R

災害とリスクを結びつける研究アプローチ

［土木学会・土構造物および基礎委員会編「土と防災 ――自然と防災」土木学会、pp. 61–78、1985 年］

災害のリスク分析的見方

1　リスク管理の歴史

リスク管理の考え方はもともと経営学や保険管理論の分野で生まれ、発達をみたものである。これには主として二つの流れがあるといわれている[1)]。一つは、ドイツ経営学の一部門として第一次大戦以降発達をみたRisikopolitikであり、もう一つは、やはり同時期を契機として米国で生まれ、以降、この国特有のマネジメントに対する徹底した合理主義に支えられてめざましい成長を遂げたrisk managementである。ドイツの場合には第一次大戦後の悪性インフレ下における企業側の防衛のための経営政策を検討する目的でこの種の学問が生まれることになった。他方、米国の場合には、デフレ下における経営合理化の一つとしての費用管理、すなわち投下資本保護のための保険料支出の合理的節減が動機となってrisk managementが登場することになった。以降これら二つの流れは、それぞれ固有の展開をみせるが、第二次大戦以降、特に米国では単なる保険の対象となりうる（付保可能な）危険のみではなく、企業危険全般に対するマネジメント論に脱皮するに及んで、リスク管理の研究部門はこのアメリカ流のrisk managementに席捲されることになる。

また第二次大戦以降は、システム工学や信頼性理論などの工学の分野においても、システムの信頼性や保全性を数理科学的に解析し、これらの性能を最大限に達成しうるようなシステムの設計方法を見い出すための方法論がめざましい勢いで発達してきた。それとともに、これらの工学的アプローチを旧来の社会科学的リスクマネジメント論に組み入れようとする試みがいろいろな分野で注目すべき成果をあげつつある。このようにしてリスク管理は旧来の経営学の一部門から、最近では、危険の発生とそれを防ぐための合理的な対応策の検討を目的とした総合的な応用分野に生まれ変わりつつある。この場合、リスク管理のための科学的方法論を開発していくことが不可欠となるが、これを総称してリスク分析（手法）と呼んでいる。

2　リスクに関する諸概念の整理

私達は日常、「危険」や「リスク」という言葉を何気なく用いているが、伝統的な保険管理論としてのリスク管理では、ともすれば混同しがちな「リスク」に類似する諸概念を峻別している。すなわち、まず、「危険」と「損害」ならびに「リスク」を次のように区別する[1),2)]。

「危険」が生じると、それへの「対応」の仕方次第で何らかの「損害」が生じうるが、この「損害」の生じる「確率」を「リスク」（risk）と定義するのである。ここで、リスクが確率概念と結びつけられている点に留意する必要がある。それは、損害が現実に生起した状態ではリスクの存在を論じるのは意味がなく、あくまで損害の発生はまだ起こっていない状態（未然）で、その偶発的な発生の可能性が検討の対象となることを意味している。一方、厳密には「危険」も「危険事象」（peril）と「危険事情」（hazard）とに区別される。前者

は、火災、爆発、衝突、死亡などの偶発的な災害や事件（事故）それ自体を指す（なお、これに不可測性、突発性、異常性、巨大性、持続性などのアクセントがつくと、contingency、accident、crisis などの用語が用いられる）。また後者は、危険事象の発生する環境条件・要因全般を意味している。たとえば火災という事故の場合、建物の構造、用途、立地、気象条件、所有者の注意能力などがこれに該当する。

さて、危険の生起に伴って生じうる損害の発生を防止するために採るべき各種の対応も広義にはすべて危険事情に含まれるが、ここでは危険事情は、直接の検討の対象となっている各種の対応を除外したものと考えることにする。以上のことをシステム論的に整理し直したのが、図-1 の模式図である。ここでは危険事象に対する「対応」を「行動（代替案）」（action）として位置づけるとともに、その行動の担い手となる「主体」（agent）を「行動主体」（action-taking agent）と称している。さらに危険事情や行動の結果として、危険事象が生起し、またその結果として生じる損害の程度もまた危険事象、危険事情ならびに行動に依存しているといえる。またその損害の生じる「確率」としてとらえたリスクもまたこれら三種の要因に依存していることが分かる。なお、損害を蒙むる客体を「被害客体」（loss-suffering agent）と称する。一般に、被害客体は必ずしも行動主体と同一とは限らない点に注意する必要がある。「主体」や「客体」の概念は従来のリスク管理やリスク分析では必ずしも明確に導入されているとは言いがたい。しかし後述するように、防災問題などを計画論的立場から検討していく場合には、この概念の明示化は不可欠であることを明記しておきたい。

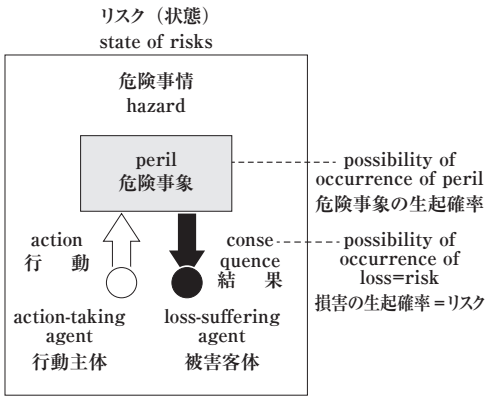


図-1　リスク関連諸概念の関係

3　リスク分類

2 で説明したように、「リスク」は厳密には「損害の生じる確率」と定義される。実際には、この言葉はもう少し広い意味あいを持った概念として使われることが多い。すなわち、「リスク」概念は、損害の生じる可能性がある状態を指していると考えられるが、その可能性（確率）こそが危険事象（あるいは危険事情）に対して採られる行動（対応）に間接的に依存している点に留意したい。ともかく、このような意味で用いられるリスク概念に対して、これまでに種々の分類が試みられてきている。以下、いくつかの代表的な分類法について紹介する。

a)　純粋リスク（pure risk）と投機リスク（speculative risk）

一般に純粋リスクとは、損失のチャンスだけあって利得のチャンスのないものをいう。後述するように、災害（あるいは厳密には防災[注1]）に関するリスクは概ねこの範ちゅうに入ると考えられる。すなわち、火災、爆発、労働災害、地震、台風などにともなって発生するリスクが該当しよう。さらに、盗難や強盗あるいは詐欺などの事件（災難[注2]）に遭遇するリスクもまたこの範ちゅうに属する。

これに対して投機リスクは、損失のチャンスと利得のチャンスが共存する場合を言う。たとえば、新製品の開発、事業転換、為替、設備投資等にともなって生じるリスクがこの部類に入る。ふつう、災害などは、うまく防ぎえてもともと、すなわち利得が 0 で、逆にうまく行かなければ致命的・甚大な損害を招きうるものであるから、投機リスクではなく、純粋リスクとみなすのが妥当である。ただしこの分類もあくまで便宜的なものであり、厳密にはごく特殊なケースとして、反対の範ちゅうに入れた方が妥当な場合も考えられないことはない。特に、盗難などの災難の場合、盗難対策としての保険にともなう支出を敢て採らな

表-1　環境別リスクの分類

系統別リスク区分	具体例
自然系リスク	地震、津波、雷、台風、異常気象、竜巻、豪雨、豪雪、なだれ、火山爆発、山火事、害虫異常発生、……
人間系リスク	盗難、侵入、デマ、パニック、スキャンダル、殺人、ガン、心臓病、狡猾人間、気くばり欠陥、……
人工系リスク	火事、爆発、自動車事故、海運事故、公害、飛行機事故、労働災害、製品欠陥、コンピュータ犯罪、……

出典：徳谷昌勇『リスクマネジャー ――攻めの経営学』東洋経済新報社、p. 46

かったときには、仮にそのような事態が起こらなければ保険料分だけの利得を得たのと同じことであるから、投機リスクとみなした方が適当であろう。このように投機リスクは保険論的な取り扱いになじみやすいという特徴を有している。

しかし、数学的に考えれば利得があるかないか、あるいは利得があるかそれとも損失があるかは、結局、利得（pay-off）が正か零か、正か負かという違いにしかすぎず、数学的構造上はまったく同一のものと考えてよい。

b）自然系リスク、人間系リスク、人工系リスク

徳谷[3)]は特に純粋リスクの発生源[注3)]に着目し、自然系リスク、人間系リスクならびに人工系リスクという興味ある分類法を提案している。以下、この点について徳谷[3)]の説明を引用する。

> 自然系リスクは、大気圏、生物圏および地圏から発生するリスクで、事前コントロールがむずかしいものである。したがって、自然系リスクの発生そのものを回避するというよりも、発生後の対策を事前に（以上、傍点筆者）検討しておき、災害に備えておくということになる。この自然系リスクは、人間の生命を維持・存続させるための基盤ともなりうるものであり、そこから発生するリスクは、無差別、広域にわたる損失をもたらす。
>
> 人間系リスクは、有機体としての人間そのものから発生するリスクであり、これは事前対策である程度リスクの発生防止をすることができる。しかしデマやパニックはもっとも制御しがたく、始末のわるい代物である（傍点筆者）。
>
> 人工系リスクは、主として人間によってつくりだされたモノや機械に関連して発生するリスクである。ほとんどのリスクは、このカテゴリーに入る。人工系リスクは、自然的・偶発的要因によって発生するのではなく、むしろ操作ミスによって発生するケースが多い。この意味では、このリスクも事前に対策をすれば制御できるものである（以上、傍点筆者）。

以上のような考え方で徳谷は表-1のような環境別リスクの分類を掲げている。これによれば、いわゆる自然災害は自然系にその発生原因が認められるという意味で自然系リスクに、また人災は人工系にその発生原因が認められるという意味で人工系リスクに相当するといえよう。これに対して、盗難、侵入、デマ等の事件や病気などの災難や社会生活上の失敗ならびに紛争に遭遇するリスクは、災害に係わるリスクとはみなしにくいといえる。この意味でこれを自然系リスクや人工系リスクと区別して人間系リスクと呼ぶことは、災害（防災）をリスク分析の対象とする場合には有効な視点となる。

c）制御可能リスク（controllable risk）と制御不能リスク（uncontrollable risk）

上記の傍点箇所からも暗示されるように、リスクは大まかに分けて制御可能かそれとも制御不能かのいずれかと考えられる。このことはリスク管理を経営分析的・計画論的視点から検討しようとする場合にきわめて重要である。一般に、制御不能なリスクのみが対象であれば、結果的に何らの実行可能な対応をも採ることができないことになり、そのままではこれ以上検討しても無意味である。なおこの制御可能性を論じる上で、前述した「行動主体」の規定が鍵となることが多い。たとえば、旅客機に搭乗した乗客（行動主体）が飛

行機の墜落事故を自身の手によって防ぐ（制御する）ことは、搭乗すべき飛行機が決められていれば不可能であるが、もしその飛行機が選択できるものであれば（いかなる飛行機にも乗らないという選択も含めて）間接的に可能になる。一方、パイロット（行動主体）にとっては、飛行機の墜落事故にともなうリスクは、仮に搭乗すべき飛行機が決められたとしても、その操縦方式や技術次第でかなりの程度まで制御可能であろう。

制御可能性はこのように行動主体の規定の仕方によって変化しうるが、それと同時に物理的、技術的あるいは経済的な諸条件でも規定されうる。たとえば、人工系リスクはこれらの条件整備次第では制御が比較的容易であるが、逆に自然系リスクの場合にはかなり制御が困難である。ただしここでいう制御可能性は直接的な制御すなわち発生源（危険事象の生起）の制御を想定している。これに対して、発生源以外（危険事情の状態）を対象とした間接的な制御を考えるならば、自然系リスクの制御可能性もかなり高くなることに注意する必要がある。すなわち、地震の発生に備えて耐震構造のビルを建てるとか、警報情報システムを整備して避難を速やかに実行しうるようにするかという制御手段（行動＝対応）は間接的な制御方式であるといえる。

d）人的リスク（personal risk）、物的リスク（property risk）、責任リスク（liability risk）

この分類はc）の分類と類似しているが、責任リスクを敢て設けているところに特色がある。すなわちBickelhaupt[1),4)]によれば、リスクは①risks involving the person（人が係わるリスク）、② risks involving loss or damage to property（物的損傷に係わるリスク）、ならびに③ risks involving liability for the injury to the person or property of others（人身事故や物的損傷に対する責任に係わるリスク）に区別されるという。防災業務に携わっている者からみればこの責任リスクは大変関心のあるところであろうし、災害に係わる訴訟事件の多くは事実この管理責任をめぐって争われる。またこの分類は見方によれば、損害を蒙むる側（被害客体）のタイプ分けに基づいているとも考えられる。すなわち、人的リスクと責任リスクはいずれも被害客体が人間であるが、前者は人身事故や疾病などの当事者であるのに対して、後者はそれに対する管理責任が問われる管理主体であって、普通はリスクの行動主体と一致することが多い。このことは換言すれば、リスクの行動主体とリスクの被害客体とが多くの防災業務では一致しないのが普通であることを意味しており、そのギャップがしばしば住民側からの行政訴訟という形になって現われるもととなっている。一方、物的リスクは機械や施設その他の資産の壊滅・破損に係わるものであるから、直接的な被害客体は物体であるといえる。大地震や洪水などの災害は普通、以上三つの種類のリスクをすべてともなう場合が多い点に特色があるといえよう。

なお制御可能性については、危険事象や危険事情に対してそれらが生起するよりも以前に対応する方法（事前対応）とそれが生起した後に対応する方法（事後対応）を考えることができる。[注4)] 地震や豪雨の発生に備えて事前に耐火構造の建物や堤防を築いておくことは事前対応である。これに対して、地震や豪雨の発生の後に、警報情報システムを駆使して住民の避難を迅速に行い、結果的に人命の損失を回避することは事後対応である。Hedges[5)]の言葉を借りれば、事前対応はpreloss control、事後対応はpostloss controlと呼ぶことができる。[注5)]

e）what risk、how risk、if risk、when risk、which risk

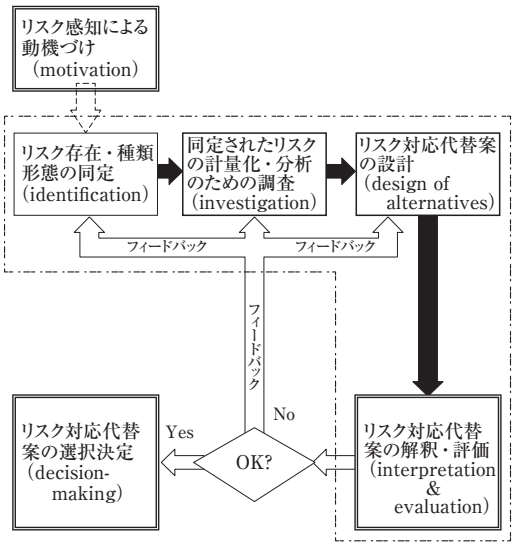
リスクがそもそもどのような内容のものか、すなわちリスクの種類・性質・特性などを特定したい場合には、この種のリスクをwhat riskという。ついで特定されたリスクがどのようなメカニズムで生起するかを問題にする場合はhow riskという。また、このようにして明らかになったリスクが、ある行動に対して生起するのか否かを問題にする場合をif risk、生起するとすればそれはいつなのかを問題にする場合をwhen riskという。さらにこのような知見に基づいてどのリスク（に対する行動）を選択すべきかを検討する場合をwhich riskという。

実はこのようなリスク分類が、システム分析でいう問題の明確化（problem identification）

→調査(investigation)→分析(analysis)→代替案の設計(design of altenatives:)→解釈・評価(interpretation & evaluation)のプロセスに対応づけられることが分かる。すなわち。what risk は問題の明確化のプロセスレベルに、how risk は調査（データ収集・基礎的統計解析）ならびに分析（メカニズムをシミュレートするためのモデルの構築）のプロセスレベルにそれぞれ相当している。また if risk や when risk は分析や代替案の設計のプロセスレベルに対応する。which risk は代替案の設計や解釈・評価のプロセスレベルに対応していると考えられる。このようなシステム分析のプロセスに対応づける形でリスク分析のプロセスを表したものが図-2 である。

f)　経験リスク、想定リスク

徳谷[3]はリスクを経験リスクと想定リスクに分ける考え方を提案している。「経験リスクとは、過去に一度人間社会でリスクが実現し、すでに経験ずみのものをいう。」たとえば、工場火災、ホテル火災などの各種の火災や特定の河川（の特定の地点における）洪水、特定の地域の渇水などの各種の災害はこの範ちゅうに属すると考えてよい。「これに対して想定リスクとは、人間の頭のなかで考えられるリスクで実際には近年に経験していないものをいう。これは人間の予想をはるかに超えたリスクとなって現われるケースが多い。」たとえば、未曽有の規模の地震が発生するケースやそれによって原子力発電所が爆発し、放射能が飛散して地域住民が死滅するケース等々の災害がこの範ちゅうに入る。



（注）「 」で囲んだ部分のプロセスは科学化の対象となる範囲を意味する。

図-2　リスク分析のプロセス

以上の区別は、見方によってはリスクという不確実性事象についての情報量の多少と関係しているともいえる。一般に、情報量がまったくない状態を「完全不確実性」、多少とも情報量がある状態を「比較的不確実性」、さらに全部情報量が存在する場合を「完全確実性」という。従って、想定リスクは完全不確実性またはそれに近い程度の比較的不確実性の場合に相当している。一方、経験リスクは比較的不確実性の場合に相当する（完全確実性は現実にはありえない）。

制御可能性からみれば、経験リスクはその程度が高く、逆に想定リスクは低いことが分かる。これは上述したように情報量の多少と関係があり、この意味で情報（量）はリスクの制御可能性を左右する鍵を握っているともいえよう。

4　リスク対応代替案

古来より人間は生活の知恵としてリスクに対応するためのいくつかの基本的パターンを見い出してきた。リスク管理の分野ではこれらを表-2 のように類型化している。以下このことを洪水対策の視点から説明する。

リスク回避（risk avoidance）はリスクを回避する上で最も単純な手段であるといえる。たとえば洪水の起こる可能性のある場所には住まないようにしたり、氾らん域の土地利用規制やリスクマップの公開などがこれに該当する。亀井[1]は主として企業リスク管理の視点からこの種のリスクに言及して、「危険[注6]の回避は危険を伴う活動からの逃亡であり、便益や利益の放棄であるから、きわめて消極的な危険処理手段である。この方法を用いるとその危険を避けることはできるが、なんらかの代替行為をとらねばならないために、別種の危険をかかえこむことになる点に問題がある。」と述べている。ただしこの方法は、「何もしない

表-2　リスク対応手段（リスク制御）の分類（洪水の場合）

リスク対応手段	洪水にともなうリスクの場合の具体例
回避（avoidance）	住民の強制立ち退き、リスクマップの公布、土地利用規制等
除去（elimination）	
防止（preclusion）	
予防（prevention）	治水施設の建設（ダム、遊水池、堤防等）の建設、洪水情報・通信システムの整備、洪水の予報の精度向上、水防訓練等
分散（dispersion）	ため池や地下貯留施設の併用、流域住民の一定地域集中の規制等
結合（combination）	広域水管理
制限（regulation）	リスクマップの公布、土地利用規制等

で手をこまねいている」のとは異なって一つの有効な対応策であり、特に災害にともなうリスクの処理の方策のうち、施設整備によらないソフト（non-structural）な手段として最近その効果が見直されつつあるといえる。

リスク除去（risk elimination）はリスクを消極的に予防し、軽減し、場合によってはその発生源を取り除いてしまうことも含めた対応のことをいう。この方法には、リスクの防止（preclusion）、分散（dispersion）、結合（combination）および制限(regulation）がある。このうちリスクの防止はさらに、リスクの頻度を減少させる予防（prevention）という手段と、（危険事象が生起した事後の）損害の規模を減少させる軽減（reduction）という手段に分かれる。表-2には洪水にともなうリスクを取り上げて、それぞれの範ちゅうに属すると考えられる具体例を列挙してあるので参照されたい。

以上がリスク対応手段の主なものの分類法であるが、保険理論ではこの種のリスク対応策を一括してリスクコントロール（risk control）と称するとともに、これとは異なるもう一つの範ちゅうの手段としてリスクファイナンシング（risk financing）を考える。そしてこのリスクファイナンシングをさらにリスクの保有（risk retention）とリスクの転嫁（risk transfer）に細分する。前者は、災害などのための準備金、引当金あるいは自家保険等の手段を指している。後者は、保険や共済、基金などに加入することによって、財務的な損害の負担を第三者に転換する手段を指している。

5　災害とリスク分析

既にこれまでの議論からでもリスク分析と災害対策（防災）との係わりが明らかであろうが、ここでもう一度、リスク分析の対象としてみた災害対策の特殊性について整理しておく。

まず、「災害」と聞いて誰しもがまっ先に思い浮かべるのが、地震や台風、洪水などの天変地異のことであろう。しかしながらリスク分析の視点から見れば、これらの天変地異そのものが災害であるとは必ずしもいえないことになる。つまり、これらの自然の異変は危険事象であるが、それが生起すること即災害（損害）の生起であるとは限らないということである。たとえば洪水（対策）にともなうリスクについて考えてみよう。この場合まず、「洪水」という言葉の使われ方のあいまいさを再検討しておく必要がある。すなわち、河道（堤外地）内で流れる異常な高水（洪水）流量の発生と、それが破堤や越流にともなって堤内地に流出し、そこにある資産や住民の生命を傷つけたり奪ったりする事態（洪水）の発生とは区別されねばならない。前者の意味の洪水は後者の意味の洪水が引き起こされるきっかけともなりうる潜在的な危険状態を意味しているが、損害が顕在化した状態と必ずしも同一ではない。そして前者の意味の洪水が後者の意味の洪水になるかならないかは、それを取りまく種々の環境条件（危険事情）と対応（行動＝防災）にかかっているといえる。なおここで問題にしているようなリスクは、自然系リスクであり、人的かつ物的リスクであるといえる。

「災害」で次に思い浮かぶのは、ガス爆発事故、大火、公害、労務災害等である。これらは人間の不注意や不適切な対応が原因で起こるものである。従ってこのようなリスクは人工系リスクに属すると考えられる。この場合注意したいのは、ガス爆発事故、大火、公害、労務災害などはいずれもガス漏れ、火の不始末、廃液のたれ流し、機械の誤操作などの危険事象が発生した結果として生じた損害（人命や資産の損傷すなわち人的・物的リスク）を指した言い方になっているという点である。この点で、（損害が起こる前の）危険事象の発生をも意味しうる自然系リスクの呼び方と興味ある対照をなしている。

このことは私達の頭の中で無意識のうちに次のような認識があるからではなかろうか。すなわち、地震や洪水（厳密にはそのもととなる豪雨の発生）には人間の力では制御しがたいところがあり、それが生起すれば、その当然の結果として人的・物的損害がともなうと考えられることや、これらの損害の規模が大で種類も複雑であるため、これを一言で指し示す言葉が見い出しにくいことなどである。ともあれここで留意しておきたいことは、これら災害の因と果、さらにはその環境条件を一般の人々はともすれば混同しがちであり、これがその因果関係を科学的に解明していく上で障害となりうること、また、この意味でリスク管理やリスク分析の見方は一つの有効な手助けとなるという点である。

以上の議論に関連して付記しておきたいことは、天災と人災の区別についてである。感覚的・常識的には、上述の地震や洪水などの自然系リスクが天災、また、ガス爆発事故や大火などが人災ということになろう。そしてその前提には、そもそもの元凶である危険事象の発生が天（＝自然）に原因があるのか人にあるのかという判断があろう。また原因が自然の場合は、どちらかといえば不可抗力（制御不可能）なのに対して、それが人にある場合は、防ぎえる（制御可能な）ものという認識があるように思われる。制御可能であるとすれは、それを講じうる行動主体の責任が被害客体から問われることになる。

しかしながら厳密に考えると、完全な天災や人災は必ずしも多くないことが分かる。たとえば、

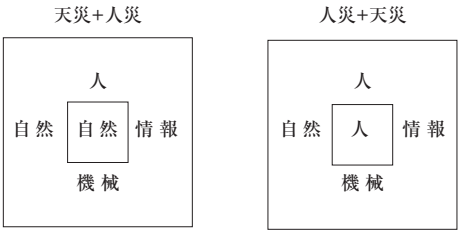


図-3　天災と人災のリスク概念整理

地震の被害の増幅に直接あるいは間接に係わったと考えられる対応＝行動や危険事情の多くには人間自身が関与しているとみなされる。また火災の被害の増幅には風や湿度などの自然条件が与かることがしばしばある。なお、自然系リスクであれ、人間系リスクであれ、災害の発生の規模と頻度に大きく関係していると考えられる要因に情報の質や量がある。また機械や施設なども災害の発生と強く結びついている。情報も機械・施設もつまるところ人間が作り、操っているものであるが、それ自体で人間とは性格の異なる役割を演じるものなので、区別しておくことにする。

以上のことをまとめて模式化したのか図-3である。図中、二重の枠のうち内側が危険事象を、また外側が危険事情や行動を表している。またこの図は、天災は何らかの人災をともなったもの、人災は何らかの天災をともなったものであること、また、災害の発生とそれを防ごうとする仕組み（防災）は、自然・人間・機械・情報系のメカニズムであるとみなすべきであることを示している。

6　システムとしての防災

上で説明したことから、防災という仕組みは自然、人間、機械および情報をサブシステムとしたシステムと考えることができることが分かる。このことを補足する意味で次のようなことを考えてみよう。そのため、上でも取り上げたガス爆発事故と洪水の例をもう少し詳しく検討しよう。

ガス爆発事故による人命や物品の損傷（損害＝結果）はガス漏れという危険事象（＝原因）に遡ることができることは前述したとおりであるが、

よく考えてみると、原因はけっしてこれだけではないことが分かる。たとえば、ガス漏れだけではガス爆発は起こりえず、それに何らかの点火が伴なわなければならないであろう。またこのような点火（たとえば、誤まってマッチをすること）が起きるに当たっては、ガス漏れの状態が察知されなかったという事実があり、これはさらに、ガスが無臭であったことや、ガス漏れ探知器が作動しなかったことなどに遡ることができよう。さらにこの探知器が作動しなかったことは、その設置の位置が不適当であったことや、探知器の故障、探知器の性能不良あるいはスイッチがわざわざ切ってあったことなどの事実にまでたどりつくことができよう。一方、ガス漏れの方は、たとえば、栓のしめ忘れや配管布設ミス、配管材料不良などに遡ることができるし、必要に応じてこれをさらに掘り下げていくことができる。このようにして順々に枝わかれの形で因果関係をたどった図が図-4に示されている。つまり、これまで一枚岩とみなしてきた危険事象が実は、何段階もの枝わかれの形で表される階層構造（hierarchy）を示すことが明らかになった。

同様のことを洪水について検討したものが図-5である。また図-6は、図-5で結果（損害）とみなしていた浸水が、他の事象と組み合わされることによって危険事象や危険事情となり、最終的に人命損失という結果（損害）を引き起すことにまで昇りつめて考えていくことができることを例示している。このように防災という仕組みは階層構造を持っているが、これこそ正にシステムとしての大きな特徴なのである。またこのような階層構造の頂上（top）に何を設定し、逆に底面（base）に何と何を配するかはかなりの程度まで相対的かつ主観的な問題であり、防災システムをどのように設計すべきかという目的に多分に依存している点を指摘しておきたい。

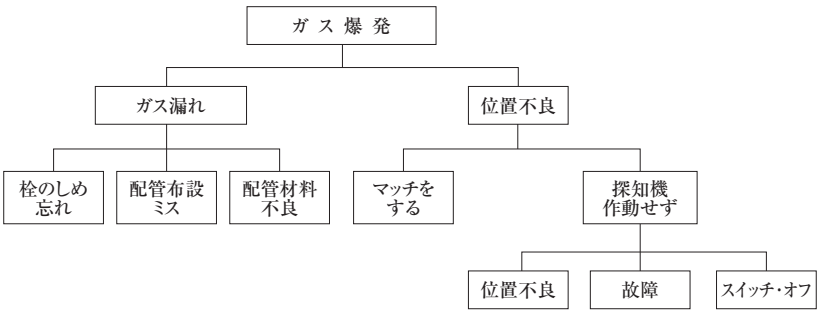


図-4　ガス爆発事故の因果関係

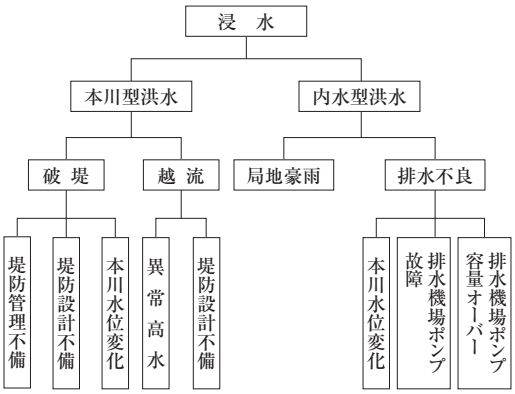


図-5　浸水の因果関係

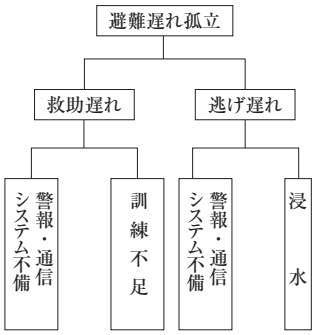


図-6　人名損傷の因果関係

7　防災のシステム分析手法

リスク管理の考え方を採用することにより、結局、防災という仕組みはシステム分析の視点からとらえ、科学的アプローチをしていくことが必要であることが明らかになった。そこで以下ではこのような観点から、主として防災計画の立案に当たって有用と考えられるシステム分析手法について説明する。

a）信頼性工学（reliability engineering）、信頼性解析（reliability analysis）

信頼性工学は、1950年代に米国のAGREE（Advisory Group on Reliability of Electronic Equipment）が報告書の形でとりまとめた研究成果が基礎となって発達したものである。このことは、主として軍事・宇宙開発およびそれに係わる電子・機械機器のめざましい近代化と複雑化にともない、システムを構成する各種コンポーネント（部品）の一つ一つの性能の信頼性を十分に吟味し、システム全体の信頼性を最大限に高めることが（場合によっては費用以上に）重要視されるようになってきたことと深い関係がある。このような信頼性工学の誕生と発達は、保険理論・経営学等人文科学の土壌で育ってきたリスク管理に匹敵する、いわば工学的土壌からのリスク管理へのアプローチであるといえよう。これ以降1970年代に入り、この二つのリスク管理へのアプローチは相互に補完しあう形で融合をはじめ、システム分析の形をとった新しいリスク分析の方法論が開発の途についてきた。このようにして信頼性工学の対象も、旧来のハードなシステム（機械）一辺倒からソフトな性格をも取り込んだ自然・人間・機械・情報系の社会システムへとその範囲を拡大しつつある。その流れの一環としてこの種のソフトなシステムを対象としたリスク分析を信頼性工学からアプローチする場合、これを特にハザード解析（hazard analysis）[注7)]と呼ぶようになってきた。

b）信頼性解析・ハザード解析によるリスク概念のモデル化

保頼性解析やハザード解析では、「損害が生じること」は「システムが故障（fail）すること」と定義する。そしてこれを引き起こすもとになる「危険事象が生じること」や「危険事情があること」はすべて「このシステムを構成するユニット（コンポーネント）が故障すること」であるかもしくはそれらの機能を条件づける各種の「システムパラメータに規定されること」に対応づけられる。

このことを数学的に記述すれば以下のようである。[5)] 簡単化のため、各ユニットおよびシステムには、動作状態と故障状態の二つの状態だけが区別されているとする。このとき、各ユニット i につぎのような二値変数 x_i を対応させる。

$$x_i = \begin{cases} 1, \text{ユニット } i \text{ が動作しているとき} \\ 0, \text{ユニット } i \text{ が故障しているとき} \end{cases} \qquad (i = 1, \cdots\cdots, n)$$

このときシステムの状態はベクトル

$$x = (x_1, x_2, \cdots\cdots, x_n)$$

で表される。これを状態ベクトルという。たとえば，$1 = (1, 1\cdots\cdots, 1)$ $0 = (0, 0\cdots\cdots, 0)$ はそれぞれ、すべてのユニットが動作している状態と、すべてのユニットが故障している状態を示す。さらにシステムに対しても、つぎのような二値変数を対応づける。

$$\phi_i = \begin{cases} 1, \text{ユニット } i \text{ が動作しているとき} \\ 0, \text{ユニット } i \text{ が故障しているとき} \end{cases}$$

この ϕ は、その関数形がシステムの構造により定まる状態ベクトル x の関数であるから、

$$\phi = \phi\ (x)$$

と書き、これを構造関数と呼ぶ。

なおこの二値変数 x_i の演算に当たっては、後述するようなブール代数則が成立する。

c）直列システム、並列システム

直列システムとは図-7に示すように、それを構成しているどのユニットが故障してもシステム故障とみなされるものであり、システムの構造関数は、

$$\begin{aligned} \phi(x) &= x_1 \wedge x_2 \wedge \cdots\cdots \wedge x_n = \min(x_1, x_2, \cdots\cdots, x_n) \\ &= x_1 \bullet x_2 \bullet \cdots\cdots \bullet x_n \end{aligned}$$

のように与えられる。

一方、並列システムは、すべてのユニットが故障したときのみに限ってシステムが故障するもので、

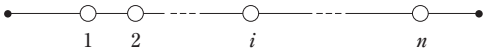


図-7　直列システム

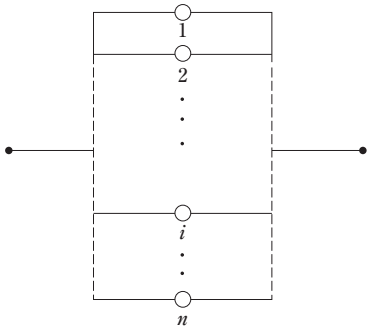


図-8　並列システム

$$\begin{aligned}\phi(x) &= x_1 \vee x_2 \vee \cdots\cdots \vee x_n \\ &= \max(x_1, x_2, \cdots\cdots, x_n) \\ &= 1-(1-x_1)(1-x_2) \\ &\quad \cdots\cdots(1-x_n)\end{aligned}$$

によってその構造関数が表される。

従ってシステムの信頼性を高めるためにはできるだけ並列システムの形をとることが要求されるが、これはその分だけシステムの冗長性（redundancy）を増大させることになり、経済効率性の視点と相入れないことになってしまう。つまり信頼性設計の課題はこの二つのトレードオフ[注8)]をどのように調整するかという点にかかっているといえる。

d）フェイル・セイフ（fail-safe)、セイフ・フェイル（safe-fail）

信頼性設計の性能規範としてよくいわれる設計原理に、フェイル・セイフとセイフ・フェイルの原理がある。前者は、フェイル・プルーフ（failproof）ともいわれ、システムの故障が起こらないように設計することであり、後者は仮にシステムのユニットが故障してもシステムが安全側に機能して致命的な故障にはつながらないようにする考え方である。前者の例としては、上述した並列系システムによる冗長性の導入やバカチョンカメラ（idiot-proof camera）のような素人でも失敗しえないような自動支援機構の導入などがある。また後者の例としては、事故を起こしても飛散しないフロントガラスやシートベルトによる身体の固定装置の採用などが考えられる。

この他、システムの信頼性の性能規範としてはシステムのアベイラビリティ（availability）[注9)]などがあるが、ここでは省略する。

e）確率事象としてみた信頼性（信頼度）

リスクや故障率あるいは信頼性はいずれも不確定事象であり、確率変数とみなすことができる。従って信頼性解析やハザード解析は確率理論の応用分野として発達してきた。その際、故障の生起則を確率過程としてモデル化する研究が解析の理論的基礎を築いてきた。

リスクが損害の生起する確率として狭義には定義されるように、故障率や信頼度[注10)]（reliability）はそれぞれ、ユニットまたはシステムの故障の生起確率およびそれが生起しない確率として定義される。この意味で、狭義のリスクは故障率と同義であり、逆に信頼度は1－リスク＝1－故障率で与えられる。

システムの各ユニットの故障生起則が分ったとしても、システム全体の故障生起則ひいては信頼度を解析するためには確率理論を採用した各種の数理モデルを作成しなければならないが、具体的なモデル化の詳細についてはここでは触れない。以下では、これまでの議論を総括し、その具体的な応用方法を例示する目的で、FTA 手法を取り上げる。

8　FTA（Fault Tree Analysis、故障木解析）

FTA は信頼性やハザード解析あるいは PLP（product liability prevention、製品責任予防）の分野で開発された代表的手法である。なお FTA とよく似た手法として FMEA（failure mode and effects analysis）も同様によく知られ、応用されてきた手法である。これらの手法は、信頼性の歴史からみるとかなり早い年代に開発され、その後、主として安全性やハザード解析の分野で重視され、信頼性と相互に関連しあいながら発展してきた手法である。

FTA も FMEA もいずれもシステムの故障（事故）の因果関係を階層構造としてとらえる点で共通であるが、FMEA は単一故障モードを原因系としてそこから順に結果としての上位システム故障にいたるメカニズムを下から上に（bottom-up）たどっていくのに対して、FTA は結果として望ましくない頂上事象（top event）をまず考え、そこから原因側（下位）へ樹木状に分解していく、いわゆる上から下へ（top-down）アプローチするという違いがある。また FMEA は解析の仕方が定性的・帰納的であり、主として種々の関連要因を表（ワークシート）の形で整理するにとどめ、とくに計算を要しない。一方、FTA は頂上事象から中間事象を経て最下位の基本事象まで論理記号でつなぎ、樹木図をつくり、システムの故障度（不信頼度）を計算したり、後述するような構造重要度や確率重要度などを計量化したりすることができる。

FTA と FMEA はそれぞれ一長一短があり、解析の目的によって使い分けるなり、場合によっては併用することが望ましい。以下では紙幅の都合上、FTA についてのみ説明する。

a）　FTA の基本的考え方

実は、FTA の考え方の基本となるところは前掲の図-4～図-6 に例示されているといえる。このうち図-4～図-6 を FTA の記号に従って画き換えたものが図-9～図-11 に示してある。これらの図から明らかなように、最上位に配される望ましくない（欠陥）事象を頂上事象（top event）と呼ぶ。この他、さらに下位の欠陥事象をふくめ、これらを矩形で表す。また故障木の末端には丸形の枠が描かれることが多いが、これは基本事象（basic event）といい、もうこれ以上展開されないような基本的な事象を示す。この他に否展開事象（undeveloped event）と呼ばれ、基

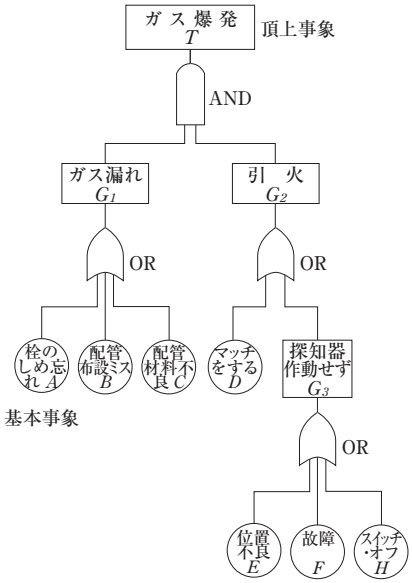


図-9　ガス爆発事故の FT 図

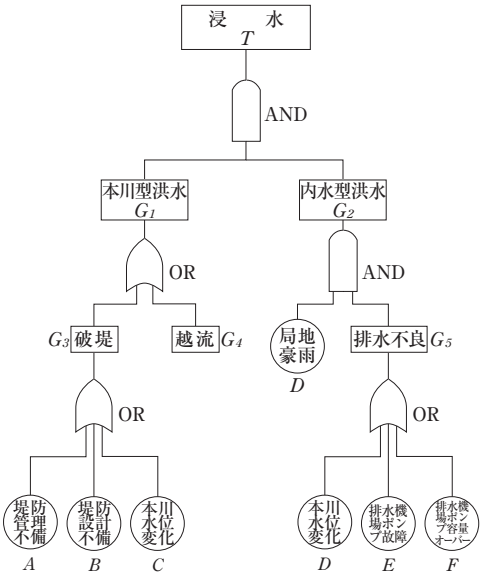


図-10　浸水の FT 図

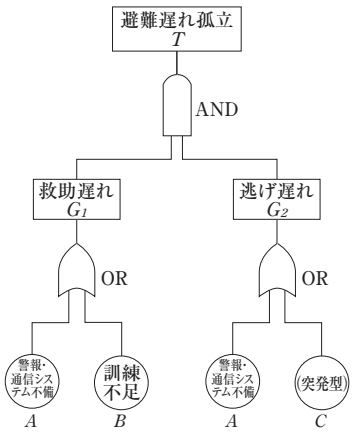


図-11　人名損傷の FT 図

本事象と同じように故障木の末端に現われるものがある。これは情報不足や技術的内容不明などのため、現時点ではそれ以上原因をたどることを止めた事象のことである。また欠陥事象ではない、通常の状態でシステムに生ずると思われる事象を家形の枠で示し、通常事象（normal or house event）と呼んだり、三角形の枠でFT図上の関連する部分への移行または連結を示したりする移行記号（transfer symbol）などが用いられることがある。

さらに図中コンセントのような記号がいくつか現われているが、このうちコンセントの先端が水平な直線で表されるものをANDゲート、また内側に曲った弧線で表されるものをORゲートという。前者はコンセントの先（下側）の入力事象がすべて起きたときのみに限って出力事象（欠陥事象）が起こることを示す。[注11)] これを論理積がなりたつゲートという。後者は入力事象のうち少なくとも一つが起こると出力事象か起こることを示す。[注12)] これは論理和がなりたつゲートという。

なお、FTAの実施に当たっては次の二つの仮定が前提となっている点に留意したい。

① 各事象は正常と異常の二つの状態しかない。

② 基本事象は相互に独立である。

b） ブール代数則

FT図による確率計算に当たっては集合の結び（和集合）と交わり（積集合）をちょうど代数の四則演算のような形で処理していく必要がある。この場合に有効となるのがブール代数であり、確率計算に当たっては表-3のような基本法則を用いればよい。

いま図-11のFT図を用いてこのことを例示しよう。[6)] 計算に当たっては確率事象を表す記号をあたかも普通の変数のように使って計算する。ただし演算に当たってはブール代数則を用いなければならない。まず計算式は下から順に組み立てていく。

$G_1=A+B,\ G_2=A+B$　（ORゲート）

$T=G_1\cdot G_2$　（ANDゲート）

$\therefore T=(A+B)\cdot(A+C)=A\cdot A+A\cdot B+A\cdot C+B\cdot C$

$=A+A\cdot B+A\cdot C+B\cdot C$　（べき等律）

$=A+A\cdot C+B\cdot C$　（吸収律）

$=A+B\cdot C$　（吸収律）

表-3　ブール代数の基本法則

べき等律	$A+A=A$ $A\cdot A=A$
吸収律	$A+A\cdot B=A$ $A\cdot(A+B)=A$
分配律	$A+(B\cdot C)=(A+B)\cdot(A+C)$ $A\cdot(B+C)=(A\cdot B)+(A\cdot C)$

上の最後のブール代数式は集合論上および確率論上、次のような意味をもっている。

$T=A\cup(B\cap C)$（T, A, B, Cはすべて欠陥事象を表すと解釈する。）

$\mathrm{Prob}\{T\}=\mathrm{Prob}\{A\cup(B\cap C)\}$

$=\mathrm{Prob}\{A\}+\mathrm{Prob}\{B\cup C\}-\mathrm{Prob}\{A\cup(B\cap C)\}$

$\fallingdotseq\mathrm{Prob}\{A\}+\mathrm{Prob}\{B\cap C\}$

$=\mathrm{Prob}\{A\}+\mathrm{Prob}\{B\}\cdot\mathrm{Prob}\{C\}$

（$\mathrm{Prob}\{A\}$, $\mathrm{Prob}\{B\}$, $\mathrm{Prob}\{C\}$が0.1以下の小さい値のとき）

このように各欠陥事象の生起確率が小さいときは、上のブール代数式の最終的に整理された式の各変数にそれぞれ該当する確率の値を入れて、あたかも普通の算術演算のようにして計算すれば、求めるシステムの故障確率が得られることになる。[注13)]

上のブール代数式の演算結果から、さらに次のようなことを知ることができる。

(i) もとのFT図はさらに簡単化できて、最終的に図-12のようなFT図と同じことになる。

(ii) 図-11または図-12のFT図で、最小カットセットは$\{A\}$と$\{B, C\}$との2組である。すなわち、頂上事象（システムの故障）が発生するためには、最小限Aが起こるか、BとCが同時に起こることが必要である。

一般にカットセット(cut sets)とは、基本事象の集合であり、その中に含まれるすべての基本事象が起ったときに、頂上事象が発生することを示すものである。通常は複数個のカットセットが存在するが、それらの中で頂上事象を引き起こすために、必要にして十分なカットセットを最小カットセット（minimal cul sets）という。最小カットセットは1組とは限らず通常複数個ある。[注14)]

なお図-12のFT図と同等な構造を信頼性ブロック図の形に変換したものが図-13である。これからも容易に最小カット集合が$\{A\}$と$\{B, C\}$

であることが分かる。

c）構造重要度（structural importance）

FT 図に含まれる多数の基本事象のあるものが他に比してより大きく頂上事象の発生に寄与する度合を基本事象の重要度（importance）という。この重要度評価の尺度の一つとしてよく用いられるものに構造重要度がある。

構造重要度の計算には表-4 に示す真理表を使う[7)]。これは図-12 の FT 図の場合で、三つの事象があるので状態数は $2^3=8$ とおりである。正常を 0、故障を 1 で表す。いま事象 A について考えると、これが故障（1 の状態）ならシステムのとりうる状態は $2^2=4$ とおりあって、いずれも故障となり、その比率 4/4 である。ところがこれが正常（0 状態）になるとシステムの故障回数は 4 回中 1 回の 1/4 となる。従って基本事象 A が 1（生起）から 0（起こらない）に変わることによるシステム故障回数の比率減少分は、

$4/4-1/4=3/4=0.75$

となる。これを裏返していれば、基本事象が起こらないとき（正常）と起こるとき（故障）のシステム正常回数の比率の差、

$(1-1/4)-(1-4/4)=3/4-0/4=3/4$

が上の値に等しいといえる。これが基本事象 A の構造重要度である。

事象 2, 3 についてもそれぞれ 1 → 0 に変わることによる故障比率を計算すると

基本事象 B：$3/4-2/4=1/4=0.25$

基本事象 C：$3/4-2/4=1/4=0.25$

を得る。事象 B, C は図-13 の信頼性ブロック図において構造上対称な並列要素であるから、構造重要度の値は等しい。また事象 A は事象 B, C の 3 倍の構造重要度をもつとして評価されているが、これは事象 A が冗長性のない直列要素であるため、その故障がシステムにとって致命的であることによる。

d）確率重要度（probabilistic importance）

確率重要度とは、ある事象が 1（故障）から 0（正常）になったときにシステムの故障度（不信頼度）がどれくらい改善されるかを表す尺度である。すなわち基本事象 F_i について、

$\Delta F=F_{システム}(F_i=1)-F_{システム}(F_i=0)$

として計算される。その計算に当たっては各ユニット（事象）の信頼度 $R_i(=1-\mathrm{Prob}\{F_i\})$ がすべて既知であることが前提になる。表-5 に $\mathrm{Prob}\{A\}=0.01(R_A=0.99)$, $\mathrm{Prob}\{B,=0.02(R_B=0.98)$, $\mathrm{Prob}\{C\}=0.01(R_C=0.99)$ のそれぞれの場合の確率重要度が示されている。ここでも事象 A の重要性が定量的に裏づけられている。

表-4　構造重要度を求めるための真理表

基本事象 A B C	システム	基本事象 A が 0, 1 のときのシステム故障（正常の比率）	
0 0 0	0	要素 A 正常 1/4 (3/4)	基本事象 A の構造重要度：4/4 − 1/4=3/4
0 0 1	0		
0 1 0	0		
0 1 1	1		
1 0 0	1	要素 A 故障 4/4 (0/4)	
1 0 1	1		
1 1 0	1		
1 1 1	1		

（1 は故障、0 は正常）

表-5　構造重要度と確率重要度

基本事象	構造重要度	確率重要度	備考
A	$3/4=0.75$	0.9998	$F_{システム}(A=1)=1$ $F_{システム}(A=0)=0.02\times0.01=0.0002$
B	$1/4=0.25$	0.0099	$F_{システム}(B=1)=1-0.99\times0.99=0.0199$ $F_{システム}(B=0)=0.01$
C	$1/4=0.25$	0.0198	$F_{システム}(C=1)=1-0.99\times0.98=0.0298$ $F_{システム}(C=0)=0.01$

注）$R_A=0.99$, $R_B=0.98$, $R_C=0.99$ の場合

9　むすび

この他にリスク分析の分野では意思決定分析（decision analysis）やファジイ理論（fuzzy set theory）等々、いくつかの注目すべき方法論が提示されているが、ここでは紙幅の都合上割愛する。

いずれにしても、昨今ますます複雑化・多様化し、また社会・経済的な諸活動と不可分になりつつある災害の発生メカニズムをシステム論的に整理し、合目的な対応（＝防災）を検討していく上で、リスク管理やリスク分析は一つの有効な方法論になりうる可能性を秘めていると考える。そのためにも、今後種々の具体的な防災計画でこの種のアプローチが適用･検証されることが望まれる。

注

注 1）　上述のリスクの定義より、この場合のリスクは災害に対する行動としての防災にも伴うものと考えるべきである。

注 2）　災害と災難の区別は日常生活では必ずしも厳密になされていないが、ここでは一応、災害より軽度の被災を災難と称することにする。この項、詳細は**5 災害とリスク分析**を参照のこと。

注 3）　発生源は危険事象（peril）の生起するところとみなすことができる。

注 4）　この他に、危険事象が生起しつつある段階で対応をとっていくことを強調する必要があるときには、事中対応という用語が使われる事がある。

注 5）　Hedges は企業活動におけるリスク管理の立場からこのような用語を作り出した。すなわち彼によれば、preloss control は企業が遭遇するかもしれない経済的損失、企業環境から生ずる不安、法的問題からの回避、または解放を目的とする。また post loss control は現実化した損失からの速やかな、安全なる回復を目的とすると定義されている。

注 6）　亀井はリスクを危険と訳している。

注 7）　ここで用いられている hazard という術語は、保険理論でいう危険事情の意味よりは広義に用いられている。

注 8）　トレードオフ（trade-off）とは、競合する目標をそれぞれ最大限に達成しようとすると、一方の目標の達成をある程度犠牲にせざるをえない状態をいう。

注 9）　システムの稼働度を表す概念で、その測定に当たってはシステムの故障時間間隔や故障回復時間間隔等の尺度が用いられる。

注 10）　信頼性をこのように確率の意味で狭義に用いる場合は信頼度という用語が用いられる。一方、これを広義に用いると、システムに故障がないような状態を指すことになる。このように、リスクと同語の二義性は、両者の概念とその使われ方が相互にきわめて類似していることを意味している。

注 11）　ここでは故障（欠陥）事象が起こることを直接の対象として考えているので AND ゲートになるが、逆に信頼度を対象にしているときは OR ゲートになり、これは並列システムに対応する。

注 12）　同様にして、信頼度からみると OR ゲートは AND ゲートになり、これは直列システムに対応する。このような関係を信頼性システムと不信頼性システムの双対関係（duality）という。

注 13）　たとえば Prob $\{A\}=0.01$, Prob $\{B\}=0.02$, Prob $\{C\}=0.01$ であれば、Prob $\{T\}=0.01+0.02\times0.01=0.0102$ を得る。

注 14）　この他に最小パスセット（minimal path sets）があり、これはそれに含まれる基本事象がすべて起こらないときにはじめて頂上事象が発生しないことを保証する基本事象の最小の集合である。

参考文献

1）　亀井利明『危険管理論』中央経済社、1984 年。

2）　岡田憲夫「強不確実性下における水利用施設の拡

張計画問題に関するリスク分折」京都大学防災研究所年報、Vol. 28（昭和 59 年版）所収。
3）　徳谷昌勇『リスクマネジャー ――攻めの経営学』東洋経済新報社、1983 年。
4）　Bickelhaupt, D. L. Ceneral Insurance, 9thed., Homewood, 1978.
5）　三根久・河合一『信頼性・保全性の基礎数理』日科技連、1984 年。
6）　鈴木順二郎・牧野鉄治・石坂茂樹『FMEA・FTA 実施法』日科技連、1983 年。
7）　塩見弘・島岡淳・石山敬幸『FMEA、FTA の活用』日科技連、1983 年。

［『2013 Newsletter No. 3』Vol. 26、一般社団法人日本リスク研究学会、2014 年 3 月 11 日］

「リスク景色」を夢想し、21 世紀の日本がめざすべき減災への進化を願う

1　はじめに――雪景色から雪のリスク景色への発想転換

雪景色を見ながら放談するというのはなかなか乙なものであろう。とりわけたまたま訪れた旅人にとってその景色は格別旅情をそそるものであるに違いない。だが雪国に住む地元の人にはその景色はまったく別の見え方になるであろう。いや雪国に限らないはずだ。ふつうはそれほど降らない土地で雪化粧に興趣を感じているうちに、あれよあれよという間に降り積もって気がついたら地域は孤立してしまっている。そんな景色はもはや愛でるべき「景色」ではなくなってしまう。そんなときの景色はどのように呼べば良いのであろうか？　私たちはまだ適切な言葉を持ち合わせていないのかもしれない。それならとりあえず「リスク景色」とでも言っておこう。雪のリスク景色である。

いや待てよ、気がついたときではもう遅い。リスクという可能性ではなく、既に現出してしまっている。このようなときはむしろ「危機景色」が似つかわしいかもしれない。ともかく景色は愛でる対象だという常識に捉われている人にとっては、「景色」と「リスク」、ましてや「景色」と「危機」は違和感のある取り合わせに聞こえるであろう。

勝手に言葉を作ってもらっては困る、まるで「フィクション」ではないか。読者の皆さんからはそんな文句が出てきそうだ。しかし、ここは「放談」である。新たな知的な見立てや世界観の再構築のための「ことばというレンガづくり」を「フィクション」[1]と解釈する冒険を許していただこう。その上で、リスク研究のフロンティアを押し開くためにはフィクションという冒険はむしろ不可欠なのだと考えることにしよう。このように新たに言葉を提示するフィクションにより、「言い当てようとして言い当てられないもやもや感」の流れに棹を差す。それがまた違和感を生むが、これこそ創造性と想像性のダイナミックな源であり、インパクトのある思考の源泉なのだ。そういうことにして以下話を進めよう。

（ところで「リスク」や「リスクマネジメント」はリスク研究学会のメインテーマであるが、それが人口に膾炙するようになったのもこの 20 年ほどのことのように思える。欧米でリスクという言葉はそれなりに歴史があるとしても、学術的・専門的概念として用いられるようになったのは意外と新しい。日本においてリスク研究学会はまさに「リスク」と「リスクマネジメント」を鍵概念にして新しい学問領域を切り開いてきたのであるが、当初は日本語に欠けていた隙間を埋める真新しい言葉遣いと意味づけから始まったのであったのであろう。つまりリスク研究学会の発展も、そのようなフィクションのお陰とも言えなくはないであろう。ちなみに筆者は防災にリスクやリスクマネジメントを持ち込む挑戦の一端を長年にわたって続けてきたが、当初は、防災の分野においてなぜ「リスク」、「リスクマネジメント」が必要なのかという暗然とした抵抗と違和感に阻まれたことを思い起こす[2]。この点については後述する。

2　リアリティはフィクションを超える

さて、この原稿を認めている折も折、2014年の2月中旬、日本列島の太平洋岸は近年にない豪雪に見舞われ、それが広域にわたった。甲信越、特に山梨県は孤立する集落や道路上に閉じ込められた車で道路網は麻痺し、その被害は近年にないものであった。まさに「危機景色」や「リスク景色」が現実のものとなったように思う。事実は小説より奇なりとは良く言ったものだ。いや、正確には「リアリティはフィクションを超える」といったところであろうか。

ここで2011年3月1日の午後3時前にこの国に起きたことを思い起こそう。巨大地震に伴い三陸地域をはじめ東北から関東にかけて数百kmにも及ぶ広域で発生した大津波災害のあの息を呑むような悲惨な光景。さらに輪を掛けて起きた福島第1原子力発電所に端を発した放射能汚染。数時間も経たない時間で決定的に事前と事後に分かたれた世界。同じ景色が現実にこのように暗転し得るということ。観念ではなく、目の前に見えている景色（実景色）の背後にリスクが隠れており、事が起こると危機が露わとなる。文字通り「リスク景観」、「危機景観」ではないか。それ以外の言葉を使わずしてどのように形容するのであろう。これはフィクションではなく、紛れもないリアリティであり得ることを私たちは受け入れざるを得なくなったのである。

3　リスク諸概念の拡大――さらに一段のフィクションを生み出す知的挑戦

しかしこれまでに通念化してきた「リスク」や「危機」、「リスクマネジメント」や「危機管理」（以下、「リスク概念」と呼ぶ）では「奥底にある途方もない何か」がまだ捉えきれてはいないではないか。私たちが研究の俎上に載せてきたことよりも、もっともっと重大でスケールの異なる「リスクの諸概念」が射程に入ってこなければならない。そのような未発見の領域に属するであろう新しいリスク概念も実景色の向こうに見て取るべきなのである。再構築しなければならないであろう。今回の強烈・鮮烈なリアリティの体験を踏まえて、いま格別の想像力と創造力が新たに要請される。私たちにはさらに一段のフィクションを生み出す知的挑戦が求められているのである。

以下では防災を切り口にしてもう少し思索の逍遥を進めてみたい。

1)　信頼性工学的アプローチ
――リスク概念導入前のひとつの源流

思い起こすと、リスク概念が日本社会にリアリティをもって浸潤したのは1995年1月17日の阪神淡路大震災であろう。その前と後とで大きな変化が社会で生まれたのである。特に防災の分野には大きな変化が起きた。災害を「災害リスク」に、防災を「災害リスクマネジメント」に呼びかえることが防災の研究分野で、それなりに市民権を得るきっかけになったように思う。なるほどそれ以前は、地震国日本では、やはり地震リスクのある米国などを起源とした確率論に基づく構造物の信頼性設計のための工学的研究が独自の発達を遂げていた。だが、そこではまだ「安全性」や「信頼性」が関心の的であっても、「リスク」という概念は明示的には導入されていなかったように思う。また筆者の個人的体験を言えば、1980年代には社会基盤整備の新しい研究テーマとしてリスクマネジメントを唱え始めていたが、長良川の流域整備計画に象徴されるような、「計画が失敗するというリスク」を意思決定システムにいかに織り込むかという側面に重点を置いていた。もう一方で道路ネットワークや水道網の信頼性を災害などのリスクも考えてどのようにリダンダンシーを確保するかという信頼性システム工学的視点からの研究も行っていた。Event Tree Analysis（ETA）、Fault Tree Analysis（FTA）やFailure Mode and Effect Analysis（FMEA）などの故障分析技法を活用したライフラインの安全管理システムの設計と運用といった研究も、筆者だけではなく他の多くの研究者が取り上げていたように思う。つまり「信頼性工学」や「安全工学」の先行研究の流れは、阪神淡路大震災以前の「リスク概念導入前のひとつの（システム工学的）源流」となっていたと言える。筆者は1980年代後半には、防災分野にもっと明示的・先行的にリスク概念を導入すべき

だと考えて、防災の専門家・実務家を対象とした講演や講習などの機会に、そのような紹介も続けたが、正直のところ反応はいまひとつであった。典型的な反応は大きく分けて二つあった。

① ことさら「リスク」や「リスクマネジメント」と言わなくても、防災の分野では長い歴史の中で実際にはそれと同じことを既に行ってきたし、それなりの成果・実績がある。（筆者流にその心を読み解くと、防災は災害と向き合うというリアリティの積み上げの歴史的実績がある。リスク概念は現実味が足りずフィクションに聞こえる。そのようなフィクションは不要である。このような違和感が壁になっていたのではなかろうか。）

② 「危機」や「危機管理」という言葉や考え方は先進的かもしれないが、生々しすぎる。欧米ではなじむかもしれないが、日本では導入には少なからず抵抗があるのではないか。

このうち②については、阪神淡路大震災以前はリアリティがない中で筆者が反論していてもきりがないので、むしろそれでとりあえずは良いことにして対応していた。ところが震災が起こってから、マスメディアも含めて世間は「肝心の危機管理はどうなっているのだ」という論調に180度様変わりした。それまで無関心であった研究者の中にもそのような流れに敏感に反応し、瞬く間に「危機管理」を重点的テーマとして取り上げ出した者が少なくなかった。一方世間では「危機」=「リスク」と自動的に解釈されてしまった。これは厳密には正しくないのだが、それでも危機管理≒リスクマネジメントとして人口に膾炙しはじめた。このようにして言葉の上ではリスクやリスクマネジメントも防災の中に、新しい「特別席」が用意されたかのように定着しはじめることになる。それにつれて①のような消極的反応も一変した。リスク概念をもっと防災に明確に取り入れて進化しようというふうに一気に風向きが変わったのである。実にリアリティのインパクトは大きい。ここにもリアリティはフィクションを超えるということが大変な説得力をもって示されたのである。（いやむしろ、その前に仮設的なフィクションがあったからこそリアリティによってその隠し絵が浮き出たと言うべきであろう。）

2)　1995-2011年の二つの震災の谷間でリスク概念が防災の領域に築いた「特別席」とは？

1995年1月17日の阪神淡路大震災のあと、2011年3月11日の東日本大震災までの約15年余の期間、いわば二つの震災の谷間にあって、リスク諸概念が次第に浸潤することによって防災の世界観はどのような変容を遂げてきたのであろうか。これ自体が大変大きなテーマであり、今の時点で総括することはおよそ不可能である。そこでここでは放談風にあくまで筆者の研究体験を通しての雑感をat randomに箇条書きにすることにとどめたい。

・災害の定義をリスクマネジメントの用語で再定義することが有効である。災害の引き金となる現象をハザード（hazard）と、実際に社会・地域の側に被害が発生する現象としての災害（disaster）とを明確に区別することが肝心である。ハザードに対して、社会の対応力の弱さを脆弱性（vulnerability）という。中でも被災密度を特徴づける地域の人的・物理的・社会経済的ストックの空間的な分布性（暴露度 =exposure）などが災害の発生の度合いや形態と密接に関わっている。hazardの発生過程や発生のタイミングには多くの不確実性、不確定性や不可知性（ひっくるめて広義の不確実性）が絡んでいる。それが社会・地域の側のvulnerability, exposureとどのような 相互連関性（数学的に言えばある種の関数関係式）があるかについても、より複雑な不確実性が付きまとう。これらのファクターが複合的に関連したものが災害リスクである。災害リスクのマネジメントは、hazardの発生過程を解明し、可能であれば予知・予報のシステム技術の向上に努めるとともに、社会・地域の側のファクターであるvulnerabilityやexposureを直接的・間接的に低減させることによって、全体として災害リスクを可能な限り低くすることを目的とする。これは後述する「減災」の趣旨につながる。

・めったに起こらないが、いったん起こると人の一生がひっくり返るような重大な被害が起こるような大災害（低頻度甚大災害）に対しては、完全に被害をゼロにするような防災（防災にゼロリスクを常に求めること）は現実的ではない。むしろ（たとえ完全に防ぎ切れなくても）被害をいかに軽減するかという減災の観点から総合的なリスクマネジメントが求められる。
・行政だけが主体の防災では対応し切れない。個人・家庭レベルでの減災、近隣地域コミュニティでの減災が不可欠であり、これらの複数の主体同士の連携（公助・自助・共助の連携）をいかに進めるかが全体として減災の効果を高めることになる。
・減災のための方法は大別してハードウェア（目に見えるもの）とソフトウェア（目に見えないもの）に分けられるが、さらに後者のうち、属人的な経験知や専門知や教育などによって向上する減災のためのノウハウ、危機回避能力などをヒューマンウェアと呼んで、情報技術や災害リスクのコミュニケーション技術を意味するソフトウェアと区別することが有効である（図 -1 参照）。なお本図の意味する概念の意味については後述する。
・災害が発生する前の取り組みがもっとも肝心であり（災害の前を対象とした狭義のリスクマネジメント）、あわせて災害の発生途中の取り組み（災害の発生直後のリスクマネジメント＝狭義の危機管理）、災害後の復旧・復興過程の期間の取り組み（災害からの復旧・復興のためのリスクマネジメント）、の 3 通りの期間（phases）に関わる防災（減災）を時間軸上で統合的にマネジメントしていくという長い時間軸上での持続的な取り組みのパースペクティブを持ち合わせなければならない。なお持続的であるためには、災害後の復旧・復興過程の期間の取り組みのあとに、またそのうちにやってくる次の災害への取り組みに還っていくという循環型のサイクル・プロセスになっていることでもある。これは災害のマネジメントサイクルといわれる。これは Alexander らが明確に言い出した概念だといわれる。筆者はこれを発展させて「災害時計」（disaster clock）による災害のリスクマネジメントが重要と述べている（図 -2 参照[3]）。
・（自然）災害のハザードは地震だけではなく、津波災害、洪水・台風等の風水災害、土砂災害、火山噴火災害など多様である。同じ地域に住んでいると、これらが一時に結合・連鎖して生起することもあるし、異なるタイミングで別のものが起こることも少なくない。つまり地域にとっては複合災害リスクのマネジメントという視点も必須である。
・災害には低頻度から中頻度、高頻度までいろいろにタイプがあり、同じ地域に住むとこれらのさまざまな頻度の災害全体のリスクマネジメントが必要である。
低頻度ほどゆっくり回る（大きな）時計、高頻度ほどくりくりと速く回る（小さな）時計とみなすと、同じ地域にはいろいろな大きさの災害時計が時を刻んでいると解釈できる。

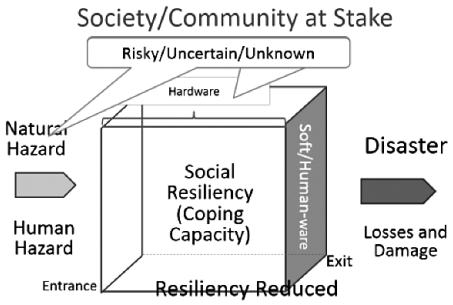


図 -1　災害リスクマネジメントの地域（社会）ボックスモデル

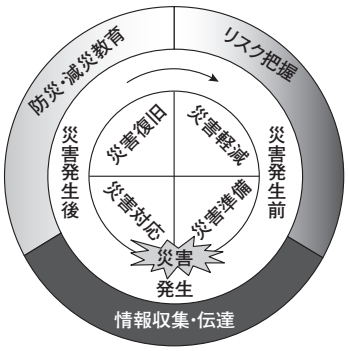


図 -2　災害時計プロセスモデルに翻訳した災害マネジメントサイクル

・地域には都市もあれば過疎地域もある。広域的な地域もある。地域には多様なリスク課題があり、災害リスクに特化したマネジメントだけではなく、地域計画・管理と結びつけた総合的な地域リスクマネジメントが必要である。
・災害のリスクマネジメントの主たる狙いを、当該主体がこうむる（であろう）被害自体の軽減に置くのか、その主体が担うべき被害の金銭的負担（financial burden）の度合いを（再配分により）軽減するのか、により概略二通りの被害軽減手法が取り得る。前者はいわば被害の直接的軽減手法であり、災害の前（pre-disaster）の予防的対応（proactive countermeasures）が鍵を握る。後者は間接的軽減手法で、災害の前に契約しておいて、災害後（post-disaster）に発動・適用するのが基本である。後者の典型的なものは金融リスクマネジメント（financial risk management）と呼ばれるものである。地震保険、洪水保険、火災保険等の災害保険はこのような金融的手法に属するものである。また災害に備えた基金の設立や義捐金などもこの範疇に入る。要は、当該主体（たとえば被災しうる個人）にとってどの手法をどのように組み合わせて（リスクプロファイルして）全体としての災害リスクを軽減するかが鍵となる。また国レベルや地域レベルでは、このような多様で有効な選択肢をいかに設計し、利用に供するかが重要な政策課題となる。
・災害の事前･事中･事後にわたっての減災（のためのリスクマネジメント）は多様で多層的かつ多段階の意思決定とそれに基づく行動実践が求められる。その成否は、利用できる情報と知識、知恵とそれを支援する技術やメディアに大きく依存している。同時に、関係する主体同士でいかに多様なリスクについて適確かつ有効で効率的にコミュニケーションできるかが肝心である。この意味で災害リスクコミュニケーションは災害リスクマネジメントのきわめて重要なアプローチの一つとして取り上げられなければならない。その範疇には防災教育（としてみた災害リスクコミュニケーション）が入る。
・減災を目指した人々の意識変化や行動変化はトップダウン的なアプローチよりは、まずはじめにそれに気付いた人が個人レベルで小さな革新を自ら実践する（創業者）リスクをとり、plan-do-check-action の循環プロセスを試行することで順々に参加者を増やしていくやり方の方が効果が出やすい。これはアダプティブマネジメントであり、それを多段階で繰り返して達成レベルを上げていくアプローチである。

以上整理すると、減災のためのリスクマネジメントはおのずから「総合化」に向かわざるをえないということである。筆者も含めて多くの防災の専門家・実務者が 1995 年を契機にして期せずして「総合防災」という未開拓の領域を切り開くことをめざすようになったのにもそのような理由があったと思う[4)]。なおこのような「総合防災」や「総合的な災害リスクマネジメント」が生まれてくる背景には、単に日本の国だけに限定された話ではなく、アジアはもとより全世界的にも防災が減災へと進化していくことを求める社会的潮流があったのである。筆者も設立に主導的に関わった国際総合防災学会（Integrated Disaster Risk Management（IDRiM）Society）は 2009 年に京都で設立されて現在 4 年目を迎える[5)]。これも防災を減災と呼び変えて、低頻度・甚大被害災害に対処していくための地球規模の新しい学際的な取り組みであり、リスクマネジメントの研究者・専門家に用意された「特別席」でもある。

4　2011 年 3 月 11 日の東日本大震災後の減災と災害リスクマネジメントに求められること

この震災は近代に入って日本が経験した未曾有で破格・格別の巨大災害である。世界的に見ても先進国で人口集積度の高い国（地域）がこれまで体験したことがない大災害であることは間違いない。どのような意味で破格・格別で巨大であったかと考えると

i)　おそらく 1000 年以上の発生周期を持つ地

震ハザードであること、

ii）それが巨大な津波ハザードを伴って数百kmにもわたる沿岸域を襲ったこと、

iii）引き起こされた被害は物理的、社会経済的にも、失われた人命や被災者の「心に残した傷」と「人生破壊」の点でも、そして地域や都市の復旧・復興の困難性とそれに要する長い長い（おそらく何十年にもわたる）時間的取り組みの必要性の点でも、とにかく超甚大であり、計り知れないレベルのものであること、

iv）津波に襲われた原子力発電所が引き起こした放射線汚染の重大事故のリスクマネジメントがまったく不備であったことが明らかになったこと、またこの事故がもたらした社会的衝撃は、21世紀の文明技術社会のあり方自体に変革をせまるできごとでもあったこと、

などが挙げられる。もちろんそのような悪い話の一方で、良い話もある。阪神淡路大震災の教訓が活かされて、新幹線やその他のインフラの構造的な耐震性を高めていたことで、物理的被害は大きく軽減されたと推察されることである。また自衛隊の即時派遣要請がなされ、瓦礫で埋め尽くされた幹線道路の通行可能性を迅速に確保できたことも特記してよいであろう。地域や学校レベルでの防災教育による事前の避難行動変化しだいでは、「想定外」のできごとに対しても最悪の結果（住民や生徒・教員が命を落とすこと）を回避することが可能であることが示されたケースがあったことである。

以上のことを一言で要約するならば、阪神淡路大震災後に課題となった「防災の総合的取り組み」、「総合防災」の重要性があらためて認識されるとともに、その半面でまだまだ「総合化」が不十分、不徹底であることが大きな反省点となったということである。つまり「格段の総合化」がまったなしに求められるということである。それは災害リスクマネジメントがさらに一段の総合化を目指すべきだということでもある。このようにして防災（減災）の分野には、リスク概念や方法論を招待する「特別席」が拡大して設けられつつあるのである。同時に、その特別席ではリスクマネジメントの進化と革新が求められており、そのためのインキュベーションボックスとして機能することが期待されているとも考えられるのである。防災とリスク、リスクマネジメントの連携の研究と実践的適用はこうして新たな協働的取り組みの時代の幕開けを迎えているのである。

5　放談を終えるにあたって――社会・地域に減災をたな卸しするための統合的メディアとプラットフォームとしての災害リスク景色起こし（disaster risk landscaping）

At randomに逍遥してきたこの放談もそろそろ区切りをつけるべきであろう。At randomではあったが、一番念頭にあったのは3.11の震災後の日本はさらに格段の総合的なリスクマネジメントを求められる時代に入ったということである。それには本格的な防災とリスクマネジメント（研究・実践）が切実に求められるのである。そのコラボレーションと相互乗り入れへの挑戦はいまや重要な社会的な使命であり、政策論的アジェンダであると筆者は考えている。

最後にそのことを具象化・具体化するための筆者流のものの見方と専門性を踏まえた重要なテーマを夢想的（?）に例示しておこう。

社会基盤の計画マネジメントや都市・地域計画を若いときに学んだ筆者はいまでもその思考回路で減災の未来像を夢想している自身を意識している。もう一方で計画・マネジメントの方法論をシステム論的思考でアプローチし、その延長戦上でリスクマネジメント思考を身につけようとしてきた思考回路も持ち合わせている自分がいる。それは筆者なりのささやかな「総合化」への挑戦の思考的基盤でもある。実は、冒頭からここにいたるまで「景色」という見方･観方･診方が頭をよぎっている。筆者がそれをそこかしこで口走ってきたことに読者は気付いておられるであろうか？

「景色」の概念や技術・技能は、もとより建築・土木、地理学などの空間の特性把握を専門性とする工学、人文・自然科学の分野、さらには絵画芸術の世界で長く論じられてきたところである。それは「景観」や「修景」という専門用語に置き換えられてデザインの対象となり、これまで独

自の発展を遂げてきたとも言える。また20世紀の終盤から21世紀の前半の今日にいたるまでめざましい発達をしてきたコンピューターや情報通信技術により、地理情報システム（GIS）が地図（map）の伝統的な概念と利用可能性を革命的に変えてきた。GISはremote sensing技術の発達とも絡まって目下もいろいろな進化を遂げているが、筆者はビックデータの解析や分析情報や複雑なシミュレーション結果などを地図空間上に重ね、可視化（visualization）することによって可能になりつつある総合診断技術の高いポテンシャルに注目している。それはあたかも可視化された景色を五感も駆使してまるごとに見（観・診）て取り、その背後にある災害リスクの総体的特性を評価（characterization）することに大変適している。いわゆる伝統的な「地図」はもちろんデフォルメされたり、簡略化された「略図」も含めて「地理空間マップ」が表現形式を考えてみよう。そこではリスクの認知マップや抽象化されたシステムモデルを通して処理されたアウトプット情報をいかにマッピングするかという新しい可視化の可能性が隠れている。このような意味で「災害リスクの景観」として地図上に可視化された重層的な情報は複数の人たち（主体）が共通に認識・評価するための対象として活用できる。その現段階での塑型がハザードマップやリスクマップであるとも言えるが、筆者はその先にもっともっとフィクション化した「リスク景観」を描いている。そのようなメディアとその活用のミーティングプレースを共有することで参加意識や当事者意識が醸成されるならば、それは共通の情報コミュニケーション・プラットフォームづくりもつながるであろう。つまり参加型・参画型の災害リスクマネジメントを進めていく上で、このようなリスク景観情報とその支援情報コミュニケーション技術の発展は、格段の災害リスクのマネジメントに今後新しい境地を切り開くのではなかろうか？　このような挑戦を筆者は「社会・地域に減災をたな卸しするための統合的メディアとプラットフォームとしての災害リスク景色起こし（disaster risk landscaping）」と呼ぶことにしたい。なお英語のrisk landscape という用語自体は筆者の造語ではない。ただしこれは必ずしも学術語として明確に定義されたものではなく、筆者のように地理的景観・景色へのリスク特性のマッピングという意味合いでは使われていないと思う。[6)]

最後にもう一点触れておきたいことがある。災害リスク概念モデルを可視化する挑戦である。たとえば上述した図-2のような「災害リスクマネジメントの地域（社会）ボックスモデル」の可視化である。[3)の(2)] これはある意味で総合的な災害リスクマネジメントについて学術的に研究を進めている人たちが共通に抱いている、イメージ・モデルであるとも言える。（もっとも、このような表現で簡略的に図式化するのは多分に筆者の流儀であることを断っておきたい。）たとえば筆者は特定の地域が決まったときに、そこでの総合的な災害リスクマネジメントを最初にイメージ化する上で、「地理的空間の上に展開された景色（景観）」の向こうに、このようなマネジメントの見立て（ある種のフィクション）を頭の中で設定している。すなわち災害リスクの発生過程を以下のようなアナロジーに基づいてモデル化するものである。ハザード＝自然災害を引き起こす招かれざる客、地域（組織）＝招かれざる客を「あの手」（ハードウェア）、「この手」（ソフトウェア）、「その手」（ヒューマンウェア）の三次元から構成される部屋＝ボックスの中であしらうことで、願わくば穏便にお聞き取り願うプロセスとして概念的にモデル化したものである。その結果、部屋の出口では、客はほとんど被害をもたらさない形で送り出せればめでたしということになる。被害が大きく出ればdisasterが発生したことになり、結果的にはリスクマネジメントはうまく行かなかったことになる。

さて具体のケースでは、当該地域がどれくらいの広さなのか、どこで境界を区切るのか、それを見て取るスケールはどれくらいで視点はどこにあるのか、またその視点とは誰のものか、などがもろもろに関係してくる。これらが特定されないとこのようなモデルは操作概念にはならない。スケールや視点としては、俯瞰的で鳥の目的なものか、それとも局所的で虫の目的にものなのか？たとえば専門家は前者の目を持って地域に入ることが多いし、それが強みともなる。しかしもう一方で、地域に住む者が通暁していることの多くは

むしろ後者の目で獲得されるのであろう。視点やスケールの異なる主体同士の複眼的な知識・情報が共有されることで得られる「災害リスク景色」は、格段の災害リスクへの対処を検討していく上できわめて重要になるであろう。

今世紀の中盤までにはほとんど確実に、西日本の太平洋岸では東海・東南海・南海地震が発生することは東日本大震災以前から知られていた。この東北の未曾有の震災は日本国政府をして、さらに一段進んだ学・官・民による総力を掛けた取り組みをすることを決断させたようである。それを受けて南海トラフ地震という「考えられる最悪のハザードのシナリオ」に基づいた総合的なリスクマネジメントのノウハウの形成が切実に求められていると言えよう。それは単に机上の理論の展開だけではなく、現場での実践により可能になることが多いであろう。

3.11 の震災から、ちょうど丸 3 年を迎えるこのタイミングにもう一度思い起こそう。あの壮絶なリアリティが、災害をリスクマネジメントの対象に見立てるというフィクションの枠組みを乗り越えてしまったはずである。しかし世の中の大勢はそのショックを少しずつ忘却しつつあるかのようである。防災に限らずリスクに関心を寄せる研究者はそれに抗し続けなければならない。私たちには「南海トラフ地震という究極の想像力」をいかに喚起し、それを前向きで持続的に処していく任務が課せられている。絶望や無力ではなく、それを実践可能な解を見出すための創造的で総合的なリスクマネジメントに変換するという「新たなフィクション」が必要になってきている。

そう、今こそ防災（減災）はリスクマネジメントを、リスクマネジメントは減災が問いかけることを互いに学びあおう。両者はそれぞれのこれまでの常識を超えて協働的で創造的なコラボレーションに従事しよう。そのような新しい時代に入ってきたのである。日本リスク研究学会の新しい世代の研究者は果敢にこのことに挑戦し、減災を進化させ、この社会を変革することに寄与してほしい。そんな近未来の姿を夢想して本放談の random walk を終えることとしたい。

P.S.

リスク景観では、鳥の目（鳥瞰図）や虫の目の視点の使い分けが重要と述べたが、鳥瞰図について筆者は著名な鳥瞰図画家の吉田初三郎の業績に着目している。彼の業績をデジタル展覧会として紹介する催しも開かれている。奇しくも本稿を脱稿した本日（2014 年 3 月 4 日）は彼の誕生日であり、google のトップページのロゴが彼の鳥瞰図にちなんだものになっている[7]。電子メディアを活用した「リスク景色」を夢想している筆者にはこのことはある種の正夢のように思えるのである。

注

1）　小島寛之『算数の発想 ――人間関係から宇宙の謎まで』（NHK ブックス）日本放送出版協会（2006/06）によれば、数学的な見立てやモデリングは「フィクション」ということになる。ここではそのような抽象化した見立てと論理構造の意味でこのことばを使うことにする。

2）　下記の論考を参照されたい。
　（1）岡田憲夫「防災の参照軸としてのリスクマネジメントと両者の相互研鑽」日本リスク研究学会誌、17（1）、pp. 7-14、2007 年。
　（2）岡田憲夫「安全安心のまちづくりと参加型リスクマネジメント ――パースペクティブと各論文の位置づけ」日本リスク研究学会誌、18（1）、pp. 3-9。

3）　下記の論文・論考を参照されたい。
　（1）Alexander, David : Principles of Emergency Planning and Management, Oxford University Press, 2002.
　（2）岡田憲夫「地域・都市システム論としてみた総合防災と安心のまちづくり」『政策とデザインの融合を目指し ―― 3・11 からの復興と展望』関西学院大学出版会、pp. 163-188、2014 年 9 月。

4）　総合防災学についてはたとえば下記の本を参照されたい。
萩原良巳・多々納裕一・岡田憲夫（著）、亀田弘行（監修）『総合防災学への道』京都大学学術出版会、2006 年。

5）　IDRiM Society: http://nexus-idrim.net/idrim10/

6）　risk landscape という言葉を使った国際ワークショップも開かれている。たとえば下記参照。
　（1）http://www.risk.jbs.cam.ac.uk/news/events/other/downloads/130910_global_landscape/trying.pd risk landscape は risklandscape という一語として既に定着しつつあるようでもある。特にリスクマネジメント・リスクガバナンスに従事するグローバル企業では二次元直交座標軸に、たとえば probability と severity や、controllability をとってリスクマネジメント・リスクガバナンスのロードマップを図式化・分類

するために既にさかんに用いられている。
たとえば下記参照。
(2) http://www.clevelenterprises.com/images/risk.gif
https://www.kpmg.com/AU/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Australia
(4) Report/PublishingImages/Flash2011/RiskLandscape.swf

7)　吉田初三郎についてはたとえば下記の website 等を参照されたい。
(1) http://www.pref.kyoto.jp/shiryokan/yoshida-t.html
なんと本稿脱稿の 2014 年 3 月 4 日の google のトップページのロゴは吉田初三郎の誕生日にちなんで彼の代表作の鳥瞰図を模式化したものになっている。
(2) http://newclassic.jp/?s=doodle
http://newclassic.jp/archives/9342