

The chaos to come

自然災害が引き起こす大混乱

Nature Vol.438(903-906)/15 December 2005



この1年あまり、世界各地で自然災害が猛威をふるった。そして、その規模はこれからも拡大し続けると一部で予想されている。今後、大災害による被害増大が予測される世界の諸地域について、Quirin Schiermeier が検討した。

数字をみるかぎり、洪水、地震、津波、火山、サイクロン（インド洋や南太平洋に発生する熱帯性低気圧）による死者の数は決して多くはない。年平均で8万人ほどである。最近の一連の大災害でさえ、人類が被った惨害の歴史の中では意外にも小規模な部類に入る。この1年間に起きた自然災害による死者は、インド洋大津波とカシミール地震を含めて40万人を超え、1970年以降で最悪の数字となった。だが、同じ過去1年間の交通事故による死者数は、全世界でその3倍を超えると推定されている。予防可能な小児病による死者数にいたっては、その20倍以上にもものぼる。

しかし、平均値にこだわると話のポイントがみえなくなってしまう。大災

害というのは平均的な事象ではなく、大いなる例外なのだ。交通事故を目撃する人は多いが、自然災害を目撃した人は少ない。大災害とは日常との断絶であり、都市や国家、時には国を超えた地域全体を永久的に変えてしまうこともある。思考パターンすら変えてしまいかねない。1755年のリスボン地震（ポルトガル）とそれに伴う津波が街を襲ったとき、被災地の教会では万聖節を祝っている最中だった。そのため、数百万の人々の信仰が揺らぎ、その世紀の思想は大きく変わり、元に戻ることはなかった。

自然災害はまれにしか発生しない例外的なものであるため、備えをするのが非常にむずかしい。1世代が1度経

験するかどうか、場合によっては1000年に1回も起こらないため、簡単に見逃されてしまう。一部の自然災害については専門家が予測可能なものもあるが、その予測と評価も、人口増加と開発の圧力の前にほとんど意味をなさず、危険にさらされる人々の数が増えている。特に災害に弱いとされる沿岸地域での人口が増加しており、これまでにない規模での災害の危険が生じている。このため、人類の歴史上最も進んだ技術の恩恵を受けたはずの20世紀に、自然災害による死者数が史上最大（350万人）を記録するというパラドックスが生まれてしまった。今世紀は、さらにそれを上回る死者数になるという、背筋の凍るような事態を迎えるかもしれない。

ALFRED/SIPA/NEWS.COM



粉々になった浜辺の村（スリランカのアムバランゴダ）：インド洋大津波（2004年12月）による破壊は、ほとんど予想されていなかった。

津波

過去— 1755年、リスボン地震（ポルトガル）とその後の津波で、6万人以上が命を落とした（描写）。2004年12月のインド洋大津波では、約30万人が死亡、または行方不明となっている。津波は、地震、海底地すべり、小惑星衝突などの各種かく乱が引き金となって起きることがある。

将来— スマトラ島や中国、ペルー、地中海東部の沿岸部が最も危険性の高い地区とされる。多くの命を救うために、早期警報システム、啓蒙教育、土地利用の規制などの方法が有効である。



自然災害の予測の背後にある科学には、不確かさがつきまとう。それでも、現在最高の地質学や気象学の知識、そしてさまざまな地域の住民が受けるだろう自然災害の可能性を算定するモデル（コラム「自然災害に備えた保険」参照）を使って、専門家は将来の厳しい状況を定量化する作業を始めている。ブリストル大学（英国）で火山学を研究する Steve Sparks は、ドイツの再保険会社 Munich Re による最新傾向の分析結果を検討した。「今後、世界では年間3～5件の大規模自然災害が起これ、それぞれ5万人を超える死者が出るだろう」と彼はいう。

自然災害の発生メカニズムは、以前からわかっていた。火山の噴火や地震、サイクロン、洪水の根底にある基本的な要因、そして発生リスクの地理的分布についても説明が進んでいる。しかし、今後の災害がいつ、どこで起こる

のか、どのような予想外の被害があるのか、そして、政策当局者や一般市民が自然災害の問題やその不確実性と真剣に向き合うにはどうすればよいのか、この3点は未解決のまま。

一般市民の備えが科学的知識に歩調を合わせるということは、まずほとんではない。「科学の知識が、政策当局者、政策立案担当者や住民に伝わっていない」と Sparks はいう。彼は最近、英国学士院（ロンドン）で自然災害に関する会議を開催した。米国の気象学者は、ハリケーンによる最悪のシナリオとして、暴風雨によってニューオーリンズの低地を取り囲む防護堤防が破壊されることもありうるかと何度も警告していた。それがまさに、2005年8月29日のハリケーン「カトリーナ」で現実化した。死者は1300人にのぼり、米国内での自然災害による死者数としては、1928年のハリケーン「オケチョビー」以来最大となっ

自然災害に備えた保険

自然災害が保険業界に及ぼす影響と自然災害による死者数との間には、あまり相関関係はみられない。2005年の2つのハリケーン（「カトリーナ」と「ウィルマ」）の発生は、保険会社にとって400億ドル（約4兆6000億円）という記録的な支出となった。一方、ほとんど死者の出ないヨーロッパの大雪でも、支出が数十億ドルにものぼることがある。

このような支出に備えるため、リスクのモデル化が保険会社にとって極めて重要になっている。リスクモデルを基に、会社の「リスク負担能力」に合わせた保険料が設定され、再保険額や必要な増資額が判断される。

1995年、再保険会社の最大手であるロイズ・オブ・ロンドンが、66の引受けシンジケートに対し、歴史上の事例から仮定される大災害による損害額を見積もるよう求め始めた。そのシナリオには、カリフォルニア州、米国中西部と日本での大地震、フロリダ州やヨーロッパでの暴風雨が含まれて

いる。そうして作られた「現実的な自然災害シナリオ」は、ロイズ社が、大損害に対する保険市場の脆弱さを評価するうえで役立っている。

1970年代と80年代には大規模な自然災害がほとんどなく、保険業界は十分な蓄えをしないままに1992年のハリケーン「アンドリュー」と1994年のノースリッジ地震（ロサンゼルス）を迎えた。この2つの災害で、保険会社は300億ドル（約3兆5000億円）の支出となり、少なくとも9社が破綻した。また、1995年の阪神・淡路大震災や2001年に米国で起きたテロ攻撃などの危機による影響も生じている。この10年間で、再保険料は40倍にも跳ね上がった。

こうした事態に保険会社が対応できるように、リスク管理の専門家が自然災害のモデルを作成した。特定規模の事象の頻度を算定し（表参照）、特定のポートフォリオをもつ保険会社が損失額を推定できるようにになっている。

このモデルは、通常3つのモジュールによって構成されている。高解像度危険性モジュールでは、史的記録、風速マップ、地震データなどの情報源に基づき、特定地域で生じる物理的影響の予測ができる。次に脆弱性モジュールでは、地域の建造物やインフラに生じる影響を災害の規模、期間の段階ごとに予測する。最後に、財務モジュールがある。保険会社のポートフォリオと被保険者

の所在地を考慮に入れて、こうした災害が起きた場合に会社が被る損害額が算定される。

それぞれのモデルの対応度には大きな幅がある。米国内でのハリケーンや地震による損害額は、だいたいうまく算定されるだろう。だが、過去の大災害に関する情報が乏しい地域（オーストラリアやモロッコなど、その他多くの地域を含む）では、リスクモデルの作成には困難と不確実性を伴う。

また、隕石の衝突や大西洋での巨大津波といった最も破壊的なシナリオの一部に対しては、モデルがまったく役に立たない。Zurich Financial Services社の大災害危険部門の責任者であるIwan Stalderは、次のように語っている。「保険業界が本当に心配しているのは、一部の最悪事態に使えるモデルがないことである。しかし私たちは、引受けのための定量化ができないリスクがあるという現実を認めなければならない」。

Quirin Schiermeier

| 発生頻度 | 規模（死者数で表示） | | |
|----------|------------|------------|---------|
| | 地震 | 洪水 | 火山 |
| 100年に1回 | 472,000人 | 98,000人 | 34,000人 |
| 500年に1回 | 1,052,000人 | 520,000人 | 74,000人 |
| 1000年に1回 | 1,446,000人 | 1,061,000人 | 97,000人 |

データ提供：Risk Management Solutions社

た。2005年10月にカシミール地方を襲った地震のような、ヒマラヤ前縁沿い地域での大地震の可能性についても、地質学者は長い間警告していた。2004年12月には、インドネシア沖のスマトラ海溝で大津波が発生した。

インド洋大津波の甚大さは、予想外の被害を示すものとしてまさに適例だった。同地域での地震の危険性は知られていたが、その結果生じる津波が十数か国に影響を与えることになるとはまったく予想されていなかった。津波が比較的頻

繁に生じ、啓蒙プロジェクトや早期警報システムが存在するハワイや日本の場合と異なり、東南アジアやインド、東アフリカの多くの人々は津波の話聞いたこともなかった。死者は、赤道付近の「空白地帯」で特に多かった。この地域で熱帯性サイクロンが発生することは減りなく、地域住民は何世紀にもわたって沿岸部で平和に暮らしてきたのだ。

同じような規模の津波が起きる可能性は500年に1回に過ぎない、とリスク管理の専門家は予測している。それ

でもインド洋沿岸諸国は、ハワイの太平洋津波警報センターに似た早期警報システムを設置するために資金を出し合い、2005年11月、そのための最初のブイのセットが設置された。この技術は、次の大津波が襲来する前に海底で錆びつく運命にあるだろうという批判もある¹。だが、そうした批判は的外れだ。保険に加入しても、多くの場合、実際に保険金を手にすることはない。だからといって、保険に加入するのは愚かな行為だとはいえない。

歴史の教訓

過去の出来事を参考にして将来に備えるとしても、それで十分とはいえない。Hemant Shah は、保険業界向けにリスクモデルを構築する、Risk Management Solutions 社 (RMS ; カリフォルニア州ニューアーク) の社長だ。彼は、ラムズフェルド米国国防長官の言葉を引用してこういう。「業界にとっての本当の課題とは、予想外の未解決問題について考えることだ」。このような方針で考えを進めていけば、インド洋での津波のリスクをよりよく理解できていたかもしれない。とはいえ、過去の出来事の分析は少なくとも将来のシナリオを描くうえでのデータ

火山

過去— 過去 200 年間に十数件を超える火山災害があり、死者は 500 人以上となっている。1902 年のカリブ海に浮かぶマルチニーク島プレー火山の噴火はその 1 つ (写真)。被災地は、インドネシア、コロンビア、メキシコ、グアテマラ、マルチニーク、パプアニューギニア、カメルーン、コンゴなど、ほとんどが開発途上国である。

将来— 1815 年のタンボラ火山 (インドネシア) の噴火が今日起きていれば、1 万 5000 人が命を落としていたかもしれない。長年鳴りを潜めていて、いつ噴火してもおかしくない火山について、火山学者がタイムリーな警報の開発を試みているが、その作業は難航している。



を提供してくれる。専門家は、たとえばリスボン大地震が再び起きたときの被害状況を予測することができる。

地質調査総合センター (茨城県) の遠田晋次と米国地質調査所 (カリフォルニア州メンロパーク) の Ross Stein をリーダーとする研究チームは、過去の地震データを使って、東京での地震危険度を再評価する作業を行っている。彼らは日本政府に提出した報告書の中で、安政江戸地震とよばれる 1855 年に死者 7,000 人を記録したマグニチュード 7.3 の地震が再び起これば、都心部は破壊され、世界の金融市場に大きな影響が出るという結論を示した。しかし問題なのは、1855 年地震について十分な知識があり、同クラスの地震が次にいつ起こるのかを予測し、そのリスクを定量化できる者がいないことだ。「不確実性があまりにも大きい」と Stein はいう。

東京が特に地震に弱いのは、3 つのプレートが東京付近の地下で重なっているという地質的特徴による。そして、このことが世界の金融システムにとって、常に心配の種となっている。一方で、死傷者数という点から、地震学者は別の地域を心配している。20 世紀最悪の、そして史上最悪とさえいえるかもしれないのが、1976 年の唐山地震 (中国) だった。その死者数は 50 万人以上と推定されている。アジアの地震帯上にあって成長を続ける都市部には、不安定な建造物が多く、近い将来、死者 100 万人クラスの地震が発生する可能性があるという一部の地震学者は考えている。Sparks は、イスタンブール (トルコ)、テヘラン (イラン) とスマトラ島のパダン (インドネシア) を地震発生危険地帯に挙げる。なかでも人口 1200 万人を擁し、RMS のある専門家が、「人類の歴史上、最も危なっかしい建造物が立ち並ぶ」都市だと形容するテヘランが、特に懸念されている。東京で起きる地震が極めて大きな金融上の影響を生じさせる可能性があるのに対し、テヘランでの地震では甚大な地政学的影響が出ると予想されている。

ハリケーン

過去— 1780 年の巨大ハリケーンによって、マルチニーク島とセントユースタティウス島、バルバドスで合わせて 2 万 2000 人が死亡した。また、1900 年には名称不明の暴風雨によってテキサス州のガルベストーン島が全滅し (写真)、かわってヒューストンが同州の主要港として確立された。

将来— 2005 年 8 月の「カトリナ」よりも被害が大きくなる可能性のある、いくつかのシナリオを専門家は指摘する。その 1 つは、カテゴリ 5 のハリケーンが米国東海岸を北上して、ニューヨークのマンハッタンに上陸するというシナリオだ。インド東部とバングラデシュの低地では、洪水や暴風雨による高潮によって大量の死者が出る恐れがある。沿岸地域での人口増加が脆弱さを増大させている。



火の海

火山噴火についても、過去よりもこれから起きる場合の被害のほうが確実に大きいと考えられている。これは単純に、溶岩流に巻き込まれる可能性のある地域に住む人の数が昔よりも増えたという理由からである。地震と比べて、火山噴火の場合はある程度の警報が発せられる可能性が高いが、その信頼性はまだ高くない。イタリアのベスピオ山のふもとにあるナポリのような都市が危険であることは間違いがないが、他の



ALFRED / SIPA / NEWS.COM

2005年10月のパキスタン地震で破壊されたムザファラバードの町。マグニチュード7.6の大地震で死者は7万人を超えた。

地域でも状況によっては多数の死者が出る可能性がある。RMSの首席研究員 Robert Muir-Wood は、即時避難対象区域のすぐ外側にあって人々の避難先となるはずの大都市にまで溶岩が流れ込めば、大惨劇になりうると指摘する。

さらに心配なのは、過去の大規模な火山噴火の実態を知る者がいないことだ。20世紀で死者が最も多かった1902年のマルチニーク島（カリブ海）での火山噴火は、19世紀の巨大噴火と比べれば相当に規模の小さいものだった。1883年のクラカトア火山（インドネシア）の噴火はクラカトア島を破壊し、その火山灰が何年にもわたって世界中に漂った。同じインドネシアで1815年に起きたタンボラ火山の噴火も、地球規模で気候に影響を与えた。だがクラカトア火山の大噴火でさえ、サントリーニ火山（エーゲ海）の噴火と比べると、規模の桁小さいものだった。

のだ。この噴火は紀元前1400年頃に起こり、地中海東部にあったミノア文明を壊滅させた。

火山噴火に比べると、ハリケーンはまだ扱いやすい。規模や破壊力に限りがあり、季節性もからだ。ハリケーンの進路は、ある程度正確に予想できる。おまけに、頻繁に襲来するので、警報や情報を正しく発していれば、人々が真剣に考えるようになる。米国では、国立ハリケーンセンター（フロリダ州マイアミ）が、沿岸地域が大西洋ハリケーンの脅威にさらされる場合にハリケーン警報を発する責任を負っている。現在では、ハリケーンの進路予想図をインターネットとテレビ放送を通じて発表している。その精度は、過去30年間に50%も高まった。

ほとんどの沿岸住民は、ハリケーンが自分の住む地域を通過する恐れがあるときにだけ注意を払う。そのため、

ハリケーン情報は適切な地域に向けて、適切なタイミングで、適切な方法で流される必要がある。「番組の視聴者の99%にとって、気象状況の説明は無意味なもの。私たちとしては、気象状況をインパクトあるものに変えて伝える必要がある。たとえば、『屋根が吹き飛ぶ恐れがあるので避難してください』という具合に、とにかく具体的に語りかけるよう心がけている」と、視聴者の多いアメリカ天気予報チャンネル(US Weather Channel)のキャスターで、ハリケーンの専門家でもある Steve Lyons は話す。

メディア情報だけではない。人々に自然界からの警報（たとえば大地の揺れや潮の引き）に気づく方法を教えることで、あらゆる種類の自然災害から人命を救うことができる。このほかにも比較的単純な対策としては、避難路や避難方法の計画を立てること、洪水、

暴風雨、地滑り、なだれの恐れのある地域の土地利用を見直すことなどが考えられる。1990年代の自然災害コストに関して世界銀行が発表した2004年の報告によれば、リスクの低減と準備に400億ドル(約4兆6000億円)の投資をしていれば、1990年代の10年間における自然災害関連支出費は、実際にかかった5350億ドル(約61兆5000億円)から2550億ドル(約29兆3000億円)に、つまり約半分にカットできたとされる。また、過去40年間に中国では、治水対策に31億5000万ドル(約3620億円)が投入されたことで、120億ドル(約1兆4000億円)の損害が回避されたと推定されている。

このような緩和戦略は、洪水による死者数を劇的に減らす効果があったとMuir-Woodはいう。たとえば中国では、20世紀を通じて洪水による死傷者が減り続けた。その一因となったのが、防護システムへの投資と避難計画だっ

地震

過去—1906年のサンフランシスコ地震による壊滅的な被害(写真)が有名だが、史上最悪の地震は中国で発生している。1976年の唐山地震では、少なくとも50万人が死亡した。

将来—専門家は、史上初の死傷者100万人規模の地震が起こる可能性のある地域として、中国、ヒマラヤ前縁、テヘラン市を挙げる。東京やカリフォルニア、ミシシッピ渓谷で地震が起これば、経済的損失の規模は過去最大となる可能性が高い。しかし建築基準や緊急避難計画を改善することで、死者数を大きく減らすことが可能である。



たのだ。1930年代と40年代、中国国内での洪水による死者は440万人だったが、50～60年代になると死者数は200万に減り、70～80年代には1万4000人となった。

それでもインド洋大津波とハリケーン「カトリーナ」によって、被害の予防策を取らなかった社会全体の怠慢がクローズアップされた、とMaxx Dilleyは語る。彼は、国連開発計画(UNDP; ジュネーブ)の災害防止部門に所属する地理学者だ。国際機関から各地の政策決定機関にいたるまで、災害担当者は自然災害が惨劇を生む過程を知る必要があると考えている。「多くの事例で機は熟した。今は、被災後の緊急対策ではなく、リスク判定と管理重視が世界的な流れになっている」とDilleyは話す。

最近、UNDP、赤十字社、国際防災戦略を含むいくつかの組織が、リスク管理戦略の改善について概説した報告書を発表した²⁻⁴。報告書では、より多くの資源を自然災害に対する備えに投入すべきだと強調され、たとえば地震多発地域における都市開発を制限することなどが盛り込まれている。こうしたすべての活動は科学に基づいて行うべきだ、とDilleyはいう。ただし、「各分野の研究者が独自の活動だけを行っているのは、適切な情報は得られない。必要なのは、専門性の高い科学論文ではなく、政策立案者にとってわかりやすい一般的な共通認識だ」とも話す。

この問題に取り組むため、英国政府の主任科学顧問、David Kingをリーダーとする専門家グループが、自然災害の評価に関する国際科学パネル(International Science Panel for Natural Hazard Assessment)の設立を提案した。このパネルでは、膨大な科学データを整理し、最新の知見に関して一般市民にわかりやすい概説文書を作成するなど、気候変動に関する政府間パネルのような機能を果たす。また、UNDPと世界銀行は、コロンビア大学地球研究所(米国ニューヨーク)と共

洪水

過去—20世紀最大の10例の洪水のうち、7つが中国で起こった。なかでも1931年(写真)、39年、59年の三大洪水で溺死、餓死、病死した人は600万人を超えた。

将来—中国は議論的となった三峡ダムの建設を進めており、現在のところ2009年に完成する予定となっている。その建設目的の1つは、洪水のリスク低減である。中米、バングラデシュ、台湾などの地域には豪雨のリスクがある。ダムやその他の防壁、そして河道の再自然化によって、災害の被害を食い止める可能性がある。オランダをはじめとする低地の国々は上の写真にあるような洪水に慣れてしまっているが、洪水のリスクは気候変動によってさらに高まる可能性がある。



同で、高いリスクを判定し、政府や地元の政策立案者に対して、そのようなリスクを認識できるようなデータを提供するプロジェクトを推進している。

最後にSparksはこう話した。「この種の情報が10年前にあれば、東南アジア諸国の政府は津波の襲来に備えることができていただろう」。

Quirin SchiermeierはNatureのドイツ特派員。

1. Alversen, K. *Nature* **434**, 19-20 (2005).
2. *Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development* (United Nations Development Programme, 2004).
3. *World Disasters Report 2005* (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 2005).
4. *Living with risk: A global review of disaster reduction initiatives* (International Strategy for Disaster Reduction, 2004).