

21st Century 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

2022
vol. 32

巻頭言

(公財)ひょうご震災記念21世紀研究機構副理事長・
人と防災未来センター長

河田 恵昭

特集

気候変動と防災・危機管理

- ・ 気候変動と後悔しない適応

京都大学防災研究所 所長・教授

中北 英一

- ・ 気候変動による日本の河川流量への影響評価と
それを踏まえた治水対策

京都大学大学院工学研究科教授

立川 康人

- ・ 増大する土砂災害リスクとその対策

関西大学社会安全学部教授

小山 倫史

- ・ 増大する沿岸災害のリスクと対策

京都大学防災研究所教授

森 信人

- ・ アフター・コロナの複合災害対策と 危機管理の構築

日本大学危機管理学部教授

福田 充

研究員自主研究

- ひょうごの政策 1983～2019：県議の選挙公報から見る政策の歴史と変化
(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研究調査部主任研究員

吐合 大祐

トピックス

- 21世紀文明シンポジウム
- 東日本大震災復興の総合的検証 一次なる大災害に備えるー



21st century
21世紀ひょうご

C ONTENTS

巻頭言 1

(公財) ひょうご震災記念21世紀研究機構副理事長・人と防災未来センター長 河田 恵昭

特集

気候変動と防災・危機管理

● 気候変動と後悔しない適応 3

京都大学防災研究所 所長・教授 中北 英一

● 気候変動による日本の河川流量への影響評価と それを踏まえた治水対策 17

京都大学大学院工学研究科教授 立川 康人

● 増大する土砂災害リスクとその対策 30

関西大学社会安全学部教授 小山 倫史

● 増大する沿岸災害のリスクと対策 48

京都大学防災研究所教授 森 信人

● アフター・コロナの複合災害対策と危機管理の構築 60

日本大学危機管理学部教授 福田 充

※「気候変動」より「気候変化」という用語が適切との見解もあるが、一般に広く使用されていることから特集のタイトルを「気候変動」と表記した。

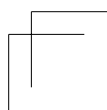
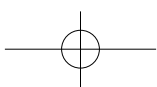
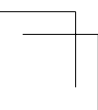
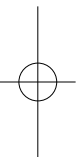
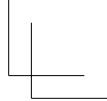
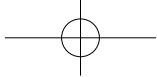
研究員自主研究 ● ひょうごの政策 1983～2019：県議の選挙公報から見る政策の歴史と変化 71

(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研究調査部主任研究員 吐合 大祐

トピックス ● 21世紀文明シンポジウム 93

● 東日本大震災復興の総合的検証 103

21世紀
ひょうご
2022
vol. 32



(公財) ひょうご震災記念21世紀研究機構副理事長・
人と防災未来センター長

河田 恵昭



地球温暖化は、温室効果ガスの排出によって進んでいることを「科学」が明らかにした。これによって気候変動が発生していることは間違いのないところであるが、それがどの程度であるかについては「科学的」な研究成果があるに過ぎない。進捗状況を「科学」が明らかにしたわけではない。例えば、日進月歩するスパコンは全球的な温暖化の計算を可能にしたが、途中経過と結果の正確さは「科学」が証明したわけではない。多くの仮定や実験定数を用いなくとも現在でも精度の高い計算は不可能である。精度を向上させるには、特に海洋における温室効果ガスの吸収力の評価が必須であるが、未だ観測データは十分ではないし、早急に改善できる見込みもあまりない。地球温暖化の進行は不可逆過程だから、いま早急に温室効果ガスを削減しないと駄目であるという理由もよくわかるが、だからといって現在のグローバルな政治経済秩序を不安定にして、大きく乱してよいということにはならない。中国やインドなどの途上国の温室効果ガス排出量が多いからこれを早く抑制しなければならないというのは、先進国のエゴであると言われても仕方がないであろう。先進国が既に「脛に傷がある」ことを隠しているのは公正とは言えない。

では、どうすればよいのか。ここでは、防災・危機管理の点から考察を試みてみよう。最新の画期的な研究成果は「災害の被害は、

自然現象としての『想定外』と社会現象としての『相転移』が支配する」ということである。例えば、1990年から2021年までの主要な33件の災害の被害原因を分類すると、相転移15件、想定外10件、不明8件となった。そして比較的被害の大きい災害は相転移が原因であることが多かった。この間に起こった阪神・淡路大震災では古い木造住宅の全壊・倒壊という相転移が、そして東日本大震災では津波避難できる十分な時間があってもかかわらず浸水域の住民の27%が避難しなかった、という相転移が原因である。地震や津波が想定外だったから人的被害が未曾有になったわけではないのである。

極端に大きな被害を起こす災害とはならないようにするというのが、減災対策の要諦であり、その具体的対策である「縮災」の具体策が必要となろう。縮災は事前対策と事後対策からなり、前者の方が効果的である。つまり生活復興の7つの要素のうち、「そなえ」が極めて重要である。この論理が理解できないようでは、そもそも専門家としては失格である。しかし、気候変動による災害の外力となる雨や台風がどのように変化するのかを、災害前に正確に予想することは困難であろう。例えば、線状降水帯を取り上げて、これが出現する前に気象レーダーや衛星写真で捕捉することは不可能であり、雨が降り始める、すなわち降水帯が形成されて初めて位置

や雨量強度が推定できるのである。すなわち、備えることは、現状では不可能であると言ってよいだろう。

それでは、未曾有の豪雨災害が発生してからでなければ被害は予測できないのかという点と決してそうではない。例えば、千年に一度の豪雨によって河川が決壊した場合のハザードマップは、既に多くの一級河川で準備されている。問題は、わが国の社会がそれを具体的に活用するということまで成熟していないことにある。もっとわかりやすく言えば、大切な知識を社会に役立てるようなシステムが、わが国の社会にはないのである。なぜないのか。それは自然災害が被害を発生させるのは社会現象であるということについての理解が進んでいないからだと言断してよいだろう。災害は自然現象であり、科学的知識を応用すれば災害方程式を導くことができ、その解を用いれば被害を克服できると考える欧米のキリスト教的価値観に現在も支配されている。その失敗の典型例を、例えばイギリスのCOVID-19対応に見ることができる。同国の充実した医療・保健制度やワクチン開発力などの科学的な文明的所作は、世界でトップを走っている。しかし、ここ2年以上にわたり、有効な対策が確立できたとは言えない状況にある。

私たちはもっと文化的所作を豊かにしなければならない。それは気候変動に起因する大災害やパンデミックは社会現象であり、そうであれば都市における災害として共通的に危機管理を可能とすることにつながるのだ。ここで都市とは、人がたくさん集まっている地域という意味である。人がいなければ、災害も起こらないし感染症も拡大しない。しかも研究が進み、例えばCOVID-19では、クラス

ター（感染者の集団）の発生がネットワーク状であり、クラスターはノード（結節点）になることがわかった。一方、首都直下地震が起これば長期広域停電は避けられず、これが複合災害となって運輸災害、病院災害、食料災害などという新たな複合災害をネットワーク状に拡大することもわかってきた。ここまで説明したように、災厄問題は共通の危機管理の課題なのである。「気候変動と防災・危機管理」が発出する深刻な課題に対して、学術的に新たな地平が顔を現してきたと考え、更なる充実を目指したい。

気候変動と後悔しない適応

京都大学防災研究所 所長・教授

中北 英一



1. 最近の災害から思うこと

1.1 出始めている温暖化の影響

最近シビアな豪雨災害が多くなっていると
感じる人が多いかもしれない。実際、平成26
年の広島豪雨、平成22年、平成29年の九州北
部豪雨、令和2年の球磨川豪雨など、典型的
な線状降水帯による局所的豪雨が土砂災害や
中小河川の洪水氾濫を引き起こし、多くの被
害がもたらされている。

平成30年7月豪雨では多くの地点で72時間
雨量の記録が塗り替えられ、洪水氾濫や土砂
災害により昭和57年の長崎大水害以来初めて
200名を超える犠牲者を出した。また、同年
の台風第21号は多くの強風被害や大阪湾周辺
で一部高潮被害をもたらし、大阪港では60年
前に防潮三大水門が構築されて以来最大の高
潮となった。

そして令和元年台風第15号は、千葉県を中
心に強風による大被害をもたらした。同年の
台風第19号は、信州、関東、東北南東部とい
う広い範囲で、24時間や48時間雨量が新記録
となる大雨を降らせ、その結果100以上の堤
防が決壊して多くの箇所で人的被害も含め浸
水被害に見舞われた。

これらのうちいくつかは、温暖化の影響が
含まれていることが科学的に明らかにされて
いる。

1.2 後悔しない、地球温暖化への適応

このようなことから、地球温暖化の影響が
出始めているのではないか、今までの常識が
通用しないのではないか、すなわち、より頻
繁に、より強力に、初めての地域に豪雨が生
じ、いわゆる未経験の災害がもたらされるの
ではないかとの疑問を社会は抱くようになって
来ている。答えは「Yes」である。

我が国も含め全世界では、高速コンピュー
ターを使った科学的な将来予測が行われている。
地球平均気温が産業革命以来3～4度上
昇すると仮定した場合、21世紀末には、梅雨
期の豪雨の頻度が増し東北や北海道でも生起
しやすくなること、台風の強度が増すこと、
それらに伴って風水害のリスクが増すことが
予測されている。

これらに対し、気候変動への対策（温暖化
への適応）を考え、実施して行くためには、
この科学的予測情報を土台にすることが極めて
重要である。その上で変わらず重要なことは、
治水の基礎体力の担保（メジャーなイン
フラの対応、新しい考え方の創出）、リスク
管理、自助・共助の強化である。すなわち、
過去の災害からの教訓に学ぶことは、時代が
変わろうと重要であるとともに、将来予測を
共有して後悔しない適応を今から進めていく
ことも重要である。

さて、そもそも温暖化への適応とは何であ
ろうか？、図1に示すように「適応」は「緩

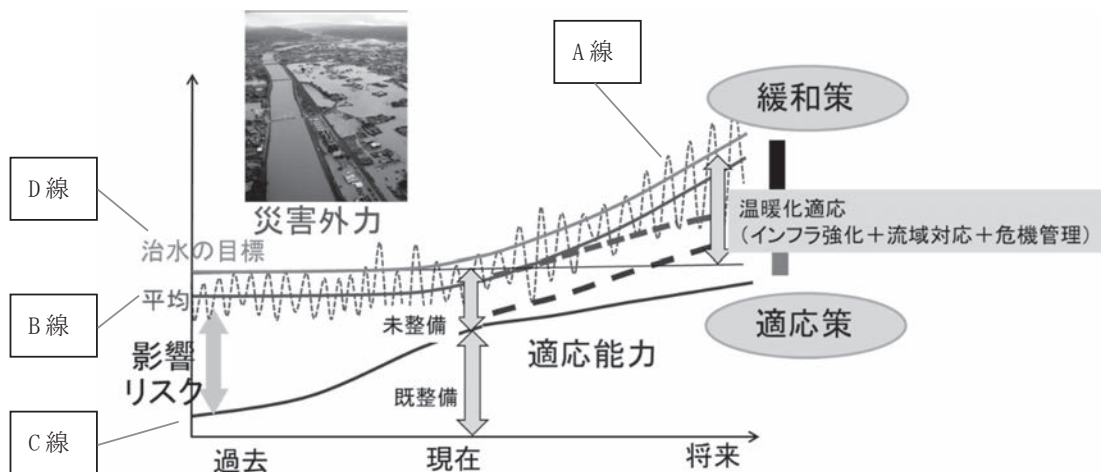


図1 地球温暖化影響の緩和とそれへの適応（小松、三村に中北が追記）

和」と対をなす取り組みである。両者は温暖化に対応するための両輪である。

A線（破線）は、年々変動しながら地球温暖化の影響を受けて徐々に増大する災害外力を表す。B線はその平均的な変化の様子である。ここで災害外力とは、災害をもたらす原因となる台風や梅雨などによる大雨、強風や河川・高潮の水位、高温などである。大きな災害をもたらす極端な外力は、温暖化の影響がなくてもたまたま起きることが勿論あるため、「それは温暖化の影響だ」、「たまたまで温暖化の影響ではない」の両方の言い方が成り立つ。そういう疑問を抱く人が今も多い。

しかし今の科学では、極端な外力が大きくなると予測されているばかりではなく、現在生じた外力に温暖化の影響が何%寄与しているかという分析も可能となってきている。

さて、温室効果ガスの人為的な排出を減らすことで将来の温暖化の影響を抑えようとする行動を「緩和」という。気候変動枠組条約締約国会議（COP会議）で「温室効果ガス

の削減目標」を決めて実行しようとする取り組みは「緩和」である。

一方、C線は災害外力に対応していく私たちの力（防災力）を示している。治水に関しては、明治の近代治水開始以降、外力に対応する目標（治水の計画目標、図中のD線）を立てて鋭意治水事業を進めている。その近代治水開始時点をグラフの左端と思っても構わない。あるいは、戦後荒れ果てていた国土に台風が何度か来襲し（カスリン台風、枕崎台風、伊勢湾台風、第2室戸台風など）、洪水や高潮による大氾濫被害をもたらした。その終戦時点を左端と捉えても良い。その後、高度経済成長に伴って治水事業も進み、昭和34年の伊勢湾台風以降1000人以上の死者が出た風水害はない。これは、C線が右肩上がりになってきているように、災害外力への対応力が治水事業によって増大してきた結果である。しかし、まだ目標（ゴール）に達していない河川流域もあり（図では未整備と記した）、そこでは鋭意事業が進められて

いる中、温暖化の影響がじわじわと出始めてそのゴールが遠のきだしている。従って、これまでに加えた対応が必要になり、それを地球温暖化への適応と呼ぶ。

治水のように適応を進めてゆくには長い時間がかかることを考えれば、地球温暖化の進行は速い。今すぐに適応をスタートすること、すなわち、今すぐ、科学的将来予測をベースに先を見越して考え、どう適応するかを決め（計画）、そして実行に移してゆくこと（適応）が、「後悔しない適応」である。時間が限られている。

2. どのような外力を想定して地球温暖化への適応を考えるべきか

2.1 “適応”とは新たな社会を構築すること

コロナ感染による新たな社会システムの構築が求められている。そしてこのことが、同じように地球温暖化に適応する社会システムの構築が求められていることを新たに強く認識させてくれている。また、コロナ感染リスクが継続している中、今年も梅雨期などで洪水災害が生起すればコロナ感染リスクとの複合災害となる。

梅雨が明けると夏の暑さがやってくる。平成30年7月豪雨の直後は猛暑となり1000人以上が亡くなった。この年の夏の猛暑は、温暖化の影響がなければ生起しなかったと科学的に証明されている。

2.2 地球温暖化の水災害環境への影響

ここ20年以上にわたり、気象庁や文部科学省、環境省の気候変動予測研究プログラムにより科学的な温暖化予測が実施されている。それらによると、

1) 台風は、日本への到来回数は減るが、強

度が強いスーパー台風の危険性が高まる。

2) 梅雨豪雨は、7月上旬の日雨量100mm以上の割合や、集中豪雨回数、強度が増す。

また、これまであまり梅雨豪雨がない東北中北部や北海道でも生起するようになる。

3) 梅雨明け後のゲリラ豪雨は、発生回数や強度が増す。

4) 東北南部から北陸、山陰地方にかけての降雪量は減少するが、福井・石川・富山・新潟県では、豪雪が起きた場合はさらにシビアになる。

5) 全国的に雪解け時期が早まる。

これらの結果、以下のことが予想されている。

① 100年に一度程度起こる規模の河川最大流量が全国で増大する。

② 10年に一度程度の少ない規模で起こる河川流量が、多くの流域で悪化し、融雪水を利用している地域では、融雪ピークの減少やそれが早期化する。

③ ダム操作の有効性が変化する（洪水時も、渇水時も）。

④ 表層崩壊はもちろん、深層崩壊という数10mの深さでかつ水平規模の大きい斜面崩壊の危険性が増大する。

⑤ 100年に一度程度の規模で起こる高潮・高波が、主要湾で悪化する。

2.3 地球温暖化影響の程度と適応に残されている時間

我が国では、平成9年に開催されたCOP3における「気候変動に関する国際連合枠組条約の京都議定書」の成立を先導するなど、四半世紀前から緩和に積極的に取り組んできた。一方ようやく、平成30年12月に気候変動適応法が施行され、国、地方公共団体、事業

者、国民が気候変動適応の推進のため担うべき役割が明確化された。

もともと、「緩和」と「適応」は温暖化対策の大きな両輪であり、互いに矛盾しないように進めていくことが重要である。矛盾しないとは、適応策が温室効果ガスをより多く排出することにならないことや目標が矛盾しないことなどである。

COP21で締結されたパリ協定では、産業革命以来の地球平均気温の上昇について、長期的には2℃より十分低い気温上昇幅を目指し、さらに1.5℃に向けて努力することとなっている。わが国では、これを緩和の目標としている。一方、適応の方はどうすべきか?、もちろん緩和目標と矛盾しないことは大事なことではあるものの、その緩和目標が達成されなかった場合、すなわち2℃上昇の後も地球平均気温がさらに進み、災害外力がさらに増大することも視野に入れておく必要がある。これも「後悔しない適応」である。

図2は、温室効果ガスの排出が（パリ協定での合意にも関わらず）今のペースで続く場

合（E線）と削減が実現して2℃でとどめることができる場合（F線）の気温の将来変化を示している。この2つで災害外力の影響はかなり違う。すなわち、4℃上昇後のことも大きく視野に入れておく必要がある。

加えて、それぞれの予測にはいろいろな結果があり、E、Fのシェードでその範囲が示されている。すなわち将来の見込みには不確実性がある。従って、適応実施に手戻りがないように、適応計画には順応性が必要となる。これも「後悔しない適応」である。

もう一つ大事なことがこの図から読み取れる。4℃上昇に進む場合はおおよそ21世紀末に到達するものの、2℃上昇にはおおよそ30年後前後で到達する。2℃上昇以下に抑えるというパリ協定の目標が達成されたとしても、世紀末ではなく、30年前後先を見据えた適応を今スタートさせないといけなくなる。皆さんの多くの方、お子様方はその世界を生きることになる。

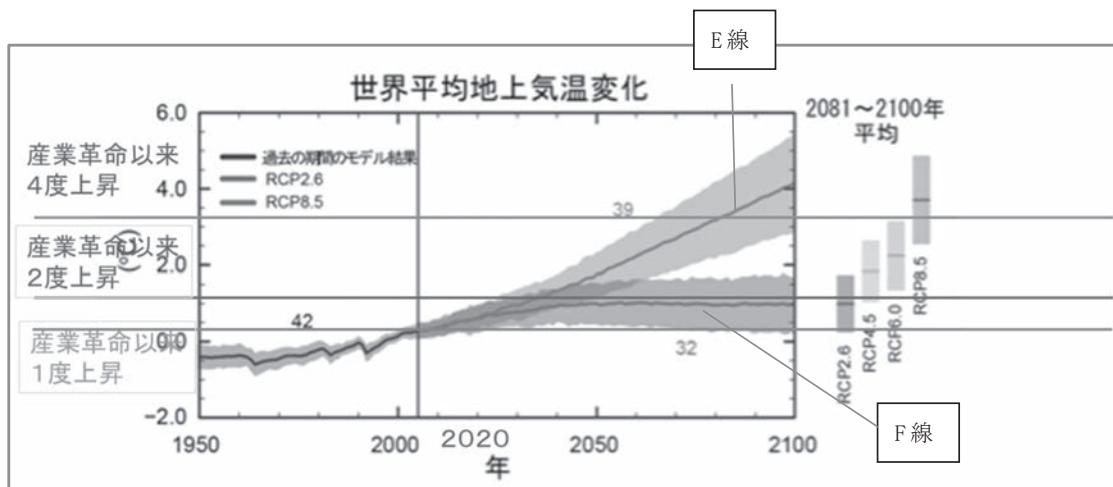


図2 地球平均気温の21世紀末までの将来変化。縦軸の数値に0.61を加えると産業革命以来の上昇気温

2.4 地球温暖化の影響が見え出している

既に述べたように、猛暑も含め温暖化予測と矛盾しない災害外力が発生したり、それへの温暖化影響が分析されたりしている。また、雪の少ない年が増え、紅葉も時期が後ろにずれているようにも思う。これらにも、ますます温暖化影響が科学的に明らかになってくる可能性が高い。

地域的には温暖化の影響はどこで目立つようになるのか？、それは気候区分の境目である。例えば、高山植物の生息下限が山を登っているとの観測が、そして益々そうなるとの予測がなされている。あるいは南の樹種が北へ移動することもあるだろう。サンゴその他の海洋生物も同じである。

災害外力、災害はどうだろうか？、令和元年第19号台風は、関東や東北中南部にこれまでの記録を更新する大雨をもたらした。もともと東北は西日本に比べれば大雨の頻度や程度は小さいところであり、そこが西日本並みの豪雨に見舞われれば治水の目標を超えてしまい災害となる。

どのように温暖化の影響が出始めてきているのかを感じたり、モニタリングをしっかりと明瞭化したりしていくことも、温暖化適応を促進していくために大事なことであると考えている。

3. 2～4℃上昇に備える浸水想定を

3.1 毎年生じる深刻な浸水災害

1. に記したように毎年の悲惨な豪雨災害が生起している中、悲しいことに梅雨豪雨によって令和2年にも深刻な災害が生じた。九州地方の球磨川、筑後川、中国地方の江の川、東北地方の最上川といった一級河川をはじめ、全国の多くの河川で河川氾濫や内水氾

濫、そして土砂災害が生じた。

そのうち、7月4日の球磨川では洪水氾濫、土砂災害により70名近くの方が亡くなった。治水計画の基準となる流域雨量を超えて降った豪雨により、人吉市では治水計画の基準となる水位を超え、河川水が氾濫した。昭和40年7月、昭和57年の出水をはるかに超える水位でもあった。平成30年7月の西日本豪雨と同じく、総雨量の6～7%が温暖化の影響により多くなったと科学的に明らかにされている。忘れたところに水害はやってくるし、温暖化でその頻度や深刻度が増す。

3.2 大阪港の三大水門とその温暖化適応

台風による高潮災害に話を移そう。昭和9年9月に京阪神を襲った室戸台風による高潮や強風により約3000人の死者・行方不明者が出た。大阪湾一帯での溺死者は1900名以上と推定されている。5年前に他界した母からは、「小学生であったときに強風で倒壊した校舎の下敷きになり、危うく高潮に連れ去られるところであった。」とよく聞かされた。大阪ではその後、死者約400名を出した昭和25年9月のジェーン台風を経て、その後の防潮堤整備などで死者は少なかったものの、最高の高潮偏差をもたらした昭和36年9月の第二室戸台風を契機に、中之島から大阪湾に繋がる安治川、尻無川、木津川の大阪湾河口に、近代的な防潮三大水門が設計・構築された。その役割を図3に示す。

その三大水門が何と設計開始後60年の月日を経て、初めて威力を発揮したのが平成30年9月の台風第21号による高潮に対してである。その高潮は、第二室戸台風時と同等かそれを超えるものであった。その効果のすごさを写真1の尻無川・安治川防潮水門の閉鎖状



図3 高潮時の大阪三大水門の役割と位置図（画像提供：大阪府）.

況が示している。円弧上のものが水門で左側が大阪湾、右側が大阪市内である。高潮によって大阪湾の水位が水門天端ぎりぎりまで迫っている中、市内の河川水位が約3m下に保たれている様子がわかる。

この様子をリアルタイムで見た防災関係者

は、「今まさに、水門がギリギリ高潮から市内を守っているこの様子」に震えが止まらなかった。設計に60年前に関わった方々は感無量だった。どういう震えで、感無量だったかをぜひ想像いただきたい。

さて、この三大水門は60年を経て老朽化し



写真1 平成30年9月の台風第21号襲来時の尻無川（上）及び安治川（下）防潮水門の開閉状況.

「今後60年」のために新水門の設計が既に行われた。そして、新水門完成60年後は2080年代で、温暖化による2℃～4℃上昇の世界に入っている。ではどうするか?、科学的な将来予測による高潮の深刻化を見込んで設計すべきである。そして、現に今実際に温暖化影響を加味した設計がなされた。すなわち、順応的に更新することのできる水門躯体は、まずは2℃上昇時の高高潮に耐えられるように、そして大工事となる河床の基礎部分は、4℃上昇時に対応できる水門躯体でも支えることができるように設計がなされた。まさしく“後悔しない”そして“順応的な”温暖化適応である。

3.3 高潮最大規模の高潮による浸水想定と温暖化適応

平成27年5月の水防法改正により、想定し得る最大規模の高潮や降雨に対する避難体制等の充実・強化のため、浸水想定区域を公表する制度が新たに創設された。おおよそ1000年に一度規模の高潮や降雨外力を沿岸や河川ごとに科学的に推測して、浸水エリアと浸水深を想定し避難等の危機管理に利用するためのものである。

危機管理とは緊急避難や避難生活に対することだけでなく、もともと役所、病院、避難所等の災害時重要施設を深刻な浸水エリアに設けないようにすることも含む。平成23年3月の東日本大震災時の大津波災害を受けての「最大想定は生起する」「その万が一を考えての危機管理をすべきである」が、この治水での最大想定という考え方を後押しした。

水防法改正時に、想定し得る最大規模の高潮や降雨を推定する手引きが、国土交通省から出されている。しかし、技術的にも必要性

の社会認知度からも時期尚早であったことから、その手引きには温暖化の影響が今のところ加味されていない。もともと温暖化適応を考える際には、温暖化影響を加味した最大想定を考えるべきであることは、大津波災害前から温暖化適応の視点から唱えてきた。

そうしたなか、令和2年7月には高潮外力最大想定手引き（正式名称は「高潮浸水想定区域図作成の手引き」）が改定され、温暖化影響を技術的に加味する方法が例示されるようになった。これは、最近の気象災害の頻発化と深刻化、温暖化影響に関する科学的知見の進化と深化、そして何より温暖化進行に対する社会の危機感の増大が成し得た技である。

さて、大阪の防潮三大水門は、60年の時を経て初めてその威力を発揮して大阪を守った。ある意味、治水施設の役割の象徴的なできごとである。温暖化への適応とて同じである。

4. 忍び寄る温暖化影響 ～科学の警鐘を捉えて

ここ10年、毎年のように豪雨災害が起きており、その多くが温暖化の影響を受けていると科学的に示されている。以下では、その温暖化影響をいくつかの事例で見たい。

4.1 令和元年第19号台風への温暖化影響

1. で述べたように、令和元年台風第19号によって中部地方～関東地方～東北中南部の多くの地点で24、48時間雨量の記録が塗り替えられた。ここでは、日本に流入してきた水蒸気量という観点から温暖化影響をみて見よう。

図4は台風による東日本への流入水蒸気量の相対頻度を、高度ごとに示している。F部

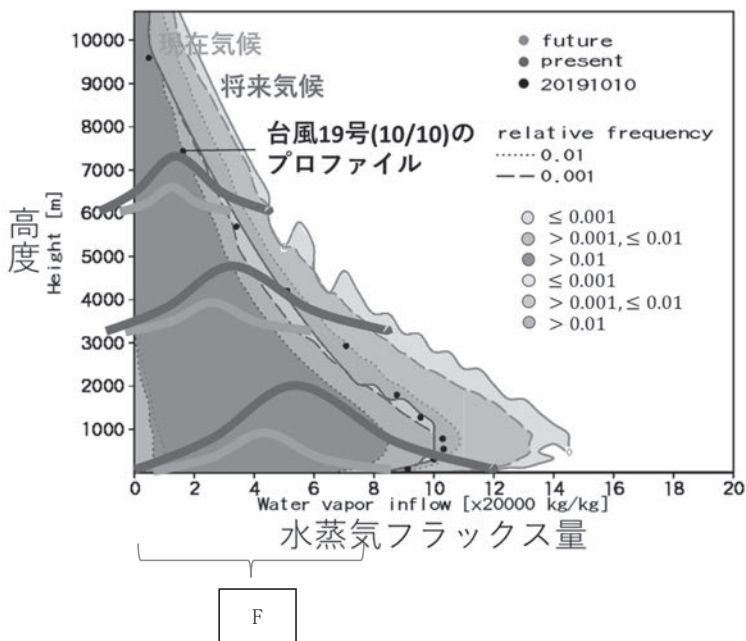


図4 台風による東日本への流入水蒸気量の現在と将来（中北・小坂田・山口（2020））

分が令和2年までの現在気候で、赤色が産業革命以来4度上昇した時の将来気候の状態を示している。そして、黒●が令和元年第19号台風によるものを示しており、その各高度での量は、平成22年までの現在気候では発生し得ないレベルの水蒸気量が供給されていたということを示唆している。一方、将来気候においては、頻度としては決して高くはなく、まれなレベルの多い水蒸気流入量ではあるものの、4℃上昇の将来気候では東日本付近を通過する台風の中で100回に1回以上は同程度の水蒸気流入量をもたらす台風が到来し得ることが読み取れる。

以上のことから、令和元年台風第19号は、温暖化の影響を受けていると考えても矛盾しない水蒸気量を東日本にもたらし、豪雨を引き起こしたと考えて良い。

他方、温暖化の影響がなかったとしたら台風第19号はどのようなものであり、氾濫への

影響がどのようなものだったのかという科学的な数値実験が実施されている。その結果、例えば、千曲川で死者が出た地域には、氾濫水が及ばなかったという結果が得られている。このことから台風第19号とそれによる災害が、温暖化の影響を受けていると考えられる。

4.2 最近の梅雨豪雨への温暖化影響

平成30年7月豪雨（西日本）では多くの地点で72時間雨量の記録が更新され、昭和57年の長崎大水害以来初めて200名を超える犠牲者を出した。また、令和2年7月4日の球磨川における洪水氾濫では、土砂災害により70名近くの犠牲者が出た。両災害は温暖化の影響を受けていると既に気象庁が発表している。気象庁気象研究所による最近の研究によれば、西日本豪雨及び球磨川豪雨ともに総雨量の6～7%が温暖化影響によりもたらされ

たとされている。

研究から明らかにされていることも示しておこう。図5は領域気候モデルRCM5による気象庁気象研究所の数値実験結果から、50mm/h以上の強雨継続時間とその間の総雨量の関係を示したものである。△が現在、○が将来発生する梅雨豪雨、□がXRAINレーダー情報から推測した過去に発生した梅雨豪雨を表す。この図から、強雨継続時間内の総雨量が将来増加することが示されている。また、平成29年の九州北部豪雨の総降雨量は、現在気候では極端に大きいが、将来気候では並の量となることも示されている。

加えて、令和元年佐賀豪雨、令和2年球磨川豪雨についても同様である。これらのことにより、近年発生した梅雨豪雨による強雨総雨量は、現在気候ではかなり多い範疇に入っており、将来気候ではむしろ普通の範疇に入

ること、すなわち最近では将来気候と矛盾しない梅雨豪雨が生起し始めていると言える。

4.3 科学が教えてくれるものを無視しない

最近の豪雨災害に関連して、既に温暖化の影響が出始めていると考える人が多くなってきている。そして4.1、4.2では、温暖化の影響が出始めていることを客観的に示した。しかし、確実に温室効果ガス濃度が増えてきていたのだから、半世紀も前から出始めてきた温暖化の影響を私たちが気づいてこなかっただけと考えることもできる。何故だろうか？、理由は大きく二つある。

一つは、温暖化の影響を示すシグナルが自然の持つ偶然の揺らぎに比べて小さく、かつ、それを見いだす科学技術が十分ではなかったことによる。自然現象の中で豪雨に関わる現象は、気温などに比べて自然の持つ揺

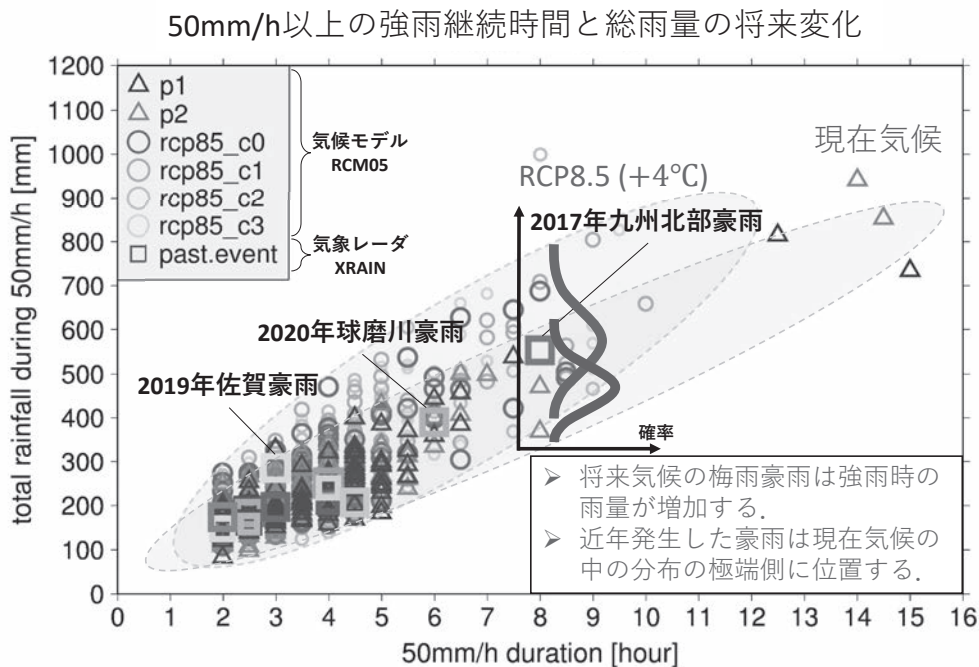


図5 局所的梅雨豪雨の強雨継続時間と積算雨量の将来変化 (小坂田・中北、2018、2019)

らぎが特に激しく、それ故に温暖化影響が見えにくかったと言える。しかし現在、その科学技術は、豪雨に関する温暖化シグナルを拾えるばかりか、しっかりと予測できるようになった。

もう一つは、人々が温暖化影響を信じてこなかったことによる。専門家でさえ温暖化懐疑論者が多かった。「温暖化反論者の疑問に反論するレポート」が出版されたくらいである。しかし、近年それまで未経験であった豪雨とそれによる災害が多発するに及んで、より多くの人々が、温暖化が進行してきていることを認知するようになった。

以上のことは、コロナ感染に類似している。科学を土台にしっかりと早く危険性を認知し、恐れ過ぎることも安易に考え過ぎることもなく、科学が描き出すリスクの実情と予測を土台に対策を立てて実行していく。後悔しない対応が極めて重要なことは同じである。

5. 温暖化適応としての緩和

これまでは、地球温暖化への適応とは何なのか？、後悔しない適応や順応的適応とは何なのか？、地球温暖化の緩和との関係はどういうものなのか？、地球温暖化により将来、科学的にどのようなことが予測されているのか？、加えて、既に温暖化の影響が出ているのではないのか？、それに対して待ったなしでどのような適応を考えるべきなのか？、について治水を中心に紹介してきた。

5.1 今一度、緩和と適応について ～単なる対としての両輪ではない

1. では温暖化の緩和と適応は、温暖化対策の両輪であることを示した。そのときはど

ちらかと言え単なる対として紹介した。

しかし、令和2年7月に生じた九州の球磨川豪雨災害は、こんなことまで起こるのかという驚きと切実さをもたらした。川筋の村々、街々は勿論のこと人吉市街では、単に洪水によって氾濫しただけではなく、驚くことにまったく河のようになった。また、古くから蒸気機関車SL撮影で有名な肥薩線やくまがわ鉄道の球磨川橋梁群が流された。SL写真雑誌に掲載されている球磨川橋梁を渡る昭和時代のSLの写真が我が家には多々あるが、信じられないことに、その複数の橋が今はない。

一方で、前年に関東・南東北で生じた台風第19号災害では100か所以上で堤防が決壊した。平成30年の西日本豪雨、平成29年の九州北部豪雨でもシリアスな人的被害をもたらされ、4. で述べたようにそれらは温暖化の影響を受けている。

温暖化の影響を受け出したに過ぎないこれらのこれまでの災害は、温暖化影響としては入り口で序の口であるはずである。その序の口においてですらこの凄さである。科学的に今後、自然外力がどれほどシビアになり災害リスクが高くなるかを予測している中、実際の人的被害を含めた怖さを実感として想像してきただろうか？、20、30年先で迎える産業革命以来の地球平均気温2度上昇時の自然外力とそれによってもたらされる災害の怖さを、単なる数値ではなく、しっかりと実感として認識できているだろうか？、ましてや、4℃上昇に至ればなおさらである。

この自然のシビアさを実感したとき、温暖化の緩和ほど根本的な適応はないとしみじみと気づく。それは自然外力、ハザードの緩和を意味するからである。この心の底からの感

覚をお分かりいただけるだろうか?、すなわち、緩和と適応は単なる対ではない。このことを、改めて肝に銘じたい。

5.2 緩和による適応と単なる適応

それでは、地球平均気温を1度緩和することは、自然外力、ハザードの緩和にどれだけの効果があるのだろうか?、治水において災害による人的被害の軽減になるのだろうか?

これまでCOP会議では、海面上昇を予測し、島嶼国への影響などを指標にして緩和目標を定めている。もちろん、世界への自然災害への影響等も見積もってきた。しかし、我が国の治水計画に資するほどの定量性を、我が国の緩和を進める施策者が示してきたとは言い難い。

一方で、適応を進める施策者は、2℃上昇時、4℃上昇時の自然外力に対するハザードへの科学予測を活用し始めている。そしてリスク増大予測へと益々発展するはずである。しかしながら、その頭の中は、2度上昇でどれほどリスクが“これから”高くなるかというものであり、2度上昇に抑えたらどれほどリスクが緩和されるかという発想ではない。今後は、この後者のようなものの考え方が“緩和による適応”として認識されるべきである。

しかし、忘れてはいけないのは、緩和と適応の実現、効果発生の時間スケールの差を考えることも重要ということである。緩和には時間がかかる。しかも、もう緩和だけでは太刀打ちできないだけの温暖化影響が出始め、緩和が進んでも今後その影響は増大する。従って、適応は絶対必要である。

「どこまでの適応を今から考えるのか?」、そのときに、緩和としての適応という意識が再び重要になる。

5.3 緩和による適応の定量的な効果とは

ここまで、適応に関する施策すなわち適応計画の構築が進む中、改めて適応という観点からも緩和を考える視点を持つべきと説明してきた。それでは、緩和による治水やその他への適応効果はどれほどのものだろうか?、例えば、4℃上昇が覚悟されてきた中、緩和の結果2℃上昇で済むとなったときのその効果はどれほどか?、2℃上昇時だけでなく4℃上昇時の自然外力やハザードに対するリスクの増大予測をも行い、その差を定量的に見積もることで(図1)、明らかにできる。すなわち、適応において2℃上昇対応を目標とするからといって、単に2℃上昇時のリスク予測だけで済ましておけば良いのではない。“緩和による適応”という視点の重要さがここにある。

温暖化による影響が「今後さらにひどくなる」という実感をもっと持ちたい。加えて、「ひどくならないで済む」という実感も持つことが、そしてその定量的な情報とともに、温暖化適応、そして緩和としての適応を大きく前に進めると考えている。

6. パラダイムシフト ～科学的将来予測を将来計画立案に

治水のパラダイムシフトとして治水計画への科学的将来予測の利用がある。なぜパラダイムシフトかという、これまで起こったことのある台風や梅雨豪雨などをベースに治水の目標が立てられてきたからである。

6.1 治水目標となる大雨・河川流量のこれまでの決め方

各河川の重要度に応じて、平均して“何年に一度の雨量を対象にするか”が決められて

いる。例えば、東京や大阪に大洪水をもたらす可能性のある利根川、荒川や淀川では、平均して200年に一度の大雨を治水の対象としている。その上で、また、“何時間の雨量を対象とするか”は、大雨の受け皿である河川流域の主に面積に応じて決まっている。大きな河川流域ほどより長い時間の降雨が下流の『最大流量』（1秒あたりに流れる水の体積）に関係する。例えば、利根川では72時間雨量、荒川や淀川では48時間などである。『何年に一度の何時間の総雨量』を対象にするかが定まると長年の過去雨量情報から、

- 1) 総雨量を決める。
- 2) 過去の主要洪水をもたらした複数の台風、梅雨豪雨の時々刻々の時間変化（タネ降雨群の時間推移）をピックアップして、毎時間の雨量に同じ倍率をかけて1)で決めた総雨量に合うようにする。
- 3) 雨量が定まると、洪水流出計算により下流の都市での最大流量と『水位』が定まる。

以上の手順を踏んで、何年に一度の最大流量・水位を推定して、治水施設の計画をする。この流量のことを、ここでは『目標流量』と呼ぶことにしよう（目標流量を定める場合はタネ降雨群の時間変化だけでなく、空間的にどう違うかも大事な情報となるが、説明を簡単にするために省略する。）。

6.2 温暖化で何が変わる？

さて、手順1)、2)、3)の何が温暖化によって変わるだろうか？、それは、総雨量、タネ降雨群の時間推移である。

ここで強調したいのは、これまでは過去の実際の観測値を用いて推定されていたのに対し、既に将来予測情報を用いて推定する点である。これがパラダイムシフトである。

6.3 もう始まっている治水目標の見直し

ここ数年かけて進められた降雨に関する将来予測情報の解析によって治水計画の目標となる総雨量、タネ降雨群の時間推移が見直されている。例えば、総雨量には表1のような倍率が算定されている。そして、2℃上昇に対応した倍率をかけることで、目標流量の見直しが既に始まっている（4℃上昇に対応した倍率は、万が一の危機管理のためにしっかり参照すべきものである）。すなわち、後悔しないための第1のパラダイムシフトとして、治水のマスタープランに対応する「河川整備基本方針」の気候変動に対応した見直しが、新宮川、球磨川などでとうとうスタートしている。

このパラダイムシフトは何故始まったのか？、それは、豪雨や河川流量の科学的気候変動予測が、治水専門家が信頼するに足るも

表1 治水計画の対象となる流域総雨量の温暖化倍率（国土交通省、2020）

地域区分	2℃上昇	4℃上昇	
			短時間
北海道北部、北海道南部	1.15	1.4	1.5
九州北西部	1.1	1.4	1.5
その他(沖縄含む)地域	1.1	1.2	1.3

のとなったからである。ここに至るまでの専門家の努力に敬意を表したく思う。

7. パラダイムシフトとしての気候変動適応

7.1 緩和が成功しても適応は長期的に必要である

我が国においてもここに来て、気候変動緩和としての温室効果ガス排出削減がいよいよ待ったなしで動き出している。行政、企業、NPO、住民すべてがそれを価値あるものとみなしている。そして、緩和は強力な気候変動適応でもある。

しかし、緩和が成功したらそれでおしまいではない。すなわち、産業革命以来の地球平均気温上昇が、おおよそ30年後をピークに1.5℃以下に収まりさえすれば適応は不要だろうか？、そうでないことを述べてきた。

大気の気温上昇が原因で、多量の熱エネルギーが運ばれることによって海洋が暖まってしまったし、これからもまだ暖まる。そして、水は冷めにくい。すなわち、大気中の緩和が成功しても海は暖まったままである。それによって気象、ハザードに対する気候変動影響は22世紀まで続く。

7.2 何故パラダイムシフトを必要とするか？

未経験な災害がこれから益々生じるとの覚悟が必要である。もっとたくさん、もっとすぐく、初めての地域で災害が生じる。「こんなひどいことは初めてだ」は、益々通用しなくなる。すなわち、防災・減災に今までの常識は通用しない。不確実性があっても科学的気候変動将来予測を信じるに足るものとなってきた。

その予測を土台として、これまでの災害対応からジャンプした対応としての気候変動適応が求められる。避難するにしても今の避難計画が通用しないはずである。逃げるタイミング、どこに逃げるかすら大きな変更を求められるはずである。

7.3 日本の治水行政のパラダイムシフト

明治以降の近代治水は、河川堤防から洪水を溢れさせないことが近代的な目標だった。しかし気候変動により自然があらぶれることを考えると、明治以前の智恵も重要となる。

では、どのようなパラダイムシフトが、ここ数年で日本の国土交通省の治水行政でなされたであろうか？

一つは、既に述べたように、科学的気候変動予測を信じて治水目標（豪雨）をよりシリアスなものに更新することにした点である。これが第1のパラダイムシフト。

もう一つは、溢れても河川流域全体、すなわち、上・中・下流において、行政だけでなく企業や住民も含めたすべての人で治水目標の豪雨に対応する（やりくりする）という流域治水が、治水計画の中に組み込まれることになった。これが第2のパラダイムシフトである。

今後は、流域治水を担う発想のジャンプとしての適応策のアイデア創出と効果の定量化が求められる。

7.4 適応復興

今後の防災は常に、気候変動影響が将来益々出てくるという前提で考えないといけない。そういう思いを込めて令和2年6月に小泉環境大臣と武田防災担当大臣が共同で「気候変動×防災」というキーワードを発出した。

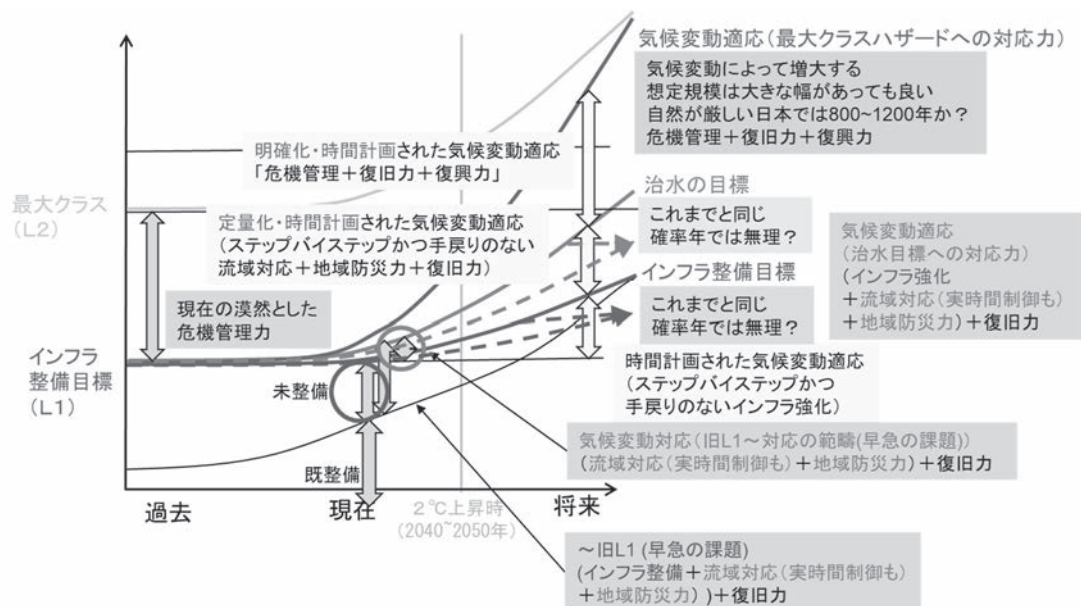


図6 自然ならびに社会の変動に応じた気候変動適応

そこでの大事な考え方の一つが「適応復興」である。基本的には「ただでは起きないぞ」に対応する。元々復興とは大きな災害を被った地域、都市が長い歳月をかけて生活環境を元に戻すことを言う。多くは、単に戻すだけでなく安全面、経済面において、より暮らし良い地域、都市にしようとする。その際に、気候変動によるリスクの増大にも対応できるように復興しようというのが「適応復興」である。

ある意味、先に述べたジャンプした適応の一例といえる。環境省では何が適応復興か?、その指標は何か?を、時間スケール、空間スケールをも軸として概念的かつ具体的な考え方を構築しようとしている。

8. おわりに

伝えたかったことを治水という形で図6に集約した。災害時対応、復旧・復興のすべて

を見渡した上での気候変動適応が重要である。そして、気候変動影響の時間変化を強く意識して、科学的将来予測ベースに順応的に適応して行くことが必要である。

ここでは、科学的気候変動予測とそのメカニズム解明の深化がパラダイムシフトの基礎となる。そして適応科学の構築とその推進がアカデミアに求められる。

謝辞

本稿は、日報ビジネス(株)発行の隔月刊誌「地球温暖化」の2020年5、7、9月号、2021年3、5、7月号、2022年3月号への投稿文を再構成し、追記したものである。

参考文献

- 1) 小坂田ゆかり, 中北英一: 領域気候モデルによる梅雨豪雨継続時間と積算雨量の将来変化予測と過去の事例を用いた検証, 土木学会論文集B1 (水工学), Vol.74, No.5, pp.19-24, 2018.6.
- 2) 小坂田ゆかり, 中北英一, 平成30年7月豪雨の特徴及び地球温暖化による影響評価, 土木学会論文集B1 (水工学), Vol.75, No1, pp.231-238, 2019.6.

気候変動による日本の河川流量への影響評価とそれを踏まえた治水対策

京都大学大学院工学研究科教授

立川 康人



1. はじめに

気候変動シナリオのもとで大雨や洪水の発生状況を分析し水害リスクの将来変化を予測することは、今後の社会基盤整備の方向性を定める基本的な指針を与える。気候変動シナリオデータが提供する降水強度や流出強度を入力データとし、降雨流出モデルや河川流追跡モデルを用いて河川流量の将来変化を予測する研究が多数行われてきた。例えば、Hirabayashi et al. (2013, 2021) は、複数の全球気候モデル（地球全体の気候をシミュレーションするモデル）によるグリッド（空間を区画に分割したもの）の流出量を用いて100年確率年最大日流量の変化を気候モデルによる不確実性ととも分析し、その変化を示す世界マップを作成した。また、水平方向の空間解像度20kmを持つ気象庁気象研究所のMRI-AGCM3.2 (Kitoh et al., 2009) のモデル出力を利用して日本の河川流域を対象とする河川流量の変化が分析されるようになった。

こうした河川流量に対する影響評価研究は、2016年に公開された「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)」(Mizuta et al., 2017) により一層加速された（例えば、立川ら (2017) ; 田中ら (2019) ; 小林ら, 2020)）。d4PDFは日本国内の主要河川

流域の河川流量予測に利用できる時間分解能1時間、空間分解能20kmを有し、低頻度の極端現象の発生頻度と強度を分析し得るアンサンブル実験データを提供。当初、過去実験と4度上昇のシナリオ気候データが作成され、さらに2度上昇と非温暖化実験のシナリオデータも追加された。4度上昇及び2度上昇シナリオデータについては、日本列島を含む領域を対象として5km空間分解能の力学的ダウンスケール（全球気候モデルよりも解像度の高い領域モデルを用いて、ある領域に限ってデータの空間詳細化を行う）データも作成された。

これらの物理的な気候モデルの出力を用いて、年最大雨量や年最大流量などの確率水文量の確率分布の変化を様々な時間スケールで議論できるようになった。加えて現在気候における最大クラスの豪雨や洪水についても、現実の観測期間を大きく超える時系列データを用いることによって確率分布関数を仮定しないノンパラメトリックな推定が可能となった。こうした気候変動シナリオデータや影響評価研究の成果を踏まえて、国土交通省は気候変動による降水量の将来変化を考慮して治水計画を見直すなど、治水政策の転換を図るまでになった（気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会, 2021）。

本稿では、気候変動による日本の河川流量への影響に着目し、主として筆者らが得た分

析結果を紹介するとともに、政府が進めている治水対策や内閣府SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）防災で実施されているリアルタイム洪水予測技術開発の最前線を紹介する。以下、2. では洪水ハザードの変化予測に関する研究、3. では政府が進めている新たな治水対策の概要を紹介し、4. ではリアルタイム洪水予測として内閣府SIPで筆者が関わっている洪水予測システムの概要を示す。

2. 気候変動による洪水ハザードの変化予測

2.1 アンサンブル気候予測データベース d4PDF

これまでにない超多数のアンサンブル実験によって「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)」(Mizuta et al., 2017) が作成され、低頻度の極端現象の将来変化を確率的に分析できるようになった。d4PDFは空間分解能60kmの気象庁気象研究所全球気候モデルMRI-AGCM3.2による全球実験と、20kmのより空間解像度を高めた非静力学領域気候モデルNHRCMによる日本周辺域の力学的ダウンスケーリング領域実験によって構成され、過去実験（観測された海水表面温度を用いた現在気候実験）と2度上昇実験、4度上昇実験、非温暖化実験の4種類のアンサンブル実験が行われた (<https://www.mirocgcm.jp/d4PDF/index.html>)。

過去実験は1951年9月～2011年8月の60年間の気候を再現する50メンバ（1メンバは60年の連続気候シミュレーション）、合計3000年分の実験である。各メンバは気候モデルの

初期値・境界値に観測誤差程度の小さな異なる摂動（ノイズ）が加えられ60年の気候計算がなされた。2度及び4度上昇実験は1850年の産業革命以前に比べて全球平均気温が2度あるいは4度上昇すると仮定して、2051年9月～2111年8月の60年間の気候を予測する90メンバ、合計5400年分のシナリオ実験である。予測実験に用いられた大気気候モデルは一つであるが、異なる大気海洋結合モデルによって計算された海面水温が境界条件として予測実験に組み込まれており、異なる大気大循環モデルによる将来予測値の不確かさも考慮されている。

2.2 極値降水量の確率分布の将来変化

観測データ、d4PDFの過去実験及び4度上昇実験の降水量データを用いて、流域平均年最大24時間降水量と非超過確率（再現期間）との関係を日本全国の109水系で得た（田中ら, 2019）。それらのうち、淀川流域の枚方上流（図1参照）での結果を図2に示す（立川ら, 2017）。図2のA線は過去実験のすべてのアンサンブルメンバ3000個（3000年分の年最大24時間降水量）の確率プロットであり、黒丸点は観測降雨から得た確率プロットである。観測降雨から得られる確率プロットとd4PDF過去実験のそれとはよく対応する。B線は海面水面の予測値の異なる6種類の4度上昇実験での確率プロットを示している。いずれの結果も過去実験のA線よりも右側にあり、海面水温の設定条件によらず気候変動によって極値降水量が増加する結果が得られた。

4度上昇実験の6種類の海面水温パターンでの確率雨量の平均値を求め、その過去実験からの増加率を調べたところ、三大都市圏を

含む河川流域では年最大24、48、72、96時間雨量のいずれも、再現期間200年に相当する雨量に対して、4度上昇実験は過去実験の1.2~1.4倍の増加となった。また4度上昇実験の200年確率年最大降水量と過去実験の900年確率年最大降水量とがほぼ同じ値となった

(立川ら, 2017)。これは現在の気候での最大クラス規模と考えられる降水量が、4度上昇実験では再現期間200年の年最大雨量に相当することを示しており、留意すべき結果と考える。

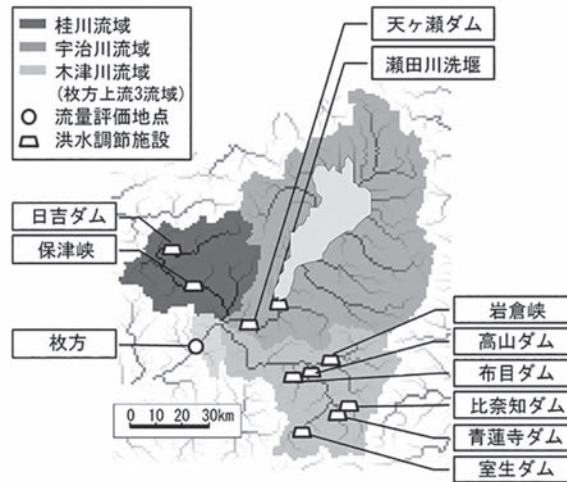


図1 淀川流域 (流域面積8240km²)

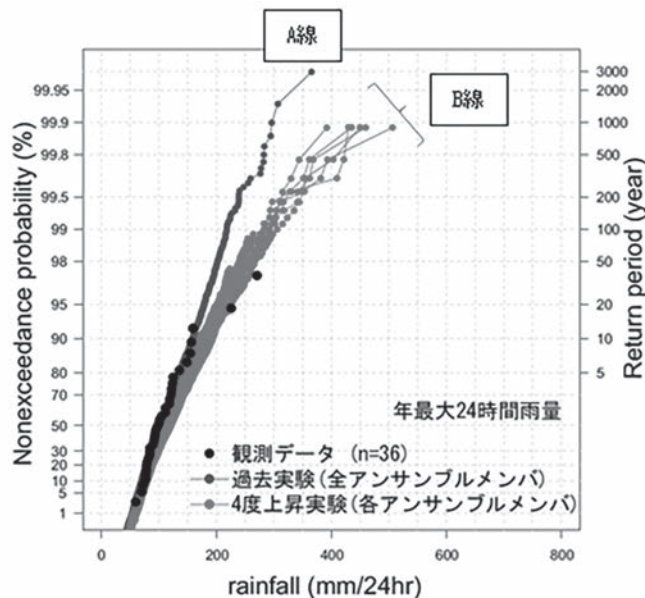


図2 淀川流域 (枚方上流域7281km²) の年最大24時間流域平均降水量と非超過確率との関係 (黒点: 観測降雨、A線: 過去実験、B線: 4度上昇実験 (海面水温の設定の違いによる6種類の結果) (立川ら, 2017)

2.3 年最大時間流量の確率分布の将来変化

上記で示したd4PDFの年最大値を対象として、過去実験については3000個、4度上昇実験については5400個の年最大降水事象に対する降雨流出計算を実施し、年最大流量系列を求めた。淀川流域の枚方地点での年最大時間流量の確率プロットを図3に示す（立川ら，2017）。4度上昇実験の年最大確率流量はどの海面水温パターンでも過去実験よりも大きくなり、非超過確率が大きい稀な洪水ほど増加率も大きくなることがわかった。過去実験と4度上昇実験とで再現期間200年の年最大流量を比較すると、1.5倍の増加となった。年最大降水量のそれらの増加率は1.2から1.4倍であり、年最大流量の増加率はそれよりも大きい。また、4度上昇実験での200年確率年最大流量は、過去実験の最大クラス規模（900年確率年最大流量）よりも大きくなり、4度上昇実験での900年確率年最大流

量に相当する流量は、過去実験の200年確率年最大流量（現在の治水計画目標）の2倍近い河川流量が発生する可能性があることがわかった。ここで計算した河川流量は、対象地点まで堤防を越流することなく流れることを仮定した河川流量であるが、現在の確率流量との違いを把握する上で留意すべき値である。

田中ら（2019）は、日本全国の一級水系でd4PDFから得られる流域平均年最大降水量データの再現性を分析し、九州地方、四国地方及び紀伊半島の多くの流域でd4PDFデータが気象庁の解析雨量よりも小さいことを見出した。小林ら（2020）はd4PDF降水量データのバイアス（偏り）補正手法を検討し、バイアス補正を適用した雨量データを用いて全国の109水系の流量変化を分析した。その結果を図4に示す。海面水温アンサンブル間での100年確率年最大流量の増加率の平均値

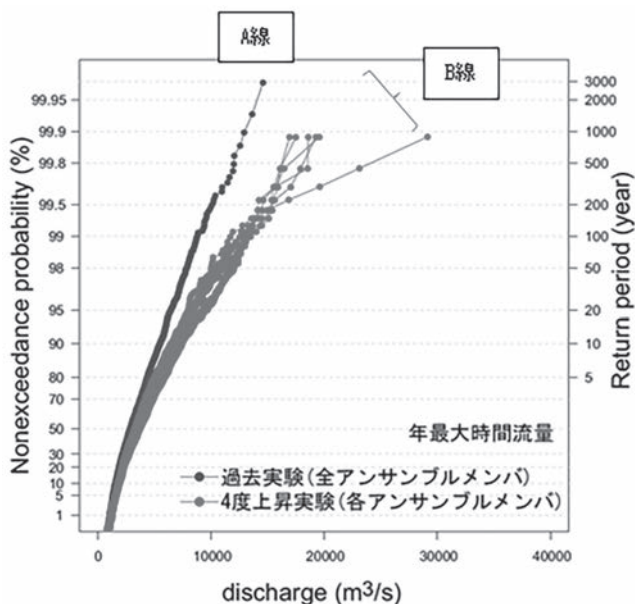


図3 淀川流域（枚方地点）の年最大時間流量と非超過確率との関係（A線：過去実験、B線：4度上昇実験（海面水温の設定の違いによる6種類の結果）（立川ら，2017）

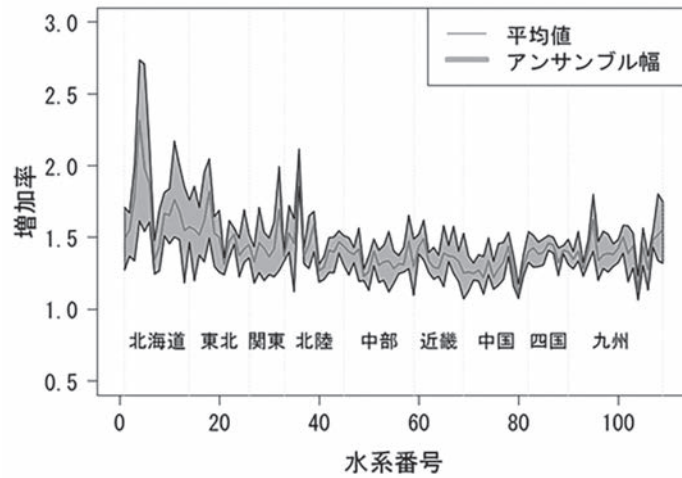


図4 年最大100年確率年最大流量の増加率（小林ら，2020）

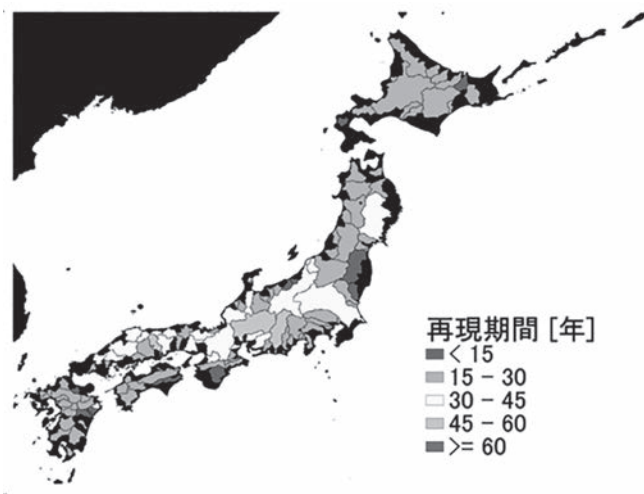


図5 d4PDF過去実験での計画規模計算流量に対応する4度上昇実験での再現期間（小林ら，2020）

は、もっとも小さい水系で1.11倍、最大で2.32となった。全水系で1を超える結果となり、すべての水系で計画規模程度の再現期間の流量が増加することがわかった。特に北海道地方及び東北地方の増加率が高い。海面水温アンサンブル間の増加率のばらつきは増加率の平均値に対応して北に行くほど大きい。d4PDFの過去実験での計画規模の計算流量に対する4度上昇実験での再現期間を図5に

示す。現在の計画規模の再現期間は100年から200年であるが、4度上昇実験では同じ規模の洪水がすべての水系で60年未満の再現期間で生じる結果となった。計画規模の再現期間が200年の水系では30～60年、150年の水系では30～45年、100年の水系では30年以下に低下し、15年以下の再現期間となる水系もあった。

2.4 複数流域での同時氾濫の発生確率の将来変化

同一年に計画規模の流量を超える洪水が複数の水系で同時に発生する確率が大きくなることも分かった。2019年に関東、甲信、東北地方で大水害を引き起こした台風第19号は6水系で同時に氾濫が発生した。図6は関東、甲信、東北地方の河川流域を対象として同一年に計画規模流量を超える水系数とその超過確率との関係を示したものである(田中ら, 2020)。この分析結果によれば、6水系以上の流域が同一年に計画規模を超える確率は過去実験で再現期間370年(超過確率0.0027)、4度上昇実験では再現期間で20年(超過確率0.05)となることがわかった。同様の分析が2018年の西日本豪雨でも行われた(Tanaka et al., 2021)。このときは8流域が同時に氾濫し、西日本で8水系以上の流域が同一年に計画規模を超える再現期間は、過去実験で再現期間500年(超過確率0.002)、4度上昇実

験では再現期間30年程度(超過確率0.035)となり、同時発生の可能性が増加することがわかった。

2.5 最大クラスの外力による氾濫予測

こうした超多数のアンサンブル降水データを用いることにより、異なる再現期間の氾濫計算も実施することができる。田中らは名古屋市周辺を対象として異なる再現期間の内水氾濫及び外水氾濫の予測結果を示すとともに、浸水被害額と非超過確率との関係(浸水リスクカーブ)を得た(Tanaka et al., 2020)。また武田ら(2021)はd4PDFを用いた過去実験の最大クラス洪水(再現期間3000年相当)を用いて名古屋市街地の氾濫計算を実施し、庄内川上流域の氾濫の影響や地下鉄線路の浸水を考慮した浸水シミュレーションを実施した。図7に示すように破堤を伴う場合は地下鉄線路の浸水が大きくなり、地下鉄線路を氾濫水が流れて新たな浸水箇所が現れ

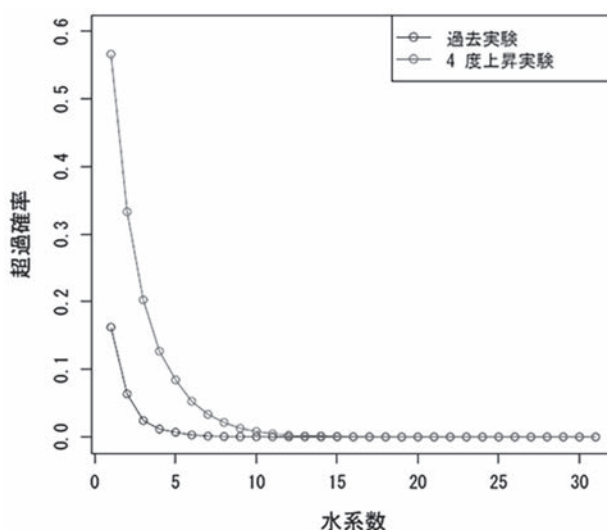


図6 東北、関東、甲信地方の河川流域を対象として同一年に計画高水流量を超える流域数と超過確率との関係(田中ら, 2020)

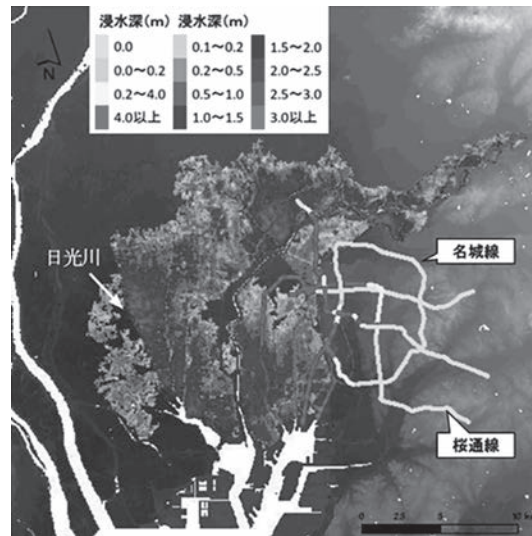


図7 d4PDF過去実験を用いた最大クラス（再現期間3000年相当）の外水氾濫と地下鉄浸水の予測（武田ら，2021）

るなど地下空間が浸水範囲の増大につながる可能性を指摘した。

3. 治水対策に対する政府の動き

毎年のように全国各地で洪水災害が発生していることを背景として、気候変動を踏まえた水災害対策に対する政府の動きは迅速であった。令和2年7月の社会資本整備審議会による「気候変動を踏まえた水災害対策のあり方 答申（2020）」では、甚大な被害を回避し早期復旧・復興まで見据えて事前に備える「強靱性」、将来にわたり継続的に社会や経済を発展させる「持続可能性」、あらゆる主体が協力して対策に取り組む「包摂性」を基本理念とする「流域治水」への転換が示され、速やかに実施すべき施策として気候変動を踏まえた計画や設計基準の見直し等が提示された（社会資本整備審議会，2020；小池，2021）。これを受けて令和3年4月の「気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会」の提言（2021）では、最新の科学技術の

成果を取り込んで令和元年10月の提言が改定され、河川整備基本方針の具体的な改定方針が示された。具体的には、「過去の実績降雨を用いて確率処理を行い所要の安全度を確保する治水計画」から、「気候変動の影響による将来の降雨量の増加も考慮した治水計画」への転換が示され、RCP2.6シナリオで予測される2度上昇時の平均的な気象外力を考慮して基本高水を見直す具体的な検討手法が示された。

流域治水の実効性を高めるために令和3年5月に特定都市河川浸水被害対策法等の一部を改正する法律が公布され、11月にはすべての規定が施行された。この法律は、都市化の進展による水災害リスクの軽減を目的とした総合治水を全国の河川に展開し、気候変動による水災害リスクの軽減を目的とする流域治水の実効性を高めることを趣旨としている。これにより、流域治水を実装するための「流域治水協議会」が各流域で国、都道府県、市町村の関係者によって設立され、河川や氾濫

域だけでなく流域全体で、①氾濫をできるだけ防ぐ・減らすための対策、②被害対象を減少させるための対策、③被害の軽減、早期復旧・復興のための対策を取ることが求められるようになった。これらは図8に示すように水災害リスクの三要素である、①災害外力の増大に対する対応、②暴露を減少させるための対応、③脆弱性を減らすための対応に相当する。これらには、ダム貯水池の事前放流の強化や水災害対策とまちづくりの連携も含まれる。事前放流については、国土交通省は令和2年4月に事前放流ガイドラインを作成し、既存ダムの貯水容量を洪水調節に最大限活用できるように基本事項を取りまとめた。また、令和3年5月には、国土交通省の都市局、水管理・国土保全局、住宅局が共同で「水災害リスクを踏まえた防災まちづくりのガイドライン」を作成し、水災害ハザード情報の充実や水災害リスクを踏まえた防災まちづくりを進める考え方・手法を提示した。

流域治水の実効性を高める法的枠組みが整備され、全国の一級水系では河川流域ごとに流域治水協議会が立ち上がり、具体的な対策

を明示した流域治水プロジェクトが開始された。流域治水の社会実装を進めるためには技術的に開発を進めるべき研究項目が多数ある。地形情報の高分解能化によって流域全体の降雨流出予測はそれなりにできるようになり、流域の任意地点での流量予測はできるようになりつつある。これを一層進展させて流量だけでなく水位を予測すること、さらに流域全体を予測対象としながら氾濫原の流速、土砂動態、流木の発生と堆積等を予測する統合型の水工シミュレーションモデルを開発することが必須である。

また、これまで気候変動予測シナリオを用いてハザード予測情報を作成することに主眼が置かれてきたが、これを発展させて暴露や脆弱性の情報を重ね合わせてリスク情報へと予測情報の高度化を図る必要がある。さらに、様々なメニューによる対策の効果を統合型シミュレーションモデルにより評価し、ハード対策とソフト対策とが一体となった総合的な施策の効果をリスク低減の観点から適切に評価する技術開発が求められる。これらの予測技術の開発は、気候変動シナリオを用

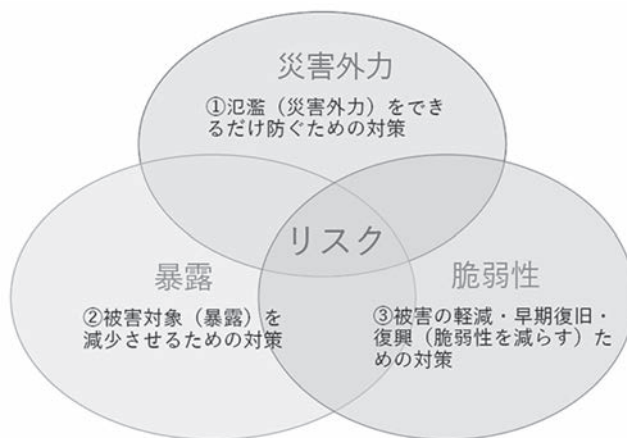


図8 水災害リスクと流域治水

いた将来予測を実施して適切な社会基盤の整備に用いるのはもちろんのこと、リアルタイム予測の高度化（予測リードタイムの長時間化と予測対象地域の広域化・高分解能化）も重要な課題となる。

4. リアルタイム洪水予測の高度化

治水対策を強化するためには実時間予測の高度化を図ることも重要である。スーパー台風等の襲来に対して「逃げ遅れゼロ」、「社会経済被害最小化」を実現するために、国や市町村の意思決定を支援する予測情報システムを開発し実用化する技術開発が、内閣府SIP「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」で進められている。その中で、筆者らは、「スーパー台風被害予測システム開発」をテーマとし、アンサンブル気象予測を活用した高潮高波予測システム及び長時間・広域洪水予測システムの開発を進めている。図9に

本事業で進めている洪水予測システムの高度化とその社会実装の概要を示す。

現在、国土交通省で運用されている「水害リスクライン」は、自治体や河川管理者を対象として6時間先までの洪水予測情報を提供している。この予測時間をさらに伸ばすためにアンサンブル気象予測を活用し、72時間先までの洪水予測と予測リードタイムの長時間化に伴って生じる予測幅を合わせて提供する長時間洪水予測システムの開発を進めている。並行して、中小河川を含めて日本全国の河川流域を一体的に予測する150m空間分解能の広域洪水予測システムの開発を進めている。スーパー台風襲来時には、このシステムを用いて24時間先のアンサンブル洪水予測を実現する。さらに、これらの長時間予測情報を活用し、ダム貯水池の機能を最大限発揮させる統合ダム防災支援システムの開発を進めている。

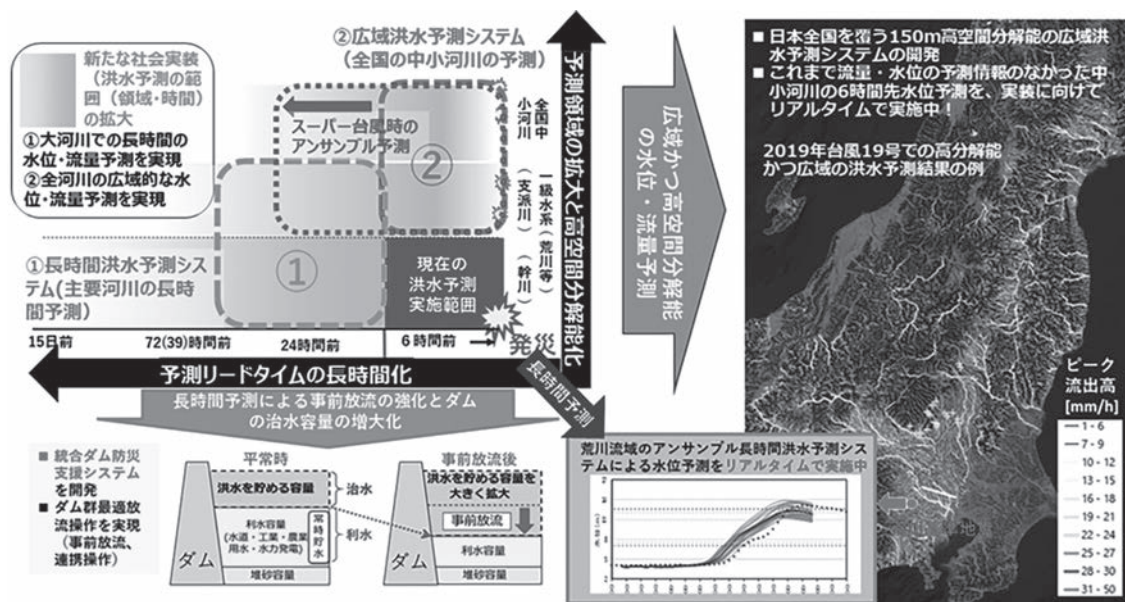


図9 SIP「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」で目指す洪水予測システムの高度化と社会実装

4.1 広域洪水予測システムを用いたアンサンブル洪水予測

スーパー台風の襲来によって主要河川の氾濫が予見されるとき、河川整備が十分に進んでいない中小河川でも甚大な洪水被害が発生する可能性が高まる。市町村長による避難判断の適切な意思決定を支援するためには、一級河川だけでなく身近な中小河川でも、河川水位・流量といった物理的に解釈できる予測情報を提供することが重要である。広域洪水予測システムでは予測空白域を埋め、洪水キキクル（洪水警報の危険度分布）の流域雨量指数に加えて、全国を150m空間分解能で6時間先までの水位・流量の予測情報の提供を目指しており、降雨流出氾濫（RRI）モデルの全国版が用いられている（Sayama et al. 2020；佐山・山田，2020）。また、スーパー台風襲来時には、早い段階からリスク対応を取ることを可能とするために、このシステムを用いて24時間先のアンサンブル洪水予測を実施する。

全国版RRIモデルと気象庁メソアンサンブル予報システムMEPSによる予測降雨を用いてリアルタイムでアンサンブル洪水予測計算を実施した例を紹介する（Sayama et al. 2020；佐山・山田，2020）。2020年に九州地方に接近した台風第10号は過去最大クラスの台風として警戒された台風であり、約24時間前に予測情報が国土交通省に提供された。図10はMEPSの21アンサンブルメンバのうち上位5位の水位予測結果を用いて、全国RRIモデルで設定した河川断面の深さと計算水深の比率を示したものである。五ヶ瀬川や小丸川の支川でこの水深比が1を超えるような河川区間があることを24時間前に予測していた。図11は2020年9月6日3時を初期時刻とする五ヶ瀬川の予測水位であり、図には事後解析の結果として解析雨量を用いた計算水位と観測水位も示している。約24時間前から河川水位の立ち上がりと洪水ピーク、さらに洪水低減を適切に予測している。ここで示した洪水予測例では、約24時間前に中小河川も含めて

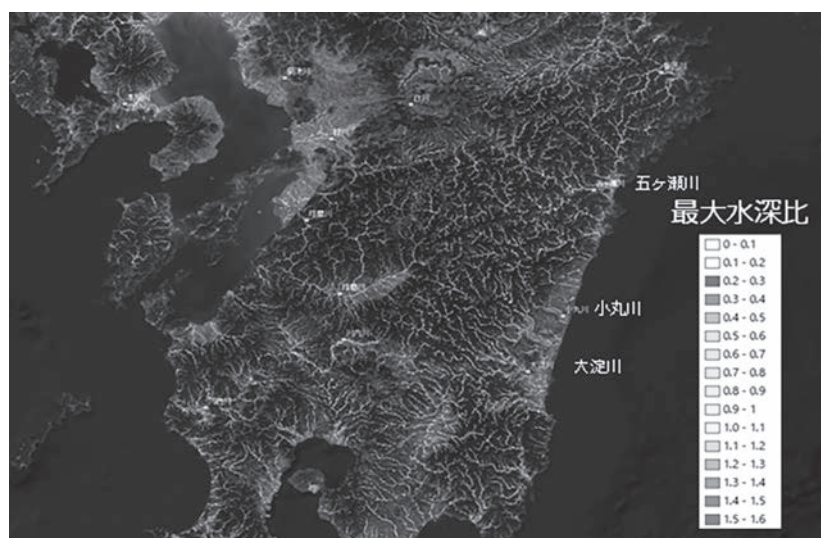


図10 2020年台風10号を対象にした九州地方南部のピーク水深比の予測結果（21メンバーの中の上位5位の平均値の予測）（佐山・山田，2020）

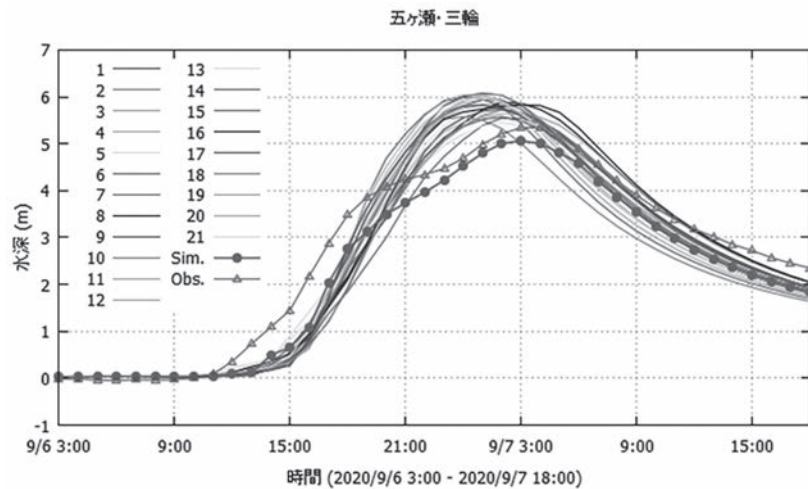


図11 2020年台風10号を対象にした五ヶ瀬川三輪地点における水位変化の予測結果（2020年9月6日3時に実施した39時間先の予測水位）（佐山・山田，2020）

九州地方のすべての河川を一体的に予測し、かつアンサンブル予測によって予測の不確実性を合わせて示すという点で従来にない洪水予測を実現した。

4.2 長期アンサンブル降雨予測にもとづく統合ダム防災支援システムの開発

限られたダム貯水容量を用いてダムの治水・利水機能をより一層強化するためには、ダム流入量を不確実性ととも予測した上で最適な洪水調節を実施することが効果的である。2019年の台風第19号での被害を受けて国土交通省は「事前放流ガイドライン」を定め、利水ダムを含めて洪水調節機能の強化を図っている。角ら（2021）は、事前放流をさらに効果的に実施するためにアンサンブル降雨予測情報をダム放流操作に活用し、数日から1週間程度前からの事前放流を実現して洪水貯留機能の拡大を図るとともに水力発電増大を実現することを目標として、防災操作時の意思決定や操作判断を支援する実務レベルでの

技術開発を進めている。

現状のダム群の事前放流操作と開発を進めている技術を導入した場合の事前放流操作との違いを図12に示す。ダムによっては事前放流のための十分な放流設備が備わっておらず数日の事前放流では十分な治水容量を確保できないダムが存在する。また、ダムに貯水した水を短時間で常用洪水吐から事前放流するのではなく、水力発電を行いながら事前放流を実施すれば再生可能エネルギーを増大させることも可能となる。これらを実現するためには数日から1週間程度前からの長期の降水予測とダム流入量予測が必須となる。予測時間が長くなればダム流入量予測の不確実性も大きくなるため、予測の不確実性を考慮した事前放流方式の開発が技術開発の骨子となる。アンサンブル降雨予測の予測幅のうち下位の予測に着目しながら、事前放流をした場合も確実に貯水位を回復させる事前放流量の設定手法を構築している。現在、全国の複数のダムにアンサンブル降雨予測情報を提供

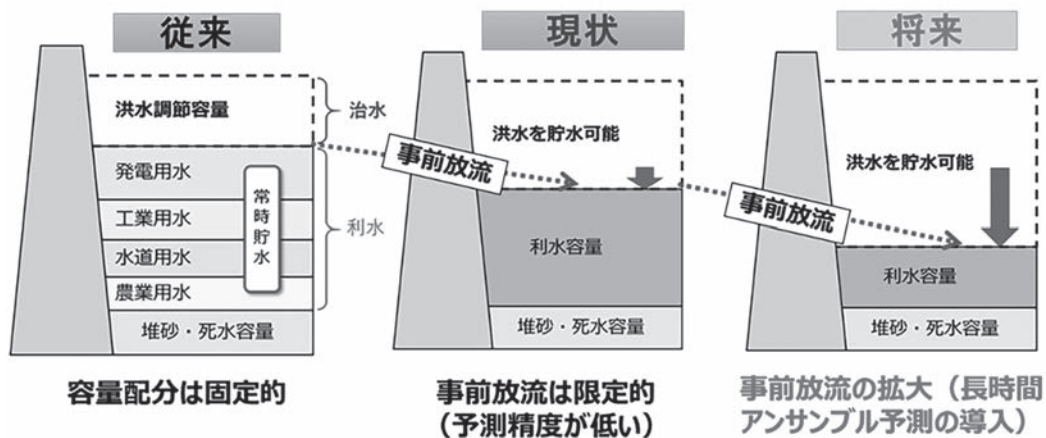


図12 多目的ダムの容量配分と事前放流による洪水調節機能の強化

し、期待できる治水効果と利水リスクをリアルタイムで評価しながら、最適な事前放流量とその実施タイミングを得る手法の開発が進められている。

5. おわりに

気候変動による短時間降水量の増加によって我が国では水災害を引き起こす外力が増大している。一方で大型社会基盤設備の老朽化が進行し、合わせて人口が減少して少子高齢化が進むことによって災害に対する社会の脆弱化が懸念される。こうした自然・社会・経済環境の変化の中で防災・減災機能を確保するためには、気候変動シナリオのもとでの将来を見通した予測をもとにした多層的な社会基盤整備とともにリアルタイム洪水予測情報の高精度化やそれを用いた意思決定支援のための防災情報システムの高度化が必須となる。また、これらの予測情報をフル活用して治水施設の効果を最大限発揮させることが重要となる。

本稿では、日本全国の河川流域を対象としてアンサンブル気候予測データベース

d4PDFから得た降水データを用いて極値降水量及び極値流量の確率分布の将来変化を分析した研究を紹介した。これらの分析により、将来気候シナリオのもとでは短時間の降水強度が増加し河川流量も増大することが明らかとなった。また、現在の気候状態においても、観測データだけでは困難であった最大クラス洪水の物理的な推定が可能となった。

政府は最新の気候変動影響評価の科学的知見を取り入れ、気候変動シナリオ予測情報を加えて治水計画の見直しを図るとともに、流域治水へと治水対策の方針を転換した。流域治水関連法案が2021年5月に公布され同年11月にはすべての規定が施行されるとともに、全国109の一級水系で流域治水プロジェクトが展開されている。これらの施策を効果的に実施するためには、新たに技術開発を進めるべき研究項目が少なくない。被害を減らすためにはリアルタイム洪水予測の高度化も重要である。その一環として、従来にない空間分解能や予測リードタイムを持つハザード予測情報を提供するリアルタイム予測システムの開発状況を紹介した。

謝辞

本稿で示した気候変動による影響評価に関する研究は、文部科学省統合的気候モデル高度化研究プログラム「領域テーマD 統合的ハザード予測（領域代表者 中北英一、京都大学防災研究所）」のもとで実施されたものである。文部科学省による複数の学術研究プログラム（「創生」、「統合」、SI-CAT、DIAS）間連携及び地球シミュレータにより作成されたd4PDFを使用した。

参考文献

- Hirabayashi, Y., Mahendran, R., Koirala, S. et al. (2013) Global flood risk under climate change, *Nature Climatic Change*, 3, 816–821. <https://doi.org/10.1038/nclimate1911>
- Hirabayashi, Y., Tanoue, M., Sasaki, O. et al. (2021) Global exposure to flooding from the new CMIP6 climate model projections, *Scientific Reports*, 11, 3740. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83279-w>
- Kitoh, A., Ose, T., Kurihara, K., Kusunoki, A., Sugi, M. and KAKUSHIN Team-3 Modeling Group (2009) Projection of changes in future weather extremes using super-high-resolution global and regional atmospheric models in the KAKUSHIN Program: Results of preliminary experiments, *Hydrological Research Letters*, 3, pp. 49-53.
- Mizuta, R. et al. (2017) Over 5000 years of ensemble future climate simulations by 60 km global and 20 km regional atmospheric models. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 1383-1398, <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-16-0099.1>
- Sayama, T., Yamada, M., Sugawara, Y., Yamazaki, D. (2020) Ensemble Flash Flood Predictions Using a High-Resolution Nationwide Distributed Rainfall-Runoff Model: Case Study of the Heavy Rain Event of July 2018 and Typhoon Hagibis in 2019, *Progress Earth Planetary Science* 7:75. <https://doi.org/10.1186/s40645-020-00391-7>
- Tanaka T., Kiyohara K., Tachikawa Y. (2020) Comparison of fluvial and pluvial flood risk curves in urban cities derived from a large ensemble climate simulation dataset: a case study in Nagoya, Japan, *Journal of Hydrology*, 584, 124706. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124706>
- Tanaka, T., Kobayashi, K. and Tachikawa, Y. (2021) Simultaneous flood risk analysis and its future change among all the 109 class-A river basins in Japan using a large ensemble climate simulation database d4PDF, *Environmental Research Letters*, 16(7). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abfb2b>
- 気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会 (2021) 気候変動を踏まえた治水計画のあり方 提言, 令和元年10月 令和3年4月改定, https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/chisui_kentoukai/index.html
- 小池俊雄 (2021) 流域治水 その実行の時, 河川, 2-4, 2021年7月.
- 小林敬汰, 田中智大, 篠原瑞生, 立川康人 (2020) d4PDFを用いた日本全国一級水系における極値流量の将来変化分析, 土木学会論文集 B1 (水工学), 76(1), 140-152, 2020. https://doi.org/10.2208/jscejhe.76.1_140
- 佐山敬洋, 山田真史 (2020) 2020年9月台風10号を対象にした長時間アンサンブル広域洪水予測, 京都大学防災研究所HP (災害調査報告), <https://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/news/14391/>
- 社会資本整備審議会 (2020) 気候変動を踏まえた水災害対策のあり方 答申, 令和2年7月. https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouuinkai/kikouhendou_suigai/index.html
- 角 哲也, 加納茂紀, 道広有理 (2021) 長時間アンサンブル降雨予測を用いたダム操作のパラダイムシフト, 河川, 1, 78-85.
- 武田 誠, 大溝諒介, 川池健司, 田中智大, 立川康人 (2021) 将来予測における大規模洪水を対象とした想定浸水の検討, 土木学会論文集, B1 (水工学), 77(2), I_7-I_12.
- 立川康人, 宮脇航平, 田中智大, 萬 和明, 加藤雅也, 市川 温, キムスンミン (2017) 超多数アンサンブル気候予測実験データを用いた極値河川流量の将来変化の分析, 土木学会論文集, B1 (水工学), 73(3), 77-90. <https://doi.org/10.2208/jscejhe.73.77>
- 田中智大, 河合優樹, 立川康人 (2019) d4PDFによる全国一級水系河川流域の年最大流域平均雨量の再現性評価, 土木学会論文集, B1 (水工学), 75(2), I_1135-I_1140. https://doi.org/10.2208/jscejhe.75.2_I_1135
- 田中智大, 小林敬汰, 立川康人 (2020) d4PDFを用いた2019年台風19号による氾濫水系数の再現期間とその将来変化分析, 土木学会論文集, B1 (水工学), 76(1), 159-165. https://doi.org/10.2208/jscejhe.76.1_159
- 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 d4PDF. <https://www.miroc-gcm.jp/d4PDF/index.html>

増大する土砂災害リスクとその対策

関西大学社会安全学部教授

小山 倫史



1. はじめに

近年、地球温暖化に起因するとされる極端気象により、短時間強雨の頻度が増加し、それに伴う土砂災害が多発している。土砂災害の発生件数の増加は、ここ5年間で特に顕著であり、平成29年の九州北部豪雨、平成30年7月豪雨（西日本豪雨）、令和元年の東日本台風、令和2年7月豪雨、令和3年7月伊豆山土砂災害など毎年のように大きな土砂災害が発生している。このように深刻な被害をもたらす土砂災害を防止し、被害を軽減するためには、砂防施設の整備といった「ハード対策」とともに、住民の早期警戒・避難体制の整備といった「ソフト対策」が必要不可欠であり、防災気象情報や避難情報が住民の早期警戒・避難において重要な役割を果たす。しかし、土砂災害に関連する防災・避難情報の伝達のタイミングが遅れたことなど複数の要因が重なり、被害が大きくなったケースや、行政からの発表があったとしても、住民に情報発信側の意図が十分に伝達されず、早期警戒・避難に繋がっていないケースが見られる。例えば、平成30年7月豪雨において、兵庫県に初めて大雨特別警報が発表され、市町は、避難勧告等の避難情報を発令し、住民に避難を呼びかけたが、このとき避難場所に避難した住民は避難対象者の約0.7%であり、また、同じ年の9月に兵庫県に上陸した台風第21号の際は約1.2%であったという報告¹⁾

がある。

土砂災害に関する防災気象情報として多種多様な情報が提供されるようになり、気象庁の「キキクル」²⁾などに代表されるように、インターネットやスマートフォンのアプリなどを通してこれらの情報を容易に取得することができるようになった。また、「自助・共助・公助」というフレーズが再び注目されるようになり、特に、個人の「自助」、地区内の「共助」を中心に地域防災に取り組むことの重要性が強調されるようになってきた。全国には多数の土砂災害危険箇所があり、その情報は自治体のホームページなどで公開されているが、そこがどの程度危険かという情報は表示されていない。そのような事情を反映して、近年、地域に直接資するようなきめ細かい防災情報が求められてきており、自分の家あるいは近所の裏山が、どの程度危険なのか、いつ避難すればいいのかといった情報の提供が期待されている。特に、避難の場合は、行政からの避難情報（公助）を待つだけでなく、危険を感じたら自ら避難する「タイミング」を判断すること（自助）や地区内の危険度の情報を共有し、避難を呼びかけるなど、避難行動を共にすること（共助）が必要になってくる。しかし、「自助・共助」のレベル（最近ではこれらをあわせて「互助」と呼ぶ場合もある）で多種多様な情報の中から、「いつ」、「どこ」から「どのような」

情報を取得して、早期警戒・避難に活用していくのか、さらに早期避難に繋げていくのかということについては、明示されておらず、住民の知識のレベルに合わせてきめ細かい情報が提供されているわけではない。

本稿では、近年の土砂災害発生傾向を俯瞰するとともに、土砂災害に関連する防災情報の現状とその課題について、技術面からと情報伝達の方法の観点から述べ、課題解決に向けたいくつかの新たな取り組みや方策を紹介する。

2. 近年の土砂災害発生傾向

昭和57年から令和2年の土砂災害発生件数の推移³⁾を図1に示す(なお、令和3年は12月20日時点で967件であった)。本図より、土砂災害の発生件数は、年によって多い年、少ない年があるが、上記期間を平均すると毎年およそ1,100件程度であるが、10年ごとの

平均をとっていくと、昭和56年から平成2年(ただし、昭和56年の土砂災害発生件数は520件である)で798件、平成3年から平成12年で960件、平成13年から平成22年で1,058件、平成23年から令和2年で1,495件と土砂災害発生件数は明らかな増加傾向にある。特に、昭和56年から平成27年まで35年間の平均が952件であるのに対し、平成28年から令和2年の直近5年間の平均をとると1,956件(約2倍)となっている(図中の昭和57年から令和2年の平均とは約1.8倍である)。これは、短時間強雨(例えば、時間降水量50mm以上の「非常に激しい雨」や時間降水量100mm以上の「これまで経験したことの無い猛烈な雨」など)の発生頻度の増加傾向と一致している。また、平成30年の土砂災害発生件数は3,459件と際立って多く、そのうち平成30年7月豪雨(西日本豪雨)で発生した土砂災害の件数は2,512件であった(なお、平成30年

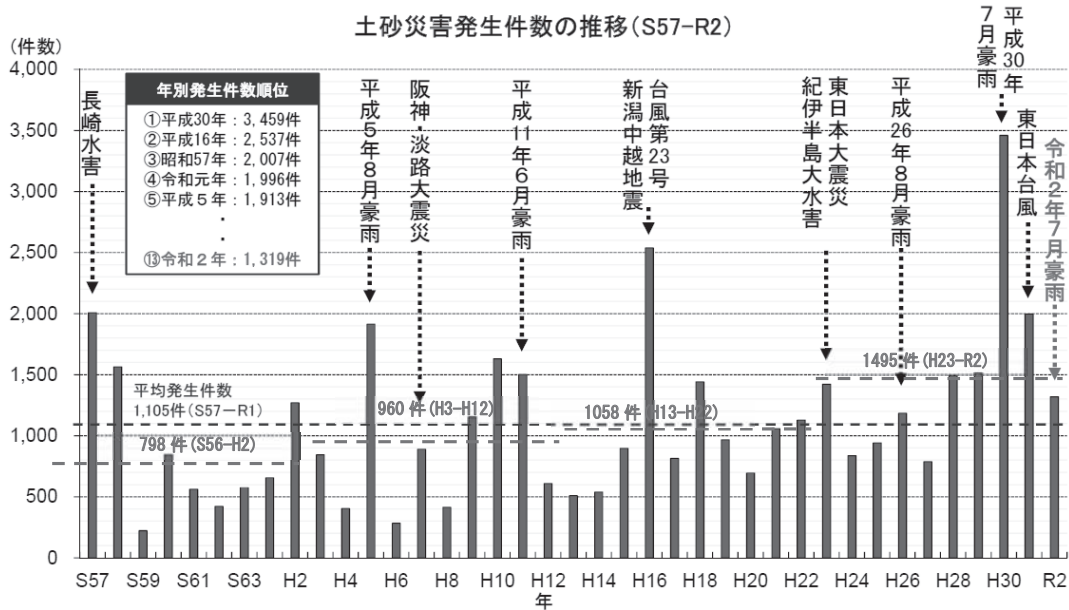


図1 土砂災害発生件数の推移³⁾に加筆

9月6日に発生した北海道胆振東部地震においても227件の土砂災害が発生している)。また、令和元年の土砂災害発生件数も1,996件と多く、直近の5年間で、年別発生件数順位の5位以内に平成30年と令和元年がランクインしている。

次に、図2に直近10年間（平成22年から令和2年）の土砂災害発生件数と人的・家屋被害件数を示す。本図より、土砂災害のうち急傾斜の「がけ崩れ」が発生件数の大部分を占めており、平成30年7月豪雨（西日本豪雨）、平成26年8月豪雨（広島土砂災害）、平成23年の紀伊半島豪雨において、多くの人的被害が発生している。また、家屋被害戸数は、土砂災害の発生件数が極めて多かった平成30年に際立って多くなっている。

3. 土砂災害に関連する防災情報

「土砂災害警戒情報」や「土砂災害ハザードマップ」はそれぞれ豪雨時の土砂災害の「いつ」、「どこ」に関わる防災情報であり、豪雨時に土砂災害発生危険度が非常に高まったとき、住民の早期警戒・避難の判断の参考となる重要な情報である。しかし、行政が発表・公開するこれらの情報は、先述の通り、必ずしも十分に活用されているとは言えず、住民の早期警戒・避難行動に繋がっていないのが現状である。以下では、土砂災害に関する防災情報の現状と課題について述べ、課題解決のための新たな取り組みについて紹介する。

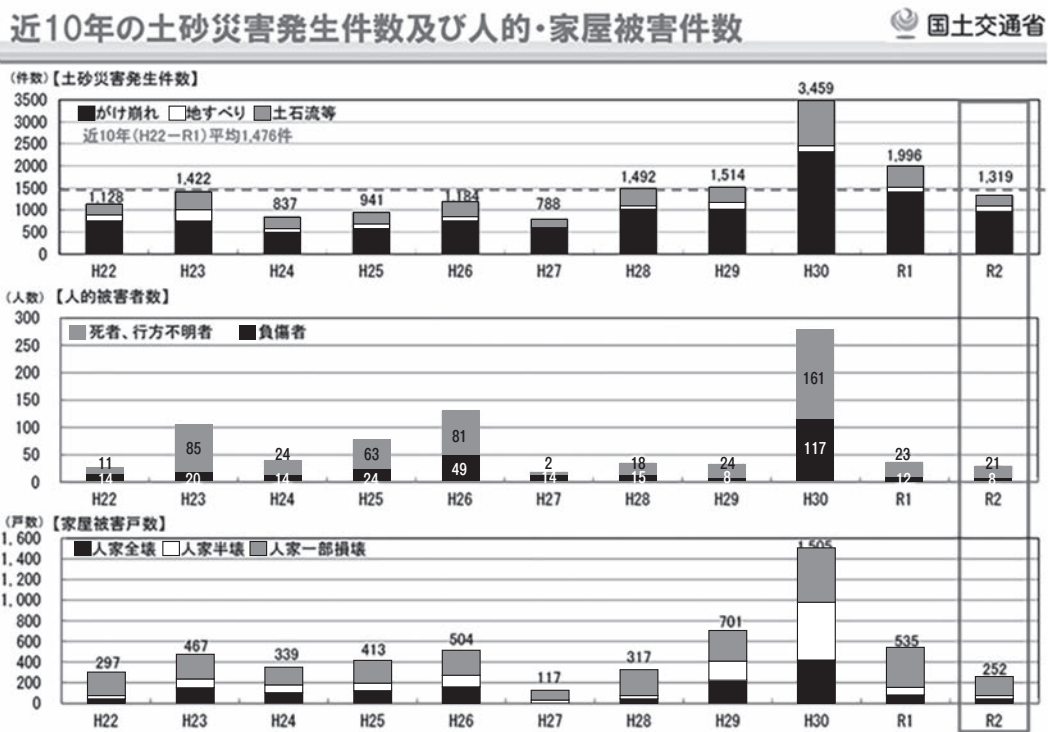


図2 直近10年における土砂災害発生件数及び人的・家屋被害件数³⁾

3.1 土砂災害発生の「どこ」に関する防災情報

土砂災害に備えるためには、まず、自分の身の回りに存在する土砂災害発生の危険個所及びそこで発生する土砂災害の発生形態を知ることが重要であり、自治体から公表されているハザードマップは重要な役割を果たす。ハザードマップは、自治体によって全世帯に冊子体として配布される場合もあるが、近年、インターネット上で公開する自治体が増えており、自治体ごとに様々な見せ方の工夫がなされている。国土交通省が運営する「ハザードマップポータルサイト」⁴⁾では、災害リスク情報などを重ねて表示できる「重ねるハザードマップ」や地域ごとの「わがまちハザードマップ」を閲覧することが可能である。また、近年、大規模地震や豪雨において滑動・崩落などの被害が発生した盛土造成地の実態を踏まえて、安全性を確認すべき盛土を示した「大規模大規模盛土造成地マップ」⁵⁾やため池が決壊したときに備えるための「ため池ハザードマップ」⁶⁾なども公開されるようになってきた。

ハザードマップには、①大雨時の情報（大雨・洪水に関する注意報・警報、河川の水位情報）、②大雨時の避難（避難の心得、水平・垂直避難）、③大雨について（内水・外水氾濫、雨の強さ・降り方と災害の危険性）、④土砂災害（土砂災害の種類と前兆現象、土砂災害警戒情報）、⑤日常の備え（風水害への備え、自助・共助・公助）、⑥避難所の種類と役割などの基本情報とともに、各地区における土砂災害警戒・特別警戒区域の範囲や浸水想定に基づいた浸水深の分布、避難所などの施設の位置情報などが地図上に示されており、避難情報の種類（高齢者等避難、避難指

示、緊急安全確保）と取るべき行動もあわせて明記されていることが多い。

3.1.1 土砂災害ハザードマップの現状と課題

牛山は、1999～2018年に発生した土砂災害について、土砂災害による犠牲者が発生した位置と土砂災害危険個所の関係を調べ、土砂災害犠牲者のほとんど（87%）はハザードマップなどで示された危険箇所付近で発生していることを指摘している⁷⁾。また、国土交通省によれば、平成30年7月豪雨（西日本豪雨）においても、土砂災害による犠牲者のうち約90%は土砂災害警戒区域内等で被災していたとしている⁸⁾。このことは、ハザードマップにおいて想定されていることがほぼ想定通りに発生していることを意味しており、日常から、居住地周りの土砂災害危険個所についてハザードマップを通して認知し、豪雨時に「いつ」「どのような」行動をとるべきかを日常から考えておくことが重要であることを示唆している。しかし、土砂災害警戒区域の指定にあたっては、急傾斜地崩壊を対象としたものであれば、斜面の高さ（5 m以上）と角度（30°以上）の情報のみで警戒区域を設定しており、個々の斜面の地形・地質学的特徴や植生などは一切考慮されていない。そのため、土砂災害警戒区域に指定されていない場所で土砂災害が発生するケースや、想定した形態とは異なる土砂災害が発生する、あるいは、土砂災害の発生範囲が想定されたものと異なるケースなど想定外の土砂災害がある一定の割合で報告されている⁸⁾。近年、無人航空機（UAV）によるレーザー測量やハンドヘルド型レーザースキャナを使用した計測など、広域の3次元の微地形デー

タを高精度かつ高解像度取得する技術が注目されており、今後、土砂災害警戒区域の指定にあたっては、詳細な微地形の3次元データの取得と詳細な地質調査の結果を合わせることで、地形・地質などを考慮したより精度の高い危険斜面の抽出が可能になると考えられる。

一方、ハザードマップの整備状況に関して、平成30年版防災白書によると、「洪水ハザードマップ」を公表している市町村が全市町村の98%であるのに対して、「土砂災害ハザードマップ」を公表している市町村の割合は83%程度であり、公開が遅れている自治体があると指摘されている⁹⁾。また、ハザードマップを公開していたとしても、その認知度は必ずしも高いといえず、住民の早期避難などに十分に活用されているとはいえないのが現状であり、ハザードマップの住民認知・住民理解に関して依然として多くの課題があることが指摘されている¹⁰⁾。ハザードマップの住民認知に関する課題として、「マップを知らない」、「見たことがない」といった「周知」に関するものと「マップの存在は知っているが持っていない」、「配布されたがどこにあるかわからない」といった「保有」の課題に分類される。ハザードマップの住民理解に関する課題として、「マップに記載されている情報が多すぎる」、「記載内容が専門的すぎる」といった「内容のわかりやすさ、見やすさ」に関するものと「避難所が遠すぎる」、「避難所が被災する可能性がある」、「避難経路に多くの危険がある」といった「記載内容と実態の整合性」に関するものがある¹⁰⁾。これらの課題を解決するためには、住民にハザードマップの作成の意図をわかりやすく伝えるための工夫やその配布・周知方法の工夫が必要

不可欠である。また、住民から寄せられるさまざまな意見を集約し、これらをハザードマップに反映させ、身近にある危険事象を地域・地区で共有することが重要である。

3.1.2 住民と共同で作成するハザードマップ

以下に、京丹波町質美地区において住民と共同で作成したハザードマップの事例を紹介する。住民と地区のハザードマップを共同で作成し、住民一人ひとりが知っている情報を出し合い、地区内の危険箇所・避難経路などを含めた地域の実状を再確認した（写真1a、b参照）。その結果、町より配布されたハザードマップには記載のない地区内の危険箇所や避難経路に関わる数々の情報が出された。以下にその代表的なものを示す。①大雨の際、沢から少量の土砂が流出することがある、②大雨の際、斜面对策工の一部の排水パイプから常に浸透した雨水が流出している、③大雨の際、家の前の河川の水位が上昇して危険を感じることもある、④大雨の際、側溝の水が溢れ、道路が冠水することがあり、避難をするには危険である、⑤避難する際、川を横断せねばならず、大雨で増水していると危険である、⑥近所にため池があり、決壊しないか心配である、などである。また、多くの住民が危険であると指摘する住宅裏の急傾斜の崖の存在（当該箇所は「土砂災害警戒区域」としてハザードマップに既に描かれている）も確認できた（写真1c）。なお、現在、洪水のハザードマップにおいては、大河川のみ洪水時の浸水想定がなされており、中小河川については、浸水想定を検討がなされていないケースが多い。しかし、昨今の大雨による洪水被害を鑑みれば、早急に中小河川につ

いても浸水想定を検討及び浸水想定区域図の明示が必要になってくると思われる。

本事例で示したように、住民が主体的にハザードマップの作成に関わり、住民の意見を反映した独自のハザードマップを作成し、土砂災害発生の可能性のある危険箇所や避難に関わる危険事象を共有することで、自分たちの「まち」の再発見・防災に関する地域の課題の発見につながるとともに、地域コミュニティの活性化、災害に強い地域防災力が生まれていくと考えられる。

3.1.3 ハザードマップからリスクマップへ

ハザードマップには、土砂災害などの自然

災害に曝される可能性のあるエリアやその程度（「曝露」あるいは「曝露量」と呼ぶ）が示されており、これらを正確に認知し、日常から確認しておくことは重要であるが、自然災害に対する曝露の程度が大きくても、十分なハード・ソフト対策を講じることで、そのリスクを低減させることができるということもあわせて熟知しておくべきである。例えば、土砂災害においても、砂防堰堤の整備や斜面の補強・対策工の設置といった「ハード対策」が効果を発揮することで災害に至らなかったケースや災害を大幅に軽減したケースが報告されている。

今後は、「ハザード」の評価のみならず、



a)

b)



c)

写真1 a) ハザードマップ作成のための議論・情報共有の様子, b) 住民と共同で作成したハザードマップ, c) 多くの住民が指摘した地区内の危険箇所（住宅裏の崖）

ハード・ソフト対策の程度やその効果などの評価（「脆弱性」と呼ぶ）を合わせて行い、「ハザード」と「脆弱性」を掛け掛け合わせた「リスク」として評価し、地図化していく必要もある。このような「リスクマップ」の事例として、最近、自然災害に対する安全性指標GNS（Gross National Safety for natural disasters）^{11) - 13)}が提唱され、日本全国の市区町村における6つの自然災害（地震、洪水、津波、高潮、土砂災害、火山噴火）に対するリスクが地図化され公表されている。

3.2 土砂災害の「いつ」に関わる防災情報

土砂災害に対する防災気象情報としては、気象警報・注意報（注意報、大雨警報、大雨特別警報）、記録的短時間大雨情報、土砂災害警戒情報などがある。また、近年、気象レーダーによる観測精度の著しい向上により、高解像度の雨雲の動き（「高解像度降水ナウキャスト」）や解析雨量に基づく降水短時間予報、線状降水帯に関する「顕著な大雨に関する情報」（2021年6月17日13時より提供開始）なども提供されるようになり、多種多様な情報を取得できるようになった。一方、災害の発生危険度は、近年「警戒レベル」という形で5段階の数値で表現されるようになり、この「警戒レベル」に応じて住民がとるべき行動が明示されている^{14) 15)}（なお、2021年5月20日より、自治体が発表する避難情報が大きく変更され、①警戒レベル4の「避難勧告」と「避難指示」が「避難指示」に一本化され、②警戒レベル5の「災害発生情報」を「緊急安全確保」とし、③警戒レベル3の「避難準備の情報」から「高齢者等避難」となった）。これらの防災気象情報の中でも、特に、大雨により土砂災害発生の危険

度が非常に高まったときに発表される土砂災害警戒情報は、市町村長が避難指示等の災害応急対応を適時適切に行えるよう、また、住民が自主避難の判断の参考となるよう、対象となる市町村を特定して都道府県と気象庁が共同で発表する防災情報である。土砂災害警戒情報は「警戒レベル4」と位置づけられ、地元の自治体が避難指示を発令する目安となる情報であり、住民には速やかな避難が求められるレベルである。一般的に、土砂災害警戒情報が発表されれば、自治体は避難指示の発令を検討し、住民に周知することとなる。

土砂災害警戒情報は、横軸と縦軸に土壤雨量指数及び60分積算雨量をプロットしたスネーク曲線が、1 km × 1 kmの領域（メッシュ）ごとにあらかじめ設定された土砂災害発生基準線（Critical line、以後CLと記述する）を2時間先に超過すると予測された場合に発表される。なお、2時間先としているのは、避難にかかる時間を考慮してのことである。図3に土砂災害警戒情報発表の仕組みを示す。その際、1 km四方のメッシュごとに土砂災害発生危険度が、「極めて危険」、「非常に危険」、「警戒」、「注意」、「今後の情報等に留意」として区分される（「非常に危険」で土砂災害警戒情報は発表される）。区分された地図は、「土砂災害警戒判定メッシュ」として、近年、報道において「土砂災害の発生危険度」や「斜面の中の水分の状態」を表す地図として示されることが多くなった。また、2021年3月に運用が開始された気象庁の「キキクル」²⁾では、リアルタイムで土砂災害警戒判定メッシュを公開することで、地域の土砂災害発生危険度をリアルタイムで確認することが可能となった（なお、キキクルでは、土砂災害のみならず、浸水外、洪水の

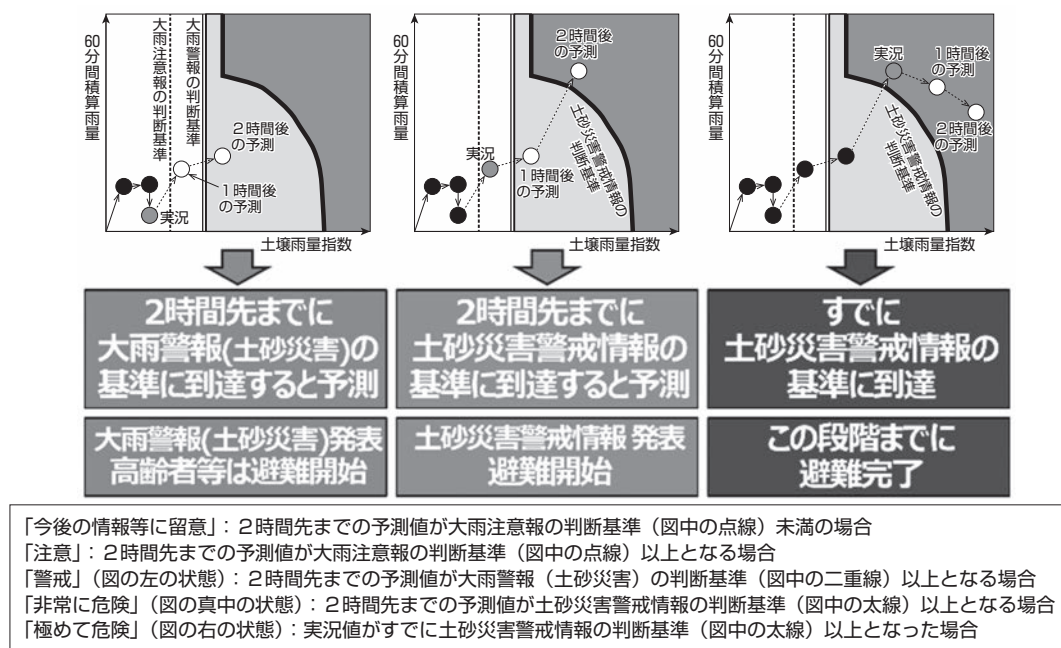


図3 土砂災害発生基準線とスネーク曲線の関係による土砂災害発生危険度の評価（土砂災害警戒情報発表の仕組み）¹⁴⁾に加筆

危険度についてもリアルタイムに確認ができる。また、「キキクル」と同様に土砂災害などの危険度分布を公開している都道府県や市区町村があるが、最近、土砂災害警戒情報の発表や自治体からの避難指示といった最終判断の結果のみならず、これらの判断に至る経緯・プロセスや科学的根拠を明示する事例も見られるようになった。例えば、京都府土砂災害警戒情報¹⁶⁾では、土砂災害警戒判定メッシュのみならず、メッシュごとのスネーク曲線及び3時間先までの予測値まで閲覧が可能である。また、過去の気象観測の記録や防災情報の発表の履歴などのデータにも容易にさかのぼることができ、さまざまな検証に役立つデータを提供している。

3.2.1 土砂災害警戒情報の現状と課題

国土交通省国土技術政策総合研究所は、土砂災害警戒情報と土砂災害発生との関係を調

査し、やや古いデータ（平成17～22年）ではあるが、土砂災害警戒情報の捕捉率・見逃し率及び災害発生率・空振り率を示している（図4参照）¹⁷⁾。ここで、「見逃し」とは土砂災害警戒情報が発表されていないにもかかわらず土砂災害が発生したケース、「空振り」とは、土砂災害警戒情報を発表したにもかかわらず、土砂災害が発生していないケースである。この調査結果によれば、平成22年で、「見逃し率」は40%程度、「空振り率」は80%程度であり、土砂災害警戒情報はほとんどが「空振り」であり、「見逃し」の割合も比較的高いことを示している。その後、土砂災害警戒情報の空振りを減らすための技術的取り組み（例えば、レーダーによる解析雨量の予測精度の向上など）もされているようであるが、この状況が近年で劇的に改善されているという報告はほとんど見られない。

土砂災害警戒情報の発表の判断は、先述の

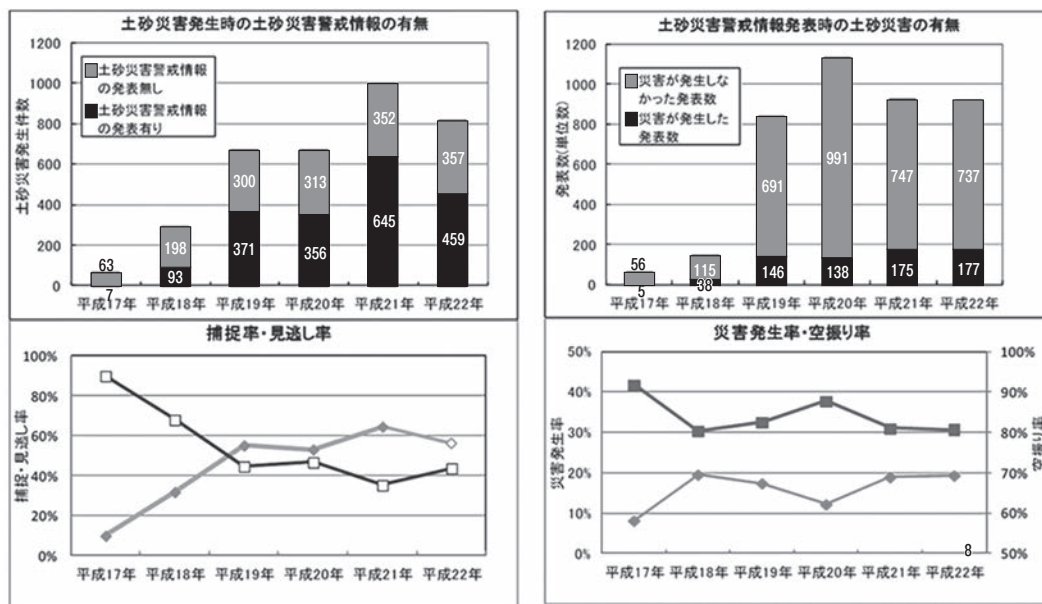


図4 土砂災害警戒情報の捕捉率・見逃し率及び災害発生率・空振り率¹⁷⁾

通り、土壌雨量指数と60分間積算雨量をプロットしたスネーク曲線を用いてなされる。土壌雨量指数は、斜面中の水分量などと表現されることがあるが、実際、斜面内の雨水浸透の状況や水分量を計測しているわけではなく、斜面への雨水浸透や斜面からの流出の挙動をそれぞれ模擬するために底部と側方に孔を開けたタンクを1列3段に配置した「タンクモデル」と呼ばれるモデルを用いて降雨データ（解析雨量）を入力して算出する。このここで、3つのタンクに貯留した水位の合計値が「土壌雨量指数」である。この際、タンクモデルのパラメータ（浸透係数、流出係数、流出孔の高さ）は全国一律同じ値を用いており、土砂災害警戒情報発表の基準であるCLを地域（1 km四方のメッシュ）ごとに設定することで、土砂災害発生の地域特性を考慮する形となっている。しかし、斜面へ雨水浸透、斜面からの流出の挙動は、斜面の地形・地質や植生の状態などによって異なるた

め、タンクモデルのパラメータは斜面の地質・地形学的特性にあわせて設定されるべきである。しかし、膨大な数が存在する斜面について、個別にタンクモデルのパラメータを設定することは、困難であることから、ある程度広い領域を対象として、地域ごとの地形・地質特性に合わせて設定することが望ましい。

また、土砂災害警戒情報発表の基準であるCLは、過去の斜面の被災履歴（土砂災害発生時の土壌雨量指数と60分間積算雨量）をもとに、RBFネットワークと呼ばれる手法¹⁸⁾を用いて1 km四方のメッシュごとに作成されるが、被災履歴のないエリアについては、過去に受けた最大の降雨を包括するように設定される。令和元年6月より、土砂災害警戒判定メッシュの格子サイズは1 km四方に高解像度化されたが、それまでは5 km四方で運用していた経緯もあり、5 km四方ごとに設定されたCLをそのまま現在の1 km四方のメッシュ

に割り当てているケースも散見される。CLの設定にあたっては、災害履歴の収集が極めて重要であり、現状、どの程度の頻度でCLが更新されているかは自治体によるが、災害が発生するごとにCLを見直し、必要に応じて更新しておく必要がある。

先述の通り、スネーク曲線がCLを2時間先に超過すると予測された場合に土砂災害警戒情報が発表されるわけであるが、いつ・どのタイミングでスネーク曲線がCLを超過するかを予測するためには、土壌雨量指数及び60分間積算雨量の算出において、レーダーによる解析雨量及びその1時間先、2時間先の予測値が必要となり、予報の精度は解析雨量の予測精度に大きく依存する。近年、レーダーの高精度化に伴い、雨雲の動きを高解像度でリアルタイムに追跡することが可能となり、解析雨量による予測精度も向上しているが、ゲリラ豪雨（気象用語では、「局所的

大雨」と呼ぶ）のように数km程度の非常に狭いエリアに局所的に高降雨強度の雨が降る場合、時間・空間的にピンポイントに予測することは未だ困難であるのが現状である。

以下に、令和3年7月29日の大雨の事例を紹介する。令和3年7月29日明け方から発生した福井県嶺北地域における大雨により、著者が地域防災の研究フィードとしている福井市高須町において町内の市道や農道沿いの斜面、棚田に大きな被害が発生した。このときの気象概況、防災気象情報の発表状況、高須町集落における被害の様子や住民の避難行動に対する意識に関する調査結果は、近藤・小山によって報告されている¹⁹⁾。高須町では、独自に雨量計を設置しており、2015年7月から局雨量観測を実施している。図5に令和3年7月29日の大雨のときの雨量観測データ（実測値）をもとに描いたスネーク曲線を示す。本図より、降雨が開始した29日4時20分

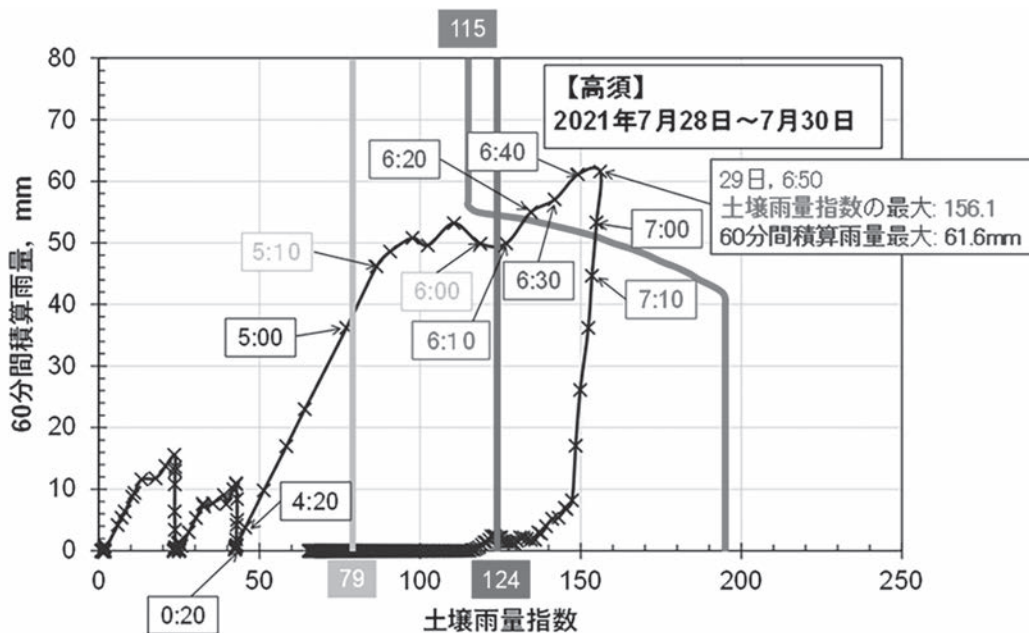


図5 福井市高須町における局所雨量観測結果を用いたスネーク曲線（令和3年7月29日の大雨時）

以降、雨脚はどんどん強くなり、特に、5時半から7時にかけては60分間積算雨量が50mmを超える「非常に激しい雨」が継続して降っている。これに伴って、スネーク曲線は、数時間程度の短い時間で急激に立ち上がり、CLを6時20分に超過し、土砂災害が既に発生していてもおかしくない「極めて危険」な状態となった。その状態は、7時まで継続しており、6時50分に、60分間積算雨量は61.6mm、土壌雨量指数は156.1となりともに最大値を示した。その後、7時以降、降雨は小康状態となり、7時10分にスネーク曲線はCL内に回復し、「極めて危険」な状態を脱している。一方、県の防災気象情報²⁰⁾は、4時22分に大雨注意報、5時24分に大雨警報、6時10分に記録的短時間大雨情報が発表され、高須町に土砂災害警戒情報（レベル4）が発表されたのは、5時25分であり、高須集落が該当する「本郷地区」に避難指示が出たのは、このタイミング5時30分であった。しかし、土砂災害警戒情報が発表された時点では、60分間積算雨量が50mmを超える「非常に激しい」雨が降り続いており、とても避難できるという状況ではなかったことがわかる。また、土砂災害警戒情報は、解析雨量が2時間後にCLを超過すると予測されるときに発表されるが、実際は、6時20分には既にCLを超過しており、解析雨量による予測は実測の雨量と大きく乖離している。今回のような局地的大雨に対しては、ピンポイントに適切なタイミングで土砂災害警戒情報及び避難指示を発表し、住民の早期避難行動に移すことは極めて困難であることを示している。また、気象庁が設置した雨量計（福井、三国、越廼）のデータを用いて同様にスネーク曲線を描いたが、高須町で観測したCLを超過する

ような降雨は観測されていなかった。このことは、今回の降雨が、非常に狭い範囲で局所的に短時間に大量に降ったことを示しており、現地で局所的に雨量を計測することの重要性を示唆している。

今後、このような局地的大雨は日本全国至る所で発生する可能性があり、行政として、防災気象情報や避難情報をどのように住民と共有し、どのタイミングでどのようなメッセージを伝えるのか、また、住民側として、行政からの情報が必ずしも十分でない状況下で、いかに身の回りの状況を判断し、地区・地域内で情報を共有して、状況に応じた適切な行動をとるのかということを日常からよく検証しておくことが重要である。

3.2.2 斜面計測データを用いた逆解析・データ同化手法を用いたタンクモデルのパラメータの同定

実際の斜面の雨水浸透・流出挙動は、斜面がこれまでに受けてきた外力の影響や複雑な地質構造、地盤の不均質性、植生の影響などを考慮すると非常に複雑であり、タンクモデルのような簡易なモデルで完全に表現できるものではない。一方、こういった斜面の複雑な雨水浸透・流出及びそれに伴う斜面の安定性を詳細に評価するためには、飽和-不飽和浸透流解析や土-水連成解析といった数値解析・シミュレーションツールを用いる必要がある。しかし、解析モデルの作成や境界条件の設定にあたって、詳細な地質調査や地盤物性を取得するための室内試験が必要となり、3次元で広域の斜面を対象とした精緻な3次元の解析モデルを作成するためには、多大な時間と労力を要する。たとえ、そのような解析モデルが作成できたとしても、計算負荷が

著しく大きくなることで容易に解くことができず、斜面内の複雑な挙動を忠実に再現することは必ずしも容易ではないことから、あまり実用的ではない。

そこで、近年、実斜面における現場計測・モニタリングの結果を用いて、カルマンフィルタなどのデータ同化手法により逆解析的に解析モデルのパラメータを同定する方法が提案されている。例えば、大津らは、斜面の上部から下部にかけて3列の3段タンクを配置することで斜面をモデル化し、現場で計測した土中水分量、地下水位、間隙水圧などのデータを用いてタンクモデルのパラメータを逐次同定し、降雨時の雨水浸透・流出挙動を再現することで、降雨中の斜面の安定度を経時的に評価している²¹⁾。

このように、実際の斜面において、日常から計測・モニタリングを行い、データを取得し、データ同化手法により逆解析的にパラメータを同定することで、地域の地形・地質など個々の斜面の雨水浸透・流出挙動を考慮したタンクモデルの作成が可能となる。

3.2.3 局所気象観測及び観測データの共有・「避難スイッチ」としての活用

近年、各都道府県・市区町村において、気象庁の「キキクル」と同様に、土砂災害の発生危険度を評価してリアルタイムで公開されるようになってきた。しかし、土砂災害の発生危険度をその評価・判断方法も含めて住民の知識レベルに合わせたわかりやすい形で住民に明示できているとは言い難い。そこで、以下では、現地の局所雨量観測結果に基づく客観的なデータを用いて、住民自らが早期避難の判断基準である「避難スイッチ」²²⁾を設定する方法について検討する。

まず、「避難スイッチ」の設定方法として、累加雨量（あるいは連続雨量）を用いる方法が考えられる。すなわち、累加雨量（あるいは連続雨量）がある値（閾値）に到達すれば避難を開始することを決めておくという方法である。この場合、過去の被災事例や身の周りで発生した危険事象がどのくらいの累加雨量（あるいは連続雨量）で発生したのかを記録し、身近に起こる危険事象と降雨量を関連付け、データとして蓄積しておく必要がある。例えば、家の前の川の水位がある高さまでに到達すれば避難を開始するという独自のルールを設定しておられる住民がいるとすると、累加雨量（あるいは連続雨量）と河川水位の関係が分かれば、雨量計測結果のみで、早期避難の判断を行うことができることになる。

次に、土壌雨量指数に閾値を設け、「避難スイッチ」として設定する方法について述べる。累加雨量（あるいは連続雨量）は、降雨が終了すれば、頭打ちとなり、ある一定時間経過の後リセットされることから、先行降雨の影響や降雨終了後の斜面内の雨水浸透状況を表現できず、降雨時の斜面の危険度を的確に表現することができない。一方、土壌雨量指数は、降雨が終了しても、斜面から排出される水についても評価ができることから、降雨終了後の斜面内の雨水浸透状況をよりの確に表現することができる（降雨が終了すると、斜面内から排水され土壌雨量指数は低下していく）。従って、土壌雨量指数そのものは相対的な土砂災害危険度を示した指標であるが、土壌雨量指数を大雨警報等の判断基準と比較することで土砂災害発生の危険度（重大な土砂災害が発生するおそれがあるかどうかなど）を判断することができる。また、こ

これらの判断基準は、過去の土砂災害発生時の土壌雨量指数を調査した上で設定されており、地盤の崩れやすさの違いなども判断基準には一定程度反映させることができる。ただし、斜面内への雨水浸透メカニズムやタンクモデルに関する基礎知識に関する住民の理解が必要不可欠であり、理解促進に向けたわかりやすい説明が求められる。

最後に、土砂災害警戒情報が発表される仕組みと同様の方法で、現地での実測雨量を用いて土砂災害発生危険度を評価する方法を示す。この方法では、スネーク曲線とCLの位置関係から、現状の土砂災害発生危険度が明示的に示されることになり、この情報を住民に時々刻々提供することで、住民が現状の土砂災害発生危険度を把握し、早期避難行動に結びつけることができると考える。現在、スネーク曲線の位置を確認するとともに、1時間後、2時間後にCLを超過するか否かの判断ができれば、「避難スイッチ」を設定することができると思う。ただし、実測雨量を用いてスネーク曲線を描く限り、1時間後、2時間後の予測はできないため、予測にはレーダーによる解析雨量を用いざるを得ないが、解析雨量の値を事前に取得することは、住民にとっては極めて困難である。一方、数時間先までの雨雲の様子や降雨予測結果は、気象庁の「キキル」や「高解像度降水ナウキャスト」などで、閲覧することができ、1時間後、2時間後に高降雨強度の雨雲が接近してくるのかどうかを確認することで、CLを超過するか否かを判断することになる。

4. 現場斜面計測・モニタリング

豪雨時における斜面内の雨水浸透や流出挙動や斜面の変位・変状を定量的に把握するた

めには、実際の斜面において計測・モニタリングを行うことが必要不可欠である。実際、道路や鉄道沿いの斜面において、定期点検などで変状が確認された（あるいは安定度調査などで健全度が低く経過観察が必要とされた）場合、斜面を各種センサーにより計測・モニタリングを実施し、データを収集・分析を行うことで、変状（変位や傾斜の変化）の進行の程度を把握し、斜面の安定度評価を行うことがある。しかし、崩壊に至るまでの詳細な計測・モニタリングの結果を得られることは実際の斜面ではほとんどない。これは、実斜面では大きな変状が現れた時点で（崩壊に至るまでに）何らかの補強など対策が立てられるためである。一方、室内実験のレベルでは、人造の斜面を人工降雨により崩壊させ、各種センサーにより斜面が崩壊する際の挙動を計測するということがなされている。例えば、防災科学技術研究所が所有する大型降雨実験施設では、大型の斜面モデルを降雨により崩壊させる実験が数多く実施されており、斜面崩壊時に地盤中あるいは地表面に設置した各種センサーにより取得したデータの整理・分析により、これまで数多くの知見が得られている^{23), 24)}。

4.1 斜面計測・モニタリングの現状と課題

斜面計測・モニタリングにおいては、地表に現れる変状を計測するものと地盤内にセンサーを埋設して傾斜や土中の水の動きを計測するものに大別され、これまで、さまざまな計測・モニタリング方法が提案されている。しかし、斜面のどの位置で何を測ればよいかということは、明確な基準はなく、地質調査などの結果をもとに斜面の状態に応じて決定され、場合によっては、さまざまなセンサー

を組み合わせると斜面の力学的・水理学的挙動を定量的に計測することになる。また、情報通信技術の発達により、計測・モニタリングにより取得したデータをリアルタイムで送信し、遠隔で管理する方法が一般的になった。しかし、一般的に斜面計測・モニタリングには、センサーなどの機器設置や維持管理、データの収集や管理などランニングコスト（人的・物的及び時間コスト）がかかるため、膨大な数が存在する危険斜面のすべてに対して、計測・モニタリングを実施することは不可能である。従って、既に変状が見られる斜面や重要構造物の背後の斜面など、斜面の点検結果などを用いて対策の優先順位付けを行い、計測・モニタリングなど監視の対象とする斜面を抽出する必要があり、変状が見られない危険斜面に対しては、日常から計測・モニタリングを実施することはほとんど見られない。今後、日常の計測データ（例えば、降雨量と斜面に設置した各種センサーの応答の関係など）を大量に収集し、ビッグデータとして学習させることで、日常とは異なる異常値を検知するなど、AI（人工知能）やIoT技術を活用した新たな斜面監視・モニタリングシステムの開発が期待される。

4.2 住民参加型斜面計測・モニタリングシステムの構築と実践

中山間部の集落は、土砂災害の警戒区域に指定されている場所が多く、土石流や地すべりなどの土砂災害のリスクも高い。また、住民の少子高齢化が進み、平素から脆弱性が高まっている集落も多い。こうした集落の地域防災力を向上させるためには、各地区内の「共助」、各個人の「自助」を中心に地域防災を「日常化」する必要がある²⁵⁾。そのため

には、住民が身の回りの斜面災害リスクを正しく認知し、行政からの情報などの「公助」に過度に依存することなく、どのように斜面災害リスクと向き合うかについて専門家を交えて議論し、住民が自らで検討する必要がある。以下に、「斜面計測・モニタリング」に関する新たな取り組みとして、福井市の中心部から北西に約20km離れた高須山（標高438m）の中腹に位置する農村集落である福井市高須町において実践されている「住民参加型斜面計測・モニタリング」^{26), 27)} について紹介する。

福井市高須町では、町内に点在する危険斜面（多くは土砂災害警戒あるいは特別警戒区域に指定されている）に対して、視覚的に優れた低コストで簡易なOSV（On-Site Visualization）観測機器^{28), 29)}を設置し、専門的な知識を持たない住民が計測・監視し、日常とは異なる異変にいち早く気付く仕組みを構築し運用している。この「住民参加型計測・モニタリングシステム」の構築にあたり、①住民が斜面の危険度を容易に認識するための「可視化」、②住民が日常的に計測・モニタリングに取り組む「日常化」、③一人でも多くの住民が主体的に計測・モニタリングに関わる「主体的関与」を3つの重要な視点として念頭に置き、後述するようさまざまな方策がとられている。

高須町で採用したOSV観測機器は、①筒状の装置を斜面に設置し、傾斜の変化に応じて先端の光の色が変化する傾斜計（ポケットに入るサイズの発光型傾斜計、Light Emitting Inclination Sensor／POCKET、以下「POCKET」と表記する）、②斜面に鏡を設置し、定点から鏡を覗き、見える景色に変化があるとその斜面に異変が起きていること

を確認できる「SOP (Single Observation Point)」、③斜面崩れの恐れがある斜面に棒を一直線に立て、定点から見ると棒が一直線上に1本に見えるが、斜面に変化が生じると棒が数本に見える「見通し棒」の三種類である(写真2参照)。なお、高須町内に設置し

たOSV計測機器の設置場所について写真3に示す(写真中の①、②、④にPOCKET、③、⑤にSOP、⑥に見通し棒をそれぞれ設置した)。OSV機器の設置場所は、ハザードマップ上で土砂災害警戒特別区域(急傾斜地崩壊)に指定されている箇所、過去に斜面崩

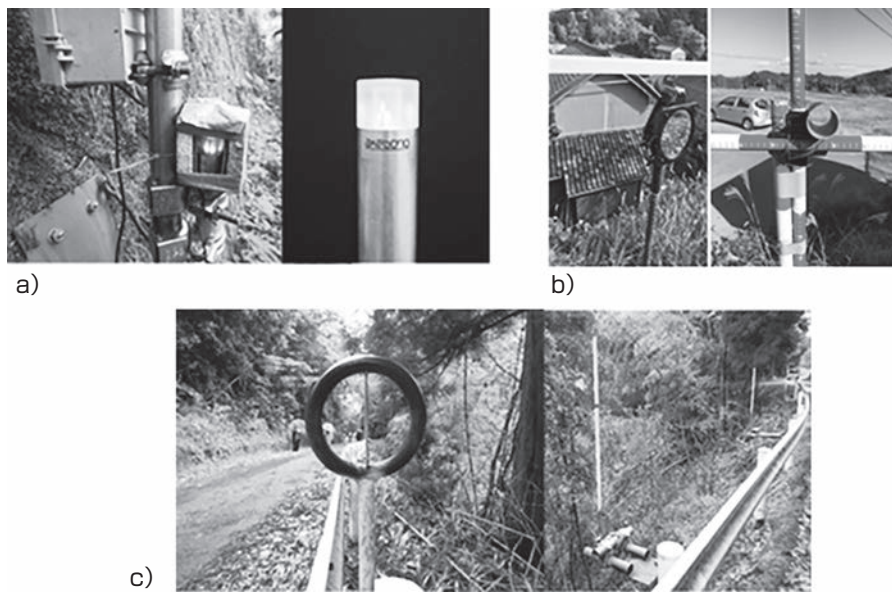
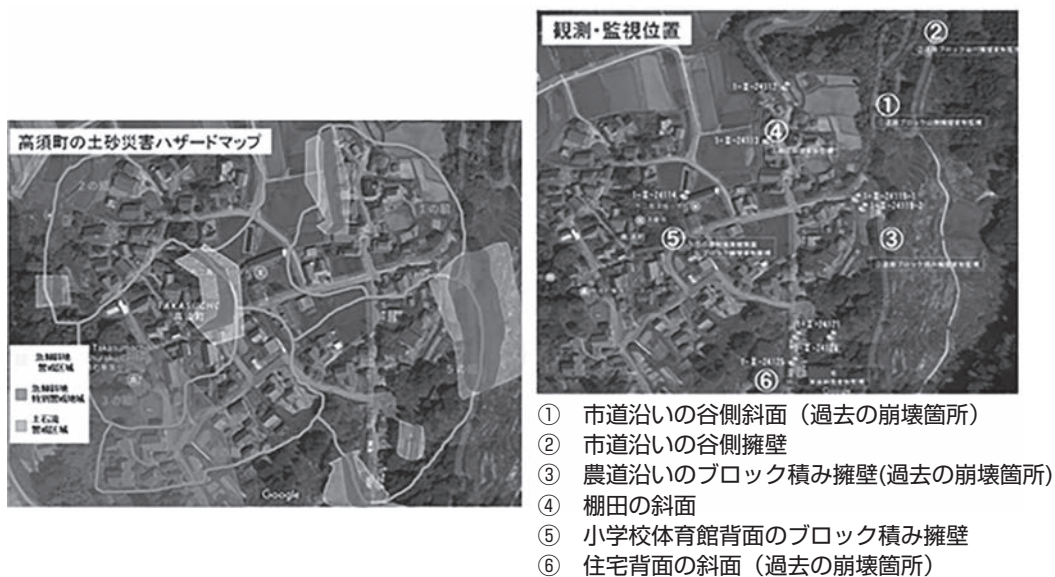


写真2 住民参加型斜面計測・モニタリングに使用するOSV観測機器, a) POCKET, b) SOP, c) 見通し棒



- ① 市道沿いの谷側斜面(過去の崩壊箇所)
- ② 市道沿いの谷側擁壁
- ③ 農道沿いのブロック積み擁壁(過去の崩壊箇所)
- ④ 棚田の斜面
- ⑤ 小学校体育館背面のブロック積み擁壁
- ⑥ 住宅背面の斜面(過去の崩壊箇所)

写真3 福井市高須町におけるOSV観測機器の設置場所

壊が発生した箇所、市道沿いの急傾斜の崖において、舗装にクラックが発生するなど変状が確認された箇所などである。

OSV観測機器の導入により、町内の斜面崩壊の危険度をわかりやすい形で可視化するとともに、住民が日常的にかつ主体的に観測に関与できる仕組みとして、「高須あんしん感測隊」(図6a参照)を組織し、ICカードリーダーの導入による観測記録の簡素化を図った(図6b参照)。また、「手作り新聞・たかすいかす」(図6c参照)を発行し、斜面防災に関する活動の様子について取り上げることで、住民の斜面計測・モニタリングに対

する認知度の向上に繋げている。

2019年4月より住民参加型斜面計測・モニタリングシステムを本格的に運用してきたが、これまで、住民が協力をして斜面計測・モニタリングを日常的にかつ定期的を実施している様子がうかがえる。しかし、棚田付近のSOPでは、観測方法や異常・変状の有無の判断が住民にとって難しいといった問題が提起され、観測そのものが停止してしまっている。また、小学校裏のPOCKETでは、観測機器が獣害や電気系統の故障などに度々見舞われ、住民の目に触れる機会是最も多いが、観測記録が残されていないといった課題があ



図6 住民参加型斜面計測・モニタリングにおける様々な工夫, a) 高須あんしん感測隊, b) ICカードリーダーを用いた観測記録の保存, c) 防災互版「たかすいかす」

る。POCKETのように電気を使用する計測機器は、落雷、断線や電力供給部分の不具合などが発生するため、定期的にメンテナンスを行う必要がある。将来的には、メンテナンスにかかる費用や労力の観点から、メンテナンスフリーの計測機器とすることが望ましく、SOPや見通し棒は電力を一切使用しないという点で有利である。SOPによる長距離計測については、鏡の大きさを大きくするなどして見やすくするとともに、容易に変状の有無が判断できるような工夫が必要である。

一方、「感測隊」を組織したことによって、隊員の団結力が向上する副次的な効果を認めることができたが、集落全体でみると、観測を“人任せ/隊員任せ”にする逆機能が起きていることも見出せた。また、異変が起らない状況が続くため、近い将来には飽きてしまうことが懸念される。これらの打開策として、住民の観測活動を後押しする企画や観測体制を補強する施策が求められる。全住民が感測隊員となってOSVによる日常的な観測が“特別なことではなくなる”ほどに定着することが理想であるが、そのためには、今後、OSV機器のユーザビリティを増す際に、もっと住民の声を聴きフィードバックするなど、協働性を高めていくことが必要かつ重要である。

5. おわりに

これまで、土砂災害に関する防災情報は、降雨量を指標とした情報が主であった。これは、崩壊が局所的でありメカニズムもよくわかっていない現象であることと、地盤の中を計測・モニタリングする低コストで簡易な手法が確立されていないという大きな課題があったため、局所的な情報を出すことは困難

であったためであると考えられる。最近になって、そのような課題克服のため、IoT技術により市民が必要な場所の危険度を知る手段が身近になりつつある。本稿では、住民自らが斜面計測・モニタリングに関わり自分の家の裏山や地域の危険箇所を日常から監視するための仕組みを紹介したが、このような斜面計測・モニタリングの普及と市民が自分で情報を集めるという環境が成り立つようになれば、大量のデータが集まることになり、それらをビッグデータとしてリアルタイムで分析しながら危険度を即時に判定するような仕組みの構築も将来的には可能になると考えられる。そのためには時系列データに対し統計的な手法を用いた分析または人口知能（AI）を用いた機械学習などの分析手法の確立が必要である。

また、気象観測や斜面計測・モニタリングにより取得される客観的な科学データと身の回りで発生する危険事象と関連付け、これらの情報を収集・蓄積していき、地区・地域内で共有する仕組みを構築することが、「避難スイッチ」や「マイ・タイムライン」の設定に必要なかつ重要であり、土砂災害に対する住民の早期警戒・避難に繋がるものと考えられる。

最後に、本稿で取り扱ったような大きな課題に取り組むには、防災・減災の技術開発のために産官学がオープンイノベーションのもとに協力し、異分野の融合を積極的に取り入れた「みんなが集う」枠組みが重要である。今後、このような枠組みを構築しながら土砂災害の防災・減災技術の確立を目指していくことが必要である。

参考文献

- 1) 兵庫県災害時における住民避難行動に関する検討会。災害時における住民避難行動に関する検討報告書，令和2年3月，<https://web.pref.hyogo.lg.jp/kk42/documents/report.pdf> (2022年1月31日確認)
- 2) 気象庁。「キキクル（危険度分布）」，<https://www.jma.go.jp/bosai/risk/> (2022年1月31日確認)
- 3) 国土交通省砂防部：令和二年の土砂災害，<https://www.mlit.go.jp/river/sabo/jirei/r2dosha/r2doshasaigai.pdf> (2022年1月31日確認)
- 4) 国土交通省：ハザードマップポータルサイト～身のまわりの災害リスクを調べる～，<https://disaportal.gsi.go.jp/> (2022年1月31日確認)
- 5) 国土交通省都市局都市安全課：大規模盛土造成地マップの公表状況等について，https://www.mlit.go.jp/toshi/web/toshi_tobou_tk_000025.html (2022年1月31日確認)
- 6) 農林水産省農村振興局整備部防災課：ため池ハザードマップポータルサイト，https://www.maff.go.jp/j/nousin/bousai/bousai_saigai/b_tameike/portal.html (2022年1月31日確認)
- 7) 牛山素行：洪水・土砂災害ハザードマップの意義と注意点，国民生活，No. 94，pp. 11-15，2020
- 8) 国土交通省：土砂災害警戒区域の検証（平成30年9月11日）https://www.mlit.go.jp/river/sabo/committee_jikkousei/180911/04shiryu4.pdf (2022年1月31日確認)
- 9) 内閣府HP：ハザードマップの整備状況，平成30年版防災白書，http://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h30/honbun/3b_6s_48_00.html (2022年1月31日確認)
- 10) 榎村康史：洪水ハザードマップの住民認知・理解向上に向けた改善に関する研究，土木学会論文集D3，Vol. 68，No. 5（土木計画学研究・論文集第29巻），I_103-I_110，2012
- 11) 菊本統，下野勘智，伊藤和也，大里重人，稲垣秀輝，日下部治：我が国の自然災害に対する総合リスク指標，土木学会論文集F6（安全問題），Vol. 73，No. 1，pp. 43-57，2017.
- 12) 伊藤和也，小山倫史，菊本統。自然災害に対する安全性指標GNS（Gross National Safety for natural disasters）の市町村別板GNS（GNS-Ver. 2.0）の開発。建設機械施工，Vol. 72，No. 10，pp. 57-63，2020.
- 13) 小山倫史，伊藤和也，菊本統。GNSを用いた東日本大震災前後の東北地方太平洋側3県の自然災害リスクの分析。建設機械施工，Vol. 72，No. 10，pp. 51-56，2020.
- 14) 気象庁：防災気象情報と警戒レベルとの対応について，<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/knownbosai/alertlevel.html> (2022年1月31日確認)
- 15) 気象庁：土砂災害警戒情報・土砂キキクル（大雨警報（土砂災害）の危険度分布），土砂キキクル（大雨警報（土砂災害）の危険度分布）の判定の仕組み <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/knownbosai/doshakeikai.html> (2022年1月31日確認)
- 16) 京都府：土砂災害警戒情報，<https://d-keikai.pref.kyoto.jp/Top.aspx> (2022年1月31日確認)
- 17) 国土交通省国土技術政策総合研究所：土砂災害警戒避難に関するデータ解析共同研究，国総研資料第682号，2012.
- 18) 倉本 和正，鉄賀 博己，東 寛和，荒川 雅生，中山 弘隆，古川 浩平：RBFネットワークを用いた非線形がけ崩れ発生限界雨量線の設定に関する研究，土木学会論文集，No. 672/VI-50，pp. 117-132，2001.
- 19) 近藤誠司，小山倫史：限界集落の避難行動計画策定に関する基礎的考察－福井市高須集落 令和3年7月29日の大雨に関する住民調査から－。地区防災計画学会誌，Vol. 22，pp. 72-86，2021
- 20) 福井県：河川・砂防総合情報，土砂災害警戒情報（補足情報），<http://ame.pref.fukui.jp/index.html> (2022年1月31日確認)
- 21) 大津安康，堀田洋平，高橋健二，中村一樹：マルチタンクモデルを用いた斜面水分量の予測及びその適用範囲に関する研究，第12回岩の力学国内シンポジウム講演論文集，pp. 687～694，2008.
- 22) 矢守克也：空振り・FACPモデル・避難スイッチ－豪雨災害の避難について再考する－，消防防災の科学，No. 134，pp. 7-11，2018
- 23) 笹原克夫，酒井直樹：地表面変位と地下水位のモニタリングに基づく斜面崩壊発生予測，地盤工学ジャーナル，Vol. 9，No. 4，pp. 671-685，2014
- 24) 石澤友浩・檀上徹・酒井直樹，小林政美：大型降雨実験施設を活用した防災技術の向上，地盤工学会誌，Vol. 67，No. 8，pp. 32-33，2019.
- 25) 矢守克也：増補版〈生活防災〉のすすめ－東日本大震災と日本社会，ナカニシヤ出版，2017
- 26) 小山倫史，近藤誠司，小林泰三，芥川真一，佐藤毅，中田勝行，下嶋一幸。山間地域における住民参加型斜面監視・モニタリングシステムの構築，第61回地盤工学シンポジウム発表論文集，2018，論文番号5-2，pp. 151-158.
- 27) 小山倫史，近藤誠司，小林泰三，芥川真一，佐藤毅，中田勝行，下嶋一幸。住民の防災意識及び地域防災力の向上のための住民参加型斜面計測・モニタリングシステムの構築－福井市高須町の事例。Kansai Geo-Symposium 2020－地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム－論文集，pp. 245-250.
- 28) 芥川真一：光源や光路に工夫して変状を可視化する方法，土木技術，第72巻，9号，pp. 94-98，2017
- 29) OSV研究会HP：<https://osv.sakura.ne.jp/> (2022年1月31日閲覧)

増大する沿岸災害のリスクと対策

京都大学防災研究所教授

森 信人



1. はじめに

1959年伊勢湾台風（Vera）以来、我が国の東京湾、大阪湾、伊勢湾のいわゆる三大湾に強い台風が上陸もしくは通過したことは殆どなかった。しかし、2018年台風第21号（Jebi）及び2019年台風第19号（Hagibis）が、大阪湾及び東京湾上を通過し、両湾の沿岸部に大きな被害をもたらしたのは記憶に新しい。一方で、世界に目を向けると、2004年に米国のニューオーリンズに甚大な被害をもたらしたハリケーン・カトリーナ以降、2010年以降を見ても中心気圧900hPa前後の幾つかのスーパー台風級の熱帯低気圧が毎年のように被害をもたらしている。一方で、気候変動による長期的な海面水位の変化である海面上昇、そして台風特性の変化による極端風水害の激甚化についての懸念が議論されている。これら2つの要因は、我が国の沿岸部の災害リスクに対して、今後50～80年間の間に大きな変化をもたらす可能性がある。

本稿では、過去10年の強い台風による沿岸災害の被害から見てきたハード的及びソフト的対策のあり方と気候変動に伴う今後の沿岸災害リスクの変化について、これまでの災害の調査結果及び最近の地球温暖化予測・影響評価研究成果をもとに概説する。

2. 我が国における近年の台風による沿岸災害

2.1. 2018年台風第21号

(a) 気象及び海象条件の概略

2018年8月28日に発生した台風第21号（Jebi）は、8月30日には915hPaまで発達し、54m/s以上の猛烈な勢力を持つ台風に成長した。台風第21号は、1934年の室戸台風、1961年の第二室戸台風と非常によく似た経路で徳島沖から大阪湾を通過したという特徴がある。これら3つの台風は発生場所こそ異なるものの、北緯30度から40度にかけての経路は非常によく似ている。本州上陸時に950hPaである台風の上陸は、1993年以来25年ぶりである。台風第21号は、上陸時の移動速度も早かったため、近年にない強風、高潮、高波をもたらし、近畿を中心として広い範囲に大きな被害をもたらした。特に大阪湾では、大阪と神戸の検潮所で3.29m及び2.33mの最大水位を記録し¹、防潮堤の内外において浸水被害が発生した。

「土木学会海岸工学委員会2018年台風21号Jebiによる沿岸被害調査団」の調査²⁻³では、陸上に残された痕跡をもとに、平均海面からの水位が測量されており、痕跡調査による最大水位の分布は図1のようにまとめられている。調査結果では、局所的には最大3.5m前後の高潮偏差と最大6mを上回る高潮と波浪による遡上・越波の痕跡高が計測された。具

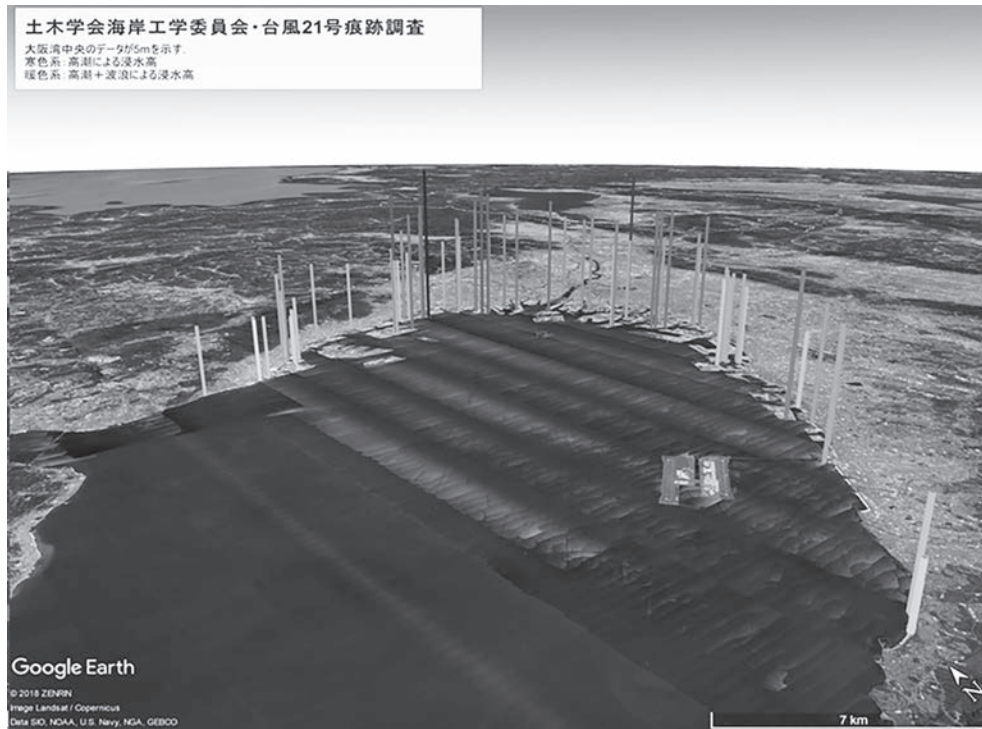


図1 2018年台風第21号の調査結果に基づく大阪湾奥の高潮による浸水高の空間分布²

体的には淡路島南、和歌山港付近で4mを超える浸水高（波浪の影響を含む）、大阪湾奥大阪港で3.5～4.0mの浸水高（多少の波浪成分を含む）、西宮～神戸で2.0～3.0mの幅での浸水高が記録されている。波浪による影響を加えると最大5m以上の浸水高が記録されている。大阪湾の場所によっては、想定を上回る水位が記録され、被害の大きな要因となったと思われる。

台風第21号による強風及び降雨の特性について、気象庁により公表されている報告に基づき、重要と考えられる点をまとめると以下の通りである。

- 期間最大風速及び最大瞬間風速が観測記録を超えたのは概ね危険半円側の地点であり、北陸、東北、北海道日本海側でも記録更新が見られた。

- 大阪府内の関空島では最大風速が46.5m/s、大阪府中央区では27.3m/s、和歌山県和歌山市では39.7m/s、兵庫県神戸空港では34.6m/sとなった。
- 大阪湾沿岸の降雨量は、兵庫県淡路市や洲本は6時間雨量でそれぞれ139mm、135.5mm、1時間雨量で85.5mm、74mmを記録している。また兵庫県神戸市では1時間雨量で60mmを記録している。

これらの特徴により、神戸市や淡路の沿岸では豪雨による被害も多く、短時間降雨による下流域への集水も生じ、大阪や兵庫、和歌山の沿岸では強風にとまなう被害が顕著に生じた。

台風第21号による高潮・波浪による災害は、水位で表されるハザードとしての台風・高潮・波浪の強度及び領域的な空間特性に加

えて、都市部の浸水被害、河川を遡上した海水による氾濫、堤外地等の港湾施設被害、コンテナや車等の漂流物による被害が特徴的であった。

(b) 被害の特徴

沿岸部の被害は、大阪湾奥を中心として、徳島から和歌山まで広範囲で見られた。主な被害は、埋立地等の防潮堤の外側である堤外地に集中しており、以下では、これらの項目について、特徴的な被害について概説する。

多くの地域で高潮の最大偏差は、第二室戸台風に基づいて想定された高潮水位を超えていないため、防潮対策の高さ不足による市街地への高潮の越流はほとんど確認されなかった。一方で、高潮・高波の複合効果による被害が広い範囲で生じ、なかでも人工島や埋立地である堤外地における被害が顕著であっ

た。特に護岸や防潮堤に対して高潮に乗じた高波が作用し、越波による浸水被害が生じた例が多く見られた。例えば、住宅地の床上浸水が発生した南芦屋浜では、護岸を越えた越波による中規模の浸水が発生した。また、西宮市の浜甲子園や今津灯台でも同様に、護岸を越波した氾濫水が、県道340号線の南から北に向かって浸水した。

関西空港では、図2に示すように、主に東側護岸から越波により約270万㎡の大量の海水が流入し、機能停止となった。台風21号越波等検証委員会⁴による検証では、空港島への全流入量の90%が越波によるものと推計された。以上のように、この台風では、高潮と同時に発達する波浪による越波災害の危険性が認識された。

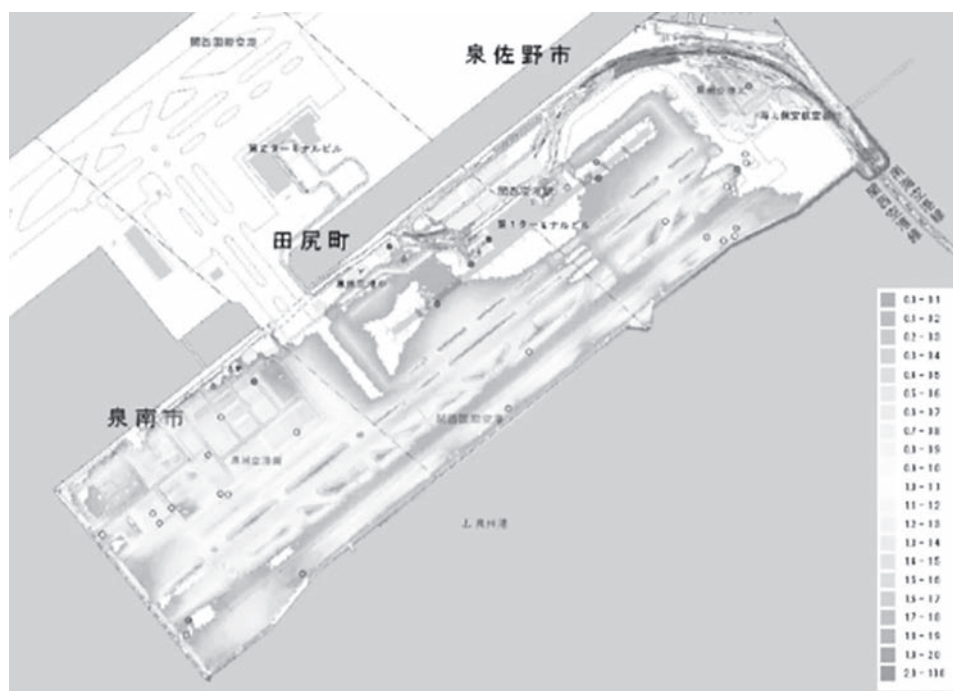


図2 2018年台風第21号による関西空港の総浸水量⁴

淀川にかかる淀川大橋では高潮の影響により最高水位で21cm堤防高を超過したが、防潮扉を閉めて都市部への浸水を防止した。一方、神戸ハーバーランドは、防潮ゲートが閉められたために、住宅地への高潮の浸水は防がれたが、雨水の排水が追いつかず、内水氾濫による床上浸水が起こった。大河川に対して、六甲山系に属する河川では、津門川が氾濫危険水位を超過し、宮川（兵庫県芦屋市）と高橋川（兵庫県神戸市東灘区）で高潮の河川遡上による小規模な氾濫が発生した。高潮ゲートを持たない、中小河川を遡上する高潮の危険性が認識された。

六甲アイランド東側では、浸水深約2mにも及ぶ高潮と波浪により、甚大な被害が発生した。コンテナターミナルでは、多数のコンテナが漂流し、多数の自動車も高潮で流され、被害が拡大した。さらに、大型船舶、コンテナ、自動車等が漂流し、関西国際空港の連絡橋への衝突や湾奥での様々な被害を増幅したことが、台風第21号における象徴的な被害の一つであった。

2.2 2019年台風第19号

(a) 気象及び海象条件の概略

2019年台風第15号（Faxai）及び第19号（Hagibis）は、約1か月の間隔において類似した経路を辿り、関東・東海地方に上陸した。台風第15号は、マーシャル諸島の近海で発生し、北西に進路をとりながら緩やかに発達した。その後、勢力を維持したまま三浦半島をかすめて東京湾上を通過し、中心気圧960hPaで千葉市付近に上陸した。一方、台風第19号は10月6日に南鳥島近海で台風となり、急速に発達し10月7日には中心気圧915hPaに達した。その後も勢力を維持したまま北上を続け、本州近海で勢力を落としながらも中心気圧955hPaで伊豆半島に上陸した。

台風第19号で発生した高潮及び波浪の特性については、科学研究費「令和元年台風19号及び台風21号による広域災害に関する総合研究」報告書⁵にまとめられている。以下は、その抜粋である。

台風第19号は、上陸点となった伊豆半島を中心とする各地に顕著な高潮を発生させた。

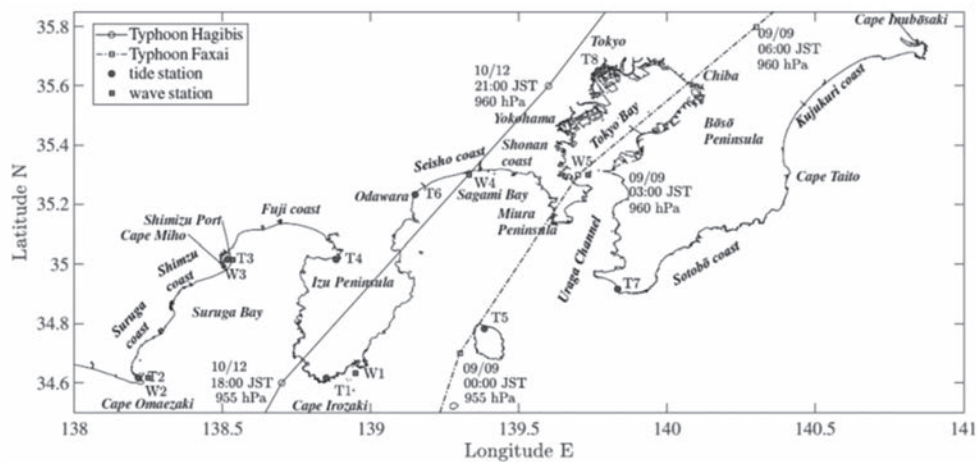


図3 台風第19号の上陸経路及び潮位観測所の位置⁶

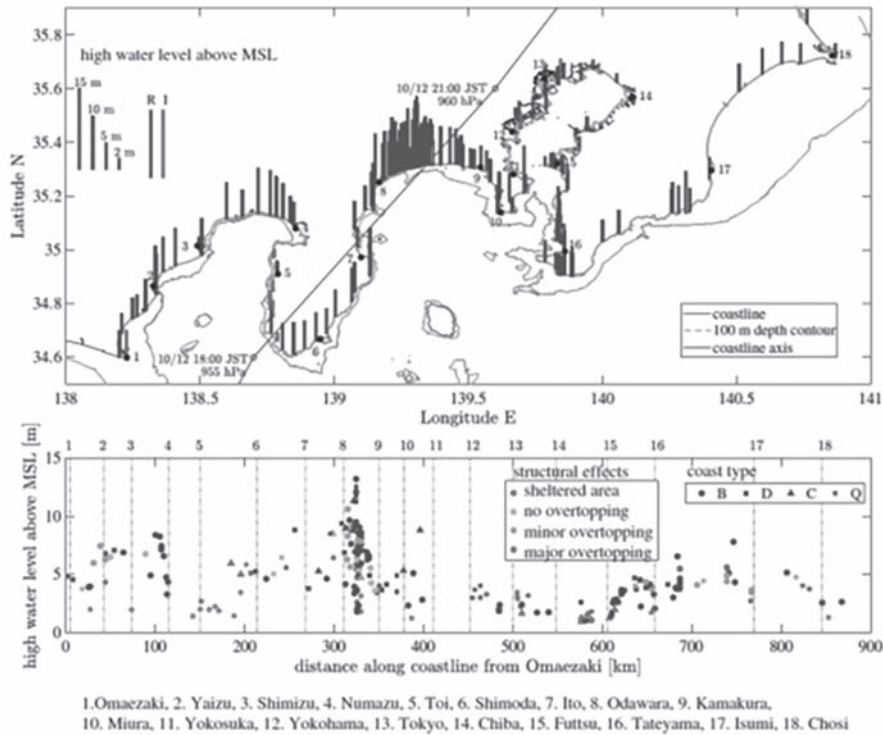


図4 台風第19号による高潮・高波による浸水高の空間分布
(上：海岸線上の痕跡調査結果、下：御前崎からの距離でプロットした水位)⁶

図3には、台風第19号の上陸経路と、気象庁潮位観測所の位置を表示している。台風第19号は、東京湾の西側で湾軸に沿う進路をとったため、強風による吹き寄せによって東京湾奥部に大きな高潮を発生させた。最大潮位偏差は場所によって2m近くにまで達したものの、潮位偏差のピークが大潮の干潮に近い時間帯に発生したため、東京湾内において高潮による大きな浸水被害は発生しなかった。

一方、太平洋に面した各地の海岸では、潮位偏差は最大で1mに達し、場所によっては満潮時に重なったことから既往最大レベルの潮位に達した。さらに、台風第19号では太平洋岸の広範囲に大きなうねりが来襲した。台風第19号では、図4に示すように、広範囲の海岸で高潮による水位上昇があったものの、

東京湾内を除いて痕跡高に占める寄与は1m未満であった。一方、特に高い遡上高が見られたのは台風進路に近い相模湾・駿河湾沿いの海岸であり、広い範囲で5mを越える遡上高が計測された。

(b) 被害の特徴

台風第19号により、東京から横浜の港湾エリアにおいて高潮・高波による被害が発生した⁷。横浜港本牧埠頭では、暴風により空のコンテナが倒壊する被害が見られた。これは、2018年台風第21号で大阪湾でも見られた被害と同様である。南本牧はま道路では、走錨（船舶が錨を下ろしたまま流されること）した船舶が道路や桁橋に衝突し、通行が不可能になった。

走錨した船舶衝突による被害も2018年台風第21号で数件見られており、台風第19号でも同様な被害が生じている。さらに、横浜市金沢区では、臨海工業団地の護岸600mが越波により崩壊し、3.92km²の大規模な浸水被害が生じた。浸水の要因は主に越波による越流であり、これも2018年台風第21号で数件見られた被害と同様であった。

3. 海外における近年の台風による沿岸災害

3.1 2013年台風Haiyan (フィリピン)

2013年11月8日台風第30号Haiyan（現地名：Yolanda）は、フィリピン中部のサマル島、レイテ島に接近・上陸し、その後、セブ島北部を通過、パナイ島に再上陸した。接近時の最低中心気圧は895hPa、最大瞬間風速は95m/sと推定されている⁸。台風Haiyanの接近・通過に伴い、各地で強風・高潮・高波が発生し、フィリピン中部の広範囲にわ

たって被害をもたらした。大規模な停電等により、海象の観測データはほとんど残っていないものの、最も被害の大きかったレイテ湾奥のタクロバン市では、図5に示すように最大潮位偏差は5m前後に達したとの推計なされている⁹。このような水位変化は、我が国では観測されたことはない規模であるが、湾の地形に加えて、900hPaの台風が持つ強風による吹き寄せ効果が、5mを超える高潮をもたらす例となっている。

NDRRMC (National Disaster Risk Reduction and Management Council, Republic of the Philippines)による人的被害、建物・施設被害をまとめた結果の抜粋¹⁰を表1及び表2に示す。表1及び2に示すように、台風Haiyanによる人的及び建物被害は甚大であった。人的被害の多くは、5mを超える高潮による大規模浸水に起因し、建物やインフラへの被害は、高潮に加えて同時に起こった強風による被害によるものである¹¹。

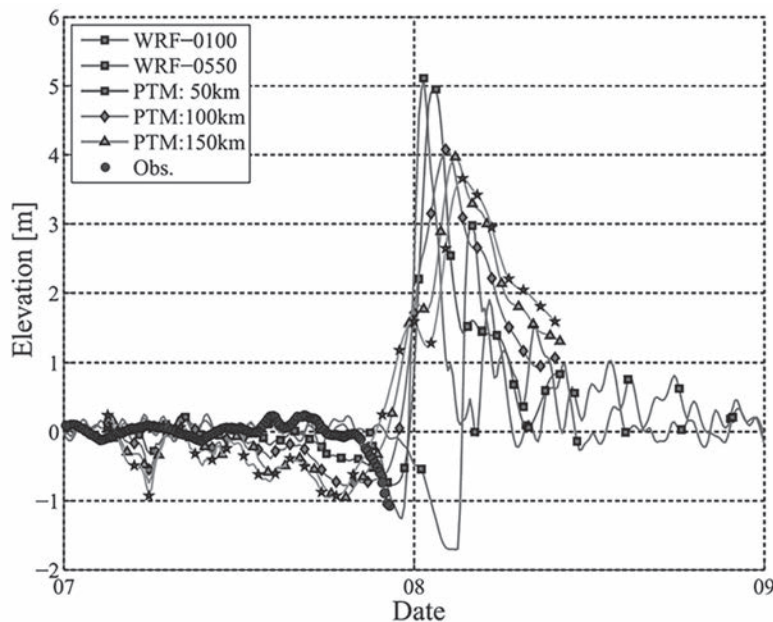


図5 台風Haiyanの高潮偏差の推算結果（●：観測、線：シミュレーションの結果）⁹

表1 台風Haiyanによる人的被害

死者（人）	行方不明者（人）	負傷者（人）
6,293	1,061	28,689

表2 台風Haiyanによる建物・施設被害

住宅被害（戸数）		インフラへの被害（円換算 ¹ 、単位：億円）			
一部損壊	全壊	道路・橋等	洪水防御施設等	病院等	学校
589,404	550,928	360	5.2	29.1	52.9

3.2 2017年ハリケーンIrma及びMaria （米国ヴァージン諸島）

2017年8月末に大西洋で発生したハリケーンIrmaは、9月5日にはカテゴリ－5となり中心気圧931hPa、最盛期には914hPaまで発達した。7日には図6に示すようにヴァージン諸島に進行し、アメリカ領ヴァージン諸島St. Thomas島の北方約20km沖合を通過した。続いて、9月16日にハリケーンとなったハリケーンMariaは、908hPaまで発達し、大

西洋において過去に10番目に強いハリケーンとなった¹²。カテゴリ－5まで発達したハリケーンMariaは、図6に示すようにヴァージン諸島St. Croix島の南側を通過した。この2つのカテゴリ－5のハリケーンは、アメリカ領ヴァージン諸島に甚大な被害を与えたとともに、強い2つの熱帯低気圧が1週間という短期間でほぼ同じ場所を通過するという特異な事例となった。

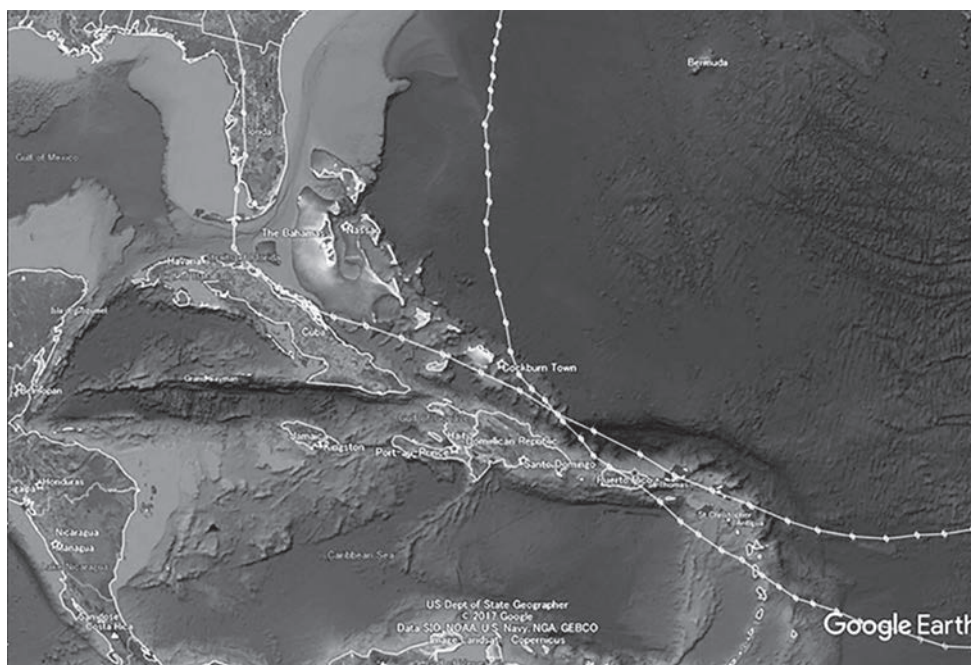


図6 USヴァージン諸島とハリケーンIrma及びMariaの経路¹²

衛星観測されたアメリカ領ヴァージン諸島再接近時の中心気圧はIrmaが918hPa、Mariaが913hPaであり、気圧低下分による吸い上げによる海面上昇だけでも約1mとなる。この時のヴァージン諸島東側沖における有義波高は12~20mと推察されている。

調査の範囲で顕著な被害が見られたのは、St. Thomas島の南側中央部に位置するシャーロット・アマリー (Charlotte Amalie) 市街地の浸水、St. Croix島における海岸侵食及び越波であった。写真1に示すのは、St. Croix島南西端のFrederiksted南部における海岸侵食とこれに伴う道路の陥没の様子である。付近の砂浜海岸では、数キロに及ぶ砂浜の消失が見られ、観光業に大きなダメージを与えていた。サンゴ等による岩礁を持つ沿岸部では、吸い上げと波浪及びこれに起因

するセットアップ (海面上昇) により、St. Thomas島及びSt. John島で2m以上、St. Croix島で6m以上の遡上高を計測した。

ヴァージン諸島では、1995年のハリケーンMarilyn (カテゴリー3) により大きなダメージを受けており、その後に建築基準が変更されている。このため、1995年建築以降の多くの建物については、壊滅的な被害が見られなかった。屋根の一部損壊や全壊は見られたが、壁そのものが被害を受けた建物はそれほど多く見られなかった。一方で、電線・電柱の被害は広い範囲で見られ、調査を行った11月初旬においても、St. Thomas島の広い範囲、St. Croix島の南東部では停電が続いていた。しかし、多くの家庭や企業では、ハリケーン襲来に備えて自家発電を準備しており、自分の身は自分で守るという自助が広く

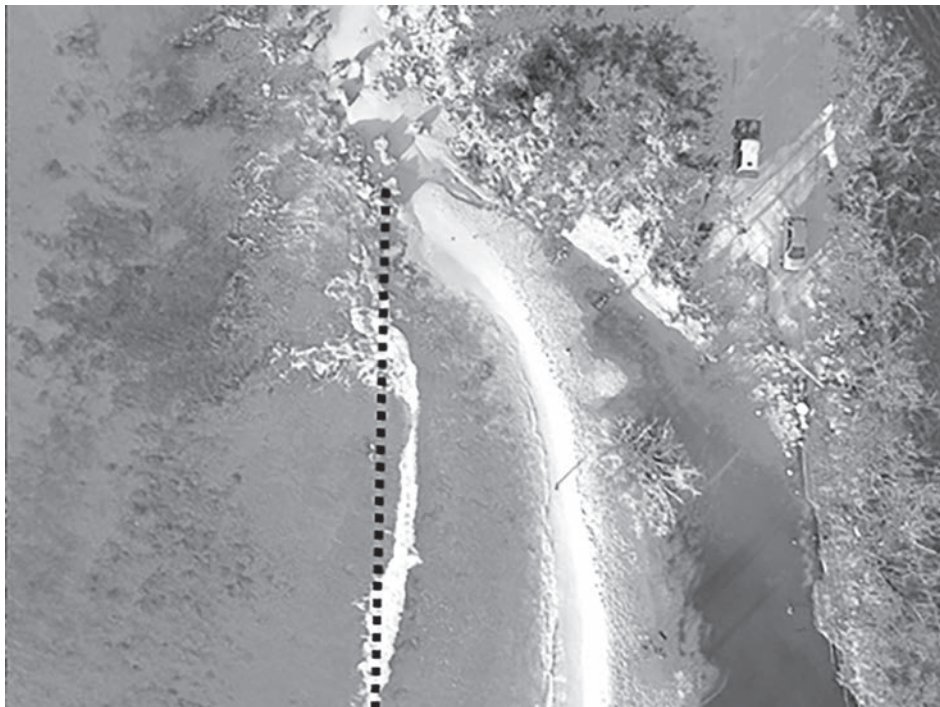


写真1 : Irma及びMariaによるUSヴァージン諸島St. Croix島Frederikstedにおける海岸侵食
(点線が本来の海岸線)

見られた。

避難状況については、ヴァージン諸島の観光客のほとんどはハリケーンIrmaの襲来の前に、島外に避難していたのが印象的である。これも自助の1つであると思われる。一方、ヴァージン諸島を通過したハリケーンIrmaは、フロリダにも接近している。フロリダキーズより以南にカテゴリー4のハリケーンが影響したのは98年ぶりであり、フロリダ州モンロー郡からおよそ48時間前にモンロー郡より避難するように命令が出されていた。モンロー郡の住人のうち、7割から8割の人がマイアミもしくはそれよりも北部に向けて避難を開始したが、マイアミ付近から渋滞が始まり、普段の数倍の時間が避難に要し、避難を困難にした。

4. 沿岸災害軽減に向けて

以上のいくつかの近年の沿岸災害事例から見えてきた被害とその軽減のための課題についてまとめる。まず、2018年台風第21号と2019年台風第19号の事例では、沿岸部の埋め立て地、つまり水面埋立地での被害が目立った。これには3つ理由があると思われる。

第1の理由としては、沿岸部の埋め立て地は、鉛直護岸が殆どであり提前の地形も平坦な場合が多い。このため、砂浜などの緩傾斜地形と比較して、波浪の浅水変形が起こりにくく、また反射波も大きくなるために越波量が大きくなる特徴がある。

第2に波浪と高潮の複合浸水が目立つという点である。高潮単体で浸水が発生しなくても、波浪による越波による浸水が生じる事例が多く見られている。これについては幾つか理由が考えられるが、重要な要素として高潮と高波の想定条件（施設設計条件）の違いが

考えられる。一般に高潮はその場所の既往最大イベントもしくは想定される最大クラスイベント（例えば伊勢湾台風級が通過するシナリオ）が施設設計条件となるが、波浪の高波は発生確率1/50年の波高が施設設計条件となる。三大湾を始めとして、多くの内湾で生じる極端な高潮偏差は発生確率1/100年程度もしくはそれより低頻度と推察されるが、波浪に対する設計条件はこれよりかなり高頻度側に設定されている（発生確率1/50年等）。このため、高潮単体の水位では浸水が生じない条件であるものの、同時生起する高波による越波に対応できなかったという事例が多く見られている。

第3に1つの場所に対して強い台風が通過する事例が稀であり、ハザードに対する経験値が低いことが考えられる。東京湾で2019年台風第19号の潮位偏差に匹敵する台風は1949年のキティ台風であり、大阪湾で2018年台風第21号の潮位偏差に匹敵する台風は1961年の第二室戸台風と半世紀以上前となる。この間、埋め立て地、人工島などの開発が進み、当時では想定されていない土地開発による暴露や脆弱性の増加がある。例えば、2018年台風第21号で見られた河口部に水門を持たない中小河川を遡り生じた高潮氾濫もその1つである。また人工島では本土とつながる橋梁やトンネルが不通となると長期間に渡りアクセスが途絶えるという脆弱性の問題もある。

今後の防災・減災対策では、これらの3つの理由やこれ以外にも目を向けて進める必要がある。さらに都市型の沿岸災害は、小規模の人的被害に対して甚大な経済被害をもたらすという点も理解すべきである。守るべき資産と防災投資の関係をどのように考えるべきかという点は、これから議論すべき重要な課

題と思われる。

近年の事例は、避難についても幾つかの問題を突き付けている。第1は殆どの高潮災害は強風時に起こるため、水平避難は台風通過の半日以上前に完了する必要があるということである。第2に大都市での大水害については広域避難の検討が進められているが、ハリケーンIrmaの例において、避難渋滞を引き起こしたフロリダの事例からも、大規模避難の実施の困難さと避難のための事前設計の重要性が認識されたという点である。さらに、ハリケーンIrmaの例では、発電装置や飲料水など自助努力の重要性も強調されるべきと思われる。

5. 気候変動の影響

気候変動による温暖化の影響は沿岸部の防災・減災にも大きな影響を与えることが予想される。温暖化に伴う将来の海面上昇についてはシナリオ毎の定量的な予測と影響評価が行われ、2021年8月に合意された気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第6次評価報

告書（AR6）第1作業部会（WG I）でまとめられた全球の平均海面の将来変化は、前回の第5次評価報告書（AR5）に比べて少し上側に修正された。図7はその結果であり、今世紀末の海面上昇量の予測範囲は緩和策重視型のRCP2.6シナリオで0.32~0.62m、中位シナリオRCP4.5シナリオで0.44~0.76m、経済活動重視型のRCP8.5シナリオで0.63~1.02mである¹³。

亜熱帯・中緯度帯の高潮の多くは台風によって生じるため、高潮の将来変化予測は台風の将来予測と強くリンクしている。長期間の台風観測データの不足から、過去から現在に至るまでの台風の長期変化の傾向について、全球規模で熱帯低気圧の活動度が長期的に強まる傾向にあるかどうかは未だに確信度は低いと評価されている。一方、全球気候モデルを用いた数値計算結果をもとに、21世紀末までの将来変化については、ここ十年で理解が急速に進んでいる。第6次評価報告書では、台風についての将来予測も進み、日本を含む北西太平洋では、全体的な発生数は減少

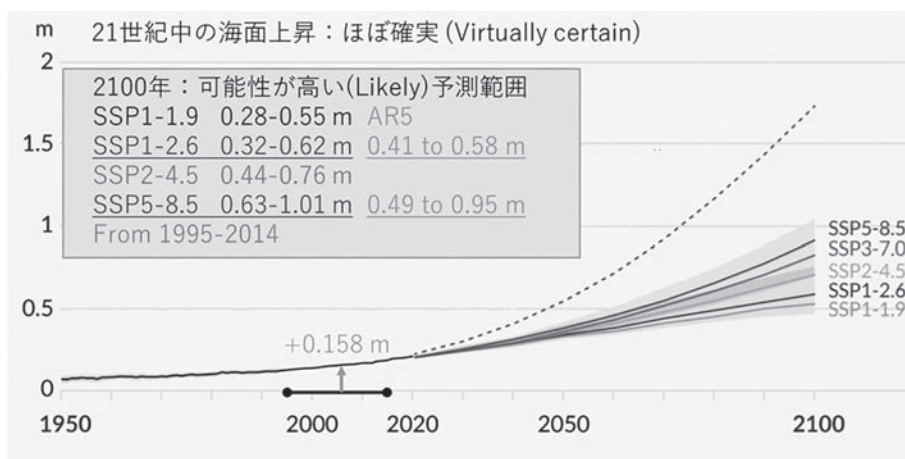


図7 IPCC第6次評価報告書による全球平均海面上昇量の将来変化（ベースライン1900年）
（IPCC AR6 WGI Figure SPM. 8を改変）

するものの、強い台風の数が増加するとの予測が紹介されている。

全球の高潮評価はまだ研究の緒についた段階であり、全球もしくは領域レベルでは、経験的もしくは半経験的モデルによる予測が行われている。IPCC AR6では、高潮そのものの強さの将来変化がなくても海面上昇がその発生頻度を押し上げ、現在の数十年に一度のイベントの再現年数が急激に短くなることが予測されている。高潮偏差そのものの将来変化については、最新の台風将来予測の研究成果である将来気候で台風の総発生数が減少するものの強い台風の数が増加するとの予測に対応して、数十年に一度の高潮イベントの再現年数が急激に短くなることが予測されている。

温暖化の効果は温室効果ガスの排出の度合いや排出量の緩和策によっても大きく異なる。図8に示すのは、文部科学省・気象庁がまとめた「日本の気候変動2020」¹⁴で示されているCMIP5の全てのデータを用いてRCPシナリオ毎に三大湾の気候的¹⁴最大高潮偏差の将来変化傾向を調べた結果である。GCM間

の違いは大きいものの、高位のRCPシナリオほど高潮強度が有意に増加する傾向にあり、最も将来変化量の大きい大阪湾では、RCP 8.5シナリオで平均約0.6mの高潮偏差の増加が予測されている。これは、全球平均で予測されている海面上昇量の7割強であり、高潮の将来変化の考慮の有無により将来に想定すべき最大水位が大きく異なることが示唆されている。

以上の結果をまとめると、RCP8.5シナリオのようなワーストケースシナリオの社会が今世紀末に実現する場合、現状の沿岸部の防災施設設計水位に対して、海面上昇量+高潮偏差の変化量の和である1~1.6m以上の極端水位の増加が起こりえる。このような未来が70~80年度後に現われるという予測の一方で、高度成長期に整備された防波堤、防潮堤などの施設の老朽化が進み、今世紀半ばまでにはリプレースが進むと思われる。この際に、4節で述べたように問題点に対応しつつ気候変動への適応を進めるべきであり、上手く整備を進めると、我が国の沿岸部の脆弱性を軽減するまたとないチャンスと思われる。

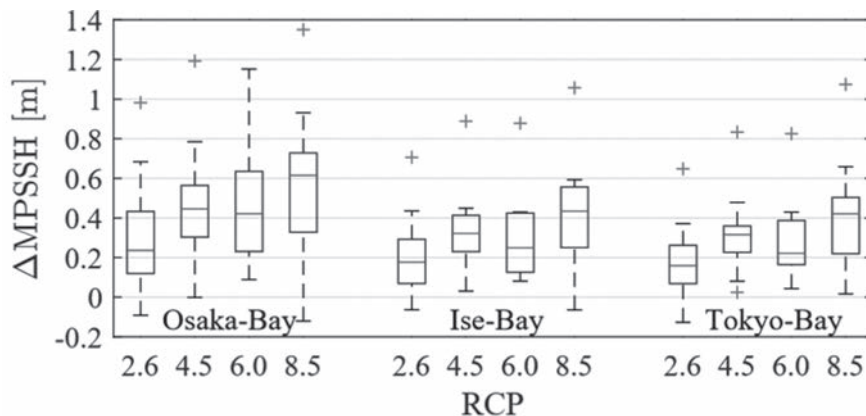


図8 可能最大高潮モデルに依る最大水位の将来変化¹⁴

謝 辞

本原稿を作成するに当たり、2018年台風第21号による沿岸災害調査報告、令和元年台風第19号及び台風第21号による広域災害に関する総合研究報告書等を広く参照した。ここに感謝の意を評す。

参考文献

1. 大阪管区气象台（2018）平成30年9月4日に発生した台風第21号による大阪湾の高潮に関する現地調査報告，2018年9月14日。
2. 土木学会海岸工学委員会（2018）2018年台風21号 Jebiによる沿岸災害，<http://www.coastal.jp/ja>，2018年9月22日。
3. 森ら（2018）2018年台風21号Jebiによる沿岸災害調査報告，土木学会誌12月号，4 p.
4. 台風21号越波等検証委員会 - 海象状況と浸水状況の再現 -
http://www.kansai-airports.co.jp/news/2018/2662/J181211_ReproducingMP_FloodingSituation.pdf
5. 科学研究費補助金・特別研究促進費、令和元年台風19号及び台風21号による広域災害に関する総合研究報告書
6. Shimozono, T., Y. Tajima, K. Kumagai, T. Arikawa, Y. Oda, Y. Shigihara, N. Mori, T. Su-zuki (2020) Coastal impact of super typhoon Hagibis on greater Tokyo and Shizuoka areas, Japan, Coastal Engineering Journal, Taylor & Francis, DOI:0.1080/21664250.2020.1738620
7. 令和元年台風第15号及び19号による港湾の被害状況、国土交通省港湾局
<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001317421.pdf>
8. 気象庁ベストトラックデータ
<http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/rsmc-hp-pub-eg/besttrack.html>
9. 森信人, 澁谷容子, 竹見哲也, 金洙列, 安田誠宏, 丹羽竜也, 辻尾大樹, 間瀬肇. 2013年台風30号 Haiyanによる高潮の予測可能性と再解析精度. 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 2014 ; 70(2) : I_246-50.
10. NDRRMC, SitRep No.108 Effects of Typhoon "YOLANDA" (HAIYAN) .
11. 柴山知也, 松丸亮, 高木泰士, 三上貴仁, 大山剛弘, 中村亮太. 2013年台風Yolanda (Haiyan) による高潮災害の調査と分析. 土木学会論文集 B3 (海洋開発), 2014 ; 70(2) : I_1212-7.
12. 土木学会海岸工学委員会、2017年ハリケーンIrma及びMariaによるアメリカ領ヴァージン諸島災害調査

報告

13. Ming, A., Rowell, I., Lewin, S., Rouse, R., Aubry, T. and Boland, E., 2021. Key messages from the IPCC AR6 climate science report.
14. 日本の気候変動2020（2020）詳細版：第12章高潮，第13章高波，文部科学省・気象庁

アフター・コロナの複合災害対策と 危機管理の構築

日本大学危機管理学部教授

福田 充



1. はじめに ～コロナ禍において発生 したトンガ火山噴火

2022年初頭に発生した世界規模の自然災害はトンガ王国の海底火山噴火とそれによる津波災害であった。海底火山の噴火により、大規模な地震動と火山噴火の噴煙による被害と、海底火山噴火が引き起こした津波被害を現地にもたらした。また、火山噴火で発生した衝撃波による空振現象により、津波に似た潮位の変動が発生し、日本国内でも奄美諸島や岩手県に津波警報が、それ以外の太平洋沿岸の地域に津波注意報が発表された。

発災直後はトンガ被災地で停電、通信途絶が発生したため、電話もネットも不通となり、空港が噴火の被害でアクセスできなくなったが、それらが復旧すると同時に近隣諸国のニュージーランドやオーストラリアからの支援の輸送、そして日本からも自衛隊C-130輸送機による飲料の輸送など、支援活動が活発化した。

しかしながら、トンガでは火山噴火災害への復旧と復興に向けた災害対策の問題とは異なる問題が発生した。それは、新型コロナウイルス対策の問題である。トンガでは新型コロナウイルスに対して、「ゼロコロナ」戦略を採っており、厳しい入国制限、渡航者規制を実施してきたため、これまでのコロナ感染者は累計でも1人に過ぎなかった。その状態のトンガにおいて、これから世界各国からの

支援物資と復旧、復興のための諸活動のために外国人が国内に入ってくることによって、新型コロナウイルスの流入のリスクが高まったのである。特に世界でオミクロン株が感染拡大し、この新変異株の感染力が強いことが判明しているだけに、無症状者、軽症状者の入国によりオミクロン株が流入するリスクは避けられない状況に直面した。

このように、自然災害が発生しその支援活動などにより外部から人が移動することによって感染症パンデミックの感染拡大リスクが高まるという自然災害と感染症の複合災害という状況が発生する。

2. コロナ禍における自然災害対策のあり方

新型コロナウイルスが世界的なパンデミックを引き起こしてから、日本国内でもいくつかの自然災害が発生した。熊本県における球磨川水害、静岡県熱海市における土石流災害などがそれにあたるが、その被災地における避難所では住民に対するコロナ対策が求められた。避難所において避難してきた住民の間でクラスターが発生しないようにするための感染予防対策である。

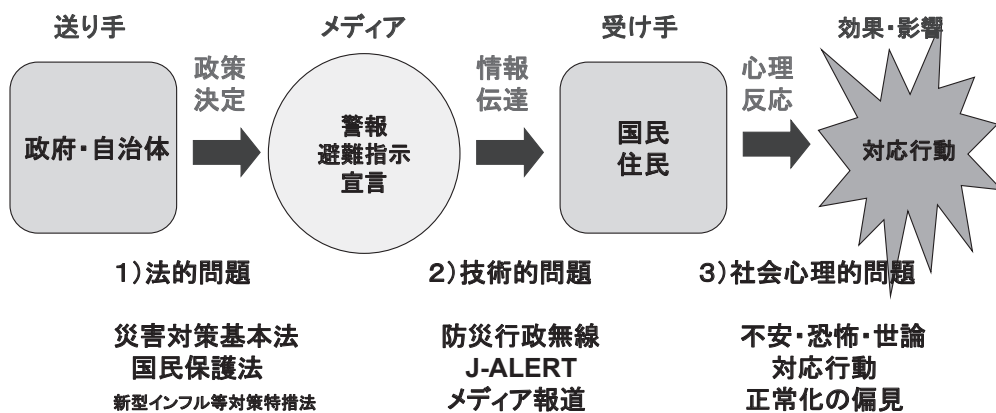
2020年7月の球磨川水害では浸水地域となった人吉市でも15か所の避難所が準備され、1,000人以上の住民が避難したと伝えられている（毎日新聞：2020年7月4日付）。

市役所の隣にある人吉スポーツパレスでは約500人が避難し、大規模なコロナ感染予防対策が実施された。事前計画に基づいて備蓄されていた消毒液による手指消毒、検温の実施。体調不良や持病の聞き取りにより該当者には別室を割り当て、3密を回避するためのついたての設置、ソーシャルディスタンスをとるため2メートルの間隔がとられた。それにより十分なスペースを確保することができず廊下や階段の踊り場も使わざるを得ない状況が発生した。

また2021年7月に発生した熱海市土石流災害では、熱海市の2軒のホテルが避難所として使用された。コロナの影響で休館中であったホテルを市が活用し、住民はホテルの個室に宿泊することができた。熱海ニューフジヤホテルでは、被災住民の490人が被災直後当時、宿泊したとされている（毎日新聞：2021年7月7日付）。部屋やトイレなどの設備の清掃や消毒が徹底され、換気やソーシャルディスタンスが確保される環境が整えられた。これは観光地の熱海市ならではの対応と言えるだろう。

このように、コロナ禍における自然災害が発生した場合の避難所の運営については、避難者の検温、健康状態のチェック、手指消毒、部屋の換気、3密を避け、ソーシャルディスタンスを確保する措置、間仕切りの設置、段ボールベッドの活用など多様な対策が求められている。これにより、通常の避難所に収容できる人数が縮小したため、入りきれない住民を収容するために他の施設の活用が求められている。その一つがその地域のホテルや旅館などの宿泊施設である。こうしたコロナ禍における自然災害の避難所運営に関する見直しと準備の計画がこれまで全国的に進められてきた。

大地震やそれによる津波、台風・大雨による水害や土砂災害、火山の噴火など、災害警報の発表により住民が避難を検討するとき、その避難行動の決定の判断において、どの避難所に避難するか、そしてその避難所がコロナ禍において安全かどうか、感染予防対策が十分になされているかどうか、こうした状況を考慮したうえで、定められた避難所に避難するかどうかが決められる。つまり、自然災



図表1 クライシスコミュニケーションのモデル (福田, 2010a)

害のリスクと、避難所でコロナ感染するリスクを天秤にかけて比較することで、行動を決定する状況が発生する。そのときに、避難所のコロナ感染に対するリスク不安が大きくなることで、避難所に避難することをやめるといった事態が発生することのないように、住民が躊躇せず、避難所に避難できるように、地域の避難所のコロナ感染予防対策は徹底される必要があり、その対策を住民に広報して周知徹底する必要がある。

3. 複合災害とは

複合災害とはさまざまな自然災害、大規模事故などの人為災害などが二つ以上複合的に発生する災害のことを指す。よって、コロナ禍において発生した球磨川水害や熱海市土石流災害は複合災害と呼ぶことが可能である。

この複合災害の組み合わせにはさまざまなものがありうる。近年の代表的な事例を考えると2011年の東日本大震災とそれによって発生した福島第一原発事故も複合災害であった（福田編，2012）。それまで国内外で発生した原発事故、原子力災害で被害が大きく代表的な事例を見てもアメリカのスリーマイル島原発事故や旧ソ連のチェルノブイリ原発事故、日本のJCO臨界事故など、どの事例も原発のシステムとそれを操作する人間のインターフェイスにおいて発生するヒューマンエラーが原因になっていることがわかる。だからこそそれまでの日本において想定されていた日本の原発事故リスクはヒューマンエラーを原因としたものが中心であり、それゆえに原発の機械やシステムがきちんと整備され、それを扱う作業員がマニュアルやルール通りに原発のシステムを操作すれば原発事故は発生しないという「セーフティ（安全）」の論

理で原子力安全神話が構築されてきた（福田・宮脇，2013）。これが原発事故などのような大規模事故を単一の人為災害として見る間違った視点である。

そこに欠落していたのは、原発の外部で発生したリスクによって、外部の力から原発のシステムがダウンすることのリスク評価の観点であった。例えば、原発の周辺で発生した地震や津波などの自然災害、テロリズムやミサイル攻撃、またはネットを通じたサイバー攻撃によって、外部からの力で原発の機械、システムがダウンすることを防ぐ「セキュリティ（防御）」の論理が日本の原発の危機管理には欠落していた。日本人にはこのセーフティとセキュリティの概念と思考法の区別が存在しなかったのである。このように地震や津波などの自然災害が原因で発生した原発事故、テロやミサイル攻撃によって発生した原発事故、サイバー攻撃によって発生した原発事故は、複数の危機が組み合わさって発生した複合災害と呼ぶことができる。このように、原発事故をセキュリティの観点から構築することにより、有効な原発の複合災害対策につながる事がわかる。福島第一原発事故以後に再構築された原子力規制庁による原発の危機管理は、こうした災害やテロ、サイバー攻撃などの外部の脅威に対する対策を導入したという点において評価できる。

2018年に発生した北海道胆振東部地震では北海道全域でブラックアウトが発生した。その原因は地震の揺れによる北海道電力苫厚真火力発電所の故障であった。北海道の約半分の電力供給がこの発電所に集中していたため、地震による発電所の故障により北海道で広範囲な大停電が発生し、市民の生活に大きな影響を与えた。これも地震と火力発電所事

故により電気というライフラインがダウンした複合災害と言える。

2019年には台風15号災害によって千葉県で大規模な停電・通信途絶が発生した。この台風15号の強い風によって電気を届ける電線の鉄塔が大量に倒壊し、千葉県内で広範囲に停電が発生した。また、同じく風の影響で電話線の電柱が倒れたり、携帯電話の無線アンテナが故障したりしたことにより、大規模な通信の途絶も発生した。この電話線や電線の復旧には長い時間を要したため、千葉県の被災地内では混乱が続いた。これも台風と停電、通信途絶という複合災害と言えるだろう。

以上のように、複合災害には多様な組み合わせが考えられる。地震や津波のような自然災害、停電や通信途絶をもたらすライフライン事故や原発事故、テロリズムやミサイル攻撃のような国民保護事案、戦争紛争などの安全保障、サイバー攻撃などの情報セキュリティ、新型コロナのような感染症パンデミックなど、オールハザード・アプローチに基づいた危機管理学の観点から、これらの危機をオールハザードに対応する姿勢が複合災害対策に求められている。

4. コロナ禍での令和2年度国民保護共同訓練

再び新型コロナのパンデミック対策の問題に議論を戻すと、新型コロナのような感染症が拡大している時期に発生する自然災害や大規模事故、テロなどの危機はすべて新型コロナ対策との複合災害となりうる。コロナ禍においては、テロ対策やミサイル対策などの国民保護事案においても複合災害対策が求められるのである。内閣官房はほぼ毎年、全国国民保護共同訓練を実施しているが、令和2年

11月19日には大分県中津市のスポーツアリーナ、ダイハツ九州アリーナを中心に開催された。令和2年度の国民保護共同訓練は、内閣官房と大分県、中津市の共催による訓練であったが、スポーツイベント会場を標的として化学兵器サリンが使用されたテロ事件の対応、避難、治療をシナリオとした国民保護訓練であった。筆者はこの年度の国民保護共同訓練の準備段階から参画し、事前の大分県での国民保護研修会ではファシリテーターと司会を務め、この国民保護訓練では大会評価委員長を務めた（福田，2021a）。この年の国民保護共同訓練は、新型コロナが日本国内に流入して感染拡大してから初めての国民保護訓練であったため、訓練史上初めて、テロ事件や対策の現場すべてにおいて新型コロナの感染予防対策を実施することとなった。当日の訓練では大会評価委員長の立場からすべての訓練会場を視察し、訓練実施状況を評価したが、新型コロナの感染予防対策と同時に、化学兵器サリンによるテロ事件の対応となる被害者の搬送と治療、市民の避難などを同時並行的に行う複雑なオペレーションが実施された。つまり、この訓練はテロ組織によって実行された化学兵器テロ事件と、新型コロナ感染拡大状況とが同時に発生した、テロリズムと感染症パンデミックの複合災害となったのである。

コロナ禍におけるテロ事案に対する国民保護訓練では、事件現場となったスポーツイベントでの観客や住民を収容する現場での新型コロナ感染予防対策、そして次に病院に搬送し避難所に避難させる救急車両バスの中での感染予防対策、負傷者を受け入れる病院での感染予防対策、避難者が収容される避難所での感染予防対策が求められた。新型コロナの



写真1 化学剤サリンの処理訓練
(筆者撮影)



写真2 避難所で距離をとり待機する住民
(筆者撮影)

国内流入と感染拡大が発生して当時すでに10カ月が経過していたこともあり、また事前の検討と準備が十分であったため、すべての訓練会場ですでに新型コロナ感染予防の対応が徹底されており、複合災害対応の困難さを感じさせないシナリオ通りのオペレーションが展開された。

新型コロナ感染予防で重要なのは当然、マスク、手洗い、手指消毒、室内の換気、3密の回避、ソーシャルディスタンスのための十分なスペース確保などの公衆衛生上の基本的対策である。これらの条件を整えた上で観客や住民を避難させるためには、危機管理におけるロジスティクス上の問題が発生する。具体的にはバスなどの移動用車両の台数がより多く必要となること、避難所もより広いスペース、より大きな施設を必要とすること、また移動のためのバスや避難所の収容時に必要な手指消毒で避難により時間がかかること、などの問題点である。事件現場での第1次トリアージによって命にかかわる被害を受けた被害者にそのようなコロナ対策の措置をとることはないとしても、化学兵器テロの軽症者や無症状者には十分な新型コロナ感染対

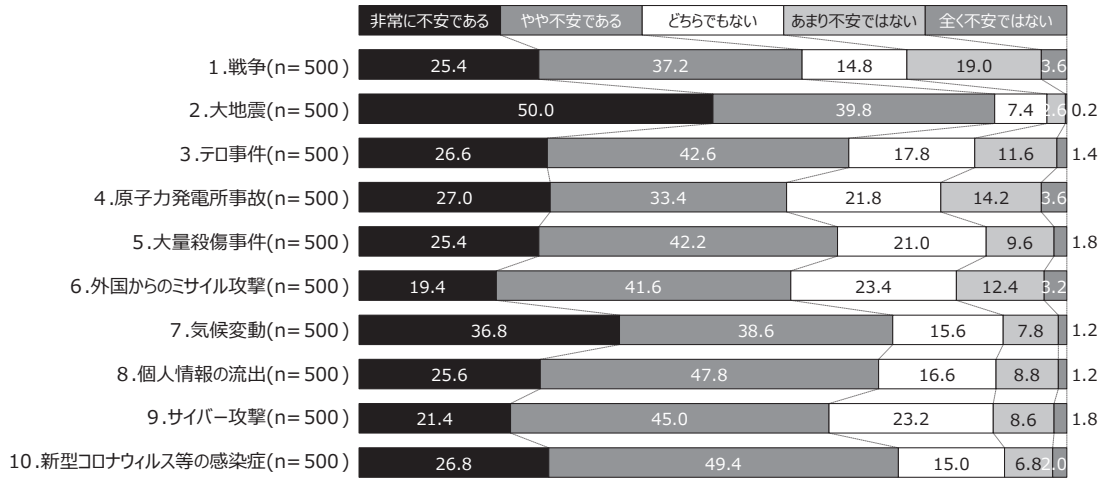
策が同時に必要となるのである。

新型コロナのような感染症パンデミックは、上述のようなテロ事件や弾道ミサイル発射など国民保護事案においても、または武力攻撃による戦争紛争など安全保障事案においても同時に感染予防対策が必要となる複合災害の状況をもたらすことがわかる。

5. 複合災害の対策に求められる危機管理のオールハザード・アプローチ

福田充研究室が2021年11月に実施した全国アンケート調査の結果をみると、ハザード系リスク10項目に対する市民のリスク不安の状況は図表2のような傾向となった(注1)。ここから市民は多様なリスクに対して幅広くリスク不安を感じていることがわかる。

これらの多様なリスク項目の中でも、市民がもっとも強いリスク不安を感じているのは大地震であることがわかる(「非常に不安である」50%、「やや不安である」39.8%)。当研究室は過去に20年以上にわたり定期的にこのリスク不安に関するアンケート調査を実施してきたが、リスク不安が最も高いリスクは常に「大地震」であり、これは自然災害大国



図表2 リスク不安を感じる危機 (N=500)

日本ゆえに納得のいく解釈が成り立つデータと言える。

他方で、この20年間で日本人の中で徐々にリスク不安を高めてきたリスクが「戦争」（「非常に不安である」25.4%、「やや不安である」37.2%）と「テロ事件」（「非常に不安である」26.6%、「やや不安である」42.6%）である。20年以上前までは日本人の中で「戦争」や「テロ事件」リスク不安はこのように高い数値を示すことはなかったが、2001年のアメリカ同時多発テロ事件以降、近年の東アジアの安全保障環境の変化に伴い、徐々にリスク不安は高まってきた。同様に、20年前にはこのように高くなかった「原子力発電所事故」へのリスク不安（「非常に不安である」27%、「やや不安である」33.4%）が一気にその数値を高めた原因となったのは、2011年の福島第一原発事故である。

さらに現在も感染拡大が終息しない「新型コロナウイルス等の感染症」へのリスク不安（「非常に不安である」26.8%、「やや不安である」49.4%）は、現在進行形のリスクであるために相対的に高いリスク不安の値を示し

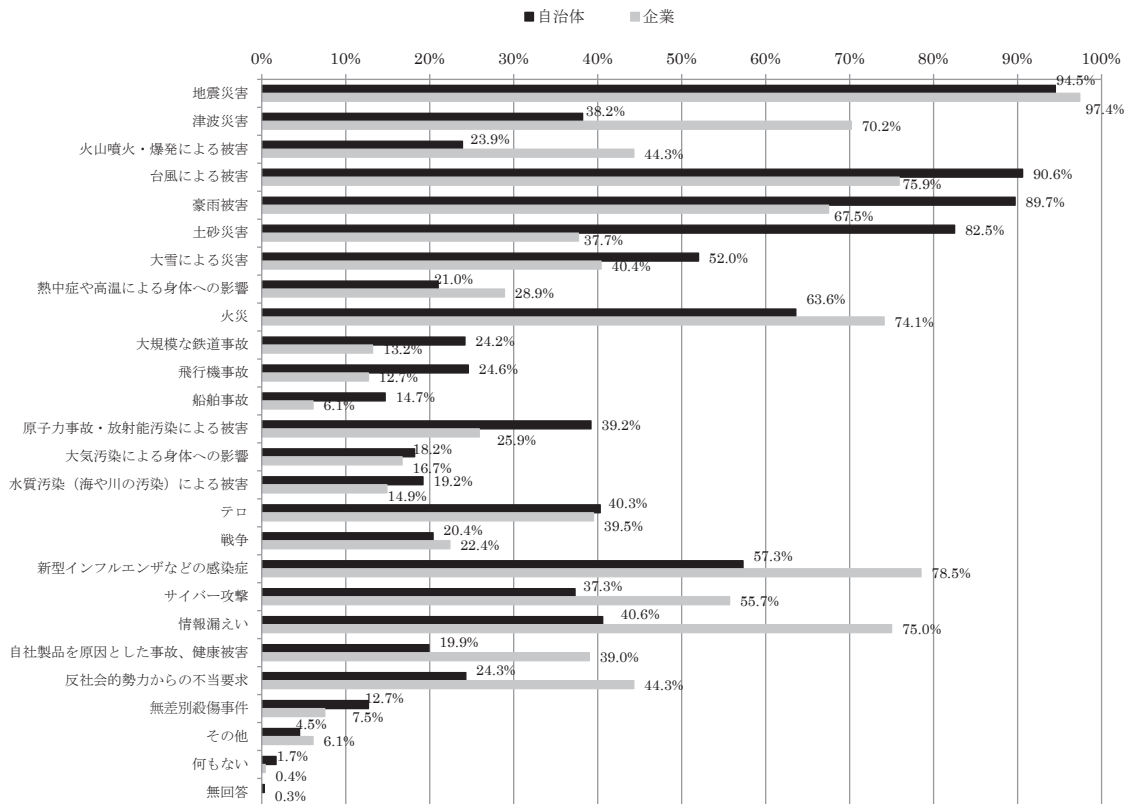
ている。前回2年前に実施した2019年のアンケート調査では新型コロナが発生する前であったため、「新型インフルエンザ等の感染症」の項目名で調査していたが、そのときの日本人のリスク不安はこの半分以下であり、新型コロナ発生以前の日本人は、新感染症パンデミックに対してリスク不安をあまり感じていなかったことが明らかである。こうしたデータからわかることで重要なのは、市民は現代社会において幅広い多様な危機に対してリスク不安を抱えて生活しているという実態である。このように多様な危機が日本社会をいつ襲ってきてもおかしくない現代だからこそ、多様な危機に対応できるオールハザード・アプローチに基づいた危機管理学が求められている。

そのような日本社会における市民のリスク不安に対して、日本の自治体や企業はどれくらい危機の対策を構築しているかをみると、図表3のような全体的傾向がある。2016年に福田充研究室がかつて実施した全国の自治体と一般企業に対するアンケート調査の結果を見ると（注2）、自治体と企業が想定して対

策を立てているリスク項目は、いずれも「地震」や「台風」などの自然災害が高い割合を示しているが、その反面で「原子力発電所事故」や、「新型インフルエンザなどの感染症」への対応は相対的に低く、「テロ」や「戦争」といった政治的危機への対応は極めて遅れていることがわかる（福田編，2016）。

これまで考察してきたように日本の市民の間で、原発事故やテロ、戦争といった危機に対するリスク不安が近年高まっているのに対して、その対策をとるべき自治体や企業の危機対応が遅れている実態が明らかとなっている。問題なのは現代の国際環境、社会環境を反映した市民のリスク不安の状態と、自治体や企業など対策をとるべき組織の意識・対策

の間にあるギャップである。自治体や企業がこれまで策定してきた業務継続計画（BCP）や業務継続運用（BCM）の内容が、地震や台風などの自然災害対策に偏重していることも、このギャップを反映している。2019年に発生し、その翌年に日本に流入し感染拡大した新型コロナへの対策が政府、自治体、企業ともに事後的で遅れたのも、こうした事前に感染症対策を考察して備える姿勢が日本社会全体になかったためである。さらには、複合災害とはこのような危機の複合形態であり、さらに難しい応用問題である。こうした複合的な危機に対しては、多様な危機に対して備えるオールハザード・アプローチが求められることは言うまでもない。



図表3 自治体と企業が想定し対策している危機の種類（福田編，2016）

日本のこのような状況に対応するために求められているのが、危機管理学におけるオールハザード・アプローチである。これは日本において筆者が提唱したモデルであるが、危機管理を構築するための新しい学問領域である「危機管理学」に必要な不可欠なアプローチである。図表4のように、危機管理学とは横軸として研究対象としてのオールハザードを設定し、縦軸として研究方法としての学際的なアプローチからなる学問領域が組み合わさった構造を持つ。地震や台風のような自然災害から、原発事故やライフライン事故のような大規模事故、テロリズムや大量殺傷事件、ミサイル攻撃や戦争・紛争のような安全保障問題、サイバー攻撃などへの情報セキュリティ、新型コロナのような感染症パンデミックなど、ハザード系リスクと呼ばれるあ

らゆる危機を研究対象としたアプローチを縦軸として構成している。そして学問領域としては、これまで個別の危機に対して研究領域としてカバーしてきた自然科学だけでなく、これまで研究が遅れていたオールハザードな危機に対する法律や政治、社会制度、組織がどのように危機管理をすべきか、社会科学、公共政策学の観点から社会科学を横断して学際的にアプローチするのが、筆者の考える「危機管理学」である（福田，2020a）。

社会を構成するすべてのアクター、政府も自治体も、企業、学校、病院、そして家庭や個人も、社会で発生した危機に対してはすべてに対応せねばならず、危機の種類を恣意的に選ぶことはできない。危機管理の要諦はここにあり、社会のあらゆるアクターはすべての危機に対応しなくてはならないのである。

		オールハザード・アプローチ							
		自然災害	大規模事故	大量殺傷事件	テロリズム	戦争紛争	環境問題	情報流出	パンデミック
学際的アプローチ	法学								
	政治学								
	社会学								
	経済学								
	心理学								
	都市工学								
	情報工学								
	土木工学								
	地質学								
	気象学								
	医学								

図表4 オールハザード・アプローチと学際的アプローチ 福田（2020a）

このオールハザード・アプローチが危機管理学に求められる所以はここにある。同時に、この考え方を社会に定着させることによって、ひとつの災害、ひとつの危機に対応するだけでなく、同時に複合災害に対応する思考を導入することが可能となる。

6. 危機管理学の4機能モデルからみた複合災害対策のあり方

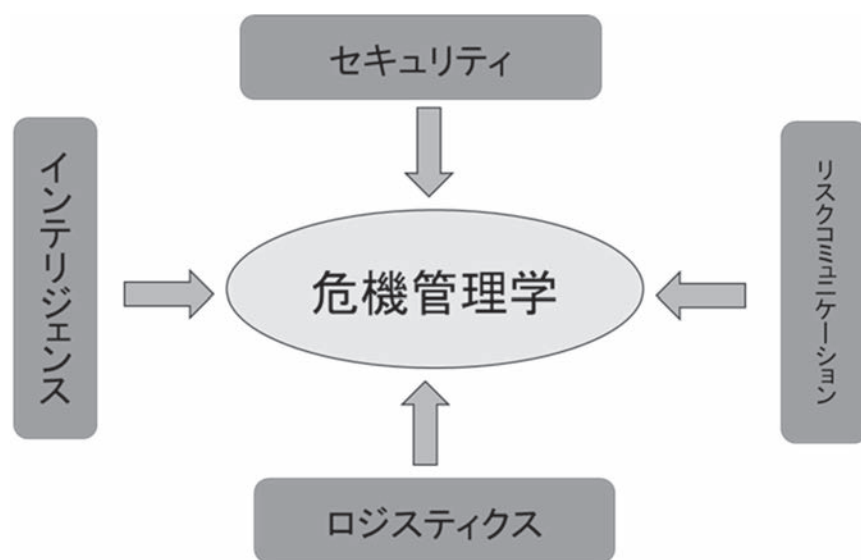
本論のテーマの中心である複合災害への対処について考えるとき、重要なカギとなるのが危機管理学の4機能モデルである（福田，2020a, 2022）。先述してきた危機管理学を構成しているのは、図表5のような、①インテリジェンス、②セキュリティ、③ロジスティクス、④リスクコミュニケーションの4つの機能である。

新型コロナで考えたとき、2012年に成立した新型インフルエンザ等対策特別措置法に基づいて構築された新型インフル等の「政府行

動計画」では、下記の5つの柱が示されている。（項目は順不同、カッコ内は筆者追加）

- (1) 外国や国内での発生状況、動向、原因の情報収集（インテリジェンス）
- (2) 感染症の蔓延防止に関する措置（セキュリティ）
- (3) 医療の提供体制の確保のための総合調整（ロジスティクス）
- (4) 地方自治体、指定公共機関、事業者、国民への情報提供（リスクコミュニケーション）
- (5) 国民生活や国民経済の安定に関する措置（セキュリティ・ロジスティクス）

新型コロナ対策の実際で考えたとき、中国で発生した「謎の新型肺炎」新型コロナという感染症に対処するために初動で重要なのは「インテリジェンス」活動であった。その後、中国など外国からウイルスの国内への侵



図表5 危機管理学の4機能モデル 福田（2020a, 2022）

入を防ぐ水際対策である出入国管理や検疫防疫体制強化は「セキュリティ」の構築である。新型コロナの治療のための病院、医療機関における機材や病床、医療従事者の確保、ワクチンの供給などは重要な医療の「ロジスティクス」であり、市民に対し政府や自治体、そして専門家が感染予防対策の徹底を呼びかけ、外出自粛やリモートワークを要請したこと、そして緊急事態宣言の発令は「リスクコミュニケーション」である。

この4つの機能は、オールハザード・アプローチに基づいており、自然災害や原発事故、テロ、戦争紛争、情報セキュリティ、感染症パンデミックなど、あらゆるハザード系リスクへの危機管理に求められる共通の機能であるといえる。

具体的に考えると、台風の襲来が予測されたとき政府から気象庁が大雨警報を発表し、自治体は住民に対して避難指示を発令する。その情報はテレビやネット、防災行政無線などのさまざまなメディアから住民に伝達され、住民が事前に避難することができれば住民の命が守られる。このクライシスコミュニケーションの過程（図表1）はリスクコミュニケーションのひとつである（福田，2010a）。このリスクコミュニケーションの機能は台風をはじめ津波や火山噴火などあらゆる自然災害に適用でき、さらには原発事故における住民避難、テロ事件やミサイル攻撃に対する国民保護事案における住民への情報伝達と避難過程でも同様であり、新型コロナの緊急事態宣言発令でも同じ構造を持つ。このリスクコミュニケーションという機能自体がオールハザード・アプローチに基づいて、あらゆる危機に共通の機能を有している。

このように危機を超えて、インテリジェンスは戦争やテロだけでなく、原発事故や感染症対策にも同様に不可欠な活動であり、セキュリティは原発事故やテロ、戦争、感染症にも必要な機能である。そしてロジスティクスは災害対策における支援物資の輸送でも、原発事故対策においても、テロ対策や戦争紛争の安全保障も支えるシステムである。こうしたオールハザード・アプローチに基づいた危機管理学の4機能を連携させ、有機的になくことが、複合災害対策にそのまま活かされる。

複合災害対策に求められるのは、オールハザード・アプローチに基づいた危機管理学の構築であり、危機管理学の4機能をつなぎ連携させるという発想に基づいた危機管理の構築である。日本の複合災害への対策は、まずはそこから始められなくてはならない。

【注釈】

（注1）日本大学危機管理学部福田充研究室によるこのアンケート調査は、18歳以上の日本全国在住の男女500人を対象に2021年11月に実施された。標本抽出法は社会調査会社のアンケートモニターを利用して全国ブロックごとの人口比率に比例して割り当てた多段階抽出法で、調査実施方法はインターネット・オンライン調査である。今回使用したデータはその調査の一部である。

（注2）このアンケート調査は、日本大学理事長特別研究の助成による共同研究「危機管理学の構築とレジリエントな大学の創造のための総合的研究」において助成研究グループによって実施されたものである。2016年に日本全国の自治体（全数調査）と株式一部上場企業（無作為抽出調査）を対象として郵送法で実施した本調査の詳細については、福田充編（2016）『危機管理学の構築とレジリエントな大学の創造のための総合的研究』（平成27年度日本大学理事長特別研究報告書）を参照のこと。

【参考文献】

- 福田充 (2022) 『リスクコミュニケーション～多様化する危機を乗り越える』平凡社新書。
- 福田充 (2021a) 「オールハザード・アプローチによる複合災害対策と危機管理の構築」『治安フォーラム』, 立花書房, 2022年1月号, 28巻1号, pp.28-37.
- 福田充 (2021b) 「社会的危機下での新聞の責務～信頼されるコミュニケーションの維持を」『新聞研究』, 日本新聞協会, 2021年11月号, No.840, pp.20-23.
- 福田充 (2021c) 「問われる危機事態の報道～公共性と社会的責任の観点を」『Journalism (ジャーナリズム)』, 朝日新聞社, 2021年9月号, No.376, pp.16-21.
- 福田充 (2021d) 「日本の感染症危機管理体制の現状と課題～COVID-19対応を事例として」, 『公衆衛生』, 85巻4号, pp.254-259.
- 福田充 (2021e) 「新型コロナウイルスと危機管理の4機能」『東京小児科医会報』, Vol.40, No.1, pp.12-16.
- 福田充 (2021f) 「新型コロナウイルスに対する危機管理とリスクコミュニケーション」, 『危機管理学研究』, 日本大学危機管理学部危機管理研究所, 第5号, pp.58-74.
- 福田充 (2020a) 「危機管理学におけるオールハザード・アプローチの理念」『危機管理学研究』, 日本大学危機管理学部危機管理研究所, 第4号, pp.4-17.
- 福田充 (2020b) 「自治体リスク・コミュニケーションの原則と課題～新型コロナウイルスを事例に」『ガバナンス』, ぎょうせい, 2020年5月号, pp.42-44.
- 福田充 (2020c) 「新型コロナウイルスにおけるリスク・コミュニケーションの課題」『治安フォーラム』, 立花書房, 26巻8号, pp.47-57.
- 福田充 (2019) 「北朝鮮ミサイル問題とリスクコミュニケーション」『治安フォーラム』, 立花書房, 25巻9号, pp.65-70.
- 福田充 (2017a) 「大震災におけるリスク・コミュニケーション」, 『治安フォーラム』, 立花書房, 23巻11号, 11月号, pp.32-44.
- 福田充 (2017b) 「テロリズムの変容と現代的テロの傾向～メディアとリスク・コミュニケーションの観点から」, 『インテリジェンス・レポート』, 109号, pp.4-16.
- 福田充 (2017c) 「熊本地震における被災者アンケート調査からみる災害情報利用の実態」, 『災害情報』, 日本災害情報学会, 15-2号, pp.121-126.
- 福田充 (2017d) 「危機の時代における『危機管理学』の確立～日本大学危機管理学部危機管理研究所の設置に際して」『危機管理学研究』, 日本大学危機管理学部危機管理研究所, 第1号, pp.4-17.
- 福田充 (2016a) 「安全保障法制をめぐる日本人の戦争観と安全保障意識」, 『日本法学』, 82巻3号, pp.129-149.
- 福田充 (2016b) 「メディアの進化と『危機管理』化する社会」『マス・コミュニケーション研究』, 日本マス・コミュニケーション学会, 89号, pp.45-60.
- 福田充 (2015) 「テロリズムとメディア報道～英米におけるテロ報道に関する制度の考察」, 『海外調査情報』, 日本民間放送連盟研究所, Vol.11, pp.9-15.
- 福田充 (2014a) 「ソーシャル・メディアの政治コミュニケーションと社会変動」, 『治安フォーラム』, 立花書房, 20巻11号, pp.28-36.
- 福田充 (2014b) 「災害時の避難行動」, 『危機管理レビュー』, 一般財団法人・日本防火・危機管理促進協会, Vol.5, pp.29-46.
- 福田充 (2010a) 『リスク・コミュニケーションとメディア～社会調査論的アプローチ』, 北樹出版.
- 福田充 (2010b) 『テロとインテリジェンス～覇権国家アメリカのジレンマ』, 慶應義塾大学出版会.
- 福田充 (2009) 『メディアとテロリズム』新潮新書.
- 福田充編 (2016) 『危機管理学の構築とレジリエントな大学の創造のための総合的研究』, 平成27年度日本大学理事長特別研究報告書.
- 福田充編 (2012) 『大震災とメディア～東日本大震災の教訓』, 北樹出版.
- 福田充・宮脇健 (2013) 『福島第一原子力発電所事故に対する原発周辺住民の意識に関する実証研究』日本大学法学部・福田充研究室報告書.
- 清水美香・福田充 (2011) 「リスクコミュニケーションの鍵」, アジア感染症ガバナンス研究会編 (2011) 『アジアにおける感染症ガバナンス～パンデミック対策を入り口とした再興・新興感染症までの備え』, 笹川平和財団報告書, pp.23-30.

ひょうごの政策 1983-2019： 県議の選挙公報から見る政策の歴史と変化

(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
研究調査部主任研究員

吐合 大祐

1. はじめに

本研究の目的は、兵庫県のこれまでの政策の歴史と特徴について、兵庫県議会議員選挙の選挙公報（マニフェスト）の分析を通じて明らかにすることである。具体的には、兵庫県議会議員選挙で公開された選挙公報を「テキスト分析」と呼ばれる手法を用い、選挙公報で取り上げられてきた政策群の特徴を自然言語処理に基づいて析出した上で、兵庫県内で展開されてきた政策を、自治体別・年代別の観点から検討する。

兵庫県は、日本の数ある地方自治体の中でも、興味深い特徴を持つ。「五国ひょうご」と呼ばれるように、地理的条件や風土・気候、社会基盤や産業構造が多様な摂津・播磨・但馬・丹波・淡路の5つの地域によって構成されている。北は日本海、南は太平洋に面し、文化・観光資源などにも恵まれ、都市部・農村部・離島など様々な地域を有する兵庫県は「日本の縮図」とも言われている¹。

兵庫県のイメージと言えば、多くの人が「経済」や「防災」に関することを思い浮かべるのではないだろうか。前者の「経済」について、兵庫県は、同じ関西圏内の大阪・京都と「関西経済圏」を形成し、特に神戸市を中心に多くの企業・住民が経済活動を活発に繰り広げてきた。加えて、地域間で産業構造

が大きく異なるため、それに伴う企業の活動や集積のあり方にも地域ごとに様々な特色が見られるなど、地域独自の産業構造を形成し、それぞれの地域で発展を遂げてきた。

後者の「防災」については、平成7（1995）年1月17日に兵庫県南部を襲った阪神・淡路大震災の発生と震災からの復興を契機に、防災・減災対策や被災者支援など災害復興のあり方について議論を重ね、様々な問題点を提起してきた。特に、阪神・淡路大震災当時の貝原知事が打ち出した「創造的復興」の理念は、その後の東日本大震災・熊本地震の復興にも受け継がれており、当時としては様々な先駆的取り組みを展開した。このように兵庫県は、経済・防災を中心に、他の自治体が持ち得ない経験をもとに様々な政策やアイデアを世に打ち出してきた、極めてユニークな自治体だと言えよう。

では、今の兵庫県にとっての政策課題とは何だろうか。五国ひょうごの各地域において、どのような政策が重視され、展開されてきたのだろうか。上述の「経済」や「防災・減災」は、県内でどの程度重視されてきたのだろうか。実際のところ、これまでの研究会や各種取り組みにおいて、兵庫県の政策がどう取り組まれ、どのような特徴を持つものなのか。統計的手法、数量的手法を用いた実証

1 兵庫県ホームページを参照。 URL : https://web.pref.hyogo.lg.jp/ac02/ab_hyogo.html

的観点から兵庫県の政策を論じた研究は、ほとんど存在しない。兵庫の更なる発展を目指すのであれば、単に政策提言を打ち出すのではなく、県内各地域の事情や変遷を知ることが前提である。にもかかわらず、これまでの研究は、兵庫の政策を十分に検討することなく、議論を進めてしまっているのではないだろうか。

この問題点を解消するために、本研究は、兵庫県の政策の歴史と変遷について実証分析により明らかにする。具体的には、1980年代から2020年目前にかけての兵庫県議会議員の選挙公報に記されている文字情報を自然言語処理によって整理・加工し、そこから読み取れる政策の特徴を地域別・年代別の観点から分析する。この分析を通じて、兵庫県の各地域・各年代で、どのような政策が議論されてきたのか、データに基づいて示すことができる。

2. 分析の対象と枠組み

2.1 兵庫の政治

分析に入る前に、今回の分析で対象とする兵庫県の政治動向や社会経済の状況について簡潔に説明したい。まず歴代の兵庫県知事について簡潔にまとめる。次の表1は、公選制度が導入されて以降の歴代兵庫県知事をまとめたものである。これを見ると、一つの特徴が浮かび上がる。それは、金井元彦県政期から井戸敏三県政期に至るまで、一貫して副知事経験者が次期知事に就任していることである。この慣習は、阪本勝県政期から始まり、その後の金井・坂井・貝原各知事時代を経て、令和3年に退任した井戸県政までの約50年にわたって続いている。

さらに、ここには記載していないが、兵庫県の公選知事のほとんどが官僚出身であり、第38代の金井元彦知事から現在の斎藤元彦知事まで、総務省出身（旧内務省・旧自治省）の国家公務員が知事職に就任していることも、既に指摘されている²。この特徴は、他

表1：歴代兵庫県知事（公選以降）

	名前	在任期日	前職
第34代～第35代	岸田幸雄	昭和22年4月～昭和29年11月	電力会社勤務
第36代～第37代	阪本勝	昭和29年12月～昭和37年10月	尼崎市長
第38代～第39代	金井元彦	昭和37年11月～昭和45年11月	兵庫県副知事
第40代～第43代	坂井時忠	昭和45年11月～昭和61年11月	兵庫県副知事
第44代～第47代	貝原俊民	昭和61年11月～平成13年7月	兵庫県副知事
第48代～第52代	井戸敏三	平成13年8月～令和3年7月	兵庫県副知事
第53代	斎藤元彦	令和3年8月～現在	大阪府財政課長*

(兵庫県ホームページ等や各種資料をもとに筆者作成)

* 総務省からの出向中

2 神戸新聞「<「あれ」聞いてーな！知事選>歴代4代59年にわたる総務省の系譜 なぜ続くの？」(2021年6月24日公開) 参照。
URL : <https://www.kobe-np.co.jp/news/sougou/202106/0014439902.shtml>

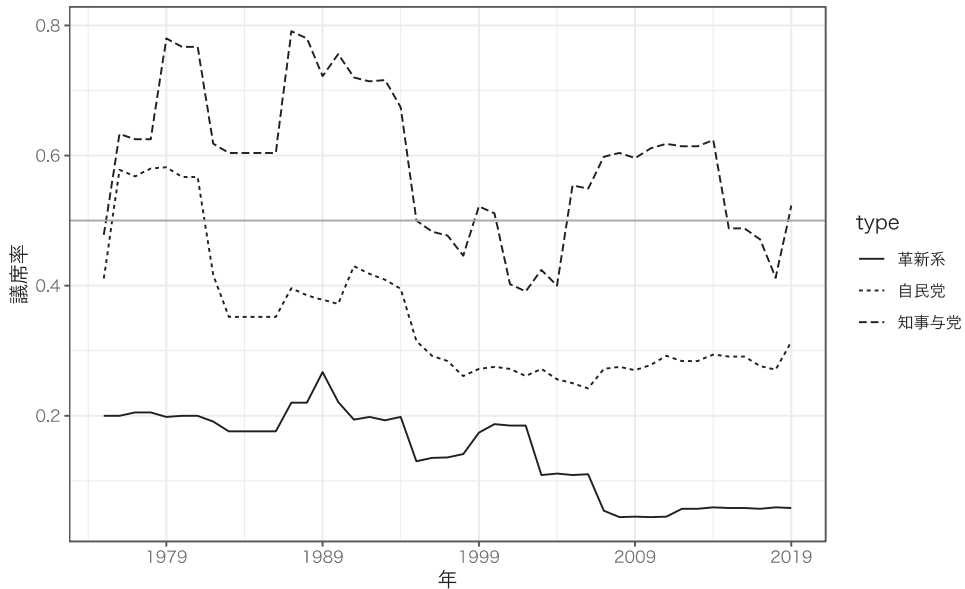


図1：党派別議席率の変遷（兵庫県議会：1979-2019）

の都道府県ではあまり見られない、兵庫県政独自の傾向である。

続いて、兵庫県議会の動向について見てみよう。次の図1は、1970年代から（第一次坂井県政時代）から2019年（第五次井戸県政時代）までの、兵庫県議会における「自民党議席率」、「革新系議席率」、「知事与党議席率」をそれぞれグラフにまとめたものである³。

このグラフを見ると、ほとんどの時期において、知事与党が議会の過半数を占めている状況が生まれている。貝原県政の一時期または井戸県政の第一期スタート直後は知事与党議席率が過半数を割っているものの、それ以

外は基本的には議会と知事の関係は安定している。以上のことから、兵庫県では、知事と議会の党派性が一致する「統一政府」の状況が出現し、そのほとんどの時期は、知事与党主導による議会運営や政策決定がなされていたと理解するのが自然である。

また、党派別の議席率の動向も興味深い。なかでも、自民党議席率と知事与党議席率は連動しており、自民党議席率と知事与党議席率の相関係数も0.644と、両者は「正の相関関係」にある⁴。ここから兵庫県議会で自民党議席率は、知事の支持基盤の拡大を意味し、基本的に過去の歴代知事も自民党県連か

3 神戸大学法学研究科・砂原庸介教授のホームページに公開されているデータを基に筆者が作成した。

データを公開して下さっている砂原先生には、この場を借りて感謝申し上げます。

なお、各指標の計算方法は、以下の通り。

自民党議席率 = 自民党議席数 / 議席総数

革新系議席率 = (社会党議席数 + 共産党議席率) / 議席総数

知事与党議席率 = 選挙時における知事を公認・推薦・支持した政党議席数 / 議席総数

4 相関係数とは、2つの変数間の関係を表すものであり、0から1だと「正の相関」、0から-1をとる場合は「負の相関」と呼ぶ。正の場合は、一方が増加するともう一方も増加し、負の場合は、一方が増加するともう一方は減少する。

分析フリーソフトR (version.4.1.0) のcor.test関数（ピアソンの積率相関）により分析した。

なお両者の関係は、0.1%水準で有意である (p-value=1.766e-06)。

ら事実上の支援を得て選挙戦を戦っている。革新系政党については、年々議席数も低下するなど、知事の支持基盤に対する影響は、自民党と比べて大きくない（相関係数：0.44）。

過去のデータを踏まえると、兵庫県知事は「保革相乗り⁵」による選挙支援を受けるケースが多いとされてきたが、図1を見ると、兵庫県議会の知事与党は、基本的に自民党を中心に構成され、自民党の議席の増減が知事与党の動向を握っているのが実態であったと言えよう。曾我・待鳥（2007）でも指摘されているように、歴代の兵庫県知事は、自民党会派を基調としつつ、公明党や民主党、あるいは社会党など国政野党にも勢力を拡げるなどして、安定的な議会運営を図ろうとしていた（曾我・待鳥 2007：105）。確かにその傾向は、第二次阪本県政時代から第五次井戸県政まで継続している。しかし、兵庫県議会議員選挙の結果を見ると、保守系無所属が多いことに加え、自民党が議会内の第一会派であることがほとんどである。当然、知事の支持会派のうち半数以上は自民党系の会派となっている。

以上から、兵庫県知事の県政運営の方針の実態として、これまでの兵庫県政は、自民党会派を基軸とした保守系・中央政府寄りの県政運営がなされてきたと理解することができる。その意味で、令和3（2021）年7月に実施された兵庫県知事選挙とそれをめぐり一連の動向（自民党会派の分裂・「大阪維新の会」の台頭など）は、これまでの兵庫県政では観察されてこなかった、新局面として評価できる。

以上、歴代の兵庫県知事、それから兵庫県議会の動向について簡潔に説明した。知事の経歴や議会との関係から、歴代の兵庫県知事は、基本的には「総務省系の官僚出身」、「自民党をベースとする保革相乗り」といった特徴が共通して見られる。また、ほとんどの時期で、議会では知事与党が安定的に過半数以上を確保しており、比較的政策的決定もスムーズであったことがうかがえる。「共通項」の多い歴代知事のもとで、どのような政策が重視されてきたのか。それぞれの知事の任期ごとの政策動向を探ることで、これまでの兵庫県政の変遷を追うことができるのかもしれない。

2.2 兵庫の社会経済環境

分析に入る前に、兵庫県の社会経済状況についても、簡潔に触れておこう。

兵庫を語る上で欠かせないのは、兵庫県における経済活動である。兵庫県の経済に関する特徴として、高度経済成長期から一貫して、大阪府・京都府と並び、関西経済の中心地として発展を遂げてきたことが挙げられる。特に戦後は、兵庫県の主要産業である製造業や建設業を主とする「工業県」として発展し、現在も鉄鋼や化学製品の製造が、県内とりわけ阪神や播磨地域を中心に展開されている。また製造業に次いで、サービス業や観光業も盛んになされており、神戸市や阪神間を中心とした第三次産業の台頭もここ数十年で見られるようになった⁶。

また兵庫県は、港町・神戸の特性を存分に活かし、隣接自治体である大阪府・大阪市と

5 保守系政党「自由民主党」と、革新系政党「日本社会党」「日本共産党」のいずれかが、ともに候補者を支援している状態のこと。

6 兵庫県（2021）「令和3年度 ひょうご経済・雇用白書」を参照のこと。

ともに「国際都市」を標榜し、人工島の造成や沿岸部の開発ならびに港湾の大規模化を通じて、集積の拡大に取り組んできた（例：林 2020）。具体的には、「ポートアイランド」、「六甲アイランド」の造成や、神戸港の大規模化、また、港湾における人流・物流を通じた海外諸国との貿易活動などが挙げられる。まさに兵庫は、日本の経済発展にあわせて、自らの「地の利」を活かし、県の経済発展や産業振興を推し進めてきた⁷。高度経済成長期から1990年代前半にかけての兵庫県・神戸市は、ヒト・モノ・カネが多く集まる全国有数の経済中心都市として栄え、それに伴い都市インフラの整備や開発事業が盛んに行われた。

しかし、1990年代以降になると、神戸港のプレゼンスの低下や、「東京一極集中」の加速化、さらに後述の阪神・淡路大震災の発生により、兵庫の人口減少や企業の流出が深刻

化するなど、経済の地盤沈下への対処が大きな課題となっている（加藤 2019）。表2でも示している通り、県人口や県内総生産等は1990年代から2000年代をピークに減少傾向にあり、現在は若干持ち直しつつあるものの、震災前のような増加傾向は見られない。ただし、県を中心にその打開策が検討されており（例：大阪湾ベイエリア分科会 2021）、震災前の経済活性化をもたらす新たな施策として注目を集めている。

それから直近では、兵庫県知事・兵庫県庁が中心となって隣接する大阪府との連携の強化を目指す動きも見られ、県の経済成長に関する新たな政策が積極的に導入される予定である。兵庫県の経済の実態や産業構造も、時代の移り変わりとともに大きな変化を遂げており、現在はその転換点にあると言えよう。

もう一つ、兵庫の歴史を語る上で重要なものとして、「阪神・淡路大震災」が挙げられ

表2：兵庫県の人口と県内総生産

年	人口（人）*	県内総生産（万円）**	時期
1975	4,992,140	6,488,310	震災前
1980	5,144,892	10,876,139	
1985	5,278,050	13,805,932	
1990	5,405,040	18,667,690	
1995	5,401,877	21,509,053	震災後
2000	5,550,574	20,583,793	
2005	5,590,601	20,020,257	
2010	5,588,133	19,644,871	
2015	5,534,800	20,829,387	

* 兵庫県ホームページ「推計人口」のうち、推計人口年次推移等をもとに作成。

** 兵庫県ホームページのうち、「長期時系列データ（平成23年版）」をもとに作成。

7 人工島の造成事業では、神戸市内の山林や丘陵地から集めた土砂を臨海部に埋め立てて行われた。また、土砂が削られた山林や丘陵地の跡には集合住宅などが建てられるなどニュータウンの開発が進められた。このような都市運営手法は「株式会社神戸市」と呼ばれ、自治体経営の一つのロールモデルとされた。

表3：阪神・淡路大震災による兵庫県内の被害状況

人的被害*		住家被害*	
死者	6,402名	全壊	182,751世帯
行方不明者	3名	半壊	256,857世帯
負傷者	40,092名	一部破損	297,811世帯
被害総額**		経済被害（資本ストック被害）***	
全体	約9兆9,268億円	建築物等	約5兆8000億円
港湾	約1兆円	ライフライン施設	約6000億円
建築物	約5兆8000億円	社会基盤	約2兆2000億円

* 兵庫県企画県民部災害対策局災害対策課HP参照

** 兵庫県「阪神・淡路大震災の復旧・復興の状況について」（令和4年2月）参照

*** 内閣府「地域の経済 2011」第2章第2節 第2-2-1より作成

る。阪神・淡路大震災は、日本で過去に例のない「大都市直下型地震」であり、広範囲にわたって甚大な被害をもたらした。次の表3は、震災の被害状況をまとめた表である。

阪神・淡路大震災の特徴の一つは、多くの建築物・インフラが大きく被災したことである。表3を見てもわかるように多くの建築物が一瞬のうちに倒壊し、多くの人が建物の倒壊に巻き込まれて亡くなった。また、先述の港湾や道路といった、経済を支えるインフラや社会基盤が大きなダメージを受け、その後の経済活動に大きな損失をもたらした。

復興過程では、応急仮設住宅建設や救援物資配送など被災者支援のあり方をめぐって課題が噴出し、この震災を契機として、行政の災害対応や被災者支援に関する制度の抜本的な見直しや新制度・スキームの構築が次々と進められた。被災者生活再建支援法の制定や兵庫県住宅再建共済制度の創設などはその一例である。阪神・淡路大震災における応急対応・復興政策で得られた様々な業務ノウハウや政策スキームは、後の東日本大震災や熊本

地震など多くの被災地復興で活用され、そのスキームの多くは現在も継承されている（例：兵庫県編 2016）。また災害ボランティアによる被災地支援やNPO/NGOによる支援活動など、新たな動きも見られた。

兵庫県と神戸市は、関西広域連合においても災害発生時の広域的な自治体間連携の充実強化を図るなど、被災自治体ならではの役割を担っている。阪神・淡路大震災により、兵庫県の行政や社会のあり方は、文字通り、劇的に変化することになった。

それでは、このような情勢のもと、兵庫県はこれまでどのような政策を展開させてきたのか。次節以降では、兵庫県の政策特徴を分析するためのデータと分析方法について説明する。

3. データと分析

3.1 データ

3.1.1 政治学分野における指標としての「選挙公報」

今回の分析では、兵庫県議会議員が公開し

た選挙公報を取り上げ、兵庫県の政策の変遷を論じる。自治体の政策を分析するにあたって、なぜ県議の選挙公報に注目するのか。それは、政治家が選挙時に用いる選挙公報が、有権者からの要望や選挙区の需要を映し出す「鏡」のようなものだからである。

政治学、特に議員研究の分野では、政治家は自身の再選を追求する存在として定義される (Mayhew 1974)。政治家が取り組む選挙区活動や議会内での活動は再選活動の一環として理解され、今回取り上げる選挙公報を通じた政策の提示も有権者等へのアピールの方法の一つとして解される。そして政治家は、選挙区からの要求や需要の高い政策を認識した上で、それを予算や議会活動に反映させる (例：Fenno 1978；Trombork and Schwindt-Bayer 2018)。政治家は有権者にとっての「代理人 (信託者)」であり、選挙での当選を経て、議員としての立場から政策や予算を策定・決定するのである。

それを踏まえると、選挙公報に書かれているのは、自身を選び出す有権者や選挙区が求めている政策のリストであり、政策の実現を有権者に約束して支持を集めるものとして定義できる。すなわち、選挙公報に書かれる政策の内容は、有権者に対する政治家自身のアピールの材料であると同時に、自らを支援する有権者・支持者から寄せられた政策パッケージでもありと言えよう。

その選挙公約の作成・頒布が政治家にとって選挙活動の一環であるならば、政治家や立候補者は、地元の実情の反映させた選挙公報を作成して有権者からの注目を集めるか、政治家がこれまで取り組んできた政策の実績や新たな課題を列挙し、自身の業績を誇示すると考えられる。その意味で、選挙公報は、各

選挙区や選出政治家の活動や政策を知ることができる、貴重な「情報源」であり、選挙区の実情を表した指標である。

以上の議論を踏まえ、本研究では選挙公報の文字情報を、選挙区の有権者・支持者が重視する政策のリストとして捉える。その上で、県議が公開した選挙公報のテキスト分析を通じて、兵庫県でこれまで議論されてきた政策の特徴を論じることとする。

3.1.2 対象とするデータ

ここでは、分析で用いるデータの概要について簡単に述べたい。

次の表4は、戦後の兵庫県における県議会議員選挙の実施状況と、本研究で用いる選挙公報データをまとめたものである。表4にまとめた県議会議員選挙のうち、今回用いるのは、1983年 (昭和53年) から2019年 (平成31年) までの、合計10回の県議会議員選挙の選挙公報データである (表中の網掛け部分)。

なかでも今回は、時間の都合上、当選した候補者のみにサンプルを絞り、選挙公報のデータ化を進めた。選挙公報のデータ化に際しては、兵庫県立図書館に所蔵されている「選挙の記録」のうち、一部を除いて兵庫県議会議員選挙を扱った冊子を取り出し、そこに所蔵されている選挙公約をもとに、筆者自身が公報の文字情報を電子化した。選挙の記録に所蔵されていない場合は、兵庫県選挙管理委員会事務局にデータについて問い合わせを行い、県庁職員とのやりとりを通じて入手した。また、無投票当選の議員については、選挙公報が公開されないため、サンプルから除外している。

今回の分析では、選挙に立候補し当選した候補者の選挙公報を全てデータ化している。

表4：これまでの兵庫県議会議員選挙と分析データの範囲

年	実施選挙	選挙時の知事
1947（昭和22年）	第1回兵庫県議会議員選挙	遠藤直人
1951（昭和26年）	第2回兵庫県議会議員選挙	岸田幸雄
1955（昭和30年）	第3回兵庫県議会議員選挙	阪本勝
1959（昭和34年）	第4回兵庫県議会議員選挙	阪本勝
1963（昭和38年）	第5回兵庫県議会議員選挙	金井元彦
1967（昭和42年）	第6回兵庫県議会議員選挙	金井元彦
1971（昭和46年）	第7回兵庫県議会議員選挙	坂井時忠
1975（昭和50年）	第8回兵庫県議会議員選挙	坂井時忠
1979（昭和54年）	第9回兵庫県議会議員選挙	坂井時忠
1983（昭和58年）	第10回兵庫県議会議員選挙	坂井時忠
1987（昭和62年）	第11回兵庫県議会議員選挙	貝原俊民
1991（平成3年）	第12回兵庫県議会議員選挙	貝原俊民
1995*（平成7年）	第13回兵庫県議会議員選挙	貝原俊民
1999（平成11年）	第14回兵庫県議会議員選挙	貝原俊民
2003（平成15年）	第15回兵庫県議会議員選挙	井戸敏三
2007（平成19年）	第16回兵庫県議会議員選挙	井戸敏三
2011（平成23年）	第17回兵庫県議会議員選挙	井戸敏三
2015（平成27年）	第18回兵庫県議会議員選挙	井戸敏三
2019（平成31年）	第19回兵庫県議会議員選挙	井戸敏三
2023（令和5年）**	第20回兵庫県議会議員選挙	斎藤元彦**

（兵庫県選挙管理委員会HPならびに同発行「選挙の記録」を参考に筆者作成）

*阪神・淡路大震災の影響により、6月に選挙を実施した。

** 2022年2月末日時点。

今回分析に用いるテキストの数（サンプルサイズ）は、競争のあった選挙区において当選した兵庫県議会議員の合計772である。

3.2 分析手法

県議の選挙公報に記されている文字情報をデータ化するためには、各候補者の選挙公報データをファイルに自力で入力して電子化した上で、自然言語処理を施す必要がある。その概要について、簡潔に説明しよう。

今回の分析では、フリーソフトRの

「quanteda」パッケージを利用して文字情報の加工やトリミングを行い、政策に関する単語の析出を実行した⁸（カタリナック・渡辺 2019）。具体的には、対象となるテキスト（「コーパス」と呼ぶ）をトークン化し、実証分析に必要となる文書単語行列（document-term-matrix）を作成する手続きをとることにした。「トークン化」とは、文章や単語を分離するために実行されるもので、簡単に言えば、政治家が作成した選挙公報の文章に含まれる単語やキーワードを取り

8 日本語に関する自然言語処理の手続きについては、カタリナック・渡辺（2019）を参照のこと。

出す作業のことである。文書から単語を抽出することで、どういう政策が議論されているのか、選挙公報に出現する単語の特徴から検討することが可能となる。文書単語行列とは、トークン化によって抽出された単語が、各文書内にどれだけ存在しているのかを行列にまとめたものである。文書単語行列を作成することで、出現単語の特徴を文書間で比較することが可能となる。ちなみに今回は、「バックズ・オブ・ワーズ」と呼ばれる、文中の語の順を考慮しない方法を用いて文書単語行列を作成している。

文書単語行列を作成した後は、各単語に出現する単語の出現回数などをまとめたデータフレーム（行列表）を作成するとともに、分析上必要とされない単語群を削除しなければならない。今回の分析では、分析上不要な単語として各候補者が公報内に記載している「政党名」や「市町村名」をデータフレーム上から事前に削除している。

この作業の結果、抽出された8428単語に基づく文書単語行列（772公約×8428単語）が作成され、さらにそれを整理データ化することで、35095単語によって構成されるデータフレームが完成した。今回の分析では、この文書単語行列によって作成されたデータフレームをもとに、兵庫県の政策の歴史を議論する。

なお、今回の分析では、テキスト分析で頻

繁に用いられる「tf-idf」と呼ばれる数値を用いて、政策の特徴を議論する。このtf-idfとは、「ある単語の1つの文書の中での重要度が、その文書を含む文書のコレクションの中での重要度と比べてどれだけ高いかを示すための統計量」であることを意味する⁹ (Silge and Robinson 2018: 35)。この値は、文書ごと、議員の文書（選挙公報）から析出された各単語にtf-idfが算出されるため、tf-idfによって、議員が自身の提示する単語（政策）をどの程度重要視しているのかを数値化して理解することが可能となる。つまり、それぞれの選挙公報を地域別・年代別に集計することで、それぞれの地域・年代で重視されてきた政策を浮かび上がらせることができるのである。

この点を踏まえ、今回の分析では、各議員の中から算出された単語のtf-idfを自治体・年・県政期（歴代知事）ごとにまとめ、それをもって自治体・時期・党派の代表的な政策と捉えることにする。

4. 分析結果

4.1 地域ごとの政策特徴：「五国ひょうご」の政策

まず、これまでの兵庫の政策について、地域別に見てみよう。今回は、次の表5にまとめているように、兵庫県議会の各選挙区を、計10つの地域ブロックに分類することにし

9 計算の方法は、以下の通り。

$$\text{tf-idf} = \frac{\text{単語}w\text{が文書}a\text{に出現する回数}}{\text{文書}a\text{で出現する総単語数}} * \log\left(\frac{\text{文書の総数}}{\text{単語}w\text{を含む文書数}}\right)$$

ここでの計算は、はじめに単語の頻出度を特定の文書内で算出したあと、その後単語が文書全体でどの程度出現するのかを条件づけている。これを公約に置き換えると、まず左項では、単語wが各議員の選挙公報で見られる割合を計算しtfを求め、その後右項では、単語wが他の議員の選挙公約でどの程度頻出しているのかを計算してidfを算出する。そしてtfとidfを掛け合わせる。tf-idfとは、単に議員の公約に含まれる単語の頻出回数を求めるだけでなく、その単語が他の議員の公約にどの程度用いられているのかを条件づけた上で、その単語の重要度を示す指標である。

表5：兵庫県議会選挙区の地域ブロックへの分類

地域名	構成郡市・選挙区名*
神戸	神戸市全域
阪神北	三田・宝塚・伊丹・川西・川辺郡
阪神南	尼崎・西宮・芦屋
東播磨	明石・加古川・高砂・加古郡
北播磨	西脇・三木・小野・加西・加東・多可郡 (美嚙郡・加東郡)
西播磨	相生・たつの・赤穂・宍粟・揖保郡・ 赤穂郡・佐用郡(宍粟郡(旧安富町含む))
中播磨	姫路・神崎郡 (飾磨郡・合併後の宍粟郡旧安富町域)
但馬	豊岡・養父・朝来・美方郡 (城崎郡・出石郡・養父郡・朝来郡)
丹波	丹波篠山・丹波 (多紀郡・氷上郡)
淡路	洲本・南あわじ・淡路 (三原郡・津名郡)

(兵庫県ホームページ等を参考に筆者作成)

* () 内は旧市町村名

た。以下では、神戸・阪神北・阪神南、東播磨・北播磨・西播磨・中播磨、但馬・丹波・淡路の順にそれぞれの地域ブロックごとの政策について検討する。なお本節の分析は、全期間を含んだものである。

まず図2は、神戸・阪神北・阪神南のブロックごとにtf-idfを集計し、その上位10単語をグラフとしてまとめたものである。これを見ると、神戸・阪神それぞれの地域の特性を反映させた単語が出現している。例えば神戸市の「子育て」や阪神北の「女性」¹⁰、神戸市・阪神南の「福祉」、阪神北・阪神南の「教育」などは、自治体の人口構成や社会環境など社会経済状況を反映していると考えられる。このように、県内でも比較的若者が多く生活する自治体であるからなのか、教育や子育てといった単語が挙がっている。

続いて図3は、東播磨・北播磨・西播磨・中播磨のブロックごとにtf-idfを集計し、その上位10単語をグラフとしてまとめたものである。これを見ると、全体的に「整備」「道路」「地場産業」など、インフラ・社会基盤の整備を連想させる単語が多く挙がっている印象である。また、「活性化」「活力」「パイプ役」「支援」「尽く(す)」なども挙がっており、各地域の活性化への期待が県議に向かっていく様子が見えてくる。他にも「地域」「広域行政」など、圏域単位の政策を連想させる単語も複数挙がっている。

最後の図4は、但馬・丹波・淡路各ブロックのtf-idfをグラフ化したものである。これを見ると、「但馬」「丹波」「地域」など地域ブロックや圏域を連想させる単語がやはり上位に挙がっている。それに加えて、「振興」

10 なかでも阪神北は、女性首長が登場し当選を重ね、また旧社会党党首である土井たか子氏の地盤である宝塚市が含まれており、女性の意識や権利向上との関連を想起させる「女性」が上位に挙がっているのは興味深い結果である。

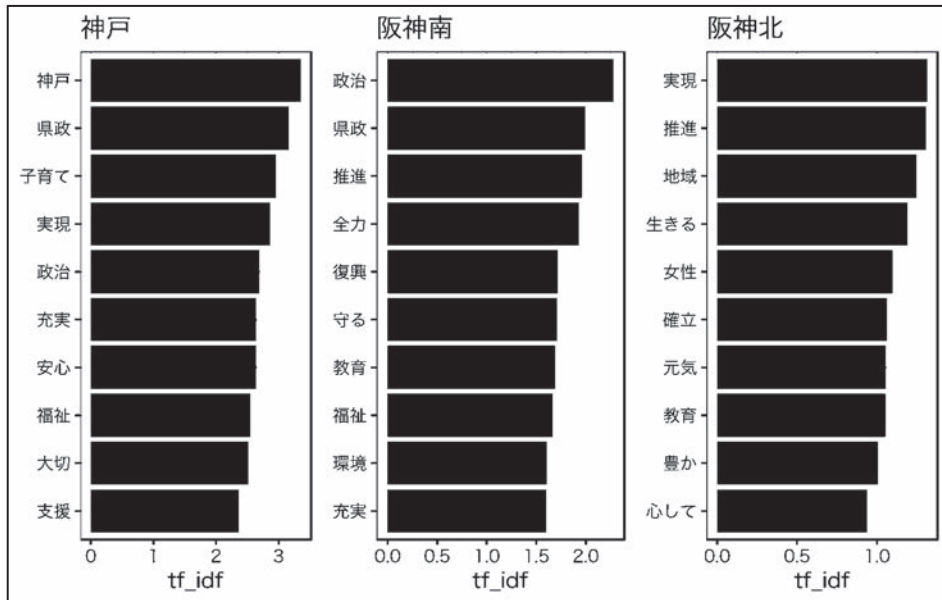


図2：神戸・阪神地域のtf-idf上位10単語

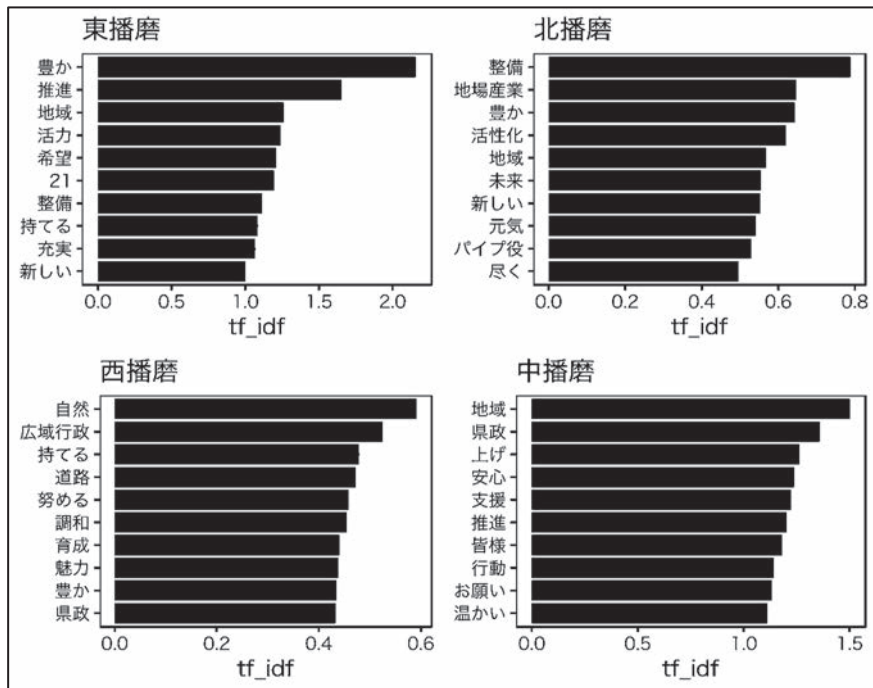


図3：播磨地域のtf-idf上位10単語

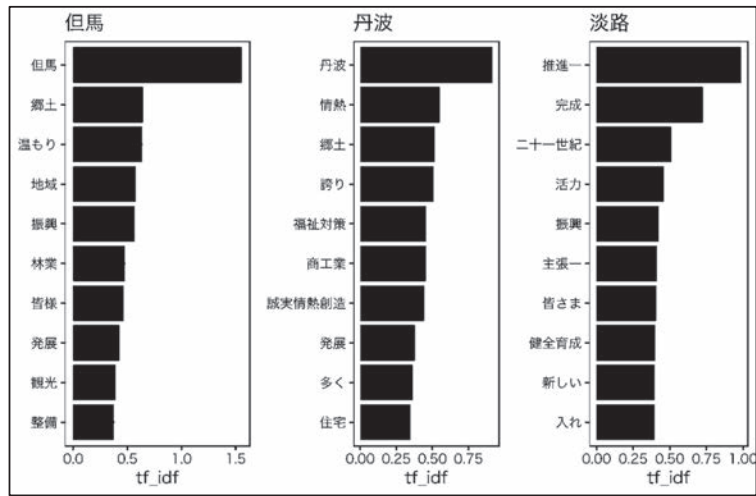


図4：但馬・丹波・淡路各地域のtf-idf上位10単語

「林業」「観光」「整備」「商工業」「完成」「住宅」など、インフラ・社会基盤の整備を連想させる単語が上位に挙がっており、比較的、開発志向が強いことが示されている。また、他の地域にないものとして「郷土」「温もり」「誇り」など、地元イメージに関連する単語も一定数挙がっている。

以上の結果をまとめると、大きく2つの知見が得られた。まず一つは、兵庫県内に存在するブロック間で、取り上げられる政策には大きな違いが見られる。例えば、神戸・阪神地域に比べ、その他の地域では社会基盤・インフラ整備を連想させる単語が多く挙がっている。道路整備やインフラ・ライフラインの整備が現在進行中で進んでいる地域では、重要な政策課題として認識されている。

二つ目は、それぞれの地域ブロックの社会経済の特徴に対応した単語が挙げられていることである。若者が多い神戸・阪神では子育て・教育・福祉が、インフラ整備や産業振興を目指す中播磨や丹波、但馬では林業・商工業・地場産業がそれぞれ挙がっており、地域の社会実情に応じた政策課題が重視されてい

ることが示されている。

4.2 時期ごとの政策特徴：「経済縮小」と「震災復興」

続いて、年代別の観点から重要政策を検討してみる。ここでは、各選挙年の当選議員がどのような政策を重視していたのかを時系列的に見ていくこととする。なお分析では、1983年、1987年、1991年を「震災前の安定成長期」、1995年、1999年、2003年を「震災発災・復興期」、2007年、2011年、2015年、2019年を「ポスト・震災復興期」にそれぞれ割り振って、兵庫県の政策の変遷を検討する。

・震災前の安定成長期（1983・1987・1991）

図5は、安定成長期の県全体のtf-idf上位10単語をグラフ化したものである。これを見ると、1983年は「青少年」「健康」などが、1987年は「売上税（現在の消費税）」「マル優廃止」「売上税導入」が、1991年は「豊か」「活力」「整備」などが特徴語として挙がっている。各年代の情勢を反映した単語が挙げられており、政治家がその時々の問題に対応して

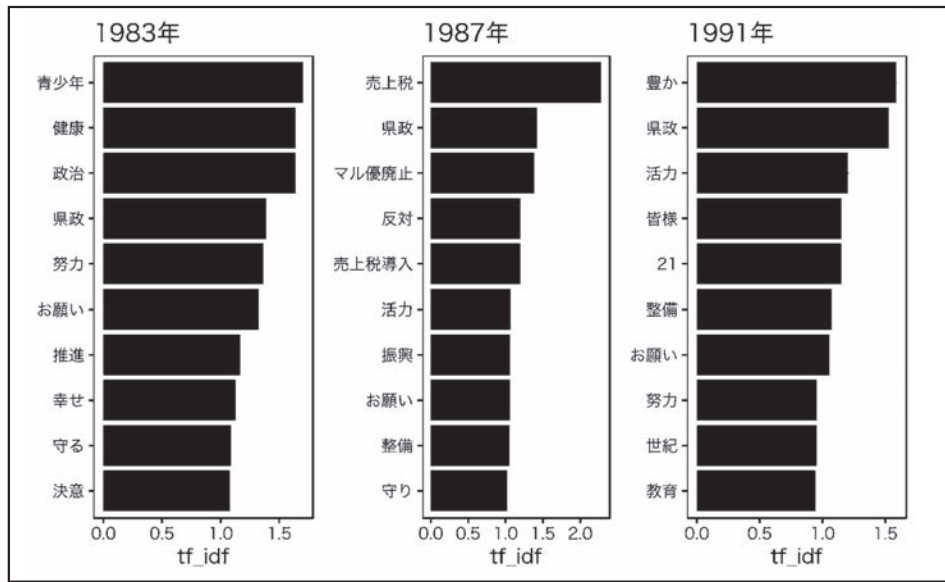


図5：「安定成長期」のtf-idf上位10単語

いる様子が見えてくる。また、「マル優廃止」「売上税」など、当時国政レベルで議論されてきた政策が出現するのも興味深い。それに加え、「整備」「振興」などインフラ整備・産業振興を想起させる単語も挙がっており、経済振興や開発を重視していることも示されている。

・震災発災・復興期（1995・1999・2003）
次に図6を見てみよう。図6は、阪神・淡路大震災発災直後と、その後の復興過程に位置する1990年代後半から2000年代前半にかけてのtf-idf上位10単語をグラフにまとめたものである。1995年は、阪神・淡路大震災発災からわずか5ヶ月しか経っていないため、震

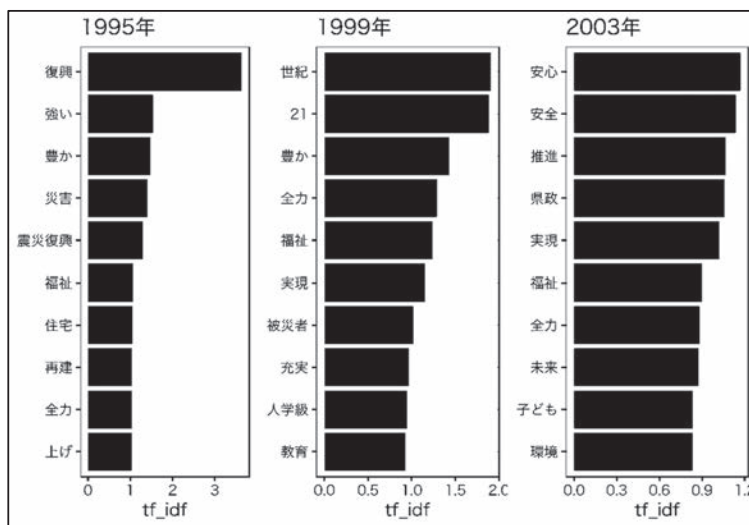


図6：「震災発災・復興期」のtf-idf上位10単語

災を想起させる「復興」「強い」「災害」「震災復興」「再建」といった単語が挙げられている。

震災から4年経過した1999年選挙での当選議員の出現単語を見てみると、やはり「被災者」など震災からの復興支援や避難者への対応を連想させるものが挙げられている。また時流に沿った「21」「世紀」など、1999年ならではの単語のほか、未来志向の政策に言及する議員が多く存在している。2003年については、「安全」「安心」など防災・減災対策を連想させる単語が上位に挙げられている。やはりこの年代は、阪神・淡路大震災に関連する単語が特徴語として出現している。

・ポスト・震災復興期（2007・2011・2015・2019）

最後に、2007年・2011年・2015年・2019年

それぞれの選挙年に当選した議員の公報の特徴について見てみよう。図7は、上記4つの選挙それぞれのtf-idf上位10単語をまとめたものである。

2007年は、2003年と変わらず「安心」「安全」といった防災・減災に関連する単語が挙げられている。2011年は、統一地方選挙直前に発生した東日本大震災に関する言及が多く見られ、阪神・淡路大震災を経験した兵庫・神戸から被災地・東北への応援のメッセージが多くを占めているようである。2015年は、同時期に国主導で進められた地方創生の兵庫版「地域創生」と、大阪府を中心に活動を広げてきた地域政党「大阪維新の会」（現：日本維新の会）に関連する政策が言及されているようである。2019年も、日本維新の会を連想させる「改革」「日本維新」「切る」という単語が挙げられる一方、平成から令和への移り

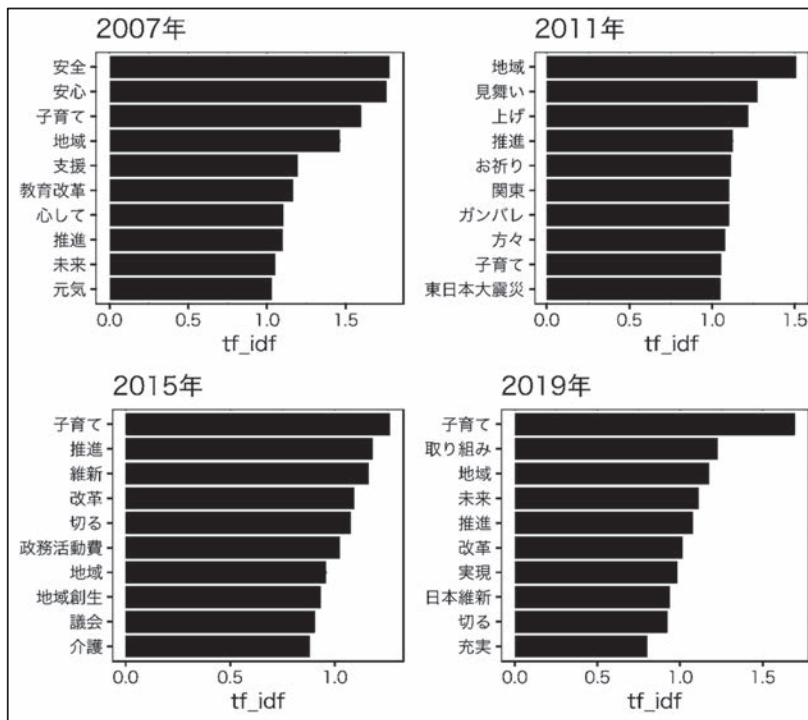


図7：「ポスト・震災復興期」のtf-idf上位10単語

目ということで「未来」や「子育て」など将来を連想させる政策が挙がっている。また一方で、「安心」「安全」など、防災・減災に関連する単語は減少傾向にある。

以上をまとめると、どの時代の政治家も、それぞれの世情か、地域特有の課題に関連する政策を重視し、それぞれ議論されている様子がうかがえる。具体的な傾向としては、1980年代は事業者や企業への傾注を想起させるような単語も数点挙がっていた一方、阪神・淡路大震災発生後は災害復興や防災対策を連想させる単語が挙がるなど、兵庫県の政策関心の移り変わりが読み取れる。

先述のように、阪神・淡路大震災は、兵庫県の政治や社会のあり方に大きな変化を及ぼした。今回の分析からも、阪神淡路大震災を経た1995年の選挙以降は「防災」「安全」「安心」は特徴語として突出し、また2011年の東日本大震災発生時は「防災先進県」として、お見舞いの言葉や復興支援への言及、また、防災政策の充実など、やはり災害に関連する

単語が並んでいる。震災後の1990年代には「復興」「被災者」と復旧・復興の単語が並び、2000年代から2010年代初期にかけては、「安心」「安全」などが並ぶ。そして現在は、「子育て」「未来」「改革」など、新たな単語などに置き換わり、新たな政策課題をめぐっての取り組みが進められているようである。ポスト震災の兵庫県政策は、今まさに転換期を迎えているといえよう。

4.3 知事別の政策特徴：貝原・井戸各時代をめぐる政策の動き

ここでは、歴代知事別にキーワードの違いを見てみよう。表4でも示したように、今回収集した選挙公報データは、坂井・貝原・井戸の3人の歴代知事の県政期に跨っている。サンプル確保の観点から、ここでは「貝原県政時代」「井戸県政時代」にそれぞれ分けた上で、重要視されてきた政策を比較してみよう。

次の図8は、貝原県政期（1987年～1999

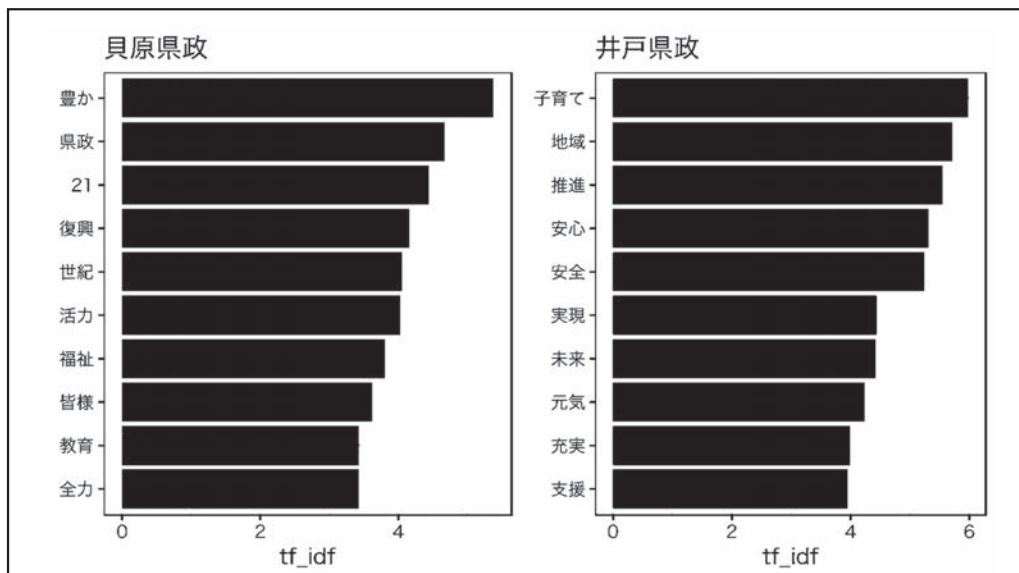


図8：歴代知事県政期におけるtf-idf上位10単語

相まって、中央政府、とりわけ当時政権与党の自民党議員との「系列関係」(井上 1992)を連想させる単語が多く挙がっている。第2節で議論したように、当時の時代背景がこの政策展開のあり方にも影響を及ぼしている様子がうかがえる。他には、「生活」「健康」など、今ほど充実していなかった医療政策や社会保障、また福祉政策に関連する単語も多く上がっており、厚生系・福祉系の政策の充実が望まれていたのではないかと推察される。

・震災発災・復興期 (1995・1999・2003)

次の図11は、震災発災・復興期のグラフである。これを見ると、先ほどと同様、「充実」「支援」「実現」などが挙げられる。前項と同じように、「整備」阪神・淡路大震災への応急対応や復興を連想させる「復興」「災害」なども出現してはいるものの、その他の単語

との関係は特に見られず、これらは「充実」や「福祉」とつながりを有しているようである。それから、先述の通り、やはり「安心」「安全」が出現し、それぞれ「実現」や「地域」を有していることから、震災後の兵庫の防災・減災対策が一定程度言及され、地域に応じた防災対策の実現が図られている様子がうかがえる。

・ポスト震災復興期 (2007・2011・2015・2019)

最後に、ポスト震災復興期のグラフを見てみよう。図12は、2007年から2019年までの選挙公報データをもとに、単語間の共起性を図示化したものである。これを見ると、中心部には、やはり過去2期と同じく「充実」「推進」「支援」「実現」などが出現している。しかし、それとつながりを持つ単語は「教育」「安心」「子育て」「安全」「子ども」など、

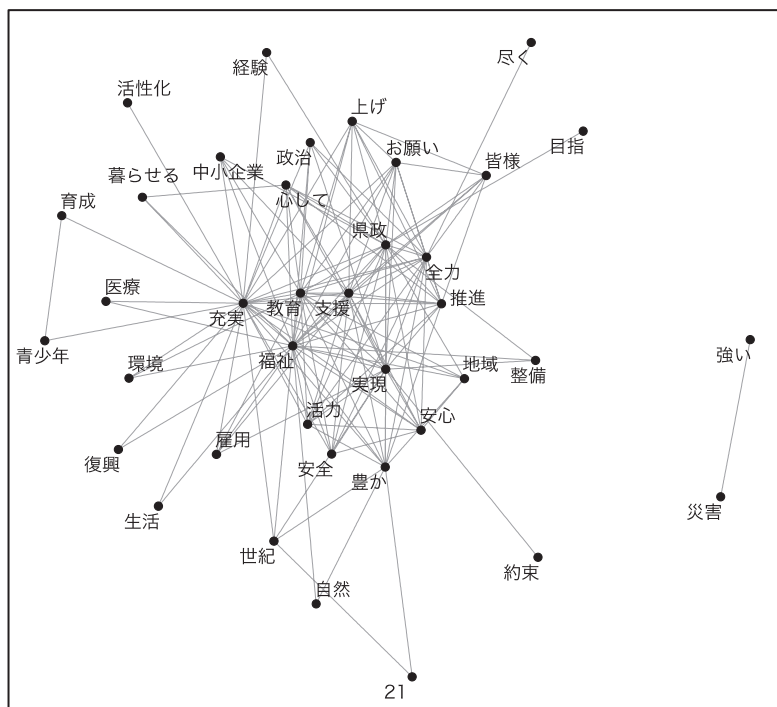


図11：震災発災・復興期 (1995・1999・2003) における単語の共起性

ゲットにした「子育て」「教育」、また震災後は「安心」などが中心的な政策として掲げられている。

このように、兵庫県の政策も、当初は高齢者や支援者等政治家を支援する人々へのメッセージやそれに関連する政策への言及が多かったのに対し、現在は若者や子育て層など政治とは比較的無縁の位置にいる人々の政策が重視されている。この傾向は、兵庫県で取り組まれてきた政策の変化を示す、興味深い傾向である。

5. まとめ

本論では、兵庫県議会議員が公開した「選挙公報」のテキスト分析を通じて、これまでの兵庫県がどのような政策を重視してきたかを定量的に検討した。具体的には、兵庫県内を9ブロックに分類して特徴語をまとめた地域別の分析、1983年から2019年までの各年の選挙を「震災前」「震災復興」「ポスト復興」と分類し特徴語をまとめた時期別の分析、また県政の特徴を踏まえて知事任期別にまとめた県政別の分析、の3つに取り組んだ。また、「震災前」「震災復興」「ポスト復興」時期ごとに、それぞれの政策の主張のされ方がどう異なるのか、政策間のつながりを明らかにするため、共起ネットワーク分析を行った。

分析の結果から、兵庫県は地域に応じて重視される政策に違いがあり、各地の産業構造や有権者の特徴に応じて政策が打ち出されていることが示された。また年代別に見ると、震災前・震災後で重視される政策に大きな違いがあること、また単語の共起性に注目し、各時期において重要視される政策にも時期別に変化が見られること、議員が注目する政策

の論じ方も時代によって大きく異なることが明らかとなった。

今回の県議公報の分析を通じて、県議がどのような政策に関心を寄せてきたのかを明らかにすることができた。そしてこの分析により、兵庫県の政策課題の特徴や歴史を論じるための「経験的基礎付け」を与えることができた。今回の試みは、やや総論的ではあるものの、これまで明らかにされてこなかった兵庫県の政策として県民から何が望まれてきたのか、議員にとってどの分野の政策が重視されてきたのかを明らかにしたものである。従って、今回の分析は、戦後における兵庫県の歴史を論じる上で、一つの大きな見通しを表すヒントになりうると考える。

また、本研究は、政治学への貢献も持つと考える。例えば、地方政治分野では、選挙公報をテーマとして分析した研究は非常に限られる（例外として、砂原・ヒジノ 2013）。今回は、地方議員の選挙公報を対象に県内地域間の政策の特徴を明らかにした。今後は、兵庫県単体にとどまらず、都府県間比較など様々な自治体を含めたり、市区町村レベルに落とし込んで再分析を行うなど、別の視点から分析を進めていくことが必要である。

また、東京や大阪などを対象とした一自治体の研究があるように（例：砂原 2011；砂原 2012）、兵庫県のこれまでの政策の変化について、実証分析からの知見をもとに追跡したのは、本研究が初めての試みである。今回の取組を通じて、自治体政策の形成や実施など政策過程における新たな研究課題の発見が可能となる。さらに、兵庫県における政策過程を理解するのであれば、執政機関である知事の政策関心との関係に注目し、政策における課題発見から実施に至るまでのメカニズ

ムの全容を把握する必要があるだろう。

また、本研究は、自治体の政策決定や課題発見の面でも、貢献を果たすものと思われる。例えば、現在兵庫県では、人口減少や東京一極集中への対応が大きな政策課題として各方面から指摘されている。しかし、今回の分析結果を見ると、多くの議員が若者世代や現役世代を念頭に置いた政策を主張し、実現を目指している。課題解決の糸口であるにもかかわらず、政策がなぜ実行されないのか。もし政策形成や実施を妨げるものがあるとしたらそれは何か。どのような制度・スキームを構築すれば政策を円滑に遂行できるのか。今回の分析を通じて、自治体政策のあり方への問題点を提示するとともに、そこに潜む問題点を議論する機会を与えることができるのではないだろうか。兵庫に限らず、自治体政策の実態を深く観察することで、今後の自治体運営を考えるきっかけを生み出すことができると考える。

今後の課題として、まず、議員・選挙区を単位とした実証分析が必要である。地方政治分野の研究において、一部存在しているものの（例：砂原 2012；芦谷 2020）、地方レベルの議員行動研究は未だ発展途上である。兵庫県議会議員それぞれがどのような政策選好を有していたのか。また歴代の兵庫県議会議員が持つ政策選好が議会活動や政策決定にどう影響を及ぼしたのか。議員の個人属性や党派性など様々な要因に着目しつつ、議員の政策関心が議会活動や政治活動にどう結びついているのか、回帰分析等を用いて明らかにする必要がある。

それから、今後は、分析範囲を広げ、兵庫以外の関西圏の自治体との比較を通じて検討することも必要である。隣接する大阪府や関

西経済圏を構成する京都府など、他の自治体との比較を通じて、兵庫の持つ政策上の特徴を際立たせることが可能となるだろう。

今回は時間の制約上、上記の課題に対応することはかなわなかった。今後、さらに分析を深化させ、政策別・議員別というミクロ的な視点から、兵庫の政策活動の実態について明らかにしていきたい。

【謝辞】

本研究に対し、榎本輝彦さん（(公財)ひょうご震災記念21世紀研究機構）、林昌宏先生（常葉大学）、平野淳一先生（甲南大学）（五十音順）からコメントやアドバイスをいただきました。この場をお借りして、厚く御礼申し上げます。それから、資料の整理をお手伝いいただいた堤献一さん（神戸大学大学院生）にも、感謝申し上げます。また、今回の選挙公報の収集に際し、兵庫県選挙管理委員会事務局の真鍋敦子様より、資料のご提供やご助言をいただきました。重ねて御礼申し上げます。

なお本研究は、科研費20K13420と科研費19H01446の助成を受けています。

参考文献

【邦題】

- 芦谷圭祐（2020）「政令市議会議員の代表活動：委員会発言の量的テキスト分析を中心に」『選挙研究』36(2)：68-79.
- 井上義比古（1992）「国会議員と地方議員の相互依存力学—代議士系列の実証研究—」『レヴァイアサン』10：133-155.
- 大阪湾ベイエリア構想分科会最終報告書（2021）「広域経済圏活性化による経済成長戦略研究会 大阪湾ベイエリア構想分科会最終報告書」兵庫県ホームページ。
URL:<https://www.hemri21.jp/contents/images/2021/04/94ec3d0e0ddf34fb1fd150acb76289a8.pdf>（最終確認：2022年2月23日午前2時40分）
- カタリナック、エイミー・渡辺耕平（2019）「日本語の量的テキスト分析」『早稲田大学高等研究所紀要』11：133-143.
- 加藤恵正（2019）「戦略的広域経済圏の形成と地域の再生—地域創生進化の構図を考える—」『21世紀ひょうご』27：5-14.
- 品田裕（2001）「地元利益指向の選挙公約」『選挙研究』16：39-54.
- 砂原庸介（2011）『地方政府の民主主義：財政資源の制約と地方政府の政策選択』有斐閣.
- 砂原庸介（2012）『大阪』中公新書.

砂原庸介・土野レオナード・ビクター賢 (2013) 「地方政
党の台頭と地方議員候補者の選挙戦略：地方議会議員
選挙公報の分析から」『レヴァイアサン』53：96-116.
曾我謙悟・待鳥聡史 (2007) 『日本の地方政治—二元代表
制政府の政策選択—』名古屋大学出版会.
林昌宏 (2020) 『地方分権化と不確実性：多重行政化した
港湾整備事業』吉田書店.
兵庫県 (2021) 「令和3年度 ひょうご経済・雇用白書」
兵庫県ホームページ公開.
URL:<https://web.pref.hyogo.lg.jp/sr02/r03.html> (最
終確認：2022年2月23日午前4時41分)

【英題】

Catalinac, Amy. (2016) *Electoral Reform and
National Security in Japan : From Pork to Foreign
Policy*. Cambridge University Press.
Fenno, Richard Jr. (1978) *Home Style : House
Members in Their Districts*. Little, Brown.
Mayhew, David R. (1974) *Congress : The Electoral
Connection*. New Haven : Yale University Press.
Tromborg, Mathias Wessel and Leslie A. Schwindt-
Bayer. (2019) "Constituent Demand and District-
Focused Legislative Representation. ", *Legislative
Studies Quarterly* 44(1) : 35-64.
Slige, Julia and David Robinson. (2018) *Text Mining
with R : A Tidy Approach*. O'Reilly.
(大橋真也監訳, 長尾高弘訳「Rによるテキストマイニ
ング：tidytextを活用したデータ分析と可視化の基礎」
オライリー・ジャパン.)

【資料】

- ・内閣府「地域の経済」
- ・兵庫県ウェブサイト
- ・兵庫県「参考：長期時系列データ」
- ・兵庫県「推計人口」
- ・兵庫県企画県民部災害対策局災害対策課ホームページ
- ・兵庫県選挙管理委員会『選挙の記録』
- ・兵庫県「阪神・淡路大震災の復旧・復興の状況について」

※本稿は、機構研究員が自主研究としてまとめたもので
あり、機構として何らかの見解を示すものではありません。

※内容についてご意見等があれば、執筆者（吐合）まで
お寄せ下さい。

<<概要>>

開催日：令和4（2022）年2月19日（土）13時～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、東北大学災害科学国際研究所

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>>

主催者挨拶

中村 史郎 朝日新聞社 代表取締役社長

基調講演Ⅰ

東京都立大学・首都大学東京名誉教授／明治大学復興・危機管理研究所研究員

中林 一樹 「首都直下地震と南海トラフ地震に備える事前防災と事前復興」

基調講演Ⅱ

防災学術連携体代表幹事／東京工業大学特任教授／日本学術会議会員

米田 雅子 「巨大地震・地球温暖化・人口減少にどう備えるか」

パネルディスカッション

テーマ「巨大災害に対する事前防災と復興のあり方」

パネリスト

平田 京子（日本女子大学家政学部住居学科教授）

小林 茂（前東京都危機管理監／現東京都参与）

伊藤 毅（NPO法人事業継続推進機構副理事長）

佐々木 英輔（朝日新聞社編集委員）

コーディネーター

御厨 貴（ひょうご震災記念21世紀研究機構副理事長兼研究戦略センター長・東京大学名誉教授）

総括

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

今村 文彦 東北大学災害科学国際研究所所長・教授

小林 舞子 朝日新聞社東京科学医療部次長（医療担当）



3. 開催結果

■ 基調講演 I 中林 一樹

(東京都立大学・首都大学東京名誉教授／明治大学復興・危機管理研究所研究員)

「首都直下地震と南海トラフ地震に備える事前防災と事前復興」

自然災害が続発・激甚化する中、日本社会は高齢者比率が急増し、2018年で28%に達した。既に超・超高齢社会を迎え、頼りにすべき世代の人口は減り続けている。災害による死亡には直接死と関連死があり、新潟県中越地震、熊本地震、東日本大震災時の福島県では、関連死の人数が直接死を上回っており、その約9割は高齢者である。被災地人口と非被災地人口の割合は、非被災地の要支援者対応等も考慮すると、現時点で首都直下地震が起これば1：4、南海トラフ地震が起これば1：2.7、25年後に起これば首都直下1：2.1、南海トラフ1：1.9と想定され、支援できる方が少ない状態で災害に対峙しなくてはならない。

「南海トラフ地震対策特別措置法」では、「地震津波避難対策特別強化地域」において事前に高台集団移転等を促進する制度を設け、直接死・関連死者数を減らすことを目指している。「地震防災対策推進地域」は29都府県707市町村、そのうち「地震津波避難対策特別強化地域」は14都府県139市町村に上る。しかし、いくら国で対策を決めても、一人ひとりが自分事として建造物の耐震化や避難訓練をしないと被害を防げない。首都直下地震については、2013年ようやく「首都直下地震対策特別措置法」ができた。「緊急対策区域」は10都府県310市区町村で、特に千代田区・中央区・港区・新宿区は「首都中枢機能維持基盤整備等地区」に指定されている。建造物の耐震化を100%にすれば、全壊棟数

の想定を175千棟から27千棟へ、犠牲者数の想定を11千人から1,500人に減らすことができる。また、感震ブレーカーの整備等で電気関係の出火を防止すれば、全焼棟数の想定を430千棟から21千棟へ、犠牲者数の想定を16千人から800人に減らすことができる。

地震のほかに風水害が激化しており、特にゼロメートル地帯では、一度浸水するとなかなか水が引かず、被害が増える。「流域治水」による事前防災が求められる。日本の1級河川109水系、2級河川の12水系で流域治水が展開され、うち首都圏では13地域で、上流域で山や田を手入れして保水機能を維持し、下流域での洪水を防ぐという取り組みがなされている。また、地震などによる広域巨大災害が起きた時に、巨大台風が来ればどうなるか。必ず同時対応を迫られる。今後の災害は「複合災害」となることを想定する必要があるだろう。人口が減っていくなら、地震からも風水害からもより安全な場所に移り住むことも考える必要がある。「流域治水」から「流域防災」に概念を広げ、複眼的な防災整備・防災まちづくりの実現をめざすべきではないか。

阪神・淡路大震災を教訓に東京都で5段階の事前復興計画に取り組んでいる。①復興デザイン・ビジョン、②復興施策、③復興推進マニュアル、④復興計画継続のための訓練、⑤地区計画策定・事前高台移転について啓発・紹介している。大都市でも事前に高台のまちづくりはできる。首都機能の一極集中の

解消も大きな課題だが、コロナ禍を機に大規模な本社機能移転を実行している企業もあり、デジタル化も進むなか、地方分散がトレンドとなっている。南海トラフ地震後の復興

では、首都機能を移転する受け皿づくりが求められる。100年前の関東大震災を教訓に、これからの100年を想像し、安全・安心を創造していきたい。

■ 基調講演Ⅱ 米田 雅子

(防災学術連携体代表幹事／東京工業大学特任教授／日本学術会議会員)

「巨大地震・地球温暖化・人口減少にどう備えるか」

地震はプレートの境界で発生する。日本は4つのプレートが衝突している場所に位置しており、世界の地震の約1割が日本に集中している。プレート境界の地震だけでなく、火山活動による地震もある。

地震の脅威だけでなく、地球温暖化により大気中の水蒸気が増加し、豪雨災害が毎年のように発生するようになった。日本は、地震、火山活動に加え、気象災害も頻発する苛烈な地域となっている。

そこで、防災に関わる61学会が集まり、「防災学術連携体」というネットワークを形成した。本日までご参加いただいている中林先生、平田先生、今村先生にも関わっていただき、内閣府の防災担当とも連携を取って、防災の学術的・技術的研究成果を社会に還元するとともに、社会のニーズを研究に汲み上げている。結成後間もなくして、熊本地震が発生した。現地に入り、学会・政府・自治体と連携を図り、科学的知見を発信した。以後、大きな災害が起きる度に緊急報告会で情報発信している。市民へのメッセージとして、地球環境の変化は自然災害という形で身近に迫っていること、豪雨のあった地域では二次災害に備える必要があること、皆さんには災害の危険性を知る義務と自分や家族を守る責

任があることを、科学的エビデンスをつけて自助の大切さとして訴えた。2018年は大阪府北部地震に始まり、西日本豪雨、連続した台風に記録的猛暑、北海道胆振東部地震と連続して多様な災害が起きた。このため、複合災害への対応の必要性が連携体にとって大きなテーマとなった。そんな最中にコロナ禍が始まり、2020年5月、沖縄県が梅雨に入る前に、風水害に備えて分散避難や避難所の密を防ぐ必要性を発信した。

風水害、地震、感染症の三重苦をどうすればよいのか。視点を変え、日本の歴史を見ると、高度成長期に増えた人口が急激に減少していく。人口増加時に、縄文時代には海だった場所を埋め立てて住むようになったが、元々陸地でない地域は災害に遭いやすい。人口が減ると現在の居住地が余ってくるので、危険な地域から離れ、より安全な場所に移住することを提案する。100年後、6千万人に減った国民が安全な場所で暮らし、余った土地を自然に返し、人と自然が共存できる国土利用ビジョンを考えるべきである。

平時からの地道な取組も紹介したい。一つは防災・復旧・復興に貢献する地域建設業の活動。東日本大震災の発災から4時間後までに約6割の会社が活動を開始した。地域のイ

ンフラや雇用を守り、消防・警察・自衛隊が入る道を開く地域建設業者の役割に目を向けてほしい。二つ目は、民間道や国有林道など、道路地図に載っていない山側・海側等の道を「命の道」として有効活用する。三つ目は、産業界と連携し、新しい林業のシステムを構築し、防災や温暖化抑制に貢献する森林整備を促進する。その際、問題となるのは隣地境界が不明であることで、これについては、デジタル地図上での境界確認を進めていく。また、人口減少に伴い、コンパクト&ネットワークで人の居住地域を集約し、周辺

を自然に返すため、土地所有と管理の問題に取り組む必要がある。自然に返す土地を公有化して産業や防災に有効に活用することを提案したい。

世界の人口は過去200年間で急増している。今後は世界的にも人口減少期に入る可能性がある。感染症は、人が自然に浸食しすぎたことで起こっている面もあり、人と自然の境界を見直し、適正に共存することを日本が世界に率先して実現してほしい。日本は人口減少の課題解決先進国を目指すべきである。

■ パネルディスカッション「巨大災害に対する事前防災と復興のあり方」

パネリスト報告概要

平田 減災復興を市民協働で行う。人は経験すると学ぶが、防災に関心がなく災害を経験していない人たちも含めた防災、しかも環境に配慮した持続可能な防災戦略を日本が世界に発信することが必要。住民自らあるいはコミュニティで災害発生前は住居を耐震補強し防災知識を備え、発生後は迅速に支援し合う。それができるように主体的に訓練を重ねる。それに個人が参加する段階から、他者を支援し他者と協働する段階及び経験ある支援者と繋がり復旧復興にあたる段階を強化したい。具体的に「避難所」について考察すると、必ずしも居住環境は良くないし、感染症の影響で収容人数には限りがある。ホテル等とも協定を結び、受け入れ先を増やそうとしているが、不足する場合、収容人数の最大化を優先するのか、それとも居住スペースの確保を優先するのか、避難所に入れたとして、

避難所生活を続け、関連死を防ぎ、少しでも早く避難所を解消するにはどうすればよいのか。避難所運営をコミュニティ単位で行い、こうした課題を改善するために、普段から地域の訓練に参加し、人と付き合い、ネットワークを作っておきたい。

小林茂 東京都の特性は、①政治経済の中核で、地震被害を受けると国内のみならず国際関係が滞る。②1400万人の都民と500万人の通勤・通学者が存在し、避難者・帰宅困難者が多数発生する。③木造密集地域・高層ビル街・地下街等、救出困難建造物が多い。④外国人の居住者・観光客が災害弱者となる。こうした特性を踏まえ、①災害予防策、②発災時の応急対策、③復興対応策を整備している。①災害予防策としては、建造物の耐震化・火災延焼防止対策・道路通行の確保・陸

海上からの支援ルートの確保などのハード面及び情報発信ツールの充実・地域住民への啓発・救援物資の確保・帰宅困難者対策などのソフト面に取り組んでいる。②応急対策としては、危機管理室を事務局とした「東京都災害対策本部」を設置し、人命救助・消火・交通規制や避難所支援・ライフライン復旧・ボランティア受け入れ等に取り組む。③復興対応策としては、政策企画局を事務局とする「東京都復興本部」を設置し、復興マニュアルを元に地域住民主体の復興を支援する。

伊藤 発災時の経済を支える企業の取組＝事業継続計画BCPを紹介する。災害への「恐怖」は、「計画を作る」という短距離走には効くが、大切なのは計画した内容を続けるマラソンの行動である。企業環境は凄いスピードで変化しており、計画も変化させていく必要がある。ビジネスで儲からない今は、企業に効率性や対応のスピードが求められている。BCPの考えは、阪神・淡路大震災後、東日本大震災前の時期に出てきたが、東日本大震災で限界が顕在化した。綿密な計画づくりではなく、想定外に柔軟に行動できるシンプルな指針づくりが求められている。これからの時代は、そうしたシンプルかつ柔軟なBCPが、平常時の競争力を高める手段になる。ある中小企業では、BCPという言葉も知らないまま、職場の全員が「こんな災害が来たらどう行動するか」ということを付箋に書き、模造紙に貼って共有することを、年に2回、20年続けている。プランを作るより、行動力を磨く。このことは企業に限らず全ての人にあてはまる。

佐々木 一人ひとりの備えにつながる情報発

信として、朝日新聞社では、東日本大震災直後の2012年9月1日の「防災の日」から、特集記事「災害大国」を平常時の啓発として掲載している。内容は、これからどのような災害が起きるのか、どんな備えをしたらよいのか。新聞紙面の場合どうしても総論となり、個別対応を掲載するのは難しいが、我がまち・地域の情報はデジタルで手に入れるなど、多様なメディアを特性に応じて活用してほしい。紙面では、事前復興計画の作成方法や在宅避難の方法、帰宅困難時の行動指針など、直近のテーマを漫画も使ってわかりやすく印象に残るように伝えている。高度成長期に人口が増え、脆弱な土地に居住する人が増えたことも災害の激甚化につながっている。国土交通省が「流域治水」という概念を打ち出したが、中林先生の講演にあったように、流域全体で治水のみならず防災を考慮したまちづくりを行うことを啓発したい。

意見交換概要

御厨 巨大地震が発生すると住民のための避難所が足りない。さらに帰宅困難者はどうすればよいか。

伊藤 事業者は、BCPで従業員が3日間は職場で避難生活できるだけの備蓄や環境整備をすることが求められている。中小企業はそのための環境整備が難しく、大企業は共助として不特定多数の帰宅困難者をいかに受け入れるかが問われる。しかし、まずは一人ひとりの自助が先にあり、そのうえで共助の仕組みを整備する。

平田 自助ができる人が増えるのが望ましいが、自助ができる人しか共助に移行できないわけではない。自助の技術は不十分、でも共助の意識は高い方の存在も認めていく。技術はなくても共助の気持ちのある人は、支援者がいれば避難所運営に携わってもらえるので、自助と共助は並行して取り組みたい。

小林茂 避難者と帰宅困難者を行政は並行して考えている。住民が避難するのが避難所で、帰宅困難者は一時滞在施設へ行く。東京都内で協定を結んでいる一時滞在施設が1,137箇所あるが、災害が発生する前には公表していない。施設の収容能力を超える可能性があり、自宅避難の啓発も含め、災害時にどのように公表し、誘導するかは課題である。

伊藤 自分たちがどこに行くべきなのか、どう行動すべきなのかを知らない人が多い。そこを行政や企業が啓発し、それを一人ひとりが知ることが必要だと思う。

佐々木 人々が冷静に行動できるための情報を積極的に発信することが、報道の役目である。

平田 防災に関心のある方々は、平時から必要な知識を得ようとしている。一方で、関心はないが発災すると支援を要求する「深海魚」のような住民も必ずいる。地域では、お祭りのようなイベントの中に防災を含めるなどして、そういう人々も巻き込もうとしている。

小林茂 行政は、発災から72時間は人命救助

を優先する。全国に応援を要請するが、交通状況によっては、うまく到着できるかわからない。最初の72時間は、自力で生き延びられるよう努めてほしい。

御厨 高知県では、南海トラフ地震に備え、職員の発災直後からのタイムラインを作っている。また東日本大震災では、各省庁から官邸地下に集められた若手職員を自衛隊員が整列させ、順番に業務を指示することにより、迅速に動くことができた。東京都職員の業務遂行体制はいかがか。

小林茂 都庁では、総合防災部150名については、全員徒歩30分以内の場所に居住している。少なくとも半数は30分以内に集合、夜間でも全員2時間以内に集合して災害対策本部会議を開催する。その後区市町村の体制や状況を確認し、必要な所には職員を派遣する。直後以外は2交代でシフトを組む。本部には2時間分の業務を記したファイルが50冊並べてあり、それを登庁した職員が順番に取り出し、書いてある業務を遂行する。それらの業務を行えるよう平時に訓練をしている。

伊藤 こうした都庁の取組は、産業界では「生産管理」の方法論。生産管理でも防災でも、タイムラインコントロールが最も重要である。防災行政と産業界はもっと繋がりを持つ必要があるのではないか。

佐々木 平時の取組を発災時につなげる「フェーズフリー」という考え方が、職場でも家庭でも必要である。

御厨 視聴者からの質問が3つある。最初の

質問は、「地下鉄で地震に遭遇した場合、乗務員の指示を待っていていいのか？」

小林茂 津波の想定がない場合、都内の地下鉄は緊急停車し、動かせる状況なら最寄りの駅まで行って乗客を降ろす。動けない場合は、当該鉄道本社からの指示に基づき、乗客を誘導する。地上が混乱していれば、駅構内または改札付近に留まる。津波の恐れがある場合は、迅速に地上へ誘導する必要がある。停電の場合は、非常用電源などで電気を確保し、乗務員が誘導する。

御厨 次の質問は、「木造住宅密集地域で火災延焼クラスターから逃れるための具体策は？」

平田 質問者は初期消火対策や一斉避難対策の啓発活動を行っているようだが、その行動がとても大切である。火災は津波ほどスピードがないので、早く対処すればバケツリレー・初期消火活動によって防げる。学校でも消火訓練は実施されるようになっている。若い力に期待したい。

佐々木 リアルタイムで火災が起きている地域に対して報道ができることは限られているが、SNS等を活用して情報を得ていただくことはできる。

伊藤 バケツリレーの発想は、火災だけでなく、高層マンションに住む高齢者に物資を届けるためにも必要だと思う。平時にマンションバケツリレー競争をしてもよいかもしれない。

小林茂 東京都は、火災防止のため木造住宅密集地域をなるべく解消していこうとしているので、施策へのご協力をお願いしたい。また、初期消火活動は大事だが、消しきれない事態もあり得るので、その時は早く諦めて速やかに逃げてほしい。

御厨 三つ目の質問は、「コロナ禍中に首都直下地震が起こる複合災害が発生した場合、政府で医療・救援・支援はどう検討されているか？また、個人の備えは従来通りの防災・減災・備蓄でよいのか？」

小林茂 東京都として、コロナ禍発生時からの対応について検討している。対応力をコロナにも振り分ける必要があるが、一定の必要量は確保できているし、都内外の被害のある所ない所で調整をかける。避難所等については、ソーシャルディスタンスによる制限が大きいため、民間との協定で増やすことを検討している。また、住民の皆様には、感染症対策のための備蓄や、遠方避難・自宅避難などの備えをお願いしたい。

御厨 巨大災害だから何もできないと諦めるのではなく、小さな知恵を出し合って立ち向かいたい。

■ 総括

小林舞 熊本地震で避難所を取材した時、学校のプールの水をバケツリレーでトイレに運んでいる光景を見た。火災でも地震でもバケツは必需品である。このシンポジウムで、まずは人の命を守る、そのために一人ひとりの意識と行動が必要であること、次に生き延びた後、避難所生活、生活再建、復興まちづくりへと続く「事後行動力」をどう身につけるか、この二点が大事であることを確認した。巨大地震の被害想定を聞くと深刻さにうなだれるが、自助・共助を大事にし、希望を持って防災行動を続けていかなければならない。

今村 首都直下地震でも南海トラフ地震でも、人智の想定を超えた複合災害となることが予想される。解決策を事前に見つけることは難しいが、復興・復旧を遅らせるボトルネックを見つけてポイントを押さえておくことは必要である。まちづくりは、命を守るだけでなく、生活・生業を再建する、歴史・文化を継承する視点も必要になる。まちづくり計画の中に防災を取り入れることを、東日本大震災の経験から世界に発信したい。新たに日本海溝・千島海溝沿いで巨大地震が起きる可能性があり、被害想定が示された。我々は事前防災対策により人的被害を軽減しなければならない。最悪20万人近くの被害想定を、事前対策により3万人まで減らすことができるが、これを0にしたい。人的被害こそ、一人ひとりの努力によって軽減できる。研究所では、津波到達・避難のシミュレーションを開示し、それをもとに新しい避難訓練を対象地域に提案している。スマートフォンは、非常時にどこまで使えるかわからないが、情報

収集・発信・共有に重要なツールである。若い大学生・高校生が主体となって地域住民に災害時の使い方を提案し、世代間で連携しようとしている。人は災害を経験し、教訓を得ても忘れてしまう。災害に対する「レジリエンス力」を高めるには、忘却に抗い、様々な危機から生き残る力を高めることが必要である。逆境を生き抜く力のベースは、学ぶ力にある。日頃から様々な形で災害について学び、新たな災害文化をつくる必要があるのではないか。

五百旗頭 今回のシンポジウムでは、課題の多い南海トラフ地震、首都直下地震に踏み込んだ。中林先生からは、地球温暖化等により自然災害の苛烈化に加え、高齢化等で社会も脆弱化し、災害関連死の大部分が高齢者であることが指摘された。対策は困難だがいくつかのヒントは得られたかと思う。ひょうご震災記念21世紀研究機構は、今村先生の協力も得て、東日本大震災10年を検証し、岩波新書から本を出版している。現在、南海トラフ地震対応の研究を進めており、三重県の伊勢湾沿岸の自治体では、津波到達時間内にいかに避難するかを啓発した上で避難タワーやマップを作っている。浸水の恐れがある湾外の南伊勢町では、安全に逃げられる避難路を確保している。高知県では、国の半額補助に加え、県からも4分の1補助金を出すと決めたため、各地域に避難タワーが建設された。徳島県美波町では、高台避難対策に国から7~8割の補助が見込めるようになった。米田先生からは、防災学術連携体という、縦割りの学会・科学者を防災という横軸でつなぐ組織

をご紹介いただいた。人口が急激に減少するならば、人は自然災害が少ないより安全な地域に移り、空いた土地を公有地化して自然に戻していくことをご提案された。伊藤さんからは、企業のBCPは立派なマニュアルを作るより模造紙に思いついたことを貼り出す方が有用であると指摘されたが、それを東日本大震災時に実践したのが相馬市である。市長を中心にすぐにすべきこと、中期的・長期的にすべきことを大きな模造紙に一晩かけて書き出した。皆が地道に平時からすべきことをBCP化し、家庭でもどうすべきか話し合い、72時間生き延びられるように備蓄等に努めても、巨大な数の人々がどう動き、どんな被害が出るか想定が難しいのが首都直下地震である。東京都ではさすがに多様な想定で備えているという印象を受けた。しかし、発災から72時間の中で火災が発生したらどうするのか。バケツリレーという話が出たが、実際に火災を軽減するのは、江戸時代から住民の初期消火と町火消しの力だった。現代の町火消しである自主防災組織を中心に、そうした小さな取り組みを大事にしたい。また、こうした自助・共助を支えるため、公助の力も充実させなければならない。国として防災庁という専門的な組織が必要であり、新型コロナウイルス等の感染症に対応する防疫庁も併せて必要ではないか。

4. シンポジウムの情報発信

2月19日のシンポジウムの内容について、3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/](https://www.hemri21.jp/research-strategy-center/academic-exchange/a-e-intellectual-exchange/)) に掲載することになっている。

東日本大震災復興の総合的検証 — 一次なる大災害に備える —

東日本大震災の被災地では、復興に向けた取組が現在も続いており、震災で受けた被害が広域かつ甚大であったことから、復興への道のり、そして復興の形は多様なものとなっている。

(公財)ひょうご震災記念21世紀研究機構(研究戦略センター研究調査部)では、平成28年度から4年にわたって研究プロジェクト「東日本大震災復興の総合的検証—一次なる大災害に備える—」に取り組み、その研究成果報告会をオンラインで開催した。

本研究プロジェクトでは、被災3県(岩手県、宮城県、福島県)を対象に、まちの復興、生活の再建、生業の復活に重点を置きながら、復旧・復興プロセスについて総合的に検証を行うとともに、南海トラフ地震など将来予想される国難災害に備え、新しい発想で対処していくための知見をとりまとめた。報告会では、研究調査の過程で得られた知見を報告し、復興の道のりを振り返るとともに、今後の復興のあり方について考えた。

【日時】 令和4年2月9日(水) 13:30~16:30

【形式】 オンライン開催

【主催】 (公財)ひょうご震災記念21世紀研究機構

【後援】 兵庫県、関西広域連合

【内容】 *基調講演

「たかが10年 されど10年 — 災後の時代の先に希望はあるか? —」

講演者: 御厨 貴 (公財)ひょうご震災記念21世紀研究機構副理事長
兼研究戦略センター長

*パネルディスカッション

「東日本大震災復興の総合的検証 — 巨大災害の教訓と復興のあり方 —」

コーディネーター : 飯尾 潤 政策研究大学院大学教授

パネリスト : 広田 純一 岩手大学名誉教授

田村 圭子 新潟大学危機管理本部危機管理室教授

林 昌宏 常葉大学法学部准教授

山本 正徳 岩手県宮古市長

今里 直樹 (株)河北新報社編集局報道部長

報告会では、研究プロジェクトリーダーで当機構副理事長兼研究戦略センター長の御厨貴が、「たかが10年 されど10年 — 災後の時代の先に希望はあるか? —」をテーマに基調講演を行った。そのなかで、我が国の国土計画の経緯に着目し、戦後に平穏期が続いたことで国土計画は災害発生を前提にしない「永遠の発展論」となっていたと指摘。数々の大災害を経て「災後」の時代を迎えた今、国土の発展や保全は災害を前提にしなければならなくなったことや、事前復興の取り組みの難しさについて述べた。また、震災伝承についても触れ、震災にまつわる記録や公文書を残すアーカイブシステムが整ってきた一方で、年月を経て、語り部の語る内容が「矛盾もなく角のとれた」話となり、語る内容を選別するようになるなど、震災の雰囲気は伝わりにくくなっている状況を指摘した。

パネルディスカッションでは、「東日本大震災復興の総合的検証 — 巨大災害の教訓と復興のあり方 —」をテーマに、研究プロジェクトのメンバーのほか被災地関係者や有識者を交え、被災地における多様な復興の歩みやコミュニティの再建、事前復興計画、伝承等について議論した。パネリストからは、「語り継ぐことが災害から地域を守ることにつながる。」「次なる大災害への教訓として、過去の教訓活用は重要。準備に完璧はないが、準備していないことを急にはできない。」「事前復興計画を用意することは難しいが大事。行政も住民も一歩を踏み出さないと変わっていかない。」「被災地では地域コミュニティが分断を強いられ、その再建は大きな課題だった。コミュニティは『人が集まれば自然にできる』ものではなく『つくる』もので、そうした視点での支援が求められる。」「復興では、人口減少の中で意欲ある若者や被災地外の人をどのように取り込むかが重要になる。」等の報告があった。そのほか、今後発生する災害からの復興においては財政的な制約を受ける可能性があることから、単なる原状復帰ではなく都市機能を縮小させた「コンパクトシティ」を目指すことを視野に入れておく必要性を指摘する声もあった。

総括では、パネルディスカッションのコーディネーターである飯尾 潤 政策研究大学院大学教授が、次なる災害に備えて、経験を伝えることや日頃から地域で準備しておくことの重要性を訴え、報告会を締めくくった。

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「気候変動と防災・危機管理」 に関連するもの（平成23年度以降のもの）

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

発表日：平成30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：災害時の広域連携支援の役割の考察
（中間報告2）

発表日：平成26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：国際防災協力体制構築の検討
～アジアを中心に～（中間報告）

発表日：平成25年3月

タイトル：災害時の広域連携支援の考察
（中間報告1）

発表日：平成25年3月

タイトル：県民参画・協働型の地域エネルギー
システムの構築

発表日：平成25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/research-strategy-center/research-investigation/r-d-reaserch-result/>

■「21世紀ひょうご」第31号発行以降のもの

○こころのケアセンター

タイトル：研究紀要：「心的トラウマ研究」
第17号

発表日：令和4年2月

掲載先：<https://www.j-hits.org/>

バックナンバー

詳細は、ホームページ (<https://www.hemri21.jp/research/research-the21-hyogo/>) をご覧ください。

vol.	発行年月	特 集
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－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－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
10	2011.3	生物多様性
9	2010.12	21世紀型の社会保障のあり方

vol.	発行年月	特 集
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。

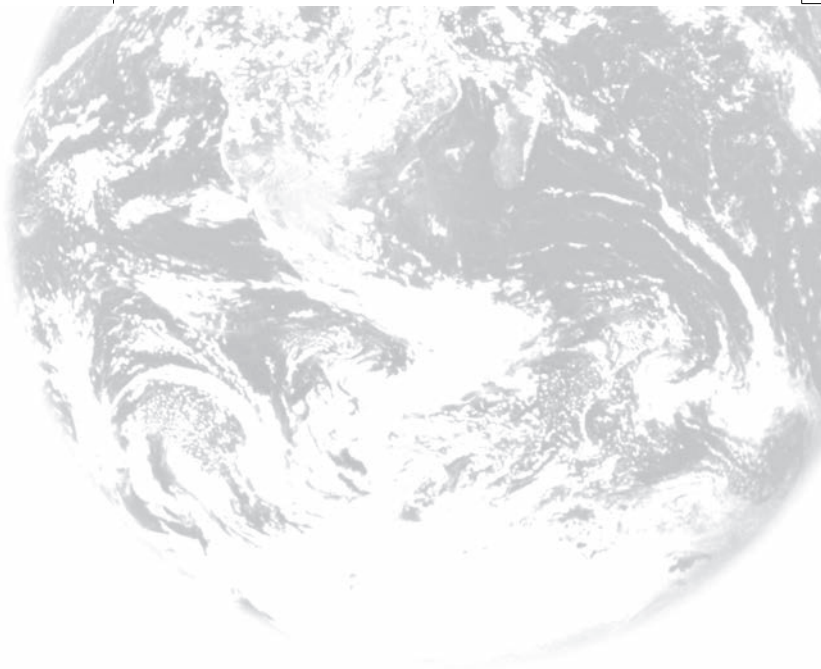
■お問い合わせ先・お申し込み先■

公益財団法人ひょうご震災記念21世紀研究機構 研究戦略センター交流推進課

住所：〒651-0073 神戸市中央区脇浜海岸通1-5-2 人と防災未来センター 東館6階

TEL：078-262-5713 FAX：078-262-5122

E-mail：gakujutsu@drine.jp



21世紀ひょうご 第32号

令和4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