

兵庫県南部地震の人的被害 —過去とを結ぶ4つのグラフ—

1. はじめに
2. 家屋の倒壊と死者
3. 倒壊家屋からの救出
4. 家屋の焼失と死者
5. 負傷者
6. おわりに

塩野 計 司*

要 約

兵庫県南部地震の死傷者に関するデータを収集し、筆者らが蓄積してきた知見に照らして概略的な分析を試みた。分析の結果、つぎの点が明らかになった：1) 老朽化した木造建物の倒壊は、死亡事故の誘発性において関東地震の当時と変わりのない高さを有していたこと、2) 老朽化した軸組構造の木造建物が倒壊したとき、閉じこめられた居住者を生存状態で救出できる可能性が高いのは、地震の発生から24時間程度に限られること、3) 木造建物の焼失は多くを数えたが、火災の広がり、広域避難の失敗による多数の焼死者を発生させるまでには到らなかったこと、4) 負傷者発生率は、1960～1980年代に発生した地震のデータから求めた「震度と負傷者発生率」の関係を単純に外挿して求めた結果と調和的であること。

1. はじめに

兵庫県南部地震では5,502人の死者と約4万人の負傷者が発生した。明治以降の日本の地震のなかで、死者数（津波によるものを除く）がこの地震を上回るものは、濃尾地震（1891年10月28日；7,273人）と関東地震（1923年9月1日；142,000人）の2つを数えるにすぎない。

兵庫県南部地震の被害データは地震の直後からさまざまな形で発表され、人々が巨大な数字におどろいた。被害データは、以前から地震による死

傷者の分析に取り組んできた筆者らの注意をも引くところとなった。

この報告では、過去の地震被害の分析によって得られた知見を「下じき」として用い、兵庫県南部地震による死傷者の発生状況を概略的に考察した。

なお、兵庫県南部地震の地震学的なデータは、つぎのように発表されている（気象庁：地震概況）：

年月日： 1995年1月17日
震源時： 午前5時46分52.0秒
震央地名：淡路島

* 長岡工業高等専門学校環境都市工学科

緯度： 北緯 34° 36′
 経度： 東経 135° 03′
 深さ： 14 km
 M： 7.2
 最大震度： VI

2. 家屋の倒壊と死者

兵庫県南部地震での死者は、木造家屋の倒壊によるものが圧倒的に多かった。兵庫県警察の発表(1995年4月8日の新聞)によれば、死者の88%が家屋の倒壊を原因としている。

宮野・他(1995)は、兵庫県南部地震の被害データを用いて、つぎの関係を求めている：

$$\begin{aligned} \text{死者数/全壊住家数} &= 5,504/100,209 \\ &= 0.055 \end{aligned}$$

$$\log(\text{死者数/全壊住家数}) = -1.26$$

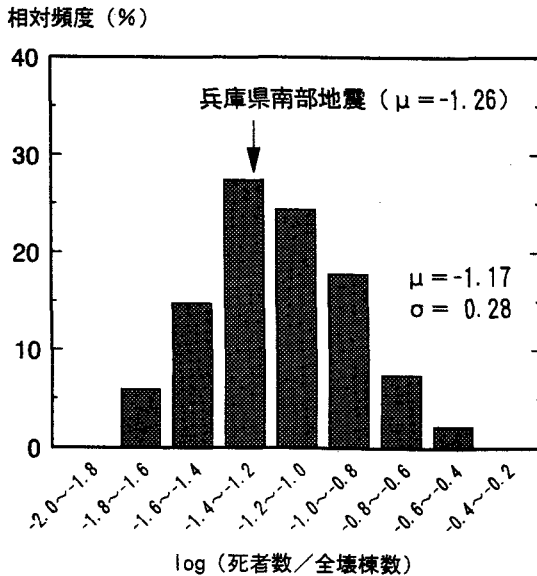


図1 関東地震(1923)での全壊棟数と死者数の関係

この式は、「1,000棟の全壊に対して55人の死者」が発生したことを示している。

塩野・小坂(1989)は、関東地震による被害データを用いて、これと同じような整理を行い(図1)、つぎのような結果を求めている：

$$\begin{aligned} \log(\text{死者数/全壊棟数}) &= -1.17 \\ \therefore \text{死者数/全壊棟数} &= 0.068 \end{aligned}$$

この式は、「1,000棟の全壊に対して68人の死者」が発生したことを示している。

ところで、いくつかの地震の間で「1棟の倒壊で何人が死亡したか」という関係を比較しようとするれば、その前提として「1棟の倒壊に何人が巻き込まれたか」(言い替えれば、建物が倒壊したときに「その中に何人いたか」)を揃えておく必要がある。

関東地震での被害に関しては、1棟あたりの在宅者(家族や同居人であっても外出中の人は除く)は4.2人と推定されている(田村・他,1994)。

兵庫県南部地震の場合には、地震の発生が早朝(多くの人が就寝中)であることを考えれば、1棟あたりの在宅者を世帯人員に置き換えることができる。被害の中心になった神戸市・芦屋市・西宮市の平均世帯人員はいずれも2.6人だった。

在宅者数という観点から、関東地震での式を兵庫県南部地震での式に「揃える」と、つぎのような関係になる：

$$\begin{aligned} \text{死者数/全壊棟数} &= 0.068 \times (2.6/4.2) \\ &= 0.042 \end{aligned}$$

関東地震の被害データをもとに兵庫県南部地震の死者の発生状況を見ると、「全壊棟数1,000に対して42人の死者」が発生することになる。実際には「1,000棟で55人」であり、関東地震のデータから求めた推定値よりも大きな実現値が得られたことになる。

この2つの値(42と55)の違いの有意性については、より詳しく調べてみなければならない。しかし大まかには、建物の倒壊による死者の誘発性において、関東地震と兵庫県南部地震が同じ程度に位置づけられることは確かであろう。

建物の倒壊が人の生命におよぼす危険の大きさは、構造的なねばり強さの欠如による倒壊の「激しさ」に他ならない。激しい倒壊とは、破壊が短時間のうちに進行し、内部に空間を残さない「密な瓦礫」を形成するような被害であると言える。

近年の木造建物は関東地震の当時の建物とちがいで、強く、ねばり強くなっている。したがって、被害を受けにくいのみならず、激しい倒壊が回避されるために、人を傷つける可能性も低くなる。しかし、40～50年も以前に建設され、その後の年月をへて劣化した建物の倒壊は、関東地震のころの建物の倒壊と同じくらいに激しく、人を傷つけやすいものだということが明らかになった。

以上の討議から、脆弱化し、激しい倒壊の可能性を有する古い木造建物への対応が地震防災の重要課題であることを指摘できる。防災に携わる多くの人々が、都市内に「潜在」する古い建物の危険性を「見落としていた」ことは、否定できない事実であろう。

3. 倒壊家屋からの救出

兵庫県南部地震では、倒壊した建物に閉じこめられた居住者の捜索 (Search) と救出 (Rescue) が、緊急対策上の一重要課題として浮上した。

この地震の発生以前から、防災にたずさわる多くの日本人研究者が Search And Rescue (SAR と略されることも多い) という「もの」があることを知っていた。しかし、日本の地震で現実の間

題になる「もの」だとは、だれも予想していなかったにちがいない。捜索や救出というのは、補強のない組積造や質の悪い鉄筋コンクリート造の建物が多用されている国々 (経済状態の良くない国々が大半をしめる) だけの問題である—このように考えていた人がほとんどだった。日本の建物は「つぶれない」ので、居住者が建物のなかに人が閉じこめられることもないだろうと思いでいた。

兵庫県南部地震での被害は、日本でも捜索や救出が問題になるのだということを明らかにした。しかも、日本での捜索・救出活動が、時間的な余裕のない「厳しい」ものだという事も示してみせた。

図2には、倒壊した建物からの生存救出率の日変化を示した。生存救出率という指標は、倒壊した建物から運び出された人数 (生死を問わない) にしめる生存者数の割合を示すものである。兵庫県南部地震についてのデータ (図2の実線) は、神戸市消防局によってまとめられた結果を示した。

図2には、兵庫県南部地震でのデータに加え、唐山地震 (1976年、中国; Sheng, 1987)、カンパニア (南イタリア) 地震 (1980年、イタリア; De Bruycker, 1983)、ミチョアカン地震 (1985年、メキシコ; Enriquez, 1987) のデータを示

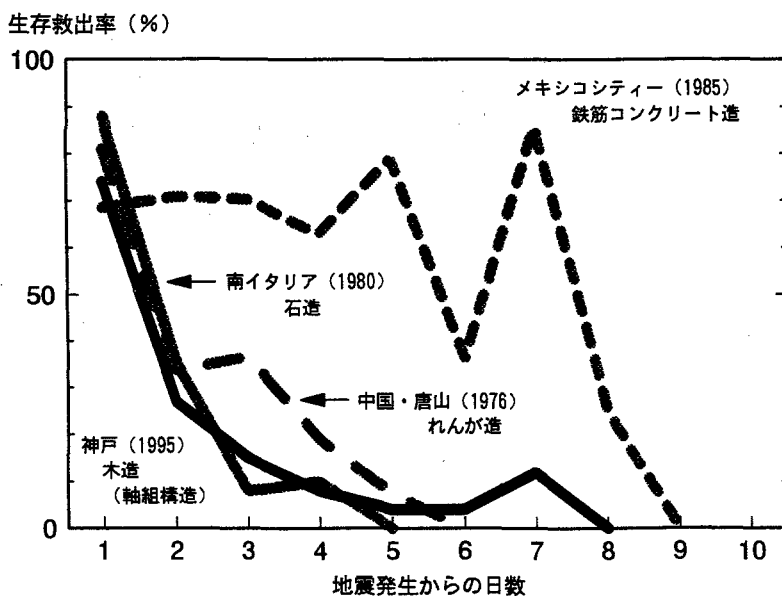


図2 倒壊建物からの生存救出率

した。

生存救出率の曲線は2つのタイプに分けられる。

第1のタイプには、南イタリアの地震、唐山地震、兵庫県南部地震（神戸市）の曲線が含まれる。このタイプの生存救出率の特徴は、地震発生の当日には高い値（70～90％）を示すものの、翌日から急速に低下する点にある。

第2のタイプには、ミチョアカン地震（メキシコシティ）での曲線がある。メキシコシティで記録された生存救出率の特徴は、地震の発生直後から数日にわたって比較的高い値で一定している点にある。

生存救出率が2つのタイプに分かれる原因は、被害を受けた建物の使用材料や構造形式の違いに求められることが多い（たとえば、塩野,1990a, b）。第1のタイプは組積造建物（石、れんが）の倒壊に対応し、第2のタイプのデータは鉄筋コンクリート造建物の倒壊に対応するという見方である。

鉄筋コンクリート造の建物には床や壁などに大きな部材が利用されるために、倒壊した後も瓦礫のなかに大きな空間が生じやすい。大したげがもせず、大きな空間に閉じこめられただけの人々は、長い生存時間をもつことになる。多くの内部空間をもつ「粗な瓦礫」のなかでは、閉じこめられた人の多くが脱水を原因とする「緩やかな死亡」をすることが知られている。

一方、組積造の建物は切石やれんがを構成要素としているために、これが倒壊すると内部に空間を残さない「密な瓦礫」が発生する。このような状態では、窒息に代表される「急速な死亡」をする犠牲者が多い。

兵庫県南部地震のデータが「密な瓦礫」に埋まった人々の「急速な死亡」であることは、図2が示している。老朽化した軸組木造建物が倒壊した場合、救出活動が見るべき効果を上げるのは、組積造建物が倒壊した場合と同様に、きわめて短い時間に限られる。組積造建物からの救出活動の特徴をとらえた「黄金の24時間（Golden 24 Hours）」という表現、すなわち高い確率の生存救出が期待できるのは震後の24時間にすぎないという考え方は、老朽化した軸組木造建物が被害を受けた場合

にも当てはまる。

以上の事実を緊急対応の視点から見れば、24時間以内の捜索・救出を実現する方法は何か、という問題に帰着する。そのような活動を担当するのが被災地の住民（建物倒壊による死傷をまぬがれた人々）なのか、あるいは外部から導入される捜索・救出の専門家なのかを判断することがまず問題になる。つぎに、捜索・救出の主体として地域の住民を想定するのであれば、その能力をどのようにして向上させるかという問題が発生する；外部の専門家を期待するのであれば、どのようにして早期の導入を実現するかという問題が発生する。

4. 家屋の焼失と死者

日本の地震災害と火災は切っても切れない関係を与えられている。日本人の地震災害に関するイメージの行き着くところは、10万人以上が焼死した関東地震（1923年）をおいてほかにない。

地震火災の恐さには2つの側面がある。一つは建物の焼失による財産の喪失であり、もう一つは焼死者の大量発生である。ここでは、後者の観点から被害の態様を見てみたい。

地震火災による死者には2つの発生パターンがある。一つは建物に閉じこめられ、その建物が焼失して死亡する場合である。もう一つは延焼する火災から逃れるための広域避難をおこない、その途中で火にまかれて死亡する場合である。焼死者の大量発生という観点からは、「大きな」火災が関与する後者のパターンを危険なもののみならずすることができる。

兵庫県南部地震では、火災による死者はそれほど多くはなかった。兵庫県警察の発表によれば、県内の死者の総数（5,479人）のうち、火災による死者は570人（10％）に止まっていた（4月8日の新聞記事）。この傾向は、延焼火災からの避難に失敗することによって発生した死者がいないことを示すものである。

関東地震で見られたような、長時間にわたって市街地のなかを移動しなければならない避難行動が必要になるのは、「大きな」火災が発生した場合

に限られる。問題は「どのくらい大きな」火災であれば本格的な広域避難が必要になり、それともなう死者の大量発生（避難の失敗）の危険が生じてくるかという点であろう。

図3には、関東地震の被害データをもとに作成した「焼失棟数と死者数」の関係を示した（火災が発生した地域だけに注目してデータを収集した）。データの分布の特徴は、焼失棟数が3,000の付近を境として、プロットしたデータが2つのグループに分かれる点にある。すなわち：

- 1) 焼失棟数が3,000未満の領域では、焼失棟数と死者数の間にこれといった対応関係が見られない（火災の規模は、死者数を説明する有力な変数ではない；火災以外の原因で死亡する人の割合が高い）
- 2) 焼失棟数が3,000以上の領域では、焼失棟数と死者数の間に正の相関が見られる（火災の規模が、死者数を説明する有力な変数になる；火災以外の原因で死亡する人の割合がきわめて低い）。

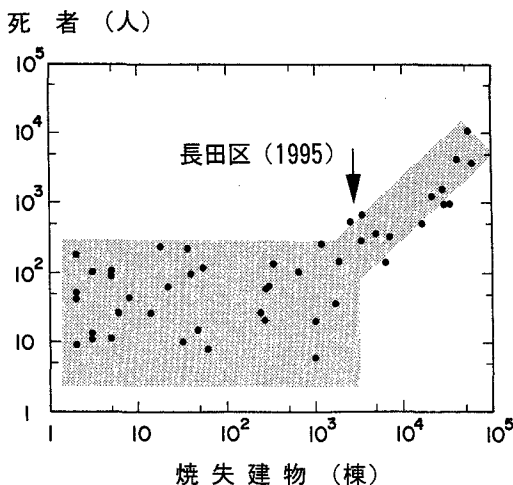


図3 関東地震(1923)での焼失棟数と死者数の関係

このことは、焼失域が一定の大きさに達したとき、その延焼域内で焼死者が多発することを示している。焼失域が小さく、そこからの脱出に困難をきたすこともないことを考えれば、このような傾向は容易に理解される。

図3は、焼死者の大量発生を起こしうる「大きな」

焼失域と、その可能性が低い「小さな」焼失域を分ける境界が、3,000という焼失棟数の付近にあることを示すものに他ならない。

このようなデータを「下じき」にして、兵庫県南部地震の火災を見直してみた。

兵庫県南部地震でもっとも大きな火災が発生したのは神戸市の長田区だった。焼失棟数は3,100であり、これが2カ所に分かれて発生した。したがって、焼失域の大きさ（焼失棟数）は1,000のオーダーであるが、3,000には満たないものだった（図3）。焼失棟数が3,000という「しきい」によって、火災による死者が少なかった（広域避難中の焼死者の大量発生がなかった）ことに一応の説明がつくことになる。

地震火災の制御を目的として都市構造を強化する方策の一つに、延焼遮断帯を用いるものがある。関東地震と兵庫県南部地震の経験（図3）は、延焼遮断帯で囲むべき地域の大きさに一つの目安を与えてくれる。焼死者の大量発生を阻止する目的で延焼遮断帯を設けるのであれば、1つの延焼地域での焼失棟数が3,000を上回らないことを条件にすることが考えられる（延焼の拡大を阻止する目的を財産の喪失の低減におくのであれば、より小さな延焼域を設定しなければならないことは当然である）。

5. 負傷者

市町村別にみた震度と負傷者の関係を図4に示した。ここでは医療機関での治療を必要とした者を負傷者として取り扱っている。

丸や四角などの記号で示したデータは、1964～1983年の20年間に発生した地震から収集したものである（塩野・小坂,1987）。これらのデータから、「震度と負傷者発生率」の関係をみると、全体として正の相関をもつことが確認できる。また、負傷者発生率の上限が震度とともに上昇する様子を読み取ることができる。

負傷者発生率の上限を、直線を使って大まかに推定してみると（図4）、震度5の範囲では0.1%のオーダーにあり、震度6の範囲では1%のオーダー

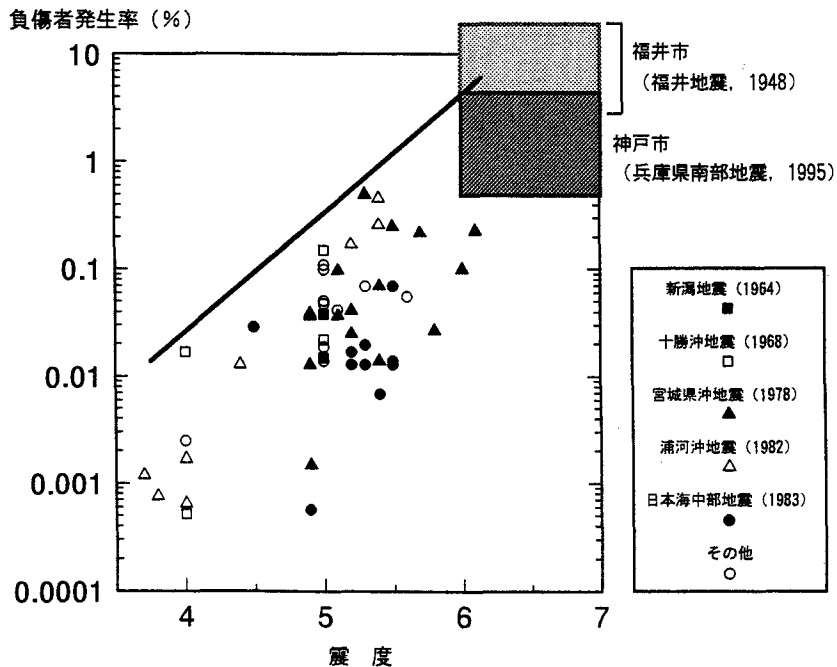


図4 震度と負傷者発生率の関係

に達することが分かる。

やや古い地震であることを考えれば、1964～1983年のデータとの単純な比較にはなじまない懸念もあるが、図4には福井地震(1948年)のデータも示してみた。福井市でのデータも、震度が6以上になる地域では負傷者発生率が1%を超える場合があることを示している。また、震度が6～7と判定された福井市での統計が、震度が4～5.5程度の地震のデータから推定(外挿)した結果と調和的であることが確かめられた。

兵庫県南部地震による神戸市(震度:6～7)のデータを図4に書き加えてみた。

神戸での負傷者発生率は、福井(対応する震度の範囲は同じ)での値よりはやや低いものの、1～数パーセントの範囲にあった。過去の地震のデータをもとに単純な方法で推定できる値がそのまま実現していたことになる。兵庫県南部地震での負傷者が4万人にも達したことは、その数字だけを見れば驚くべきことに違いない。しかし、過去の地震での傾向を踏まえて見れば、十分に予想することができたことも一面の真実である。

地震による負傷者の大量発生という事象は、宮

城県沖地震(1978年)による仙台市での事例以後、長い期間にわたって発生しておらず、その詳しい実像に迫る機会が得られなかった。兵庫県南部地震では、すでに多くの研究者が負傷者の問題に取り組んでいると聞く。事象の詳しい分析がなされ、その結果にもとづいた具体的な対策が誘導されることを期待したい。

6. おわりに

さまざまなメディアや個人的な情報交換によって収集した被害データを、筆者らが蓄積してきた関連の知見を「下敷き」にして分析してみた。その結果は、つぎのように要約することができる:

1) 倒壊した木造建物1棟あたりの死者数は、兵庫県南部地震と関東地震で、ほぼ等しい値を示した。このことは、兵庫県南部地震で倒壊した木造建物(老朽化した軸組構造)の「倒壊の激しさ」と、それゆえの「人命への危険の大きさ」が関東地震の当時の建物の場合とほとんど変わりがなかったことを示唆している。

2) 老朽化した軸組構造の木造建物が倒壊すると、そこに閉じこめられた居住者を生存状態で救出できる可能性が高いのは、地震の発生から24時間ほどの間に限られる。この時間を有効に利用し、生存救出の可能性を高める方策の立案が望まれる。

3) 兵庫県南部地震での焼失家屋は多数にのぼったが、広域避難の失敗による焼死者の大量発生は起こらなかった。このことは、最大の延焼域における焼失棟数が3,000に満たなかったことを念頭におき、関東地震での事例（広域避難中の焼死者が発生したのは焼失棟数が3,000を越す「大きな」焼失域に限られること）に照らして理解することができる。

4) 兵庫県南部地震での負傷者発生率は、最近の30年ほどに発生した地震での「震度と負傷者発生率」の関係から推定した値と整合するものだった。

参 考 文 献

- 1) 塩野計司 (1990a) 「フェイド=アウェイ・ファンクション (1) -倒壊した建物に閉じこめられた負傷者の状態表示-」地震学会講演予稿集、No. 2、46.
- 2) 塩野計司 (1990b) 「フェイド=アウェイ・ファンクション (2) -救出記録による未定係数の決定-」地震学会講演予稿集、No. 2、47.
- 3) 塩野計司・小坂俊吉 (1987) 「地震による負傷者の発生-おもに負傷者発生率と震度の関係について-」地震・第2輯、Vol. 40、625-628.
- 4) 塩野計司・小坂俊吉 (1989) 「地震による死者・負傷者の予測」、『総合都市研究』 38、127.
- 5) 田村和彦・安藤 潤・塩野計司 (1994) 「人的被害の発生におよぼす地震発生時刻の影響-木造建物の震動被害による死者を例として-」第9回日本地震工学シンポジウム論文集、Vol. 2、2335-2340.
- 6) 宮野道雄・村上ひとみ・土井 正 (1995) 「1995年兵庫県南部地震による人的被害に関する検討」第14回日本自然災害学会学術講演会講演概要集、24-25.
- 7) De Bruycker, M.(1983) "The 1980 earthquake in southern Italy: Rescue of trapped victims and mortality", *Bulletin of the World Health Organization*, Vol. 61, No. 6, 1021-1025.
- 8) Enriquez, C. A. R.(1987) "El terremoto de 1985 en el Hospital Juarez de la Ciudad de Mexico", *Secreraria de Salud, Hospital Juarez II, Mexico D. F.*
- 9) Krimgold, F.(1988) "Search and rescue in collapsed reinforced concrete buildings", *Proceedings of Ninth World Conference on Earthquake Engineering*, Tokyo and Kyoto, Japan, Vol. VII, 693-696.
- 10) Sheng, Zhi-Yong (1987) "Medical support in the Tangshan earthquake: A review of the management of mass casualties and certain major injuries", *The Journal of Trauma*, Vol. 27, No. 10, 1130-1135.

Key Words (キー・ワード)

Earthquake Disaster (地震災害), Human Casualty (人的被害),
Building Collapse (建物倒壊), Earthquake Generated Fire (地震火災),
Search and Rescue (救出活動)

Several Discussions of the Deaths and Injuries in the 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake

Keishi Shiono*

* Department of Civil Engineering, Nagaoka College of Technology
Comprehensive Urban Studies, No. 57, 1995, pp. 105-112

Collecting data from the 1995 Hyogo-ken Nanbu earthquake, we discussed the macroscopic nature of human casualty in the disaster to clarify: 1) Collapses of deteriorated wood-frame buildings were as lethal as collapses that occurred in the 1923 Kanto earthquake; 2) In the collapse of traditional wood-frame buildings in Japan, similarly in the collapse of masonry buildings, high live-recovery rates of trapped occupants can be expected only for the first 24 hours after an earthquake; 3) Mass casualty in evacuation from earthquake-generated fires did not occur in the 1995 earthquake, where the number of burnt-out buildings in a fire-spread did not exceed 3,000. This fact is consistent with experience in the Kanto earthquake, where deaths in evacuation occurred only in fire-spreads having more than 3,000 burnt buildings; 4) Injury rates observed in the 1995 earthquake were consistent with those estimated on the basis of data corrected from past earthquakes in Japan for the last 30 years.