

地震災害と環境

1. はじめに
2. 広義の都市環境からみた防災・減災
3. 狭義の環境 — 阪神・淡路大震災での環境問題
4. 防災・減災としての都市環境対策
5. おわりに

萩原清子*

要 約

本稿は都市環境の観点から地震による環境問題を考察したものである。まず、広義の都市環境を考えると、都市環境の構成要素は都市住民の厚生要素に対応するものであり、(満たされるべき順に表せば) 安心・安全、快適、ゆとりから成る階層構造を有しているものとみなせる。このように都市環境を定義すれば、防災・減災対策とは、つまりは都市環境を階層的に捉えつつ、階層間でのハード・ソフト面の連携をとるように都市を総合的にとらえ、各個別要素を統合するという視点が今後都市には必要であることを示した。

つぎに、狭義の都市環境からみた阪神・淡路大震災での環境問題を概観した。ついで、今後発生するかも知れない地震時の環境問題に関して、どのような対策を講じておくかを検討するための考え方を示した。特に、地震によってどのような問題が生じるか、その生起確率はどの程度か、どのような被害が生じるか、などリスク下での意思決定がどのように行われるかを検討することが重要となる。

リスク下での意思決定のための理論的枠組みとしては、伝統的に完全合理性に基づく期待効用理論が用いられてきた。しかし、近年、完全合理性を仮定した効用理論だけでは人間の行動を十分に記述できない現象が数多く示されてきた。こうして、限定合理性を仮定した意思決定のための理論的枠組みの検討が始まっている。本稿ではこの経緯を簡単に紹介した後、阪神・淡路大震災を例として、意思決定プロセスの第一段階である問題の構造化過程を示した。

1. はじめに

平成7年1月17日に発生した阪神・淡路大震災は未曾有の被害をもたらした。この地震は人口

350万人余が密集した地域の直下で発生した内陸・都市直下型地震であった。

被害も死者6,394名、負傷者40,071名、行方不明2名(平成9年1月16日現在)を含む近年稀にみるものとなった。また、特に大都市を直撃した地

震のため、電気、水道、ガスなど被害が広範囲になるとともに、新幹線、新交通システム、都市間交通・地下鉄が損壊し、生活必需基盤（ライフライン）に壊滅的な打撃を与えた。さらに、人口密集地に発生したため、最大31万人を超える住民が避難所での生活を余儀なくされた。

地震発生直後からの災害応急・復旧対策、阪神・淡路大震災の教訓を生かした防災対策の推進などに関しては、地元自治体をはじめ国、住民、ボランティア、企業、大学・研究機関などさまざまな組織ですで行われている。

本稿では地震災害とそれに関連する環境について考察しようとするものであるが、環境をどのように定義するかによって環境問題はさまざまに変わりうる。都市環境を広く捉えれば、阪神・淡路大震災の被害はすべて環境問題であり、大地震対策は都市においてよりよい環境を創出することでもありと考えられる。

したがって、以下ではまず広義の都市環境を定義し、そのような環境をどのように創出するのかについて簡単に述べる。ついで、環境をもう少し狭義に捉え、阪神・淡路大震災によって生じた環境問題を中心に地震のような災害にともなう環境問題について考えることとする。ここでは特に、不確実性ないしリスクとしてみなされる環境問題に関する認知ならびに意思決定についての考察を試みることとする。

2. 広義の都市環境からみた防災・減災

2. 1 都市環境の階層構造

都市環境はあくまでも都市住民にとっての環境である。都市においては、環境は人々と独立に存在するのではなく、人々との関係を有して存在している。都市の住民は日々、環境と対話しながら生活している（あるいは対話する姿勢を望みたい）ともいえよう。したがって、都市環境の構成要素は都市住民の厚生要素に対応するものとみなすことができる。

そこで、都市住民の厚生要素を階層モデ

ル的にとらえてみよう（萩原、1996）。人間の欲求は生存が確保されると次は生活の充実を求め、次にはゆとりある生活を求めるようになる（萩原、1985）。したがって、都市住民としては、たとえば、所得の保証、ライフラインを含むインフラストラクチャー（交通、道路、エネルギー、住宅、上下水道、公園・緑地、防災施設等）の整備、医療・福祉サービスの享受、環境汚染のない環境が満たされることをまず第一に望むこととなる。ついで、インフラストラクチャーの快適性、たとえば、快適な居住環境、快適な移動など、さらに、医療・福祉の充実や快適な環境を望むようになる。そして、これらが満たされた上で、さまざまな個人それぞれのゆとりある生活として、生きがい、趣味、交流・参加、豊かな自然を享受することなどを望むものと考えられよう。

したがって、都市をとらえようとするならば、まず、安心・安全、快適、ゆとりそれぞれの視点から階層的にみる必要がある。また、各階層間の相互関連性も考慮に入れることが必要であろう。さらに、上記各階層および階層間の関連に関しては、ハードとしてのインフラストラクチャーだけでなく、それらのソフト的な運用も含めて、ソフト面からの対応が必要である。

2. 2 都市の階層構造と防災・減災

東京をはじめとする大都市においては、地域経済構造の変化にともなって、さまざまな都市問題が生じている。高度経済成長時代から続く人口の都市への集中の結果としての過密問題に改善の兆しはみられない。

通勤・通学の混雑、住宅、道路、廃棄物問題、水、電力などエネルギーの逼迫、さらに、地価は一時期（いわゆるバブル時）に比べるとかなり沈静化したとはいえ、不良債権問題のようなその後の問題は未だ解決の見通しがたっていない。また、かつての公害問題に代表されるような環境問題はかなり改善されてはいるが、生活型環境問題、たとえば、自動車排ガスによる大気汚染問題や廃棄物の処分場不足問題や処理（埋め立て、焼却）にともなう新たな公害型環境問題の発生（ダイオキ

シンなど)がある。さらに、特に都心の区を中心とした人口の空洞化やそでの高齢化の進展が問題となっている。

このように、上述のような都市問題は第2レベルの快適はもちろん、第1レベルの安全・安心さえもまだまだ満たされていないということを示すものであろう。

阪神・淡路大震災はまさに以上のような各階層でのひずみが一度に顕在化し、特にすべての基礎ともなるべき安心・安全が瞬時に崩壊したものだといえる。

ところで、都市住民の厚生要素は各階層レベル間はもちろん、階層内においても個々別々に対応されてきた。しかし、各厚生要素は全く独立に存在しているのではなく、相互に何らかの関係を有している。

都市の階層構造においては、第3レベルおよび第2レベルの充実が第1レベルに大きく貢献することとなろう。したがって、環境あるいは環境創出による効果は防災・減災面での効果と表裏一体をなすものと考えられる。このような観点から、第1レベルの安心・安全なまちづくりと第2レベルの快適な環境づくりを一体として行うことの必要性が示唆される。

また、高齢社会への対応という面を考慮すると、第1レベルでの交通、住宅、福祉、防災・減災、環境などのインフラストラクチャーのハードおよびソフトの整備は一体的に行ってこそより一層の効果が生まれるものとなろう。高齢社会での第3レベルでのゆとり対策や第2レベルでの快適な環境づくりは第1レベルでの対応次第という側面を有している。さらに、環境や環境創出の効果(これは、上述のように防災・減災の効果でもある)を都市住民の行動あるいは意思の表明によって行うようにすれば、第3レベルの交流や参加を促すものとなる。こうして、第1・第2レベルの充実のために行うことが第3レベルを満たすことにもつながることになる。

さらに、先に述べたように厚生要素相互の関連や各階層レベル間の関連を考慮すれば、ある公園を整備する際にバリアフリーなものが環境面での

快適なものとなったり、防災・減災上有効なものとなりえよう。また、快適な都市環境の創造のために水辺の整備や緑の役割が指摘されている。これらは、階層的には第2レベルに相当するものであるが、これらは、その存在によって防災・減災上大きな役割を果たすものとみなされている。

以上のように都市環境を階層的に捉えつつ、階層間でのハード・ソフト面の連携をとるように都市を総合的にとらえ、各個別要素を統合するという視点が今後都市には必要と考えられる。

兵庫県では大震災からの復興計画の中で基本理念として、人間中心の都市づくり、すなわち、1. 自然への畏敬の念をもち、自然と共生しながら、命を守り育む、アメニティ豊かな都市づくりを進める、2. 高齢化・成熟化の進む21世紀へ向けて、一人ひとりが主体的に自らの生活を創造しながら、共生する社会づくりを進める、3. この地域のもつ文化的風土のうえにたって、外国に開かれたまちづくりを進める、を挙げている。表現は多少異なっているが、安心・安全、快適、ゆとりが表されている。

3. 狭義の環境

—阪神・淡路大震災での環境問題—

3. 1 災害廃棄物処理

阪神・淡路大震災により、多数の家屋が倒壊し(平成9年1月16日現在、全壊家屋は103,934棟(178,174世帯)、半壊家屋は136,096棟(257,404世帯)、焼失家屋は7,456棟(9,322世帯))、これから生じる膨大な量のがれき処理が必要となった(兵庫県、1996)。

被災直後から災害廃棄物処理への取組は、大きく分けてつぎの4段階で対応した(春風、1995; 兵庫県、1997a; 兵庫県、1997b)。すなわち、

(1) 第一段階(し尿処理)

取組内容: 仮設トイレの確保、避難場所への設置、維持管理体制の確保

(2) 第二段階(ごみ処理)

取組内容: 収集車の確保、他市町へのごみ

焼却の委託、焼却施設などの早期復旧

- (3) 第三段階（がれき処理初期対応—準備段階）
取組内容：がれき対策国庫補助制度の確立、処理計画策定マニュアルの作成、発生量予測、仮置場の確保、市町の処理体制の確立、処理ルート確保
- (4) 第四段階（がれき処理本格対応）
取組内容：処理計画の策定、計画的解体、処理ルートの確立、広域的・計画的な処理の推進、リサイクルの推進（リサイクル物質としては、コンクリートがら、金属くず、木くずなどであり、リサイクル率は50.1%である。）

以上のような災害廃棄物処理を通して得られた教訓は以下のとおりである。

- (1) 広域的な連携の強化
これには、市町間、府県間の連携、民間業者との連携および広域処分場の確保が含まれる。
- (2) 仮設トイレの備蓄など
水道の被害が大きかったことによるが、特に、下水道の普及した都市では切実な問題である。
- (3) 仮置場の必要性
解体後、分別や破碎等の処理を行う仮置場が求められる。
- (4) 計画的な解体の必要性
- (5) 解体現場における分別の重要性
- (6) 搬送ルートの確保
- (7) 廃棄物処理施設の余裕度
施設整備にあたっては、必要最小限のぎりぎりのものではなく、補修時等を考慮したゆとりある施設とすることが望まれる。
- (8) 技術開発
今回の経験や新たな知見をもとにした分別技術の開発が望まれる。

要するに、災害廃棄物の処理は、第一に被害状況に基づく処理対象量の把握であり、第二に処理の手順と処理方法の確立と、その処理を行うための役割分担及び処理体制の整備であり、第三にその処理に要する財源の確保が基本である。

3. 2 有害物質による二次災害

(1) 工場等からの有害物質による被害

阪神・淡路大震災は工業集中地域をおそった地震であったため、工場の施設等の破損による有害物質の飛散や流出が懸念されるとともに工場の環境関連設備が十分機能しないまま再稼働することによる二次災害の発生が懸念された。

工場に関しては、環境への影響を未然に防いだことが確認されるとともに、二次災害未然防止のための措置がとられた。

(2) 倒壊家屋解体に伴う粉じん・アスベスト飛散の問題

建築物の解体撤去に伴う粉じん・アスベストの飛散及び野焼きによる有害物質の発生なども問題となった。

環境モニタリング（平成7年2月、3月、7月に実施）の結果、大気汚染については当初、野焼きや仮設焼却炉による焼却処分により濃度の高い所もみられたが、いずれの有害物質も概ね都市地域で通常観察される範囲内に入った。

アスベストの一般環境濃度については、概ねわが国の都市地域の環境濃度の変動の範囲に入っていたが、一部でやや濃度の高い地点がみられた。また、解体現場周辺環境濃度については、工場に対する敷地境界規制基準を超える地点はみられなかったものの、一般環境に比較してやや高い値となっていた。そのため、環境庁の報告では、今後なお一層のアスベスト飛散防止対策の徹底を図る必要があるとしている。

アスベストの飛散防止に対しては、解体工事現場で散水やシートでカバーすることや解体工事前に吹付けアスベストを除去すること、アスベストの除去及び処分作業は関係法令に基づくことなどが建設業関係団体に対し通知された。しかし、平成8年の新聞（神戸新聞4月25日）によれば、「阪神大震災で倒壊したビルは神戸市内で推計約1,700棟に上るが、3月末までに解体に伴うアスベストの除去工事が行われたのは89棟（平成7年3月の調査で使用の可能性が高いとされたのは140

棟)しかない。しかも、適正な工事が行われたものはそのうち70棟にすぎない」とされている。

そもそも倒壊したビルのうち何棟がアスベスト使用ビルなのかの把握が正確にできていなく、除去されないまま解体されたものもあると見られている。

(3) 水質汚染

一方、水質関係については、同じく環境モニタリングによれば、砒素が一部の河川(生田川、猪名川)で検出された。砒素は自然界に広く分布しており、砒素による河川などの高濃度汚染は、鉱山廃水や温泉水の流入が関係しているとされている。

猪名川の上流には銀、銅、亜鉛、などを産出していた多田銀山があり、猪名川の支川には温泉(塩川温泉)がある。

そのため、地震による影響をみるために行われた調査によれば、猪名川では、地震後約1年間の砒素濃度は、流入支川で一時的に環境基準の約10倍という高濃度が検出されたが、猪名川本川では地震後約4ヶ月以降は環境基準を超える砒素濃度は検出されなかった(国立環境研究所、1995;和田他、1997)。

また、大阪湾の一部海域で、COD(化学的酸素要求量)が地震1年前に比べ、やや高い傾向がみられた。その後、海域のCODについては、夏期以降例年の変動幅に入っている。

(4) フロン

人口密集地に発生した地震であったため、約40万世帯が被災し、電気冷蔵庫や業務用冷凍空調機器等の廃棄により、オゾン層を破壊する大量のフロンが大気中に放出されることが予想された(兵庫県、1997)。

そのため、兵庫県においては地震前すでに「兵庫県フロン回収・処理推進協議会」が設立されていたが、実際の活動はまだ行われていなかった。そこで、協議会を中心として家電業界やボランティアの協力で緊急にフロン回収が開始された。

1年後の報告では、回収可能なフロンのうち、

3月末までに約25トン进行回収したが、約17トンは大気中に放出したとみられている。

大気中のフロン濃度は、平成7年3月に西宮市で通常の約5倍の濃度のフロン22が観測されるなど、震災直後にやや高い傾向があったものの、その後低下した。フロンについては、国際条約でまず、1997年末までにフロン12(CFC)を、さらに2020年までにフロン22(代替フロン・HCFC)を全廃することが決まっており、全国的に削減を進めることになっている。

(5) その他

医療機関やクリーニング所等からの廃棄物である特別管理産業廃棄物は今回の阪神・淡路大震災ではあまり大きな問題とはならなかった。しかし、これらの廃棄物は平常時でも大きな問題であり、災害時にはその影響が懸念されるが故に十分な対策を施しておくことが必要であろう。

4. 防災・減災としての都市環境対策

4. 1 災害時の環境問題の生起確率

地震のような災害時に発生する環境問題に対する対策は、災害による被害のある程度までは平常時における環境対策での対応が可能である。阪神・淡路大震災の場合も廃棄物処理やフロンの回収など平常時でも行われていることが一度に集中したことによって対応が困難になった側面もある。これに対して、幸い大事には至らなかったものの工場等からの有害物質の排出や平常時では発生しなかったであろう河川や海域の汚染の問題がある。

阪神・淡路大震災ではこれらがどちらも環境問題として発生したのであるから、結果としての生起確率は100%である。しかし、これからの地震を含む災害時にどのような環境問題が発生するかは確実にはわからない。ただ、今回の地震の経験から同様のあるいは今回以上の環境問題およびその被害の生起確率を想定し、対策を講じておくということになる。

一般に、リスク（この定義は以下で行う）の心理的意味は人それぞれによって異なるとされている（岡本、1992）。これまでの研究によると、危険な事象の生起確率についての人々の認知は、実際の生起確率と異なっていることがわかっている。実験によると、生起確率が低い事象の確率は過大推定され、生起確率が高い事象は過小推定されることがわかった。また、リスク認知は、その事象が未知なものか恐ろしいものなのかというような心理的次元に影響を受けることもわかっている。さらに、これらは文化的背景が異なれば、未知やおそろしさの次元が異なり、リスク認知も異なったものとなることが示されている。

今後の対策を考える場合、費用や時間などの制約から講じることのできる対策にも限りが生じるものと考えられる。したがって、災害時に対応可能な環境問題への対策をどのように行うのかについても、どのような環境問題への対策を優先的に行うのか、どの程度までの対策を考えておくのか、などの意思決定が必要となる。

4. 2 不確実性下での環境対策

(1) リスクと不確実性

フランク・ナイトによれば、同じ確率状況といっても、それは3つのタイプに分かれる。つまり、先験的確率、統計的確率、推定である。さらに、ナイトは、測定が可能か否かという観点から、先験的確率および統計的確率を、「測定可能な不確実性」(measurable uncertainty)とする。「測定可能」という意味は、確率的状況に具体的数値を与えることができるということである。この種の不確実性は、通常「リスク」(risk)と称される。

これに対して、推定は、測定不可能な不確実性(unmeasurable uncertainty)であり、リスクと区別して「(真の)不確実性」と命名されている(酒井、1998)。

(2) リスク下での意思決定

現代生活においては地震による災害ばかりでなく、様々なハザード(危険要因)が我々を取り囲み、またそれらの危険要因のリスクについての情

報も我々を取り囲んでいる。たとえば、大気汚染、飲料水汚染、食物中の残留農薬、放射線や有害科学物質の脅威、エイズなどである(National Research Council、1997)。

ここで、ハザードはつぎのように定義される。すなわち、ある行動や現象がある人間や物に害を与える、あるいはその他の望ましい結果を与える可能性がある時、ハザードが生じるとされる。

ところで、認知心理学によれば、意思決定とは、ある複数の選択肢の中から、1つあるいはいくつかの選択肢を採択することであるとみなすことができる。意思決定は意思決定環境の知識の性質から分類すると、以下の3つに分けられる(市川、1996)。

1. 確実性下での意思決定

選択肢を選んだことによる結果が確実に決まってくるような状況での意思決定。ただし、選択肢を採択した結果の範囲を時間的・空間的に大きく考えると、確実性下での意思決定はほとんど存在しないことになる。

2. リスク下での意思決定

ここでのリスクは選択肢を採択したことによる可能な結果が既知の確率で生じる場合と定義する。

3. 不確実性下での意思決定

ここでいう不確実性下とは、選択肢を採択したことによる結果の確率が既知でない状況をいう。確率で表現不可能な状況というのは、確率の公理を満たすような数値で不確実性の程度が表現不可能な場合であり、たとえば、数値で表現できないが「たぶん大丈夫だろう」というように言語的には表現可能な場合や、不確実性の程度に関して分からない状況などが考えられる。この不確実性下での意思決定には、そもそもどのような結果が起こりうるかもわかっていない場合がある。とくに、このような状況を積極的に含めて考える場合、無知(ignorance)の状況での意思決定と呼ぶことがある(市川、1996)。

(3) 意思決定のための理論的枠組

リスク下での意思決定を考えるものとしては、

個人の行動が完全合理性を有していることを前提とした期待効用理論がある。完全合理性の仮定では、つぎのような人間を想定することになる（佐伯、1986）。

(1)完全なる情報の保有者（あらゆる可能な行為の選択肢、およびそれらの行為の結果に対する効用の知識をもつ、不確かな状況のもとでは、事象の生起確率を知るものとする）であり、さらに、(2)行動選択の際に、すべての選択対象に対して、再帰性（同じ対象に対しては常に同一の順序を付ける）、完全性（すべての対象を順序づけできる）、推移性（対象AはBより選好される、かつ、BはCより選好されるときAは必ずCより選好される）を有する選好順序を付けることができる、というものである。

フォン・ノイマンとモルゲンシュテルンやサバージは、上述の合理性の仮定を受け入れるならば、人々の選好が、それぞれ、期待効用、主観的期待効用が最大となる選択肢を選ぶことに等しいことを明らかにした。とくに、確率に主観的確率を仮定しているものを主観的期待効用理論と呼んでいる。

このように、意思決定においては長い間、完全合理性に基づく、効用最大化が考えられてきた。しかし、これまでの意思決定に関する多くの研究では、人々が効用最大化の決定基準をあまり採用しないことが示されている（Simon, 1957）。サイモンは、人々は利用しうるかぎりの選択肢から最良のものを選び出す、最大化や最適化の原理によって意思決定するのではなく、情報処理能力の限界のために、ある一定のところで満足のいく選択肢を探し求める、満足化の原理によって意思決定することを指摘した。つまり、人間は意思決定に際し、情報処理能力の制約（この意味で限定合理性（bounded rationality））から、あらゆる可能性を網羅して考慮したり、すべての選択肢を評価して決定を行うことはできないために、目的関数を「最大化」するかわりに「満足化」というものである（佐伯、1986）。また、カーネマンとトゥヴェルスキーは「簡便法的合理性（heuristic rationality）」を提唱した（Tversky & Kahnemann,

1973; Kahnemann et al., 1982）。

さらに、完全合理性を仮定した効用理論だけでは十分に記述できない現象が多くの心理学者から示された。つまり、人々の行動はかなり合理的な側面を有しているが、このようなモデルに当てはまらない行動が非常に多い、というものである。たとえば、コイン投げで連続して表が出たとき、多くの人は次も表が出る確率を過小評価してしまうというような「ギャンブラーの誤信」、現在の状態やこれまでの経緯は特別扱いされる「代表性効果」、などが心理実験によって示されている（Kahneman & Tversky, 1979）。さらに、アレのパラドックス（確実な利得を不確実な利得よりもきわめて高く選好する）やエルスバークのパラドックス（人々はあいまいさを避けようとする）など期待効用理論や主観的期待効用理論では説明できない現象も示されている。

人々が意思決定問題に直面した場合、その問題を心理的にどのように解釈するかが人々の意思決定の結果に大きな影響を与える。まったく同じ意思決定問題を与えられ、各選択肢の客観的特徴が全く同じでも、その問題の心理的な構成のしかた（フレーミング（framing））によって結果が異なることがある。これをフレーミング効果あるいは心的構成効果という（Rubinstein, 1998）。

トゥヴェルスキーとカーネマン（Tversky & Kahneman, 1981）は、フレーミング効果の典型例となる以下のような問題を考えた。

ポジティブ・フレーム条件：「アメリカで600人の人々を死に追いやると予想される特殊なアジアの病気が突発的に発生したとします。この病気を治すための2種類の対策が提案されました。これらの対策の正確な科学的推定値は以下のとおりです。あなたなら、どちらの対策を採用しますか。

対策A：もしこの対策を採用すれば200人が助かる。

対策B：もしこの対策を採用すれば600人が助かる確率は3分の1で、誰も助からない確率は3分の2である。

ネガティブ・フレーム条件：問題は、対策の表現を以下のように変えただけである。

対策C：もしこの対策を採用すれば400人が死亡する。

対策D：もしこの対策を採用すれば誰も死なない確率は3分の1であり、600人が死亡する確率は3分の2である。

対策AとC、対策BとDは同じであるが、ポジティブ・フレーム条件のときには、ほとんどの被験者はリスク回避的な選択をして対策Aを選択する。一方、ネガティブ・フレーム条件の場合には、リスク愛好的な対策Dを選択することが報告されている (Tversky & Kahneman, 1981)。つまり、フレーミングによって矛盾した意思決定に導かれることが示されている。ただ、これに対して、教育や意思決定の支援によって、ある程度改善できることも示されている。

また、同じ評価対象に対して異なる方法を用いると、評価対象の選好順位関係が異なる可能性のあることも示されている (市川, 1996)。

近年ではコンピューターを用いての意思決定支援が行われるようになってきているが、そこでもプロセスによって決定結果が異なるという経路依存性を有している。このことは適当な経路を選ぶことによって、意思決定を第三者の望ましい方向に誘導できる可能性を示している。

以上のような経緯のなかで、人間の情報処理能力の限界に起因する数多くの意思決定ルールが提案されてきた (市川, 1996参照)。すなわち、加算型 (属性ごとに重みを付け、その和によって決定される)、加算差型 (属性ごとに2つの選択肢の望ましさを考え、すべての属性についての和で優劣を決定する)、連結型 (いくつかの属性についてある基準値が決まっているとき、それらすべてを満たす選択肢を選ぶ)、分離型 (いくつかの属性についてある基準値が決まっているとき、そのうちの1つでも満たす選択肢を選ぶ)、辞書編纂型 (最も重要な属性に関して選択肢を比較し、最も望ましいものを選ぶ)、EBA型 (ある属性に関して基準値に満たないものを選別し、最終的に1つの選択肢が選ばれるまでこのプロセスを繰り返す)、などがある。

(4) 問題解決のプロセス

認知心理学の分野では、人がある問題に直面した際に採りうる、問題の発見から解決手段の決定に至る一連のプロセスは、「問題の構造化過程」、「判断過程」、及び「意思決定過程」の3つのプロセスを様々な局面に対して適用することにより構成されると考えられている (森川他 (1998))。

以下では、阪神・淡路大震災での環境問題への対応を例として、問題解決のプロセスを考察することとする。

上述の不確実性の2、あるいは3、の状況下で意思決定者が必要とする知識としては次のものが考えられる (National Research Council, 1997)。

(1)特定の選択肢に関するリスクと便益に関するもの、(2)代替選択肢とそのリスクと便益に関するもの、(3)関連知識の不確実性に関するもの、である。

(1)に関しては次のような検討事項があげられる。

1. 「地震によって懸念されるハザードとしてはどのようなものがあるか？」

例) 多量の災害廃棄物の発生、野焼き、工場や自然界からの有害物質の飛散や流出、倒壊家屋・ビルの解体に伴う粉じん、倒壊家屋・ビルからのアスベストの飛散、廃棄冷蔵庫などからのフロンの放出、など。しかし、これ以外にも今後の地震で生じる他のハザードはあり得る。

「どんな環境が危害を受けるか？」

例) 処理場の不足、ダイオキシン、粉じん、アスベスト、有害物質などによる大気汚染、有害物質の流出による水質汚染、フロンによるオゾン層破壊、等。

「その可能性のある結末はどれほど深刻か？」、「回復は可能か？」

例) 阪神・淡路大震災ではそれほど深刻な事態にはならず、回復したとみなせる。

ただし、その被害はどの程度でどの地域の誰に及んだかを知ることは必要。したがって、

2. 全人口にとって、それぞれのハザードによる予想される被害はどれ程か？ (どれくらいの人間が被害を被るのか？被害はどのくらい長く持続す

るのか?)

さらに、続けて、

3. 各ハザードを被ることから生じるタイプ別の危害の確率はどの程度か?

(地震の結果として予想される被害が実際に生じる確率はどの程度か? それらの被害を受けることを、どのような方法で妨げると考えられるのか? これらの方法の適用の可能性(確率)は?)

4. ハザードの影響の分布はどうか?(どのグループが偏って被害を受けるのか?)

5. 異なるグループに対する各ハザードからの影響はどうなっているのか?

6. ハザードの質はどういうものか?(ハザードを被る人々はそれを減少または除去する選択肢を有しているのか? 命に関わるものなのか? 治療可能なのか? など)

そして、最後に、

7. 上記すべてを考慮した集団に対するリスクとはどういうものか?

以上の過程においては、リスク評価が重要な役割を占めている。「リスク評価」は、ハザードを被ることによる潜在的な有害影響を判定するという意味で通常用いられる言葉である。

さらに、意思決定を支援する情報として、(2)の代替案に対する情報が挙げられる。すなわち、

1. 当該ハザードを防ぐための代替案は何か?

例) フロンに代わる物質、アスベストに代わる物質などの使用を義務づけることなど。

2. 代替行為によるリスクと、対策を取らないと決定した場合のリスクは何か?(リスクの軽減以外に、各代替案はどんな便益を約束するのか?)

3. 各代替案の有効性はどうか?(各々の代替案はどんな便益を提供するのか、そしてそれはどのように分布するのか?)

4. 各代替案の費用はいくらか?

ところで、測定可能な不確実性であるリスクの場合であっても、リスクと便益に関する知識の不確実性は付随する。たとえば、

1. 入手できるデータの弱点はどこにあるか?

2. データが見つからなかったり不確実な時や、推定方法を論争中の時、どのような仮説とモデル

が推定量の根拠に用いられたか?

3. 仮説やモデルが変化した場合、推定量はどの程度変化するか?

たとえば、正確なリスク(または便益)推定量の信頼限界はどのくらいか?

4. 他にどんなリスク評価とリスク制御評価がなされたか?

などが挙げられる。

以上のような問題の構造化および判断過程を経て、すでに示した意思決定ルールあるいは今後新たに示されるであろう別のルールに基づいて最終的に防災・減災としての都市環境対策の選択が行われることとなる。

5. おわりに

以上、地震時における環境問題を広義と狭義の環境の定義のもとで考察してきた。広義の環境の定義においては、都市のあるべき姿を考えるということとなり、まさに都市を総合的にあらゆる分野からアプローチすることが望まれる。

また、狭義の環境の定義においては、環境問題における不確実性をどのように扱うかが大きな問題であり、そのための枠組みは本稿でも示したようにまだ検討の途上にある。しかし、地震による環境問題は何時発生するかわからない。不確実性やリスクに対する人間の反応や行動をしっかりと把握するとともに、そのような人間の行動を意思決定に反映し、最終的にはどのような基準で決定を行うのか、という究極の問題に対して何らかの答えを導き、一日でも早く実際の都市環境対策を講じることが阪神・淡路大震災の教訓を生かすこととなろう。

謝辞

阪神・淡路大震災での環境問題に関する資料ならびに論文の収集に関しては、前自治省財政局の木村功氏にご協力いただきました。ここに記して感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 萩原清子「過疎問題の経済学的考察」,『地域学研究』第15巻, p.185-211, 1985.
- 萩原清子「総合的な都市経済研究」,『総合都市研究』第60号, p.89-98, 1996.
- 春風敏之「兵庫県における災害廃棄物とその対策」,『廃棄物学会誌』Vol. 6, No. 5, p.373-379, 1995.
- 兵庫県「阪神・淡路大震災—兵庫県1年の記録」1996.
- 兵庫県生活文化部環境局環境整備課「阪神・淡路大震災における災害廃棄物処理について」1997.
- 兵庫県環境クリエイトセンター「災害廃棄物の処理の記録(阪神・淡路大震災に伴う災害廃棄物処理事業報告書)」1997.
- 兵庫県フロン回収・処理推進協議会「阪神・淡路大震災(被災地域からのフロン回収—その記録)」1997.
- 市川伸一編「認知心理学」東京大学出版会, 1996.
- Kahneman, D. & Tversky, A., "Prospect theory: An analysis of decision under risk", *Econometrica*, 47, pp.263-291, 1979.
- Kahneman, D., Slovic, P. & Tversky, A., *Judgement under uncertainty: Heuristics and biases*, Cambridge University Press, 1982.
- 国立環境研究所「兵庫県南部地震と環境」1995.
- 森川高行・倉内慎也・佐々木邦明「限定合理性に基づく選択モデルの考え方」,『京大ワークショップ: 均衡分析を越えて』1998.
- National Research Council 編 林裕造・岡沢純監訳「リスクコミュニケーション」科学工業日報社, 1997.
- 岡本浩一「リスク心理学入門」サイエンス社, 1992.
- Rubinstein, A., *Modeling Bounded Rationality*, The MIT Press, 1998.
- 佐伯胖「認知科学の方法」, 認知科学選書, 東京大学出版会, 1986.
- 酒井泰弘「経済学は不確実性をどう扱ってきたか」,『経済セミナー』日本評論社, p.22-29, 1998.
- Simon, H.A., *Administrative behavior: A study of decision making process in administrative organization*, 2nd ed. Macmillan, 松田武彦・高柳暁・二村敏子(訳)『経営行動』ダイヤモンド社, 1965.
- Tversky, A. & Kahneman, D., "Judgement under uncertainty: Heuristics and biases", *Science*, 185, pp.1124-1131, 1973.
- Tversky, A. & Kahneman, D., "The framing of decisions and the psychology of choice", *Science*, 211, pp.453-458, 1981.
- 和田桂子・福島実「兵庫県南部地震後の猪名川流域河川流水中におけるヒ素濃度の消長」,『水環境学会誌』第20巻第12号, p.860-864, 1997.

Key Words (キー・ワード)

Urban Environment (都市環境), Disaster Prevention and Mitigation (防災・減災),
 Uncertainty and Risk (不確実性とリスク), Bounded Rationality (限定合理性), Decision
 Making (意思決定)

Seismic Disaster and Environment

Kiyoko Hagihara*

*Center for Urban Studies, Tokyo Metropolitan University
Comprehensive Urban Studies, No.68, 1999, pp.129 - 139

Environmental problems at the seismic disaster are considered from the view point of the urban environment in this paper. Firstly, urban environment is broadly defined as urban residents' welfare. The urban residents' welfare has hierarchical structure which is composed of three levels; each level has security and safety, comfortable and affordable welfare components, respectively. So, in order to prevent and mitigate seismic disaster, there is a need to take into account above-mentioned hierarchies of urban residents' welfare.

On the otherhand, if we consider about the measures to prevent and mitigate environmental problems which may be occurred at the earthquake in the near future, decision making under uncertainty or risk should be taken into consideration. For example, what kind of environmental problems shall be occurred, what is the probability of that problems, what damage shall be brought with them, and so on.

The expected utility theory which is based on perfect rationality about human behavior is used to consider decision making under uncertainty or risk. But some behaviors have not been explained with perfect rational man paradigm. So, recently, some new paradigm which is based on bounded rationality has been examined. The first step of decision making process which was tried to be applied to environmental problems at the seismic disaster was shown briefly in this paper.