

季刊

消防防災の科学

秋
2024

特集

大雨災害への防災・減災（その3）

令和6年能登半島地震（その2）

■ 連載講座

歴史に学ぶ（第2回）

火事は天皇をも退位させた?!..... 歴史家・作家 加来 耕三

知っておきたい気象用語の豆知識（第6回）

「エルニーニョ現象」と「ラニーニャ現象」

..... 気象予報士（元気象庁）饒村 曜

158

一般財団法人 消防防災科学センター

この季刊誌は、宝くじの社会貢献広報事業として助成を受け作成されたものです。





一輪車



宝くじ桜



子宮がん検診車



宝くじは、みんなの暮らしに役立っています。



救急普及啓発広報車



宝くじドリームジャンボ絵本



集会用テント



「健康手帳」(冊子)



ベンチ



リスザル展示施設

宝くじは、少子高齢化対策、災害対策、公園整備、教育及び社会福祉施設の建設改修などに使われています。



一般財団法人日本宝くじ協会は、宝くじに関する調査研究や公益法人等が行う社会に貢献する事業への助成を行っています。

一般財団法人
日本宝くじ協会
<https://jla-takarakuji.or.jp/>





加佐の岬（加賀市） 写真協力：公益社団法人 石川県観光連盟



義経の舟隠し（石川県志賀町） 写真協力：公益社団法人 石川県観光連盟

消防防災の科学

No.158 2024. 秋

巻頭随想

今こそ防災対策の大転換を

神戸大学 名誉教授 室崎 益輝 2

特集 大雨災害への防災・減災（その3）

- 1 豪雨災害から命を守る～どうしたら避難したくなるか
京都大学防災研究所 教授 矢守 克也 4
- 2 タイムライン防災のいま～国内導入から10年が経過して～
東京大学大学院 情報学環 客員教授 松尾 一郎 8
- 3 防災における体力の重要性と災害対応力向上に向けた取り組み事例
大阪公立大学 都市健康・スポーツ研究センター大学院医学研究科運動環境生理学
都市科学・防災研究センター（兼任研究員） 准教授 今井 大喜 14
- 4 大気の川と極端降水について
筑波大学 生命環境系 助教 釜江 陽一 20

特集 令和6年能登半島地震（その2）

- 1 令和6年能登半島地震による石川県の津波調査
金沢工業大学 工学部環境土木工学科 准教授 有田 守 25
- 2 令和6年能登半島地震に伴う地盤の液状化と今後の対策
金沢大学 理工研究域 准教授 小林 俊一 30
- 3 令和6年能登半島地震後の被災者支援－保健学の立場から－
金沢大学 医薬保健研究域保健学系 教授 田中 浩二 36

火災原因調査シリーズ（114）

ブレーキパーツクリーナー（エアゾール製品）により発生した静電気火災について
北九州市消防局 40

■連載講座

歴史に学ぶ（第2回）

火事は天皇をも退位させた?! 歴史家・作家 加来 耕三 45

知っておきたい気象用語の豆知識（第6回）

「エルニーニョ現象」と「ラニーニャ現象」 気象予報士（元気象庁） 饒村 曜 48

編集後記

カラーグラビア

バックナンバー

消防防災の科学バックナンバーは、右記のQRコードからご覧いただけます。



今こそ防災対策の大転換を

神戸大学 名誉教授 室 崎 益 輝

能登半島での地震とそれに追い打ちをかける豪雨は、まさに私たちが不確実な災害の時代の渦中にあることを教えるとともに、旧弊に縛られたわが国の防災対策を根本から変えることを求めている。

大転換が求められる背景

防災対策の転換が求められる背景として、以下の4つを指摘することができる。

第1は、災害の激化である。経験したこともないような激甚な災害が次々と襲ってくる時代にいるということである。地球全体が災害の時代を迎えているが、日本も例外ではない。地球温暖化の影響で豪雨災害の規模も頻度も大きくなっている。地震の活動期を迎え巨大地震が発生するリスクが増えている。災害の破壊力がとてつもなく大きくなっているのだ。災害が進化すれば防災も進化しなければならず、旧態依然とした防災に安住していることは許されない。

第2は、被災の苦しみである。事後の災害対応の弱さゆえに間接被害が極限にまで膨れ上がる時代にいるということである。非人間的な避難環境が災害関連死の増大を招いている。非民主的な復興計画がコミュニティの崩壊を招いている。間接被害の増大が、被災者と被災地の自立する可能性を閉ざしてしまっているのだ。自立と自尊なくして社会の存続はあり得ず、人間の尊厳を踏みにじる防災からの脱却が求められる。

第3は、社会の変容である。少子高齢化や過疎過密化などが急速に進んだ結果としての脆弱で無縁な社会にいるということである。経済も高度成長から安定成長に移行している。町内会の参加率が下がり地域コミュニティの連帯性が弱まっている。自治体職員の数が減り行政の緊急対応力が低下している。社会が変われば防災も変わらざるを得ず、社会の変容に即した防災を迫及しなければならない。

第4は、技術の進化である。防災に関わる技術の革新や情報の集積が飛躍的に進んだ社会にいるということである。情報技術やIT技術の進化が著しい。防災研究が進み防災技術の発展が著しい。内外の先進事例も数多く紹介されている。ローテクにハイテクを組み合わせ、ハードウェアにソフトウェアを組み合わせ、最先端で最高度の防災を構築しなければならない。

大転換が求められる方向

災害が巨大化、頻発化、多様化、複合化、長期化する傾向にある。その傾向に真正面から向き合う必要がある。その災害の進化を踏まえた大転換の方向として、以下の4つを指摘することができる。

第1は、減災協働である。多様な対策を組み合わせるとともに多様な主体が互いに連携して、災害の巨大化に立ち向かわなければならない。減災は、対策の足し算による被害の引き算をいう。ここで

は、時間の足し算、空間の足し算、人間の足し算、手段の足し算がある。中でも人間の足し算が肝要で、行政主導を改め、行政、コミュニティ、企業、市民団体の正四面体を構築することが求められる。

第2は、公衆衛生である。社会の基礎体力を醸成して、災害の多様化と頻発化に立ち向かわなければならない。様々な災害が次々と起こる現代は、様々な病魔が襲いかかる状況に似ている。多様な病魔を乗り越えるうえでは健康な体力づくりが必要のように、多様な災害を乗り越えるうえでは健康な社会づくりが必要である。ライフスタイルの見直しや自然との共生さらにはコミュニティの醸成が求められる。SDGsの推進も欠かせない。

第3は、個別対応である。被災者も多様化し被災状況も多様化している。被災者の個別状況に即してオーダーメイドで、被災や再建の多様化に立ち向かわなければならない。外国人や低所得者などに対する細やかな支援が求められる。それぞれが置かれている状況に応じ、避難行動の支援や避難生活の支援さらには住宅再建の支援などをはからねばならない。個別避難支援計画やケースマネジメントが求められる所以である。

第4は、タイムラインである。対策ごとの時間目標を守って迅速な回復をはかり、災害の複合化や長期化に立ち向かわなければならない。補填残心という言葉がある。自律分散という言葉もある。速やかな対応をはかって長期拡散や連鎖複合を防ぐことを求めている。常に次の災害が起きることを念頭に置き、応急復旧のトリアージに努めることを求めている。

大転換が求められる課題

そこで、転換すべき課題を提起しておきたい。大転換が求められる領域として、以下の4つを指摘することができる。

第1に、非人間的な避難所環境の改善が求められる。雑魚寝とおにぎりに代表される避難所の劣

悪な環境は、この50年間まったく変わっていない。それは関連死や落ちこぼれの温床になっている。被災者に寄り添うという視点、人間らしい環境という視点、自立と復興につなげるという視点から、避難所環境の抜本的な改善が求められる。イタリアや台湾などの先進事例に謙虚に学ばなければならない。

第2に、非効率的な住宅再建のプログラムの改善が求められる。避難所から仮設住宅さらに復興住宅という単線的な再建プログラムの見直しも、コミュニティの再建と切り離された個別的な再建プログラムの見直しも必要だ。何よりも住宅再建の時間短縮をはかることが欠かせない。2年以内に安定した生活環境を取り戻せるようにしたい。そのために、恒久住宅や準恒久住宅の整備を急ぐこと、自力再建の支援メニューを豊かにすること、住宅再建相談の体制を確立することが求められる。再建共済制度の確保も欠かせない。

第3に、非協働的な主体間の連携システムの改善が求められる。わが国では、統合的で横断的なオペレーションができる態勢にない。いうまでもなく、防災は極めて総合的で包括的なものである。その総合性に見合った統括的な態勢をつくらなければならない。行政の縦割りを排した統括的な体制を構築すること、ボランティアを含めた官民の協働的な体制を構築すること、海外も含めた広域の応援と受援の体制を構築することが欠かせない。そのための情報共有システムの整備もいる。

第4に、前近代的な防災関連法規の抜本的な改善が求められる。災害救助法が制定されて77年、災害対策基本法が制定されて63年が経過する。その制定時と災害の動向や社会状況は現在と大きく異なる。それゆえに、それらが逐次改正されてきたとはいえ、今のニーズには合致せず遅れたものになっている。予防から復興への減災サイクルに応じた体系、不測の事態に対応できる弾力的な体系、そして何よりも人間を中心におく人道的な体系に作り替える必要がある。

□豪雨災害から命を守る

～どうしたら避難したくなるか

京都大学防災研究所 教授 矢 守 克 也

1. 「避難スイッチ」と「セカンドベスト」

筆者は、これまで各所で、豪雨災害から命を守るための避難行動の鍵は、突き詰めれば、避難する当事者（住民）が、「いつ」逃げるか、そして「どこに」逃げるか、この2点について、文字通り当事者意識をもって準備しておくことだと述べてきた（例えば、矢守, 2021; 矢守, 2024）。その上で、この2点について考えるためのキャッチフレーズとして、「避難スイッチ」（「いつ」に関して）、および、「セカンドベスト（次善）」（「どこに」に関して）を提唱した。このうち、「避難スイッチ」については、本誌「消防防災の科学」でも、2度ほど触れる機会を頂戴したので、本稿では、「セカンドベスト」の方に焦点を当てる。そして、この「セカンドベスト」は、本稿の副題「どうしたら避難したくなるか」とも実は密接に関連している。

2. 「セカンドベスト」とは何か？

土砂災害のレッドゾーン（特別警戒区域）にもイエローゾーン（警戒区域）にも引っかかり、洪水、津波の浸水域でもなく、耐震性にも優れ、何があっても絶対安全な避難場所に十二分な時間的余裕をもって避難する。たしかに、それー「ベスト（最善）」の避難ーが理想である。自治体職員は、「何かあったら困るので、行政とし

ては、そういう場所しか指定できない」と訴える。他方で、その原則を守りきれない事例を見つけては、研究者やマスコミは、「この公民館、避難所になっていますけど、土砂災害のイエローゾーンがかかっていますよね」などと厳しい視線を向ける。

しかし、特に中山間地を中心に、豪雨災害を含めあらゆる災害に対して「絶対安心」な場所など、ほとんど見いだせないことも多い。また、仮に合格点に達する施設が見つかったとしても、クルマで15分、歩くと1時間以上を要する隣の集落だという話もよく耳にする。そのような事情もあって、現実には、「ベスト（最善）」の避難場所に余裕をもって避難することがかなわないことも多い。ところが、そのような状況下でも「何とか手を打つ」ための研究や訓練が不足しているために、犠牲に歯止めがかからない。

言いかえれば、今求められているのは、最善の避難（理想論）だけに固執せず、最善の避難の可能性が閉ざされたときにも、「セカンドベスト（次善）」、「サードベスト（三善）」の手を打つための実力を養成することや、そのための支援や情報の方である。「最善」ばかりを追い求める避難場所の指定や避難訓練が、逆説的に人命を奪っている恐れは十分ある。この意味での「セカンドベスト」を追求するために、筆者らは新たな避難訓練手法を複数提案し実践の場に適用してきた。これらの手法について次節以降で紹介しよう。

3. 「2階まで訓練」

この訓練は、文字通り、自宅の2階まで避難するための訓練である（図1）。主に、豪雨災害による被害を意識して実施しており、言わゆる「垂直避難」の一種である。したがって、直ちに次のような批判の声が聞こえてきそうである。「自治体等が指定した安全な避難場所に、十分な時間的余裕をもって前もって（立ち退き）避難するのが原則である」、「浸水深が3メートルを超える、河川近くのため建物が流失する恐れがある、大規模な土砂災害が予想されるなど、2階に逃げただけでは安全を担保できない」など。こうした懸念や批判があることは、筆者も重々承知しているつもりである。だから、それが「ベスト」ではないことは、十二分に当事者に伝え意識してもらった上で、この種の訓練は実施している。つまり、上記の言い分はもっともではあるが、まさに、その理想論が、助かる命を助からなくしてきた側面にも光を当てるべきではないか—これが、「セカンドベスト」のアイデアである。

実際、西日本豪雨（2018年）など近年の豪雨災害では、建物の1階で—しかも2階建て住宅の1階で—犠牲になるケースが後を絶たない。たとえば、西日本豪雨の被災地、岡山県倉敷市真備町では、合計51人の方が犠牲になった。このうち、65歳以上が45人（約90%）、自宅で亡くなった方が44人（約86%）である。しかも、自宅の1階で亡くなった方が42人（約81%）で、さらに、42人の

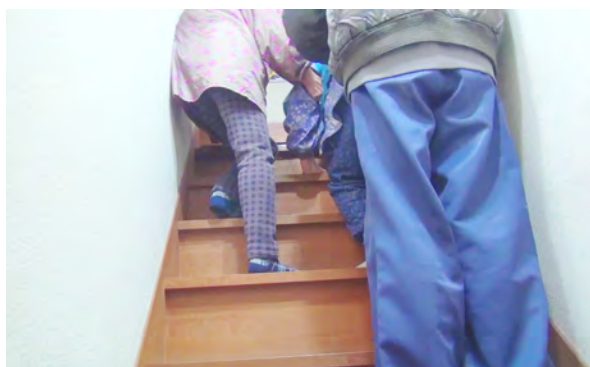


図1 屋内避難訓練（2階まで訓練）の様子

うち半数の21人は、2階建ての住宅の1階部分で犠牲になっている（朝日新聞社、2018）。たしかに、真備町の浸水は大規模で、2階部分まで浸水した住宅が（近年の水害の中では）多い。しかし、牛山（2020）は、土砂災害を除く洪水、氾濫、強風、高波などの風雨系の災害では、犠牲者の7～8割が屋外で発生していることを示し、避難場所などへと移動する「水平避難」にも大きなリスクがはらまれていることを示唆している。このデータは、「2階まで訓練」の必要性を少なくとも部分的には正当化するものだとは言えるだろう。

加えて、高齢者の中には、足腰が弱ってふだん積極的に出歩くことには躊躇いを感じても、あるいは、前節で指摘したように、ハードルの高い避難訓練への参加は見送りがちであっても、その気になれば何とか自力で移動可能な方も多い。また、比較的身体状況のよい妻とその手を借りれば2階までの階段を這い上がることのできる夫という高齢夫婦もいる。しかし、「いざというとき」は、2階へ避難する選択肢もあることをまず明瞭に意識し、日頃から訓練していなければ、真備地区での経験談にも見られるように「みるみる、1階部分が浸水してきた」という緊迫した状況で、冷静に2階へ逃れることは、特に避難行動要支援者にとっては実はそれほど容易いことではない。実際、この訓練に参加したある高齢者は、「2階へ上がるのは数年ぶり」と語っていた。かつて子ども部屋等に活用して2階部分は用済みとなり、階段での転倒・転落事故防止のために1階部分だけで生活している独居、あるいは夫婦だけの高齢者も多い。「ベスト」ではないにしても、「セカンドベスト」の手に習熟しておくことで守ることのできる命が、ここにも残されているように思われる。

この取り組みには、ほかにもいくつかメリットがある。まず、ひとまずこうした形で訓練に参加することで、あるいは、図1に示したように、家族や近隣住民が2階への移動を手助けする方式をとることで、要支援者の防災活動への関心を高め

ることができる。つまり、「それ（2階に行くこと）なら私にもできそうだ」と、当事者を「避難したくなる」気持ちにさせると同時に、無理なく「共助」の意識を活性化することができる。実際、この訓練方式の導入によって、集落内の訓練参加率が90パーセントになったところもある（Sugiyama & Yamori, 2020）。また、それぞれが自宅（周辺）で訓練を完結できるので、言い換えれば、集会所などに地域住民が多数集合することがないため、「三密回避」が至上命題であったコロナ禍における訓練として重宝された側面もあった。

4. オーダーメイド避難訓練 ー近所の3階建ての建物にー

これは、豪雨災害ではなく津波からの避難対策の一環として提案したものであるが、考え方そのものは豪雨災害にもそのまま通用する（詳細は、島川ほか, 2017）。その概要は、津波浸水が想定されるエリアで、安全性はより高いが避難距離が長くなる避難タワーなど自治体が指定する避難場所（「ベスト」の避難場所）だけではなく、自宅近くの中層建築物（「セカンドベスト」と認定できた場所）に「も」避難する訓練を、当該地域内に居住する住民一人一人について、「セカンドベスト」と思われる避難場所を個別にオーダーメイドに見いだしながら実施するというものである。

この試みには、対象地区の特性が大きく関与している。この地区では、海岸に直接面する港湾部の一部に、最悪の場合、3メートルを超える浸水が想定されるものの、住民の居住エリアはほとんど予想浸水深が3メートル未満であり、著しく深い浸水深が想定されているわけではない。しかし他方で、地震発生から津波来襲までの余裕時間がきわめて短いと予想されている。上記の港湾部では5分程度で、居住域の中心に建設された避難タワーの足下にも、地震発生後わずか6分30分程度で津波が到達、地区内では海岸から相対的に遠い

場所でも15分程度で津波到達と想定されている。このため、住民のあきらめ（「そんな短い時間で避難するのは無理」）が大きな課題になっていた。自治体が指定した「ベスト」の避難場所（避難タワー）まで余裕時間内には到達できそうもないと考えた住民が多かったのである。その一方で、繰り返し行われていた避難訓練では、まさに、その避難タワーに逃げる訓練が行われていたのだった。

たとえ数メートルの高さの津波であっても、避難をあきらめ自宅の1階などにとどまっていたは命を守ることはできない可能性が高い。そこで考案したのが、オーダーメイド避難訓練であった。「ベスト」の避難場所である避難タワーはもちろん重要で、そこへと避難する訓練も大切である。しかし、それだけではなく、タワーへの避難に不安や困難（ハードルの高さ）を感じる住民それぞれが、自宅近くにタワーよりも短時間で到達可能で、かつ、予想される津波浸水高に対する安全性を確保しようと想定できる場所（自治体が定める避難場所設置基準ほどの余裕はないにしても）場所を「セカンドベスト」の避難場所として独自に選定して、そこへ避難する訓練も実施しておこうという発想である。図2は、「セカンドベスト」の建物（外付け階段がある）の屋上に住民が訓練で避難してきたときの様子であり、後方すぐ近くに港が見える。



図2 オーダーメイド避難で選定したビルの屋上に避難した人びと

こうした訓練が有効であることは、コンピュータ・シミュレーションによって実証もされている。東日本大震災の津波に襲われた多くの建築物を調査した建築の専門家による解析で、3メートル未満の津波にはほとんどの場合（8割以上の確率で）耐えうると認定された「S/RC造3階建て以上」の建物が、同地区に77軒も存在することがわかった（図2の建物もその一つ）。そこで、これらの建物を「セカンドベスト」の避難場所として設定して避難が行われた場合と、そうでない場合（つまり、自治体の指定する「ベスト」の避難場所だけを避難先とした場合）とを、コンピュータ・シミュレーションによって比較検証した。その結果、「次善」の避難場所を使った場合、そうでない場合には犠牲になる可能性が高かった195人のうち181人が助かることがわかったのである（島川ら、2017）。

5. 「だれ一人取り残さない」と唱えるのなら

以上の具体的な実践例に示されているように、「セカンドベスト」の発想には、2つの重要な要素ある。第1は、実際の災害場面で、「ベスト」の避難場所ではなく「セカンドベスト」の避難場所が人の命を救うケースが十分に想定されるという要素である。そして、第2は、一第1の要素の陰に隠れがちだが、それ以上に重要な要素として「ベスト」の避難場所だけにこだわっていた

のでは、「逃げる気になれない」と考えてしまう人びとや、実際に逃げるのが困難と予想される人びとをその苦境から解放するという要素である。繰り返しになるが、「ベスト（最善）」であろうとすることは、実は一点の曇りもなく望ましいわけでない。恵まれた人びとが、さらなる高み、つまり「ベスト＝理想」を目指すことには一見何の問題もなさそうだが、実は、それが、現状ではそこからほど遠い人たちを「切り捨て、取り残す」ことにつながる場合もある。「だれ一人取り残さない（no one left behind）」と唱えるのであれば、「ベスト」だけでなく、必然的に、「セカンドベスト」の発想を採らねばならないだろう。

【引用文献】

- 朝日新聞社（2018）犠牲51人、8割超が1階部分で発見 真備町の豪雨被害 朝日新聞2018年8月8日付
- 島川英介・NHKスペシャル「MEGADISASTER」取材班（2017）大避難：何が生死を分けるのかスーパー台風から南海トラフ地震まで NHK出版
- Sugiyama, T. and Yamori, K. (2020). Consideration of evacuation drills utilizing the capabilities of people with special needs, Journal of Disaster Research, 15(6), 794-801.
- 牛山素行（2020）台風などの風水害犠牲者の半数は屋外で遭難 風雨が激しいときの屋外行動は要注意 <https://news.yahoo.co.jp/expert/articles/35ca1ada08df50813d69230b5a5d4dd09560ae63>
- 矢守克也（2021）防災心理学入門－豪雨・地震・津波に備える－ ナカニシヤ出版
- 矢守克也（2024）避難学－「逃げる」ための人間科学－ 東京大学出版会

□タイムライン防災のいま

～国内導入から10年が経過して～

東京大学大学院 情報学環 客員教授 松 尾 一 郎

1. 「タイムライン防災」の国内導入

私とハリケーン・レスポンスプラン附属書（タイムラインの原型）との出会いは、2013年2月22日に遡る。米国東海岸を85年ぶりに襲った高潮災害の調査で、被害を受けたニュージャージー州の危機管理局と沿岸部の市を訪問した際であった。前年のハリケーン災害で、州政府も市も2011年に策定した前記の防災附属書を初めて活用し、多くの市民を事前に避難させることが出来たことを聞いた。

州政府には、その翌年も再訪し、日米の防災対策の交流を進め、我が国におけるタイムライン防災の深化にも繋がっている。

下記の写真は、2013年に東海岸のシーサイドビーチを視察した際に筆者が撮影したもので、高潮の直撃を受けた住宅街の被災状況である。



図-1 トムズリバー市シーサイドビーチの被災状況

その後 国内では、2014年に紀伊半島豪雨災害（2011年発生）で甚大な被害を受けた三重県紀宝町が国内で初めて台風用水害タイムラインを策定し、これまで丸10年に亘って使い続けている。すでにタイムラインの運用回数も40回近くになっていて、改善を重ねながら今に至っている。

タイムラインの全国展開は、2015年に国土交通省が各地方単位にリーディングプロジェクトとして策定・運用を段階的に取り組み始めた。タイムラインが割合に短期間で浸透して行ったのは、当時 国土交通大臣であった太田昭宏さんや事務方の後押しも大きかった。

「タイムライン防災」は、台風用の水害タイムラインで始まって、その後 火山噴火用や雪害用、2019年には新型コロナウイルス対応用、2020年には南海トラフ地震津波用と様々な災害にかかる防災行動計画へと展開していった。特に水災害（洪水、土砂災害も含め）用のタイムラインは、全国の一級河川で避難に着目したバージョンが策定され、かかわる市町村への普及にも繋がったと筆者は考えている。

筆者がこれまでの多くの市町村タイムライン等の策定・運用支援・改善の指導を通じて、考えてきたこと、あるいはタイムライン防災の今とこれからについて、本紙面をお借りして述べてみたい。タイムラインがあったお陰で、あるいは運用したことによって、実際に災害から住民の命を守った例は数多くある。そうでなければ、10年は続かな

かったし、国の防災基本計画にタイムラインが明記されることもなかったはずだ。

いま確実に言えること、あるいは長年、地域と取り組んできて思うのは、「タイムラインは、正しく使い続けることが出来れば、確実に命を守る道具になる」ということである。

2. 命を守ったタイムライン

実際に筆者が関与したもので、タイムラインの取組があったが故に命を守った事例を述べてみたい。

(1) 三重県紀宝町で命を守った事例

① 紀宝町タイムラインは、町の全職員と自主防災会、消防団、防災機関が策定し、10年の運用になる。台風等の大雨が接近する前には、自主防災会や包括センターが要支援者の避難確認を事前に徹底し、地域が一体となった早め早めの避難行動に繋がっている。このことが2014年以降大雨で、地すべりや局地的な氾濫が町内で発生したが、タイムラインによる早めの避難対応で助かった命もあった。

② この水害タイムラインに始まり、新型コロナウイルス感染症用タイムラインの運用、さらに町内の町民との危機感の共有が地域社会を変えている。いま津波が襲来する沿岸部の地区を対象とした南海トラフ地震津波用タイムラインの策定と訓練を行っているが、このことが紀宝町民の耐震化の推進や地震津波対策などの理解促進にも繋がっている。タイムラインの導入が地域社会を減災方向に変えた良い事例と考えている。

(2) 2020年7月球磨川豪雨災害での水害タイムラインで守った命

2020年7月の梅雨末期の大雨で、熊本県球磨川では甚大な被害が発生した。この豪雨災害は、気象庁も事前に予測出来なかった、急な線状降水帯要因による災害で69名が犠牲となった。球磨川では、2017年から水害タイムラインが運用

中であった。筆者も大雨が予想される前から気象台や市町村と大雨への危機感を共有する取組を実施中であった。下記は、災害後のふりかえり会議で明らかになったことである。

① タイムライン運用の支援ツールとしてWEBによる危機感共有会議が機能し、参画市村の災害対応への危機感共有が図られ、早めの対応に繋がった。

② 球磨村渡地区では、災害発生の3年前に町内会タイムラインを70名近くの住民参加を得て、策定した。2020年7月豪雨では、浸水する集落で区長がタイムラインに従い早めの避難の呼びかけ、避難の後押しをした結果、事前に数百名が高台への避難を実現し、命を守ることができた。

(3) 2019年東日本台風時の足立区中川地区コミュニティタイムラインが区を動かした。

中川地区の14町内会（世帯数5千世帯）では、一級河川中川の氾濫に備えて町内会単位に水害時の防災行動計画をコミュニティタイムラインとして2017年に策定し、試行運用中であった。

当時 台風19号が北上し、接近する三日前に14町内会の会長が集まって、気象専門家から台風の予想を聞いて、連合町内会が独自にタイムラインの始動をさせ、翌日から避難にかかる呼びかけのチラシを配布始めた。この区民の行動が足立区を動かして、最終的に足立区では、避難した区民が特別区では最大の三万三千人となった。つまり地域の地区のタイムラインの早めの防災行動が行政を動かしたのである。

3. タイムラインの運用を手助けする支援ツール

水害タイムラインのように、台風が発生して雨風が強くなり、洪水となって、被害が生じるようになるまで、市町村や気象台さらに河川管理者間の情報共有は可能であるし、そのことが様々な機

関が行う判断の後押しにもなる。つまり状況を共有し、危機感が醸成され、状況に応じた防災行動を的確に進めていくことが、住民の安全な避難行動を支援することにも繋がるし、市町村の防災担当者の不安解消にも繋がる。タイムラインは、専門機関の助言を市町村が生かして的確な住民避難を実現することが出来るのである。

だから

- ① 防災情報プラットフォームによる共有
- ② WEB 会議による危機感の共有
- ③ メール等による防災対策の共有

の共有機能は必須と考えて、2015年頃から取り組んできた。

上記の共有機能を「タイムラインを支える三種の神器」と筆者は呼んでいる。新型コロナ感染症が流行始めてから WEB を活用したリモート会議

は、いまや当たり前の世界である。タイムライン防災を取り組み始めた2014年頃は、リモート会議アプリがマイクロソフトの Skype しかない頃だったので、当時は試行錯誤を繰り返しながらの運用であった。メールや情報サイトの整備も、タイムラインの試行運用の成果であった。いまではタイムライン支援ツールの標準形になっている。

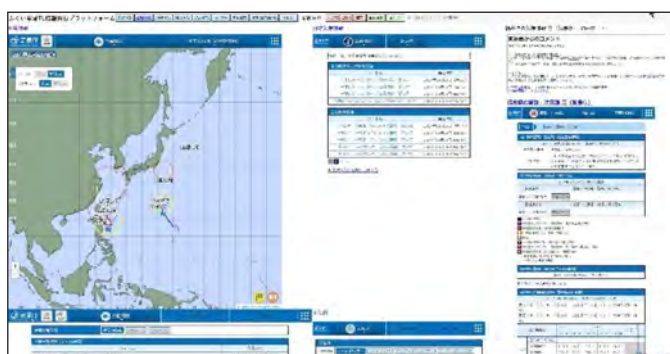


図-2 県域タイムラインにおける情報共有サイトの一例
上図は台風情報要約、下図は河川監視カメラ一覧

上図は、福井県域タイムラインの運用支援ツールとして活用している情報共有サイトの表示例である。この共有サイトでは、気象台の気象情報や

河川・砂防・ダム情報ならびに河川監視カメラ等がワンストップで閲覧することが可能である。このサイトは、タイムライン運用にかかる市町村や



図-3 WEBを活用した危機感共有会議（熊本県）
参画機関は、気象台、国交省、熊本県、16市町村、報道機関。

防災機関、さらに報道機関も同じように利用している。さらにメッセージボード機能として、市町村の対応状況についても文字入力が可能で、各市町村の避難対応状況がすべての機関間で共有出来るようになっている。

また図-3は、熊本県球磨川水害タイムラインにおけるWEBを活用した危機感共有会議の実施風景である。この取組では、県内の市町村や熊本県、国の河川国道事務所、県内のテレビ、新聞社の防災担当が参加して、出水前の状況確認や自治体の防災対応のこれからなどを随時共有できるようになっている。

この危機感共有会議では、気象専門家から提供される気象予想に基づき、国や県の河川管理者からの被害想定等が参加機関で共有出来ることから、市町村にとって的確な判断と早めの住民避難の実現に繋がっている。

またこの情報共有システムでは、市町村が行う

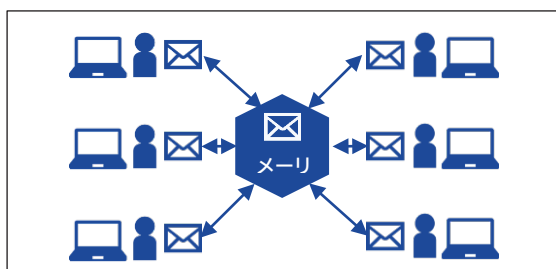


図-4 メーリングリストを活用した情報共有

避難の呼びかけや避難所での避難者数もメーリングリストを使って報道機関等に共有されている。県内の報道機関は、その情報を元にL字テロップを使って各市町村の避難情報を放送していることが、県民の避難促進にも繋がっているようである。

4. 様々なタイムライン

タイムラインは、対象とする災害の想定シナリオを基本として、タイムラインの運用に関わる機関や主体が参加し話し合っ、予めとりまとめる防災行動計画である。現実の災害は、シナリオ通りにならない、しかし予め定めた防災行動を基本として、その場で調整しながら進めて行くので、策定段階における想定シナリオが重要と考えている。

タイムラインの国内導入から10年が経過し、種々の場面で利活用されていることを聞くことが多くなった。10年前に原型を見つけた際に、「日本の防災文化を大きく変えることになるかもしれない。」と思ったことがある意味正しかったと考えている。

「タイムライン防災」は、様々な災害を対象に取り組みされていて、筆者が認識しているだけでも以下のような例がある。

表-1 災害種類別のタイムライン防災の取組例

NO	タイムライン種別 (筆者が策定に関わったり、見聞きしたもの)
1	台風性水害用タイムライン (洪水、土砂害、風害、高潮)
2	前線性水害用タイムライン (洪水、土砂災害)
3	雪害用タイムライン (大雪、暴風雪)
4	新型コロナ感染症対応タイムライン
5	火山噴火災害用タイムライン (噴石、溶岩流、火山灰、火砕流)
6	渇水対応タイムライン
7	地震・津波対応タイムライン

またタイムラインを領域（エリア）やどのような組織・団体が主体的に関与しているかで区分してみると以下のようなようである。

表-2 タイムラインの策定運用の主体者別分類例

NO	タイムライン種別
1	県域タイムライン
2	流域タイムライン
3	市町村庁内タイムライン
4	町内会・自主防災会タイムライン
5	報道機関としての災害報道タイムライン
6	建設会社の現場工事にかかるタイムライン
7	交通運輸事業者の計画運休タイムライン
8	消防本部タイムライン、消防団タイムライン
9	医療・福祉施設等のタイムライン
10	学校現場のタイムライン
11	家族もしくはマイタイムライン

5. 使い続け、改善続けるタイムラインを目指す

タイムライン（TL）は、命を守るために使い続けることが基本である。しかし、中には作成したものの使わないままである TL も多くあると思っている。たとえば、異動等により意識が引き継が



図-5 小学校高学年を対象とした水害タイムラインの策定状況

れず下火になってしまったところもあるだろう。そうならないためにも、地域防災計画や防災業務計画に TL を位置付けることが、重要なのである。この部分は、2023年の中央防災会議で防災基本計画や地域防災計画に「タイムライン防災」を記載することが努力義務化されたので、ある程度進んでいくものと考えている。

三重県紀宝町の地域防災計画書では、地域防災計画に新たにタイムラインに関する章を設け策定・導入の目的や、位置づけ、関係機関に求める取組み・協力等について記載し、タイムラインを「紀宝町地域防災計画（風水害等対策編）を補完する付属書（行動要領）」として位置づけている。このように地域防災計画にタイムラインを取り入れている自治体は徐々に増えている。

私も座長として自らが率先して取り組んだタイムラインが、使われなかった例も経験した。自治体の防災担当者が人事異動でほとんど変わってしまったこと、あるいはタイムラインの対象災害を台風としたため、前線性大雨だから使わなかったと自治体が判断した など、笑えない話もあった。

水害タイムラインは、PDCA が重要である。また4月の人事移動もあって担当が変わる防災機関もあるので、5月中に訓練をしたり、11月に入ったらその年の振り返りをするなど定期的に顔合わせする場を設けるなど習慣づけていくことも重要

である。

そのことを「タイムライン防災の魂入れ」と私は言っているが、使い続ける癖をつけることがこの取り組みの肝になる、命を守ることにもなると思っている。

本文の最後に全国の防災機関等へのタイムライン伝道師として長年 伝え続けた5箇条を次に示して、結びとしたい。(以下 TL ; タイムライン防災)

① 気象台、河川・道路・ダム管理者は、防災指南役として、自治体に寄り添った対応を図ってほしい。

② 毎年出水期前には参画機関は集い、TLを再確認する訓練(読み合わせなど)を励行してほしい。

③ 出水期後には、TLのふり回り会議(PDCAのCA)を実施し、改善を励行してほしい。

④ あまねく防災機関は、TLを防災業務計画や地域防災計画に必ず明記してほしい。

⑤ 県域/流域 TL、自治体 TL、コミュニティ TL、家族の TL は、連動出来れば地域社会全体の減災が実現できるはず、それを目指してほしい。

以上

□防災における体力の重要性と 災害対応力向上に向けた取り組み事例

大阪公立大学 都市健康・スポーツ研究センター
大学院医学研究科運動環境生理学
都市科学・防災研究センター（兼任研究員）

准教授 今 井 大 喜

1. はじめに

我が国では、近年、自然災害が激甚化・頻発化しており、そのリスクは一層高まっている¹⁾。災害発生時、迅速に避難することは生命を保護するための初動対応として不可欠であり、とりわけ「自助」および「共助」による避難の重要性が、過去の大規模災害調査から明らかとなっている。

例えば、兵庫県南部地震において、生き埋めや閉じ込められた際の救助主体等に関する調査報告によると、「自力で脱出」34.9%、「家族」31.9%、「友人・隣人」28.1%、「通行人」2.6%と、調査対象の97.5%が自助・共助によって脱出・救出されている²⁾。また、東日本大震災における避難手段の概要に関する調査報告によると、「徒歩」43.0%、「走る」8.0%、「自転車」2.0%と、調査対象の53.0%が自力で避難しており、かつ73.0%が5分以内の避難によって安全を確保できている³⁾。これらのことから、災害時には安全かつ迅速に“自力”で避難できることが、生命の保護に極めて重要であることがわかる。

2. 避難時に必要な体力の身体的要素

災害時に自力で避難するためには、危険な場所

から逃れるために、歩く、走る、自転車に乗る、階段の昇降等、水平・垂直移動でき、時には瓦礫を乗り越えたり、不安定な地形を移動したりすることもできる体力が必要である。また、自力で避難できない者がいる場合は、背負ったり、車椅子やリヤカーを利用したりと輸送支援をおこなうことも想定される。したがって、脚の筋力や持久力、さらには敏捷性、スピード、平衡・協応性、柔軟性まで及ぶいわゆる行動体力が自助・共助による避難時に重要となる⁴⁾。これらの体力要素が十分でない場合には、避難行動の安全性や迅速性が低下し、避難困難となる可能性がある。

「防災体力」という言葉が、最近、各種媒体で使われている。これは専門用語ではなく、防災活動や避難行動・支援のために必要な体力を意味する造語である。

3. 避難主体別の避難能力

年齢や運動器の障害、認知機能など身体状況に因る体力レベルの低下は、避難能力に影響を及ぼす可能性がある。若年者は、一般的に各種体力要素が高齢者や要支援・要介護者より高いため、比較的迅速に避難できる。一方、高齢者や要支援・要介護者は、体力の低下や身体的制約により、避



図 1. 避難行動実験の様子

避難経路の選択や行動に制限が生じやすい。このように、体力レベルの異なる避難主体の避難能力を端的に評価するためには、簡易な避難モデルで評価する必要がある。また、実際の災害時に避難能力を評価することは困難であるため、モデル化した避難経路を用いることで、異なる体力レベルの対象における避難能力を評価することが可能となる。渡辺らは、健常な若年者(年齢 21 ± 1 歳、身長 163.0 ± 11.9 cm、体重 50.5 ± 13.6 kg、体重を身長で除した体格指数 19 ± 2 、男女比 2 : 4、平均値 $\pm$ 標準偏差) および高齢者(年齢 72.4 ± 3.0 歳、身長 157.8 ± 10.6 cm、体重 65.4 ± 14.9 kg、体格指数 26 ± 3 、男女比 3 : 4)、要支援・要介護者(年齢 78.1 ± 7.6 歳、身長 152.3 ± 9.8 cm、体重 55.8 ± 11.5 kg、体格指数 24 ± 3 、男女比 5 : 6、要支援 1 から要介護 3 までの認定を受けているが自立歩行が可能)を対象に、津波からの避難を想定して作成された避難経路(水平移動: 150m、ビル 3 階に相当する垂直移動: 9m)における避難時間を評価している(図 1)⁵⁻⁸⁾。

図 2 は、文献 5, 7-8 の先行研究から得られたデータを元に作成した、各対象群の避難時間と体重支持指数、ならびにそれらの関係について示している。避難時間は、水平移動、垂直移動、水平・垂直移動の合計いずれも若年者(水平: 76.5 ± 9.3 秒、垂直: 27.8 ± 3.4 秒、合計: 104.3 ± 12.0 秒、平均値 $\pm$ 標準偏差)、高齢者(水平: 83.9 ± 15.1 秒、垂直: 36.0 ± 3.7 秒、合計: 120.1 ± 18.5 秒)、要支援・要介護者(水平: 157.4 ± 32.1 秒、垂直: 74.5 ± 15.5 秒、合計: 231.9 ± 43.5 秒)の順で遅くなる

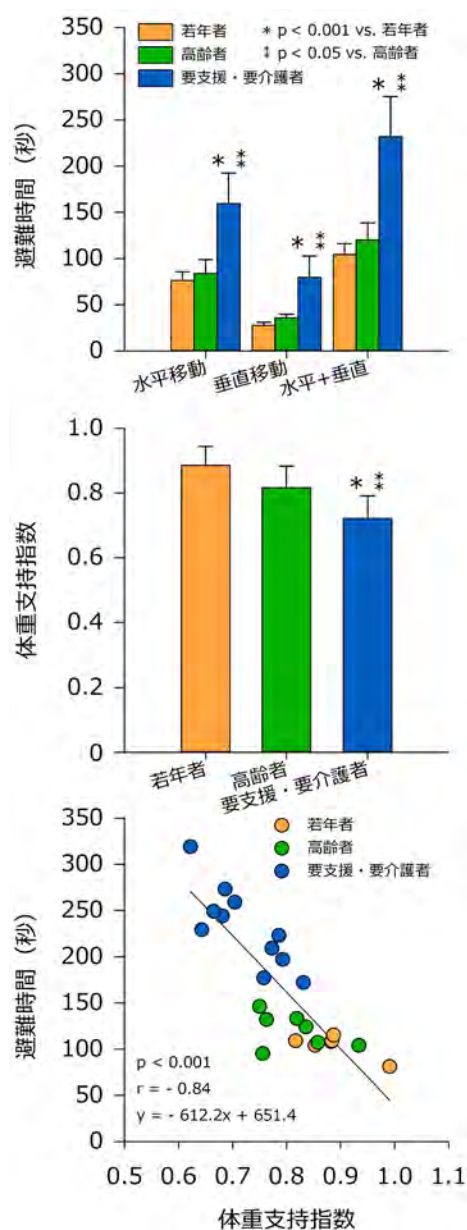


図 2. 若年者(男性 2 名、女性 4 名)、高齢者(男性 3 名、女性 4 名)、要支援・要介護者(男性 5 名、女性 6 名)の水平・垂直避難時間(上段)、体重支持指数(中斷)、避難時間と体重支持指数との関係(下段)。(文献 9 より引用改変、渡辺他 2014・2018a-b のデータを再解析)

ものの、健常な高齢者であれば若年者とほぼ同程度の避難能力がある（図2上段）。一方、要支援・要介護者は、若年者と比較して、2.2倍の避難時間がかかる。また、高精度インピーダンス方式体組成計によって評価した大腿四頭筋の筋量と、それから推定された大腿四頭筋最大筋力の体重に対する割合から求めた体重支持指数は、若年者（ 0.9 ± 0.1 ）、高齢者（ 0.8 ± 0.1 ）、要支援・要介護者（ 0.7 ± 0.1 ）の順に小さくなる（図2中段）。ちなみに、正常歩行をおこなうためには0.4以上、ジョギング程度の運動を行うには0.6以上、ジャンプやダッシュ、ターンなどの激しい運動を不安なく行うためには、0.9以上の体重支持指数が必要であることから、これらの対象は、比較的下肢の運動機能が高い対象であったことがわかる¹⁰⁻¹²⁾。さらに、避難時間と体重支持指数との間には、負の相関関係（ $r = -0.84$, $p < 0.001$ ）が認められ、体重支持指数が高いほど避難時間は短くなる（図2下段）。したがって、より速く避難するためには、脚の筋力が重要であるといえる。

ちなみに、本避難モデルの運動強度について、避難行動完了直後の自覚的運動強度^{*1}は、若年者、高齢者の双方でほぼ同程度であるが（若年者： 13 ± 2 vs. 高齢者： 14 ± 2 , N.S.）、光電式容積脈波記録法によって測定した避難行動時における心拍数について、その最大値からカルボーネン法^{*2}によって算出した相対的運動強度では、若年者と比較して高齢者でかなり高い（若年者： $51 \pm 14\%$ vs. 高齢者： $89 \pm 28\%$, $p < 0.05$ ）。したがって、若年者と同程度に避難でき、かつ自覚的運動強度が若年者と大差なくても、心拍数からみた運動強度には明らかな差がみられることは、身体的負担度が異なる点に注意しなければならない。

通常歩行の可能な者は、時間の長短はあるものの自力で避難することができる一方で、歩行補助具を必要とするような者には避難支援の必要がある。想定されている例として、シルバーカーや支援者による車椅子などの利用が考えられる。大津

らは、高齢者が自力でシルバーカーを押して避難するより、支援者を得て介助走行の方が速く避難できること、その支援者の運動鍛錬度（運動部在籍年数の長い）が高いほど、介助走行時の速度が速いことを示している¹³⁾。また、車椅子利用者とその介護者が住宅地から指定された目的地まで避難する経路（ルート長280.6m、垂直上昇13.9m）の実現可能性を評価し、津波浸水区域から脱するまでの時間や総移動時間などのデータも示している¹⁴⁾。

上記の情報は、各地域における避難支援計画の策定に一助となる基礎資料を提供している一方、これらの避難モデルは限定的であり、各地域固有の条件をすべて網羅できているわけではない。したがって、各地域で策定される避難支援計画には、地域ごとの地理的特徴や避難経路の状況、住民の体力レベルや支援体制など、個別の条件を考慮した詳細なモデルの構築と評価が必要である。また、多様な避難主体や支援者の組み合わせに対する実証的な研究を進めることで、より現実的で柔軟な避難支援策を策定することが求められる。

4. 日頃から体力を高めておく方法

健康運動指導士や健康運動実践指導者を養成する公益財団法人健康・体力づくり事業団のホームページには、健康・体力アップコーナーコーナーが設けられており、「自分のカラダを知ろう！」のセクションには、「運動不足度テスト」「ホームフィットネステスト」「新体力テスト」等が掲載されている。また、「運動してみよう！」のセクションでは、「ウォーキング」「ストレッチング」「筋力トレーニング」等の実施方法が示されており、自分でテストをおこない、トレーニングを実践することが促されている¹⁵⁾。自分の体力について自信のない方は、これらのサイトを参考に、まずは自分の体力を知り、その上で適切な負荷をかけてトレーニングしていくことをお勧めする。例

えば、当サイトに掲載されている筋力トレーニングは、自重負荷による方法であるため、特別な機器が不要であり、いつでもどこでも始められる内容となっている。また、スポーツ庁 Web 公報マガジンでは、カラダの各部位の筋力や可動性をセルフチェックするための動画が掲載されている¹⁶⁾。これらも合わせて閲覧することをお勧めする。

厚生労働省による「健康づくりのための身体活動・運動ガイド2023」では、成人は、歩行又はそれと同等以上の（3メッツ^{※3}以上強度の）身体活動を1日60分以上（1日約8000歩以上＝週23メッツ・時以上）、高齢者では、1日40分以上（1日約6000歩以上＝週15メッツ・時以上）おこなうことが推奨されている¹⁷⁾。また、それらの身体活動には、成人では息が弾み汗をかく程度以上の3メッツ以上の強度の運動を週60分以上（＝週4メッツ・時以上）、高齢者では有酸素運動・筋力トレーニング・バランス運動・柔軟運動などの多要素な運動を週3日以上おこなうことが推奨されている（成人・高齢者いずれも筋力トレーニングを週2～3日実施）。実際に取り組む際には、個人差（健康状態、体力レベルや身体機能等）を踏まえた上で、強度や量を調整して、可能なことから取り組むことが重要であると示されている。ちなみに、メッツ時とは、メッツ×時間のことで、例えば、3メッツの運動を1時間おこなうと、3メッツ時となる。メッツの数値については、日常生活のさまざまな動作に対してその値が示されている¹⁸⁾。

5. 今後の防災教育の在り方や「防災体力」的観点

片山らは、最近、防災教育と運動教育を部分的に統合することの意義について介入研究をおこなった結果を報告している¹⁹⁾。地域住民を対象に、防災教育と運動教育のどちらか一方を毎週30分おこなう2つのグループに分け、両グループに毎週

90分の運動介入を10週間おこなった。介入後、災害避難モデルコースの総避難時間、体力、自己効力感、健康関連の生活の質（QOL）を比較した結果、総避難時間、体力、QOLにグループ間の差は見られなかった一方、自己効力感を示すスコアが、防災教育を受けながら運動介入をおこなったグループで有意に高かったことを示している。自己効力感とは特定の状況でパフォーマンスを発揮したり、望ましい結果を達成したりする能力についての個人の主観的な認識を数値化した指標である²⁰⁾。この研究から、防災教育は単独でおこなうよりも、健康増進における自己効力感の向上にも間接的に寄与する有効な方法であるようだ。

また、近年「防災スポーツ」と称される取り組みがおこなわれはじめており、防災活動をスポーツ化することで、楽しみながら防災を意識して学ぶ活動が展開されている²¹⁾。例えば、火災時には煙の中を低い姿勢をとって避難するが、その速さを競うような「キャタピラ煙避難競争」や、災害時に入手しやすい毛布を担架として用いて、負傷者を安全かつ迅速に運ぶ技術を競う「毛布担架障害競走」などが挙げられる。また、これらの競技に加えて、家族の連絡手段、家具の転倒防止、備蓄など災害への備えや、ライフラインが断絶した際に生き抜くための知識をトレーニング形式で学ぶプログラムも展開されており、知力と体力の総合力を強化することで、より実践的な防災能力の向上をはかることが期待されている。

これらのように、単に防災教育だけを取り上げて実施するのではなく、体力を高めるための運動やスポーツとして防災活動をおこなうことで、楽しみながら継続的に防災意識を高める効果が期待できる。さらに、防災教育と運動を組み合わせたアプローチは、身体的健康の向上のみならず、自己効力感の強化にもつながり、より総合的な防災力を身につけるための有効な手段となり得ると考えられる。今後は、このような防災教育と運動の融合による取り組みをさらに発展させ、地域社会

全体での防災力向上を図ることが重要である。

6. おわりに

本稿では、日本における自然災害のリスクの高まりを背景に、災害時の迅速な避難や防災教育の重要性について考察した。過去の大規模災害の事例から明らかになったように、災害時には自助や共助による迅速な避難が生命の保護において不可欠であり、そのためには身体的な体力、すなわち「防災体力」が重要である。特に、年齢や身体機能の違いに応じた避難能力の評価においては、脚の筋力や持久力、敏捷性などの総合的な行動体力が鍵となる。また、要支援・要介護者に対する輸送支援の必要性も指摘されており、地域の実情に即した避難支援策の構築が求められる。さらに、防災教育と健康・運動の融合を通じて、自己効力感の向上や防災意識の高まりが期待できることが示唆されている。最近では、防災活動をスポーツ化する取り組みも始まり、楽しみながら実践的な防災能力を身につける活動が展開されている。これらの活動は、災害時の避難行動だけでなく、平時の健康増進においてもプラスの効果をもたらす可能性がある。今後、これらの知見をもとに、個々の体力レベルや地域の特性に合わせた防災教育や研究のさらなる発展が必要である。防災と健康増進の視点を組み合わせた包括的なアプローチにより、地域社会全体で防災力を高め、災害に強い社会の構築に寄与していくことが期待される。

謝辞

本稿に掲載した図1-2の写真ならびに元データは、大阪市立大学渡辺一志名誉教授よりご提供いただきました。ここに深く感謝の意を表します。

注釈

※1 自覚的運動強度(Borgスケール): 6-20のスケールで運動強度を評価する指標であり、例えば13は「ややきつい」、15は「きつい」を示す²²⁾

※2 カルボーネン法: 最大心拍数(220-年齢)と安静時心拍数の差を基に、運動やトレーニング時の目標心拍数を設定する方法で、運動時の心拍数がわかれば、最大心拍数に対する相対強度がもとめられる²³⁾

※3 メッツ (Metabolic Equivalents: METs): 運動強度の単位で、安静時を1とした時と比較して何倍のエネルギーを消費するかで活動の強度を示したもの²⁴⁾

【引用文献】

- 1) 内閣府 (2023). 特集1 第2章 我が国を取り巻く環境の変化と課題, 令和5年度版 防災白書, pp.17-35.
- 2) 日本火災学会編 (1996). 『1995年兵庫県南部地震における火災に関する調査報告書』. 日本火災学会.
- 3) 久保柚紀子, 生田英輔, 宮野道雄 (2014). 東日本大震災時の避難行動分析: 岩手県釜石・宮越での調査から (都市計画). 日本建築学会近畿支部研究報告集, 計画系, 54, pp.401-404.
- 4) 長澤純一編 (2024). 『運動生理学ミニペディア』. 第3部 調整系, 第11章 調整系トレーニングと身体の測定. 東京: NAP, 154頁.
- 5) 渡辺一志, 生田英輔 (2014). 津波と避難体力に関する研究. 都市防災研究論文集, 1, pp.95-98.
- 6) 渡辺一志, 生田英輔, 今井聖太 (2015). 高齢者および学生における災害時の自力避難における体力と避難時間 (研究資料). 健康・スポーツ科学, 5, pp.1-7.
- 7) 渡辺一志, 今井大喜, 山口貴大, 荻田亮, 岡崎和伸, 横山久代, 鈴木雄太, 生田英輔, 宮野道雄 (2018a). 災害時避難行動要支援者(要介護者および視覚障がい者)および支援者の体力と避難行動. 都市防災研究論文集, 5, pp.7-12.
- 8) Watanabe H, Imai D, Yamaguchi T, Ogita A, Okazaki K, Yokoyama H, Suzuki Y, Ikuta E, Miyano M (2018b). The physical fitness and the behavior of evacuation for the care recipient and support person. The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine, 7(6): 438.
- 9) 公立大学連携地区防災教室ワークブック編集委員会 大阪市立大学都市防災教育研究センター編 (2018). 『コミュニティ防災の基本と実践』. 第2章 災害に備える, 第5話 避難に必要な体力を養う. 大阪: 大阪公立大学共同出版会, 109頁.
- 10) 黄川昭雄, 山本利春, 坂本静男, 小山由喜 (1988). アスレティックリハビリテーションに

- おける下肢の機能および筋力評価．臨床スポーツ医学，5，pp.213-215.
- 11) 山本利春 (2021). 体重支持指数 (WBI) の開発経緯．体力科学，70，pp.75.
 - 12) 平野清孝 (2021). 簡便な指標を用いた下肢運動機能評価の実際-体重支持指数 (WBI) 及び立ち上がりテストの活用例-. 体力科学，70，pp.77.
 - 13) 大津暢人，北後明彦，ピニエイロアベウタイチコンノ，李知香 (2016). 災害時要援護の市街地津波避難の搬送速度に関する実験 車椅子、介助者、シルバーカーを用いた3種類の購買における屋外解除走行速度の比較．日本建築学会計画系論文集，81(724)，pp.1239-1249.
 - 14) Ohtsu, N., & Hokugo, A. (2021). Evacuating Vulnerable People During a Tsunami Disaster in Japan: A Simulation Using Wheelchairs. *Journal of Integrated Disaster Risk Management*, 11(2). <https://doi.org/10.5595/001c.34095>
 - 15) 公益財団法人 健康・体力づくり事業団. 健康・体力アップコーナー (https://www.health-net.or.jp/tairyoku_up/index.html#:~:text=%E3%82%B3%E3%83%A9%E3%83%A0.%20%E3%83%9A) 2024年10月7日閲覧.
 - 16) スポーツ庁 Web 広報マガジン. 「DEPORTARE 室伏長官考案の『セルフチェック』を学んでみませんか?～身体の機能や痛みのマネージメントをしましょう～」 (<https://sports.go.jp/movie/self-check.html>) 2024年10月7日閲覧.
 - 17) 厚生労働省. 身体活動・運動の推進，健康づくりのための身体活動・ガイド2023 (https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryou/kenkou/undou/index.html) 2024年10月7日閲覧.
 - 18) 国立健康・栄養研究所. 改訂版「身体活動のメッツ (METs)」 (<https://www.nibiohn.go.jp/files/2011mets.pdf>) 2024年10月7日閲覧.
 - 19) Katayama, A., Hase, A., & Miyatake, N. (2021). Disaster prevention education along with weekly exercise improves self-efficacy in community-dwelling Japanese people - A randomized trial. *Medicina*, 57, 231.
 - 20) American Psychological Association. (n.d.). Self-efficacy. In *APA Dictionary of Psychology*. (<https://dictionary.apa.org/self-efficacy>) 2024年10月7日閲覧
 - 21) 防スポ BOUSAI SPORTS. (<https://bouspo.jp/>) 2024年10月7日閲覧.
 - 22) Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*, 14(5), 377-381.
 - 23) Karvonen, J. J., Kentala, E., & Mustala, O. (1957). The effect of training on heart rate: a “longitudinal” study. *Ann Med exp Biol Fenn*, 35, 307-315.
 - 24) 厚生労働省 e-ヘルスネット. > 健康用語辞典 > 身体活動・運動 > メッツ / METs (<https://www.e-healthnet.mhlw.go.jp/information/dictionary/exercise/ys-004.html>) 2024年10月7日閲覧.

□大気の川と極端降水について

筑波大学 生命環境系 助教 釜 江 陽 一

大雨をもたらす現象と言うと、皆さんは何を思い浮かべますか？台風、梅雨、線状降水帯、ゲリラ豪雨、といった言葉が挙げられるかと思います。加えて最近では、「大気の川」という用語が、日本の大雨の要因として報道で取り上げられることが多くなりました。本章では、大気の川という現象の正体に迫り、極端降水との関係を詳しく説明します。

1. 大気の川とは？

大気の川とは、日本を始めとした中緯度から高緯度地域で発生する、強い水蒸気の流れを指し

ます。長さは1,500km以上、幅は数百km程度と、細長い形をしていることが特徴です。気象学的には、中緯度を東進する温帯低気圧に伴う寒冷前線や、停滞前線に沿って吹く強い風によって水蒸気が運ばれる様子を表します。水蒸気の流量を水に換算すると、大陸上を流れる河川に匹敵するほどの量になり、あたかも空中を川が流れているかのように感じられることから、1990年代から用いられるようになった言葉です。

大気の川は地球規模で発生している現象です。図1は2021年11月にカナダに豪雨をもたらした大気の川の様子を表しています。ブリティッシュコロンビア州をはじめとした北米大陸西岸で記録的

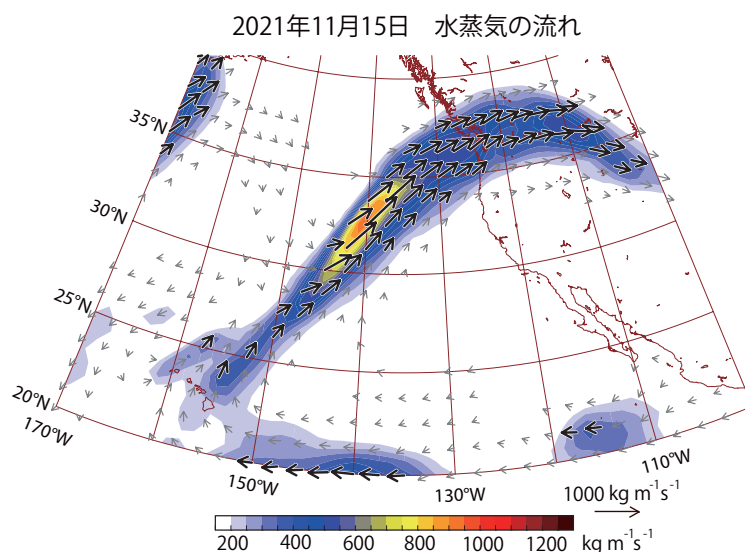


図1 2021年11月北アメリカ太平洋岸北西部水害をもたらした大気の川の様子。陰影および矢印の大きさは鉛直積算水蒸気輸送量、矢印はその向きを表す。釜江（2023）を一部改変。

な大雨が観測され、人的被害や交通障害がもたらされました。このとき、北太平洋からの強い水蒸気の流入が観測されています。今回のようにハワイ諸島から北米大陸西岸にかけて流れ込む大気の流れは、パイナップルの産地から水蒸気がやってくる様子から「パイナップルエクスプレス」とも呼ばれます。大気の流れは、降水量の少ない大陸西岸に突如として大雨や土砂災害をもたらすため、北米大陸西岸や欧州で盛んに研究が進められています。

一方で、大気の流れは日本を含む世界中で発生しています。図2は日本で令和2年7月豪雨が起きたときの世界の水蒸気の流れを表したものです。7月3日から8日にかけて、九州を中心に多数の線状降水帯が発生し、特に熊本県球磨川水系の氾濫・決壊は甚大な被害をもたらしました。このとき、水蒸気は南シナ海を北上し、中国南東部、東シナ海を通過して西日本に流れ込んでいる様子が確認できます。この水蒸気の流れは非常に強く、細長い形状をしており、大気の流れの特徴を有していると言えます。東アジア以外の地域に目を向けると、南インド洋からソマリ半島沖を經由してアラビア海やベンガル湾を流れる大規模な水蒸気の流れ（南アジアモンスーン）のほか、北大西洋や

南半球の中緯度海洋上に細長く強い水蒸気の流れ、つまり大気の流れの存在を確認することができます。このように、世界には常に数本の大気の流れが存在しています。

地球上を巡る大気は、水蒸気を温暖湿潤な熱帯から冷涼乾燥な高緯度域へと運ぶ役割を果たしています。大気の流れは、幅は狭いながらもその流量の大きさから、この水蒸気輸送において本質的役割を果たしています。先に紹介した北米西岸を襲う大気の流れも、その流れが比較的穏やかな場合は、乾燥した地域にとって貴重な水資源を供給する役割を果たします。このように、大気の流れには、地域的な水循環や地球気候システムにとって欠かせない役割があります。

2. 大気の流れと線状降水帯

日本では、極端降水によって土砂災害が起きたというニュースを毎年のように目にします。日本で発生する極端降水のうち、どの程度が大気の流れによるものなのでしょうか？大気の流れは、線状降水帯やゲリラ豪雨とどのように関係しているのでしょうか？

いわゆる夕立のような、急速に湧き上がった積

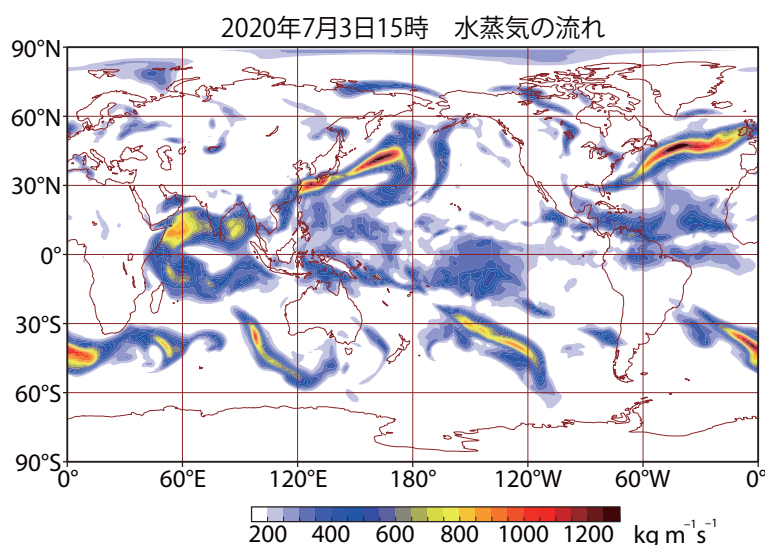


図2 日本で2020年7月豪雨が発生したときの世界の鉛直積算水蒸気輸送量の分布。

乱雲により局地的に大雨が降る「ゲリラ豪雨」は、局地的大雨に分類されます。一方で、強い降水域が線状（50-300km）に伸び、同じ場所に大雨を降らせ続ける現象を「線状降水帯」と呼びます。どちらも、日本を囲む海から大量の水蒸気が運ばれ、大気の状態が不安定になると起こりやすい現象です。大気の川は、日本に流れ込む水蒸気のうち、特に熱帯や亜熱帯の海から運ばれてくる温暖湿潤な空気の流れが、1,500km以上に渡って細長く伸びている現象を指します。このように、大気の川の空間スケールは局地的大雨や線状降水帯よりも大きいことに注意が必要です。日本列島上空を大気の川が通過していると、線状降水帯や局地的大雨が発生しやすい傾向があります。大気の川は空間スケールが大きいので、狭い地域で大雨が降るだけでなく、日本列島の広い範囲で同時多発的に線状降水帯や災害に直結する大雨が観測されやすくなります。

表1はアメダスと呼ばれる気象観測システムによって観測された降水量を、旬（10日間）ごとに分け、全国的に集計したものです。どこか一か所の雨の強さではなく、広い範囲で記録的な大雨が数日間観測された時期を表しています。水蒸気流量のデータと照らし合わせてみると、上位10例のうち、7例で上空を大気の川が通過している様子が確認できました。なお、残りの3例は台風の通過によるものです。さらに、この表によると、上位3例は過去数年のうちに起きています（平成30年7月豪雨、令和2年7月豪雨、令和3年8月の大雨）。このことから、近年は大気の川によって広い範囲で記録的な大雨が観測される事例が頻発していることがわかります。

大気の川は、日本列島のどの地域に、大雨をもたらすのでしょうか？南北に長く伸びる日本列島には、亜熱帯から亜寒帯、また山脈によって分けられる日本海側と太平洋側のように、非常に多様な気候が分布しています。それぞれの地域・季節によって、普段観測される雨の強さは異なりま

表1 1982年以降の全国1029地点のアメダス旬降水量の総和の順位と大気の川の影響の有無。気象庁（2021）を元に作成。

順位	年月旬	総和（mm）	大気の川
1	2021年8月中旬	235,788.5	✓
2	2018年7月上旬	218,844.0	✓
3	2020年7月上旬	217,037.5	✓
4	1985年6月下旬	209,016.0	✓
5	1990年9月中旬	205,925.0	-
6	2017年10月下旬	203,475.5	-
7	2014年8月上旬	185,173.0	-
8	1999年6月下旬	170,692.0	✓
9	1995年7月上旬	166,014.0	✓
10	1989年9月上旬	165,200.0	✓

す。例えば、西日本太平洋側では24時間で100mmを超える強い雨が1年間に数回観測される一方で、北日本では滅多に観測されることはありません。このように、異なる地域で同じ強さの雨が降っても、強い雨に慣れていない地域では、甚大な災害に繋がる可能性がより大きい可能性があります。そこで、地域・季節ごとに大雨の基準を設定し、上位1パーセントに相当する雨を極端降水と定義しました。その極端降水発生時のうち、上空を大気の川が通過していた割合を図3に示します。その地域・季節で滅多に観測されることのない極端降水の発生には、大気の川が密接に関与していることがわかります。特に、春季（3-5月）には西日本の広い範囲と、中部地方、東北地方日本海側、北海道南部で、大気の川が通過していた日の割合が非常に高い（70-100%）傾向があります。日本で観測される極端降水は、台風を始めとした熱帯低気圧の影響で発生することが多いという傾向があります。熱帯低気圧は春季には少なく、夏季から秋季にかけて日本に接近する頻度が増えます。そのため、9-11月の極端降水の発生に占める大気の川通過時の割合は相対的に少なくなります。冬季には日本列島の西から低気圧が急速に発達しながら通過していく、「爆弾低気圧」によっ

て強い降水が観測されることがあります。この爆弾低気圧は、南西から北東に向かう温暖湿潤な気流、つまり大気の川を伴い、西日本太平洋側から東海地方にかけて大雨が観測されます。それに対して、日本海側では大気の川の割合が非常に小さい傾向があります。冬季の日本海側には、ユーラシア大陸のシベリア地域で蓄積された寒気が吹き出し、日本海を通過して流れ込む、冬季アジアモンスーンによる降雪が卓越します。このモンスーンに伴う気流は大陸上では乾燥していて、相対的に暖かい日本海上を吹走する際に水蒸気を受け取って、日本海側に雪をもたらします。この水蒸気の流れは大気の川には該当しないため、日本海側の大雪には大気の川はあまり貢献していないと言えます。

図3をよく見ると、大気の川による大雨の降りやすさに地域性があることがわかります。例えば九州では中央の九州山地やその西側、南側で多く、

東側では少ない傾向があります。中部地方では日本アルプスの西側と南側で多く、関東平野の割合の小ささと対照的です。これらの地域性は、日本列島が擁する複雑な地形によって生み出されていると考えられます。つまり、大気の川は組織的な水蒸気の南西から北東に向かう流れであり、日本列島上の山地にぶつかると、西側から南側にかけての斜面上で強制的に上昇することで強い雨が降りやすく、山を越えた先では雨が降りづらくなるのです。この様子は、台風によって降る強い雨とは少し事情が違います。渦を巻くように風が吹く台風の場合、その地点にどの方角から風が吹き込むかによって、山地の風上側になるか、山地の陰になるかが変わり、その地点で観測される雨量に大きな差が生じます。ですので、台風の進路が予報からずれば、雨量の予報が大きく外れることがあります。一方で大気の川の場合、水蒸気の流れは南西から北東に向かうことが多いため、

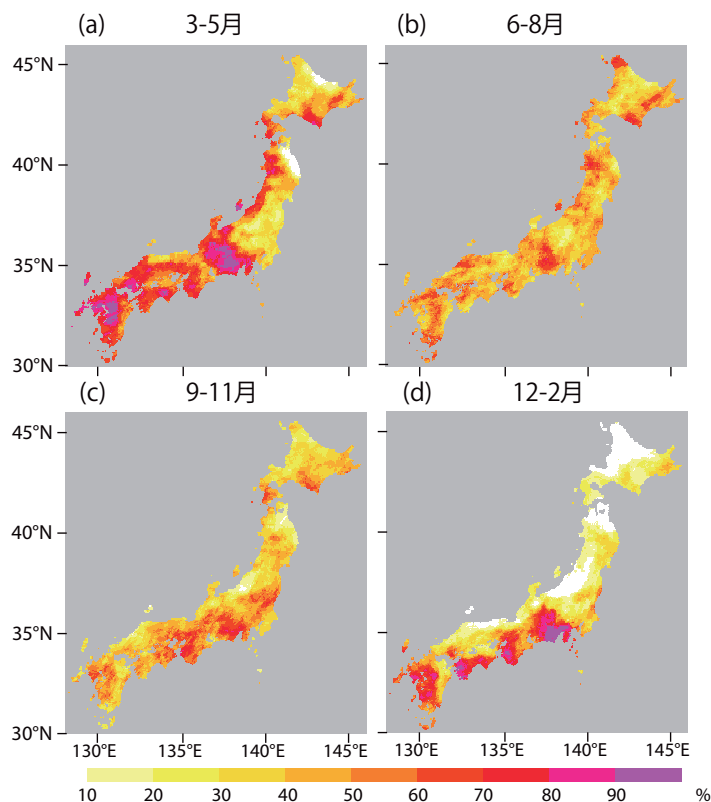


図3 上位1パーセントに相当する極端降水が観測された時に大気の川が通過していた割合。山田・釜江（2022）を一部改変。

図3のように、地形の西側から南側にかけての地域でより大雨に警戒する必要があると言えます。

最後に、この先の大気の川の見通しについて解説します。大気の川は毎年日本列島上空を通過する現象ですが、より注意が必要な年があります。それは「エルニーニョが冬に発達して夏に勢力が弱まった年」です。東部熱帯太平洋では、平年に比べて広い範囲で海面水温が高い状態が続く「エルニーニョ現象」が3～7年おきに発生しています。このエルニーニョ現象は冬に発達しやすく、その後の春から夏にかけて衰退しやすい傾向があります。エルニーニョ発達後の春から夏には、インド洋の広い範囲で海面水温が高くなりやすく、この影響で日本の南方にある亜熱帯の海上に太平洋高気圧が張り出しやすくなります。すると、この高気圧の周囲には時計回りに風が流れやすいため、高気圧の縁にそって、亜熱帯海上から西日本に向かう水蒸気の流れが強まりやすくなります。そのため、平年に比べ、エルニーニョ後の夏には日本列島上空を通過する大気の川の頻度が増えます。

さらに長期的な見通しとして、地球温暖化がこのまま進行していくと大気の川はどのようなでし

うか？空気の温度が上昇すると、空気が含むことのできる水蒸気の量が増えます。海から絶えず水蒸気を受け取っている日本の南方海上では、地球温暖化とともに、空気中に含まれる水蒸気の量が増える傾向があります。このため、将来は大気の川がより強まり、その頻度が増えると考えられます。最近の研究では、このように強まった大気の川が通過することで、経験したことのないような大雨が観測されるようになる可能性が指摘されています。

大雨に関する用語は様々で混同しやすいですが、それぞれの意味を把握し、その性質を掴むことで、大雨に関連した災害に効果的に対策することに繋がります。

【参考文献】

- 釜江陽一，2023: カリフォルニアに大雨をもたらす大気の川. 天気, 70, 324-326.
- 気象庁，2021: 令和3年8月の記録的な大雨の特徴とその要因について. <https://www.jma.go.jp/jma/press/2109/13a/kentoukai20210913.html> (2024年9月26日閲覧)
- 山田将喜，釜江陽一，2022: 日本で発生する相対的に強い降水に占める大気の川事例の割合. 天気, 69, 609-620.

□ 令和6年能登半島地震による 石川県の津波調査

金沢工業大学 工学部環境土木工学科 准教授 有 田 守

1. はじめに

令和6年1月1日16時10分に、石川県能登半島北部においてMw7.5の地震が発生し^{1), 2)}。地震により誘起された津波は、能登半島沿岸に190 haの浸水被害をもたらし³⁾、富山湾、新潟県沿岸の広い範囲に影響を与えた。津波とその甚大な被害の発生を受けて、土木学会海岸工学委員会では、令和6年能登半島地震津波の合同調査グループを組織し、精力的な観測が実施された⁴⁾。著者は合同調査チームのメンバーとして石川県の全域の海岸調査を行い、その結果を報告する。

石川県で津波被害が最大となったのは震源近くに位置する能登半島東岸部であり、珠洲市から能登町にかけて、海岸沿いの家屋や港湾に深刻な被害が発生した。この地域における津波の伝播は半島周辺の複雑な海底地形の影響下にあり、津波による浸水域やその被害の分布も複雑で特徴的であった。詳細な現地調査を行ってその特性を明らかにすることは、この地域における津波の伝播特性を解明し、今後の津波防災を検討する上で重要な資料となる。

本報は著者らが合同調査グループの活動⁴⁾の一環として実施した石川県能登半島における現地調査結果に基づいて、計測した津波高さやその被害について、まとめたものである。

2. 現地調査の概要

(1) 津波痕跡高の計測法

令和6年1月4日～2月12日にかけて、津波痕跡高の観測を実施した（図-1）。計測点の総数は91点で、沿岸方向約70 kmの範囲に渡っている。観測は、家屋等のガラス面や壁面に残った明瞭な津波痕跡や、風の影響を受けない比較的重量のある漂流物を主な対象とし、周囲の状況と慎重に比較して痕跡高（浸水高、遡上高）を決定し、測定にはトータルステーションを使用し、潮位補正を行った、津波最大波の正確な来襲時刻は不明であるが、令和6年1月1日16時～18時に能登半島全域に時間差で到達していると考えられる。

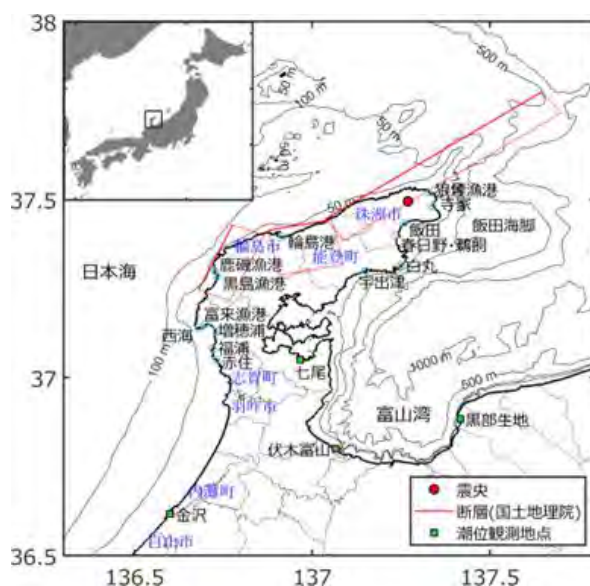


図-1 調査領域の概要

(2) 津波浸水・被害の特性抽出

測定データから、痕跡高の沿岸方向変化を解析し、その特徴を抽出した。合わせて、石川県による津波浸水想定⁵⁾の結果や各地域での施設高、既往津波（日本海中部地震津波および北海道南西沖地震津波）の痕跡高分布と比較して、今回の津波被害の特徴について考察した。既往津波の痕跡については、東北大学の津波痕跡データベース⁶⁾を参照した。

3. 津波痕跡高・浸水範囲および津波被害の空間変動特性

石川県に作用した津波は能登半島に甚大な被害をもたらしている。能登半島西側では、金沢港でも0.9mの津波が観測されているが、海岸で痕跡

として津波が確認されたのは羽咋市の柴垣海岸である。ここでは、能登半島を被害の激しかった東部、西部、地盤隆起により津波被害が確認できなかった北部と分け、津波作用が確認された、東部と西部について調査結果を示す。

津波合同調査の活動⁴⁾で著者らが計測した能登半島東部の津波痕跡高の空間分布を図-2に示す。

図-2より、痕跡高は飯田海脚（図-1参照）に面する北部領域で高く、4～5mを超える極大値が珠洲市寺家、飯田、春日野・鵜飼地区、能登町布浦や白丸で観測された。各地区の痕跡高、浸水範囲と津波被害の特徴を次に述べる。

(1) 珠洲市沿岸域

a) 狼煙・折戸地区

狼煙・折戸地区は珠洲市沿岸部に位置し、津波

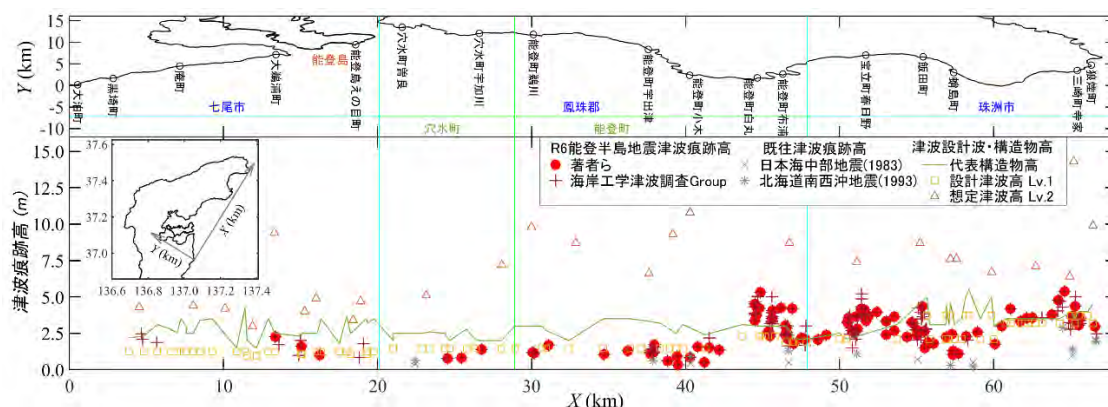


図-2 能登半島東側 津波浸水高・遡上高の沿岸方向分布および歴史津波の痕跡高、想定津波高、代表構造物高との比較

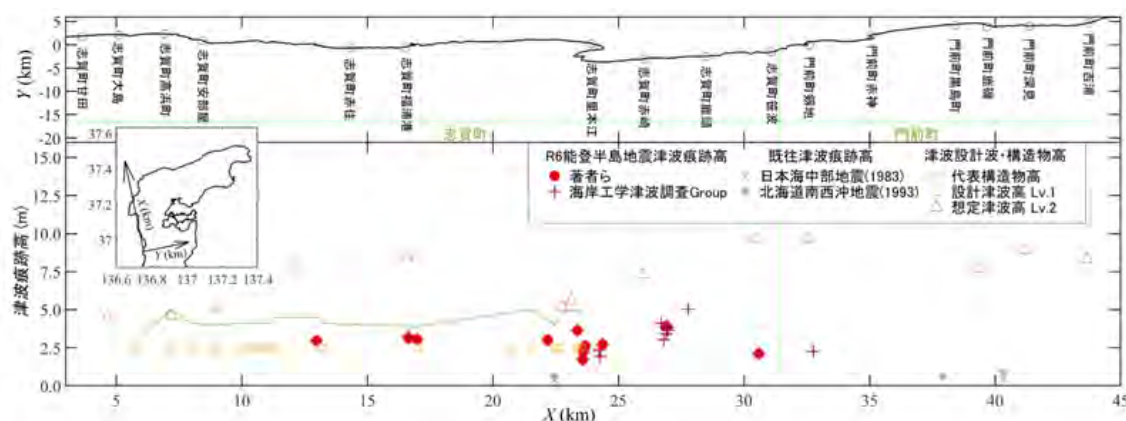


図-3 能登半島西側 津波浸水高・遡上高の沿岸方向分布と歴史津波・想定浸水高・施設天端高との比較

震源域直近で、狼煙漁港では1.5 m 程度の地盤隆起が確認され、区長によれば地震発生から5分後に津波が到達したが、日頃の避難訓練が奏功して、無事に避難行動が実施できたことが報告され、最大浸水高約4.5 m の津波が到達したが、家屋への浸水被害は確認されなかった。

b) 寺家地区

寺家地区は珠洲市北東沿岸に位置し、背後に段丘地形を有している。寺家地区で観測された遡上高は最大5.6 m で、珠洲市沿岸でも高い津波が来襲した地域である。この地域は海岸線から内陸に入ると急峻な地形が連なっており、地形が津波遡上に影響を与えたと考えられる。海岸に面した第一列に位置する建物を中心に、津波による大規模な被害が多数確認された。

c) 飯田・蛸島地区

飯田・蛸島地区は飯田湾北部に位置し、砂浜は離岸堤等によって守られている。海岸線背後の低平地は奥能登の四市町（輪島・珠洲・能登・穴水）で最も広い。浸水範囲は上戸町から蛸島漁港まで沿岸約6 km に渡りほとんどが、海岸線から陸へ50 m 未満の範囲である。港周辺の海岸護岸天端高2.9 m（T.P.3.1 m）に対し、浸水高は約1.4～4.4 m であった。

津波が飯田港に16時41分頃来襲する映像が珠洲市役所で撮影・報道されている。沖合の南方向から入射した波が防波堤の開口部等から港内に侵入し、岸壁等の構造物に衝突して越波・越流した。東防波堤周辺では、ケーソンや消波工の転倒・傾斜や沈下被害が発生し、防波堤の倒壊は南向き区間の約130 m の範囲で著しい。飯田港周辺の海底地形は複雑であり、津波は水深の深い谷地形に沿って速く伝播し、若山川河口周辺の浅瀬に収斂するようにして、飯田港に来襲した可能性が考えられる。

d) 春日野・鵜飼地区

春日野地区は、磐若川と鵜飼川に囲まれた地区であり、鵜飼地区は鵜飼川から南に位置する。鵜

飼地区には漁港があり、防波堤に守られている。鵜飼港近くの家屋から撮影された映像から、津波による浸水は16:44頃に発生したと推定される。現地調査結果から、春日野・鵜飼地区には最大浸水高5.2 m の津波が来襲したことがわかった。春日野・鵜飼地区では、津波による建物被害や強振動による建物の倒壊、地盤変動、液状化、道路の寸断、建物の火災など、多岐にわたる被害が発生したことが確認された。

(2) 能登町沿岸域

a) 松波地区

松波地区は飯田湾南端部に位置し、松波漁港や隣接する砂浜背後の低平地に集落がある。津波浸水は漁港を含む沿岸約1.2 km で発生した。津波被害は港での漁船の沈没・転覆や岸壁への打上げ、漁港施設の損壊、港に隣接する海岸護岸の約50 m に渡る倒壊および海岸付近の家屋・田畑の浸水等であった。

b) 布浦地区

布浦地区は飯田湾南側の岬の裏に位置する。飯田海脚で増幅された津波がリアス式形状の湾に侵入し湾奥部の九里川尻川河口付近にある内浦総合運動公園や背後の田畑の平地を遡上して広い範囲が浸水した。津波痕跡高は総合運動公園周辺で2.5～4.2 m であり、公園内の建物には津波痕跡線が複数観測され、長時間の浸水が推定された。河口から川沿いに長く続く氾濫平野の地形特性によって、海岸線から直線で約800 m ほど内陸まで津波が遡上したことを示す痕跡が確認された。

c) 白丸地区

白丸地区は布浦地区の南方に位置する。地区中央を流れる白丸川周辺は低平地であり、津波の遡上距離は約450 m である。津波痕跡高は約4.8 m であり、特に地区北部の白丸漁港付近の家屋で5.3 m と局所的に高い値を示した。この地域では、津波火災も発生した。漁港南側の一部地区で地震、もしくは津波を契機に火災が発生し、延焼した様

子が確認された。

(3) 穴水町・七尾市

穴水町と七尾市は能登半島の中央部東側に位置している。2市町の間には能登島がある。七尾湾の湾口は狭く、やや閉鎖的な海域であり、海岸線はリアス式海岸の特徴を有し、湾内では波浪の影響は小さい。

穴水町における津波の影響は、富山湾に面した一部の地域で砂浜を遡上した痕跡や漁港内の漁具が移動するなど限定的であり、能登半島の北部に比べて被害は軽度であるといえる。

(4) 輪島市（能登半島の西側）

輪島市は能登半島北端の沿岸中央から西部に位置する。津波痕跡調査は輪島港周辺と西部の鹿磯漁港以南に限られる。輪島市の津波調査範囲は断層に極めて近接しており、地盤隆起の影響を強く受けている。能登半島西部の北側は海岸の隆起が最大4mほどあり、西部の津波痕跡高は平均的に3m程度だったため、明確に津波痕跡として計測できた海岸は輪島市門前町の琴ヶ浜海水浴場より南側の地域から志賀町赤住までの約20kmの区間に限定された。

(5) 志賀町

志賀町は能登半島西部沿岸に位置する。能登半島の他の地域と同様に沿岸は岩礁が多く、富来漁港の東側に増穂浦、町の南端に千鳥ヶ浜などの砂浜が形成されている。町の中央付近の福浦と赤住の間に志賀原子力発電所が位置している。北部では地盤隆起の影響が見られる。津波の影響は漁港内の監視カメラの映像や漁具の散乱、砂浜・岩礁に残された漂着物から志賀町のほぼ全域で見られた。津波痕跡高の最大値は志賀町鹿頭の海岸で5.0mであり、津波は地域的に志賀町赤崎付近で高かった。

4. 考察

(1) 事前想定・既往津波高、施設整備状況との比較

能登半島東側の津波痕跡高を事前想定されたレベル1と2相当の津波高⁵⁾、現況の海岸施設の天端高や過去の津波高⁶⁾と比較し（図-2）、浸水・被害の特徴を考察する。今回の津波痕跡高は能登町小木より南部の穴水町・七尾市ではレベル1相当であった。北部領域の飯田海脚（図-1参照）に面する地区ではレベル1相当を超える痕跡高が寺家、飯田、春日野、鶴飼、布浦、白丸地区で観測されたが、レベル2相当は越えていない。

その傾向は石川県の津波設計波L1の傾向と類似している。また、今回の津波は設計津波波高L2より数m低い。一方、歴史津波と比較すると2～3m程度高い。これは歴史津波の波源が能登半島の北東にあること、波源からの距離が離れていることが影響していると考えられる。海岸堤防や護岸の天端高は平均水面から4.0～5.0mの高さがある。海岸施設高が分かっている範囲では、今回の津波痕跡高は施設高を1.0～2.0m下回っていることが確認できる。冬季の高波浪に対して設計された海岸防護施設によって調査範囲の大部分の居住地は津波の浸水を防ぐことができた。ただし、天端が低く岸壁がある漁港周辺などでは浸水被害も確認された。

能登半島西側では隆起によって津波の被害はある程度軽減されたが、津波痕跡高の最大値は志賀町鹿頭の海岸で5.0mであり、志賀町赤崎付近で高かった。この地域の堤防・護岸等の代表的な施設天端高は約2～5mで、3m前後が多い。施設高はレベル1の想定津波高より高く、レベル2と比べると低い。そのため前述の南部領域では、代表施設の天端高に比べて部分的に低い所（港の岸壁など）を除くと、浸水被害はほぼ観測されていない。

今回の津波の能登半島東岸地区での痕跡高は、遠地津波で能登半島に襲来した1983年日本海中部

地震や1993年北海道南西沖地震の津波高0.5～2 m 程度に比べて数倍高い。また近地津波のため津波の到達時間は早く、津波被害が顕著な珠洲市や能登町の各地区では5～30分程度で浸水した。過去の近地津波としては1993年能登半島沖地震で0.2～0.3 m 程度の潮位変化が観測された。以上より、本地震津波は能登半島に襲来した近年の津波で最も高く、早く到達した危険な津波であった。

5. おわりに

今回得られた主要な成果は以下のようにまとめられる。

外洋に面する地域では、津波痕跡高は沿岸方向に振動的に変化し、珠洲市寺家地区、飯田地区、春日野・鶴飼地区および能登町白丸地区に複数のピークが点在する形で、最大5.6～2.1 m 程度の浸水高・遡上高が観測された。一方、内湾に位置する穴水町、七尾市では津波痕跡高は2.5～1.0 m 程度の低い値となった。

汀線からの浸水距離については、九里川尻川沿いに低平地が広がる布浦地区が最大であり、次いで、春日野・鶴飼地区が大きい値をとった。港湾については、飯田港において最も顕著な被害が確認され、二方向からの津波の襲来が推定された。観測された浸水範囲は石川県の事前想定と比較して狭く、建物被害の程度や浸水範囲の広さは海岸後背地の低地や段丘等の地形分布や海岸防護施設の天端高変化と良く対応した。

志賀町で計測された津波痕跡高の最大値は、志賀町赤崎地区の4.2 m であった。浸水範囲や津波被害は局所的であり、主に港湾区域内や護岸直背後に限定された。

地盤隆起の影響は、志賀町西海風戸地区以北で顕著であり、輪島市鹿磯漁港や黒島漁港において、地盤が3.5～4.0 m 程度上昇して港内水深が著しく減少し、一部では海底面が干出した。また、鹿磯漁港南側の砂浜海岸において、汀線が150～250m

程度前進し、水面下の岩礁帯が露出するなど、浜幅が大幅に増加した。地盤隆起により、約25万 m²に渡って砂浜が拡大したことが空撮映像から推定された。

謝辞：本研究は、科学研究費補助金（課題番号：23K17482）の補助を受けた。解析に用いた地形データは国土交通省北陸地方整備局、石川県に提供いただいた。ここに記して謝意を表する。

【REFERENCES】

- 1) 国土地理院：令和6年(2024年)能登半島地震に関する情報 https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/20240101_noto_earth-quake.html, 2024年4月1日参照, 2024. [Geospatial Information Authority of Japan (GSI). https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/20240101_noto_earthquake.html. accessed on 2024-04-01.]
- 2) 気象庁：2024年能登半島地震 -ポータル-, https://www.jma.go.jp/jma/en/2024_Noto_Peninsula_Earthquake/index.html, 2024年4月1日参照, 2024. [Japan Meteorological Agency (JMA)：2024 Noto Peninsula Earthquake-Portal, https://www.jma.go.jp/jma/en/2024_No-to_Peninsula_Earthquake/index.html. accessed on 2024-04-01.]
- 3) 国土交通省：令和6年能登半島地震 津波による浸水および海岸保全施設の被害状況（速報）, https://www.mlit.go.jp/river/bousai/240101_noto/pdf/tsunamishinsui_higai_240202.pdf, 2024年4月1日参照, 2024. [Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT). Aerially estimated tsunami inundation area, https://www.mlit.go.jp/river/bousai/240101_noto/pdf/tsunamishinsui_higai_240202.pdf. accessed on 2024-04-01.]
- 4) 土木学会海岸工学委員会：令和6年能登半島地震津波調査情報 <https://coastal.jp/info/library/noto20240101/>, 2024/4/1参照. [Coastal Engineering Committee, JSCE: 2024 Noto Peninsula earthquake tsunami information, <https://coastal.jp/english/noto2024en/> accessed on 2024-04-01.]
- 5) 石川県：平成23年度石川県津波浸水想定調査報告書，第5章，2012. [Ishikawa Prefecture: Technical Report on estimated tsunami inundation, Chap. 5, 2012]
- 6) 東北大学災害科学国際研究所：津波痕跡データベース, <https://irides.tohoku.ac.jp/publication/database/tsuna-mi-db.html>, 2024年3月1日参照, 2024. [International Research Institute, Tohoku University: Tsunami trace database, <https://irides.tohoku.ac.jp/publication/database/tsuna-mi-db.html>. accessed on 2024-03-01.]

□ 令和6年能登半島地震に伴う 地盤の液状化と今後の対策

金沢大学 理工研究域 准教授 小 林 俊 一

1. はじめに

砂上の楼閣という比喩がある。我々の社会や生活を支える道路や鉄道、水道やガス、電気や通信など、社会インフラに関わる設備や施設はそのほとんどが地盤の上に建設されている。また我々が居住する住宅も地盤の上に建設されている。つまりは、日常の社会活動や生活は文字通り地盤によって支えられている。このためひとたび地盤の安定性が失われれば、その上に建設された社会インフラや住宅などの構造物の安定性も失われ、日常の社会活動や生活が脅かされることになる。2024年1月1日の能登半島地震（M=7.6）では多くの地盤災害により、地盤の安定性の喪失に起因する人的および物的被害が発生した。本報では、特に地盤の液状化現象に焦点を当て、その特徴を報告する。

なお本報告の地図は国土地理院の地理院地図¹⁾、地理院タイル²⁾、基盤地図情報³⁾を使用し、1/50000旧版地形図はスタンフォード大学のリポジトリ⁴⁾を利用した。

2. 地盤の液状化現象

地盤が構造物を支えるメカニズムを理解するためのキーワードは「せん断抵抗」である。人が水の上を歩けないことは子供でも知っている。瓶の中に液体を注ぐと、液体は瓶の形に追従して溜ま

る。このように液体は形のゆがみ（＝「せん断変形」あるいは「ずれ変形」）に対して抵抗できない。言い換えれば液体のせん断強度はほぼゼロである。これに対して地盤はせん断に抵抗することで構造物を安定的に支持する。もし土のせん断強度を超える力が作用するとき、地盤は破壊し、構造物の安定性が失われる。

地盤の液状化とは、地盤内の水圧上昇によって土のせん断強度がほぼゼロまで低下する不安定現象であり、以下の3つの条件が満たされるときに発生する。

- 【土粒子の状態】緩い砂地盤であること。
- 【間隙の状態】間隙が水で飽和されていること。
- 【作用する外力】地震のように短い時間に激しい繰返しせん断が作用すること。

また地盤の液状化は地震中から直後の間に生じる一時的な状態である。地震後には地盤中の水が外に排出することで、地盤内の水圧は元の状態に戻り、土はせん断強度を回復する。

もし3つの液状化発生条件から1つ以上が改善できれば、液状化発生の危険性を下げられる可能性があるため、これらに基づく各種の液状化対策工法が開発されている。

3. 令和6年能登半島地震による地盤の液状化発生地点とその特徴

地震規模と液状化発生の関係については、栗

林・龍岡の式⁵⁾ $\log_{10}R=0.77M-3.6$ が提案されている。ここに R [km] は液状化限界震央距離、 M は気象庁マグニチュードである。能登半島地震に関する液状化限界震央距離 $R \approx 178.6$ [km] の範囲と主な液状化確認地点（筆者調べ）を図 1 に示す。微地形分類と液状化可能性の関係⁶⁾と 5 次メッシュ（250m 平方）微地形分類⁷⁾および現地踏査結果を統合し、液状化確認地点の微地形の特徴を

表 1 に示す。微地形や液状化発生状況は局所性が高く、同一のメッシュや地区でも大きく変化する場合がありますので注意されたい。このほか輪島市や珠洲市では埋戻し土の液状化でマンホールが車道の路面の突出した例が見られた（図 2）。複合災害に備えた避難経路の確保（特に津波）に懸念があるため必要な対策が望ましい。



図 1 令和 6 年能登半島地震の液状化限界震央距離 R と主な液状化確認地点（筆者調べ）

表 1 液状化確認地点の微地形

地盤種別	液状化の発生傾向	微地形	液状化発生地点の地名
自然地盤	強い (5/5)	旧河道	新潟市西区善久・鳥原、羽咋市大川町
		砂丘縁辺部	新潟市西区寺尾、金沢市栗崎、内灘町向栗崎・鶴ヶ丘・大根布・宮坂・西荒屋・室、かほく市大崎・内日角・七窪、宝達志水町柳瀬
		砂丘間低地・砂州間低地	かほく市内高松
	やや強い (4/5)	三角州・海岸低地	高岡市伏木、高岡市吉久、輪島鳳至町
		自然堤防	新潟市西区善久・鳥原
	中程度 (3/5)	砂州・砂礫州	氷見市栄町※ 1、珠洲市蛸島町※ 1・川尻町・正院町・野々江町・上戸町・宝立町鶴飼、輪島市門前町道下 (※ 1：藤 ⁸⁾ によれば砂丘に分類)
人工改変地	強い (5/5)	埋立地	射水市港町、加賀市潮津、あわら市吉崎、その他港湾地域
		低地（湿地）上の盛土造成地	高岡市横田町



図2 車道路面に突出したマンホール

4. 各地の液状化被害

4.1 内灘砂丘縁辺部の液状化

内灘砂丘は宝達志水町大海川河口から金沢市粟崎町浅野川河口まで、延長約 20 km、幅 1.5 ～ 2.0 km、最高標高 61.3 m に達する砂丘である。砂丘の南部、かほく市内日角から金沢市粟崎までは旧砂丘に新砂丘が重畳する二重砂丘で、旧砂丘の形成は縄文時代早期～前期、新砂丘の形成は古墳時代初期頃と考えられる。また南側ほど新砂丘が厚く金沢市粟崎では大半が新砂丘であるのに対し、内灘町大根布より北側では旧砂丘の前面または上

位を薄く被覆する程度である⁸⁾。内灘町大根布からかほく市大崎にかけては砂丘を掘削して砂を採取し、隣接する河北潟国営干拓事業（事業開始 1963 年、干陸完了 1971 年）に利用した。

図 3 に示すように内灘砂丘南部の液状化確認地点は金沢市粟崎からかほく市七窪まで潟湖側の縁辺部の帯状に点在するが、特に内灘町宮坂～かほく市大崎では街区一帯で液状化が発生して側方流動を含む激しい地盤変状が生じた。

かほく市大崎付近の地形と液状化被害状況を図 4 に示す。オレンジ色の線は断面測線 AB の位置である。大崎地区の集落は標高 2 ～ 7 m 程度の平坦面に位置する。地区には北東から西南に平行する 3 本の道路が走っており、中央の道路が石川県道 8 号松任宇ノ気線である。同じ範囲の旧版地形図（1/50000 地形図「津幡」，1909 年測図）を図 5 に示す。かつての砂丘の横断勾配は潟湖側の方が急であったこと、旧地形図の道路がほぼ県道 8 号線に対応すること、また旧汀線がほぼ現在の干拓地側の道路位置に対応することが分かる。A 点の標高はもともと約 40 m であったことから、現集落が位置する平坦面は大規模な掘削の跡地であることが分かる。

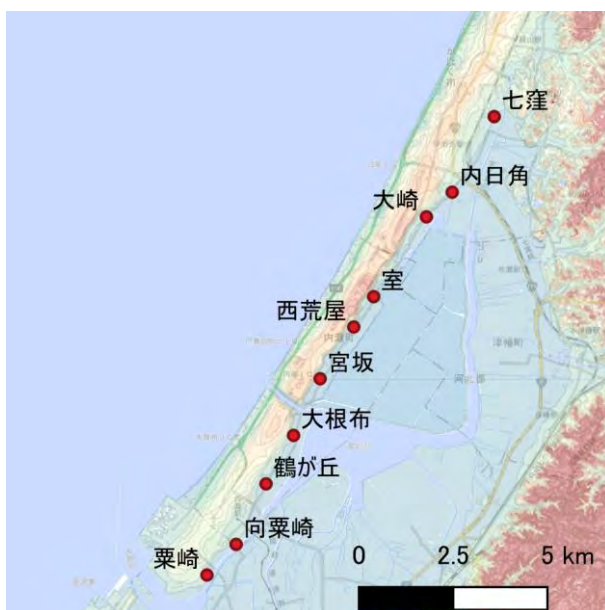


図3 内灘砂丘（南部）の液状化確認地点

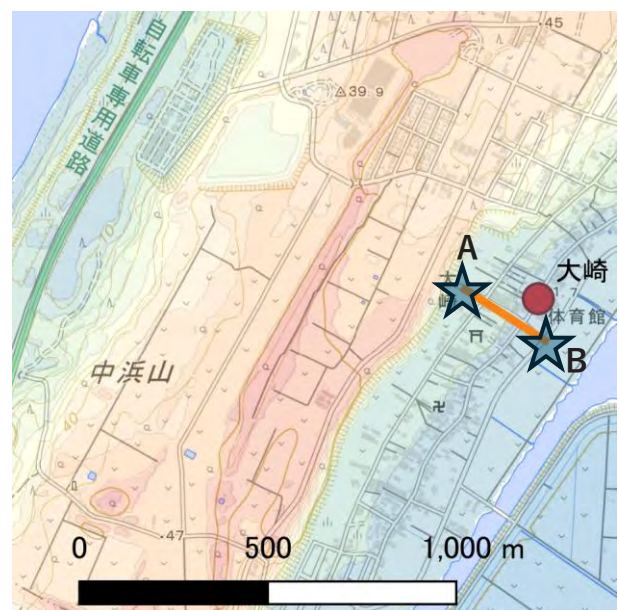


図4 かほく市大崎付近の地形図

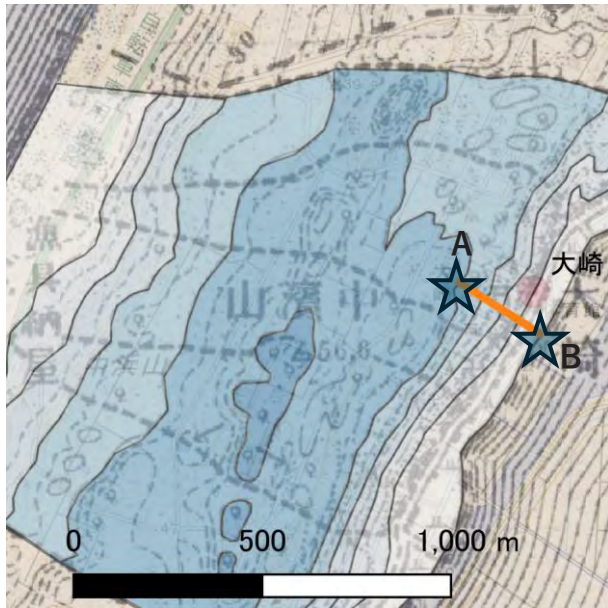


図5 かほく市大崎付近の旧版地形図

かほく市大崎の液状化発生状況を図6に示す。断面測線AB間は距離250m、AB両点の標高はそれぞれ6.81m、1.19m、また区間ACDの平均勾配は約0.9%、区間DEBの平均勾配は約3.9%である。図中の破線は地表面のクラック位置を表す。液状化の発生は区間CDEBで確認したが、特に区間DEではE側への側方流動により宅地が県道にせ

り出す特徴的な地盤変状が見られた。写真a～dは県道8号線沿いの状況である。県道沿い砂丘側の建物では、砂丘側に大きく不同沈下したものが散見され、湧水も確認できた。

4.2 富山県高岡市伏木地区の液状化

伏木地区は江戸時代には北前船の寄港地、明治以降には日本海側の代表的港湾として発展した地区である。ここでは古くからの市街地に液状化被害が見られた。図7は液状化確認地点（筆者）と標高の関係で、各マーカーは液状化痕跡（赤色）、液状化関連被害（黄色）、無被害（青色）を表す。今回の地震では液状化被害は標高1～2mの海岸低地（緑色エリア）と、それに隣接する標高2～3mの海岸砂州（薄いオレンジ色エリア）の内陸側に集中し、海岸砂州上や背後の丘陵（標高4m以上：赤色エリア）では確認できなかった。液状化確認地点の多くは1809年作成の伏木村絵図⁹⁾で「新開所」と示された場所に位置する。また液状化したA地点の石碑には、一帯が1838年に低湿地に開かれた新村との説明書きがある。これらから元々は江戸時代の新田開発地域であると推

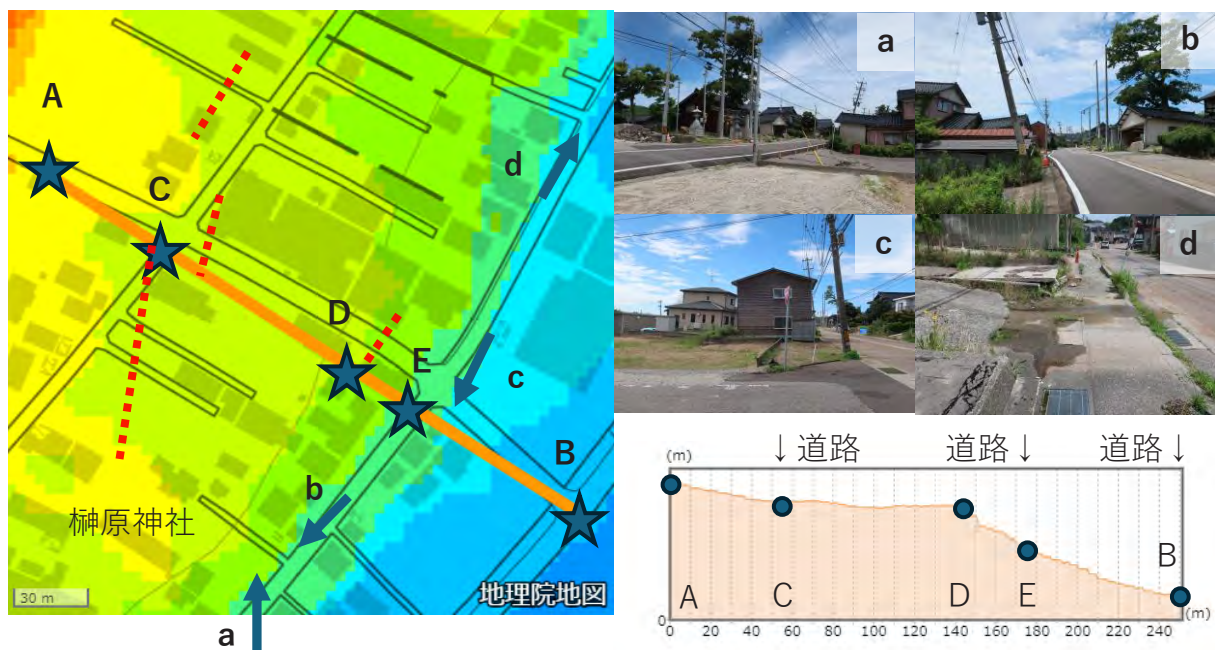


図6 かほく市大崎の液状化発生状況

測される。一方1930年修正測図の1/50000地形図「富山」(図8)には新田開発の痕跡を全く留めない。ボーリング調査結果¹⁰⁾によれば、非液状化地点B(標高2.48m)では、深度2.20m～6.50mにN=4～33で相対密度rd3(中ぐらい)のシルト混じり砂層が見られ、液状化地点C(標高1.48m)では深度1.20m～2.70mにN=5で相対密度rd2(緩い)のシルト質細砂層、深度2.70m～4.50mに

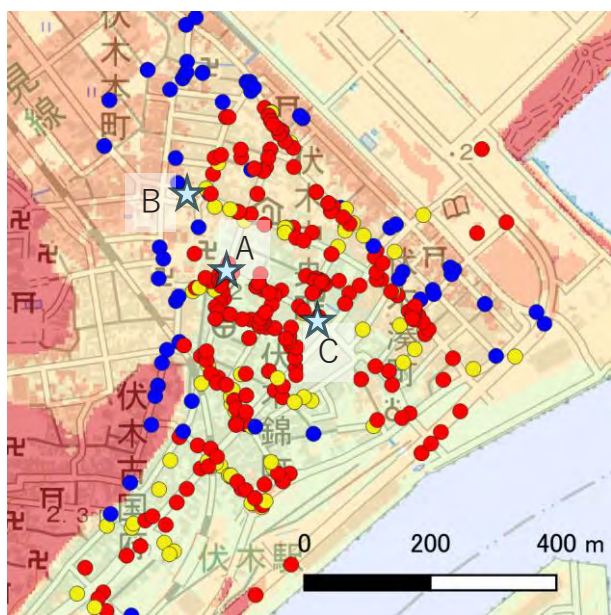


図7 伏木地区液状化確認地点と標高の関係

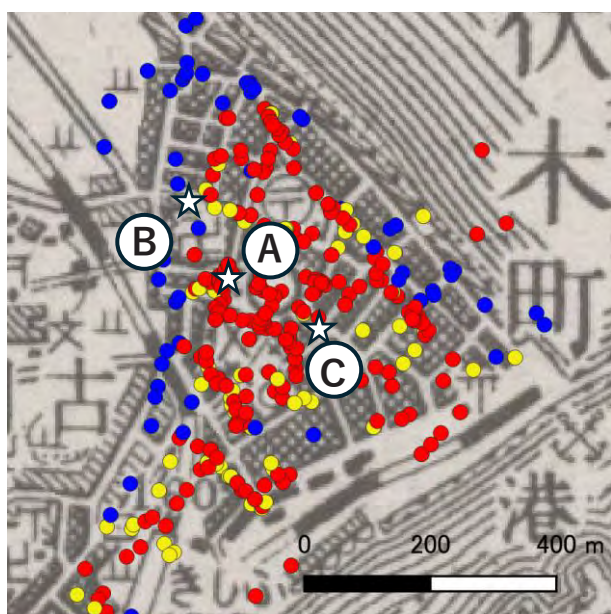


図8 旧版地形図と伏木地区液状化確認地点

N=8で相対密度rd2(緩い)の礫混じり砂層があり、含水が多く崩れやすいとの報告がある。地下水位高さの詳細は不明であるが、液状化の有無にこれらの土質条件の違いが影響したとみられる。

高岡市のハザードマップ¹¹⁾によると、伏木市街地の液状化のしやすさは中位(6段階中4、やや起こりにくい)の評価である。また2007年能登半島地震では万葉ふ頭埋立地以外は無被害で、市街地の開発年代も古い。これらの状況から、事前の液状化ハザードが十分認知されていなかった可能性がある。近代以前に市街化された地域では、明治以前に遡る土地来歴の考慮も必要であることを示唆する。

5. 地盤の再液状化

液状化後の地盤は緩い状態で再堆積する。このため過去に液状化した地盤は、今回と同等あるいはそれ以上の地震動で再液状化が発生すると考えてよい。

能登半島地震で再液状化が確認された地点をいくつか紹介する。なお入力地震動が極めて大きかった奥能登地域は割愛する。金沢地震(1799, M=6.4)では、金沢市栗崎、内灘町根布、宮坂、荒谷、かほく市大崎で液状化を示唆する記録¹²⁾、また飛越地震(1861, M=7.3～7.6)では、高岡市伏木、吉久での液状化の記録がある¹³⁾。濃尾地震(1889, M=8.0)では、かほく市や内灘町の一部で液状化が報告されており¹⁴⁾、内高松(かほく市)では135年前と同一箇所でも再液状化したとの指摘がある¹⁵⁾。新潟市西区の液状化確認地点は新潟地震(1964年, M=7.5)の液状化箇所と重複するとの指摘がある¹⁶⁾。なお過去の全国各地の液状化履歴は若松による精力的な調査成果¹⁷⁾に詳しい。

6. おわりに

2024年1月能登半島地震(M=7.6)による地盤

の液状化について概観した。地震規模が大きく、石川県、富山県、新潟県、福井県の広い範囲で地盤の液状化が発生し、宅地を中心に多くの被害が発生した。

内灘町やかほく市の一部では、地盤の液状化のために側方流動を含む大規模な地盤変状が発生し、宅地と道路に著しい被害を引き起こした。富山県高岡市伏木地区の液状化は、近代以前の土地来歴を考慮する必要性を示唆した。奥能登地域では埋戻し土の液状化により車道にマンホールが突出し、複合災害時の避難経路の確保（特に津波）に課題を残した。さらに多くの地点で地盤の再液状化が確認され、その中には1889年濃尾地震と同一地点での再液状化や、金沢地震・飛越地震に関する歴史資料の記述内容と整合する液状化地点もあった。液状化履歴による地盤の強度増加は期待できないので、過去の液状化発生地点では将来にわたって再液状化が懸念される。

ところで、液状化発生の有無は入力地震動の大きさに圧倒的な影響を受ける。北陸地方でも過去多くの地震が発生している。今回は液状化の発生を免れた地点でも、能登半島地震と同等以上の地震動が入力すれば液状化が発生することは十分にありうる。全国各地においても、地震の不確定性に注意し、各地域の想定シナリオに応じた事前の対策・対応が必要である。

【参考文献】

- 1) 地理院地図：<https://maps.gsi.go.jp/> (2024.10.5 閲覧)
- 2) 地理院タイル「淡色地図」：<https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html> (2024.10.5 閲覧)
- 3) 基盤地図情報 数値標高モデル：<https://fgd.gsi.go.jp/download/mapGis.php?tab=dem> (2024.10.5 閲覧)
- 4) Japan 1:50,000: Stanford Digital Repository
<http://stanford.maps.arcgis.com/apps/SimpleViewer/index.html?appid=733446cc5a314ddf85c59ecc10321b41> (2024.10.5 閲覧)
- 5) 栗林栄一・龍岡文夫(1975): Brief Review of Liquefaction during Earthquake in Japan, 土質工学会論文報告集, 15 (4), 81-92.
- 6) 国土交通省都市局都市安全課 (2021): リスクコミュニケーションを取るための液状化ハザードマップ作成の手引き, https://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_tobou/tk_000044.html (2024.10.5 閲覧)
- 7) 若松加寿江・松岡昌志 (2020): 地形・地盤分類250m メッシュマップの更新, 日本地震工学会誌, 40, 24-27
- 8) 藤 則夫 (1975): 北陸の海岸砂丘, 第四紀研究, 14 (2), 195-220
- 9) 射水市新湊博物館 HP: 石黒伸由関係資料「伏木村絵図」, <https://shinminato-museum.jp/docs/nobu/5039/> (2024.10.5 閲覧)
- 10) 高岡市 HP: 令和6年能登半島地震 液状化対策について,
https://www.city.takaoka.toyama.jp/gyosei/sangyo_business/92/11151.html (2024.10.5 閲覧)
- 11) 高岡市 HP: 高岡市地震防災マップ https://www.city.takaoka.toyama.jp/gyosei/kurashi_tetsuzuki/anzen_anshin/8/1/8242.html (2024.10.5 閲覧)
- 12) 寒川 旭 (1986) 寛政11年:(1799年) 金沢地震による被害と活断層, 地震 2 (39), 653-663
- 13) 内閣府 (2008): 災害教訓の継承に関する専門調査会報告書, 1858飛越地震, 2.1節 平野部の被害.
- 14) 村松郁栄・小見波正隆 (1992): 濃尾地震 (明治24年) 当時のアンケート調査回答集, 防災科学技術研究所研究資料, 155, 1-841
- 15) 若松加寿江・吉田 望・陶野郁雄・青山翔吾 (2024): 令和6年能登半島地震による液状化発生地域の土地条件と液状化履歴 (その2. 能登半島地域), 日本地震工学会 HP https://www.jaee.gr.jp/jp/wp-content/uploads/2024/01/20240101noto_wakamatsu_no2.pdf (2024.10.5 閲覧)
- 16) 石川敬祐・安田進 (2024): 2024年能登半島地震 地震被害調査一速報02一, 土木学会地震工学委員会 地震被害調査小委員会 HP https://committees.jsce.or.jp/eec205/system/files/Ishikawa_TDU_2024NotoEq_02.pdf (2024.10.5 閲覧)
- 17) 若松加寿江 (2011): 日本の液状化履歴マップ 745-2008, 東京大学出版会

□ 令和6年能登半島地震後の被災者支援

－保健学の立場から－

金沢大学 医薬保健研究域保健学系 教授 田 中 浩 二

1. 発災直後からの金沢大学および保健学系の取り組みと多機関とのつながり

令和6年1月1日午後4時10分、能登半島を震源とする大地震が起こり、大きな横揺れが続いた。能登半島では、建物の全壊・半壊・火災、電気・水道・幹線道路の寸断などによって負傷者や孤立者が続出した。自衛隊や他都道府県からの応援によって、災害拠点病院や金沢市内の病院には負傷者が次々と搬送された。金沢大学では、発災直後から KUD（Kanazawa University Disaster investigation team：令和6年能登半島地震金沢大学合同調査チーム）ならびに能登里山里海未来創造センターが発足し、産学官連携と文理医の融合によって、能登半島の被災者の支援と地域の復興に向けた中長期的な活動が始まった。

保健学系では、災害急性期に医師・臨床検査技師・看護師などがチームを組んで、1次避難所で静脈血栓症の予防と早期発見のための活動や心のケアなどを展開した。1.5次避難所では、日本災害リハビリテーション支援協会に協力し、理学療法士・作業療法士が被災者のリハビリテーションに携わった。また、石川県健康福祉部からの派遣要請を受け、2次避難所において、1次避難所・1.5次避難所から到着した被災者の健康状態の確認と、服薬管理、受診など継続支援が必要な人のスクリーニングならびに健康相談を実施した。看護科学領域の表志津子教授が石川県健康福祉部な

らびに2次避難所所在地の自治体と連携し、保健学系内の教職員・事務職員への説明とスケジュールの調整を進め、1月22日から3月26日までの期間で計49日延べ98人の保健学系の教職員（医師、看護師、保健師、診療放射線技師、理学療法士、作業療法士）が2人体制で2次避難所の支援に入ることができた。被災は、人々の健康状態に様々な影響を及ぼしており、震災によってもともと抱えていた心身の健康問題が悪化し、治療や支援が必要になった人も多かった。1次避難所では段ボールベッドが届き、床に直接臥床することによる体の痛みや冷えが緩和され、隣の避難者との間に仕切りができたことでプライバシーが確保できるようになったが、避難生活の限界や精神疾患の既往などによって集団生活が難しくなり、立ち入り禁止区間である自宅に戻る人もいた。自我機能の低下によって周囲から脅かされる感覚をもちやすい精神疾患の人にとっては、集団生活で受ける刺激や疲労が強く現れていた。

私は発災後、保健医療従事者として焦った。自分にできることは何か考えた。1月の上旬に奥能登地区の被災者と金沢市内で開催されたひきこもりの家族会で出会った。そこでは、普段ひきこもりの当事者や家族員たちの生活状況などが話されているが、その日はすべての参加者がそれぞれの震災体験や被災者への思いを語った。被災者の無事を安堵する声も多かった。最後に被災者が「生きていたら必ずチャンスはある」と語った。それ

は自明のことであるが、長期にわたってひきこもりの当事者とともにある家族にとって時にそう思えないこともあるだろう。この時ほど、「生きていたら必ずチャンスはある」という言葉が深く響いた瞬間はなかった。

被災者の健康状態の把握では、これまでのわが国における震災経験に基づいて作成された被災地での健康状態のチェックシートがとても役立った。大震災の後は「安心」や「日常」という自明の前提が失われる。そこで、健康状態を把握するうえで、このような前提を失った人たちの体験をできる限り共有し、支援者への「安心」が実感できるよう配慮するなかで、語られたことから健康状態を把握するように努めた。震災が起こってから避難所を転々としてきたプロセスは、すべての被災者が正確に想起しており、「日常」を喪失した中で生き抜いてきた様子が伝わってきた。私達は金沢大学の仕組みや行政との連携の中で、継続的な現地支援に入ることができた。特に、これまでの能登半島の人々や組織との関係性が私達を迎え入れてくれた。大震災の後、現地の保健医療福祉機関は職員自らが被災しながらも支援者として日夜活動することが日常化する。また県内外からの多数の支援団体のコーディネートで現地の支援者の疲弊はさらに大きくなる。平時であれば提供できていたケアが大震災後は提供できず、現地の支援者は倫理的な傷つきを体験していた。そのような中で、平時からの組織を超えた連携が今回の支援活動につながった。また発災直後から、金沢大学では保健管理センターが基幹となって、公認心理師・臨床心理士等からなる KEYPAT (Kanazawa Educational Yell Psychological Assistance Team) が構築され、私はそのメンバーのひとりとして学生・教職員・家族など本学関係者の心のケアに携わった。金沢市には能登地区を故郷とする人が多く、1月1日に発災したことで帰省中に被災した人、家族・親族等が被災した人、それを目撃したことの罪悪感や責任感から休むことができなく

なっている人など震災によって多くの人が傷つき、疲弊していた。被災者支援のための学内外のシステムが日々つくられ力動的につながっていく中で、保健学系の職員がチームとしてその時その場でできることに向き合ってきた。

日本精神保健看護学会の災害対策委員会の委員でもあった私は、学会のつながりにも助けられた。大川貴子委員長をはじめ、委員の多くは阪神・淡路大震災や東日本大震災の被災経験ならびに支援者としての経験を有しており、被災地の状況をよく理解していた。そのような委員会の中で、私が抱えていた思いや無力感を語ることができた。大震災後の現地支援者の孤立や調整の苦労は、バーンアウトや倫理的傷つきを高めるため、委員会では能登半島地震の前から大震災時の備えとして、平時からの組織を超えたネットワークづくりのためのプログラムや企画を組み立てていた。私は被災地の支援を体験して、平時からのゆるやかなつながりづくりの大切さがよく理解できた。2024年の学術集会では、災害対策委員会として企画していたプログラムの時間を使用して、能登半島地震の被災地からの声を届けるための特別企画が設けられた。発災直後から現地の保健師として、また住民として、避難所生活やテント生活を送りながら避難所の運営と支援機関のコーディネートに尽力されてきた石川県能登北部保健福祉センター次長の本間雅代氏、災害拠点病院である公立能登総合病院看護部長の澤味小百合氏、能登地区の精神科訪問看護を担うらいう訪問看護ステーション統括管理責任者の宮本満寛氏から被災地で何が起きているのかを聞く貴重な時間となった。Florence Nightingale がスクタリの病院で、限られた資源の中で全身全霊で傷ついた兵士たちのケアに献身していたであろう様子と、3人の現地の支援者の体験が私には重なって見えた。災害拠点病院では断水が続き、給水が限られている中で、すべての患者さんの口腔ケアと陰部ケアだけは保障することを決断し、水を分配していた。また能登

半島地震では発災後、陸路・海路が断たれていたため、自衛隊のヘリコプターが命綱となった。第2次世界大戦を経験している後期高齢者は、病院に運ばれてきたとき、戦時下を想起してせん妄を起こしていたことなどの話をお聞きして、有事であっても患者さんの視点から世界を見て、生命力の消耗を最小限にするための看護を保障してこられたことに畏敬の念をもった。日本でも看護学は、1995年の阪神淡路大震災や地下鉄サリン事件などを契機として災害支援の活動を模索しながら発展してきた経緯があり、どのような状況であっても人々のいのちと生活を守る看護の誇りに裏打ちされたプレゼンテーションであった。

2. 応急仮設住宅の全戸訪問のサポートと健康づくり支援

被災地では2月頃から応急仮設住宅の設置が始まった。3月末日までで2次避難所からの支援の依頼が終わった後、表志津子教授が石川県健康福祉部を通して輪島市と連絡をとり、保健学系のチームで日程調整を行って、4月13日～6月30日の間、輪島市の保健師が担当している応急仮設住宅入居者の全戸訪問支援のサポートに携わった。期間中、計17日延べ34人が土日に活動を行った。主な活動内容は、2人1組での応急仮設住宅における入居時の被災状況・健康状態の調査、継続支

援対象者の巡回訪問、避難所での健康相談だった。入居時の訪問件数は、419件、そのうち108件で面談ができ、不在・調査拒否は311件であった。継続支援対象者の巡回訪問では、訪問件数4件であり、すべて面談が実施できた。避難所での健康相談は14件で、血圧測定や飲酒状況およびその心身への影響の確認、生活の不安などの傾聴、フレイルや熱中症予防に関するチラシの配布、運動指導などを行った。

応急仮設住宅には、1次避難所から直接入居する人や2次避難所から帰省した人、家族・親戚のいる土地での避難生活から帰省した人など入居者の背景は様々であったが、避難生活で疲弊していた人たちにとって少し落ち着きを取り戻すきつかなったようであった。瓦礫はほとんど片付けがされておらず、火災後の焼け跡もそのまま残っている状況であったが、ネット販売や訪問販売を始めたり、街の復興に向けて希望が語られたりするようになっていた。そこに桜が咲く時期が重なったこともあり、外部から支援に入った支援者としては人々の心が復興に向かっているように感じられた。トラウマやバーンアウトからの回復は、個人の被災体験やもとの生活上の困難、現状の意味づけのあり方などによって個人差が大きい。私は、北國新聞社の特別報道写真集をみて、被災者の体験に立ち戻った。仮設住宅の全戸訪問で会えた人達に、被災・避難の状況、健康状態を調査



写真1 輪島市仮設住宅全戸訪問打ち合わせの様子



写真2 仮設住宅の様子

用紙に沿って聞いていくと、すべての人が発災時からの被災・避難の状況を具体的に話してくださった。单身や高齢者のみの世帯、あるいは生活の困窮や障害を有する世帯では、限られたエネルギーの中で日々の生活のバランスをなんとか保っているような状況もみられた。そのような中で、金沢大学保健学チームとして中長期的な健康支援・調査の方針を確定した。

震災が被災者の心身の健康状態に与える影響については、阪神・淡路大震災以降多数の報告が蓄積されており、アルコールや孤独、高齢者のフレイルや慢性疾患、災害関連死などへの対策の重要性が報告されているが、能登半島地震の特徴として人口減と少子高齢化の上に被災による孤立と人手不足が健康問題と復興に大きく影響すると考えられる。冬季には豪雪で孤立が増強する。被災者の孤立と貧困を防ぎ、災害関連の健康問題を最小限にすることが重要な課題となる。また同時に、被災地の最前線で自らが被災しながら保健医療福祉の支援者として活動する人たちのメンタルヘルスは重要な課題である。惨事ストレスの中長期的な影響は、これまでも多数報告されてきたが、能登半島地震被災地では生活基盤の喪失の中で支援者の退職が増加し続け、奥能登地区の公立4病院の病床数は被災前と比較して50%以下に、高齢者施設は60%程度に減少している（読売新聞、2024年7月3日）。このような状況で、支援者のバーンアウトやトラウマをはじめとする健康状態の懸念は非常に高い。被災地の住民の健康を守るために、最前線の支援者の健康を守ることは重要な課題である。復興庁の住民意識調査(2023)では、被災地を離れて避難している人々が帰還を判断するために最も重要なことは、医療福祉施設の再開であり、その保証がない場合は一層過疎化が進む。能登半島では、医療・福祉施設の半減や伝統工芸・農林水産業などの地場産業の喪失による失業と人口流出の一方で、里山里海文化によって育

まれてきた在来知は実質的あるいは象徴的に残されている。そのため、被災者の喪失の痛みと復興の歩みに添いながら、健康問題に対して、在来知と産学官の資源を融合した伴走型の支援を中長期的に継続したいと考え、8月以降は現地の自治体保健師ならびにソーシャルケア部門を有する産業と連携して応急仮設住宅の集会所をお借りして健康相談や足のケア、皮膚のケア、フレイル予防のための筋力測定・体組成計測などの実施を始めた。自治体の保健師との連携によって、集会場のある仮設住宅区画以外からも多数の人が来られ、初回の参加者は50人程度となった。

被災地では、応急仮設住宅の見守り支援を担う人材が不足している。少子高齢化が著明な地域であるため、生活や健康面で脆弱性を有する人々への見守り支援をどのように保障するかが重要な課題である。行政や産業、チャリティ団体やボランティアなど多様な人や組織との連携の中で、見守りやヘルスケアへのアクセスが担保できるような、多機関が力動的につながることで支援の隙間を埋めることができるようなサポートのあり方を現地の人々とともに築いていくことが求められている。

令和6年能登半島地震金沢大学合同調査チーム
KUD — Kanazawa University Disaster investigation team —, <https://www.kanazawa-u.ac.jp>

金沢大学保健管理センター KEYPAT, <https://hsc.w3.kanazawa-u.ac.jp/keypat/>
復興庁, 原子力被災自治体における住民意識調査, <https://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-4/ikoucyousa/>

読売新聞, 奥能登4公立病院、看護師60人の離職や入院患者の転院で病床半減…専門家「設備や人員面で行政支援欠かせない」, <https://www.yomiuri.co.jp/yomidr/article/20240703-OYT1T50000/>, 2024年7月3日

ブレーキパーツクリーナー（エアゾール製品） により発生した静電気火災について

北九州市消防局

1 火災の概要

本火災は、令和3年8月、北九州市内にある共同住宅の一室から出火して、浴室の網戸及び浴室内の衣類を焼損し、居住者の男性1名が全身熱傷を負った建物火災である。

出火当時、居住者は浴室でブレーキパーツクリーナー（エアゾール製品）を使用して油分の付着した衣類を洗浄中で、浴室内で突然爆発が発生したことにより、中等症の全身熱傷（Ⅲ度熱傷：約2%、Ⅱ度熱傷：約27%、Ⅰ度熱傷：約14%）を負っている。

出火当時の天候は曇り、気温は27℃、相対湿度は84%であった。

2 居住者の回答

(1) 火災発生までの状況

居住者は、トランクス1枚の格好で自宅浴室のバスマット上にしゃがみ、衣類（ズボン）にブレーキパーツクリーナーを噴射して、付着した油分を手で擦り、洗浄作業を行っていた。

居住者が上記の作業を約10分間継続したところ、洗浄中のズボン付近から出火し、直後に爆発が発生した。

(2) 火災発生後の状況

本火災は、爆発後の延焼はなく、居住者は、消火行為を行っていない。

また、居住者は、全身に熱傷を負ったため、

水を溜めていた浴槽で患部を冷却した後、消防機関へ救急要請を行っている。

(3) ブレーキパーツクリーナーの使用状況

居住者は、日常的に浴室でブレーキパーツクリーナーを使用して衣類の洗浄作業を行っていた。

今回、出火時に使用していたブレーキパーツクリーナーは出火の前日に購入した未使用品であった。

なお、ブレーキパーツクリーナーの使用中は、浴室のドア及び窓を開放しており、浴室の照明はつけていない。

3 現場見分の状況

(1) 浴室の状況

浴室上部に位置する窓の網戸が溶融していた。

また、浴室の床（タイル）には、穴あきのバスマットが敷かれており、その上に焼損した衣類が置かれていた。（写真1から写真3参照）



写真1 浴室の状況①



写真2 浴室の状況②



写真3 浴室の状況③

(2) 浴室内の衣類

浴室内の衣類は、上着の背部及びズボンの左裾が溶融していた。上着の生地はポリエステル100%で、ズボンの生地はポリエステル65%及び綿35%であった。(写真4及び表1参照)



写真4 溶融した衣類の状況

表1 溶融した衣類の素材

上着	ポリエステル：100%
ズボン	ポリエステル：65% 綿：35%

(3) ブレーキパーツクリーナー

居住者が使用していたブレーキパーツクリーナーは、ノズル部分が溶融していたが、ブレーキパーツクリーナーの本体に焼損はなかった。

また、ブレーキパーツクリーナーは、シクロヘキサン、イソヘキサン及びエタノールの引火性液体を主成分とし、LPガスにより噴射するエアゾール製品である。(写真5及び写真6参照)



写真5 本体の状況



写真6 ノズルの状況

4 現場見分及び居住者の回答からの考察

現場見分の状況から、本火災の焼損は、浴室の網戸、浴室内の衣類及び居住者が使用していたブレーキパーツクリーナーのノズルのみであることから、出火箇所は浴室であると考えられる。

また、居住者は浴室のバスマット上でブレーキパーツクリーナーを使用して約10分間、ズボンを手で擦って洗浄していたところ、ズボン付近から出火し、直後に爆発が発生したと回答している。

以上のことから、何らかの火源が浴室内に滞留した引火性液体の蒸気に引火したものと考察した。

5 再現実験

何らかの火源が浴室内に滞留した引火性液体の蒸気に引火したものと考察したが、浴室及びその周辺に火源となるものは確認できなかった。そこで、洗浄作業中に帯電した衣類、人体及びブレーキパーツクリーナー等から静電気放電が発生した可能性が考えられたため、浴室内の衣類及びブレーキパーツクリーナー（同製品）を使用して、居住者の回答を基に再現実験を行った。実験は、現場の状況を再現し、バスマット上でトランクス1枚の格好で実施した。

なお、実験を行った室内の気温は24℃、相対湿度は66%であった。

(1) 衣類の摩擦による帯電（実験1）

出火当時、居住者はズボンを擦って洗浄していたことから、ズボンの摩擦による摩擦帯電が発生したと考え、現場の状況を再現し、居住者が洗浄していたズボンを擦り合わせ、静電気が発生するかを検証した。

なお、検証については、付近にあった溶融した上着も含めて行った。

検証の結果、上着とズボンを擦り合わせると、上着にのみ約5.0kVの静電気が摩擦帯電し、上着とズボンを別々に擦り合わせても、静電気は



写真8 実験1の状況

表2 衣類の摩擦による実験

実験1	使用物品	帯電電位
	上着・ズボン	約5.0kV
	上着のみ	×
	ズボンのみ	×

発生しなかった。（写真8及び表2参照）

(2) ブレーキパーツクリーナーの噴射による帯電（実験2）

出火当時、居住者はブレーキパーツクリーナーを約10分間使用していたことから、気体の噴射による噴出帯電が発生したと考え、ブレーキパーツクリーナーを噴射し、静電気が発生するかを検証した。

検証の結果、1分間連続で噴射した場合（実験2-1）は、人体に約8.5kVの静電気が噴出帯電した。（表3参照）

同様の実験を30秒ごとに人体の帯電電位を測定しながら行った結果（実験2-2）、30秒で人体及びブレーキパーツクリーナーに約6.0kV、2分30秒で約23.0kVの静電気が噴出帯電した。（表3参照）

なお、バスマットがない状況で同様の実験を行った場合は、人体及びブレーキパーツクリーナーは帯電しなかった。

表3 ブレーキパーツクリーナーの噴射による実験の結果

実験	噴射時間	帯電電位
2-1	1分00秒	約8.5kV
2-2	0分30秒	約6.0kV
	1分00秒	約7.5kV
	1分30秒	約9.0kV
	2分00秒	約10.0kV
	2分30秒	約23.0kV

(3) ブレーキパーツクリーナーを使用した燃焼実験（実験3）

静電気発生装置を使用して人体を約10kVに帯電させ、静電気放電により、ブレーキパーツクリーナーの引火性液体の蒸気が燃焼するかを検証した。

居住者が使用していたブレーキパーツクリーナーを約2秒噴射して、引火性液体の蒸気を滞留させた容器内で、静電気放電を発生させた結果、燃焼を確認することができた。（写真11参照）

6 静電気火災が発生する条件

静電気火災は、「静電気の帯電」、「燃焼範囲濃度に達する可燃性気体の滞留」及び「可燃性気体の最小着火エネルギー以上のエネルギーを有する静電気放電の発生」の三つの要素が全て揃わなければ発生しないため、これらについて考察する。

(1) 静電気の帯電

居住者の作業内容から静電気が発生する主要因として、摩擦帯電及び噴出帯電が考えられる。

摩擦帯電については、再現実験の結果、上着のみに約5.0kVの静電気が帯電したが、居住者はズボンの洗浄作業中にズボン付近からの出火を目撃しており、再現実験においては、ズボン



写真11 実験3の状況

に静電気が帯電することはなかったため、摩擦帯電の静電気放電により火災が発生したとは考えにくい。

噴出帯電については、再現実験の結果、ブレーキパーツクリーナーの噴射時間に比例して帯電電位が上昇し、人体及びブレーキパーツクリーナーに約6.0～23.0kVの静電気が帯電した。

このことから、居住者がブレーキパーツクリーナーを約10分間に渡って複数回噴射したため、人体及びブレーキパーツクリーナーが噴出帯電していたと考えられる。

(2) 燃焼範囲濃度に達する可燃性気体の滞留

居住者は、作業前に浴室のドア及び窓を開放しており、浴室内の換気を行っていたが、ブレーキパーツクリーナーの主成分であるシクロヘキサン、イソヘキサン及びエタノールの蒸気（蒸気密度）は全て空気より重たく、窓が浴室の上部に位置していたことから、浴室内の下部に燃焼（爆発）範囲内の可燃性気体（引火性液体の蒸気）が滞留していた可能性が高い。

(3) 最小着火エネルギー以上のエネルギーの発生

最小着火エネルギーとは、燃焼範囲内にある可燃性物質が着火するために必要なエネルギーのことである。居住者が使用していたブレーキパーツクリーナーの主成分のうち、シクロヘキサンの最小着火エネルギーが最も小さく、0.22mJである。

帯電物体が導体の場合、蓄積された静電気エ

エネルギーのほとんど全てが放電エネルギーとなって放出され、その値は次の式で与えられる。

$$W = 1 / 2 C V^2$$

W は静電気エネルギーで単位はジュール (J)、C は導体の静電容量で単位はファラッド (F)、V は帯電電位で単位はボルト (V) である。

再現実験 (実験 2-2) では、ブレーキパーツクリーナーを30秒間噴射しただけでも、人体及びブレーキパーツクリーナーに約6.0kV の静電気が帯電した。

よって、帯電電位を6.0kV、人体の静電容量を100pF として静電気エネルギーを計算すると1.8mJ となり、シクロヘキサンの最小着火エネルギー (0.22mJ) を大幅に上回る値となる。

以上のことから、出火当時、帯電した人体及びブレーキパーツクリーナーから静電気放電が発生した場合、そのエネルギーは引火性液体の蒸気における最小着火エネルギーを大幅に上回っていた可能性が高い。

7 出火原因

居住者の回答、現場見分の状況及び再現実験の結果から、本火災は静電気火災が発生するための三つの要素である「静電気の帯電」、「燃焼範囲濃度に達する可燃性気体の滞留」及び「可燃性気体の最小着火エネルギー以上のエネルギーを有する静電気放電の発生」が全て揃っていた可能性が高いことが判明した。

以上のことから、本火災の出火原因は、居住者が浴室のバスマット (絶縁体) 上で、ブレーキパーツクリーナーを連続して噴射したことにより、人体とブレーキパーツクリーナーが噴出帯電し、浴室のタイル又は他の何らかの物との間で静電気放電が発生したため、浴室に滞留した引火性液体の蒸気に引火して爆発したものと推定した。

なお、静電気放電が発生した状況については、①バスマットの穴を通じて床面のタイルとの間で

発生したことや②壁面のタイルに触れて発生したこと、③水で濡れたバスマットやズボンがタイルと電氣的導通状態になって発生したこと等が考えられるが今回の検証では特定することはできなかった。

8 火災予防対策について

エアゾール製品は、カセットボンベや整髪剤等で日常的に使用されているが、正しい取扱方法について市民の理解が不十分であり、2018年12月に北海道札幌市、2019年7月に大阪府高槻市で、エアゾール製品の不適切な廃棄が原因とみられる大規模な爆発火災事故が相次いで発生している。

本市では、ホームページやSNSを利用して、エアゾール製品について火気付近での使用や高温となる場所での保管をしないように市民に対して注意喚起を行っているが、本事例のように周囲に火源がない状況においても、人体から発せられた静電気放電によって火災が発生する可能性があるため、このことについても、周知・啓発していかなければならない。

加えて、メーカーや国民生活センターに情報提供を行い、エアゾール製品の取扱方法を誤ると火災に繋がることを注意喚起するように協力を要請した。

その後、メーカーから今後製造するものについては、注意事項に「長時間の噴射は静電気による出火を誘発する」旨の記載をするとの回答を得た。

9 参考文献

- (1) 公益財団法人 東京防災指救急協会
「新火災調査教本 第4巻」
- (2) 公益財団法人 東京防災救急協会
「新火災調査教本 第3巻」
- (3) 平川 董「人体の帯電防止対策」
安全工学20巻6号 (1981)

連載
講座

火事は天皇をも退位させた?!

歴史家・作家 加 来 耕 三

「火事」の定義を「建物、山林、船などが焼けること」と説明したのは、『日本国語大辞典』（小学館）であったが、この「火事」は和文では古くは「ひのこと」と読まれていて、『日本国語大辞典』が例としてあげた『殿暦』の承德元年（1097）の2月2日の条＝「子剋許有_二火事_一」は、「ひのこと、子の刻に有り」と読んだかもしれない。

興味深いのは、「火事」が冬の「季語」とされてきたことだ。江戸時代に盛んになった俳句では、四季それぞれの季節感を表わすために、「季語」（初出は意外と新しい明治41年〈1908〉）をもちいたが、火事は陰暦の冬に分類され、その第1月＝10月に歳時記などでは頻繁に登場していた。

火事は、江戸の頃は年々十月下旬より昼夜となく繁くありて、その中には大火もあり、大風烈しきに至りては昼夜焼募りて消ざることありしは、家造りすべて木造にして板葺屋根の立ち連なるによると知られたり（菊池貴一郎『絵本江戸風俗往来』）

上記の菊池は四代目・歌川広重（1849～1925）のことであり、彼は一年中の季節に応じた、江戸の出来事を解説していたが、とりわけ当時の火事の特徴を書き残していた。

前回、「火事と喧嘩は江戸の華」で、焼けてはその都度広がる江戸の街の活気を述べたが、被災した人々の中で、正式な「町人」にとっては、火

災現場に押しかける物見遊山（見物して遊びまわる）の、裏店の人々と同一に扱うことはできなかったであろう。

江戸時代の京・大坂、そして江戸といった都市に居住する商工業者を、一般には「町人」といったが、これには職人も含まれていた。

もっとも、公的な身分呼称としては、「町人」は町屋敷を所得する地主・家持層に限られており、彼らの大半は表通りに店を構える商人であり、町奉行所から呼び出しがかけると、紋付羽織袴のいでたち（よそおい）に、扇子片手で出かける人々のことを指した。

彼らにとって火事は、「恐怖の最大のもの」（高村光雲『幕末維新懷古談』「その頃の消防夫のことなど」）でしかなかったかもしれない。

次の一文の、「町人」を「商人」「豪商」と置き替えてご一読いただきたい。

一体に、当時（江戸時代末期）は町人の火事を恐れたことは、今日（明治時代）の人の想像も及ばぬ位である。それは現今の如く、火災保険などというような方法があるではなく（明治14年〈1881〉4月に、大蔵省で火災保険について会議がもたれた）、また消火機関が完全してもいないから（明治39年〈1906〉に東京府下に六消防置を設置）、一度類焼したが最後、財産はほとんど丸潰れになりました。中には丸焼けになったために乞食にまで身を落とした人さえある。〈中略〉したがって火事といえば直ぐに手伝いに駆け附けた。

いのち 生命の次ほど大変なことに思っていたこと故、見舞い^はに走せ附けた人たちをば非常にまた悦^{よろこ}んだものである。ですから、火事見舞いは、当時の義理のテッペンでした。一番に駆けつけたは誰、二番は誰と、真先^{まっさき}をかけた人を非常に有難く思い、丁寧に取り扱いました。差し当って酒弁当は諸方から見舞いとして貰った物を出し、明日は手拭^{てぬぐい}に金包みを添えてお礼に行くのが通例です。それで誰もかもジャン（火災を知らせる半鐘^{はんしやう}の音）という、それッといって駆け出す。（同上）

少し読者の心象^{イメージ}がわいたのではあるまいか。「町人」は「武士」とは異なり、自衛を基本として強い^しられていたのである。

封建制の時代、一般の庶民を火事から守ろうとする為政者の発想そのものが、ほとんどなかったといってよい。

江戸時代、幕府が火事を恐れたのは、江戸城へ類焼することであり、そのため結成された「定火消^{じやう び けし}」は、選ばれた10人の大旗本^{お ぎ ほん}が駿河台、小川町、溜池、八重洲河岸など府内10カ所に分散して、各々^{よ り き}与力6騎、同心30人、ほかにガエン（火焰、正しくは臥煙^{が えん}）と呼ばれた火消人足を200人ほどを抱えていた。

それでも度重なる火事に追いつかず、「大名火消」が11家選ばれ、大手、桜田、二の丸、浅草米蔵、湯島の聖堂などの、11カ所の守備についた。

火事が大きくなると、臨時に火消し^{ほうしよ び けし}の大名が選ばれ、「奉書火消」と呼ばれて出動したが、すべては江戸城を守るのが目的であった。

民間の消防である「町火消」は、享保3年^{きやう ほう}（1718）に南町奉行・大岡越前守忠相^{おお おか えち ぜん の かみ ただ すぐ}が、「火災時には一町から駆付人足三十ずつを出すべきこと」と達しを出し、享保15年に組織化されて、四十八組が作られた。あきらかに庶民のことは、あとまわしであった。

もともと日本の家屋^{か おく}（すまい）は木と紙でできて

おり、火に対しては極めて弱い特性を持っていた。

加えて日本の家屋は、古代・中世と暑い夏をいかに凌ぐ^{しの}かを中心の課題として設計されており、住宅は夏の温度・湿度を基準に、いかに風通しを良くするか、を何よりも第一に考えた。

平安時代に完成した、貴族住宅の様式＝寝殿造^{しん でん づくり}は、中央の南向きに寝殿を建て、その左、右、あるいは背後のいずれかに対屋^{たいのや}を設け、渡り廊下で各々と連絡。寝殿の南庭を隔てて池を造り、中島を築き、釣殿^{つりどの}などを設けた。

これらは全体として、涼しさを演出してのものであり、暑い夏を過ごす工夫であった。

そのため冬は逆に、風が通るぶん、家屋はとにかく寒かった。そこで重ね着をし、室内には炉^ろや火鉢^{ひ ばち}を用意して暖をとった（体を温めた）。

まだ家屋に窓はなく（書院造以後に登場^{しとみ}）、藪戸^どという長押^{ながし}（柱と柱との間を、柱の側面から横に打ちつけた水平材^{もつば}）を専らとしていた。

正面にはめ込む上下二枚の横戸——上の戸は内側にはね上げて吊るものと、上方へすり上げるものとがあった。現在でも神社仏閣で、ときおり見かけることがある。

屋根は長い間、萱葺^{かやぶき}、草葺^{くさぶき}、あるいは板葺^{いたぶき}であった。これも夏は涼しく、冬は暖かいというのが、その採用理由であったという（のち瓦葺^{かわらぶき}となる）。

平安時代、まだ外壁を土の塗籠^{ぬりごめ}にする工夫はなく、土蔵造りも登場していなかった。

庶民の住居は推して知るべしであり、平安京での火災は、皇居である内裏^{だい り}を中心とした、諸官庁などが配された「大内裏」周辺が多く、民家に延焼して大火となることがほとんどであった。

大内裏は東西8町（約1.2km）、南北10町（約1.4km）と推定されている。

この時代といえ、王朝文化が花開き、華麗な摂関政治^{じ せい}の時世を想像されがちだが、地方では飢饉^{き げん}が起こり、疫病が流行し、それらが京の都にも蔓延^{まんえん}することに——。

浮浪者が盗賊となって道行く人を脅かし、貴紳の第宅に侵入して物を取り、皇居においてすら白昼、女官が身ぐるみを剥がれる事件が起きていた。

ついでの、放火の例も多かったようだ。

火事は平安時代、王朝にとっては非常に身近な災害であり、内裏を焼かれた天皇は、内裏の外に臨時に設けられた「里内裏」に仮住まいすることを余儀なくされた。多くの場合は、摂政・関白などの外戚の邸宅があてられた。

思い起こされるのは、三条天皇（第67代）である。藤原道長の甥にあたり、36歳で即位した三条は、度々、道長から退位を迫られていたが、こうしたおり、火事が持ち出されることが少なくなかった。

災害が起きるのは、天皇も不徳の現われとの考え方が当時あり、内裏の消失を口実に、道長が三

条へ退位を迫ったのである。

三条の前の、一条天皇も内裏の焼亡を自らの責任と受け止めていた。

「今年の十一月に内（内裏）焼けぬれば、五節（大嘗会、陰暦11月の新嘗会に行なわれた、五節の舞を中心とした儀礼の行事）も之参るまじうなりぬ。かく内のしげう焼くるを、みかど（帝）いみじき事におはし嘆いて——」（『栄花物語』）

ついには、「疾くおりなん」（早く皇位を降りたい）というのであった。

一条は32歳の若さで崩御（死去）されたが、内裏焼失の直後には、11ヵ条にわたる「新制」を下し、朝廷の綱紀肅正、特に倏約を旨とするべきことを命じたりしていた。もう少し注目されてよい帝であったようにも思うのだが、火事に掻き消されてしまった印象が強い。（了）

連載
講座

「エルニーニョ現象」と「ラニーニャ現象」

気象予報士（元気象庁） 饒 村 曜

1 「エルニーニョ」と「エルニーニョ現象」は違う

南米西海岸のペルー沖では、南東貿易風が東から西に吹いている影響で、海流が東から西へ流れています。そして、その海流の影響で、冷水が深海から湧きあがってきます。そのためペルー沖は、深海から冷水と共にリンや窒素等が表層に供給され、それを餌にするプランクトンが繁殖し、プランクトンを餌とするカタクチイワシ等の好漁場となっています。しかし、数年に一度くらいは、ペルー沖の海面水温が上昇し、漁獲量が激減するということが発生し、漁師の間では恐れられていました。この現象は、クリスマスの頃に始まることが多いため、神の男の子（キリスト）を意味するスペイン語「エルニーニョ」という名前がつけられました。

この「エルニーニョ」について解明しようと、科学的な観測が始まった当初は、局地的な現象と考えられていました。しかし、1990年代に入ると「エルニーニョ」は、ペルー沖の局地的な現象にとどまらず、熱帯の太平洋全体に及ぶ気象の変化と対応しており、さらには地球全体の気象の変化とも関係していることがわかってきました。

そのため、現在では「現象」という言葉をつけて「エルニーニョ現象」と呼ばれるようになりました。つまり、「エルニーニョ」と「エルニーニョ

現象」は違います。

2 「エルニーニョ現象」発生の仕組み

赤道付近では東寄りの風が吹いており、帆船時代にはこの風を利用して貿易が行われたことから、貿易風と呼ばれています。この貿易風によって赤道付近の海流も東から西へ流れていることから、海流の出発点となっているペルー沖では、深海から冷たい海水が湧昇し、その結果として海水温が低く、良い漁場となっているのです。

しかし、貿易風が弱まると、西へ流れている海流も弱まり、西の方に吹き寄せられていた暖水が東の陸地に押し戻されるため、深海から冷水が湧きあがらなくなります。すると、ペルー沖等の南太平洋東部では、海面水温が上昇し、「エルニーニョ現象」が発生するのです（図1）。そして、ペルー沖の海面水温が高くなったことに対応し、普段は雨がほとんど降らないペルーの海岸砂漠でも雨が降って緑に覆われます。逆に、今まで雨が多かったインドネシア等の太平洋西部では雨が降らなくなり干ばつが発生します。このように、「エルニーニョ現象」が発生すると、世界各地で異常気象が発生することがわかってきました。

また、観測が進んでくると、「エルニーニョ現象」とは逆に南東貿易風が強まり、西へ向かう海流も強まる現象も発見され、女の子を意味するスペイ

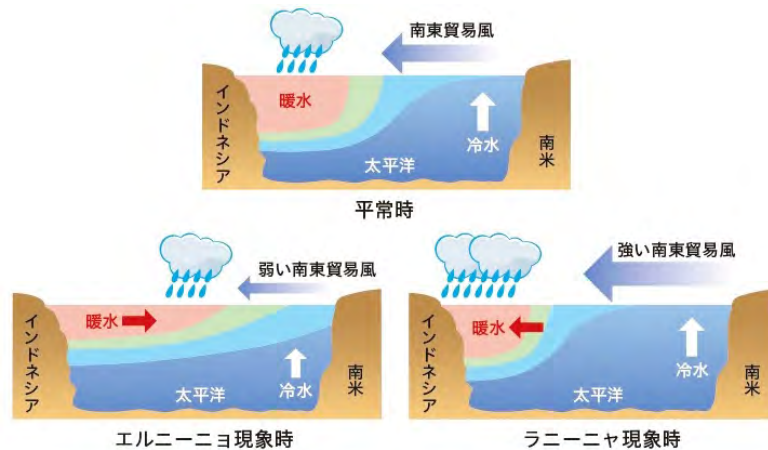


図1 エルニーニョ現象発生時とラニーニャ現象発生時の海と風の様子

ン語「ラニーニャ」から「ラニーニャ現象」と呼ばれています。反対を意味する言葉、たとえば「アンチ」を「エルニーニョ現象」という言葉につけると、「反キリスト」という意味になり、多くの人が使う学術用語としてはふさわしくないという判断があったのかもしれません。「ラニーニャ現象」が発生すると、ペルー沖では、深海の冷水がより多く湧き上がり、海面水温は平年より低くなります。「エルニーニョ現象」ほど顕著ではありませんが、「ラニーニャ現象」も、地球全体の気象の変化と関係があるといわれています。

3 「エルニーニョ現象」「ラニーニャ現象」の日本への影響

「エルニーニョ現象」や「ラニーニャ現象」は、大気と海洋の相互作用から発生しており、世界で発生している異常気象の一番の原因ではありません。ただ、これらの現象に着目することで、膨大な観測と解析が必要な「世界各地で異常気象が発生しているかどうか」という判定をすばやく行うことができます。つまり、ペルー沖の海面水温に注目していれば、異常気象が世界規模なものかどうか、すぐにわかるのです。

このため、気象庁は、東部太平洋赤道域にエル

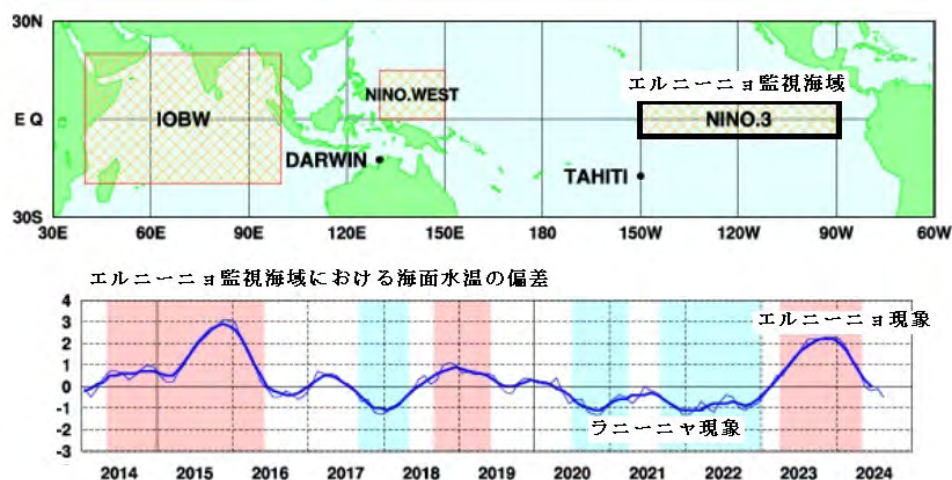


図2 エルニーニョ監視海域における海面水温の偏差（2014年～2024年）

ニーニョ監視海域（北緯5度～南緯5度、西経90～150度）を設定し、この海域の海面水温が、平年より0.5℃以上高い状態が6ヶ月以上続くときを「エルニーニョ現象」、0.5℃以上低い状態が6ヶ月以上続くときを「ラニーニャ現象」として、「エルニーニョ監視速報」などの情報を発表しています（図2）。

「エルニーニョ現象」や「ラニーニャ現象」が発生すると、赤道域で積乱雲の発生場所が変わり、その変わったことで亜熱帯の高気圧が影響をうけ、亜熱帯の高気圧が影響を受けたことで日本などの中緯度の気象が変わるなど、地球規模での異常気象が発生するとされています。

ただ、太平洋の赤道付近では、「エルニーニョ現象」の直接的な影響の異常気象ですので、いつも同じ傾向があります。しかし、その他の地方では、間接的な影響の異常気象ですので、いつも同じとは限りません。

令和5年の春までは、「ラニーニャ現象」が2年半という長きにわたって続いていましたが、夏以降は「エルニーニョ現象」が発生しています。「エルニーニョ現象」が発生すると、多くの場合、西部太平洋赤道域（インドネシア近海）の海面水温が平年より低くなるのですが、令和5年の場合は、太平洋赤道域の海面水温はほぼ全域で高く、東部太平洋で特に高いという特徴がありました。このため、「エルニーニョ現象」時は冷夏の年が多いのですが、令和5年は猛暑となりました。

日本付近について、統計的に有意な特徴をまとめると表1のようになります。その年の様々な要因によって違った異常気象がおきますので、木曜の14時30分に発表される1ヶ月予報や、毎週の月曜と木曜の14時30分に発表される異常天候早期警戒情報などの気候情報のチェックを、こまめに行って早めに対策を考える必要があります。

表1 「エルニーニョ現象」発生時における日本の天候の特徴（統計的に有意なもの、気象庁HPをもとに作成）

春（3～5月）	平均気温は沖縄・奄美で高い傾向、東日本で並か高い傾向。 日照時間は西日本太平洋側で少ない傾向。
梅雨	梅雨明けは中国・四国・奄美・沖縄で遅い傾向。
夏（6～8月）	平均気温は西日本で低い傾向、北日本で並か低い傾向。 降水量は西日本日本海側で多い傾向。
秋（9～11月）	平均気温は西日本・沖縄・奄美で低い傾向、北日本・東日本で並か低い傾向。
冬（12～2月）	平均気温は東日本で高い傾向。 日照時間は東日本太平洋側で並か少ない傾向。

3 台風の発生と「エルニーニョ現象」・「ラニーニャ現象」

令和4年は「ラニーニャ現象」の最中でしたが、台風の発生数は平年並みの25個（平年は25.1個）で、発生位置は北西にずれていました（図3）。このため、日本近海で発生する台風が多くなり、台風が発生するとすぐに日本に影響しました。

一方、令和5年は「エルニーニョ現象」の年で、台風の発生数は17個と、平年よりかなり少なくなり、しかも発生位置は南東側にずれています

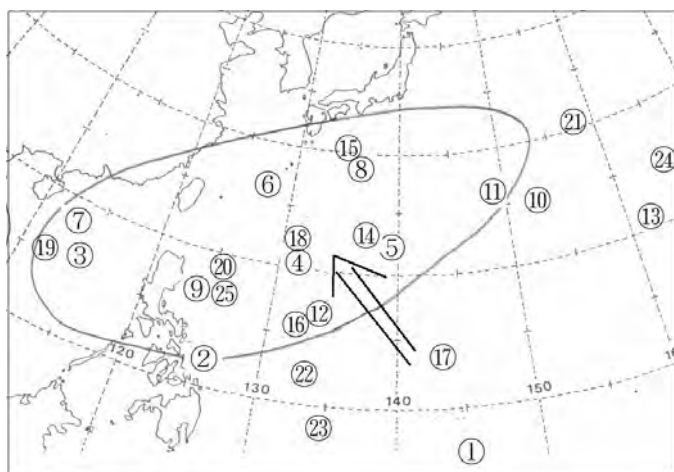


図3 ラニーニャ現象時の台風発生海域（令和4年）

(図4)。なお、令和5年の台風8号は、北太平洋中部のハリケーンが西進して日付変更線を超えて北太平洋西部にはいつてきたことによる発生で、他の台風とは違います。

地球温暖化が進むと、「エルニーニョ現象」のような状態が多く発生するといわれています。また、台風発生数は減るものの、発達した台風が増えるという研究もあります。

ただ、「エルニーニョ現象」であっても、「ラニーニャ現象」であっても、台風が日本を襲うことは変わりありません。今までない早い(遅い)季節に、今までにないコースや強さで日本へ襲来する可能性がありますので、先入観を持たずに台風情報を利用することが大切です。

表2 エルニーニョ現象・ラニーニャ現象発生時の台風の特徴

	台風の特徴
エルニーニョ現象発生時	7～9月の台風の発生数は平常時より少ない傾向がある 台風の発生位置が、平常時に比べて南東にずれる傾向がある(夏は南に、秋は南東にずれる傾向がある) 夏、最も発達した時の台風の中心気圧が平常時よりも低い傾向がある 秋、台風の発生から消滅までの寿命が長くなる傾向がある
ラニーニャ現象発生時	台風の発生位置が、平常時に比べて西にずれる傾向がある(夏は北に、秋は西にずれる傾向がある) 秋、台風の発生から消滅までの寿命が短くなる傾向がある

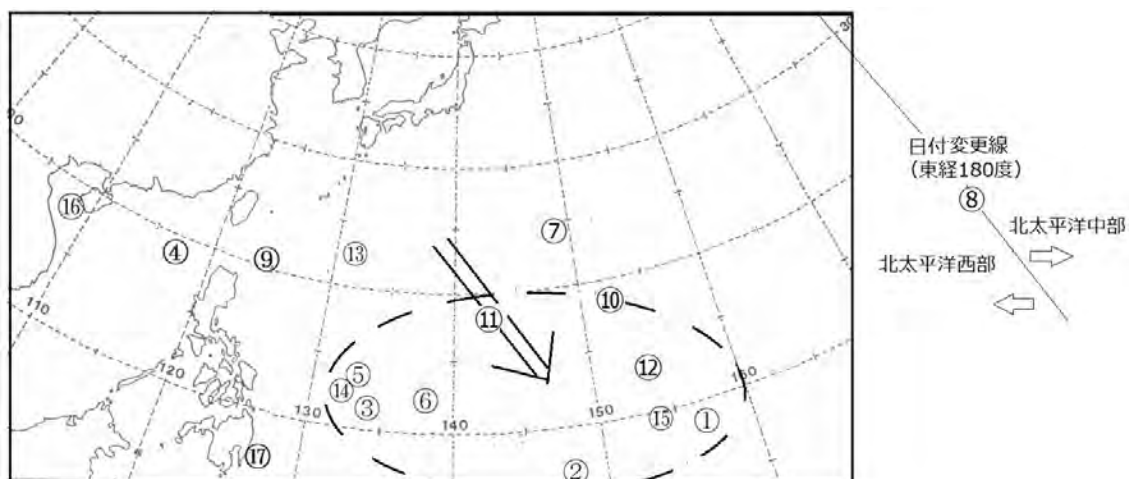


図4 エルニーニョ現象時の台風発生海域(令和5年)

編集後記

今回は、特集のテーマについて、関心の集まっている「大雨災害への防災・減災（その3）」と「令和6年能登半島地震（その2）」の二つのテーマに特集を組み編集させていただきました。

そして、「特集：大雨災害への防災・減災（その3）」において、大雨災害時の避難や対応等をテーマとして編集を組みました。また「特集：令和6年能登半島地震（その2）」において、能登半島地震に伴う津波や液状化等の被害の状況、避難所等への支援活動をテーマとして特集を組ませていただきました。お忙しい中にもかかわらずご執筆いただきました先生方に、深く感謝申し上げます。

次回につきましても、今回とは違った視点から、「大雨災害への防災・減災」と「令和6年能登半島地震」をテーマに、特集を組ませていただきたいと思いますと考えております。

今年は10月に入っても、真夏のような暑い日が連日続きました。そんな中、次のニュースに驚かされました。『米アラスカ州沖のベーリング海に生息していた数十億匹のズワイガニが2022年に一斉に姿を消した理由について、米海洋大気局（NOAA）は、「ズワイガニは海水の異常な温暖化の影響で代謝が過剰になり、餓死

した」という調査結果を発表した。NOAAの調査では、「温暖化の影響でベーリング海の南東部が氷のない状態になる確率は、産業革命前に比べて200倍にも高まっていることが分かった。温暖な状況はこの先何年も続く見通しで、氷に覆われた冷たく危険な北極圏の環境はほとんどなくなると予想している」...』（CNNニュースより）という話です。予想よりもかなり早く地球温暖化が進んでいる状況が窺えます。どうも地球温暖化対策は、人類の叡智が試される、人類にとって、いやそれどころか地球全体にとって、過酷な課題と言えそうです。

本誌の連載講座「地域防災実践ノウハウ」を、長年ご執筆いただいております日野宗門様が、本年10月にお亡くなりになりました。突然の悲報に接し残念でなりません。

日野様には、30年もの長きにわたり合計120回もの連載をご執筆いただきました。この場をお借りして、そのご労苦に対しこころより感謝申し上げますとともに、ご冥福をお祈り申し上げます。

今回の特集が、消防・防災関係者にとって、地震災害への防災・減災を考える上で、少しでもお役に立てば幸いです。

〔本誌から転載される場合にはご連絡願います。〕

季刊「消防防災の科学」 No. 158 2024. 秋季号

発行 令和6年11月20日

発行人 福浦裕介

発行所 一般財団法人 消防防災科学センター

〒181-0005 東京都三鷹市中原三丁目14番1号

電話 0422 (49) 1113 代表

ホームページ URL <https://www.isad.or.jp>

