

防災科研 ニュース

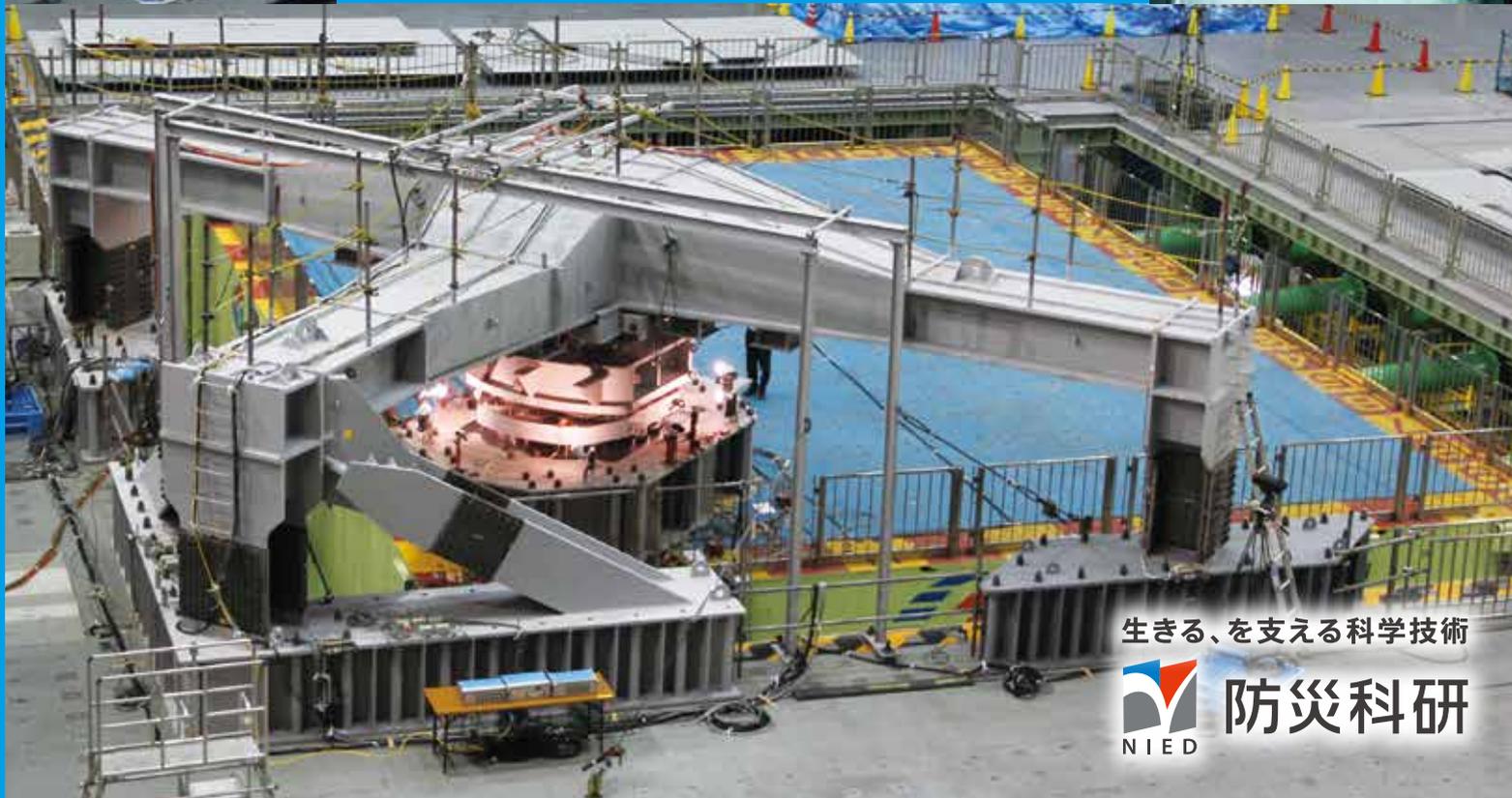
No.219

特集：先端的研究施設の利活用／今期の災害

©国立研究開発法人 防災科学技術研究所



先端的研究施設の利活用 ／今期の災害



生きる、を支える科学技術



防災科研

災害と向き合い利用者本位の 実験研究施設になる

先端的研究施設利活用センター センター長
防災科学技術研究所 理事

安藤 慶明

防災科研は、「生きる、を支える科学技術」で、人の命と暮らしを支える目標を掲げています。その基盤として重要なものの一つが実験施設であり、防災科研には、世界で最先端を行く大型の実験研究施設があります。そこに人が集まり、わくわくするような科学研究が行われ、社会のための価値創造を可能とする、言わば研究開発のインフラです。

Eーディフェンス（兵庫県三木市）は地震災害に、雪氷防災実験棟（山形県新庄市）は雪氷災害に、大型降雨実験施設（茨城県つくば市）は水土砂災害に向き合う施設で、いずれも自然災害の脅威をそっくり再現する高い能力を有します。設置以来、地元自治体や地域の皆様のほか、産学官の多くの利用者のご理解とご支援をいただきながら、安全に運転をすることができ、優れた実験研究の成果を生み出すことができました。

これら3施設の機能を最大限に発揮させ、開かれた「共用」の実験研究施設として、その利活用を促進する

ことが、先端的研究施設利活用センターの使命です。

本センターでは各施設を運転・管理する研究部門と一体になって、利用者本位を強く意識しながら公正と安全な利用を旨として、利活用の戦略を議論し、良いところは堅持しつつ、新たな課題にチャレンジしています。

振動実験で得た結果と多様なセンシングの手法で得たデータを統合するシミュレーションにより大規模空間や街・地域のスケールでの被害や影響の評価につなげる、大雨時の車両の自動走行の安全性や飛行するドローンの操作上の課題を検証する、豪雪時にも機能を健全に維持できる信号機の開発実証など、生活や暮らしを守る実験研究に取り組んでいます。また、レジリエントな社会には、防災のための行動やものづくりの標準化が有効であり、技術基準や規格・標準づくりにも産学官の関係者とともに取り組んでいきます。

安心して使える施設としてその利活用を広げるた

めに、課題一つ一つについて、ステークホルダーと共創するという視点で、ご支援とご協力を得る努力を惜みず、社会の期待に応えられる本物の実験研究施設になるために活動していきます。





E-ディフェンスでの免震装置の性能実験

雪氷防災実験棟

CONTENTS

特集 実験とシミュレーションで可能性を切り拓く先端的研究施設

- 2 巻頭言 災害と向き合い利用者本位の実験研究施設になる
- 4 E-ディフェンスの可能性を信じて
- 6 どんな雨でも安心して生活できるために
- 8 雪氷防災実験棟を活用した先進的研究の推進に向けて
- 10 数値震動台の開発とデジタル技術を駆使した都市の災害予測の構想
- 11 技術で実験研究施設を支える職員の声

特集 今期の災害

- 12 2022年トンガの火山噴火による特異な津波
- 14 台風災害情報の集約と発信

社会的期待発見研究

- 16 「総合知」で社会の潜在的な期待を発見する

NIED Interview

- 19 研究を知る × 人を知る NIED Interview

防災科研 topics

- 20 防災科研 topics

防災科研は2023年4月1日に創立60周年を迎えます。

先端的研究施設利活用センター
Eーディフェンス戦略室長

佐藤 栄児

さとう・えいじ

博士（工学） 専門分野：振動工学、耐震工学、制御技術
2009年東京大学大学院工学系研究科博士学位取得
1998年に防災科学技術研究所入所。現在は、免震構造、振動制御、震災時機能維持などの研究開発に従事。地震減災実験研究部門主任研究員。兵庫耐震工学研究センター運営管理室長。

Eーディフェンスの可能性を信じて

Eーディフェンス（実大三次元震動破壊実験施設の愛称）は、1995年の阪神・淡路大震災を契機に建設が計画され、2005年に運用が開始された。運用当初は、地震による構造物の破壊過程の解明を主な目的とする振動実験が数多く実施された。その後、構造物の限界性能を評価、新たな工法の性能評価などの実験も実施され、近年では、地震後の機能維持性を評価する実験などが行われつつある。

はじめに

Eーディフェンスでこれまで120ケースを超える実験が行われてきました。それらのいくつかを紹介しつつ、Eーディフェンスのこれからの可能性について紹介します。

構造物の破壊過程・安全性等の検証

運用開始当初では、木造建物、鉄筋コンクリート造建物、鉄骨造建物、橋梁、地盤などを対象とし、阪神・淡路大震災などの被害をEーディフェンスで再現させ、地震によってそれらがどのように壊れるか（何が起きていたのか）を解明し、どのような対策が有効かを明らかにする実験が行われてきました。その代表例

として、既存の木造住宅を移築し、一方は耐震補強を施し、もう一方は移築したままの振動台実験（図1）や、1970年代の6階建て鉄筋コンクリート造の実物の共同住宅を再現した実験などが行われ、耐震補強の重要性、旧耐震基準の危険性を示し、かつ阪神・淡路大震災などの被害を実験で再現させることに成功し、改めて地震の怖さを多くの人々が知り、建物の耐震性および耐震対策が重要であることを示しました。

また、建物の安全性や新しい工法の性能を検証するため、2棟の比較対象（免震、耐震などの住宅）を同時にEーディフェンスに搭載し、それぞれの性能を検証する実験を同一条件で行うことで、わかりやすい成

果を生み出しました。これらはEーディフェンスが世界最大で最高の性能を有しているから実現できるものです。

室内空間等の安全性・機能維持性の検証

地震時に建物など構造物の損傷や倒壊によって受ける被害のみでなく、人の身近な生活環境のダメージによって暮らしや生活が混乱したり脅かされたりする被害が発生しています。そのためEーディフェンスでは、普段の生活環境での被害や、その後の生活・社会活動が継続できるかを検証する実験などが行われつつあります。具体的には、インフラ設備や室内の家具什器に対する被害を明ら

かにし、それぞれの機能を維持できるかを明らかにする実験（図2）などが行われてきました。このように、建物の耐震性から生活・社会活動の維持に関する研究も近年では実施され、新たな展開へと進んでいます。

振動台の新たな利用方法

振動台は、試験対象を台上に搭載し、試験対象に振動（主に地震動）を加えることで、その性能等を評価することが基本的な利用方法ですが、これらとは違う利用方法で行われた実験について紹介します。1つ目は、試験対象を振動台と振動台周りの固定床（不動点）との間に設置し、振動台を加力装置（押

し引きする装置）とし、試験対象に強制的に力を加え、性能を明らかにする実験です。具体例として、免震装置を試験対象とした時の状況を図3に示します。構造物を地震動で揺らすのではなく、Eーディフェンスの新たな利用方法の可能性が広がる実験でした。

また、振動台や試験体内の空いている空間を、別の目的の試験に用いる余剰空間実験があげられます。具体的には、余剰空間に、設備機器、非構造部材等や新たなセンサーシステムを搭載し、それらの性能等を確認する利用方法で、1度の実験で、複数の目的を実現させるもので、効果的な新しいEーディフェンスの利用方法です。このよ

うな利用方法を打ち出していくことで、より多くのユーザーの利用を広げています。

最後に

Eーディフェンスでは、地震や振動を加え、対象物の性能を検証する多くの実験が実施されてきました。今後は、我々の生活様式の変化にあわせ、新たな可能性、新たな課題の解決に取り組み、また多くの機関と連携し研究を推進していきたいと思えます。Eーディフェンスを利用してみたいと思われた方は、様々な可能性を信じて、まずは、気軽に問い合わせてください。



図1 木造住宅の耐震性実験



図2 室内空間の機能維持実験

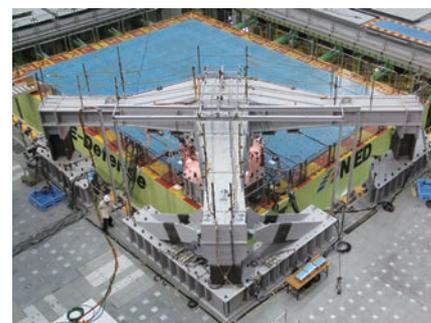


図3 免震装置の性能実験

Eーディフェンスへの期待

東京大学地震研究所 教授 楠浩一

地震大国である我が国では、地震防災は極めて重要です。極めて精緻化・高度化した解析技術や縮小模型による実験は数多く実施されていますが、たくさんの仮定がその裏にはあり、本物の建物が地震時にどのように挙動するかは最終的には実物大で確認する必要があります。また、人間の活動に関する実験、例えば室内空間の振動台実験を実施するためにも、Eーディフェンスのような大型振動台が不可欠です。新しい建築構法や技術の開発のため、発生した地震被害の原因を究明するためなど、Eーディフェンスの活躍の場は引き続き多いと考えます。



どんな雨でも安心して生活できるために

降雨の再現から降雨時の生活環境の再現も可能な施設を目指して

大型降雨実験施設は、伊勢湾台風（1959年）における被害状況を踏まえ、今後の防災対策技術を推進するため、1974年に作られた実験施設である。この施設のオンリーワンの技術として、降雨の強さだけでなく、雨滴の大きさや分布、落下速度を再現することが可能とがあげられる。また、75m×50mの広さ（シングルのテニスコート約19面分の面積）を自由に活用できることも大きな特徴の一つである。

降雨を再現するために

自然の雨を実験施設で再現することは、実は簡単ではありません。例えば時間雨量20mmと言っても梅雨期の糸を引くような雨もあれば、大粒の雨がたたきつけるように降る場合もあり、自然の雨の降り方は多様です。このような雨の再現には、降雨システムに工夫が必要となります。例えば、ゲリラ豪雨の場合、実際に人間が痛いと感じられる状態を再現するためには、雨滴の大きさや落下速度が大きく影響するので、そこを制御可能にしています。

豪雨災害研究

豪雨時の災害に関する現象として、洪水と土砂災害があげられ、今でも多くの実験研究が行われています。特に土砂災害では、実験を繰り返し行って得られた成果が国立研究開発法人土木研究所の「地すべり防止技術基準及び同解説」にて予測手法の一つとして取り上げられ、多くの土砂災害現場で使われています。

水害対策の実験では、株式会社一条工務店との実験で実際の家を実験施設内に作り、3mの深さの浸水でも家の中に水が入らないことを明らかにし、この耐水害住宅は令和2年度気候変動

アクション環境大臣表彰を受けました。実験で実証された技術を備えた家は、実際に発売され、社会に貢献しています。

社会のニーズの変化

一方で、近年雨の降り方が変わってきたと言われており、特にゲリラ豪雨と呼ばれる短時間に極端に強い雨が降ることが多くなりました。しかも、地域を選ばず、今までの経験を超える強さの雨が降ることから、被害の広域化や極端化などにつながっています

生活面では、IoTやDX化などが進んでいます。それを可能にしているのは各種のセンサーです。特に、可視光

先端的研究施設利活用センター
大型降雨実験施設戦略室長

酒井 直樹

さかい・なおき

博士（工学） 専門分野：地盤工学、防災工学
2003年長岡技術科学大学大学院工学研究科博士後期課程修了
2007年に防災科学技術研究所入所。現在は、施設を用いた豪雨時災害リスク軽減研究などの研究開発に従事。水・土砂防災研究部門総括主任研究員。先端的研究施設利活用センター副センター長。
兼務：筑波大学大学院リスク・レジリエンス工学学位プログラム教授（協働大学院）





図1 IoT崩壊予測センサーの検証実験



図2 降雨下の自動運転センサー検証実験

線よりもはるかに波長が長い電波を使うレーダは、障害物の検知技術として生活のあらゆるところで活躍しています。例えば、踏切の障害物検知や駅のホームの自動開閉ドア、車の自動走行時や、ドローンの自律飛行時の障害物の検知など、なくてはならない存在となっています。

そのような便利なシステムも、近年の気象の変化による影響が定量的に評価されていないことが課題となっており、大型降雨実験施設の利用に繋がっています。特に多くなっているのが、降雨の中での自動運転時のセンサー、ドローンの自律飛行の検証実験です。そこで使われるセンサーは、主にカメ

ラ、LiDAR（ライダー）、ミリ波レーダで、それらを高度に重ね合わせて評価する必要があります。特にLiDARやミリ波レーダは、雨滴の大きさに反応するため、その性能検証は必要不可欠ですが、世界的にもまだそのような評価基準はできていません。

成果を生かすために

実験結果を社会に生かすために、基準作りにも貢献しています。例えば、建材メーカーの場合、今まで雨の中での性能基準は明確なものがありませんでしたが、一般財団法人 建材試験センターと協力した実験を行うことで、業界団体に使えるような雨と風に関する

基準を作成することに貢献しました。

車やドローンの性能検証では、国立研究開発法人産業技術総合研究所と共同で、悪天候下のセンサーの性能検証実験のみならず、その標準化をも目指して取り組んでいます。また、経済産業省の大型プロジェクトでも、この施設を使う実験計画が進められています。

このように、実験を行うだけでなく社会の役に立つための基準作りにも積極的に取り組み、レジリエンスを備えた社会づくりに貢献しています。災害研究を広く捉え、ユーザーニーズを踏まえた実験も推進したいと考えています。

大型降雨実験施設への期待

国立研究開発法人産業技術総合研究所インダストリアル CPS 研究センター
ディベンダブルシステム研究チームチーム長 中坊 嘉宏

近年はゲリラ豪雨といった強い雨が頻発しています。そうした環境下でのドローン搭載センサーの機能を評価するために、実際に飛ばせる広さがあり、かつ様々な性質の降雨を再現できる大型施設は有効性の高いものです。さらに実験に際し防災科研の気象の専門家から知見を得られることや、災害時のドローンの自律飛行が期待されている面があることから、連携は大変意義深いものになっています。今後はこの連携において得られた知見をドローンの試験法や評価方法の基準化や標準化に活かし、また新たな知見をきっかけとした防災科研との共同研究にも積極的に取り組みたいと考えています。



先端的研究施設活用センター
雪氷防災実験棟戦略室長

佐藤 研吾

さとう・けんご

博士（工学） 専門分野：雪氷学
（一財）電力中央研究所を経て、2011年4月に防災科学技術研究所入所。2018年4月から1年間、文部科学省で科学技術・学術行政の実務に従事。雪氷防災研究部門主任研究員。



雪氷防災実験棟を活用した 先進的研究の推進に向けて

雪氷防災実験棟では降雪、吹雪、雪崩、着雪氷などの雪氷災害（雪害）メカニズムに関する基礎研究はもとより、近年では雪害対策品の開発などの社会実装を目的とした利用も増加している。災害が発生する気象条件は厳しく、現場の状況を目視で観測することは容易ではないが、実験ではさまざまな雪氷現象を間近で観測することが可能である。当施設における多様な実験成果が雪氷被害軽減に寄与している。

樹枝状^{じゅしじょう}結晶の降積雪を再現できる 世界唯一の共用施設

雪氷防災実験棟は降雨装置、日射装置、回流式風洞、2種類の降雪装置（図1左）などを用いて寒冷地環境の再現が可能です。普通自動車を用いた実験実績もある広さで、最大高さが8mの空間でありながら、高精度で気温を制御することで、さまざまな環境の試験を行うことができます。

そして最大の特徴として、樹枝状結晶（図1右）を再現した降積雪を利用できる公的施設は世界にひとつだけであるため、国内の研究機関や企業だけでなく、海外の研究者も実

験を目的に山形県新庄市を訪れ、多くの研究実績を創出してきました。

基礎研究から社会実装まで

雪の影響は重大事故のリスク増大だけではなく、普段の生活の質の低下に繋がるさまざまな事象があります。当施設では基礎的な現象解明と共に、対策品の開発に役立つ研究なども多く行われ、その結果を元に対策品の効果検証やシミュレーションの開発がなされています。

主な研究は、降積雪、地吹雪、雪崩、着雪氷などの現象解明と、道路構造物、鉄道や電力設備の対策の検討、さまざまなセンサーの開発研究など多岐に渡ります。

地吹雪の実験では回流式風洞を用いて精密な風速と温度の制御により、吹雪粒子の運動メカニズム解明、雪庇^{せっぴ}の発達過程の再現や模型を利用した対策物の検証などが実施されています。また実物大の構造物による実験では、降雪可能な範囲（5m×3m）に試験体を設置し、日射、雨、気温などの気象変化が積雪の内部構造に与える影響や構造物への着冠雪、その融解に関する試験が実施されています。

研究成果は寒冷地における防雪柵や難着雪塗料や素材の開発、信号機への着雪影響評価などだけでなく、首都圏の電車のパンタグラフの着雪防止策など、降雪機会が少なく雪対

策が十分ではない地域の雪害対策にも寄与しています。

利用者への支援体制

これら雪氷現象を再現できるさまざまな装置や雪の物性の計測技術・機器は、一般的ではありません。そのため、共同研究・施設貸与といった利用形態の違いに関わらず、実験計画については研究者と技術スタッフが利用者と相談しながら作成します。実験中は安全性を最優先に効率的なデータ取得のための実験方法や測定のサポート・アド

バイスをするなど、初めて利用する方でも成果創出を可能とするような実施体制をとっています。

利用拡大に向けた取り組み

雪害についての対策を検討している方々に向けて、さまざまな課題解決のための情報や施設についてわかりやすく発信し、そして使いやすくなる取り組みを促進させるため、当所の大型施設の利用拡大を目的に先端的な研究施設利活用センターが組織されています。現在ポータルサイトの構築や施設紹介

の動画作成、対策品の検証やメカニズム解明のための構造物への着雪試験方法に関する環境条件の設定、測定事項の選定などの標準化に向けた取り組みを行っています。

施設を利用することの有用性について多くの方に知って頂くことにより、異分野との革新的研究、各分野をリードする先端的な研究、課題解決に向けた対策研究などを多様な分野と連携・推進し、雪害の被害軽減に努めます。

※樹枝状（じゆしじょう）結晶：枝分かれした樹木のような形状をした雪。
 ※雪庇（せつび）：地表面の起伏が変化する場所などに、風下側に形成される吹きだまりの一種（新版雪氷辞典からの抜粋）

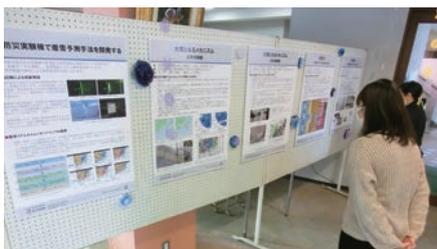


図1 樹枝状結晶の降雪の様子（左図）と顕微鏡写真（右図）

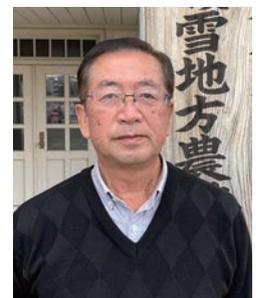
新庄雪氷環境実験所への期待

新庄市雪の里情報館 館長 佐藤寛稔

当館において11月30日まで、「雪のこえを聴く」と題して、雪氷防災等に関する展示を行いました=写真。これは、防災科研より声掛けいただき全面的なご協力を得て実現した催しです。雪国に暮らす私たちにとって学ぶことの多い貴重な展示です。雪氷に関



する専門的な研究成果を防災、克雪、利雪、遊雪、子どもたちの学習等に活かし、豊かな雪国生活につなげることが重要と思います。今後も新庄の雪国文化の創造と雪のふるさとづくりに大いなるお力添えをいただきたく、連携した取り組みがますます広がりますよう期待しています。



数値震動台の開発とデジタル技術を駆使した都市の災害予測の構想

いかなる自然災害に見舞われても持続発展できるしなやかな社会を実現するためには、さまざまな主体に、災害リスク等の意思決定に役立つ情報の提供がなされ、おのおのが適切な行動を選択して実行していくことが望まれます。そのような情報を創出するためには、実験や数値計算による自然災害の現象の再現（シミュレーション）が基礎的かつ不可欠な技術となります。

実験は、物理的に現象を再現するため信頼性は高いですが、実施回数は限られます。一方で、数値シミュレーションは、多数回の実施が実験に比べて容易であり、不確かさの評価や最適な方策の探索といった、実験では困難な課題への解決策となりますが、現象を適切な精度で再現できているかの妥当性の確認が必要となります。

地震減災実験研究部門では、地震による建造物の損傷・破壊現象を再現する数値解析（数値震動台）を開発して

きており、E-ディフェンス実験のデータを妥当性の確認に活用してきました。現在、数値震動台を基礎技術として都市空間の地震リスク評価等のために、図1に示す都市空間の地震被害などの数値解析基盤の構想を立案しています。この数値解析基盤は、解析に必須の多種多量の入力情報を提供するための都市情報処理技術、用途に適した精度での都市空間の被害を予測するためのスケラブルな数値解析技術等から構成されています。現状とあるべき状態のギャップを埋めるために実現すべき防災技術の方向性を見いだして、各主体の防災力向上の取り組みを支援する情報の提供を目指しています。

自然災害は「災害の発生からその進展、物理的被害、社会的損失の現象の連

鎖」と「事前対策、応急対応、復旧、復興」という2種類の概念のマルチフェーズが考えられます。更に、異なる災害が同時に発生する場合（複合災害）と発生時期が異なる複数の災害を並列に扱う場合という2種類の概念のマルチハザードが考えられます。これらのマルチフェーズとマルチハザードに対応した災害リスク評価のための分野横断的なシミュレーションの構想について、所内の有志の研究員から構成される「数値・シミュレーションと予測を考える会」で議論しています。

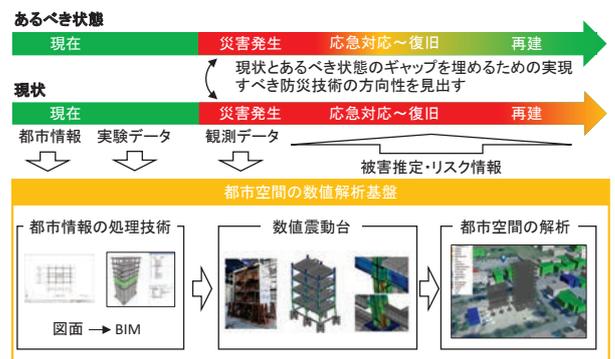


図1 都市空間の数値解析基盤の構想



地震減災実験研究部門 主任研究員

山下 拓三

やました・たくぞう

博士（工学）専門分野：耐震工学、構造力学、数値解析技術
 2010年東京工業大学大学院理工学研究科建築学専攻博士課程修了
 2010年4月に防災科学技術研究所入所。E-ディフェンス実験のデータを活用した建造物の損傷破壊過程を予測する数値解析（数値震動台）の研究開発に従事。

兼務：先端的研究施設活用センターE-ディフェンス戦略室。

実大三次元震動破壊実験施設(E-ディフェンス)の安全管理について

兵庫耐震工学研究センター 安全管理室

E-ディフェンスは2005年の稼働開始から17年が経過しました。装置は一つひとつの部品が大きいものも多く、部品点数も20万点を超えており、老朽化が進む中で、突発的な故障のリスクを少しでも低減すべく、限られた予算、工程の中で維持管理を行っています。また、決められた工程で実験を安全に確実に遂行するために、点検のみならず、試験体の製作・設置・撤去・解体、計測機器類の設置・撤去等々、実験に関わる全ての方々にも安全第一で作業を実施していただいております。大きな遅延もなく125件の実験を実施し、2006年4月1日に記録を開始して以来、247万時間以上（2022年10月31日現在）の無事故無災害記録を継続しています。工事、作業に携わった皆様に感謝申し上げますと共に、E-ディフェンスを活用される皆様の技術的な側面から支えることで、安全安心な社会の実現に陰ながら貢献していきたいと思っております。



雪氷防災実験棟の円滑で安全な利用のために

雪氷防災研究部門 特別技術員 富樫数馬

低温実験室は-30℃まで冷却でき、最大の特徴である降雪装置をはじめ、多様な環境を再現する設備を備えています。低温室に持ち込まれる機材は動作保証温度を下回ることも多いのですが、それでも安定に動作するよう恒温ケースを準備したり、搬出時には結露が生じないように袋で密封するなどの対策を行います。防熱扉を隔てた低温室内への出入りは時に身体的にも大きな負担がかかります。夏季や気温の高い日に限らず冷却能力下限付近での実験は、外気との温度差が非常に大きくなるため、体調や安全の管理には気を付けています。予め計画段階でなるべくスムーズに実験が進むように調整することはもちろん、実験中は常に適切なタイミングでの休憩を呼び掛けたりしています。



お申し込み頂く実験テーマも多岐に渡り、社会ニーズと共に変化しますが、ユーザーに寄り添い最大の成果が得られるよう支援していきます。

実験をみんなの笑顔で終わるために

大型降雨実験施設 専門員 小林政美

私は現在、雨に関する実験施設で、実験に関する事前調整、当日の実験支援や安全確保等の調整業務を行っています。

降雨の試験は、降雨（雨の強さ+雨滴の大きさ）の条件、センサーが使われる環境条件が組み合わさって実験を行うので、一つとして同じプロセスの実験がありません。そんな個性のある実験を成功に導くために、実験を行うユーザー、降雨システムを稼働させる人、安全を守る人が対等の立場で議論し協力することが重要であり、私はその調整の役割を担っています。



例えば、最近では降雨の中、センサーをたくさんつけた自動車が走る実験も行われますが、雨の量や雨滴の大きさだけでなく、視認性、路面の状況、照度等の各種環境に関するいくつもの条件を再現することが必要となります。そのような全体の調整がうまく行って、終礼時に「いいデータがとれました」と言われると疲れが飛び、次も頑張ろうという気持ちになります。

地震津波火山ネットワークセンター 特別研究員

久保田 達矢 (写真左)

地震津波火山ネットワークセンター 主任研究員

久保 久彦 (写真右)

くぼた・たつや

博士(理学) 専門分野:地震発生の物理、津波の発生と伝播

2017年4月に防災科学技術研究所入所、現職。現在は、沖合の津波観測網の記録を活用した地震発生の理解の研究、および津波の予測システムの開発に従事。兼務:地震津波防災研究部門。

くぼ・ひさひこ

博士(理学) 専門分野:強震動地震学

2015年4月に防災科学技術研究所入所、2019年7月より現職。現在は、地震観測網の運用に携わるとともに、地震による強い揺れや大地震の断層破壊過程に関する研究、地球物理学分野への機械学習の応用に取り組む。兼務:地震津波防災研究部門。

2022年トンガの火山噴火による特異な津波

防災科研の観測網が記録した津波とその発生と伝播のメカニズム

2022年1月15日、トンガ諸島の火山で巨大な噴火が発生し、遠く離れた日本でも津波が記録された。この津波の特徴は、通常の「地震による津波」よりも速く伝わったという点にある。ここでは、これまでの研究により明らかとなった津波の発生メカニズム、および日本周辺に展開された防災科研の津波観測網の記録を紹介する。

トンガの火山噴火と津波

2022年1月15日13時ころ(日本時間)、南太平洋トンガ諸島にあるフンガ・トンガ-フンガ・ハアパイ火山で大規模な噴火が発生しました。この噴火に伴って津波が生じ、近隣の島しょ地域に被害をもたらしました。日本をはじめ遠く離れた世界中でも津波が明瞭に観測されました。この津波には、その第1波の伝わる速度が太平洋の平均的な津波速度(約200-250m/s)よりもはるかに速く(約300m/s)、火山を波源とした津波到達予想時刻よりも早く第1波が到来

した、という特徴がありました。

本記事では、この特異な津波が生じたメカニズム、および防災科研の沖合津波観測網がとらえた津波記録を紹介します。

シミュレーションから分かった津波発生メカニズム

今回の噴火に伴い、世界各地で顕著な大気圧変化が観測されました。これは噴火によって励起された『ラム波』と呼ばれる大気の波の一種によるものです。今回の津波の第1波はラム波とほぼ同じ速度(約300m/s)で伝わっていたことから、私たちはラム波が津

波を引き起こしたと予想し、ラム波により駆動される津波の数値シミュレーションを実施し、今回の津波が生じたメカニズムを調査しました。

シミュレーションの結果、ラム波と同じ速度で伝播する海面隆起の波が確認されました(図1)。また、このシミュレーションは、世界の津波観測網のうち沖合で記録された津波記録の第1波部分をよく再現しました。この結果は、速く伝わった津波第1波の原因がラム波であることを示しています。

また、このシミュレーションでは津波の速度で伝播する波も生じていました。しかし、この波では観測波

形の第2波以降を完全には再現できませんでした。これは、実際の観測記録にはラム波以外の要因による津波が含まれていることが理由で、たとえば『大気重力波』と呼ばれる大気の波の一種（約200-250m/sで伝播）や火山の周辺の海底地形変化に由来する津波も含まれていると考えられます。今回の津波の全貌を理解するには、これらの要因を詳細に検討していくことが重要です。

日本周辺での津波観測

日本の周辺の沖合に展開された防災科研のS-net・DONETの津波観測網の記録からは、日本時間20-21時と22時以降に顕著な津波が到来していました。20時ごろの非常に周期の長い波（図2、P1とQ1）はラム波と同

じ速度で伝わっており、トンガの方向から到来していました。22時以降では周期の短い波（P2とQ2）が両観測網で見出され、また23時30分ごろにDONETではより短周期な成分が顕著な波群が到来していました（Q3）。

S-netのうち、陸から離れた沖合の観測点では20-21時に観測された振幅が最大となりましたが、陸に近い観測点では22時以降に最大をとることも分かりました。これは、沖から陸に向けての海底地形（水深）や大気の波による津波の励起効率の違いに起因していると考えられ、現在も研究が進んでいます。

さらに、日本国内での大気圧の観測データとも比較をしたところ、顕著な津波の波群に対応して気圧変化の波が到来していたことも分かりました。こ

の結果は、噴火によって放出された複数の大気の波が、日本周辺で観測された複雑な津波の形成に寄与していたことを示唆しています。

特異な津波の防災に向けて

沖合の海底に展開された津波観測網は、これまで地震に伴う津波の予測に非常に有用な情報をもたらしてきました。しかし、今回のような大規模な火山噴火に伴う津波が記録されたのは観測網が整備されて以降初めてであり、多くの知見が得られました。今後の津波予測の精度向上に向けて、今後どのような噴火が起こりうるか、それによりどのような津波が生じるか、といった評価をはじめ、ここまで得られた知見を活かした研究をさらに進めていくことが重要です。

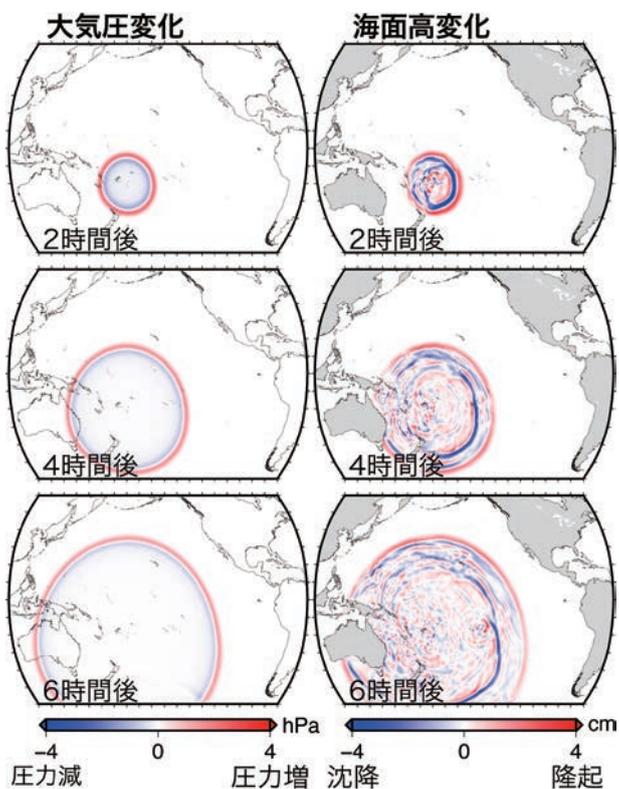


図1 噴火に伴う大気ラム波による津波の発生と伝播のシミュレーション

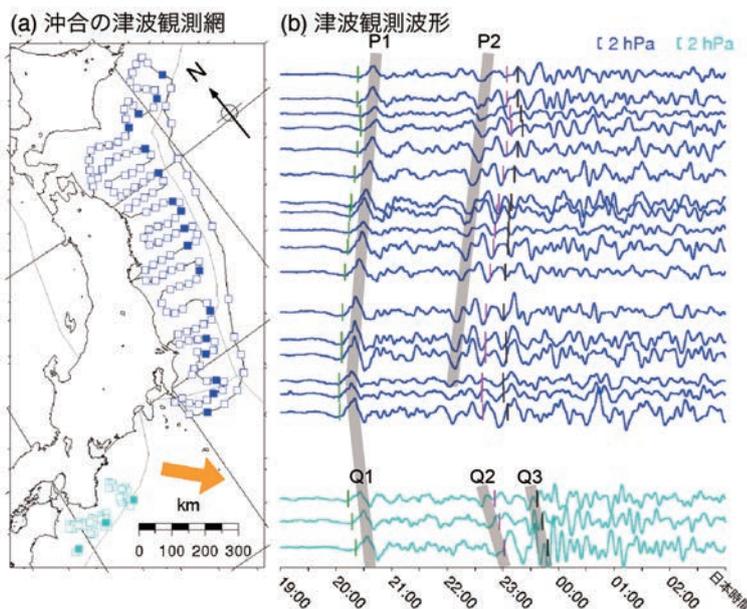


図2 防災科研の津波観測網とその記録。(a) 観測点地図。オレンジ色の矢印は日本から見たトンガの方向。(b) 津波観測波形記録。顕著な波を灰色で示している。黒線は津波の理論到達時刻を示す。津波が火山から300 m/sと220 m/sの速度で伝播した場合に予想される到達時刻を、緑とピンクの線でそれぞれ示した。

台風災害情報の集約と発信

台風災害データベースの利活用

自然災害を軽減するためには、施設整備によるハード対策に加えて、住民避難等のソフト対策を効率的に組み合わせることが必要だ。そのためには、災害に対する危険性を認識し、いざという時には適切な準備や避難などの災害対応を行うことが重要となる。過去の事例を活用して気象予測の結果から想定される状況を情報として提供できれば、起こり得る気象災害に対する危険性を認識し、事前の備えに役立つ。防災科研では、台風に係るさまざまな災害情報をアーカイブした「台風災害データベース」の公開を続けている。

台風災害データベースとは

台風災害の被害状況は、国や地方自治体の関係機関において取りまとめられています。その情報は、各機関のホームページ上に公開され、閲覧できるようになってきていますが、報告書や資料として各都道府県の図書館に保存されていたりする場合もあり、各機関に情報が散在しています。台風災害データベース（図1）は、国や地方自治体から発行された様々な台風災害に関する情報を集約することで、過去から現在に至る台風による様々な被害状況を容易に

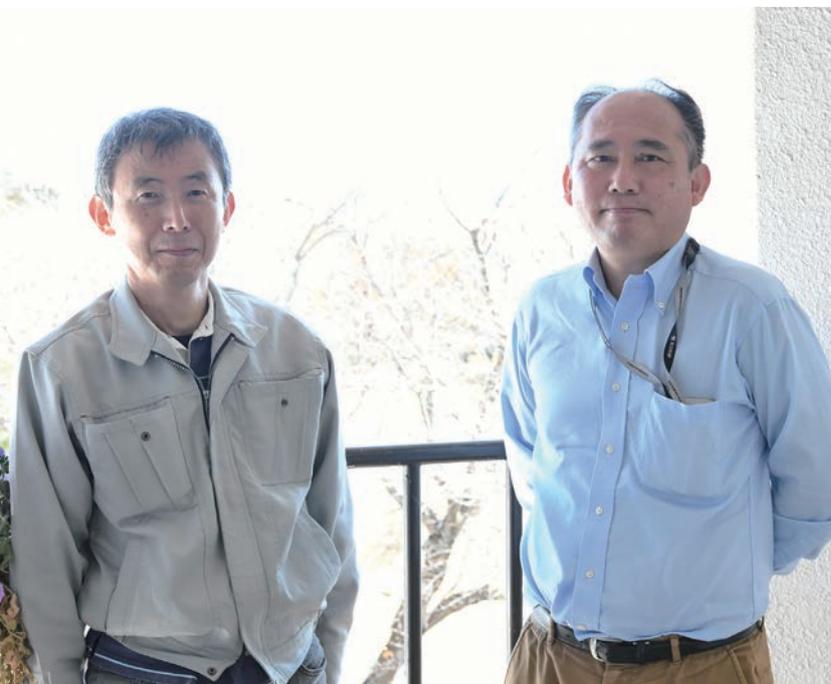
知ることを目的としたデータベースです。第5回世界気象機関「熱帯低気圧に関するワークショップ」において、過去の災害の被害状況を取りまとめたデータベースが台風災害の軽減に有効と提案されたのを踏まえ、開始しました。

過去の類似経路の台風被害情報を発信

従来の気象情報では必ずしも住民等の避難につながらないとの課題が挙げられています。最新の気象モデルによる台風の進路予測の精度は年々向上していますが、災害の規模を直接予測す

ることは未だに困難です。そこで、これまで構築を進めてきた台風災害データベースをアーカイブとして利用するのみならず情報発信においても利活用するため、最新の気象モデルで予想された台風経路と類似した過去の台風と、その際の雨量情報に加えて床上・床下浸水件数や全壊・半壊・一部損壊件数などの被害情報も表示する試みを実施しています。

2022年に上陸した台風は、7月の第4号、8月の第8号、9月の第14号の3個でした。また、上陸はしていませんが台風第15号から変わった温帯



水・土砂防災研究部門 主任研究員

栢原 孝浩 (写真左)

水・土砂防災研究部門 総括主任研究員

飯塚 聡 (写真右)

かやはら・たかひろ

修士（理学） 専門分野：気象学

1995年九州大学大学院理学研究科博士課程単位修得退学

九州大学大学院博士課程を経て、1995年8月防災科学技術研究所入所。

現在は、台風災害データベースの管理・運用に従事。

いいつか・さとし

博士（理学） 専門分野：大気海洋相互作用、気象学、海洋物理学

1993年九州大学大学院総合理工学研究科大気海洋環境システム学専攻

修士課程修了

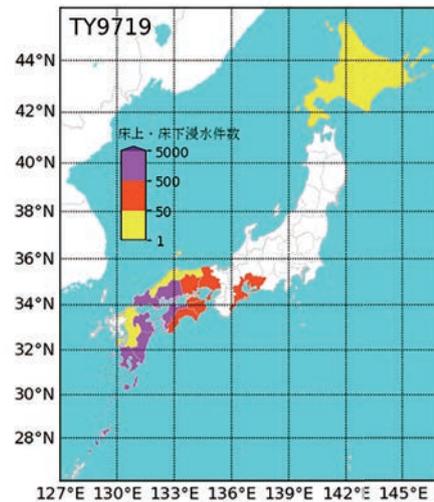
地球フロンティア研究システムを経て、1998年11月に防災科学技術研究所

入所。現在は、大気と海洋の極端現象の発生過程の解明などの研究に取り

組む。兼務：筑波大学大学院地球科学学位プログラム教授（連携大学院）。



図1 「台風災害データベース」のトップページ



127°E 130°E 133°E 136°E 139°E 142°E 145°E

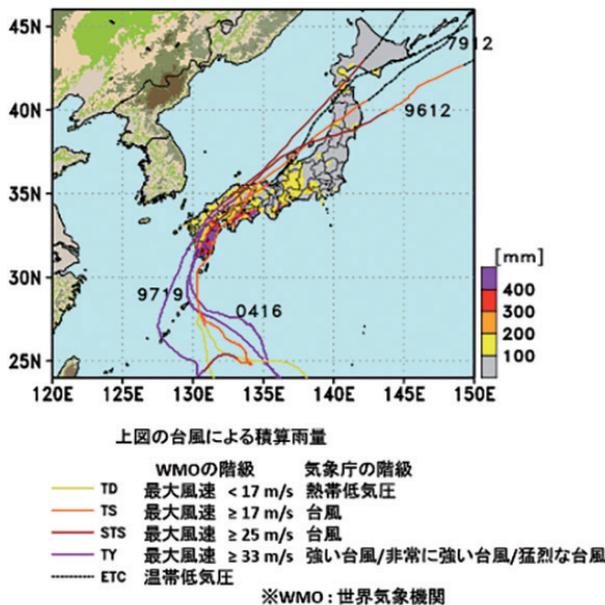
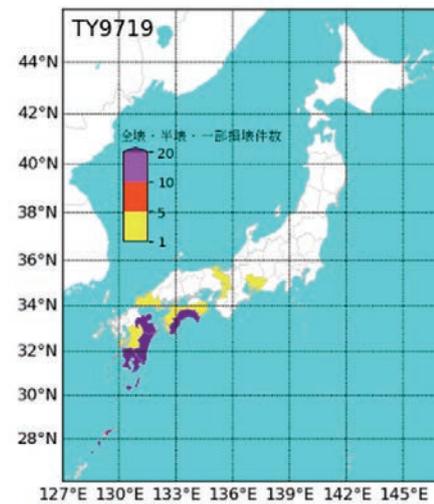


図2 台風第14号の経路に類似した過去の台風（1979年台風第12号、1996年台風第12号、1997年台風第19号、2004年台風第16号）の経路と各台風の積算雨量の最大値



127°E 130°E 133°E 136°E 139°E 142°E 145°E

図3 (上) 1997年台風第19号に伴う家屋浸水件数 (下) 同台風に伴う全壊・半壊・一部損壊件数

低気圧の影響で、静岡県では大雨により長期に渡る断水等の被害も発生しました。一例として、図2に9月18日時点での台風第14号の経路に類似した台風の経路を載せています。この中で、1997年の台風第19号の際の住宅の浸水件数と全壊・半壊・一部損壊件数をそれぞれ示したものが図3になります。台風第14号では、宮崎県を中心に鹿児島県および大分県で多くの被害が発生しましたが、過去に同様な経路を取った1997年の台風第19号に

おいても、鹿児島県・宮崎県・大分県を中心に家屋の浸水や破損の被害が発生していました。

おわりに

近年これまで経験したことがないような甚大な災害をもたらす集中豪雨・豪雪等が多発しています。台風のみならず比較的短時間の集中豪雨や低気圧など他の気象現象に起因する様々な災害情報についてもデータ整備を行い、データが蓄積していけば、他の気象現象も

含め気象災害の被害規模を推定するシステムの研究開発の推進が可能になることが期待されます。同時に、災害に関わるデータベースは、災害の記憶を風化させることなく、後世に伝え、災害への備えを考えるきっかけとして活用することも考えられます。これまでの多くの被害と犠牲を無駄にせず、自らが避難行動をとり被害軽減を図っていくためには、過去の災害について知り、それを生かして次に起こる災害に備えることは大切と考えています。

「総合知」で社会の潜在的

な期待を発見する

公募型共同研究事業

「災害レジリエンス向上のための社会的期待発見研究」

防災科研は、災害に対する社会のレジリエンスを向上させるため、社会的期待、すなわち、個人や企業・団体のもつニーズの背景にある社会の潜在的なニーズを見いだす公募型共同研究事業を2021年度から開始した。本稿では、事業の内容やこれまでの成果について紹介する。

イノベーション共創本部共創推進室 専門職 石原 瑛暉

背景

防災科学技術は、研究成果を社会へ還元することが強く求められる分野です。そのため、この分野において成果を上げるためには、社会そのものをよく知り、社会を構成する様々な人が真に求める研究成果を提供しなければなりません。防災科研は産学官民と共創しながら、社会のニーズを的確に捉えて社会変革をもたらす研究開発を進めているところです。

また、2020年度に閣議決定された第6期科学技術・イノベーション基本計画において、人間や社会の総合的理解と課題解決には、人文・社会科学の「知」と自然科学の「知」を融合した「総合知」が重要であることがうたわれました。防災分野においても同様で、災害リスクの低減に役立つ科学技術を生み出すためには、災害のもつ自然現象の面と社会現象の面の双方に対応する必要があり、自然科学と人文・社会科学の両方のアプローチ、すなわち「総合知」の創出・活用が重要な役割を果たします。

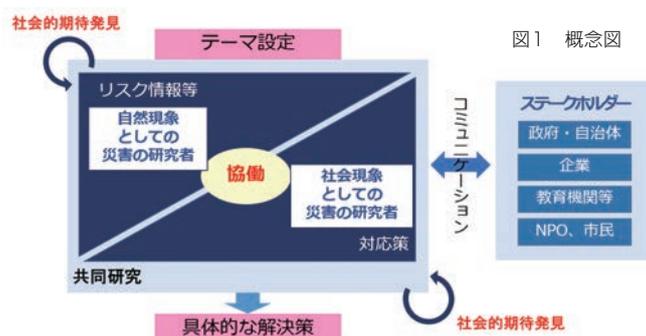
「災害レジリエンス向上のための社会的期待発見研究」について

こうした背景を踏まえ、災害に対する社会のレジリエンスを向上させる科学技術を創出し、有効的に活用するため、防災科研は、社会が真に必要とする「社会的期待」を見いだす公募型共同研究事業「災害レジリエンス向上のための社会的期待発見研究」を、2021年度から開始しました。

「社会的期待」とは、個人や各企業・団体が求めるニーズの背景

にある社会の潜在的なニーズです。社会を構成する人々の真に求めることが明らかになれば、それは災害リスクの低減に役立つ優れた科学技術を創出し、有効的に活用するための研究指針になります。本事業では、共同研究を通じて得られた成果が、参加者にとって次のステップへの足掛かりになることを願っています。

また、本事業では、災害を自然現象の側面から捉える研究者と、災害を社会現象として捉える研究者がチームを組み、産学官民の関係者とともに分野・組織を超えて広く協働しながら研究することを求めています。加えて、防災科研の研究者と、大学や研究機関、高等専門学校、民間企業等の研究者との共同研究を要件としており、共同研究チームの構築にあたっては、必要に応じて、本事業の事務局がマッチングを支援しています。(図1、2)



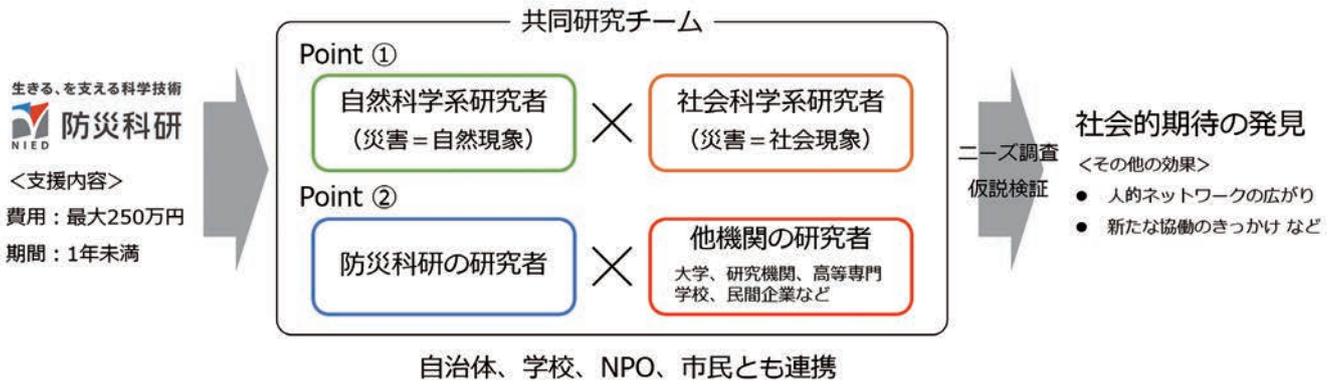


図2 事業スキーム

これまでの成果

事業を開始して以降、これまでに19件の研究課題を採択しました。具体的には、2021年度に10件(研究終了)、2022年度に9件(研究中)採択し、2022年度については2021年度からの継続・発展課題も含まれます。各研究チームは、ニーズ調査を通じて新たな

気づきを得るだけでなく、なかには今回の成果を足掛かりに次の研究へステップアップしています。また、本事業によるチームづくりは新たな共創のきっかけづくりにも寄与しています。

これまでの具体的な成果として、2021年度の研究課題の中から2つ紹介します。

1

露地野菜の需給バランスの安定化に向けて

研究課題名:露地野菜における気象災害の被害予測情報を用いた需給調整の効果検証

代表者:菅原幸治(農業・食品産業技術総合研究機構野菜花き研究部門)
防災科研の共同研究者:平春(防災情報研究部門)、田口仁(防災情報研究部門)

この研究課題では、露地野菜の需給バランスの安定化に向けて、需給調整に気象災害の被害予測情報を用いることの効果を検証しました。

キャベツやレタスなどの露地野菜は天候の影響を受けやすく、需要量と供給量のバランスが崩れやすいという問題があります。そのため、共同研究者である農業・食品産業技術総合研究機構は、露地野菜の生産者とバイヤーが事前に需給調整して安定化を図れるよう、気象データを用いた「精密出荷予測システム」を開発してきましたが、突発的な気象災害による被害の推定や予測にはこれまで対応していませんでした。

そこで、防災科研が開発する人工衛星等の観測データに基づく「被災状況解析・共有システム」と連携することで、気象災害(特に浸水害)による露地野菜の減収被害を評価・予測する方法を考案し、「出荷時期の約1か月前に露地野菜の被害状況が分かれば、事前に出荷量の需給調整を行うことができるのではないか」という仮

説のもと、生産者とバイヤーにヒアリングし、被害リスク低減の経済効果を検証しました。

ヒアリング調査から、被災した産地の減収量の予測情報が出荷予定の約1か月前までに得られれば、バイヤーはそのリードタイムを使って需要量の大半を別産地から調達して売上損失を大幅に低減できる可能性があり、また、少なくとも2週間前までに予測情報があれば、需要量の半量程度まで調達できる可能性があることが分かりました。

今回明らかになった結果をもとに、現在、気象災害の被害予測情報を取り入れた実用的な出荷予測システムの開発に向けて取り組みを進めています。(図3)

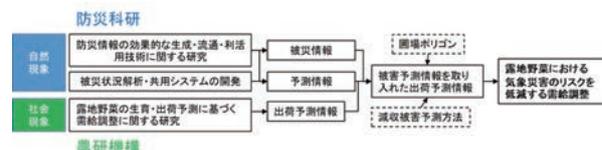


図3 研究概要

消費者が災害リスクを踏まえて適正に住宅地を選択できるように

研究課題名:住宅地選択行動を適正化させる災害ハザードマップ活用に関する社会的期待発見研究

代表者:多田豊(阿南工業高等専門学校創造技術工学科)

防災科研の共同研究者:塩崎由人(災害過程研究部門)、鈴木進吾(災害過程研究部門)

この研究課題では、消費者が災害リスク情報を総合的に判断した上で適正に住宅地を選択し購入できるよう、ハザードマップの基本的な考え方について整理しました。

住宅地の売買契約にあたって、宅地建物取引業者は水害ハザードマップを用いて水害リスクを事前に説明することが義務付けられています。しかし、現在の水害ハザードマップは災害時の利用(避難行動)を前提に浸水深が想定最大規模で表記されているため、消費者や宅地建物取引業者が水害ハザードマップをそのまま住宅地の選択に活用するには情報が十分でないと考えられます。

そこで、消費者や宅地建物取引業者へのアンケートやヒアリングを通じて実態を調査したところ、

■宅地建物取引業者によって、浸水深が同じでも住宅地の安全性評価が一定でないこと

■消費者は水害ハザードマップの浸水深だけでは正確に安全性を評価することができず、被災時の正しい避難経路を設定できないこと

■消費者は安全性を浸水深ではなく住宅地の費用(安全性が高い=費用が高い)等から評価していること

が明らかになり、これらの結果から住宅地選択でハザードマップを活用するための基本的な考え方を整理することができました。現在、調査によって明らかになったニーズを踏まえ、住宅地選択に有効活用できるアプリケーションの試作を進めています。(図4)

この研究チーム(阿南工業高等専門学校と防災科研によるチーム)は、本事業を通じて初めて顔合わせをしたチームであり、参加者は本事業をきっかけに、今回の取り組みだけでなく、その他の活動においても連携を始めています。



図4 研究概要

さいごに

本事業が目的とする社会的期待の発見は、決して容易なことではありません。既存の技術や将来の技術になりうる種を社会へ持ち出し、人々の反応を注意深く観察して浮かび上がってくるヒントをもとに仮説を導いたり、あるいは、最初に仮説を設定して、それを満たす技術のプロトタイプをつくり、観察を通じてそのような社会的期待が実際に存在するのかを検証したりなど、様々なアプローチがありえます。

いずれにしても、こうした期待発見そのものも科学の役割の一つであり、科学的手続きに基づいて行われる必要があります。

本事業は、災害レジリエンスの向上に資する社会的期待発見への挑戦と新たな共創・協働を後押しするものであり、申請書類や審査手続きを簡素化・効率化することで、研究者が「気軽に」応募できるようにしています。

防災科研は、防災科学技術研究におけるイノベーションの中核的機関として、災害レジリエンスの向上に必要な研究開発の「種」を生み育てていくために、来年度以降も本事業を実施する予定です。「自分の研究がどんなニーズを秘めているのか明らかにしたい」「こんなアイデアがあるから、まずはニーズ把握から小さく始めてみたい」という思いを持った人々を、引き続き支援していきます。

各年度の情報はwebサイトで公開しています。



2021年度

<https://www.bosai.go.jp/information/tender/study/past/20210802.html>



2022年度

<https://www.bosai.go.jp/information/tender/study/past/20220314.html>

研究を知る × 人を知る

NIED Interview

防災科研で働く研究者をご紹介します。
研究のことから趣味にいたるまでお聞きしました。



— 防災科研に来たきっかけは？

大学生のころから防災科研で働きたいと思っていて、2011年に博士課程を出てすぐに、防災科研に来ました。途中、2回の産休・育休を取って今年で12年目です。

理学部の学生だった時、京大防災研の先生たちから日本は災害が多く、防災研究では世界的に最先端の研究ができると聞かされていたことと、台風や地震など災害があると京大防災研の先生たちが災害現場に行ってしまう姿をみてカッコいいなと思ったのも大きいです。

— なぜ地震の研究を選んだのですか？

本当は気象学をやりたいだったので。気象学の実習で、自然現象をコンピューター上で再現できることがすごく面白いと思ったので、気象学研究室に行きたかったのに、あみだくじで落選。その時、地震動の先生が声をかけてくれました。台風と現象は違うけれど、コンピューターで再現するの

が地震の揺れに代わるだけだし、観測と計算を両方使うのは同じ、やりがいがありそうと思って、現在に至ります。

博士課程に進むかは迷いましたが、防災科研に京大OBがたくさんいることを知り、防災科研に行けるなら博士に行こうと決意しました。

— 子育ては、研究に良い影響がありますか？

子供がいることでいつも時間が足りませんが、効率第一が徹底できるようになったのが一番大きいです。最近は、テレワークが導入され、自宅でもできることも増えました。そのことが、心の余裕につながっています。職場でなくてもできることがあるという安心感がありますね。

職場でないとできないことと、自宅でもできることをうまく組み合わせることで、子供との時間も研究時間も確保しています。

— 今後やりたいことはなんですか？

他部門の研究者と一緒にもっと研究

したいです。防災科研には工学・理学・社会科学とさまざまな分野の研究者がありますが、最近、部門の垣根を越えて、シミュレーションという共通項での交流が始まって、そこから新鮮な刺激を受けています。異分野の研究者と対等に議論できるよう、自分の専門性をもっと高めようというモチベーションにもなっていますね。

地震が来た時に地面がどう揺れるかを再現するのが私の研究ですが、それを受けて建物がどう揺れるのかをシミュレーションするのが、建築を中心とする工学の研究者です。防災科研で言えば、地震減災実験研究部門の人たち。実は身近なところにユーザーがいるんです。私の研究成果が活用されているのはうれしいですし、ユーザーの生の声を聞くことで次の研究のヒントにもなっています。

部門間連携を、今後の新しい研究へのチャレンジにつなげていきたいです。



岩城さんって
こんな人

マルチハザードリスク評価研究部門 主任研究員

岩城 麻子 いわき あさこ

京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻博士後期課程修了。専門は固体地球物理学・地震工学。防災科研に入りたくて博士課程に進学。行ける!と思ったらチャレンジしてみる楽天的な一面も。趣味は登山だが最近筑波山にしか行けていない。

第1回 防災科研とJAMSTECの連携に関するシンポジウム 1/30開催

防災科研とJAMSTECは、両機関の強みを活かし協力して推進することを目的として、令和2年10月に包括連携協力協定を締結しました。本シンポジウムでは、両機関が中心になって取り組む調査観測とそのデータを使った研究などについて、これまでの成果、現在の取り組み、今後の展望(挑戦)を紹介するとともに、地域・企業をはじめとした防災の担い手の皆様から、両機関の連携協力に対する期待や希望、課題などを提起していただきます。皆様のご参加をお待ちしております。日時：令和5年1月30日(月) 13:00～17:00 オンライン配信



国難級災害を乗り越えるために 2023

情報でつなぎ、 災害対応を変える。

参加無料

2023年2月21日(火) 11:30～17:30

東京国際フォーラム ホールB7 (会場参加/オンライン配信)

- 開場 11:30 ●オンライン配信開始 12:30 ●開演 13:00
 - ポスターセッション 11:30～12:55 / 17:00～17:30
- ※時間は変更になる可能性があります。

●会場参加をご希望の方 **要事前申し込み**

抽選応募締切：2023年2月7日(火)

*当選者の方には2月13日頃までに通知いたします。

●オンライン配信の視聴をご希望の方

申込み不要のYouTubeによるライブ配信です。上記QRコードより当日アクセスのうえご覧ください。



特別ゲストコメンテーター
池上彰氏

防災科研 令和4年度 成果発表会

研究者一人ひとりによる
研究紹介動画・ポスター
WEB公開中



皆さまからの「いいね!」で
動画賞を選出いたします。



●集計締切 2023年2月14日(火) 午前10:00

防災科研ニュース

2022 No.219

2022年12月31日発行

●ご意見・ご感想をお寄せください e-mail : k-news@bosai.go.jp

発行



国立研究開発法人 防災科学技術研究所

〒305-0006 茨城県つくば市天王台 3-1 企画部 広報・ブランディング推進課
防災科研ニュース係 TEL.029-863-7788 FAX.029-863-7699

●防災科研ニュースはウェブサイトでもご覧いただけます (https://www.bosai.go.jp/)

ISSN 2758-1195



植物油インキを使用しています