

研究論文

低頻度大規模火山噴火を取り上げた火山防災教育：  
高校生向けの鬼界アカホヤ火山灰の教材化

香田達也<sup>1)</sup>、田口瑞穂<sup>2)</sup>、川村教一<sup>3)</sup>、佐野恭平<sup>4)</sup>

1) 学会員 甲南大学工学部、非常勤講師 博士（理学）

e-mail: takoda@konan-u.ac.jp

2) 学会員 秋田大学教育文化学部、講師 修士（教育学）

e-mail: t\_mizuho@ed.akita-u.ac.jp

3) 学会員 兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科、教授 博士（理学）

e-mail: norihito@rrm.u-hyogo.ac.jp

4) 非会員 兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科、助教 博士（理学）

e-mail: sano@rrm.u-hyogo.ac.jp

Education about volcanic hazards and disaster prevention  
in relation to infrequent large-scale eruptions:

Creating teaching materials for high-school students about the Kikai–Akahoya  
Volcanic Ash

Tatsuya Koda<sup>1)</sup>, Mizuho Taguchi<sup>2)</sup>, Norihito Kawamura<sup>3)</sup>, and Kyohei Sano<sup>4)</sup>

1) Academic member, Faculty of Science and Technology, Konan University, Part-time Lecturer,  
PhD (Science), e-mail: takoda@konan-u.ac.jp

2) Academic member, Faculty of Education and Human Studies, Akita University, Lecturer,  
Master of education, e-mail: t\_mizuho@ed.akita-u.ac.jp

3) Academic member, Graduate School of Regional Resource Management, University of Hyogo, Profes-  
sor, PhD (Science), e-mail: norihito@rrm.u-hyogo.ac.jp

4) Non-member, Graduate School of Regional Resource Management, University of Hyogo,  
Assistant Professor, PhD (Science), e-mail: sano@rrm.u-hyogo.ac.jp

Abstract

For teaching high-school students, the authors conducted volcanic-hazard disaster-prevention classes using the Kikai–Akahoya Volcanic Ash that erupted during Jomon period from a volcano in Kagoshima Prefecture, Southwest Japan. The students observed the volcanic ash in the class and inferred volcanic-hazard risks caused by large-scale eruptions, such as the Kikai Caldera eruption, in the modern society. Following the class, the number of students who recognized the dangers of volcanic ash carried by wind increased. Meanwhile, some students believed that these hazards could potentially result from volcanoes located near their school. This erroneous belief could be the result of the confusion between an active volcano and an in-

active one. Thus, we argue that advancements in these volcano-eruption classes are required to comprehend disasters caused by falling volcanic ash.

Keywords: Volcanic disaster prevention, wide-spread volcanic ash, Kikai-Akahoya Volcanic Ash, Jomon period, high school

## 要 約

筆者らは、鹿児島県に給源火山があり、縄文時代に本州の広い範囲に降灰した鬼界アカホヤ火山灰を教材として、高校生向けの火山防災学習を兵庫県の高等学校で実践した。授業では火山灰を観察させて、現代社会における大規模噴火の災害を予測させた。その結果、活火山から火山灰が吹き流されることによる火山災害を認識する生徒をある程度増やすことができた。ただし、一部の生徒は、それは近傍の火山によるものと考えており、活火山とそれ以外の火山の区別をしていないと考えられる。このことから、火山噴火に関する学習の改善が必要である。

キーワード：火山防災、広域火山灰、鬼界アカホヤ火山灰、縄文時代、高等学校

## 1. はじめに

2021年10月、沖縄県および鹿児島県の島しょ部では漂流していた軽石が海岸に漂着し、魚類の大量死、漁船をはじめ船舶の航行における支障<sup>1)</sup>といった災害が発生している。これらは2021年8月13日の小笠原諸島における福徳岡ノ場の噴火<sup>2)</sup>による火山砕屑物がもたらした火山災害と考えられる。福徳岡ノ場は1986年にも噴火して軽石を放出したが<sup>3)</sup>、今回の噴火は、明治以降に発生した日本列島における噴火の中では最大級の噴火であったといわれている<sup>4)</sup>。このような海底火山の噴火による軽石の漂着による災害の特徴の一つは、わが国の陸域で発生する火山災害と違い発生頻度が低いことである。

火山災害の防災・減災対策を実施する上での困難性について荒牧(1997)は、火山災害がほかの自然災害と比べ際立っている特徴を挙げている<sup>5)</sup>。具体的には、災害の発生頻度が低いこと、災害の規模の範囲がきわめて大きくなりうること、大きく異なった物理モデルに基づいた現象が、同時に出現する場合があることなどである。荒牧はこのことを踏まえ、同書の中で火山防災のために重要なことは、火山災害とはどのようなものであるかという基礎的な知識を普及することが必要であるとも述べており、火山防災のためには教育が重要であることを訴えている。また、井田(1998)は、火山防災について行政、報道機関、住民が最善の協力体制を取れるように、あらかじめ準備しておくことの基礎は、火山災害に対する正しい理解が広く普及すること<sup>6)</sup>、と荒牧(1997)と同様に火山災害の知識・理解が防

災に重要であることを主張している。

ところで、火山防災に関する最近の情勢の特徴の一つは、火山噴火のうち低頻度な現象による災害リスクの評価と市民生活の基盤の関係が議論されることにある。例えば生活や産業に不可欠な電力確保に関してである。具体的には、比較的新しい時代の火山灰層の分布と厚さは原子炉設置変更許可の評価の一つとして用いられているが、新たな研究成果などによる火山灰層分布の見直しに伴って、原子力規制委員会により電力会社に報告徴収命令が発出された例がある<sup>7)</sup>。この事例は、原子力発電所のような現代の日本社会において不可欠な設備にとって、低頻度であっても広域に火山灰を降灰させる火山噴火は災害リスクにおいて重要であることを意味している。もともと火山灰の降灰による災害例として、水質汚染や農業への悪影響<sup>6)</sup>、航空機の故障<sup>8)</sup>などが指摘されている。特に前者は降灰地に長期間にわたり被害をもたらす点が、地震の震動による災害とは異なる。日本列島のかなりの部分を覆うような火山灰の降灰があると、原子力発電所の稼働だけでなく、長期間にわたり市民生活に悪影響を及ぼす恐れがある。佐竹(2007)は、発生頻度は低いがひとたび発生すると甚大な被害を生じる低頻度巨大災害について、スマトラ島や神戸における大地震の可能性は認識されていたと述べている<sup>9)</sup>。また彼は、一般には、過去数十年程度の経験に基づき、インド洋では津波が発生しない、神戸には地震が来ない、などの間違った知識が広まっていたと指摘し、科学的な知識によって自分が経験していないことの知識を増やすことができるとも述べている。その役割の一端を担えるのが学校教育であると筆者らは考える。

広域火山灰について中学校理科教科書および高等学校地学基礎・地学教科書を参照すると、一部の地学基礎教科書<sup>10)-12)</sup>には記載がある。いずれも参考項目であることから授業で取り上げる必要はなく、教師の判断で紹介される程度にとどまることから、現在の教育課程ではごく一部の高校生が広域火山灰のことを知る機会があるに過ぎない。また、熊本県では県内に分布する鬼界アカホヤ火山灰（約7300年前）<sup>13)、14)</sup>を地層の広域対比の理科教材として中学生向けに開発された例<sup>15)</sup>がある。前述のように原子力発電にかかる政策に対して広域な火山灰の降灰による災害リスクは議論の対象になっていることから、今後の安定した社会基盤の保持のための防災対策を議論するためには広域火山灰やそれによる災害リスクについて、例えば地学基礎において履修する機会が拡充されることが望ましいと筆者らは考える。しかし、広域火山灰を教材とした火山防災教育の研究は知られていなかったことから、実践研究を展開することが必要であった。

ところで、筆者らのうち香田は、阪神間に在住する大学生を対象に、鬼界アカホヤ火山灰を防災教育のための教材として用い、バブル型火山ガラスの観察と分類の授業実践を行った。火山ガラスからなる火山灰を観察した学生には、降灰による災害として健康被害を予測する者が見られたが<sup>16)</sup>、このことに関する防災意識について明確な意見を持たせるには至らなかった。また、他の年齢層を対象とした火山防災教育の可能性を示唆したが、具体的な提案は示していなかった。

そこで筆者らは、香田・佐藤（2020）<sup>16)</sup>で用いた鬼界アカホヤ火山灰を高校生向けの火山防災学習の教材とし、日本各地に火山灰が降灰するような噴火の事例が歴史時代にあったことを知らせ、遠隔地に位置する火山の噴火活動も災害リスクにつながりうることについて、知識を獲得させる授業実践を行った。本論文では、この実践の指導過程と成果の分析結果について詳述する。また、本実践に伴い実施した調査において、活火山がない地域にもかかわらず地域で火山が噴火するという、災害リスクの視点から不適切な認識を生徒が持っていることを見出したので、この点についてもデータを提示する。

## 2. 兵庫県における火山災害リスク

教育実践を行った地域の火山とその災害リスクについて概説する。

### 2.1 兵庫県に分布する火山

日本国内の第四紀（約260万年前以降現在まで）に活動した火山噴出物の分布は、「20万分の1日本火山図」<sup>17)</sup>にまとめられている。この図に基づき兵庫県に分布する火山をまとめると、神鍋火山群（活動期間：約74万年～2万年前）、上佐野・目坂火山（約23万年～13万年前）、美方火山群（約158万年前～22万年前）、宝山火山（約37万年～30万年前）、扇ノ山火山（約122万年前～40万年前）、玄武洞火山（約160万年前）、佐坊火山（約170万年前）、大屋・轟火山（約277万年前～199万年前）、照来火山（約313万年前～225万年前）が知られている。日本において活火山と定義される「概ね過去1万年以内に噴火した火山及び現在活発な噴気活動のある火山」<sup>18)</sup>は、兵庫県内においては確認されていない。

### 2.2 火山災害リスク評価の例

兵庫県地域防災計画においては、風水害、地震災害の対策計画<sup>19)</sup>はあるが火山防災の計画は見られない。唯一、関西防災・減災プラン（原子力災害対策編）<sup>20)</sup>において、緊急事態区分のうちの警戒事態の一例として、火山が示されているだけである。

このように、兵庫県における火山災害リスクは気象災害や地震災害と比べ高いものとは認識されていない。

### 2.3 兵庫県の防災教育における火山教材の取り扱いの実態

兵庫県教育委員会が発行している最新の防災教育の教員向け解説書<sup>21)</sup>では、地震災害、水害のみが取り上げられている。一方、火山災害は防災教育の内容に含まれてはいない。活火山の多い東京都では、教育委員会発行の防災教育資料に火山防災が取り上げられている<sup>22)</sup>。兵庫県教育委員会が防災教育の副読本に火山災害を取り上げていないのは、先述のように兵庫県の地域防災計画に火山災害がほとんど取り上げられていないことが背景にあると考えられる。

### 3. 研究授業の設計

#### 3.1 実践校

本教育実践は、活火山のない地域に位置する兵庫県北部（Y町）のX高等学校の2年生「地学基礎」3クラス全生徒（96人）を対象に実施した。活火山のない地域でも、火山防災の教育の必要性があると考えたためである。

#### 3.2 生徒観・教材観

##### (1) 生徒観

研究対象の生徒は、本実践の約3か月前に火山の学習を終えているが、その際に火山砕屑物の標本の観察は行っていない。また観察に用いる双眼実体顕微鏡（以下、顕微鏡）の操作に習熟していない可能性があり、標本の観察指導を強化する必要があると判断した。

##### (2) 教材観

自然災害の中でも火山災害は種類や原因が特に多様であり、火山災害に有効な防止策をとるためには、噴火や噴出物に対する正確な理解が欠かせない<sup>6)</sup>。このため、前述のように研究対象の生徒は火山噴火の学習を済ませているが、本実践にあたり火山噴火現象と噴出物の知識の整理を行うとともに、現象ごとの火砕物の移動速度が異なるため、防災対策は同一では効果的でないことを第1次の授業で伝えることにした。

鬼界アカホヤ火山灰などの広域火山灰は、高等学校地学の一部の教科書で、広域に分布した火山噴出物の一つとして取り上げられている<sup>11)、12)</sup>。災害の項目では、人類の存在が未確認であるため災害ではないが約9万年前の阿蘇4火山灰<sup>23)</sup>をもたらした噴火が取り上げられている<sup>10)</sup>。他方、理科教科書に記載はないが、鬼界カルデラの大規模噴火は、九州南部の縄文人に甚大な災害をもたらした<sup>24)、25)</sup>。そこで本研究では原子力発電所で指摘された大山火山ではなく、理科の教科書に記載例がある鬼界アカホヤ火山灰を教材とすることにした。

#### 3.3 授業設計の方針

第1次授業では火山の学習の復習を兼ねて火山砕屑物の標本観察を行わせ、顕微鏡の操作に習熟させる授業とした。第2次授業では火山防災の内容を授業に取り入れた。まず、2カ所の採集地点から得られた鬼界アカホヤ火山灰を顕微鏡で観察させ、ともに火山ガラスが主体となっていることに気づかせた。その後、このような火山灰が降灰することで

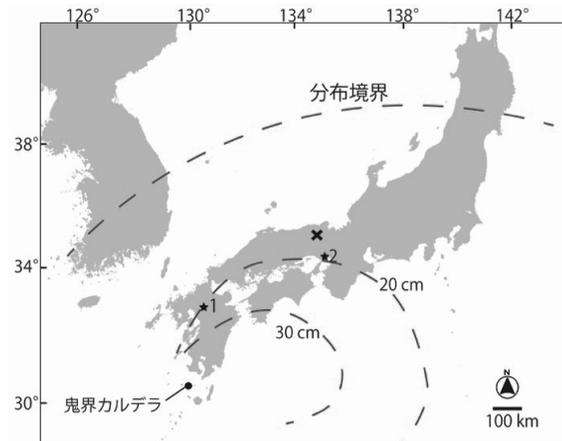


図1 鬼界アカホヤ火山灰の層厚分布、試料採取地点とX高等学校の位置

★：試料採取地点（1、2はそれぞれ試料1、2）。×：実践校の位置。●：鬼界カルデラの位置。破線は火山灰層の等層厚線。町田・新井（2003）に加筆。

引き起こされる災害を生徒に予想させ、火山灰の広域な降灰により災害が起こりうることを知らせる構成とした。

### 4. 使用した教材

#### 4.1 鬼界カルデラの噴火と火山灰の分布

先行研究に基づき、鬼界カルデラを生み出した噴火とその火山分布の特徴を以下にまとめる。鬼界カルデラは鹿児島県薩摩半島の南約50kmに位置し、東西に20km、南北に17kmの大きさを有する大型の海底カルデラである<sup>26)</sup>。カルデラ形成期のうち約7300年前に噴出した大規模な火砕流噴火を鬼界アカホヤ噴火と呼び、火砕流に伴って放出された火山灰は九州から本州で広く分布が確認されている（図1）。鬼界アカホヤ噴火の降下火砕物、火砕流、火山灰を合わせた総噴出量は $170\text{km}^3$ 程度と推定されている<sup>23)</sup>。鬼界アカホヤ噴火における噴出物の分布範囲について、図1の分布境界は町田・新井（2003）<sup>23)</sup>に基づいているが、秋田県の男鹿半島で鬼界アカホヤ火山灰が確認された事例も報告されている<sup>27)</sup>。

#### 4.2 教材として使用した火山砕屑物

##### (1) 第1次授業で用いた教材

マグマの化学成分の違いにより噴火様式や火山砕屑物の形態的な特徴が異なる。この関係を生徒に包括的に理解させるため、次の3種の試料を用意した。

##### 1) 玄武岩質の火山砕屑物

アメリカ合衆国ハワイ島のキラウエア火山で噴出した高発泡度の軽石（図2a）、飛散した玄武岩質マ

グマが引き伸ばされて固化したガラス片（ペレーの毛；図 2b）、飛散した玄武岩質マグマが丸みをおびた粒として固化したガラス片（ペレーの涙；図 2c）、兵庫県豊岡市神鍋火山にて採取したスコリア（図 2d）を使用した。これらを用いた理由は、噴出物中の気泡が肉眼で観察しやすいこと、同じ玄武岩質マグマでも発泡しているかどうかで噴出物の見た目が異なることを確認しやすいからである（図 2）。

## 2) 安山岩質の火山砕屑物

1914～1915年の桜島火山の大正噴火で噴出した降下軽石のうち、桜島島内で採集したものをを使用した（図 2e）。これを用いた理由は、噴火時にマグマ中の揮発性物質が発泡した痕跡である気泡組織を観察しやすいことに加え、玄武岩質の火山砕屑物と比較することでマグマの違いによる火山噴出物の特徴を捉えやすいと考えたからである。超音波洗浄機で泥分を除去したのち乾燥させたものを授業で使用した。

## 3) デイサイト質の火山砕屑物

阿蘇火山が約9万年前に噴火し堆積した阿蘇4火砕流堆積物<sup>23)</sup>の火山灰を使用した（図 2f）。これを用いた理由は、火山ガラスのほとんどが淡い褐色で着色しているため、無色透明な火山ガラスよりも色調が濃い点で観察しやすいことである。授業で使用した試料は、熊本県球磨郡錦町山下の露頭<sup>28)</sup>で採集したものを超音波洗浄機で泥分を除去したのち乾燥させたものである。火山ガラスの粒径は約1mm以下であり、ルーペでも十分観察可能である。

## (2) 第2次授業で用いた教材

本実践授業に用いた鬼界アカホヤ火山灰は、阿蘇火山周辺に分布するもの<sup>29)</sup>であり熊本県阿蘇市西湯浦付近で採取した試料1（香田・佐藤、2020<sup>16)</sup>の図3参照）と、1997年に垂水日向遺跡（兵庫県神戸市垂水区日向）第3次調査<sup>30)</sup>で採取された試料2で、いずれも香田・佐藤（2020）<sup>16)</sup>で記載した試料である。

試料1を顕微鏡で観察すると、ごく稀に直方輝石、普通輝石などの斑晶鉱物やスコリア片が見られるが、無色透明の火山ガラスや軽石を主体とする。試料2は顕微鏡で観察すると、斑晶鉱物は見られず無色透明の火山ガラスである（香田・佐藤、2020<sup>16)</sup>の図6a～c）。

## 5. 研究方法

### 5.1 事前・事後アンケート調査

本授業の実践前後の生徒の反応の差異を見出すため、第1次授業（2021年9月22日）の冒頭時に事前調査を、第2次授業（9月29日）の1週間後（10

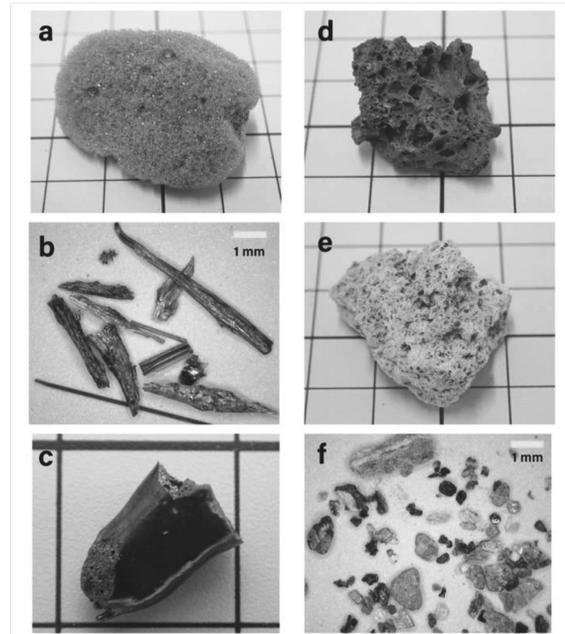


図2 教材として使用した火山砕屑物の標本写真  
写真中のマス目は1cm四方。a：キラウエア火山の高発泡軽石、b：飛散した玄武岩質マグマが引き伸ばされて固化したガラス片（ペレーの毛）、c：玄武岩質マグマが丸みをおびた粒として固化したガラス片（ペレーの涙）、d：神鍋火山のスコリア、e：桜島大正噴火の降下軽石、f：阿蘇4火砕流堆積物の火山灰。

月6日）に事後調査を、いずれも教室にて教師監督のもとに行った。回答時間は、事前調査は5分間、事後調査は5分以内とし、終了後すぐに回収した。

調査内容は事前・事後調査ともに、火山災害の誘因や素因の認識状況を知るため、設問①「火山災害の発生に関わる項目は次のうちどれか」を用意した。選択肢に、誘因（噴火における溶岩や火山砕屑物の噴出）、火山噴出物の移動に影響する自然素因（火山の谷地形、風）、社会素因（人家の存在）をそれぞれ2項目ずつ示し、該当すると考える項目をすべて選択させた。また、高校所在地に災害をもたらすと考える火山の位置の認識状況を知るため、設問②「あなたが90歳になるまでに、Y町の住民の健康や生活に何らかの影響を及ぼすような火山噴火が、次の地域で起きると思うか」を用意した。選択肢に、鹿児島県、兵庫県、北海道を示し、該当すると考える項目を一つ選択させた。加えて、事前調査では自然災害の学習状況についてなども尋ねた。

### 5.2 学習記録の収集

生徒の学習状況を調べるために第1次、第2次の授業においてそれぞれ学習用ワークシートを配布し、授業後に回収してその写しを入手した。ワークシート記述内容のうち、火山災害に関する項目と授業の感想文を、授業成果を議論するために分析対象

とした。

### 5.3 統計的検討の方法

本研究における統計的検討にあたり、 $\chi^2$  値および直接確率検定の  $p$  値の計算には js-STAR ver.8.1.1j (<http://www.kisnet.or.jp/nappa/software/star8/index.htm>) を使用した。

## 6. 授業実践

### 6.1 授業の構成

#### (1) 第1次授業

授業のタイトルは「火山噴火と災害」である。1学期の学習内容の復習と、マグマ中の気体の発泡が火山噴火に関係することを考察させることをねらいとして、火山噴出物観察の学習を設けた。火山噴出物が移動する現象（溶岩流、火山泥流、火砕流）の速度には差異があることを伝え、防災対策は現象ごとに考える必要があることを知らせることもねらいとした。

#### (2) 第2次授業

授業のタイトルは「火山灰と火山災害リスク」である。身近に活火山がない地域においても広域に火山灰が降灰すると災害をもたらすこと、今後の防災対策についてできることを考えることをねらいとした。地学基礎の授業では火山災害の誘因について学んでおり、カルデラ噴火が爆発的であったことはマグマの粘性に関連付けている。粘性の高いマグマが発泡してバブル型の火山ガラスを形成し広範囲に拡散した背景には、粒子が細かく軽いだけではなく、上空を吹く偏西風という自然素因が関係していることを明確に分けて生徒に理解させることが重要である。さらに人への被害の軽重については地理的な距離だけでなく降灰地の人口密度や生活様式が関係しており、縄文時代と現代とでは大きく社会素因が変化していることも考慮して、今後の災害対策を考えさせることとした。

表1 第1次授業の構成

区分	学習項目・内容	学習活動	学習形態	配当時間	教材・教具
導入	・アンケート調査 ・授業のねらい・流れの説明	授業のねらいを知る。	回答 受講	5分 3分	PPT
展開	・火山砕屑物の観察 玄武岩質マグマ 溶岩（アア溶岩、パホイホイ溶岩）、ペレーの涙、ペレーの毛 スコリア（神鍋） 安山岩質マグマ 軽石（桜島） デイサイト質マグマ 火山灰（阿蘇4ほか） ・大規模噴火の地形 カルデラ（阿蘇火山）	回覧形式による観察のみ  ルーペを使用したスケッチと観察のみ  ルーペを使用したスケッチと観察記録  顕微鏡を使用したスケッチと観察記録  粘り気の強いマグマが大規模な爆発を起こすことがある。	観察   ベアに顕微鏡とルーペ各1	20分  (5分)  (10分)  (5分)	標本セット、双眼実体顕微鏡、ルーペ    PPT
	・主な火山災害 ラハールによる災害（中央アメリカ） 火砕流による災害（イタリア・ベスピオ火山） 火砕流による災害（雲仙普賢岳）	火山灰と大雨による災害があることを知る。 短期間に火山砕屑物が堆積して都市が壊滅した災害を知る。 動画を視聴し、火砕流の移動形態の特徴を知る。土石流災害についても触れる。	受講	5分	PPT PPT
	自然災害発生の仕組み	・災害発生の連鎖（誘因、素因）を知る。 ・火山防災対策をどうすればよいか考えをまとめる。		5分	PPT
	・まとめ  ・次回予告	・学習内容をまとめる。 ・火山噴火はマグマ中の気体の発生により起こる。 ・火山砕屑物の放出現象には溶岩流、降灰、火砕流などがある。 ・噴火現象に合わせた防災対策が必要である。	発表  受講	5分	板書
事後	・感想文執筆	感想文を書く。			

PPTはスライド画面の教室スクリーンへの投影。

表2 第2次授業の構成

区分	学習項目・内容	学習活動	学習形態	配当時間	教材・教具
導入	前時の復習と本時のねらい ・火山噴火と噴出物 ・授業のねらい、流れの説明	火山砕屑物・火砕流・カルデラ噴火とは？ 前時の生徒の感想を紹介 以下の授業のねらいを知る。	回答 受講	5分	PPT
展開1	神戸垂水日向遺跡中の鬼界アカホヤ火山灰 ・垂水日向遺跡 ・火山灰の成分(実体)とは？ ・肉眼観察	鬼界アカホヤ火山灰層の発掘の場所(露頭)や年代を知る 選択式 ①岩片(砂粒) ②鉱物(結晶) ③炭(炭素) ④その他( ) 手触りやルーペを使用した観察	受講 回答 観察	10分 (5分) (5分)	PPT ルーペ
展開2	鬼界アカホヤ火山灰中の火山ガラスの分類 試料1: 神戸垂水日向遺跡中の火山ガラス 試料2: 阿蘇外輪山中の火山ガラス	双眼実体顕微鏡を使用して、火山ガラスの形状に着目してスケッチし特徴を記録する。 バブル型平板状の破片が多いことから、火山灰はマグマが発泡してできた火山ガラスからなることを検証・実感する。	観察	20分 (10分) (5分) (5分)	PPT 双眼実体顕微鏡
展開3	広域火山灰としての鬼界アカホヤ火山灰 ・火山灰の噴出火山(鬼界カルデラ)の位置 ・火山灰が広域に拡散・降下する原理 ・降灰による社会的な影響	西日本各地の火山灰の層厚分布から、鬼界アカホヤ火山灰の給源火山の位置を推定する。 九州南部で発生した火山灰が、神戸までどのようにして運ばれてきたのかを考察する。 回答例(記述式) ①噴火が爆発的だった ②火山灰が軽い ③風に流された など 人体(健康面)やライフライン(電気・水道・ガス)、交通などに対する影響を知る。	回答 受講	10分 (5分) (5分)	PPT PPT
まとめ	今後の火山災害リスクの想定 ・鹿児島県上野原遺跡中の土器の様式の変容 ・今後鬼界カルデラが噴火した場合の被害想定	鬼界カルデラ噴火前後で南九州の縄文文化が大きく変化したことを知る。 兵庫県での降灰の層厚を約20cmとして、今後の被害を想定し手近な防災対策について発表する。	受講 発表	5分	PPT 板書

PPTはスライド画面の教室スクリーンへの投影

## 6.2 教材・教具の準備

### (1) 第1次授業

実践校で採用されている地学基礎教科書<sup>12)</sup>に掲載されている火山噴出物のうち、溶岩、スコリア、軽石、火山灰などを観察用教材として用意した。教材の特性については先述のとおりである。なお、火山ガスによる急激なマグマの発泡が起ったことを推測させるため、火山噴出物の多孔質な内部構造を観察させた。そのため、生徒2人につき、試料一式(溶岩を除く火山噴出物)、顕微鏡とルーペ各1基・個を用意した。溶岩は十分な試料数を用意できなかったため、回覧形式で観察させた。

### (2) 第2次授業

2地点で採集した鬼界アカホヤ火山灰の構成粒子の特徴を観察させるために、第1次同様に生徒2人あたり、試料一式および顕微鏡とルーペ各1基・個を用意した。

## 6.3 授業の展開

### (1) 第1次授業

授業における2点のねらいをもとに、評価規準を以下のように設定した。まず、火山噴火によりマグマから火山砕屑物が形成されることを知っていること、これらの放出に伴う現象が災害につながることを知っていること。この評価の観点は知識・技能である。もう1点は、火山砕屑物放出に伴う現象には特徴があることから、噴火現象によっては異なる防災対策が必要であることに気づくことである。

この評価の観点は、思考・判断・表現である。学習目標は、火山砕屑物の観察結果をもとに、それをもとに噴火の原因を説明できるようになること。また、火山防災対策に取り組むときに必要な視点に気づくこととした。当日実施した授業の記録を表1に示す。

### (2) 第2次授業

授業の評価規準は2点あり、まず兵庫県内に鬼界アカホヤ火山灰層があることを知る。次に兵庫県と熊本県で採取された鬼界アカホヤ火山灰の比較により、同じバブル型火山ガラスが広域に拡散したことを知ることで、これらの評価の観点は知識・技能である。さらに鬼界アカホヤ火山灰層の上下位から出土した縄文土器の様式の変容を例として、鬼界カルデラの噴火が当時の社会に影響を与えたことをもとに、低頻度大規模火山災害に関して今後自分ができることを考えることである。この評価の観点は思考・判断・表現である。学習目標は鬼界アカホヤ噴火により広域に分布した火山灰の実体について理解し、今後起こりうる災害を説明できるようになることである。当日実施した授業の記録を表2に示す。

## 7. 成果

### 7.1 事前・事後アンケート調査の結果

#### (1) 火山災害発生に関する要因の認識について

事前調査の設問①の回答状況を図3に示す。これを見ると約9割の生徒が誘因(ア、イ)を回答

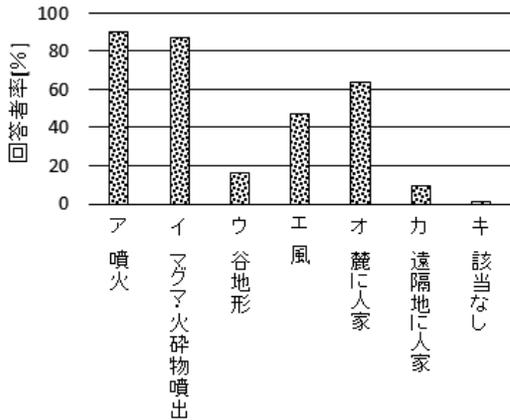


図3 生徒の火山災害に関する事項の回答状況（事前調査）  
ア・イ：誘因、ウ・エ：自然素因、オ・カ：社会素因

しており、噴火現象が火山災害につながることを正しく認識している。自然素因に関しては、最も高い反応率が「エ 風」でありこれは火山灰の降灰に関するものである。これと比べ、溶岩の流下に関する「ウ 谷地形」を回答した生徒の割合には有意差が見られ（直接確率検定、両側検定； $p = 0.000, p < .05$ ）、「エ」よりも認識している生徒の割合は低い。人家があることを挙げている生徒の割合は約6割で、これらの生徒は社会素因を認識している可能性がある。人家が火山の近接地域（「オ」）と遠隔地（「カ」）の場合を比べると、各選択肢を回答した生徒の割合には有意差が見られ（直接確率検定、両側検定； $p = 0.000, p < .05$ ）、「カ」を認識している生徒の割合は低い。このことから、火山災害は火山の近接地域でリスクが高いと生徒は認識しているものと推察される。なお、「オ」、「カ」を回答しなかった生徒は、社会素因を認識していないかもしれない。

(2) 火山災害発生に関する要因の認識の変化

設問①の事前から事後への生徒の反応の変化を分析するために、火山災害に関する事項の回答状況を表3に示す。事前・事後の回答者数を比較したところ、 $\chi^2$  検定（有意水準5%）では「エ」、「カ」以外では有意差は認められない。授業後には、自然素因として風、社会素因として火山から離れた場所の人家の存在について認識する生徒の割合が高くなったと言える。このことから、風によって広範囲に降灰がもたらされる広域火山灰による災害について認識する生徒が増えたと考えられる。

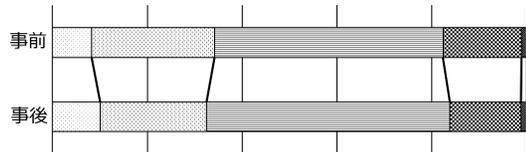
(3) 地方別の火山災害リスクの認識状況

図4は、事前・事後調査において、設問②「あなたが90歳になるまでに、Y町（注：X高等学校の所在地）の住民の健康や生活に何らかの影響を及ぼすような火山噴火が、次の地域で起きると思う

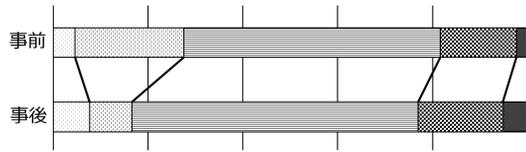
表3 火山災害に関する事項の回答状況（事前・事後調査）

		ア 噴火	イ マグマ・火砕物噴出	ウ 谷地形	エ 風	オ 麓に人家	カ 遠隔地に人家	キ 該当なし
事前 (N=93)	回答	84	81	15	44	59	9	1
	不回答	9	12	78	49	34	84	92
事後 (N=86)	回答	79	75	19	58	58	18	1
	不回答	7	11	67	28	28	68	85
$p$ 値		0.797	1.000	0.344	0.010	0.638	0.039	1.000
判定		n.s.	n.s.	n.s.	$p < .05$	n.s.	$p < .05$	n.s.

(a) 北海道



(b) 兵庫県



(c) 鹿児島県

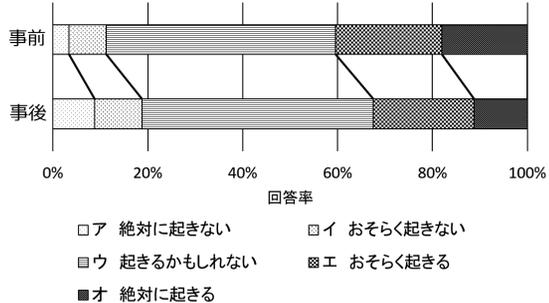


図4 設問②「あなたが90歳になるまでに、Y町（注：X高等学校の所在地）の住民の健康や生活に何らかの影響を及ぼすような火山噴火が、次の地域（北海道、兵庫県、鹿児島県）で起きると思うか。」に対する事前・事後調査での回答状況。

か。」を、北海道、兵庫県、鹿児島県について尋ねたものである。北海道と鹿児島県についての回答状況は、 $\chi^2$  検定（有意水準5%）では有意差は認められない（北海道の事前・事後： $\chi^2(4) = 0.469, ns$ ；鹿児島県の事前・事後： $\chi^2(4) = 3.596, ns$ ）。このことから両地域の火山による災害リスクの認識の学習前後の変化は認められない。

一方、兵庫県の火山（活火山はない）についての回答状況は、「カ 考えがまとまらない」を除いた5件法回答結果の $\chi^2$  検定では、期待値が5以下の項目が全項目の20%を超えるため、「ア 絶対に起きない、イ おそらく起きない」と、「ウ 起きるかもしれない」～「オ 絶対に起きる」に区分して検討すると、事前・事後調査の結果の差異は有意傾向にあった（ $\chi^2(1) = 3.722, .05 < p < .10$ ）。残差分析によると、事前調査の方が「ア、イ」が多く（

$p < .05$  )、「ウ～オ」が少ない ( $p < .01$  )。

## 7.2 学習記録の分析

### (1) 第1次授業のワークシートの記述

本時のねらいの一つは、火山防災対策は現象ごとに考える必要があることを知らせることであった。

授業の展開の最終段階で、ワークシートに「噴火現象がありそうなときに自分の身が危ないかどうか知るためには、どうすればよいか。」の問に対する答えを書かせた。本時のワークシートを提出した生徒は78人、本問について解答した生徒は50人(分析対象者に占める割合64.1%)であった。解答内容についての分類結果が表4である。複数の分類項目を解答した生徒は、それぞれの項目に計上した。

最も多い解答は火山防災に関する情報の収集(表4中の「情報収集」)で、「噴火しそうな山からどれほどの距離にいるかを確認する。」「火山噴出物が飛ぶ範囲を調べる。」など、火山からの距離や被害の想定範囲(10人、解答者の20.0%)が具体的な解答として顕著である。「噴火状況を調べる。」などは、火山災害の規模や状況(4人、8.0%)の情報を収集するという解答である。また、過去の災害記録を見るという内容を2人が記述していた。そのほかは、「ネットで調べる。」「ニュースを見る。」など情報収集方法に関する内容で、情報内容については言及されていなかった。ハザードマップや防災マップについては、それを見て事前に被害の想定を確認しておくという内容を2人が解答しており、他の4人は単にハザードマップや防災マップを見るとだけ記述した。

以上のことから、約3/4の生徒は火山防災のために火山の位置や災害の誘因となる現象の予測についての情報が必要であることを第1次の授業後に認識していたと考えられる。

表4 火山防災のためにとる行動についての回答の分類結果 (N=50)  
HMはハザードマップ、BMは防災マップ。

内容項目	情報収集	HM・BM	その他
記述者数	36	6	15
割合(%)	72.0	12.0	30.0

### (2) 第2次授業のワークシートの記述

第2次の授業のねらいは、低頻度大規模火山災害に関して今後自分ができることを考えることである。このねらいの達成状況を評価するために、ワークシートの記述状況を分析する。ワークシートを提出した95人の生徒を分析対象とする。

授業の展開の終末段階で、「火山災害がもたらす現代社会への影響」の問を提示してワークシートに記述させた。その際、影響の例として「ライフライン(電気・水道)、交通(道路・鉄道)、農作物(米・野菜)、気候(日照時間・天候)」はワークシートに示した。この問に対する答えをまとめたものが表5である。記述した生徒は64人(分析対象者に占める割合67.4%)である。「自動車、交通機関が止まる」、「水道の水が汚れる」といった、例示した内容に基づいた記述が多い。他方、生態系や気候など自然環境に関する視点など例示していない内容を記述する生徒が5人(「その他」に分類)見られ、これらの生徒は思考力などに基づいて解答できたと判断する。

以上のことから、授業者が降灰による災害として例示したもののうち、電子機械や農業、交通機関への影響を生徒は知識として得た可能性がある。本問について思考力を働かせて解答した生徒は一部にとどまった。

図1で示した鬼界アカホヤ火山灰の層厚をもとに、兵庫県下での降灰が厚さ20cmと仮定した時の手近な防災対策は何か、との問いについての記述をまとめたものが表6である。本設問に記述した生徒は63人(分析対象者に占める割合66.3%)である。記述した生徒のうち約4割(26人)は、ハザードマップや防災マップに基づいた避難計画、あるいは単に避難ルートや場所の検討といった避難計画を立てておくことと備えが必要であると考えている。また、情報を得ることや正しい知識を得ることが必要だと考えている生徒の割合は11.1%(63人中7人、本設問解答者に占める割合)であった。その他には、備蓄(5人)や都市計画(2人)などが見られた。

表5 広域に降灰する火山灰の現代社会への影響の回答の分類結果 (N=64)  
LLはライフライン。

影響	電子機械	農業	交通	LL	健康	他
記述者数	27	24	16	10	8	23
割合(%)	42.2	37.5	25.0	15.6	12.5	35.9

表6 降灰時の手近な防災対策に対する記述の分類結果 (N=63)

「計画」は避難計画や備え、「用具」は避難用具、「降下物」は傘をさすなどの降灰対策である。

対策内容	計画	情報	用具	建物	農業	降下物	他
記述者数	26	7	7	7	6	6	17
割合(%)	41.3	11.1	11.1	11.1	9.5	9.5	27.0

以上のように、7割弱の生徒は何らかの火山防災に関する対策を解答できたことから、おおむね第2次の授業のねらいは達成できたと考えられる。ただし、具体性に欠けた一般的な内容(例:「避難場所の確保」)や、存在しない防災情報源(活火山のないY町に火山防災のハザードマップは存在しない)に依存するなど、より適切な防災行動を考えさせるまでには至っていない。これは、配当時間が不足していたことに起因するので本実践ではやむを得なかったと考える。

### 7.3 感想文の分析

#### (1) 記述内容の分類

##### 1) 第1次授業

次に生徒が記述した授業の感想文について、内容を分類したものが表7である。感想文を書いた生徒は76人(97.4%)であった。感想を記述した生徒のうち防災意識についての記述をした生徒は5人(6.6%)で、「火山災害と聞くと、怖いもので、近くで噴火したら逃げられないと思っていたけれど、火山にもたくさんの種類があることが分かったので、火山の種類を知って避難方法を考えておけば、落ち着いて避難できるんだなと思いました。」という記述がみられた。学習内容の「興味」は、学習内容を具体的に記述して、興味深い・面白いと記述した生徒数である。授業に対する感想等の「否定的」には、分からない、授業時間が足りない等の記述がみられた。「非常に興味深い内容で面白かった。しかし時間の関係で噴出物の観察を十分にできなかった。」のように、肯定的と否定的の両方にカウントされている生徒もいる。

表7 第1次授業についての感想文の分類結果 (N=76)

記述内容	学習			授業に対する評価等		
	理解	興味	防災意識	肯定的	否定的	態度
記述者数	28	12	5	36	17	9
割合(%)	36.8	15.8	6.6	47.4	22.4	11.8

##### 2) 第2次授業

感想文について内容を分類したものが表8である。記述した生徒は82人(86.3%)であった。分類のうち学習の項目の「理解」には、火山災害についての理解と火山学の知識の理解が含まれる。火山災害の知識については36人(43.9%)、火山学の知識については31人(37.8%)が記述していた。防災意識に関する内容の割合は7人(8.5%)であった。

学習内容の理解やそれに関する感想文の例には、「火山灰は砂みたいなのだと思っていたが、ガラスだと知ってびっくりしました」(生徒A)、「目で見るより顕微鏡でみると火山灰がとても透き通ってきれいでびっくりした」(生徒B)、「1万年に1回訪れるかもしれない噴火は、いつおこるか分からないので火山知識を知ることができてよかったです」(生徒C)など火山灰の実態を知った例がある。火山灰の降灰による災害の危険性や怖さに関する感想文には、「九州から兵庫はとても遠いのに、噴火したら火山ガラスが兵庫まで飛んでくるなんて恐ろしい」(生徒D)、「近くに火山がなくても、火山灰などによる影響、危険性があることを知りました」(生徒E)、「数cmの火山灰で日常生活が一変してしまうことに驚きました。また、授業前よりも火山噴火を身近に感じるようになりました」(生徒F)の例がある。

##### (2) 災害リスクとなる火山の認識の変化

授業前後の火山災害リスクの認識の変化を見るために、第1次・第2次のワークシートを提出した生徒のみを対象とする。対象は78人である。

感想文の欄に災害リスクとなる火山の認識について例えば「噴火や、それが引き起こす災害について、ここまで深くまなび、そのうえ自分から噴火について探る機会は今までなかった(後略)」、「火山によって火山灰の大きさや粘性など全く違うので、火山によって対策方法を考えないといけないと思いました。」などを記述した生徒は、第1次の後で11人、第2次の後では38人であり、検定の結果、有意差が見られ( $\chi^2$ 検定:  $p = 0.000, p < .05$ )、授業後に増えた。このことから、第2次の授業後に火山災害リスクの認識が高まったといえる。

表8 第2次授業についての感想文の分類結果 (N=82)

記述内容	学習			授業に対する評価等		
	理解	防災意識	新疑問	肯定的	否定的	他
記述者数	67	7	6	31	1	3
割合(%)	81.7	8.5	7.3	37.8	1.2	3.7

### (3) 火山防災に関する認識の変化

第2次の授業の感想で火山災害に関する記述には、火山が噴火しても被害の及ぶ範囲は火口周辺に限定されると認識していたため、過去の記録を知ることで新たに火山災害リスクを認識した例だと判断できるもの（生徒D、E）や、厚さ数cmの火山灰が日常生活を一変させるといふ火山災害リスクを認識するようになったと判断できるもの（生徒F）があった。これらの感想は、本授業で火山防災について新たな認識を持った例だと考えられる。

授業前後の火山防災の認識の変化を見るために、7.3(2)と同様に78人を分析対象とする。感想の記述数からみると、防災意識に関しては第1次の授業後が5人、第2次の授業後は7人で、検定の結果、有意差はみられない(フィッシャーの正確確率検定： $p = 1.000, p > .05$ )。第1次と第2次授業後の両方に記述した生徒は0人で、それぞれ独立していた。第1次後では、「対策」という言葉を記述している生徒は5人中1人であった。内容は「Y町（注：X高等学校の所在地）には噴火する場所はないと思うけど氷ノ山<sup>註</sup>とかすぐ近くにあるので予測してどういう行動をすればよいか考えていきたいです。」のように5人とも具体的な対策の記述はなく漠然としていた。第2次後では、「火山によって火山灰の大きさや粘性など全く違うので、火山によって対策方法を考えないといけないと思いました。」のように「対策」という言葉を記述している生徒は7人中5人であった。

## 7.4 授業の成果

### (1) 第1次授業について

まず、授業の成果について、6.3で述べた評価規準に基づいて検討する。本時の評価規準の知識としては、火山噴火によりマグマから火山砕屑物が形成されること、これらの放出に伴う現象が災害につながることを知っていること、である。また、思考・判断・表現としては、火山砕屑物放出に伴う現象には特徴があることから、噴火現象によっては異なる防災対策が必要であることに気づくこと、である。知識がどれくらい生徒に身に付いたのかについては調査を実施していないため評価はできない。

思考・判断・表現については、7.2(1)に述べたように、噴火現象によっては異なる防災対策を立てる必要性から情報を得る必要を記述する生徒が感じていることから、授業には一定の効果があったと考える。

授業の感想文からは、授業内容に満足する生徒が半数近くいる一方、時間不足を記述する生徒もいる

ことから、授業の内容や分量について精選する必要がある。

### (2) 第2次授業について

本時の評価規準の知識としては、兵庫県と熊本県で採取された鬼界アカホヤ火山灰の比較により、同じバブル型火山ガラスが広域に拡散したことを知ることである。また、思考・判断・表現としては、低頻度大規模火山災害に関して今後自分ができることを考えること、である。ワークシートにある「鬼界アカホヤ火山灰が広域に拡散した理由」について、95人中88人(92.6%)が記述していたことから、知識は身に付いたことが推察される。思考・判断・表現については、表6にあるように、95人中63人(66.3%)が何らかの対策について考えることができおり、感想欄(表8)にも、防災意識について記述されていた。これらのことから、第2次授業についても授業には一定の効果があったと考える。

また、7.2(2)で述べたように風によって広範囲に降灰がもたらされることによる災害について認識する生徒が増えたこと、7.3(2)で述べたように生徒の火山災害リスクの認識が高まったことから、授業の成果があったと言える。

## 8. 火山災害リスクの不適切な認識に関する課題

生徒の兵庫県の火山災害リスクの認識について図4(b)に関する分析で示したように、授業後には県内でY町に災害をもたらす火山噴火が発生すると考える生徒の割合が高くなった。2.1で述べたように兵庫県内には活火山は知られていないので、災害リスクを伴う火山噴火が発生する蓋然性は低い。このため、県内の火山による災害リスクを想定することは科学的な根拠に基づいているとは言えない。第1次、第2次の授業における指導者からの発言においては、誤った認識を生徒が持たないよう兵庫県内の火山については触れていない。また生徒の学習記録や感想文には「兵庫県」といったキーワードは見いだせなかったため、授業で得た知識を基に兵庫県の火山災害リスクを生徒が回答したとは言えない。つまり、本時の授業以外で得た知識を基に回答した可能性がある。

このことについて筆者らが推論するのは、生徒の一部は活火山の分布に関する知識が不確かだ兵庫県内にも活火山が存在していると誤解して、北海道や鹿児島県の活火山よりも地理的に近い兵庫県内の火山の噴火が災害リスクになると考えて回答したのではないかということである。7.3(3)で述べたよ

うに、第1次の授業後に活火山ではない氷ノ山による火山災害リスクを認識していた生徒が見られた。このことは、火山と活火山の区別をしない、あるいは県内に活火山があると考えている、不適切な地球科学の知識を持つ生徒の存在を示唆する。科学的に不適切な認識を持つ生徒は、火山災害に関して効果的なリスクマネジメントに取り組めない可能性がある。なぜ生徒が「火山＝活火山」のような誤認識を持つようになったのか、例えば小学校や中学校における火山やその防災の学習が誤認識を強化していないのかについて明らかにするとともに、このような誤認識を強化しないような火山防災学習の在り方の研究が今後必要である。

## 9. まとめ

筆者らは、鹿児島県の火山が縄文時代に噴火して本州の広い範囲に降灰した鬼界アカホヤ火山灰を教材として、低頻度大規模火山噴火を想定した高校生向けの火山防災の授業を実践した。本実践は、活火山のない地域に位置する兵庫県中部の高等学校の2年生「地学基礎」クラス生徒を対象とした。授業は2コマ（第1次、第2次）行われ、主として第1次では火山碎屑物の観察、第2次では広域火山灰の観察と災害を予測する展開とした。

第1次の授業について、約3/4の生徒は火山防災のために火山の位置や災害の誘因となる現象の予測についての情報が必要であることを授業後に認識していた。

第2次の授業後では、風によって広範囲に降灰がもたらされる広域火山灰による災害について認識する生徒が増えたと考えられる。降灰による災害として例示したもののうち、電子機械や農業、交通機関への影響を生徒は主な知識として得た可能性がある。また、7割弱の生徒は火山防災に関する何らかの行動を挙げることができた。

以上のことから、活火山から火山灰が風で流されることによる火山災害リスクがあることを認識する生徒を、ある程度増やすことができた。ただし、一部の生徒は、近傍の火山について、活火山とそれ以外の火山の区別をしていないと考えられ、防災教育のために、まず活火山に関する学習の改善が必要であると筆者らは考える。

注：氷ノ山は兵庫県と鳥取県境に位置する第四紀火山ではあるが活火山ではない。

## 謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費基盤研究 (B) 課題番号 20H01749 (代表者 川村教一) による財政的援助を受けた。研究にあたり実践校の校長および三木武行氏、三和祐太氏、山本紀代美氏による全面的な協力を得た。本論文の序章に関するアイデアは、滋賀大学教職大学院藤岡達也教授から御示唆をいただいた。本論文の火山学に関する内容については、秋田大学大学院教育学研究科の林信太郎教授から御指摘いただいた。また2名の匿名査読者から貴重な御指摘や御助言をいただいた。本研究に御協力くださった関係各位に感謝する。

## 参考文献

- 海上保安庁十一管区 (2021)、海上保安庁十一管区地域航行警報 番号 200、10月26日11時50分発表。  
<https://www1.kaiho.mlit.go.jp/TUHO/keiho/kanku/11kanku.html> [2021.11.18 閲覧]
- 海上保安庁海洋情報部 (2021)、福徳岡ノ場。  
<https://www1.kaiho.mlit.go.jp/GIJUTSUKOKUSAI/kaiikiDB/kaiyo24-2.htm> [2021.11.18 閲覧]
- 気象庁、福徳岡ノ場。  
[https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/331\\_Fukutoku-Oka-no-Ba/331\\_index.html](https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/331_Fukutoku-Oka-no-Ba/331_index.html) [2021.11.18 閲覧]
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター (2021)、福徳岡ノ場火山 2021 年、福徳岡ノ場火山 2021 年噴火と漂流軽石災害情報。  
<https://www.gsj.jp/hazards/volcano/fukutokuo-kanoba/2021/index.html> [2021.11.18 閲覧]
- 荒牧重雄 (1997)、序論、宇井忠英 (編)、火山噴火と災害、東京大学出版会、1-18.
- 井田喜明 (1998)、3.2 火山災害、社会地球科学、岩波書店、88-114.
- 原子力規制委員会 (2018)、大山火山の大山生竹テフラの噴出規模見直しに伴う報告徴収命令の発出について (案)。  
<https://www.dansr.go.jp/file/NR000058486/000255855.pdf> [2021年10月8日閲覧]
- 小野寺三朗 (1995)、航空機災害、下鶴大輔・荒牧重雄・井田喜明・中田節也 (編)、火山の事典、朝倉書店、382-392.
- 佐竹健治 (2007)、低頻度大規模自然災害、学術の動向、12 (11)、22-26.
- 木村龍治ほか 16 名 (2016)、地学基礎、東京書籍、

- 191p.
- 11) 森本雅樹ほか 11 名 (2016)、地学基礎、実教出版、191p.
- 12) 小川勇二郎ほか 15 名 (2021)、新編地学基礎、数研出版、206p.
- 13) 町田 洋・新井房夫 (1978)、南九州鬼界カルデラから噴出した広域テフラーアカホヤ火山灰、第四紀研究、17(3)、143-163.
- 14) 福沢仁之 (1995)、天然の「時計」・「環境変動検出計」としての湖沼の年縞堆積物、第四紀研究、34、135-149.
- 15) 大塚雅勇ほか 11 名 (1990)、熊本周辺の地質と教材 (その 4) : 阿蘇火山から熊本平野にかけて、熊本地学会誌、93、2-16.
- 16) 香田達也・佐藤鋭一 (2020)、火山のない地域における火山防災教材—垂水日向遺跡中の鬼界アカホヤ火山灰—、防災教育学研究、1(1)、135-140.
- 17) 産業技術総合研究所地質調査総合センター (編) (2020)、20 万分の 1 日本火山図 (ver. 1.0d)、産業技術総合研究所地質調査総合センター。 <https://gbank.gsj.jp/volcano/vmap/> [2021 年 11 月 19 日閲覧]
- 18) 気象庁、活火山とは。  
[https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/katsukazan\\_toha/katsukazan\\_toha.html](https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/katsukazan_toha/katsukazan_toha.html) [2021 年 11 月 18 日閲覧]
- 19) 兵庫県 (2021)、兵庫県地域防災計画。  
<https://web.pref.hyogo.lg.jp/kk37/hyougokenchiikibousaikeikaku.html> [2021 年 11 月 18 日閲覧]
- 20) 兵庫県 (2019)、関西防災・減災プラン (原子力災害対策編)。  
[https://web.pref.hyogo.lg.jp/kk37/documents/h3103kansaiplan\\_genshiryoku\\_hontai.pdf](https://web.pref.hyogo.lg.jp/kk37/documents/h3103kansaiplan_genshiryoku_hontai.pdf) [2021 年 11 月 18 日閲覧]
- 21) 兵庫県教育委員会 (2013)、学校防災マニュアル 平成 24 年度改訂版、兵庫県教育委員会事務局教育企画課、123p。 <https://www.hyogo-c.ed.jp/~somu-bo/bousaimanual/bousaimanual.htm> [2021.11.6 閲覧]
- 22) 東京都教育委員会指導部指導企画課 (2017)、防災教育ノート高等学校、東京都教育庁指導部指導企画課、27p。  
[https://www.kyoiku.metro.tokyo.lg.jp/school/study\\_material/safety/files/tokyobosai/kou\\_1.pdf](https://www.kyoiku.metro.tokyo.lg.jp/school/study_material/safety/files/tokyobosai/kou_1.pdf) [2021.11.6 閲覧]
- 23) 町田 洋・新井房夫 (2003)、新編火山灰アトラス—日本列島とその周辺、東京大学出版会、336p.
- 24) 町田 洋 (1981)、縄文土器文化に与えた火山活動の影響、地理、26 (9)、36-44.
- 25) 桑畑光博 (2002)、考古資料からみた鬼界アカホヤ噴火の時期と影響、第四紀研究、41、317-330.
- 26) 小野晃司・曾屋龍典・細谷武男 (1982)、薩摩硫黄島地域の地質、地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅)、地質調査所、80p.
- 27) Okuno, M., Torii, M., Yamada, K., Shinozuka, Y., Danhara, T., Gotanda, K., Yonenobu, H., Yasuda, Y. (2011), Widespread tephra in sediments from lake Ichi-no-Megata in northern Japan: Their description, correlation and significance. *Quaternary International*, 246, 270-277.
- 28) 町田 洋 (1996)、人吉盆地における阿蘇・阿多などの火砕流堆積物、日本第四紀学会第四紀露頭集編集委員会 (編)、第四紀露頭集—日本のテフラ、55.
- 29) 渡辺一徳 (1999)、阿蘇火山、高橋正樹・小林哲夫 (編)、九州の火山、築地書館、49-66.
- 30) 神戸市教育委員会・神戸市スポーツ教育公社 (1992)、神戸市垂水区垂水・日向遺跡、第 1、3、4 次調査 (日向地区・陸ノ町地区)、286p.

(受理：2021 年 11 月 28 日)  
(掲載決定：2022 年 3 月 13 日)