

平常時との連続性を考慮した災害影響と防災対策の評価

飯村 龍

平常時との連続性を考慮した災害影響と防災対策の評価

飯村 龍

AN EVALUATION OF DISORDER IN DISASTER AND PREVENTION MEASURES
CONSIDERING CONTINUITY FROM ORDINARY STATE

Ryo IIMURA

An disaster management system should be used in the ordinary period, because few system which is used only emergency accomplishes their task. Therefore, in estimating disorder in emergency state, we have to consider that the emergency state and the system which manages it have continuity from non-emergency period. In this paper, a methodology of evaluating damage and countermeasure with continuity of emergency and the ordinary state is suggested. In addition to that, an importance of storing water and provisions in households to avoid daily life disruption caused by damage of urban facilities was verified. Storage of food and water is also important on the grounds that in order to give priority to life saving activities.

目次

第1章	はじめに	4
1.1	研究の背景と目的	4
1.2	論文の構成	4
第2章	災害影響の考え方	5
2.1	阪神・淡路大震災の被害状況の評価と対策の問題点	5
2.2	阪神・淡路大震災の被害状況の再検証	5
2.3	フローとストック	8
2.4	平常時および災害時の定義	8
2.5	需要・供給と災害影響	9
第3章	災害対策の検証	11
3.1	ハードウェア的対策とソフトウェア的対策	11
3.2	平常時のシステムと災害時のシステム	11
3.3	平常時との連続性の必要性和有効性	12
3.4	災害対応の時系列上の優先順位	12

3.5	地震災害と生活支障	17
第4章	生活用水の防災対策	18
4.1	平常時の生理的必要水量	18
4.2	災害時の生理的必要水量	18
4.3	平常時の社会的必要水量	19
4.4	災害時の社会的必要水量	19
4.5	災害時の水の確保	20
4.6	家庭における水の備蓄	22
第5章	食料品	24
5.1	災害時の食料調達	24
5.2	域内在庫の利用の可能性	24
第6章	おわりに	27

図目次

2.1	平常時と震災後の混雑度	6
2.2	ライフラインの復旧曲線	7
2.3	ライフラインの復旧曲線(時間軸を正規化)	7
2.4	ライフラインの復旧曲線(初期値を変更)	7
2.5	ライフラインの復旧曲線(初期値を変更、時間軸を正規化)	8
2.6	需給バランスの例1	10
2.7	需給バランスの例2	10
3.1	平常時のシステムと災害時のシステム	13
4.1	復旧までの我慢の限度	21
5.1	災害救助用物資の備蓄・調達に関わる財政負担	25

表目次

2.1	需要と供給の性質による災害対応要素の分類	10
3.1	阪神・淡路大震災による死者の医学的な死亡原因	14
3.2	阪神・淡路大震災による死者の物理的な死亡原因	15
3.3	阪神・淡路大震災による死者の死亡推定時刻	15
3.4	救助の早さと生存率	15
3.5	被災地内から発生する交通	16

3.6	被災地域への市外からの流入交通	17
4.1	人体の水収支（実験値）	18
4.2	水の損失と症状	19
4.3	実際の使用水量と水需用抑制の提言	20
4.4	上水道の復旧目標	22
4.5	災害時の水需要	22
5.1	主な応急救助用備蓄食料一覧	24
5.2	供給協定による食品の調達	26
5.3	小売店の在庫の備蓄相当日数	26

第1章 はじめに

1.1 研究の背景と目的

1995年1月17日の阪神・淡路大震災から3年以上経過した現在でも、被災地では復興活動が続いている。住宅などの施設が量的には整備されても、観光や商業などの産業・経済的復興は震災以前の8割程度で伸び悩んでいるとの報告¹⁾もあり、都市としての総合的な復興の難しさとともに、震災の大きさを改めて認識させられる。

この震災を教訓として、研究開発や行政・地域活動などの場において、これまでに様々な取り組みが行われてきた。技術者・専門家の意識改革、構造物の耐震性強化などに対する技術的・経済的・財政的、緊急対応と危機管理の方法論、災害に強い街づくりなどに関して、多くの議論がなされてきた。

しかし、個々の分野で主に技術的な知見が向上したとはいえ、それらの単なる総和としては扱いきれない複雑な都市システム全体として被害を低減するための総合的な視点を整理することは、それが容易な作業ではないことを差し引いて考えても、十分になされているとは言えない。また、時間の経過とともに、一般の人々の防災意識も薄れつつあり、われわれが防災を考える上での最大の財産であるはずの過去の災害の教訓を活かしきれないという事態に陥りかねない。

本論では、次の災害の被害を減らすために、災害影響と防災対策の適切な評価方法を検討し、より効果的な対策のあり方を示すことを目的とする。

1.2 論文の構成

第2章では、阪神・淡路大震災を例に災害影響の考え方を示し、災害影響を適切に評価するためには平常時と連続して捕えることの必要性を説明する。続いて第3章で、災害対策の考え方について、緊急対応の問題点と対策のあり方について述べる。生活関連物資の災害対策についての具体例として第4章、第5章で災害時の水および食料について、その備蓄の有効性を検討する。最後に第6章で、まとめとして結論を示す。

第2章 災害影響の考え方

2.1 阪神・淡路大震災の被害状況の評価と対策の問題点

阪神・淡路大震災で生じた現象の解釈については、構造物の被害に関するものをはじめとして、地震直後から数多くの調査がなされており、「事象」としての個々の側面は可能な範囲において相当明らかになったといえる。震災発生直後の交通量の調査をはじめとした、直接の把握が現実的に不可能なものについては、事後のアンケート調査やシミュレーションなどにより明らかにされている。だが、特に、早い段階で行われた調査・研究は、ある単一の対象に関して絶対的な事実を淡々と報じているに過ぎず、平常時や他の災害との相対比較や、複合的な被害の発生構造などにまでは、残念ながら成果を出しきっていない。

もっとも、それらの調査・研究が、被災地またはその周辺の方々の努力により纏められたことを考えるとやむを得ないことではある。そのような調査・研究に大変貴重な価値があることは言うまでもない。

一方、被害を教訓に次の被害を最小限に押さえるという考え方からすれば、構造物の倒壊といった、災害時に特有の現象もさる事ながら、交通網や医療機関の麻痺、ライフラインの機能停止などによる(人的被害も含めた)被害の拡大といった、普段利用しているシステムの機能不全による影響も大きかった。

逆に、消火や倒壊家屋からの救出には地域住民によるものが少なからずあった²⁾ことから、特に防災のための仕組みでないものの重要性も確認された。また、災害時を重視したシステムであっても、平常時から運用していなければいざというときに働かないことも指摘されている³⁾。

以上のことから、災害対策を平常時のシステムの延長として位置付け、災害影響を適切に評価しそれを対策に役立てるといふ視点が必要といえる。

2.2 阪神・淡路大震災の被害状況の再検証

図2.1は、神戸市内の道路交通網について阪神・淡路大震災前後の状況をシミュレーションにより検証したもの⁴⁾をもとに、ネットワーク内の各道路(リンク)について平常時及び災害後の混雑度をプロットしたものである。混雑度とは、道路交通容量に対する交通量の比であり、この値が大きい道路ほど混雑する時間が長いと判断できる指標である。また、図中の右上がりの直線は平常時の混雑度と災害後の混雑度が等しいラインである。

ここで、災害時に同程度に激しく混雑した2本の道路に着目する。一方の道路は平常時には混雑していなかったが災害が起きて混雑し、他方の道路は普段から混雑していたが災害時にも同様に混雑したもの、とする。この場合、単に災害時の状況を見る限りどちらも同

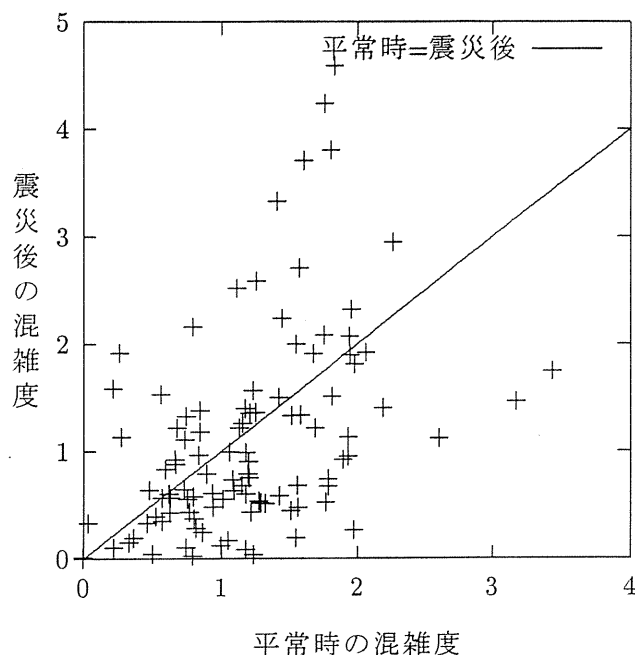


図 2.1: 平常時と震災後の混雑度

程度の混雑を記録したということ以上の知見を得ることはできない。もちろん、絶対的な影響の程度が重要であることは論を待たないが、この2本の道路の呈した災害影響には差があると考えられる。つまり、その影響が災害によるものであるかどうかという点では、後者は影響がなかったとして扱うことが可能だが、そのためには評価の方法を変える必要がある。この図では例えば、図中の直線からどの程度の距離があるか、あるいはその直線のどちら側にあるかということにより、その道路の災害影響を分類することができよう。

あるいは、平常時から混雑していた道路が、災害が起きた後の混雑は普段の混雑より穏やかなものであった場合でも、災害後の状況だけを見ると、実際は災害により混雑が緩和されたにもかかわらず、災害が原因で混雑したかのように誤って解釈されてしまう可能性も無視できない。

以上のことから、災害による影響をより有効に評価するためには、災害後の状況だけを見て被害を評価するのではなく、平常時の状況も同時に知る必要があるといえる。

一方、図 2.2 は、阪神・淡路大震災でのライフライン(電力、上水道、ガス)の復旧曲線である^{5, 6, 7, 8})。このような図が多く文献に見られる。しかし、ライフラインの復旧の傾向を比較するためには、復旧迄の時間を統一した図 2.3 のようなものにすべきであり、また、各ライフラインで震災直後の被害率が異なることから、被災者がそれらのライフラインの影響をどの程度受けるかという視点からは、図 2.4 に示すように時間 0 での復旧率を被害を受けなかったものも含めた値、すなわち災害発生直後の稼働率にすることも考えなければならぬ。また、ライフライン毎の復旧の特性を把握するには、図 2.3 や図 2.5 のように時間軸を正規化して比較することも必要だろう。

阪神・淡路大震災の資料や調査報告については、本文で参照しているものも含めて、震災直後の混乱のなかでの作業であったことを考えると、分析が必ずしも十分ではなかったこ

とはある程度は止むを得ないものの、今後はこの様な視点に基づく再度の検証が必要である
 と考える。

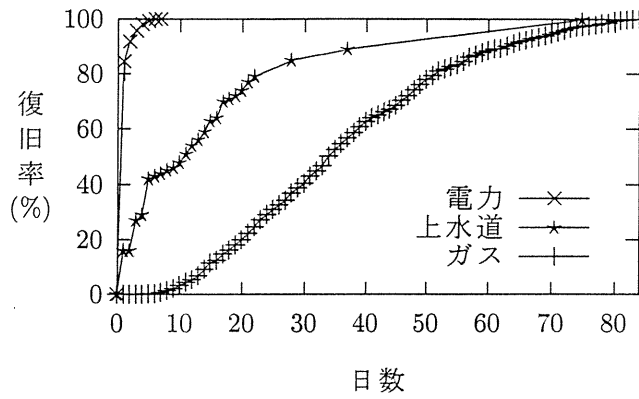


図 2.2: ライフラインの復旧曲線

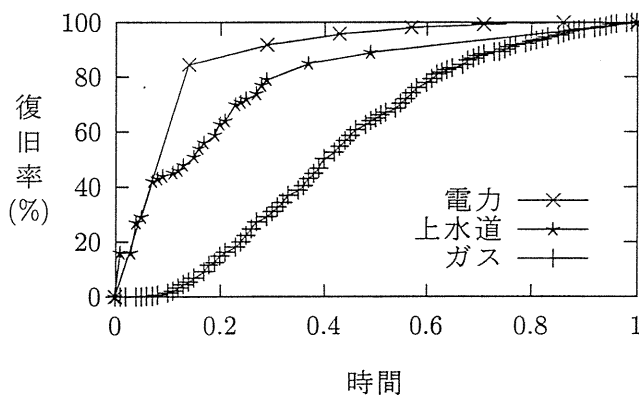


図 2.3: ライフラインの復旧曲線 (時間軸を正規化)

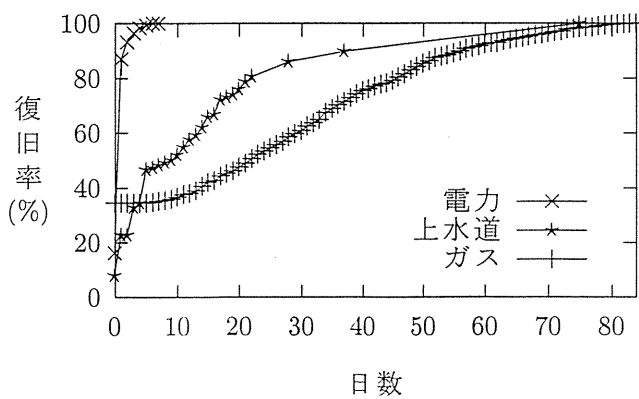


図 2.4: ライフラインの復旧曲線 (初期値を変更)

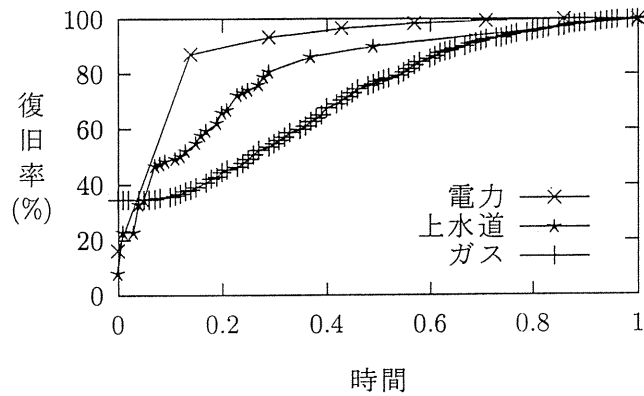


図 2.5: ライフラインの復旧曲線 (初期値を変更、時間軸を正規化)

2.3 フローとストック

災害影響を評価するにあたって、本論では、災害影響を「需要」と「供給」のバランスとしてとらえることとする。すなわち、需要と供給を比較することにより、供給能力を上回る需要が生じれば障害あるいは損害の発生とみなし、需要を大きく上回る供給能力があれば災害対応の非効率とみなすことにする。

一般に災害対応に着目した場合、非常時には需要が増加し供給が減少する要素が多い。例えば、医薬品の需要が増加する一方で、その供給がままならないといった場合である。逆に、需要が減少する、あるいは供給が増加するケースも存在する。緊急度の低いものを後回しにし、その分を緊急性の高いものの供給に当てる場合などがこれに相当する。例を挙げれば、旅行・娯楽などの需要は減少すること、病院の待合室のソファを患者用のベッドとして使用するなどがある。

さらに、需要と供給の関係を若干詳しく考えると、災害影響とは、大規模な自然災害時に、被害（一次被害）に伴って生起する各種の損害（二次被害）は、需要や供給力の急激で大幅な変動によって、「物やサービスを、

- ① 適切な水準で、
- ② 必要な量が、
- ③ 必要な時に、

供給する」ということが不可能になることによるものであるといえる。

2.4 平常時および災害時の定義

いわゆる「災害時」においては、生活を支える社会の仕組みの供給能力が向上したり需要が減少したりすることがないわけではないが、基本的には、供給能力が低下し、需要が増大し、その結果として、需要が供給能力を上回ることが多い。そこで仮に、災害時の定義を

「その時の供給能力では需要に対応できなくなったとき」とする。しかし、非常事態であるということで、平常時とは違って若干は「我慢」が出来るようなことがあれば、何とか需要を満たしたと見なすことができる。このように、災害時に需要が増大しても、許容できるレベルが下がって、「需要>供給」とならない状況が発生すると、先に挙げた災害時の定義と矛盾することになる。従って、「平常時の基準でみて、その時の供給能力では需要に対応できなくなったとき」を「災害時」とする。

また、この場合の「我慢」とは、物やサービスの「品質の低下を許容すること」あるいは「量の不足を許容すること」あるいは「時間的な不都合を許容すること」である。すなわち、災害時には物やサービスを供給するときの基準（上記の①②③）について、少なくとも平常時とは異なる基準を立てることが可能であり、また場合によっては、平常時とは異なる基準が必要になる。

2.5 需要・供給と災害影響

そこで、災害発生から数時間ないしは数日間を対象として、社会システムをその需要と供給の性格により表2.1のように分類する。このような需要-供給のシステムにおいて、需要に対して供給が上回った分を損害とする。需要・供給ともに、平常時と災害時では異なる。一般に災害時には、需要が増加し供給が減少する要素が多いが、必ずしもそうなるとは限らず、需要が減少したり供給が増加したりする要素もありうる。また、供給が不足した分は、備蓄しておいたものを消費することにより補われる分があるというのが重要な点である。また、既往の研究^{10, 11)}では、災害影響の評価の基準を平常時のレベルに設定しているものが多いが、基準となる災害時の必要供給量は一般的に平常時とは異なるレベルになると考えるべきである。

図2.6に、災害時の必要量が平常時に比べて低く想定でき、かつ十分なストックで不足を補えるケース（例えば食料）を示す。供給量Aのラインが平常時の需要・供給レベルである。平常時にも需要および供給は変動するが、便宜上ここでは一定であるとして取り扱う。災害が発生すると、フローによる供給がCまで低下する。しかし、ストックを消費することによる供給がなされるので、フローとストックを合わせた供給量はBのレベルになるとする。このとき、平常時と同様の基準で必要量を規定すれば、AとBの差が損害であるとされることになる。しかし、例えば災害時の食料供給を考えると、災害時に平常時と同様の水準を確保しなければならないというわけではない。仮に、災害時にBの供給量が許容されるとすれば、平常時との差は損害とみなすべきではない。

また、図2.7は災害時に必要量が増大し、かつストックが不十分なケース（例えば医薬品）である。災害直後の1日間において、Dまで低下したフローによる供給を、ストックにより補填し、平常時の必要量を上回る供給ができたとする。しかし、医薬品などの場合、平常時の最大供給能力Eをも上回るような需要Fが発生することが考えられる。この場合、災害直後の供給量は平常時を上回るものの、損害が発生しているとみなさなければならない。

表 2.1: 需要と供給の性質による災害対応要素の分類

分類	要素の例
フローとストック	上水道、下水道、食料、医薬品
フローのみ	救急、消火、交通、通信、電力
ストックのみ	病床、住宅、オフィス

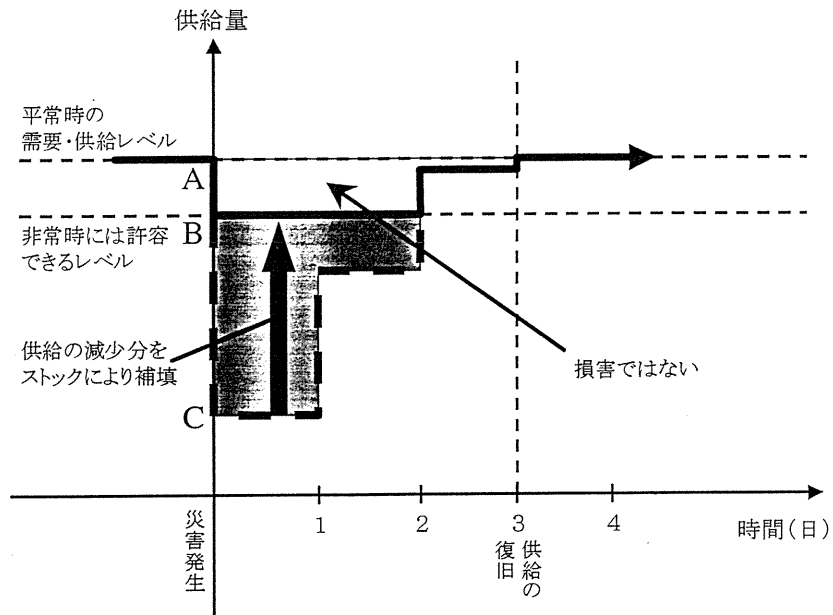


図 2.6: 需給バランスの例 1

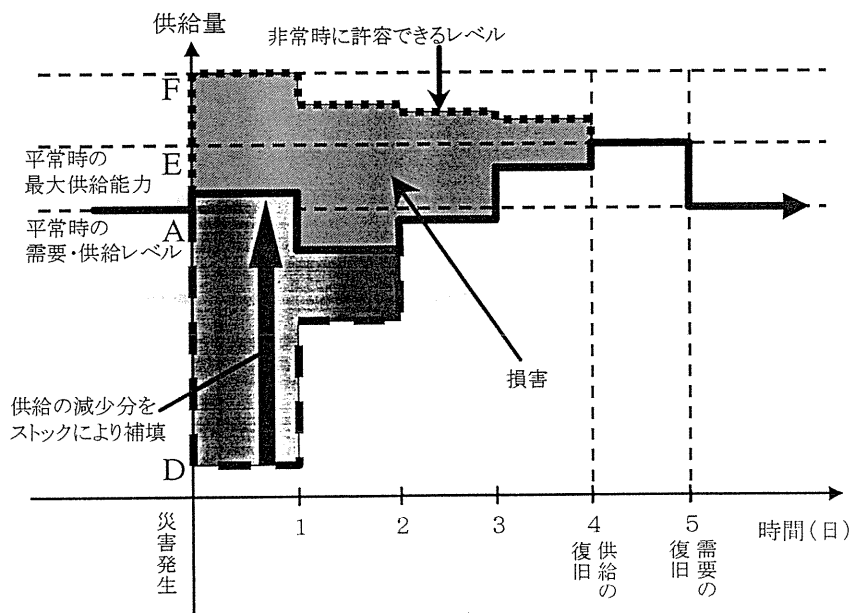


図 2.7: 需給バランスの例 2

第3章 災害対策の検証

3.1 ハードウェア的対策とソフトウェア的対策

都市における地震災害（より一般的に「危険事象」、いわゆる事故・災害・伝染病などについても同様のことがいえるが）による被害を減らすためには、既存の建造物の改修・更新といったような事前の対策（どちらかというハードウェア側の整備と言える）が有効であり、また必要であることは確かである。しかしながら、事前の対策で被害を完全に無くすることができるとは限らない。したがってそれと同時に、危機管理の方法論といったような発生後の対策（どちらかというソフトウェア側の問題と言える）も重要であると考えられる。また、ハード面の整備とソフト面の整備を比較した場合、一般的には後者の方が、コスト（経済的・時間的）に対する効果が大きいと考えられることから、こうした対策の有効性があると考えられる。

また、阪神淡路大震災の事実を見ると、警察・消防・自衛隊・自治体・医療機関などはもちろんライフライン関係者・運送業者・マスコミ・各種のボランティア組織なども最大限の対応をした。一般市民の避難や買い物・通勤等の行動も含めて、非常時下でのほとんど全ての活動は、必要かつやむを得ないとの判断のもとに行われていた。しかし、そのために「緊急」と称する車両で交通流動が阻害されるなどの混乱が生じ、結果として人命救助活動に不満足な点を残した。このことから、緊急対応の秩序形成が必要であるといえる。

その発生後の対策を考える場合、他の議論でなされるのと同様に、境界条件を明確にしておく必要がある。ここでは、危険事象が起こったという状況のもとでどう対応するかを考える立場にあるとする。すなわち、もっと防災の予算を増やしておくべきであったとか、事前の対策について、あるいは余地や回避といったことが可能であったのではないかと、危険を誘発するような行為がなされていたのではないかとというような、災害発生前の問題は議論しない。危険事象が発生したことを前提条件として受け入れ、それ以前のことは問わないという原則で、その状況で被害を最小化するためにいかに対応するか、という視点に立つ必要がある。

3.2 平常時のシステムと災害時のシステム

阪神・淡路大震災のような大規模災害へのソフトウェア的対策という観点から、現状の社会のシステムを検証する。

第1に、平常時に機能するように作られているだけのシステムがある。特に、民間により商業ベースで運営されているようなものに多い。一般的にこれは災害に対して脆弱であり、この種のシステムに平常時から依存している場合、その機能不全により大きな影響が生じ

ることとなる。実際、阪神・淡路大震災では、生活に欠かせない水や食料に関して、その備蓄や被災後の供給体制が適切ではなかったために、被災後の生活に大きな支障が出た。

第2に、災害時にのみ機能することを想定して整備されているシステムがある。一般的にこの種のものは、平常時から運用していないために災害時に円滑に運用することができない場合が多い。また、災害への対策をそのようなシステムを主として行うとすれば、通常は使用しない設備の設置に対する経済的負担が大きい。あるいは、自家発電装置が地震動により破損し機能しないといったように、災害時にこそ機能しなければならないにもかかわらず災害の影響で機能不全に陥る可能性も大きく、これは費用・効率の面からも有利とはいえない。

3.3 平常時との連続性の必要性と有効性

第3に、平常時のシステムに組み込まれた災害時のシステム、または災害時にもある程度機能することを考慮してある平常時のシステムがある。これは、災害時と平常時のどちらに重点を置くかという違いはあるものの、平常時と災害時にまたがって計画・運用されるため、前の2者の弱点を補い災害に対して有利である。被害低減という本来の目的の有効性を向上させるためにも、また経済性・効率性の観点からも、災害対策としての社会のシステムはこうしたものにすべきである。もちろん、前述の2つの場合でも、「災害時にのみ機能することを想定」したシステムはあるとしても、純粋に「平常時に機能するように作られているだけ」のシステムと言うのは実際には少ないと判断されるが、設計思想上は平常時のシステムを災害時のシステムで補うべく単に組み合わせたにすぎないというものが大半であろう。ここでいう平常時と災害時にまたがるシステムとは、平常時の暮らしの中に災害に有効な対策を組み込む、あるいは日常の生活として利用している仕組みを災害対策に生かそうとする積極的な思想に基づくものである。図3.1はこの概念を示したものである。このように、平常時と災害時にまたがる社会システムを想定すると、平常時と災害時をそれぞれ別途に扱うことは適切ではない。災害対策を平常時のシステムの延長として位置付け、災害影響を適切に評価しそれを対策に役立てる手法が必要である。

3.4 災害対応の時系列上の優先順位

3.4.1 人的被害の特徴

ここで、阪神・淡路大震災での緊急対応の実際とその問題点について振り返る。

阪神・淡路大震災では、その後の震災関連死と判断された人を除いても、5500人もの人命が失われた。表3.1および表3.2¹²⁾から明らかなように、物理的な死亡原因としては建築物の倒壊によるもの、医学的な死因としては窒息・圧死によるものが死亡原因の大半を占めている。

一方、死亡者の死亡推定時刻をみると、表3.3^{12), 13)}に示すように、2種類のデータが

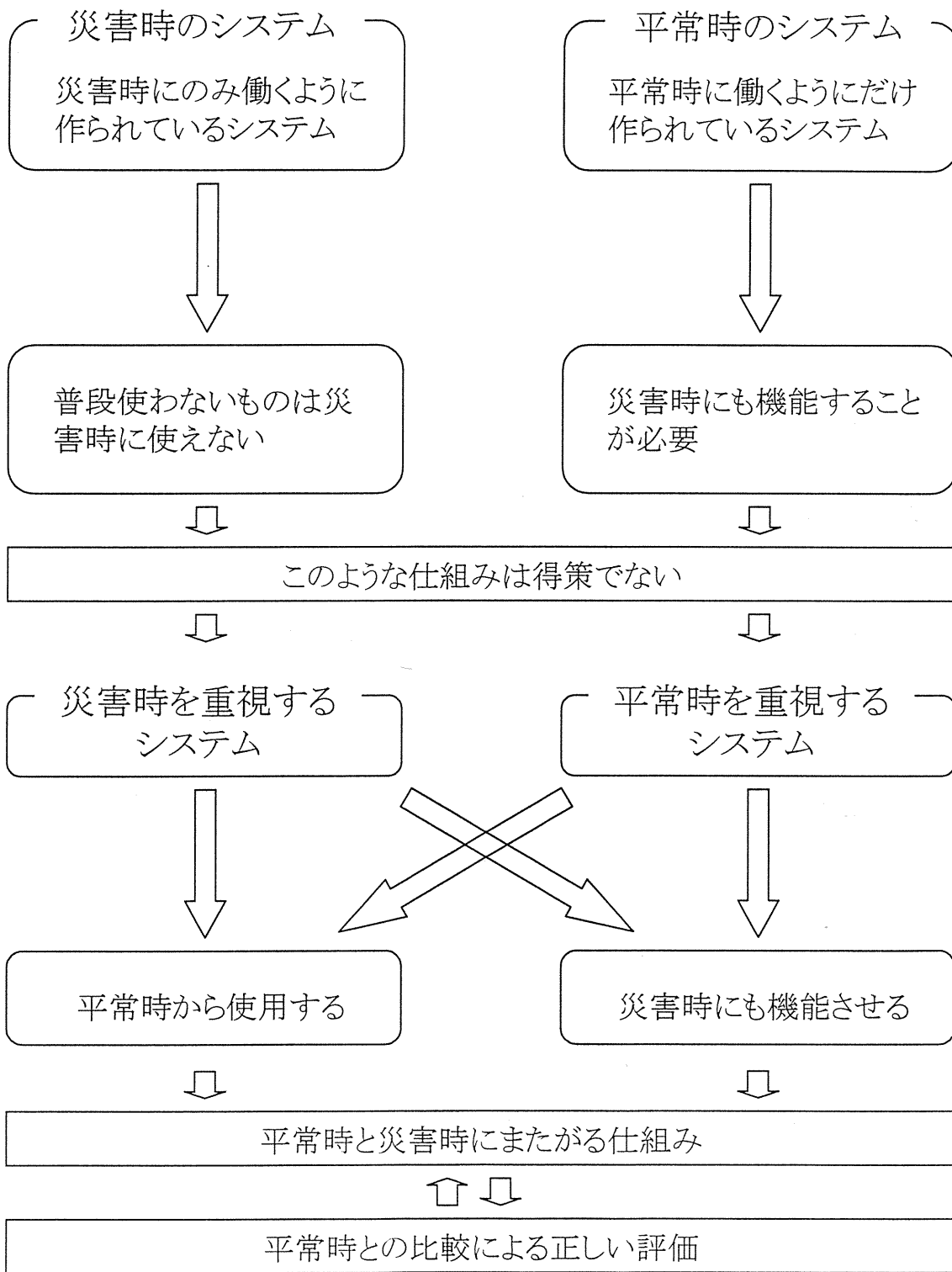


図 3.1: 平常時のシステムと災害時のシステム

存在する。このうち、神戸市監察医による数値は、死亡者の96%が即死であったとしているが、家屋倒壊による下敷き(前述の通り、死亡者の大半を占める)などの状態から救出された時点で死亡していた場合は遺体安置所に運ばれ監察医による検案を受け、生存していた場合(その後死亡)は病院等へ運ばれたと言う点を考慮する必要がある。すなわち、神戸市監察医による検案分は、サンプルが早い時点で死亡した遺体に偏っており、震災発生後ある程度の時間が経過した後に死亡した遺体が少ないことになる。この点を考慮すれば、臨床医による検案分を含む兵庫県警の数値の方が、人命救助の可能性を検討する上ではより妥当である。

そこで、兵庫県警察による数値に従えば、死亡者の約6割は地震発生から14分後の1月17日午前6時迄に死亡した即死者であることになる。ここに属する人々を救える余地はほとんどなかったと言ってよい。しかし、残りの約4割については、適切な救助・治療などの対応が可能であれば救える可能性があったと判断される。

また、表3.1によれば、504人が焼死とされているが、焼死者の4割が救助されていれば助かった可能性があったとの報告¹⁴⁾がある。すなわち、焼死者の一部は、家屋の倒壊等により生き埋めになったが、消火活動の遅れによる延焼等の火災で焼死する前に救助されたならば助かった可能性がある。

一方、神戸市消防局のまとめ¹⁵⁾によれば、表3.4に示すように、時間の経過とともに生存して救助される人の割合が減少している。これらのことから、人命救助は災害発生から2～3日以内に行うことが効果的であり、逆に言えばそれを過ぎては意味がないといえる。したがって、地震災害発生後48時間以内は人命救助のための活動を最優先すべきである。

表 3.1: 阪神・淡路大震災による死者の医学的な死亡原因

死亡原因	死亡者数	比率
窒息・圧死	4224	77.0
焼死・火傷	504	9.2
頭・頸部損傷	282	5.1
内臓破裂	98	1.8
外傷性ショック	68	1.2
全身挫滅	45	0.8
挫滅症候群	15	0.3
その他	128	2.3
不詳	124	2.3
総数	5488	(%)

(厚生省人口動態統計より)

表 3.2: 阪神・淡路大震災による死者の物理的な死亡原因

死亡原因	死亡者数	比率
家屋倒壊	4816	87.9
火災	570	10.4
家具・自販機・クレーンなどの下敷き	65	1.2
車両走行中	17	0.3
土砂崩れ	11	0.2
総計	5479	(%)

表 3.3: 阪神・淡路大震災による死者の死亡推定時刻

区分 死亡日時	兵庫県警		神戸市監察医	
	死亡者数	比率	死亡者数	比率
1/17 06:00 まで	3266	59.7	2221	91.9
1/17 12:00 まで	1397	25.5	63	2.6
1/17 23:59 まで	411	7.5	12	0.5
1/18 00:00 以降	290	5.3	10	0.4
総数	5471	(%)	2416	(%)

表 3.4: 救助の早さと生存率

救助日	救助人員	生存救出人員	生存率 (%)
1/17	604	486	80.5
1/18	452	129	28.5
1/19	408	89	21.8
1/20	238	14	5.9
1/21	121	7	5.8

3.4.2 交通網の機能不全

そうした救える可能性のあった死亡者を結果的に救うことができなかつたのはいかなる理由からであろうか。最大の原因は交通システムの麻痺である。そのために、消火や救助・救急活動に携わる消防の車輛の現場への到着が遅れ、あるいは不可能になった。また一般車輛による負傷者の医療機関への搬送も同様に困難を極めた。これは、一つには道路交通網の物理的な被害に起因している。ただ、道路網の被害は主に、地下鉄などの地下構造物や高速道路の崩壊、橋梁等の異種構造物の境界の段差、あるいは建築物や電柱のなどの影響によるものであったため、そうした構造物の影響を受けない4車線以上の道路の被害は少なかった。そのため、ポートアイランドのような特殊な条件の場所を除いては、交通網の物理的な被害によるパフォーマンスの低下だけが原因となり、ある地区全体の道路交通が麻痺し

たということとはなかったと考えられる。

なお、消火や負傷者の搬送などの人命救助活動を対象としているため、通常それらの用途にはほとんど用いられていない鉄道・船舶による交通は除外して考えている。また、航空機による人命救助活動の可能性も残っているが、それは対象外とする。交通網の物理的な被害もさる事ながら、最も大きな原因は、交通網の容量を越えた交通量が発生したことによる交通システムの麻痺である。以下で、震災直後の交通の状況を再現したシミュレーション⁴⁾に基づき、その実態を簡単に述べる。神戸市の東灘、灘、中央、兵庫、長田、須磨の各区を被災地とした場合の、被災地内から発生する交通量および被災地域への交通量を推測したものをそれぞれ図 3.5 および図 3.6 に示す。これをもとにシミュレーションを行った結果、災害直後には全ての目的の交通が発生すれば、現実に入ったように、交通網が機能しなくなるということが確認された。

3.4.3 緊急対応の優先順位

さらに、渋滞が緩和する条件を検討した結果、外部から流入に加え、安否確認のうちの3割および水・食料の調達と通勤目的の交通を除いた場合であるという結果になった。人命救助の全てを除けば水・食料の調達の余地も出てくることになるが、ここでは安否確認に出かけそこで怪我人等がいれば結果的に救助活動になることから、安否確認をより優先しているからである。

いずれにしても、一般の車輛をその目的別に規制をかけることは困難であるため、現実的には一律な規制を取ることで人命救助を優先することになるだろう。そのため、水や食料の調達といった生活関連の要素に関しては、災害発生後2日間は、被災地外部からの物資の供給が得られず、被災地域内での流通も不十分で、復旧が進まなくとも生活できるだけの条件を整えておくことが必要である。

表 3.5: 被災地内から発生する交通

	避難	医療 関連	安否 確認	見舞	救助 救援	出勤	食料 調達	水の 調達	合計
2km 以内	15356	4812	18116	1203	4246	637	8421	10827	63618
市内	21088	2406	28306	1203	4812	6015	9624	7855	81309
県内	7855	637	9058	1203	1203	3043	6652	4812	34463
県外	4246	0	637	0	0	0	0	0	4883
合計	48545	7855	56117	3609	10261	9695	24697	23494	184273
(%)	26.3	4.3	30.5	2.0	5.6	5.3	13.4	12.7	100.0

(単位：トリップ/日)

表 3.6: 被災地域への市外からの流入交通

	安否確認	見舞	物資援助	合計
県内	3635	991	7930	12556
県外	3965	1322	7600	12887
合計	7600	2313	15530	25443
(%)	29.9	9.1	61.0	100.0

(単位：トリップ/日)

3.5 地震災害と生活支障

第4章および第5章では、これまでに述べたことに基づき、生活関連物資の災害対策について検討する。そのための前提条件を明確にするために、ここで前章までの議論を振り返っておく。

前節で検討したように、災害発生から2日間に限っては、何らかの規制などで人命救助を優先することが可能な場合には、逆に生活関連物資の補給やライフラインの復旧は制限されることになる。一方、それが不可能な場合、緊急対応が無秩序状態となり混乱することが予想される。そのため、いずれにせよライフラインの復旧や生活関連物資の・流通・外部からの支援に対しては平常時と同じレベルを期待できないし、すべきではない。また、都市に加わる災害などの各種の巨大外力に対して、絶対の安全を保証することは実質的に不可能であり、また、予測できないことも起きるのが「災害」あるいは「危機」というものであるとする立場から、災害に対する姿勢としては、事前の防災対策に災害時の危機管理を加えた二本立ての対策を講じる必要がある。そこで、地震などの大規模災害時において、災害対応や危機管理といったソフトウェア面の整備の重要性に着目した場合、災害時の各種対応には平常時の運用に比して相当の困難が伴うため、普段から使用しているシステムでさえ使用が困難となることが予想され、通常利用されていないシステムでは有効に機能するとは限らない。したがって、有効な対策は平常時の仕組みにビルトインされたものにならざるを得ない以上、災害時の影響や対応能力を評価するためには、平常時と非常時の双方を関連付けた手法が必要となる。

これを、第4章、第5章の議論の前提とする。それに従い、名古屋市を対象として、生活用水および食料品について、阪神・淡路大震災のような大規模な地震災害に備えるための対策を検証する。

第4章 生活用水の防災対策

4.1 平常時の生理的必要水量

初めに、人間が生命を維持するために最低限必要な水の量、すなわち生理的必要量を考える。4.3節で示すように、平常時の水の用途は多岐にわたるが、生理的必要量を考える場合、生活用水のうち飲料水以外は除外できる。表4.1¹⁶⁾にあるように、人体からは、汗や尿として、また皮膚や肺からの蒸散として、1日におよそ2ℓの水が失われる。これに対して、通常的生活をしている場合、食事からある程度の水分を補給しているため、直接飲む水以外から1.4ℓ程度が補給されていることになる。

この数値は実験によるものであるため、実際の生活を行う場合の水分損失量は気温などの環境条件や労働などの運動条件によってこれを上回ることはまれではない。このことから、通常の食事をとることが可能である場合、必要最小限の摂取水量は1日1人当たり1ℓ弱と見込める。これが平常時の生理的必要量といえる。

表 4.1: 人体の水収支（実験値）

得られる水		失われる水	
水を含む食物から	1000	皮膚を通して	450
代謝水の生産	400	肺からの呼気	100
		小便の排泄	1300
		大便の排泄	100
合計	1400		1950

単位：g/日

4.2 災害時の生理的必要水量

一方、災害時にはどの程度の水量が生理的必要量といえるだろうか。図4.2は、水分損失の割合と人体への影響を示したものである¹⁷⁾。これによれば、失われる水分の量に相当するだけの十分な量の水が補給できない場合、人体に悪影響を及ぼすことが分かる。動物実験の結果ではあるが、体重の15～20%の水分が失われると、死亡に至る危険性すらある。それ以前に、水分の損失量が僅かであっても、様々な症状が現れ、災害時であればこそ、そのような悪影響は避けなければならない。したがって、災害時であっても、上記の平常時の必要量をそれほど下回らない量の飲料水を確保しなければならないことになる。災害時には

通常の食事をとることが困難または不可能になることがあることを考慮しなければならないので、若干の余裕を見て2.5~3ℓ/人・日の飲料水が必要である。

表 4.2: 水の損失と症状

体重に対する水分損失量 (%)	現象
2%	喉の渇き
4~6%	食欲欠乏、頭痛、吐き気
6~10%	めまい、呼吸困難、痙攣
11%以上	幻覚、精神錯乱、視野狭窄、腎臓異常
15~20%	循環不全、昏睡となり死亡（動物実験の結果）

4.3 平常時の社会的必要水量

平常時には、生活用水、業務・営業用水、工場用水などの多様な水需要がある。しかし、本論で対象としているのは災害時における生活物資としての水であるため、平常時の社会的必要量を考える際には家庭用水に限定してよい。

平常時の家庭用水の使用料は、世帯構成人員にもよるが、およそ150~270ℓ/人・日程度である。表 4.3 に、家庭用水の使用内訳の一例¹⁸⁾を示す。左列の「1人1日使用水量」は東京の3LDKの団地での実際の使用量である。これは1977年の数字であるが、世帯の構成人員数が減少すると1人1日使用水量が増加することから、世帯当たりの人口の減少に伴い、現在では使用水量が増加していると考えられる。それに対し、右列の「基礎的生活水量」は、東京都水道局が水需要を抑制するために行った提言における水量である。これは、概ねこの程度(80~90ℓ/人・日)の水量が確保できれば、現在の衛生上の生活水準を低下させることなく節水が可能であるとしたものであり、逆に考えれば、不便を感じない生活を可能にするための目標水量の下限である。

4.4 災害時の社会的必要水量

災害時には、これまでに示した平常時の水の用途に加え、災害時特有の水需要が発生する。大規模な地震災害時には、平常時とは異なる医療用水、消火用水、自家発電用冷却水などの需要が発生するのが一般的である。そうした災害対応の需要を満たす必要性・緊急性は高いため、それらの用途に供する水の確保も無視できないが、ここでは生活関連水の確保を中心に論を進める。

表 4.5 の生活関連の水のなかで、飲料水については4.2節で述べた通りである。それ以外の「雑用水」および「風呂用水」、すなわち社会的需要であるが、実際には表 4.3 にあるもの

表 4.3: 実際の使用水量と水需用抑制の提言

水量の別 用途	1人1日使用水量		基礎的生活用水量	
	水量(ℓ)	構成比(%)	水量(ℓ)	構成比(%)
炊事	45	19.2	12	14.1
洗面・手洗	21	9.0	5	5.9
洗濯	70	29.9	21	24.7
風呂・シャワー	40	17.1	20	23.5
水洗便所	37	15.8	20	23.5
掃除・その他	21	9.0	7	8.3
合計	234	100.0	85	100.0

を含めて、多くの用途がある。このような用途に対して十分とはいえないまでも最低限の水を確保するためには、4.3節で触れたように、1人1日当たり80~90ℓが必要である。

4.5 災害時の水の確保

それでは、以上のような災害時の生活用水の需要に対して、どのような対策が必要となるのだろうか。

名古屋市においては、食料品の備蓄（→第5章）とは異なり、自治体は「災害用の備蓄品」として飲料水もしくは生活用水の備蓄を行っていない。通常の上水道の供給網とは別に災害用として水を備蓄することは、災害時に意味のある量を確保しようとした場合、そのレベルの量の水を飲料水として使用可能な水質を保持しつつ貯蓄しておくことはコストの面から困難といえる。

水の備蓄を代替する対策としては、通常配水のための施設に存在する水を利用しようという考え方がある。通常貯水池・配水池には、変動する需要に対応（需給調整）するためある程度の貯水が常時存在している。これは特に災害時のためだけに設けられたものではないが、一部には特殊なものとして、名古屋市の中川西配水場のように、災害時に利用することを目的として、配水網の途中にタンクを設置したものがある。また、地震発生直後に給水停止を実施しその時点で保有している貯水を確保する目的で緊急停止弁を設置している給水塔もある。阪神・淡路大震災などの事例から、貯水池・配水池では若干の漏水はあるものの、貯水の大部分が失われるような大規模な被害は発生しないと想定されている。したがって、このような対策により、地震発生直後に災害地域内で流通している水の大部分が失われる可能性は低いといえる。

だが、仮に被災地域の上水道施設内に利用可能な水道用水が確保され、あるいは被災地域内での生産（浄水）もしくは外部からの供給が可能であっても、それを必要なところへ通常の配水管網を通じて供給することが困難になると予想される。なぜなら、阪神・淡路大震災などの過去の地震災害における断水の原因は、その大部分が送配水管の損傷によるものであるからである。当然、そのような事態を想定して、一部の配水池等には応急給水施設

が設置されおり、貯水を（配水管を通して供給するのではなく）直接利用することが可能となっている。しかしながら、交通機能の麻痺もしくは交通制限により、そのようにして確保された水の分配が困難になることがあるというのがここでの前提である。その場合、表 4.3 にあるような、平常時の通常の使用量（200 l 以上）はもとより、4.4 節で述べた通常の生活を維持できる最低限の水量（80~90 l 程度）を確保することが不可能になる。したがって、災害発生から2日間に関しては、個人・家庭レベルでは最悪の条件（例えば災害後に水がまったく手に入らない）を想定した対策をとる必要がある。もちろんこの場合も、1人1日あたり80 l 以上の水を確保を目標とすることもできるが、それは蓄熱用の貯水や雨水の貯蓄などを利用することで実現の可能性はあるものの、災害時に備えることを主目的としてそれらの対策を講じることは、コストを考えると広く一般に採用されることは難しい。

また逆に、阪神・淡路大震災のような大規模災害を想定した場合、ある程度の生活支障はやむを得ないと言える。1993年釧路沖地震の後に行われたアンケート調査¹⁹⁾によれば、断水による影響で実際に炊事が不便だったことに対し、「とても困った」「少し困った」「困らなかった」「影響なし」の選択肢の中から「とても困った」と答えた人の割合を見ると、断水が1日未満だったグループで1割強、3日未満で5割、3日以上で8割となっており、食生活が3日以上にわたって不可能になることを許容することは難しい。それに対して、トイレが不便だったことに対する回答は、3日以上でも「とても困った」が3割未満、風呂に関しては（ガスの停止による不便の期間が）1週間以上に達しても5割弱であり、この事からも、災害後2日間に限れば、掃除や入浴などに使用する水に比較して飲料水の確保は重要性が高いと言える。実際の水道の供給側の目標としても、表 4.4²⁰⁾にあるように、災害直後には通常通りの水量を確保するには至っていない。

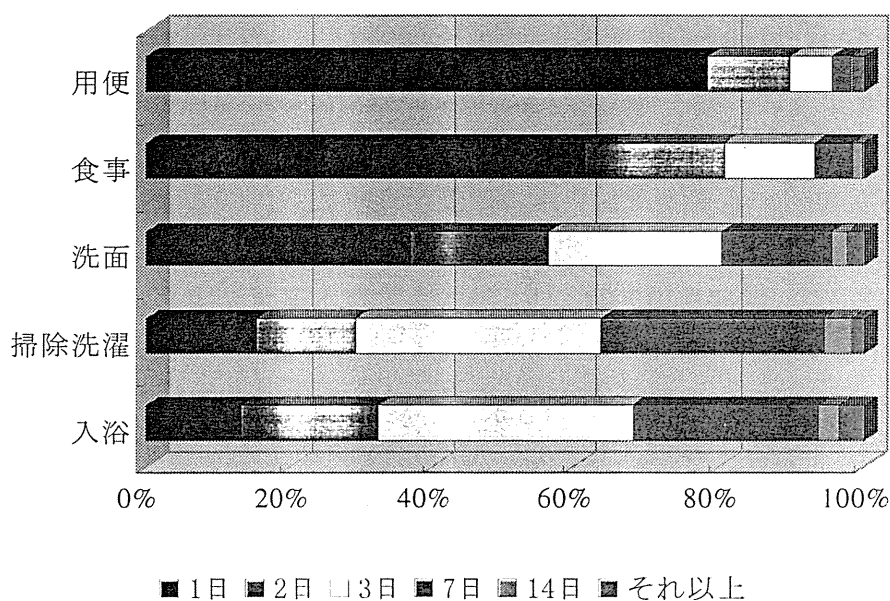


図 4.1: 復旧までの我慢の限度

表 4.4: 上水道の復旧目標

震災後	3日	4～7日	8～14日	15～21日	22～28日
水量(ℓ)	3	20	50	150	250

別の調査²¹⁾に、上の例とは異なり、心理的な限界をいわば「予想」したものがある(図4.1)。この通り、トイレに関しては災害時であっても許容限度が短いことは考えられ、特に水洗化率が高く、高層住宅の住民も多い都市部では何らかの対策を講じる必要性が高いが、水そのものを必要とするものではないことから、災害後2日間は飲料水の確保ができれば良いものとする。以上のことから、災害時の水需要を整理すると表4.5のようになる。

表 4.5: 災害時の水需要

	地震発生から	数時間	数日	数週間
災害対応	医療用水	◎	◎	○
	地震火災消火用水	◎	◎	—
	自家発電用冷却水	◎	—	—
生活関連	飲料水	○	○	○
	雑用水	△	○	○
	風呂用水	—	△	○

◎:平常時にはない需要があり特別に必要、
○:必要、△:可能なら供給、—:需要なし

4.6 家庭における水の備蓄

これまでにみたように、災害時にあっても最低限の飲料水の確保が重要であること、また家庭ではそれ以上の、通常の生活を維持できるほどの量を確保することは難しいことから、家庭内における災害用の水備蓄は飲料水の確保を目的とすればよいと言える。名古屋市水道局が一般に配布しているパンフレット²²⁾では、「人間が生きていくためには1日3ℓの飲料水が必要」とし、「家族の人数の3日分を目安に水道水を備蓄」することを呼びかけている。これは、これまでに論じたことからすると妥当な量である。しかし、水道水を保存する場合の説明では、「保存期間は1週間が目安」としてしている。その場合、4人家族を考えると、1週間で $(3ℓ/日・人) \times 3日 \times 4人 = 36ℓ$ の水道水を入れ替えることが必要となり、飲料水としての品質を確保するという衛生上の留意点も含めれば、頻度の低い大規模災害に対する備えとしては日常生活の中での負担感が大きく、備蓄率の向上は捗らないだろう。1年近く保管できるペットボトル入りの飲料水などを用意しておくことが望ましい。この場合、その調達費用も年間一人当たり500円程度であるが、これは年間の1人当りの食料消費支出がおそよ28万5千円である²³⁾ことと比較すればその負担は十分に小さい。また、その

保管に当たっても、衛生上の問題点も少なく、更新も年1回で十分であるため、保管コストも小さい。キャンプ等で更新するといった簡単な工夫で、災害対策を生活の中に取り入れることが可能である。

第5章 食料品

5.1 災害時の食料調達

前章と同様の考え方にに基づき、災害時の食料調達について検討する。第一に、被災地域の外部からの供給は、行うべきではない、もしくは不可能であるとするのは3.5節で述べた通りである。同様に、被災地域外への搬出も考慮しない。第二に、被災地内での生産については、本論のように名古屋市のような人口稠密な都市を対象とした場合、農業的生産は皆無ではないが無視できる量である。また、ここで想定しているような大規模地震災害時には、ライフラインが機能しないこと、従業員の出勤が困難なことなどにより、商業・工業的生産についても少なくとも災害後2日間も行われないものと考えられる。つまり、被災地域内での生産も期待できない。

5.2 域内在庫の利用の可能性

このように、外部からの流入および域内での生産による供給が不可能となると、被災地内に災害発生の時点で存在している食料を利用することになる。ここでは、(1) 商店や工場・倉庫などの生産者・供給者サイドに属するもの、(2) 家庭や事務所（食料品の生産を行わない事業所）内などの消費者サイドに属するもの、(3) 災害救援物資として（主に自治体が）備蓄しているもの、の3つに大別する。(3)は災害救助物資として特別に備蓄しているもので、家庭や事務所などにも用意されている場合がある。それに対して、(1)および(2)は特に災害のために備蓄したものではなく、平常時の生活や業務にともなって発生する「在庫」に当たる。実際にはこれら以外に、貨物自動車の積載物として流通過程にあるものがある。

表 5.1: 主な応急救助用備蓄食料一覧

	乾パン	飯缶詰	おかゆ缶	冷凍パン	粉ミルク	備考
中央倉庫	89904	20580	28360			
港防災センター		12800			3000	
守山倉庫	25600	19980				専門業者へ 保管委託 〃
名古屋冷蔵（株）				25000		
区役所・支所	53120	11640				
小中学校等主な避難所	101376		11640			
合計	270000	65000	40000	25000	3000	

単位：食

表5.1は名古屋市関係分の災害時用食糧である。ここで確保されている40万食に対して、仮に市民の全員が被災者となり1日3食を全面的にそれを必要とすると仮定すると、0.06日に過ぎない。それは極端としても、この備蓄により1日2食分をまかなえるのは20万人分であり、災害時には1日2食目標とするとして、2日分4食を提供すれば10万人分に過ぎない。この備蓄に対して費やされている財政負担を図5.1^{27, 28)}に示す。備蓄量を10倍にすると、年間で現在の10倍の費用が必要となり、同時に保管施設の増量などの初期コストも発生する。仮にそれだけの支出が可能であったとしても、大規模災害時にそれを効果的に分配することが難しいことはこれまでに述べてきた通りである。

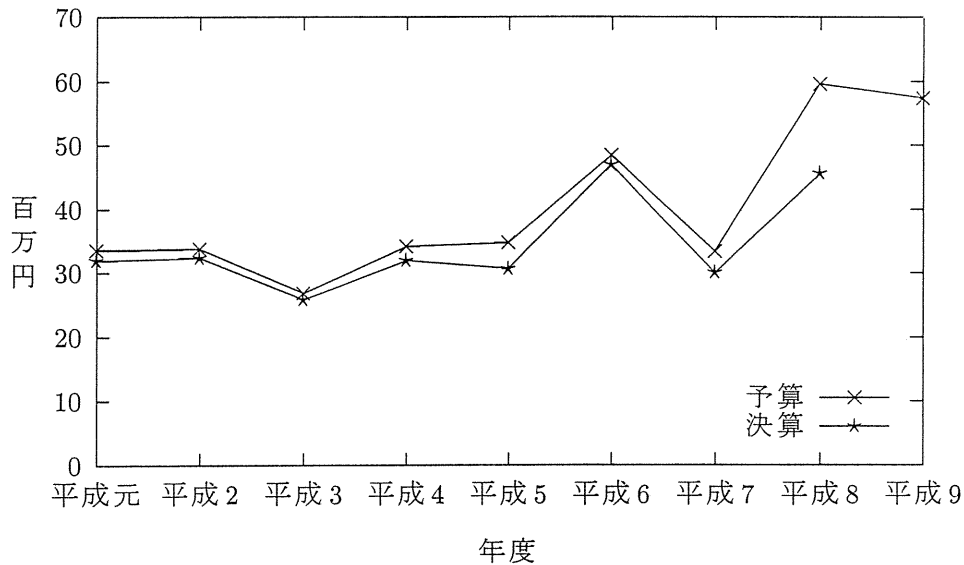


図 5.1: 災害救助用物資の備蓄・調達に関わる財政負担

一方で、商店などの商業施設に存在する在庫品を活用できる可能性も残る。表5.3は、名古屋市内の小売店についての統計²⁹⁾をもとに、備蓄相当日数を求めたものである。ここで、 $(\text{備蓄相当日数}) = 365 \times (\text{商品手持額}) \div (\text{年間商品販売額})$ である。ただし、この数字は、販売品目毎の分類ではなく、小売業の分類に基づくものであるため、例えばコンビニエンスストアの場合には書籍や日用品を含めた値であり、鮮魚小売業でも鮮魚のみを扱っているとは限らないため、実際の食料品の備蓄相当日数よりも2~3倍以上の過大な値となっていると考えられる。こうした食料を災害時に供給が途絶えた場合に販売・無料配布を問わず利用することができれば有効に機能するであろう。

これ以外にも、表5.2のように、名古屋市が供給協定により調達することが想定されているものもある。これらのものをあわせれば、災害により直接の被害を受けて利用不可能となる部分が発生することを考えても、ある程度の供給源として機能することが考えられる。

ただし、大規模災害時の水供給は非常に限定される可能性が大きいいため、調理に水および加熱を必要とする米の調達³⁰⁾は有効とはいえない。

だが、このような域内在庫を有効活用することが可能だとしても、それらを災害時に適

表 5.2: 供給協定による食品の調達

	パン (食)	調整粉乳 (t)
愛知県パン協同組合	200000	
敷島製パン (株)	100000	
明治乳業 (株)		10
雪印乳業 (株)		8
森永乳業 (株)		5
合計	300000	23

備考: 24時間以内に調達可能なおよその数量である

切に分配すること不可能になることが予想される。例えば、商店に行くことができた人は、意識的な「買い占め」ではないとしても、必要以上に食品を確保してしまうであろうことは明らかである。あるいは、これまでに述べてきたように、交通渋滞または交通規制により、商店などにアクセスできない、また、それらの食品を必要としている人々の所へ輸送できないといったことも十分ありうる。そのため、公共の備蓄やその他の在庫は、家屋の倒壊により避難を余儀なくされた人達などの弱者に分配が可能な範囲で優先的に割り当てるものとし、家庭内ではそうした域内在庫に依存せずに済むだけの備蓄を確保しておくことが必要である。

表 5.3: 小売店の在庫の備蓄相当日数

小売店の種類	備蓄相当日数
鮮魚小売業	4.7
料理品小売業	6.6
野菜小売業	8.1
果実小売業	8.7
コンビニエンスストア	25.2
うち終日営業店	12.7
食料品スーパー	8.0

第6章 おわりに

本論文では、災害時と平常時とを連続してとらえる視点から、主に地震災害に対する対策について物資の備蓄と緊急対応を中心に検証を行った。

1. 平常時との適切な比較を欠いては、災害による被害・影響を正確には把握できない。同時に、災害対策についても、災害時または平常時のみを対象としたものは有効でないため、その両方にまたがって運用されるものを整備する必要がある。
2. 阪神・淡路大震災では、平常時から社会が依存しているシステムの機能不全による被害も多かった。中でも、交通システムの麻痺は、緊急対応を阻害し、交通網が機能していれば救えた可能性のあった死者を発生させた。
3. 従って、人命救助を優先とする緊急対応の方法論が必要となる。その場合、生活関連物資を調達する行動は制限されることになり、ある範囲で自立できるだけの備蓄が重要となる。
4. 水や食料に関しては、自治体による備蓄物資や商店の在庫などの利用が可能だが、エレベータの停止や交通機能の麻痺といった分配を困難にする状況が発生する可能性が高いため、より小さい単位である家庭内における備蓄の重要度が高い。
5. そうした住民の自助努力による対策は、平常時の生活に組み込むことで経済的・心理的な負担も小さく、特別な取り組みも必要とせず災害時の有効性も十分である。

以上がこの論文の結論である。

さらに、そうした備蓄が十分に浸透すれば、筆者らが以下のように提案している、地震時に自宅にいる住民の災害発生後の行動規範案³¹⁾なども実現の可能性が出てくるものと思われる。

- 基本理念：災害発生後48時間以内は人命救助を最優先とする
- 事前の準備：48時間分の食料・衣料の準備、救助・消火が行える用意をしておく。
- 被害が甚大な地域以外では：被害が甚大な地域には、日常の生活圏内であっても立ち入らない。（注：ここでいう「被害が甚大な地域」とは、「自分のいる地域が被害が甚大でない」という情報がない地域」のことである。）
- 被害が甚大な地域では：
 - －自宅周辺で生き埋めの人がいる、もしくは火災が発生していたら、消防に連絡を取ることを試み、救助活動・初期消火を行う。
 - －自宅が構造的に無事であれば、自宅に待機する。

－自宅が半壊以上の被害を受けていれば、食料・衣料を持参して最寄りの避難所に向かう。それより遠方にはなるべく避難しない。

阪神・淡路大震災のような大災害を減らすためには、ハードウェアの対策とソフトウェアの対策の連携、国や自治体の対策・地域社会の対策に加え家庭や個人の対策の組み合わせが不可欠である。人命救助を阻害するのではなく、逆にそれに助力できる余地を確保するためにも、平常時の仕組みに依存しきらず、災害時に自立可能な生活を心掛けることの重要性を指摘しておきたい。

参考文献

- [1] (社)日本建築学会 都市計画委員会都市防災システム小委員会. 「阪神・淡路大震災が問いかける都市防災システムの課題」. 第4回地震防災シンポジウム, 1997.
- [2] 鈴木基之, 村田明子, 室崎益輝. 「阪神・淡路大震災における火災と市民による消火・延焼防止活動に関する調査研究」. 日本建築学会学術講演梗概集 F-1 分冊, pp. 37-38, 1996.
- [3] 河田恵昭 (京都大学). 「地震直後の対応の後れと危機管理」. 自然災害科学 阪神・淡路大震災 緊急特集号, pp. 99-999, 1995.
- [4] 北野恭央. 「ネットワークを用いた地震発生後の神戸市内道路網混雑度に関する研究」. 名古屋大学工学部建築学科卒業論文, 1997.
- [5] 朝日新聞社 (編). 「阪神・淡路大震災誌」. 朝日新聞社, 1996.
- [6] 藤原悌三 (研究代表者). 「平成7年兵庫県南部地震とその被害に関する調査研究」. 平成6年度文部省科学研究費 (総合研究 A) 研究成果報告書, 1995.
- [7] ガス地震対策検討会 (編). 「ガス地震対策検討会報告書」. ガス事業新聞社, 1996.
- [8] 建築設備関連3団体现地支部. 「阪神大震災による設備システム関連の被害実態と評価関連3団体现地支部における共同調査」, 1995. (報告会資料).
- [9] 北原貞輔, 児玉正憲. 「ORによる在庫管理システム」. 九州大学出版会, 1982.
- [10] 塩野計司, 中林一樹, 高野公男. 「震災時生活支障の予測マップ」. 地域安全学会論文報告集, 1995.
- [11] 塩野計司, 湯沢昭, 宮野道雄, 小坂俊吉. 「地震時住民支障の計量化と予測評価マッピング」. 第1回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集, pp. 307-310, 1996.
- [12] 兵庫県警察本部. 「阪神・淡路大震災 警察活動の記録 ～都市直下型地震との闘い～」, 1996.
- [13] 西村明儒, 泉陽子, 山本光昭, 上野易弘, 龍野嘉紹. 「我が国の災害医療対策の新たな構築に向けての法医学的検討ー我が国の災害医療体制の新たな構築に向けてー」. 厚生指標 42 卷 13 号, 1995.

- [14] 坂東美智子, 藤江徹, 寺川政司, 塩崎賢明. 「阪神・淡路大震災における人的被害に関する研究 その4.死亡状況から見た人的被害について」. 日本建築学会学術講演梗概集 F-1 分冊, pp. 1165-1166, 1996.
- [15] 神戸消防局 (編). 「阪神・淡路大震災における消防活動の記録」. (財) 神戸市防災安全公社 / 東京法令出版, 1995.
- [16] 水利科学研究所 (編). 「水理学体系 第6巻 生活用水と水資源」. 地人書館, 1962.
- [17] 関邦博他 (編). 「人間の許容限界ハンドブック」. 朝倉書店, 1980.
- [18] 土木学会 (編). 「新体系土木工学 88 上水道」. 技報堂出版, 1980.
- [19] 山崎文雄, 副島紀代, 目黒公郎, 片山恒雄. 「釧路市民に対する地震防災アンケート調査」. 土木学会論文集 No.507 I-30, 1995.
- [20] 神戸市水道局. 「神戸市水道施設耐震化基本計画」, 1995.
- [21] 藤原悌三, 亀田弘行, 林春男, 岩井哲, 北原昭男, 能島暢呂. 「1993年釧路沖地震による都市施設被害と生活支障アンケート調査報告」. 日本建築学会構造系論文集 No.464, pp. 81-0, 10 1994.
- [22] 名古屋市水道局. 「水道水の備蓄法」, (パンフレット).
- [23] 名古屋市総務局企画部統計課. 「名古屋市統計年鑑」. 平成8年版, 1997.
- [24] 中原達之, 森山正和. 『ライフスポット・システムに関する研究』. 日本建築学会学術講演梗概集 D-1 分冊, pp. 993-994, 1996.
- [25] 澤田雅浩, 田中俊輔, 高橋信之, 尾島俊雄. 『地震災害時における民間商業施設活用の可能性に関する研究 その1』. 日本建築学会学術講演梗概集 D-1 分冊, pp. 995-996, 1996.
- [26] 田中俊輔, 澤田雅浩, 高橋信之, 尾島俊雄. 『地震災害時における民間商業施設活用の可能性に関する研究 その2』. 日本建築学会学術講演梗概集 D-1 分冊, pp. 997-998, 1996.
- [27] 名古屋市. 「決算説明参考資料 民生局」. 平成元年～平成8年.
- [28] 名古屋市. 「予算説明書 民生局」. 平成9年.
- [29] 名古屋市総務局企画部統計課. 「名古屋の商業 (卸売・小売業) —平成6年商業統計調査市・区別、学区別集計結果— —地下街の商業活動—」, 1996.
- [30] 名古屋市防災会議. 「名古屋市地域防災計画 付属資料編」, 1997.
- [31] 財団法人科学技術交流財団. 「次の被害を減らすために —阪神・淡路大震災と人命救助—」. 都市における地震被害の予測・制御および危機管理研究会 活動報告書, 1997.

謝辞

大学院生活および本論文の作成に当たって、御忙しいなか多大な御指導、御援助をいただいた元指導教官の辻本誠先生（現建設省建築研究所防火研究調整官）、河野守助教授、永井久也助手、および地圏環境工学専攻・建築学専攻の諸先生方に厚く御礼申し上げます。また、論文作成の際に、多くの援助・協力・激励をしていただいた研究室の皆様に深くお礼を申し上げます。最後に、長年にわたる学生生活を支えてくれた家族に感謝します。

