<論文>

災害による長期断水時の水確保の実態とその影響要因

藤井 滋穂* 山田 淳**

Situation of Water Acquirement during a Long Period of Water Supply Suspension Caused by a Disaster and Influential Factors on It

Shigeo FUJII* and Kiyoshi YAMADA**

* Graduate school of Engineering, Kyoto University, Yoshida-honmachi, Sakyo-ku, Kyoto 606-8501 Japan

** Faculty of Science and Engineering, Ritsumeikan University, 1-1-1, Noji-higashi, Kusatsu, Shiga 525-8577 Japan

Abstract

A questionnaire survey was conducted in Kobe and Ashiya to find out the situation of water acquirement during a water supply suspension period following the Great Hanshin-Awaji Earthquake. The main results obtained from 406 respondents are as follows: (1) Personal water acquirement quantity in the stricken area was 1-30, 5-50 and 10-60 l·d⁻¹·ca⁻¹, respectively for the phase immediately after the disaster, for the intermediate and for that just before the restoration of water supply. (2) The variety of water sources is quite important for the water quantity obtained in such extraordinary situations, and the sources of wells and storage tanks especially well contributed to the increase of the amount. (3) Family size had an effect to increase the water acquirement quantity in each family, but the quantity based on each person tended to decrease with the increase of family size. (4) Residential location, type of house and kind of water source were also factors affecting the personal water quantity.

Key words: water supply suspension, the Great Hanshin-Awaji Earthquake, questionnaire survey, water acquirement quantity, water sources

1. はじめに

1993年1月17日未明発生の阪神淡路大震災は、戦後最大の自然災害であるとともに、都市化した地域のライフラインを寸断し、これまでに経験されなかった都市型災害を生じさせた。電気の場合は、地震直後の260万軒の停電も震災後3日目で10万軒を下回り、約1週間ではほぼ回復したが、水道では130万軒の断水が、半分となるのに半月、1/5になるのに1カ月、復旧完了日は地震発生3カ月後であった¹⁾。これは、配水管と給水管で無数の破断が生じ、水道の迅速な復旧が極めて困難になったため、神戸市での被害状況では配水管で2千箇所、給水管で6万箇所にとどまった²⁾。この長期にわたる断水に対処するため、地震当日で50台、最高で400台強の給水車が出勤する³⁾救援体制はとられたが、被災住民の必要水量を供給できるものではなかった。

筆者らは、このような長期かつ大規模な災害断水中に被災住民406名に対して水利用アンケート調査を実施した。本論文では、その結果をもとに被災時の水確保の実態、その確保量に対する影響因子の解析を行なった。震

災による水関連施設のハード面への影響では多数の機関により多量の定量的データが蓄積されたが、住民の水確保・利用に関しては島谷らの22名に対するアンケート³⁾があるだけで、本調査結果は極めて貴重といえる。

以下、まず筆者らが実施した水利用に関するアンケート調査の方法について説明する。ついでアンケートの集計結果を解析し、確保水量、水源種、その影響因子等、項目ごとにその詳細な検討を加え、最後は各因子の影響を統計的手法で評価する。

2. 調査方法

水道断水の影響に関する住民アンケートは、芦屋市(1995年3月4日)と神戸市東灘、中央、長田の各区(同年4月29、30日)で、各ブロック(丁)ごと及び避難所にて実施した。調査方法は、3月4日には8人、4月29、30日には延18人の調査員による対面調査法で406名の回答を得た。これら調査地域は、Fig. 1に示すように震度7地域を含む地震でもっとも被害の受けた都市部を西から東に至るまで含むものである⁴⁾。調査項目は、Table 1に示すように被災後の生活基本情報、確保水量と使用目

* 京都大学大学院工学研究科 〒606-8501 京都市左京区吉田本町

** 立命館大学理工学部 〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1

Fig. 1 Survey area for water acquirement questionnaire.

Table 1 Main contents of water acquirement and usage questionnaire.

Categories of questions	Main contents
Basic information	Living places, No. of family
Water resources	suspension duration of water for each purpose (drink, wash, toilet, bath)
Quantity	for each phase (Phases 1, 2, 3)
Water use*2	for each water resource
Flush toilet*1	Frequency and water quantity for meals, laundry, bath & toilet
Temporal toilet*3	Drain conditions, alternatives, countermeasures
	conditions, No., satisfaction, maintenance, sanitation

*1 Kobe、*2 Ashiya、*3 Refuge house
(The others were obtained in all surveys)

的、トイレの実態、震災後の節水等であるが、芦屋と神戸とでそれぞれ独自の質問内容もある。また神戸では、仮設住宅生活者と自宅生活者で異なる内容の質問も実施した。

調査項目のうち、確保水量及び水源は本調査でもっとも注目した点であり、その内容を精査するため、神戸、芦屋の両調査とも①震災数日間の停電等で混乱している時期(第1期)、②その後の約1週間以内で電気が復旧し給水車等による救援が整いつつあるまでの時期(第2期)、③第2期以降、水道が復旧するまでの期間で、救援活動が定着した時期(第3期)の3期間に分けて質問した。具体的には、水道復旧直後(芦屋3月上旬、神戸4月下旬)に、当時(1~3期)水源別にどのぐらいの水量を確保したのかを住民の記憶から聞き取ったものであり、誤差要因も大きいと予想される。なお、本論文では、調査で確保量として聞きとった関係上、確保水量として以下議論を進めるが、実質的には使用水量とほぼ同一と考えられる。アンケート用紙等の質問詳細は、別途報告書⁵⁾を参考にされたい。

本回答結果には、震災後、住民がどこで生活したかがもっとも影響する。Fig. 2はその生活拠点をまとめたも

Fig. 2 Change pattern on residential places of respondents.

R: Refuge house, O: Outside, T: Temporary house H: Home (includes any places except "R" & "O").

Fig. 3 Evacuation periods in refuge houses or outside.

Fig. 4 Attributions of respondents.

* obtained only from the second survey (Kobe), \$ hatched areas: in the south of JR line.

のである。両市の全アンケート回答者の47%は自宅で引き続き生活(図中Iのパターン)したが、残り半数以上は何かの形で避難しており、うち約8%の人が断水等が

解消されるまで被災地域外で生活した(パターンIX+X)と答えている。避難所には、自宅が全壊し仮設住宅に入居するまで滞在した者9%と、安全を確保するため数日間利用した者(パターンV+VI+VII)19%をあわせ、アンケート回答者の1/4以上が滞在した。Fig. 3には、避難所、被災地域外への避難日数をグラフに示すが、避難所は2日の短期間から1カ月以内が大半を、一方、被災地域外では1週間以上2月以内に多く分布し、やや長くなっている。

そのほかの調査対象者の属性はFig. 4にまとめられている。図のように、芦屋市、東灘区、中央区、長田区、仮設住宅ではほぼ1/5ずつデータが得られ、住居では、一戸建てが7割、残り3割の集合住宅では、5階以下と6階以上がそれぞれ半々であった。世帯人数は1人から7人以上まで、年齢も10代から70歳以上まで、ほぼ満遍なく分布している。性別では、女性が7割と偏るが、質問は各家庭に対するものであるため、回答者の性別は結果に影響しないと考えられる。なお、これ以降は、水道が利用できなかった自宅が避難所での回答のみに基づいて行った。被災後の生活が多様のため回答困難な質問事項もあったが、各項目に対する回答率はおおむね70%以上であった。

3. 震災後の確保水源と水量

まず、被災時にどれだけの水が確保できたのかの概況をみるために、Fig. 5に全アンケート調査結果から毎日確保した水量の分布状況を非超過確率で図示してみた。図は、時期別に世帯当たりおよび一人当たりの2つの値で示してある。図より、各期とも世帯によって確保水量

Fig. 5 Distribution of water acquisition quantity in each phase.

にきわめて大きな差があることがわかる。震災数日間の停電等で混乱している第1期では、世帯当たり確保水量の非超過確率10~90%範囲は3~100/L·d⁻¹·family⁻¹程度であり、中央値±40%範囲でも約30倍の水量の開きがある。この差は、電気が復旧し給水車等による救援が整いつつあるまでの第2期、その後水道が復旧するまでの救援活動が定着した第3期と時間とともに小さくなるが、第3期でも非超過確率10~90%範囲は20~150/L·d⁻¹·family⁻¹と、少なからざる差が依然続いていた。一人当たりにした確保水量でもこの傾向は認められ、非超過確率10%~90%は、1~3期でそれぞれ1~30, 5~50, 10~60/L·d⁻¹·ca⁻¹であった。なお非超過10%値、とくに1期の値がきわめて小さくなっているが、これは聞き取り調査結果に基づくため誤差の影響も大きいと考えられる。

つぎに被災者は各時期どのような水源を利用したのかを検討する。Fig. 6は、断水中、自宅生活者が確保した水源および水量を第1~3期ごとに集計したものである。利用割合はその水源を利用した人の割合を示し、その合計が100%を越えるのは、複数の水源を利用した人がいるためである。なお、単一水源のみを利用した家庭が約半数、2水源利用が4割前後、残り1割のほとんどが3水源種であり、時期による差はほとんどない。

第1期でもっとも利用率の高かった水源は、市販水(ペットボトル)BIで、約半数の家庭が利用したが、その水量は平均で1/L·d⁻¹·ca⁻¹程度であり、量的には主水源となっていない。市販水は時間の経過とともに利用割合が減少し、第3期には30%程度となる。第1期にはこの他、給水車(船による給水も含む)Wt, 他地域からの搬入Os, 漏湧水(ほとんどが漏水)Lk, 河川水Rv, 井戸

(a) Usage percentage

(b) Water quantity

Fig. 6 Water sources and their quantity in home.

Fig. 7 Average water quantity based on the users for each water source.

W1, 再利用/再生水(風呂の残り湯, プールなど)Rc など雑多な水源を利用されていた。確保水量でみると第1期にもっとも大きいものは井戸水であり, 被災者全体に対する平均で $3 \text{ l} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{ca}^{-1}$ と, 非常時の水源としてきわめて重要であったことがわかる。ただし, それを利用可能であった人は2割にすぎない。時期による差がもっとも顕著な水源は給水車であり, その利用割合・水量とも1~3期と時間が経るにつれて重要となってきた。

これら多彩な水源で確保された1人当たりの日水量は, 第1期では平均で $13 \text{ l} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{ca}^{-1}$ と極めて少ない。平成4年度神戸市での平均給水量の実績⁶⁾は $412 \text{ l} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{ca}^{-1}$ であるので, 通常時の30分の1以下に相当する。この事態は時間の経過とともに緩和され, 第2期に $20 \text{ l} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{ca}^{-1}$, 第3期で $28 \text{ l} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{ca}^{-1}$ となるが, 依然通常の10分の1以下である。水量の増加は給水車の寄与の増大によるものであるが, 他の水源も市販水への依存が低下している以外は, 引き続き利用されている。これらより, 断水中住民は確保可能な最大限の水量を得, それに合わせた生活に余儀なくされたと推察される。なお, 島谷らの聞き取り調査結果(22世帯対象)³⁾も, $15 \sim 25 \text{ l} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{ca}^{-1}$ とほぼ筆者らの範囲内である。

つぎに, 全体の平均ではなく, それを確保した人当たりでの水量を求め, その特徴を検討する(Fig. 7)。市販水は各期とも $2 \text{ l} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{ca}^{-1}$ 程度の少量であるが, 他の水源ではおおよ $10 \text{ l} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{ca}^{-1}$ 以上は確保されている。時期的な特徴では, 再利用水が若干の減少傾向, 市販水, 漏湧水, 河川水がほぼ一定であったのに対し, 給水車は第1期の $10 \text{ l} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{ca}^{-1}$ から第3期の $23 \text{ l} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{ca}^{-1}$ とまで着実に増加していた。注目すべき点は, 受水槽・井戸では利用者当たりの確保水量が第1期で $15 \text{ l} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{ca}^{-1}$ 以上と, その時期の平均総確保水量(Fig. 5(b))より大きいことであり, これらの利用可能の可否が被災当初の生活上できわめて重要であったと予想される。なお関東大震災でも, 水道の漏水修理管数は約9万口(地震発生後8カ月まで), 平常回復まで約3カ月⁷⁾と少なからざる被害を生じ, 飲料水に関してはその問題が述べられる⁸⁾。しか

Fig. 8 Effect of water source No. on personal water acquisition.

し, 水に対する生活様式の違いや, 井戸などの水道外水源の豊富さの差が, 当時から現代に至るまでに生じたため, 震災の及ぼす生活用水への深刻な問題は阪神淡路大震災まで教訓として残らなかったと思われる。

実際, 今回の調査結果でも水源数と確保水量とが関連することが見いだされた。Fig. 8は, 第1期と第3期について単一水源利用者と複数水源利用者とに分けて確保水量の非超過確率値を比較して示した図である。図より第1期においては水源が1つか2つ以上かで確保量が大きく異なり, 非超過確率80%以上を除き, 2~4倍の大きな開きとなっていることが分かる。一方, 第3期にはその差がかなり縮まり, 非超過確率50%以下で2倍弱の差となっている。確保水源種が多いことは, 断水直後の混乱時に特に効果が大きく, 通常時から多種類の水源が準備できるようにしておくことが重要と考えられる。

4. 確保水量, 水源に及ぼす影響因子の検討

前節での考察は, 調査の全データを用いた結果に基づくものであるが, 実際には住居の形態(一軒家か高層住宅か), 場所(住所), 世帯人数など, これらの要因によって, 確保可能な水源, および水量が異なると予想される。そこで, これらアンケート回答者の属性が影響するかを検討した。

まず, 家庭の規模が確保水量に影響するのかを, 世帯人数と確保水量との関連から検討してみた(Fig. 9)。世帯当たりの水量への影響をみると, 世帯規模が大きくなるにしたがって, 確保水量が増大することが各期とも認められる。ただし, 図中の回帰直線が原点を通らないことからわかるように, 世帯人数に確保量は比例していない。1人と2人とでは倍増まではしないものの比例に近い傾向があるが, 3人以上ではその増加の割合は, 小さくなっている。この原因としては, 世帯人数によってその世帯構成員の年齢・職業等属性が異なることがあげられる。たとえば1, 2, 3, 4, 5人以上の世帯人数で三十~五十代の回答者は, 各々16, 14, 42, 51, 40%であり, 3人以上の世帯の多くが子供を含むと予想され

Fig. 9 Effects of family size and phase on water acquisition.

Fig. 10 Difference of water acquisition caused by house types.

る。なお各世帯人数とも後半の時期ほど確保水量は増大するが、そのパターンに明瞭な人数の影響はみられない。つぎに、住居形態の違いで確保水量に差があるかを、

Fig. 12 Influence of resident location on water acquisition.

(Ng: Nagata, Co: Chouo, Hn: Higashinada, Ay: Ashiya, Mt: Mountainside, Md: Middle, Se: Seaside).

Fig. 11 Differences of main water sources caused by the type of houses.

Fig. 10 で比較してみる。図に示されるように、集合住宅 6 階以上がもっとも多く、同 5 階以下、一戸建て、避難所の順に各期ともなっている。避難所での確保水量が明らかに少ないが、これはトイレ水等一部の水についての確保の必要性の差と考えられる。当時エレベータ等使用不可の建物もあり、6 階以上での高層階では確保水量は少ないと予想されたが、結果は一戸建てや低層階に比較して水量が劣ることはなかった。これは、高層階まで運ぶ労力よりはるかに水の必要性が高ったためと予想される。なお平均世帯人数は、一戸建て、低層階、高層階でそれぞれ、3.7、3.0、2.9 人と高層階がもっとも小さく、高層階で確保量の大きい原因の一つであると考えられる。さらに水源種の違いを時期別、住居別の水源ごと確保量百分率で検討する (Fig. 11)。第 1 期の特徴では 6 階以上の住居で受水槽の割合が大きく、全体の 1/4 を占めている点であり、同水源が緊急断水時に重要な役割を演じていることが分かる。一方、避難所では外部からの水

Fig. 13 Difference of water sources caused by resident location.

(Mt: Mountainside, Md: Middle, Se: Seaside, Ng: Nagata, Co: Chouo, Hn: Higashinada, Ay: Ashiya).

輸送が多く、井戸の割合が小さいなど、自宅生活者の確保水源に違いが認められる。第2期以降は全般に住居形態による差は少なく、すべて給水車を主水源としている。

最後に、地域による確保水量、水源種の違いを自宅生活者のデータを用い検討する。Fig. 12に示すように、確保水量でみると、長田区(大規模火災発生地区)、中央区(三宮を含む神戸中心繁華街)、東灘区(神戸市最東区)、西宮市の間(東西方向の差)、さらに山側、中央、海側(各区を南北にほぼ等面積となるように三等分)で差はあるが、時期等に一定した傾向を見いだすことは困難であり、地域の差よりの個人の差の方が大きいと予想される。一方、Fig. 13に示す水源では、混乱していた第1期に、海沿い地域での漏湧水、山側地域および長田区での受水槽、芦屋市での再利用水など地域による特性は認められるが、明確な理由は見いだせなかった。しかしながら、2期、3期と時間を経るにしたがって給水車の割合が増すとともに、利用水源種も類似する傾向がみられる。

5. 統計解析による確保水量への各要因影響評価

前項までの解析で各要因とも被災時の確保水量になんらかの影響していることが推察された。ここではそれらが統計的に有意かどうかを検討し、さらにその影響力を相互比較する。なお以下の解析は、全調査結果中、確保水量、世帯人数、水源、住居形式、場所のすべてが把握された自宅生活者データのみで実施し、結果の相互比較が可能にした。また1～3期ごとのデータをそれぞれ独立として処理することで、最終的には586標本(1, 2, 3期それぞれ193, 168, 228標本)を解析データとして使用した。

まず、各要因ごとの確保水量への影響を統計的に検討した。このため、択一情報となる(1)時期(第1～3期)、(2)東西場所(芦屋～長田)、(3)南北(海沿～山麓)および(4)住居タイプ(一戸建て～6階以上)では一元配置法で、数値データである世帯数は線形単回帰法で、さらに複数回答のある水源では(母分散が等しい場合の母平均に対

Table 2 Results of significant tests on factors related to water acquired quantity

Factor Phase =>		Per person				Per family			
		All	1	2	3	All	1	2	3
Phase*		●	▨	▨	▨	●	▨	▨	▨
Family size***		○	○	○	-	●	+	●	+
Loca- tion*	(W<=>E)	+				●			
	(S<=>N)								
House Type*		+							
Water source**	Bottled water								
	Outside								
	Storage tank		●				+		
	Water truck	●				●			
	Leaked water					-			-
	Well	●	●		+	●	●	+	+
	River								
	Reuse/Recycle						+		+
	Others					++	+	++	

* by one-way classification, ** by t-test

*** by a linear regression model

"●", "++" and "+" mean a significantly positive effect with a risk less than 5, 1 and 0.2%.

"○", "--" and "-" mean a significantly negative effect with a risk less than 5, 1 and 0.2%.

する) t 検定で、影響の有無を検討した。なお本検定は一人当たりと世帯当たりの両確保水量を評価変数として、全体および各期ごとに実施した。

結果を Table 2 に示すが、震災後の時期と世帯人数が両確保水量にきわめて有意な影響を示している。世帯人数は時期別で見ると危険率が上昇するが、これは各期ごとではデータ数が小さくなるためと考えられる。場所では全データで東西方向に有意差が認められたが、南北方向では5%の危険率でも有意となっていない。一方、住

居形態では全データの一人当たり水量でのみ若干（5％以下）の有意差が認められた。水源では、給水車と井戸で明確な有意差が全体で見られるとともに、第1期での貯水槽が有意であった。そのほかでは漏湧水、再利用水、その他水で有意となっている。

以上のようにいくつかの要因は統計的に有意性を示すが、そうでないものも多い。これは、時期等影響力の強い要因が他の要因の影響を隠してしまうためと予想される。しかし時期別にデータを区分すると、データサイズが小さくなり統計的有意性が発現しにくくなる。そこで全因子で検討水量を回帰させることで他因子の影響を補正し、当該因子係数値の式中での有意性によりその影響を検討した。このため、数量化1類（定性データで定量データ値を予測する方法）の手法⁹⁾を参考に、下記の回帰モデルを作成した。

$$Q_i = \sum_{j=1}^3 \alpha_{1j} \delta^{1j}_i + \left(\beta_0 + \sum_{j=1}^3 \beta_j \delta^{1j}_i \right) p_i + \sum_{k=2}^4 \sum_{j=1}^{S_k} \alpha_{kj} \delta^{kj}_i + \sum_{m=1}^8 \gamma_m \varepsilon^m_i \quad (1)$$

$$\text{ただし、} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{S_k} \alpha_{kj} \delta^{kj}_i = 0 (k=2 \sim 4), \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^3 \beta_j \delta^{1j}_i = 0$$

ここで、 Q_i は*i*番目データ（総データ数*N*）の確保水量予測値、 δ^{kj}_i は*i*番目データ*k*項目（＝1：時期、＝2：東西、＝3：南北、＝2：住居形態）が*j*の場合に1それ以外が0となる関数で ε^m_i は*m*水源に関する同様の関数、 α_{kj} は*k*項目の選択枝*j*（ S_k は*k*の選択枝数）の影響項、 γ_m は水源*k*に対する影響項、 β_j は*j*期の世帯人数の比例係数補正值（ β_0 は全期平均）である。各パラメータ（ α_{kj} 、 β_j 、 γ_m ）値は予測値 Q_i と実測値 q_i との差の二乗和（＝ $\sum (Q_i - q_i)^2$ ）が最小となるように定める。要因

Table 3 Significance tests for parameters in Quantification Type 1 Model

Factor	df	p value (%)	Contribution%
Total	588		28 / 27
Phase(Ph), α_{1j} , β_j	4	0.0 / 0.0	6.7 / 7.5
Family size(Fs), β_j	3	0.0 / 0.0	9.7 / 4.5
Cross(Ph*Fs), β_j	2	7.8 / 7.7	0.6 / 0.6
Location	W<=>E, α_{2j}	3 0.0 / 0.0	2.3 / 2.5
	S<=>N, α_{3j}	2 34.6 / 54.4	0.3 / 0.2
House type, α_{4j}	2	7.2 / 27.9	0.6 / 0.3
Water source	All, γ_m	9 0.0 / 0.0	6.1 / 7.1
	Bottled, γ_1	1 1.6 / 3.1	0.7 / 0.6
	Outside, γ_2	1 2.5 / 2.7	0.6 / 0.6
	Storage, γ_3	1 0.2 / 1.2	1.2 / 0.8
	W. truck, γ_4	1 0.0 / 0.0	1.7 / 2.5
	Leaked, γ_5	1 1.0 / 0.9	0.8 / 0.9
	Well, γ_6	1 0.0 / 0.0	4.2 / 4.7
	River, γ_7	1 95.8 / 81.5	0.0 / 0.0
	Reuse, γ_8	1 8.6 / 3.3	0.4 / 0.6
	Others, γ_9	1 0.0 / 0.0	1.6 / 2.2

(per person)/(per family), df: degree of freedom

Table 4 Parameter value of each water source

Source	Bl	Os	St	Wt	Lk	Wl	Rv	Rc	Ot
Param.	γ_1	γ_2	γ_3	γ_4	γ_5	γ_6	γ_7	γ_8	γ_9
Personal*	2.7	7.1	18.7	3.4	5.7	9.6	-0.2	5.0	11.6
Household ^s	10.8	20.7	42.6	26.1	18.9	35.8	2.3	18.4	39.2

*($L \cdot d^{-1} \cdot ca^{-1}$), ^s($L \cdot d^{-1} \cdot family^{-1}$)

*k*の有意性の統計的検討は、上記最小誤差二乗和 Ω と、*k*に関する項を式(1)から除いた回帰式での最小誤差二乗和 Ω_k を用い、以下の(2)式で計算される*F*値が自由度(*a*, *N*−*b*−1)の*F*分布に従うかどうかで判断可能となる（ただし*b*は(1)式的全係数値の自由度、*a*は要因*k*に関連する項の自由度）¹⁰⁾。

$$F = \frac{(N-b-1) \cdot (\Omega_k - \Omega)}{a \cdot \Omega} \quad (2)$$

その結果を、Table 3に*p*値（その要因の影響がまったくない場合に偶然に生じる確率）と寄与率％（＝100・($\Omega_k - \Omega$)/ S_T 、全分散和 S_T に対する要因の影響割合）とで要約する。本計算は一人当たりと世帯当たりとの両確保水量で実施したが、両結果にほとんど差はみられない。*p*値から本モデルで明らかに影響がないとみられるのは、水源の河川と場所の南北方向のみである。やや影響が弱いと思われるのが時期と世帯人数の交互作用、住居形態、再利用水であり、他の多くの*p*値は0.1％以下と偶然には生じえないレベルである。寄与率でみるともっとも大きなものは、時期と世帯人数で5～10％となっている。場所では東西の違いが2％強の影響を及ぼしている。水源は全体で6～7％、水源の中では井戸の影響が強く、4％強となっている。なおモデル式による予測値と実測値との重相関係数は、一人当たりおよび世帯当たり確保水量でそれぞれ0.532、0.520となった。

ところで、水源自身は回帰する確保水量に直接寄与するため注意を要するので、その内容をもう少し詳細に検討する。Table 4に示すように各係数 γ_m の値は、一人当たり水量に対する河川以外は、すべて明確な正の値となっている。とくに、貯水槽、その他、井戸は一人当たりでそれぞれ約19, 12, $10 L \cdot d^{-1} \cdot ca^{-1}$ と大きい。これらの値はFig. 7で示したそれを利用した人の平均値よりやや小さくなっているが、これは時期および世帯人数の項で正の評価がなされているためである。なお、河川や市販水の回帰係数正となっているが、Fig. 7ではその利用者平均確保水量が全平均より小さく負の効果と評価された。これより、河川など寄与の小さい水源を利用するのは、井戸など寄与の大きい水源が利用できない場合と解釈できる。

6. 結 論

本論文では、筆者らが阪神淡路大震災後、独自に実施した水確保・利用アンケート調査結果をもとに、水確保の実態およびその確保量に影響する因子を検討したものである。その主要な成果は、以下の通りである。

1) 震災後の確保水量の非超過10～90％範囲は、停電等震災直後数日間の第1期で1～ $30 L \cdot d^{-1} \cdot ca^{-1}$ 、その後応急給水体制が整うまでの第2期で5～ $50 L \cdot d^{-1} \cdot ca^{-1}$ 、

さらに水道復旧までの第3期で $10 \sim 60 \text{ l} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{ca}^{-1}$ であり、断水時には通常時の $1/30 \sim 1/10$ ときわめて少量の確保であった。この経時的増大は主に給水車の寄与による。

2) 各家庭での確保水量には世帯人数が大きく影響するが、人数の増大に比例するのではなく、世帯規模が大きくなるしたがって一人当たりの量は減少する。

3) 避難所生活者は自宅生活者に比べ確保水量が平均では3～4割少なく、水源でも井戸が少ない。自宅生活者間では、第1期に6階以上の高層での受水槽利用による水量増大など、住居形態や地域による水源や水量の差は認めらるが、個人差に比べ小さかった。

4) 確保水量に対する影響は、個々の要因単独では統計的有意とならない場合も、全要因の影響を同時に考慮することで、水源としての河川、南北方向の場所以外では有意差が見出せた。線形回帰の場合、その予測式の実測値に対する重相関係数は0.5以上であり、その影響では時期と世帯人数が5-10%の寄与率と大きい。

5) 被災住民は多様な水源を利用したが、とくに複数水源利用可能かが重要で、第1期では水源が単一か複数かで3倍から5倍の差があった。水源の中では井戸と受水槽の効果が大きかった。これらは断水直後の混乱時に特に効果が大きく、通常時から多種類の水源が準備できるようにしておくことが重要と考えられる。

なお本震災は冬期に生じたため、実際必要水量が夏期に比べ少ない可能性が強く、さらに高温期での衛生面を考慮すると、本調査結果よりかなりの水量が供給できる

防災体制が必要と考えられる。最後に、本研究は(株)日本水環境学会「阪神・淡路大震災による水環境への影響と対策」特別研究委員会および立命館大学・震災プロジェクトによる一部資金援助を得たこと、およびアンケート調査が多数の立命館大学学生・院生の助力で実施できたことを記し、関係各位に謝意を表する。

(原稿受付 1998年12月7日)

(原稿受理 1999年3月27日)

参考文献

- 1) 百々順一 (1995) 阪神・淡路大震災と水道の危機管理について “阪神・淡路大震災による水利用への影響および対策に関する講演および討論会” 配付資料。
- 2) 小倉晋・松下真 (1995) 阪神・淡路大震災による水道の被害状況と復興計画, 環境衛生工学研究, 19(3), 98-107.
- 3) 島谷幸宏・保持尚志・萱場祐一・房前和朋 (1987) 兵庫県南部地震時における水利用実態と河川水利用の可能性に関する研究, 土木学会論文集, No. 580/VIII-5, 1-8.
- 4) 日本地図学会 (1995) 阪神淡路大震災地図, 日地出版.
- 5) 山田淳・藤井滋徳他著 (1997) 阪神・淡路大震災による水環境への影響と対策 (報告書) 補遺 A1, (株)日本水環境学会特別研究委員会「阪神・淡路大震災による水環境への影響と対策」.
- 6) 厚生省水道整備課監修 (1994) 平成4年度水道統計 (施設・業務編), 日本水道協会.
- 7) 新田洋文ら編 (1976) 淀橋浄水場史, 東京都水道局.
- 8) 島谷幸宏・萱場祐一・房前和朋・保持尚志 (1995/6) 大震災にみる河川の緊急用水・防災空間としてのポテンシャル, 月刊河川, 56-70.
- 9) 田中豊・脇本和昌著 (1983) 多変量統計解析法, 現代数学社.
- 10) ジェラント G シュッテ著, 高木秀玄訳 (1981) 統計学入門, 東洋経済新報社.