

道内自治体における地域防災システム構築と 政策イノベーションの実装に関する研究 —千島海溝周辺海溝型地震に備える—

北海道大学公共政策大学院 学術研究員

公共政策学研究センター 研究員 加藤 知愛

三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング株式会社 研究員 米田 夏輝

第1章 はじめに

1-1. 研究の背景

内閣府が2020年4月21日に公表した北海道・東北地方北部の太平洋側を震源とする巨大地震の想定[1]によると、北海道沖の千島海溝で最大マグニチュード (M) 9.3、東北沖の日本海溝でM9.1の地震で、最高約30mの大津波が東日本の広範囲に到達する。沿岸部に位置する自治体の防災を担当する所轄課では、この予測下で緊急対応するための防災政策の立案とそれに関連する諸計画の策定が進められている。北海道大学公共政策大学院防災政策プロジェクト拠点防災政策研究ユニット（以下、防災研究ユニット）では、防災政策研究の学術的な知見を、これらの試みに生かすとともに、そうした状況に対応できる人材（政策アントレプレナー）を育成する活動を行っている。本研究では、上記状況下の自治体の防災政策の立案と施策化及び実施を支援し、実効性のある避難計画づくりに寄与するとともに、将来の都市計画に有益な知見を提供する。

1-2 災害復興における政策イノベーション

本論で扱う「防災分野における政策イノベーション（以下、防災イノベーション）」とは、「防災分野における既存のシステムを更新、改良する方法により、災害対応に係る制度的な課題を発災前に解決して、より望ましい防災システムを構築すること」と定義する。その要素は、政策過程論で重視される3要素（効率性、公正性、責任性）（森脇：2010）[2]を適用して、以下のように定義する。即ち、防災分野において、第1に、合理的根拠に基づく政策形成過程が存在すること（効率性）、第2に、その政策形成・決定過程に参加するチャンネルが設置され、どのような属性の人も、そのチャンネルにアクセスできること（公正性）、第3に、防災政策形成・決定過程と実施プロセスの説明責任が確保されていること（責任性）、である。本稿では、第1から第3の観点を包含して防災政策・施策を立案し、それらの実施プロセスを描くことにより、防災イノベーションの道筋を提示する。

1-3 防災システム構築ツールの開発と運用

防災イノベーションを誘発するために、防災研究ユニットでは、防災システム構築

(Disaster Prevention Evacuation System : DPES) を開発した。DPES とは、自治体が防災システムを構築することを支援する政策パッケージのコンテンツである。この DPES は、第 2 章で扱う「登別防災ラボ」と第 3 章で扱う「北後志広域防災連携プロジェクトワークショップ」) において、既存の避難計画の検証や新しい避難計画の立案のために活用されている。

自治体が、DPES コンテンツを導入することには 3 つの利点がある。第 1 に、自治体の地域防災システムを、①合理的根拠に基づいて (Evidence-based) 構築することができる。第 2 に、地域の防災力・減災力を高める人的ネットワークを形成することができる。第 3 に、それらの政策・施策づくりを担う人々 (Policy Maker) を支援し、その強化を図ることができる。

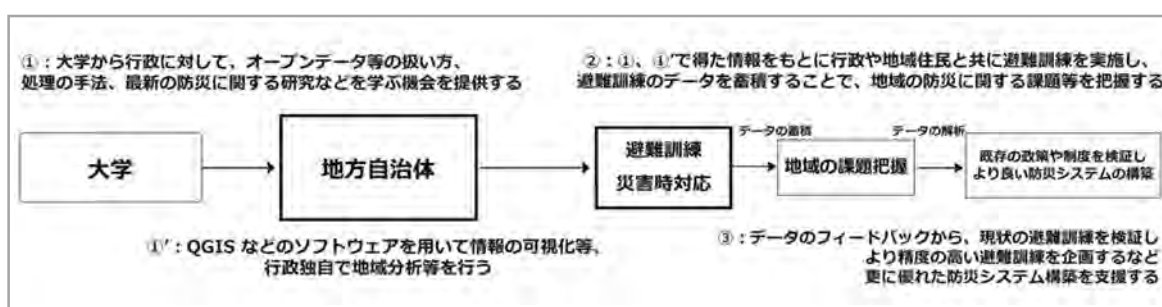


図 1 DPES のコンテンツの構成 (著者作成)

DPES は、図 1 の通り、大学と行政間の協働的な関係性をつくる触媒的機能を有している。大学と行政間の協働的な関係性は、第 1 に、大学から行政への情報、学術的知見、情報リテラシーの提供、第 2 に、避難訓練における取得データ分析のフィードバックから導出される解決方法の共有、第 3 に、解決策となる避難計画へフィードバックというプロセスを経て形成される。本研究の研究対象地において、DPES のプロトタイプを運用した結果、大学が避難計画の立案に必要なデータを行政に提供し、行政がそれを活用して、既存の避難計画を改善するなど、大学が自治体の防災政策・施策化を支援するスキームを形成することができた (第 2 章、第 3 章参照)。

1-4 研究課題と手法

本研究は、防災研究ユニットにおいて、2022 年より実施している 2 つのプロジェクト (登別防災ラボ、北後志広域防災連携プロジェクト[3]) に、防災システム構築コンテンツ (DPES) [4] を実装して運用し、実際の課題を解決することをめざす実践的研究である。DPES の中心的な構成要素である地理情報を用いて津波避難を可視化する先行研究には、橋本 (2021) [5]、奥野・橋本 (2021) [6] 等がある。橋本 (2021) は、北海道の公開する津波浸水想定データと国勢調査のデータを重ね合わせることで、津波浸水想定域で発生する被害を可視化している。奥野・橋本 (2021) では、住民の避難訓練のログデータ解析から、避難行動の傾向を明らかにしている。

本研究では、これらの地理情報を活用して被害を可視化する方法論に、防災政策の立案と実施を支援するアプローチを組み合わせ「政策形成過程と実施プロセス」を分析の

範囲としている点で、先の研究との違いがある。

本論では、自治体の防災政策形成過程と、広域地域の防災政策形成過程を、それぞれ事例研究することにより、第1に、防災システム構築モデルの実装化のアプローチを明らかにする。第2に、防災政策行政担当官（以下、防災担当官）に求められるスキルを導出する。ここで扱った防災政策形成過程には三つの段階がある。三つの段階とは、QGISを活用して地理情報を可視化する第1段階、大学が行政と共に避難訓練に参加し、避難訓練から得られたデータから課題を把握する第2段階、大学と行政が課題の解決アプローチを共有して、協働型の「より良い防災システム」を構築する第3段階¹である。

上記の3つのプロセスを記述することにより、大学と防災を担当する行政職員が協働して「合理的根拠に基づく防災政策を立案する DPES コンテンツ」を制作し、DPESの防災政策過程における実装によって、防災イノベーションを誘発される可能性があることを提示する。

本研究の第1の調査対象地は、北海道登別市である。大学と行政で開催する登別防災政策ラボ（以下、登別防災ラボ）と、登別市で実施された津波における凶上演習、避難訓練の参与観察から得られたデータを元に、現在の避難計画の妥当性を検証する。その結果から一般化・応用可能な防災システム構築モデル「登別 DPES」と、自治体の防災政策担当官に求められるスキルを導出する。

第2の調査対象地は、北後志広域防災連携プロジェクトを構成する北後志5町村（余市町、仁木町、古平町、積丹町、赤井川村）である。北後志広域防災連携ワークショップの参与観察から得られたデータを元に、北後志地域における複合的な被害を可視化し、現在の避難計画の妥当性を検証する。その結果から一般化・応用可能な防災システム構築モデル「北後志 DPES」と、広域防災政策を立案する防災担当官（以下、広域防災担当官）に求められるスキルを導出する。

本論の構成は、第2章において、登別市における「防災システム構築（登別 DPES）」の事例研究から、自治体における防災システム構築アプローチと自治体の防災担当官に求められるスキルを導出する。第3章において、北後志地域における「広域防災システム構築（北後志 DPES）」の事例研究から、広域防災を担う防災担当官に求められるスキルを導出する。第4章において、自治体 DPES と広域地域 DPES を統合する概念フレームを提示し、防災イノベーションの道筋について、考察を加える。

¹ そのプロセスは、(1) 既存の防災システムの脆弱性の分析、(2) 新しい防災システムの構築モデルの立案とプロトコル・プロトタイプ的设计、(3) 新しい防災システムの構築モデル的设计とパイロット事業の実施、(4) パイロット事業効果の検証と分析結果のフィードバック、(5) 新しい防災システムの構築モデルへの移行の過程である。

第2章 事例研究1 登別市の防災システム構築

2-1 登別 DPES. 1.0 : 災害リスクを共有する

北海道登別市は、北海道の南西部に位置し、太平洋に面した海岸線は一直線である。市内の登別温泉は北海道有数の観光地である一方、重工業地帯の室蘭工業圏の一都市である。市の人口は45,656人（令和3年度時点）[7]である。登別市全体の人口分布を見ると、沿岸部に住民の多くが密集している（図2）ことがわかる。北海道の津波による被害想定によると、最も避難行動が遅い冬季の場合、最大の被害（1,400棟の建築物被害、20,000人の人的被害）が発生する[8]。他方、避難行動が早い場合は、建築物の被害は変わらないが、人的被害は7,700人まで減る。

上記課題を解決するために、オープンデータをQGIS上に可視化し、災害被害を把握する（QGISによる津波被害予測の可視化）。北海道の公表では、日本海溝モデル型の地震が発生した場合、登別市では、最短31分で津波が到達する可能性がある[9]。国勢調査[10][11]、国土基盤地図情報（国土地理院）[12]、津波浸水想定（北海道）[13]、経済センサス（経済産業省）のデータ[14]をQGISにインプットし、当該地域の被害（人口、建築物、経済損失）の推定値を出す。この推定値を求めるために、2020年国勢調査の500mメッシュデータと経済センサス2016年の500mメッシュデータを用いる。一つ一つのメッシュには番号が振られており、その番号を基準にQGIS上で国勢調査と経済センサスのデータを結合する。この過程を経ることで、一つ一つのメッシュに人口と事業所のデータが格納される。このメッシュを登別市の形で切り抜き、登別市の行政区域に対応するメッシュだけを抽出した後に、津波の浸水想定エリアと重なるメッシュを抽出する。浸水メッシュの面積を元のメッシュの面積で按分することにより、浸水域に残留する人口と事業所数を把握できる。更に、QGISの「切り抜きツール」を使用することにより、津波浸水想定エリア内に立地する建築物の数を推計できる。

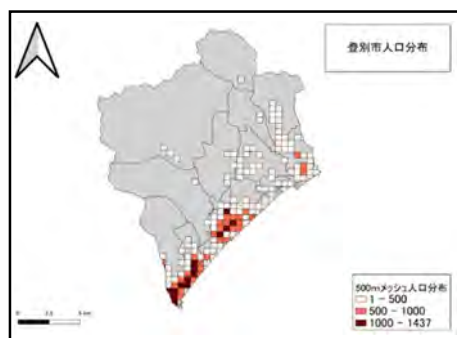


図2 登別市の人口分布

（国勢調査2020年より著者作成）

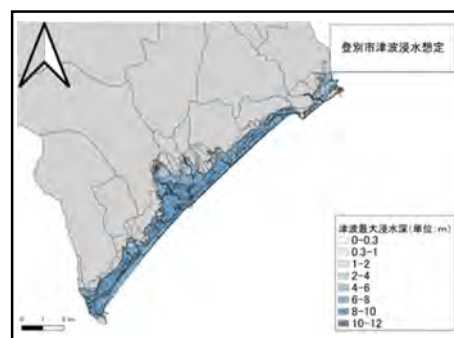


図3 登別市の津波浸水想定

（オープンデータより著者作成）

登別市における市内の浸水想定エリアは、沿岸部広範囲に及ぶ（図3）。浸水想定エリア内に位置する人口は、33,230人、建築物数は、20,671棟に達する（表1）、農業を除く事業所の浸水率は、約76%である（図3）。事業所の内訳については、いずれの業態も被害を受け、図4に示す通り、第二次産業では建設業や製造業、第三次産業では小売業などが被害を受ける。市全体の人口、建築物の約70%、事業所の約75%が浸水エリア内に居住・立地している。また、国道36号線とJR室蘭本線の一部が浸水する²。

² 道路と鉄道は幹線であり、物流が途絶するリスクがある。

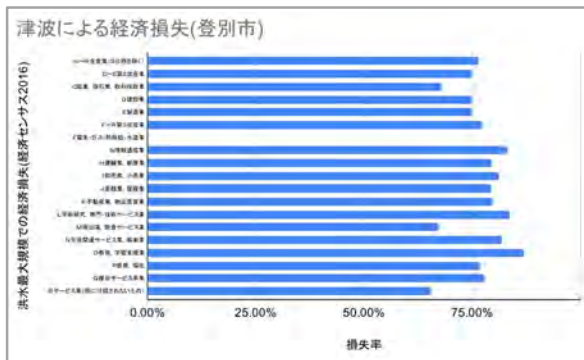


表 1 登別市における人口、建築物の津波被害

項目	浸水数	浸水率
人口	33,230 人	70.70%
建築物	20,671 棟	74.28%
事業所	1,126 箇所	76.43%

(著者作成)

図 4 津波浸水想定エリア内に立地する登別市の事業所の浸水割合 (経済センサス 2016 のデータを用いて著者作成)

幌別地区は、行政の中心エリアである。図5から明らかなように、地区の大半が津波被害を受ける。登別市は海岸線に沿って鉄道（JR）が敷設されているため、海岸側から内陸側への避難移動の際に、橋や踏切を超える必要があり、移動手段が限定されてしまう。災害時であっても、勝手に線路に入ってはならないというJRの見解があるために、避難時のボトルネックとなる。

鷺別地区は、図6から明らかなように、集合住宅や商業施設などが多く立地する地域である。JRが内陸側に逸れるために、線路より海側に立地する建物が幌別地区に比べ多い。幌別地区と同様に災害時の避難行動に難点があることに加え、幌別地区以上に、海側に市民が居住しているために、災害時の避難誘導を検討する必要がある。

登別地区は、図7から明らかなように、幌別や鷺別の2つのエリアほど浸水しない。JRも海側に近づいており、線路より海側にある建物はほとんどない。したがって有事の際の避難オペレーションは比較的容易になるはずだ。

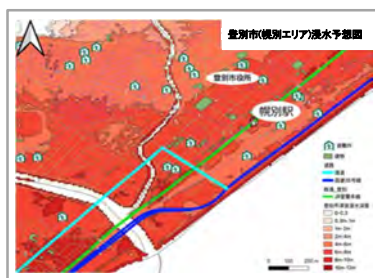


図5 幌別地区被害予測³



図6 鷺別地区被害予測⁴



図7 登別地区被害予測⁵

2-2 登別 DPES. 2.0 : 解決アプローチを共有する

(1) 登別防災ラボ

2021年11月から、防災研究ユニットと登別市の防災担当で、これまでに全7回の登

³ 国勢調査（2020年版）、北海道『日本海沿岸の津波浸水想定公表資料（データ集）』、OpenStreetMapの地図データを用いて、著者がQGIS上で作成した。

⁴ 同上

⁵ 同上

別防災施策ラボ（以下、「登別防災ラボ」）を開催している。登別防災ラボは、北海道の十勝沖で周期的に起きている地震の規模を超える津波被害想定が出たことから、登別市の防災政策の立案を支援するために開設された。第1回、第3回登別防災ラボでは、北海道大学の高松泰客員教授、室蘭工業大学の木村克俊教授、同大学の有村幹治教授より、津波避難をめぐる制度について学習した。高松泰客員教授より提示された「津波避難と津波を重ねた動画コンテンツ」が「住民説明の際にわかりやすい」という意見が出されたことが契機となり、協働コンテンツ制作を開始した。

第2回登別防災ラボでは、防災担当官に防災政策の現状や課題について半構造型ヒアリングを行った⁶。

全7回開催された防災ラボで、①レクチャー（第1回、第3回）、②ニーズ調査（第2回）、③コンテンツ制作と行政担当官のスキルアップ（第4回：図8）、④津波避難の図上訓練の参与観察とフィードバック（第4回）、⑤全市総合避難訓練（土砂災害）の参与観察とフィードバック（フォローアップ会議）を実施した（図9）。全市総合避難訓練のフォローアップ会議では、「土砂災害が起きた場合の土砂災害エリアに居住する要介護者の数を知りたいが、割り出すことができるのか」との問いかけがあったため、行政が有する匿名化した居住者の住所のデータとハザードを重ねたコンテンツを、大学と行政の共同作業で制作した。それにより、251人が該当エリアに居住することがわかり、該当する個別避難計画の糸口を発見できた。更に、第3回ラボで有村幹治教授より学んだ「避難訓練で住民の徒歩避難のプロブデータを取り、避難計画を再構築するアプローチ」[15]を、10月の津波避難訓練で実施し、実測結果を分析して、そのフィードバックを行った（第5回）。これまでに、登別防災ラボにおける議論から3つのタイプのDPESコンテンツが制作され、登別防災ラボの議論が進むにつれて、大学・行政間における「既存の避難計画の課題の共有」も進み、解決アプローチを模索する意識が醸成された（表2）。



図8 登別防災ラボの様子
（左側：登別市防災担当者 右側：著者）

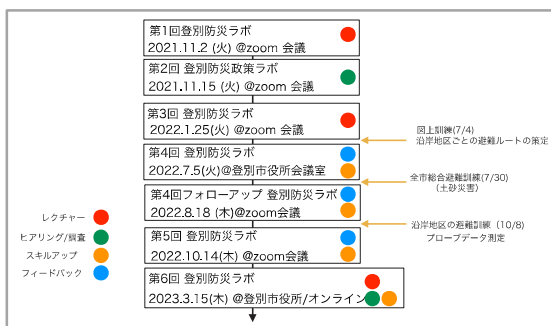


図9 登別防災ラボの活動（著者作成）

⁶ ヒアリング調査の結果、「北海道から河川の洪水の浸水想定が発表される。津波被害に加えて、小規模の河川の複合的な被害を地図上に重ねたコンテンツが欲しい」「北海道の10年間の災害の規模と1,000年間の災害規模の河川の洪水における浸水想定がデータが出ている。降水量と川の氾濫の関係について知りたい」「データの扱い方を専門家の方から意見を聞きながら、習得し、独自の資料を持ちたい」「地理情報を使った作業をゼロからスタートするので、市民や町内会の方に、目に見えるような資料作りのアドバイスがほしい」等のニーズがあった。大学がこれらのニーズに対応することにより、大学の学術的なノウハウを避難訓練の企画や政策立案過程に投入し、行政支援できることがわかった。

表 2 登別防災ラボの議論とインサイト

登別防災ラボの開催 テーマ・内容・課題と解決方法・政策イノベーション・DPES 実装レベル

テーマ	参加者	レクチャー/ブローア ップ	インサイト 1：防災システムをめぐ る課題と解決方法	インサイト 2：政策イノベーション	DPES 実装レベル
第 1 回 登別市の防災 津波避難の現状 と課題の共有	総務部防災グ ループ (4) 市議会議員 (1) 防災ユニット (4)	Google Earth で、登別市 のハザードマップ・避難 所・人口分布・経済活動 分布・避難経路のパター ン 胆振・日高地域における 津波対策（室蘭工大木 村克俊教授） 登別市からの話題提供	登別市は災害警戒区域に指定されたこ とにより、津波避難計画の修正と、防 災マップの更新を行なっている。 冬場の避難、海岸の避難経路のあり 方、高台の避難場所の管理などに苦労 している。町内会に説明するときに、 Google Earth を活用することは有効で ある。	避難訓練時の参加者の移動データから避 難にかかる時間を算出して、新たな価値 を見出し、それらを政策的に活用すれ ば、自治体 DX の複合的な成果につな がる。	(防災の課題把握/ 大学・政策アントレプレ ナー間における課題とリ スクの共有) 登別 DPES 1.0
第 2 回 防災ラボで扱う テーマについて 登別市のニーズ 調査	総務部防災グ ループ (3) 市議会議員 (1) 防災ユニット (2)	第 1 回防災ラボのファイ ードバック、課題の整理 (加藤知愛) DPES ツールの使い方の 解説 (米田夏輝)	Google Earth のデータが重い。Google Earth pro で作業できるスペックがな い。技術的なアドバイスが欲しい。市 民や町内会の方への目に見える資料作 りのアドバイスが欲しい。 河川の洪水の浸水想定が発表される。 複合的な防災に対して、小規模の河川 が登別市にも何箇所かあるの、独自 にデータをまとめて重ねたい。 北海道の 1000 年規模の浸水想定のア イリックのデータが出ているが、「一時 間の降水量が何ミリで何時間降った時 にどのぐらい河川が氾濫するのか」と いうデータの扱い方を知り、自分たち 独自の資料を持ちたい	登別市は、火山・津波・地震・洪水など の災害を複合的に考えなければいけない 地理的位置にある。自分たちに必要なも のを集めて、独自に作り上げていく防災 システムが、登別市に適したものに なる。 正確な情報は、自治体にある。大学が技 術的にサポートすれば、市民が理解しや すい資料ができる。訓練で収集したデー タを、数字として記録に残せる。 1 つの目標に向かって積み上げていくこ とは、難しい状況ではあるが、将来的に 市民のためになるものを作り上げてい た方が必ず良い。 登別市の防災と防災ユニットとの進め方 が決まった。市民が自分たちの防災力を どのくらいもつのかというところが大 事。見える化された情報を市民の方にう まく使われるようにする。	(方法論把握/ 政策アントレプレナーの ニーズ把握と、ゴールの 共有) 登別 DPES 1.0

第3回		総務部防災グループ (4) 防災ユニット (5)	高松泰 (北大客員教授) 『「GPS ログ」の利用方法(避難訓練への活用)」』 有村幹治 (室蘭工大教授) 「プロローブデータとアンケートを用いた津波避難行動の観測」	ソフト対策で減災し、ハード対策で防災することが必要だが、どのようソフト対策で人を逃がすのか、津波が到達する時間の中で、津波避難ビルや避難所が適切に配置されていないと、逃げ遅れてしまう。避難所の配置論と人間の行動の両方を考えながら防災対策、減災対策をとる必要がある。避難に車を使ってしまふ現状がある。市民が、地域の特性を踏まえて、避難経路の確認や、世帯で水や食料備蓄をされるか、避難訓練や自主防災組織を作っていくのか、実際に逃げる時間を計測する意味ではプロローブデータ、GIS を使うことは有効。 ハードインフラと啓発活動を自治体が積極的に行っていくことが、計画的な対応モード事前の段階でやれること。非常時の瞬間は、市民が、自主的に避難できるのか、町内会で避難所を運営できるのか、災害対策本部を設置して、自衛隊と連携が取れるのか、モードを切り替えて動けるのか、事前計画でやっていくことが重要。	ソフト対策で減災し、ハード対策で防災することが必要だが、どのようソフト対策で人を逃がすのか、津波が到達する時間の中で、津波避難ビルや避難所が適切に配置されていないと、逃げ遅れてしまう。避難所の配置論と人間の行動の両方を考えながら防災対策、減災対策をとる必要がある。避難に車を使ってしまふ現状がある。市民が、地域の特性を踏まえて、避難経路の確認や、世帯で水や食料備蓄をされるか、避難訓練や自主防災組織を作っていくのか、実際に逃げる時間を計測する意味ではプロローブデータ、GIS を使うことは有効。 ハードインフラと啓発活動を自治体が積極的に行っていくことが、計画的な対応モード事前の段階でやれること。非常時の瞬間は、市民が、自主的に避難できるのか、町内会で避難所を運営できるのか、災害対策本部を設置して、自衛隊と連携が取れるのか、モードを切り替えて動けるのか、事前計画でやっていくことが重要。	高速度路を活用して、万一の時の避難路の確保、あるいは災害復旧に使う議論が、自治体の多くからなされている。JR が避難の妨げになっている課題については、太平洋沿岸の室蘭市、苫小牧市でも共通の課題であるという話が出ている。近隣の自治体とタッグを組んで、JR に対するオペレーションについての対話することが必要。 冬場の二次避難では、市内に逃げるとこがない状態になる。そのときに車で被災者を回収して、高速度路を利用できないか、考えなければならぬ。自衛隊が救助に入るとしても西胆振の他地域も被災してたら時間がかかる。その間耐え渡す方法は何か、ということも考えた。	(避難計画の検証/ 大学・自治体協働コンテンツ制作の開始) 登別 DPES 1.0 (2022 年度) 防災 DX インフラ予算化 登別 DPES 2.0 (2023 年度)
第4回 (1)	QGIS レクチャーとワークショップ 議論と対策	総務部防災グループ (3) 防災ユニット (2)	QGIS の使い方講習	QGIS を使う上で必要な概念を説明しながら、登別市の「やってみよう」ことを、地図上に重ねて資料づくりを行い、併せて津波図上演習のフィードバックを行った。	「住民に「すべての住民を助ける」前掲で施策を考えている」ことを伝えて、正解はわからないが考えたい。避難訓練をして、うまくいくこととうまくいかないことがある。シビアアキシデントの想定の前に、中程度の想定で訓練してみた。庁舎内コンセンサスを得て、防災用の予算が必要であることを、QGIS を使って説明し、PC が必要であることも訴えたい。 内閣府は、個別避難計画の作成を促進するためのモデル事業を実施している。避難困難者の個別避難計画を策定する時に、ラボでやっていることが役に立つのではないか。	(避難計画の検証/ 大学・自治体協働コンテンツ制作の開始) 登別 DPES 1.0 (2022 年度) 防災 DX インフラ予算化 登別 DPES 2.0 (2023 年度)	
第4回 (2)	第4回ラボのフォローアップ 議論と対策 総合避難訓練	総務部防災グループ (1) 防災ユニット (3)	豪雨対策、HOPS から、総合避難訓練フィードバック (加藤知愛、中野佑美)、課題の整理 (加藤	市内の建設業会社が、豪雨があった際に、自主的にパトロールして、啓蒙・修理してくれている。 要介護者の居住地と土砂災害の危険工	危険エリアの要配慮者の数がわかったことで、土砂災害に絞って、個別避難計画を作ってみようと思える。 理想形は、公に使えるものが欲しいが、	個別避難計画策定への示唆 登別 DPES 2.0	

	<p>イードバックと QGISワーク</p>		<p>知愛)、DPESコンテ の解説とワーク (米田夏 輝)</p>	<p>リアのデータを重ねた結果、警別・幌 別西地区、登別温泉地区に集中してい ることが明らかになった。</p>	<p>名簿自体が毎年更新される。新規の部分 については、居住地の危険度がわかる。 高齢者が理解できるように、データを活 用して、町内会の会長などに浸透して いければいい。町内会と避難計画を作 りた。行政が支援することは、津波は 難しいが、土砂災害や洪水は時間な 余裕がある。 登別独自のデータを作っていくことが きたら、川の氾濫のメカニズムを抑え て、可視化するコンテを作ったり、動 画化することで、新しく見えてくる と解決方法になる。</p>	
<p>第5回</p>	<p>津波避難訓練フ イードバック、 対応策の検討</p>	<p>総務部防災グ ループ (3) 防災ユニ ット (3)</p>	<p>HOPS から、津波避難訓 練アドバイザー (加藤 知愛、中野佑美)、DPES コンテの共有 (米田 夏輝)</p>	<p>これまで避難所として認知されていた 場所が、津波によって退路が失われる 可能性があり、二次避難を行うことが 困難である可能性が、計測したログデ ータと津波浸水想定を重ね合わせたこ とから見えてきた。 決められた避難所まで到達したら避難 完了というわけではなく、津波の浸水 想定はあくまで想定であるという認識 を持って、可能な限り内陸に向かっ 逃げ続ける必要性がある。</p>	<p>登別市のハザードマップでは、40分後に 到達する前提だが、北海道が公表する 「津波断層モデル毎の浸水深と浸水開始 時間データ」では「最大9～11mの津波 が、31～62分間に、登別市の海岸に到 達し、浸水する」前提になっている。コ ンテを共有する上で、データの捉え 方についても共通理解が必要である。 登別市の津波避難オペレーションで一 次避難は辛うじてできるが、二次避難 を描いた後に、一次避難を再考する必 要がある。</p>	<p>(避難計画、避難所の位置 の検証(協働)コンテの 共有と、避難訓練にお ける実測結果の共有) 登別 DPES 1.0 (避難オペレーションの 更新、避難所適正化) 登別 DPES 2.0</p>
<p>第6回</p>	<p>一次避難後の 二次避難を行う際 に考慮すべきこ と</p>		<p>ラボ成果報告 (加藤・米 田) と有識者からの助 言、高松泰客員教授「二 次避難オペレーション 市計画の観点から」</p>	<p>二次避難オペレーションでは、津波が 来た場面で救助機関の安全確保、緊急 車両の避難、浸水深5mで道路啓開、 内陸連絡路の確保を行い、病院や市役 所などの防災拠点から、縦方向に、一 次避難した被災者を救助する。 現在の施設配置やそこに居住する住 民の人数を見ながらシミュレーションを かけて、その結果を踏まえて都市計画 を立案すると、都市計画の制度が上 がっていく。復旧復興の速度を高める 道 路ネットワークを考慮していく必要があ る。</p>	<p>消防による沿岸部の避難誘導と、安全確 保は、両立しない。しかし、消防の隊 員の安全確保が大前提。短い時間で コマンドウェアを考えて具体的に決 めていく必要がある。 登別市の津波による想定死亡者数に 避難ビルの設定が入っていないので、 高松先生のお話を聞き、既存のビル を避難場所として多く確保すること を考えた。</p>	<p>二次避難オペレーション アプローチの提示 登別 DPES 2.0 実施訓練後に 登別 DPES 3.0 策定</p>

(2) 避難訓練における DPES の運用

2022 年に実施された登別市における 3 回の避難訓練（図上演習、全市避難訓練、津波避難訓練）で、DPES を運用した。その結果、以下に述べるように、登別防災ラボで共有された課題を解決するアプローチを導き出し、共有することができた。以下に、避難訓練の実施アプローチを詳述する。

2022 年 7 月 4 日に、登別市鷺別地区及び富浜地区に居住する住民が、大津波警報時にめざす避難所と避難ルートを、地区ごとに決定するための図上演習が行われた（図 10）。該当地区の町内会の住民が参加し、各地区に分かれて、実際に避難する際のルートや目指す場所などについて話し合われた。この図上演習で明らかになった避難上の課題を検証するため、小笠原春一市長と当局担当職員による避難ルートの確認の作業が行われた。住民が第一の候補に選んだ避難所は、沿岸部のやや高台にある真宗寺であった。海に近いため、短時間での避難が可能である。「この場所に行けば安全である」という意見が複数あった。



図 10 登別市鷺別地区で開催された図上演習の様子 町内会ごとに住民が避難ルートを検討し、決定している（著者撮影）



図 11 登別市鷺別地区及び富浜地区で行った避難ログの計測の様子（著者撮影）

防災研究ユニットは、2022 年 10 月 8 日に実施される登別市鷺別地区及び富浜地区の避難場所までの避難訓練に参加して、移動ルートと時間を計測し、津波予想データと重ねて動画コンテンツを作成することにした。当日は、地区ごとに決定した避難場所まで避難する訓練が 9 つの町内会を対象に行われた。午前 9 時に発災のサイレンが鳴り、住民がそれぞれの避難場所に向かった。住民には、あらかじめ配布しておいた位置情報が記録可能な GPS ロガー（以下、「ロガー」）を持って歩いてもらい、避難ルートや時間を計測した。この実測には、鷺別地区及び富浜地区の 9 つの町内会、登別市職員、北海道大学関係者の延べ 50 名が参加した（本計測におけるデータ有効率は、92%）。参加者の年齢層は、39 名は 60 歳代以上であり、4 名は 30 歳代から 50 歳代であった。

実測したログデータと津波想定データを重ねた結果、4 つの事実が可視化された。第 1 に、北海道による津波到達想定時間（31 分後に着岸）内に、ロガーを持った全ての住民が、浸水想定エリア外にある避難所に到着した。従って、既存の避難誘導の有効性が認められた。第 2 に、災害時においても、踏切以外の場所から線路に侵入することができないため、9m の津波から避難する局面でも、線路を迂回して海岸線と平行に移動する避難となっている。そこに生じる時間的ロスには許容できない可能性がある。第 3 に、沿岸町内会の図上演習で避難場所とした真宗寺は、ハザードマップで避難場所にも指定されており、その認

知度は高い。しかし、津波想定を可視化すると、周囲が浸水して孤立しても別の避難路がなく、二次避難が困難になる。また、避難ニーズに対する収容可能人数が少なく、備蓄品も不足している。第 4 に、避難訓練で設定された避難場所はいずれも浸水想定エリア外に立地しているが、浸水域に接していた。「想定」を超えた津波がくる場合に備えて、より内陸部へ移動を続ける必要がある。

以上の結果から、既存の避難誘導の有効性が認められた一方で、これまで避難所として認知されていた場所が津波によって退路が失われる可能性があること、また、可能な限り安全な場所に避難を継続する必要があることなどを踏まえて、現行の避難所及びルートの再検討が必要であることが明示された。

これらの課題を解決するために、防災研究ユニットでは、第 6 回登別防災ラボを開催し、高松泰客員教授より二次避難オペレーションのアプローチについて提言を行った。また、有村幹治教授より、都市・交通計画の立案の観点から、車避難の有用性とリスクについて助言を行った。

2-3 登別 DPES. 3.0 : DPES 構築プロセスを共有する

前項で見たように、登別防災ラボで制作した津波被害と動画コンテンツを活用して、災害リスクを可視化できたことから、第 6 回登別防災ラボでは、「救助機関の安全確保、緊急車両の避難、浸水深 5m で道路啓開、内陸連絡路の確保、病院や市役所などの防災拠点から縦方向に、一次避難した被災者を救助する」など、二次避難の実施アプローチを共有することができた。登別市の防災担当官は、「登別市の津波による想定死亡者数に避難ビルの設定が入っていないので、既存のビルを避難場所として多く確保する」と述べ、より多くの住民を救出する具体的なアプローチを検討することとなった。また、計画的な対応を考える際に、「既存の施設配置とそこに居住する住民の人数のデータを調査した上で、津波予測のデータを重ねてコンテンツを作成し、その結果を反映させるなら、精度の高い都市計画になる」ことが共有され、「復旧復興の速度を高める道路ネットワーク」の必要性が認識された。更に、「消防による沿岸部の避難誘導と、安全確保は、両立しない」課題に対して、「消防の隊員の安全確保が大前提であること、短い時間の中でできるコマンドウェア（Command ware：避難指示の体系）を具体的に決める」共通認識を得られた。

今後は、DPES コンテンツを運用して、既存の避難計画の不足部分を補充する施策の検討、新たな防災・減災政策や施策の策定などについても支援する予定である。しかし、DPES コンテンツは、研究者だけでも、防災担当官だけでも制作できない。両者が協働することにより、研究者は、実際に防災政策を策定し、災害時にそれをオペレートする防災担当官をサポートでき、防災担当官は、提供されたコンテンツに当該行政のみが保有するデータを入力して、学術的な裏付けのある当該市独自の行政コンテンツを制作することができる。

両者が協働して制作・活用・運用される DPES を、自治体の防災政策形成過程に導入されたならば、既存の防災システム（1.0）をより良いものに更新した防災システム（2.0）を策定する道を開くことができる。翌年度に防災システム（2.0）で実施訓練を行って更新し（3.0）、翌々年度も同様のプロセスを実施していくならば、次第に防災システム構築プロセスが定着し、自治体内に制度化されるだろう。このように、大学と行政が協働でコン

テンツを制作し防災政策システムを構築していくプロセスを、ここでは、「DPES 構築プロセス」と称する。DPES 構築プロセスは次の 5 階層ある。5 階層とは、防災システムを把握する第 1 階層、避難に関する情報を取得する第 2 階層、QGIS を用いて災害リスクを可視化し検証する第 3 階層、既存の行動コードを検証して、望ましい計画を再構築する第 4 階層 (DPES2.0)、DPES2.0 を検証して、より効果の高い避難計画を立案する第 5 階層である。登別 DPES は、第 3 階層から第 4 階層に移行する地点に至った (登別 DPES2.0)。翌年度の実施訓練後に、更新版の 3.0 を策定できた段階で、第 4 階層から第 5 階層にシフトすると考えている (図 12)。

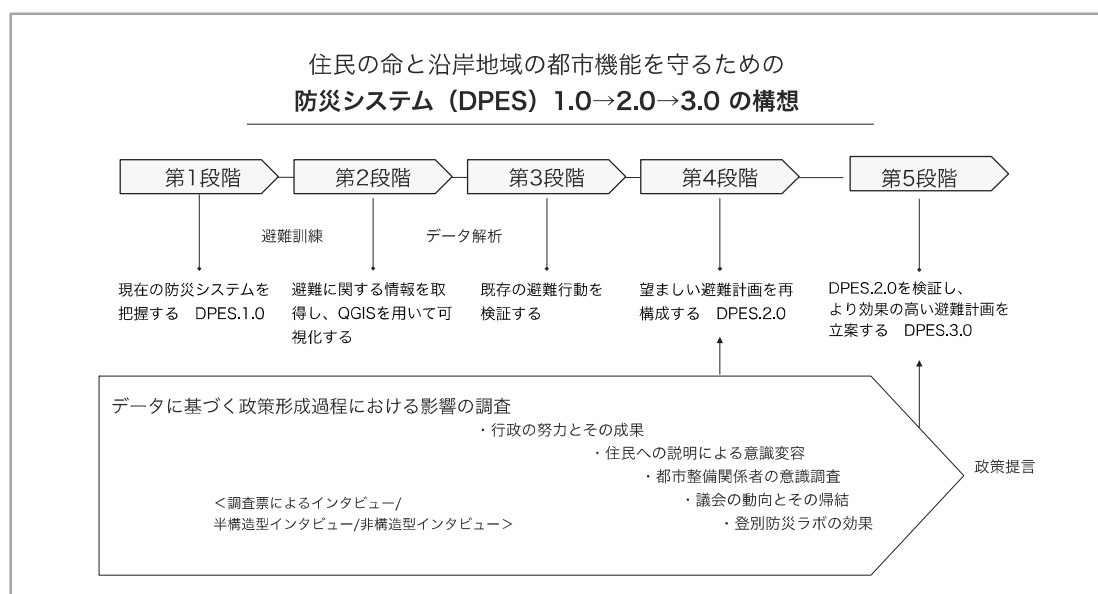


図 12 DPES 構築プロセス (著者作成)

登別市の事例研究で見られた一連の DPES 構築プロセスが、通常の防災行政に制度化されたなら、防災イノベーションの端緒が開かれるだろう。合理的根拠に基づく (Evidence-based) 防災システムを構築する試みが進展し、制度化されるためには、DPES 構築プロセスを共有する関係者や関連機関、自治体が増える必要がある。

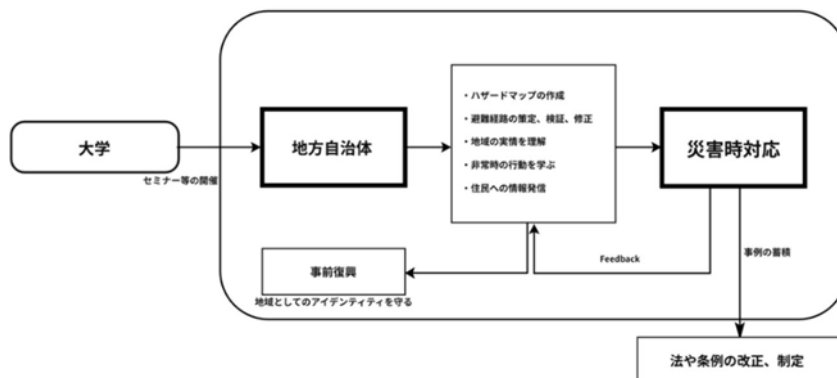


図 13 DPES.1.0 の構造 (著者作成)

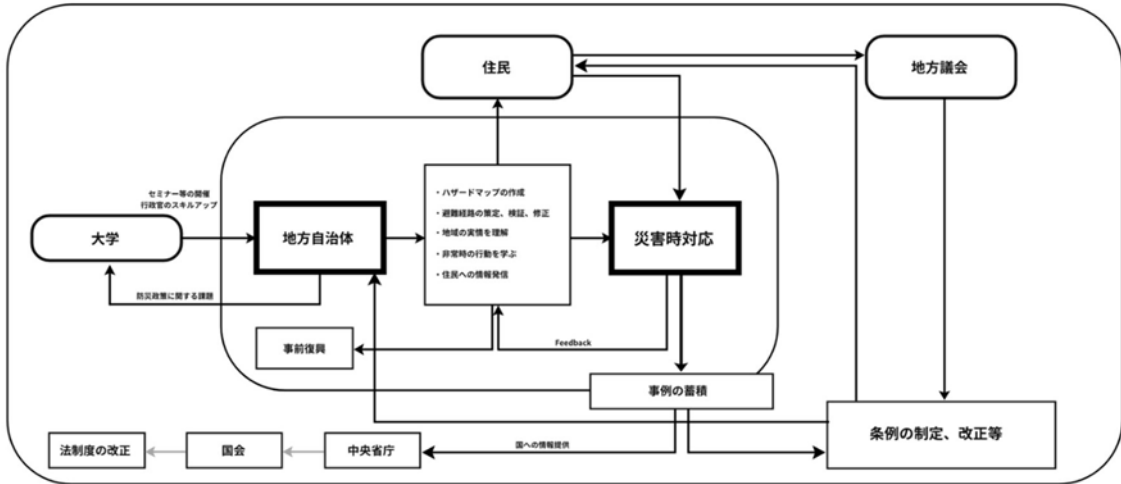


図 14 DPES. 2. 0 の構造（著者作成）

2-4 小括 自治体における防災担当官に求められるスキル

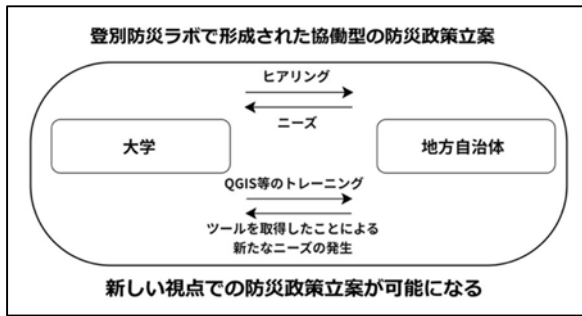


図 15 大学と自治体の関係性（著者作成）

登別防災ラボでは、第1に、登別市に対してヒアリングを行い、防災政策立案においてどのようなニーズがあるのかを明らかにした。そのニーズに応える形で、ツールの使い方、データ処理の方法、災害の知見の提供等のコンテンツを用意して、防災担当官向けのトレーニングを行った。ラボを始めたばかりの頃は大学側の意図するところが伝わらず、難しさを

感じる場面が多々あった。しかしながら、回数を重ねていく中で、担当者がデータ処理の手法やツールに慣れて、トレーニング開始前よりも踏み込んだニーズを表明してくれるようになった。研究者は、そうした新しいニーズに応えるための新たなコンテンツを制作して提示し、その使い方のトレーニングの場を提供した。このような大学と登別市のやりとりを経て、協働型の防災コンテンツを制作できた（図 15）。

北海道から東北地方北部の太平洋側を震源とする巨大地震の新たな想定に対応して、地域の防災力・減災力を高め、沿岸地域の都市機能や住民を守るために、防災行政に求められていることは、災害時にうまく機能する防災システムを、合理的根拠に基づいて構築することである。登別防災ラボの事例研究は、防災担当官の防災政策立案スキルが大学のコミットメント次第で向上することを示唆している。重要なことは、図 13、図 14 に提示したような制度的フレームが準備されることである。

防災担当官は、自らのスキルを高める環境を受け入れて適応するとともに、その制度化の試みにも適応することが求められている。大学は、行政と課題とゴールを共有し、災害が起きた時にとるべき最適な行動様式を、避難訓練等から得られたデータから導き出して、防災の施策にフィードバックすることで、こうした防災担当官を支援し、自治体の防災政策立案機能を高めることができる。

一度その端緒が開かれたなら、既存の防災リソースに関わらず、既存の防災システム（1.0）に実測データを結合して、防災システム（2.0）を制作したり、避難訓練や災害時における避難行動、行政側の対応に関するデータを用いて既存の避難計画（防災システム 1.0）を検証したり、望ましい避難計画（防災システム 2.0）を再構成することも可能である。更に、防災システム 2.0 を運用した成果を検証し、より効果の高い避難計画を立案する（防災システム 3.0）ことも可能なのである。

第3章 事例研究2 北後志地域の広域防災連携システム構築

3-1 北後志 DPES. 1.0 : 広域地域の災害リスクを共有する

北後志広域防災連携プロジェクト（北後志プロジェクト）は、小樽市に隣接する近辺の5町村（余市町、仁木町、古平町、積丹町、赤井川村）の防災備蓄、避難所と備蓄倉庫の位置、食料と医薬品の提供を最適化するシステムを、官民学の力を合わせて創る社会事業である。約26,000人、約14,000世帯が暮らす当該5町村の高齢化率は約40%で全国平均より高い。そのうち余市町の17,446人、9,109世帯の多くは、主要河川の流域に開発された住宅街に密集して暮らしている。札幌や小樽市につながる主要な道路は、国道5号線と国道229号線のみで、本線の寸断は、交通の途絶を意味する。

北海道には無数の活断層があり、歴史的に周期的に大地震に見舞われてきた地勢的な特徴がある。激甚災害が広域的に起きると、自治体単独の対応では、すべての被災者を救うことはできない。余市町による最大の被害想定「留萌沖地震（震度7）」では、積丹町・古平町は震度7、余市町は震度6強、赤井川村は震度6弱の地震と、30分以内に押し寄せる3m程度の津波により、北後志地域全体で約5,400人の避難者が発生する。災害救助法が適用された場合にも、国の支援物資と北海道の支援物資が届くまでに48時間を要する。一次避難後の個々の被災者のニーズに応え、冬季には施設の暖房を確保して、避難者の生活水準を守り、かつ二次避難先の調整などの課題も解決しなければならない[16]。

この課題を解決するために、前述の事例研究1で用いた方法⁷で、北後志5町村が直面する津波被害について、可視化した結果、北後志域内の複数町村において、幹線道路及び河口流域の市街地の浸水リスクが明らかになった[17]。特に余市町では、①国道5号線の栄町（国道5号線が最も沿岸部に近づく場所）が約25分後に浸水（図14）、国道229号線の入舟町、黒川町1丁目、2丁目、3丁目付近が、約29分後に浸水する（図15）。北後志地域の幹線が不通となることで復旧まで当該地域から他地域への避難はできなくなり、支援物資の供給をはじめ陸路での物流が途絶する（図15）。②津波が余市川を遡上し、約20分後に沿岸部、約40分後に内陸部が浸水する（図16）。QGISで浸水面積に基づいて人口を按分すると、約600名が、同様にQGIS内の解析ツールを用いると、約700世帯が被災すると推定される。国勢調査のデータを基に人口の密集度を加味すると（一世帯当たりの平均住民数は2.17）、約1,400名となり、町民全体の約7.8%が被災する。余市町の津波被害は、沿岸部よりも余市川流域で被害が大きくなる。浸水想定エリアで、被災者が交通ネットワークと遮断されて取り残されるリスクがある（北後志DPES1.0）。

⁷ 2020年国勢調査[18]、日本海沿岸の津波浸水想定[19]、GEOFABRIK [20]公開の社会インフラを、QGIS上で統合した。被害推定は、QGIS上で、津波の浸水想定エリアと重なる国勢調査や経済センサスのメッシュの面積を、元の面積で割ることで浸水率を算出した。



図 14 余市町栄町の国道 5 号線浸水予想⁸
(著者作成)



図 15 余市町中心部の津波による浸水予測⁹
(著者作成)



図 16 余市町における津波の建築物被害¹⁰
(著者作成)

3-2 北後志 DPES. 2.0 : 広域地域の解決アプローチを共有する

(1) 北後志プロジェクトワークショップ

プロジェクトに参加する関係者が、プロジェクトの課題とめざすゴールを理解する必要があるため、ベル・データ株式会社を中心に、これまでに 4 回のワークショップ（第 1 回 2022 年 3 月 2 日、第 2 回 7 月 20 日）が開催された。ここで活用されたオンラインツールのデジタル・マンダラ・マトリックス（DMM）は、5 階層のスコープで、複数のテーマについて、過去・現在・未来を移動して思考し、グループで共有することができるので、広域的・長期的な解決策を見出し、行動計画を導出するワークに適している[21]。第 2 回ワークショップ終了時には、31 ケースの「すべての被災者を安全に避難させる」ために「私が」行動すること（行動計画）がマトリックス上にアウトプットされた。同時に、解決困難な予測結果に向き合った時のプロジェクト参画者と学生たちとの間の現状認識のギャップが浮き彫りになった。

⁸ 国勢調査（2020 年版）、北海道『日本海沿岸の津波浸水想定公表資料（データ集）』、OpenStreetMap⁹の地図データを用いて QGIS 上で作成した。
⁹ 国勢調査（2020 年版）、北海道『日本海沿岸の津波浸水想定公表資料（データ集）』、OpenStreetMap⁹の地図データを用いて QGIS 上で作成した。
¹⁰ 図 11 と同様のデータを用いて QGIS 上で作成した。日本災害復興学会大会（2022・京都）JSDRR Annual Conference - 2022/Kyoto

ワークショップで表出した参加者の行動計画は、参加者の属性に順じて、自治体の行動計画（6例）、企業の行動計画（4例）、学生の行動計画（17例）、その他（4例）に分類することができ、各行動計画が「すべての被災者を安全に避難させる」プロジェクトに統合するアクションマップの構成要素となっている。自治体の行動計画案には、①担当者会議の開催、②広域防災計画の策定、③新しい防災計画の策定などが含まれている。そのために、北後志広域防災連携担当者会議を開催し、課題共有する試みへのニーズが高い。次に、企業の行動計画は、ベル・データ株式会社とサツドラホールディングスが進めている「仮想在庫スキーム」[22]の行動計画が明示された。「仮想在庫スキーム」とは、民間企業が防災備蓄品を保管し、自治体はその費用を負担して、通常の商品販売事業で運用し、災害時に物資提供するシステムである。このシステムが運用されることになると、自治体は、防災備蓄の保管・在庫管理にかかる業務を軽減するとともに、廃棄ロスを解消することができる。最後に、学生の行動計画は、4 類型に分けられた。類型 1 は、公共政策アプローチの計画（4 例）、類型 2 は、技術・ビジネスにより課題を解決する計画（3 例）、類型 3 は、情報を収集し、「意識をもつところから行動する：意識化アプローチ」の計画（10 例）である。そのうち、類型 1 に属する「QGIS コンテンツ開発と行政・住民への提供（北後志 DPES プロジェクト）」と、類型 2 に属する「災害弱者のための北後志広域避難センターのデザイン」は、自治体と企業の行動計画に接合する可能性がある。第 3 回ワークショップでは、防災研究ユニットは、北後志 DPES1.0 で広域的な津波被害を可視化したコンテンツを提供し、5 町村とパートナー企業に対して解説した。北後志地域は、豪雨と河川氾濫に見舞われているため、河川氾濫による洪水リスクを可視化したコンテンツも提供して「広域避難システムを描く」ワークを行なった結果、主流河川流域の 3 町村で同時に発生するという予測に対し、広域的な避難計画が未整備であることが明らかになった。

防災研究ユニットは、この課題の解決アプローチを見出すため、北後志 5 町村で起こり得る洪水被害を可視化するコンテンツ制作に取りかかり、1 ヶ月で完成させた。

（2）広域地域における DPES の運用

河川氾濫をインシデントとする洪水シナリオを可視化するコンテンツは、①5 つの町村それぞれの洪水被害を可視化するコンテンツと、②5 町村の洪水被害を 1 枚の地図に合体した地図コンテンツから構成される。この 2 つのコンテンツを、プロジェクト関係者が同時に見ることによって、広域的な被害予測を共有することができる。「北後志 DPES-5 町村の洪水シナリオ」は、2023 年 2 月 10 日に開催された第 4 回ワークショップで、5 町村の防災担当官と連携する企業に提供され、防災研究ユニットから解説した。その内容は、以下の通りである。

広域地域の洪水被害を可視化する

地理情報ツールを活用して、北海道庁による公開情報（1,000 年に 1 度の想定最大規模）を想定に基づき、北後志 5 町村の洪水浸水リスクの可視化する。使用したデータは、「国勢調査 2020 年」、「経済センサス 2016 年」、「国土数値情報」、「基盤地図情報」、「農林水産省筆ポリゴン」、各町村のハザードマップ（PDF）である。これらのデータを用いて、各町村をメッシュで分割して、浸水メッシュ/元のメッシュで面積按分し

た結果を浸水率とし、北後志 5 町村の建築物、農地、人口、事業所の被害予測について算出した（表 3）。各町村の被害を下記に示す。

表 3 北後志 5 町村における洪水被害

自治体名	建築物	農地	人口	事業所
余市町	8,787 棟 (65.54%)	300.5827ha (71.28%)	11,859 人 (69.43%)	約 76%
仁木町	871 棟 (41.98%)	411.4366ha (24.75%)	1,882 人 (59.44%)	約 59%
古平町	898 棟 (39.8%)	46.0771ha (76.7%)	870 人 (31.68%)	約 30%
積丹町	194 棟 (13.2%)	48.5501ha (約 7%)	360 人 (19.64%)	約 13%
赤井川村	372 棟 (39.59%)	193.5973ha (20.61%)	470 人 (40.13%)	約 35%

(著者作成)

余市町

余市町における洪水リスクは以下の図 19-a、19-b、19-c に示す通りである。余市川が想定最大規模で氾濫した場合、北後志地域の主要幹線である国道 5 号線、229 号線、さらには JR 函館本線に浸水リスクがある。



図 19-a 余市町洪水による道路被害 (著者作成)



図 19-b 余市町洪水による建築物被害 (著者作成)



図 19-c 余市町洪水による農地被害 (著者作成)

浸水エリアに居住している人口は 11,859 人 (69.43%)、建築物¹¹は 8,787 棟 (65.54%) が浸水する。農地の被害は 300.5827h (71.28%) にのぼる。事業所の約 76% が浸水エリアに立地しており、北後志地域の中心地であることから、人口面、経済面における災害リスクは、5 町村の中で最も大きい。

仁木町

仁木町における洪水リスクは以下の図 20-a、20-b、20-c に示す通り、余市川が氾濫した場合、国道 5 号線、JR 函館本線が浸水し、仁木町中心部が浸水する。町内の建築物 871 棟 (41.98%) が浸水エリアに立地し、農地 411.4366ha (24.75%) が浸水エリアに立地している。浸水エリアに居住する町民は 1,882 人 (59.44%)。事業所の約 59% が浸水エ

¹¹ 建築物には住宅や倉庫など全てを含む。

リア内に立地している。

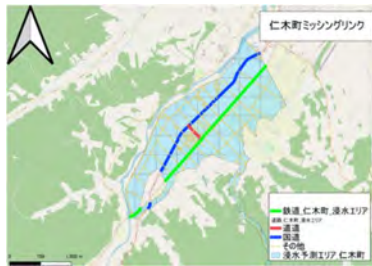


図 20-a 仁木町洪水による道路被害（著者作成）



図 20-b 仁木町洪水による建築物被害（著者作成）



図 20-c 仁木町洪水による農地被害（著者作成）

古平町

古平町における洪水リスクは以下の図 21-a、21-b、21-c の通り、古平川が想定最大規模で氾濫した場合、沿岸部を通る国道 229 号線に加えて、町内を縦断する道道に浸水リスクがある。浸水エリアには、人口 870 人（31.69%）が居住している。建築物 898 棟（39.8%）、農地 46.0771ha（76.7%）、事業所の約 30%が浸水エリアに立地している。



図 21-a 古平町洪水による道路被害（著者作成）



図 21-b 古平町洪水による建築物被害（著者作成）



図 21-c 古平町洪水による農地被害（著者作成）

積丹町

積丹町での洪水リスクは図 22-a、22-b、22-c に示す通りである。積丹川と美国川が想定最大規模で氾濫した場合、町内を東西に結ぶ国道 229 号線と道道に浸水リスクがある。町内の建築物は 194 棟が浸水エリアに立地しており、町内全体の 13.2%にあたる。町内の農地は 48.5501ha が浸水エリアに立地し、町内全体の約 7%にあたる。積丹町内の人口のうち、360 人が浸水エリアに居住しており、これは町内全体の 19.64%にあたる。同様に事業所は、全産業の約 13%が浸水エリアに立地している。



図 22-a 積丹町洪水による道路被害（著者作成）



図 22-b 積丹町洪水による建築物被害（著者作成）



図 22-c 積丹町洪水による農地被害（著者作成）

赤井川村

赤井川村での洪水リスクは以下の図 23-a、23-b、23-c に示す通り、余市川が想定最大規模で氾濫した場合、小樽へ抜ける国道 393 号線や、村の中心部の道路に浸水リスクがある。町内の建築物は 372 棟が浸水エリアに立地しており、これは町内全体の 39.59%にあたる。町内の農地は 193.5973ha が浸水エリアに立地しており、これは町内全体の 20.61%にあたる。赤井川村の人口のうち、470 人（40.13%）が浸水エリア内に居住している。同様に事業所は、全産業の約 35%が浸水エリアに立地している。



図 23-a 赤井川村洪水による道路被害（著者作成）

図 23-b 赤井川村洪水による建築物被害（著者作成）

図 23-c 赤井川村洪水による農地被害（著者作成）

以上のデータより、余市町が被災した場合には、行政機能の低下、医療体制の機能不全などの事態が起こり得る。その影響は、周辺の自治体が及ぶことが予想される。5 町村が同時に被災した場合には、そのダメージは更に大きくなるだろう。よって、国や他の町村からの支援を迅速に受ける連携システムが必要である。

3-3 北後志 DPES. 3.0 : 広域地域の DPES 構築プロセスを共有する

2023 年 2 月 10 日に第 4 回北後志広域防災連携プロジェクトワークショップ「北後志行動コードをデザインする」が開催された。ここでは、防災ユニットで開発した「北後志 DPES」を活用して「北後志 5 町村の複合的な洪水被害」を可視化した。広域的な洪水リスクを可視化した地図コンテンツ（図 24）を会場のスクリーンに投影すると同時に、A0 サイズで印刷して、全員でそれを囲んで、避難時に必要なシステムとアイテムを色付けした旗をポスティングしながら、地図上に再現した（図 25）。このワークにより、漸く、5 町村と関連企業が同時に、広域地域の災害リスクを共有することができた（図 26）。第 1 回ワークショップ以来の課題であった「複合災害の被害、複数の自治体で同時に起きる災害を、防災行政のしくみと情報の分断により認識できない」というボトルネックを乗り越えることができたのである。北後志地域における広域的洪水被害を表現したコンテンツ（広域地域 DPES）は、その後のテーマを議論するための前提条件にもなった。

更に、「北後志の望ましい災害対策アプローチ」を導くワークでは、余市川をめぐる 3 町村（余市町、仁木町、赤井川村）と、美国川と積丹川をめぐる 2 町村（積丹町、古平町）は、川のメカニズム的にも個々の自治体に分けて考えることはできないことについて話し合われた。防災ユニットからは、「国レベルの政策や立法があっても、実際のオペレーションを行う組織は市町村であるため、国連防災会議に出てくる自治体の連合（local government unit）」の考え方にヒントがあることや、「防災システムを構築する自治体のユニットが組成された地点が、広域地域の防災システム構築の始点となること」について

解説された。また、類似例に、釧路川の流域に位置する流域自治体による広域連携で平成29年から実施されている防災訓練があることが紹介された。これらの考え方を北後志地域に応用すると、余市川流域の3町村と、美国川と積丹川流域の2町村は、「河川流域自治体連携」のフレームで避難オペレーションのエリアを捉えて、このエリア全体の住民の避難計画を考えることになるだろう。最後に、「北後志のより良い復興」をイメージするワーク（図27）で、国交省の社会資本整備審議会答申「気候変動を踏まえた水災害対策のあり方について～あらゆる関係者が流域全体で行う持続可能な「流域治水」への転換～」について紹介があり、「流域全体を俯瞰した横断的取り組み」¹²により、川の多機能性と共存する防災政策の重要性について議論された。



図24 広域的洪水被害(北後志 DPES, 著者作成)
北後志地域における洪水被害を1枚の地図に可視化した



図25 浸水エリアに居住する住民が避難するルートを確認する (著者撮影)



図26 大学と行政、民間企業で対応アプローチを見出す (著者撮影)



図27 より良い復興のために必要なものは何か、アイデアを出す (著者撮影)

¹² 同答申では「平常時から、めぐみとして与えられている川の機能を生かしながら、住民の流水に対する認識を向上させて、結果的に防災にもつながるような土地の利用の仕方をする」と明記されている。

3-4 小括 広域地域の防災システムを構築する防災担当官に求められるスキル

北後志広域防災連携プロジェクトの事例が示唆する、広域地域の防災システムを構築する防災担当官に求められるスキルは、4 つある。第 1 に、広域的な災害リスクを認識するスキル、第 2 に、広域的なエリアで災害オペレーションを実施する自治体連携（local government unit）を認識するスキル、第 3 に、国際的なリーディングアイデアとフレーム及び災害対応アプローチを地域防災システムに取り入れて設計するスキル、第 4 に、地域に賦存する自然資源の多機能性と災害リスクを調和させて日常的な地域経営を組織するスキルである。

広域的な災害リスクを総合的に把握することができなかつた困難だった関係者が、北後志 DPES（広域的な洪水リスクを可視化した地図コンテンツ）を活用したワークショップで、広域的な洪水リスクを認識することができた。また、来るべき洪水リスクに備えて、自治体が連携した防災システムを構築する必要性とアプローチを共有することができた。ゆえに、DPES を活用してワークショップは、上記の第 1 のスキル（広域的な災害リスクを認識するスキル）と、第 2 のスキル（広域的なエリアで災害オペレーションを実施する自治体連携（local government unit）を認識するスキル）の向上に役立つインサイトを与えていたといえるだろう。第 3 の「国際的なリーディングアイデアとフレーム・対応アプローチを理解して、地域防災システムに取り入れて構想する」スキルを習得することは、容易ではない。多くの自治体には、そのための制度的リソースが揃っていない。大学の学術的知見をコンテンツ化して、行政や企業との協働的なプロジェクトで活用することによって、不足するリソースを補うことができる。

広域地域における防災システム構築プロセスにおいて、自治体における防災システム構築プロセス以上に困難なことは、多くのステークホルダーが集って構想する場の合意形成アプローチを組み立てることである。この課題に対し、既存の政策形成過程を補完する「問題解決フレームワーク」を介在させることにより、反復的な合意形成プロセスを試作することが可能であることがわかった[23]。ワークショップで構築した「北後志 DMM」を使うと多様なアクターの参加を得て、新しい概念を創造するワークショップを開くことができるだけでなく、議論の議題設定方法の類型化と議論の構造化が可能になるため、合意形成プロセスを可視化することができる。従って、「北後志 DMM」に広域防災システム構築をテーマに設定するならば、北後志プロジェクトの政策形成過程（「成果の検証、欠点の修正、修正点の地域防災計画や行動計画への反映」の構造を可視化することができ、参画者の意思決定過程の根拠を認識することができる。同様の機能を有するツールを活用して、説明責任を果たすことは可能であろう。よって、本プロジェクトの実装は、新しいアジャイル・ガバナンス[24]の一手法を示唆する。

第4章 考察 防災政策イノベーション事始

本章では、第2章・第3章で扱った2つの事例研究から得られたインサイトを元に、防災政策イノベーションの3つの観点—①合理的根拠に基づく政策形成過程が存在すること（効率性）、②政策形成・決定過程に参加するチャンネルが設置され、どのような属性の人も、そのチャンネルにアクセスできること（公正性）、③防災政策形成・決定過程と実施プロセスの説明責任が担保されていること（責任性）—を包含して、防災システムを構築し、実施するアプローチ（防災政策イノベーションの道筋）のモデルを提示する。ここでは、登別市の防災システム構築（登別 DPES）プロセスから導出するモデルを「自治体 DPES」、北後志広域防災システム構築（北後志 DPES）プロセスから導出するモデルを、「広域地域 DPES」と呼ぶこととする。

4-1 自治体 DPES と広域 DPES

(1) 自治体 DPES

登別市の防災政策の立案過程には、3つの特徴がある。第1に、「合理的根拠に基づくデータを分析・応用して、既存の避難計画を検証し、実効性のある避難計画を策定する」プロセスが内在する。第2に、大学が行政官を支援する形で間接的に政策形成・決定過程に参画していることから、参加チャンネルの一形態が確保されている。第3に、登別市の防災システム（登別 DPES）構築過程に、DPES コンテンツが導入されて、それが住民説明で活用された場合には、住民への説明責任を果たしながら、防災システム構築をデザインすることができる。ゆえに、登別市の防災政策の立案過程は、防災政策イノベーションの3つの観点（効率性、公正性、責任性）を包含する防災政策形成過程であるといえるだろう。

こうした特性を備えた自治体 DPES の防災政策形成過程は、「①避難計画 1.0 の実施→②避難計画 1.0 の検証→③修正点の避難計画への反映→④避難計画プロトタイプの実施→⑤避難計画プロトタイプの実施→⑥避難計画プロトタイプの検証を経て、避難計画 2.0 の立案」というアプローチを辿ることが可能になる（図28）。

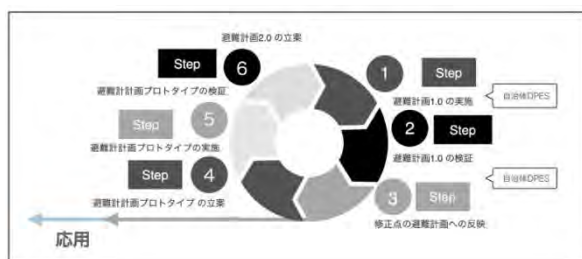


図28 自治体 DPES の概念図（著者作成）



図29 広域 DPES の概念図（著者作成）

(2) 広域地域 DPES

北後志地域の広域的な防災政策立案過程には、2つの特徴がある。第1に、広域避難をデザインするためには、プロジェクトに各センターから参画する関係者間に横たわる課題

認識のギャップを乗り越えなければならない。つまり、広域的な防災政策立案過程とは、異なるセクターの関係者が共通認識を持つための努力のプロセスである。これらの関係者の努力を支えて、滞りがちな「広域避難システム構築プロセス」を前に進めるマインドセットに役立ったツールが「北後志 DPES」コンテンツである。自治体連携による広域的な防災政策と、企業連携による仮想備蓄スキーム事業を接合する取り組みの障害となっていた認識のギャップを埋めて、広域避難計画の避難経路や避難所の適正な位置を選定する際の資料[26]としても活用でき、今後、ステークホルダーが増えて行われるワークショップにおいても、コミュニケーションを円滑することに資するだろう。

第2に、北後志プロジェクトには、議論の合意形成過程を可視化できる DMM がインストールされているため、北後志防災システム構築（北後志 DPES）には、①合意形成プロセスや根拠を把握できる、②議論すべきフェーズ、主題、ステークホルダーの属性、課題の認識度などの要件に基づいて、アジェンダを自由に決定できる、③合意形成の結果の動向をトレースして、議論を展開できる（合意形成の持続的展開）、という特徴がある。ワークショップを重ねることにより、どのような属性の人もアクセスして、意見を表明することができる。更に、問題解決フレームワーク（DMM）を活用すると、政策ビジョンの形成、実施計画の立案プロセスについても、同様に可視化することができる。防災政策形成・決定過程と実施プロセスの議論の構造の可視化と、AI 技術と融合する合意形成ツールを使って、説明責任を果たすこともできる。

ゆえに、北後志地域の広域地域防災政策の立案過程は、防災政策イノベーションの3つの観点（効率性、公正性、責任性）を包含する防災政策形成過程のロジックがデザインされているといえる。こうした特性を備えた広域地域 DPES の防災政策形成過程は、「①広域避難計画プロトタイプの実施→②広域避難計画プロトタイプの実施→③広域避難計画プロトタイプの実施→④広域避難計画モデルの立案→⑤広域避難計画モデルの実施」というアプローチを辿ることが可能になる（図29）。

広域地域 DPES のプロトタイプは、「個々の自治体 DPES を、広範囲にゾーニングしたエリアに適応して展開するシステム」として設計されるため、北後志広域防災連携プロジェクトには、二つの DPES-「自治体 DPES」プロセスに「広域地域 DPES」プロセスが併設されたシステムになる。先に自治体 DPES が起動し、次に、広域 DPES が起動する。この2つの DPES 構築プロセスは、それぞれのスピードで、早まったり遅くなったりしながら互いの政策立案に作用し合うことになる（自治体-広域リンクモデルの概念図：図30）。

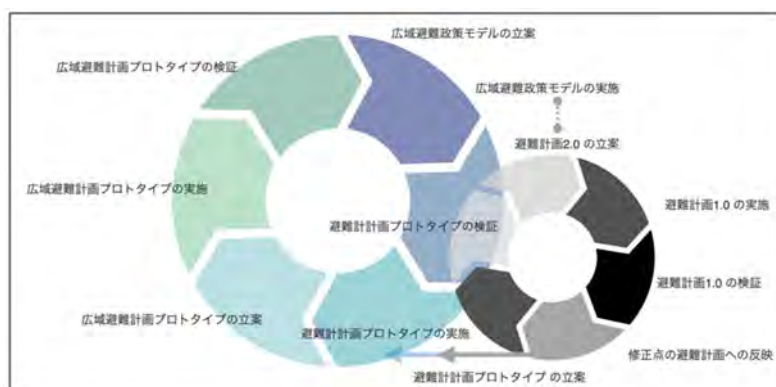


図 30 自治体-広域リンクモデルの概念図（著者作成）

4-2 防災政策イノベーションと防災政策アントレプレナー

「防災分野における政策イノベーション」とは、防災分野における既存のシステムを更新、改良するなどの方法により、災害対応に係る制度的な課題を発災前に解決して、より望ましい防災システムを構築することである。そして、国内外の各地域のコミュニティ再生事業を実施する際には、地域の持続可能性を複眼的に捉え、それを実現する地域経営が求められる。公助が、社会資本の整備を担い、自助と共助がフローの循環を担うことができれば望ましいが、基幹産業が衰退して疲弊した地域では、国内的には国の交付金や補助事業、国際的には政府開発援助などの公的援助事業に依存する傾向がある。災害が起きると、既存の産業の衰退は一層加速する。故に、発災前に、発災後の復旧・復興計画を開発する必要がある。「事前復興まちづくり計画」があれば、発災時には、それぞれが予め決めておいた計画に従って迅速に行動し、復旧・復興を牽引することができる。防災イノベーションとは、その道筋をコミュニティに属する多くの人が認識できる状況を創り出すことであるともいえる。

登別 DPES と北後志 DPES の 2 つの事例研究が示唆する、防災政策イノベーションの道筋を歩むことのできる防災担当官とは、「住民を守るために何をすべきかを認識でき、そのために必要なリソースを調達することができ、復旧と復興を（災害が起きる前から）リードする政策・施策を整備できる」人材である。このような人材を、本稿では「防災政策アントレプレナー」と称する。防災施策アントレプレナーは、分立するセクター、行政組織、国・自治体との境界に捉われず、国土強靱化法の要請に応じて、国の防災・減災の施策と自治体の災害オペレーションを接合して思考し、地域防災の活動に具体化するスキルを有していなければならない。しかしながら、個々の自治体に、その政策的リソースが備えられているとは限らない。

本研究で提示した、大学と行政の協働型コンテンツ制作アプローチは、DPES を用いてデータを扱うことができる防災担当官と、自治体が発信する情報を理解して行動できる住民を増やすことにより、この乖離を埋めて、地域における防災減災力を高めることをめざす工程なのである。

結語

本研究では、2 つの事例研究から、防災システム構築ツールの開発とその実装過程を描写することにより、合理的根拠に基づいた（Evidence-based）防災システム構築モデル（自治体 DPES）と、広域的な防災システム構築モデル（広域防災 DPES）を組成し、それらを活用するプロセスを明らかにすることにより、研究課題の「問い」を解決する方法論を提示した。

北海道の太平洋岸に位置する登別市は、千島海溝型地震に直面する象徴的な自治体の 1 つである。登別市で構築されたような自治体 DPES モデルが、他の自治体に導入されると、その便益はより広域的なものになるだろう。多くの住民が参加できる DPES コンテンツ制作ラボを設け、住民参加型の防災システム構築プロセスをデザインし、事前復興まちづくりに取り組むことは、いずれの自治体においても、災害復旧の備えとともに有益である。

北後志広域連携プロジェクトが示す教訓の一つは、災害の経験していない地域（未災地

域)の自治体が複合的な災害リスクを認識して、広域的な防災システムを構築する上では、「多様なステークホルダーが合意できる意思形成プロセスが重要だ」ということである。ワークショップで「地震による津波シナリオ(発生確率が高くない)」と、「(歴史的に繰り返されてきた)河川氾濫による洪水シナリオ」を可視化した結果、防災システムを考えるステップに進むことになった災害は、「洪水シナリオ」であった。即ち、当該地域の多くの人々にとって身近な「起こり得る」テーマから先に「やってみる」ことが未災地域の関係者が行動するためには必要なのである。余市町の防災担当官岡欣司氏は、「まず連携する、ここから成長していく」[27]と語った。「実現可能な連携プロジェクトを実施し、順次大きくする」手法は、フィードバックループサイクルを回すことを意味する。

防災システム構築モデルの実装化は、各自治体の防災政策や防災計画、避難計画等の制度の再構成を促進し、災害後の早期復旧・復興を動機づけ、防災イノベーションを誘発する。防災分野の新しい制度インフラは、国内各地の復興後の産業創造を下支えして、新しい雇用創出の基盤を準備する[11]。防災政策アントレプレナーの育成アプローチの実装化は、行政職員や住民が情報リテラシーを獲得し、自治体DX(Digital Transformation)への対応力を習得することにより、自治体独自の地域防災システムを構築する環境の醸成に寄与する。DPESはその端緒を開くツールである。災害規模や避難誘導の有効性を可視化して、それを住民との対話に活かすことができるなら、防災担当官の防災政策形成能力を高めるだけでなく、災害業務の内部化による外注費の削減などの効果も得られる。

このDPESモデルは「災害を可視化し、防災システムを構築する、防災政策立案支援ツール」としてパッケージ化することにより、広域的組織的に活用することができる。地域特性、産業基盤、賦存する地域資源、自治体のマスタープラン等と統合的なモデルに再構成して、他地域に転用可能なモデルを立案することが可能である。近年災害の多発するアジア諸国や南太平洋の島嶼国の防災・減災事業においても導入可能であろう。一度、DPESプロセスが地域コミュニティにインストールされると、自治体は、既存の制度にならぬリソースを、大学や民間企業などと連携することにより調達して、独自の防災システムを構築し、災害時の住民の生活水準を高めることができる。

今後も、それぞれの自治体に、また広域地域に、最適化された災害対応アプローチを導き出す防災政策形成過程を醸成することに寄与していきたい。

謝辞

本論文に執筆にあたりご指導を賜りました、高松泰先生、木村克俊先生、有村幹治先生に、深い感謝の意を表します。分析手法について、白松俊先生、小林信三先生よりご助言を賜りました。本研究の遂行にあたり、北海道大学公共政策大学院の空井護先生を始め、院長室の皆様よりご助力を賜りました。

登別市の総務部総務グループ防災の皆様、北後志広域防災連携プロジェクトの余市町、仁木町、古平町、積丹町、赤井川村の防災担当官の皆様、ベル・データ株式会社の防災事業推進部の皆様、サツドラホールディングス株式会社インキュベーションチームの皆様には、参与観察及び半構造型インタビューに際し、多くのお時間を割いてご対応下さるなど、大変お世話になりました。研究チーム一同より、心からの御礼を申し上げます。

本研究は、令和4年度北海道開発協会、開発調査研究所の研究助成を受けたものです。ご支援に感謝いたします。

参考文献

- [1] 内閣府：日本海溝・千島海溝沿いにおける最大クラスの震度分布・津波高等の推計」
2020年4月21日
https://www.bousai.go.jp/jishin/nihonkaiko_chishima/WG/pdf/211221/shiryo05.pdf
内閣府「日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震の被害想定について、2021年12月12日
https://www.bousai.go.jp/jishin/nihonkaiko_chishima/WG/pdf/211221/shiryo01.pdf
- [2] 加藤知愛，米田夏輝，中野佑美（2022）：コマンドコード：すべての被災者を安全に避難させるために-北後志広域防災連携プロジェクトの事例研究-，日本災害復興学会2022京都大会.
- [3] 森脇俊雅（2010）：政策過程，ミネルヴァ書房.p175-o184.
- [4] 橋本雄一（2021）：北海道太平洋沿岸における津波浸水想定域の空間分析. 北海道大学文学研究院紀要,vol.165, pp.129-166, 2021年.
- [5] 奥野祐介,橋本雄一（2021）：歩行速度に着目した疑似的津波集団避難行動分析. 地理情報システム学会講演論文集, vol.30, pp.ROMBUNNO.B30-3-3, 2021年
- [6] 加藤知愛，米田夏輝（2022）：北海道の自治体で考えるレジリエンス社会：地域防災と地理空間情報，地域経済経営ネットワーク研究センター年報,11,42-49.
- [7] 登別市『登別市統計書』令和3年度版
https://www.city.noboribetsu.lg.jp/docs/2016041000013/file_contents/3.pdf

[8]登別市『広報のぼりべつ』, No.863, pp.2-3, 2022年

<https://www.city.noboribetsu.lg.jp/docs/2022081700011/>

[9]北海道, 北海道太平洋沿岸の津波浸水想定公表について, 登別市 [https://www.constr-dept-](https://www.constr-dept-hokkaido.jp/ks/ikb/sbs/tsunami/shinsuisoutei/pdf/taiheiyo/sinnkoukyokubetsuzu_cities/25_noboribetsu.pdf)

[hokkaido.jp/ks/ikb/sbs/tsunami/shinsuisoutei/pdf/taiheiyo/sinnkoukyokubetsuzu_cities/25_noboribetsu.pdf](https://www.constr-dept-hokkaido.jp/ks/ikb/sbs/tsunami/shinsuisoutei/pdf/taiheiyo/sinnkoukyokubetsuzu_cities/25_noboribetsu.pdf)

[10] e-Stat, 境界データ, 小地域, 国勢調査 2020年, 北海道登別市 [https://www.e-](https://www.e-stat.go.jp/gis/statmap-search?page=5&type=2&aggregateUnitForBoundary=A&toukeiCode=00200521&toukeiYear=2020&serveyId=A002005212020&prefCode=0)

[stat.go.jp/gis/statmap-search?page=5&type=2&aggregateUnitForBoundary=A&toukeiCode=00200521&toukeiYear=2020&serveyId=A002005212020&prefCode=0](https://www.e-stat.go.jp/gis/statmap-search?page=5&type=2&aggregateUnitForBoundary=A&toukeiCode=00200521&toukeiYear=2020&serveyId=A002005212020&prefCode=0)

[11] e-Stat, 統計データ, 国勢調査 2020年, 4次メッシュ, M6340, M6341

[https://www.e-](https://www.e-stat.go.jp/gis/statmapsearch?page=7&type=1&toukeiCode=00200521&toukeiYear=2020&aggregateUnit=H&serveyId=H002005112020&statsId=T001101)

[stat.go.jp/gis/statmapsearch?page=7&type=1&toukeiCode=00200521&toukeiYear=2020&aggregateUnit=H&serveyId=H002005112020&statsId=T001101](https://www.e-stat.go.jp/gis/statmapsearch?page=7&type=1&toukeiCode=00200521&toukeiYear=2020&aggregateUnit=H&serveyId=H002005112020&statsId=T001101)

[12] 国土地理院 基盤地図情報

<https://fgd.gsi.go.jp/download/mapGis.php>

[13] 北海道 太平洋沿岸の津波浸水想定公表資料 (データ集) 登別市

<https://www.harp.lg.jp/opendata/dataset/105/resource/4127/source-url>

[14] e-Stat, 統計データ, 経済センサス活動調査 2016年, 4次メッシュ, M6340, M6341

[https://www.e-stat.go.jp/gis/statmap-](https://www.e-stat.go.jp/gis/statmap-search?page=5&type=1&toukeiCode=00200553&toukeiYear=2016&aggregateUnit=H&serveyId=H002005112016&statsId=T000918)

[search?page=5&type=1&toukeiCode=00200553&toukeiYear=2016&aggregateUnit=H&serveyId=H002005112016&statsId=T000918](https://www.e-stat.go.jp/gis/statmap-search?page=5&type=1&toukeiCode=00200553&toukeiYear=2016&aggregateUnit=H&serveyId=H002005112016&statsId=T000918)

[15] 生富直孝, 浅田拓海, Chawis BOONMEE, 有村幹治 (2016): 避難訓練プローブデータを用いた津波避難計画支援ツールの構築, 土木学会論文集 D3, Vol.72, N05. I_331-I_339.

[16] 北後志広域防災連携事務局 (2022): 北後志地域での産官学による広域防災連携の目指す姿, 第2回ワークショップ資料,p3-p5.

[17] 北海道の津波浸水想定公表資料 (データ集)

<https://www.harp.lg.jp/opendata/dataset/105.html>

[18] 政府統計の総合窓口 (e-Stat)、地図で見る統計、境界データー国勢調査 2020年 (総務省) 北海道余市町

[19] 日本海沿岸の津波浸水想定公表資料（データ集）余市町.

[20] GEOFABRIK downloads, Asia. Japan-Hokkaido.

[21] 三宅創太, 小林信三, 檜木隆彦, 加藤, 知愛 (2021) : 多様性によるイノベーションの創出, 人工知能学会第二種研究会資料, 2121 巻 (2021) CCI-008 号.

[22] ベル・データ株式会社 (2022) : ベルデータの防災事業におけるイノベーション創出の挑戦, 第 2 回ワークショップ資料, 5-6.

[23] 米田夏輝 (2022) 道内自治体における地域防災システムの構築～自治体と大学で取り組む政策イノベーション事始め～, 2022 年 2022 巻 CCI-010 号 p. 08-, https://doi.org/10.11517/jsaisigtwo.2022.CCI-010_08

[24] 新たなガバナンスモデル検討会 (2022) : アジャイル・ガバナンスの現状と概要, 経済産業省商務情報政策局.

本論全体を通して、第 2 章においては、第 1 回から第 6 回までの「登別市防災ラボ」における議論の記録データ（非公開）を、第 3 章においては、北後志広域防災連携プロジェクトワークショップの参与観察で得られた言語データ（非公開）を参照した。