩分が残留している。C地区と同じく崩壊した家屋、施設などが散在する。水道復興が今も進行中で、完全に管路や料金メータ等が整備されるまで無料で水道を使用している世帯が多い。

地震後の住民移動が著しいため、移住状況をまず整理をする。表-1に示すとおり、地区Aは復興住宅であるため、回答者全員が他地区から移住している。地区Bについては、地震による住宅の被害が軽微であったため地震以前から居住している回答者が多い。地区C、Dは、大部分の住宅が被害を受けているが、再び同じ地区内で居住している回答者が30～50%近くいる。各地区で料金徴収されている利用者の比率（水道利用率）と水道局による地区ごと

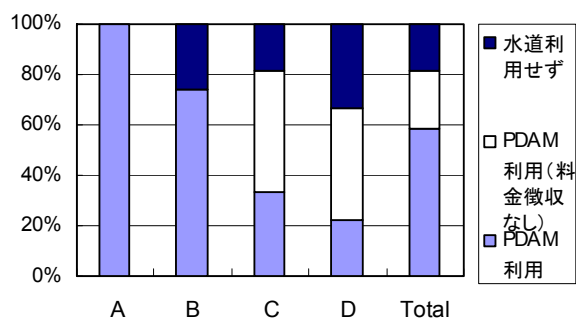


図-2 PDAM 水道の利用率

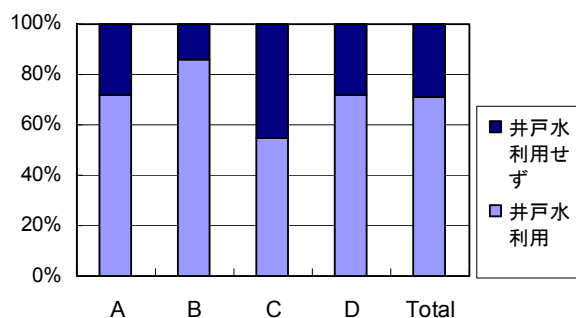


図-3 井戸の利用率

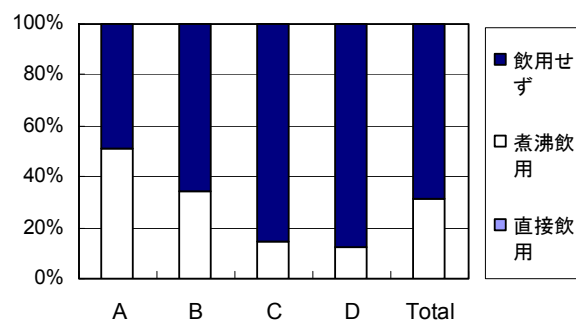


図-4 PDAM 水道水の飲用率

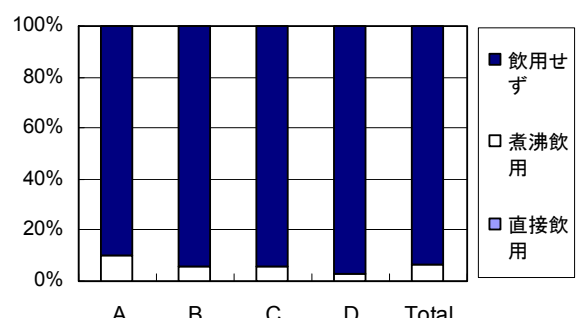


図-5 井戸水の飲用率

の水道利用率を比較すると、地区Aを除いて統計値とほぼ整合する。地区Aは地区内の一角にある復興住宅だけを示しているため、差異が生じたと考えられる。地区ごとの回答数は少ないが、回答者はその地区の水道利用者の平均像を示しているといえる。また、移住後に始めてPDAM水道を利用した回答者は全体の約半数で、とくに復興住宅の回答者に多い。

(2) 地区の水利用についての基礎分析

図-2、図-3はPDAM水道と井戸の利用率を示している。前述したように各世帯への水道メータの設置段階にあり、料金徴収されないまま利用している回答者が地区C、Dでは半数近くある。全体で81%の回答者が水道を利用していると回答したが、水道メータの整備段階などのために料金徴収されている利用者は全体の6割である。一方、井戸の利用者は全体の7割に達し、水道を利用していない回答者の他に、PDAM水道と井戸を併用している回答者も多い。全回答者の内、39件(全体の27%)の回答はPDAM水道のみを使用している。そのうち10件は井戸が使用できないことを理由に挙げている。PDAM水道水ならびに井戸水の飲料状況を図-4、図-5に示す。全回答者はいずれも直接飲用せず、煮沸後に飲むと答えた回答者はPDAM水道水の場合は全体の3割、井戸水の場合は1割弱であった。PDAM水道水と井戸水は、飲用水よりもむしろ生活用水として使用されている。地区AとBは、他の2地区よりも水道を煮沸して飲用する率が高い。地区Aは上流側であるが地区Bはそうでない。両地区の回答者は、これまでの水利用経験や被災経験も異なっていることから、煮沸飲用が多い理由として地震後比較的早くから水道が普及したことが考えられる。

3. 震災復興による水利用への影響

(1) 水道普及による住民の水利用への影響

本研究では、震災復興による水道システムの導入がバンダアチェの住民にもたらす影響についての仮説を立て、アンケート結果を用いて定量的に分析を行う。バンダアチェでは元々地下水位が高く震災復興が後押ししたこともあり、既存の水道システムを拡張することで再構築がほぼ完成しているが、他の地域では水道システムが未開発で、津波後復旧できていない地域や今後津波の危険にさらされる可能性の高い地域も多い。その点で、バンダアチェでの研究結果はインドネシアで普遍化するまでには多くの課題もあるが、震災復興による水道システムの導入の一事例としてそれによる影響を考える。

インドネシアにおいて水道システムを導入することによって住民生活に現れると考えられる影響は、以下の項目が挙げられる。

- (1) 水道の整備で、家庭内の水利用形態が変化し、水質や安定性の面で住民が満足できる。
- (2) ボトル水に代わって水道水を使用するようになり、水にかかる費用が少なくなる。
- (3) 災害時でも浸水・塩害の影響を受けずに応急給水や早期復旧を望める。

水道システムが与える影響をものとして、水利用による家庭内の水環境、コスト、災害対策について以下で検討する。

(2) 住民の水利用に関する意識の変化

震災で自宅が被災したことによりバンダアチェの住民の多くは、住宅再建とともに移住し、それにより水利用環境も変化した。図-6は、居住環境の変化とともに水利用の変化を示したものである。回答者

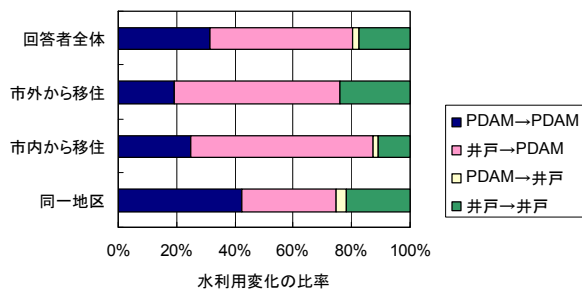


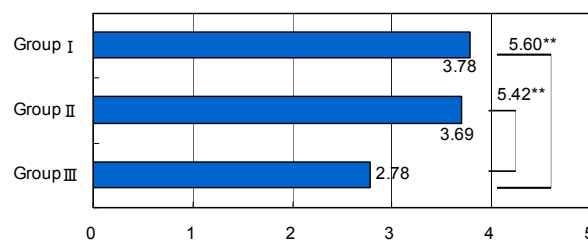
図-6 移住に伴う震災前後の水利用の変化

の 21 件 (14.6%) はバンダアチェ市内の同一地区内の居住であり、64 件 (44.4%) は市内からの移住、59% (40%) は市外からの移住である。移住にともない、約半数 (49.3%) の回答者の水利用は井戸から水道 (PDAM 水道) へ変化している。水利用の変化率は市内外からの移住に応じて高くなる傾向があり、井戸水だけを利用していた人が震災復興を契機に初めて PDAM 水道を利用し始める事例が多い。そこで本研究では、災害経験や水利用の違いに着目して水利用に対する住民意識の差を比較することを試みる。

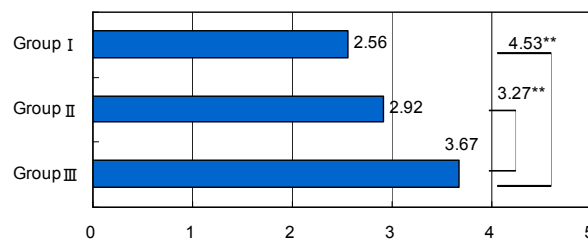
日常利用している水の水質、供給安定性、災害時の対応、水利用にかかる費用 (水道料金を含む) の 4 項目についての満足度をそれぞれ「非常に良い、良い、適当、悪い、非常に悪い」の 5 段階の択一形式で回答を得た。これらの選択回答について、5 (非常に良い) から 1 (非常に悪い) のポイントに置き換え、各グループの差異について一元配置法で分散分析を行った⁸⁾。比較するグループは、以下の 3 つに分類した。グループ I は津波前から PDAM の水道を利用しており、現在も利用している回答者である。グループ II は、津波後から PDAM 水道を利用し始めた回答者である。グループ III は、PDAM 水道を現在利用していない回答である。これらグループの各項目の満足度ポイントの平均値を図-7 に示す。各図のタイトルに有意差水準 (P 値) を示しており、(a)水質、(b)供給安定性、(c)災害時の対応、(d)費用の内、(d)費用以外については P 値が 0.05 以下であるため、3 グループ間で有意な差を示している。さらに、2 グループの間の差については t 検定を行い、t 値が 5%水準の値より大きい場合には有意差があるとして、図中の t 値に「**」を付した。

PDAM 水道利用者 (グループ I と II) の 4 項目の満足度の平均に関して、水質については最も満足度が高く、その次に水利用にかかる費用が高く、日常時に安定供給や災害時の水供給などについては「適当」とであると評価の 3.0 よりも低く評価された。

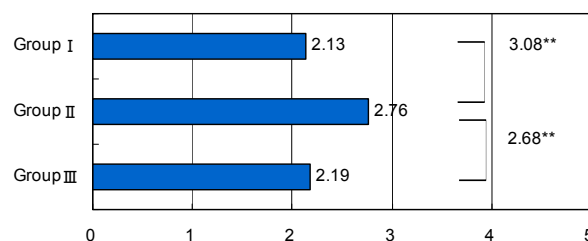
PDAM 利用者と井戸水利用者の間で満足度ポイントの平均に有意な差があるのは水質と水の供給安定性である。PDAM 利用者は、水質の満足度が約 3.7 ポイントと高く、一定の評価が得られているのに対し、水供給に対する安定性は 2.56 や 2.92 に示されるように低い満足度しか得られていない。さらに、この傾向は同じ PDAM 利用者であっても、津



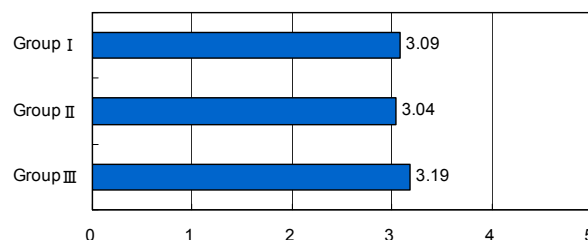
(a) 水質に対する満足度 (P 値=5.67×10⁻⁹*)



(b) 水供給の安定性への満足度 (P 値=9.79×10⁻⁵*)



(c) 災害時の対応への満足度 (P 値=2.90×10⁻²*)



(d) 水利用にかかる費用に対する満足度 (P 値=7.52×10⁻¹)

図-7 水利用環境の違いによる水利用に対する満足度 (Group I: 地震前からの PDAM 利用者 n=45, Group II: 地震後からの PDAM 利用者 n=71, Group III: 現在 PDAM を利用していない井戸利用者 n=27, 1 件回答なし, *: 分散分析において P 値 > 0.05 でグループ間に有意な差あり, **: 2 グループ間の t 検定値で 5%水準の t 値よりも大きく、2 グループ間に有意な差あり)

波前と津波後からの利用者との間に有意な差異が見られない。一方、井戸利用者の水質と安定供給について見れば、満足度の傾向は逆転している。水質については、PDAM 利用者と井戸利用者の間で 1 ポイントほどの差が出た。調査中に回答者が指摘していたことは、津波から 6 年経っても、津波以前よりも井戸に含まれる塩分が多く、洗濯する水にも問題が出ている。住民らは PDAM の水や、井戸水を災害支援で提供された家庭用ストレーナでろ過処理した水を洗濯用水に利用していた。一方、安定供給に対して満足が得られないのは水圧の低さに問題がある。日中、住民の水利用が増える時間帯には水圧が低下するため、住民たちは勝手にポンプを設置して配水管の水を加圧取水していた。井戸水の汲み上げでは

なく、配水管の水の汲み上げ用のポンプの設置数は、調査中に訪問した家庭でも少なくはなかった。震災復興した配水管路システムの問題ではなく、利用者による配水管路網内の制御不能な加圧が、不安定な水供給をもたらしていると考えられる。

災害時の供給安定性については、グループ間で有意な差異が示された。津波前と同じ形態の水利用をしている集合（グループⅠとⅢ）では 2.13、2.19 と水質や日常の安定性よりも低い満足度を与えており、新しく PDAM 水道を利用し始めた回答者は 2.76 と他の 2 つのグループよりも約 0.7 ポイント高い値を示した。後者の回答者の多くはバンダアチェ市外から震災に伴って移住してきた人であり、新たに水道を利用することで災害時の応急給水や PDAM の管路網の拡張などに伴った水道の安定性への期待感がこれらの数字に現れているものと考えられる。

最後に、水利用に関わる費用についても満足度については、それぞれのグループ間で有意な差異は現れなかった。水道利用経験や水利用環境の違いは費用に対する満足度に関与しないといえる。

水道の導入により、住民生活に関わる水質についてはかなり良くなっていることが確かめられたが、安定供給に対する信頼を得るまでには至っていないことが明らかになった。水道水が飲用されている比率は非常に低い、生活用水としての利用においても水質が大きな要因になっている。

(2) 水利用コスト削減への影響

バンダアチェでは地理的制約から水道を利用している人が多いが、インドネシアの他の地域では前述したように水道利用率は 1 割程度に過ぎない。水道が普及し飲用できれば、水道水以外に購入している飲料用のボトル水を軽減することも期待できるが、図-4 に示したように PDAM 水道利用者の 3 割しか煮沸飲用しておらず、家庭内の水道コスト削減にはつながっていない。また、前節で水道利用経験や環境によって水利用に関わる費用の住民意識に有意な差異が現れなかったため、PDAM 水道利用者を対象にして、水道導入による水道料金面への影響を詳細に調査することを試みる。

図-8 は収入に占める水道料金と料金に対する満足度とのバランスを示している。横軸の月収クラスについては、凡例に示すように 350,000IDR と 1,500,000IDR を上下限として 7 区分したものである（IDR：インドネシアルピア、1,000 IDR = 9.4 円）。350,000IDR は上村⁹⁾によるとインドネシアの貧困層に相当する月収である。ちなみに、バンダアチェの公務員の初任給は 1,000,000IDR/月、教員の初任給は 2,000,000 IDR/月が相場である。収入に対する PDAM 水道料金比を算出するにあたり、月収は収入区分幅の中央値、最小と最高の収入区分についてはその上限、下限値とした。収入に対する水コストは、水道料金とボトル水購入額とした。ボトル 1 本（1 ガロン）は 5,000IDR とし算出している。一方、住民の納得率については、PDAM 水道料金に

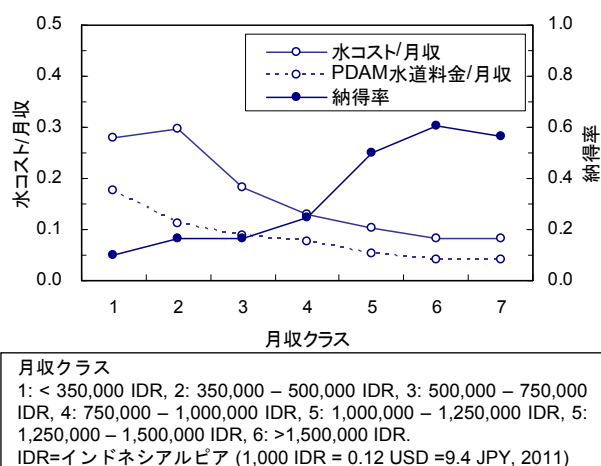


図-8 収入に占める水道料金と納得率との関係

表-2 アンケート調査による水コスト

	水道水	ボトル水
世帯あたり料金	61,666 IDR/月 = 617 円/月	11.7galon/月 = 585 円/月
一人あたり料金	13,859 IDR/月 = 139 円/月	2.63galon /月 = 131 円/月
一人あたり水使用量	150 ℓ/日	1.66 ℓ/日
1ℓあたりの料金	0.03 円/ℓ	2.63 円/ℓ

注：ボトル水 1 ガロン 50 円で換算した。一世帯あたりの人口はアンケート結果より 4.45 人/世帯で算出している。水道水の 150 ℓ/日は水道局の見積もりによるもの。

ついて [高い、適当、安い] の 3 択で設問したものに対して、月収クラスの全回答数に対して「安い」の回答数と「適当」の回答の半数の比率を算出したものである。

月収クラス 5～7 にかけて水道料金の納得率が 50%を超える。このクラスの月収に対する水道料金の比率は 4～7%程度であるが、PDAM の水道料金とは別に、水道料金とほぼ同額のボトル水が購入されているため、水コストは月収の 1 割程度になっている。一方、納得率が 20%以下になる月収クラス 1～4 においては、水道料金は月収の 1 割相当であり、ボトル水の購入を合わせると水コストは月収の 2～3 割に達することが分かった。そのため、月収クラス 1～4 の回答者の多くは、水道料金を削減するために井戸を併用している、または水道契約しないことが多い。復興住宅で既に水道が敷設されている地区 A を除く PDAM 利用者の内、月収クラス 1～4 の回答者の比率は 12%に過ぎないが、PDAM 水道を利用しない回答者ではこれらのクラスの回答者の比率は 29%に増大する。インドネシアでは水にかかる費用が生活費の多くを占めており、世帯収入によって水利用形態が異なっている。

表-2 はアンケート結果に基づき、回答者の平均的な水使用に関わる PDAM 水道水とボトル水の費用と使用量をまとめたものである。住民の月使用量は水道水の方が 100 倍近く多く消費するにもかかわらず、一ヶ月の費用はほぼ同じである。高価なボトル水に比べて、安価で生活用水にて適した水道水は

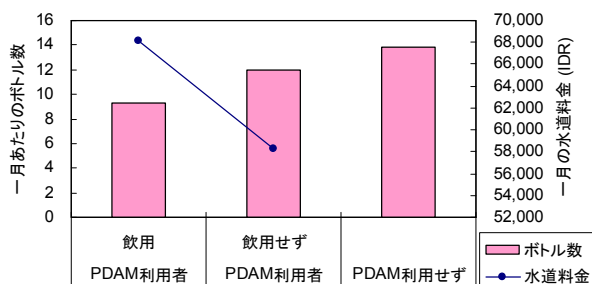


図-9 水利用形態による水道コスト

住民にとって必要不可欠なものである。水道水を優先使用し、ボトル水を節約すれば水道が生活に及ぼす影響はあるが、直接の飲用水としてはまだ利用されておらず、一部の利用者が煮沸飲用している初期段階といえる。

水道水の煮沸飲用者は、水道水利用者の3割程度であるが、利用方法によってボトル購入量は軽減する。図-9は水道利用者と井戸利用者の月あたりのボトル水購入本数を示している。井戸利用者では約14本を購入しているのに対してPDAM利用者は約2本減っている。煮沸飲用すればさらに3本の購入が減る。もちろん水道料金はその分増えているが、購入が減った分のボトル水金額よりも下回っている。水道の水質が向上すれば、煮沸飲用する傾向が強くなると考えられ、住民の水道コストにも影響すると考えられる。

(3) 防災対策への影響

災害時に水道や井戸が被災した場合、家庭内にあるボトル水やその他の水の備蓄が災害への備えになる。月のボトル水購入量は、図-9で示したように、水道利用者の方が井戸利用者よりも日常時の使用量は少なくなる。購入量と備蓄量は必ずしも同じになるとはいえないが、自宅内に確保している平均的なボトル水量は井戸利用者の方があるといえる。

図-10は水利用形態による家庭内での水に関する防災対策の実施率を示している。回答者の多くが被災経験者であるのに対し、対策を実施しているのは回答者全体の2~4割程度でそれほど高いとはいえない。グループ間では、水道を利用していない井戸利用者の方が対策実施率は高い。また、2004年の地震後に水道を利用し始めた回答者の方が、水道を利用し続けている回答者よりも地震対策の実施率は低い。しかし、分散分析において5%水準で見た場合にグループ間で有意な差異はなかった。地震後からの水道利用者は図-7(c)で示したように災害時のPDAMの対応に期待感を表しており、断水リスクを水道事業体に転化させたために、個人レベルでの災害対策の実施率が減ったと考えられる。一方、継続して水道を利用している人は、2004年の地震・津波時の水道復旧に半年程度かかっていることを経験していることから、若干ではあるが防災対策する回答者が増えたと考えられる。

以上のことから水道導入の影響として、水道を利

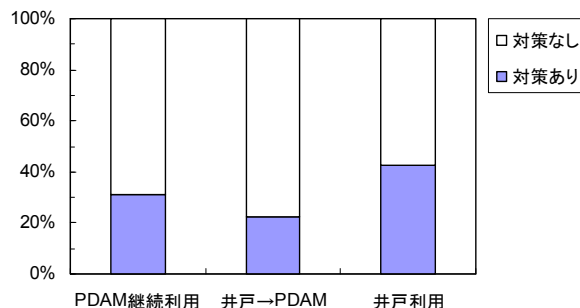


図-10 水利用形態による個人の地震対策

用するようになるとボトル水の使用量が少なくなり、自宅内で備蓄される水は少なくなる。また、利用者意識として災害時の水道の対応に期待し、個人の防災対策が若干低減されることが明らかになった。住民は被災経験を有しているが、災害時の水に対する危機感が薄いと考えられる。水道事業者の水道施設の耐震化・復旧対策が拡充されるとともに、新たな水利用者に対して災害時の断水への十分な説明が必要といえる。

(4) 水道システムの導入影響のまとめ

バンダアチェでは水道が拡張され、これまで水道を利用していなかった住民も災害復興を契機に利用しはじめている。津波の影響で井戸が塩害によって使用できないために利用している住民もいるが、水質については住民から満足を得ており、災害復興の一定の評価ができる。しかし、日本とインドネシアでは水利用形態が異なるため、水質に対する住民意識が元々大きく異なっている。日本で求められる水質は、直接飲むために無味無臭で無色透明であるというのが前提となっている。一方、インドネシアでは、飲み水を使い分けているため生活用水として使用可能な程度の濁度や臭気、塩分がないことが判断基準にある。

水道を飲用として利用することができれば、現在の水道料金とほぼ同じだけの金額を充てているボトル購入費を削減することができ、住民の水道コストも半減でき、コスト面でも住民の満足が得られると期待できる。設備投資とのバランスもあるが、現在の水道料金をほぼ維持できるならば、住民の9割方が水道料金を生活費の1割程度に抑えられる。日本で進められている水道施設の地震対策（耐震化やバックアップ対策など）の以前に、バンダアチェでは水道システムの普及に合わせて日常時の水道システムの利用と災害時の個人レベルでの防災対策について利用者に説明していき、地域住民と連携しながらシステム自体の性能を高めることが必要である。

4. まとめ

本研究では、インドネシアのバンダアチェにおいて災害復興による水道システム導入が住民の水利用

に及ぼす影響について、住民へのアンケート調査結果から分析を行った。復旧状況の現地視察も踏まえ、本研究成果は以下のようにまとめられる。

- バンダアチェでは地震・津波前から水道利用率が高かったが、震災復興により他地域からの移住で人口が倍増した後も、高い水道利用率になっている。とくに震災復興を契機に住民の約半数の水利用が井戸水から水道水へ変化した。
- 水道水へ水利用が変化することで、水質については住民から一定の満足が得られているが、日常の安定供給については、水圧が不安定であることから井戸利用者よりも満足が得られていないことがわかった。
- バンダアチェでは、低所得者が少ないこともあるが、水コスト（水道とボトル水にかかる費用）が月収の1割以下であれば多くの住民の満足を得られる。しかし、それ以上であれば、住民生活を圧迫するため、井戸水から水道水に水利用を変えることは少ないと考えられる。
- 現在は水道水と同額のボトル水の購入を行っており、水道水を煮沸しても飲用する水道利用者が3割程度にとどまっている。水質が向上し、煮沸飲用することにより水コストが減れば住民の満足度も得られると考えられる。
- 水道導入による災害時の対応については、井戸から水道に水利用を変えた住民に高い満足が得られていた。新たな水道利用者は応急給水等の期待感が現れている一方で、水道に依存し、家庭内の災害への対策実施率が他の水利用者よりも低くなることが示された。水道事業体の水道施設の耐震化・復旧対策が拡充されるとともに、新たな水利用者に対して通常の水利用と災害時の断水への十分な説明が必要といえる。

学技術協力事業「インドネシアにおける地震火山の総合防災策」（代表者 佐竹健治（東京大学））の研究プロジェクトのもとで実施した。現地調査においては、京都大学防災研究所の牧紀男准教授、名城大学柄谷友香准教授、ジャクアラ大学津波減災研究センターMuhammad Dirhamsya所長、バンドン工科大学Krishna S. Pribadi准教授に協力していただいた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) The Executing Agency of Rehabilitation and Reconstruction for Aceh and Nias (BRR NAD-NIAS): BBR report, April 16, 2005 - April 16, 2009, 2009
- 2) C. Scawthorn, Y. Ono, H. Iemura, Ridha, B. Purwanto: Performance of lifelines in Banda Aceh, Indonesia, during the December 2004 great Sumatra earthquake and tsunami, Earthquake Spectra, Volume 22, No. S3, pages S511-S544, June 2006
- 3) 竹内幹雄, 小西康彦, 大嶽公康, 久保雅裕, 佐藤紘志, 鈴木信久, 千葉智晴: 阪神・中越・スマトラ島沖地震・津波に学ぶライフラインの今後の課題, 第28回土木学会地震工学研究発表会, pp.7-11, 2005
- 4) (財)日本国際協力システム: バンダアチェの水道管路復旧図, 内部資料
- 5) 高田至郎, 鋤田泰子, 田熊靖史, 柴田安啓, 上野淳一: ジャワ島中部地震における地震動特性とライフライン被害, 建設工学研究所論文報告集 48号, pp.181-202, 2006
- 6) 鋤田泰子: インドネシア・パダン地震における水道施設の被害と復旧, 水道公論, Vol.46, No.2, pp.36-43, 2010
- 7) JICA 研究チーム: Introduction and Utilization of ARRIS, Introduction and Utilization of ARRIS, and Future Plan and Future Plan (ARRIS: (ARRIS: Aceh Rehabilitation and Reconstruction Information System), 2005
- 8) 猪股清二: 統計学ハンドブック, 聖文社, 2000
- 9) 上村泰裕: 社会統計から見たアチェー復興後に残された課題一, 名古屋大学環境学研究科 2004 年北部スマトラ地震調査報告 VI, pp.96-104, 2010

謝辞: 本研究は、JST-JICA地球規模課題対応国際科

DISASTER RECONSTRUCTION OF WATER SUPPLY SYSTEM IN BANDACEH AND ITS EFFECT TO RESIDENTIAL WATER USE

Yasuko KUWATA and Masaharu NAGASAWA

This study focuses on the residentious consciousness on water use in the background of disaster reconstruction of water supply system in Banda Aceh, Indonesia after the 2004 Indian Ocean earthquake and tsunami by using questionnaire survey. It was turned out that half of residents started using water supply system after the earthquake and the water supply system user satisfies water quality rather than the domestic water user does. The satisfaction on water supply stability is not obtained well though there is a problem in resident's use. Finally, the disaster countermeasures to the area where earthquake and the tsunami was high potential and the water supply system is not developed yet were discussed.