

巨大災害研究の現状と展望 (4)

Present and Future Research in Disaster Reduction Systems (4)

畑山満則・矢守克也・Ana Maria CRUZ・横松宗太・大西正光
中野元太⁽¹⁾・Emmanuel GARNIER⁽²⁾

Michinori HATAYAMA, Katsuya YAMORI, Ana Maria CRUZ, Muneta YOKOMATSU, Masamitsu ONISHI, Genta NAKANO⁽¹⁾ and Emmanuel GARNIER⁽²⁾

(1) 京都大学防災研究所巨大災害研究センター

(2) フランス国立科学研究センター

(1) Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Japan

(2) CNRS, University of Franche-Comté, France

Synopsis

The objective of this paper is to summarize the research activities of Research Center for Disaster Reduction Systems (the DRS), DPRI. The activities include research seminars inviting guest speakers from various fields such as disaster risk manager of the public sector, researchers, education sector and mass-media. Camping involving academic staffs as well as students is also a highlight of our activities. Research projects funded by the government as well as outside funding bodies are introduced.

キーワード: コロナ禍, 防災・減災研究, Natech

Keywords: COVID19, Disaster Prevention/Risk Reduction Research, Natech,

1. はじめにーコロナ禍の総合防災研究

1.1 「境界なき災害」

これを書いている2020年8月の時点では、新型コロナウイルス感染症を意識せずに、またそれに言及せずには、いかなる言葉も発することができず、いかなる文章も書くことできない。そもそも、コロナ抜きには何も考えることができない。それほどまでに新型コロナウイルス感染症が人間・社会に与えた影響は大きい。本センターの研究・教育活動にも大きなインパクトをすでにもたらしている（ただし、本報告の対象は2019年度（令和元年度）の活動であるため、この後の個別報告では、感染症の影響はまだそれほど明瞭には見とれない）。

新型コロナウイルス感染症のインパクトは、巨大災害研究センターのメインミッション、すなわち、総合的な

防災・減災研究そのものにも、もちろん及ぶ。そこでまず、新型コロナウイルス感染症が、学際的な観点に立つ総合防災研究に及ぼす影響について、現時点での考えをまとめた別稿の要約部分だけを抽出して再掲しておきたい。

コロナ禍は、従来の総合防災研究が置いてきた3つの大きな理論的前提に対してチャレンジするものだと考えることができる。第1は、ハザードマップに典型的に表れているような、空間的な境界—「ゾーニング」(zoning)—に立脚した災害マネジメントに対するチャレンジである。第2は、よく知られた「災害マネジメントサイクル」に象徴される時間的な境界—「フェージング」(phasing)—に立脚した災害マネジメントに対するチャレンジである。最後は、専門家対非専門家という役割上の境界—「ポジショニング」(positioning)—に立脚した災害マネジメント

トに対するチャレンジである。

上述の3つのチャレンジの意味と詳細については、別稿（矢守克也「境界なき災害—人文系自然災害科学から見たコロナ禍」自然災害科学, 39, 89-100, 2020年）を参照いただくとして、ここでは、そこで論じられなかった重要なポイントを、項をあらためて、もう一つ指摘しておきたい。

1.2 「鄧小平の改革前なら…」

世界的に高名な批評家スラヴォイ・ジジェクが、コロナ禍について論じた著書（『パンデミック：世界をゆるがした新型コロナウィルス』（Pヴァイン社、2020年刊行）の中で、非常に重要なことを指摘している。

鄧小平の改革以前にこれが起こっていたら、その話を耳にすることすらなかったのではないだろうか。（同書p.47）

仮に、今、私たちが新型コロナウィルスと呼んでいるウィルスが、それまでの棲み処から離れて人類とファースト・コンタクトをもってしまったとしても、その彼（女）の生活圏が局所的に限定されていれば（今日のような「グローバル社会」が成立していなければ）、さらに加えて、世界中の出来事が直ちにすべて耳に届くような情報化社会が成立していなければ、私たちは、新型コロナウィルス（が、ある国のある集落で感染症を引き起こしていること）を知る由もなかっただろう。そして、それが世界的に蔓延することもなかっただろう。逆に言えば、そのように局地的な感染を引き起こすのみでどこかに消えていったウィルスもかつて無数に存在したはずだ。

この種の思考実験は、一見、「そんな仮定法は虚しい繰り返りに過ぎない」と思える。しかし、そうではない。いくつもの重要な示唆を含んでいる。特に次の2つのことが大切である。第1は、今、私たちは、「アフター・コロナ」、「ウィズ・コロナ」と騒いでいるが、本当に大事なことは、「ビフォー・コロナ」、「プレ・コロナ」の方に隠れている、ということである。

もう少し丁寧に言うと、今はたしかに「アフター・コロナ」であり「ウィズ・コロナ」であるが、同時に、今は、現時点ではまだ耳にすることすらない何か(X)に対する「ビフォーX」や「プレX」に、すでになっているはずである。「アフター・コロナをどう生きようか」と思い悩み立ち向かうことはむしろ大事なことである。しかし、真に「コロナに学ぶ」とは、本来、「ビフォー・コロナ」において、私たちが何を失ったのか、何をどう見誤ったのかについて問い直すことである。その作業こそが、今どこかに、すでに存在している次の潜在的な脅威、つまり、上述の何か(X)に対して賢く備え、コロナの二の舞を避けることに

つながるからである。

第2のポイントは、コロナについて上で書いたことは、原則として、そのまま自然災害にも該当するということである。実際、ジジェク自身、上の引用の直前にもう一つ、こんな事例を提示している。2010年のアイスランドにおける火山噴火である。この噴火は、欧州圏のほとんどの空の交通を麻痺させたことでよく知られている。しかし、ここで、コロナと同様にこう考えることができる。この噴火が1世紀前だったらどうだったかと。おそらく、あの程度の規模の噴火は、アイスランドの地理的環境も手伝って、地元の人びと以外は気づくことすらなかったかもしれない。

要するに、サイエンスやテクノロジーの力を武器に、数世紀前とは比較にならないほど劇的に自然に密着する一方で、ときに、自然のきまぐれやゆらぎから致命的な悪影響を受ける社会を、私たちは作りあげてきた。たとえば、「奥地開発」の名の下に無数の未知のウィルスとのコンタクトポイントを増やしたり、堤防というハードを獲得してかつての氾濫常襲地に住宅地を造成したり、陸上での通常の生活にはほとんど影響しないような上空での微粒子の混入に多大な影響を受けるが、他方でとても便利な航空機という移動手段に大幅に依存した生活を送ったり、というわけだ。

コロナ禍が有するこの構造、つまり、自然と人間の勝負に、人間が圧倒的に勝利しかけているがゆえに時に生じる打撃、しかも、いったん生じるとそれまでのささやかな勝利などすべて吹き飛ばしてしまうような破局的な大打撃を自然の側から喰うという構造は、かつて、バックやルーマンといった社会学者が「リスク社会論」として提起・警告した構造でもある。そして、これは、総合的な防災・減災研究が、今こそ正面から取り組まねばならない、きわめて重要な研究課題である。

2. 総合防災セミナー

巨大災害研究センターでは過去10年以上にわたって、当センターの教員・研究員および客員教員や非常勤講師等によるオープンセミナー「DRSセミナー」を開催してきた。2010年度からは本セミナーを発展させ、防災研究所社会防災研究部門との共催で総合防災セミナーとして開催している。

2019年度は、下記の通り、9回のセミナーを開催し、総合防災グループをはじめとした防災研究所の関係教員や学生、外国人の客員研究員や短期滞在研究者が参加し、活発な議論が交わされた。

【第26回総合防災セミナー】

日時：2019年4月5日(金) 14:00-17:00
場所：宇治キャンパス・防災研究所 大会議室S-519D
言語：日本語

講演者：石磊 (大連理工大学/DRS客員准教授)
題目：災害緊急復旧工事契約スキーム効率性分析
講演者：湧川勝己 (東京建設コンサルタント/DRS客員教授)
題目：今後の河川防災対策に関する考察

【第27回総合防災セミナー】

日時：2019年4月22日(月) 15:00-16:30
場所：宇治キャンパス・防災研究所 大会議室S-519D
言語：英語

講演者：Anuradha Mukherji氏 (Professor, East Carolina University)
題目：Building Resilience: Hazard Mitigation Plan Implementation in Coastal North Carolina

【第28回総合防災セミナー】

日時：2019年4月23日(火) 15:00 - 17:00
場所：宇治キャンパス・防災研究所 大会議室S-519D
言語：英語

講演者：Scott Willams氏 (Mission Finance Leader for EIT Climate-KIC)
題目：Common Threads - Brokering Colsciousness

【第29回総合防災セミナー】

日時：2019年6月7日(金) 15:30 -
場所：巨大災害研究センター中会議室N-441D
言語：日本語

講演者：大門大朗氏(JSPS特別研究員)
題目：日本における災害ボランティアと組織論的課題

【第30回総合防災セミナー】

日時：2019年7月26日(金) 15:00 - 16:30
場所：宇治キャンパス・防災研究所 国際交流室S-207D

言語：英語
講演者：Shreedhar Maskey氏 (Associate Professor,

IHE Delft Institute for Water Education)
題目：Application of global precipitation products for runoff simulation: lessons learned from several river basins in Asia

【第31回総合防災セミナー】

日時：2019年10月4日(金) 15:00 - 17:00
場所：宇治キャンパス・防災研究所 大会議室S-519D
言語：英語

講演者：Daniela Famiani氏 (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), Rome, Italy)
題目：Central Italy 2016-2018 seismic sequence and the contribution of seismological and geophysical investigations for the site effects estimation of Amatrice municipality

【第32回総合防災セミナー】

日時：2019年10月5日(土) 15:00 - 17:00
場所：宇治キャンパス・防災研究所 大会議室S-519D
言語：英語

講演者：Rafael Durand Maya Rafael Valdovino氏 (General Director of Civil Protection, State Government of Guerrero, Mexico メキシコ・シワタネホ市防災局職員)
題目：メキシコ・ゲレロ州の津波防災体制と防災教育の取り組み Tsunami disaster prevention institutions and Tsunami disaster education in Guerrero, Mexico

【第33回総合防災セミナー】

日時：2019年11月22日(金) 15:00 - 17:30
場所：宇治キャンパス・防災研究所 大会議室S-519D
言語：英語

講演者：Hamilton Bean氏 (Associate professor in the Department of Communication at the University of Colorado Denver)
題目：Does Japan Have a Problem with Mobile Public Alert and Warning?

【第34回総合防災セミナー】

日時：2020年3月23日(月) 15:00-16:30
場所：巨大災害研究センター 中会議室N-441D
言語：英語

講演者：Alexander Guzman氏 (Project assistant professor, Disaster Reduction Systems of the Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University)

題目：Autonomous Systems for Risk Mitigation: Elucidating Investment Strategies for Natech Risk Management

3. 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)

3.1 プロジェクト概要

南海トラフ巨大地震は、大阪、名古屋の大都市圏を含む広域に甚大な被害をもたらすと予想されている。その被害規模は、未曾有のものとなるとされ、2013年の内閣府の被害想定では220兆円規模、2018年の土木学会の試算では、発生から20年間の経済被害総額が1410兆円と推定されている。このような広域・巨大災害が発生した場合、復旧を担う人材や様々な資源(物資、資機材や施設など)が大幅に不足する事態が予想される。人的、物的リソースに制約がある中で、地域の早期復旧を実現するには、巨大災害がもたらす様々な問題点を事前に把握・想定し、多数・多岐にわたる関係者間を調整しておくことで、視野の狭い「資源争奪ゲーム」に陥ることなく意思決定を行うことが不可欠である。加えて、災害発生時には、被災地域で収集された情報をもとに、被災地を含む広域の経済被害の大きさを概括し、社会基盤やライフラインの復旧戦略に関わる意思決定の支援情報を現地対策本部などに提供することも重要となる。

第2期SIP「国家レジリエンス(防災・減災)の強化」で提示された7つの研究開発項目のうち、研究課題Ⅲ「広域経済早期復旧支援システム開発」での研究開発の目的は、広域巨大災害に見舞われた場合においても、個々の被災者の衣食住の確保などの短期的な対応に加えて、地域全体の復旧、復興という中長期の視点からの対応、すなわち、地域を支える産業の復旧を考慮し、経済的損失を最小限に抑えることができる対応計画策定を支援する仕組みを構築することである。これを実現するために、下記の3つのサブテーマが設定されている。

サブテーマ1)

道路インフラ復旧優先順位決定システムの基盤開発と「クロスロード(地域BCP版)」による次世代型コンフリクト解決手法の開発(京都大学)

サブテーマ2)

広域概観版経済被害予測システムの開発(防災科学技術研究所)

サブテーマ3)

地域の実情を反映した被災シナリオ作成・統合シス

テムの開発(名古屋大学)

防災・減災を対象とする研究課題においては、社会実装が重要とされる。本課題の社会実装を考えると、その成果を情報として提示するシステムの構築が求められる。地域の経済活動を反映した被災シミュレーションや、発災時には他者を意識した協力的行動が必要との認識を地域のステークホルダーが共有することを容易にするツールは、平時には企業や地域の訓練に活用するとともに、災害発生時には、災害対策本部が社会基盤やライフラインの復旧手順の判断に活用しうるよう、システム実装することが必要である。サブテーマ1で開発するシステムの基盤は、研究課題Ⅲの成果全体を社会実装するための情報管理基盤と位置付けられている。

3.2 インフラ復旧優先順位付けシステムのための基盤構築

3.2.1 災害対応における状況認識の統一

本課題では、災害発生時の災害対策本部での社会実装が想定されている。第1期SIPでは、府省庁連携防災情報共有システムSIP4Dが開発され、2016年の熊本地震や2018年の平成30年7月豪雨災害では、内閣府や都道府県において情報共有基盤として活用された。本課題では、実装先の一つを国交省の地方整備局として掲げ、検討を行っている。災害時のインフラ復旧の最前線の一つとなる地方整備局の対策本部では、SIP4Dの対象領域よりも細やかな情報管理が必要とされるため、SIP4Dの基盤を拡張する情報処理の枠組みを提供する必要がある。

災害対応の現場で求められることは、現地の状況を把握し、その状況に関する認識を統一すること(以下、「状況認識の統一」と呼ぶ)である。自衛隊や医療機関などでは、これらに有効な手段として、情報を時系列に沿ってホワイトボードなどに書き出し、災害情報共有し整理するクロノロジーという手法が使われており、東日本大震災以降は災害対応の現場でも活用されるようになった。また、2016年に国土交通省が指針をまとめたタイムライン(防災行動計画)は、災害の発生を前提に、起こり得る状況を想定し、取るべき行動とその主体を、時系列に整理したものであり、当初活用が想定された事前に被害規模が想定できる「進行形災害」(水害など)に加えて、短時間の現象で予測や準備が難しい「突発的災害」(地震など)においても、災害発生後の被害抑制のための行動計画として位置付けられるようになってきた。巨大災害への対応にも用いられてきたこの2つの手法には、「時系列に情報を整理する」という共通点がある。その一方で、災害時の情報は空間情報として管理し、地図として可視化することで、「状況

認識の統一」を強力に後押しできることは、阪神・淡路大震災以降、多くの研究者や実務者の共通した意見となっている。これらを総合すると、災害対応では、時空間を管理することが情報管理基盤として求められることとなる。

3.2.2 現実世界の空間と時間の管理

筆者らは、阪神・淡路大震災以降、防災（災害対応を含む）活動を支援することも視野に入れた情報システムの開発に取り組んでおり、この研究開発から最新情報を管理することの重要性を指摘している。災害時は平常時に比べて、状況の変化が激しいため、常に更新された最新の情報が求められる。更新には、地物そのものの変化だけでなく、「通行止め」が「通行可」となるなどのステータスの変化も含まれる。最新の状況を管理することは必須であるが、意思決定の現場では、その状況に至った経緯についても同時に把握したいという要望も加わることが多い。この要望を満たすには、空間情報の更新履歴管理が必要となる（以下、時空間管理と呼ぶ）。これらの情報は、必要に応じて迅速に意思決定者に提示する必要があるが、災害時はデータに精通したオペレータを固定することは難しいため、すべてのデータが1つのアプリケーションで扱えるよう一元管理されることが望まれる。このような要望を技術的に実現する手法に関しては、筆者らも提示してきたが、実際の災害時における活用を実現することは非常に難しかった。しかし、第1期SIPにおいて、SIP4Dが開発され、熊本地震や平成30年7月豪雨といった災害時に活用することで、その価値を示している。

では、時空間管理を可能とする情報システムの提供は「状況認識を統一すること」に対して、ユーザの期待に十分に貢献できているであろうか。この情報管理基盤上にある「現実世界」とは、コンピュータ内部にあるデータベースに蓄積された現実世界に関する情報により構築された世界（以下、「データベース上の現実世界」と呼ぶ）であり、実際に被災現場で起きている本当の現実世界（以下、「実際の現実世界」と呼ぶ）ではない。つまり、現実世界で起こっていることのすべてを示しているのではなく、ある時点で収集できた情報を示しているに過ぎない。データの収集と入力には、時間が必要であるため、「データベース上の現実世界」と「実際の現実世界」には必ず時間差（情報の時間的な隔たり）が存在することになる。さらに、災害時の情報は網羅的には入ってこないが、局地的にはもたらされることも多い。これらの情報を順次入力していくと、「データベース上の現実世界」には、情報の空間的な隔たりを生じることになる。これに対し、全数調査や航空写真からの

判読など空間的な隔たりをなくすような手法を取ると、多くの場合「実際の現実世界」との情報の時間的な隔たりが大きくなる。

行政は、平常時には、不均一な情報の下（情報の空間的な隔たりがある状態）で意思決定を行うことはしないが、災害時には、網羅的な情報が収集されるまで時間がかかり、その間に様々な意思決定を求められるため、空間的な隔たりがある状態でも、寄せられた情報を有効に使うことが求められる。このような状況は、巨大地震発生時には、より顕著に現れる。

「実際の現実世界」では、地震発生直後に大量の建物が倒壊し、道路が損傷、閉塞するが、情報収集、データ入力が行えなければ、「データベース上の現実世界」には反映されない。つまり、「実際の現実世界」は変化しているにもかかわらず、「データベース上の現実世界」は変化していない状態を示すこととなる。このような「データベース上の現実世界」をシステム上で示すことは、「状況認識を統一すること」に何らかの貢献をしていることには間違いないが、十分に貢献できるとはいいがたいと考える。

3.2.3 並行世界の空間と時間の管理

データ収集・入力を迅速化し情報の空間的、時間的な隔たりをなくすための技術開発は必要であるが、その一方で、現状で構築できる「コンピュータ上の現実世界」をより有効に利活用する方法も考える必要がある。「コンピュータ上の現実世界」において、地物そのものもつ生存期間情報に加えて、データの更新時間を時間情報として管理することとし、意思決定において、これらの情報を有効に活用することを考える。土木計画学では、これまで不確定な情報の下であっても、その情報を補うモデルを構築し、シナリオベースの分析やシミュレーションを行うことで意思決定を支援してきた。本プロジェクトでは、災害時のインフラ復旧の優先順位付けという課題にシナリオベースの分析を用いることを考えているが、平常時と違い災害時は、迅速性が求められるために、不十分な情報をもとに構成された「コンピュータ上の現実世界」を前提条件として、このような分析やシミュレーションを行い、それを根拠として意思決定を行わなければならないことが往々にして生じることとなる。

例えば、災害後のある時点でa,b,cの3本の道路が閉塞していることが分かっていると（コンピュータ上の現実世界）。現状は、道路啓開に当てられるリソースが1本分しかない場合、このa,b,cに優先順位をつける必要がある。この状況でシナリオベースの評価モジュールにより経済影響の評価をすることを考える。シナリオは「aを啓開する」、「bを啓開する」、

「cを啓開する」という3つとすると、それぞれの条件のもとに経済被害分析が行われる。出力された評価値は、シナリオの評価値として蓄積され、3つの評価値を比較することで推薦される優先順位がつけられることとなる。ここでは、a, b, cの順で経済への影響を抑えられるという結果が出力されたとする。意思決定者は、この評価結果を参考に「aを啓開する」を選択し、リソースを割り振ったが、その後、しばらくしてaの先にある主要道路dが閉塞していることがわかったとしよう。dが啓開されなければaを啓開する効果が十分でない場合、この情報が分かった時点で、「aを啓開する」ことの評価値は変化する。ここで意思決定者は、「aを啓開する」ことを継続するか、取りやめるかを検討することになる。このとき、前回の意思決定の状況を振り返ることになるが、南海トラフ巨大地震のような巨大災害が発生した場合、災害現場はめまぐるしく変化しており、さらに長期化が見込まれる場合に意思決定者は後退することもあるため、「aを啓開する」を選択した際の条件と評価値を確認することで「状況認識の統一」を図っておかないと、効果的な意思決定ができない可能性もある。そこで、このような過去のシナリオベースの分析についても蓄積し、「コンピュータ上の現実世界」とともに一元管理できるよう情報基盤への拡張が求められることになる。

シナリオ情報（例えば、「aが啓開され通行可能となる」）やその評価情報、さらにシミュレーションによる時々刻々の変化情報は、現実には起こりうる情報ではない。現実世界に起こったことを記述するこれまでの時空間管理の手法では、このような現実世界には起こりえない情報を記述することは考慮されていなかった。このような現実世界では起こらないが想定すべき情報は、いわば並行世界（パラレルワールド）に起こっている情報と考えられるため、情報管理基盤は、現実世界の時空間に加えて並行時空の情報の記述が求められることとなる。このとき、データベース上には、「コンピュータ上の現実世界」の情報に、シナリオや、評価やシミュレーションの結果としてとして編集を加えた空間情報を記載する必要がある。これらの情報と現実世界と並行世界の分岐点となる時間を連動させることで、「コンピュータ上の現実世界」と「並行世界」を同時に管理できる情報管理基盤を構築することができると考えている。

4. 水害リスク（地先の安全度）再評価事業

4.1 プロジェクト概要

水害リスク（地先の安全度）の再評価に当たり、平

成27年度より令和元年度にかけて、地形モデル、計算単位、データ更新に関して検討を行い、計算モデル、計算の根拠となるデータ、計算結果のオープン化を目指してきた。本委託業務を遂行するにあたって検討されてきた課題とその対応案について下記のような考察を行った。

地先の安全度マップは、平成24年9月18日～平成25年8月13日に初めて公開されたが、平成26年3月31日公布「滋賀県流域治水の推進に関する条例」の第7条「知事は、想定浸水深の設定または変更のために必要な基礎調査として、河川等に係る集水地域および氾濫原に関する地形、土地利用の状況その他の事項に関する調査を行うものとする。」、第8条「知事は、前条第1項の調査結果を踏まえ、おおむね5年ごとに想定浸水深を設定するものとする。」に基づき、再評価をすることとなっている。本条項に従うならば、基礎調査の実施とそれに基づく数値解析を行うことが目的となるが、この更新業務には多大なコストが発生するため、県内部で更新作業を行うことができるよう解析ソフトウェア、解析ソフトへのインプットを支援するソフトウェア、解析結果の後処理を行うソフトウェアの開発を行うことになった。また、その成果を活用して現在公開しているマップ（以下、「現行マップ」と呼ぶ）の更新も行うこととなった。

現行マップ作成時に解析結果の後処理に多大なコストがかかったことを受けて、この処理が簡略されることを勘案して、解析モデルの検討を行った。この結果、京都大学防災研究所の川池先生が研究を進めている非構造格子単位での解析を試みることとなった（非構造格子を用いた数値解析の特徴と問題点に関しては4章に詳細を記す）。しかしながら、非構造格子を用いた数値解析を行っても解析結果の後処理の問題は完全になくならないことが分かり、構造格子に単位を戻すこととした。現行マップは、50m×50mの構造格子（以下、50mメッシュ）を計算メッシュスケールとして採用していたが、浸水想定区域図作成マニュアルの第4版改訂に伴い、マニュアルでの計算メッシュスケールが、250mから25mに変更されたことを受け、マニュアルに沿った精度向上も取り入れることとなった。

4.2 浸水想定区域図作成マニュアル（第4版）の改訂に係る課題

洪水浸水想定区域図作成マニュアル（以下、浸水マニュアルと略す）は、水防法第14条、水防法施行規則第1条から第3条に基づき、洪水浸水想定区域及び浸水した場合に想定される水深、洪水時家屋倒壊危険ゾーン及び浸水継続時間等を表示した図面に浸

水想定区域の指定の前提となる降雨を明示したもの（以下、「洪水浸水想定区域図」という。）を作成するとともに、洪水時の円滑かつ迅速な避難の確保及び浸水の防止のために必要な情報を提供するための標準的な手法を定めたものである。浸想マニュアルでは、洪水浸水想定区域図作成の標準フローは、図1のように示されている。この中で、数値計算を指すのは、河川内不定流計算、溢水・越水・氾濫流量の算定、浸水解析の部分である。

この中で、数値計算を指すのは、河川内不定流計算、溢水・越水・氾濫流量の算定、浸水解析の部分のみであり、それ以外は、地形把握によるシミュレーション条件の設定にあたる。GISは、数値計算をダイレクトに行うことを期待されていることは少なく、数値計算の前の入力データの整備と数値計算後のデータの可視化やデータ保存への利用が主である。

しかしながら、数値計算がフローの中心であることに変わりはなく、前後のデータ処理は数値計算に合わせて行われる。このため、GISで整備・管理すべき地理空間情報のモデルは、数値計算の特徴を押さえておく必要がある。

○河川内不定流計算

河川内の流れのシミュレーションであり、河川を1次元グラフとして捉え計算を行う。河川内の距離標に関連図けられた横断面の形状から、勾配、河積（河道断面積）を求め、計算を行う。

○溢水・越水・氾濫流量の算定

河川内不定流計算の結果とて、溢水、越水、氾濫流量が算定される。

○浸水解析

溢水、越水、氾濫流量が堤内地に流出したとき、浸水範囲と浸水深を計算する。隣接で標高の低い地点に水は流れ込むが、排水条件に応じて排出される。

1次元計算が想定される河川内不定流計算、溢水・越水・氾濫流量の算定では、GISを用いることは必ずしも求められない。しかし、2次元空間での浸水の広がりやを計算する浸水解析に必要なデータは、その位置関係が重要であるためGISによるデータ整備が求められる。必要なデータは、地盤高に加えて、水路や下水道などの排水施設データがある。また、盛土や樋門のような地盤高データから取り出せないデータも整備しておく必要がある。さらに、第4版への改訂（平成27年7月）に伴い、住宅地では建物による影響を空隙率、透過率として考慮することとなったため、建物データも整備しておく必要がある。

4.3 モデルに関する考察

浸水解析には、構造格子（浸想マニュアル第3版では250m、第4版では25mメッシュを想定）が使われる

ことが多いが、近年では地形や建物形状を反映できる非構造格子（不定形ポリゴン）を利用する場合もあり、浸想マニュアルでも利用に関して言及されている部分がある。構造格子と非構造格子の利用を比較した場合、データ整備にどのような違いがあるのだろうか。構造格子での管理では、河川からの水の流出領域や下水道、水路、盛土、樋門といったデータを格子の境界線や接続関係に合わせて加工する必要がある。これに対して非構造格子は、不定形ポリゴンであるため、地形や田畑の形に合わせた境界線を引くことができるため、水路、下水道、盛土などの位置は、幾何情報を重視したベクトルデータで管理することができる。しかしながら、非構造格子の作成には、多くのコストをかけることとなる。非構造格子の作成については、浸水計算モジュールからの要求も合わせて、以下のルールを設けて作成した。

- 1) 境界線として利用する線分を以下のように決める。河川から非構造格子への水の流出を表現するため、河川の接続部（堤防ライン）は境界線とする。市街化区域については街区境界、それ以外の地域については道路を、非構造格子の境界として設定する。
- 2) 非構造格子は凸多角形（内角はできるだけ180度に近づけない）とし、辺数は6以下とする。
- 3) 極端に小さな非構造格子は作成しない。
- 4) 接続する非構造格子は面積比2倍以下とする。
- 5) 細長い非構造格子は作らない。
- 6) 計算の効率性をあげるため、できるだけ大きな非構造格子を作ることとする（田畑はあぜ道で囲まれた領域を1つの非構造格子にするなど）。

これらの条件を満たしながら、非構造格子を自動作成するアルゴリズムを開発することは困難であり、現実的には、局所的にGISの解析機能を駆使しながらの作成が必要となる。つまり、この作業においてGISの解析機能が必須となることがわかる。

4.4 その他の課題と今後について

4.2, 4.3の考察に加えて、地形データ（DEMデータ）データ整備に関する課題、浸水想定区域図の「説明力」を高めるために必要な処理に関する課題、データや計算モデルソースコードのオープン化に関する課題について検討がなされた。今後は、これらの考察結果を活用し、説明力の高い浸水想定区域図作成のための非構造格子の作成手法について、さらに議論を深める予定である。

5. 阿武山観測所サイエンスミュージアムプロジェクト

5.1 プロジェクト概要

1930年に設立された京都大学防災研究所阿武山観測所は、日本の地震観測研究の最先端施設として、長年にわたり地震研究をリードしてきた。2011年以降は、地震観測・研究の黎明期からの進化過程における数々の貴重な地震計群を保有する利点を生かし、現役の観測施設であると同時に地震研究の今と昔について学べる地震サイエンスミュージアムとしての機能を付加し、さらなる発展を期してきた。「阿武山サイエンスミュージアムプロジェクト」である。

この間、この計画に関心を寄せてくれた市民のボランティア有志が「阿武山サポーター会（阿武山サイエンス・コミュニケーター）」、および、「阿武山グリーンクラブ」を組織化し、ミュージアムとして活用する施設のガイド役やイベントの運営や京大防災研究所が推進する実際の地震観測研究の支援、また施設を含む広域な敷地内の豊かな自然の管理保全を含む環境整備を担う等、独自の活動を展開するに至った。この活動は、社会全体として科学を進めようとする活動（「オープンサイエンス」「シチズンサイエンス」）とも軌を一にするもので、防災研究所のアウトリーチ活動を支える役割も果たしている。

また、大阪府の「注目すべき近代化遺産」にも選定され建築物としても注目される本観測所の建物屋上からは、大阪平野を一望する眺望を楽しむことができるほか、藤原鎌足が埋葬されているとされる阿武山古墳とも敷地を接して観測所は立地している。そのため、本観測所は、地震研究の拠点、サイエンスミュージアムとしてのみならず、自然環境、建築物、歴史・考古学など多様な観点から注目されている。

5.2 「オープンサイエンス」研究

先述の通り、阿武山観測所サイエンスミュージアムプロジェクトは、政府が「国際的動向を踏まえたオープンサイエンスの推進に関する検討会」を設置するなど、総合的な科学技術政策の柱の一つとして推進している「オープンサイエンス」の観点からも注目される。「オープンサイエンス」とは、一言で表現すれば、「科学的な研究を市民（非専門家）により開かれた活動へと変革する運動」である。狭義には、より多くの人々が科学研究の基礎となるデータや成果にアクセス可能とすること（オープンデータ）を指すことが多く、また広義には、従来の科学コミュニケーションを拡張して、市民を含めより多くの人々が協力し、より多くの人々を巻きこみ、人々から信頼される科学研究を実現するための科学論・教育論を構築すること、とされる。

こうした背景を踏まえて、昨年度は、これまで通りのミュージアム活動を継続するとともに、本プロ

ジェクトの成果と課題を「オープンサイエンス」の視点からふりかえるための研究会を、地震研究者、サイエンスコミュニケーションの専門家などと共に新たに発足させた。その成果はまもなく学術論文として公刊される予定である。

6. 黒潮町地区防災計画プロジェクト

6.1 成果と課題

南海トラフ地震・津波によって大きな被害が発生することが想定されている高知県黒潮町と京都大学防災研究所矢守研究室は、平成27年度（2015年度）から令和元年度（2019年度）まで5年間にわたって、「地区防災計画プロジェクト」に共同で取り組んできた（令和2年度も継続中）。まず、これまで共に活動に取り組んでくださった町民の方々、町役場職員、および、すべて関係者のみなさまに心からお礼を申し上げます。

明日発生するかもしれないが、30年経過しても起こらないかもしれない大災害に備えるためには、自治体主体の防災対策だけでなく、住民主体の地区防災計画の作成とそれに基づく活動を実施し、しかも、それを一過性の試みで終わらせず、町全体そして地域社会の文化や伝統のようなものとして定着させる必要がある。

これまで、そのための具体的な道筋として、第1に「防災に『も』強いまちづくり」、第2に「海は山を、山は海を助ける」、この2つのフレーズを掲げてきた。前者は、狭義の防災・減災（地区防災計画づくり）だけでなく、健康・福祉、観光、産業、教育・子育てなど、幅広い分野・領域にわたる総合的な活動として防災・減災の取り組みを進め、町や各地区のトータルな活性化をもたらす活動が求められるというポイントであった。また、後者は、直接的には、避難所の提供や運営支援という意味で、「海が山を」（大規模な土砂災害など）、他方、「山が海を」（後出の「臨時情報」発表時など）それぞれ助ける、という趣旨であったが、より一般には、各地区単独の地区防災計画を、地区「間」の連携も視野に入れたものへと拡張・発展させることが必要だというポイントであった。

率直に言って、まだ解決・解消が十分でない課題も多く抱えている。プロジェクトのスタートから数年が経過し、進捗度に関して地区間のばらつきが顕在化してきた。上に述べた発展的なステージへと歩みを進めることができた地区が存在する一方で、「最初の一步」を踏み出すことにすら困難を抱えている地区もある。また、地区住民を支える役場職員（地域担当職員）や京大スタッフの関わり方、住民も含め

た関係者間のコミュニケーションの取り方にも、改善の余地はある。あわせて、地震・津波のみならず豪雨災害に対する準備と対策、南海トラフ地震の「臨時情報」に対する対応など、取り組むべき問題が新たに増えたことや、年々進む人口減少、高齢化が活動の難易度を上げている。

他方で、成果もあった。地区防災計画の本体について、地区「内」防災計画から地区「間」防災計画へと発展・展開する芽生えがはっきりと見えてきたこと、および、狭義の地区防災計画だけでなく、それを傍らから支える関連の取り組みが増加・充実し、地区防災計画本体との連携の成果も見えてきた点である。さらに、本年度（令和元年度）、これまで以上に明瞭になってきた成果として、「組織間の連携」および「分野横断的な取り組み」、この2点を指摘できる。言いかえれば、上で述べた「防災に『も』強いまちづくり」（どちらかと言えば、「分野横断的な取り組み」に相当）、第2に「海は山を、山は海を助ける」（どちらかと言えば、「組織間の連携」に相当）、これら2つの道筋について、ささやかではあるが着実に前進できたことは、大きな成果として位置づけることができる。

6.2 組織間の連携

上で特記した2つの項目、すなわち、「組織間の連携」および「分野横断的な取り組み」について具体的な事例を少しずつ参照しながら整理しておく。

まず、「組織間の連携」とは、地区防災計画の主役である各地区を実質的に代表する組織（たとえば、自治会、自主防災組織など）とは別の（諸）組織との連携、という意味である。ただし、本プロジェクトを共同推進している黒潮町役場や京大防災研との連携・関係は自明であるので、それ以外の組織との連携に、ここでは注目する（Fig.1参照）。

6.2.1 他地区との連携

この視点に立ったとき、まず、シンプルではあるが重要な連携として、他地区との連携がある。これは、黒潮町が、多くの自治体に見られる「（まず）少数のモデル地区で」という態度ではなく、最初から「全町あげて」という踏み込んだ姿勢で地区防災計画活動に取り組んでいることがもたらしたユニークな成果でもある。

具体的には、第1に、よき実践（グッド・プラク

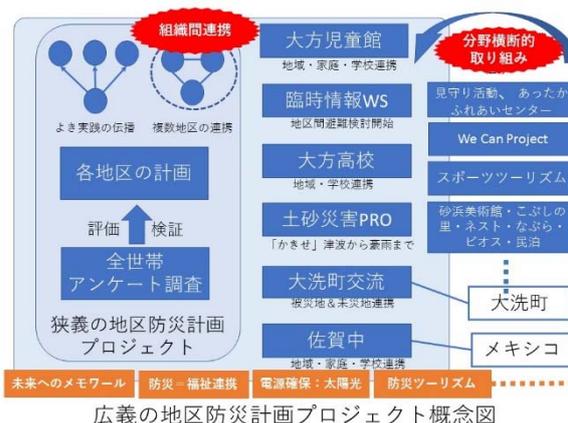


Fig. 1 Concept of district disaster prevention planning project in a broader sense

ティス)の地区間の拡大・伝播がある。つまり、どこかの地区で開始されたよきアイデアや工夫が、他の地区へと拡大・伝播したケースである。たとえば、避難場所（避難タワーや高台）の保管庫に「戸別ボックス」を置く試みは、町地区や町分地区で始まり、それが、白浜地区、大和田地区、馬地地区、浜の宮地区などに拡大・伝播し、今年度の報告書でも、浜の宮、横浜地区での記載に登場する。あるいは、「屋内避難訓練（玄関まで訓練）」は、浜町地区で最初に試みられた後、浮津地区、白浜地区、町分地区などに拡大・伝播し、さらに、豪雨災害対策として始まった「屋内避難訓練（2階まで訓練）」が川奥地区、熊井地区などで実施された。今年度の報告書でも、これらの地区のほか、伊田浦、会所地区などのレポートにも登場する。

第2のパターンは、複数の地区が連携・共同した活動である。こちらにもすでに複数の事例がある。たとえば、津波による被害や川を遡上する津波による主要道路の寸断・途絶を前提に、山伝いの間道で、佐賀地区から伊与喜地区に徒歩で避難する訓練については、昨年度に引き続き本年度も実施された。これは、典型的な意味で「海山連携」であり、本年度は、二次避難訓練と両校の保護者や地域住民が合同での炊き出し訓練を行うなど、さらに進化した形態で活動が進められた。複数の地区間の連携について、豪雨災害（土砂災害）を対象にした取り組みでも、たとえば、市野々川地区の住民が伊与喜地区のにある避難場所まで地区を越えて避難することを想定し、両者で避難所の体制を確認するための訓練が行われるなど、他にも事例が生まれている。

6.2.2 地区内の諸組織間の連携

典型的な事例として、大方高校と周辺地区との連携によって避難訓練を実施したケースと、大方児童館が結節点となって地区、学校、家庭を連携させよ

うとしたケース、福祉施設が中心となりながらも、周辺地区住民や高校教員なども参加して実施された福祉避難所開設訓練のケース、以上3つの取り組みについて記しておく。

まず、大方高校と周辺地区との連携事例である。大方高校の生徒、教職員を重要なパートナーとして地区防災計画の推進を図った事例は、高校側の全面的な協力を得て、入野本村、錦野地区など、本年度目立って増えた。中でも、高校が避難所となることを前提に実施された一連の避難運営に関する地区と高校の連携は、黒潮町の地区防災計画の焦点を、これまでの「とにかく命を守る」（避難所にたどり着くまでの避難行動）というフェーズだけでなく、「命をつなげる」（避難所運営など）というフェーズへも拡張させる意味でも重要な取り組みとなっている。

ここでは、「組織間の連携」の観点から見たときの典型的な事例として、早咲地区で実施された津波避難訓練支援アプリ「逃げトレ」を活用した要配慮者の避難訓練の事例に触れておく。これは、自力での避難が困難と思われる高齢者等への働きかけが必ずしも順調ではなかった同地区で、現状を打開するための一つの糸口として実施されたものである。参加者の募集・確定には同地区の役員（区長・民生委員・老人クラブ会長）など、訓練時のサポートには住民のほか消防団員、社会福祉協議会職員など、そして、「逃げトレ」の操作、訓練結果のまとめ等には大方高校の生徒・教職員などと、文字通り、多様な関係者がそれぞれの持ち場で役割を果たしての連携作業であった。

次に、大方児童館の事例である。この取り組みは5年にわたって継続されており、当初児童館単独の活動であったものが、次第に諸組織間の連携をベースにしたものに進化してきた。具体的には、本年度は、地域住民や学校職員、さらに保護者も参加して実施された“考える”避難訓練、および、児童館の緊急時の防災対応を家庭や地域社会と共有するためのマニュアルの策定・配布などが、「組織間の連携」を目指した取り組みとして実現した。児童館が学校の避難計画と地区の避難計画をすりあわせ整合させるための場として機能している点が、連携という観点からは特に重要だと思われる。

最後に、福祉避難所開設訓練の事例である。本報告書にレポートされている通り、類似の取り組みはすでに複数回実施されている。ここでは、一例として、「あったかふれあいセンターにしきの広場」で実施されたケースについて見てみると、特に重要なポイントとして、福祉避難所の開設や運営を福祉避難所マターとせず、地域住民や関係機関との協力関係を構築することで、福祉避難所の開設・運営を容易

にすると同時に、訓練を通じて、地域住民の防災力の向上自体を目指している点がある。他の組織（ここではにしきの広場）との連携を通じて地区防災計画の底上げも図られているわけだ。なお、この取り組みには、近隣の大方高校からもスタッフが参画している。

6.3 分野横断的な取り組み

これは、昨年度の成果として特筆すべきポイントであり、いくつか萌芽的な試みが見られたが、上の図で下段にオレンジ色で示したものが、目下のところ、その代表事例である。

さて、これまで5回にわたって実施された本プロジェクトの関連イベント、「黒潮町地区防災計画シンポジウム」でも提示された基本理念－「防災に『も』強いまちづくり」－には、地区防災計画プロジェクトは、究極的には、健康・福祉、教育・子育て、地場産業・観光振興など、まちづくり、地域づくりの全体と連携させていく必要がある、との認識が表明されている。防災・減災のパワーも、復旧・復興へ向けたレジリエンス（柔軟な復活力）の源も、その基盤は、町やコミュニティが全体として有しているエネルギーであり、そこに暮らし生きる人びとの総合的な活力に他ならないからである。その意味で、「防災に『だけ』強い町」は、どこかに不自然な部分を抱えざるを得ず、究極的にはおそらく成立しえないだろう。つまり、「防災に強い町」があるとしたら、それは、必然的に「防災に『も』強い町」という形をとるにちがいない。

このような総合的、分野横断的な取り組みは、既存の部局や組織をまたぐ活動になり、一朝一夕には実現できない。しかし、昨年度に入って、上述の通り、いくつかの萌芽的な試みがスタートし、中には、すでに一定の成果を上げつつあるものもある。ここでは、この点についてまとめておきたい。

6.3.1 「未来へのメモワール」

最初に本プロジェクトに関連する文章を引用しておく。

大きな災害がおきると、今までのあたりまえの暮らしが一変してしまいます。失ってはじめて、今まで気にもとめなかったものが、実は、かけがえのない、とても大切なものだったと気づかされます。

黒潮町は、南海トラフ地震が発生すると、沿岸部を大きな津波が襲うと想定され、山間部も大規模な水害や土砂災害の危険にさらされています。

今回、私たちは、黒潮町のみなさんに、「災害から守りたいもの、災害がおきても、これだけは残しておきたいと思うもの」をお聞かせいただき、み

なさんが選んだものを展示する展覧会を企画しました。

ふだんの生活、あたりまえの暮らしの大切さをも一度意識するとともに、それを奪ってしまうかもしれない災害に対する備えを進めていただくきっかけになればと願っています。

あなたが守りたいものは、何ですか？

これは、「未来へのメモワール展」と名づけた展示会のチラシに掲載された企画文面である。本プロジェクトは、防災とまちづくり、あるいは地域文化の醸成などと接点を有する分野横断的な取り組みである。特に、次の点が重要である。一方で、“まさか”（災害）を現実的なものとして受けとめるからこそ、黒潮町の“ふだん”が輝いて見える、“ふだん”の暮らしの価値を（再）発見できる。他方で、“ふだん”のありがたさ、かけがえのなさを切実に感じるからこそ、“まさか”（災害）への備えが覚悟の定まった身のあるものになる。両者を連携させた中で、言い方を変えれば、両者の均衡のもとで、地区防災計画についても構想していく必要がある。「未来へのメモワール」は、こうした相乗作用を念頭においたプロジェクトである。

なお、この取り組みの企画・運営にあたっては、砂浜美術館、大方高校などの全面的な協力を得ており、「組織間の連携」の観点からも重要である。

6.3.2 防災＝福祉連携

「防災＝福祉」が現実のものになってきた。犠牲者の多くを高齢者が占める事実、また、要支援者リストと福祉サービス受給者リストがほぼ等価なものになる事実が、それを物語っている。要支援者問題は、これまで、地区防災を推進する上で難題とされてきた。しかし他方で、「防災＝福祉」は、福祉を入口にすれば、これまでにないアプローチが防災面で新たに拓かれる可能性も示唆している。

本プロジェクトでも、本年度の職員研修会に、「防災＝福祉」をメインテーマの一つとして掲げ、福祉部門の職員によるレクチャーをプログラムに盛り込むなど、本格的に、防災＝福祉連携を基軸とした地区防災計画づくりに乗り出すこととなった。また、佐賀地区で実施されている「防災お年寄り訪問」は、前述の「屋内避難訓練」、「未来へのメモワール」とも接点をもちつつ、「防災＝福祉」という分野横断に、さらに中学生の地域学習との連携も加味した「防災＝福祉＝教育」という形式をもった取り組みである。

6.3.3 電源確保（太陽光発電機）

令和元年（2019年）9月、台風15号が、関東地方（特に千葉県）を中心に、直接的な被害のみならず、大規模で長期間の停電による大被害をもたらした。この災害を契機として、あらためて、災害時の電源確保

の問題が浮上した。本取り組みは、この課題を、災害時に備えた防災対策のみならず、日常時（地域コミュニティでのイベント開催時なども含めて）の電源確保や、より広義のエネルギー問題への関心醸成と連携させて考えようとしたものである。

本プロジェクトについては、（株）日東工業の全面的な協力のもと、太陽光を用いた独立型電源機材の提供を受け、万行地区、浜の宮地区などを中心に活動が進められた。また、大方橘川地区でも地区イベント開催時の電源として活用された。本取り組みは、外部の企業と連携していることから、「組織間の連携」の観点からも重要である。実際、黒潮町ではすでに、著名な「34ブランドの缶詰」事業や、より安価で簡便な耐震化工事施における町内外の工務店との連携など、町内外の企業組織との連携を、防災のみならず、各企業体のビジネス本体（産業推進）、ひいては町内の雇用促進につなげる形で進めている。

6.3.4 防災ツーリズム

これは、（地区）防災対策の先進地としての黒潮町の存在を、言わば二次利用して、防災の取り組みと同時に、観光面での成果を目指したユニークな取り組みである。具体的には、役場の情報防災課・産業推進室と黒潮町観光ネットワーク、砂浜美術館、そして、地元住民と連携して（だから、「組織間の連携」でもある）、佐賀地区津波避難タワーを用いた防災ツーリズムの企画づくりが開始され、地元住民が防災施設や活動について説明する語り部グループが結成されたほか、「防災ツーリズム」のパンフレットも作成された。（地区での）防災活動の成果を観光面へも波及させることねらった分野横断的な取り組みである。

7. Natech Research Activities

7.1 Introduction

The complex interactions between natural hazards and industrial installations that handle hazardous materials have contributed largely to exacerbate their impacts on communities and the environment. Earthquakes, tsunamis, floods, landslides, and tropical cyclones, among other hazards, have affected industrial parks in Japan and around the world causing chemical accidents resulting in huge economic losses and environmental damage. Accidental releases from industrial infrastructure can be triggered by failures inherent to the industries themselves, however accidents triggered by natural hazards, known as Natech events, are currently

receiving special attention due to their potential to impact large areas.

Prof. Cruz's laboratory on Disaster Risk Management was very active in 2019 through domestic and international research activities on Natech risk reduction. Several reconnaissance field trips to investigate Natech accidents in Saga Prefecture due to flooding and in Chiba Prefecture caused by typhoons were carried out. Furthermore, an international workshop on Natech risk management was held in Medellin, Colombia, and a special Natech session was organized at the IDRiM Conference in Nice, France. In addition, several international projects were carried out with partners in the United States and Korea, and several scholars from France, Italy and the United States visited DPRI. They included Prof. Emmanuel Garnier, a disaster historian, from the University of Franche-Comte in France, and Associate Professor Hamilton Bean, an expert on mobile early warning and risk communication, from University of Colorado in Denver. The next sections present a few examples of the research activities carried out.

7.2 Development of the Natech Rate-Me Framework for Risk Management

The main aim of this research study was to develop a comprehensive area-wide risk management framework and rating system for evaluating the level of performance of industry when faced with Natech scenarios. The identification of the framework main elements, and element components were carried out through an extensive literature review, analysis and comparison of existing building rating systems with different approaches, and expert elicitation. The proposed framework elements' usefulness and appropriateness were corroborated through expert discussion from academia, governmental organizations and industry.

The main achievements of this study included the development of the area-wide risk management and performance rating system framework premised on a probabilistic risk assessment methodology, enabling industrial facilities to assess their coping capacity when faced with conjoint natural-hazard triggered chemical accident scenarios. The framework contemplates the interaction between the technical and organizational systems, governance, risk

communication, and community participation, and proposes to integrate the different stakeholders' roles and interactions within the risk management strategies. By looking at both the industrial facilities and their interaction with the external environment, the proposed framework is an important contribution to promote resilient territories.

Two papers were published based on this work, one in Safety Science (Suarez et al. 2019), and the other in Progress in Disaster Science (Cruz and Suarez 2019) based on this work.

The framework's usefulness and appropriateness were corroborated through meetings, workshops, questionnaire surveys, and discussions and field visits with experts from academia, government, and industry in Japan and in Colombia. The results of the surveys, interviews and field visits in Colombia have been included in another paper in Safety Science (Suarez et al. 2020).

The research work has been disseminated to the academic community, government bodies and other stakeholders through several workshops, and conference presentations in Japan, China, Colombia, and France, and through the organization of citizen meetings and focus groups with community residents in Sakai (Osaka) and Shimobara (Soja City).

7.3 Natech Risk Management Stakeholder Workshop in Medellin, Colombia

Cruz lab organized and co-hosted a multi-stakeholder workshop on Natech risk management in Medellin, Colombia in October 2019. The Area Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA – Metropolitan area of the Aburra valley), a regional government body, was the local host. Four faculty from DPRI, namely, Prof. Cruz, Prof. Tatano, Prof. Nakagawa and Prof. Matsushi traveled to Colombia for the three-day event. The aim of the workshop was: i) to present an introduction to Natech risks in an effort to raise awareness on the need for dedicated efforts for its risk management; ii) to present and discuss available methods and tools for Natech risk management; and iii) to promote multi-stakeholder dialogue and discussion concerning risk information disclosure, communication and participation.

Over 80 participants attended the workshop including industry engineers, process safety specialists, geoscientists, and operator, local

government officials, representatives from the national government, and first responders. The workshop included field visits to an area that was under landslide risk affecting two major oil and gas pipelines belonging to Ecopetrol, Colombia's largest oil industry.

7.4 Natech accident investigations

Several Natech accidents occurred in 2019 in Japan, and field investigations were carried out in Saga and in Chiba Prefectures. Brief summaries are presented below.

7.4.1 Oil spill caused by flooding at Ironworks factory in Omachi town, Saga Prefecture

This study investigated a large oil spill at an ironworks factory in Omachi town, Saga prefecture, during the severe flooding that hit southwestern Japan in late August 2019. The oil spill dispersed by the flood waters contaminated land, crops, citizens' homes, and a hospital in Omachi town. Due to the oil spill, pumps used to pump rainwater out of the affected area had to be stopped to prevent further contamination, resulting in oil-water mixture stagnating in the area for several days. This meant that residents who had evacuated vertically, moving to the upper floors of their homes, had to be rescued in the middle of strong oil vapours. The oil spill's possible long-lasting impact in terms of health and environmental pollution requires monitoring and further investigation.

The study found that oil spills caused by floods had already occurred at the same site, highlighting the need to improve risk management of chemical hazards, update flood risk maps that consider the possible effect of climate change, as well as the potential for these types of secondary events and other compound disasters, and propose more effective strategies for emergency planning and response.

7.4.2 Field investigation to understand damage to industry from Typhoon 15

Field visits and interviews to investigate the impact of Typhoon 15 on industrial installations in Chiba and Ibaraki Prefecture. Interviews and a plant visit were carried out in Tokyo and Ichihara City. The interviews revealed that the onsite gust wind speed near the Chiba Police Headquarters reached to 53 m/s,

and exceeded 42 m/s at Sodegaura and Anegasaki districts. Despite the record wind speeds, the typhoon caused relatively minor damage to industrial installations. Damage reported included the collapse of a cooling water tower, and damage to scaffoldings, step ladders and equipment insulation. A minor hazardous materials release was reported with no injuries or offsite consequences.

In the case of the facilities visited, no shut-down was performed prior to typhoon landfall, and the installations continued normal operation during the typhoon. In the United States Gulf of Mexico, industrial installations systematically perform shutdown operations, de-inventorying of storage tanks that are considered more hazardous and take other precautions before the arrival of a major hurricane (Category 3 on the Saffir-Simpson Hurricane Scale) (Cruz and Krausmann 2009). In the future, emergency measures, such as shut-down of high risk processes should be considered before the arrival of typhoon force winds, particularly with the possibility of stronger typhoons affecting coastal areas in Tokyo Bay, Nagoya and Osaka Bay. Another point of concern raised during interviews with company officials was the possibility of tornadoes which could generate winds exceeding the design wind loads of industrial structures. In fact, just before the arrival of typhoon force winds during Typhoon 19 on October 12, 2019, a tornado was reported in Ichihara City (Takahashi 2019; Spectee 2019). Thus, the potential for tornadoes is a real possibility. Finally, damage to the cooling tower at JMTR showed the need to prevent deterioration of equipment through appropriate inspection and maintenance.

7.5 Visit by Dr. Emmanuel Garnier, Research Professor at CNRS, University of Franche-Comté (France).

Professor Emmanuel Garnier's stay is part of the CNRS PICS SECURES project which involves the CNRS Chrono-Environnement laboratory (University of Franche-Comté in Besançon, France) and Prof. Cruz at DPRI. This collaboration is supported by a Memorandum of Understanding between both institutions. During his stay between September 2019 and July 2020, he led several

ongoing and new projects including:

7.5.1 Historical disaster database from The Japan Times

In collaboration with Prof. Ana Maria Cruz and in accordance with the objectives set out in the SECURES project, Prof. Garnier created a new database devoted to disasters that have occurred in Japan since the middle of the 19th century. The historical disaster database is based on an exhaustive search of the archives of the Japan Times newspaper, whose Executive Board granted him exceptional access. At the end of 4 months of work in the online archives of this newspaper, more than 2,000 data were collected between 1865 and 2000. Among them, around thirty events concern natural hazard triggered technological disasters (known as Natechs).

Prof. Garnier actively carried out research with other colleagues at DPRI including Dr. Florence Lahournat. Their study was made possible thanks to collaboration with the Lake Biwa Museum and the Geospatial Information Authority of Japan (Tsukuba University) which provided significant support in terms of cartography (GSI Maps) and historical data already collected by the GSI. Several meetings took place at the Museum as well as field visits with Dr. Robin James Smith (naturalist) and Dr. Michinori Hashimoto (historian). Several dozen monuments were visited and studied from an interdisciplinary perspective (history, anthropology, environment) in the Lake Biwa region and several interviews were held with residents.

7.5.2 Memorandum of Understanding (MoU) between DPRI and the University of Franche-Comté

With Prof. Cruz, Prof. Garnier proposed the establishment of a Memorandum of Understanding (MoU) between DPRI and the University of Franche-Comté (UFC, Besançon, France). The visit of the President of the University of Franche-Comté Jacques BAHU to DPRI and his meeting with the director of DPRI, Prof. Hashimoto and the steering committee on December 3, 2019 led to the signing of the MoU between the two institutions on March 16, 2020.

8. 在外研究

防災研究所では、平成29年度から令和1年度まで、日本学術振興会の「国際的な活躍が期待できる研究

者の育成事業」によって、複数の研究者が海外の研究機関に長期滞在した。巨大災害研究センターからは横松が国際応用システム研究所 (IIASA-International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria) に滞在し、Risk and Resilience Program (RISK)に所属して、Stefan Hochrainer-Stigler 上級研究員らと災害リスク下の経済の動的プロセスに関する共同研究に取り組んだ。

令和1年度は、主として、IIASAが国連防災オフィス(UNDRR)より受けたプロジェクト“Building Disaster Resilience to Natural Hazards in Sub-Saharan African Regions, Countries and Communities”においてモデルの開発と数値計算を行った。ここではIIASAのRISKプログラムのJunko Mochizuki研究員やElizabeth Tellez Leon研究員、WATERプログラムのPeter Burek研究員、また国連やCIMA(イタリア)などの共同機関と協働して、アンゴラ、タンザニア、ザンビアのアフリカ3国を対象としたケーススタディを行った。分析結果は2019年12月に上記3国での国連主催のワークショップにて発表された。派遣者もタンザニアでのワークショップに参加して、分析結果を報告するとともに、現地の政策担当者や研究者らと意見交換を行った。そして2020年2月に最終報告書がまとめられて、国連に提出された。現在、その結果に基づいた研究論文の執筆を進めている。

また、上プロジェクトを進める最中に、IIASAが米州開発銀行(IDB)より受けたプロジェクト“Study on Disaster Risk Management - A Macro Perspective Cost-Benefit Analysis for Reducing Vulnerability”にも参画することになった。ここでは、新たにWATERプログラムのTaHER Kahil研究員、Mariia Nikonova研究員らも加わって、国連プロジェクトのモデルをさらに拡張することになった。2019年12月にはIDBの本社がある米国ワシントンDCにて講演とプロジェクト打ち合わせを行った。同プロジェクトは2020年9月現在も進行中であり、2020年11月に完了する予定である。

上記の2プロジェクトを通じて開発したモデルシリーズはDYNAMMICS(Dynamic Model of Multihazard Mitigation Co-benefits)と名付けられた。それらは、確率的・動学的な経済成長モデルのフレームの上で、洪水や干ばつ(国連プロジェクト)、ハリケーンや海岸浸食(IDBプロジェクト)などの複数の災害ハザードに直面した一国経済を対象に、ダム整備や土地利用計画などの複数の防災・復興対策の効果を分析する点に特徴をもっている。特に開発途上国の防災対策は、限られた資金を、社会が直面する複数のハザードを考慮して、各種の防災施設や対策に適切に配分しなければならない。また、ひとつの施設が災害時のみならず平常時にも便益をもたらす“co-benefit”

を評価する必要がある。さらには、被災後の復興投資と、次なる災害に備えた防災投資の間の配分も問題となる。一方、適切な防災投資は経済成長をもたらす、一部の防災投資費用を調達するために発行される国債は経済成長によって担保されている。

例えば、タンザニアを対象にしたケーススタディにおいて、今後30年間にある規模のダムを6年にひとつずつ建設するケースの政策分析を行ったところ、基本ケースと比較して経済成長率が年率平均で0.57%上昇することが示された。また、耐干ばつ種（Short-cycleタイプ）の農作物を作物の60%に導入する場合には、経済成長率が年率平均で0.27%上昇した。30年後の時点の期待農作物生産高は、基本ケースの30年後の期待生産高より33%増加することが示された。今後データの取得によってパラメータの値の同定が可能になれば、より多様な防災対策の組み合わせの効果を計算することが可能になるものと考えられる。また、Stefan Hochrainer-Stigler 研究員と“Disaster Risk Reduction and Resilience”（Yokomatsu and Hochrainer-Stigler (ed.), Springer, 2020）と題した書籍を共同で編著した。同書籍は世界防災研究所連合(GADRI)のブックシリーズの1冊目として、2020年7月にSpringerから出版された。この成果も、「国際的な活躍が期待できる研究者の育成事業」による長期滞在のおかげで、集中的で継続的な協働ができたことによるものである。このような機会をサポートして頂いたすべての関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

9. 大規模噴火時の航空交通マネジメント

2010年のアイスランド・エイヤフィラトラヨークトル火山の噴火の際には、ヨーロッパを中心とした世界の航空網に約1ヶ月という長期にわたる影響が生じた。我が国でも、桜島の1914年大正噴火から100年以上が経過している。大正噴火の際には、東北地方の降灰記録も残っており、日本列島のかなりのエリアにおいて降灰が発生する可能性もある。大正噴火時には、現在のような近代的航空網は発達しておらず、我が国では、未だかつて経験したことがない災害事象である。桜島の大規模噴火が近づいている中、航空網への影響を最小限に食い止めるための方策検討及び体制確立が急務である。

大規模噴火が生じる前には、予兆現象が観測される。こうした予兆現象をトリガーとして、被害軽減につながる未然の対応行動にどう結びつけることが可能かを、現在、巨大災害研究センターの大西正光准教授と桜島火山観測所の井口正人教授、神戸大学の竹林幹雄教授が中心となり、検討を進めている。具体的には、火山噴火予知技術の高度化に加えて、

大噴火が生じた際に予想される影響分析及び影響軽減のための対応策、大規模噴火の予兆が観測された際の危機対応計画の策定を進めている。

10. 自然災害データベース

10.1 データベースSAIGAI

巨大災害研究センターでは、その前身である旧防災科学資料センターの設立当初より、国内における災害関連資料の収集・解析を行い、これらの資料をもとに比較災害研究、防災・減災などに関する研究を実施してきている。これに基づき、昭和57年度よりデータベース“SAIGAIS”が構築され、旧防災科学資料センター所蔵の論文ならびに災害関連出版物の書誌情報が登録されてきた。この“SAIGAIS”は、平成元年度に科学研究費（研究成果公開促進費）の補助を受けて全国的な文献資料情報データベース“SAIGAI”として拡充された。現在、本センターを中核として、全国各地資料センター（北海道大学・東北大学・埼玉大学・名古屋大学・九州大学）の協力のもとでデータの追加作業が継続されている。その結果、現時点で登録されている資料は126,781件となっている。また、地区災害史料センター毎の蔵書を検索できるようになっている。

しかし、データベース及び検索技術の発展が著しい中で、本データベースは、プリミティブな検索技術／データベースシステム、不十分な管理体制、電子化された資料も扱う等の冗長性、少ないエクスポージャーといった課題が、自然災害協議会において指摘されるようになった。それを受けて、防災研究所全体で巨大災害研究センターが事務局となり「データベースSAIGAI検討所内ワーキンググループ会議」を立ち上げた。これを受けて、自然災害研究協議会において、データベースSAIGAIで所蔵する全国の大学図書館に所属される資料が検索可能なOPACシステムからも検索できるように、防災科学研究所ライブラリー及び京都大学図書館への寄贈する方針が承認された。上述の通り、既に電子化されている資料など、今後、特に保管する必要がない資料の整理するため、「防災研究所資料室 資料整理ポリシー」を定め、同ポリシーにしたがって、電子化された資料や仕分けの作業を行っている。

10.2 災害史料データベース

巨大災害研究センターでは、昭和59年度より歴史資料に現れる災害及びその対応等の関連記事をデータベース化するプロジェクトを実施している。

その成果として蓄積されてきた史料とその現代語訳データは「災害史料データベース」として、公開し

ている。平成16年に、データベースをウェブ上で検索可能にし、表示できるようにする公開用プラットフォームが科学研究費補助金の交付を受けて作成され、データベースにはURL、<http://maple.dpri.kyoto-u.ac.jp/saigaishiryo/>でアクセス可能となっている。平成30年度のアクセス数は3,790件を数えた。

11. 防災グループ合宿

総合防災研究グループ（社会防災研究部門及び巨大災害研究センター）の合同ゼミ合宿を令和元年9月8日（土）、9日（日）の1泊2日であうる京北（京都府立ゼミナールハウス）（京都市右京区京北町）において実施し、教員・研究員18名、学生・研究生46名の計64名が参加した。学生参加者は取り組んでいる研究の内容について発表を行った（ただし、D1とM1はポスター発表）。

参考文献

岩井 哲（1993）：木造家屋の地震被害の総合的評価法，地域安全学会論文報告集，No. 3, pp. 339-347.

河田恵昭・小池信昭（1995）：危機管理と津波避難マニュアル，京都大学防災研究所年報，第38号B-2, pp. 157-211.

合田良実（1977）：港湾構造物の耐波設計-波浪工学への序説-，鹿島出版会，210 pp.

合田良実・岸良安治・神山 豊（1975）：不規則波による防波護岸の越波流量に関する実験的研究，港湾技術研究所報告，第14巻，4号，pp. 3-44.

千葉県環境部自然保護課（1990）：南房総地域自然環境保全基礎調査報告書。

Adachi, T., Oka, F. and Mimura, M. (1987a): An elasto-viscoplastic theory for clay failure, Proc. 8th Asian Regional Conf. on Soil Mech. and Found. Eng., Vol. 1, pp. 5-8.

Cruz, AM, and Krausmann, E (2009): Hazardous Materials Releases from the Offshore Oil and Natural Gas Facilities Following Hurricanes Katrina and Rita.

Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 22 (1), 59-65.

Cruz, AM; and Suarez-Paba, MC (2019): Advances in Natech Research: An Overview. Progress in Disaster Science, 1 (2019) 100013.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.pdisas.2019.100013>

Suarez-Paba, MC; Cruz, AM; and Muñoz, F (2020): Emerging Natech risk management in Colombia: A survey of governmental organizations. Safety Science, 128: 104777

<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104777>

IAHS Press (1995): Instructions to authors preparing papers for an IAHS Proceedings, Institute of Hydrology, UK.

Randolph, M.F. (1981): The response of flexible piles to lateral loading, Geotechnique, Vol. 31, No. 2, pp. 247-259.

Suarez-Paba, MC; Perreux, M.; Munoz, F.; and Cruz, AM (2019) : Systematic literature review and qualitative meta-analysis of Natech research in the past four decades. Safety Science., 116: 58-77.

Seed, H.B. (1987): Design problems in soil liquefaction, Jour. of Geotech. Engng., Div., ASCE, Vol. 113, No. GT8, pp. 827-845.

Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1971): Simplified procedures for evaluating soil liquefaction potential, Jour. of Geotech. Engng. Div., ASCE, Vol. 97, No. SM9, pp. 1249-1273.

Takahashi, Ryusei (2019) : Powerful Typhoon Hagibis tears through Tokyo region, killing two and prompting rare weather warnings. The Japan Times. National. October 12, 2019. <Accessed 15 March> <https://www.japantimes.co.jp/news/2019/10/12/national/powerful-typhoon-hagibis-lashes-japan/#.XnMoYpMzZBw>

（論文受理日：2020年9月14日）