

都市の地震安全性：『ひと』と『くらし』

目黒 公郎（東京大学生産技術研究所 助教授）

ただ今ご紹介していただきました目黒です。きょうは、地震が起こった際に皆さんの周りではどのような状況が起こるのか、またそのような状況下で自分が受けてしまう被害をなるべく小さくするためには、地震の前に、最中に、そしてその後に、どのような努力や行動をすればいいのかという話をさせていただくつもりです。

はじめに —まずは講演全体の構成から—

最初に本日の私の講演全体の構成について、お話しさせていただきたいと思います。今日の講演は大きく分けて4部から構成されています。「防災の3本柱」「災害の実態とその質と規模を決めるもの」「災害対策の基本：ハードとソフトのバランス」、そして「最近の研究成果」です。

最初の「防災の3本の柱」と言う話ですが、ここでは防災を具体化させるためにはどういった対策があるのかを話します。次の2つは、内外の多くの災害現場に実際に立ってきた専門家として感じている心情を述べます。そして最後に、私が現在進めている具体的な研究内容の紹介を、時間の許すかぎりさせていただきたいと考えております。

防災対策を具体化する3つのやり方として、被害の発生を抑止する対策（Mitigation）、発生してしまった被害をなるべく波及させないように努力する災害対応（Disaster response）／被害軽減力（Preparedness）、それから災害状態からなるべくすばやく元の状態に戻る、あるいはより良い状態になるための最適復旧・復興戦略（Optimum Recovery/Reconstruction Strategy）があります。これらがどういう構造になっているかといいますと、図-1に示すような関係になっています。日本語では自然現象・物理現象としての災害も、それによって社会が受ける負の影響、被害という意味での災害も、両方とも「災害」と呼んでしまいます。しかし、英語ではこの定義がはっきりしています。台風や地震そのものなど、自然現象としての災害はハザード（Hazard）と呼びます。このハザードが我々の社会に襲いかかってくるわけですが、これが我々の社会が有する抑止力を超えなければ、ハザードはハザードのまま、被害

にはならないわけです。ハザードが何らかの理由で抑止力を超えた時に被害が発生し、これをディザスター（Disaster）と呼びます（図-1）。

それでは抑止力の高さはどうやって決めればいいのか？抑止力の山は高ければ高いほどいいというものではありません。この高さは、技術力と経済性、政治的な判断で決まるものです。ハザードは工学的には外力と言い換えることもできます。この外力をどの程度に見積るかによって抑止力が決まります。起こる可能性が著しく低かったり、それへの対応にあまりに費用がかかってしまう場合、そういった種類やレベルの外力への対応は一般的には行いません。

例えば一般住宅を建設する際に、間違っても旅客機が墜落してきても大丈夫なだけの強度を持つようにつくるとか、ちょっとした港湾施設の建設に当たって、誤って大型タンカーがぶつかっても損傷のないようなものをつくらうなどはしないわけです。それは上記のような状況は、対応すべき外力としては不適切と判断されているからです。

次にある判断に基づいて、この抑止力の高さを決めて構造物をつくったが、実際にできあがった構造物の抑止力が本来期待されていたほど実は高くないこともあります。用いた材料に欠陥があったり、施工時あるいはその後の管理が不適切であったりすることによる不良や劣化などの理由からです。また先ほど言ったように、自分たちの想定を越えるハザード（外力）がやって来ることもあるわけです。そうしますと、ハザードが抑止力を超えて、すでに説明したように、負のインパクトとしてのディザスターになるわけです。これをそのまま放っておきますと、どんどん周辺に波及していきますから、例えば洪水に備えて貯水池や溝などを準備したり、迅速な対応で被害の波及するエリアをなるべく小さく抑える努力をするように、何らかの事前対策や対応で被害を減らそうとするのが、被害軽減力／災害対応です。

次には、災害の状態をそのままにしておくと、影響が長時間にわたって続きますので、なるべく早くもとの状態に

戻したり、より積極的には以前よりもいい状態に変えていく努力をする必要があります。これが最適復旧・復興戦略/プランです。

以上のような3つの対策をバランスよく講じることが被害を最小化するために重要なわけですが、これを具体化するためには、関連するいろいろな分野の人々の努力と協力が不可欠です。またこれらの対策は、災害が起こった後に「さあ、はじめよう」では全く機能しないので、平時に準備しておく必要があります。その準備の基本になるのが、基礎情報としてのハザードやディザスターの研究と理解なのです。これらができて初めて、上で説明した3つのバランスのとれた対策が具体化できることになります。

災害は進化する

我々が災害を考える場合には、図一2に示すように、まず災害現象の因果関係を考えます。何が入力(インプット：I)で、何がシステム(S)で、何が出力(アウトプット：O)かを考えるわけです。地震工学や地震防災においては、入力としては、地震の発生や地震動、津波などをまずは考えればよいと思います。システムとしては、地域住民の生活スタイルに影響を与える社会システムを想定する必要があります。これは地域の自然状況の特徴づける自然環境特性(気象/気候、地理、地形、地質/土質など)と社会状況を表す社会環境特性(都市システム・インフラ・政治・経済・文化/教育・歴史/伝統・宗教・思想など)から構成されます。また地域活動や住民生活が時間によってダイナミックに変化することから、地域特性を表現する変数には、季節・曜日・時刻などの時間の項が入ってきます。出力は、対象とする現象によって、建造物の応答や組織や社会の対応となって現れ、これらがある閾値を越えると地震被害となります。すなわち、地震被害の規模と質は、入力(I)とシステム(S)の関係によって決定されるわけで

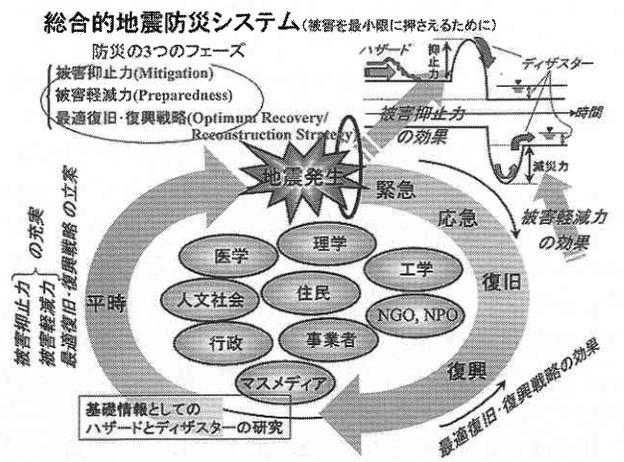
す。阪神・淡路大震災などの巨大災害は、この(I→S→O)が複雑に絡み合いながら連鎖反応を起こしていくことで、時空間的に拡大した現象として捉えることができます。災害軽減において大切なのは、この災害の拡大連鎖反応を時空間的に小さな状況下で如何に断つかということです。

「災害は進化する」と言われる所以は、入力としての災害(ハザード)が変化しているのではなく、それを出力である被害(ディザスター)に変換する社会システムの変化がもたらす現象として理解できます。発展途上で現在発生している災害が、先進国の過去の災害に類似したり、開発や発展の程度によって起こり得る被害のタイプの分類が可能だったりするのもこのためです。余談ですが、同じ地震を対象とする研究分野でも、地震学の場合は地震工学の世界で入力として考えている地震の発生メカニズムが興味の対象となり、これを出力とする(I→S→O)の関係解明が研究の対象となります。また地震工学の研究者の中にも、地震動や津波の挙動を研究対象としている人がおり、彼らにとっては地震動や津波の特性を決定する(I→S→O)のメカニズムが重要課題となっています。

防災対策の基本と災害の実態

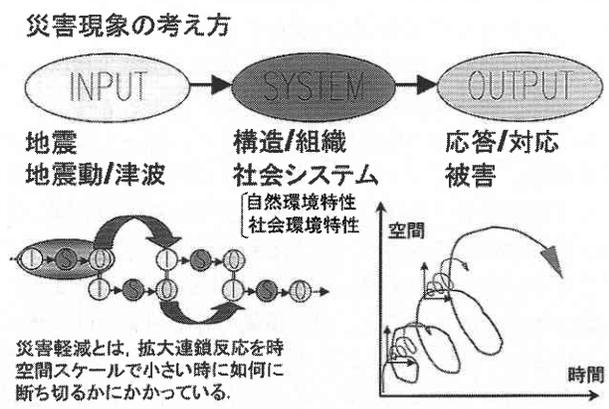
さていよいよ防災対策ということになるわけですが、まず私が考える防災対策の基本は何かということ、「災害の発生時から、その後の時間経過にもなって、自分あるいは自分の周辺でどんなことが起こるかを具体的にイメージできる人をいかに増やすか」であります。これができないと、「地震に備えて、さあ、ちゃんとした準備をなさいとか、災害に対してちゃんとした心構えを持ちなさい」と言っても無理なのです。

それでは次に、阪神・淡路大震災を含めて、過去の地震災害時に実際にどのようなことが起こったかを見ていただきたいと思います。災害の実態です。既に皆さんは、地震



図一1

「災害は進化する」というが...



図一2

による建物や土木構造物の被害については、テレビや新聞、雑誌等でご覧になったことがあると思います。ライフラインの障害や火事についても同様でしょう。地震による被害は多種多様ですが、その中で何が一番重要かと言いますと、それは地震によって亡くなってしまう犠牲者の問題です。上で述べたような被害がなぜ重要かと言えば、それによって多くの犠牲者が出て、それが後々の様々な負の影響を生むからです。

災害時に最も悲惨な状況を認識することが防災の原点であると私は考えております。ですからこれから「阪神・淡路大震災」の災害の実態を見ていただきますが、その前に、この震災についての前置きを少しさせていただきます。

ご存じのように「阪神・淡路大震災」を引き起こした「兵庫県南部地震」は冬の早朝に起こっております。1995年1月17日の朝の5時46分です。本日の最初のご講演で、岡田恒男先生からもお話がありました。この地震のちょうど1年前の1994年の1月17日、時刻も同様に早朝、アメリカ合衆国のカリフォルニア州のロスアンゼルス市郊外のノースリッジというところを震央とする地震が起きました。その地震が都市型の地震災害を引き起こしたということで、我々日本側の研究者もその点を重要視して多くの調査を実施しました。また日米の防災関係者で行ってきた「日米防災会議」という会議を今度は日本で開催することを、この地震をきっかけに決めておりました。理由は、ちょうど1年後であれば、「昨年今日、米国のロスアンゼルスで地震があり、都市型災害の様々な問題が発生しました。我々日本でも注意する必要がありますよ」との情報発信ができるし、マスコミも取り上げてくれるでしょうから、日本の皆さんの防災意識を喚起できると考えたからです。そして「どうせやるなら、意識の低い関西でやりたい」と大阪での開催を決めました。ですから1995年の1月17日、ロスアンゼルスからちょうど1年後、大阪で日米の防災の専門家が集まる会議を開くことになったのです。

その会議を行うために、私は前日の1月16日から大阪に入っております。1月17日は朝の8時30分だったか45分だったかに記者会見をして、「今日からちょうど1年前、米国カリフォルニアのロスアンゼルス郊外で大きな地震があり、多くの問題が発生しました。皆さんの住むこの関西地域の地震発生危険度はこれからどんどん高まってきます。皆さんちゃんと準備して下さいね」という情報発信とともに会議を開くことになっていました。前日の夜に、アイスブレイキングとか何とか言って、軽くアルコールを口にしながら向こうの研究者たちと打ち合わせをして、「じゃー、またあした。おやすみなさい」と言って部屋に戻って休んだわけです。そして私達が記者会見をするはずだった時間の約3時間ほど前に、皮肉にもあの地震が起ってしまったのです。ですから多くの防災関係者が大阪に

おりました。

私は朝の6時過ぎぐらいには神戸方面の状況が悪そうだという情報を得ましたので、神戸に向かったのです。そして地震の当日からの神戸の街を目の当たりにしました。帰る交通手段もないので、数日間、神戸の街を徘徊することになり、本当に多くのことを目にしました。この地震の前にも後にも内外の多くの災害現場に立ちましたが、このときの衝撃は他の比ではありませんでしたし、これが私の防災研究者としての原体験になっていると感じています。

これからお見せするのは兵庫県南部地震で神戸市で亡くなってしまった人たちの統計データであります。誰が調べたかという、兵庫県の監察医の人たちです。日本では東京、神奈川、愛知、大阪、兵庫県、の5つの都府県がこの監察医制度を持ち、常勤の監察医を置いています。監察医とはごく簡単に言うと、死因に多少なりとも不信な点があったり、事故に関係する可能性があると思われる場合に、遺族の許可なしに本人の判断で死体にメスを入れ死因を詳細に調べたり、死亡時刻を正確に判断したりできる専門医です。もし今回の地震が監察医制度の無い地域で発生していたら、今からお話するような詳細な死因や死亡推定時刻のデータは整理されなかった可能性が高いそうです。

地震直後に兵庫県では5,300人強（全体では5,500余名）の方が亡くなっていますが、その中で神戸市では3,875名の方が亡くなっています。これから見ていただくデータは、ある時点までに分析の済んだ3,651人についてのものですが、今から申し上げる内容は、これが神戸市全体の死者に対しても変わるものではありません。

犠牲者の性別内訳は、男性が4割、女性が6割でしたが、これらの犠牲者がどこで亡くなったのか、その場所を表したものがこの図-3です。地震の発生時刻は朝の5時46分でしたから、犠牲者の87%の方はご自宅で亡くなっています。もう少し地震の発生時間が遅かったならば、当然この比率は変わってきます。

さて自宅で亡くなられた方がどうしてそこで亡くなったかということ、これは単純明快で自宅がつぶれたからです。ではなぜつぶれてしまったのかということ、その家が弱かったからです。なぜ弱かったかということ、古かったり、地震に対する意識が低く、その耐震性を高める対策を講じていなかったり、表現が適切でないかもしれませんが、それをするだけの経済的な余裕が無かったからです。地震の発生時刻が変われば、金持ちで良い家に住んでいた人もそうでなかった人も同じ鉄道を使ったり、高速道路を使ったりしますから、状況は随分変わったと思います。

亡くなった方々の年齢分布は図-4の通りです。横軸が年齢、縦軸が亡くなった人の数です。まずお年寄りの方が多く亡くなっていることがわかります。日本家屋では足腰の弱いお年よりは1階に住んでいらっしゃる事が多

く、地震でその1階が壊れてしまうからです。私はこの図を大学の講義で学生さんにも見てもらいますが、その時には、次の点を強調します。「みなさん、この20歳から25歳までに犠牲者の山がある点に注目してください。これは学生さんを主とする、神戸以外の場所から神戸に来て安アパートに住んでいた青年達です。安アパート、ぼろアパート、弱いアパート、と言うことです。」地理的、経済的な理由からこのようなアパートに住んでいた若者が被災したわけです。「東京に地震が起こった場合に、君らは大丈夫ですか？」という話をするわけです。

図-5は亡くなった人たちの死亡原因ですが、重要なことは何かと言うと、窒息死や圧死など「建物被害と家具の転倒」などを原因とするものが全体の84%を占めるということです。地震後に発生した火災によって亡くなった方が15.4%です。ただしここで重要なのは、この15.4%の人たちは確かに火事で亡くなっているのですが、彼らは壊れた建物の下敷きになって身動きがとれずに逃げ出せなかったために火事で亡くなったわけです。消防の問題を

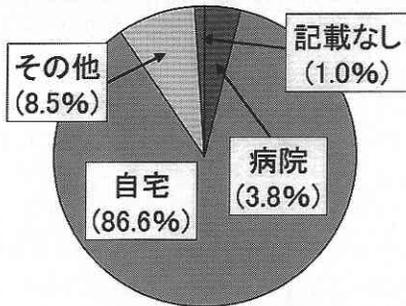
持ち出す前に建物の問題がある点に注意しなくてはなりません。ご存じのように1923年の関東大震災では、東京では大変多くの方が火事によって亡くなっています。しかし関東大震災の火事の犠牲者は、自分で身動きができる状態だったのです。ところが避難誘導情報などが十分でなかったために、大八車に家財道具とかを積んで広場に集まって、そこに火事が襲ってきて逃げ場がなくなって焼け死んでしまったのです。横網町の被服廠跡などでは、6~7ヘクタールの広場に4万2~3千人の人が集まり、その中の3万8~9千人の方が亡くなったと言われています。ですから、神戸の火災による犠牲者と関東大震災の際の火災の犠牲者の発生メカニズムは全く違うのです。

防災と言うとすぐに、「水の確保が重要だ」とか、「乾パンを用意しろ」とか言いますが、そういうものがなくて死んだ人は誰もいないということも重要です。

では犠牲者はどの時点で亡くなったのでしょうか？

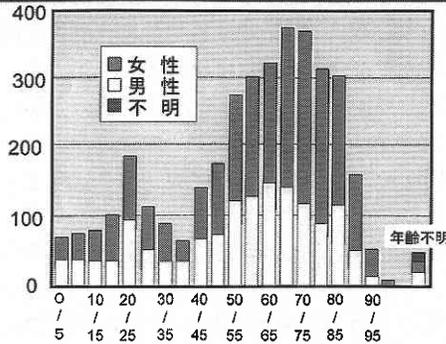
表-1は犠牲者の死亡推定時刻ですが、私はこのデータが神戸の地震から私達が得た情報の中で最も重要なものの1つとして考えています。地震の発生時刻は5時46分で

兵庫県南部地震による犠牲者(神戸市内)が亡くなった場所の内訳



(地震直後、兵庫県監察医調査)
図-3

兵庫県南部地震による犠牲者(神戸市内)の年齢分布



(地震直後、兵庫県監察医調査)
図-4

表-1

神戸市内の犠牲者の死亡推定時刻(兵庫県監察医による)

死亡日時	死 亡 者 数		死 亡 者 数		死亡者数累計
	監察医	累計	産床強	累計	
1/17 ~ 6:00	2,221	2,221 (91.9%)	719	719 (58.3%)	2,940 (80.5%)
~ 9:00	16	2,237 (92.6%)	58	777 (62.9%)	3,014 (82.6%)
~12:00	47	2,284 (94.5%)	61	838 (67.9%)	3,122 (85.5%)
~23:59	12	2,296 (95.0%)	212	1,050 (85.0%)	3,346 (91.6%)
時刻不詳	110	2,406 (99.6%)	84	1,134 (91.8%)	3,540 (97.0%)
1/18	5	2,411 (99.8%)	62	1,196 (96.8%)	3,607 (98.8%)
1/19	2	2,413 (99.9%)	13	1,209 (97.9%)	3,620 (99.2%)
1/20	2	2,415 (99.9%)	8	1,217 (98.5%)	3,630 (99.4%)
1/21	1	2,416 (100.0%)	6	1,223 (99.0%)	3,637 (99.6%)
1/22	1	2,417 (100.0%)	1	1,224 (99.1%)	3,639 (99.7%)
1/24	1	2,418 (100.0%)	1	1,225 (99.2%)	3,640 (99.7%)
1/25	1	2,419 (100.0%)	1	1,226 (99.3%)	3,642 (99.8%)
1/26	2	2,421 (100.0%)	2	1,228 (99.4%)	3,644 (99.8%)
1/27	2	2,423 (100.0%)	1	1,229 (99.5%)	3,645 (99.8%)
1/28	1	2,424 (100.0%)	1	1,230 (99.6%)	3,646 (99.9%)
2/4	1	2,425 (100.0%)	1	1,231 (99.7%)	3,647 (99.9%)
日付なし	4	2,429 (100.0%)	4	1,235 (100.0%)	3,651 (100.0%)
計	2,416	2,416 (100.0%)	1,235	1,235	3,651

原因	人数	割合
窒息	1,867	53.9%
肺動脈圧迫	857	
肺梗塞圧迫	435	
肺野部圧迫	108	
顔面部・顔部・気道圧迫または閉塞	324	
原因不明の記載なし	211	
その他	32	
圧死	452	12.4%
(胸部・顔部・全身の圧迫損傷)		
外傷性ショック	82	2.2%
(火傷・打撲・擦傷・出血等による)		
顔部損傷	124	3.4%
(外傷性くも膜下出血・顔蓋骨折・脳挫傷等)		
内臓損傷	55	1.5%
(胸部または顔部)		
顔部損傷	63	1.7%
焼死・全身火傷	444	12.2%
(一酸化炭素中毒を含む)		
窒息不全等	16	0.2%
窒息・溺死	7	0.2%
打撲・挫傷	300	8.2%
不詳および不明	116	3.2%
(高度焼損死体を含む)		
その他	28	0.7%
合計	3,651	

図-5

神戸市の犠牲者の死亡原因 (兵庫県監察医による)

は建物被害や家具の転倒を原因とする犠牲者 (83.9%)
は火事で焼け出された犠牲者 (15.4%)ただし、...

す。監察医の死亡推定時刻のデータを見ると、6時までの間に、つまり最初の15分で、92%の方々が亡くなってしまっています。監察医の研究者グループの人たちに言わせれば、本当はもっと短くて5分で十分だというのですが、いずれにしても直後の本当に短い時間帯に、既に多くの方が息絶えていたと言うことです。死亡推定精度の低い一般の臨床医のデータを入れても8割を越える犠牲者が、直後の15分で亡くなっています。臨床医のデータの精度が低いと言うのは、死体が運ばれてきたその時刻を死亡時刻として記載しているものや、単に初日の日付だけが記載されている例などが含まれているからです。

表の中に「時刻不詳」という項目がありますが、これは火事で完全に焼けてしまって「お骨」の状態になってしまった死体です。こうなるとさすがの監察医も、生きている状態で火が襲って焼け死んだのか、亡くなった後に火事が来て「お骨」になったのかがわからないということです。この分を除くと、監察医の死亡推定時刻データでは、実に犠牲者の96%が地震直後の5分あるいは15分で亡くなってしまっているのです。

皆さんもご記憶にあるかと思いますが、神戸の地震の後、一部の専門家を含めて、多くのマスコミが繰り返していた「災害情報システムが整っていれば…、災害の様子が当時の首相の村山さんにきちんと伝わっていれば…、自衛隊が自分の判断で身動きできるような体制が整っていれば…、あの直後に亡くなった多くの人たちを救えたはずだ。彼らは死ななくてすんだのだ。」という話は間違いです。あの人たちを助けるためには、事前にあの人たちを殺してしまった構造物を補修したり、補強したりするしかなかったのです。

では、実際に犠牲者の方々はどのような状態で亡くなったのでしょうか？

(写真) 先ほど死因の中で窒息死が多いという話をしましたが、この方はその例です。女性の犠牲者ですが、布団をかけて寝ておられたので外傷はありません。家がつぶれて上から重いもので押さえつけられた状態になりましたが、ある時期までは心臓は動いていますから、血液を送り出します。しかしそれは体が押しつけられているので戻れないので、顔や腕、足などの体の末端部が鬱血して黒くなってしまふのです。

(写真) この状況は首を締められて亡くなった人と同じで、例えばまぶたの裏とかを見ると、そこが鬱血した状態になっていて、「窒息死」ということがわかるのだそうです。

(写真) この男性も同じく窒息死ですが、このケースでは、胸の部分を見ていただきたいと思います。ちょうど90度の角度で白くなっていますが、ここは倒れた家具が強く押し付けられていた跡です。地震で人が亡くなるというのはこのような状態になるのです。

(写真) これは子供さんの例です。子供の場合は、身体

の面積が小さいですから、落下物などに当たらなければ小さな空間で生き延びたと言う例もありますが、運が悪くて当たってしまうと、もちろんダメなわけです。この子は窒息死ですから体が白っぽくて、顔と足の方が黒っぽい状態になっています。

(写真) 次に見ていただく例は、これまでに見ていただいた方々とはちょっと様子が違うと思います。この女性の体は全然黒くなっていません。この人は地震の揺れで目を覚まして、起き上がったのだと思われます。布団の上で座ったような状態になったときに、背後から角がとがったものが落ちてきました。家具だと思われますが、それが後頭部にぶつかって、頭が割けたのです。と同時に、首の骨が折れて即死されました。ですからこれまでの窒素死の例とは様子が違うのです。

(写真) 死因に「圧死」というものがあつたと思います。が、圧死というのは物理的な損傷を伴うもので、写真のような状態で亡くなった方です。胸の厚さが、通常胸の厚さの半分くらいになっているのがよくわかるかと思えます。このような状況では、5分ともたないのもうなずけるでしょう。これが実際の災害現場なんです。

地震で大勢の人が亡くなってしまふ時、「兵庫県南部地震の犠牲者は6,430余名です」などと言う時に、犠牲者の数とは何か、この数値の意味を良く考える必要があります。例えば東京都が区部直下の地震で想定する7,159人の犠牲者も同様ですが、このような犠牲者の数は、急にその数字になるものではありません。1人1人名前があつて、家族がいて、恋人がいて、将来の夢や希望があつて、ついさきまで生きていた人たちの死を積み重ねることで成り立つものなのです。

この点を、これらの数値を出す側の人には本当に理解して欲しいし、出す以上、それを減らす努力をして欲しいのです。またこの数値を見る側の人には、今見ていただいたような状況が被災者の実態であつて、それは明日の自分自身かもしれないし、自分の女房や娘、亭主や息子、そして親兄弟や仲のいい友人達かもしれないことを自覚して欲しいのです。単なる数字ではない犠牲者を認識していただきたいのです。

声なき声を聞く

兵庫県南部地震以降、地震防災の世界には新しい視点が入ってまいりました。それはどういうことかという、それまで防災にたずさわっていなかった多くの研究者が、工学系の中でも構造系のみならず計画系の人々が、そして人文科学系の分野の研究者が地震防災の分野に参入してくれました。これは大変ありがたい(もっとも今となっては元の研究分野に帰ってしまった人がほとんどですが)ことなんです。地震被害の社会的影響の理解や、ボランティア活

動、被災者の心理的な問題など、従来それほど取り上げられてこなかったことがらの重要性が認識されたことの意義は大きいです。今まで以上に一般の人たちが防災に関心を持ってくださった部分もあると思います。

これらはいいことなのですが、一方で決して軽視されてはいけないこと、あるいは常に最重要視され続けなくてはならないことが、相対的に軽視されるような場面もありました。それは何かというと、彼らは研究ツールとして、災害現場に赴いてのインタビュー調査とかアンケート調査をやるわけです。そしてその結果に基づいて検討された兵庫県南部地震の教訓には、よく「水や緊急食料の確保が重要」とか、「避難所の運営法の事前検討が重要」などがあげられました。マスコミもこれを大きく取り上げたりしたわけです。もちろんこれは単なる1例ですが、このような教訓を読んだり、学会やシンポジウムでの発表を聞いたときに私が繰り返し言い続けてきたことがあります。それは「〇〇さん、あなたの指摘は間違っていないし、私はそれを重要でないと言うつもりは全くない。ただし、今おっしゃったようなことを、阪神・淡路大震災の教訓として今後お話される場合は、特に一般の方々を対象になさる場合には、これから目黒が言うことをいつも心に留めておいて頂きたい。それは、あなたが今の結論に至るために使ったインタビュー調査とかアンケート調査のなかで、あなたは今回の地震で亡くなった人たちの声を聞いてない。被災者ではあるが、幸いにして命に別状はなく、アンケートやインタビューに答えられる精神状態にある人の声のみを聞いているのです。まずこの点を認識してください。もしあなたご自身が今回の地震で亡くなった人ならば、あるいは家は新築だったので大丈夫だったが、重い大きなテレビを留めておかなかったばかりに、それが頭の上に落ちて亡くなった女の子の父親であったら、あなたは自分の最も大切な家族や知り合いに、何を最重要な教訓として伝えますか？まず最初に『水の確保が重要だ』とか言いますか？私だったら、『自分は家が壊れて死んだ。まずは家の補強をしろ』とか『家具を留めておかなかったばかりに娘を殺した。全く無念だ』とかの言葉が出ると思います。『思いつくだけの教訓を上げなさい』とか言うのであれば、『水や食料の確保』や『避難所の運営法』も出てくるでしょうが、これらが最初になることはないと思います。」

私たち防災の専門家が注意して行くべきことの1つに、このような「声なき声」をきちんと聞いて記録していくことがあると思います。災害時に不平不満を言える人はまだまだ軽傷とも言えるのです。更に言えば、災害時に平常時と同じ「ぜいたく」を言う人への対応などしなくていいのです。声を出せないほど厳しい状況にある人への対応が優先されるべきです。もっと根本的なことを言えば、被災したひとをケアするためにお金やエネルギーを使うのではな

く、被災する人を減らすためにそれらを使っていくように考えなくてはなりません。

図-6は消防や自衛隊という、いわゆる公的な組織によって助け出された人が、その時点で生きて助け出されたか、それとも不幸にして亡くなってしまっていたかを表しています。初日、2日、3日目と発見される全体数は増えていきます。なぜか？体制が整うからです。では、内訳はどうかというと、初日だけが7割の方が生きていらっしゃる。2日目、3日目という、その割合が2割、1割と減っていく。この状況を踏まえて、私たちは、災害救助における最初の1日をGolden 24 hoursと呼んだりします。初日は多くの方が生きている可能性があるの、とにかく迅速に救助作業を進めることが重要だと言う意味です。次に3日目ぐらいまでは、まだ生きていらっしゃる方がいるので、人命救助を優先して対処しなさいと言う意味で、Golden 72 hoursと言います。ここまではいいのです。しかしこのあと勘違いされる方がよくいらっしゃるの補足しておきますと、2日目、3日目に発見された時点で亡くなってしまっていた600だとか800の人たちが、もし初日に助け出されていたとすると、初日の生存者率と同じように、その7割がきっと助かったに違いないと考えるのは誤りだと言うことです。ここで亡くなった人々を含んだデータが、先ほど紹介した地震の直後で92%の人たちが亡くなっていたという監察医のデータなのです。ですからここから我々が学ばなければいけないことは何かというと、大きな災害時には、特に人命救助の観点からすると、消防や自衛隊などの公的な力に期待していても無理があると言うことです。このグラフの人数を全て足しても3,300人という規模ですが、実はこのグラフに載っていない2万数千人と言われる一時生き埋めになった人々が、地域コミュニティの人たちによって助け出されているという事実です。

警察・消防・自衛隊と、公的な活動組織はいくつかありますが、災害下で災害対応業務に専念できるのは自衛隊だけです。他は災害時にも本来業務があるからです。しかも自衛隊は食住を含めて自立型のシステムを持っていますの

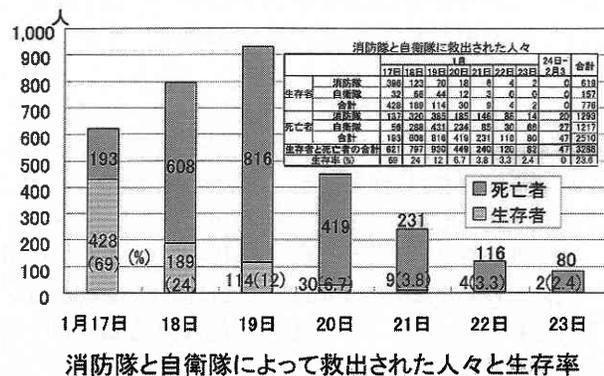


図-6

で被災地への迷惑を最小限とする活動が展開できますから、私自身は自衛隊の災害対応業務には多いに期待しています。しかし人命救助の観点からすると、過度の期待は禁物です。神戸では10万棟の建物が完全に壊れて、10万棟が甚大な被害を受けました。20万棟の建物に自衛隊員が1人1人が張りついて何が出来るか私にはよくわかりませんが、多くの方々が亡くなってしまいう地震発生後の5分や10分で、いかに自衛隊が機敏な動きが出来るといっても十分な対応が無理なことは自明です。

やはり人の生命など、最も大切なものは建物で守るしかないのです。今日の岡田先生のお話にもありましたが、建物の設計の基準となる耐震基準は時代とともに、あるいは過去の地震被害を教訓として、どんどん改正されました。大きな改正は1971年と1981年にありまして、これを境に建物の耐震性がずいぶん変化したことがわかっています。「新耐震」と言われる1981年の基準改正以降の建物は、今回の地震でも大きな問題はなかったとされています。では、問題は何かといいますと、81年の「新耐震」以前の基準で建てられた建物の割合が、95年時点でわが国の建物ストックの約3分の2、現在でも優に過半数を占めているということです。これをどうにかしないと、これからも先ほど見ていただいたような悲惨な状況が繰り返し起こってしまいます。

火事の話をしささせていただきますと、地震後に同時多発的に起こる火災についても、誤った報道や説明がありました。すなわち、兵庫県南部地震の直後の「消火用水の不足が火事をあんなに拡大させた」とか「消防施設や消防士の数が不十分であった」などの批判です。しかしこれらの指摘には認識が不足している点があります。消火用水に関して言えば、当時の被災地の消防士の数や消火施設を考えた場合、仮に水が十分であったとしても十分な消火活動は期待できませんでした。より多くの消防士や消防施設を整備すべきだという意見に関して言えば、何十年に一度あるかないかのごく希な状況に対応するための体制を日常的に維持することは、費用の点を考えれば適切ではないことは自明です。

火災への対応に関しては、その規模に応じて適切な対処法があります。図-7のように、1坪とかのごく小規模の火災には、市民の自主消火対策が重要なのです。震後火災は、同時多発型であるため、通常の火事のように、すべてを消防隊に任せておけばいいというわけにはいきません。神戸市の平常時の出火件数は1日当たり2点何件だったと思います。ところが、兵庫県南部地震の際は、地震発生から午前6時までの15分間で53件の火事が発生しています。地域の公的消防力を圧倒的に上回る数の火災が発生するのですが、この火災こそ市民レベルで対応すべき火災なのです。この時重要なのは、最終的に何ヘクタールとか何平方キロメートルを焼き尽くすような火災も、ガス爆発などの例外を除き、初めは小さいということです。神戸のケ

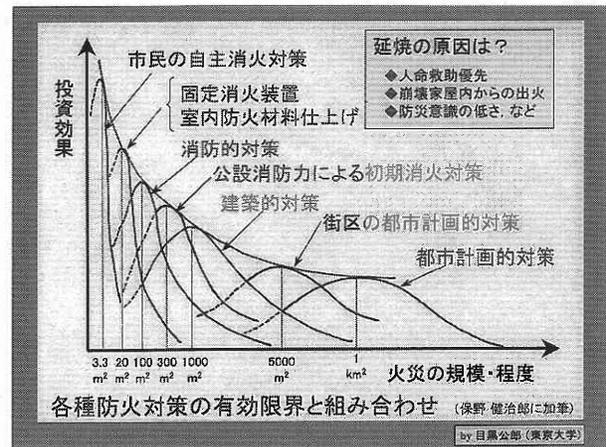


図-7

ースでは、多数の崩壊家屋に閉じ込められた人々の救出と崩壊家屋内部からの出火、さらに災害に対する住民意識の低さもあいまって、市民による十分な初期消火が行えなかったわけです。

また図にも示されているように、公的消防力が効力を発揮するのは焼失面積が100～300m²程度であり、家1軒とか2軒とかという火事です。あるレベルを越えた火災に対しては、いわゆる消火活動はさほど効果的とは言えず、代わって街を構成する構造物の耐火対策、街区や都市レベルでの都市計画的な対策が重要になってきます。このような認識を市民と自治体の双方が持ち合わせないと、地域レベルの防災能力は向上していきません。

本当の教訓とは？

地震被害が多様であることは既に説明したとおりですが、兵庫県南部地震の際には、地震後の時間経過とともに非常に多くの問題点が指摘されました。具体的には、図-8に示したような、焼死者の問題、被災者の心理的な問題、コミュニティの崩壊、ガレキの処理や環境の問題、仮設住宅や避難所の問題、地域経済の地盤沈下の問題、復旧・復興時の問題、などです。これらの問題はいずれも、それが指摘されたり、目に見えるようになると、「これは問題だ、あれは問題だ」とマスコミも取り上げて、専門家もそれに対する原因や対処法についてコメントを述べてきた事柄です。しかしこれら一連の指摘の中で欠けていたことは何かと言うと、それはこれらの問題を生んでしまった最も根本的な原因が何で、それを解決するにはどうしたらいいかと言う議論が展開されなかったということです。

発現した上記のような様々な問題の根本的な理由は、地震によって膨大な数の構造物が壊れ、その結果として直後に5,500人の犠牲者を出してしまったことです。私達が事前の何らかの対策で、20万棟の被害量を2万棟にでき

ば、5,500人の犠牲者を500人にできれば、先ほど指摘したような多くの課題は重大問題として顕在化しなくてすんだ可能性が高いと私は考えています。「ソフト」な対策は、「ハード」の機能が確保された上で初めて機能する。「ひとの生命」など最低限守らなければならないものは、ハードの対策で対応する以外にないのです。

現在の防災を取り巻く環境について認識を改めるべきだと私が考える部分を、「ガン」という言葉を使って説明すると、1つは病気の癌、もう1つはピストルのガンに例えることができます。

病気の癌と日常生活の因果関係に関しては、必ずしも明確に関連性を説明しにくい部分もある訳ですが、地震防災に関して言えば、その因果関係は明快です。このまま行けば我々は確実に癌になります。すなわち甚大な地震災害を被ることになります。そのような状況下で現在進められている防災対策は、「癌になって病状が進行すると、やがて末期癌になる。そうすると免疫抵抗が低下し、腕や背中、お尻や顔など、体中のいろんな場所に『できもの』ができる。その『できもの』に、この薬を塗ると痛みやかゆみがやわらぎますよ。」と言う塗り薬を用意しているだけのように感じてならないのです。癌にならない術がはっきりわかっているのに、これは大変だからと言って、簡単に準備できる水や乾パンなどの『できもの』に塗る薬を用意して、「はい、これで万全」と言っているように思えるのです。癌にならなくてすむ術があるときに、それをやらないでいて、『できもの』に塗る薬を用意してどうするんですか、ということです。

もう1つの例え話は、凶悪犯に対応する警察官の話です。ピストルを持ち人質を連れて、どこかに籠城している凶悪犯に対応しなければいけない警察や機動隊の人たちが、防弾チョッキを着ないで現場に向向くなんてことはあり得ないわけです。なぜかという、ピストルの引き金を引かれた瞬間に事が決まってしまう、終わってしまうからです。ところが今の地震防災はどうしているかと言うと、現場に丸腰で行って、「まあ、撃たれたとしても、帰ってくれば近くに病院があるからいいや」などと言っている状態なのです。阪神・淡路大震災が私達に突きつけた教訓は、激しい揺れを伴う地震では、地震発生の5～15分で状況が決まってしまうということです。命を守るハードを手に入れていない限り、どうしようもないということです。

図-9は横軸が時代、あるいはその地域の発展の程度を表し、縦軸は防災対策の内訳を表しています。兵庫県南部地震の前は先進国の防災対策はソフトウェア主体型への移行が進んでいました。もはや日本ではハードは十分強くなってきたので、対策の主体はハードからソフトへ移るべきだと考えたわけです。しかし、阪神・淡路大震災はそれが正しくないことを明確に示しました。ソフトウェアはハー

最優先対策/課題は何か?

■最優先すべきは構造物に対する対策である
兵庫県南部地震以降に指摘された諸問題

- ◆ 震後火災による焼死者の問題
- ◆ 被災地の人々の心理的な問題
- ◆ コミュニティの崩壊
- ◆ 避難所・仮設住宅の問題
- ◆ ガレキやごみ処理の問題とそれらの環境への影響
- ◆ ライフラインをはじめとする社会機能の障害
- ◆ 地域経済・産業活動の低迷/停止
- ◆ 復旧・復興時期の様々な問題、etc.

■これらの問題の真の原因は何か?

図-8

Changes in Earthquake Disaster-Reduction Counter Measures

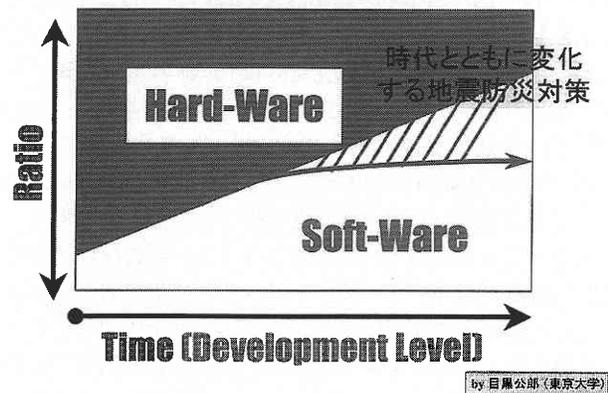


図-9

ドウェアが機能している条件で初めて適切に機能します。また生命など、最も大切なものはハードウェアで守る以外になく、また他のもので担保することも無理だし、補償の対象にもならないのです。

各個研究の紹介

随分時間をかけてしまいました。今まで説明したような事柄を十分理解しておかないと、「研究のための防災研究」は別として、真の意味で実効力のある防災対策を考え、講じるための防災研究は成り立たないのです。

ではいよいよ私が現在進めている研究について紹介させていただきます。

まず図-10は現在私が開発を進めている「ユニバーサル地震災害環境シミュレータ」です。既に説明したように、私の考える防災対策の基本は「災害発生時に、そしてその後の時間経過の中で、自分の周辺で何が起こるかを具体的にイメージできる人間をいかに増やしていくか」です。イメージできない災害に対して、適切な心構えや準備ができ

地震災害環境シミュレータ(主として物理現象編)

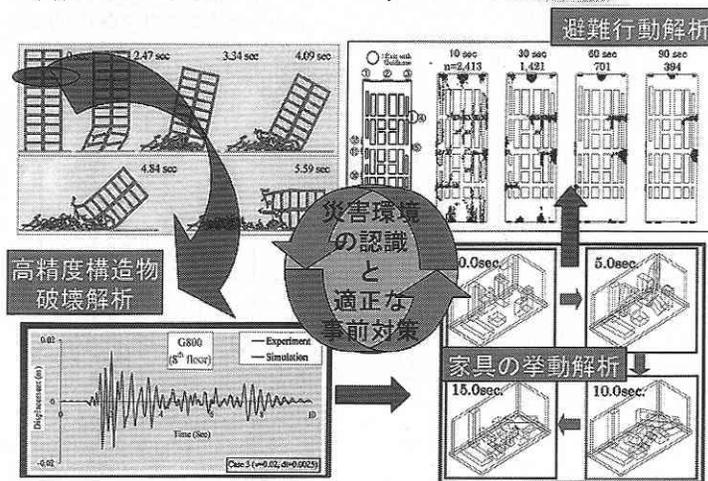


図-10

るはずがありません。逆に具体的にイメージできる人は、放っておいても何らかの準備や対策を自分で講じることが出来ます。ベテランドライバーと経験のない若いドライバーを比較した場合を考えてみてください。反射神経だけで言えば、若いドライバーの方が勝っているはずですが、しかしどちらのドライバーの方が事故を起こしにくいかというと、それは当然ベテランドライバーです。なぜでしょう？ベテランドライバーはその時々起こりうる状況をイメージすることで、とっさに対応できる準備をしているのです。ですから反射神経はいいが、状況認識の出来ない、すなわち出たとこ勝負の若者よりも結果的には、迅速で適切な対応ができ、事故を防げるのです。阪神・淡路大震災の対応に当たられた職員の手記を読んでみてください。「次に何が出てくるかわからない。これまで経験したことがないので、どう対応していいかわからない。先が見えない。不安である。」などの記載だらけです。これはまさにイメージ力がないために起こっていることなのです。

我々防災の専門家の使命は、災害の実像を認識できないことで準備せず、結果的に被害を被ってしまう人を減らすことです。このためには物理的／社会的根拠に基づいて災害時の環境を具体的に示すツールが必要であり、ここに数値シミュレータの存在意義があります。

一般に数値シミュレーションを行う背景には、次のような目的や理由が存在します。専門家による現象分析や検証と、一般の人々の現象理解を補助するための「現象の再現手段」、実験をするに当たって、現象が種々の危険性を伴ったり、規模が大き過ぎたり小さ過ぎたり、あるいは材料パラメータや境界条件の自由度の制約等から実験の実施が困難な場合の「代替仮想実験手段」、実時間では瞬時の現象だったり、再現に長時間を要する場合に、現象の再現期間を観察に適

した長さで調節する「時間の調節ツール」などです。

ここで示した図-10の例は、兵庫県南部地震の教訓を踏まえ、地震防災上最も重要性の高い地震時の構造物の破壊挙動とその建物に付随する設備や家具などの地震時の挙動、さらに災害時の人の避難行動などを総合的にシミュレーションするシステムです。社会・経済的な活動や復旧・復興過程までのシミュレーションを行うモデルは別途開発中であり、これらを融合することで、「ユニバーサル地震環境シミュレータ」が完成します。

ところで、ここで紹介したシミュレータを構成する1つ1つのシミュレーションモデルは、それぞれ単体としても十分優れたものになっています。例えば、ここで言う高精度破壊解析法は、私の研究室で独自に開発された新しい解析手法で、これを用いると構造物の健全な状態から完全に崩壊するまでのプロセスを高い精度で追跡できます。図にも示したように、驚異的に高い精度での建物の非線形応答が求められますから、それを入力とする各フロアでの家具の動的挙動が追いかけてられます。この家具のシミュレータに用いている手法も3次元の非連続体解析手法であり、価値の高いものです。これを使うと、例えば自分の部屋の内部が地震の際にどのようなになるかをシミュレーションできます。もう一つ紹介されているのは、避難行動シミュレーションモデルであり、これは個人特性の異なる数万人規模の人間の避難行動を1人1人を単位として解析できる手法です。これを用いることで、避難行動から見た都市の安全性の評価や設計法、そして最適避難誘導方などの提案ができると考えています。

災害イメージングツール 一目黒メソッド

本日私は、繰り返し、防災対策の基本は「災害発生から

の通勤時間帯の満員電車の中で我々が体験しているのは、運転手さんがちょっと変なブレーキをかけただけで、満員電車の中では大変なことが起こるわけです。将棋倒しになりそうになった経験をお持ちでしょう。あんな大変な状況でも、外から見ていたら何も起こってない、全く大したことない状況なわけです。それでも中では、とんでもないことが起こるわけです。であれば、脱線したり、横転したりしている車両の中では、さきほどのように、のんきに「窓から外を見れば…」などと言っている状況ではないことは自明なわけです。状況を想像するイメージーションが全く乏しいのです。

地震の発生時刻で大きく変化する状況ととるべき対応

さて、まあ何とか全てのマスを埋めたとしましょう。この作業を通じてまず認識してもらいたい点は、地震の発生時刻によって自分の周辺で起こる事柄が大きく変化することです。そして季節や天候を特定しないと災害状況が大きく変わってしまうことです。

次にそれぞれの出来事に対して、「あなたは何をしなくてはなりませんか？あなたに求められるものは何ですか？」と問いかけます。そしてまた同様の表を使って、それぞれのマスを埋めてもらうのです。続けて、「それを実行するためには何が必要ですか？」「今の状況で、それは入手できそうですか？準備できていますか？」「できないと思われる場合、それはなぜですか？」「ではどうしましょう？」というように問いかけます。

一通り考えてもらった後に、具体的に災害がイメージできたかどうかを尋ねます。一連の作業を行う前に比べたら、皆さんかなり具体的に災害のイメージを持つことができるようになっていますが、まだまだ十分ではありません。次のような質問で、「あっ、そうか」となるわけです。

表を見ながら、「そのマスに書かれていることは、夜、しかも地震後は停電する可能性が高いので、暗闇の中での作業となりますがその点を認識していますか？」認識している人はほとんどいません。

他の例として避難の話をしみますと、東京には150箇所ほどの広域避難場所があって、東大の本郷や駒場キャンパスもそれに指定されています。本郷には13万8千人が、駒場には6万9千人が避難する計画になっています。キャンパスの中で危険な場所を除いて避難者用に使える面積を出し、これを計画避難人口で割ると、1人当たりの面積が1m²ちょっとになります。1m²ですよ。他の地域ではどうかというと、例えば上野公園周辺ですと、43万人ぐらいの人が計画されていて、1人当たりの面積は0.8m²、「立って半畳、寝て1畳」と言いますが、ほんとに半畳ですよ。寝られないということです。光が丘というところでは、なんと55万7千人を計画していて、そこまで逃げてく

る最も遠い人は直線距離が6.5km、たどりつけませんよ。

質問を続けます。「家族には、けが人が出ましたか？想定上、出せましたか？亡くなった人はいませんか？」「なぜあなたはピンピンしているのですか？」なぜか皆さん、自分はピンピンしていて、被災して、怪我をして、避難してくる人を助けるのです。

「地震の3日後は、お葬式ですよ。認識できていますか？」「対策は長期化していますが、日常業務の年間スケジュールとの関係は把握していますか？」

この辺まで来ると皆さんかなり本気になってきます。自分の日常生活をモデルとしているので、当事者意識を持ちやすいわけです。更に兵庫県南部地震での出来事を紹介しながら考えてもらうことで、より現実感が湧いてきます。次に同様なシミュレーションを、季節や天候を変えて行います。すると、これらの条件によって大きく変化する事柄、それほど変化しない事柄が分かってきます。自分が置かれている立場、しなくてはならない事柄が具体的に見えてくるのです。

そして尋ねます。「さあ、本当に大切なのは何ですか？これからやるべきことは何でしょう？」

これらの作業を「個人でまず」、「次に家族やグループで」実施すべきであることを強調します。「具体的な災害をイメージできない人が、災害に対して適切な心構えや準備ができるはずがない」ことを繰り返し伝えます。

個人としての2面性（多面性）の把握と十分な理解

一連のシミュレーションを通して、防災や危機管理とは、誰もが常に考えなくてはならないことであり、他人任せにはできないことを認識し始めます。自分はいつも「守ってもらう側」と考えている圧倒的に多数の一般市民が、例えば家庭の主婦が、家に子供と自分しかいない時間帯に地震に襲われれば、自分が「守る立場」にならざるを得ないことを実感します。自治体の防災関係者が、職員として住民を「守る側」にある時間が、1日8時間勤務、週休2日、その他の休暇…と考えていくと、時間的には全体の20パーセントちょっとであることに気づくわけです。他の住民同様に被災する可能性と、防災職員として活動できない状況の多さを実感するわけです。自分自身が負傷した場合、幸いにして自分は大丈夫でも自宅が倒壊したり家族が負傷・行方不明となった場合など、いくらでも考えられます。

社会の一員としての私たちは、それぞれの立場で、状況に応じた個人としての2面性（多面性）を持っています。「社会での顔と私人としての顔」「守ってあげる側と守ってもらう側」「つくってあげる側とつくってもらう側」「提供する側と受け取る側」このような相反する2つの側面を、立場と時間によって、自覚の有る無しに関わらず、巧みに使い分けて生きているのです。この立場で変わる「すべき

こと」と「ニーズ」の把握，双方の立場に立った対策の立案が重要です。ところが、「対策の立案」というと，我々は急に公的な，社会的な存在としての一面にのみ立った思考をとり始めてしまいがちです。この点に注意しないと，「受手側の期待，求められるもの」の把握困難に落ち入ってしまいますし，逆に「サービスの受手側」としての自覚しかない人々にとっては，「地域社会の実力/耐力と自分達からのリクエスト」のアンバランスさに気づけないという状況を生んでしまうのです。

行政の防災担当者に関して少し補足すると，彼らの口からは以前はよく「この情報はオープンにすると，クレームが出た場合に具体的な対応策がないから無責任になるので出せない。」などの言葉を聞きました。これは全く逆です。今日の社会では，情報があれば自分の判断と資金で何らかの対策をとることのできる人が大勢いらっしゃいます。そのような人々から「行政が情報を出してくれなかったために，自分でも実施可能な対策を講じることができない間に災害が発生し，その結果として被害を受けてしまった。どうしてくれる!」と問い詰められた場合に，どう答えるのですか? その問いに対して何も答えられないことの方がよっぽど無責任であり，今後はこの種の訴訟が確実に増えていくでしょう。

行政の人達もいずれかの地域の納税者であり，既に説明したように一市民としての顔を持っています。その市民としての立場から，特に今回のようなトレーニングを受けた方であれば，災害状況をイメージできる市民として，行政の対処法が適切かどうかを考える視点が今後益々重要になってくると思います。行政の世界では，従来は問題が発覚した際に，たまたまその問題の責任ポストにいる人が責任を問われてきました。しかし最近では，薬害エイズの例を出すまでもなく，ある時点で情報を持っていたにもかかわらず，適切な対処をとらなかったということが，時間をさかのぼって問われるようになってきています。これは，いわゆる減点主義から，その時点その時点で積極的な対処をしてきたかどうか問われるという基本的な評価システムの変化を意味していると思います。私はこの変化が公的な立場で防災にあたる人々の認識と姿勢に今後大きな変革を与えらると思うし，そうなることを期待しています。

次の地震発生までの時間がわかると

一連のシミュレーションを通して，地震発生後に時間の経過に伴ってどのような出来事が自分の周囲で起こるのかをイメージできる能力がつくと，今度は次の地震までの時間が与えられた場合に，その時間をどうやって有効に使えばいいかがわかってきます。図-14のように，先ほどとは矢印の出発点の位置を変えた図を用意して考えるのです。現在日本は全国的に地震学的に活動期に入ったとされてい

それぞれの時点で，何をすべきですか? どんなことができますか?

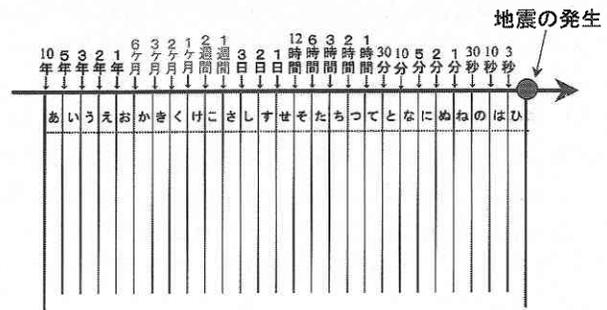


図-14

ます。東海地震や首都圏の直下地震はもとより，紀伊半島から四国沖の南海トラフ沿いでは，マグニチュード8を越えるであろう2発の巨大地震（歴史的には，1日～数年の間隔で連発する）が，2030年とか2040年±α年で発生すると言われています。またその2発の巨大地震が発生するまでに，関西地域ではあと数回のマグニチュード7クラス（神戸クラス）の地震が発生すると考えられています。東北・宮城県では，マグニチュード7.5程度（日本海溝寄りの地震と連動して発生した場合にはM8前後）の「宮城県沖地震」の長期予測として，今後20年間で80%を大きく越える確率が，30年間では何と98%の発生確率が文部科学省の地震調査研究推進本部（本部長：文部科学大臣）から発表されています。

このような状況下で私達がやらなくてはいけないことは何か? 持ち合わせているいくつかの立場や顔を認識しつつ，まずはどうしたら自分と自分の大切なものを失わなくて済むようになるかを考えてい頂きたいと思います。

そのためには，災害状況を具体的にイメージできる能力を身に付けることが不可欠です。大変タフな作業ではありますが，今回ご紹介させていただいた「目黒メソッド」を一度やってみてください。その上で，ハードすなわち建物の強度の確認と確保をしてください。

今日の講演会では，この点を具体化するために，現在私が政府や自治体に働きかけている新しい制度や仕組みについての研究成果もぜひご紹介したかったのですが，時間がなくなってしまいました。このような事柄にご興味のある方はぜひ私の方までご連絡ください。時間を作って一生懸命説明させていただきたいと思っておりますし，研究室に来ていただければ，それに関する資料はいくらでもご用意していますので，ご提供できると思います。

ご清聴，まことにありがとうございました。

—了—