

米国流の火山情報発信とリスク管理

—ハワイ島キラウエア火山1983-2018年噴火



宇井 忠英 (うい ただひで)

北海道大学名誉教授、理学博士

東京大学・米国オレゴン大学・山形大学・神戸大学を経て1994年4月から北海道大学大学院理学研究科教授。2000年の有珠山噴火当時は気象庁噴火予知連絡会委員・北海道防災会議専門委員。04年に大学を定年退職後はNPO法人環境防災総合政策研究機構に所属して火山噴火や地震の防災啓発活動に従事。著書『火山噴火と災害』（東京大学出版会）ほか。

ハワイ島にあるキラウエア火山は赤熱の溶岩を頻繁に流す火山として大勢の観光客を魅了し続けてきました。2018年まで35年間活発に繰り返した噴火では、溶岩流による道路や農場の埋没・家屋の焼失などの災害が発生しました。この噴火に関わった3つの組織、ハワイ火山観測所・ハワイ火山国立公園・ハワイ郡市民防衛局が連携したリスク管理からは日本の防災機関が学ぶべき課題が見受けられます。今回はこの噴火を初期から終息後まで現場で見聞し、2018年に山麓噴火に移行してからは地元新聞・テレビのインターネット版を閲覧してきた筆者の報告です。

キラウエア火山

20万人が暮らすハワイ島はハワイ諸島の中で最も南南東側にある火山島です。ハワイ島の面積は大よそ四国の半分、5つある火山の中でキラウエア火山を含む4つが活火山です。キラウエア火山の近年の噴火は大地に割れ目を生じて溶岩を噴き上げ、溶岩流として流れ出すという特徴があります。噴火は山頂部のカルデラ内部ばかりでなく、東と南西の2方向に海面下まで延びるリフトゾーンで発生することがあります。

米国地質調査所ハワイ火山観測所

米国地質調査所ハワイ火山観測所は米国に5カ所ある火山観測所の一つです。所長以下30名規模の研究者

が常時在籍し、キラウエアカルデラの縁にある研究所を拠点として観測網を展開し、地球物理学的な研究、地質学的手法による噴火機構や噴火履歴の研究、火山ガスの観測など多彩な研究を進めています。国内のみならず各国の若手研究者が常時訪問研究者として研鑽を積んでいます。

ハワイ火山観測所はこうした基礎研究の傍らキラウエア火山に加えてハワイ島にあるマウナロア、フアラライとマウナケア、ハワイ島南東沖の海底火山ロイヒ、そしてマウイ島のハレアカラ火山を観測して火山活動状況を公表する任務を担っています。観測データに基づいた各火山毎の活動情報にはnormal（静穏）、advisory（活動中）、watch（注意）、warning（警戒）の4段階で表現した警報とgreen（緑）、yellow（黄）、orange（橙）、red（赤）の4段階で表現した火山上空の飛行コードがついています。

ハワイ火山観測所はキラウエア火山のハザードマップを作成してインターネットなどで広く公開しています。ハザードマップに盛り込まれた情報は溶岩流に覆われるリスクが最も高いzone 1 から最も低いzone 5 までに区分して色分けしたものです（図1）。

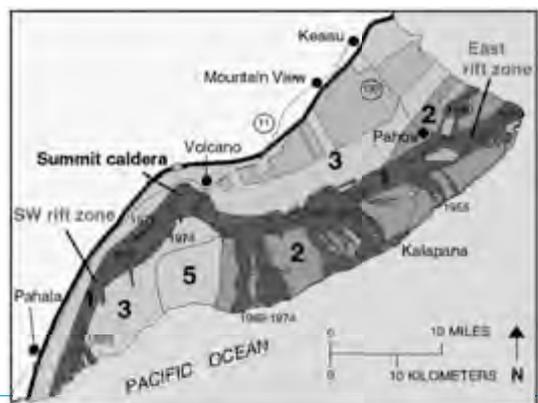


図1 キラウエア火山のハザードマップ。歴史時代の溶岩流の分布と居住地区が上書きされている。

ハワイ火山国立公園

キラウエア火山と隣接するマウナロア火山のそれぞれ一部がハワイ火山国立公園に指定されています。ホノルルから定期便に乗って約50分でハワイ島最大の都市、人口5万人足らずのヒロに到着します。ヒロから州道11号を約50km走ると国立公園入口に到着します。国立公園に入ってすぐの広い駐車場に面して、ビジターセンターとその背後に国立公園事務所があります。質素なつくりのビジターセンターの内部には多くの解説パネルとビデオを上映する小講堂、資料の売店があります。受付のカウンターではレンジャーが来訪者の質問に答えています。そのそばには国立公園を案内する多言語の無料リーフレットが置かれています。建物の外にはハワイ島の立体模型があり、ここでも時々レンジャーが解説を行っています(図2)。国立公園内は自動車道と駐車場に車を置いて歩くトレイルのネットワークが明確に分離されています。重要な地点に設置された解説看板は対象物への視野を遮らないように、高さは大人の胸以下に抑えて画面が傾いています(図3)。文字での解説は最小限に留め、画像を多用しています。特定の植物名を周知するための小さな看板もあります(図4)。主なトレイルには有料のガイドブックが作られています(図5)。国立公園のこうした体制は洞爺湖有珠山ジオパーク創設に際してアドバイスする機会を持った際に参考としました。

国立公園のレンジャーは国立公園内の維持管理の全てを担っています。日頃は不法行為の監視や事故対応に加えて、外来生物を駆除して生態系を守ることに労力を費やしています。ハワイ火山観測所が出す火山情報により来訪者にリスクが及ぶと判断された際には、立ち入り規制区域を設定して周知します。

ハワイ郡市民防衛局

ハワイ州危機管理庁(HEMA)の下部組織として各郡に市民防衛局(Civil Defense)があります。ハワイ郡市民防衛局は噴火・地震・ハリケーン・津波・高波・山火事などの自然災害や核・ミサイル・感染症などの災害が発生したとき、そのリスクを判断し、対応策を関係機関に指示する役割を担う専門職集団です。

1983-2018年噴火の経過

1983年1月に山頂カルデラから東に約15km離れたリフトゾーン上で割れ目噴火が始まりました。6年には噴火地点がプオオと命名された火口に集中し、溶岩流は南東山腹を経て海への流入を繰り返しました。



図2 来訪者に解説しているレンジャー(2004.8.22撮影)



図3 視界を遮らない解説看板。解説文は簡潔で図版が多い。(2004.8.23撮影)



図4 地面に立てられた植物の解説板。(2011.9.8撮影)

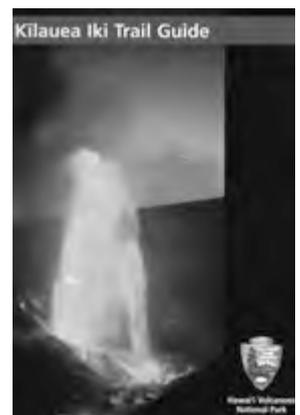


図5 有料で販売されているトレイルのガイドブック。現場には地点番号の標識しかない。

1986年から90年にブオオ火口から流れ出て海岸まで到達した溶岩流が海岸沿いのカラパナ集落を飲み込み大半の家屋が焼失しました。この集落に隣接する公共の上下水道施設や電力の供給がない溶岩原には、現在新たに住宅が新築され始めています。大陸から温暖な気候の土地を求めて移り住み始めているとのことです。

山頂カルデラ内にある直径900mのハレマウマウ火口の底に直径35mの小火口が開いて、火山ガスを放出し始めたのは2008年3月19日のことでした。4月に入って火山ガスの放出量が急増し、北東貿易風が弱まった8日には、SO₂（二酸化硫黄）濃度が環境基準を超えた火山ガスがビジターセンター周辺に漂い始めたため、国立公園は閉鎖となり、来訪者と公園職員約2,000名が自主避難を余儀なくされる事態となりました（図6）。その後小火口は直径200m位まで拡大して、内部に溶岩湖が確認されるようになり、一時的に湖面が上昇してハレマウマウ火口に溶岩が溢れ出すこともありました。

2018年4月末に突然ハレマウマウ火口とブオオ火口にあった溶岩湖面が低下し始め、火口からマグマが消失しました。地下で火山性地震が東リフトゾーンに沿って発生し始め、山頂から40km離れたレイラニ地区の住宅地（図1のPahoaから南南東4km）に達しました。5月3日からここで割れ目噴火が始まりました。8月2日までの間に割れ目火口群は延長7kmの範囲に及び、溶岩流は36km²の大地を埋めて海に流入しました。この間山頂カルデラでは地震に伴ってハレマウマウ火口が周期的に陥没し始めました。ハレマウマウ火口の直径は長径3km、短径2kmに拡大し深さ

が600m以上に達しました。その周りのキラウエアカルデラの一部も陥没しました。山麓での溶岩の流出や火山ガスの放出が停止して、35年間続いた噴火が終息しました。1983-2018年噴火はすべてハザードマップのzone 1で発生し、溶岩流に覆われてしまった範囲はほとんどzone 1か2に収まっています。

2018年山麓噴火の際に見られた機関連携と住民対応

ハワイ火山観測所は5月1日朝に発表した観測日報でブオオ火口の溶岩が消失し、東リフトゾーンに沿って地震が群発して州道130号を超えたと報じ、山麓噴火の可能性を示唆して市民防衛局からの情報に注意するよう住民に促しました。翌朝の日報では山麓へのマグマの移動が続いていること、噴火地点はまだ特定できないが引き続き市民防衛局からの情報に注目するよう求めました。3日朝の日報では2日夜から住宅地区内で地割れが見つかり始めたと報告、午後5時35分に警報をwatch（注意）から最高レベルのwarning（警戒）に引き上げました。山麓噴火が開始したのはこの日の夜でした。1日以降、現地調査班をレイラニ地区に派遣して亀裂の位置や噴出した溶岩流の分布を確認しました。

市民防衛局はハワイ火山観測所が発信した警報レベルの引き上げを受けて、住宅地全域を立ち入り規制区域に設定して全住民の避難を開始しました。近隣のパホア地区にある州立高校や公民館など3カ所に避難所が設けられました。そのうちの1カ所はペット同伴者用でした。体育館内に簡易ベッドを並べ、屋外の駐車場などの広場に自家用車を止めてテントを張る場所を設定しました。溶岩原が拡大して溶岩流が海に流れ込んだため、海岸沿いの別の集落や点在する農場も避難の対象となりました。避難者は3,000名に達し、700戸余りが焼失して約2,000名の住民が住居を失いました



図6 国立公園閉鎖を伝える2008年4月9日の地元新聞Hawaii Tribune-Heraldの1面トップ記事。上の写真は市民防衛局本部に参集した関係機関の幹部。



図7 溶岩流により焼失したレイラニ地区の住宅。(2019. 10. 21撮影)

(図7)。住民の一人は避難が遅れて溶岩のしぶきを浴びたために重傷を負いました。

火山活動の現況を伝える記者会見や住民説明会が、避難所があるパホア高校の食堂やカルデラに近い集落の集会場で頻繁に開催されました。火山観測所員や国立公園のレンジャーによる解説とその後熱心な質疑が行われました。記者向けには規制区域に入っている現地説明会が設定されました。これらの様子はメディアを通じて市民に流れました。

州政府は住居を失った避難者のために仮設住宅の建設用地を確保し、住居の設計図を公表しました。建設資材の寄付や建設作業のボランティアを募り、仮設住宅群が完成して避難所は解消しました。噴火による損害は家を失った人達のみならず中小規模の事業者にも及びました。住宅の修理や転居資金、事業者への低利融資など被災者支援事業の相談窓口も、パホアに開設されました。これらの施策は再三開催された公聴会での討論を反映させたものでした。

2018年の山麓噴火への移行に伴って山頂部の国立公園内でも自動車道やトレイルの破断(図8)、ハワイ火山観測所を含むジャガー博物館と付属展望台の損

傷、地下に埋設してあった上下水道と電気設備の損傷など、多大な被害が発生しました。山麓噴火に移行した時点で全面閉鎖となっていた国立公園はレンジャーが全面的に点検調査を進めて2019年に入ってから順次復旧が進んでいますが、現在もまだ閉鎖中の場所があります。溶岩流により被災した地区では州道が閉鎖となり(図9)、連邦政府の資金助成を受けた復旧工事が現在も進行中です。

ハワイ火山観測所は8月5日に溶岩流出の停止を確認、17日に警報レベルをwatch(注意)に、10月5日にadvisory(活動中)に、翌年3月26日に最低のnormal(静穏)まで引き下げました。深く陥没してしまったハレマウマウ火口の底には地下水が染み出して、酸性の湖沼が徐々に成長中です。また、山頂カルデラ付近を中心として大地が僅かずつ隆起し始めていることも確認されています。1840年以降で最長の噴火休止期間は28年でした。次の噴火が何時頃どういう形で始まるのか未だ絞り込まれていません。

日本の防災対策へのヒント

米国では火山噴火の観測者とリスク管理の担当者がそれぞれ専門職集団として明確に役割分担をしています。そして施策の実行に当たっては被災者第一の観点で、公聴会などボトムアップの機会を設けています。

日本の噴火警報は過去の観測事例に限られていることと火山活動情報の発信に人々の行動規制を表す文言が入っているためか、レベル引き上げの判断に手間取って情報発信が遅れがちになる傾向が見受けられます。中学校理科の教科書にも紹介されている有珠山2000年噴火の事前避難成功事例はどの火山にも当てはまるわけでないことを認識し、更なる防災対策の質的向上を図ることが望まれます。



図8 国立公園内の車道に生じた地割れ。(2019. 10. 19撮影)



図9 市民防衛局による州道137号の復旧工事現場。(2018. 12. 3撮影)

参考文献と参照したインターネットサイト

- ・ 宇井忠英・伊藤 晋 (2008) キラウエア火山2008年活動への対応—火山災害地域における観光資源と防災広報の事例調査—、環境防災総合政策研究機構、33pp.
- ・ 宇井忠英 (2018) キラウエア火山2018年東山麓噴火—米国流の火山防災対応を探る— 日本災害情報学会第20回学会大会予集 182-183.
- ・ <https://volcanoes.usgs.gov/volcanoes/kilauea/status.html>
- ・ <https://www.nps.gov/havo/learn/news/index.htm>
- ・ <https://www.hawaiicounty.gov/departments/civil-defense>
- ・ <https://www.hawaiitribune-herald.com/>
- ・ <http://www.bigislandvideonews.com/>

著者補足：著者校正完了後の2020年12月20日(現地時間)に山頂火口深部で新たな割れ目噴火が始まり、溶岩が火口底に溜りつつあります。