

災害リスクの特徴とそのマネジメント戦略

MAJOUR CHARACTERISTICS OF DISASTER RISK AND ITS MANAGEMENT STRATEGIES

多々納裕一¹

¹ 博士(工学) 京都大学防災研究所教授 総合防災研究部門防災社会構造研究分野
(E-mail:tatano@imdr.dpri.kyoto-u.ac.jp)

地震などの自然現象が災害となる過程には、人間の活動が深く関与している。本論文では、この種の災害のリスクと人間行動との関連を整理するとともに、災害リスクのマネジメント戦略に関して考察する。具体的には、災害が低頻度な事象であるということが、災害の発生や脆弱性に関する認知にバイアスを発生させること、大規模な被害の発生が空間的な相関性の高さを意味することを示し、災害が本質的には局所的な現象であるという特徴を指摘する。このような特色が存在するがゆえに災害リスクマネジメント施策の設計・評価に際して、総合的な施策構成や地域間の相互連携が重要であることを指摘する。その上で、これらの施策の望ましい組み合わせを求めるための方法論上の課題を提示する。

キーワード：災害リスク、低頻度大規模災害、集合性、局所性、ハイブリッド型計画モデル

1. はじめに

地震などの自然現象が災害となる過程には、人間の活動が深く関与している。近年、一災害あたりの物的被害や社会経済的被害は増大する傾向にある。このことは人口・資産が災害の発生危険度の高い地域に集積し、災害に対する脆弱性がそれほど大きく改善されていないということの意味している。本論文では、災害のリスクと人間行動との関連を整理するとともに、人間の活動を中心に据えた災害のリスクマネジメント戦略に関して考察し、政策論的な検討を加える。

具体的には、まず、2. で近年の自然災害の発生傾向に関して検討し、人間の社会経済活動との関連について考察する。次いで、3. で災害リスクの特徴として、低頻度性と被害の集合性・局所性を取り上げる。そこでは、まず、災害が災害が低頻度な事象であるということが、災害の発生や脆弱性に関する認知にバイアスを発生させることを示し、このことが土地利用適正化や減災努力を怠らせる要因となっていることを指摘する。次いで、大規模な被害の発生が、空間的な相関性の高さを意味することを示し、災害が本質的には局所的な現象であるという特徴を指摘する。4. では、このような特色が存在するがゆえに地域間の相互連携が重要であり、災害リスクの制御・ファイナンスといったマネジメント施策の地域的連携の重要性を指摘する。さらに、これらの災害リスクマネジメント施策には相互作用があり、個別の効果の和がこれらの施策を組み合わせた場合の効果とは

必ずしも一致しないことも指摘する。その上で、これらの施策の望ましい組み合わせを求めるための方法論上の課題を提示することとする。その上で、5. では、リスク認知のバイアスを軽減しつつ総合的な災害リスクマネジメントを実施していくための研究の方向性に関して言及する。そこでは、参加型のリスクマネジメントのプロセスとしてパブリックリスクマネジメントの方法を構築し、実践を通じた検証が必要となるという考え方のもとに今後の課題を示し、まとめとする。

2. 自然災害リスクの傾向と人間活動

近年、災害による社会経済的なインパクトは年々増加の一途をたどっている。ミュンヘン再保険会社の資料による¹⁾と、国際的な支援が必要となった災害の発生件数は1960年代では年間4件程度であったものが1990年代には3.2倍の13件程度となっている。これに対して、1960年代と1990年代とを比較すると、全世界における経済損失額(2000年価格での比較)は8.6倍にまで増加していると報告されている。この間の経済成長を考慮しても、被害額の伸びは実質ベースで年率19%と注目するほどの高率となっている。これは、被災危険地域に人口や資産の集中が進んできた結果であると考えられる。また、産業社会の発展とともに都市への人口・資産の集中が生じた一方で、都市自体の防災性能の改善は、集積による被害増を打ち消すまでには至っていないと考えら

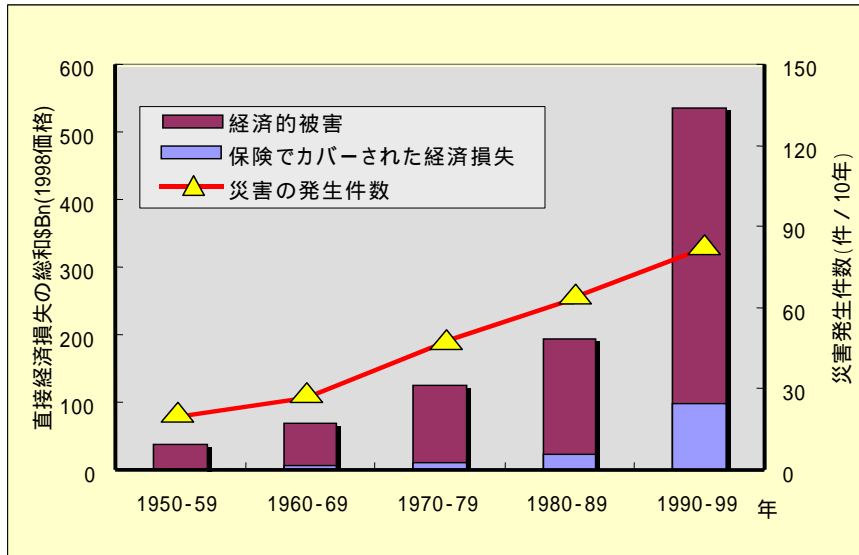


図 - 1 過去 50 年間の自然災害の発生傾向
(ミュンヘン再保険会社資料¹⁾をもとに作成)

れる。

地震や台風，豪雨等の自然現象の発生は必ずしも災害をもたらすわけではない。これらの自然現象は、ハザード(Hazard)と呼ばれる。ハザードそれ自体は単なる自然現象であり、被害を必ずしも発生させるわけではない。たとえば、熱帯で発生した台風は必ずしも被害をもたらすわけではない。被害対象物となるような資産や人口の集積した地域を通過しなければ、いかに大きな台風でも災害をもたらすとは限らないのである。すなわち、我々はこれらのハザードの発生が被害を引き起こして初めて自然現象は災害へと変化する。災害が発生するためには、自然現象であるハザードの生起に加えて、人口・資産といった被害対象 (exposure) が存在しており、かつ、それらがハザードに対して脆弱である(vulnerable)という条件が存在しなければならない。ハザードの脅威にさらされる人口や資産といった被害対象物をエクスポージャ (exposure) 個々の被害対象物がハザードに見舞われたときに被災する可能性の程度、すなわち、災害脆弱性をヴァルナラビリティ (vulnerability) と呼ぶ。

これらの用語を用いれば、図 1 に示した近年の災害による損失の増大は、エクスポージャの増加や災害脆弱性 (ヴァルナラビリティ) の改善程度の低さなどによるものである。従って、今後はエクスポージャや災害脆弱性を積極的に制御していくことが、災害による損失を軽減するための鍵であると考えられる。

しかしながら、都市への人口・資産の集積や、都市の災害に対する脆弱性は、いずれも人間の活動の帰結であり、社会の中で展開されている個人や企業の活動の結果

でもある。もちろん、政府の役割は重大ではあるが、実際に居住地や立地を選択しているのは個人や企業であり、また、被害軽減のための方策の大部分もまた個人や企業の選択に委ねられているのである。したがって、災害に強い社会を実現させるためには、個人や企業という社会を構成する主体の選択行動を中心に据えて対策を講じることが必要であろう。すなわち、これらの主体の行動をいかに安全で安心な社会が実現するように誘導していくかが問われているのである。このためには、これらの主体の行動を理解し、施策の評価のための規範を持ち合わせていなければならない。さらに、これと同時に、我々は構造的・非構造的な施策の組み合わせがこれらの主体の行動や厚生にいかなる影響を及ぼすかを分析するツールを持たねばならないと考えられる。

3. 災害リスクの特徴とそのマネジメント上の課題

3.1. 災害リスクの特徴

Knight はリスクを結果の生起確率として定義した。本論文においても、Knight の定義に従って、災害リスクを捕らえる。災害の帰結は言うまでもなく、ハザードの生起によってもたらされる被害である。したがって、災害リスクを災害による損失の確率分布として定義することとする。この他に、被害とその生起確率との積として、災害リスクを捕らえる立場も存在するが、この場合には期待値を用いた評価が中心となる。この場合には、期待値が等しければ、頻度は小さいが被害額の大きな事象と、

頻度が大きくかつ被害額が小さい事象が同等に評価されることとなる。

災害のリスクとしての特色として、発生頻度の低さや被害の大規模性を指摘することができるが、期待値を重視する見方では上述のようにこのような特徴が十分に考慮されない可能性がある。

本章では、むしろ、発生頻度の低さや被害の大規模性として議論される災害のリスクとしての性質を詳細に検討し、人間の行動や社会・経済システムを介した帰結の仕方を検討する。そこで、以下、災害の頻度及びその結果の甚大性に関して検討する。

3.2. 災害の頻度と認知リスク

多くの災害は、発生頻度の少ない希少事象である。このことは、我々が災害について多くの知識を得ることができない主要な原因となっている。すなわち、災害のリスクに関して、経験を通じて学習することが困難であるため、あいまいなリスク認知やバイアスが生じることとなる。

図 2 は、一般の人々が希少な事象に対するリスクをどのように評価しているかを調べたアンケート調査の結果である²⁾。この図から、より稀にしか生じない事象に対しては、そのリスクが高めに見積もられ、そうでない場合には低めに見積もられる傾向が読み取れる。Viscusi³⁾⁴⁾ はその一連の研究の中で、合理的なベイズ学習を行う家計であっても、情報によって獲得された客観的なリスクのみで、家計の認知リスクが記述されるわけではなく、その情報を利用する以前に形成されていた先見的な認知リスク水準にも依存することを示した。パラメータの事前分布がベータ分布、特定の期間内に災害が生起する確率が二項分布に従う場合には、認知リスクが先見的な認知リスクと情報によって獲得された客観的リスクとの線形和として与えら得ることを示している。この場合には、客観的なリスクの限界的な変化の一部のみが実際に認知されるリスクの変化として認識されることを示している。このことは、ミチゲーションなどのリスク軽減行動の効果が過小に評価される可能性を示唆するものである。

一般の人々によってなされる減災行動や居住地選択行動は、主観的に認知されたリスクに基づいてなされる。したがって、この種のバイアスの存在は災害に対して脆弱な都市構造を作り上げる要因の一つとなりうる。このような認知リスクのバイアスが存在する状況下では、主観的な効用を下に便益を評価すると社会的には望ましくない結果を招く恐れがある。山口・多々納ら⁵⁾ は客観的なリスク水準を用いて補正した厚生をもとに便益評価を行う方法を示している。その上で、彼らは、認知リスクのバイアスの存在する状況下においては、税・補助金も

しくは情報提供といった間接的な手段による土地利用の誘導によっては、効率的な土地利用を実現することができないことを示している。このことは、このような認知リスクのバイアスの存在を前提とすれば、都市計画、土地利用計画等といった都市内の土地利用に関する直接的規制を用いることの正当性が導かれることを意味している。逆に、認知リスクのバイアスが存在しなければ、効率的な土地利用が市場を介して実現し得る。このことは、認知リスクのバイアスを除去するために、リスクコミュニケーション等を通じてバイアス自体を軽減することの重要性を示唆している。

ただし、この種の議論は必ずしも市場機構を介した調整が自然災害リスクマネジメントとして有効でないということを主張しているわけではない。むしろ、完全ではないにしても、市場機構を通じたリスク管理の可能性を示唆するものである。米国における研究成果からは、立地選択行動が自然災害のリスクの影響を受けているという想定を支持する結果が持たされてきた⁶⁾。わが国においても、最近の地震危険度と地価や家賃の形成に関する実証的な研究⁷⁾⁸⁾によれば、災害リスクの危険度は住宅市場における取引に影響を及ぼしており、市場機構を通じたリスク管理の可能性が支持される可能性が高いことが示されている。

3.3. 被害の集合性・局所性とその帰結

災害の特徴としてももう一つ忘れてはならないのが、被害の集合性である。災害が生じた場合には、多くの人や資産が同時に被災する。しかしながら、必ずしもすべての家計が同時に被災するわけではない。小林・横松(2000)は、災害のこのような性質を集合リスクと個人リスクと呼び、災害が社会全体の損失を決定する過程(集合リスク)とその損失を個人に分配する過程(個人リスク)との2段階のくじとして表現している。大数法則が成り立つような世界では、集合リスクはほとんど消滅している。なぜなら、損失を社会全体でプールすれば、その損失はほぼ定常的となるからである。これに対し、災害の場合には、集合的なリスクこそが問題となる。大規模な災害による被害は稀にしか起こらないが、起こった場合の被害は大きく、単に社会全体でプールすることが不確実性を軽減することにつながらないからである。小林・横松⁹⁾は、この種のリスクのファイナンスの問題に着目し、集合リスクをアロー証券として地域間で取引し、個別リスクを地域内の相互保険(強制保険)によってファイナンスすることが有効であることを示している。

被害が空間的な相関性を持ち、局所的であるということも災害リスクの特徴である。特定の地域にのみ発生し得るリスクは、その移転が困難なリスクであった。これは、リスクをプールしても集合リスクをそれほど大きく

軽減することができないためである。近年のリスクファイナンス技術の進展によって、この問題には一定の解決の可能性が見出されてきた¹⁰⁾¹¹⁾。リスクの証券化等の手段によれば、全くリスクを負っていない主体も投資の機会としてこの種のリスクを負担する可能性が生じてきたからである。しかしながら、このことは全くリスクを負っていない主体にリスクの一部を移転することを意味している。このような移転が実現するためには、リスクを

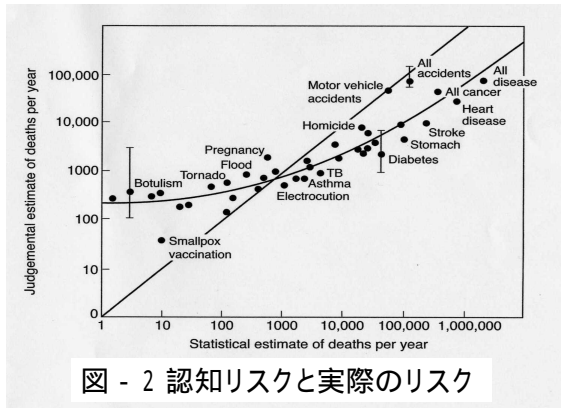


図 - 2 認知リスクと実際リスク

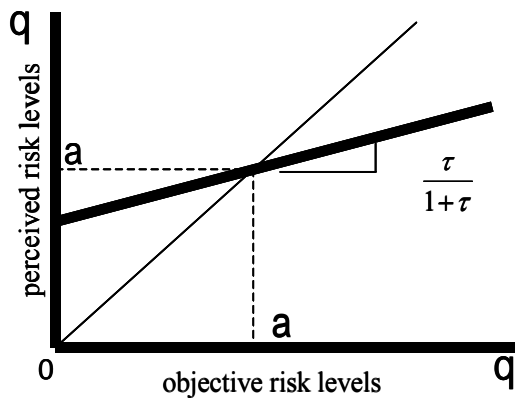


図 3 客観的リスクと認知リスク (Viscusiモデル)

負っている主体は、彼が負うリスクの一部を引き受けてもらうために、その期待値以上のプレミアム(保険料)をリスク引き受ける主体に支払うことが必要となる。このことは、災害のリスクファイナンスでは、支払い保険料が期待保険金額と一致するという給付=反給付原則が成り立たないことを意味している⁹⁾。この場合、災害による損失を完全にカバーするような保険は必ずしも最適でなく、部分的な補償が実施されるような部分カバーの保険が効率的となる。

被害の局所性は、この種のリスクファイナンスに関わる困難性のみを生じさせるものではない。むしろ、地域の社会・経済構造に長期的な影響を介して、災害リスクの軽減方策の効果にもたらし得るのである。たとえば、

都市の形成が集積の経済性と混雑の効果との関係によって定まるという都市経済学的な見地^{例えば、12)13)}に立てば、都市システムにおける均衡は複数の可能な均衡の中から歴史に依存して(経路依存して)定まることになる。この場合、災害に対して脆弱な地域と安全な地域とがあったにせよ、そのいずれかの地域の都市が他の都市よりも人口・産業規模の大きな都市にも成り得ることが示唆される。すなわち、経済システム内でもっとも重要な大都市が災害に対して脆弱な地域に存在するような状況も発生し得るのである。この場合、個々の都市が交易等の経済活動を伴う関係性を有していれば、災害に対して脆弱な都市の安全性を高めることは、他の都市にとっても短期的には便益をもたらす。しかしながら、長期的には、災害に対する安全性の向上が大都市の混雑を助長し、経済システム全体の厚生を低下させる場合が生じる。この効果は、災害に対して脆弱な大都市の安全性が向上することによって生じる他の都市への正の外部効果と混雑の効果とに依存して定まる¹⁴⁾。この結果が意味するところは、被害軽減施策の実施が長期的には正の便益をもたらさない場合が生じ得ることを意味している。この種の問題に対処するためには、単に、被害軽減施策を講じるのではなく、災害に対して脆弱な大都市の混雑を緩和するような小都市における生活環境の整備等を同時に実施するような複合的施策が重要であることを意味している。

また、被害の局所性は災害からの復興経路にも影響を及ぼす。Tatanoら¹⁵⁾は、社会資本を共有する二つの地域(災害脆弱地域と安全な地域)の災害復興過程を内生的経済成長モデルを用いて記述し、災害復旧過程が最適な資本構成比率に資本の構成が収束していく過程であることを示した。その上で、復旧の程度は、被害の局所性、言い換えれば、被災を免れた資本がどれだけ存在するか依存すること、地域間の共通資本である社会資本は、個々の地域の生産資本に比べて相対的に(平常時の最適資本比率を上回る程度の)軽微な被害であっても、優先的な復旧が必要となる場合があること等が示されている。したがって、効率的な経済の復興を図るためには、地域間の連携がきわめて重要となる。

4. 総合的災害リスクマネジメントの必要性

災害リスクマネジメントの手段は、リスクコントロールとリスクファイナンスに分類される¹⁶⁾¹⁷⁾。リスクコントロールは、損失の回避、軽減方策に分類される。たとえば、自然災害の発生の危険の高い場所には立地しないという行動をとるとい個人を選択や、堤防を築いて氾濫を防止すると土地利用の規制をかけて利用そのものを禁止するという政府の選択はこの回避方策に該当

する。被害軽減策はミチゲーション等、災害によって発生する損失の程度を小さくする行為である。一方、災害リスクのファイナンスは、災害後の復興を容易にし、被災後に生じるフローとして生じる被害を軽減するための事前の金銭的な備えである。代表的には、災害に備えて貯蓄したり、基金を積んで置くことなどの行動として現れるリスクの保有と、保険等によるリスクの移転がある。

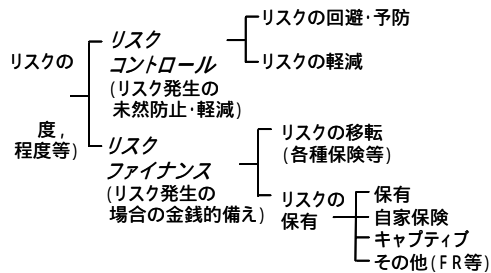


図 - 4 災害リスクマネジメントの手段

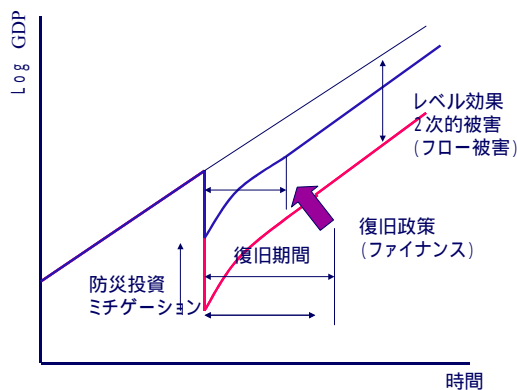


図 5 災害からの復興とリスクマネジメント施策

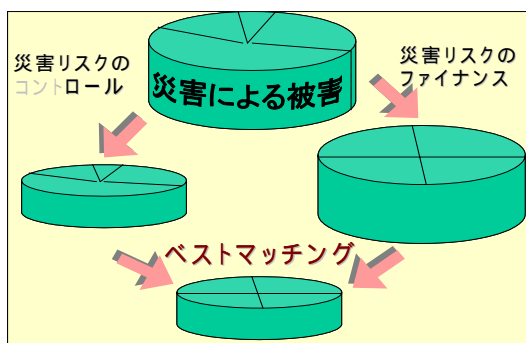


図 6 災害リスクマネジメントにおけるリスクコントロールとリスクファイナンスの相互補完性

図 - 1 のデータにも現れているように、災害で生じた被害のうち、保険でカバーされた金額はわずかなものであり、多くの災害で被災後の再建や復興の過程で新たな金銭的困難が生じていることが読み取れる。災害後の都市や暮らしの再生がスムーズになされるよう事前の仕組み作りが重要なことは明らかである。

さらに 図 - 4 に示すように、このような状況下では、災害による経済の落ち込みを軽減・回避するミチゲーションなどの被害軽減・回避方策と復旧の速度を支配するリスクファイナンス施策とが相互補完的な役割を果たす。さらに、図 - 5 に示すように、災害のリスクを制御すると全体の被害は小さくなるが、被害は一部の人に偏って生じてしまう。災害リスクのファイナンスを講じると、一部の人に生じた被害を多くの人で助け合う仕組みが生まれる。しかし、ファイナンスだけでは被害を小さくすることはできない。このため、災害のリスクマネジメントではこれらの方策のベストマッチングを探し、安全で安心でかつ快適な都市や地域を形作ることを目指すことが重要となる。

このようなリスクマネジメント手段の相互補完性のために、ある手段、たとえば、減災方策を実施することの便益はリスクファイナンスの制度に依存することになる。また、災害リスクが集合性・局所性を有しているという性質のために、災害リスクファイナンスを考える場合に、必ずしも保険数理的に公正な保険料率のフルカバー保険が最適であるとは限らない。このため、災害リスクのファイナンス方策を設計する場合には、カバー率、保険料率とともに同時に設計変数として考慮することが必要となる。このような状況下では、総合的な災害リスクマネジメント施策の設計は困難な問題となる。と言うのは、総合的なマネジメント施策を構成するために考慮すべき、設計変数（ベクトル）の次元が多数に上る可能性が高いからである。

一方、近年のシミュレーション技術の進展は、災害リスクのアセスメントを容易にした。その結果として、ART などのリスク移転手段の利用可能性が保証されているのである。このような状況を背景として、総合的な災害リスクマネジメント施策の設計に際しても、この種のシミュレーションモデルに基づくか、若しくはそれと同等の正確さを持つ手法に基づいたリスク評価が必要であり、設計は面への適用が求められるようになってきた。

このような要請にこたえるひとつの方法として、シミュレーションモデルを直接数理計画モデルに組み込んだ総合的な災害リスクマネジメント施策の設計モデルの構築が進められてきている。たとえば、Ermoliev ら¹⁸⁾は確率垂勾配法をもちいてこの種の問題を克服する可能性を示している。わが国においても、ハイブリッド型モデルと呼ばれるモデルの適応が治水施設整備計画（たとえば、吉川ら¹⁹⁾、立地均衡モデルとの結合を試みた高木らの研

究²⁰⁾などの事例があったが、リスクファイナンスを含む総合的評価の事例^{(例えば²¹⁾・²³⁾}はまだそれほど多くない。しかしながら、これらの研究によって、総合的なリスクマネジメント施策の設計・評価の実用的な方法が現実的に利用可能となればその有用性は論を待たないであろう。総合的な災害リスクマネジメントを推進していくためには、この種のモデル論的かつ方法論的な研究の推進が求められているのである。

5. おわりに：パブリック・リスクマネジメントに向けて

本稿では、近年の自然災害の発生状況を概観したのちに、その対処方法として特に人間の行動の中心に据えたるリスクマネジメントの重要性を指摘した。その上で、災害のリスクの特徴である集合性・巨大性・希少性についてふれ、これらの性質がいかなるマネジメントの必要性をもたらすのかを明らかにした。さらに、カタストロフィクなリスクに対する総合的なリスクマネジメント手法の確立を目指して、リスク・コントロール技術とリスク・ファイナンス技術とを有機的に組み合わせて有効な被害軽減戦略を構築するために今後いかなる研究が必要とされているのかを概観した。

わが国はきわめて多様な自然災害のリスクに直面しているユニーク国であり、災害と長い歴史を通じて対峙してきた。その一方で、リスクマネジメントはわが国に導入された日も浅く、また、企業を対象としたマネジメントを主体として発展してきた分野であるだけに、災害に関する国や地域等、公共的な意思決定、あるいは、そのプロセスの管理のための装置として熟成させるまでには、いたっていないのが現状である。

3.2で議論したように、我々の災害リスクの認知は完全ではない。さらにそれに加えて、認知上の問題として、知識の不完全性をあげる必要がある。地震をはじめとして、その発生メカニズムやその発生確率等に関してわれわれは完全な知識を有しているわけではない。これには、災害が稀有な事象であるという性質が深く関わっている。また、これに情報の非対称性が係わり、自助的な減災行動やリスク移転に関する意思決定を行う家計や企業が、彼らの行動とその結果に関する対応関係を把握していると想定することは困難である。このような状況の下では、完全な知識を前提とした議論は限定的な有効性しかもち得ない。むしろ、意思決定に関わる個々の主体がより望ましい決定であると納得できるような意思決定を支援し、かつ、将来に向かってより望ましい決定が可能となるような意思決定プロセスの設計が重要であろう。

このためには、リスクコミュニケーションを介した認

知バイアスの軽減と、モデルをベースにした共通理解の形成を進め、主体間・地域間の協調を達成することが重要である。このような考え方に基づく地域マネジメントの方法として適応的マネジメント^{(例えば²⁴⁾}という考え方がある。適応的マネジメントは、生態学的な文脈の中で発展してきた方法であり、知識の完全性を前提としないアプローチである。そこでは、モデルやそれに基づく政策はあくまで仮説として捕らえられる。これらの仮説が定まると、その政策の実施によって得られた結果を用いて、これらの仮説の検証が行われる。仮に仮説が正しくない状況が生じれば、モデルと同時に政策を見直し、新たな施策が実施される。このような循環的なマネジメントを継続することによって、適応的に知識が獲得され、より望ましい政策が実施されることとなるのである。参加型マネジメントとして適応的マネジメントを見れば、これはモデルを介した相互学習過程を構成しているものとみなすことができる。参加型の災害リスクマネジメントを知識の不完全性を前提として考えるとき、適応的マネジメントはひとつの道しるべともなりうる可能性を秘めているということができよう。

一方、構造物の設計の分野でも、性能設計という形で、ユーザーの意向が設計に反映される仕組みが整いつつある。一つの代替案を設計する際に、ユーザーの意向を汲み取る方法として、性能の規定、言い換えれば、評価指標の選定とその許容水準の設定は少なくとも、災害リスクマネジメント施策の設計に際して取り入れられるべきであろう。このためには、評価指標やその許容水準を柔軟に変化させて、代替案を設計し得るモデルの構築が必要であろう。

図9は、このようなプロセスモデルの一例である。従来のリスクマネジメントプロセスに比べて、文脈・問題領域の設定が加えられており、その中で施策実施後の

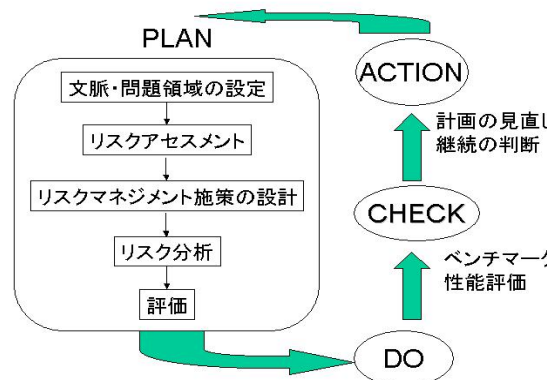


図 9 パブリックリスクマネジメントの適応的プロセス

チェックの方法, その際の指標等をも含めた合意の形成が求められる点の特徴である。もちろん、ここで示したアプローチ以外にもおそらく多様な方法がありうるであろう。これらはやはり実践を通じて評価され改善される必要がある。

以上、示してきたように災害リスクマネジメントは、未だ発展途上の学問であり、その課題は、理論面、実証面、さらには、実践を通じた経験知の獲得と今後取り組んでいくべき課題は多い。これらの課題を一つ一つ解決し、実践にたたる体系の構築が今後望まれる。

参考文献

- 1) Munich Re (2003), *Annual Review: Natural Catastrophes 2002*, http://www.munichre.com/pdf/topics_2002_e.pdf
- 2) Fischhoff, B., S. Lichtenstein, P. Slovic, S.L., Derby and R. Kneeny(1981), *Acceptable Risk*, Cambridge; Cambridge University Press.
- 3) Viscussi, K.W.(1990), Sources of Inconsistency in Social Responses to Health Risks, *American Economic Review* 80(2), pp. 527-554.
- 4) Viscussi, K.W.(1998), *Rational Risk Policy*, Oxford University Press.
- 5) 山口健太郎・多々納裕一・岡田憲夫(2000): リスク認知のバイアスが災害危険度情報の提供効果に与える影響に関する分析, 土木計画学研究・論文集 No.17, pp.327-336.
- 6) Berkoph, R., L., Brookshire, S., McKee and M.L.Soller, (1997), Estimating the Social Value of Geologic Map Information: A Regulatory Application, *Journal of Environmental Economics and Management*, 32, pp.204-218.
- 7) 山鹿久木 中川雅之 齊藤 誠(2002): 地震危険度と地価形成: 東京都の事例, 応用地域学研究, No.7, pp.51-62.
- 8) 山鹿久木 中川雅之 齊藤 誠(2002): 地震危険度と家賃—耐震対策のための政策的インプリケーション, 日本経済研究 No.46, pp.1-21.
- 9) 小林潔司, 横松宗太 (2000b): カタストロフ・リスクと防災投資の経済評価, 土木学会論文集, 639/IV-46, pp.39-52.
- 10) Kunreuther, H. et al. (1978), *Disaster Insurance Protection: Public Policy Lessons*, John Wiley.
- 11) Lewis, C. M. and Murdock, K. C. (1999), Alternative Means of Redistributing Catastrophic Risk in a National Risk-Management System, in: Froot, K. A. (ed.): *The Financing of Catastrophe Risk*, The University of Chicago Press, 1999.
- 12) Fujita, M.(1989), *Urban Economic Theory*, Cambridge; Cambridge University Press.
- 13) Fujita, M., P. R. Krugman, and A. J. Venables (1999): *The Spatial Economy*. MIT Press, Cambridge, MA.
- 14) 庄司靖章・多々納裕一・岡田憲夫(2001): 2地域一般均衡モデルを用いた防災投資の地域的波及構造に関する分析, 土木計画学研究・論文集 No.18, 287-296
- 15) Tatano, H., T., Honma and N., Okada (2003), Economic Restoration Path after a Large Catastrophic Event: Heterogeneous Damages and their Effects on Economic Growth, *Proceedings of The 2003 Joint Seminar and Stakeholders Symposium on Urban Disaster Management and Implementation*, CBTDC, Beijing, China, pp. 209-214.
- 16) 亀井利明(1992), リスクマネジメント理論, 中央経済社.
- 17) 山口光恒(1998), 現代のリスクと保険, 岩波書店.
- 18) 高木朗義, 上田孝行, 森杉壽芳, 西川幸雄, 佐藤尚(1996): 立地均衡モデルを用いた治水投資の便益評価手法に関する研究, 土木計画学研究・論文集 No.13, pp.339-348.
- 19) Ermoliev, Y., T.Y., Ermolieva, G.J., MacDonald and V.I. Norkin, (2000), Insurability of Catastrophic Risks: The Stochastic Optimization Model, *Optimization*, Volume 47, pp.251-265.
- 20) 吉川和広・春名攻・多々納裕一(1985): 都市化流域における治水施設整備問題のモデル分析, 土木計画学研究・論文集, No.2, pp.189-196
- 21) グエン フク デイン・多々納 裕一・岡田 憲夫(2002): 存続可能性を制約条件とした自然災害保険システムの設計方法に関する研究, 土木計画学研究・講演集, No. 26, CD-Rom
- 22) 小林潔司, 横松宗太(2000): 治水経済評価のフロンティア: 期待被害額パラダイムを越えて, 河川技術に関する論文集, 第6巻, pp.237-242.
- 23) 小林潔司, 横松宗太, 織田澤利守(2001): サンクコストと治水経済評価: リアルオプションアプローチ, 河川技術に関する論文集, 第7巻, pp.417-422.
- 24) Sendzimir, J., Light, S., Szymanowska, K. (1999): 'Adaptively understanding and managing for floods.' *Environments*, Vol. 27, No.1, pp. 115-136.

MAJOUR CHARACTERISTICS OF DISASTER RISK AND ITS MANAGEMENT STRATEGIES

Hiorokazu TATANO¹

¹Ph.D. (Engineering) , Associate Professor, Kyoto University, Disaster Prevention Research Institute
(E-mail:tatano@imdr.dpri.kyoto-u.ac.jp)

Human activities play an important role on the process in which a natural phenomenon, such as an earthquake and a flood, is become to a “disaster” which causes losses and damages in the society. The paper focuses on the relationships between disaster risks and human activities in order to investigate the characteristics of the disaster risk and effective way of its risk management. “Low-frequency” is focused as the first characteristic of the disaster risk. It is pointed out that this feature of the risk brings about biases of risk/vulnerability perception and that land-use regulation is necessary in order to achieve efficient land-use patterns and/or risk communication is required to reduce such perception biases. “Collectiveness of the risk” is highlighted as the second characteristic. A catastrophic event brings about spatially correlated distribution of (direct) losses in the society. Namely, its loss distribution is locally concentrated but it has spillover effect over space and time. The paper investigates implication of this feature by referring the past studies and point out the importance of collaborative actions between regions. Finally, the paper proposes a new public risk management framework to implement effective risk management strategies in the society.

Key Words: *disaster risk management, low-frequent and high-impact event, collective risk, local risk, simulation based mathematical programming*