

ICT ツール「YOU@RISK・火山災害版」を活用した 火山防災教育プログラムの開発 —那須岳周辺にある那須中学校での実践検証—

永田俊光^{*,**,***,†}, 李 泰榮^{**}, 木村玲欧^{***}, 池田真幸^{**}

気象庁新潟地方気象台, 新潟県新潟市中央区美咲町1-2-1

[†]責任著者, E-mail: nagata@met.kishou.go.jp

^{**}防災科学技術研究所 災害過程研究部門,

^{***}兵庫県立大学環境人間学部・大学院環境人間学研究科

本研究では、中学生が地図情報を活用して火山噴火によるリスクを視覚的に理解し、噴火災害から自らの命を守るための主体的な判断と行動を身に付けることを目的とした火山防災教育プログラムを開発した。このプログラムは、まず、我が国における火山防災教育の現状や課題、教育ニーズを分析したうえで、我が国が推進するGIGAスクール構想に基づくICT教育（Information and Communication Technology）と防災教育を地理的な視点で融合させる学習内容を設計した。本プログラムの開発にあたっては、学習理論であるInstructional Design(ID)理論のADDIEモデルを採用した。本プログラムの特徴の一つは、国立研究開発法人防災科学技術研究所が開発したWeb GISアプリケーション「YOU@RISK・火山災害版」をICTツールとして活用した地理学習を実現している。学習者はタブレットでYOU@RISKを使用し、火山噴火時のリスク範囲の視覚化、適切な避難場所や避難経路の検索などの操作を行う地図リテラシーや緊急時の対応行動に必要な知識とスキルを習得する。これにより、従来の紙ベースのハザードマップに依存した教育から一歩進んだ、インタラクティブな学習が可能となる。本研究で対象とする火山は、活火山である那須岳を選定した。研究対象校は、那須岳の周辺地域にある栃木県那須町立那須中学校とし、生徒が個人のタブレット端末を使用してYOU@RISKを操作し、教員によるプログラムの実践による学習効果を分析するための効果測定を行った。分析の結果、ICTツールを活用した火山防災教育プログラムの有効性を確認した。

Keywords: Volcanic disaster , Instructional Design(ID), ICT education, YOU@RISK, Disaster prevention education program

1. はじめに

1.1. 我が国における火山災害と対策

我が国は、世界でも有数の火山国であり、111の活火山が存在する。2014年9月27日、長野県と岐阜県の境界に位置する御嶽山で水蒸気噴火が発生し、火口周辺で多くの登山者が被災した。この噴火は、57名の死亡者、6名の行方不明者、59名の負傷者を出し、戦後最悪の火山災害となった[1]。この災害では、火山災害の備えとしてのハード対策はもとより、人命を守るためのソフト対策として教育の重要性が指摘された[2]。近年では、最新の調査結果に基づき、富士山で想定される火口の範囲の拡大や、桜島での大規模噴火の可能性が指摘されるなど、日本全国で火山活動が活発化した際の備えが求められている。この背景を受け、2024年4月に活動火山対策特別措置法の一部改正が施行され、住民や登山者等の生命及び身体の安全を確保するための火山対策の更なる強化が進められている[3]。

火山災害は、他の自然災害と比較して発生頻度が低いと広く認識されているが、一度発生すれば甚大な被害をもたらす可能性がある。最新の科学技術によっても、火山活動の特異性から、正確な噴火のタイミングや規模の予測は困難である。したがって、活火山周辺で生活する住民や登山者は、火山活動に伴う様々な現象や噴火による被害の範囲を理解し、緊急時には適切な対応行動をとる必要がある。御嶽山の噴火災害を教訓とし、火山噴火による被害を最小限に抑えるためには、対象火山の特徴や地域特性を深く理解し、噴火による災害要因やその影響範囲をイメージして行動できる災害対応力の向上を目指す防災教育の充実が急務である。

1.2. 日本における火山防災教育の現状と課題

我が国では、「防災教育」は特定の教科に位置付けられていないため、文部科学省は教科横断的な学習の実施を推奨している[4]。文部科学省の学習指導要領[5]によると、火山に関する学習は、主に小学校の理科「土地のつくりと変化」と中学校の理科（第2分野）「大地の成り立ちと変化」で取り扱われるが、これらの教育過程では、火山の基礎的な知識を習得するための調べ学習が中心になっている。また、火山学習は地震や津波、風水害などの他の自然災害と共に扱われることが多く、火山災害への備えに必要な防災教育としての系統的な扱いは明瞭ではない[6]。さらに、学校現場の教員が授業で必要とする学習指導案の全国的な調査では、火山防災教育を教科横断的に指導するための教材が極めて少ないことが明らかになっている[7]。また、活火山のある都道府県教育委員会等では、火山に関する防災教育副読本などの教材を作成している[8]。しかし、これらの教材も主に火山の基礎知識を習得するための内容になっており、噴火災害時のリスクを理解して具体的な対応行動を考える学習が不足している[9]。

一方で、中学生の社会科学習では、ハザードマップの活用が効果的であり、地理空間情報を正しく読み取って活用する能力は、災害発生時に自らの命を守る「生きる力」の育成にも直結すると地理学の視点で提言されている[10]。

先行研究では、火山ハザードマップを活用した地理学習の要素を取り入れた実践研究が存在する。例えば、桜島火山ハザードマップを活用した学習事例では、火山災害への理解が深まる効果が確認されたが、理科教育とのリンクが課題としている[11]。また、3Dプリンタを使った御嶽火山ハザードマップの理解を促す学習[12]や富士山ハザードマップを使用した噴火時の退避行動の理解を促す学習[13]では、噴火災害を視覚的に理解する効果が確認されているが、火山災害の知識や地図読解スキルの不足の課題を指摘しており、ハザードマップの改善や学習展開の検討が提案されている。これらの研究は中学生を対象に行われたが、ハザードマップの理解に留まり、災害への備えに発展する学習が課題としている。

近年、デジタル技術の発展により、視覚的な学習に効果的な防災教育用の教材が開発されている。例えば、火山ハザードマップから災害情報を読み取る地理的技能に関する先行研究[14]や、最新の技術である拡張現実（AR）を用いた火山ハザードマップの開発[15]などがある。これらの教材は、地図情報をデジタル化することによって火山噴火のリスクを視覚的に理解する学習として効果が認められているが、災害リスクと避難行動

とを結び付けた教材化になっていないなど、ICTツールを活用した先行研究は非常に少ない[16]。文部科学省の「教育の情報化に関する手引」[17]で示す指針では、中学生が情報通信ネットワークを活用して必要な情報を主体的に収集・判断し、その情報を基に予測や分析を行う活動の重要性が示されている。このため、中学生が火山災害に関連する地理的情報を直感的に理解し、現実世界の火山災害リスクへの対応力を高めるためのICTツールを活用した火山防災教育を本研究で提案する。

1.3. 研究目的

本研究は、活火山周辺地域の中学生が地図情報を利用して火山噴火によるリスクを視覚的に理解し、噴火災害から自らの命を守るための主体的な判断と行動を身に付けることを目的とした火山防災教育プログラムを開発した。このプログラムは、我が国における火山防災教育の現状や課題、教育ニーズを分析したうえで、GIGAスクール構想に基づくICT教育と防災教育を地理的な視点で融合させる学習内容を設計し、Instructional Design（以下、ID）理論のADDIEモデル（以下、ADDIE）を採用して開発した。

本プログラムの特徴の一つは、国立研究開発法人防災科学技術研究所（以下、NIED）が開発したWeb GISアプリケーション「YOU@RISK・火山災害版」（以下、YOU@RISK）をICTツールとして採用した地理学習を実現させる。また、ICTを効果的に活用した防災教育を実現させるため、文科省の指針に従い、「一斉学習」、「個別学習」、「協働学習」の学習展開をプログラムに取り入れている。

本研究では、全国にある活火山のうち比較的に火山活動が活発な那須岳（図1）を選定し、那須岳周辺地域で生活する中学生を対象に、GIGAスクール構想で生徒に一人一台に整備されたタブレットを活用したプログラムの実践・検証を通じて、プログラムの有効性を評価した。



図1 常時観測火山の那須岳（気象庁）

2. 研究方法

2.1. ID理論に基づくプログラム開発

火山防災教育プログラムの開発は、ID理論に基づいて開発した。ID理論は、教育学・心理学・教育工学における学習理論であり、「教育活動の効果・効率・魅力を高めるための手法を集大成したモデルや研究分野、またはそれらを応用して教材や授業などの学習環境を実現するプロセス」と定義されている[18]。ADDIEはID理論の中核的なモデルであり、分析（Analyze）→設計（Design）→開発（Develop）→実施（Implement）→評価（Evaluate）の5つのステップによって、効果的な学習プログラムを開発することができる[19]。

ADDIEによる学術研究は、これまでも自然災害に対応させた防災教育プログラム開発で使用されている[20]-[22]。また、高校生に対して災害への「わがこと意識」を醸成するための防災訓練プログラムの提案[23]や妊産婦に対する災害への防災教育プログラムの開発[24]、e-ラーニング教材の開発[25]、工学系教養課程における技術マネジメント教育プログラムの開発[26]など、近年の日本では、ID理論の学術的研究への応用可能分野は広範囲に及んでいる。

本研究の火山防災教育プログラムは、ADDIEの各ステップに基づき開発した。具体的には、①分析（火山防災教育の課題等の分析、研究対象の設定、学習目標の設定）②設計（シラバスの設計、研究対象校での実践計画の検討、学習方法の検討）③開発（学習指導案、補助教材、評価シート等の教材作成）④実施（研究対象校でのプログラム実践）⑤評価（学習者の自己評価、効果測定）のサイクルである（図2）。

開発した火山防災教育プログラムの有効性は、学習者の自己評価によって学習目標の達成度合いを評価する効果測定を採用して検証した。これは、ID理論の中核的研究者であるロバートMガニエの「プログラムの評価は、あくまでも学習者のパフォーマンスの評価で表現する」という定義に基づいたものである[27]。テストが知識の定着度を評価するのに有効である一方で、防災教育の目標である判断力や行動力の向上を十分に評価することが難しいため、プログラムの効果を多角的に検証するための客観的な評価方法も併用した。

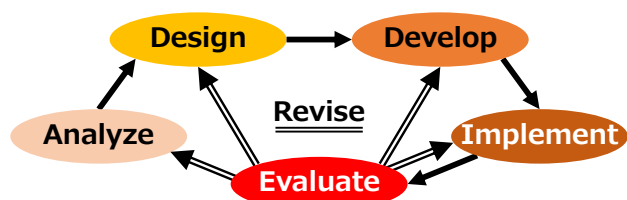


図2 ADDIEモデルを用いたプログラム開発

防災教育プログラム開発の先行研究では、池田他[20]や永田他[21]-[22]の他に、島野他[28]や木村他[29]が、自己評価による評価手法を用いて教育プログラムの有効性を論じており、本研究においても同じ評価手法を用いた。

2.2. プログラムの設計に必要な分析

本研究で開発するプログラムは、火山災害に備えるための防災教育を実践するものであり、本プログラムで何を学ぶのかについての学習目標を設定した。このため、対象となる中学校において、火山防災教育の現状や課題、学校現場のニーズを聞き取ったうえで、プログラムの設計に必要な学習内容を分析した。

本研究で対象とした火山は、関東地方の活火山であり、年間約30万人の登山者が訪れる那須岳を選定した。現在も白い噴煙を活発に吹き上げる活火山であるが、ロープウェイを利用すれば9合目まで安易に到達できるため、軽装のまま山頂を目指す観光客も多い。那須岳の火口周辺に多数の登山客が集中することもあり、突発的な噴火が発生すると、多数の負傷者が想定される地理的な特徴のある火山である。

本研究の研究対象校は、那須岳の周辺地域にある栃木県那須町立那須中学校を選定し、那須町教育委員会を通じて研究への協力依頼を行い了承が得られた。このため、プログラム開発に必要な事前調査として、那須町教育委員会と那須中学校を訪問し、那須町における火山防災に関する学習状況や登山等のイベント学習の実施状況について、教員へのインタビューを行った。その結果、3つの問題点が整理できた。

1つ目は、小学生で火山に関する基礎的な学習や那須岳登山を経験しているが、中学生の学習では、第1学年の理科学習で教科書に準じた内容を扱うのみで、社会科（地理的分野）の学習と関連させた火山防災を体系的に学習するカリキュラムは整備されていなかった。これは、中学校の授業で使用する教材が不足していることが原因である。2つ目は、教員も生徒も那須岳の噴火を実際に経験していないため、一般的な火山噴火には危機意識は持っているものの、那須岳の噴火に関しては具体的な災害イメージが不足している教員や生徒が多いことである。3つ目は、毎年の学校行事として行う那須岳登山を通じて、噴火災害への備えを学ぶことの重要性は理解しているものの、防災の専門知識を持っている教員がいないために、防災の視点での学習が不足しており、具体的な改善が進んでいなかった。

これらの問題点について学校との協議のうえ、本プログラムに必要な要素を5つ設定した。

まず1つ目は、生徒が主体的に学べ、中学生の教科学習を基礎として学習効果が得られる火山防災教育を実践することである。2つ目は、那須岳の過去の噴火災害を理解し、那須岳の火山対策や災害リスクへの対応を学ぶことである。3つ目は、火山災害に対して「わがこと意識」を高めて未来に備えてもらうきっかけを作ることである。4つ目は、GIGAスクール構想で整備したICT環境を活用した防災教育の導入として、ICTツールを使用した学習指導案や付帯資料を作成することである。5つ目は、防災の専門知識が不足している教員でも、学習指導案に沿って授業ができる環境を作るため、教員の意識を高めるために必要な学校での実践とその効果を還元することである。

これら5つの要素を含み、我が国の防災教育の方針である、「主体的に行動する態度」を育成する火山防災教育プログラムの学習内容とした。

2.3. ICTツールを活用したプログラムの設計

本研究では、地図情報を利用して火山噴火のリスクを視覚的に理解させるために、ICTツールを使った学習をプログラムの核となるように設計した。

日本では、活火山を対象として作成されている火山ハザードマップの多くは、一つの地図に溶岩流や火砕流、土石流等の多様な現象の想定到達範囲が重ねて表示されており、紙ベースのマップをそのまま画像ファイルに変換し、Web上で公開されている[30]。これらは、紙媒体の静的なマップをデジタル画像にしたものであり、作成者が公開した特定の範囲および縮尺のみの情報しか見ることができない。

NIEDが開発したYOU@RISKは、災害時のリスクに対して、何を知り、どのように行動するべきなのか、学びの機会を提供する防災科研が開発した情報プロダクツである。具体的には、Esri社のArcGIS技術を活用したWeb GISアプリケーションであり、さまざまな地理情報を抽象化、分類化、簡略化して、GIS上でそれらを可視化して自由に重ね合わせたり、解析したりすることができる。防災科研では、ArcGIS技術を活用して、ハザードマップのデータをデジタル化したプロダクツを開発している[31]。

今回開発した「YOU@RISK・火山災害版」(図3)は、火山防災教育で活用する目的で開発したICTツールである。火山防災教育プログラムは、那須岳を対象としているため、防災科研が保有する、Web GISで利用できる那須岳火山ハザードマップのデジタルデータをYOU@RIKSに実装した。紙ベースの那須岳火山ハザードマップに掲載されている那須岳で過去に発生した「中規模噴火

(水蒸気噴火)」と「大規模噴火(マグマ噴火)」のハザードマップを噴火時の現象ごとにレイヤーで管理している(図4)。

個別の機能としては、火山災害時のリスク範囲をユーザーが直感的に視覚化できるように、利用者が火山災害要因のリスクエリアをタップすることで、色分けによるリスクの強調表示が可能である。また、色別標高図や陰影起伏図を通じて地形の詳細な理解を深めることができる(図5)。さらに、ユーザーが自分の位置や避難場所を選択し、適切な避難経路を自動検索する機能を備えた



図3 YOU@RISK・火山災害版のメニュー画面

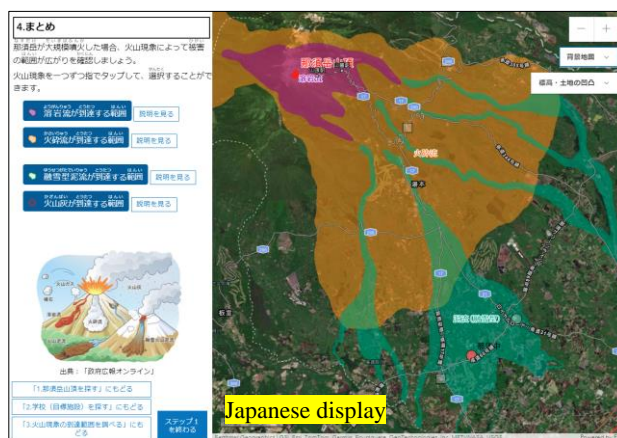


図4 大規模噴火(マグマ噴火)のハザードデータの表示例

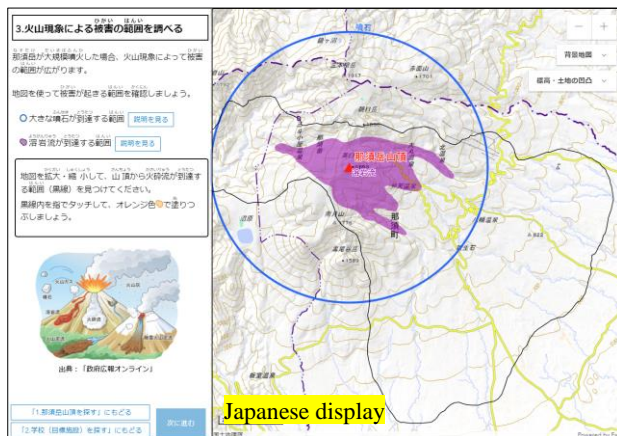


図5 火山災害要因の危険区域(災害要因別の表示)

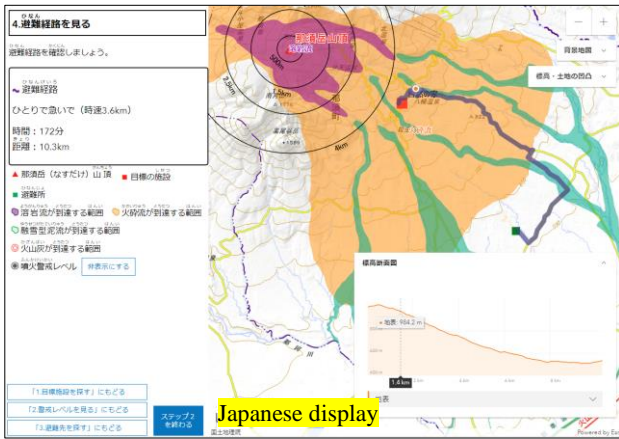


図6 避難経路の検索・表示 (左: ストーリーマップ)

仕様が特徴である(図6)。学習支援の機能としては、ユーザーがマップ上のアクションを視覚的に追跡し、特定の手順に従って操作できる対話型のストーリーテリングツールであるストーリーマップを画面左に表示する。

日本には、Web上で公開されている一般的な地図情報として、国土地理院が整備する「地理院地図」[32]や「重ねるハザードマップ」[33]などがあり、特に洪水や土砂災害、津波のリスクを学習するなどが学校現場で実践されている。しかし、YOU@RISKのように火山ハザードマップのデータを実装し、災害要因を個別表示させたり、避難経路を表示させる機能は備えていないため、火山防災教育では活用できない。

このように、従来の紙ベースの静的な火山ハザードマップやデジタル化した火山ハザードマップは存在するが、YOU@RISKの火山防災教育を火山噴火に伴う災害要因を個別に選択して表示させる機能や噴火した場合の避難経路を検討して表示させる機能など、地理情報と火山災害を結び付けて学習するための学習プログラムとICTツールとして、新規性と独創性も持ち合わせてシステムになっている。

3. 火山防災教育プログラムの開発

本研究で開発した火山防災教育プログラムは、3つの単元(単元1~3)で構成している(表1)。

表1 単元構成と学習目標

単元 (学習時間)	学習目標 ※学習内容	学習目標(下位概念)
単元1 (50分)	1. 火山噴火による災害を学び噴火への備えを考える ※火山噴火災害に関する基礎的な学習	1. 一般的な火山の特徴および噴火によって起こる火山現象を理解する 2. 那須岳で起こる噴火の特徴や噴火によって起こる被害・影響を理解する 3. 那須岳の火山防災対策や噴火警戒レベルを理解する
単元2 (50分)	2. 火山噴火災害のリスクを理解して身を守る対応行動を考える ※YOU@RISK-火山版を使った地図学習(グループ学習)	1. 地図情報を使って那須岳の噴火による被害の影響範囲を調べ理解する 2. 地図情報を使って那須岳が噴火した時の避難場所や避難経路を調べ理解する 3. 地図情報を使って那須岳が噴火した時や噴火警報を感知した時の対応行動を考える
単元3 (50分)	3. 登山学習を通じて火山噴火時の対応行動の理解を深める ※事前学習・ICT学習で習得した知識やスキルの向上を図る体験学習	1. 登山を通して那須岳が噴火して起こる被害の影響範囲や地形特性を理解する 2. 登山を通じて那須岳が噴火したときの場に応じた対応行動を理解する

各単元に対して学習目標を設定し、学習目標を達成するための具体的なプログラムと学習者が何を学んだのかを評価するための評価方法を設計した。

3.1. 単元1「基礎学習」の概要

単元1は、火山噴火災害に関する基礎的な学習として、「火山噴火による災害を学び噴火への備えを考える」を学習目標に設定した。この学習目標を達成するために、下位概念としての学習目標として、「1.一般的な火山の特徴および噴火によって起こる火山現象を理解する」「2.那須岳の特徴および噴火によって起こる被害・影響を知る」「3.那須岳の火山防災対策や噴火警戒レベルを理解する」の3つの学習目標を設定した。

学習展開は、「1.災害の一種として火山噴火があることを理解する」「2.火山の特徴および噴火によって起こる火山現象や被害を理解する」「3.那須岳の噴火の歴史と噴火の種類と起きる被害を理解する」「4.那須岳の噴火警戒レベルを理解する」「5.学習のまとめ」で構成し、学習時間は1時限(50分×1コマ)とした。

教員が自ら授業を実践するために必要な、学習展開に準じた学習指導案(図7)と授業の際に使用する学習用スライド(図8)を作成した。学習用スライドは、学習目標を達成するための指導を補完する教材として、図や写真などを使ったパワ

火山防災教育プログラム ステップ1_火山学習_学習指導案(50分)	
■基礎データ	
タイトル	火山噴火による災害を学び噴火への備えを考える
ねらい (学習目標)	1. 一般的な火山の特徴および噴火によって起こる火山現象を理解する。 2. 那須岳で起こる噴火の特徴や噴火によって起こる被害・影響を理解する。 3. 那須岳の火山防災対策や噴火警戒レベルを理解する。
対象学年	中学生(指導上の留意点)の表現を変更することで小学生に活用可。
教科・イベント等	事前学習1(総合的な学習・特別活動)
学習形態	全員(授業)・グループ 計50分
準備	タブレット端末、電子黒板、デジタル教材(学習用スライド)、火山防災ハンドブック(那須岳火山防災協議会)など
■学習の流れ	
構成・学習活動の内容	指導上の留意点(主な疑問点と子どもへの援助)
導入	
1. 災害の一種として火山噴火があることを理解する。	②日本で発生するさまざまな災害について、どのような災害があるのか考えられるようにする。 ※何人かに発表させる(地震、津波、台風(暴風雨)、大雨、土砂災害、洪水、曹風、火災や爆発等人为災害など)。 ③日本の火山は、寧ろは活動が静穏(静かな時)な火山が多いが、活動がともなふようになった時、噴火して被害が起きることがあり、火山噴火による災害にどのように備えるのか学習することを促す。 ※授業補助資料スライド1-1を表示。
展開1	
2. 火山の特徴および噴火によって起こる火山現象や被害を理解する。 2-1. 火山と噴火を理解する。	②火山がどんな姿をしているのか抑えているのか考えられるようにする。 ※何人かに発表させてもよい。 ③火山について、どのようなものがあるか確認する。 ※準備を上げ、噴火を繰り返している火山一帯を、阿蘇山、浅間山など、④活火山の火山一帯を、聖山岳、有馬山、大島など。 ⑤2014年の御嶽山の噴火について、噴火警報の火山災害(死者55名)であったこと、その後に火山対策が行われ、登山が再開されていることを促す。 ※授業補助資料スライド2-1~2-7を表示 ※準備を上げて火山を学習していたら準備を繰り返す。 ⑥日本の火山の多くは静穏な期間が長く続いており、登山ができた、周辺には温泉やスキー場などがあったり、観光地になっている火山を「活火山(かつかざん)」と呼ぶことを促す。現在も火山活動が確認できる火山や、過去(数年前)に噴火したと記録されている火山が活火山に指定されている。現在、日本には111の活火山があることを促す。 ⑦地域にある火山について調べ。 ※授業補助資料スライド4-1を表示。 ※活動が確認できない火山は「活火山以外の火山」と書く。 ※過去に使用されていた「活火山-死火山」という言葉は廃止した。

図7 ステップ1_学習指導案(1ページ目のみ)

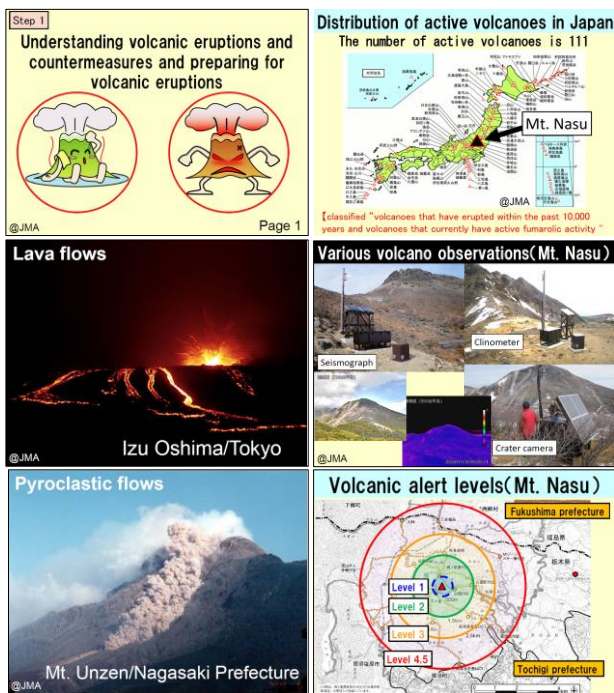


図8 ステップ1_学習用スライド (一部抜粋)

一ポイントのスライドである。気象庁ホームページ [34] で公開している情報や那須岳火山防災協議会が作成した火山防災ハンドブック [35] 等の資料を引用して作成した。

3.2. 単元2「地図学習」の概要

単元2は、地図情報を使って火山災害のリスクを理解する学習として、「火山噴火災害のリスクを理解して身を守る対応行動を考える」を学習目標に設定した。この学習目標を達成するために、下位概念としての学習目標として、「1.地図情報を使って那須岳の噴火による被害の影響範囲を調べ理解する」「2.地図情報を使って那須岳が噴火した時の避難場所や避難経路を調べ理解する」「3.地図情報を使って那須岳が噴火した時や噴火警報を認知した時の対応行動を考える」の3つの学習目標を設定した。

学習展開は、「1.学習のねらいを理解する」「2.YOU@RISKを使って那須岳の災害リスクを調べ理解する」「3.YOU@RISKを使って那須岳の噴火の種類に応じた被害範囲を調べ理解する」「4.YOU@RISKを使って大噴火時の災害リスクと避難経路を調べ理解する」「5.那須岳が噴火した時の適切な行動を理解する(自分の考えをまとめ・発表する)」「6.学習内容をまとめる」で構成し、学習時間は1時限(50分×1コマ)とした。

学習者は、タブレットを使ってYOU@RISKを操作し、火山災害要因や避難場所、避難経路を調べる地理的リテラシーを身に付けるための個人学習を行う。また、グループワークによって、地域の地理的条件や社会的条件を確認しながら議論し、噴火から身を守るための最適な避難経路を

主体的に判断できる災害対応力のスキルを習得するためのアクティブ・ラーニング学習である。これらの学習展開に準じた学習指導案を作成した。

YOU@RISKには、紙ベースの那須岳火山ハザードマップに掲載されている那須岳で過去に発生した「中規模噴火(水蒸気噴火)」と「大規模噴火(マグマ噴火)」のデータをデジタル化し、噴火による現象別にレイヤーで管理し、画面表示することができる。

3.3. 単元3「体験学習(登山)」の概要

単元3は、地理的条件と火山災害のリスクの関係について理解を深化させ、防災意識の向上を図る学習として、「登山学習を通じて火山噴火時の対応行動の理解を深める」を学習目標に設定した。この学習目標を達成するために、下位概念としての学習目標として、「1.登山を通じて那須岳が噴火して起こる被害の影響範囲や地形特性を理解する」「2.登山を通じて那須岳が噴火したときのその場に応じた対応行動を理解する」の2つの学習目標を設定した。

学習展開は、「1.那須岳登山の目的(防災教育としての目的)を理解する」「2.火山災害要因と噴火時の具体的な対応行動を理解する」「3.学習内容をまとめる」で構成し、学校行事として那須岳登山を行った。登山学習を通じて、これまでの学習内容を自己で振り返る学習とした。これらの学習展開に準じた学習指導案を作成した。

3.4. プログラムの評価手法

本研究では、火山防災教育プログラムの有効性を評価するため、単元1~3で設定した学習目標の達成度合いを学習者の自己評価によって総合的に評価した。具体的には、各単元の下位概念として設定した学習目標(8項目)に対し、14項目の質問項目を設定した(表2)。具体的には14項目の学習目標の達成度合いについて、学習者にプログラム実施前と実施後に自己評価してもらった。

表2 学習14項目の質問項目

	質問項目
質問1	①活火山とは、どのようなものか説明できる
質問2	②日本の常時観測火山とは、どのようなものか説明できる
質問3	③火山の噴火とは、どのような現象か説明できる
質問4	④火山の噴火によって、どのような被害が発生するのか説明できる
質問5	⑤那須岳の過去の噴火は、どのような種類の噴火であったか説明できる
質問6	⑥那須岳の過去の噴火では、どのような被害があったか説明できる
質問7	⑦那須岳の火山防災対策や噴火警戒レベルについて説明できる
質問8	⑧那須岳に噴火警報(火山情報)が発表された時、どのような行動をとればよいか説明できる
質問9	⑨那須岳が噴火した時、どのような行動をとればよいか説明できる
質問10	⑩那須岳が噴火した時、どのような場所に逃げればよいか考えることができる
質問11	⑪地図情報を使って那須岳周辺の地形や標高を調べることができる
質問12	⑫地図情報を使って那須岳周辺の学校や避難場所を調べることができる
質問13	⑬地図情報を使って那須岳が噴火した時の被害範囲を調べることができる
質問14	⑭地図情報を使って那須岳が噴火した時の避難経路を調べることができる

学習目標の達成度合いを数値化することで、プログラムの有効性を総合的に分析して評価した。

14項目の質問項目は、「(1)活火山とは、どのようなものか説明できる」「(2)日本の常時観測火山とは、どのようなものか説明できる」「(3)火山の噴火とは、どのような現象か説明できる」「(4)火山の噴火によって、どのような被害が発生するのか説明できる」「(5)那須岳の過去の噴火は、どのような種類の噴火であったか説明できる」「(6)那須岳の過去の噴火では、どのような被害があったか説明できる」「(7)那須岳の火山防災対策や噴火警戒レベルについて説明できる」「(8)那須岳に噴火警報(火山情報)が発表された時、どのような行動をとればよいか説明できる」「(9)那須岳が噴火した時、どのような行動をとればよいか説明できる」「(10)那須岳が噴火した時、どのような場所に逃げればよいか考えることができる」「(11)地図情報を使って那須岳周辺の地形や標高を調べることができる」「(12)地図情報を使って那須岳周辺の学校や避難場所を調べることができる」「(13)地図情報を使って那須岳が噴火した時の被害範囲を調べることができる」「(14)地図情報を使って那須岳が噴火した時の避難経路を調べることができる」の14項目を設定した。

学習者は質問項目(1)～(9)に対して「4.よく説明できる, 3.すこしだけ説明できる, 2.あまり説明できない, 1.ほとんど説明できない」、質問項目(10)は「4.よく考えることができる, 3.すこし考えることができる, 2.あまり考えることができず、1.考えることができない」、質問項目(11)～(14)は「4.よく調べることができる, 3.すこしだけ調べることができる, 2.あまり調べられない, 1.ほとんど調べられない」の4件法リッカート尺度で回答し、その平均点をプログラムの評価尺度とした。

質問への回答方法は、GIGAスクール構想で整備されたタブレット端末の活用を学校現場では積極的に推進しているため、学校の授業でも利用している「Googleフォーム」を使ってアンケートフォームを作成して回答してもらった。

4. 火山防災教育プログラムの実践・評価

4.1. プログラムの実践

本研究は、那須岳の周辺地域にある栃木県那須中学校を研究対象校とし、対象校において火山防災教育プログラムの実践と評価を行った(表3)。研究対象校の生徒数は、1年生49名、2年生65名、3年生49名の計163名である。学校ではこれまで学校行事として那須岳の全校登山を実施しており、プログラムの実践は全校生徒を対象に実践した。

表3 火山防災教育プログラムの実践

	実践内容	実践項目(使用教材)	実践日
1	火山アンケート	効果測定: 1回目	2023年7月11日
2	ステップ1(事前学習)	プログラム実践(授業用スライド)	2023年7月12日
3	火山アンケート	効果測定: 2回目	2023年7月12日
4	ステップ2(ICT学習)	プログラム実践(YOU@RISK-火山版)	2023年7月14日
5	火山アンケート	効果測定: 3回目	2023年7月15日
6	ステップ3(体験学習)	那須岳登山(登山のしおり)	2023年7月20日
7	火山アンケート	効果測定: 4回目	2023年7月21日

単元1の学習は、2023年7月12日の授業時間1コマ(50分)を使い、各クラスで実施した。教員は、学習用スライドをスライド投影又は生徒のタブレットに共有し、学習指導案に沿って学習を進めた(図9)。

単元2の学習は、2023年7月14日の授業時間1コマ(50分)を使い、各クラスで実施した。教員は、教員用のタブレット画面をスライド投影し、生徒は、個人のタブレットを操作しながら、学習指導案に沿って学習を進めた。グループ学習は、



図9 ステップ1の学習風景(事前学習)



図10 ステップ2の学習風景(YOU@RISK)



図11 ステップ3の学習風景(那須岳登山)

3～4人のグループとなり、個人のタブレットも活用しながら学習を進めた（図10）。

単元3の学習は、2023年7月20日の1日の授業時間を使い、学校の全クラスで那須岳登山を実施した。登山は、「全校防災&クリーン登山のしおり」（登山計画書）により、登山をしながら生徒が学習した内容を振り返るよう、教員が促す指導を行った（図11）。

4.2. プログラムの評価 (Pre-Post)

効果測定は、プログラム実施前後で学習者（生徒）による自己評価を通じて行った。具体的には、14項目の質問への自己評価のスコアを収集して分析した。分析対象は、分析対象については、学校と筆者との協議・協力の結果、プログラム実施時に中学校理科で「地球の形成と変化」を履修していなかった1年生を分析対象から除外した。アンケートフォームに回答を記入した生徒109名（2・3年生）のデータを用いて、学習目標の達成度及びプログラムの有効性について評価した。データの分析では、統計的分析の手法である「対応のあるt検定」を用いた。

4.2.1. 「単元1」の分析結果

単元1の学習目標の達成度合いを、効果測定（July 11th, 2023）と効果測定（July 12th, 2023）のデータを用いて分析した（図12）。分析結果（n=109）は次のとおりである。

質問項目(1)の点数は、実践前2.73から実践後3.23へ変動した。質問項目(2)は実践前1.87から実践後2.91へ、質問項目(3)は実践前2.67から実践後3.34へ、質問項目(4)は実践前2.81から実践後3.42へ、質問項目(5)は実践前1.94から実践後2.89へ、質問項目(6)は実践前1.98から実践後2.96へ、質問項目(7)は実践前2.17から実践後3.01へ、質問項目(8)は実践前2.56から実践後3.17へ、質問項目(9)は実践前2.55から実践後3.11へ、質問項目(10)は実践前2.75から実践後3.10へ、質問項目(11)は実践前2.58から実践後2.86へ、質問項目(12)は実践前2.83から実践後2.90へ、質問項目(13)は実践前2.61から実践後2.85へ、質問項目(14)は実践前2.65から実践後2.79へ、質問項目(9)は

実践前2.55から実践後3.11へ、質問項目(10)は実践前2.75から実践後3.10へ点数が変動した。

対応のあるt検定で分析した結果、項目1～10において1%水準で統計的に有意な差が見られた。

項目1～10は実践後の点数が高くなり、単元1の学習によって、火山災害に関する知識や身を守る行動、行動の判断に必要な防災情報の知識を習得する学習効果を確認した。

また、地図情報に関する質問項目(11)は実践前2.58から実践後2.66へ、質問項目(12)は実践前2.83から実践後2.90へ、質問項目(13)は実践前2.61から実践後2.85へ、質問項目(14)は実践前2.65から実践後2.79へ点数が少し変動した。

t検定の結果は、全項目で統計的に有意な差はなかった。

4.2.2. 「単元2」の分析結果

単元2の学習目標の達成度合いを、効果測定（July 11th, 2023）と効果測定（July 15th, 2023）のデータを用いて分析した（図13）。分析結果（n=109）は次のとおりである。

質問項目(1)の点数は、実践前2.73から実践後3.28へ変動した。質問項目(2)は実践前1.87から実践後2.91へ、質問項目(3)は実践前2.67から実践後3.43へ、質問項目(4)は実践前2.81から実践後3.39へ、質問項目(5)は実践前1.94から実践後2.86へ、質問項目(6)は実践前1.98から実践後2.94へ、質問項目(7)は実践前2.17から実践後3.05へ、質問項目(8)は実践前2.56から実践後3.30へ、質問項目(9)は実践前2.55から実践後3.35へ、質問項目(10)は実践前2.75から実践後3.45へ点数が変動した。

対応のあるt検定で分析した結果、全項目において1%水準で統計的に有意な差があった。

単元1の学習による自己評価の点数に対して、全10項目の点数で多少の変動が見られたが、大きく点数が低下する項目はなかった。

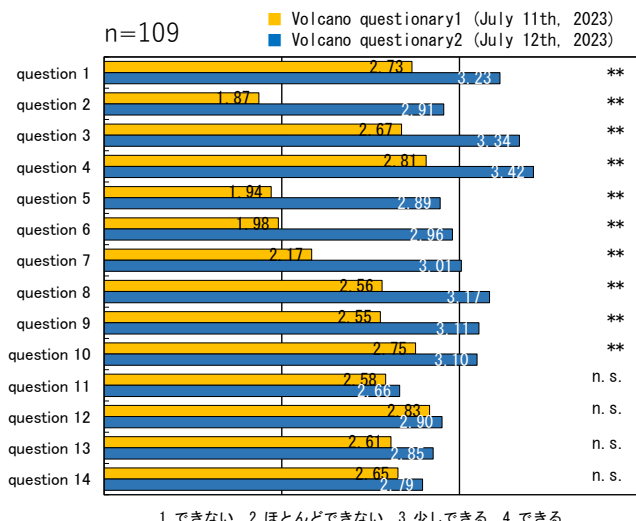


図12 学習目標の達成度評価（ユニット1）

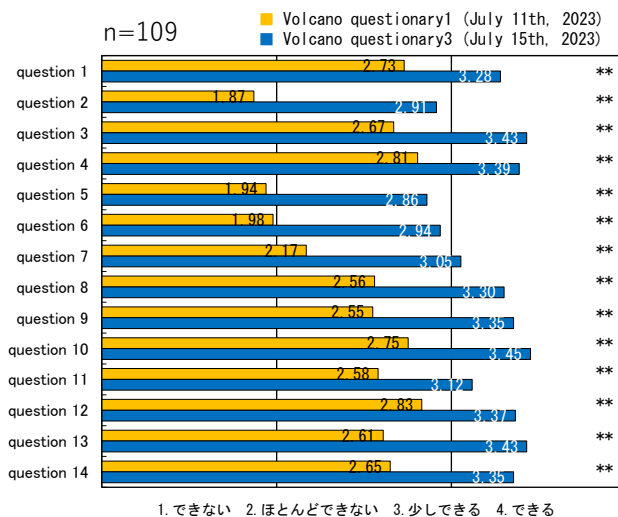


図13 学習目標の達成度評価（ユニット2）

また、地図情報に関する質問項目(11)は実践前2.58から実践後3.12へ、質問項目(12)は実践前2.83から実践後3.37へ、質問項目(13)は実践前2.61から実践後3.43へ、質問項目(14)は実践前2.65から実践後3.35へ点数が変動した。

対応のあるt検定で分析した結果、全項目において1%水準で統計的に有意な差があった。全項目で実践後の点数が高くなり、YOU@RISKを使った学習によって、火山噴火のリスクを理解して避難ルートを選択する技能を習得する学習効果の向上を確認した。

4.2.3. 「単元3」の分析結果

単元3の学習目標の達成度合いを、効果測定 (July 11th, 2023)と効果測定 (July 21th, 2023)のデータを用いて分析した(図14)。分析結果(n=109)は次のとおりである。

質問項目(1)の点数は、実践前2.73から実践後3.33へ変動した。質問項目(2)は実践前1.87から実践後3.00へ、質問項目(3)は実践前2.67から実践後3.46へ、質問項目(4)は実践前2.81から実践後3.52へ、質問項目(5)は実践前1.94から実践後2.93へ、質問項目(6)は実践前1.98から実践後3.03へ、質問項目(7)は実践前2.17から実践後3.02へ、質問項目(8)は実践前2.56から実践後3.33へ、質問項目(9)は実践前2.55から実践後3.28へ、質問項目(10)は実践前2.75から実践後3.54へ、質問項目(11)は実践前2.58から実践後3.21へ、質問項目(12)は実践前2.83から実践後3.42へ、質問項目(13)は実践前2.61から実践後3.39へ、質問項目(14)は実践前2.65から実践後3.52へ点数が変動した。

対応のあるt検定で分析した結果、全項目において1%水準で統計的に有意な差があった。

単元2の学習による自己評価の点数に対して、全14項目の点数で多少の変動が見られたが、大きく点数が低下する項目はなかった。

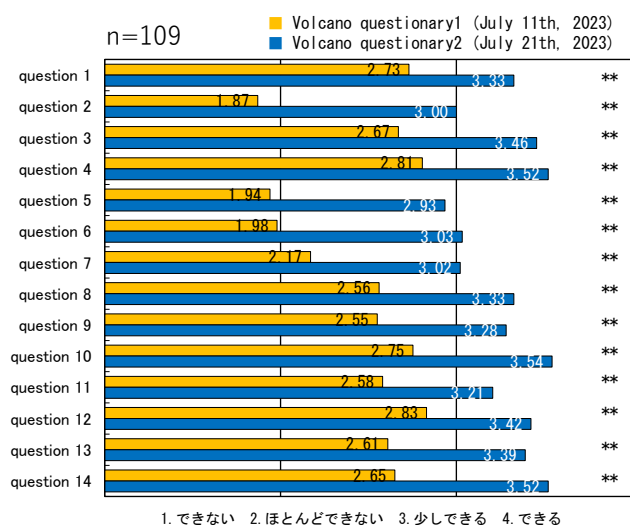


図14 学習目標の達成度評価 (ユニット3)

単元3の学習によって、質問項目(14)が他の項目に比べて点数が高くなり、実際の登山によって避難経路の理解が深まったことが示唆された。しかし、今回の登山学習では、学習目標に対する登山中の指導方法や学習のポイントの実施が不足していたため、学習指導案を改善した。

以上の単元1~3の分析結果から、教員によるプログラムの実践によって学習効果とプログラムの有効性が確認できた。

4.3. プログラムの評価 (学習効果の推移)

単元1~3の学習を通じ、学習者が獲得した学習目標の達成度合いの推移を評価するため、効果測定 (n=109) の4回のデータを用いて、統計的手法である反復測定ANOVA (対応あり)を行った。分析結果は、全14項目において1%水準で統計的に有意な差があった。点数で多少の変動が見られたが、大きく点数が低下する項目はなかった(表4)。学習者が獲得した知識や能力がプログラムを通じて保持されていることを確認した。

また、プログラムの効果をさらに詳細に分析するため、全14項目における「4.よく説明できる」「4.よく考えることができる」「4.よく調べることができる」と評価された割合の時間経過による変化を評価するため、カイ二乗検定で分析を行った(表5)。分析結果は、全14項目において1%水準で統計的に有意な差が見られた。特に、質問項目(10)における「4.よく説明できる」の割合が、初回の6.8%から4回目の54.7%へと大きく増加しており、学習者が災害発生時に自らの命を守るための具体的な行動を身に付けさせる効果を有していることが示唆された($\chi^2(3) = 64.41, p < .01$)

(図15)。さらに、質問項目(3)(9)(13)(14)でも同様に有意な変化が確認され、プログラムの実践が

表4 要因分散分析 (対応あり) (n =109)

Question items	Result of One-Factor Analysis of Variance with Correspondence	Question items	Result of One-Factor Analysis of Variance with Correspondence
question 1	F(3, 390) = 46.97, p < .01	question 8	F(3, 390) = 78.94, p < .01
question 2	F(3, 390) = 116.10, p < .01	question 9	F(3, 390) = 78.50, p < .01
question 3	F(3, 390) = 81.35, p < .01	question 10	F(3, 390) = 88.35, p < .01
question 4	F(3, 390) = 62.47, p < .01	question 11	F(3, 390) = 38.82, p < .01
question 5	F(3, 390) = 86.88, p < .01	question 12	F(3, 390) = 57.03, p < .01
question 6	F(3, 390) = 109.57, p < .01	question 13	F(3, 390) = 83.92, p < .01
question 7	F(3, 390) = 89.51, p < .01	question 14	F(3, 390) = 90.90, p < .01

表5 カイ二乗検定 (n =109)

Question items	Chi-square test	Question items	Chi-square test
question 1	$\chi^2(3) = 15.35, p < .01$	question 8	$\chi^2(3) = 15.35, p < .01$
question 2	$\chi^2(3) = 19.34, p < .01$	question 9	$\chi^2(3) = 19.34, p < .01$
question 3	$\chi^2(3) = 39.37, p < .01$	question 10	$\chi^2(3) = 39.37, p < .01$
question 4	$\chi^2(3) = 28.07, p < .01$	question 11	$\chi^2(3) = 28.07, p < .01$
question 5	$\chi^2(3) = 19.27, p < .01$	question 12	$\chi^2(3) = 19.27, p < .01$
question 6	$\chi^2(3) = 21.35, p < .01$	question 13	$\chi^2(3) = 21.35, p < .01$
question 7	$\chi^2(3) = 15.12, p < .01$	question 14	$\chi^2(3) = 15.12, p < .01$

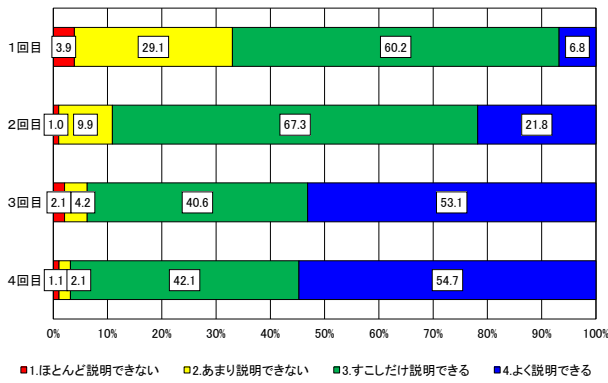


図 15 自己評価回数と質問 10 のクロス集計

学習者の災害対応能力を全般的に向上させる効果があることが示唆された。

4.4. プログラムの評価 (因子分析の結果)

本研究では、プログラムの実施前(July 11th, 2023)および実施後(July 21th, 2023)のそれぞれについて、14項目の学習目標を学習者がどのように自己評価しているのかについて因子分析を行った。因子分析においては、最尤法を用いて固有値1以上の基準で因子抽出を行い、プロマックス回転によって因子軸を回転させた(n=109)。

プログラム実施前の自己評価では、4因子が抽出された(表6)。

因子1は、「(12)地図を使って那須岳周辺の学校や避難場所を調べることができる」「(14)地図を使って那須岳が噴火した時の避難経路を調べることができる」など、地図の読解と活用スキルに関する項目の因子負荷量が高かったため「地理情報活用スキル」因子と命名した($\alpha=.884, \omega=.895$)。

因子2は、「(8)那須岳に噴火警報(火山情報)が発表された時、どのような行動をとればよいか説明できる」「(9)那須岳が噴火した時、どのような行動をとればよいか説明できる」など、火山情報に基づいた緊急時の行動や判断に関する項目の因子負荷量が高かったため「災害時の応答能力」因子と命名した($\alpha=.840, \omega=.867$)。

因子3は、「(4)火山の噴火によって、どのような被害が発生するのか説明できる」「(3)火山の噴火とは、どのような現象か説明できる」など、火山噴火についての一般的な知識に関する項目の因子負荷量が高かったため「火山の基本知識」因子と命名した($\alpha=.900, \omega=.912$)。

因子4は、「(5)那須岳の過去の噴火は、どのような種類の噴火であったか説明できる」「(2)日本の常時観測火山とは、どのようなものか説明できる」など、災害発生時の事例や対応策に関する項目の因子負荷量が高かったため「那須岳の災害知識と対策」因子と命名した($\alpha=.789, \omega=.793$)。

一方、プログラム実施後の自己評価では、3因子が抽出された(表7)。

因子1は、「(10)那須岳が噴火した時、どのような場所に逃げればよいか考えることができる」「(4)火山の噴火によって、どのような被害が発生するのか説明できる」など、地図を利用した避難場所の特定や避難経路の検討に関する項目の因子負荷量が高かったため「地理情報の理解と判断力」因子と命名した($\alpha=.906, \omega=.915$)。

因子2は、「(13)地図を使って那須岳が噴火した時の被害範囲を調べることができる」「(11)地図を使って那須岳周辺の地形や標高を調べることができる」など、地図情報の活用に関する項目の因子負荷量が高かったため「地図解析能力」因子と命名した($\alpha=.912, \omega=.924$)。

因子3は、「(5)那須岳の過去の噴火は、どのような種類の噴火であったか説明できる」「(6)那須岳の過去の噴火では、どのような被害があったか

表 6 因子分析表 (事前評価)

質問項目	因子負荷量				共通性
	因子1	因子2	因子3	因子4	
■ 因子1 地理情報活用スキル ($\alpha=.884, \omega=.895$)					
(12)地図を使って那須岳周辺の学校や避難場所を調べることができる	.883	.221	-.095	-.179	.840
(14)地図を使って那須岳が噴火した時の避難経路を調べることができる	.785	-.144	.143	.086	.685
(13)地図を使って那須岳が噴火した時の被害範囲を調べることができる	.749	-.086	.123	.042	.624
(11)地図を使って那須岳周辺の地形や標高を調べることができる	.743	.103	-.083	.070	.637
■ 因子2 災害時の応答能力 ($\alpha=.840, \omega=.867$)					
(8)那須岳に噴火警報(火山情報)が発表された時、どのような行動をとればよいか説明できる	-.070	.933	.049	.024	.862
(9)那須岳が噴火した時、どのような行動をとればよいか説明できる	-.006	.787	.122	.039	.762
(7)那須岳の火山防災対策や噴火警戒レベルについて説明できる	.120	.520	-.185	.302	.480
(10)那須岳が噴火した時どのような場所に逃げればよいか、考えることができる	.235	.490	.133	-.164	.469
■ 因子3 火山の基本知識 ($\alpha=.900, \omega=.912$)					
(4)火山の噴火によって、どのような被害が発生するのか説明できる	.031	-.009	.947	-.032	.897
(3)火山の噴火とは、どのような現象か説明できる	-.077	.162	.794	-.023	.703
(1)活火山とは、どのようなものか説明できる	.171	-.045	.710	.134	.734
■ 因子4 那須岳の災害知識と対策 ($\alpha=.789, \omega=.793$)					
(5)那須岳の過去の噴火は、どのような種類の噴火であったか説明できる	.125	-.045	-.079	.792	.641
(2)日本の常時観測火山とは、どのようなものか説明できる	-.043	.063	.002	.841	.426
(6)那須岳の過去の噴火では、どのような被害があったか説明できる	-.126	.055	.191	.567	.404
因子寄与	4.981	4.647	4.385	3.058	

表 7 因子分析表 (事後評価)

質問項目	因子負荷量				共通性
	因子1	因子2	因子3	共通性	
■ 因子1 地理空間情報の理解と意思決定 ($\alpha=.906, \omega=.915$)					
(10)那須岳が噴火した時、どのような場所に逃げればよいか考えることができる	.997	.115	-.319	.825	
(4)火山の噴火によって、どのような被害が発生するのか説明できる	.816	-.115	.132	.696	
(3)火山の噴火とは、どのような現象か説明できる	.882	-.011	.097	.548	
(9)那須岳が噴火した時、どのような行動をとればよいか説明できる	.872	-.021	.195	.634	
(8)那須岳に噴火警報(火山情報)が発表された時、どのような行動をとればよいか説明できる	.525	-.019	.398	.679	
(1)活火山とは、どのようなものか説明できる	.463	.138	.257	.567	
■ 因子2 地図解析能力 ($\alpha=.912, \omega=.924$)					
(13)地図を使って那須岳が噴火した時の被害範囲を調べることができる	-.181	1.021	.037	.859	
(11)地図を使って那須岳周辺の地形や標高を調べることができる	-.010	.818	.063	.709	
(14)地図を使って那須岳が噴火した時の避難経路を調べることができる	.173	.756	-.080	.709	
(12)地図を使って那須岳周辺の学校や避難場所を調べることができる	.387	.592	-.035	.768	
■ 因子3 那須岳の火山対策と対応 ($\alpha=.827, \omega=.838$)					
(5)那須岳の過去の噴火は、どのような種類の噴火であったか説明できる	-.118	.050	.824	.601	
(6)那須岳の過去の噴火では、どのような被害があったか説明できる	.002	-.076	.799	.591	
(7)那須岳の火山防災対策や噴火警戒レベルについて説明できる	.109	-.035	.746	.643	
(2)日本の常時観測火山とは、どのようなものか説明できる	-.002	.301	.500	.477	
因子寄与	6.211	5.264	4.966		

説明できる」など、那須岳の過去の災害や火山対策に関する項目の因子負荷量が高かったため「那須岳の火山対策と対応」因子と命名した($\alpha=.827$, $\omega=.838$)。

プログラム実施前は、学習者が火山災害時に必要とされる基礎的な地理情報の処理能力、情報に基づいた行動と判断、火山の基本的理解、具体的な災害対策を立てるための知識を反映していた。プログラム実施後は、因子構造に変化が見られ、学習者が基本的な知識を活用して、地図を利用した避難場所の特定や避難経路の検討能力などの実践的な応用知識を構築していることが確認された。

因子分析による分析結果から、防災教育プログラムの実践を通じて、火山災害に対する知識の獲得と実践的な対応能力を向上させる傾向が見られた。

4.5. インタラクティブな学習アプローチの効果

YOU@RISKを活用した学習を通じて、インタラクティブな学習アプローチの効果について、プログラム実践前後の効果測定の結果に基づき考察した。

分析結果から、那須岳の特徴や噴火による被害の理解(質問項目(5)と(6))、地図情報を使った被害範囲の調査(質問項目(13))、火山噴火時の適切な避難経路と避難場所の理解(質問項目(14))に着目した。学習前と学習後で自己評価の点数が大きく増加する傾向が見られた。これは、学習者が実際の噴火災害時に直面する可能性のある様々なシナリオを想定し、自ら情報を解析・評価することで、災害時に適切な行動を取るための判断力を培うことに繋がったと推察する。このように、YOU@RISKを使用した学習によって、学習者の理解を深めるだけでなく、災害発生時の対応スキルを実践的に高めるインタラクティブな学習の効果が示唆された。

5. 結論と今後の展開

本研究では、活火山周辺地域の中学生が地図情報を活用して火山噴火によるリスクを視覚的に理解し、噴火災害から自らの命を守るための主体的な判断と行動を身に付けることを目的とした火山防災教育プログラムを開発した。このプログラムは、我が国における火山防災教育の現状や課題、教育ニーズを分析したうえで、ICT教育と防災教育を地理的な視点で融合させる学習内容を設計し、ID理論のADDIEを採用して開発した。また、本プログラムは防災科研が開発した「YOU@RISK・火山災害版」をICTツールとして採用し、地図リテラシーや緊急時の対応行動に必

要な知識とスキルを習得するプログラム構成とした。

本研究では、日本の活火山である那須岳を選定し、那須岳周辺地域の栃木県那須町立那須中学校の生徒を対象に、教員によるプログラムを実践し、プログラムの有効性を検証した。学習効果を分析した結果、学習目標の達成度が向上し、ICTツールを活用した火山防災教育プログラムの有効性が確認された。また、インタラクティブな学習を通じて、学習者の火山災害に対する理解が深まり、火山災害に対する知識の習得や実践的な対応能力が向上する傾向が確認された。

YOU@RISKの機能は、那須岳を登山する際のリスク確認や地域の防災訓練など、学校教育以外の場面での活用が可能である。

また、本研究の結果を踏まえて改善した学習指導案は、文部科学省の指導参考資料「実践的な防災教育の手引き(中学校・高等学校編)」の実践事例として採用された。今後の展開としては、プログラムの効果を向上させる改善として、YOU@RISKの機能強化や適用範囲の拡大に必要な他火山データの実装を考慮などが今後の研究課題と捉えている。

本研究が提案する火山防災教育プログラムは、火山防災教育における新たなアプローチを提示した。今後も、防災教育の質の向上と効果的な教育手法の開発に向けた研究を継続していくことが、社会全体のレジリエンス向上につながると考えており、防災科研の情報プロダクツの充実を図っていきたい。

Acknowledgements

本研究では、火山防災教育プログラムの開発に際し、学校現場でのプログラムの実践と検証を行うため、栃木県那須町教育委員会には学校との調整や実践での準備、那須中学校には全面的な協力をいただき研究を行うことができ、深く感謝申し上げます。

References:

- [1] Cabinet Office of Japanese Government, White Paper on Disaster Management 2023. <https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/r05/honbun/index.html>, (in Japanese), [accessed Apr.1, 2024].
- [2] Cabinet Office of Japanese Government, Regarding the promotion of future volcanic disaster prevention measures in light of the Mt. Ontake eruption (report), 2015.
- [3] Cabinet Office of Japanese Government, Regarding the revision of the Active Volcanoes Act in 2020. https://www.bousai.go.jp/kazan/kazan_houritsu/r5_kaisei.html, (in Japanese), [accessed Apr.1, 2024].
- [4] Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Safety Education in School to Foster 'Zest for Life,' 2019 (in Japanese).

- [5] Ministry of Education, Culture, courses of study, 2023.
https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/index.htm, (in Japanese), [accessed Apr.1, 2024].
- [6] Ozaki, A., “Framework of volcano disaster preventions in Japan and practice in school education”, *Journal of Applied Educational Research*, No.27, pp.133-143, 2022 (in Japanese).
- [7] Ikeda, M., Nagata, T., Kimura, R., Yi, T., Nagamatsu, S., “Analysis of Current Disaster Prevention Education Materials Developed in Japan -The Future of Disaster Prevention Education in Relation to the Courses of Study-”, *Papers of Institute of Social Safety Science*, No.39, pp.103-111, 2021 (in Japanese).
- [8] NIED, Database on Volcanic Hazard Maps and Reference Material(1983-),
<https://kazan.bosai.go.jp/v-hazard/HMlist.html>, (in Japanese), [accessed Apr.1, 2024].
- [9] Nagata, T. and Kimura, R., “Development of Disaster Management Education Program to Build Competency in Students’ “Zest for Lives” against Volcanic Disaster”, *Papers of Institute of Social Safety Science*, No.29, pp. 175-184, 2016 (in Japanese).
- [10] Science Council of Japan, “Geography Education Subcommittee, Science Council of Japan, Utilization of Open Data in Geography Education and Development of Cartographic Skills/GIS Skills (Proposal)”, 2014 (in Japanese).
- [11] Sakamoto, M., Kinoshita, K., Hatta, A., and Morikawa, H., “Disaster prevention education using Sakurajima volcano disaster prevention map”, *Collection of papers presented by the Japanese Society for Science Education*, No34, pp.17-20, 2006(in Japanese).
- [12] Tanaka, K., Kawakami, S., and Mutoh, M., “Development of experimental teaching materials for pyroclastic flow models that can be compared with the Ontake Volcano Hazard Map and their practical use in junior high schools”, *Japan Society for Science Education Research Report Meeting*, Vol.32, 10, pp.47-52, 2018 (in Japanese).
- [13] Murakoshi, M., Koyama, M., “Effect of Drill Map Presentation on Volcano Hazard Map Reading”, *Journal of the Japan Cartographers Association*, Vol.45, No.4, pp.1-11, 2007(in Japanese).
- [14] Fumiya, S., Yasunori, Hada., Ryo, Honda., and Mitsuhiro, Yoshimoto., ” Survey Research on Residents’ Reading Comprehension of a Volcanic Hazard Map of Mt. Fuji”, *Journal of Japan Society for Natural Disaster Science*, No.42, pp.83-95, 2023 (in Japanese).
- [15] Masayuki, K., Tatsumi, A., Mitsuhiro, Y. and Tomohiro, K., “Volcanic Hazard Map of Mt. Fuji Using Augmented Reality”, *Papers of Institute of Social Safety Science*, No.37, pp. 149-155, 2020 (in Japanese).
- [16] Nagata, T., Ikeda, M., Kimura, R. and Oda, T., “Development of Tsunami Disaster Risk Reduction Education Program for Children With No Experience of Earthquake Disaster –Practice and Verification at Shichigahama Town, Miyagi Prefecture –”, *J. Disaster Res.*, Vol.17, No.6, pp. 1000-1014, 2022.
- [17] Ministry of Education, “Guide to the Informatization of Education (Supplementary Edition)”, 2020(in Japanese).
- [18] K.Suzuki, “Instructional Design for Practice of E-learning, ”*Journal of Japan Society for Educational Technology*”, Vol.29, No.3, pp.197-205,2006 (in Japanese).
- [19] T.Inagaki and K.Suzuki, “Manual for Design of Classes Ver.2 Instructional Design for Teacher”, *Kitaoji Shobo Publishing*, 2015 (in Japanese).
- [20] Ikeda, M., Nagata, T., Kimura, R., Yi, T., Suzuki, S., Nagamatsu, S., Oda, T., Endo, S., Hatakeyama, M., Yoshikawa, S., Adachi, S., Miura, S., and Take, J., “Development of Disaster Management Education Program to Enhance Disaster Response Capabilities of Schoolchildren During Heavy Rainfall -Implementation at Elementary School in Nagaoka City, Niigata Prefecture, a Disaster-Stricken Area-”, *J. of Disaster Research*, Vol.16, No.7, pp.1121-1136, 2021.
- [21] Nagata, T. and Kimura, R., “Proposing A Multi-Hazard Approach to Disaster Management Education to Enhance Children’s “Zest for Life”: Development of Disaster Management Education Programs to Be Practiced by Teachers-”, *J. of Disaster Research*, Vol.12, No.1, pp.17-41, 2017.
- [22] Nagata, T., Ikeda, M., Kimura, R. and Oda, T., “Experience of Earthquake Disaster -Practice and Verification at Shichigahama Town, Miyagi Prefecture-”, *J. of Disaster Research*, Vol.17, No.6, pp.1000-1014, 2022.
- [23] Kimura, R. and Aikawa, K., “Proposal for a Disaster Management Drill Program for High School Students Who Have Never Experienced a Disaster to Foster a Sense of -Awareness that Disaster Affects Everyone-”, *J. of Disaster Research*, Vol.19, No.1, pp.124-138,2024.
- [24] Hosokawa, Y. and Kimura, R., “Study of an educational program aimed at preparing expectant and nursing mothers for disaster”, *Papers of Institute of Social Safety Science*, No.44, 10pp, 2024 (in Japanese).
- [25] T. Higashino and N. Yoshimoto, ” Creating an e-Learning Course for Elementary School Teachers on Cloud Observations,” *JSSE Research Report*, Vol.33, issue 7, pp.33-36, 2019 (in Japanese).
- [26] K. Ishii, M. Nakano and M. Mizutani, “Development of Management and Career Design Program in a Liberal Arts Curriculum,” *Journal of JSEE*, Vol.65, issue 2, pp.21-25, 2017 (in Japanese).
- [27] M.Iwasaki and K. Suzuki (Supervisors), “Principles of Instructional Design”, *Kitaoji Shobo*, 2007 (in Japanese).
- [28] T.Shimano, R.Kimura, H.Hayashi, N.Nagatomo, and Y.Sakurada, "Proposal for Development Cooperation to Enhance the Capacity on Disaster Emergency Response in Developing Countries - A Case Study of Curriculum Development in the People's Republic of China-", *Journal of Disaster Research*, Vol.11, No.2, pp.341-353, 2016 (in Japanese).
- [29] R.Kimura, K.Tamura, M.Inoguchi, K.Horie, and H.Hayashi, “Building of Method to Design Educational and Training Programs to Improve Knowledge and Techniques for Support to Reconstruct Livelihood in Tokyo Metropolis by Applying ID Theory, ”*Papers of Institute of Social Safety Science*, No.18, pp.433-442, 2012 (in Japanese).
- [30] 防災科学技術研究所, 火山ハザードマップデータベース,
<https://kazan.bosai.go.jp/v-hazard/HMlist.html>, (in Japanese), [accessed Apr.1, 2024].
- [31] 防災科学技術研究所, 情報プロダクト, 防災科学技術研究所ホームページ,

<https://www.bosai.go.jp/katei/products/index.html>, (in Japanese), [accessed Apr.1, 2024].

[32] 国土地理院, 地理院地図, 国土地理院ホームページ, https://maps.gsi.go.jp/index_m.html, (in Japanese), [accessed Apr.1, 2024].

[33] 国土交通省, 重ねるハザードマップ, 国土交通省ホームページ,

<https://disaportal.gsi.go.jp/hazardmap/maps/index.html>, (in Japanese), [accessed Apr.1, 2024].

[34] 気象庁, 知識・解説, 気象庁ホームページ, <https://www.jma.go.jp/jma/menu/menuknowledge.html>, (in Japanese), [accessed Apr.1, 2024].

[35] 那須岳火山防災協議会, 那須岳火山防災ハンドブック, 那須町ホームページ,

<https://www.town.nasu.lg.jp/0030/info-0000000859-1.html>, (in Japanese), [accessed Apr.1, 2024].

[原稿受付 2024 年 4月 24日]

[登載決定 2024 年 7月 16日]