

## 供給系ライフラインの震害による生活支障 (3)

### —評価法の改善と1995年兵庫県南部地震への適用—

1. はじめに
2. 評価指標
3. 調査
4. 予備的分析
5. 平均低下度
6. 累積支障度
7. おわりに

塩野計司\*  
 宮野道雄\*\*  
 小坂俊吉\*\*\*

#### 要 約

震災後の生活支障を評価する計量化指標を構成し、1995年兵庫県南部地震の被災域での事例調査に適用した。評価指標は生活支障の時間的な累積性を考慮するものとし、その2種類とした。災害下における家庭での日常生活を世帯別のアンケートで調査し、その結果をもとに生活支障の世帯指標を算定した。一定の地域内で得られた世帯指標を標本とする代表値を算定し、生活支障の地域指標とした。事例調査は神戸市の東部に位置する2つの区、神戸市の東に位置する4つの市、淡路島の北淡町を対象として行った。収集した資料の代表性と信頼性を確認するための予備的な分析を行ったのちに、市区町ごとの地域指標を算定し、その差について考察した。

#### 1. はじめに

震災時の生活支障が社会的な関心を呼び、地震防災の研究課題として位置づけられるようになって久しい。今日に到る状況の発端が1978年宮城県沖地震にあるとすれば、すでに20年の歳月を経たことになる。この地震による仙台市での災状は「都

市型地震災害」と呼びならわされ、ライフライン震害とそれに起因する住民の生活支障によって特徴づけられたものだった。その後発生した震災の中で、被災者の生活支障が話題にならなかったものはなく、1995年兵庫県南部地震での生活支障は、先例のない広がりや深刻さを示すものになった。

生活支障は、それ自体が重要な災害事象である

\* 長岡工業高等専門学校環境都市工学科

\*\* 大阪市立大学生活科学部

\*\*\* 東京都立大学大学院工学研究科

に止まらない。さまざまな間接被害の原因になる可能性を持っている。災害事象の波及性という問題には、これまでも多くの議論がなされているが、個人や世帯レベルでの生活支障を直接・間接の原因とする事象は少なくない。兵庫県南部地震では、混乱期から復旧期にかけての避難所の混乱が大きな社会問題にまで発展したが、ライフラインの停止による生活支障は、被災者の避難行動(柏原ら, 1998; 宝塚市, 1997)や疾病(小川ら, 1999)を誘発する原因になったと見られている。

しかしながら、生活支障の評価という問題には、それが注目されるようになった初期の頃から現在に到るまで、あまり大きな努力が払われてこなかったように思われる。筆者らによる試み(塩野, 1987, 1988, 1989; 塩野・朱牟田, 1991など)を別とすれば、感覚的・定性的な取り扱いが主流をなし、そのような状態が20年もの長きにわたって続いてきた。このような研究上の停滞が、防災の実務における生活支障への取り組みを阻害する原因の一つとなっていることも否定できない。

この研究を含む筆者らの一連の試みは、地震防災の研究と実務の枠組みに、生活支障の問題を位置づけるとともに、生活支障の実態解明や軽減方法に関する考究方法を具体化することを目標としている。この研究では、生活支障の「強さ」を評価する方法の改善を図り、兵庫県南部地震の被災域に適用して事例調査を展開することによって、上記の目標への接近を試みた。

## 2. 評価指標

生活支障の評価指標には、以前に筆者らが提案した「影響度」を採用し(塩野・朱牟田, 1994)、これに修正を加えて使用した。

影響度は式(1)のように定義し、世帯を単位として算定する:

[影響度]

$$= \sum_{i=1}^5 \{ [低下度]_i \times [支障の継続日数]_i \} \cdots (1)$$

ここに、

影響度: 生活支障の時間的な累積値を示す指標であり、一つの世帯が一つの災害で被った生活支障の「総量」を表す。

低下度: 生活支障の時間的な平均値を示す指標であり、生活活動の種類ごとに評価する(生活活動の種類については後述する)。低下度は、0点(まったく支障がなかった状態)と10点(まったくできなかった状態)、およびその間に設けた段階的な点数で与えた。生活支障の程度を3段階に分けたときには(0、5、10)の点数を、5段階に分けたときには(0、2.5、5、7.5、10)の点数を与えた。以下の記述では、時間的な累積値(影響度)を「総量」と位置づけたのに対し、時間的な平均値を「程度」と呼んで区別する。

i: 生活活動を識別する添え字。生活活動の種類には「1. 調理、2. 用便、3. 洗面、4. 入浴、5. 洗濯」の5種類を選んだ。

式(2)によって「平均低下度」を定義し、一つの世帯が被った生活支障の「程度」(継続期間を考慮しない)を示す総合指標とした。

$$[\text{平均低下度}] = \left( \sum_{i=1}^5 [低下度]_i \right) / 5 \cdots \cdots (2)$$

また、式(3)によって「累積支障度」を定義し、一つの世帯が被った生活支障の「総量」(継続期間を考慮する)を示す総合指標とした。

$$[\text{累積支障度}] = \ln([影響度] + 1) \cdots \cdots (3)$$

平均低下度が取りうる値は[0、10]の範囲に限られる。この研究において1995年兵庫県南部地震で被災した地域(この地震で最も大きな被害を受けた神戸市灘区・東灘区、芦屋市を含む)で行った調査では、この範囲の全体に広がる結果が得られた。平均低下度は、最も小さな変化分が0.5であるため、0と10の間の21段階の値を取りうることになる。

累積支障度には、影響度の場合とは異なり、取りうる値の範囲が自動的に限られるという性質はない。指標値を計算する過程には生活支障の継続日数という要素が含まれ、その上限が自動的に与えられないためである。この研究での調査では、累積支障度は[0、9.9]の範囲で求まった。この研

究での調査地域に、近年に例のない大被害を受けた地域が含まれていたことから判断して、観測された最大値(9.9)は累積支障度に関する現実的な上限を与えるものと考えられる。なお、累積支障度は、式(3)で求まる値の少数第2位を四捨五入して、1桁の小数部を持つ値として与えることにした。累積支障度の現実的な上限を9.9と考えると、累積支障度もまた2桁の有効数字をもった指標値と考えることができる。

同じ特性を持った多くの世帯について平均低下度や累積支障度が求められたとき、それらに対する平均を計算して、代表値とすることにした。たとえば、同じ地域内の世帯から得られた調査結果の平均を計算して、当該地域に対する地域指標とする。

平均低下度と累積支障度の地域指標は、ともに1桁の小数部を持った実数として与えることにした。平均低下度の世帯指標は0.5刻みの値であるが、それらの積率を計算する過程で発生する小数の第2位を四捨五入し、0.1刻みの値として取り扱うことにした。

### 3. 調査

#### 3.1 調査地域

調査地域として、神戸市の東部に位置する2つの区(灘、東灘)；神戸市の東側に位置する4つの市(芦屋、西宮、宝塚、伊丹)；および淡路島の北淡町を選んだ(図1)。阪神圏に位置する2つの区と4つの市は、いずれも都市的な地域であり、地震の影響が最も強く現れた部分(灘区、東灘区、芦屋市)と、弱い範囲に止まった部分(伊丹市)を含んでいる。両者に挟まれた地域には、地震の影響の面でも中間的な部分(西宮市、宝塚市)が位置している。一方、北淡町は、阪神圏の都市域とは異なり、農漁村的な環境を色濃く残した地域であり、この特徴に注目して調査対象に加えた。

#### 3.2 調査事項

アンケートは、次のような質問で構成した：

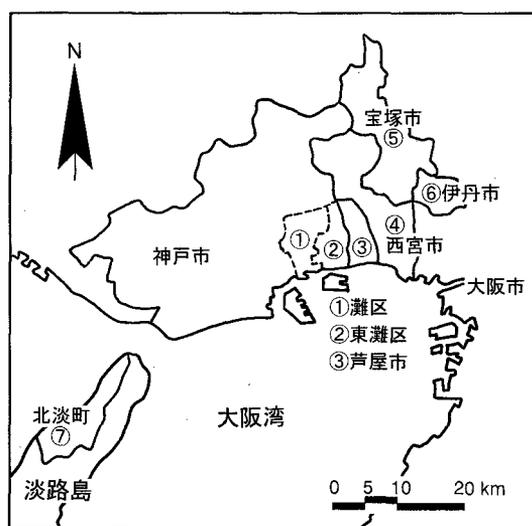


図1 調査地域；灘区・東灘区(神戸市)、芦屋市、西宮市、宝塚市、伊丹市、北淡町の7市区町を調査対象とした。

- i) 世帯の特徴；ライフラインへの依存状況、住宅、家族に関する質問(12項目)
- ii) 地震の被害；ライフラインの停止日数と住宅の被害・家族の傷病に関する質問(13項目)
- iii) 生活支障の程度と期間；生活支障の評価指標を算定するためのデータ(10項目)
- iv) 生活支障の原因；生活支障の原因に関する質問(5項目)
- v) 対応行動；避難生活、水と代替熱源の入手、通勤手段に関する質問(13項目)。

質問の総数は53となり、A4版の用紙で4ページのアンケート用紙になった。アンケート用紙を付録1に示した。

なお、7つの市区町で行ったアンケート調査のうち、最初に実施した宝塚市での調査には、上記とはやや異なる質問事項を用いた。主な相違点は：1) 地震の被害に関する質問のうちで、病気に関するものが含まれていない点；2) 対応行動に関する質問のうちで、水の入手に関する質問が多く、通勤手段に関する質問が含まれていない点だった。また、質問の総数は51だった。

### 3. 3 郵便調査

調査対象者は、北淡町を除く6つの市区では、選挙人名簿からの等間隔サンプリングによる無作為抽出で選んだ。北淡町では、選挙人名簿の代わりに電話番号簿を使い、同じ方法で抽出した。世帯数に対する発送票数の割合（抽出率）を表1に示した。

調査票の発送・回収は郵送で行い、発送は3回に分けて行った。第1回の発送は1997年1月に宝塚市に宛てて行った。この調査にはパイロット調査としての位置づけも与え、結果の一次集計にもとづく質問事項の調整などを行った。第2回は1997年11月に芦屋市、西宮市、北淡町に宛てて、第3回は1998年1月に灘区、東灘区、伊丹市に宛てて行った。

アンケート用紙の回収率を表1に記入した。調査地域全体での回収率は37.4%だった。市区町ごとの回収率では、宝塚市が50.1%と最も高く、東灘区が39.1%でそれに続いた。他の5つの市区町では一様に33%程度になった。

表1には、有効票数として示した数字がある。有

効票とは影響度（式（1））を算定することができたアンケート票を指している。影響度を算出するためには、5種類の生活活動に関する支障の程度と継続日数の都合10項目がすべて揃っていることが必要になる。このような条件の厳しさから、有効票数の割合（調査率）が低下することになった。

有効票を効率よく回収することの難しさは、以前の調査においても、今回と同様に問題になっていた（塩野・朱牟田、前出）。影響度の算定に必要な回答（10項目）が揃いにくい原因の一つに、それ以外の事がらについての質問が多いという事情が考えられる。この調査で用いたアンケートには53項目の質問が準備されており、最も大切な10項目がその中に埋もれてしまう状況になっていた。今後の調査では、生活支障の評価という一点に目的を絞り、上記の10項目により大きな比重をおいた質問構成にすることも検討すべきであろう。

### 4. 予備的分析

ここでの分析は、有効票だけをサンプルとして行った。

表1 アンケート調査の概要

市区町名	世帯数①	発送票数②	抽出率③ (%)	回収票数	回収率 (%)	有効票数④	調査率⑤ (%)
神戸市 灘区	55,332	1,513	2.7	507	33.5	344	0.62
東灘区	77,296	1,285	1.7	502	39.1	352	0.46
芦屋市	34,680	698	2.0	240	34.4	160	0.46
西宮市	163,785	3,226	2.0	1,105	34.3	849	0.52
宝塚市	73,096	1,779	2.4	892	50.1	593	0.81
伊丹市	66,992	1,365	2.0	456	33.4	380	0.57
北淡町	3,704	331	8.9	107	32.3	78	2.11
合計	474,885	10,197	2.1	3,809	37.4	2,756	0.58

注 ①住民登録にもとづく1994年12月31日または1995年1月1日の世帯数

②発送票数＝抽出世帯数

③抽出率： 発送票数／世帯数×100（%）

④有効票： 影響度が計算できた調査票

⑤調査率： 有効票数／世帯数×100（%）

4. 1 回答者の居住地分布

アンケート票の送付に際しては対象者の無作為抽出を行い、調査域内の人口分布が回答者の居住地の分布に反映することを期待した。当然のことながら、人口と調査地点の分布に適切な対応がない場合にも、何らかの補正を加え、調査地点の分布の不都合を修正することは考えられる。しかし、調査地点の分布が人口分布をよく反映したものになっていれば、補正の必要はなく、データ処理は簡潔で好ましいものになる。

宝塚市で収集したサンプルを例として、回答者の居住地分布を調べた。宝塚市は、都市化が進み、人口の大半(98.0%)を抱えた「南部」と、それとは対照的な「北部」に分けられる。ここでの分析は、南部だけを対象として行った。南部は東西に約10km、南北に約7kmの広がりを持ち、町丁目は254を数える。

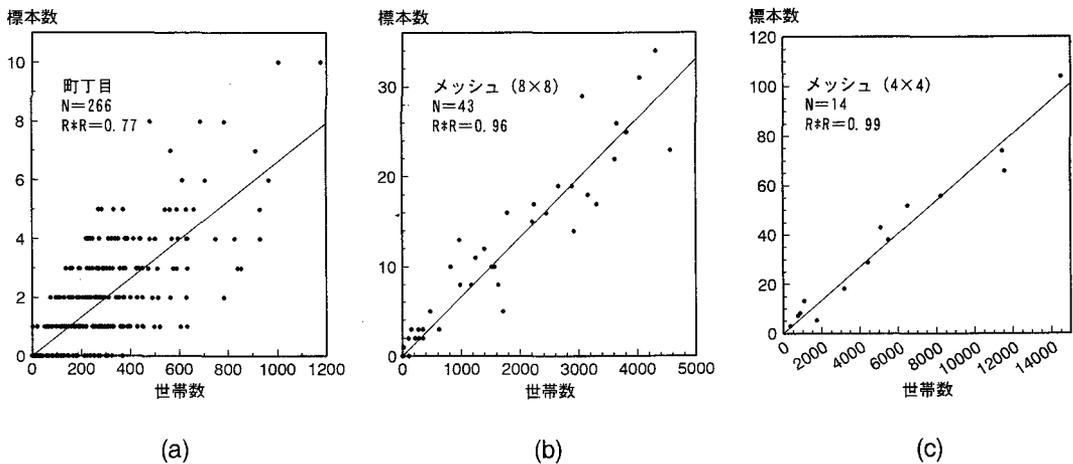
回答者の居住地を町丁目で識別した。町丁目が判明したサンプル数は516であり、全世界帯数に対する割合は0.71%だった。

町丁目ごとのサンプル数と世帯数の関係を図2(a)に示した。世帯数に対するサンプル数の割合

には相当なばらつきがあり、町丁目ごとのような細かい見方をすると、サンプルの分布は世帯数の多寡を反映したものとは見なしにくい。世帯数(x)とサンプル数(y)の関係を原点を通る直線( $y = cx$ )で回帰すると、寄与率は0.87だった。

図2(b)(c)では、世帯数とサンプル数を比較するための地域単位を大きくとった。分析の対象としている地域(東西約10km、南北約7km)を長方形のメッシュで区切り、1つのメッシュに入った町丁目をまとめて調べた。縦横の分割を8ずつにすると、対象域にかかるメッシュの数は43になり、世帯数とサンプル数の関係にまとまりが見えてきた。このときのメッシュの1辺はおよそ1kmである。メッシュごとの世帯数とサンプル数の関係を示す回帰式( $y = cx$ )を求めると、その寄与率は0.96まで高まった。縦横の分割をさらに減らして4にすると、対象域にかかるメッシュ(1辺がおおよそ2km)の数は14になり、回帰式の寄与率は0.99になった。

以上の結果から、調査地域全体での世帯数に対するサンプル数の割合が0.71%のとき、1平方km程度の広がり単位として見れば、調査地点の分布は世帯の分布をよく反映するものと判断された。



(a) 町丁目ごとに比較  
 (b) 対象地域の東西(10km)・南北(7km)をそれぞれ8等分した長方形メッシュで比較  
 (c) 対象地域を4×4等分した長方形メッシュで比較

図2 地域別に見た世帯数とサンプル数の関係

4. 2 住宅被害

収集したサンプルの代表性を調べるための一つの手掛かりとして、住宅の被害に注目した。

この研究の調査対象地域では、地域行政によって住宅の被害判定が行われ、その結果にもとづいて、住宅の全壊や半壊を認定する罹災証明が発行されていた。このことは、罹災証明を受けた人はもとより、被災地に住む全ての住民が知っていたものと考えられる。したがって、アンケートに対する回答（住宅の被害程度）は、その回答者が受けた被害判定の結果と一致することが期待できる。

罹災証明の発行件数から算定した市区町別の全壊率・半壊率（全壊・半壊の証明件数／世帯数）と、アンケート調査で把握した市区町別の全壊率・半壊率（全壊・半壊の回答数／有効票数）を比較し、図3に示した。両者の関係を原点を通る直線で回帰すると、全壊については $y = 0.42x$ 、半壊については $y = 1.34x$ が求められた。回帰直線の寄与率は、全壊の式で0.93、半壊の式で0.99だった。

回収された有効票の数は、罹災証明の発行件数から期待される値に対し、全壊の世帯については

42%と大幅に少なく、半壊の世帯については134%とやや多めになっていた。また、回帰直線の寄与率の高さが示すように、このような傾向は7つの市区町を通じてほぼ同じものだった。

全壊の世帯からのアンケートの回収が期待どおりには進まなかった原因の一つとして、住宅の全壊という深刻な災害を経験した世帯では、生活支障という、住宅被害よりも軽微な問題に対して関心を持たなかったことが考えられる。別の理由として、住宅の全壊にともなう転居が関連する可能性も考えられたが、受取人不明で返送されてきたアンケート票が少なかったことから、有力なものではないと判断された。発送票に対する回収票の割合は1.1%に止まっており、これによって罹災証明の発行件数から算定した全壊世帯の割合（24%）と、アンケート調査の結果から算定した全壊世帯の割合（16%）の差が埋まることはなかった。

この研究では、後述するように、住宅の被害程度が高まると、生活支障が強まることが明らかになっている。このことを、生活支障の地域指標を算定する問題との関連で考慮すると、調査で捕捉された全壊・半壊の世帯数に応じて指標値を補正するという課題が浮上する。この問題については、5.3節で議論する。

4. 3 ライフライン停止

ライフラインの停止状況（復旧率の推移）は、事業者の記録として残されており、アンケートに答えられた停止日数の信頼性を調べるための格好の手掛かりを与えている。この調査は地震の発生から2~3年後に行われたものであり、回答者にも記憶ちがいが起こっている危惧があった。この研究では、詳しい復旧記録が入手しやすかった水道の場合に注目して、アンケート調査の結果を吟味した。

神戸市灘区の場合を例として、通水率の日変化を示した（図4）。図には5本の復旧曲線を示した。その1本は神戸市水道局の記録（神戸市水道局、1996）にもとづいて引いたものである。他の4本はアンケート調査の結果を、住宅の被害程度（全壊、半壊、一部損壊、無被害）に分けて引いたも

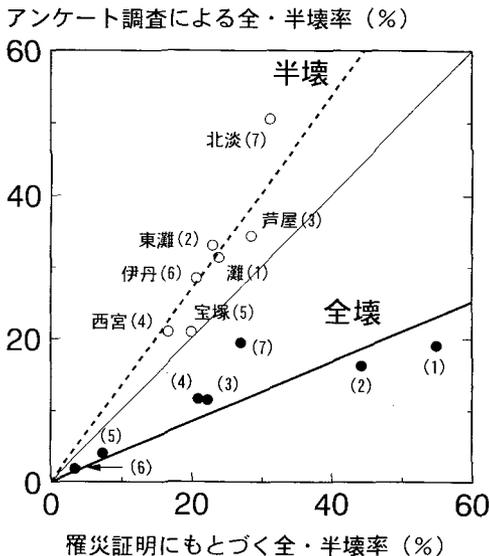


図3 罹災証明の発行件数とアンケート調査による住宅被害率の比較

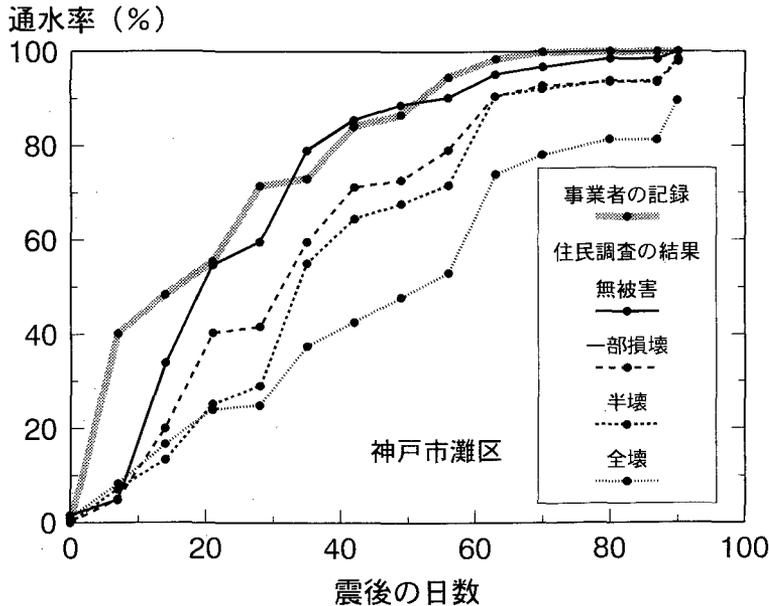


図4 水道の復旧過程 (神戸市灘区) : 事業者の記録とアンケート結果の比較

のである。神戸市の記録は配水系統別に示されており、図に示したものは、灘区と東灘区を担当する東部センター（東部配水・東部営業所）についての記録である。

図4に示した5本の曲線の中で、事業者の記録によるものと無被害の世帯について求めたものはほとんど一致した。これに対し、住宅に被害を受けた世帯について求めた3本の復旧曲線は、事業者の記録から求めた復旧曲線よりも後ろにずれる傾向があった。また、被害が大きい世帯ほど遅れの幅が大きくなっていった。このような傾向は、住宅の被害によっても水道が使えない状態が発生することを示唆している。また、大きな被害を受けた住宅では、その敷地に埋設された水道管にも被害が生じやすいことは想像に難くない。図4からは、住宅に被害を受けた世帯では、配水管網の被害とは別の原因によっても断水が発生し、同じ理由によって復旧にも手間取っていた様子が読み取れる。

事業者の記録には地域の配水管網への通水を再開したという状況が反映され、住民の記憶には自宅の蛇口から水が出るようになったという状況が反映される。したがって、住宅にも敷地内の水道

管にも被害がなく、しかも、住民の記憶が正確なものであったならば、事業者の記録と住民の記憶は一致することになる。図4の2本の復旧曲線（事業者の記録に基づくものと、住宅に被害を受けなかった住民の記憶によるもの）が一致することは、アンケートに回答した住民の記憶が正確であったことを裏付ける。

なお、地震の発生から約2週間の間には、事業者の記録と無被害の世帯についての調査結果の間にもずれがある。これについては、無被害の世帯の中にも避難した世帯があり、水道の復旧を知るのにとまどった場合や、敷地内の水道管に被害を受け、その修理に時間を要した場合があったことの影響と考えることもできる。これに対する厳密な確認は今後の課題とし、地震の発生から約2週間の期間も含め、アンケート調査に回答された断水日数を正確なものとして判断した。

以上の検討は水道だけを対象にしたものであるが、電気と都市ガスも含むライフラインの停止日数に関する住民の記憶の正確さを示したものと考えた。

4. 4 生活支障の継続期間

生活支障の継続期間についても、回答者の記憶の正確さについて確認しておく必要がある。生活支障の継続日数は、影響度の算定(式(1))にも使われるため、正確さが要求される。

影響度を算定するとき注目する5つの生活活動とライフラインが日を追って回復する様子を図5に示した。調理に関しては、「何もできない(何らかはできる)」状態と「普段どおりにはできない」状態に分けて示した。

次の3組(ライフラインと生活活動)について、回復の時期が一致した:

- 1) 水道と洗濯
- 2) 都市ガスと入浴
- 3) 都市ガスと調理(何もできない状態)。

洗濯に関しては、断水の間といえども、自宅に運んだ水を使ったり、水道が使える場所に行っ

ることができる。しかし、普段どおりの量の衣類を洗濯するためには、洗濯機で大量の水を使う必要がある。断水と洗濯の不自由が同じ時期に解消していることは、この推測を裏付けるものであり、同時に、洗濯に不自由した期間に関する住民の記憶が正確なものであることを示している。断水の期間に関する記憶の正確さは、すでにて確認されている。

風呂を使うためには、水と熱源の両方が揃う必要がある、都市ガスの復旧が水道の復旧よりも遅れていたことを考えに入れると、入浴の不自由が解消する時期は、ガスの復旧と重なることが推測される。図5は、この推測をも裏付け、入浴の不自由が解消した時期に関する住民の記憶が正確だったことを示すものだった。地震後の30~70日ほどの期間に、わずかではあるが入浴の回復が都市ガスの復旧よりも先行している状況が見られる。これに関しては、風呂用の熱源としてプロパンガス、石油、石炭、まきなどの、都市ガス以外のものを使っている世帯が約10%含まれていたこととの関

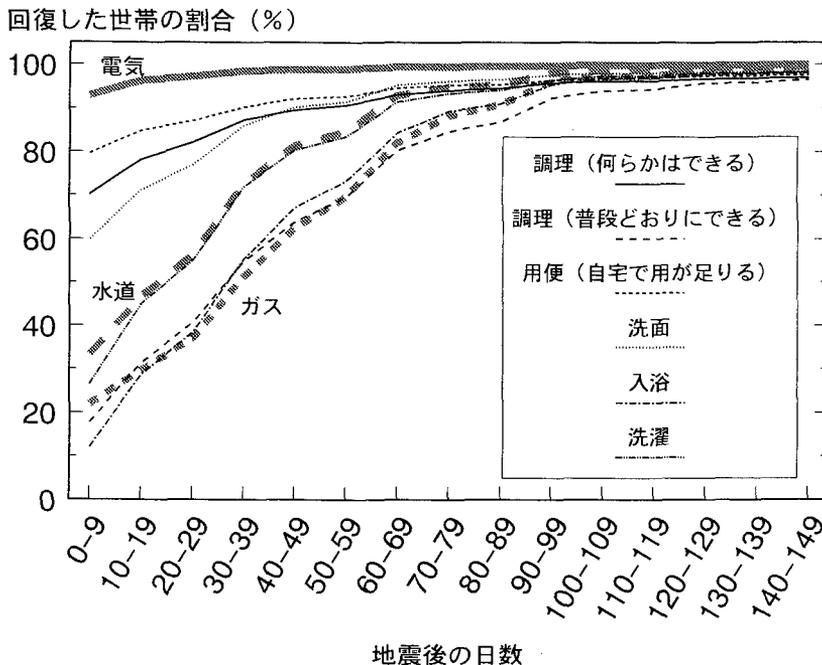


図5 ライフラインと生活活動の回復時期

連を指摘することができる。そのような世帯では、水道が復旧すれば風呂も使えるはずであり、ガスの復旧を待つ必要はない。入浴の回復が断水の解消に先行する状況は見られなかった。

調理の不自由とライフラインの停止に関する対応には、次のような想像がなりたつ。すなわち、普段どおりに調理できるためには、電気・水道・ガスの全面的な復旧が条件になるものと思われる。兵庫県南部地震においても、都市ガスの復旧に最も多くの時間を要したため、これが全面的な復旧の時期と一致することになった。図5に見られたような、普段どおりの調理への回復とガスの復旧が定期的な一致する傾向は、上記の推測を裏付けるものであり、また、普段どおりに調理できるようになった時期に関する住民の記憶の正しさを示すものになっていた。

以上に述べた3つの一致を拠り所として、生活支障の継続期間に関する住民の記憶は正確なものだったものと判断した。図5には、上記のような一致のほかにも、次に述べるような結果が得られており、住民の記憶の正確さを示すものと考えられた。

まったく調理ができない（何らかの調理ができるようになった）状態に関しては、ライフラインの利用（とりわけ、熱源としての電気の利用）もさることながら、少量の水の入手（自宅への運搬）や代替熱源の確保など、より直接的な対応行動の効果が現れやすいものと考えられる。このことによって、生活活動の回復とライフラインの復旧の時期に明らかな対応が出てこなかったものと思われた。

用便と洗面についても、自宅へ運んだ水によって普段どおりの利用回数を確保できたことが想像され、制約の解消と水道の復旧の間に直接的な対応がないことに矛盾は感じられなかった。用便と洗面が元に戻る時期を較べると、用便のほうが先行していた。それぞれの支障による影響の深刻さから、用便への対応を優先したことによる妥当な結果と見ることもでき、間接的ながら、住民の記憶の正確さを示唆するものと考えられた。

## 5. 平均低下度

### 5. 1 世帯指標

図6に、市区町ごとの平均低下度（世帯指標）の分布を示した。頻度分布図は、平均値が大きな地域ほど上になるように並べた。

平均低下度の分布は、東灘区・灘区・芦屋市・西宮市・宝塚市でまとまりが良く、それぞれの標準偏差は1.6、1.7、1.6、1.8、1.8のように求まった。これらに比べ、北淡町と伊丹市での分布はまとまりが悪く、標準偏差は2.3と2.4だった。

伊丹市と北淡町での平均低下度のまとまりが悪かった理由には、それぞれに次のような事情を考察することができた。

伊丹市は、他の5つの市区と似た立地や環境を持つものの、地震によるライフラインの停止状況が他に比べて低い水準に止まっていた。このことを示す手掛かりとして、ライフラインの停止日数が3日以上になった世帯の割合に注目して、アンケート調査の結果を整理した（表2）。

伊丹市を除く5つの市区の間にも大きな幅があるが、伊丹市と他の5つの市区の間には、それにも増して大きな差が現れていた。伊丹市に次いで低い水準に止まった宝塚市と比較しても、電気とガスで数分の1、水道で約半分の停止率だった。

伊丹市を除く5つの市区のように、ライフライン

表2 ライフラインの停止状況  
(3日以上停止を経験した世帯の割合)

市区名	電気	水道	ガス
灘区	48.2	97.2	96.8
東灘区	65.7	98.9	99.4
芦屋市	23.0	98.2	97.4
西宮市	9.4	88.2	92.6
宝塚市	8.0	65.9	90.6
伊丹市	1.4	37.5	19.0

(単位：%)

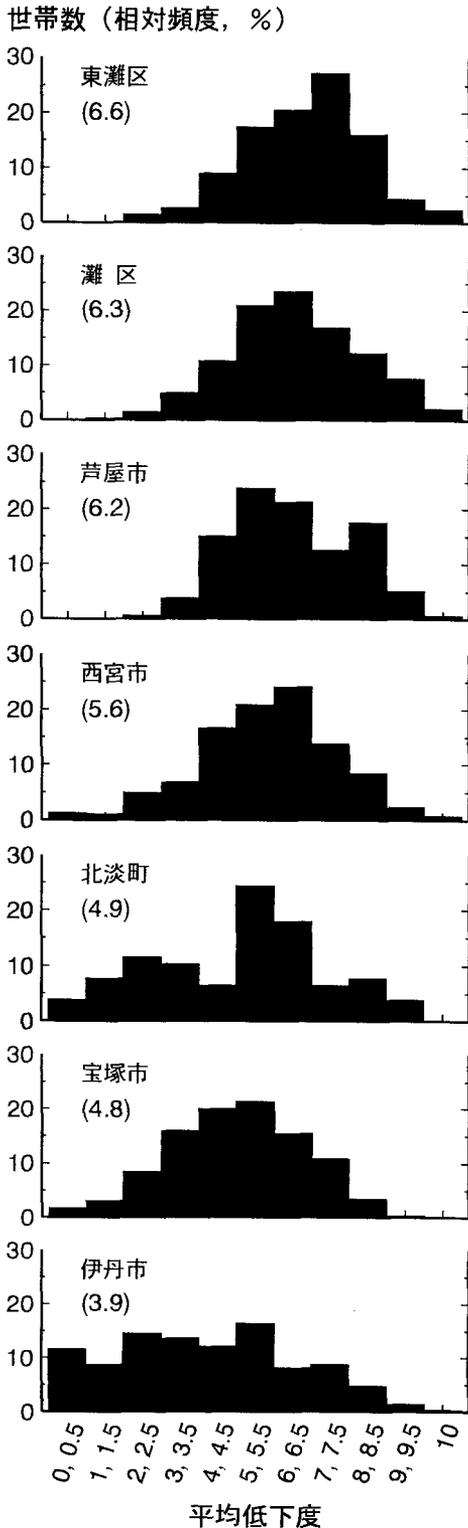


図6 平均低下度の分布 (カッコ内の数字は平均低下度の平均値)

の停止が地域の広い範囲に広がれば、その影響（生活支障）がある一定の水準に収束する傾向は想像に難くない。これに対し、伊丹市では、ライフラインの停止した地域と停止しなかった地域が混在し、その分布にしたがって生活支障が強かった地域と弱かった地域が発生してきたものと考えられる。

北淡町では、他の6つの市区に比べ、井戸を持ち、あるいはプロパンガスを利用するなど、ライフラインへの依存性が低い生活を営んでいる世帯が多い。この研究では、井戸を持つ世帯が44.8%、プロパンガスを使う世帯が99.1%のような調査結果が得られている。このような非都市型の生活が多く世帯で見られることは、北淡町を特徴づける一面になっている。北淡町での平均低下度のまよりの悪さは、ライフラインへの依存性の低さによって、強い生活支障を免れた世帯がある一方で、深刻な住宅被害によって、強い生活支障に見舞われた世帯があったことに起因するものと考えられた。なお、住宅被害と生活支障の関係については付録2に示した。

### 5. 2 地域指標

表3に平均低下度の地域指標を示した。平均低下度の地域指標は、2章で述べたように、同じ市区町内で得られた平均低下度（世帯指標）の平均値で与えた。

平均低下度は東灘区で最も大きく、それに続いて灘区、芦屋市、西宮市、北淡町、宝塚市、伊丹市の順になっていた。市区町間の平均低下度の差は、「東灘区と灘区」「灘区と芦屋市」「北淡町と宝塚市」の組み合わせを除いて、すべて有意なものだった。指標値の分布が正規分布であると見なしたときの、地域ごとの平均値の差に関する検定の結果は「 $0.01 < p < 0.05$ 」が1例と「 $p < 0.01$ 」が17例だった。

一つの試みとして、震度の表示方法を参考にし、平均低下度の地域指標をさらに丸めて表してみた。東灘区・灘区・芦屋市で「6の強」、西宮市で「6の弱」、北淡町と宝塚市で「5の弱」、伊丹市で「4（4の弱）」のように評価することができた。

表3 市区町村別の平均低下度（地域指標の差の検定）

市区町名	平均低下度	平均低下度の差					
		東灘区	灘区	芦屋市	西宮市	北淡町	宝塚市
東灘区	6.4	—	—	—	—	—	—
灘区	6.2	0.2**	—	—	—	—	—
芦屋市	6.0	0.4*	0.2**	—	—	—	—
西宮市	5.5	0.9	0.7	0.5	—	—	—
北淡町	4.8	1.6	1.4	1.2	0.7	—	—
宝塚市	4.7	1.7	1.5	1.3	0.8	0.1*	—
伊丹市	3.9	2.5	2.3	2.1	1.6	0.9	0.8

\*\* : p>0.05, \* : 0.01<p<0.05, 無印 : p<0.01

5. 3 住宅の被害程度を考慮した地域指標の補正

すでに4.2節で述べたように、この研究で収集したサンプルには、住宅の被害程度に関する偏りがあった。また、付録2に示すように、住宅の被害が大きな世帯では、平均低下度も大きな値を取る傾向があった。

これらの点を念頭に置き、住宅の被害程度の偏りによる影響を除去するような補正を行った。

具体的な計算は、次の手順で行った：

- i) 罹災証明（全壊・半壊）の発行件数を、全壊と半壊の世帯数とする
- ii) 全世帯数から「i)」で求めた全壊・半壊の世帯数を引いた値を、一部損壊と無被害を合わせた世帯数とする
- iii) 「ii)」で求めた、一部損壊と無被害を合わせた世帯数を、アンケート調査で捕捉された一部損壊と無被害のサンプル数の割合に振り分け、一部損壊と無被害の世帯数とする
- iv) 住宅の被害程度べつに平均低下度の代表値（平均値）を求める
- v) 式（4）で補正値を計算する：

$$D = \left\{ \sum_{i=1}^4 (d_i \times h_i) \right\} / H \dots\dots\dots (4)$$

ここに、

- D : 被害程度別のサンプル数の偏りを補正した平均低下度（地域指標）
- d : 被害程度別の平均低下度（世帯指標の平均値）
- i : 住宅の被害程度を区別する添え字（1 : 全壊、2 : 半壊、3 : 一部損壊、4 : 無被害）
- H : 全世帯数（ $H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4$ ）
- vi) 以上の処理は、市区町別に行う。

市区町別の補正値を表4に示した。補正量は最も大きな場合でも0.2に止まり、補正の必要性は小さいことが明らかになった。補正量が小さく求めた原因は主に、大きな低下度を持つ全壊のサンプルが期待よりも少なく回収されたのに対し、全壊に次いで大きな低下度を持つ半壊の世帯が期待よりも多く回収されたことにより、全体としての増

表4 住宅の被害分布を考慮した平均低下度の補正

市区町名	平均低下度（地域指標）		
	補正前	補正後	補正量
灘区	6.3	6.5	0.2
東灘区	6.6	6.7	0.1
芦屋市	6.2	6.3	0.1
西宮市	5.6	5.7	0.1
宝塚市	4.8	4.8	0.0
伊丹市	3.9	3.9	0.0
北淡町	4.9	5.0	0.1

減が相殺されたことにあると思われた。また、宝塚市と伊丹市では全壊や半壊の世帯の割合が限られていたために、補正の効果は小さく、指標値の最小刻み(0.1)に達しなかった。

### 6. 累積支障度

本稿では、紙面の制約を考慮し、平均低下度に対する検討を中心に論を進めることにした。累積支障度については、算定結果を簡単に紹介するに止め、詳しい検討は別の機会にゆずる。

#### 6. 1 世帯指標

市区町ごとの累積支障度の分布を図7に示した。ヒストグラムは、平均低下度の場合(図6)と同様に、地域指標が大きな地域ほど上になるように並べた。東灘区・芦屋市・灘区(いずれの平均値も6.6)の順位は、少数第2までの値で便宜的に決めたものである。

累積低下度の場合にも、都市域に位置し、ライフラインの停止が広範囲に及んだ市区、すなわち東灘・芦屋・灘・西宮・宝塚において、まとまりの良い分布を示した。ライフラインへの依存性が低い世帯がある北淡町と、ライフラインが軽微な停止ですんだ地域を持つ伊丹市では、累積支障度が小さな側にも広がった、まとまりの悪い分布を示した。

#### 6. 2 地域指標

市区町間の地域指標を求め、その差を検定した(表5)。

累積支障度は東灘区で最も大きく、それに続いて芦屋市・灘区・西宮市・宝塚市・北淡町・伊丹市の順になっていた。市区町間の累積支障度の差は、東灘区・芦屋市・灘区の相互の組み合わせ( $p > 0.05$ )を除いて、すべて有意なものだった( $p < 0.0001$ )。

平均低下度と累積支障度での市区町間の関係(順位)には違いが見られた。「東灘区と灘区」と「東灘区と芦屋市」の間には、平均低下度では有意( $0.01 < p < 0.05$ )な差があるのに対し、累積影響度で

世帯数(相対頻度, %)

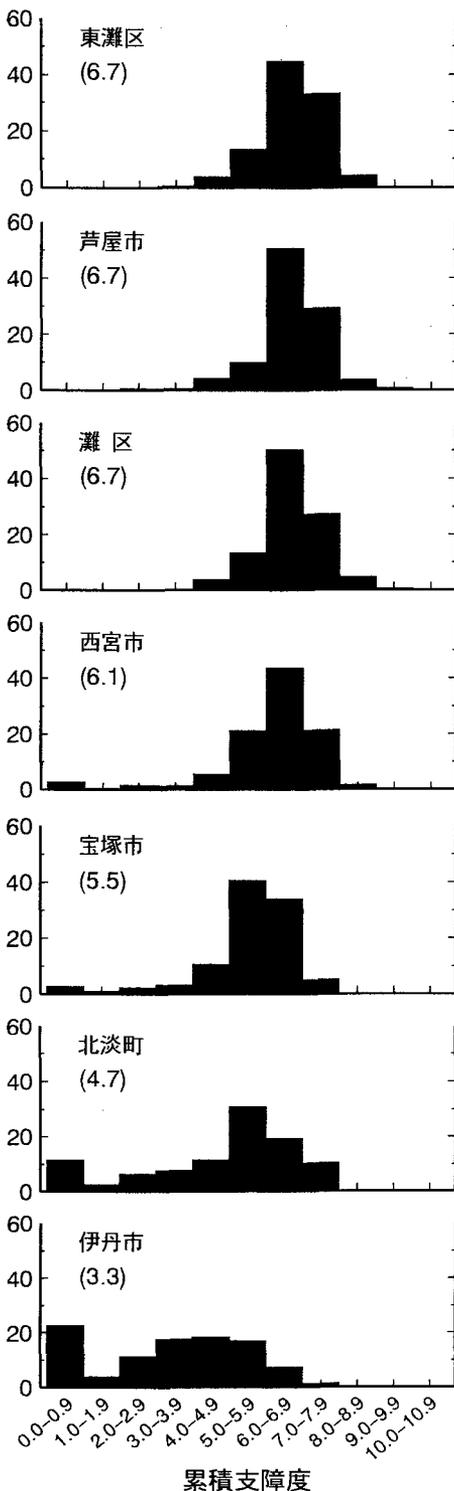


図7 市区町別の累積支障度(カッコ内の数字は地域指標を示す)

表5 市区町村別の累積支障度 (地域指標の差の検定)

市区町名	累積支障度	累積支障度の差					
		東灘区	芦屋市	灘区	西宮市	宝塚市	北淡町
東灘区	6.6	—	—	—	—	—	—
芦屋市	6.6	0.0*	—	—	—	—	—
灘区	6.5	0.1*	0.1*	—	—	—	—
西宮市	6.0	0.6	0.6	0.5	—	—	—
宝塚市	5.5	1.1	1.1	1.0	0.5	—	—
北淡町	4.7	1.9	1.9	1.8	1.3	0.8	—
伊丹市	3.3	3.3	3.3	3.2	2.7	2.2	1.4

\* : p&gt;0.05, 無印 : p&lt;0.01

は有意な差は見られなかった。また、「宝塚市と北淡町」の間には、平均低下度では有意な差がなかったにもかかわらず、累積支障度では有意な差が生じていた。

平均低下度と累積支障度の間には、生活支障の継続期間を考慮するか、しないかという相違点がある。生活支障の継続期間は、式(1)(3)から明らかかなように、累積支障度の値に直接に関与する。累積支障度は、生活支障の継続期間という要素を含むことによって、平均低下度とは異なる性格を持った指標と見なすことができる。上述の状況は、この相違に起因する。市区町の順位が、平均低下度の場合と累積支障度の場合で異なっていたことから、2つの指標には異なる情報が含まれることが確かめられた。

## 7. おわりに

この研究では、生活支障の強さを数値化するために、平均低下度と累積支障度という2つの指標を構成し、指標値を算定するための事例調査を行った。調査対象には、兵庫県南部地震で被災した7つの市区町を選び、世帯を対象としたアンケートによってデータを収集した。算定した指標値に対して統計的な分析を施し、生活支障の発生態様を明らかにした。

このような調査・分析のねらいは、構成した指標を導入することによって、生活支障に対する数値的・解析的な取り扱いを可能とすることにあっ

た。このような処理方法を実現することによって、防災対策の枠組みの中に、生活支障の問題を位置づける機会を求めていきたいと考えている。生活支障に対する「大切な問題には違いないが、取り扱いが難しい」という認識をくつがえし、この想いを達成したいと考えている。

この研究で構成した2つの評価指標はともに1桁の整数部と1桁の小数部(2桁の精度)を持つものであり、その形式に注目すべき点があった。

地震防災の関連分野には、同じ形を持った指標値として、マグニチュードや震度の例がある(これらが、震源や地震動についての情報であることは言うを待たない)。これらの指標値と平均低下度や累積支障度を一括して処理する枠組みが構築できれば、地震の発生から生活支障の発生までの過程が「2桁の精度」で記述できるようになる。この研究での試みは、単に数値的・解析的な理解への移行というに止まらず、精度面での改善にも展望を与えている。

この研究では、2つの評価指標を提案し、それぞれの指標値を事例的に算出するに止まった。また、指標値を「実測(事後評価)」する方法が具体化されはしたものの、「予測(事前評価)」する方法の開発には着手できなかった。生活支障の予測評価に関しては、すでに塩野・朱牟田(1994)の研究があるが、それを発展する方向で、今後の取り組みを期したい。

また、研究の視野が、生活支障から誘発される災害事象にも向けられ、その間の波及構造に着目

した考察へと発展することも重要な課題である。この分野に関しても、今後の取り組みを期したい。

### 参 考 文 献

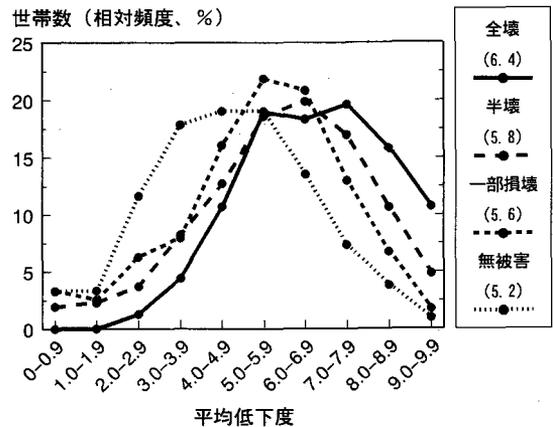
- 大阪ガス『阪神・淡路大震災被害・復旧記録』大阪ガス株式会社総合企画部震災復興推進室, 197p.(p.84), 1996.
- 小川恵子・辻 一郎・塩野計司・久道 茂『阪神淡路大震災後の急性心筋梗塞死亡率の動向』、『厚生指標』(財)厚生統計協会, Vol.46, No.8, p.16-20, 1999.
- 柏原士郎・上野 淳・森田孝夫『阪神・淡路大震災における避難所の研究』大阪大学出版会, 342p.(p.42-44), 1998.
- 神戸市水道局『阪神・淡路大震災:水道復旧の記録』163p.(p.116-117), 1996.
- 塩野計司「ライフライン震害の影響調査法」、『総合都市研究』東京都立大学・都市研究センター, No.32, p.23-35, 1987.
- 塩野計司「ライフライン震害の住民生活への影響-計量的な方法による1987年千葉県東方沖地震の調査-」、『総合都市研究』東京都立大学・都市研究センター, No.35, p.33-46, 1988.
- 塩野計司「供給系ライフラインの震害による生活支障」、『総合都市研究』東京都立大学・都市研究センター, No.38, p.149-167, 1989.
- 塩野計司・朱牟田喜治「供給系ライフラインの震害による生活支障(2)-予測手順の紹介-」、『総合都市研究』東京都立大学・都市研究センター, No.41, p.37-46, 1991.
- 塩野計司・朱牟田善治「ユーティリティの震害による住民の生活支障」、『自然災害科学』Vol.13, No.2, p.193-203, 1994.
- 宝塚市『宝塚市統計書』平成7年版, 269p.(p.34-37), 1996.

宝塚市『阪神・淡路大震災-宝塚市の記録1995-』ぎょうせい, 338p.(p.91), 1997.

### 付録1 調査票

### 付録2 住宅被害と平均低下度の関係

住宅被害の程度によってサンプルを分類し、それぞれに平均低下度の分布を示した(図A1)。被害が大きくなるに従って平均低下度も大きな値を示すようになり、無被害の世帯での平均値が5.2であるのに対し、全壊の世帯での平均は1.2だけ増加して6.4に達した。被害程度別の平均値は、どの組み合わせについても有意な差( $p < 0.0001$ )になっていた。



図A1 住宅の被害程度別に見た平均低下度の分布

### Key Words (キー・ワード)

Earthquake Disaster (地震災害), Daily Living Disruption (生活支障), Lifeline (ライフライン), Numerical Evaluation (計量評価)

## 付録1 調査票

## 地震後の生活に関する調査

この調査では、一昨年の阪神・淡路大震災での被害についてうかがいます。調査のねらいは、地震後の生活の様子を記録し、今後の地震防災を考えることにあります。

調査の結果は、統計的な方法によって分析します。お答えの内容をそのまま公表することは決してありませんので、ありのままの体験をお伝えください。

ご協力をお願いします。

大阪市立大学 生活科学部 生活環境学科 宮野 道雄  
長岡工業高等専門学校 環境都市工学科 塩野 計司  
940 長岡市西片貝町888 Tel: (0258) 34-9290

地震を経験されなかったお宅では、このままアンケート用紙や返信用封筒を処分してください。

質問には、つぎのようにお答えください：

1. ご家族のなかで、家事を担当されている方がお答えください。
2. 一つの質問に対して「ただ一つ」の答えを選び、番号に○を付けてください。  
ただし、当てはまる答えを「いくつでも」とお願いすることもあります。
3. 空欄には、ふさわしい数字や文字を記入してください。
4. 日数をうかがう質問が多く含まれています。もっとも大切な調査事項ですので、当時のことを思い出し、できるだけ正確にお答えください。
5. 12月10日までに、お答えをお寄せください。

はじめに、地震の「まえ」のことをうかがいます。

- 【1】 普段の生活で使っている水は： 1. 水道の水      2. 井戸水      3. その両方
- 【2】 お宅には、水道の代わりに井戸が： 1. ある      2. ない
- 【3】 ふだん、台所で使っているガスは：  
1. 都市ガス      2. プロパンガス      3. ガスを使っていない
- 【4】 ご飯をたくのは： 1. 電気      2. ガス      3. その他 (                      )
- 【5】 風呂をわかすのは：  
1. 都市ガス      2. プロパンガス      3. 電気      4. まき、石炭  
5. 石油      6. その他 (                      )      7. 風呂を持たない
- 【6】 便所は： 1. 汲み取り式      2. 水洗式 (公共下水)      3. 水洗式 (浄化槽)
- 【7】 ご家族は、あなたも含めて： (                      ) 人
- 【8】 世帯主の方の生年月日は： ( 明治 大正 昭和 ) \_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日
- 【9】 地震のときのご住所は： \_\_\_\_\_市 \_\_\_\_\_町 \_\_\_\_\_ (                      ) 丁目

アンケート用紙を開いて、2ページへ進んでください →

【10】お住まいは： 1. 一戸建て 2. 集合住宅 3. その他 ( )

【11】お住まいの造り(材料)は：  
1. 木造 2. 鉄筋コンクリート造 3. その他 ( )

【12】集合住宅にお住まいの方にうかがいます。お住まいは： ( ) 階

ここからは、地震の「あと」のことをうかがいます。

【13】お住まいの被害は(集合住宅のばあい、建物全体について)：  
1. 全壊と判定された 2. 半壊と判定された  
3. 被害はあったが、半壊には至らなかった 4. これといった被害はなかった

【14】ご家族のなかに「けが」をした方がいましたか？  
病院や診療所、あるいは救護所で治療を受けた方は： ( ) 人

【15】お宅では「停電」がありましたか？  
1. なかった 2. 地震の当日だけ 3. 翌日まで(2日間) 4. ( ) 日間

【16】お宅では「断水」がありましたか？  
1. なかった 2. 地震の当日だけ 3. 翌日まで(2日間) 4. ( ) 日間

【17】お宅では「ガスの停止」がありましたか？  
1. なかった 2. 地震の当日だけ 3. 翌日まで(2日間) 4. ( ) 日間

【18】地震のあと「屋外やテント」で夜を過ごしたことがありましたか？  
1. なかった 2. 地震の当日だけ 3. 翌日まで(2日間) 4. ( ) 日間

【19】地震のあと「避難所」で夜を過ごしたことがありましたか？  
1. なかった 2. 地震の当日だけ 3. 翌日まで(2日間) 4. ( ) 日間

【20】地震のあと「親戚や知り合いの家」に身を寄せたことがありましたか？  
1. なかった 2. 地震の当日だけ 3. 翌日まで(2日間) 4. ( ) 日間

【21】「自宅では、まったく調理ができない」ことがありましたか？  
1. なかった 2. 地震の当日だけ 3. 翌日まで(2日間) 4. ( ) 日間

【22】断水のあいだ、調理にはどのような水を使っていましたか？  
水の量が、いちばん多かったものを「一つだけ」選んでください。  
1. 給水車からの配給 2. びん詰めの飲料水(配給) 3. びん詰めの飲料水(購入)  
4. 井戸水 5. よその水道の水 6. その他 ( )

【23】その水は、どこで手に入れましたか？  
手に入れた水の量が、いちばん多かった場所を「一つだけ」選んでください。  
1. 自宅 2. 親戚や知り合いの家 3. 避難所 4. その他 ( )

【24】そこへ行くのには：  
1. 歩き ( ) 分 2. 自転車 ( ) 分 3. 自動車 ( ) 分  
4. その他 ( ) ( ) 分

【25】いつから「ふだん通り」の食事にもどれましたか？  
1. 地震の当日から 2. 翌日(2日後)から 3. ( ) 日後から

- 【26】調理に不自由した主な原因は（当てはまるものを「いくつでも」）：  
 1. 台所（壁や床）の破損      2. 台所内の物の散乱      3. 熱器具の破損  
 4. 停電      5. 断水      6. ガスの停止      7. その他
- 【27】地震のあと「よその便所」を使ったことがありましたか？  
 1. なかった      2. 地震の当日だけ      3. 翌日まで（2日間）      4. （      ）日間
- 【28】そのあいだ、自宅の便所を使う回数は「ふだんに比べて」どのように変化しましたか？  
 その期間をつうじての「平均的」な様子をお答えください。  
 1. 変わらなかった（「よその便所」を使わなかった）      2. わずかに減った  
 3. 半分くらいに減った      4. ほとんど使えなかった      5. まったく使えなかった
- 【29】自宅の便所を使う回数がへった主な原因は（当てはまるものを「いくつでも」）：  
 1. 便所（壁や床）の破損      2. 便器や配管の破損      3. 断水  
 4. その他（      ）
- 【30】断水のあいだ、トイレにはどのような水を流していましたか？  
 いちばん多かったものを「一つだけ」選んでください。  
 1. 給水車からの配給      2. 井戸水      3. よその水道の水      4. わき水や川の水  
 5. その他（      ）
- 【31】その水は、どこで手に入れましたか？  
 手に入れた水の量が、いちばん多かった場所を「一つだけ」選んでください。  
 1. 自宅      2. 親戚や知り合いの家      3. 避難所      4. その他（      ）
- 【32】そこへ行くのには：  
 1. 歩き（      分）      2. 自転車（      分）      3. 自動車（      分）  
 4. その他（      （      分））
- 【33】地震のあと「洗面や歯みがき」に不自由したことがありましたか？  
 1. なかった      2. 地震の当日だけ      3. 翌日まで（2日間）      4. （      ）日間
- 【34】そのあいだ、洗面や歯みがきの回数は「ふだんに比べて」どのように変化しましたか？  
 その期間をつうじての「平均的」な様子をお答えください。  
 1. 変わらなかった（不自由したことはなかった）      2. わずかに減った  
 3. 半分くらいに減った      4. ほとんどできなかった      5. まったくできなかった
- 【35】洗面や歯みがきに不自由した主な原因は（当てはまるものを「いくつでも」）：  
 1. 洗面所（壁や床）の破損      2. 洗面所内の物の散乱      3. 断水      4. その他
- 【36】地震のあと「入浴」に不自由したことがありましたか？  
 1. なかった      2. 地震の当日だけ      3. 翌日まで（2日間）      4. （      ）日間
- 【37】そのあいだ、入浴の回数は「ふだんに比べて」どのように変わりましたか？  
 その期間をつうじての「平均的」な様子をお答えください。  
 1. 変わらなかった（不自由したことはなかった）      2. わずかに減った  
 3. 半分くらいに減った      4. ほとんどできなかった      5. まったくできなかった
- 【38】入浴に不自由した主な原因は（当てはまるものを「いくつでも」）：  
 1. 風呂場（壁や天井）      2. 風呂（おけ、かま）の破損      3. 停電  
 4. 断水      5. ガスの停止      6. その他

4 ページへ進んでください →

- 【39】地震のあと「洗濯」に不自由したことがありましたか？  
 1. なかった      2. 地震の当日だけ      3. 翌日まで（2日間）      4. （      ）日間
- 【40】そのあいだ、洗濯物の量は「ふだんに比べて」どのように変わりましたか？  
 その期間をつうじての「平均的」な様子をお答えください。  
 1. 変わらなかった（不自由したことはなかった）      2. わずかに減った  
 3. 半分くらいに減った      4. ほとんど洗濯できなかった  
 5. まったく洗濯できなかった
- 【41】洗濯に不自由した主な原因は（当てはまるものを「いくつでも」）：  
 1. 壁や床の破損（洗濯機をおいた場所）      2. 洗濯機の破損      3. 停電  
 4. 断水      5. その他
- 【42】おもな働き手の方の「通勤時間」についてうかがいます。  
 ふだんの通勤時間は、片道で：（      ）時間（      ）分
- 【43】地震のあと、いちばん長くかかったときには、片道で：（      ）時間（      ）分
- 【44】ふだん通りの通勤時間にもどったのは：（      ）日後
- 【45】それまでの期間をつうじての「平均的」な通勤時間は、片道で：（      ）時間（      ）分

ここからは、地震のあとの「健康」についてうかがいます。

- 【46】地震のあと「半年」のあいだに、病気で「医者にかかった」ことがありましたか？  
 「けが」による受診は除いてお答えください。  
 1. なかった      2. 1回だけ      3. 2回      4. 3～4回      5. 5回以上
- 【47】地震のあと「半年」のあいだに病気をし、自宅で「寝込んだ」ことがありましたか？  
 「けが」によるものは除いて、お答えください。  
 1. はい（合計して：      日間）      2. いいえ
- 【48】地震のあと「半年」のあいだに、病気で「入院した」ことがありましたか？  
 「けが」による入院は除いて、お答えください。  
 1. はい（合計して：      日間）      2. いいえ
- 【49】入院した方にうかがいます。病名は：（      ）
- 【50】地震の「まえ」に、継続して通院したり、薬をのんだりするような「病気」が：  
 1. あった      2. なかった
- 【51】まえの間に「あった」と答えた方にうかがいます。地震のあと、その病気に対する治療は：  
 1. 地震のまえと同じにできた  
 2. （      ）月（      ）日ごろまで不自由した
- 【52】あなた（このアンケートに答えている方）は： 1. 男性      2. 女性
- 【53】あなたの生年月日は：（ 明治 大正 昭和 ） \_\_\_\_\_年 \_\_\_\_\_月 \_\_\_\_\_日

ご協力ありがとうございました。

記入のすんだアンケート用紙は、同封の封筒で返送してください。

**Inconvenience in Residents' Daily Living Activities from  
Post-earthquake Suspension of Utility Services. Part 3:  
Improvement of Evaluation Indexes and Their  
Application to the 1995 Hyogo-Ken-Nanbu Earthquake**

Keishi Shiono\*, Michio Miyano\*\* and Shunkichi Kosaka\*\*\*

\*Department of Civil Engineering, Nagaoka College of Technology

\*\*Faculty of Human Life Science, Osaka City University

\*\*\*Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan University

*Comprehensive Urban Studies*, No.72, 2000, pp.185-203

Two kinds of numerical scores for evaluating daily living disruption following earthquakes were developed and applied to a comparative study in the affected area of the 1995 Hyogo-ken-nanbu earthquake. The scores with and without cumulative nature were named average and cumulative living disruption, respectively. The study areas were two wards in the eastern most part of the city of Kobe, four cities in the Osaka-Kobe area, and a rural town on Awaji island. Household scores were determined through a household-by-household questionnaire survey, and their fundamental characteristics were statistically examined in relation with building damage, lifeline suspension, and household characteristics in terms of the dependence on lifeline services. Regional scores for each of the seven study areas were determined from household scores and compared across the survey area. Significance of the numerical scores was discussed from the view point of numerical approach to disaster studies and practice.