

21世紀 ひょうご

公益財団法人ひょうご震災記念 21世紀研究機構
研究情報誌

2023
vol. 34

巻頭言

「卯年の春がやって来た
—あれから12年・災後の時代を生きる—」

(公財) ひょうご震災記念 21 世紀研究機構研究戦略センター長

御厨

貴

特集

激甚化・頻発化する災害に備える

- ・過去の災禍に学ぶ大災害への備え

名古屋大学名誉教授

福和

伸夫

- ・気候変動による極端気象の変化とハザード評価

京都大学防災研究所教授

竹見

哲也

- ・シミュレーションによる被害想定を活用した減災対策

神戸大学都市安全研究センター教授

大石

哲

- ・「巨大災害」からの避難行動を考える

東京大学大学院工学系研究科教授

廣井

悠

- ・SDGs・ESDの観点からみた防災教育
—「生きる力」を培う学校防災の背景と課題—

滋賀大学大学院教育学研究科教授

藤岡

達也

トピックス

- 21世紀減災社会シンポジウム
- 自治体災害対策全国会議



21世紀ひょうご

C CONTENTS

巻頭言 「卯年の春がやって来た ーあれから12年・災後の時代を生きるー」	1
(公財) ひょうご震災記念21世紀研究機構研究戦略センター長 御厨 貴	

特集

激甚化・頻発化する災害に備える

● 過去の災禍に学ぶ大災害への備え	3
名古屋大学名誉教授 福和 伸夫	
● 気候変動による極端気象の変化とハザード評価	15
京都大学防災研究所教授 竹見 哲也	
● シミュレーションによる被害想定を活用した減災対策	30
神戸大学都市安全研究センター教授 大石 哲	
● 「巨大災害」からの避難行動を考える	41
東京大学大学院工学系研究科教授 廣井 悠	
● SDGs・ESDの観点からみた防災教育	52
ー「生きる力」を培う学校防災の背景と課題ー	
滋賀大学大学院教育学研究科教授 藤岡 達也	

トピックス ● 21世紀減災社会シンポジウム	64
● 自治体災害対策全国会議	71



卯年の春がやって来た

—あれから12年・災後の時代を生きる—

(公財)ひょうご震災記念21世紀研究機構
研究戦略センター長

御厨 貴



今年は卯年である。私の年である。いいことのある年にしたい。しかし一回り前の卯年は東日本大震災が勃発した年であった。あれから12年経ったと思うと、感慨この上もない。復興構想会議のメンバーになって以来、否も応もなくこの大震災＝大災害のうねりに巻き込まれた。還暦を迎えての私の人生は、それ以前よりもあわただしくなった。学者として研究室にいて発言するばかりでなく、知らず知らずの間に、研究室外で活動するようになっていた。

復興会議の議長代理に指名され、五百旗頭真議長と飯尾潤検討部会長と共に、我々は「政治学トリオ」と称された。民主党政権ならではの様々な出来事の下で、我々は復興関連の若き官僚たちと、文字通り連日汗をかいた。毎日役所に精勤した当初の数カ月、思い出すによく体がもったと思う。もっとも「戦後が終わり災後が始まる」というキャッチフレーズは、必ずしも世に素直に受け止められなかった。それでも、あの忘れもしない3月11日の夜、東大先端研と一緒に泊まり込んだ同僚の研究者達と共に、津波に襲われて一瞬にして、人が車が家が、いや何もかもが大海原の波間に沈んでいく有様を、何度も何度もテレビの画像で目に焼きつけられた。

日本は変わる。いや変わらなければならぬ。あの深夜の映像で繰り返し繰り返し沈みゆく日本を見た時、本当に心の底からそう

思った。「戦後」はようやく終わる。戦後平和の時代は荒々しい自然災害によってねじ伏せられた。大震災と共に「災後」の時代が立ち現れる。何もしなくとも平和である時代は終わった。「戦前」がそうであったように、「災後」はまたいつの間にか隣近所の人、いやわが家の人命をも突如奪っていく、そんな時代の到来なのだ。私の「災後」はそんな人生観と分かち難く結びついていて。

あの年の4月から6月にかけての復興構想会議は、今思っても混乱と騒擾の只中であつた。10数名による委員各氏は、復興への情熱のあまり、口々に自らの気分と意見とを苛立ちを隠さず会議にぶつけた。それらを上手に救い上げる技能と度量を、我々は持ちえなかった。だから会議は毎回踊り続ける結果となった。最終的には結論らしきものが出てくるのだが、なかなか決定に至らない。本当に公の会議で官邸の会議で、あんなに参加者全員がいきり立ち、お互いを罵倒しあつた姿は、誰もが見たことがないと言っていたものだ。

報告書は異例の体裁となった。具体的な提言と指針とがお役所の文書よろしく整然と羅列されるものだけでは到底収拾しえないという“空気”が、会議を完全に支配していたからである。そこで、五百旗頭議長と飯尾部会長の全面的後押しを受けて、私が会議の“空気”を文章化することになった。提言の最初

と最後、それに具体的提言のつながりの部分に、“空気”が書きこまれた。“空気”が全体を推しはかる重しとなったのである。

これについては、当然賛否両論があった。「こんなもの入れて」「センチメンタル」と言った方も多い。でも私には、復興会議運営の手本とした下河辺淳・阪神・淡路大震災復興委員長の教えが忘れられなかった。下河辺氏は、「こういう時、一見無駄に見える事柄を大事にしないと、具体的提案もうまくいかないんです。」と宣もうた。「それは、何ともカタチに出来ない“気分”であり“空気”です。ですから復興委員会では、ある委員にそれを全てしゃべってもらったのです。」「そうするとモヤモヤがスーッと無くなっていくんです。」確かに“空気”効果はあった。具体的提言が広く受け入れられる素地になったからである。

復興会議は菅内閣と共に事実上閉じられた。しかし、“政治学トリオ”はそれぞれのカタチで、それからの10数年、復興に関与していくことになった。復興のオーラル・ヒストリーには、ささやかながら協力をしている。

もう一つ、日本モバイル建築協会顧問として、今後起きる国難級の自然災害に対応できる、モバイル建築の社会的備蓄に協力している。モバイル建築とは、「完成した建築物を解体せずに基礎から分離し、ユニット単位で、目的の場所に輸送し迅速に移築することを繰り返し行うことができる構造を有する建築物」の総称である。災害予防の見地から、最近では木造建築にも可能性を広げている。

だから、「災後の時代」到来と言えるのだ。「災後」は次の“災前”を用意する。自然災害が毎年のように我が国土を襲う今日、それ

への備えを工夫するのは当然のことではないか。しかもモバイル建築の場合、官民協調と公的役割の拡大拡充にもつながってくる。「新しい公共」という言葉が、ふと浮かんでもくる。

十年一昔というが、この10数年は日本にとって苦難の時代そのものであった。めぐり来ったまたの“卯年”に、今度は、自然災害、コロナ、ウクライナの三重苦からの解放を期待したいものだ。

過去の災禍に学ぶ大災害への備え

名古屋大学名誉教授

福和 伸夫



1. はじめに

学校で学んだ歴史は、日本史と世界史とに別れ、その内容は文明史と人物史が中心だった。しかし、新型コロナウイルス蔓延の中、感染症の歴史を調べてみると、ペストとルネサンス、天然痘とアステカやインカ文明の滅亡など、人類の歴史と感染症の関係の深さに気づいた。日本史と世界史の年表を組み合わせ、そこに、感染症、地震、火山噴火、大火、風水害、飢饉などを記してみると、学生時代に学んだ歴史とは全く異なる歴史観を持つ。中でも、日本では、大地震との関わりが大きいように感じる。

弧状列島の日本は4枚のプレートの衝突によって作られた。そこに、インド大陸とユーラシア大陸の衝突でできたヒマラヤ山脈で生まれたアジアモンスーンの季節風が吹く。沈み込む海のプレート上面で溶けたマグマは火山を作る。火山が連なる脊梁山脈に季節風がぶつかって雨の恵みをもたらす。火山は風光明媚な景色や温泉も生み出す。一方で、これらは、地震や火山噴火、台風、豪雨・豪雪を生み出す原因にもなる。このため、地震による強い揺れ・液状化・津波、火山噴火、崖崩れや地すべり、急流河川の土石流、洪水、豪雪など、様々な災害が発生する。このように、日本の自然は慈母であると同時に厳父でもある。

かつて、自然に対して無力だった先人は、

自然と折り合いをつける独特の日本文化を育み、危険なところを避けて集落を作ってきた。田植え時期が梅雨時に限定されるため、地域共同体が形成された。それぞれの家には、井戸、汲み取り便所、カマド、燈明、畑などがあり、共助と自助の力が育まれた。しかし、明治以降は、近代化の中で都市に人口が集中するようになり、自然と隔離した人工環境の中で、ライフラインや高速交通に依存する高効率な社会を作ってきた。

こういった中、昨年、今までに経験しなかった出来事が続いた。3年前から続く新型コロナの感染に加え、ロシアのウクライナ侵攻、明治用水の漏水事故、季節外の猛暑による電力ひっ迫、通信障害、安倍元総理銃撃事件、急激な円安など、社会の根幹が揺らぐような事柄が続いた。高度に効率化した社会は、様々なインフラ・ライフラインに依存している。しかし、これらは相互に依存しており、一つの障害が他に連鎖し、広く波及する。被害がある閾値を超えると、社会は機能不全に陥る。

新型コロナによるパンデミックは、グローバル化したサプライチェーンを分断し、コンテナ不足、半導体不足などで、世界経済に大打撃を与えた。ロシアのウクライナ侵攻により、食料・石油・天然ガスが不足して価格が高騰し、世界的なインフレを起こした。また、愛知県の矢作川の明治用水頭首工の漏水

では、田植え時期の農業に加え、製造業や発電にも影響を与えた。大規模工場や石炭火力発電所にとって欠かせない工業用水が、農業用水の明治用水から分岐して取水していたからである。幸い、事業者の自助努力で、水の備蓄や井戸などを備えていたため、大事には至らなかった。矢作川は国交省、頭首工は農水省、明治用水は明治用水土地改良区、工水は経産省と愛知県企業庁、上水は厚労省と市町村などと所管が分かれている。平時には分業による部分最適化が効率的だが、非常時には組織間の連携が必要である。

電力ひっ迫は、季節外の猛暑と電力の自由化、再生可能エネルギーの利用、ウクライナ侵攻に伴う燃料高騰などが相まって起きた。通信障害は、古いマニュアルを使った単純なミスに原因があったようだが、些細なミスが全体に波及した。緊急時の連絡やコネクテッドカーなどにも影響が出たようだ。この事態を受け、携帯電話会社間のローミングの必要性などの議論が始まった。かつてと異なり、高度に効率化した社会では、相互依存度が高まり、一つの障害が他に連鎖し、ある閾値を超えると取り返しのつかない事態となる。大災害が発生すると、これらが連鎖的に起き、歴史が転換するような事態にもなる。

寺田寅彦が天災と国防に記した「その災禍を起こさせたもとの起こりは天然に反抗する人間の細工であると言っても不当ではないはずである。災害の運動エネルギーとなるべき位置エネルギーを蓄積させ、いやが上にも災害を大きくするように努力しているものはたれだろう文明人そのものなのである。もう一つ文明の進歩のために生じた対自然関係の著しい変化がある。それは人間の団体、なかなかずくいわゆる国家あるいは国民と称するもの

の有機的結合が進化し、その内部機構の分化が著しく進展して来たために、その有機系のある一部の損害が系全体に対してはなはだしく有害な影響を及ぼす可能性が多くなり、時には一小部分の傷害が全系統に致命的となりうる恐れがあるようになったということである。」の警句を忘れないでおきたい。

パンデミックによる半導体不足や海運の停滞、ウクライナ侵攻による食料・石油・天然ガスの不足などは、全世界に波及し、日本では急激な円安が進んだ。一方で、社会活動の抑制や、ワクチンや治療薬の開発、国際協調による食料や燃料の融通など、自助と共助で緊急事態を凌いでいる様子も窺える。電力や通信に頼り切った現代社会では、大災害時には、様々な不具合が連鎖して、新たな災害を生み出す。被害を最小化するには、社会を構成する組織が平時から連携し、着眼大局着手小局の態度で、全体最適化を図る必要がある。

2. 過去の災禍と人類の歴史

最近、ビッグヒストリーという学際研究が注目されている。138億年前のビッグバンからの地球の歴史を、学問分野を超えてつなぎ合わせたものである。これを参考に、ビッグバン以降の時間と、宇宙から身近な世界までの空間の広がり俯瞰した時空間図を図1に示す。太陽系の誕生と共に生まれた地球の46億年の歴史と比べ、数十万年しかないホモサピエンスの歴史は一瞬である。生物の絶滅にもつながる超大陸の分裂、全球凍結、隕石衝突、地磁気の逆転、破局噴火など、再来期間が1万年を超えるような災禍は、諦めるしかない災害のように感じる

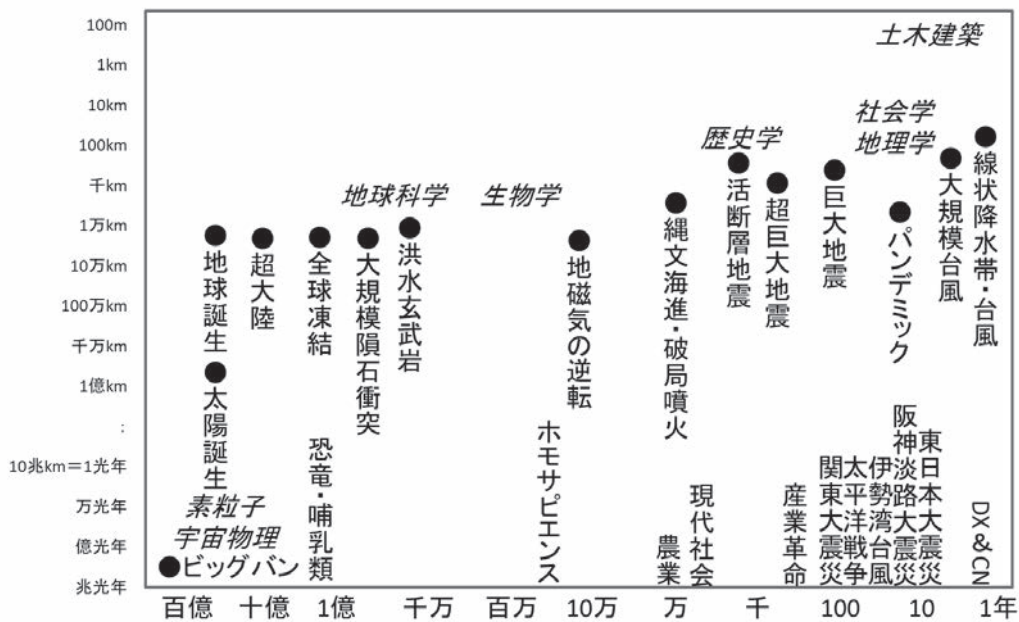


図1 ビッグバン以降の時空間の広がりや災害の時間間隔、学問分野

一方で、海溝型の超巨大地震や活断層の地震は千年前後、M8クラスの巨大地震や富士山噴火は数十年から数百年、パンデミックは数十年に一度、台風や豪雨は毎年のように起きる。有史以来何度も経験してきた災害からは社会を安寧に保つ必要がある。過去の歴史を紐解くと、地震と火山噴火、大規模噴火と気候変動、飢饉や疫病など、災害が連鎖すると人類の歴史に大きな影響を与えてきたことに気づく。そこで、日本史・世界史と災害の歴史を表1に一覧してみた。

表をじっくり見ると、災害によって人類の歴史が作られてきたように感じる。14世紀半ば、モンゴル帝国の大交流時代に中国で発生したペストが欧州に渡り、多くの欧州人が命を落としてルネサンスが芽生えた。16世紀には、大航海時代に欧州の天然痘が中南米に移り、アステカ文明・インカ文明の滅亡につながった。1665年には、ロンドンでのペストの

流行が翌年のロンドン大火で収まり、その後のロンドン再生がイギリスの興隆につながった。18世紀には、リスボン地震によってポルトガルが衰退し、アイルランドのラキ火山噴火による飢饉がフランス革命につながった。最近では、1918年～20年のスペイン風邪の流行により全世界で4千万人を超える犠牲者が出て、第一次世界大戦が早期終結している。

自然災害の多い日本では、災害が歴史に与えた影響はさらに大きい。明治政府が編纂した古事類苑に記された改元理由を調べた結果、日本は645年の大化以降、248の元号を持っているが、その約半数は凶事の影響を断ち切るための災異改元だった。ちなみに、明治以降は、代始改元に限られているが、江戸以前には、祥瑞改元、災異改元、革年改元も含め4種類の改元があった。

災異改元に関わる災害には、地震、干ばつ、風水害、飢饉、大火、疫病、兵乱などが

表1 日本と世界の歴史、地震の歴史、その他災害の歴史

出来事		地震災害		その他の災情	
前500年頃	仏教成立、ペルシア戦争	前334年	アレクサンドロス大王東方遠征	前5300年	境界カルテラ噴火
前221年	秦、中国を統一	前202年	前27年 アウグストゥス、ローマ帝国	前429年	アナトリアのペスト
25年	後漢の成立	96年	ローマの五賢帝時代	1055年10月19日	バグダードのペスト
220年	後漢滅亡(魏・呉・蜀)	228年	ササン朝ペルシア	79年8月6日	ヴェスヴィオス火山、ポンベ全滅
375年	ゲルマン大移動	305年	ローマ帝国東西分断	824年	アトス島の噴火(天然痘?)
404年	仏教の伝来	589年	隋、中国統一	850年	エタニアスヌスの伝説
743年	十世紀の法を制定	610年	イムン・イスラーム教の成立	1542年	一鳥島火山
618年	唐の成立	645年	大化の改新		
694年	藤原朝に遷都	701年	国号・日本、大聖嘗行		
708年	長閑の遷都	710年	平城京遷都、元明天皇		
720年	和親の成立	732年	フランク王国、トゥール・バタヴィアの戦い		
743年	聖母年私法制定	751年	フランク王国の戦い、イムンが聖母の御経法を制定		
750年	カルタゴの成立	752年	聖母大寺大司教開講		
800年	カール大帝の冠戴	842年	承和の成立		
843年	フランク王國分断、仏教の普及	858年	藤原良房、摂政		
870年	アムール川が西伯利亚に合流		866年	応天門の火災	
854年	サウス・パルミラ	887年	藤原基経関白、摂政		
894年	東遷の阻止	897年	唐滅亡		
960年	北宋(宋)の成立	962年	オットー		
1086年	白河の乱、院政の開始	1098年	第1回十字軍		
1159年	平治の乱、平治遷都	1192年	第2回十字軍		
1212年	神聖ローマ帝国	1212年	第3回十字軍		
1232年	神武天皇	1271年	第4回十字軍		
1334年	神武天皇	1338年	第5回十字軍		
1368年	明の成立	1399年	第6回十字軍		
1438年	明の成立	1467年	第7回十字軍		
1489年	明の成立	1498年	第8回十字軍		
1493年	明の成立	1498年	第9回十字軍		
1521年	スペインがアステカ征服	1538年	第10回十字軍		
1560年	徳川幕府の成立	1582年	第11回十字軍		
1564年	徳川幕府の成立	1582年	第12回十字軍		
1597年	徳川幕府の成立	1600年	第13回十字軍		
1603年	徳川幕府の成立	1613年	第14回十字軍		
1614年	徳川幕府の成立	1615年	第15回十字軍		
1620年	徳川幕府の成立	1623年	第16回十字軍		
1637年	徳川幕府の成立	1642年	第17回十字軍		
1680年	徳川幕府の成立	1682年	第18回十字軍		
1687年	徳川幕府の成立	1687年	第19回十字軍		
1701年	徳川幕府の成立	1701年	第20回十字軍		
1701年	徳川幕府の成立	1701年	第21回十字軍		
1709年	徳川幕府の成立	1709年	第22回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第23回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第24回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第25回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第26回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第27回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第28回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第29回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第30回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第31回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第32回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第33回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第34回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第35回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第36回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第37回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第38回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第39回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第40回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第41回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第42回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第43回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第44回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第45回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第46回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第47回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第48回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第49回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第50回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第51回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第52回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第53回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第54回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第55回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第56回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第57回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第58回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第59回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第60回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第61回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第62回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第63回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第64回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第65回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第66回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第67回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第68回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第69回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第70回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第71回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第72回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第73回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第74回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第75回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第76回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第77回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第78回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第79回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第80回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第81回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第82回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第83回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第84回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第85回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第86回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第87回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第88回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第89回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第90回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第91回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第92回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第93回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第94回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第95回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第96回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第97回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第98回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第99回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第100回十字軍		

1687年	徳川幕府の成立	1687年	第19回十字軍		
1701年	徳川幕府の成立	1701年	第20回十字軍		
1701年	徳川幕府の成立	1701年	第21回十字軍		
1709年	徳川幕府の成立	1709年	第22回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第23回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第24回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第25回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第26回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第27回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第28回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第29回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第30回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第31回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第32回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第33回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第34回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第35回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第36回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第37回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第38回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第39回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第40回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第41回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第42回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第43回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第44回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第45回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第46回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第47回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第48回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第49回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第50回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第51回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第52回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第53回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第54回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第55回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第56回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第57回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第58回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第59回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第60回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第61回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第62回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第63回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第64回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第65回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第66回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第67回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第68回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第69回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第70回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第71回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第72回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第73回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第74回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第75回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第76回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第77回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第78回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第79回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第80回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第81回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第82回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第83回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第84回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第85回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第86回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第87回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第88回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第89回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第90回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第91回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第92回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第93回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第94回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第95回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第96回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第97回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第98回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第99回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第100回十字軍		

1687年	徳川幕府の成立	1687年	第19回十字軍		
1701年	徳川幕府の成立	1701年	第20回十字軍		
1701年	徳川幕府の成立	1701年	第21回十字軍		
1709年	徳川幕府の成立	1709年	第22回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第23回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第24回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第25回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第26回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第27回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第28回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第29回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第30回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第31回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第32回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第33回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第34回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第35回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第36回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第37回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第38回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第39回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第40回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第41回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第42回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第43回十字軍		
1753年	徳川幕府の成立	1753年	第44回十字軍		

ある。災異改元による元号名と改元に関係した災害の一覧を表2に示す。改元名に「長」「永」「安」の漢字が多く使われていることから、長期の安寧を求めている改元であったことが推察される。また、改元には複数の災害が原因していること、時代によって災異の種類に変化があること、地震による改元は時代によらず一定数あることが分かる。

900年～1400年代は疫病による改元が多い。小氷期などの気候変動によって干ばつや冷害、風水害が発生し、それによって農作物が凶作になって飢饉が起き、その結果、疫病が発生し、社会が混乱して兵乱が生じるといった関係がみられる。一方、江戸時代にな

ると、家屋密集が原因の大火による改元が多くを占める。

地震に関わる改元には、南海トラフ地震では1096年永長東海地震、1099年康和南海地震、1361年正平・康安地震、1854年安政東海・南海地震が、関東地震では1293年永仁関東地震と1703年元禄地震が、内陸直下の地震では1596年慶長伏見地震などがある。とくに、90～150年の間隔で発生してきた南海トラフ地震前後には、西日本広域で内陸直下の地震も頻発するため、歴史の転機となってきた。3回前の1707年宝永地震は、元禄地震の4年後に発生し、翌日に富士宮地震、49日後に富士山の宝永噴火、翌年に京都の大火が起

表2 災異改元による元号と関係する災害の一覧

地火炎風水疾疫飢兵天彗怪御 震災旱災災災瘡饉革變星異慎										地火炎風水疾疫飢兵天彗怪御 震災旱災災災瘡饉革變星異慎										地火炎風水疾疫飢兵天彗怪御 震災旱災災災瘡饉革變星異慎													
天平神護	765									應保	1161									康永	1342												
齊衡	854									長寛	1163									貞和	1345												
延喜	901									永萬	1165									延文	1356												
延長	923									承安	1171									康安	1361												
天慶	938									安元	1175									貞治	1362												
天徳	957									治承	1177									応安	1368												
應和	961									壽永	1182									康暦	1379												
康保	964									文治	1185									嘉慶	1387												
天延	974									建久	1190									康応	1389												
貞元	976									建永	1206									明德	1390												
天元	978									承元	1207									応永	1394												
永觀	983									建保	1214									宝徳	1449												
永祚	989									承久	1219									享徳	1452												
正暦	990									元仁	1224									康正	1455												
長徳	995									嘉祿	1225									長祿	1457												
長保	999									安貞	1228									寛正	1461												
寛弘	1004									寛喜	1229									応仁	1467												
長元	1028									貞永	1232									文明	1469												
長久	1040									文暦	1234									長享	1487												
寛徳	1044									嘉禎	1235									延徳	1489												
天喜	1053									暦仁	1238									明応	1492												
康平	1058									延應	1239									大永	1521												
治暦	1065									仁治	1240									天文	1532												
承暦	1077									建長	1249									弘治	1555												
嘉保	1095									康元	1256									元龜	1570												
永長	1097									正嘉	1257									天正	1573												
承徳	1097									正元	1259									慶長	1596												
康和	1099									弘安	1278									元和	1615												
長治	1104									永仁	1293									慶安	1648												
嘉承	1106									嘉元	1303									万治	1658												
天永	1110									徳治	1307									寛文	1661												
永久	1113									應長	1311									延宝	1673												
元永	1118									正和	1312									宝永	1704												
保安	1120									文保	1317									宝暦	1751												
大治	1126									正中	1324									安永	1772												
天承	1131									嘉暦	1326									寛政	1789												
長承	1132									元徳	1329									天保	1831												
保延	1135									元弘	1331									弘化	1845												
久安	1145									延元	1336									安政	1855												
仁平	1151									正平	1347									万延	1860												
久壽	1154									文中	1372									慶応	1865												
永暦	1160									天寿	1375																						
																				125 28 21 18 9 11 41 12 7 29 61 7 4 13													

きた。その後、正徳の治や享保の改革が行われた。2回前は、1853年の黒船来航直前に小田原地震が起き、翌年の伊賀上野地震に続いて、12月に安政東海地震と南海地震が約30時間の時間をおいて続発した。さらに翌年には飛騨の地震と安政江戸地震、翌々年に安政江戸暴風雨、1858年に飛越地震とコレラの流行があり、井伊直弼が大老に就任し、安政の大獄に至った。前回の昭和の地震前後については後述するが、終戦前後に2年の時間差で東南海地震と南海地震が続発した。

また、500年に一度程度、様々な災害が重なる時期があるように感じられる。津波堆積物調査などから、東北地方太平洋沖では、500年程度の間隔でM9クラスの超巨大地震が起きたと考えられている。過去3回の地震の候補は、869年貞観地震、1454年享徳地震、2011年東北地方太平洋沖地震である。貞観地震前後には、863年疫病の蔓延、864年富士山の貞観噴火、868年播磨国の地震、878年武蔵・相模の地震（相模トラフ沿いの地震の可能性もある）、887年仁和地震（南海トラフ地震）などが起きている。享徳地震後には、1459年長祿・寛正飢饉、1495年明応関東地震、1498年明応地震、1511年富士山永正噴火が起きた。南海トラフ地震や関東の地震、富士山噴火、疫病や飢饉などが重なり、大きな時代の転換期になった。現代も、東日本大震災や新型コロナ禍が起き、南海トラフ地震や首都直下地震、富士山の噴火などが心配されている。科学的ではないが、気にはなる。

3. 明治以降の自然災害と防災・減災の仕組みづくり

日本の歴史上、最も苦難の時代だったのは、太平洋戦争の終戦前後だったと感じる。

大正デモクラシーの時代が短期間で戦争へと進んだ背景には、災禍の続発があったように感じる。明治になって文明開化が花開き、1889年には大日本帝国憲法が制定され、東海道線も全通した。この年に明治熊本地震が発生し、翌々年の1891年濃尾地震が起きた。過去最大規模の内陸直下の地震で7千人を超す犠牲者を出し、西洋から導入された近代建築が大きな被害を受けた。地震後、文部省に震災予防調査会が設置され、地震学と耐震工学の研究が本格化した。1894年に日清戦争が始まり、同年に明治東京地震、庄内地震が発生した。1896年には2万人を超す犠牲者を出す明治三陸地震と陸羽地震が発生した。

1904年に日露戦争が始まり、1905年に日本海海戦に勝利する。その5日後に呉の旧海軍工廠が芸予地震によって大きな被害を受けた。海戦と地震の順が逆だったら、歴史が変わったかもしれない。1906年にはサンフランシスコ地震が発生する。地震調査を行った佐野利器は、RC造建築の耐震性の高さを実感し、1915年に学位論文「家屋耐震構造論」をまとめ、耐震設計の基礎となる震度法を提案した。

大正デモクラシーの時代となり、1914年に第一次世界大戦が始まる。この年には、桜島大正噴火や仙北地震があった。1915年にはアルフレッド・ウェゲナーが大陸移動説を発表する。1917年に東京湾台風による高潮災害があり、1918-20年にスペイン風邪が流行し、国内で約40万人が犠牲になる。そして1923年に関東地震が起き、東京や横浜を中心に10万人強の犠牲者と国家予算の3倍の経済被害を出す。東京では隅田川以東の沖積低地での火災被害が甚大であり、危険地への都市拡大による人災の一面を感じる。東京市長時代に東

京市政要綱をまとめた後藤新平は、帝都復興計画を取りまとめ、現代の東京の基盤を整えた。さらに、1924年に市街地建築物法が改正され、震度法を採用した耐震規定が加えられた。

その後、1925年北但馬地震、1926年十勝岳噴火、1927年北丹後地震、1930年北伊豆地震、1931年西埼玉地震、1933年昭和三陸地震、1934年函館大火、室戸台風、1938年阪神大水害、1939年男鹿地震、1943年鳥取地震、1944年東南海地震、1945年三河地震、枕崎台風、1946年南海地震、1947年飯田大火、カスリーン台風、1948年福井地震などと、大災害が続発した。

民主的だった時代は軍国主義化し、戦争に突入する。太平洋戦争の死者は約310万人であり、マラリアなどの感染症で多くが落命した。震災と戦災で荒廃した国土は、1950年の朝鮮戦争特需で再興した。そして、この年に建築基準法が新たに制定された。

戦後は、風水害が頻発した。カスリーン台風に加え、1948年アイオン台風、1949年デラ台風、キティ台風、1950年ジェーン台風、

1951年ルース台風、1953年西日本水害、紀州水害、昭和28年台風第13号、1954年洞爺丸台風、1958年狩野川台風、1959年伊勢湾台風など、死者千人を超す風水害を毎年のように経験した。伊勢湾台風の甚大な被害を受けて1961年に災害対策基本法が制定され、その後、精力的に治水対策が行われた。その結果、伊勢湾台風以降、死者千人を超える風水害はなく、この間に日本は高度成長を遂げた。ちなみに、昭和後半の地震災害で最大の犠牲者を出したのは1983年日本海中部地震の104人だった。

これに対し、平成の30年間には、阪神・淡路大震災や東日本大震災など、甚大な地震災害が発生した。とくに西日本内陸直下の地震が頻発しており、南海トラフ地震の発生を懸念させる。また、2019年には、本州を直撃した台風として58年ぶりに名前がついた台風が2つ上陸した。

図2に1945年以降の自然災害による死者数の変遷を示す。風水害は、行政による治水対策によって、1950年代には2万人を超えていた犠牲者数が、60年代に約4,500人、80年代

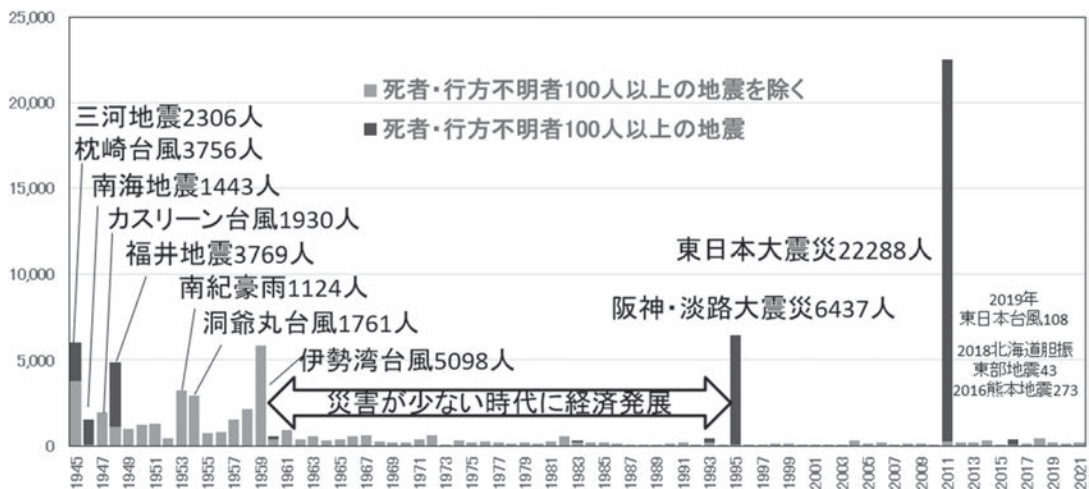


図2 自然災害による犠牲者の変遷

には2千人弱、90年代には約千人に減じられた。これに対し、地震災害の犠牲者数は突出している。これは、地震の場合、多くの被害を民間建築物が占め、対策が耐震化などの民間の努力に委ねられるからだと考えられる。

4. 現代社会のひずみを直視

明治以降、一貫して大都市に人が集まり、近年は首都一極集中が著しい。一般に、大都市を襲う地震では被害が甚大になる。平成の30年間に、M7.3の内陸直下の地震が3つ発生した。1995年兵庫県南部地震、2000年鳥取県西部地震、2016年熊本地震である。最大震度は7、6強、7であり、住家全壊数は104,906棟、435棟、8,667棟、直接死は約5,500人、0人、50人である。3県の人口は約550万人、約55万人、約170万人である。住家被害の差は人口差より大きく、死者の差はさらに大きい。

この背景には、都市のハザードの大きさと、建物の耐震性、同時被災者数の問題がある。大都市は、災害危険度の高い低地や丘陵地に広がり、建物が高層化・密集化している。現行の耐震基準は、基本的に同等の建物の揺れを想定して安全性を検証している。一般に軟弱な地盤や高い建物は揺れやすいので、軟弱地盤上の中層建物は被害を受けやすい。さらに、ライフラインや交通インフラへの依存度も高い。

産業界も問題を抱えている。筆者が居住する東海地域は、我が国随一の産業中核拠点である。日本経済は製造業に依存している。2019年の製造品出荷額は322兆円であり、都道府県別では、愛知県47.9兆円、神奈川県17.7兆円、静岡県17.1兆円、大阪府16.9兆円、兵庫県16.2兆円と上位を占める。東海4

県では81.6兆円に及び、愛知県の中でも自動車産業が集中する西三河地区は27.2兆円にも上る。西三河が被災すると全国の自動車部品生産が滞ることになる。土木学会は、最大クラスの南海トラフ地震が発生すると、20年間で1410兆円の経済被害を生じると発表しているが、これが現実となる。

製造業の地震対策は途上にある。図3に示すように、製造には、建物・設備・技術者・情報システムが必要だが、これらの地震対策は決して十分とは言えない。個々の工場は、部品・素材などの仕入れ先や、製品の納品先が稼働し、ライフラインと物流が健全であることが操業の前提になる。さらに、従業員の出勤には、公共交通機関に加え、保育園・学校・福祉施設など地域社会の健全さが必要となる。

製造業に不可欠な電気と工業用水と燃料は、図4のような相互依存関係にあり、どれかが止まれば全てが止まる。さらに、これらの基盤を、道路や港湾、情報通信が担っている。これらには、様々な官庁、都道府県、市町村、公益企業、民間企業など、多くの組織が関わっており、現状把握が困難になっている。明治用水の漏水事故を教訓に、関係組織が連携してボトルネックを相互に認識し、全体システムの安全性を向上させる必要がある。

例えば自動車産業は、図5のようなサプライチェーンを構成している。3万点の部品を製造する3万社の企業の全てが事業継続し、発注情報を流す情報通信、部品や完成車を運搬する物流が健全で、全ての工場につながるライフラインが健全である必要がある。さらに港湾や海運が無ければ海外の工場が停止し完成車の輸出もできない。

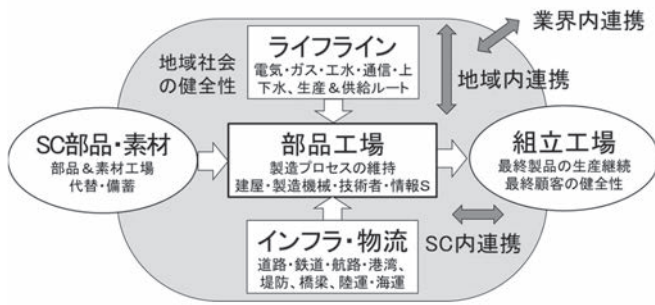


図3 製造業の事業継続のための基本構図

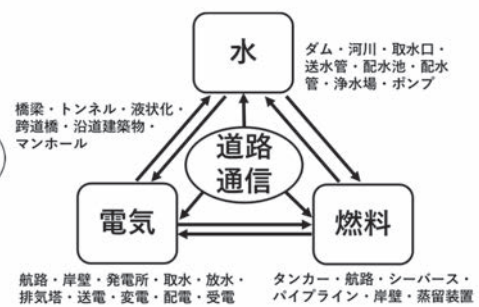


図4 水、電気、燃料の相互依存

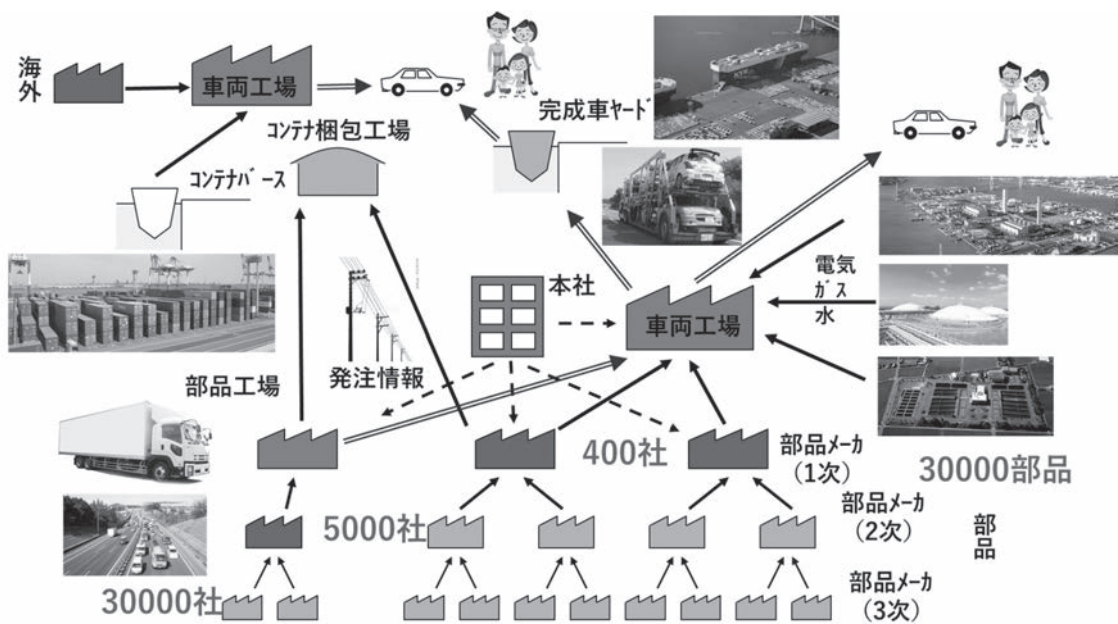


図5 自動車産業のサプライチェーン

しかし、ハード対策は余り進んでいない。近年、自治体から緊急輸送道路沿いの既存不適格建物の耐震診断結果が公表されつつある。これらの耐震診断義務付け建物のうち耐震性がある建物の割合は、東京都約5割、大阪府約3割、愛知県約2割、というのが現状である。役所が保有する防災拠点に比べ、民間建物の対策の遅れが目立つ。また、先に述べたように、水、電力、通信などの社会基盤の脆弱さも露呈しつつある。産業界の現状

は、社会機能の全体像を把握できておらず、集团的対策の必要性が認識されず、サプライチェーン対策が進んでいない状況と言える。このため、大会社といえども設備のハード対策が進んでおらず、とくに経営資源が不足する中小企業の対応が大きく遅れている。中小企業対策については、2019年に中小企業強靱化法が作られて支援が始まったが、産業界全体の対策は遅滞している。

5. 南海トラフ地震の被害様相をイメージし国難を回避

東北地方太平洋沖地震での被害様相は、原発事故を除いて、南海トラフ地震でも想定していたものだった。津波による膨大な死者、沿岸のエネルギー施設や港湾施設の被害、丘陵地の宅地造成地の土砂災害や旧河道や埋立地の液状化、ため池の堤防決壊、長周期地震動による高層ビルの揺れ、工場設備の被災、天井などの落下や家具転倒、大都市での帰宅困難、電力不足による計画停電、ガソリン供給不足による物流や通信の障害、サプライチェーン（SC）に依存する製造業の停止などである。震災での甚大な被害を受け減災の大切さが認識された。しかし、震災から12年が経ったが、高台移転などの事前復興は進まず、首都一極集中は止まらない。首都圏では沿岸低地に高層ビルが建設され続けている。通信、電力、都市ガスの自由化が進み、ライフライン企業の安全投資も難しい。少子高齢化が進み、債務も増え、社会インフラ整備も遅れており、国土強靱化、地方創生なども実効性が十分ではない。

そういった中、南海トラフ地震の発生が心配されている。最大クラスの地震が発生すると、最悪、死者32万3千人、全壊家屋240万棟、経済被害220兆円が想定されている。直前予知は難しいとされているが、東北地方太平洋沖地震では、地震発生に先立って、2月にM5クラスの地震が多発し、スロースリップも起きていた。2日前にはM7.3の前震が発生し、スロースリップが続く中、M9.0の超巨大地震が発生した。当時は、スロースリップを早期検知する観測体制は整っていなかったため、地震前には明確な前兆現象は指摘されなかった。

一方、南海トラフ沿いでは海底の観測網が整備され、異常な観測データの検知ができつつある。このため、震源域で異常な現象が観測された場合に、気象庁が南海トラフ地震臨時情報を発する仕組みが作られた。臨時情報には、調査中、巨大地震警戒、巨大地震注意、調査終了の4種類があり、東海地震と南海地震のどちらかが単独発生した場合には、臨時情報（巨大地震警戒）が発表され、特別な対応が行われることになった。本稿では臨時情報の中身については言及しないが、詳しくは気象庁のホームページなどを参照されたい。現状は、地震発生の可能性が高まったことは指摘できても、地震がいつどこで起きるかは分からない。臨時情報発表時には命を守ることを優先しつつ社会機能を維持し、先発地震の被災地支援に全力を挙げつつ、後発地震に備えることになる。

臨時情報に関しては、発表の仕方や報道の在り方、海外への情報提供、地震保険、海外からの大型船の対応、船舶の出船係留、危険作業やエレベーターの対応、土砂災害警戒地域や未耐震建築物への対応、社会インフラの安全性の事前開示、防災拠点や医療・福祉・教育機関の機能維持など課題は多い。先発地震で大きな被害を受ければ、後発地震を前に為替や株価の変動も懸念される。突発地震を前提とした事前対策が肝心だと言える。

以上のことを勘案すると、南海トラフ地震前後には、社会の様相は下記のようになると想像される。想定外の事態を避けるため、事前に様々なシナリオを考え、対策を行いたい。

- ① 地震発生の仕方に多様性がある。西日本の地震活動が活発になり、富士山噴火もあり得る。

- ② 臨時情報発表時、海外の見方によっては、大型船の入港、為替・株価への影響が懸念される。
- ③ 震源域が陸域に及ぶため広域に強い揺れが襲い、続いて高い津波が早く到達する。
- ④ 強い揺れでの家屋倒壊と津波によって、大量の死者・負傷者が発生する。
- ⑤ 強い揺れで堤防が破堤し海拔ゼロメートル地帯が長期湛水する。
- ⑥ 各地で大規模土砂崩れが発生し道路・鉄路閉塞が起き、孤立や堰止湖などが生じる。
- ⑦ 長周期地震動により、超高層建物やタンクなどが被災する。
- ⑧ 消防力不足と道路閉塞で、木造密集地域で火災が発生し、大規模に延焼拡大する。
- ⑨ タグボート不足で停泊船の津波避難が遅れ、油や積荷が流出する。
- ⑩ 湾岸の重要施設が被災し、電力、ガス、燃料が不足する。その連鎖で水の供給も滞る
- ⑪ 浚渫船の不足で航路啓かいに時間を要し、湾岸のエネルギー施設の再開が遅れる。
- ⑫ 物流途絶、ライフライン停止、SC破綻、復旧資源不足などで、産業が深刻な被害を受ける。
- ⑬ 多くの災害拠点病院が津波・液状化で機能を失い、物流途絶で医療SCも破綻する。
- ⑭ 医・食・住の不足、瓦礫処理遅滞、衛生環境悪化で、感染症も含め大量の関連死が発生する。
- ⑮ 復旧期間の長期化により、風水害との複合災害が発生する。

6. 国の在り方を考え、地域主体の公民連携で震災を乗り越える

世界では、気候変動と人口増で食糧難などが懸念されている。ウクライナ侵攻によって燃料不足の問題も発生した。一方で、カーボンニュートラル（CN）やデジタルトランスフォーメーション（DX）が叫ばれ、コロナの終息後は従来とは異なる世界が予想される。そんな中、日本は国難ともいえる南海トラフ地震などの自然災害とも向き合う必要がある。被害規模は甚大で、公の力には限界がある。縦割りを打破し、地域ごとに官民が連携して対処することが不可欠である。縦割りを打破し、集团的に事前対策を進めるしかない。

対策の基本は、孫子の格言「彼を知り己を知れば百戦殆うからず」にある。災害を正しく恐れ、社会の災害病巣を検知し早期に治癒すれば、災害を未然に防ぐことができる。見たくないことを直視して、組織の垣根を越えて本音を語りあい、問題の本質を見抜き、本気で対策を講じる必要がある。

地震被害の主因は民間建物の被災にある。行政による治水対策が効果的な水害とは異なり、地震では、民主体の事前対策が基本になる。長期的課題ではあるが、危険度の高い住宅地や工場団地、災害拠点病院などを危険度の低い場所に移転させると共に、同時被災を避けた産業再配置などの機能分散が必要である。また、民間建物の耐震化を抜本的に強化する必要がある。

社会の基盤を支えるインフラやライフラインの強化も必要である。ESG投資などを活用し、民間資金も取り入れて対策すべきである。老朽化施設の耐震強化に加え、バイパスや代替手段の確保も必要である。水で言え

ば、流域間の融通や上水・工水・農水間の融通が、電気と言えば再生可能エネルギーや蓄電池、EVの活用が、通信と言えば通信会社間でのローミングなどを進めたい。

南海トラフ地震では、被害量に比べ対応資源が圧倒的に不足する。限られた資源で被害波及を最小化し早期回復するために、DXを活用する必要がある。災害後の支援の仕組みも事前に作っておくべきである。対口支援の自治体を予め決め、震災前から人事交流を図り、相互に復興戦略を共有しておけば、早期回復が可能となる。さらに災害後には、被災地外の建設事業を止め、被災地復興に集中し、限られた建設資源を活用すべきである。災害後に復興計画を作っているようでは復興が遅れる。震災前に国土レベルの復興計画を作っておく必要がある。災害復興は、未来につながる国土作りの好機でもある。南海トラフ地震後のよりよい復興が日本の将来を決する。

「為せば成る、為さねば成らぬ何事も、成らぬは人の為さぬなりけり」（上杉鷹山）と言う。以前には夢だったスマートフォン、IoT、クラウドコンピューティング、太陽光発電、蓄電池、電気自動車などが普及し、自動運転なども実現しつつある。コネクテッドカー搭載センサーなどのビッグデータの災害時活用も想定される。防災・減災を新たな挑戦の機会と捉えたい。持続発展する未来社会を実現できれば、「災い転じて福となす」ことができる。あかるく、たのしく、まえむきに、あ・た・まを使っていつてはどうだろうか。

災害が多い国だからこそ新たな発想の防災産業を育成できる。最近増加している関係人口の力も借りて、各地に防災・減災のシンク

タンクを作り、地域主体での産官学連携を促し、地域企業のコレクティブ・インパクトによって、特徴ある地域の未来を拓いていつてはどうだろうか。デジタル社会は東京一極集中を是正し、地域を活性化する。カーボンニュートラルは防災減災と表裏の関係にもある。持続発展可能な日本社会を作り、次世代に豊かな日本を引き継ぐ好機ではないだろうか。

そのために、着眼大局着手小局の態度で足元から実践したいと考えている。筆者も田畑に囲まれた田舎の集落に居住し、テレワークで健康生活を送りつつ、小さな畑、4つの電池と井戸を整備し、自立住宅化を進めており、大地震でライフラインが途絶しても親類や隣近所の役に立つように準備をしている。

気候変動による極端気象の変化と ハザード評価

京都大学防災研究所教授

竹見 哲也



1. はじめに

最近、雨の降り方や雨の量が変わってきているのではないか、ということを感じる機会が増えているかもしれない。日本および世界の気候変動の長期変動を分析した報告¹⁾によると、1901～2021年という長期間の傾向として、日降水量が100mm以上や200mm以上といった大雨の発生頻度（年間の発生日数）は有意に増加している。また、1時間雨量といったより短期の雨の降り方（降水強度）についても、1時間あたり50mmや80mmといった基準を超える強雨の頻度が増大していることが示されている。時間雨量50mmや80mmの雨とは、気象庁の予報では、「非常に激しい雨」や「猛烈な雨」と表現されるような災害発生の危険性の高い豪雨である。このように、実際の過去のデータから、長期傾向として、災害リスクの高い大雨の頻度が増大しているのである。

こういった雨の変化に呼応するかのよう
に、豪雨災害が激甚化しているように感じる。気象庁では、顕著な災害を引き起こした自然現象に固有名詞を付けて呼称することとしている。歴史的な事象で言えば、気象現象としては1959年の「伊勢湾台風」、地震現象としては1960年の「チリ地震津波」が挙げられる。こういった名称が付与された気象現象は、最近5年程度では、平成29年7月九州北部豪雨、平成30年7月豪雨（いわゆる西日本

豪雨）、令和元年房総半島台風（台風15号）、令和元年東日本台風（台風19号）、令和2年7月豪雨が発生している。こういった名称が付与されていない事象でも、2018年台風21号による強風災害、令和3年7月の熱海での土石流災害や8月の全国的な豪雨、令和4年8月の北日本から北陸地方での豪雨など、極端な気象現象による風水害が発生している。

こういった激甚化するように見える気象災害は、将来の地球温暖化が進行した場合にはどのようなのか、また、こういったことを想定して気象災害に備えていかなければいけないのか、ということが現実的な課題になっている。ここでは、地球温暖化という将来の気候変動の影響により、極端な気象現象がどうなっていくのか、またそれによるハザードにはどのように対処していくべきなのか、といった点について述べる。

2. 最近の気象災害の実態

1節で言及した通り、最近は固有名詞が付与された事象を含めて、極端な気象災害が頻発しているように思われる。とりわけ、2018年台風21号による災害は、1兆円を超える保険金支払額を記録している被害が発生した²⁾。この保険金支払額の記録は、過去の風水害被害記録のうち第1位のものである。風水害被害による保険金支払額の第2位の記録が令和元年東日本台風で、2018年台風21号の

支払額の半分程度であり、台風21号の被害がいかに激しいものであったかが分かる。

保険金支払額というのは、損害保険制度にも依存するため、被害の状況を捉える上では一面的なものである。そこで、自然災害による公共土木施設・農林水産業関係・文教施設関係・厚生施設関係など施設関係全般への被害という側面で見してみる。防災白書の昭和56（1981）年以降の統計³⁾によると、昭和末期から平成前半にかけてこれら施設関係への被害額が低減しているものの、平成20年代以降は徐々に増加しているように見える（図1）。施設関係への被害という面で見ても、最近の被害が増大しつつあると言える。令和元年には、房総半島台風や東日本台風による風水害が顕著であり、台風による被害額は8369億円、豪雨による被害額は815億円に達した⁴⁾。令和2年には、台風による被害が316億円、豪雨による被害が5335億円であった³⁾。このように、保険金支払額で見ても、施設被害額で見ても、最近の気象災害の影響は激甚化していることが強く懸念される。

気象防災の第一の目標は、犠牲者数をゼロ

とすることである。では、気象災害による犠牲者の数は、減少傾向にあるだろうか。図2は、防災白書の統計³⁾による気象災害による死者・行方不明者数の平成5（1993）年以降の年毎の推移を示したものである。ここで気象災害とは、風水害と雪害の合計のことを意味している。この年毎の推移を見ると、いくつかピークがあるのが分かる。これらのピークは、平成16（2004）年は上陸した台風が観測史上歴代1位の年間10個に達したこと、平成23（2011）年は台風12号により紀伊半島で記録的な大雨が発生したこと、平成26（2014）年は8月に全国的に大雨となり広島で土砂災害が発生したこと、平成30（2018）年は西日本豪雨や台風21号が発生したことなどに対応している。こういった特異な事象があるのを考慮しても、この約30年間で気象災害の犠牲者の数が減っているとは言い難い。むしろ、逆に増えているような兆しも見てとれるのである。

ここまで述べた通り、過去の実績として、長期的に大雨の頻度が増加傾向にあること、そして近年の人的・物的被害が決して減少傾

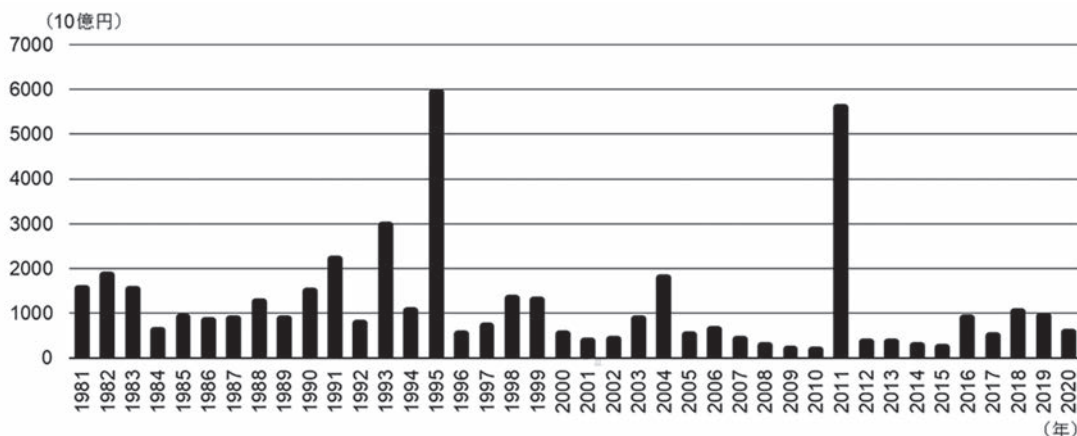


図1 昭和56（1981）年から令和2（2020）年の施設関係等被害額（単位：10億円）。防災白書³⁾より作図

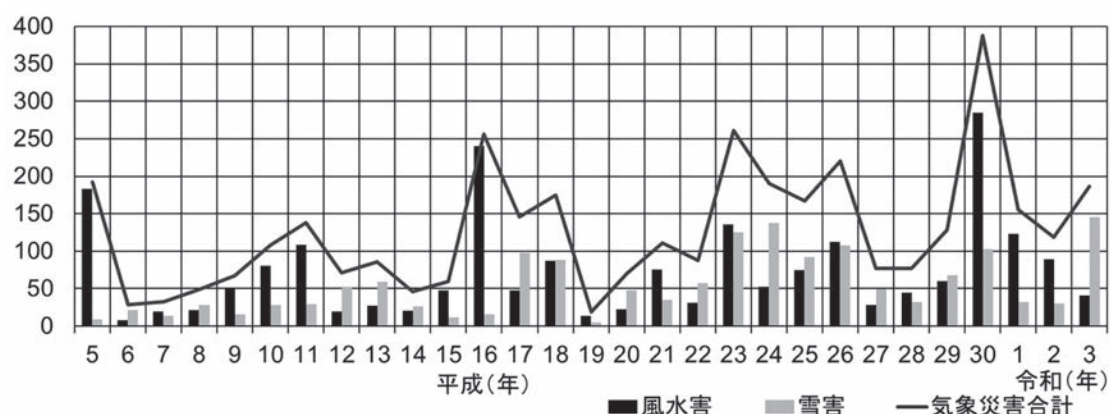


図2 気象災害（風水害および雪害）による年間の死者・行方不明者数。防災白書³⁾より作図

向にあるわけではないことを考えると、将来の地球温暖化によって極端気象がより強大化することで、気象災害はより激甚化するのではないかと容易に想像できる。次節以降では、最近の極端気象の特徴および気候変動による極端気象の影響について述べる。さらに、将来はどのような気象ハザードに備えるべきかについて論じる。

3. 近年の極端気象とその気候変動影響の評価

3.1 平成30年7月豪雨

2節で示した図2より、最近の30年間に於いて最も犠牲者の数が多かったのは平成30（2018）年である。この年には、西日本豪雨、台風21号といった極端な豪雨・台風が発生し、社会に大きな影響を及ぼした。特に西日本豪雨では、271名³⁾もの死者・行方不明者があった。本節では、この西日本豪雨を中心に、気象状況の特徴と気候変動の影響について分かっていることを概説する。

2018年西日本豪雨の約1年前には、九州北部で豪雨が発生（平成29年7月九州北部豪

雨）し、九州北部で大きな災害が生じた。この九州北部豪雨では、積乱雲が線状に組織化したメソ対流系が停滞し、長時間持続したことで、6時間以上にもわたって豪雨が発生したことで災害に至った^{5, 6)}。九州北部豪雨は、線状降水帯が形成された事例であり、社会的にも大きな影響を与えた災害として、今後も記憶されるべき事象である。図3は、九州北部豪雨と西日本豪雨の際の総雨量の分布を示す⁷⁾。それぞれの豪雨の雨の降り方の違いがよく分かる。九州北部豪雨では大雨の発生地域は九州北部を中心とした限られた範囲であったのに対し、西日本豪雨では日本全国の広域で豪雨が発生して多数の気象観測地点で長時間の降水の記録が更新されたことが特異であった⁸⁾。

ある特定の場所で降る雨の総量は、

$$(\text{総雨量}) = (\text{雨の継続時間}) \times (\text{雨の強さ})$$
 であるため、短時間の雨の強さがどんなに強くても、雨がある程度の時間間隔で継続しなければ、西日本豪雨のような600mm、800mm、さらには1000mmを超えるような大雨にならない。では、なぜ、長時間も持続する集中豪雨

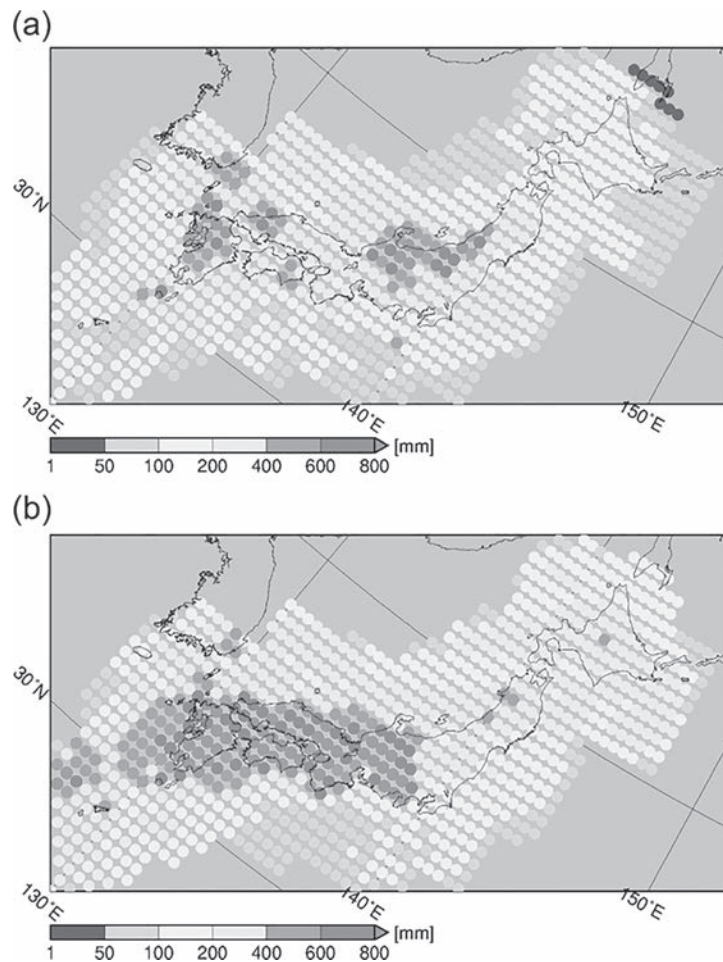


図3 平成29年7月九州北部豪雨（上）および平成30年7月豪雨（下）の際の一週間の総雨量⁷⁾.

©The Author(s) 2021. CC BY 4.0

のような大雨が発生したのだろうか。その理由の一つは、広域（総観規模）で長時間にわたって同じような気象場が持続し、梅雨前線が停滞したことである。場自体の停滞性という必要条件が満たされた状況であった。そして、その広域の場において、極めて大量の水蒸気量を含む気流が東シナ海上を帯状に東進して、西日本に流入した⁹⁾。また、この気流は、対流圏の下層から上層にかけて相対湿度が極めて高く、降水雲が発生しやすい状況を西日本から中部地方の各地に生み出してい

た¹⁰⁾。

大気中に含まれる水蒸気量が多ければ多いほど、地上に降る雨の量も増えることになる。そのため、大気中に含まれる水蒸気量を単位面積あたりの上空の水蒸気の総量で評価すると、今回の豪雨の特異性もよく分かる。過去の停滞性降水系を対象とした統計¹¹⁾によれば、単位面積あたりの水蒸気総量は、60ミリ程度が最も高頻度で出現し、70ミリを超えた場合はかなり頻度が少なく、80ミリを超えるのは極めて稀であることがわかってい

る。この統計に比べると、西日本豪雨では、7月5～7日の3日間で平均して60ミリを超え、最も多い場所では70ミリを超えて80ミリ程度にまで達する極めて大きな数値を示していた。

このように大量の水蒸気が大気中に含まれるのは、大気相対湿度が極めて高いことが条件の一つである。この条件自体は、梅雨期、特に梅雨期末期にはしばしば見られる。したがって、高湿度の条件そのものは特異だったというわけではない。一方、水蒸気量が多くなる状況は、相対湿度が高くなる時のほか、気温が高くなる時にもしばしば現れる。気温の高さは、今回の豪雨時の全般的な気象状況が決められていると考えられるものの、より長期で進行する地球温暖化の影響も無視することはできないであろう。

このように水蒸気が豊富で多湿な気流によって、西日本を中心に広域で停滞性の降水雲が発生したのである。図4は、九州北部豪雨と西日本豪雨の時に見られた停滞性降水系の発生分布を示す⁷⁾。西日本豪雨の場合に、より広域で停滞性降水系が発生していたことが分かる。西日本豪雨では、こういった停滞

性降水系が同時多発的に西日本から中部地方を中心にして発生したことで、広域で集中豪雨による災害が発生したのである。

図4では、九州北部豪雨と西日本豪雨という二つの事例について停滞性降水系の出現分布を示した。8年分に及ぶ気象レーダーのデータから多数のサンプルを収集して実施した統計的な解析¹¹⁾によれば、暖候期（5～10月）において停滞性降水系の発生頻度が高い地域は、中部地方内陸部、近畿地方、中国地方、四国地方、九州地方であることが分かっている。言い換えると、これらの地域は停滞性降水系が発生しやすい場所であると言える。図4の分布は、停滞性降水系やそれによる線状降水帯が統計的に発生しやすい場所に対応していることから、地域特性を考慮して停滞性降水系による大雨に備えることの重要性を示唆している。

3.2 極端気象の気候変動影響評価

地球温暖化は、産業革命以降の工業化や経済活動の発展に伴い、確実に進行している。気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の最新の第6次評価報告書で、過去の地球温暖

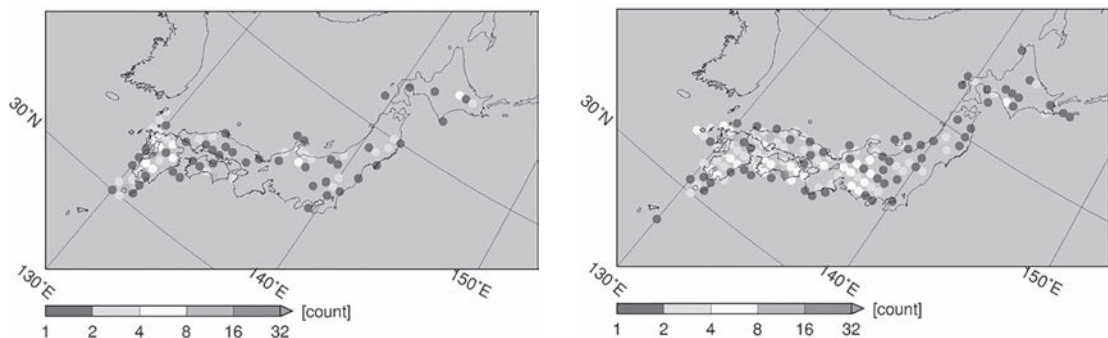


図4 平成29年7月九州北部豪雨（左）および平成30年7月豪雨（右）の際の停滞性降水系の発生分布⁷⁾。

©The Author(s) 2021. CC BY 4.0

化が人為起源によるものだということが科学的に確かであると結論付けられている。気象庁の報告¹⁾でも、過去の地球温暖化の傾向が観測データから示されており、世界の平均気温は100年あたりで0.73℃の上昇、日本の平均気温は100年で1.28℃の上昇となっている。2015年の国連気候変動枠組条約締約国会議で採択されたパリ協定では、世界共通の長期目標として気温上昇の幅を2℃以内とし、1.5℃に抑える努力を追求することが合意された。これらの気温上昇は、産業革命前の1850年を基準としていることから、パリ協定を達成するために今後余裕のある昇温幅は限られていることに留意すべきである。

将来の地球温暖化がどこまで進むかは、今後の社会経済活動がどうなっていくかという見通しとともに、それに伴う温室効果ガスの排出がどうなっていくのかという気候シナリオに依存する。IPCCの第6次評価報告書では、いずれのシナリオであっても、2050年頃には最低でも1.5℃の昇温が予測されている。その後の温暖化は、まさに今から将来にわたる温室効果ガス排出量に依存するものの、カーボンニュートラル社会の実現を先送りしてしまうと、後戻りできないほどに温暖化が進行してしまう。そして、2030年頃までは気候シナリオによる違いはあまり顕在化しないと予測されていることから、温暖化対策の効果はすぐに表れないことにも留意しなければならない。言い換えると、効果が可視化されないからといって、2050年のカーボンニュートラルを実現するための具体的な対策を先送りするのではなく、今から直ちに着実に対策を進めなければならないのである。

将来の温暖化対策としては、パリ協定を守るため、昇温幅を抑えるための技術開発や社

会経済システムの構築といった緩和策とともに、温暖化時に予想される気象の極端化や風水害等への適応策とを両輪として進めることが大事である。そこで、極端な気象現象の温暖化影響を定量的に評価することが、気候変動適応の計画づくりに欠かせない情報となる。

気候変動影響を評価するために、世界各国で研究開発が進められている気候モデルによる大規模数値シミュレーションによる予測が必要不可欠である。特に、社会・産業・経済などへの災害による影響を評価する上では、2018年の西日本豪雨や2018年台風21号といった激甚な災害を引き起こした事象を最悪のシナリオとして、それが温暖化によってどう変化するのかを定量的に評価することが大切である。同時に、そういった極端な事象の再現期間や発生確率を評価することも重要である。こういった気候変動影響評価のための気候モデル予測データとして、「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベースdatabase for Policy Decision making for Future climate change (d4PDF)」が開発された¹²⁾。100アンサンブル、総年数5000年におよぶ気候モデル予測実験のデータが作成され、確率的に低頻度で発生する極端な気象現象の発生要因を定量的に評価したり、予測の不確実性の幅を評価したり、工学的な設計に求められるような再現期間や発生確率の評価に利用されたりしている¹³⁾。

d4PDFでは、過去（過去実験）と将来（将来予測実験）の気候計算に加え、過去に温暖化がなかった場合の自然状態の気候計算（非温暖化実験）もなされている。そこで、過去実験と非温暖化実験のデータを使えば、両者の差から、過去の温暖化がなかった場合に極

端な気象現象が起こりえたのか、換言すれば、極端現象の原因は温暖化にあるのか、といったことを調べることが可能となる。

d4PDFの過去実験と非温暖化実験のそれぞれで大規模アンサンブルのデータが利用できるため、何らかの気象変数の確率分布が得られる。例えば、2018年の西日本豪雨の直後に全国で発生した猛暑が、過去の温暖化の影響がどの程度寄与していたのかといったことを定量的に調べることが可能となる。そこで、猛暑の状況を表す指標として日本域で平均した850hPa（高度約1.5km）での気温を用いて、過去実験と非温暖化実験のそれぞれの場合の850hPa気温の確率密度分布を示したのが図5である¹⁴⁾。再解析データJRA55による2018年7月の850hPa気温を実際に生じた猛暑の基準値とすれば、このJRA55の気温を超える確率は過去実験では19.9%であるのに対し、非温暖化実験では $3.31 \times 10^{-5} \%$ に過ぎない。つまり、過去の温暖化がなければ2018年7月の猛暑は起こりえない、と言える

のである。

このように、d4PDFの過去実験と非温暖化実験、あるいは過去実験と将来実験との差を調べることにより、特定の事象の温暖化影響を定量的に評価することが可能となる。図5では、猛暑を調べていることから、気温という気象要素を対象としている。一方、降水の場合には、局地的な効果が大きいことから、積乱雲など降水雲を陽に表現できる解像度へとダウンスケールする必要がある。特に、降水雲の空間スケールが数km程度であることから、降水を定量的に評価するためには領域気象モデルを用いた力学的ダウンスケールが必須である。

こういった考え方から、顕著な気象災害をもたらした事象を「最悪シナリオ」として、その温暖化影響を調べる手法に関する研究が進展してきた^{15, 16, 17, 18, 19)}。実際に起きた顕著な気象現象の気象場は、日々の天気予報に使われる数値気象予報モデルによる出力値である「解析値」や過去から現在までの気象状態

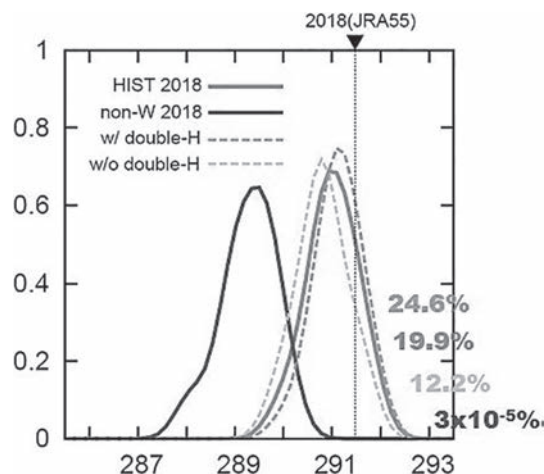


図5 d4PDFデータを用いて日本域で平均した850hPaでの気温の確率密度分布：過去実験（灰色実線）と非温暖化実験（黒実線）¹⁴⁾。JRA55による2018年7月の場合を点線で示す。

©The Author (s) 2019. CC BY 4.0

を復元した「再解析値」といった格子点上のデータ（GPV）により再現できる。また、気候モデルシミュレーションによる現在気候と将来気候の差分から、気温・水蒸気量・海面水温など要素毎に温暖化の増分（温暖化差分）が求められる。例えば、d4PDFの過去実験と将来実験との差分を要素毎に求める。この温暖化差分を実際の気象場に加算することで、擬似的に温暖化した気象場を作成することができる。この温暖化気象場を初期条件・境界条件として領域気象モデルによるダウンスケールを行うことで、仮想的に温暖化した場合の極端気象による豪雨や強風の状況を定量的に評価することができる。例えば、1959年の伊勢湾台風の気象場を再解析値から復元し、それに温暖化差分を加算してダウンスケールすることにより、仮に地球温暖化した状況で伊勢湾台風級の台風が発生したらどこまで強大化し、その風水害はどこまで激しくなるのか、といった想定が可能となるのである。この手法は、擬似温暖化実験と呼ばれる。差分データを過去実験と非温暖化実験の差から算出すれば、擬似非温暖化実験となる。

この擬似温暖化実験の手法を用いて、

RCP8.5温暖化シナリオ（21世紀末に世界の平均気温が約4℃上昇）の場合に伊勢湾台風がどのように変化するかを調べた²⁰⁾。表1にその結果をまとめる。表1の結果を見ると、まず再現実験では、観測値（気象庁ベストトラックデータ）と比べて伊勢湾台風を良く再現していることが分かる。擬似温暖化実験から、伊勢湾台風級の顕著台風は、最盛期でも上陸時でも将来の台風の強度は強まることが分かる。また、海面水温のみを温暖化差分として加算した場合には、台風の中心気圧は最盛期で860hPaを下回り、上陸時でも900hPaを下回るという異常な強さとなる。この異常な強さは、温暖化時の大気の安定化という抑制効果がないため、最悪の場合にここまで発達するという上限とみなすこともできる。温暖化条件で台風の強度が増すことによって、風速の影響を強く受ける高潮・高波のリスクは増大する。雨量も、木曾三川や淀川といった流域圏の空間規模で評価すると、期間の総雨量と最大時間雨量とは温暖化条件で増大する。ただし、ここでは経路が違うことによる影響は考慮していない。仮に台風の強度が強まったとしても、経路が変化すると、ある地域で見た風水害ハザードは逆に弱まることも

表1 伊勢湾台風の再現実験および擬似温暖化実験（PGW）による最盛期と上陸時の台風強度。中心気圧と最大風速の単位はそれぞれhPaとm/s。擬似温暖化実験では、海面水温（SST）と気象場（ATM）の双方を温暖化差分とした場合（SST+ATM）とSSTのみを温暖化差分とした場合（SST）の二通りある。上陸時とは北緯33度線を越えた時としている。

時期		最盛期		上陸時	
台風強度		中心気圧	最大風速	中心気圧	最大風速
観測値		895	—	929	—
1959年再現		899.5 – 909.0	55.4 – 61.8	926.2 – 932.7	46.4 – 50.4
PGW	SST+ATM	879.4 – 898.1	64.6 – 66.5	912.7 – 929.5	49.8 – 55.1
	SST	859.7 – 876.8	71.1 – 73.3	887.8 – 892.4	58.1 – 61.1

ありえる。台風災害を考える上で、地域で見たときの台風の最悪経路も考慮することが大事である¹⁸⁾。

最近の顕著な風水害である西日本豪雨の場合には、豪雨に及ぼす温暖化影響はどの程度のものであろうか。西日本豪雨への温暖化影響を評価した研究²¹⁾によれば、1980年以降の温暖化傾向（6～8月の平均気温は0.96℃上昇）を除去した擬似非温暖化実験と実際の再現実験とを比較することで、西日本豪雨の雨量は約7%増加していることが分かった。

この7%という数字は、水と水蒸気とが平衡状態にあるときの水蒸気圧の温度依存性を与える関係に基づく。この関係は、一般に、気体と液体とが平衡状態にある時の蒸気圧が温度によって変化する割合が体積変化や潜熱によって決まるという関係式、クラウジウス・クラペイロンの式によって与えられる。クラウジウス・クラペイロンの式というのは、水で言えば、中学校理科で学ぶ飽和水蒸気量曲線のことである。飽和水蒸気量曲線は、温度によって飽和水蒸気量が増加する、というものである。この曲線の傾きは、温度が高くなるとともに徐々に大きくなるものの、暖候期の気温の場合には1℃上がると飽和水蒸気量がおおむね7%上がる、となっている。

飽和水蒸気量曲線は、水蒸気量の関係であって、降水量と直結するわけではない。そうであっても、過去40年近くの温暖化傾向（約1℃の上昇）によって西日本豪雨の雨量が約7%の割合で増加していたという評価は、飽和水蒸気量曲線による見積もりがある程度有効であることを示唆している。

一方で、気温が上昇すれば飽和水蒸気量が増加するから、気温が上昇すればするほど加

速的に降水量も増加する、というほど物事は単純ではない。水蒸気が凝結して雲になり、雲の内部で雲水や雨水が形成され、地上に雨が降る、という過程において、様々な物理機構が関与しているからである。こういった複雑な物理があるとは言うものの、降水量の気温への依存性についての規則性を見出すことができれば、温暖化影響評価には有用である。

2017年の九州北部豪雨と2018年の西日本豪雨を対象として、RCP8.5温暖化シナリオによる将来予測実験と現在気候の再現実験との温暖化差分から擬似温暖化実験を行い、降水の気温依存性を調べた研究²²⁾によれば、降水強度が違うとその気温依存性も異なることが分かった。災害という立場からは、強い降水の挙動が大事であることから、時間雨量50mm以上の激しい降水の場合で調べた結果、現在の気候条件では気温が22℃に上るまではクラウジウス・クラペイロンの式に従い、擬似温暖化条件では24℃まではクラウジウス・クラペイロンの式に従うことが分かった。しかし、それ以上の気温になると、気温上昇に対する降水強度の増加率は下がることが分かった。図6は、時間雨量が1mm以上・10mm以上・50mm以上の各閾値を超える降水の強さが気温によってどのように変化するかを表したものである。特に、閾値毎のサンプルのうちの99パーセンタイル値について、再現実験の場合と擬似温暖化実験の変化率を示している。気温が上がるほどクラウジウス・クラペイロンの式による上昇率から乖離していくことが分かる。図から、降水強度にはピーク値があることが分かり、現在気候条件では25℃で1時間あたり約140mm、擬似温暖化条件では27℃で1時間あたり約160mmである。気温が

高温になると、99パーセンタイル値という極端降水の強さは弱まっていくことが分かる。気温に対して降水強度が増加傾向にある範囲で評価すると、降水強度は、現在気候条件では1℃上昇につき3%の増加、擬似温暖化条件では1℃上昇につき3.5%の増加と見積もられる。こういった数値は、中庸の評価という位置づけとして参照されるであろう。

よく知られていることとして、温暖化気候では、大気が安定化して積乱雲の発達全般に抑制される傾向にある、ということが挙げられる。これは、気温が上昇することで水蒸気量が増加するという積乱雲発達の促進効果と相反するものである。温暖化した場合に豪雨や台風の強さがどのように変化するのかについて理解するためには、こうした抑制効果と促進効果という両者が絡み合っ豪雨や台風の強さが決まっており、特に極端な現象の場合には注意深く評価することが必要不

可欠である。そのため、クラウジウス・クラペイロンの式による評価は第一近似的な見積りとしては有効であるものの、より詳細には、領域気象モデルによるダウンスケール実験といった精緻な手法で評価することが望ましい。

2017年九州北部豪雨や2018年西日本豪雨を対象とした擬似温暖化実験から得られた1℃あたり3%ないし3.5%という極端降水の増加率²²⁾は、現在気候や将来気候といったそれぞれ同一の気候条件で見られる降水強度の気温依存性を示したものである。一方、西日本豪雨の擬似非温暖化実験で得られた1℃あたり降水強度7%増加²¹⁾という評価がある。こういった結果から、地球温暖化といった長期の気候変動の影響は劇的な変化を生み出す可能性もあるということが示唆される。

近年のもう一つの顕著な豪雨災害として、2019年台風19号による豪雨災害（令和元年東

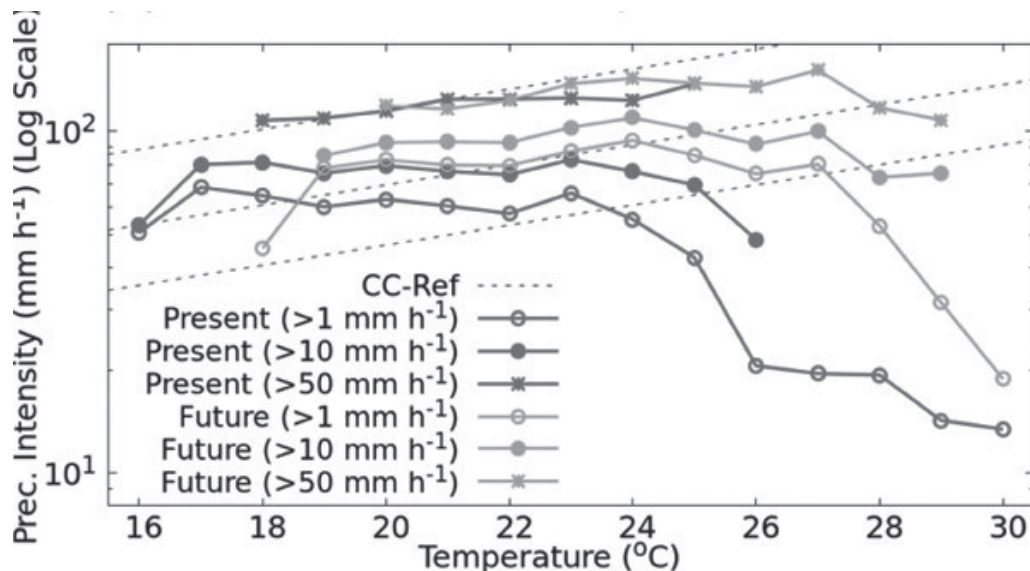


図6 現在気候（Present）および擬似温暖化気候（Future）での閾値以上の降水の99パーセンタイル値の強度（mm/h）と気温との関係²²⁾。クラウジウス・クラペイロンの式による関係を点線で示す。

©The Author(s) 2020. CC BY 4.0

日本台風)がある。東日本台風については、擬似非温暖化実験および擬似温暖化実験により気候変動影響が評価されている。擬似非温暖化実験による影響評価²³⁾においては、再解析値からのダウンスケールによる再現実験、ならびにd4PDFの過去実験と非温暖化実験との差分を再解析値から減じた擬似非温暖化実験とを実施した結果、産業革命以降(1850年以降)の温暖化傾向によって台風の強度が増して関東・甲信地方の雨量が10.9%増加していたことが分かった。この東日本台風では、極めて大量の水蒸気量があったことが分かっており²⁴⁾、この水蒸気量は地球温暖化時に想定される量に匹敵していた。擬似非温暖化実験による分析と合わせると、産業革命以降の温暖化の影響が確実に表れていると言えよう。

一方、東日本台風が将来の温暖化条件でどのように変化するかについては、RCP8.5シナリオの将来気候を想定した擬似温暖化実験による評価がなされている²⁵⁾。これによれば、将来の温暖化で想定される降水量は、関東地方で25%、東北地方で30%増加するとされている。このように擬似非温暖化実験では1850年以降で1℃強の気温上昇が想定された結果として降水量が約10%増加とされた一方で、擬似温暖化実験では将来の約4℃の気温上昇により降水量が25~30%増加とされたことから、気温上昇の幅が大きくなるほど降水量が増加すると予測される。東日本台風時には、これまでの日雨量の記録が更新された(2019年10月12日に箱根で日雨量922.5mm)ということを見ると、ここで紹介したように、過去の人為起源の温暖化や将来の温暖化の影響を精緻に評価することが、今後の気候変動への対策を講じる上で極めて大切である

と言える。

最近では、4℃上昇の温暖化シナリオといった言わば最悪の温暖化状況のみならず、2℃上昇や1.5℃上昇といった温暖化シナリオによる大規模アンサンブルデータの作成も進んでいる。こういったデータセットを利用すれば、気温上昇幅に対する豪雨や台風の強度や影響の変化を整理することが可能となる。これまでの研究から、2℃上昇と4℃上昇との間には、大きなギャップがあるという結果も示されている。2015年のパリ協定に基づく2℃上昇や1.5℃上昇による気候予測とその風水害予測は、4℃上昇の予測とともに、気候変動に対する緩和と適応とを社会が今後実行していくための基盤情報となるであろう。こういった異なる昇温時に想定される極端気象と風水害のシナリオ作成という意味で、1.5℃上昇、2℃上昇、4℃上昇時の気候予測データは、今後ますます活用が進むであろうし、活用していくべきである。

4. 今後に向けて

IPCCにより、将来予測される地球の気候状態に係る科学的知見をまとめた評価報告書が1990年に最初に発表されてから、最新の評価報告書は第6次(2021年から順次発表)を重ねている。評価報告書が更新されるごとに、過去から現在の地球温暖化が人為起源のものであることの確度が高まり、将来の社会経済活動のシナリオに基づく温暖化予測がより精緻となり、より信頼度の高い気候変動予測の知見や情報が集約されている。こういった科学的知見の集積により、将来の地球温暖化への対応が喫緊の課題であるとの認識が世界各国で共有されるようになってきている。日本も、2050年にカーボンニュートラルを実現

するため、2030年度において、温室効果ガスを2013年度比で46%削減することを目指し、さらに50%削減に向けて挑戦する、としている。

一方で、様々な気候シナリオによる気温上昇の将来予測結果によると、いずれのシナリオでも2050年には1.5℃程度の上昇が見込まれている。2050年にカーボンニュートラルの社会を実現したとしても、1.5℃上昇の世界が到来することが予測されているのである。今世紀末の昇温幅はシナリオによって大きく異なることから、1.5℃上昇が避けられえないとしても、温室効果ガスの排出抑制をする努力を止めるわけにはいかない。温暖化対策をとらなければ最悪の気候状態が予測されることから、パリ協定を遵守するために全力を挙げた努力が必須なのは論を待たない。

3.2節で述べた通り、今世紀の中葉には1.5℃ないし2℃上昇に達することを想定し、気候変動適応を進めることは避けて通れない。そのため、昇温シナリオ別の気候変動影響を定量的に評価することが必要不可欠である。3.2節で述べたクラウジウス・クラペイロンの式（飽和水蒸気量曲線を表す式）によれば、気温が1℃上昇すると大気中の水蒸気量は約7%増加し、増加した水蒸気量が降水に効率よく変換するとすれば、降水量もそれに応じて増加することになる。また、台風の強度も同程度に強まることが予想される。したがって、1.5～2℃の上昇により、気象ハザードは10～15%程度強まると見積もられる。さらには、自然が持つ気象変動のゆらぎを考慮すれば、極端現象の強さは単純な見積り以上に激甚化することも懸念される。

令和元年東日本台風では、地球温暖化時に想定されるほどの水蒸気量が大気中に存在し

ており、その結果として生じた降雨量も温暖化時に予想されるようなものであったと言える。擬似非温暖化実験による研究からも、過去の温暖化が東日本台風時の豪雨の発生に影響していたことが示されている。温暖化時には、このような量的な変化のみならず、同様の現象の再現期間が短くなるということも想定される。したがって、最悪の事態に備えるのみならず、極端現象の頻度が高くなることへの備えも必要である。

3節では、主に豪雨災害を対象として、最近の豪雨の実態と気候変動の影響についてまとめた。線状降水帯や台風による大雨の場合には、雨域の空間スケールに応じて、影響の表れる流域スケールが変わることに留意すべきである。雨域が局所的で数kmから10数kmの範囲であれば、中小河川での急な増水や氾濫、山間部からの土砂流出や流木、さらに継続時間が長くなれば一級河川への影響が徐々に表れることに注意が必要である。雨域が数10km以上になると、一級河川への影響が表れて

くる。

また、河川からの外水氾濫のみならず、内水氾濫の危険性も十分に認識する必要がある。コンクリートやアスファルトに覆われた都市の地表面は自然の地表面状態とは大きく異なるため、市街地での排水機能が悪い場合には容易に内水氾濫に至る。また、市街地には、道路や鉄道の立体交差によるアンダーパスや自然の微地形の名残としての微小な標高差があり、こういった微小な標高の違いにより浸水域が形成されることが多い。内水氾濫や微地形により形成される浸水域に対する備えは、都市型の水災害を防ぐ上で大切である。

令和元年東日本台風による関東地方の大都市での浸水被害を鑑みると、都市の開発が進むにつれて、過去の微地形が大きく改変され、水の脅威の記憶が消えつつあることも、災害への備えという点で解決すべき課題だと言える。都市の再開発においては、海岸や河岸といった水辺環境は良好な景観として捉えられる傾向にある。こういった水辺環境を良好なものと捉える見方は、ともすれば、水の脅威よりも水の親しみやすさのほうに過剰に重きを置くことに繋がってしまう。個人のみならず社会全体として水による災害の恐れを過小評価してしまうことがあるとするならば、再考すべきである。

こういった防災上の観点を含めて、都市のあり方を考えることは今後重要視すべきことだと思われる。水災害のみならず風災害も含めて気象災害に対して備えることは、時には都市の快適な景観や空間づくりと相反することもあるかもしれない。災害というのは、非日常の出来事であり、日常生活の感覚からかけ離れているという意識があることが、災害に対する備えの優先度を人々の意識から日常的には遠ざけてしまうことに繋がっているであろう。しかし、将来の気候変動の影響を考えると、中長期的には防災意識を日常の社会生活に自然な形で組み入れることが必要不可欠なことだと思われる。都市での極端気象による災害を防止・軽減するためには、我々の従来の意識や考え方をも変革すべきであろう。

都市災害への対策を考える上での留意点は、防災対策に要する時間スケールの違いである。都市防災においては、豪雨災害にしても強風災害にしても情報伝達や避難対応といったソフト的な事項は柔軟に対応できる可

能性があるものの、そういった直ちに対応可能な事項ばかりではない。社会基盤や建築構造物の改修、また災害に強靱な都市の構築といった中長期的な対策も伴う事項も多数ある。社会基盤の面では気候変動対策の視点の重要性が強く認識されてきているものの、建築構造物の改修や都市計画には、これまで気候変動の影響を考慮する視点はなかった。しかし、これらの対策は中長期的な取り組みが必要であることから、将来の地球温暖化の影響を抜きにしては語れない。気候変動適応という枠組みで、温暖化によるハザード変化を考慮した中長期的な対策が強く求められる。

地球温暖化時のハザード情報を気候変動に係る専門家以外の一般の方にどのように伝えるか、という点についても、今後取り組みを進めるべきであろう。気象・気候情報は、時として専門性の高いものを含む場合があり、専門家以外には理解することが難しいこともある。通常的气象予報の現場でも、防災気象情報の作成や伝達については改善の余地はあり、気象庁では「防災気象情報に関する検討会」が設置され、情報の受け手側の立場に立った分かりやすい防災気象情報の再構築について議論が進められている。防災気象情報は、災害の危険度に係る気象現象を対象として、豪雨・強風・豪雪・猛暑といった極端気象の危険度に応じて雨量・風速・降雪量・気温などの基準を設けて、注意報・警報・特別警報といった形で発表されるものである。情報の整理の仕方や伝達については改善の余地はあるものの、過去の実績に基づき客観的な基準値により防災情報が作成されていることから、こういった基準値の考え方は気候予測でも活用できるものと考えられる。例えば、将来の温暖化時に想定される豪雨や台風が、

警報や特別警報の基準を超える回数の頻度が変わるであるとか、基準を超える面的範囲が広がるであるとか、そういった防災情報に翻訳することができれば、気候変動予測情報がより広範に利用されるものと言える。さらに言えば、各自治体のハザードマップにある浸水範囲や土砂災害警戒範囲が温暖化によってどのように変化するかなど、身近なハザードに翻訳して可視化することも有効であろう。

このように気候変動予測情報の作成の仕方を工夫することによって、温暖化による極端気象のハザードの危険性を広く伝えていくことが大事である。こうしたことで、温暖化対策の重要性の理解も深まるものと期待される。また、こういった取り組みを進めることによって、気候変動対策や気候変動適応への一般市民の意識醸成にも繋がるものと考えられる。今後は、研究者とユーザーとの間の連携や協力がますます重要になってくる。

参考文献

- 1) 気象庁 (2022) 気候変動監視レポート2021.
- 2) 日本損害保険協会 (2022) 過去の主な風水災等による保険金の支払い.
- 3) 内閣府 (2022) 令和4年版防災白書.
- 4) 内閣府 (2021) 令和3年版防災白書.
- 5) Kato, R., K. Shimose, and S. Shimizu (2018) Predictability of precipitation caused by linear precipitation systems during the July 2017 Northern Kyushu Heavy Rainfall Event using a cloud-resolving numerical weather prediction model. *J. Disas. Res.*, 13, 846-859.
- 6) Takemi, T. (2018) Importance of terrain representation in simulating a stationary convective system for the July 2017 Northern Kyushu Heavy Rainfall case. *SOLA*, 14, 153-158.
- 7) Unuma, T., and T. Takemi (2021) Rainfall characteristics and their environmental conditions during the heavy rainfall events over Japan in July 2017 of 2018. *J. Meteor. Soc. Japan*, 99, 165-180.
- 8) Shimpo, A., and Coauthors (2019) Primary factors behind the Heavy Rain Event of July 2018 and the subsequent heat wave in Japan. *SOLA*, 15A, 13-18.
- 9) Sekizawa, S., T. Miyasaka, H. Nakamura, A. Shimpo, K. Takemura, and S. Maeda (2019) Anomalous moisture transport and oceanic evaporation during a torrential rainfall event over western Japan in early July 2018. *SOLA*, 15A, 25-30.
- 10) Takemi, T., and T. Unuma (2019) Diagnosing environmental properties of the July 2018 Heavy Rainfall event in Japan. *SOLA*, 15A, 60-65.
- 11) Unuma, T., and T. Takemi (2016) Characteristics and environmental conditions of quasi-stationary convective clusters during the warm season in Japan. *Quart. J. Royal Meteor. Soc.*, 142, 1232-1249.
- 12) Mizuta, R., and Coauthors (2017) Over 5,000 years of ensemble future climate simulations by 60 km global and 20 km regional atmospheric models. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 98, 1383-1398.
- 13) 石井正好, 森信人 (2022) 地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベースの開発と気候変動リスク評価研究成果の社会実装. *天気*, 69, 413-429.
- 14) Imada, Y., M. Watanabe, H. Kawase, H. Shioyama, and M. Arai (2019) The July 2018 high temperature event in Japan could not have happened without human-induced global warming. *SOLA*, 15A, 8-12.
- 15) Mori, N., and T. Takemi (2016) Impact assessment of coastal hazards due to future changes of tropical cyclones in the North Pacific Ocean. *Wea. Climate Extremes*, 11, 53-69.
- 16) Takemi, T., Y. Okada, R. Ito, H. Ishikawa, and E. Nakakita (2016) Assessing the impacts of global warming on meteorological hazards and risks in Japan: Philosophy and achievements of the SOUSEI program. *Hydrol. Res. Lett.*, 10, 119-125.
- 17) Mori, N., T. Takemi, Y. Tachikawa, H. Tatano, T. Shimura, T. Tanaka, T. Fujimi, Y. Osakada, A. Webb, and E. Nakakita (2021) Recent nationwide climate change impact assessments of natural hazards in Japan and East Asia. *Wea. Climate Extremes*, 32, 100309.
- 18) 竹見哲也 (2015) 地球温暖化に伴う気象災害の影響評価. *日本風工学会誌*, 40, 399-406.
- 19) 竹見哲也 (2017) 地球温暖化と台風災害. *農業および園芸*, 92, 194-204.
- 20) Takemi, T., R. Ito, and O. Arakawa (2016) Robustness and uncertainty of projected changes in the impacts of Typhoon Vera (1959) under global warming. *Hydrol. Res. Lett.*, 10, 88-94.
- 21) Kawase, H., Y. Imada, H. Tsuguti, T. Nakaegawa, N. Seino, A. Murata, and I. Takayabu (2020) The heavy rain event of July 2018 in Japan enhanced by historical warming. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 101, S109-S114.

- 22) Nayak, S., and T. Takemi (2020) Clausius-Clapeyron scaling of extremely heavy precipitations: Case studies of the July 2017 and July 2018 heavy rainfall events over Japan. *J. Meteor. Soc. Japan*, 98, 1147-1162.
- 23) Kawase, H., M. Yamaguchi, Y. Imada, S. Hayashi, A. Murata, T. Nakaegawa, T. Miyasaka, and I. Takayabu (2021) Enhancement of extremely heavy precipitation induced by Typhoon Hagibis (2019) due to historical warming. *SOLA*, 17A, 7-13.
- 24) Takemi, T., and T. Unuma (2020) Environmental factors for the development of heavy rainfall in the eastern part of Japan during Typhoon Hagibis (2019) . *SOLA*, 16, 30-36.
- 25) Kanada, S., H. Aiki, and K. Tsuboki (2021) Projection of future enhancement of heavy rainfalls associated with Typhoon Hagibis (2019) using a regional 1-km-mesh atmosphere-ocean coupled model. *SOLA*, 17A, 38-44.

シミュレーションによる被害想定を活用した減災対策

神戸大学都市安全研究センター教授

大石 哲



1. はじめに ～Society 5.0時代に求められていること

2021年3月26日付けで閣議決定された「科学技術・イノベーション基本計画（2021）」参照したホームページ（以下、参照HP）#01では「科学技術・イノベーション政策」としての第6期基本計画が掲げられた。ここでは「科学技術基本法」が2021年4月から「科学技術・イノベーション基本法」に名称変更し、科学技術・イノベーション政策が、科学技術の振興のみならず、社会的価値を生み出す人文・社会科学の「知」と自然科学の「知」の融合による「総合知」により、人間や社会の総合的理解と課題解決に資する政策であるとされた。

第5期基本計画の総括として、以下が掲げられている。「ICT（筆者注：Information and Communication Technology, 「情報通信技術」のこと）を最大限に活用し、産業構造のみならず、国民にとって豊かで質の高い生活の実現の原動力にすべく、サイバー空間とフィジカル空間の融合という新たな手法に人間中心という価値観を基軸に据えることで、我が国や世界の直面する課題を解決し、人々に真の豊かさをもたらす未来社会を構築する新たなコンセプトを打ち出した。それが「Society 5.0」である。」そのSociety 5.0とは、「サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社

会的課題の解決を両立する人間中心の社会」として提唱されたものである。このSociety 5.0のコンセプトは、ICTの浸透が人々の生活をあらゆる面でより良い方向に変化させる、デジタル・トランスフォーメーション（以下「DX」）により導かれる未来像と一致すると結論づけていて、新たなコンセプトである「Society 5.0」の実現をすることは、DXにより導かれる未来像を具現化することと同一であると読み取ることができる。

第6期基本計画で「我が国が目指す社会（Society 5.0）」として、「国民の安全と安心を確保する持続可能で強靱な社会」、「一人ひとりの多様な幸せ（well-being）が実現できる社会の構築」が目標とされ、それに必要なものとして「サイバー空間とフィジカル空間の融合による持続可能で強靱な社会への変革」、「新たな社会を設計し、価値創造の源泉となる「知」の創造」、「新たな社会を支える人材の育成」が挙げられている。そのうち、「サイバー空間とフィジカル空間の融合による持続可能で強靱な社会への変革」では「新たな未来社会像を前提にして、バックキャスト的アプローチにより、社会全体の再設計（リデザイン）を行うことが不可欠である」として、「Society 5.0では、サイバー空間において、社会のあらゆる要素をデジタルツインとして構築し、制度やビジネスデザイン、都市や地域の整備などの面で再構成した

上で、フィジカル空間に反映し、社会を変革していくこととなる。その際、高度な解析が可能となるような形で質の高いデータを収集・蓄積し、数理モデルやデータ解析技術によりサイバー空間内で高度な解析を行うという一連の基盤（社会基盤）が求められる。」とうたわれている。

上記を、減災政策にかぎって解釈すれば、人の生活に関わるあらゆる要素を、質の高いデータに基づくデジタルツインとして構築し、シミュレーションや解析によって災害対応施設の整備計画や発災時の人員や施設の行動・運用基準を最適化して、それをフィジカル空間に反映することが求められている。それを可能にするような才能を磨くことと、人材を育てることが課せられている。

デジタル・ニッポン2022（自由民主党政務調査会、2022）参照HP#02では、これからのデジタル活用は「社会貢献重視（社会課題解決）」であるとして、価値観の変化を促す「（健康・医療・介護）、（教育）、（こども）、（ダイバーシティ推進）」と並んで（防災）として、「地理空間情報活用推進会議で決定した統合型G空間防災・減災システム、国土交通省の統合災害情報システム（DiMAPS）、防災科学技術研究所の基盤型防災情報流通ネットワーク（SIP4D）、国土地理院の電子国土基本図・標高データ等の連携、活用によって、目の細かい正確な防災地図を整備し、AI等も活用した災害シミュレーションの実施と災害予測に基づく避難計画の策定、計画等に基づく避難訓練の実施を行うこと」をあげ、（インフラ）として、「①平時及び発災時の双方においてドローンによるインフラ状況のデータを把握する仕組みを構築すること、②平時のインフラ点検や、スムーズな災害復旧のた

め、インフラ点検における経験や勘等の暗黙知について、平時から形式知化、データ化を進めること」としている。

デジタル・ニッポン2022の（インフラ）と（防災）を結びつければ、平時からインフラのDXを進めて、解像度の高い災害シミュレーションを実施することが求められていると解釈できる。

そこで、本稿ではシミュレーションによる被害想定を活用した減災対策のためのDXの方向性と問題点を整理する。

2. World Risk Reportにおけるデジタル化の価値

ルール大学ボーフム校の国際平和法と武力紛争研究所（The Institute for International Law of Peace and Armed Conflict, IFHV）により2011年から毎年出版されているWorld Risk Reportの2022年版（国際連合人道問題調整事務所、2022）参照HP#03ではデジタル化をフィーチャーしていて、世界リスク指標（World Risk Index）の計算方法を変更した。新たな計算方法では

世界リスク指標＝ $\sqrt{\text{（災害に対する暴露）} \times \text{脆弱性}}$

としていて、脆弱性は、デジタル化の遅延やデジタル化に加われない人々の割合などが加味されている。

デジタル化のメリットとして、「デジタル技術一般に当てはまることは、災害の文脈でも明らかである。デジタル化は災害管理のあらゆる局面で新たな機会を生み出す。人々が利用するICTは、リスク分析に重要なデータを提供し、緊急時には必要な情報を入手できるようにし、救援活動の開始を早めることができる。また、飢餓、貧困、社会的不平等と

の戦いや、医療・教育機会の改善、ひいては持続可能な発展や脆弱性の低減のためのツールにもなる。」としている。一方で、デメリットとして、「一方で、デジタル技術の利用が進み、依存度が高まることで、課題やリスクも生じる。デジタルインフラは異常気象による被害を受けやすく、デジタル化された援助対象者のデータは悪用されやすく、偽情報は災害時の防護策を弱体化させる可能性がある。」と警告を発し、「災害対策の急速なデジタル化に伴い、新たな弱点や脆弱性の出現は避けられない。この新たな脆弱性に対抗し、災害救援の完全性を維持するためには、積極的なリーダーシップ、デジタル・セキュリティ・トレーニング、技術的な法的知識、サイバーセキュリティへの投資が不可欠である。データのプライバシー、説明責任、倫理をめぐる問題は、現時点では特に重要であ

る。」としている。

World Risk Reportの2022年版（国際連合人道問題調整事務所，2022）参照HP#03の中で、日本の災害に対する暴露リスクは、中国、メキシコについて3番に高い。一方で、脆弱性は5段階の指標で最低、すなわち最も強靱なカテゴリーに入っている。リスクランクが最も高い、すなわち最もリスクがある国はフィリピン、続いてインド、インドネシア、カンボジアと続き、日本は28位であった。

図1はWorld Risk Reportの2022年版（国際連合人道問題調整事務所，2022）参照HP#03で災害対応におけるデジタル技術として挙げられているものである。右側にリスク解析と予防（Risk analysis and prevention）として、ビッグデータと人工知能（Big Data and Artificial Intelligence）があり、そのための

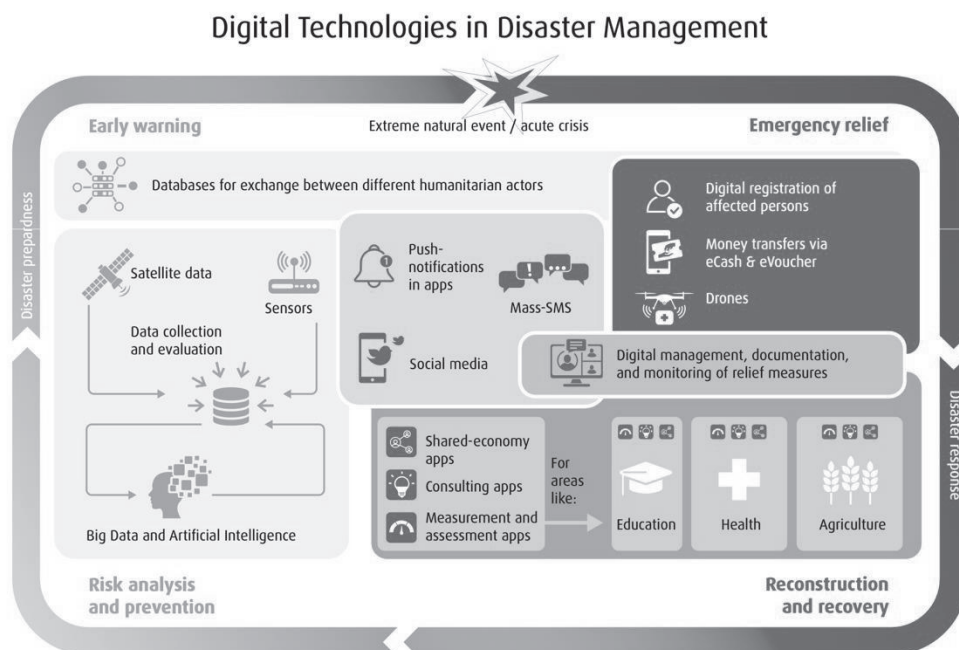


図1：災害対応におけるデジタル技術（World Risk Reportの2022年版citeのFigure 3）

データベース（Data collection and evaluation）に接続されているデータ源は人工衛星とセンサーとなっている。この出典に限らないことであるが、多くの場合、このようにインフラストラクチャーからの視点が欠如している。すなわち、ある1つの都市においては、大規模な災害が頻繁に発生することはない、ビッグデータは存在しない。人工知能といわれるものは、現在では何らかの機械学習によって知識を獲得するものであるためデータが必要であるが、現状ではそのようなデータが十分にあるとは言えない。さらに災害後の市民や旅行者の行動を支えるインフラストラクチャーは、基本的に一品モノであるために、別の場所のデータをそのまま活用することが

できない。

ここで、AI（Artificial Intelligence）によって急激に変化した分野としてチェス、将棋、囲碁などのボードゲームを例に出してビッグデータと人工知能対策について述べる。以降はこのようなボードゲームをゲーム、ゲームに勝つために開発されたコンピュータシステムをゲームAIと呼ぶ。ゲームにおいてほとんどの人間に対してゲームAIが勝利できるようになった要因の一つは、ゲームAI同士の対局によるデータ収集がある。DeepMind社による2020年の報告（DeepMind社、2022）参照HP#04によれば、2016年のAlpha Goは人間のデータ（筆者の解釈では棋譜）、専門的知識（筆者の解釈では定石）、

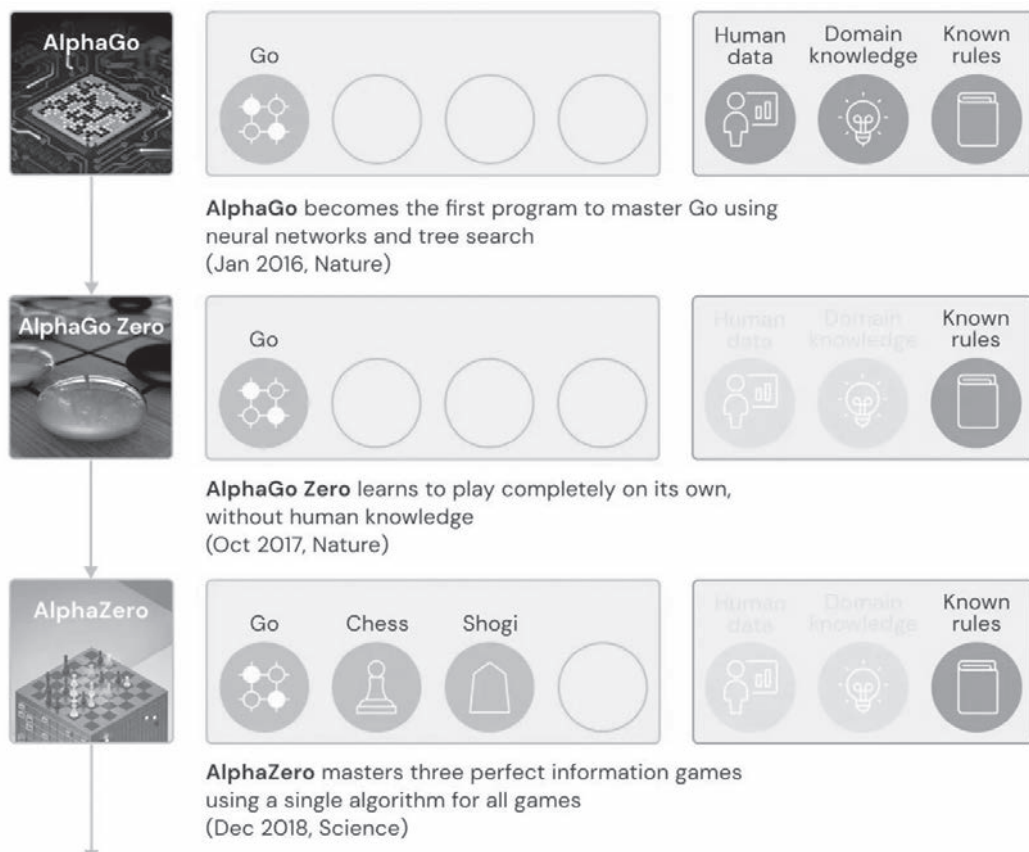


図2：DeepMind社のゲームにおける知識利用の移り変わり（DeepMind社、2022）

ゲームのルールを用いているが、2017年のAlphaGo Zeroからは人間のデータと専門的知識を用いていないとある。すなわち、プロ棋士が積み重ねてきた知識を使わずにゲームAI同士で膨大な数の対局を行い、局面毎の着手と勝利の間の指標を計算することを繰り返して指標を更新して、ほとんどの人間に対して勝率で上回ることができるような力を持った。すなわち、人間の対局よりも多くのシミュレーションを実施することでゲームAIはゲームに勝つ力をつけた。

同様のことが、データの少ない災害でも活用できる。すなわち、仮想的に災害を発生させて、その結果を活用すればよい。

ここで、仮想的に災害を発生させるとは、シミュレーションを実施することである。しかし、自分の家が、水深1mの氾濫に襲われたらどうなるのかをシミュレーションすることではなく、自分の住む流域に1時間に100mmの降雨があった場合にどのような災害が発生するかをシミュレーションするといったことである。氾濫そのものを仮に発生させるよりは、より上流の物理現象である降雨を仮に発生させて、その結果として流域全体がどのような状態になるのかを把握する。ここでの1時間に100mmの降雨のような、災害の源になる物理現象のことをハザードと呼び、リアルな都市をデジタル化したサイバー空間に、仮想的なハザードを発生させて、その結果の災害被害のデータをビッグデータとして活用する。

この発想は他都市で発生した災害のデータをそのまま活用する考え方と根本的に異なる。人口もインフラストラクチャーの種類や数も根本的に異なる他都市で発生した災害被害そのものをビッグデータにして活用できる

範囲は限定されている。条件が異なるからである。しかし、ある都市で発生した災害の源になったハザードは、別の都市でも考慮するに値する。東日本大震災の原因となったマグニチュード9の地震が南海トラフ地震想定域で発生したら、神戸の街は地震でどの程度の被害が出るのか、それに続く津波ではどの程度の被害になるのかをシミュレーションして、被害が小さくなるように災害対応構造物を強化したり、避難路を確保したりすることは意味がある。

3. 減災対策に求められるDXと日本の強み

リアルな都市をデジタル化したサイバー空間という点、カーナビで表示される3次元都市景観のようなものを想像しがちである。また、日本でも国土交通省が、Plateauプロジェクト（参照HP#05）を実施していて、一部の都市では、現実の都市景観を再現したデジタルツインができています。世界ではシンガポールのVirtual Singapore（シンガポール政府、2022）参照HP#06や、地上と地下のすべての構造物のデジタルツインを作るエストニアの例（EAS Enterprise Estonia、2019）参照HP#07が著名である。

エストニアの事例では、建築計画をたてやすくするためと、容易かつ迅速に建築許可を出すことによる投資の増加が目的である。シンガポールの事例は、新規建築物による日照や風向風速の変化、交通のモニタリングが目的としてあげられている。日本において、前者に相当する例は、渋谷駅再開発において、地下鉄の線路や駅とビルが複雑に絡み合った渋谷駅周辺のデジタルツインの作成で、サイバー空間だけでなく実際の模型も作成されて、詳細な検討がなされている。後者の例と

して、埼玉県気候変動適応センターと海洋研究開発機構による熊谷スポーツ文化公園における暑熱対策とその検証（埼玉県気候変動適応センター，2019）参照HP#08にあるように、ドーム型アリーナやラグビー場を含む公園における熱環境をデジタルツインでシミュレーションしている。

一方で、上記のデジタルツインでは、インフラストラクチャーなどの構造物そのものが被害を受けるシミュレーションを実施することが困難である。なぜなら、これらのデジタルツインには、力学的シミュレーションに必要な物理定数が入力されていないことが多いからである。伊藤忠テクノソリューションズ参照HP#09によれば、Construction Information Modeling (CIM) という言葉が Building Information Modeling (BIM) に倣って国土交通省によって提言されたのは2012年であり、それ以降でも2016年3月までの実績が70件とごく限られている。したがって最近の建設プロジェクト以外は情報がBIMやCIMの仕様になっていない。このことをBIM化されていないと呼ぶ。BIM化されていない非BIM構造物をBIM化するためには大きな労力が必要とされることが課題である。

大石（2021）は、非BIM構造物のBIM化における日本の強みは、世界よりも早い段階で工事実績情報のデータベース登録が義務化されていること、民営化された運輸インフラ産業では独自の工事及びメンテナンスデータ収集システムを有していること、コンクリート標準示方書、道路橋示方書などの仕様が徹底していて、データに含まれる言葉や記号が多く、多くの情報を持っていることを挙げている。これらと現在開発中の非BIMデータを読み込んでBIM化する技術で個々の構造物の物理定

数が明確になり、それがシミュレーションの入力データになれば、多数シミュレーションによって災害が発生した場合の被害の想定を行うことができる。それがDXを活用したシミュレーションによる被害想定である。

4. DXを活用したシミュレーションによる被害想定 の効用

筆者は、DXを活用してデジタルツインを形成し、多数のシミュレーションによる、多数の被害想定をおこなうことをデジタルアンサンブルと呼んでいる。デジタル大辞林によれば、アンサンブル実験とは「大気現象などのシミュレーションを行う際、初期値にわずかなばらつきを与えて複数の計算を行い、その平均（アンサンブル平均）を求めることで、もっとも起こり得る現象を予測したり、極端な事象の発生確率を見積もったりすること。天気予報の分野で、同手法を用いたアンサンブル予報が行われている。」とある。想定されるハザードにも多数のシナリオがあるので、その全てに対して被害想定 の計算を行うことで、もっとも起こりうる被害や、極端な事象の発生確率を算出できる。また、デジタル大辞林では言及されていないが、災害被害推定の場合には、同時生起が重要となる。

図3は、ある都市において、あるシナリオの大地震が発生したときの津波をハザードとして、その都市が有する全ての防潮堤が地震で機能しなくなったと仮定した際に、津波がその都市に侵入するシミュレーションの結果である。白色の矢印の根元は、ある会社にいる状態で地震を体験した人が最寄りの駅に移動する起点を表し、矢印がその人の想定経路を表す。防潮堤が機能していなければ津波の侵入がありうる。想定経路は通常は駅まで徒

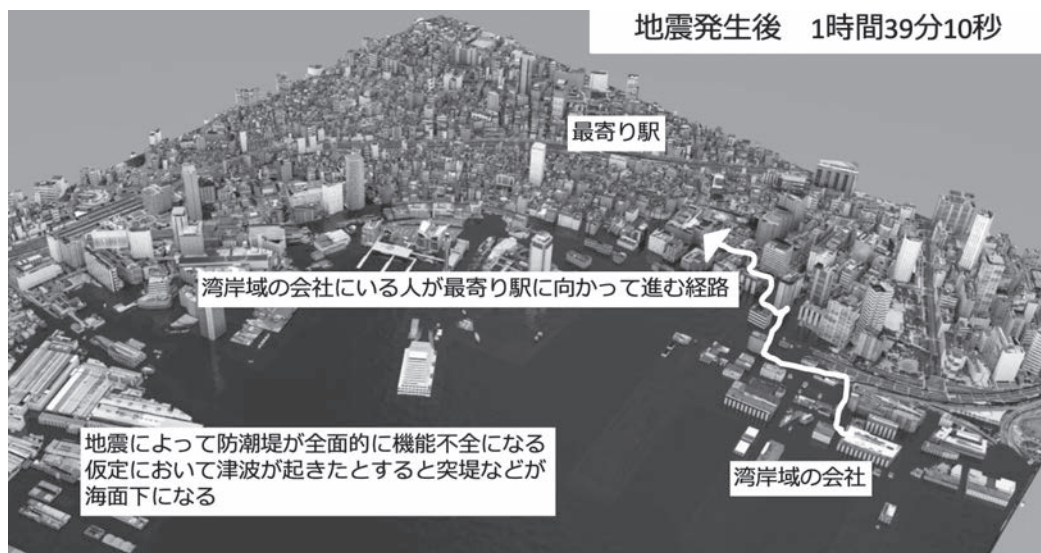


図3：ある都市が有する全ての防潮堤が地震で機能しなくなったと仮定した際に、津波がその都市に侵入するシミュレーションの結果の例

歩で20分程度なので十分に駅までたどり着くことが想定されるが、防潮堤が機能している「はず」という思い込み、同様に考える人々の同時行動がもたらす通路の渋滞などにより津波襲来時に駅に向かっていると、林立するビルの角から津波に襲われるということがあり得る。

このように、大地震を起点にして、防潮堤の機能が低下すること、周辺の人々が同方向へ同時に移動すること、津波の侵入と人々の移動が重なることなどの「同時生起」が災害被害を大きく拡大する要因である。

通常であれば防潮堤の機能が低下することは想定されていない。平時には通勤・退勤が滞りなく行われているのであるから、人々で通路が埋まることもない、電車は定期的に人を輸送するので人々が駅から電車に乗ることで、駅付近の人々は別の場所に移動し、結果として駅付近の人の数が減る。しかし、大地震は液状化による防潮堤の機能低下を引き起こす可能性がある。大地震は、人々に帰宅を

促して人流を同時生起させる可能性をかなり高い確率にする。また、大地震時に電車が停止して駅が周辺の人々の数を減少させる機能を果たさなくなる確率はほぼ100%とってよい。

すなわち、大地震が様々な同時生起のきっかけを作ってしまう、事態を悪化させる。

河田（2021）はそれを「相転移がおきる」と称している。

この同時生起を抑制するためには、コントロール可能なことを全てコントロールすることであり、防潮堤の機能低下が起きないように地盤改良を行い、防潮堤が機能していない場合にも移動できる方向をあらかじめ把握する情報提供を行い、電車の駅を目指しても電車は動いていないから人の渋滞が起きるだけだという啓蒙を行う。そのために災害シミュレーションは利用できる。

災害被害シミュレーションの別の効用として、集計の容易さがある。

シミュレーションによらない被害算定で

は、過去の同種の災害被害とその時のハザードの大きさ(例えば震度)から、フラジリティカーブ(被害の大きさの確率密度関数)を推定して、それに資産価値の割合をかけるといった計算を必要とする。

一方で、シミュレーションによる被害推定では、被害の大きさと資産価値を1つずつの構造物毎に足し合わせるだけである。人流に与える影響を算出するのであれば、構造物の被害が大きければ中にいる人のほとんど全員が路上に避難して人流に加わり、あらかじめ避難所の指定を受けた公共の建物であれば収容人員分だけ、人流から減じるという、わかりやすい計算が可能である。これは、住宅ローンの返済額をシミュレーションする際に、等比級数を使って紙と鉛筆で計算したり、等比級数に変動金利性の予測不確かさを加味した返済モデルに当てはめたりするよりも、返済額を見積もり、利息の変動を仮定して、元本と利息から返済額を減じて利息を加える計算を1ヶ月毎に表計算ソフトで実施した方が、多くの人にとっては簡単で分かりやすいのと同じである。

5. 非BIM構造物のBIM化のための方向性

筆者は理化学研究所計算科学研究センター総合防災・減災研究チームのチームリーダーとしてチームメンバーが開発した特許(大谷, 2020)を活用している。この特許を利用したデータ変換・統合の自動化を行う処理プログラムをデータ処理プラットフォーム(Data Processing Platform, DPP)と称する。都市丸ごとのシミュレーション技術研究組合(以下、技術研究組合)の組合員社と理化学研究所計算科学研究センターは共同でDPPを用いた非BIM構造物のBIM化を行

うとしている。

非BIM構造物のBIM化の例として、2次元CADから3次元可視化モデルや、有限要素法による物理シミュレーションのための入力モデルの自動作成がある。例えば橋梁の2次元CADには下部工座標図、線形図、構造一般図などの情報があり、その一部を図4上に示す。この図から橋梁種別毎に用意したテンプレートに値を自動代入することで図4下に示すような3次元可視化モデルを得ることができる。

DPPでは、論理的な包含関係に基づいてスーパークラスとサブクラスの間でアップキャスト、ダウンキャストが行われる(大谷, 2022)。このうち、追加情報の付加に基づくダウンキャストがデータの解釈にあたる。例えば、2次元CADデータにある表を解釈するとは、表の罫線を構成する縦線・横線の線分の集合を表の枠組み(CellSet)と認識し、そこに文字が入っていることから、表の枠組み(CellSet)のサブクラスである表(Table)にダウンキャストされる。文字に「工事名」「図面名」などの表題欄を特定するキーワードがあれば、その表が表題欄(図枠)にダウンキャストされる。このようにして2次元CADデータが解釈されて意味

がつけられていき、木構造が成長する。上記の意味づけは図5の入力部からデータの入力およびデータの解釈に相当する。解釈されて意味づけされた情報は「名前が“P1”の橋脚がある」などの文字情報でも保存される。文字列情報の中には「名前が“P1”の橋脚は梁の高さがQ(“15m”)である」などの情報が保存されているが、それらは情報の追加に応じて増えていき、値も変わる。それを情報の洗練という。データの入力にした

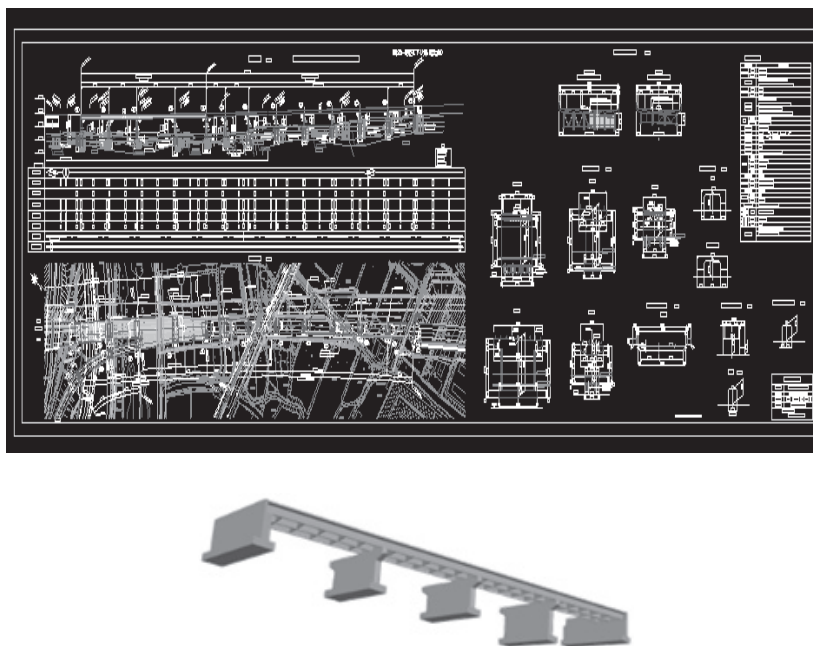


図4：橋梁の2次元CADデータの例（上）と、そこから自動出力した3次元可視化モデルの例（下）

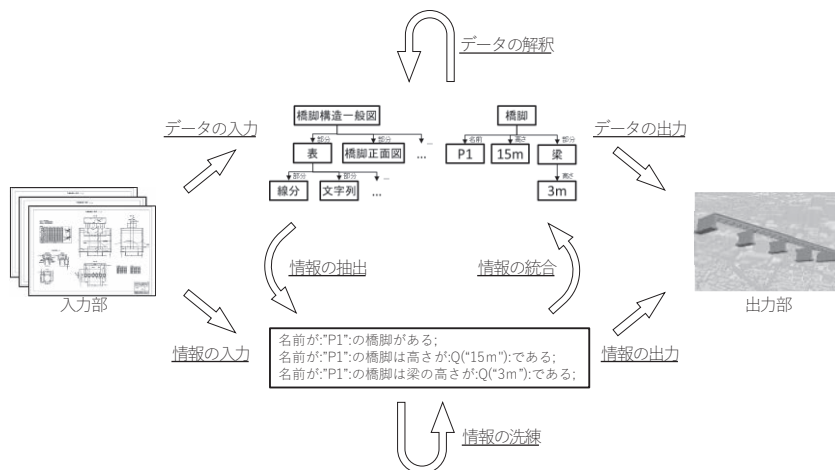


図5：2次元CADデータから3次元可視化モデルを自動作成するためのDPP内部の情報の変化(大谷，2022より)

がって、データの解釈、情報の抽出、情報の洗練、情報の統合（以下、解釈・抽出・洗練・統合）がなされ、データの入力が終了して解釈・抽出・洗練・統合の過程を経ても木構造や文字情報に変化がなくなったら3次元可視化モデルの自動作成が完了する。

また、2次元CADには配筋図などがあり、

それを読み取ると配筋の方向、ピッチ、鉄筋の直径（鉄筋径）などを得ることができる。人間が目で見えてそれらを探すのは困難だが、コンピュータプログラムは、どの図のどこに配筋が描かれているかが分かっているならばどんなに細かな図でも読み解いて値を代入することができる。

ここで問題なのは100ファイル以上に及び、しかも通常は自動的に割り振られた機械的なファイル名で構成されている2次元CADから、配筋図が描かれているファイルを選び、そのファイルの要素から配筋のピッチを描いている部分を探し出す必要がある。

そこでDPPを活用して技術研究組合が開発したメタデータメカを活用することになる。メタデータメカは2次元CADの右下にある図の表題欄などを読み込んで図に記載されている内容の目次を作成する。その際に普通の目次ではなくて利用者が必要と考える項目についての目次を作る。その項目のことをインベントリと呼ぶ。例えば橋梁の上部工すなわち道路になっている部分が重量構造物の繰り返し荷重で受けている内部損傷をシミュレーションしたい、言い換えれば高速の大型トラックの通過で道路が載っている床の部分が受けている疲労劣化を知りたいという目的であれば、「鉄筋」などの項目をインベントリに付加することで、各ファイル毎に鉄筋に関する記載の有無、内容などを掲載した目次ができあがる。

本節では3次元可視化モデルや有限要素モデル作成という目的から、無機質なファイル名を持つ多数のファイルを読み出して必要なファイルを探し出して、自動でそれらのCADファイルから情報抽出して統合し目的を達することをバックキャスト的（逆順）に示したが、同じ作業を複数回する場合にはそれを正順に自動的に繰り返して実施可能である。すなわち、1回の作業を汎用的に使うことができ、生産性の向上に繋がる。このことは、想定シナリオの増加による想定外の減少、解像度や精度で勝負する高品質化、別のシミュレーションとの連成を容易にする

複合災害への連携を生む。

6. まとめ

本稿では、現状の科学技術政策をまとめた上で、それに則って非BIM構造物のBIM化のための方向性を伝えるという目的で、なぜ非BIM構造物のBIM化が必要であるのか、日本での強み、効用を記載してきた。構造物の設計時の状態をデジタルシステムの中に入力し、被災した場合の機能の低下を把握して、それに対する事前対策や事後対策を講じることが減災のためには重要である。

このようにDXとかシミュレーションなどの提案では、「結局最後はヒト次第だからシミュレーションは意味がない」という意見もある。それに対して、結局最後はヒト次第だから、ヒトがよい決断をするために分かりやすい情報を提示するための手法を提示することの意義を伝えたい。サー・アーサー・コナン・ドイルは小説内でこんな会話をさせている。探偵ホームズに事件の解決を依頼する人の「危険に？どんな危険を予想しておいでですの？」という言葉に対して、ホームズは「それがわかっていれば、もはや危険とは言えませんよ」（アーサー・コナン・ドイル著、深町眞理子訳 樵の木屋敷の怪、シャーロック・ホームズの冒険、創元推理文庫）

自然災害に関して言えば安全と危険とは、連続した概念であって想定しうる危険の量や種類を増やし、その対応策を講じておくことで安全の確率が増してくるものであると考える。想定しうる危険の量や種類を増やし、それをわかりやすい形で伝えることで、適切な対応策を講じることができる社会を目指したい。

参考文献

大石哲 (2021), 大量データの管理と活用ー土木分野における大規模数値シミュレーションの展開ー, 土木学会誌 Vol.106 No.6 June 2021

河田恵昭 (2021), 相転移する社会災害への対処, 社会安全学研究 第11巻, pp.37~56.

大谷英之 (2020), 「データ解釈装置、方法及びプログラム、データ統合装置、方法及びプログラム、並びにデジタル都市構築システム」特許第7042545号(P7042545)

大谷 英之 (2022), 土木構造物設計図面からの3次元モデル自動構築におけるナレッジグラフの利用, 人工知能学会第二種研究会資料 セマンティックウェブとオントロジー研究会 SIG-SWO-057-08
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsaisigtwo/2022/SWO-057/2022_08/_pdf/-char/ja

参照したホームページ

#01 科学技術・イノベーション基本計画 (2021)
<https://www.8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/6honbun.pdf>

#02 自由民主党デジタル社会推進本部 (2022)
<https://www.jimin.jp/news/policy/203427.html>

#03 国際連合人道問題調整事務所 (2022), World Risk Report 2022
<https://reliefweb.int/report/world/worldriskreport-2022-focus-digitalization>

#04 DeepMind社 (2022), MuZero: Mastering Go, chess, shogi and Atari without rules
<https://www.deepmind.com/blog/muzero-mastering-go-chess-shogi-and-atari-without-rules>

#05国土交通省 (2022) Plateauプロジェクト
<https://plateauview.mlit.go.jp>

#06シンガポール政府 (2022) ヴァーチャルシンガポール
<https://www.nrf.gov.sg/programmes/virtual-singapore>

#07 EAS Enterprise Estonia (2019)
<https://investinestonia.com/a-full-3d-model-of-estonia-will-be-created-including-buildings-structures-located-below-the-ground-and-even-plants/>

#08埼玉県気候変動適応センター (2019)
https://saipat.pref.saitama.lg.jp/adaption_case/kumagaya-sports-culture-park

伊藤忠テクノソリューションズ
<http://cimjapan.com/about/index.html>

「巨大災害」からの避難行動を考える

東京大学大学院工学系研究科教授

廣井 悠



1. はじめに

本稿では今後の自然災害の激甚化・頻発化をにらんで、主に「巨大災害」に焦点を絞つつ、その避難行動を考える。さて本年は、関東大震災からちょうど100年となるが、この災害はわが国でも稀にみる甚大な被害を記録した巨大災害であった。1923年に発生した関東大震災は、建物倒壊、津波、土砂災害など複数の災害現象が発生しているが、特に被害が大きかったのが東京・横浜における市街地火災である。例えば東京市では、震災当時の483,000世帯に対して全焼世帯は300,924世帯、横浜市は震災当時の98,900世帯に対して全焼世帯は62,608世帯となっており（表1）、なかでも東京市については人口が多く出火件数の多いところで区のほとんどが焼失する大きな被害をうけている（表2）。そして犠牲者の多くは、これらの市街地火災から逃げまどいながら避難に失敗し、死に至ったことが知られている。

他方で、いまから約11年前の2011年3月に

発生した東日本大震災はM9.0を記録し、東北地方のみならず首都圏においても大きな揺れを記録した巨大災害であった。消防庁の被害報によると、この災害による死者は18,958名で行方不明者は2,655名、負傷者は6,219名となっている²⁾。阪神・淡路大震災時は震災関連死を含めた死者6,432名で行方不明者は3名、負傷者は43,792名であったことから³⁾、負傷者に対する死者・行方不明者合計の割合は、阪神・淡路大震災の0.15倍に比べ、実に3.48倍となる。これは津波災害の特徴ともいえるが、またしても巨大災害で避難行動の有無が人的被害に直結することとなった。このとき同時に、原子力発電所周辺からの広域避難や首都圏における鉄道の運休に伴った大量の帰宅困難者発生なども様々な課題を残したことを考えると、「災害からの避難や移動」

表1 関東大震災による被害概要¹⁾

府県	震災当時の世帯数	被害世帯数							合計
		全焼	半焼	全潰	半潰	流失	小計	破損	
東京府	829,000	311,962	366	16,684	20,122	0	349,134	47,985	397,119
東京市	483,000	300,924	239	4,222	6,336		311,721	42,732	354,453
その他	346,000	11,038	127	12,462	13,786		37,413	5,253	42,666
神奈川県	274,300	68,634	146	46,719	52,559	425	168,783	68,555	237,338
横浜府	98,900	62,608		9,800	10,732		83,140	11,743	94,883
その他	175,400	6,026	146	36,919	42,127	425	85,643	56,812	142,455
千葉県	262,600	478		12,894	6,204	84	19,660	7,696	27,356
埼玉県	244,900			4,562	4,348		8,910	6,451	15,361
静岡県	289,100	16	5	2,241	5,216	881	8,359	4,581	12,940
山梨県	117,000			562	2,217		2,779	1,263	4,042
茨城県	269,700			157	267		424	41	465
合計	2,286,600	381,090	517	83,819	91,233	1,390	558,049	136,572	694,621

表2 関東大震災による東京市の区別焼失面積¹⁾

	全面積(m ²)	焼失面積(m ²)	焼失割合(%)
麹町	8,159,015	1,810,714	22.19
神田	3,073,898	2,885,732	93.88
日本橋	2,964,390	2,964,390	100.00
京橋	4,545,296	3,905,223	85.92
芝	9,389,808	2,236,403	23.82
麻布	3,971,544	1,544	0.04
赤坂	4,226,030	305,385	7.23
四谷	2,771,597	60,152	2.17
牛込	5,211,590	3,084	0.06
小石川	6,494,823	265,283	4.08
本郷	4,827,547	851,375	17.64
下谷	5,045,018	2,406,063	47.69
浅草	4,807,498	4,613,160	95.96
本所	6,076,846	5,759,124	94.77
深川	7,933,421	6,596,618	83.15
計	79,498,321	34,664,251	43.60

といったトピックは東日本大震災から得られる最大の教訓であるといえよう。

この例にとどまることはなく、毎年頻繁に発生する風水害時のみならず、多くの犠牲者が避難に失敗して亡くなる巨大災害を我々は何度も経験している。ここでは紙幅の制限もあるため、避難のなかでも主に緊急避難を対象とした考察を行うこととしつつ、今後の「巨大災害」時における避難のありかたを考察したい。

2. 避難の要否やタイミング

以降では避難行動の論点を「避難の要否やタイミング」「避難の場所」「避難の手段や方法」という3種類の要素に分解してそれぞれ整理しつつ、巨大災害時にこれら論点がどのような傾向を示すか考える。最初の論点は「避難の要否やタイミング」である。これは災害時の人間行動・人間心理に関する課題で、これまで主に災害心理学や災害情報学の分野で様々な研究がなされている。主に災害の危険性を知覚してもなお避難しない人々が、どのような心理状態にあるか、どう情報を伝えればよいかなど、社会調査や実験など探索的な検討を積み重ねて研究が蓄積されているテーマである。そもそも避難行動は、以下の4段階の意思決定プロセスを経て行われると考えられる；

- ① 情報収集
- ② リスク評価
- ③ 避難準備
- ④ 意思決定

はじめに①の「情報収集」は、危険を知らせる情報が伝えられ、自身に危険が降りかかることを実感するプロセスである。このときの情報源はメディアからの情報伝達、防災行

政無線、自分の目で危険を確認するなど多岐にわたるが、巨大災害時には、防災行政無線の機能不全、停電、電話の輻輳など予期せぬ要因によって情報収集が困難を極める可能性もある。②の「リスク評価」は人間が自分の身体・生命もしくは財産等に直面する危険の大きさを評価するプロセスであり、ここでは①で得られた情報に基づいた正確な評価が期待される。しかしながら、人間は一般にリスクを適切に評価することが難しいという特徴を持つことは広く知られており、予測技術の困難性と突発性、低頻度性、想定外、被害の多様性、激甚性などの特徴を色濃く有する巨大災害発生時、その傾向はより高くなると考えられる。例えば予測技術の困難性や突発性に関連しては、事前に学習したハザードマップ等が実際に襲う災害の様相を必ずしも反映したものとはならない可能性もあり、また低頻度性に関してはNormalcy biasやCatastrophe Biasも懸念される。想定外の現象に対してはVirgin Bias、被害の多様性についてはVeteran Bias、激甚性については認知的不協和（Cognitive Dissonance）などリスクの過小評価につながる様々な心理状態に陥りやすくなる。③の「避難準備」は避難を始める前にさまざまなことを思案するプロセスである。例えば避難する際にどのような交通手段を使おうか、避難途中に危険がないか、どこに行けばよいのか、距離はどの程度か、などについて思案し、判断する行動がこれにあたる。このプロセスは、事前に避難訓練等を行っていれば、検討時間を最小化することができるが、災害の規模によってその判断は大きく異なることも多い一方で、巨大災害は低頻度性を有するため、想定をしていない未経験の状況下での避難準備が求められ、

その対応は困難と言えよう。最後に④の「意思決定」は、避難しないより避難した方が安全と考え、避難開始するプロセスである。これについても巨大災害時は津波や火災、浸水などのハザードに関する確定的な情報は届きにくく、多くの場合不確定な情報が伝達される。一般に不確定な状況下で避難を意思決定し、具体的行動を開始することはそれなりに難しく、人によっては自宅などで情報取得行動をとり続ける可能性も高いものと考えられる。

このように上述した避難行動上の4種類のプロセスにおいては、災害規模が大きくなればなるほど、低頻度であればあるほど、その達成が困難になると考えられる。実際の避難行動は、これに津波や火災が到達するまでの時間的制約という条件を加えた、5つの条件をすべて満たさねば、「遅れた避難」となる可能性があるが、巨大災害時にこの条件をすべて満たすことはとりわけ困難と言えるだろう。

他方で、これら4種類の意思決定プロセスを全てクリアしての避難ではなく、「揺れたらすぐに避難をする」という単純なルールを設けて避難を促すという手段も考えられる。しかしながら、巨大災害は低頻度性を有するため、避難トリガーの設定基準の高低によっては警報慣れを誘発してしまう可能性もあり、この手法も万能なものとはなりえない。

3. 避難する場所

次の論点は「避難行動の目的地」に関する問題である。はじめに、よく知られた課題ではあるが、これら避難行動の目的地に関する名称の問題がある。現在のところ、避難行動の目的地は、その用途や自治体によって様々

な名称が用いられるケースが多い。例えば市街地火災から緊急避難を行う場所は、大規模公園や緑地等のオープンスペースが（広域）避難場所として指定されるが、津波からの緊急避難については高台や津波避難ビルがその避難場所となる。また、避難場所へ避難する前に近隣の避難者が一時的に集合して様子を見る一時避難においては、学校のグラウンド、神社・仏閣の境内などの一時集合場所へ向かうことになる。避難所は、地震や火災で自宅を失った人もしくはその恐れのある人が一定の期間生活をする場所であるが、風水害の際は緊急避難をする場所として計画する自治体も多い。ただし風水害からの避難は避難所のみならず、中高層建築物の上層階に逃げる垂直避難も効果的と考えられており、孤立の危険性はあれど、状況によっては有力な避難空間となりうる。東日本大震災以降は、大都市で大量発生する帰宅困難者の滞留場所として避難所ではなく、帰宅困難者の支援施設（一時滞在施設や一時待機施設、一時待機スペースなどの名称がよく用いられる）へ行くことが求められつつあるし、マンション住民などは新耐震のマンションの共用部などを準避難所として利用することが近年議論され始めている。このように、避難行動の目的地はその用途や災害によって様々な種類があり、また自治体によって名称が大きく異なる場合も多く、有事には相当数の住民が混乱するものと考えられる。

他方で、過去の巨大災害時には、避難行動の目的地に関する安全性の問題も顕在化している。1923年の関東大震災時は被服廠跡、吉原公園、錦糸町駅、神田駅などのオープンスペース等に火災が押し寄せ、甚大な人的被害を記録した。都市火災分野ではこのよう

な教訓から、避難場所は輻射熱計算により 2050kcal/h/m²を下回る面積を算定し、安全率や空地率を考慮したうえで収容可能人数を算出し、そこを中心として避難路の安全性等も考慮した避難圏域を設定するなどの検討と都市空間への実装が現在に至るまで積み重ねられている。しかしながらハザードは違えど、筆者らの調査によれば東日本大震災でも多くの避難場所や避難所が被害を受けていることが判明した⁴⁾。例えば東日本大震災時に津波浸水があった自治体の約8割が、避難場所・津波避難ビル・避難所のいずれかに津波や火災の被害が発生しており、このなかでも特に、避難場所指定自治体の30.8%が避難場所まで津波が到達している。今後は避難場所、津波避難ビル、災害時に拠点となる建物などについて丁寧な安全性の検証が急務といえるが、一方でこれは巨大災害ならではの傾向でもある。つまり低頻度性を有した巨大災害は、事前の被害想定を超えた被害となることも考えられるため、避難場所として指定・周知された施設等で被害が発生する可能性は否定できない。それゆえ、避難場所の安全性検証はもとより、住民が避難場所の性能を適切に認識・評価できるような工夫が必要となる。

4. 避難の手段や方法

「巨大災害」からの避難行動を考える最後の論点は、「避難の手段や方法」である。一

般に正しい避難行動のあり方は、災害によってさまざまである(表3)。例えば津波からの避難は速度の速い津波から逃げなければならないため、車による避難が有効であるものの、渋滞の発生は懸念されるところである¹⁾。しかし例外はあるものの、津波は原則として大きいもしくはゆっくりとした揺れを伴うものと考えられるため、遠地震津波等を除くと避難のきっかけは明確と言えるかもしれない。また、避難先も高台や津波避難ビルなどの標高が高い場所であり、来街者であってもこの点は比較的分かり易い。

他方で、水害避難は一部の例外を除き、避難のきっかけが大きな課題となる。大雨が降るのは我々の日常の中でも頻繁にあることであり、これが災害に進展するきっかけは、多くの場合警報や避難情報などのアラート情報を受容する必要がある。この点で津波避難と水害避難は論点の異なる避難行動といえるだろう。

一方で地震火災からの避難を考えた場合、火災の延焼速度は一般に極めて遅く、人間の歩行速度で追い付かれることは稀である。しかしながら地震時は同時多発的に火災が発生するため、自分の家の類焼を眺める、救助活動や消火活動に集中しすぎるなどで、避難経路を失ってしまい、死に至る可能性がある。また地震火災は断続的な同時多発火災という性格を有するため、消防ですら火点を網羅的に把握しているわけではない。すると、地震

表3 避難行動の災害ハザードによる差異(筆者私見)

災害	避難のきっかけ	避難の余裕時間	避難先	避難方法
津波	○ 分かり易い(大きな揺れ)	× 地域にもよるがあまりない	○ 分かり易い(高い所)	△ 徒歩か自動車か
水害	△ やや分かりにくい	△ そこそこある	△ そこそこ見当は付く	○ 徒歩
市街地火災	× 分かりにくい	○ 囲まれなければ	△ やや分かりにくい	△ 風上側に徒歩
地下街火災	△ やや分かりにくい	× 割と早い(煙)	○ 地上	△ 経路は分かりにくい
原子力災害	× 災害情報が必須	△ ある程度はある	△ 場合によっては分かりにくい	△ 自動車かバス
帰宅困難	△ 分かり易いが認知度低い	○ ある	△ 事業所内や一時滞在施設	○ 徒歩

火災時は十分な避難情報が出ないことも予想され、避難のきっかけも明確であるとは言えず、勘に頼るほかない避難行動となってしまう可能性も大である。市街地火災から命を守る施設は（広域）避難場所もしくは（広域）避難地と呼ばれる。上述のようにこれは、市街地火災の輻射熱から人命を防護する距離を避難場所の周囲で算定し、これをもとに避難有効面積と計画人口を算定しており、おおむね広さが25ha以上（地域によっては10ha以上）で避難者1人あたり2㎡もしくは1㎡で設計されることが多い。また避難路は幅員15m以上の道路とされているが、緑道などの場合は10mでもよいとされる。これらは「最悪の事態を想定」した設計思想によるものと考えてよいが、避難場所内からの出火などは想定しておらず、また避難場所の運営に関する計画が作られることは少ない。そして具体的な避難行動は、延焼領域を避けて広幅員道路を風上側に向かって避難場所に移動するものとなる。

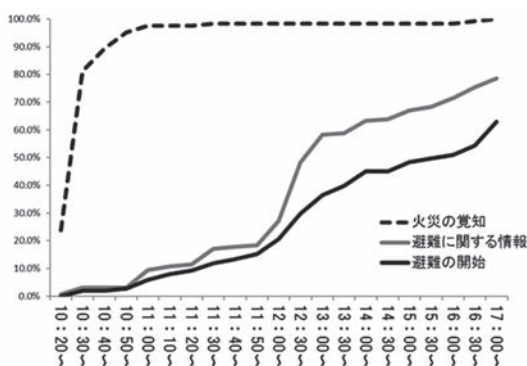


図1 火災を覚知した時間（破線，N=122）とはじめて避難勧告や避難の呼びかけを聞いた時間（灰線，N=158なお避難の呼びかけを聞かなかった34名も母数に含めている）と避難を始めた時間（実線，N=151なお避難しなかった66人も母数に含めている）

市街地火災からの避難はおおむね上記のように行われるが、都市の不燃化と公設消防の常備化の結果として、市街地火災の経験が希薄化した現代人においては、同時多発火災からの避難行動は極めて難しいものとなろう。例えば筆者は2016年12月に発生した糸魚川市大規模火災において、避難勧告が出された本町・大町1丁目および大町2丁目の住民に対して避難行動を尋ねる質問紙調査を行っているが⁶⁾、当地域では防災行政無線の個別受信機が普及していたため火災の覚知は瞬時に行えているものの、避難情報および避難の呼びかけの受け取りは遅く、避難の開始も遅れている（図1）。また、火災覚知直後の行動と避難情報および避難の呼びかけを聞いた直後の行動を示したものが図2、3であるが、火の様子を見ている人が消火・救助行動や避難した人よりも多いことが明らかとなっている。これは平常時における一点からの火災に対する傾向に過ぎないものの、地震火災時においてもおおむね同様と考えられよう。なおこの問題に対して筆者は、地域単位で地震火災からの避難を考えるワークショップツールを開発している（写真1、2）。

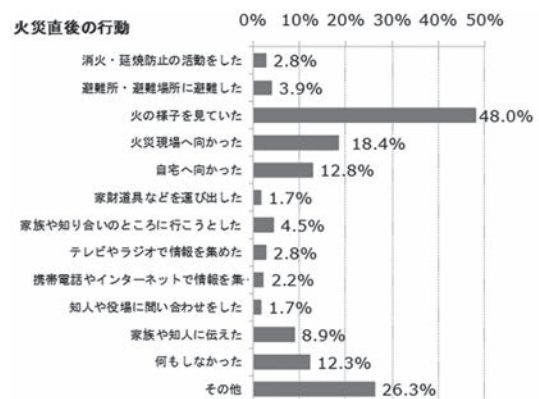


図2 火災を知った直後の行動（N=178，MA）

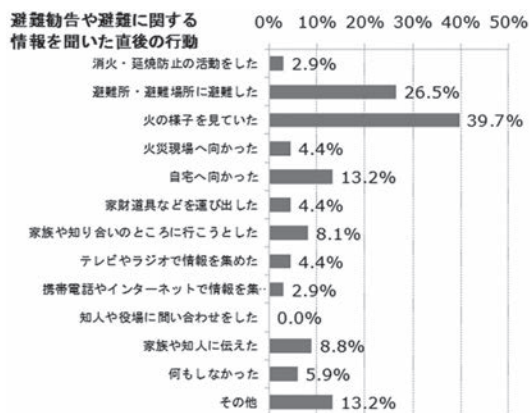


図3 避難勧告や避難の呼びかけを聞いた直後の行動 (N=170, MA)



写真1 市街地火災からの避難を考えるWS (1)

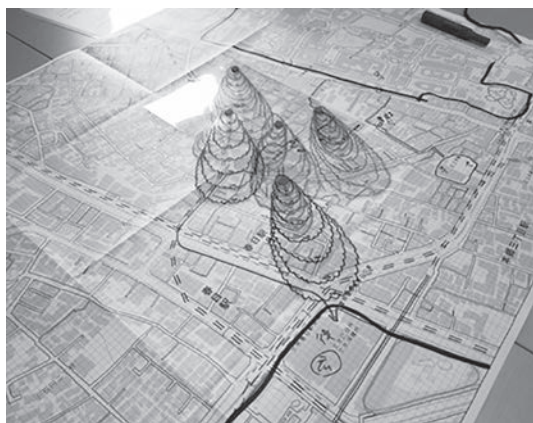


写真2 市街地火災からの避難を考えるWS (2)

以上のように、災害ごとに避難の様相は大きく異なるため、複数の災害リスクに直面した場合は、様々な状況別に適切な避難行動を使い分ける必要がある。例えば東日本大震災では、津波災害と原子力災害、津波火災など

複数の災害が同時に襲い、甚大な被害を誘発した事例もあることから、2015年に行われた国連防災会議で提言された「仙台行動枠組」では優先行動の1つとして地理空間情報の活用や防災教育と並んで「災害が複合的に発生する可能性を含めた災害リスク評価」が示されるに至っている。このように災害が複合的に発生する場合、とりわけ困難な対応が避難行動である。というのも、特に通常、避難計画は単一の災害を前提として作られることが多く、市街地火災に対しては火災からの避難計画があり、津波に対しては津波からの避難計画がある。しかしながら、火災と津波が複合的に発生する場合やどのような災害が来るかわからない場合の避難計画ははまだ確立していない。関東大震災や東日本大震災の例を出すまでもなく、巨大災害時にはしばしば同時に複数の災害が発生するが、この際にどのような避難を行えばよいかは、多くの場合具体的な解決策が用意されていないことになる。さらには、災害の種類が増えれば増えるほど、一般に考慮せねばならない被災シナリオは多様となり、今後複数のハザードを想定した丹念な災害リスク評価を行うとしても、何らかの優先順位をつける基準が必要となる。いずれにせよこのようなマルチハザードリスクを想定して災害リスクを予測し、適切な優先順位付けを経て、これに基づき避難行動を考える取り組みは、今後ますます必要になると考えられる。

なお「避難の手段や方法」については、地域特性を踏まえたルール作りが効果的であることが知られている。例えば、東日本大震災以降よく議論される自動車避難の是非について例を示すと、津波の速さは人間の歩行速度を大幅に超えるものであるため、移動速度の

速い自動車避難が有効と考えられるが、その是非は津波が襲来するまでの余裕時間、高台までの距離や津波避難ビルの有無、渋滞が発生する可能性、そして個人属性などによって大きく異なるものと考えられる。そしてこれらは日本全国で統一のものではなく、地域によって様々である。すなわち、地域によって避難のルールはそれぞれ異なることになる。つまり、このような状況の中では、「津波からは原則徒歩避難」という一般論よりも、地域特性を踏まえた科学的検証に基づく避難ルールの決定とそれを踏まえたハード対策が何よりもまず必要であり、このような地域特性を反映した避難行動ルールの策定が効果的である。しかしながらこれらの対応も、上述した理由により、巨大災害時には困難な作業となろう。

避難行動を考える上では、上記に挙げた3種類の要素以外にもさらに、液状化・火災・建物倒壊に伴う避難経路の途絶、渋滞による移動の遅れ、情報機器の被害など様々な避難行動上の阻害要因が実際は考えられる。巨大災害時は、これらによる影響はとりわけ大きいものとなろう。これらを総合すると、巨大災害時に住民が適切な避難を行うことは極めて難しく、計画と現実との乖離が大きい現象と考えられる。東日本大震災以降、発生頻度は高いがそれほど外力が大きい災害はハードで対応し、発生頻度は低いが外力が大きくその激甚性が高い災害には住民避難を軸としたソフトで対応するという議論が一般的となりつつある。確かに、発生頻度が低く、外力が大きい災害に構造物等のハード整備で対応することは技術的にも予算制約上も難しいと考えられる。しかしながら、上記にみたように、巨大災害時は住民避難もまた難しい

対応となる可能性が高く、我々は過去にも適切な避難ができず、甚大な被害を記録しつづけていることを忘れてはならない。筆者はこのような「住民避難への巨大災害リスクの押し付け」とも言える雰囲気は、ソフト対策における評価技術の欠如にあるものとみているが、そのみならず、自然災害の激甚化・頻発化という今後の潮流を踏まえると、中小規模災害とは異なる、巨大災害ならではの避難行動の計画技術とハードとソフトの健全な役割分担が求められるのではないかと考えている。

5. 大都市における避難

ところで、上記では対象地域をあえて明確にせず、巨大災害時における避難行動の困難性を詳述したが、曝露量が大きく巨大災害の発生しやすい大都市部、特に首都圏、中京圏、近畿圏での避難行動はさらに難しくなるものと考えられる。例えば、大都市内は総じて災害が複合的に発生するリスクが高い。建築物が密集していることから火災リスクは非常に高く、また建物倒壊による道路閉塞は避難路や緊急自動車の通行を不可能とする。経済性その他の理由により、悪い地盤など災害危険度の高い場所に住んでいる人も多く、また名古屋や大阪は津波リスクも考慮せねばならない。このため、先に論じたマルチハザードリスク下での避難計画技術を確立する必要性が大きい地域と言えるだろう。しかしながら、大都市における避難行動の難しさは、それのみにとどまらない。このため本稿の最後に、大都市における避難の在り方を考えることとし、その論点整理を行うため、はじめに大都市における防災を考える上で重要な3つの特徴について列挙したい。

大都市における防災計画を考える上で、とりわけ考慮しなければならない特徴は「様々な集積」である。そもそも大都市における集積は、平時は経済や情報、知識など多様な相互作用の活性化を約束するものであり、大都市のもつ最大のメリットといってもよい。しかしながら過度に集積した大都市は、できるだけ大きい被害を与えようとする「災害」側に立脚して考えてみれば、これほど破壊効率の高い箇所はないはずであるし、その被害は様々な形で他地域に影響を及ぼす。例えば大都市とは対極をなす「野中の一軒家」と比べ、密集居住のもとではひとたび住宅が倒壊すると、道路閉塞・避難障害・地震火災などに代表される「負の外部性」ともいべき影響は無視しうるものではない。これに対しわが国では、近世より様々な対策が行われてきている。江戸の市街地では火除け地や橋詰広場を設け、戦中は建物疎開や防火構造技術を開発し、戦後は延焼遮断帯の整備や沿道の不燃化などを行うことで、燃え草となる建物の集積や避難者の過集中を物理的に制御し、空地を計画的に配置することで被害の軽減をはかる試みを重ねてきた。また阪神・淡路大震災以降は、住宅の耐震化に対し行政が無料耐震診断や補助を行うなど、これらの外部不経済を補完する取り組みが進められてきた。しかしながら、現代の大都市は複雑なシステムかつ高次の産業構造を有しているため、災害による間接的な経済被害も極めて大きく、また行政・メディア・金融など各主体における中枢管理機能の麻痺による負の波及効果は容易に想像できる。その結果、わが国のみならず全世界にその影響は及び、また大都市自体でも迅速な応急対応や復興の遅れが加速する。つまり大都市の防災対策を考えるうえでは、建

物倒壊による避難障害、火災の延焼や避難行動など集積に伴う物理現象のコントロールのみならず、首都機能を代表とする大都市の社会的機能をどのように分散し、多重化を図るかといった論点もまた重要である。復興時においてもこれは同様で、大都市部で巨大災害が発生すると避難所が満員となり大量の避難者が疎開生活を送ることも考慮せねばならないし、その際は住まいの確保のみならず雇用の準備や産業の移転なども検討する必要がある。すなわち大都市においては、ローカルな建物やまちの安全のみならず、広域的な視点から生活や機能あるいは社会システムを守り、また復旧・復興させるといった点も計画対象とせねばならない。

2番目の特徴は人為的な要素である。そもそも3大都市圏の居住者は戦災を経て長期間大災害を経験しておらず、コミュニティの崩壊が叫ばれつつある地域では住民の災害対応能力は特に低いものと考えられる。事実、東日本大震災時の東京は最大震度5強程度であったものの、東京は大混乱の様相を呈している。そして大都市は転入・転出の頻繁な地域もあり、このような場所では災害経験の蓄積も期待できず、自然と切り離された空間であるため災害に関する情報も入手が難しく、観光客など地域特性を熟知していない人々も多い。また、彼らは豊富なインフラ環境のもとで都市的なライフスタイルを送るなど、都市機能に依存した生活が当たり前となっている。平時こそ電気・ガス・水道のみならず、物流・情報・交通などの様々なインフラ環境は、膨大な昼間人口も含めたあらゆるニーズを効率的に満たすものの、災害時にはあらゆる面で破綻をきたすであろうことは容易に想像できる。これは消防や救急などの行政対応

能力も同様であるが、特に情報技術による影響は近年ますます大きくなっているものと推測される。東日本大震災では「有害物質の雨が降る」という情報がSNSを中心として流れ、熊本地震では「ライオンが逃げた」という誤情報が問題となったが、災害時に情報の需要と供給のバランスが崩れると、このような憶測を含む真偽の疑わしい情報が不安解消行動の1つとして急激に流通する。その結果、避難行動の失敗や情報パニック、観光地における風評被害などの発生に至る可能性も考えられる。長い間大都市に住んでいると、都市的生活は享受できて当然であり、情報は必要以上に受け取ることができ、これに対して我々が支払っている様々なコストはすべて最適化がされているかのような錯覚を覚えるが、その定義域はどれも平時に限ったものである。しかしながら、災害時を想定するしないにかかわらず、冗長性を残した社会システムはしばしば「無駄」と批判されることが多い。そして災害リスクがLPHC型（低頻度高被害）であればあるほど、防災投資は困難となる。2011年に発生した東日本大震災はM9.0という大規模な地震であったため、それ以降、想定外という言葉と共に巨大災害リスクへの対処が叫ばれてきた、しかしながら、被害は大きいが高確率の低い災害現象への対応を論じるうえでは、期待値が意味を持たないことは自明である。これまで市街地の安全性向上に寄与した区画整理や再開発、あるいはハード整備や容積率の緩和が従来ほどに歓迎されるものではなくてきたなかで、安全至上主義もしくは単調な経済成長を前提とした計画論のみでは今日的課題を解決することは難しく、新たな計画技術あるいは価値観の提案が期待されている。

最後に示す特徴は災害リスクの新規性である。阪神・淡路大震災の神戸市が3連休直後の早朝という、まだ都市が眠っている時間であったことを踏まえると、大都市における大規模災害は関東大震災以降わが国では発生しておらず、その被害像は十分に明らかになっていない。代表的な潜在的問題の一つに、先述したマルチハザードリスクへの対応がある。他にも、大都市内には市街地の更新や変化のスピードが速い地区が多く、例えば更新スピードの速いエリアにおいては「エキナカ」など規制が後追いとなってしまう箇所も多い。このような地域においては、上述した複合災害からの避難行動と同様に、これまで経験していない未知のリスクを推測し、対策を行う姿勢がとりわけ重要である。

このように、大都市における防災を計画する上では、上述した「集積」・「人為的要素」・「災害リスクの新規性」を踏まえる必要があるが、避難行動においてもこの3点は大きな影響を与えるであろう。特に、はじめの特徴の「集積」については、東日本大震災時における東京の混乱が真っ先に思い出される。当時は東京都内における最大震度は5強であったため、深刻な物的被害も少なく、鉄道の運休に伴って約500万人と言われる帰宅困難者が出た程度であったが、より強い揺れと物的被害の下では、帰宅困難者の一斉帰宅と避難行動が錯綜し、関東大震災でも発生した群集事故が再現されるなど、両者が互いに負の影響を及ぼすことも想像に難くない。また、東日本大震災時には帰宅困難者とその家族等による自動車の送迎需要が車道における過度の交通渋滞をもたらし、消防活動や救急活動が阻害されたが、より強い物的被害もしくは延焼被害のもとでは、この渋滞が致命的

な人的被害に多数繋がる可能性もある。例えば筆者らはこのような状況下での避難行動を評価する目的で、首都圏の622万人を対象とした大都市マルチハザード避難シミュレーションを提案している⁷⁾。図4は、このシミュレーションを用い、首都圏の帰宅困難者が徒歩による一斉帰宅をしたとの想定の上で、墨田区住民が自宅から避難場所へ到達する時間分布を計算した結果である（ただし道路閉塞する場合は閉塞確率を細街路に限り1リンクあたり5%と設定）。

Case Aは混雑の影響がなく、かつ道路が閉塞しない場合である。このケースは平常時に避難場所へ任意の住民が建物から移動することを想定したもので、この状況下では墨田区住民の99%以上が30分以内に避難場所まで到達することができる。Case Bは混雑を考慮しないが道路閉塞があるパターンを示したものである。ここでは、Case Aと比べてやや避難完了時間が遅くなるが、それでも97%以上が一時間以内での避難が可能である。Case Cは、道路閉塞したうえで、震災直後に地域住民全員が避難を開始するケースである。この状況下では、30分以内に避難を完了できる人が49.5%であり、1時間以内は71.2%、2時間以内でも89.7%しか避難場所に到達できない。Case Dは、道路閉塞したうえ

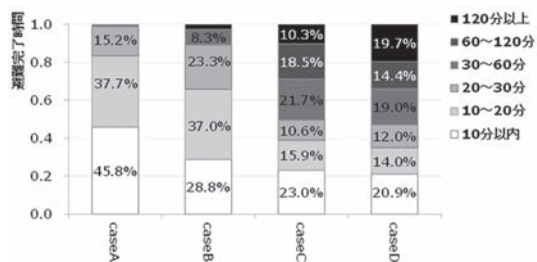


図4 墨田区住民が最寄りの避難場所まで到達する時間

で、震災から2時間後に地域住民全員が避難を開始するケースである。ここでは震災直後に帰宅困難者が一斉帰宅するものとしているため、帰宅困難者の移動と市街地火災からの避難者が錯綜しており、30分以内に避難を完了できる人は46.9%、1時間以内は65.9%、2時間以内でも80.3%しか避難場所に到達できない。すなわち細街路の閉塞はもちろん、帰宅困難者の一斉帰宅が地域の避難行動を阻害することがシミュレーション上でも再現されたことになる。このような、大都市における昼間人口の地域的偏在が避難行動にもたらす負の影響は、火災避難のみならず津波等でも同様と考えられ、大都市ならではの問題と言えるであろう。さらに、大都市は多数の昼間・夜間人口が存在するがゆえ、携帯電話や固定電話の輻輳により、避難時に必要とされる情報伝達・情報共有が阻害される可能性も高い。

このように、巨大災害の発生が懸念される大都市においては、避難計画上の課題が山積している。大都市ならではの避難の計画技術を提案・実現する専門性もまた、ますます今後必要となっていくであろう。

補 注

- (1) 東日本大震災時や北海道南西沖地震時にも津波襲来時の交通渋滞は発生している。ただし、特に東日本大震災においては自動車避難をしたからこそ被災を免れた人も多く、国土交通省の行った調査⁵⁾によれば自動車で避難した回答者の多くはやむを得ない事情で自動車避難を行ったとも考えられる。

参考文献

- 1) 中央防災会議、1923関東大震災報告第1編、内閣府、2006。
- 2) 総務省消防庁、平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）について（第149報）、2014年6月1日参照。

- 3) 内閣府、阪神・淡路大震災教訓情報資料集、http://www.bousai.go.jp/kyoiku/kyokun/hanshin_awaji/data/index.html、2014年6月1日参照。
- 4) 廣井悠、都市と避難、近代消防、2014. 5.
- 5) 国土交通省、東日本大震災の津波被災現況調査結果（第3次報告）津波からの避難実態調査結果（速報）、2013. 12.
- 6) 廣井悠、松原龍、上園智美、渡辺竜之：糸魚川市大規模火災における住民の避難行動調査、都市計画論文集、No. 54-3、pp. 1101-1108、2019.
- 7) 廣井悠、大森高樹、新海仁、大都市複合災害避難シミュレーションの提案、日本災害情報学会第16回研究発表大会概要集、2015. 10.

SDGs・ESDの観点からみた防災教育

—「生きる力」を培う学校防災の背景と課題—

滋賀大学大学院教育学研究科教授

藤岡 達也



1. SDGsと防災教育

(1) SDGs・ESDと自然災害削減

2030年までに、持続可能でよりよい世界を目指す国際目標として、17の目標（ゴール）、169のターゲット、232の指標を持つSDGs（Sustainable Development Goals：持続開発目標）については改めて紹介するまでもない。本稿では、SDGsと関連して自然災害に関する防災、減災、復興について、これからの時代に求められる教育の点から考察したい。つまり誰一人、災害から取り残さない防災教育の確立に向けての展望である。持続可能な社会の構築には、大規模な自然災害への対応を無視するわけにはいかない。

自然災害への取組を記した13. 1のゴール、ターゲットに示された「すべての国々において、気候関連災害や自然災害に対する強靱性（レジリエンス）及び適応の能力を強化する。」だけでなく、SDGsの各ゴールやターゲットにも自然災害との関連性が読み取れる。例えば、貧困（ゴール1）、飢餓（ゴール2）、まちづくり（ゴール11）などが、災害への対応と直接・間接に関わっている。気候変動に伴う自然災害についての懸念が国際的に広がっており、世界全体の課題として捉えながらも国内の現状に合わせた啓発、教育も不可欠である。しかし、気候変動とは無関係に日本列島では地震・津波、火山噴火が生じ、歴史的に見ても台風や前線の発達による

豪雨などによる自然現象が災害につながったことが多く記録されている。さらに東日本大震災が未曾有の災害と言われる原因の一つには、福島第一原子力発電所事故がある。ウクライナ情勢とも関わり、今後の原子力発電の扱いには、SDGsゴール7「すべての人々の、安価かつ信頼できる持続可能な近代的エネルギーへのアクセスを確保する」とも関わり重大な課題が突き付けられている。

現実的には、自然災害を防ぐ「防災」よりも「減災」の表現の方が適切である（国際的にはDisaster Risk Reductionが用いられている）が、災害後の「復興」も大きな課題となる。17の目標を持つSDGsでは、ゴール4に「すべての人々への包摂的かつ公正な質の高い教育を提供し、生涯学習の機会を促進する」が挙げられているが、全てのゴールの達成には教育の果たす役割は大きい。自然災害に関しても教育の役割は同様である。SDGsと連動した持続可能な開発のための教育については、2005年から2014年までの「国連持続可能な開発のための教育（Education for Sustainable Development；以後、ESDと略記）の10年（DESD）」が重要な意味を持つ。ESDを促進すること及びDESD以降も持続可能な開発をより積極的に教育に統合していくために、ESDに関するグローバル・アクション・プログラム（Global Action Program；GAP）が2020年までのDESDの後継プログラ

ムとされた。さらに、ESDの新たな国際枠組み「持続可能な開発のための教育：SDGs実現に向けて（ESD for 2030）」（2020-2030年）においても継続されている。

本稿では、防災に関する国際動向を踏まえながら、今後、国内において地域、学校にどのような自然災害に関する教育が望まれるのかを、これまでの経緯を振り返って考察したい。言わば“Think Globally, Act Locally”を防災教育にも展開し、グローバル人材を育成する視点で捉えることを一つの柱とする。なお、本稿では防災教育の言葉に減災教育や復興教育の意図を含んでいることを断っておく。

（2）VUCAの時代に教育で育成が期待される「生きる力」

近年ではSDGs実現に向けての様々な課題解決が求められ、さらにVUCA（Volatility；変動性，Uncertainty；不確実性，Complexity；複雑性，Ambiguity；曖昧性）の時代とも言われる。確かにこれからの国内外の情勢は予想がつかず、その中で国家レベルから個人レベルまで、状況に応じた意思決定を行って活動を進めていくことに難しさを感じる人が多い。しかし、いつの時代も先が読めないことは同様であり、特に自然災害が頻発してきた日本においては、想定外のことにでも対応せざるを得なかった歴史がある。近代に入っても、寺田寅彦が「災難論考」で述べているように、「日本人を日本人にしたのは実は学校でも文部省でもなくて、神代から今日まで根気よく続けられて来たこの災難教育であったかもしれない。」は実感するところである。寺田寅彦は文部省（当時）や学校をむしろ評価していたところが感じられるが、自然災害

に対する復興に培われた忍耐力、この国土で生活するための工夫・努力、さらには自然災害と表裏をなす自然の恩恵への感謝が日本に住む人々に備わってきたかもしれない。

学習指導要領の中で初めて「生きる力」の言葉が登場してから、現在3度目の改訂となり、教育活動においても、この言葉は重要なキーワードとなっている。近代の日本の大きな教育改革としては、明治5年の学制、次に戦後の民主主義教育、そして「生きる力」を育成する現在の学校教育が挙げられる。これまでの2つの教育改革では日本は欧米からの科学技術の遅れを痛感し、欧米の教育をお手本とし、知識・技能の習得に効率よく取り組むことを目指してきた。TIMSS（国際算数・数学、理科動向調査）やOECD生徒の学習到達度調査など国際比較調査の結果を見る限り、それなりの学校教育の成果は認められる。しかし、「生きる力」が初めて中央教育審議会答申に登場した1996年には、前年、発生した「阪神・淡路大震災」の影響を無視することができない。また、2011年4月から「生きる力」の育成の重要性が再度示された2008年版学習指導要領による教育活動が小学校から順次始まる直前の3月11日に東日本大震災が発生した。阪神・淡路大震災後の中教審第一次答申（1996）では、「これからの子供たちに必要となるのは、いかに社会が変化しようと、自分で課題を見つけ、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、行動し、よりよく問題を解決する資質や能力であり、また、自らを律しつつ、他人とともに協調し、他人を思いやる心や感動する心など、豊かな人間性である。たくましく生きるための健康や体力が不可欠である。」と示し、この資質や能力を、変化の激しいこれからの社会を「生き

る力」とした。つまり、「生きる力」は阪神・淡路大震災、そして東日本大震災によって重要性が増したと言える。「生きる力」の育成には自然災害に関する防災、減災、復興のための教育が具体的な活動となり得る。さらに2020年、「生きる力」が謳われた3度目の学習指導要領による教育課程が展開されようとした、その新学期から新型コロナウイルス感染症によって、児童・生徒等の登校が不可能となってしまった。これまでの教育改革では、海外からのいわゆる外圧によって進められたのに比して、「生きる力」の育成を目指した新たな教育改革は災害への対応という内圧によって直面したとも考えられる。

本稿の主題は、なぜ今日の学校で防災教育が重要なのか、また、これから求められる防災教育は何か、について考察することである。周知のとおり日本列島では、自然災害は頻発してきた。その教訓はどのように広がり、時代を超えて繋がってきたのかは、教育の課題である。災害は地域によって異なり、発生する災害の種類そのものの想像がつきにくいことも多い。同時代に甚大な被害が発生したとしても、距離が離れれば離れるほど、どうしても他人事として捉えてしまいがちに

なる。近年は報道での取扱いも増えつつあるが、海外での大規模な自然災害に関心を高める人は多いとは言えない。それだけに、SDGsゴール17の「持続可能な開発のための実施手段を強化し、グローバル・パートナーシップを活性化する」に示されているように、防災に関しても連携的な視点は重要になってくる。

さらに国内においても、自分の地域で過去に大規模な自然災害が発生したとしても、その災害を知らないことも珍しくない。国内各地域において自然災害伝承の碑が見られる。例えば、大阪市にも1854年安政南海地震後に碑が建てられている（図1）。この碑に書かれていることとして、1707年宝永地震の際にも大きな津波被害が生じた。しかし、被害を受けた人も多く、遺族や被害者を気遣って話題にしないうちに忘れてしまい、安政南海地震で再び悲劇が繰り返されたことも記されている。安政南海地震後の「大坂大津浪図（大阪城天守閣蔵）」の状況を、そのまま現在の地形図に記したのが図2である（戸倉・藤岡，2013による）。これと同じ規模の津波が近い将来発生し、深夜など最悪の状況を想定すると、30万人前後の犠牲者が発生するとい



図1 南海安政地震祈念碑（大阪市）

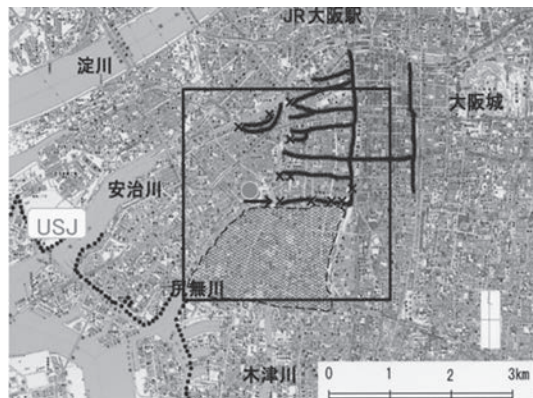


図2 現在の地図上に記した津波遡上河川

う予測も頷ける。この沿岸では、当時なかった地形改変の結果として、ユニバーサルスタジオジャパン（USJ）など集客力の高い施設もあり、2025年には大阪万国博覧会の開催地も存在する（図中の丸印は石碑の背後の京セラドーム）。過去の南海トラフ型地震・津波の周期から、大阪万博開催中には大津波が発生しなかったとしても、その後に想定される地震・津波を想定し、大規模な娯楽施設・商業施設には建設時から対応が不可欠であろう。

現在、近未来に想定される自然災害に備えて、様々な取組がされている。気象庁はじめ、最新の科学技術によって、気象現象の変化予測、危険予測まで進んでいる。さらには住民に想定される危険の啓発、避難行動さえ、報道やインターネットを通じて呼びかけられるようになっている。日常から備えを促すために、行政が主体となって一般市民への啓発や広報活動も見られる。しかし、危険予測のための科学技術が発達し、情報収集・提供に関する社会体制が整ったとしても、結局は住民一人一人の意識や行動が不可欠である。

このような経緯からも発達の段階に応じた教育の重要性は求められる。また、過去の災害を風化させないためにも防災を含めた教育には大きな期待がされる。一方、教育は夢や希望を与えるものであり、決して恐怖や不安を与えるものではない。確かに命を守るための喚起は不可欠である。しかし、自然そのものは中立であって、人間に都合よくできていたり、人間に被害を与えたりするだけのものではない。自然の持つ恩恵と災害の両面を理解し、むしろ日常は自然からの恩恵の方が大きいことを忘れてはならない。つまり、子供

の発達段階に応じて、自然の美しさや不思議さ、それらをつくるダイナミクスを知ることから学び、それが災害につながることの二面性を取扱うことが重要であろう。

2. 持続可能な開発目標と自然災害への対応

(1) SDGsの理解とESD

SDGsの教育による具現化とESDの関連性の深さは先述の通りである。ESDでは、どのような人材の育成を目指すのかは次のように示されている。2016年12月に発表された中央教育審議会の答申「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について」には、「持続可能な開発のための教育（ESD）は次期学習指導要領改訂の全体において基盤となる理念である」と記された。この答申に基づき策定され、2017年3月に公示された幼稚園教育要領、小・中学校学習指導要領及び2018年3月に公示された高等学校学習指導要領では、全体の内容に係る前文及び総則において、「持続可能な社会の創り手」の育成が掲げられている。持続可能な社会づくりのための課題解決に必要な「7つの能力・態度」として、ESDの視点に立った学習指導で重視する能力・態度が次のように示されている。

1. 批判的に考える力
2. 未来像を予測して計画を立てる力
3. 多面的・総合的に考える力
4. コミュニケーションを行う力
5. 他者と協力する力
6. つながりを尊重する態度
7. 進んで参加する態度である。

しかし、これらは新しい視点とは言えない。「生きる力」の具現化として登場した「総合的な学習の時間」のねらい、OECD-PISA型リテラシー育成が目指すものなど、これから

の時代を生きていくための人材育成の観点からは、全て一致しているとみなされる。具体的には、どのような教育活動が求められるのかを考えたとき、防災・減災・復興に関する教育とも大きく関わっている。例えば、ESDの具現として図3のような内容が示されている。この図の中の「減災・防災」から「気候変動」、「環境」、「エネルギー」、「海洋」さらには、「国際理解」、「世界遺産・地域の文化財等」までもに広がりを持たせることが考えられる。

(2) 国連防災世界会議とESD

国際的な立場から自然災害への積極的な取組に注目されるようになったのは、日本の自然災害への対応から見ると、比較的新しいと考えることができる。国際的に防災が世界共通の課題と強く意識されたのは、1990年からの「国連防災の10年」と言っても良いだろう。1994年には横浜市で、第1回国連防災世界会議が開催された。ところが、その翌1995年に

阪神・淡路大震災が発生し、自然災害による被害は現在の先進国の大都市でも無関係でないことが明確になった。2000年には「国連防災世界戦略」が成果文書として、そしてこの実現のためにスイス・ジュネーヴに事務局が置かれたのは周知のとおりである。

阪神・淡路大震災発生から10年後の2005年1月に神戸市を中心に第2回国連防災世界会議が開催された。この時の成果文書が「兵庫行動枠組2005-2015」である。兵庫行動枠組の時期をみても先述のESDの10年とも連動していることがわかる。ここでは、大きな柱が5つあり、その中で3つ目が「全てのレベルで防災文化を構築するため、知識、技術革新、教育を活用する」と示され、直接に教育の役割が示されている。

さらに2011年に生じた東日本大震災を受け、2015年に仙台市を中心に第3回国連防災世界会議が開催され、その成果文書として「仙台防災枠組2015-2030」が兵庫行動枠組

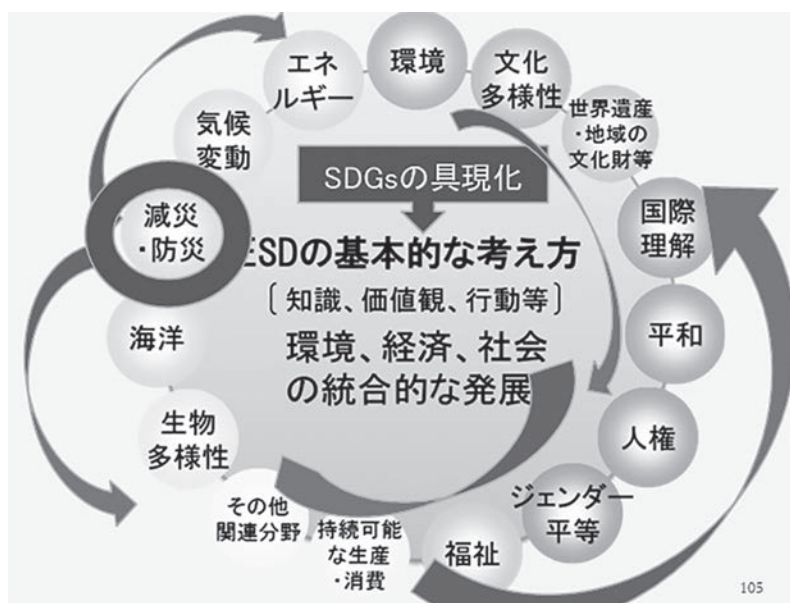


図3 減災・防災から広がるESDの展開（文科省，2016に加筆）

の後継として国際的な防災の指針となっていることは述べるまでもない。SDGsゴール11の中でも仙台防災枠組はターゲット11. b「2020年までに、包含、資源効率、気候変動の緩和と適応、災害に対する強靱さ（レジリエンス）を目指す総合的政策及び計画を導入・実施した都市及び人間居住地の件数を大幅に増加させ、仙台防災枠組2015-2030に沿って、あらゆるレベルでの総合的な災害リスク管理の策定と実施を行う。」として記載されている。

なお、2005年から2015年まで隔年で、兵庫行動枠組をフォローアップするために、スイス・ジュネーヴの国連事務所でプラットフォーム会議が開催された（図4は第1回目のプラットフォーム会議において、冒頭で井戸兵庫県知事（当時）が講演している様子を示している）。2006～2007年では、“Disaster risk reduction begins at school” が国際防災戦略のキャンペーンとされており、日本からも講演があり、この時は筆者が当時の日本の学校防災の現状と課題を報告したことも付記しておく。第3回国連防災世界会議以降も同様に仙台防災枠組の実現を図るために、隔年、同場所で開催が続いている。



図4 第1回国連防災プラットフォーム会議

(3) 学校防災の現状と課題

ここで、学校現場でのこれからの教育全体の中で、防災教育の在り方を考えてみたい。コロナ禍において、2020年度当初、教育現場は混乱に陥ったのは事実である。しかし、必ずしもマイナス面ばかりとは言えない。GIGAスクール構想もコロナ前から打ち出されていたが、順調に進んでいたとは言い難かった。それがオンライン授業、そして一人1台端末へと、令和の教育に向けて飛躍的に進んだ。

今日Society 5.0の時代に向けて、学校ははじめ社会が動き始めている。それを踏まえての教育として、近年、STEAM教育が注目されつつある。STEAM教育とは、Science, Technology, Engineering, Art, Mathematicsの文理融合型の教育である。もともと、STEM教育として新たな理系総合教育への取組がアメリカのオバマ政権下で始まった。科学技術人材育成のための小学校からの導入である。STEM教育もE-STEM（Eとは環境を示す）、STREAM（Rとはロボット）など、様々なバリエーションを持つ。

従来から、科学・技術・社会相互の関連（Science-Technology-Society）は重視されてきた。特に環境問題は、この視点が不可欠であり、防災教育や資源・エネルギー問題も、この点から捉えることが可能である。日本列島では繰り返し発生する土砂災害であるが、これらを整理すると図5のようになる。かつては一般市民にとって、科学的に理解が困難なことは専門家に任せておけば良かった。しかし、今日では専門家も市民が理解できるように説明する義務がある。例えば、医療の世界では、インフォームドコンセントが広がりつつある。専門家の医師は医学的知識

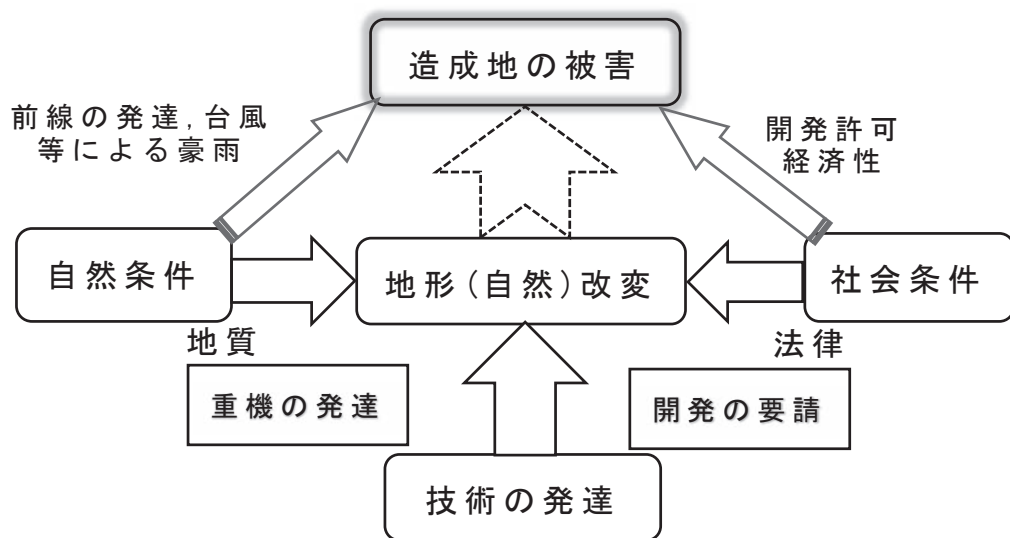


図5 科学・技術・社会の相互関連からみた造成地の被害

等詳しくない患者に対してもわかりやすく状況を説明し、患者は納得いくまで質問し、手術等処置を受けることになる。また、専門家は特定領域の知識を有していたとしても課題解決にまで導いてくれるとは言えない。新型コロナウイルス感染症に対しても、確かに免疫や感染症についての専門家はいても、個人の行動から政策の意思決定については限界があることが明確になった。今後も市民を巡る様々な課題について、結局は個人が適切と考える行動を取らざるを得ない。

自然災害に関する防災、減災、復興などについての在り方も同様である。SDGsにおいては、ゴール11の中で「包摂的で安全かつ強靱（レジリエント）で持続可能な都市及び人間居住を実現する」が示されているが、行政だけに依存しても実現は厳しい。これまで、確実に存在する正解のみを扱っていた学校教育に変化が求められている。

3. 日本の学校教育の課題と期待

(1) グローカル人材の育成

国際化が著しい今日、グローバル人材の育成については、様々なところで指摘されている。しかし、日本の現在を考えると、持続可能な地域づくりに取り組む人材の育成も不可欠である。今後の日本の課題として、環境との調和を考えたグリーン政策、ICTを中心とした技術革新、少子化への解決、地方創生化に向けた取組が挙げられている。特に後の二つについては、なかなか効果的な方法が生み出せているとは言えない。都市部と地方とでの様々な格差が懸念される。地方を支える産業・人材の育成は今後一層求められる。地方での災害発生について、地域の衰退化につながることを阻止するだけでなく、新たな地域を復興する計画や取組も見られる。

地方に関わらず、各地域の特色を学ぶことは日常生活との関わりから重要である。特に

日本列島は面積の割には、気候、気象、地質、地形、水文、植生、生態系などの自然環境は大きく異なっている。次に述べるように、日本の教育システムとして学習指導要領の役割は大きい。しかし、全国画一的な教育内容を取扱うにあたって、意義もあるが課題も存在するのも事実である。確かに、全国同じ内容を同程度に取り扱うことは義務教育段階においても、教科によっては不可欠であり、科目ごとのレベルでも求められるところはある。しかし、教科としての理科では、科目として物理・化学のような地域に関わらず普遍的な内容と、生物・地学のような地域による特殊性を反映した内容もある。地域の自然災害を理解し対応するためには、地域の自然環境の知識や理解も重要である。

(2) 地学教育の重要性と課題

自然災害に関する防災教育で懸念されるのは、自然を理解することが重要であるが十分に地球や自然環境に関して体系的に学ばれていないことである。国内でのナショナル・カリキュラムとしては、学習指導要領による教育課程が法的根拠を持ったものとしての設定がされている。現学習指導要領では小学校から高等学校まで、理科の学習は「物理」「化学」「生物」「地学」の4領域に整理され、系統的に体系化されている。しかし、義務教育段階までの理科4領域のバランスのよい教育

課程の配列に比べ、高等学校になると、地学を学ぶ機会は格段と落ちる。例えば、表1は令和4年に実施された大学入試共通テストの理科の科目受験者割合を示したものである。「地学基礎」「地学」受験者は、他の科目受験者と比べても非常に少ない。特に専門性の高い「地学」受験者は、延べ受験者のわずか0.3%に過ぎない。確かに地質学者、気象学者、天文学者などは、高校時代に物理・化学などをしっかり学んでおくのは重要であろう。しかし、大学に入って新たに地学分野の専門家を意識する学生は多いとは思えない。

地震・津波の発生、火山噴火などによる災害、気象災害、土砂災害につながる風水害については、基本となる自然現象の知識が不可欠である。地質、地形、気象など、それらの基本的な知識は、理科の中でも地学（義務教育では地球領域）で習得される。それが実質義務教育段階で留まっており、高等学校での教育課程でも期待できないとなると、地域教育、社会教育での広がりを考えたい。実際、各地域のジオパークでは、自然災害の啓発・教育にも関連した展開が見られる。

教育制度の課題として、文科省においても学習指導要領など教育課程を担当する部局は、防災教育を担当する部局とは異なっていることも無視できない。前者は初等中等教育局の中で、理科や地学など各教科や各科目の中でどのような内容を取扱うかを決めている

表1 令和4年大学入試共通テスト理科における科目別受験者数等（大学入試センターによる）

科目名	物理基礎	化学基礎	生物基礎	地学基礎	延受験者計
受験者数（人）	19,457	100,644	125,799	44,101	290,001
科目選択率（%）	6.7	34.7	43.4	15.2	
科目名	物理	化学	生物	地学	延受験者計
受験者数（人）	148,585	184,028	58,676	1,350	392,639
科目選択率（%）	37.8	46.9	14.9	0.3	

が、後者は総合教育政策局（かつてはスポーツ・青少年局として担当していた）の中で防災（災害安全）を含む学校安全を実施するにあたっての方法を決定する。例えば、「東日本大震災を受けた防災教育・防災管理等に関する有識者会議」（2011年9月中間とりまとめ、2012年7月最終報告）、その後の「学校防災マニュアル（地震・津波災害）作成の手引き」（2012）、「東日本大震災における学校等の対応等に関する調査研究報告」（2012）、「学校防災参考資料『生きる力』を育む防災教育の展開」（2013）はスポーツ・青少年局（当時）によるものであった。さらに文科省は、「学校安全の推進に関する計画」（2012～2016年度）、「第2次学校安全の推進に関する計画」（2017～2021年度）、そして「第3次学校安全の推進に関する計画」を2022年度から周知している。これらの一連の計画は、学校保健安全法に基づき、各学校における安全に係る取組を総合的かつ効果的に推進するため、5年間の計画として国が策定するものである。ただ、教育課程との連動が十分となっているかは課題である。

SDGsゴール4のターゲットでは、「4. a 子供、障害及びジェンダーに配慮した教育施設を構築・改良し、すべての人々に安全で非暴力的、包摂的、効果的な学習環境を提供できるようにする。」と記されているが、学校の安全環境を考えると、自然災害への対応も無視できない。東日本大震災で最大の犠牲者（教職員13名中10名、児童104名中74名内2名は自宅）を生じた石巻市立大川小学校では、救えた命が救えなかった学校の責任を問い、最高裁まで争われたのも学校防災に大きな影響を与えた。2018年10月に、最高裁の決定があり、控訴審判決が確定した。その理由

としては、「校長らは安全確保義務を履行するために必要とされる知識及び経験は、地域住民が有していた平均的な知識及び経験よりも遙かに高いレベルのものでなければならず、高い確率で発生が想定された宮城県沖地震（想定された地震）により発生する津波の被害を受ける危険性を予見することは可能であった。」「教師は、児童生徒の安全を確保するために、津波ハザードマップ等は、児童生徒の安全に直接関わるものであるから、独自の立場からその信頼性等について検討することが要請されていた。」など、学校長や教員は子供の命を守るために、地域の自然環境に根差した防災・減災の認識が不可欠であることを明確にしたものと読み取れる。宮城県や石巻市としても「津波の予見可能性について、発災前の学校現場に対し余りにも過大な義務を課しており、学校保健安全法が求める義務を大きく超えているとともに、過去の裁判例の判断基準からしても、予見可能性の範囲を逸脱していること。」などを上告の理由としたが、これらは棄却された。大川小学校の判決を教訓として、文科省は、「学校の『危機管理マニュアル』等の評価・見直しガイドライン」を作成し、2021年6月に公表した。チェックリスト編、解説編、サンプル編など、非常に細かく多様な記載のためページ数が多く、文科省の刊行物としてもこれほどの内容と量をもつ類書は見られない。

自然災害の多発する日本においては数多くの訴訟事例があり、現在も水害、火山噴火の予見性について争われている。SDGsゴール16「持続可能な開発のための平和で包摂的な社会を促進し、すべての人々に司法へのアクセスを提供し、あらゆるレベルにおいて効果的で説明責任のある包摂的な制度を構築す

る」ことは、人間活動が自然災害にどのような関わったか、将来の教訓とするためにも様々な視点での検証は重要であると考えられる。ただ、その結果は災害との関係如何を問わず、常に疑問が残されている。

4. これからの学校防災の構築に向けて

本稿では、国際的な動向を踏まえながら、学校教育を中心に防災教育を捉えてきた。最後に、まとめて代えて、学校防災の意義を整理したい。現在、防災教育を学校で行うことの重要性はこれまでも繰り返し述べてきた。特に次の7つの項目に絞って示してきた（例えば、藤岡、2021など）。それらを踏まえるとともにSDGsの視点と関連付けたい。

① 将来の備えに繋げるためにも身近な地域の過去の災害を知る

過去に発生した自然災害は今後も発生する可能性が高い。地域の過去の災害を学び、教訓を未来に活かす学びは、防災教育の基本となる。2002年3月に閣議設定された「第3次学校安全の推進に関する計画」では、各地域の現状に基づいた学校安全が意図されている。日本列島では、地震に伴う津波の発生による被害が予想される地域差も存在する。海のない県もあれば、日本海など石川県以西ではこれまで津波による被害は見られない。台風が直撃しやすい地域もあれば、豪雨につながる前線は国内のどこにでも発生する可能性がある。先述のSDGsゴール11「包摂的で安全かつ強靱（レジリエント）で持続可能な都市及び人間居住を実現する」に連動して、どのように住みよい街づくりを構築するかは、今後ますます求められる。

② 移動が著しい時代では、日本各地で発生する自然災害を理解する必要がある

①で触れたように、日本列島では地域によって発生する自然災害は異なっており、地域の自然環境や自然条件を踏まえた防災教育は不可欠である。しかし、移動の著しい時代でもあり、特に子供たちは国内で生じる可能性の高い自然災害を知っておく必要がある。この際、自分達が被害に遭わないために、ということだけでなく、被災地や被災者を他人事とは考えず、自分に置き換えて考えることによって、自分達は被災地に何ができるかを意識する姿勢が必要である。実際に、自分が災害に遭うより他の人が被害に遭うことが多いため、支援者としての姿勢や意識を培っておくことも国や地域全体としては大切であろう。

③ 防災（災害安全）は安全・危機管理の基本である

防災教育で養われた危険を予測・判断したり、予想される災害から自分達を守ったりする行動を取ることは、他の危機管理についても生かされることを期待したい。現在、学校安全は、生活安全、交通安全、災害安全の3領域から構成されている。つまり、災害安全で学んだ成果は、事件・事故などの被害にも逢わないための生活安全や交通事故から自分を守る交通安全にも生かされる必要がある。これには日常の避難訓練でも、なぜ、このような行動を取るのか理解しておくことも求められる。SDGs3.6のターゲットでは、「2020年までに、世界の道路交通事故による死傷者を半減させる。」と記され、交通事故による死傷者数を激減させることも記されている。

④ 先行き不透明な時代に「生きる力（生き抜く力）」を培う

正解がない、もしくは一つではないVUCAの時代にも生き抜くために、これが

らの教育の在り方が問われている。本稿でも述べたように継続されて「生きる力」の育成を謳った学習指導要領が改訂される度に、東日本大震災や新型コロナウイルス感染症等大きな衝撃が教育界に生じた。まさにこれからの想定外の災害、事件・事故等への「生きる力」が求められている。「生きる力」は体力や健康が重要であり、SDGsゴール3「あらゆる年齢のすべての人々の健康的な生活を確保し、福祉を促進する」を達成するためにも、これと関連して具体的な危険予測、危機管理に備える力を防災教育では期待されている。

⑤ 学校と地域との新たなつながりを考える

これまで、学校や教員は子供達の安全を守るために様々な取組をしてきたが、学校だけでは、子供達を守るための取組には限界がある。逆に災害時、学校は地域にとって、物理的にも精神的にも大きな拠り所となる。学校施設等を核にした日常からの地域と学校との新たな結び付きが期待されている。

教育システムについても同様である。これまで各都道府県の行政でも公安委員会（警察）と教育委員会（学校）は、一般行政に携わる知事部局から独立していた。東日本大震災の被災地では、災害時、行政のいわゆる縦割り体制では、喫緊の対応が不十分であったことが報告されている。各都道府県の一般行政・教育行政としても日常から防災体制・危機管理への構築からは、連動する必要も考えられる。

⑥ 自然環境・科学技術の二面性を知り、畏敬・感謝の念を培う

自然は災害以上に日常は多くの恩恵を地域に与えている。自然は人間にとって都合よくできているのではなく、その二面性を理解でき

るような教育活動も重要である。SDGsゴール14「持続可能な開発のために海洋・海洋資源を保全し、持続可能な形で利用する」、ゴール15「陸域生態系の保護、回復、持続可能な利用の推進、持続可能な森林の経営、砂漠化への対処、ならびに土地の劣化の阻止・回復及び生物多様性の損失を阻止する」に示されたように自然との調和は不可欠である。福島第一原子力発電所事故によって、原子力発電の安全神話は崩れた。かつては公害時代に日本は大きな経験をしたとも言える。自然だけでなく科学技術にも二面性があることを知る必要がある。SDGsゴール12「持続可能な生産消費形態を確保する」と連動して考えていく必要がある。

⑦ 自分が社会にどう貢献できるかを考える機会となる

子供は、日常から教員や大人によって守られている。しかし、子供の発達段階から、自分がどのようなことで地域や周囲に貢献できるのかを考えることも大切である。防災教育では人と関わるキャリア教育への意識を育てることも可能である。SDGsゴール8「包摂的かつ持続可能な経済成長及びすべての人々の完全かつ生産的な雇用と働きがいのある人間らしい雇用（ディーセント・ワーク）を促進する」とも関連して、あらゆる仕事は人と関わり、人の安全を配慮した業務が課せられている。また、危険予測がない仕事がなく、常に最悪を想定することが危機管理の基本であり、このような姿勢は防災教育の中で養いたい。

地域から世界への繋がり意識を育成することも重要である。本稿でも触れたように、日本は防災を通して、様々な貢献をしてきた。SDGsゴール17「持続可能な開発のため

の実施手段を強化し、グローバル・パートナーシップを活性化する」とも連動して、世界にリーダーシップを発揮できる数少ない内容であるかもしれない。ハード面の貢献だけでなく、教育・啓発活動などのソフト面での働きかけも、今後ますます期待されるだろう。

文 献

- 寺田寅彦（1935）『災難論考』，中央公論（「寺田寅彦随筆集 第五卷」岩波文庫，1948）
- 戸倉則正・藤岡達也（2013）「津波に起因する河川災害の取扱いについての一考察—東日本大震災をふまえた津波に対する防災教育の観点から—」，理科教育学研究，54（1），151-159.
- 藤岡達也（1996）「1978年宮城県沖地震及び1995年兵庫県南部地震における地盤災害教材化について—環境教育の視点から捉えた都市化地域の自然災害の考察—」，環境教育，7（2），60-67.
- 藤岡達也（2021）『SDGsと防災教育—自然理解のために—』，大修館書店，全197頁。
- 藤岡達也（2022）『一億人のためのSDGsと環境問題』，講談社，全170頁。
- 藤岡達也編著（2022）『よくわかるSTEAM教育の基礎と実例』，講談社，全184頁。
- 文部科学省（2016）「持続可能な開発のための教育（ESD）推進の手引」全47頁。

21世紀減災社会シンポジウム

「関東大震災から100年 ～教訓を継承し、迫り来る大災害にいかす」

公益財団法人ひょうご震災記念21世紀研究機構 研究戦略センター

1. 開催経緯

当機構では、阪神・淡路大震災や東日本大震災の経験、教訓を発信するシンポジウムを、平成25年度から3年間、朝日新聞社と開催し、27年度には東北大学災害科学国際研究所の参画を得て、津波災害研究機関とのネットワーク化に取り組んだ。こうした実績を踏まえ、平成28（2016）年6月に当機構、朝日新聞社、東北大学災害科学国際研究所の三者は、防災・減災や復興をテーマにした「21世紀文明シンポジウム」を令和2年度までの5年間共催する協定を締結した。以来、初回は熊本市（熊本地震の被災地）、第2回は名古屋市（テーマ：南海トラフ地震）、第3回は新潟県（新潟県中越地震から15年）、第4回は神戸市（阪神・淡路大震災から25年）、第5回は仙台市（東日本大震災から10年）で開催。昨年度は、5年間実施してきたシンポジウムを総括するため、首都直下地震や南海トラフ地震への備えをテーマに開催した（新型コロナウイルス感染症の影響により、朝日新聞東京本社からオンライン配信）。今年度より、「21世紀減災社会シンポジウム」と名称変更し、引き続き朝日新聞社と共催で防災・減災や復興をテーマにしたシンポジウムを開催していく。

2. 開催概要

阪神・淡路大震災以降、地震の活動期に入ったといわれる日本列島では、広域にわたる複合災害をもたらした東日本大震災をはじめ、新潟県中越地震、熊本地震など地震災害が多発している。今こそ「災後」の教訓や知見を「災前」の備えにつなげ、人と自然との共生、安全安心を優先する“災後の文明”の創造へと歩みを進めていかなければならない。こうした認識のもと、今回は、1923年9月に発生した関東大震災から100年となる節目を機に、迫り来る首都直下地震や南海トラフ地震などの巨大災害に備え、持続可能な減災社会を構築するための方策等について考えるため、「21世紀減災社会シンポジウム」をオンライン開催し、563名が視聴した。

<<概要>>

開催日：令和5（2023）年1月20日（金）
13時30分～17時

撮影・配信会場：

朝日新聞東京本社新館スタジオ（東京都中央区築地5-3-2）

主 催：当機構、朝日新聞社

後 援：内閣府政策統括官（防災担当）、復興庁、総務省消防庁、東京都、兵庫県、関西広域連合

<<プログラム>>

主催者・共催者挨拶

中村 史郎

朝日新聞社 代表取締役社長

基調講演

テーマ「関東大震災100年に、首都直下地震への対応を考える」

平田 直

東京大学名誉教授・同大学地震研究所特任研究員

パネルディスカッション

テーマ「持続可能な『減災社会』を目指して」

パネリスト

鍵屋 一

(跡見学園女子大学教授・元東京都板橋区職員)

楢田 泰子

(神戸大学大学院工学研究科准教授)

佐藤 唯行

(一般社団法人フェーズフリー協会代表理事)

古城 博隆

(朝日新聞社東京社会部記者)

コーディネーター

御厨 貴

(ひょうご震災記念21世紀研究機構研究戦略センター長／東京大学名誉教授)

総括

テーマ「関東大震災から学ぶこと～朝日新聞社所蔵の写真記録とともに」

小林 舞子

朝日新聞社東京社会部次長

五百旗頭 真

ひょうご震災記念21世紀研究機構理事長／兵庫県立大学理事長

3. 開催結果

■ 基調講演 平田 直

(東京大学名誉教授・同大学地震研究所特任研究員)

「関東大震災100年に、首都直下地震への対応を考える」



自然現象としての地震がどこで起き、どのような被害が起きるかは、歴史の教訓を学ぶことによってある程度は予想すること

ができる。

12年前に起きた東北の地震は、①日本列島の東半分が揺れた空間的な広さ ②余震や地殻変動が今でも続いている時間的な長さ の2つの意味で大変大きな地震である。当時と同じマグニチュード9クラスの地震の発生率は極めて低い、7～8クラスの地震は起きる可能性がある。

北海道の太平洋沖でも、近い将来強い地震が予想されている。この地震が厳冬期に発生すると、低体温症も含め、犠牲者が20万人に上る複合災害となると言われている。

南海トラフでは、歴史的に巨大地震が繰り返されてきており、今後30年間に発生する確率は70～80%。いつ起きても不思議ではな

い。発生すると神奈川県西部から宮崎県まで強く揺れ、高知県では34mの津波も予想される。

首都直下地震は、30年以内に発生する確率が70%。その中で東京都は、昨年5月、約10年ぶりに首都直下地震の新しい被害想定を出した。都内の想定死者数は、建物の耐震化が進み、出火率が下がることで10年前の6割に減ったが、そのうち7割が火災で犠牲になると想定される。特に、関東大震災後の移住で木造家屋が密集する、山手線の外側にリング上に広がる地域が危ない。ここに180万人が住んでいる。首都圏だけでなく、大阪や名古屋等の都市部でも木造住宅が密集し、耐震化されていない場所がある。

関東大震災では、マグニチュード7.9の地震の5分後と翌日にマグニチュード7.3の地震が起きた。熊本地震もそうであったが、大きな地震の後にさらに大きな地震が続くことも想定しなければならない。また、関東地震発生時に台風が来ており、その強風で火災が広がり、死者の9割が焼死であった。地震と台風が重なるような複合災害も想定する必要がある。一人ひとりの備えとして大切なのは、災害を地理的・歴史的に学び「防災リテラシー」を蓄え、建物の耐震性を強化し、火災を減らす設備を整えること。また、定性的な被害想定である災害シナリオを確認して、身の回りに起こることを理解し、対処することである。

■ パネルディスカッション

「持続可能な『減災社会』を目指して」

パネリスト報告概要

鍵屋 首都直下地震に人は勝てない。どのよ

うに負けを減らすか。建物の耐震化、関連死の防止、高層住宅のトイレ問題が、解消すべき「3大ボトルネック」である。高知県黒潮町のように、住民の自己負担がない耐震化システムを各自治体で取り入れてほしい。賃貸住宅は、耐震性表示を義務づけるべき。また、熊本地震では、関連死が直接死の4.5倍に上った。特に行政が把握しにくい在宅避難の高齢者が犠牲になった。官民連携で被災者支援センターを充実させ、被災地内外から支援者を呼び、在宅高齢者の共助による見守り体制をつくる必要がある。さらに、普段から階段の上り下りが困難な高齢者は、マンションのトイレが使えなくなると自宅から下りてきて戻れなくなり、避難所に人があふれる事態が予想される。簡易トイレを自宅やマンション管理で備え、マンション住民が在宅避難できるようにすべきだ。

鎌田 関東大震災では、後藤新平が震災前東京市長の時に作成した都市長期計画を基に復興が進められた。阪神・淡路大震災時の神戸市にも、10年ビジョンという構想があった。大災害後速やかに復興するためには、平時から都市問題を整理し、改善計画を持っておくことが必要だ。2018年の大阪府北部地震で自宅が被災した。首都直下の想定に比べれば小さい地震だが、屋根や瓦を直す技術者が不足し、被災地で損壊した住居等が復旧するのに2年ほどかかった。復旧・復興の技術を絶やさないため、人を育てる仕組みが求められる。

佐藤 日常時と災害時というフェーズを取り払う「フェーズフリー」という概念を提唱している。多くの人は、日常時に災害時を想像

することは難しく、備えられない。そこで日常時に使う商品やサービスを、災害時にも使える、役に立つデザインにしていこうとしている。例えば、トヨタ社のハイブリッド車「プリウス」は、環境とお財布に優しいという理由で売れているが、災害時に4日分の電源供給が可能な「フェーズフリー」製品である。こうした災害時にも使える日用品・サービス・施設を奨励することで、繰り返す災害を解決する力としたい。

古城 関東大震災では、流言やデマによって朝鮮人や中国人など千人以上の方が犠牲になり、武器を持った多数者が非武装の少数者を殺害するような事態もあった。東日本大震災でも、遺体から指を切って指輪を盗むなどの話が出たが、実態とかけ離れていた。大災害が起これば、こういう話が出回り、誰もが信じてしまう可能性があることが専門家から指摘されている。流言は、人から人へ伝わる感染症のようなもの。関東大震災や東日本大震災等、過去の流言事例から学ぶことが「流言

ワクチン」となり、災害に遭っても流言に惑わされなくなる。流言ワクチンとなる報道を平時から心がけたい。

意見交換概要

御厨 減災にトイレの問題の解決が不可欠であるという点を具体的に。

鍵屋 東日本大震災、熊本地震で現地入りして実感した。各家庭が個人用の簡易トイレを備え、マンション管理組合等が管理費で備え、それでも足りない分を行政が備蓄する体制整備が急務である。国でも東京都でも、マンション防災を担当する部署が明確でないことが課題である。新型コロナウイルス感染症対策で、ウイルスを閉じ込めてしまうトイレが開発されているので、病院や福祉施設に導入すれば、災害にも感染症にも強いフェーズフリーとなるのではないかな。

御厨 視聴者からの質問1「コロナ禍における防災・減災対策の変化と新たな課題」



鍵屋 コロナ禍によりソーシャルディスタンスをとることが求められ、避難所へ行けないう交流の機会やコミュニティー活動が減っているという困難がある。一方、衛生環境は良くなった。旅館・ホテルも使い、分散・少人数の避難体制をつくろうとしている。

古城 元々避難所が足りていない状況でさらにディスタンスが求められ、受け入れ人数が大きな課題。

首都圏のような大都市では、帰宅困難者に対し、受け入れ可能な一時滞在施設が圧倒的に少ない。感染症と緊急対応のどちらを優先するかが課題。

鍵屋 帰宅困難時には「近くで一番安全そうな建物に入って当面動くな」。移動するとリスクが上がる。特に駅に向かってはいけない。

古城 「電車が止まったらいかに自宅に歩いて帰れるか」と誤解してはいけない。大きな余震が起こり、頭上にも物が倒れてくる、群衆が道路にあふれ、緊急車両が救助活動できない、群衆雪崩が起きるなど、歩くことで想定される危険がいっぱい。動かず情報収集するべき。

鍵屋 マンション住民は、普段交流がないが、震災時には運命共同体で協力し合う。それを普段からできれば良いのだが。

御厨 視聴者からの質問2「学校・教育現場におけるフェーズフリーの事例」

佐藤 学校設備をフェーズフリーにするのも

あるが、明日から取り組めるのは、授業をフェーズフリーにすること。フェーズフリーを教える授業ではなく、例えば、津波の速さや到達時間を算数や体育など既存の科目に取り入れる。避難所として備蓄したい物品としては、計量メモリのついた紙コップ、血流改善ができるデザインの付いたティッシュボックス、普段も書きやすく災害時雨中でも使える加圧式ボールペンなどがある。

御厨 最後に、これからの安全・安心な社会づくり、減災社会実現に向けた提言を。

鍵屋 行政は、高層住宅の高齢者の防災を優先して考えるべき。彼らが在宅避難できる体制を整え、助言することが、全住民の防災対策に繋がる。

鎌田 人口減が問題。土木やインフラの利用者が減るが、作り手も減る。インフラを整備できる技術者を育てることが持続可能な社会を構築するために必要だ。

佐藤 災害の解決には、ボランティアや行政だけでなく、産業界も利益を生みながら参入していくことが必要。社会全体で防災に取り組める仕組みづくり、あらゆるものが非常時にも役立つようにデザインされていくことが求められる。

古城 防災報道のフェーズフリーを考えた。防災に特化した報道でなくても、SNSを含めた情報リテラシーを高める報道、国際理解・多文化共生・ダイバーシティに関する報道も、災害時の流言やデマを押さえる「流言ワクチン」の効果があるのではと感じた。視野

を広げ、災害に強い社会に繋がっていく報道を心がけたい。

■ 総 括

「関東大震災から学ぶこと～朝日新聞社所蔵の写真記録とともに」



小林 関東大震災では、朝日新聞東京本社も焼けてしまったため、東京で撮った写真を大阪本社へ記者が運

び、大阪から号外等で報道した。大阪から被災者へ慰問品（支援物資）も配った。

広範囲に及ぶ建物の崩壊や焼失、家財を持って逃げる人々が写真に残されている。震源は神奈川県西部だったため、実は神奈川県の被害が大きかった。土砂崩れを起こした箱根、津波に襲われた伊豆の写真もあり、地震と台風の相乗効果で建物崩壊、火災、土砂崩れ、津波等の複合災害が起こってしまったことがわかる。

当時と都市の状況は大きく変わっているが、教訓を生かしながら新たな課題とその対処について報道し続けていきたい。



五百旗頭 関東大震災から今年で100年。当時から都市の構造は変わり、街全体が燃え上がるような危険

性は減ったが、木造住宅群が山手線の外側な

どに残っていて、火災は今なお要注意だ。

他方、過度な人口集中に加えて、高層マンションなど、新しい都市形態ゆえの災害も問題だ。階段を上り下りできない高齢者も多く、食料や水に加え、トイレの備蓄もなければ、災害時は自宅で過ごせないだろう。

パネル討論では、流言飛語による朝鮮人等の虐殺の問題が取り上げられた。江戸時代、多発した火事を防ぐ力となったコミュニティごとの「町火消し」、今で言う「自主防災組織」の結束が、よそ者排除という負の方向に出てしまった。このような流言飛語による犠牲をなくすため、阪神・淡路大震災でも東日本大震災でも、兵庫県警、宮城県警が啓発に努力した。それが流言飛語による集団犯罪を抑え、外国から賞賛を受けるような模範的な行動に繋がった。

また、建物の耐震化で自己負担がないシステムをつくっている高知県黒潮町などの自治体の取り組みが紹介された。自己負担できない人たちを支援して共同体全体の強化を図ることが、公共の重要な仕事だ。

事前に「首都脱出」も試みるべきだ。オンラインでいろんなことができる時代。過度に一極集中して危険になった所から離脱分散しておくことも考えたい。

関東大震災後に、後藤新平が迅速に思い切った復興案を示せたのは、災害が起こる前に新しい東京のあり方を研究していたから。阪神・淡路大震災での兵庫県も同じだ。「創造的復興」は、災害の後から考え初めても成し遂げられない。あらかじめ研究と構想が必要だ。

最後に、「フェーズフリー」の発想から思うが、災害が起きてから解決すること以上に、平時から強固なコミュニティを築き災

害に強くなっておくことが大事だ。地域にお祭りがあるかどうか、生存救出の率を変えると聞いた。お祭りで仲良くなると災害時には運命共同体となり、寝たきりのおばあちゃんをみんなで救助に行く。地域の安全保障を可能にするようなコミュニティーを、日ごろからつくるという目標を持って対応していくことが、結局は防災にとって一番いいのではないかということを、今日の議論の中で痛感した。

4. シンポジウムの情報発信

1月20日のシンポジウムの内容について、2月2日付けの朝日新聞朝刊に詳報が掲載された。

また、今後、報告書をまとめて当機構のホームページ (<https://www.hemri21.jp/research-strategy-center/academic-exchange/a-e-intellectual-exchange/#no01>) に掲載することになっている。

第11回自治体災害対策全国会議を開催



令和4(2022)10月26日(水)、27日(木)に「第11回自治体災害対策全国会議」を開催しました。この会議はその都度異なる形で襲ってくる大災害に対処するため、全国の自治体職員等が知見を共有し、備えを高めようと平成23(2011)年度から開催しています。今回は「雲仙普賢岳噴火災害30年を経て ～地域社会における災害への備え」をテーマに、長崎県島原市で開催し、自治体職員など全国から約570人が参加しました。

初日は、実行委員会委員長の齋藤元彦・兵庫県知事のビデオレターによる主催者あいさつ、大石賢吾・長崎県知事の開催地代表あいさつ(代読:平田研・長崎県副知事)に続き、火山噴火予知連絡会会長の清水洋・九州大学名誉教授が「火山噴火の特徴と噴火予知の現状を踏まえた火山防災の課題」と題して基調講演を行いました。日本は111の活火山を有する世界有数の火山国で、うち50の火山は気象庁が24時間体制で観測しています。火山災害は、溶岩流や火砕流、噴石、降灰など多様で、時に地震や津波を伴うとともに、長期化しがちで100年以上というケースもあります。一方、噴火予知は道半ばで、観測と基礎研究を継続した上で関係機関などが連携して対策を進めるとともに、火山と共存しながら

生きていく知恵が求められるとしました。

続いて、室崎益輝・神戸大学名誉教授／兵庫県立大学名誉教授が「地域防災・減災の新展開ーまちづくりに防災・減災を織り込む」と題して基調講演を行いました。現代の災害対策の原点は、雲仙普賢岳噴火災害での対応にあり、避難行動や生活再建などの教訓が阪神・淡路大震災に引き継がれました。一方、災害は巨大化、頻発化、複合化しており、防災にも少子高齢化や過疎・過密化などを踏まえて、社会の体質や都市構造の強化、減災文化の醸成を図る必要があります。このためには、防災士や消防団員、看護師といった地域の多種多様な担い手の連携と、災害に強い人づくりによる減災力の向上が欠かせないとしました。

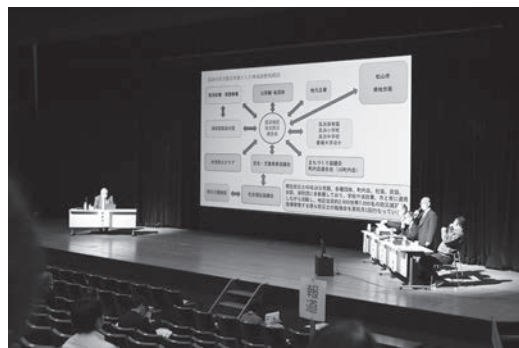
初日の最後には、古川隆三郎・島原市長が「雲仙普賢岳噴火災害の教訓と地域防災力の向上」と題して基調報告を行いました。雲仙普賢岳が噴火した当初、被害の規模が想像できず、火砕流の脅威も分かっていたいなかったため、多くの人命が失われました。しかしながら、この経験が後の災害に生きたケースの一つとして、仮設住宅があげられます。当時は1,018戸造られ、資材調達などで1戸当たり数カ月かかりましたが、東日本大震災では2～3週間程度に短縮され、寒冷地仕様や暑さ対策なども施され、住み心地も良くなってきています。

一方、災害から30年たつと、市民の防災意識の低下という新たな課題が出てきており、現在、より機能的な自主防災会の組織づくりに着手しているとしました。

2日目は、最初に、朝田将・内閣府政策統括官（防災担当）付参事官（調査・企画担当）が「火山防災対策の推進について」と題して国の取り組みを紹介しました。日本の火山に関する制度は噴火災害と密接に関係しています。活火山法は、昭和47（1972）年から桜島（鹿児島市）で活発化した噴火活動を受けて制定された後、平成26（2014）年の御嶽山（長野県・岐阜県）の水蒸気爆発で死者・行方不明者が出たため改正されました。この改正により住民以外に登山客や観光客の避難も考える枠組みが加わり、火山災害警戒地域では自治体や気象台、専門家らが参加する「火山防災協議会」の設置も義務付けられました。また、火山の噴火は頻度が少ないため、観測・予測・対策の一体的な火山研究を担う人材育成に力を入れているとしました。

続いて、瀧本浩一・山口大学大学院創成科学研究科准教授／消防庁消防大学校客員教授を座長にパネルディスカッションを行い、「地域コミュニティにおける災害対応力の強化」を取り上げました。その中で、長野県の柏原稔・火山防災幹が、平成23（2011）年以降の同県内の地震や土石流、御嶽山の噴火、水害の経験を踏まえ、行政だけでは限界があるため災害対策本部にNPOなどに入ってもらい、住民に適切な避難行動を促す「逃げ遅れゼロプロジェクト」の取り組み等を紹介しました。次に、桜島を有する鹿児島市の中島智広・危機管

理課長が、噴火活動が60年以上も続く中で住民や防災機関などが毎年続けている訓練について紹介するとともに、大規模噴火に備えて防災意識と対策の実効性を高める狙いで、「火山防災トップシティ」を目指すとしました。次に、松山市の蔭原政徳・高浜地区自主防災連合会長が、同市内では市民や教職員、大学で防災教育を受けた学生など7,686人が防災士の資格を持ち、住民主体で要支援者の情報をまとめた台帳や地図を作り、安否確認訓練を行っている現状に触れ、「市民には“みなさんが主役”と伝えたい」と強調しました。続いて、日本防災士会長崎県支部の旭芳郎・支部長が、雲仙普賢岳噴火災害当時に災害ボランティアとして住宅の土砂出しや避難所での弁当の配布、トイレ掃除などに尽力した日々を振り返り、発生直後に「自分の住む街が大変な状況になれば、当たり前のこととして自分たちで何とかしよう」との思いで結成した「雲仙岳災害ボランティア協議会」が日本初の災害ボランティア団体になったとしました。座長の瀧本准教授は、「みんなで一緒に」がキーワード。防災意識は根付きにくく、災害への意識は消えていくので、後世にどう伝えるかも大切だと締めくくりました。



最後に、瀧本准教授と五百旗頭真・ひょうご震災記念21世紀研究機構理事長、室崎名誉教授が、2日間の会議を振り返って総括。五百旗頭理事長は、「災害列島の日本では、地震、集中豪雨、火山噴火などの大災害はどこでも起こり得るので、明日は我が身と考え、全国民が支え合う『国民共同体』をつくるしか対処法はない。そのためには、今回提起された自主防災組織が重要であり、松山市高浜地区で大変な活動が連携して行われていることに励まされ、改めて自助・共助・公助を組み合わせる必要があると感じた」と話しました。



《開催概要》

参加人数：自治体職員ほか570名

主 催：自治体災害対策全国会議実行委員会

共 催：島原市、(公財) ひょうご震災記念21世紀研究機構、阪神・淡路大震災記念 人と防災未来センター、読売新聞社

後 援：全国知事会、全国市長会、全国町村会、指定都市市長会、内閣府政策統括官（防災担当）、消防庁、長崎県、兵庫県、関西広域連合

プログラム：

1日目：10月26日（水）

○基調講演Ⅰ：

「火山噴火の特徴と噴火予知の現状を踏まえた火山防災の課題」

清水 洋 九州大学名誉教授、火山噴火予知連絡会会長

○基調講演Ⅱ：

「地域防災・減災の新展開－まちづくりに防災・減災を織り込む」

室崎 益輝 神戸大学名誉教授、兵庫県立大学名誉教授

○基調報告：

「雲仙普賢岳噴火災害の教訓と地域防災力の向上」

古川 隆三郎 島原市長

2日目：10月27日（木）

○特別報告：

「火山防災対策の推進について」

朝田 将 内閣府政策統括官（防災担当）付参事官（調査・企画担当）

○パネルディスカッション：

「地域コミュニティにおける災害対応力の強化」

座長：瀧本 浩一

山口大学大学院創成科学研究科准教授、消防庁消防大学校客員教授

報告：

①「災害対応ガバナンスと地域防災力強化への取組～長野県庁における災害への備えと対応の10年～」

柏原 稔 長野県危機管理部危機管理防災課火山防災幹

②「鹿児島市の災害対応と地域防災力の強化～桜島大規模噴火に備えて～」

中島 智広 鹿児島市危機管理課長

③「住民主体の自主防災の取り組み」

蔭原 政徳 松山市高浜地区自主防災
連合会 会長、高浜公民
館 館長

④「地区防災活動の必要性」

旭 芳郎 特定非営利活動法人日本防
災士会長 崎県支部 支部長

○総括討議

五百旗頭 真

ひょうご震災記念21世紀研究機構理事長
(自治体災害対策全国会議実行委員会
事務総長)

室崎 益輝

神戸大学名誉教授・兵庫県立大学名誉
教授
(自治体災害対策全国会議実行委員会
企画部会長)

瀧本 浩一

パネルディスカッション座長

ひょうご震災記念21世紀研究機構の研究調査報告書等一覧

*本号の特集「激甚化・頻発化する災害に備える」に関連するもの（平成23年度以降のもの）

タイトル：南海トラフ地震に備える政策研究
（2020年度中間報告）

発表日：令和3年3月

タイトル：東日本大震災復興の総合的検証～次なる大災害に備える～

発表日：令和2年3月

タイトル：南海トラフ地震に備える政策研究
（2019年度中間報告）

発表日：令和2年3月

タイトル：地域コミュニティの防災力向上～インクルーシブな地域防災へ～

発表日：平成31年3月

タイトル：東日本大震災復興の総合的検証～次なる大災害に備える～（中間報告）

発表日：平成30年3月

タイトル：東日本大震災復興における教育分野の現状と課題についての研究（中間報告）

発表日：平成30年3月

タイトル：地域コミュニティの防災力向上～インクルーシブな地域防災～（中間報告）

発表日：平成30年3月

タイトル：南海トラフ地震に対する復興グランドデザインと事前復興計画のあり方

発表日：平成30年3月

タイトル：大震災復興過程の比較研究～関東、阪神・淡路、東日本の3大震災を中心に～

発表日：平成28年3月

タイトル：災害時における広域連携支援の考察

発表日：平成28年3月

タイトル：リスボン地震とその文明史的意義の考察

発表日：平成27年3月

タイトル：自然災害後の土地利用規制における現状と課題－安全と地域持続性からの考察－

発表日：平成27年3月

タイトル：災害時の生活復興に関する研究－生活復興のための12講－

発表日：平成27年3月

タイトル：国際防災協力体制構築の検討～アジアを中心に～

発表日：平成26年3月

タイトル：防災における政策ジレンマの研究～阪神・淡路大震災と東日本大震災はどう想定されてきたか～

発表日：平成24年3月

タイトル：東アジアの災害対策協力のあり方

発表日：平成24年3月

掲載先：<https://www.hemri21.jp/kenkyusho/seika/list.asp>

■「21世紀ひょうご」第33号発行以降のもの

○研究戦略センター

タイトル：広域経済圏活性化による経済成長戦略－関西圏「再生・進化」への広域経済戦略－

発表日：令和4年3月

掲載先：<https://www.hemri21.jp/research-strategy-center/research-investigation/r-d-reaserch-result/>

○人と防災未来センター

タイトル：巨大地震の縮災実現に向けた体制の
創出手法－中核的研究プロジェクト
〔2018-2022年度〕中間報告書－

発表日：令和4年3月

タイトル：令和3年度研究論文・報告書

発表日：令和4年8月

掲載先：[https://www.dri.ne.jp/research/
reports/investigation/](https://www.dri.ne.jp/research/reports/investigation/)

バックナンバー

詳細は、ホームページ（<https://www.hemri21.jp/research/research-the-21-hyogo/>）をご覧ください。

vol.	発行年月	特 集
33	2022.12	コロナで変わる社会
32	2022.3	気候変動と防災・危機管理
31	2021.12	ポストコロナ社会の課題と展望
30	2021.3	東日本大震災10年ー防災・復興の課題と展望
29	2020.11	パンデミックと新たな社会
28	2020.3	阪神・淡路大震災25年ー防災・減災の課題と展望
27	2019.12	広域経済圏の活性化戦略
26	2019.3	頻発する災害の教訓と備え
25	2018.12	ソサエティ5.0に向けて～人口減少・高齢社会における意識改革と制度設計～
24	2018.3	地域コミュニティの防災力向上に向けて
23	2018.2	地域創生
特別号	2017.9	東日本大震災の復興検証（復興庁委託事業）
22	2017.3	事前復興
21	2017.1	地域創生の理論と実践
20	2016.3	アジアの中での高齢化
19	2015.11	人口減少社会と地域創生
18	2015.3	阪神淡路20年 超巨大災害に備える
17	2015.2	阪神淡路20年 創造的復興の今
16	2014.3	グローバル化と多文化共生～異文化コミュニケーションと地域づくり～
15	2013.12	食と農の未来～消費者の目線で日本の食と農を考える～
14	2013.3	新しい家族像と共生社会
13	2012.12	震災復興と共生社会
12	2012.3	東日本大震災からの復興を考える2～東北の風土・特性を踏まえたソフト面での課題と対応～
11	2011.12	東日本大震災からの復興を考える

vol.	発行年月	特 集
10	2011.3	生物多様性
9	2010.12	21世紀型の社会保障のあり方
8	2010.3	阪神・淡路大震災15周年 ～震災関連国際会議の知見～
7	2009.12	再生可能エネルギー
6	2009.3	ワーク・ライフ・バランス
5	2008.11	食の安全安心
4	2008.3	地域資源を活用した都市再生・地域再生
3	2007.12	グローバル化と地域の展望 - 共生社会の視点から
2	2007.3	「公共」を考える
創刊号	2006.12	ひょうご新シンクタンクの発足にあたって

★購入方法★

ご希望の号数、氏名・住所・電話番号を電子メール等でご連絡ください。

定価800円（税込）発送にかかる送料はご負担をお願いします。

ただし、年間定期購読（1,600円（税込））いただく場合には、当機構が送料を負担いたします。

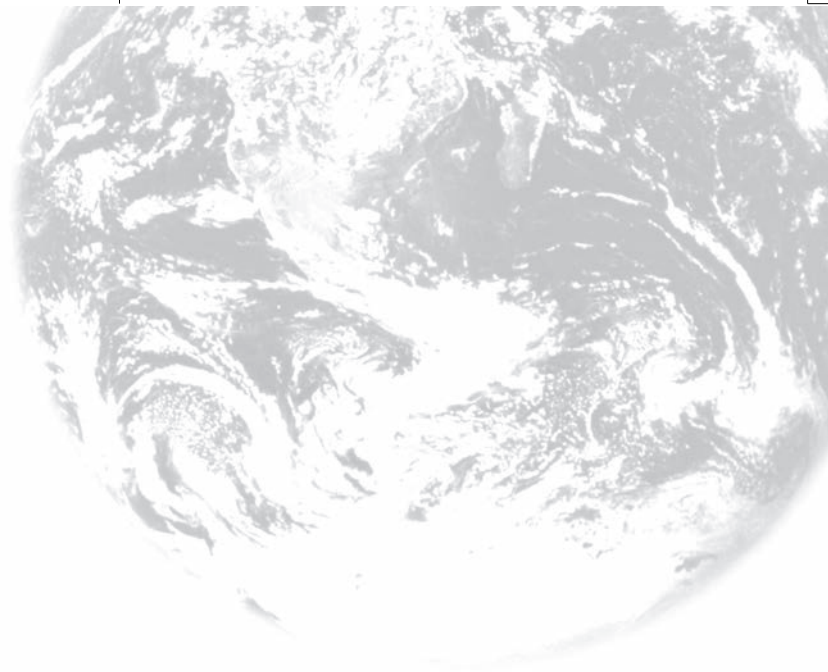
■お問い合わせ先・お申し込み先■

ひょうご震災記念21世紀研究機構 研究戦略センター交流推進課

住所：〒651-0073 神戸市中央区脇浜海岸通1-5-2

TEL：078-262-5713 FAX：078-262-5122

E-mail：gakujutsu@drine.jp



21世紀ひょうご 第34号

令和5年3月発行

■編集発行

公益財団法人ひょうご震災記念21世紀研究機構
研究戦略センター学術交流部交流推進課
〒651-0073

神戸市中央区脇浜海岸通1丁目5番2号

人と防災未来センター 東館6階

TEL : 078-262-5713 FAX : 078-262-5122

■定 価

800円（本体価格728円）

ISSN 1345-9368

