

相転移を防ぐ

人と防災未来センター長
関西大学社会安全研究センター長・特別任命教授

かわた よしあき
河田 恵昭

2024年1月1日の元日に、能登半島で1995年の阪神・淡路大震災を上回るマグニチュード(M)7.6、最大震度7を観測する内陸直下型地震が起こりました。人と防災未来センターの河田恵昭センター長は、元日のだんらんを襲った能登半島地震のこの甚大な被害の背景には、阪神大震災以降、いまだに災害に強いまちづくりを目指す「創造的復興」の取り組みがなされてこなかったことがあるのではないかと指摘されています。今回は、長きにわたり減災・防災について提唱されてきた河田センター長に、ご自身の研究に基づき、過去に起こった災害や、今後起こるとされている南海トラフ地震や首都直下型地震についての解説をしていただきました。加えて、技術中心の災害文明のみならず、機能を重視した災害文化の重要性とはどういったものなのか、私たちは平時からどんな備えをしていけばよいのかをお聞きました。

インタビュー **原田 浩希**
京都大学大学院 工学研究科

文責 **鍛冶 美行**
編集部

都市災害への転機

僕が都市災害というテーマで研究を始めたのは30代後半からです。それまで海岸侵食、高潮、津波をテーマに焦点を絞ってずっと研究をしていました。ただ、日本で死者が1,000人を超える災害は本当に起こらないのかと考えたときに、都市で起こるのではないかと考えて、それで都市災害にテーマを変えたんです。それでフルブライトの上級研究員に応募して、プリンストン大学に行きました。その北にデラウェア大学があって、そこが実はアメリカの社会科学の防災研究の中心だったんですね。そこで都市災害研究をされている女性教授2名に会って、ディスカッションをし、情報交換をして、アメリ

カの現状を教えてもらって、そこからスタートしたわけなんです。当時、アーバン・ディザスターというテーマで研究している人は、世界中で一人もいなかったところに、僕が始めたという経緯です。

都市災害は進化する

これまでの僕の業績というのは、おそらく普通の田園災害（地方で起こる災害）から、都市化災害、都市型災害、都市災害、それから東京のようなスーパー都市災害へとという災害の進化をきちんと示したことだと思います。人口密度の多い都市は、本来の自然災害とは違った要因で災害の規模を劇的に大きくして、人的被害を大きくするのです。図1は、日本の人口密度を分母に、都

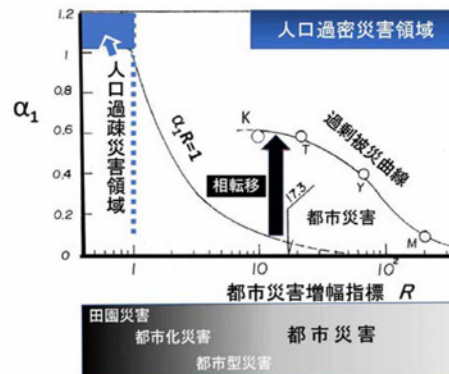


図1 都市災害で起こる人的被害の相転移¹⁾

都市の人口と人口密度が大きくなると災害などが契機となって犠牲者が激増する。 R は都市と国の人口密度比。 α_1 は都市と国の人口密度比の補正係数。 $\alpha_1 R=1$ のカーブは人口密度比が犠牲者数に関係しないことを示す(原図は1991年に作成し、図中Kは、阪神・淡路大震災時の神戸市のデータをその後追加し、TとYは、1923年関東大震災時の東京市と横浜市、Mは1985年のメキシコ地震時のメキシコ・シティのデータ)。1985年の日本の100万人以上の都市の平均の R 値は17.3。

市の人口密度を分子にとって、国との比を都市災害増幅指標と定義し、横軸に示しています。1923年の関東大地震の東京(T)および横浜(Y)、メキシコシティの高層アパートが倒れたため1万人がなくなった1985年のメキシコ地震(M)のデータをこの図に入れると、犠牲者数が人口に比例する田園災害のカーブから大きく乖離しました。

都市災害における「相転移」

この現象を相転移と呼んでいます。もともと、熱力学の用語です。水は液体ですが、0℃以下になると氷になり、固体になる。炭素に高圧をかけて、熱を加えるとダイヤモンドになる。つまり、温度や圧力など、環境に応じて物質の様態が激変する現象を相転移というわけです。そのジャンプする相転移が災害時の社会現象で発生することを発見したのです。この論文を書いたのは1991年で、その4年後に阪神大震災が起こったわけです。神戸(K)のデー

タをプロットすると、その曲線上にびたっと合いました。当時、日本の人口密度が、平均340人/km²で、神戸はその10倍ちょっとの約4,000人でした。都市災害増幅指数の10倍のところにもっていったら、カーブの線上にはまった。あるところから、被害規模がグッと大きくなるという現象は、それは都市の場合は、人口密度が国の平均の10倍から20倍のときに、最もはっきり出てくるということです。

相転移から災害を振り返ると

1. 阪神・淡路大震災

阪神・淡路大震災では、火災が死因ではなくて、木造住宅の全壊・倒壊で5千人もの命が失われました。関東大震災で亡くなった10万5千人の90%は広域延焼火災です。毎年、9月1日の防災の日には、消防庁の防災のポスターは「地震だ、火を消せ!」とありますよね。都市で地震が起こったら、火災が起こらなければ多くの命が助か

震動破壊実験施設)での実験のように、1m以上の家具は固定していても倒れる。震度6弱の揺れなんて経験したことないので、みんな怖くて動けないから、すぐに家から出られない。ところが、今の避難計画では、東日本大震災で、徒歩で逃げた人が平均して438m歩いたことを指標にしています。たとえば高知県の津波避難タワーなら、上にあがる分を勘案して半径350m以内の人にしています。しかし、そんな震度6弱以上の揺れが1分続いたら、怖くてすぐに出られない。だから現実にかかる現象をきちっと考えて訓練するのはいいんですが、揺れも何もないようなところでの津波避難訓練をやってもシナリオ通りにはいかないですよ。そうすると相転移が起きることになる。

都市ごとの災害の特徴

ポイントは、まずは相転移が起きているのか否かという見方がとても重要であるということです。阪神・淡路

災害廃棄物の問題は、まず、アスベストやダイオキシン等、災害の時に発生する廃棄物の中で特に有害なもの、これをどうすればいいのかというのがあったと思います。阪神・淡路大震災でたくさんの災害廃棄物が出たときに、アスベスト問題と同時に、馬鹿にならんぞっていうくらいの量が出たわけです。量と質が、都市災害では問題になります。震災のときにごみがどれくらい出るのかという研究は、実はこの時から始まったんです。都市で災害が起これば、震災ごみをどうするのか、量と質の両方が問題になるぞと僕が助言して、名古屋大学の平山准教授が、ごみを中心に研究を始めてくれました。

大震災から約30年経って、いかにして都市災害の被害を少なくするかという方法が見つかった。今までは、被害を少なくするにはどうしたらいいかという研究をやっている、劇的に少なくする方法は見つかりませんでした。しかし、相転移を利用したら、それを起こさないようにする、起こったとしても、大きくならないように予め対策を取る、もっといえば、それぞれ違うその街の欠点をどうするか、そういうアプローチが、都市災害に有効な対策であるということがわかってきたわけです。

2016年の熊本の地震では相転移は起こらなかったんです。なぜかという、前震と本震で、最初の地震はM6.5で小さくて、次が7.3だったわけです。最初の地震で、住宅が半壊、一部損壊となった人たちを中心に約10万人が避難所に避難したんですね。でも、高齢者は、その家の中を整理したら布団を敷くくらいのスペースはあるからといって、家に残った。その28時間後の本震



が大きくて、亡くなられた50名のうち、ほとんどがこの2回目の地震の犠牲者となったんです。最初に2度目の本震が起こっていたら、死者は約900人には上る。日奈久・布田川断層が動いたら、住宅の倒壊でそれくらいの犠牲者は出ると熊本県のWebサイトにずっと掲載されていました。熊本は地震のない土地だと多くの人は思っていた。これは、熊本は1953年に一級河川の白川が溢れて、500人以上が亡くなった災害があったため、みんな洪水災害に対しての関心はあったけれども、地震については考えてなかったんです。

地域や歴史から育まれた文化的対策を講じる

1. 地理的要因を考える

たとえば南海地震が起こったときに、じゃあ関西でも広域停電が相転移の原因になるかという、起こさないんです。なぜかという、関西電力は原子力発電も水力発電もやっていて、しかも火力発電所は1箇所偏ってなくて、あちこちに分散しているので、総電力の30%くらいは機能しなくなるというのはわかっていますが、全面的に停電になるということは、近畿地方では起こりません。

大阪市は、住民170万人に津波避難ビルを用意しています。大阪市の人口は270万人で、その半分が海拔0m地帯ですから、津波が来たら平均2mくらい浸水するわけです。特に僕が心配しているのは地下街です。たとえば大阪梅田の地下街は、平均で常時4万人

います。あそこは2mの津波が来ます。津波は波長が50kmあるから、あらゆる出口から水が入ってきます。200箇所以上の出入口から一斉に水が入ってきます。地震が起こってから2時間の猶予があるから、その間に上にあがればいいのですが、まず停電する。そんなところでみんなが整然として上にあがれるのだろうかと思うわけです。つまり、全てが未経験なんです。しかも、大阪市は毎日昼間の人口は近郊から働きにくる人がいるので30%増えます。京都や奈良から来る人たちは、津波の「つ」も知らない。だから、とても心配しているのは、「大したことはない」と勝手に判断して、ずっと居続けることになって手遅れにならないかということです。あるいは、危ないということは知っていて、どこかに集中して殺到して、事故が起こるとか。だから今度梅キタ第二期工事で、4.1haの公園を作ってくれることになって、それを3m地上げして、避難場所にしたんです。地価の高いところに公園を作るなんて、経済的な観点からすれば、なんでそんなところを作るんだと議論は出てくるでしょうが、そこへ逃げ込んだらみんな助かるわけです。周りから逃げてこられる場所です。一期工事のときも、確かに、50cmくらいの防水板はあちこちに付けてくれたんです。しかし、メンテナンスを全然やっていないと、砂を咬んじゃって、立ち上がらないんですよ。僕はそれを知っているから、大阪駅に行くたびにグランフロントのチェックして、目地に砂が咬ん

自分が被災地に行って、自分の目で確かめないと、防災の重要性はわからないです。ボランティアで、実際に被災地に行って手伝うことも大事だと思います。災害に遭うということが、どんなに悲しいことなのかということを経験するのは、われわれ研究者でも、一回こっきりじゃなくて、何度も行くべきだと思います。どんどん復興が進む中で、その都度、新しい問題が出てきます。だから復興事業なんて終わりが無い。時代は変わるし、人も変わる、考えも変わる。そのときそのときに、人々が何を考えているかということで、復興事業は決めていかねばならないし、決まっています。それが創造的復興ということなんです。



でいるかどうかをみています。

2. 地域の歴史から文化的要因を考える

それぞれの都市がどういう成り立ちで出来上がってきたかという歴史が問題になります。今じゃないんですよ。たとえば東京都心部は、水没した経験はない。そうすると、万一、水没したら、下水のパイプが細いから今度は水が吐けない。だから、どうやっても2週間は浸水状態が続く。東京で大規模な浸水災害が起こると、長期断水が想定され、被害は甚大になる。ところ変わって、大阪は1934年室戸台風、1950年ジェーン台風、1961年第2室戸台風、3回街中、水に浸かっているから、下水の処理能力は非常に高い。だから南海トラフで水に浸かっても、3日で排水できる。ですから、それは都市の歴史によって全部違うわけです。

浜松市は、浜名湖と海は繋がっているのだから、東海地震で津波が入ってくれば、浜名湖は非常に浅いから、陸へ上がってしまう。でも、浜名湖以外のところは大きな堤防を作ったんです。しかしね、その1箇所の入り口から入って

る津波で被害は起こってしまうんです。そういうことに気がつくのは、やっぱり地元の人だと思いますよ。だから地元のことをよく知っている人が、何が相転移になるのかを考えて、対策を作ることが大事なんです。僕は、それしかなさと思っています。

防災とは人の生きざま —そこに住む人を中心とした対策—

最後に、災害は自然現象だと思われる方が多いかもしれませんが。確かに自然現象を未然に防ぐことはできない。しかし、実は社会現象です。人の住んでいない場所で自然災害が起こっても、誰も気に留めません。災害を自然現象だと思っているとなすすべもないということになります。そうではなく、被害の大きさを左右する要因は社会的であり、政治的な問題とも大きくかかわっていると認識する必要があります。災害対策基本法に緊急事態条項というのは明記されているのに、一度も適用されたことがないという事実もあります。人為的な要因で起

こる被害は防ぐことはできるのです。お話ししてきたように、都市ごとに歴史があり、そこに基づいた対策をとるためには、相転移はどこで起こるのかということを見極めて、リスクにきちりと向き合わねばなりません。そこに住んでいる人たちは、それに見合っ

た準備、または行動をしていく必要があるということですね。全国一律にみんなこうしようというルールはなく、そこに住んでいる住民のおおのが、自分で考え、住んでいる場所に応じた対策を立てていくことが非常に大事だと思います。



写真2 釜石市片岸地区の防潮堤²⁾
高さ14.5m、延長0.8km 2020年3月撮影

復旧・復興から事前防災、災害文化論へと広げてきた理由は、防災とは技術論ではなく、人々の「生きざま」であると気づいたからです。住民が自然災害と向き合い生活を営んでいかなければ、生き延びることができません。ですから、東日本災害復興構想会議で、僕は、レベル1とレベル2の津波を定義しました。レベル1というのは、海岸構造物でシャットアウトできる津波です。1896年に起こった明治三陸津波、その37年後の昭和三陸津波等、過去400年間で37年に1回の頻度で起こっている津波を想定しています。レベル2の津波というのは、東北地方だと、869年の貞観の津波のような巨大な津波で、人々が避難すれば助かるような海岸構造物を作っておくことです。パーフェクトではありませんが、構造物と避難することを組み合わせたら助かると、これがレベル2です。

参考文献

- 1) 河田 恵昭：相転移する社会災害への対処—COVID-19と豪雨災害の場合—、社会安全学研究、第11巻、pp.37-56 (2020)
- 2) 復興庁：Webサイト、<https://www.reconstruction.go.jp/10year/photo.html> (閲覧日2024年3月25日)

河田 恵昭 PROFILE



1946年大阪府生まれ。京大大学院博士課程修了。ワシントン大学やプリンストン大学に留学し、1993年に同研究所教授。1996年京都大学防災研究所巨大災害研究センター長ならびに2002年に阪神・淡路大震災記念 人と防災未来センター長を兼務。2005年京大防災研究所長などを経て、2012年関西大学社会安全研究センター長、2016年同大学社会安全学部 特別任命教授に就任。兵庫、大阪、岡山、和歌山、三重、奈良、高知、新潟、愛知、静岡各府県の防災対策委員長を歴任。2007年国連笹川防災賞、2009年防災功労賞内閣総理大臣表彰などを受賞。縮災対策 (Disaster Resilience) を日常防災として実施できる防災省と地方防災庁を創設することを提唱。著書に、『これからの防災・減災がわかる本』岩波ジュニア新書、『スーパー都市災害から生き残る』新潮社、『津波災害 -- 減災社会を築く』など、多数。