

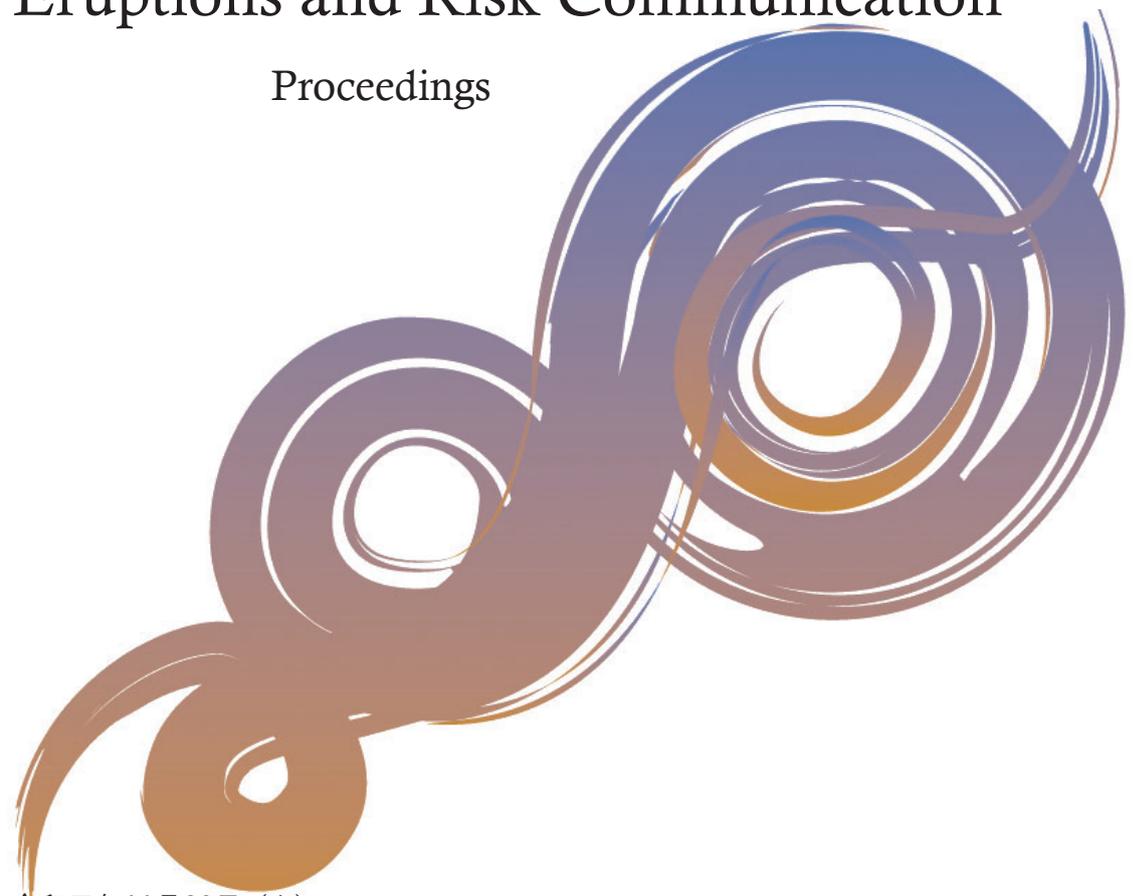
国際シンポジウム2019

火山噴火と  
リスクコミュニケーション  
報告書

International Symposium 2019

Volcanic Eruptions and Risk Communication

Proceedings



日程：令和元年11月30日（土）

会場：山梨県富士山科学研究所 ホール

主催：山梨県富士山科学研究所

後援：特定非営利活動法人 日本火山学会、富士山火山防災対策協議会、  
富士吉田市



山梨県富士山科学研究所公開講座

C-01-2020

国際シンポジウム2019

火山噴火と

リスクコミュニケーション

報告書

日程：令和元年11月30日（土）

会場：山梨県富士山科学研究所 ホール

主催：山梨県富士山科学研究所

後援：特定非営利活動法人 日本火山学会、富士山火山防災対策協議会、  
富士吉田市



## 目次

目次.....	i
シンポジウムプログラム.....	iii

---

### シンポジウム講演議事録【令和元年11月30日】

開会の挨拶	弦間正仁（山梨県県民生活 部長）.....	1
趣旨説明	吉本充宏（山梨県富士山科学研究所 富士山火山防災研究センター センター長）.....	5

北スラウェシ州・カラングタン火山災害の危機管理から学んだ教訓 Supriyati D. Andreastuti（インドネシア 火山地質災害軽減センター）.....	8
--	---

御嶽山噴火災害への対応 南沢 修（長野県木曾建設事務所 次長）.....	20
---	----

コロンビアで学ぶ火山との共存 Marta Lucia Calvache（コロンビア地質調査所）.....	37
---	----

大規模噴火でも「犠牲者ゼロ」を目指して 中 豊司（鹿児島市 危機管理局 参事）.....	62
---	----

2018年ハワイキラウエア火山における側噴火及び火口崩壊と、緊急時の政府の対応 James Kauahikaua（USGS ハワイ火山観測所）.....	79
---	----

箱根山で2015年に発生した小規模水蒸気噴火への対応とその後の対策 菊島信洋（箱根町 総務部 総務防災課 危機管理官兼防災対策室長）.....	120
--	-----

パネルディスカッション.....	141
------------------	-----

閉会の挨拶	初鹿野晋一（山梨県富士山科学研究所 副所長）.....	173
-------	-----------------------------	-----

---

講演要旨.....	175
-----------	-----

## Table of Contents

Table of Contents .....	ii
Program of Symposium .....	v
<hr/>	
Proceedings of Presentation	
Opening Remarks Masahito Gemma (Director, Resident Affairs Department, Yamanashi Prefectural Government) .....	3
Briefing Mitsuhiro Yoshimoto (MFRI) .....	6
Lesson Learnt from Disaster Management in Karangetang Volcano, North Sulawesi, Indonesia Supriyati D. Andreastuti (Researcher, Center for Volcanology and Geological Hazard Mitigation, Indonesia) .....	14
Response to Volcanic Disaster during the 2014 Ontake Eruption Osamu Minamisawa (Deputy Director-General, Nagano Prefectural Kiso Construction Office) .....	31
Our Territory Colombia, a Place to Learn How to Live with Active Volcanoes Marta Lucia Calvache (Technical Director of Geologic Survey, Colombian Geological Survey) .....	52
The Challenge to Zero Victims Even in Large-scale Eruptions Toyoshi Atari (Chief, Crisis Management Division, Kagoshima City) .....	73
The 2018 Kilauea Rift Eruption and Summit Collapse and the Government Response to the Emergency James Kauahikaua (Research Geophysicist, US Geological Survey, Hawaiian Volcano Observatory) .....	103
Response and Countermeasures for the Small-scale Phreatic Eruption Occurred at Hakone Volcano in 2015 Nobuhiro Kikushima (Director of Crisis Management, Department of Disaster Prevention, Hakone Town) .....	132
Panel Discussion .....	157
Closing Remarks Shinichi Hajikano (Deputy Director, MFRI) .....	174
<hr/>	
Abstracts .....	176

山梨県富士山科学研究所国際シンポジウム2019

— 火山噴火とリスクコミュニケーション —

令和元年11月30日（土）

プログラム

司会進行：石峯康浩（山梨県富士山科学研究所 富士山火山防災研究センター）

9:30-9:40 開会の挨拶

**弦間正仁**（山梨県県民生活部 部長）

9:40-9:45 趣旨説明

**吉本充宏**（山梨県富士山科学研究所 富士山火山防災研究センター センター長）

**第1部 火山噴火とリスクコミュニケーション**

— 国内外の事例から —

9:45-10:25 「北スラウェシ州・カラングタン火山災害の危機管理から学んだ教訓」

**Supriyati D. Andreastuti**（インドネシア 火山地質災害軽減センター）

10:25-10:50 「御嶽山噴火災害への対応」

**南沢 修**（長野県木曾建設事務所 次長）

(10:50-11:05 休 憩)

11:05-11:45 「コロンビアで学ぶ火山との共存」

**Marta Lucia Calvache**（コロンビア地質調査所）

11:45-12:10 「大規模噴火でも「犠牲者ゼロ」を目指して」

**中 豊司**（鹿児島市 危機管理局 参事）

(12:10-13:30 昼 休 憩)

13:30-14:30 「2018年ハワイキラウエア火山における側噴火及び火口崩壊と、

緊急時の政府の対応」

**James Kauahikaua**（USGS ハワイ火山観測所）

14:30-15:00 「箱根山で2015年に発生した小規模水蒸気噴火への対応とその後の対策」

**菊島信洋**（箱根町 総務部 総務防災課 危機管理官兼防災対策室長）

(15:00-15:20 休 憩)

## 第2部 パネルディスカッション

—効果的なリスクコミュニケーションを実現するには—

15:20-16:20

コーディネーター

**藤井敏嗣** (山梨県富士山科学研究所 所長)

パネリスト

**James Kauahikaua**

**Marta Lucia Calvache**

**Supriyati D. Andreastuti**

**南沢 修**

**中 豊司**

**菊島信洋**

**伊藤和貴** (気象庁 地震火山部 火山課 火山防災情報調整室 火山防災調査官)

16:20-16:30

閉会の挨拶

**初鹿野晋一** (山梨県富士山科学研究所 副所長)

MFRI International Symposium 2019  
- Volcanic Eruptions and Risk Communication -  
Saturday, 30 November 2019  
Program

MC: Yasuhiro Ishimine (MFRI)

- 9:30-9:40      Opening Remarks  
                  **Masahito Gemma** (Director, Resident Affairs Department, Yamanashi Prefectural Government)
- 9:40-9:45      Briefing  
                  **Mitsuhiro Yoshimoto** (MFRI)
- Session 1 Case Study --
- 9:45-10:25     Lesson Learnt from Disaster Management in Karangetang Volcano, North Sulawesi, Indonesia  
                  **Supriyati D. Andreastuti** (Researcher, Center for Volcanology and Geological Hazard Mitigation, Indonesia)
- 10:25-10:50    Response to Volcanic Disaster during the 2014 Ontake Eruption  
                  **Osamu Minamisawa** (Deputy Director-General, Nagano Prefectural Kiso Construction Office)
- (10:50-11:05    Coffee Break)
- 11:05-11:45    Our Territory Colombia, a Place to Learn How to Live with Active Volcanoes  
                  **Marta Lucia Calvache** (Technical Director of Geologic Survey, Colombian Geological Survey)
- 11:45-12:10    The Challenge to Zero Victims Even in Large-scale Eruptions  
                  **Toyoshi Atari** (Chief, Crisis Management Division, Kagoshima City)
- (12:10-13:30    Lunch Break)
- 13:30-14:30    The 2018 Kilauea Rift Eruption and Summit Collapse and the Government Response to the Emergency  
                  **James Kauahikaua** (Research Geophysicist, US Geological Survey, Hawaiian Volcano Observatory)
- 14:30-15:00    Response and Countermeasures for the Small-scale Phreatic Eruption Occurred at Hakone Volcano in 2015  
                  **Nobuhiro Kikushima** (Director of Crisis Management, Department of Disaster Prevention, Hakone Town)
- (15:00-15:20    Coffee Break)

-- Session 2 Panel Discussion --

- 15:20-16:20    Coordinator  
                  **Toshitsugu Fujii** (Director, MFRI)
- Panelists  
                  **James Kauahikaua**  
                  **Marta Lucia Calvache**  
                  **Supriyati D. Andreastuti**  
                  **Osamu Minamisawa**  
                  **Toyoshi Atari**  
                  **Nobuhiro Kikushima**  
                  **Kazuki Ito** (Senior Scientific Officer, Office of Volcanic Warning Systems  
                  Coordination, Volcanology Division, Seismology and Volcanology Department,  
                  Japan Meteorological Agency)
- 16:20-16:30    Closing Remarks  
                  **Shinichi Hajikano** (Deputy Director, MFRI)

山梨県富士山科学研究所 国際シンポジウム 2019  
－火山噴火とリスクコミュニケーション－

開催日：2019年11月30日（土）

会場：山梨県富士山科学研究所 ホール

主催：山梨県富士山科学研究所

後援：NPO 法人日本火山学会、富士山火山防災対策協議会、富士吉田市

**司会(石峯)：**それでは時間になりましたので、本日の「国際シンポジウム 2019－火山噴火とリスクコミュニケーション－」を始めさせていただきます。私は司会を務めさせていただきます、本山梨県富士山科学研究所火山防災科の石峯と申します。本日はよろしくお願ひいたします。本日はお寒いなか、皆さんお集まりいただき、ありがとうございます。お休みの朝早く、こんなにたくさん集まっていただき、大変ありがたく思っています。

それでは、まず初めに開会の挨拶を、山梨県の県民生活部弦間正仁部長よりお願ひいたします。

【 開会の挨拶 】

弦間正仁（山梨県 県民生活部 部長）

**弦間：**皆さん、おはようございます。山梨県の県民生活部長をしております、弦間です。非常に寒い朝を迎えました。素晴らしい晴天で、富士山が非常によく見えるという、本県らしい初冬の景色だと思います。

本日は師走目前の、皆さん非常に慌ただしくお忙しい中、富士山科学研究所国際シンポジウム 2019 に、このように大勢の方々にお越しいただきまして、誠にありがとうございます。また日頃は、本県の火山防災対策を始めとする県政運営に対しまして、深い御理解、御協力をいただいておりますことを、この場をお借りして厚く御礼を申し上げます。

さて、このシンポジウムは、2005 年から毎年国内外の研究者の皆様を講師としてお招きいたしまして、火山防災対策や富士山の保存管理、あるいは活用方策などをテーマとして開催しております。

皆様御承知のとおり、富士山は 300 年以上噴火をしておりますが、いつ噴火をしてもおかしくはないという意識を日頃から皆さん共有して持っていることが、非常に重要であると考えております。こうした中で、今回のテーマは「火山噴火とリスクコミュニケーション」とさせていただきました。火山災害を軽減するためには、火山噴火に伴うリスクの正確な情報について、研究者や行政機関、また住民の皆様が共有し、日頃から相互に意思疎通を図ることが、とても重要であると考えております。

富士山の周辺には、約 140 万人の方々が生きておられます。加えて毎年約 20 万人の富士山登山者、また約 3,000 万人もの観光客の皆様にお越しいただいております。これだけ多くの方々が訪問する活火山というのは、他にないだろうと思います。

このため、当富士山科学研究所におきましては、火山災害の軽減のために関係機関と連携して、富士山の噴火予兆を捉えるための観測と、富士山の地層を分析し、過去の火口の位置や溶岩、火

砕流などが影響を及ぼした範囲を特定する研究を行っております。

これらのデータに基づき、国と連携してハザードマップの策定に取り組むとともに、住民や登山者への的確な情報提供や、効率的な避難誘導の方法などにつきまして、検討、研究を行っているところです。

本日の国際シンポジウムでは、実際に噴火対策に携わっておられる国内外の研究者や行政担当の皆様から、具体的な様々な事例について御講演をいただくとともに、講師の皆様方をパネラーとした、より実践的なパネルディスカッションを予定しております。

本日、この会場には地域の防災リーダーを始めとする住民の皆様方、あるいは県、地元市町村などの行政担当の方々にも多数御出席いただいておりますが、相互に意思疎通をして情報を共有するとともに、今後の参考になる貴重なお話が伺える機会と、大いに期待しております。

結びになりますが、非常にお忙しい中、本日のシンポジウムの講師並びにパネリストをお引き受けいただきました皆様方に、心より感謝を申し上げますとともに、本日お集まりの全ての皆様方が、このシンポジウムを通して有意義なことが得られますように、今後もより深く意思疎通、情報共有できますように御祈念申し上げ、開催に当たっての挨拶に代えさせていただきます。本日は、ぜひよろしく願いいたします。

**司会：**弦間部長、ありがとうございました。

それでは次に、趣旨説明に移らせていただきます。それでは当山梨県富士山科学研究所、富士山火山防災研究センターの吉本充宏センター長より、趣旨説明をよろしく願いいたします。

**Moderator (Yasuhiro Ishimine)**

Now, ladies and gentlemen, it's time to begin the international symposium 2019, Volcanic Eruptions and Risk Communication. My name is Ishimine from Mount Fuji Research Institute. I will be serving as a moderator today. Thank you very much for coming in this cold weather and on Saturday morning. We are delighted to have all of you here today and I would first like to give the floor to Mr. Masahito Genma, the Head of Resident Affairs Department of Yamanashi prefecture to say a few words.

**Masahito Genma**

Good morning ladies and gentlemen. I am Masahito Genma, the head of Resident Affairs Department of Yamanashi prefecture. It's very cold today, but it's beautiful weather. You can see Mount Fuji clearly. I think this is an iconic scene, the landscape of Yamanashi prefecture in early winter and thank you very much for coming to international symposium 2019 organized by Mount Fuji Research Institute today. And I would also like to take this opportunity to thank you for your cooperation in understanding on volcanic disaster management practice in our prefecture.

This international symposium started in 2005 and since then, researchers from Japan and abroad have been invited as guest speakers to talk about various things such as preservation and utilization of Mount Fuji. As you know, Mount Fuji has not erupted for over 300 years, but considering that magma has accumulated, we all need to understand that the mountain may erupt anytime. Against this backdrop, this symposium's theme is a volcanic eruptions and risk communication.

In order to reduce and mitigate the disaster of volcano, the researchers and administration and the people in the community need to share information and exchange opinions on a day-to-day basis. About 1.4 million people live around Mount Fuji and about 200,000 people come and climb Mount Fuji every year and 30 million people come to this area as tourists. It is probably one of few active volcanoes that attract so many people. For this reason, we, MFRI, works with other institutions to mitigate volcanic disaster by observing the signs of Mount Fuji eruptions and by analyzing the strata of Mount Fuji and identifying the scope of potential eruptions and based on the data, we are working with the central government to create hazard maps and we are providing accurate information to the residents in the community as well as to the mountain climbers.

In today's symposium, we first hear from researchers and government officials in and out of Japan on specific responses and measures that they took as a part of

risk communication and lessons learnt. Then, the presenters will appear as panelists to talk about effective risk communication. In this venue, we are joined by community disaster management leaders, residents and other stakeholders from the municipalities. I hope this symposium will give us valuable insights into how to better communicate with each other. In closing, I know that you are here despite your busy schedule, and I'd like to take this opportunity, once again to thank all the presenters and guest speakers. And I pray for a productive symposium today and further success in communication among ourselves. Thank you very much for your attention.

**Moderator**

Mr. Genma, thank you very much. Next, we would like to explain about the symposium. We have Mr. Mitsuhiro Yoshimoto, Senior Chief Researcher of Division of Volcanic Disaster Mitigation Research of Mount Fuji Research Institute will explain.

## 【趣旨説明】

### 吉本充宏（山梨県富士山科学研究所 富士山火山防災研究センター センター長）

**吉本：**改めまして、皆さんおはようございます。山梨県富士山科学研究所、富士山火山防災研究センターの吉本充宏と申します。先ほど、弦間部長のほうからもかなり趣旨を説明をしていただきましたが、改めまして趣旨説明をさせていただきたいと思っております。

2005年から国際シンポジウムと題しまして、毎年、国際シンポジウムを開催させていただいております。それに加えまして2年に1度は、防災科学技術研究所と共に国際ワークショップを共催させていただいております。

先日、28日に東京のほうで、国際ワークショップを開催させていただき、「火山噴火の危機管理」というテーマで議論をさせていただきました。その中でやはり危機管理の後、必ずリスクコミュニケーションが大事であるということが、話題となりました。

しかしながら、噴火を経験していない富士山のように、噴火対応経験のない火山地域では、リスクコミュニケーションにおいて実際にどのような課題に留意すべきかなどの知見が乏しい状態です。そこで本日は、いろいろな海外の対応事例や国内の対応事例を基に、火山噴火におけるリスクコミュニケーションを、皆さまと共に議論していきたいと思っております。

本日は、ハワイより James Kauahikaua 博士、それからコロンビアより Marta Lucia Calvache 博士、インドネシアより Supriyati Andreastuti 博士をお招きし、国内からは、長野県木曾建設事務所次長の南沢さま、鹿児島市の危機管理局参事の中（あたり）さま、箱根町の総務防災課の菊島さまをお迎えしまして、それぞれのところの事例を紹介させていただきたいと思っております。

その後、第二部のパネルディスカッションでは、「効果的なリスクコミュニケーションを実現するには」と題しまして、当研究所の藤井所長をコーディネーターに、パネリストに講演者の皆さま、それに加えまして気象庁の伊藤さまにご登壇いただきまして、議論を行っていただきたいと思っております。

大噴火が発生した場合、住民、研究者、防災担当者が一体となった対応が不可欠となります。国内外の事例を基に、火山噴火時のリスクコミュニケーションの在り方について、皆さまと共に考えてまいりたいと思っておりますので、本日は長丁場になりますが、積極的なご議論をいただければと思っております。

以上、これをもって趣旨説明とさせていただきます。どうもありがとうございました。

**司会：**それでは早速ですけれども、次の講演に移らせていただきます。まず初めに「北スラウェシ州・カラングタン火山災害の危機管理から学んだ教訓」というタイトルで、インドネシア火山地質災害軽減センターの Supriyati Andreastuti 博士よりご講演いただきます。どうぞよろしくお願いたします。

設営を移動させますので、お待ちください。皆さんのお手元にレシーバーがございます。本日は同時通訳を用意しておりますので、英語でご発表いただきますけれども、そちらを日本語でお聞きいただけるようになっております。チャンネル1番が日本語で聞けるチャンネルになっておりますので、チャンネルを1番に合わせて、レシーバーでご講演内容についてご理解いただければと思っております。よろしくお願いたします。

**Mitsuhiro Yoshimoto**

Once again, good morning, ladies and gentlemen. I am Mitsuhiro Yoshimoto, Senior Chief Researcher of Division of Volcanic Disaster Mitigation Research from Mount Fuji Research Institute. Just a minute ago, Mr. Genma talked about the outline of the symposium. Still, I will explain the purpose of the symposium again.

We have held an international symposium every year since 2005. Also, we have conducted an international workshop once every two years with the National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience. On November 28, the day before yesterday, we held an international workshop in Tokyo. We discussed the theme of "Crisis Management of Volcanic Eruption" It became a topic that risk communication was important after crisis management in this workshop.

However, in volcanic areas such as Mt. Fuji, which have no experience of responding to eruptions, there is less knowledge of what issues to consider in risk communication. So, today I would like to discuss risk communication for volcanic eruptions with all of you based on various overseas response cases and domestic cases. Today we have invited Dr. James Kauahikaua from Hawaii, Dr. Marta Lucia Calvache from Columbia, and Dr. Supriyati Andreastuti from Indonesia from overseas. And also, within Japan, we have Mr. Minamisawa from Nagano Prefectural Kiso Construction Office, Mr. Atari from Crisis Management Division, Kagoshima city, and even Mr. Kikushima from the Department of Disaster Prevention, Hakone town. They will talk about the case of each volcano in which they live. Then, in the second part of the panel discussion, the theme will be how to implement effective risk communication, and Prof. Fujii, the director of our institute, will be the coordinator. The panelists will be the speakers at the first part. And we also have Mr. Ito from the Japan Meteorological Agency to deepen our discussions. We would like to have you talk and discuss this. In case of a large eruption, the residents, the scientists, and the administrative staff in charge of disaster prevention must work together. So, we would like to discuss with you the risk communications at the volcanic eruptions based on examples from both Japan and overseas. It will be a long day today, but I hope that we have a very fruitful discussion. I have explained the purpose of this symposium. Thank you very much.

**Moderator**

Then, we'd like to move on to the first presentations. The presentation entitled 'Lessons Learnt from Disaster Management in Karangetang Volcano North Sulawesi, Indonesia.' Dr. Supriyati Andreastuti will make a presentation. She is from the Center for Volcanology and Geology Hazard Mitigation of Indonesia. Please wait a

## Briefing

while until we prepare and, I believe, you have the receivers for simultaneous interpretation. We have simultaneous interpretation today. The presentation will be made in English, but you will be able to hear the Japanese translation. Channel 1 is Japanese. So, please utilize the receiver if you would like to listen in Japanese.

## 「北スラウェシ州・カラングタン火山災害の危機管理から学んだ教訓」

Supriyati D. Andreastuti (インドネシア 火山地質災害軽減センター)

**Andreastuti:** 皆さま、おはようございます。まず主催者の方々に、私を招待してくださったこと、我々の経験を共有させていただけることに、感謝申し上げます。



本日、お話いたしますトピックは、カラングタン(Karangtang)火山についてです。カラングタン火山というのは、インドネシアにある火山島の一つです。ちょっと離れたところにありますが、噴火に特徴がありますし、また環境的にも特徴のあるところです。

インドネシアには 127 の火山があります。それがスマトラ、

ジャワ、バリなどから、東部の島々にまであります。この 127 火山を、A タイプ、B タイプそれから C タイプというふうに、三つに分けております。A タイプというのは、噴火が 1600 年以降に起こっているもの、B タイプは 1600 年以來噴火が見られないもの、C タイプは噴気孔や硫気孔などが認められるものです。このように分けておりますのはインドネシアには数々の火山がありますので、観測の優先順位付けをするためです。

これがカラングタン火山の場所です。ここが私たちの首都ジャカルタです。この距離は大体 2,200km ほどとなります。観測するにあたってはかなり遠いといえます。

インドネシアの国家防災庁のデータによりますと、2000 年から 2019 年までに、インドネシア全体で 144 の噴火がありました。つまりこの数の火山で 1 年当たり 7 回ほどの噴火があったわけです。いくつもの大きな噴火も経験しました。タンボラ (Tambora) 火山はスンバワ (Sumbawa) 島にあります。1815 年に発生した VEI (火山爆発指数) が 7 となった噴火で、1 万人ほどが亡くなっております。

クラカタウ (Krakatau) の噴火は 1883 年で、VEI が 6 です。そして 3 万 6 千人ほどの死者が出ました。ガルングン (Galunggung) やアグン (Agung) でもタンボラやクラカタウに比べれば小さな噴火ではありましたが、しかし噴火のスケールとしては依然としてかなり大きい噴火が起きています。

これがタンボラ (Tambora) 火山、こちらがガルングンで、これがタンココ (Tangkoko) 火山。この丸の大きさが VEI、火山爆発指数の大きさを表しています。

インドネシアには国全体の防災を司る国家防災庁があります。BNPB と呼ばれているものです。その下に州や市町村レベルを司る BPBD があります。

危機に当たってはそれぞれどう役割を果たすのかというのは、その災害の規模にもよります。もしその災害の影響が、一つの市周辺、あるいは住民たちの一定の地域だけにとどまる場合、市町村レベルの防災局が対応に当たります。

しかしもしそこだけでは対応しきれない場合、例えばスタッフが足りない、資金が足りない

ということで、そこだけでは対応できない場合には、州レベルの防災局も支援するということになります。例えばメラピ（Merapi）火山の場合、火山は全国に影響を及ぼしましたので、これは全国的な災害であると宣言をし、国レベルでの対応となりました。

防災に当たり、基本的な警戒情報発信に当たっての手続きがあります。モニタリングデータとして火山観測所から得られたものが分析され、それから地質学的なデータ、ハザードデータと一緒に、併せて見てまいります。それに基づいた警戒レベルを国家防災庁に伝えます。そして地方自治体にも伝えます。これに基づいて国家防災庁や地方自治体がリスク評価をいたします。やはり地元の住民やその地域、そこを統括しているのが地方自治体だからです。

警戒レベルを発令して、人々を避難させる権限を持っているのも地方自治体です。その情報に基づいてデータ情報センターに知らせを送り、そして地域の防災局に連絡します。

また関連組織の方々にも、火山活動が活発化した場合に備えられるように伝えますし、また空港当局にも伝えます。例えば噴火の噴煙などの状況が変われば、そちらを伝えるようにいたします。

もし避難するということになりましたら、緊急事態に当たっての計画が実施されます。その場合には危機対応を担当するグループがいます。

さて、カラングタン火山の話に戻りたいと思います。これがカラングタン火山です。山頂が二つあります。こちらが北側、そしてこちらが南側の火口となります。こちらがスラウェシ（Sulawesi）島です。

火山活動が2018年から2019年まで続きましたが、その間に火口が変わりました。2018年11月から19年にかけては、北のクレーターの方から活動が見られました。それから数カ月後、今度はこの南側の火口の方から噴火が見られました。

今までのところ、両方から噴火が起こる可能性があるわけです。北のクレーターから噴火することもあれば、こちらの南のクレーターから噴火することもあります。両方から一度に噴火することもありましたし、さらに山腹噴火が1976年にありました。

火山島でありますので、海が周りを取り囲んでいるということが避難計画や防災計画に影響を及ぼします。このことがカラングタン火山の特徴となります。

火山活動の休止期間というのは比較的短く、数カ月程度ということもあります。継続的に噴火、火山活動は続いています。こちら側から噴火をする場合、溶岩流はある程度流れて、ある程度のところで止まります。そこで積み上がった結果、そこから火砕流が崩れて発生することがあります。山頂からだけではなく、山腹からも火砕流が発生することがあり得るわけです。この溶岩流はいくつかの方向に流れていく可能性があるため、複数の方向に流れて行って、被害を引き起こす可能性があります。

インドネシアでは警戒情報を4段階に分けています。平常状態、勧告、警戒、それから避難です。避難の段階までいきますと、安全な所への避難が義務付けられます。ただ国家防災庁からの資金、予算の問題がありますので、3から4への移行は、危機管理的な判断となります。また、危機管理のための資金が国レベルから提供されることもあります。

それぞれの警戒レベルは微妙に違っているだけなので、なかなか一般の人たちだけではなく、危機管理担当者でも理解しにくいところがあります。レベル2、レベル3あるいはレベル4、それぞれ何を意味するのか、どういう行動を取るべきなのか、事例がなければ分かりにくいところがあります。ですので、これをハザードマップとリンクさせて伝えています。ハザードマップはゾー

ンに区分けをして、火山活動のレベル、それからその時にどう行動するかを見てもらえるようにしています。

これはメラピ火山の例です。平常状態から一番警戒レベルが高いところまで分けておりますが、市民はどう行動すべきなのか、平常時はどうなのか、レベル2、レベル3、レベル4でどうすべきなのか、それぞれのゾーンごとに決められています。人が住んでいる場所によって、どう行動すべきなのかが現地語で書かれております。

さて、カラングタン火山にもう一度話を戻します。これがカラングタン火山のハザードマップです。三つのゾーンに分けています。ここが一番ハザードが高い地域で、濃い赤で表しています。それから二つ目のハザードゾーンを薄い赤で表しています、ちょっと見にくいかもしれませんが、ゾーン1は土石流が予想される地域となります。

ここが火口で、そして川の流れがあるんですけども、なぜこれをお見せするかといいますと、昨年11月から今まで噴火口が北側から西に、さらには南西へと移っていきました。流れがそちらのほうに行きました。東には今までのところは流れていません。

では、危機管理に当たって、カラングタンでは何が課題になっているのか。四つ、ハイライトしたい問題点があります。

まず、ハザードに関するコミュニケーションと理解です。カラングタンでの人々の知識レベルは、もう少し高めていかなければなりません。後ほど、ハザード情報の理解の仕方ということを、具体的にお話ししたいと思います。ハザードをしっかりと理解していただけないと、それを違ったかたちで解釈してしまいます。

例えば、カラングタンでは警察、軍などの関連組織にも関わってもらいながら、地元の人たちに情報発信をしております。もし火山活動に変化があれば、私たちの観測所に毎日、朝と夜、軍や警察の人たちが来てくださいます。

こちらが火山活動の例ですが、これが北に向かっているものです。今年の2月に海にまで到達しております。こちらの流れで、ここに道路があるんですが、それが封鎖されてしまいました。それで島の中の移動が不可能となってしまいました。道路は1本しかありませんので、これが大きな問題を生み出しました。

一方で、カラングタンは火山島ですので、気候、天気、これも減災、防災策に影響を及ぼします。2月の噴火の際、風が非常に強く吹きました。この地域は風が強かったために、カラングタンからの避難に影響が出ました。

前にも言いましたように、カラングタンには二つの山頂があります。北の山頂、それから南の山頂です。これは南の山頂から流れてきた、山腹をたどる溶岩流の様子です。どんどん流れて行って、たまっています。

こちらですが、立ち入り禁止地域を表しています。これが11月から2月までで、また現在も立ち入り禁止区域がつくられています。2.5km ぐらいの半径で立ち入り禁止区域がつくられています。溶岩は特に西側のほうに多く流れたので、西には3km 延長しました。北も4km まで立ち入り禁止としました。

右側のほうですが、こちらが溶岩流の流れを表したものです。通常私たちは、もし溶岩流のたまったものが崩れるとしたら、どこまで流れるか、たまっている量などをモニタリングしております。こちらがその噴火の様子をまとめた一覧になっています。

火山レベル2が、2016年から続いていました。そこから2018年12月に引き上げられました。

地震活動が活発化したためです。その後、溶岩流が流れ、また火砕流も見られました。これが今年2月の状況です。そして2月5日、溶岩流がついに海にまで到達しました。そしてバトゥブラン (Batubulan) 村が孤立する状態になりました。

これが火山の周りでの、火砕流がどのように拡大していったかという図です。こちらは立ち入り禁止区域です。こちらでご覧いただいている図で、溶岩流の流れの方向が分かります。このような流れになったために、バトゥブラン村は孤立しました。先ほど申しましたとおり天気が悪く強風、高波のため、この辺りの人は逃げることができませんでした。この地域に留まった人たちへの物資の供給などの面で困難がありました。

当時、お産を控えた女性がいらっしゃいました。この孤立してしまった村に女性がいたわけですが、その女性は村を離れたくないと言いました。その村でお産をしたほうがいいと本人は言いました。しかしながらこの地域にはそれに適した施設がなかったということで、何度か試みて、最終的に船を使って、この場所から女性を避難させることができました。

この地域だけではなく、このニアンバンゲン (Niambangeng) という場所にも避難所を設けました。この辺りであれば、物流関連の提供も困難はないということで、避難所をこちらに設けました。最近ではこのような火山活動があったということで、この辺りの地域の方たちの避難もいたしました。こちらの西側に対してです。

こちらの溶岩流が道を寸断したわけですが、噴火の3日前に道路が完成したばかりでした。道路はこれから使われようとしたわけですが、このような火山活動によって、道路を使うことができませんでした。これが溶岩流の寸法ですが、海が左にあります。160mほどの幅になっていました。

では、ハザードを、知識をきちんと持たずに見た場合に、何が起こるのでしょうか。2019年8月20日、天候のせいで、カラングタンの山頂は見ることはできませんでした。雲があったためです。観測所から見たときも、火映が雲に映っている状態でした。それを見て多くの方はパニックに陥りました。そして地方自治体の職員の方たちからも、質問が上がってきました。コミュニケーションがかなり混乱した状態になってしまいました。そのため、観測所のスタッフらが火山の近くに何が起きているのか見に行くことにしました。

こちらが実際に起こっていたことです。これは大きな噴火ではありません。過去にも火映が大きく雲に映っていたことがあり、その当時は火砕流が発生していました。ですので、パニックに陥った方たちの気持ちも分かります。こちらが横から見たもの、そしてこちらと同じく、同じ噴火を捉えたものです。

多くの火山があるということで、大きな問題はどのように人々に伝えるかということです。どのような問題があるのか、いつコミュニケーションを取るべきなのか、どこで一般の方に伝えることができるのか、誰がターゲットなのか、これらが重要になります。

緊急対応チームを設けた際には、常に現場でコミュニケーションを取る必要がありました。こちらは調査を行っていたときです。堆積物のモニタリングをしていました。私の同僚、こちらの彼が調査をしていまして、地元の方にも話をしました。地元の方からたくさん質問が上がってきました。そしてそのとき私はコミュニケーションを取るべきだと捉えました。非公式なコミュニケーションでしたが、これはとても有用でした。また、関係者が私たちの観測所にいらして、いろいろな質問をされたこともあります。地震計もありまして、いろいろなことをこちらで説明いたしました。

こちらはアグンの集会です。ストーリーテリングの手法を使いました。物語の手法を使って、子どもたちにハザードの説明をしました。それからまた火山のハザードを学ぶために、お絵描きもしました。絵を描いてもらいました。

継続的、定期的な関係者との対話もいたしました。こちらはアルケナの災害対策会議で、大臣も来ています。観測所でも関係者との調整を行いました。

一番高い所に住んでいる方、山に住んでいる方に対しても、話をしました。学生たちが観測所を訪問したこともあります。そこで火山でどのような活動があるのかを説明しました。

危機のさなかでのコミュニケーションは、関係者との間で行うだけではなく、避難所にいらっしゃる方たちとも実施しています。こちらは夜間に行ったものです。時には一晩に、多くのところに行って、人々に説明をしなければいけないこともありました。そして人々の心配にも耳を傾け、質問を受けることも必要でした。何を理解すべきかを説明する必要がありました。

アグン火山で噴火があったときには、この火山があるバリ島は独自の文化の要素が非常に強いということがあり、時として宗教的なリーダーの支援が必要だということ学びました。宗教リーダーに話をし、一般の方たちとのコミュニケーションのご支援をいただきました。

政府の職員、高官、それから地域社会の方たちに対しては、ハザードに関してシミュレーションであったり、トレーニングを何度も行っています。こちらで行ったのが、ハザードマップの準備です。ハザードマップを大きな白い紙に印刷しました。3m×3m ぐらいの紙に印刷をして、どこに自分が住んでいるのかを、その地図で見てもらいました。それから自分の家の近くのハザードには、どういうものがあるのかを理解してもらいました。どのようなハザードがあるのかを確認してもらい、またそこに来た人たちに、火山の近くで何が起きているのかを説明しました。どう堆積物がたまっていくのか、そしてその堆積したものが谷筋をたどってどう流れていくのか、を理解していただきました。

カラングタンの火山については、平時には避難のシミュレーションも行っています。地理的に傾斜が非常に急だということで平常時でも下山をするのは簡単ではありません。その上、緊急時にはパニックもあるかもしれません。時間も非常に限られています。ですので、備えをしていないとどんなリスクが起り得るのか、ということを理解するために、シミュレーションを行っています。

それから緊急対策の計画も立てています。火山の周辺にいる人たち向けのものです。そのプロセスの中でハザードを特定し、リスクを理解し、何をどうすべきかを確認し、そして誰がそのグループの中で担うのかの分担をします。また、その計画の結果として出てくるのがリスクマップ、それから標準手順書です。

こちらでご覧いただきたいのが、減災、防災におけるインドネシアでの課題です。インドネシアは人口密度が非常に高いということもありまして、火山の近くに住んでいる人たちの生活には大きな影響が及びます。また地域の人たちの理解や認知度についても課題があります。

この点について何をすべきか。まずはモニタリング、リスク評価が必要です。それから知識と認知度、認識を高めていく必要があります。そして重要なのは、リスクをどう伝達していくかを考えていくことです。我々はいまだに災害の管理について学ぶことが多々あります。

ご清聴ありがとうございました。

**司会** : Supriyati 博士、ありがとうございました。少しだけ時間に余裕がありますので、会場の方

からご質問を、もし内容について確認したいことございましたら、お受けしたいと思います。詳しくは午後のパネルディスカッションでも議論がされるかと思っておりますので、内容についてご確認等があれば、今の時間でお受けしたいと思いますが、いかがでしょうか。

よろしいでしょうか、大丈夫ですね。それではまた午後、ディスカッションの中で詳しくお話しいただければと思います。どうもありがとうございました。

\*\*\*Supriyati Andreastuti 博士のスライドは本人の意向により掲載無し\*\*\*

**司会：**では続きまして、長野県木曾建設事務所の南沢修次長より、「御嶽山噴火災害への対応」というタイトルでお話いただきます。どうぞよろしくお願いたします。

多くの方は日本の方だと思いますけれども、日本語で南沢さんにスライドを準備していただいておりますので、海外のお客さまについては英語で、あちらに小さい画面で恐縮ですが、私たちのほうで、拙い英語ですけれども翻訳しておりますので、そちらを参照してください。よろしくお願いたします。

### **Supriyati Andreastuti**

Good morning, everybody. First of all, I would like to thank to the organizing committee that invited me to come here and share our experience with you all. Today, I would like to take a topic on Karangetang Volcano. Karangetang volcano is one of volcano islands in Indonesia. This is quite remote and it has specific characteristic of eruption and also the condition of the environment. In Indonesia, we have about 127 volcanos that are spread in Sumatra and in Java, Bali, etcetera to the east and from 127, we classified into three types. These are type A, type B and type C.

So, type A are volcanoes that has eruptions since 1600 A.D. and type B, those are volcanoes haven't erupted since 1600 A.D. and type C are volcanoes that show indication of Fumarole and Solfatara. The reason why we classified these volcanoes, because we need to have priority in monitoring because so many volcanoes are there in Indonesia. Here, we can see, this is the location of Karangetang volcano and this is our capital city, Jakarta and the distance is about 2200 kilometers, so this is very far to monitor. And according to the data of National Disaster Management Agency in Indonesia, since 2000-2019, we have about 144 eruptions, it means that 7 eruptions on average per year and from this number of volcanoes, we experience several large eruptions. We can see here Tambora in Sumbawa with VEI 7, and it caused about more than 10,000 casualties. It occurred in 1815 and then also the Krakatoa eruption occurred in 1883 with VEI 6. And it took about 36,000 casualties and then also another one Galunggung and Agung, smaller eruption, but still this big scale of eruption and here the location of Tambora and then this one Galunggung and this is Tambora, so the size of the circle, this represents the size of VEI.

In Indonesia, we have agency that manage the disaster mitigation for the whole country, and this agency is National Disaster Management Agency or BNPB and under this agency, we have BPBD, that's a provincial level and municipality level, how the role of this agency, it depends on the scale of the disaster. If the disaster, the impact is only around a city and residency, then the regional disaster management agency will manage the disaster. But if the local disaster management agency could not afford the capacity of the staff, also the funding, then it will be supported by provincial disaster management agency. For example, in Merapi, because the impact of the eruption nationally, so we declared that the scale is national disaster. And in managing the crisis, we have standard of operating procedure for issuing alert level of information.

The monitoring data from volcano observatory we analyze and also combine with geological data, hazard information and the development of activity during that time, then we provide alert level and recommendation to National Disaster Management Agency and also local government. And then from this recommendation, the National Disaster Management Agency and also the local government provide risk assessment and also risk map because the area and also the people belonged to the local government. And also when we issued the alert level, the one that has the mandate to evacuate people is the local government. And then they forward the information to the center for data and information and then also to the regional Disaster Management Agency. The information is also given to related stakeholder in case if the activity progress, then they are ready to anticipate.

Come back to Karangetang volcano, here's Karangetang volcano with the pics, this is the north crater and this is the south crater, so this is the island, this is Sulawesi and during the activity from 2018-2019, there is a change in the source of the eruption. From November 2018 to 2019, the eruption source from the north crater, but then after several months, the eruption come from this crater in the south, so up to now, the eruption can be from both. Sometimes it come from this crater, sometime from this crater, but most often also from both craters.

Here, we can see that the volcano because of volcano island, it's surrounded by sea and this condition will affect the mitigation strategy. So, this is the characteristics of Karangetang volcano. The repose time of Karangetang volcano is very short, can be few months, but this volcano continuously erupted and occasionally when there is eruption from here, lava flow occurred and then stop in certain point and then after it's high enough, it can be collapsed and cause pyroclastic flow, so pyroclastic flow can occur from the summit and also from the flank.

Our problem is that the pile of lava flow is not only in certain point, but several points and in several directions, so it can happen in many directions and many points. To give alert level, we implemented four steps of alert level. The first is normal and then advisory and warning and for this level, people need to move to a safety place. and here I would like to share that from the definition of alert level, sometimes the difference is very small. So, it's difficult for people and even for official government to understand what is the level 2, what is the level 3, and what is the level 4 without any example of the action. That's why we link this alert level to hazard map and hazard map we divided into zonation and each zonation, it can reflect the level of activity and also what people should do during certain level and

here I took an example of Merapi. This is from normal to the highest level and they explain what they should do during normal time and then during level 2, level 3 and level 4 according to the zonation and according where people live.

We come back to Karangetang volcano. This is the hazard map of Karangetang volcano. We divided into three zonation. This is the high hazard zone and shown in red color and then this is the second hazard zone represented by light red color, and it's not clear, but this is the zone 1 that is represented by lahar flow. Here, I would like to show this is the point of source of eruption, and this is the river channel around Karangetang volcano. Why I showed this, because from November to now, the eruption changed from the north and then to west and then to southwest, but at the moment still not to the east and to the northeast. And here I would like to share what is the problem in crisis management in Karangetang. There are four points that I would like to highlight. The first is hazard communication and understanding because the level of knowledge in Karangetang still need to be improved, so later on, I would like to show the example of hazard understanding interpretation because when people don't understand the hazard, they will make different interpretation and in here, because the population is quite high in Karangetang. We also helped by stakeholder such as army and also police that help us to give explanation to communicate with public and during crisis they come to our observatory almost every day in the morning and in the evening if there is a change in the activity. This is the example of activity directed to the north, so it reached the sea on February 2019 here. I would like to show later on that this flow cut the main road that facilitates the community for transportation around the island, but because the road is only one, so it becomes also a problem.

On the other hand, because Karangetang is a volcano island, the climate, the weather, it will affect the mitigation strategy, so during February, we have strong wind direction around this area. So, we have problem to facilitate refugee from Karangetang and in here, like I mentioned before, that the Karangetang has two peaks. So, this is the northern part, this is the southern part and this belongs to the southern flame and here the pile of the lava become thicker and thicker.

Here, the picture shows the exclusion zone of Karangetang volcano. It developed from November until February and then up to now. In general, we have 2.5 radius of exclusion, but then because of the activity of the lava avalanche that is prominent to the west, then we extend the the distance to the west about 3 kilometers and to the north about 4 kilometers. On the right, it shows the direction of the flow. This is the river channel and each day we monitor the development of deposit by drone, so we know the development of the distant of lava avalanche.

Here the summary of chronology of Karangetang eruption, so the volcano, the activity, was in level 2 since 2016 and then it progressed on December 2018 shown by high intensity of seismicity and then followed by lava flow and glowing avalanche in February. And finally, on 5<sup>th</sup> February, the lava flow reached the sea and isolated the Batubulan village I will show you later. This is the development of the avalanche around volcano.

This is the zoom of the exclusion zone. Here, we can see this is the direction of the lava flow that destroyed the road here and because of that, it isolated the Batubulan village. , As I said before, the weather is very bad, the wind is very strong and the wave in the sea is very high. So, from this place people stay there, but we have problem to supply the logistic facilities for people that stay in this area. And at that time, there was a lady that was ready to give birth in this isolated area and the problem is that the lady don't want to leave because she feels comfortable in that place, but we have no facility of health office in this area, so finally after we tried several times, the ship could reach this area and the lady is willingly to be evacuated and besides this area, we also have a shelter in Niambangen here, so in here and in here, but in here, because we have roads, so no problem to supply the logistics.

Recently, because of this activity, we also evacuated people in this area, here to the west. This is the lava flow that destroyed the road, so actually 3 days before the eruption, the road just finished and the road already to be used, but because of the activity, so we couldn't use the road. And this is the dimension of the lava flow that reached the sea. It's about 160 meters width. So, what happen when people see the hazard without proper knowledge? Once on 20<sup>th</sup> of August, the weather was cloudy, so we couldn't see the summit of Karangetang from any direction and once we saw from the observatory also, we saw big reflection of flame, people got panicked and many people and also local official government asked about this one and the communication is very crowded. And finally, we sent staff and observer around the volcano to see what happened at that time, so this is actually happened. We can see that this is not too big eruption because in the past when there is a big reflection, there is a big pyroclastic flow, so we can also understand the feeling of the people. This is from the other side and this is from the flame also.

So, to us with many volcanos, the big problem is to communicate the risk to the people, what are the problems, when we should communicate, where we can communicate to public, who are the target, so this is very important. During my quick response team, we need to communicate all the time even in the field, so

here when we survey and monitor the development of the deposit, this is my colleague, he operated the drone. And this is the time for me to communicate to the people and because this is informal communication, this is very good. And then also people, stakeholder came to our observatory and asked many questions and this is seismograph, we explained many things. And also this is an example from Agung. We used storyteller to explain to the children about the hazard and also to learn the hazard of the volcano by drawing.

In here, we have continuous and regular communication with stakeholder, so this is communication with regional disaster management agency and this is our minister. We have coordination with stakeholder, also in observatory and in here, when we check the highest point of the inhabitant, we also talk to the local people. In here, students came to our observatory and we explained what is going on in the volcano. And during crisis, the communication, we do not do only with stakeholders, but also with people in the evacuation place. So, this is at night and sometime one night we need to move to many places to talk to the people and to listen what they worry about and what is the situation and what need to be understand. And also in Agung, we learned that Agung volcano in Bali because the culture is very strong, sometimes we need the support of religious leader, so we talked to the religious leader and they will support us in communication with public.

For government official and also some of community member, we train and give simulation about the hazard, so here, we prepare hazard map and bring in wide big size hazard map, so that people can see where they live, and what is the hazard near their place, and how to avoid the hazard. And then also we ask people to see what is going on near the volcano, so they can understand how the deposit formed and how the deposit went down to the channel. In here, example of Karangetang volcano, during normal time, we try to simulate how to evacuate, because the angle of the topography is very steep, so they understand that even in normal times, it's not easy to go down but how about if during crisis in panic and limited time, so by that time, they can understand what is the risk if they are not ready to anticipate the crisis. And here we also prepare contingency plan for people around the volcano and during the process, we need to identify the hazard, we learn to understand the risk and to know what to do, how to do and what people should do and the output will be risk map and also what is the role of each group.

So, here, I would like to show the challenge of disaster mitigation in Indonesia because the population density is very high, so it also affects the life necessity for people living surrounding the volcano and of course, it will decrease the community

awareness. And from this point what we should do is how to monitor, and to assess , how to improve knowledge and awareness and the important things how to communicate the risk. Finally, we still need to learn how to manage the disaster, thank you.

**Moderator**

Thank you very much. Now, we have a little time to entertain questions from the audience, but we do have the panel discussion in the afternoon as well, so if you want to clarify anything from the presentation, you can ask questions now. Any questions from the floor? No? If not, then in the afternoon panel discussion, we will ask you to speak once again. Thank you very much. Next, we have Mr. Osamu Minamisawa , Deputy Director of Kiso Construction Office of Nagano prefecture titled 'Mount Ontake Eruption Disaster', the stage is yours. I am sure many of you are Japanese and Mr. Minamisawa is going to speak in Japanese and the slides are in Japanese, but also we have English translation in the smaller screen.

## 「御嶽山噴火災害への対応」

南沢 修（長野県木曾建設事務所 次長）



南沢：ご紹介いただきました、長野県の木曾建設事務所で次長を行っております、南沢修と申します。よろしくお願いたします。

なぜ、建設事務所の職員がここに来ているんですかといいますと、御嶽山が噴火したときに、私は長野県庁の危機管理部で、災害対応を直接行っていました。課長補佐という立場で、最前線のところで対応していたということがございまして、今日のこの場にお呼びいただいたと思っております。

では、当時の対応等々をご紹介させていただきたいと思いますが、まず御嶽山の噴火したときの映像と、火砕流が発生しましたので、そのときの映像を先にご覧いただきたいと思っておりますので、よろしくお願いたします。

まず、噴火の映像をご覧ください。これは噴火した後の3時間後です。県の消防防災ヘリから撮っている映像です。

(映像)

ヘリ搭乗者音声：現在、御嶽山頂上を撮影中。御嶽山頂上を撮影中。山頂部分ぐらいで、2カ所から白煙および黒煙を確認。

現在、2カ所から噴火箇所を確認。2カ所からの噴火箇所を確認。

南沢：火砕流の映像は、国交省の中部地整の多治見砂防事務所さんのホームページでアップされていたものを、お借りしております。ご覧いただいたように、二つの沢から火砕流が下りてきます。表示の時刻はリアルタイムの時間ですので、52分に噴火していますから、1分ちょっとぐらいで火砕流が、このように下って来ています。たまたま、人家が無い、登山道ではなかったので、登山客の方たちが巻き込まれたことはないのですが、このように火砕流が出ています。



図 1

このときは後の検証で、約100℃ぐらいの低温の火砕流だったということですが、それでもこのような勢いで火砕流が下ったという状況です。本当に登山道がなかったので、登山客の方がこの火砕流に巻き込まれることがなかったものですから、火砕流での被害というのはないのですが、このように沢筋で、かなり大量に火砕流が下っています。

これをずっと見ていますと15分位あるので、途中飛ばします。こんな感じで火砕流が広がっていきます、最後にぐわっと広がって。こういう感じで、

## 御 嶽 山

御嶽山は、乗鞍火山列の南端に位置する成層火山。  
 岩石は玄武岩・安山岩・デイサイト。  
**標高3067m。日本では、富士山に次いで2番目に高い火山。**  
 1984年9月14日にマグニチュード6.8の地震(1984年長野県西部地震)が発生。  
 御嶽山とその周辺の4個所で大きな地すべり・斜面崩壊により、合わせて29名の人命が失われた。特に大きな土砂災害は伝上川上流で発生した斜面崩壊で、土量は3400万m<sup>3</sup>に達した。崩壊した土砂は伝上川・濁川・王滝川を12km渡って流下し、数十mの厚さに堆積した。

(気象庁 ホームページから引用・加筆)

しあわせ信州

図 2

## 御嶽山火山活動概要

- 2014年 水蒸気噴火 (phreatic explosion)  
 9月27日11時52分頃噴火。噴火場所は剣ヶ峰の南西側。南西方向に火砕流が流下。
- 2007年 水蒸気噴火 (phreatic explosion)  
 1～3月。噴火場所は79-7火口。3月後半? ごく小規模な噴火。
- 1991年 ごく小規模・水蒸気噴火 (phreatic explosion)  
 5月13～16日の間。噴火場所は1979年7噴火口。(VEI0)
- 1979年 中規模・水蒸気噴火 (phreatic explosion)  
 10月28日早朝。火砕物降下。噴火場所は剣ヶ峰(主峰)南斜面小火口群。噴出物の総量は約20数万トン。(VEI2)

(気象庁 ホームページから引用)

しあわせ信州

図 3

## 御嶽山噴火災害

御嶽山噴火災害

- 噴火日時  
 2014年9月27日 11:52頃
- 被害状況(本日時点)  
 人的被害: 死亡58名、  
 行方不明者: 5名  
 負傷者: 重症29名、軽傷40名  
 (長野県側) 重傷27名、軽傷32名  
 (岐阜県側) 重傷 2名、軽傷 8名

しあわせ信州

図 4

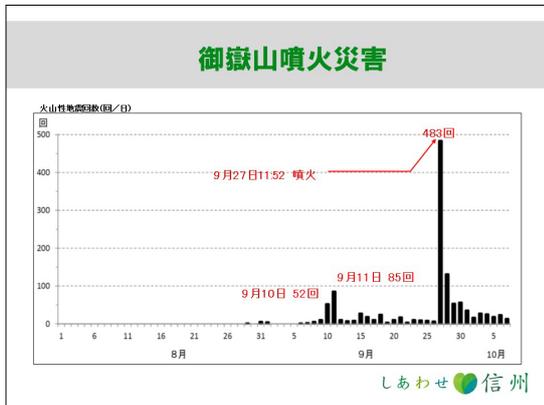


図 5

御嶽山が噴火したときには、火砕流が出ていたということでもあります。

御嶽山の位置図ですけれども、御嶽山はご覧いただいたとおりで、長野県と岐阜県の県境に跨っています(図1)。市町村でいきますと、四つの市町村に跨っています。長野県側でいきますと木曾町と王滝村、岐阜県側でいきますと高山市と下呂市の四つの市町村に跨っている火山でございます。

御嶽山は標高3,067mで、日本では富士山に次いで2番目に高い火山です(図2)。御嶽山に登られた方はお分かりいただけると思いますが、乗鞍火山列の南側にある単独峰で、ぽつんと一つある山でございます。

御嶽山の火山活動ですけれども、2014年の水蒸気噴火の前に、2007年、1991年、1979年と、3度水蒸気噴火しております(図3)。1979年の水蒸気噴火が、御嶽山の有史以来初めての噴火だということで、御嶽山の噴火が2014年で、記録的には4回目ということになっております。

御嶽山の被害ですけれども、2014年9月27日の11時52分頃に噴火がありまして、人的被害は、お亡くなりになった方が58名で、現在はまだ5名の方が行方不明になっております(図4)。負傷者は、重症者が29名、軽傷者が40名ということで、長野県側、岐阜県側では、ご覧いただいたように負傷者の方が出ております。

御嶽山の噴火の前ですが、9月10日に火山性地震が52回、9月11日に85回と火山性地震が増えました(図5)。気象庁の噴火警戒レベルがまだ1だったので、これでレベルが上がるのかなと私たちも思ったのですが、気象庁は、まだ上がらないということで、ご覧いただいたとおり、その後、火山性地震の数がぐんと、一度は減りました。

27日に、噴火の約10分位前から突然、火山性微動が始め、約10分後の11時52分に噴火したということでもあります。この日の火山性地震は、483回ということで突出したかたちで、このような数字が出ています。

これが御嶽山の噴火警戒レベルです(図6)。今は多少、噴火した位置で変わっていますが、これを作



図 6



図 7

成したときの噴火警戒レベルは、先程ご紹介いたしました 1979 年の火口をベースにして、噴火警戒レベルができています。そこを起点にしまして、1km、2km、3km ということで円を引いてあります。今は若干変わっていますが、当時はこの噴火警戒レベルで、災害対応を行っていました。

これは、噴火警戒レベルを拡大したものですが、気象庁のほうで噴火後の 12 時 36 分に噴火警戒レベルを 1 から 3 に引き上げています (図 7)。その時点で御嶽山の場合は、先ほどご紹介しました四市町村で、噴火警戒レベル引き上げで、どこで規制をかけるかが決まっておき、噴火警戒レベルが 3 の時には、赤色のレベル 3 の一番広いところで規制することが事前に取り決めていたものですから、それぞれの市町村で、この位置で規制をかけています。

ただ、実際には、この後にご覧いただきますが、火山灰の影響で交通事故も起きていまして、そんなことで、実際はこれより広く止めていた箇所も何ヶ所もあります。



図 8



図 9

この写真が、お話ししました、火山灰が積もって車が滑って、事故を起こしてしまっているところです。こんなこともありましたので、実際は取り決めてあったところよりも広く、規制をかけています (図 8)。

これは、噴火前の御嶽山の山頂付近でございます (図 9)。これは「王滝頂上」のほうから上がっていくところで、ちょうど噴火の 1 ヶ月前に、私を含め長野県の職員で現地を確認のため、現地へ登った時に、撮った写真です。ここの「八丁ダルミ」というところから御嶽山の頂上、この間で多くの方が被災をして、お亡くなりになられていたというところがございます。



図 10

### 御嶽山噴火概要

今回の噴火規模は1979年の噴火と同程度と考えられる。火砕流が南西方向に3km以上流下。気象レーダーの観測によると噴煙は東に流れ、その高度は火口上約7,000mと推定。その後の上空からの調査によると、噴火は剣ヶ峰山頂の南西側で北西から南東にのびる火口列から発生したとみられ、大きな噴石が火口列から1kmの範囲に飛散しているのが確認。火砕流は発生したが、地獄谷付近で樹木等が焦げたような痕跡は認められない。また、噴出した火山灰には新鮮なマグマに由来する物質は確認されておらず、今回の噴火は水蒸気噴火であったと考えられる。御嶽山で噴火が発生したのは2007年以来。  
(火山噴火予知連絡会拡大幹事会見解から引用)  
しあわせ 信州

図 11

### 御嶽山噴火概要

当日は久々の快晴。紅葉の時期で多くの登山者が入山をしていた。特に噴火時は、昼食のため山頂(火口近く)にかなりの登山者が滞在をしていた模様。多くの登山者が地元在住者以外の者であったことから、登山者数や個人の把握に時間を要し、人的被害を含めた災害の全体像の把握が困難であった。山頂付近には、噴火による火山ガス(二酸化硫黄、硫化水素)が噴出していたため、火山ガスに対応した装備(ガスマスク等)をしなけば、救助・救急活動ができない状況。  
しあわせ 信州

図 12



図 13

この写真が山頂近くに行ったところですが、山小屋が二つあったのですが、噴火したときの噴石がバンバン屋根や壁に当たりました(図10)。今はシェルター等々に改修するということで、取り壊してしまっ、無いものもありますし、取り壊し中というところもございます。

噴火予知連の見解では、今回の2014年の噴火は、1979年の噴火と大体同じくらいじゃないのかといわれています(図11)。冒頭ご覧いただいたとおり、南西方向に火砕流が3km、下っています。それと気象庁のレーダーによりますと、噴煙が約7,000mぐらまで上がったという噴火で、多くの噴火口が開いて、冒頭に映像でご覧いただいたような感じで、噴火が発生しております。

噴火当日ですが、実はその前の数週末が、天候が悪く、なかなか良くな、それが噴火したときは久々の快晴で、紅葉の最盛期の時期で、多くの登山客の方が入ったということがございます(図12)。そして、11時52分ですから、ちょうど頂上に行っでご飯を食べようという時間帯で、多くの方がご飯を食べていたというところで、頂上の南西側で火口が開いたということになっています。

何せ登山の方なものですから、普通の災害ですと住宅地図等から、どういう方がいらっしゃるというのがすぐ調べられるのですが、登山者の方ですと、どこから来ているのか、どのくらい入っているのかというのが分からなく、その把握だとか、個人を特定するのにものすごく時間がかかりました。御嶽山でさえこんな状態なので、これより多く登山客が入っている火山ですと、人を特定する、どのくらい入山しているんだというのを追い掛けるのは、非常に大変だと感じています。

また、噴火によって二酸化硫黄とか硫化水素という、有毒ガスが出ていたものですから、救助に行く警察、消防、自衛隊は、ガスに対応したマスクを用意しなければ入れない、本当にこの救助・救急をやっていた3隊には、大変なところで活動を行っていただき、感謝を申し上げるしかないと思っています。

この写真は、先ほどの映像から抜いたものですの



図 14



図 15

で、ぱっと見ていただければと思います (図 13)、(図 14)。これが火砕流のところ (図 15)。

これは、国土地理院さんからいただいたものですが、10月7日に撮っていただいたところで、27日から10日ぐらいたっていますけれども、こんな感じでいろいろな所の噴火口といえますか、火口から、噴煙が上がっているという状況です (図 16)。

長野県の対応になりますけど、噴火してから木曾町さんと王滝村さんには、12時20分、12時30分に災対本部を立ち上げて、12時36分に気象庁がレベルを1から3に上げました (図 17)。県のほうは13時20分に警戒対策本部ということで、危機管理監がトップの態勢を組みました。

その後、警察や消防から入ってくる情報で、これはかなり大きな災害だと、14時10分に、災対法に定められている本部に切り上げ、「長野県御嶽山噴火災害対策本部」を設置しました。

その後、この災害は規模が大きいので、国の支援が必要だとして、14時31分に自衛隊に災害派遣要請、救助のために20時30分、消防庁に対して緊急消防援助隊の出動要請を知事から行いました。



図 16

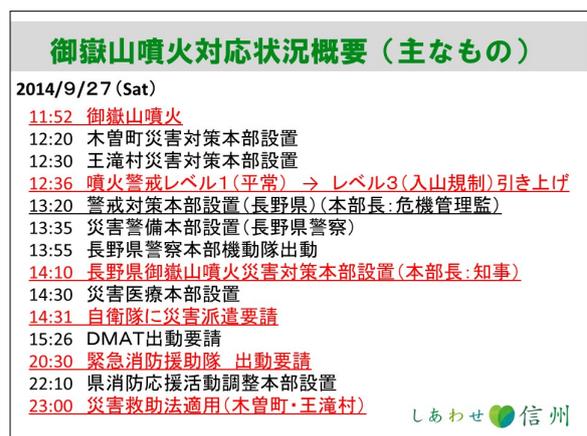


図 17

木曾町、王滝村では、避難所も設置したこともありまして、長野県では、災害救助法を適用したという流れで、噴火当日は対応していました。

国は、27日の16時40分に関係省庁の対策連絡会議が開催され、翌28日に、山谷防災大臣をトップとした、御嶽山の非常災害対策本部が立ち上がりました (図 18)。

**御嶽山噴火対応状況概要（国）**

2014/9/27 (Sat)  
16:40 関係省庁災害対策会議開催(国)

2014/9/28 (Sun)  
17:00 「御嶽山噴火非常災害対策本部」設置(国)  
関係省庁災害対策会議を格上げ  
本部長: 山谷防災大臣

22:00 「御嶽山噴火非常災害現地対策本部」設置(国)  
長野県庁に設置  
本部長: 松本内閣府大臣政務官

しあわせ信州

図 18

**国・県合同会議**



長野県職員撮影 合同会議

しあわせ信州

図 19

**国・県合同会議**



長野県職員撮影 合同会議

しあわせ信州

図 20

**御嶽山噴火災害**

- 火山災害の発災直後は、被災状況の全体像の把握が非常に困難
- 政府の非常災害現地対策本部設置が設置されたことにより、国との情報共有が円滑に図ることができ、非常に有効
- 警察・消防・自衛隊の3隊が連携して、情報を共有し、捜索方法などの作戦を立て、3隊が救助活動を実施

しあわせ信州

図 21

22 時に長野県庁に非常災害対策本部の現地対策本部ということで、当時の松本政務官がトップで入って来られました。関係省庁から情報連絡員の方が来られたので、いろいろと災害対応のときには、相談させていただき、非常に助かりました。

この写真は、国の現地対策本部ができましたので、国と県と一緒に会議を進めさせていただいているところです(図 19)。中央が松本政務官で、隣に居るのが、長野県の阿部知事です。

国から来ていただき、気象庁の方に、今の火山の状況がどうだということを、こういう会議で皆さんに説明していただいて、これが非常に救助・救急を行うときにすごく助かりました(図 20)。

火山の噴火口のすぐそばへ救助に行かないといけないので、火山の状況とか天気の状態はどうなんだというのが非常に重要な要素だったので、気象庁に来ていただいているいろいろとご説明とか、いまの状況がどうだと説明いただいたのは、非常に助かりました。

まとめみたいになりますけど、火山災害の発生直後というのは、本当に被災状況の全体把握が非常に難しいというのを感じています(図 21)。というのは、先ほどお話しとおおり、どれだけの登山客が入山しているか、どういう人がいるかというのが、全くつかめないというのがあります。今は登山届を出してくださいとお願いしていますが、出されていない方もいらっしゃるの、本当にこの把握が非常に大変でした。

あと、国の非対本部の現地本部ができたことで、国との情報共有がすごく早くできたので、これは非常に良かったと思っています。御嶽山噴火の前に、皆さんの記憶があればですが、広島で大きな土石流災害があって、この時に国が現地対策本部をつくりました。これが有効だったということで、それを受けてすぐまた国が動いてくれました。私たちも直接、国の方と話のできたので、いろいろと判断する上で非常に助かりました。

それと今回、高く評価されているのが、警察と消防と自衛隊の3隊が連携して、情報共有して、捜索方法をどのようにやっていこうかを決めて行った



図 22

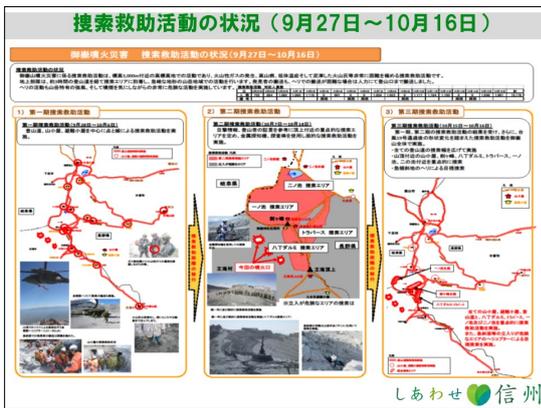


図 23



図 24



図 25

のが、これが非常に高く評価されています。というのは、県庁では、この3隊が同じ部屋に入って、そこに県と気象庁も入って、火山の状況や天候を踏まえ、どのように救助隊を入山させるかという大筋を決めます。この後に写真をお見せしますが、現地でも自衛隊を中心として警察、消防が連携して、どのように救助を行っていくかということを検討して行いました(図22)。

これは王滝村役場の2階をお借りして、この3隊が方針に従ってどのように救助していくかということで、連携して、お互いに情報を共有しながら行いました。この連携が非常に高く評価されています。

救助・救急は、この3期に渡って行いました(図23)。3,000m以上の高地の火山災害で救助・救急活動を行ったというのは、たぶん日本では初めてだと思います。

最初の第1フェーズでは点と線ということで、登山道と山小屋を中心に救助・救急を行いました。第2フェーズでは、いろいろな目撃情報等々から、ここにいる可能性が高いであろうという所を、面的に救助・救急活動を行いました。第3フェーズとしては、見落としがないようにということで、全てをもう一回行うというかたちで、救助・救急活動を行いました。

10月16日で救助・救急活動が終わり、お亡くなりになった方が57名で、行方不明者が6名で、噴火した年は終了しています。

翌年には、再捜索を行いました。6名の行方不明者の中からお一人を発見したので、最終的には冒頭でお示しました、死者58名、行方不明者5名という状況になっています。

この写真は、自衛隊さんから提供いただいているものです(図24)。ご覧いただいたとおり、火山灰がかなり積もっている中で、いろいろな行動をしていただきました。救助者をこのように搬送するとか、連携して皆さんで対応いただいています。

これが山頂付近の、冒頭で見ていただいた山小屋ですが、見ていただいたとおりぐじゃぐじゃの、田んぼの中みたいなところを救助・救急活動をしていただくというかたちで、金属探知機みたいなものを

「御嶽山噴火災害への対応」



図 26



図 27

使いながら、腕時計や何か金属に反応するようなことをやりながら、捜索していただいています（図 25）。

もう火山灰がぐじゃぐじゃの状況の中で活動いただいて、深い所では、腰の付近まで火山灰があって、もうズボっと入っちゃったら動けないような、大変厳しい条件の中で活動をしていただいています（図 26）。

火口のすぐそばで救助・救急をやっていただいたので、場所によっては本当に直線で 300m くらいの辺で、活動していただいていたところもあります。

これは 10 月 15 日です（図 27）。御嶽山は 3,000m の高さなものですから、冬期になって、10 月の中下旬になると雪が降りまして、カチンカチンに凍ってしまい、これ以上の活動は厳しいということで、10 月 16 日で閉じさせていただいたということでございます。



図 28



図 29

これは消防の写真ですが、消防隊がこのようなかたちで搬送して、ヘリが使えないときは、こうやって地上から搬送するしかないものですから、このように消防隊員には頑張ってもらっています（図 28）。

消防のほうでも、金属探知機を使いながらやっていただいている、ご覧いただいたとおり、屋根の上だけでもこれだけ灰が積もっていますので、もっと深い所では、ぐじゃぐじゃな所では、本当に腰まで入っちゃっているという、非常に厳しい状況でした（図 29）（図 30）。

これもすぐそばに噴煙が上がっていますので、たぶん直線距離で行きますと 200 から 300 m ぐ



図 30



図 31

らいだと思いますが、厳しい条件の中で活動をしていただいています。

この写真は警察で、このように列になって探査棒というものを突き刺しながら、行方不明者の方が埋まっているんじゃないかという捜索を、このように列になってやっていただいています(図 31)。



図 32



図 33

警察も消防も自衛隊も同じようなかたちでやっていますが、ご覧いただいたとおり、すぐ後ろで噴煙が上がっているので、本当に火口近くでやっていただいています。警察も金属探知機を使いながら、行方不明者を探していただきました(図 32)。



図 34

山の上でも、これは警察と自衛隊ですけど、3隊が連携して捜索をやっていただきました(図 33)。やはり火山でもエリアが決まっているということもあって、救助者もいるということがもう分かっていたから、3隊の皆さんの、救助しなければいけないという思いで、非常に厳しい中で活動していただいたので、本当に私たちは頭が下がる思いしかありません。火口の近くで、いつ噴火してもおかしくない状態の中で対応していただいて、本当に感謝しかありません。

さっきと同じで、この写真も膝まで入っちゃっている状態なので、こうやってズボっと入っちゃると、なかなか歩くこともできないという厳しい状況の中で、対応をしていただきました(図 34)。ここはまだ膝ですけど、本当に腰まで入っちゃう場所もあったと聞いています。

3,000m の高さですし、時期も雪も降っていたりしたものですから、いろいろ訓練している自衛隊とか警察とか、消防の方でも、やはり低体温になってしまったりだとか、急に 3,000m の高さにへりで上がったりしますので、そこでの活動ですから、高山病ではないですけども、そんな感じになった隊員の方も、何人かいらっしやったと聞いています。

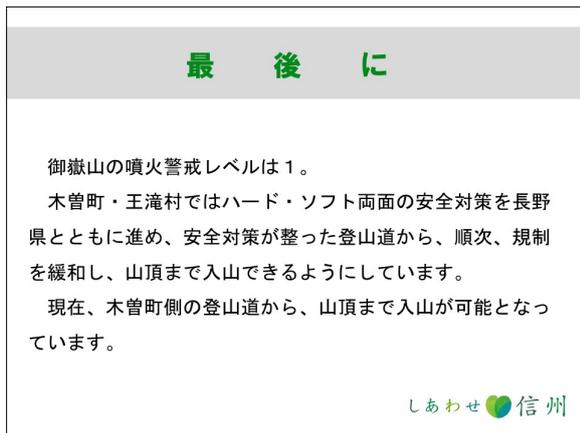


図 35

今の御嶽山ですけども、噴火警戒レベルは1まで下がっています。木曾町と王滝村では、ハードとソフトの安全対策を長野県と一緒に進めさせていただいて、安全対策が整った登山道のほうから順次、規制を緩和しています。今、木曾町側の登山道からは山頂に登れるようになっていますが、王滝村のほうでは今、安全対策を進めさせていただいていますので、王滝村も安全対策が済めば、王滝の頂上のほうまでは上がれるようになっていくと思っております。

駆け足で大変分かりにくいご説明だったかと思えますけども、以上で御嶽山の噴火したときの対応につきまして、ご説明をさせていただきました。どうもありがとうございました。

**司会：**南沢次長、ありがとうございました。それでは時間に少し余裕がありますので、南沢さんのご講演にもご質問を受けたいと思いますけども、会場から何かありますでしょうか。

特にございませんか。いいですかね。では私から一点だけ、お伺いしたいのですが、御嶽山の噴火災害で、今のお話でも噴火直後と、翌年にも捜索活動があったということで、自衛隊、消防、警察が共同ということですけど、一般的には自衛隊の活動は、緊急性だとか非代替性が満たされなければ災害派遣できないというところで、1年後の捜索でもやはり共同して作業していただいたというのは、どういったことでそういったことが可能になったのか、ご存じであれば教えていただけますでしょうか。

**南沢：**実際の捜索は消防と警察でやっていたけれども、自衛隊さんには後方支援というかたちで、へりで隊員を頂上まで上げてもらうということで、ご協力をお願いしました。

おっしゃるとおりで、緊急性とか、いろいろと制約があったのですが、当時は6名の方が行方不明だということと、噴火警戒レベルも下がっていたということと、行方不明のご家族のお気持ちを考えたときに、これはやはりある程度できることをしなければいけないだろうということで、長野県から自衛隊さんのほうに、こういうことでご協力をお願いいただけないかということをお願いを申し上げ、自衛隊さんのほうでその状況を踏まえていただいて、ご判断いただいたと思っております。

**司会：**ありがとうございました。ほかに何かございませんでしょうか。よろしいでしょうか。

それでは、予定では10時50分から11時5分までの休憩ということになっていましたけども、早まっていますので、15分ちょっとの休憩ということで、11時から後半の分を再開させていただきたいと思います。それでは15分ちょっとのご休憩ということで、よろしく願いいたします。

(休憩)

**司会：**それでは次のご発表は Marta Lucia Calvache 博士、コロンビア地質調査所からお越しです。タイトルは「コロンビアで学ぶ火山との共存」ということで、よろしく願いいたします。

## **Osamu Minamisawa**

Thank you very much. I am Deputy Director of Kiso Construction Office of Nagano prefecture. My name is Osamu Minamisawa. Now, why is a person from construction office here today, you may wonder. When Mount Ontake erupted, I was in the crisis management department of the prefectural office and I was directly in charge of this event. I was an assistant director, so that is why I am invited here to speak today. Now, I would like to talk our measures at that time.

First of all, I would like to show some videos when the Mount Ontake erupted and there were some pyroclastic flow, so I would like to first show you these.

This is the video when at the time of eruption, this is 3 hours after. It was taken from the helicopter of the prefectural disaster prevention. The video says that they are right now shooting the summit of the Mount Ontake and that they can see the plumes from two places.

The man says that they can see the plumes from two places. At this time, pyroclastic flow also came out and this is from Tajimi office and this was uploaded by the ministry of land infrastructure and tourism and I've just borrowed it. As you can see, you can see pyroclastic flows from these two places and this is the real time. It erupted on 11:52, so within just a minute, the pyroclastic flow came down and it just happened to be not any hiking route, so no hikers were involved in here and there were no private houses, but they were pyroclastic flow. And at that time according to the verification, it was rather low temperature, about 100 degrees, but still the intensity of the flow was very high.

It was very lucky that there were no hiking stroll here, so no hikers were involved here. There was no damage by the pyroclastic flow, but still there were a lot of pyroclastic flow running down and if you look at this, it lasts about 15 minutes, so I am just going to skip some. The flow expanded in the wide area. That's how all it happened. There was pyroclastic flow when the Mount Ontake erupted.

The location of Mount Ontake; Mount Ontake, as you can see, it lies on the border of Gifu prefecture and Nagano prefecture and it was four local municipalities, Kiso and Otaki in Nagano prefecture and Takayama and Gero city in Gifu prefecture. It is the second highest volcano following Mount Fuji in Japan. The height is 3067 meters and if you have been there, I think you understand that it is at the southern side of the Norikura volcanic chain, but it stands alone. And Ontake, the volcanic activities before the 2014 phreatic explosions, there had been three incidents, 2007, 1991 and 1979.

Now, in case of 1979, the phreatic explosion, this was the very first in historical records and it was since then, Mount Ontake has been undergoing phreatic explosion, and the eruption in 2014 was the fourth one. Now, about the damage by this eruption, it erupted at 11:52 on September 27<sup>th</sup> of 2014 and 58 people have died and still 5 people are unaccounted for and for the injured people, 29 people suffering from heavy injury and 40 light injury.

Before the eruption, there was 52 volcanic tremors or volcanic seismicity on September 10, and 85 times on September 11 and so it increased, the JMA said. We were expecting that the alert level will go up, but the JMA decided that they would not raise the alert level. As you can see the number of volcanic seismicities decreased at one time, but on the 27<sup>th</sup> the day the eruption occurred about 10 minutes before the eruption, suddenly the volcanic seismicities increased and then erupted at 11:52 and on this day there were 483 times of volcanic seismicities, so ascending number.

This is the volcanic alert level of Mount Ontake when we created this map, it was based on the 1979 eruption and so that was the basis. We have drawn the circles with radii of 1 kilometer and 2 kilometers and so all the images were based on this. This is the enlarged one that shows the JMA raised the alert level at 12:36 from level 1 to level 3. As I said, Mount Ontake covers four local municipalities, so where to put restrictions are decided by each local municipality when the eruption takes place and when the alert level goes from 1 to 3, the parts indicated in red, this is the widest area of the level 3. And we have decided that the traffic will be closed here, so all the local municipalities put restrictions in these areas. Actually you will see later, but because of the low volcanic ashes, there were some traffic accidents taking place.

We actually expanded the restrictions and this is the actual photo of the traffic accident close by the volcanic ashes. The restricted areas were wider than what's indicated in this map. This is the Mount Ontake right before the eruption, this is near the summit and this is taken from Otaki village. Just a month before the eruption, the staff members of the prefecture including myself went up to see the situation on the volcanic area and we took this. From Hacchodarumi to the summit, this is where largest number of the victims were. This is the photo nearby, there is a summit. There were two mountain cottages, which were hit by the rocks and now these were all demolished. Some shelters were going to be reconstructed.

Now, this is the report of the coordinated committee of volcanic eruption prediction. This eruption in 2014 is said to be similar to the one in 1979. As I said, the

pyroclastic flow went 3 kilometers down towards southwest and also the plume is said to have blown up to the height of 7000 meters. As you can read, there were so many vents and so the eruption took place from many vents. It happened to be a very fine day when the eruption took place. So, first time after a long period of bad weather, many climbers were there. It took place at 11:52, so many hikers were enjoying lunch near the summit. At the back of the summit, the vent opened up.

In case of the usual disasters, we can trace the victims, but in case of the hikers, we don't know where they are from and how many of them are there, so it really took time to identify them. Even Mount Ontake is really difficult to identify people, so if it's the case of other volcanos where you have more visitors, I think it's going to be very difficult to identify the victims.

Because we had toxic gas coming out, like SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S when we asked for the dispatch of polices, firefighters, and Self-Defense Forces members, they had to be equipped with gas masks and all the equipment, so we are very much grateful to all the three organizations that engaged in the rescue and aid operations, it was a very difficult situation.

This is an excerpt of the video earlier. This is pyroclastic flow and this is as of October 7, it has been 10 days after the beginning and you can see the plume coming from many different vents. This is the activities of the prefecture and Otaki village and Kiso town established the headquarters at 12:20 and 12:30. Nagano prefecture also established the headquarters to respond to the disaster and governor became the head of this headquarters and the fire department and police department understood that this was a big disaster.

Based on the disaster response act, the headquarters were reorganized and we realized that we needed the support from the national government. We asked for dispatch of the self-defense forces at 2:31 p.m. and also asked for dispatch of the emergency firefighters at 8:30 p.m. and the prefecture also adopted the disaster and rescue act.

On September 27 at 4:40 p.m., the stakeholders meeting was held at the government level and then the Mount Ontake eruption emergency response headquarters was established in the national government with the minister of state of disaster management, Ms. Yamatani being the head of the meeting. And at 10 p.m., the parliament secretary, Mr. Matsumoto became the head of the onsite

emergency headquarters of Mount Ontake eruption response, so this was a big help for us in responding to this disaster.

This is the joint meeting held between the national government and the prefectural government. Mr. Matsumoto, the parliamentary secretary and the governor who is still an incumbent governor today is in the picture. Many stakeholders came to our prefecture, the JMA, Japan Meteorological Agency official explained what was happening. It was very helpful for us in conducting riskier activities because we have to go near the vents to rescue people, so volcanic conditions, the weather conditions were very important in making decisions. The explanations by JMA were very helpful for us immediately after the disaster occurs because it is very difficult to grasp the overall picture of the disaster.

As I said, it's difficult to capture who is in the mountain including hikers and how many hikers are there. We ask the hikers to submit the hiker's registration but many people don't still do that.

Thanks to the national government onsite major disaster management headquarters, we were able to smoothly share information between the prefectural and national government, it was very helpful. In case of the flood that occurred in other part of Japan, the onsite major disaster management headquarters was established and for us as well this national government organization helped us in responding to this disaster. The police force, the firefighters and SDFs collaborated with one another and made decisions on the actions and responses. It was very helpful as well. All these members were in the same room together with the government officials from the prefecture and the national government.

I will show you the pictures later, but onsite command post had all the stakeholders from these forces as well as the national government and prefectural government. This is Otaki village, village hall and on the second floor, we gathered together in the same room and shared information. This information sharing and collaboration is highly evaluated. As for the rescue activities, we had three phases. The first phase, 3000 meters or above in higher places, I believe that this was the very first rescue activity that took place in Japan in such high place and again, we had three phases. In the first phase, we went on the mountain trail and went to mountain cottages and in the second phase based on the witness information, we went to some places, we narrowed down the places where the people might be found and then in the third place, we swept the area again.

After October 16: 57 people were killed and 6 people were unaccounted for, but in the following year, we had the re-rescue activity and out of 6 missing people, one person was found, so as I said at the beginning, 58 people were killed and 5 people were unaccounted for. These are pictures from Ministry of Defense. As you can see, the volcanic ashes are piling up and these SDF members who are transporting the people and helping out the people and this is near the summit. As you can see, this is very muddy, like a rice field and used the metal detectors and worked on the rescue mission. You can see it's quite muddy and, in some places volcanic ashes were piling up to the height of their hips, so it was very tough condition to conduct the activities and near the craters they were working, so it was about 300 meters away from craters.

On October 15, Mount Ontake has 3000 meters height, so in October it starts snowing, it becomes very solid and hard ground. That's the reason why we decided to stop the rescue activities on October 15. They are firefighters and when they could not fly helicopters, they needed to transport people manually and firefighters again, they also used the metal detectors and, on the roof, you can see the volcanic ashes are piling up. In some places, the pile is even deeper and thicker. You can see plumes, it might be only about 200-300 meters away from the crater, that's the condition where they have to be in conducting rescue activities. The police officers, they use these sticks to find those who are missing. The firefighters and the police force as well as SDFs were conducting similar rescue activities and they also used metal detectors in search of the missing people. And near the summit, the police force and SDFs were working together, so these three forces were working together. All these three forces knew that they had to find these people as soon as possible, and we cannot thank them enough. The craters may have erupted anytime, but they were conducting rescue activities right near the craters.

As I said, we were in the very thick volcanic ash pile and some places rendered it difficult to walk. In some places, they were all in the volcanic ashes up to their hips and on some days, it was even snowing. SDFs, firefighters and police officers, they go through hard trainings on a day-to-day basis, but even they had a hard time and they did not have mountain sickness, but some people fell sick during the rescue activities.

Mount Ontake alert level is now level 1 and Kiso town and Otaki village are currently developing the infrastructure and people related communication and safety measures together with the Nagano prefecture and some mountain trails where the safety measures are taken, the restrictions to entry are lifted gradually. We are taking the safety measures one after another, so in the Otaki village as

well, once the safety is ensured, we believe that hikers can come back and climb Mount Ontake to the summit. I might have spoken very quickly, but this is the end of my presentation, thank you very much for your attention.

**Moderator**

Thank you very much, Mr. Minamisawa. We have time for Q&A. Any questions from the floor? No questions? Then, may I ask you one question. Mount Ontake eruption, immediately after the eruption and also in the following year, you had rescue activities. SDF, police and firefighters, the SDF think that the urgency and emergency as well as the situation that requires SDF to come into picture is required to ask for dispatch, but how did you ask them to come back in the following year?

**Osamu Minamisawa**

The rescue activities were conducted by police and firefighters, but SDF were giving logistic support, providing helicopters to transport people. As I said earlier, at the beginning, six people were unaccounted for, and the volcanic alert level was going down, but considering the situation of the people, the families that were left, we wanted to once again conduct the rescue activity in the following year, and we launched the request to the SDF and they accepted our request.

**Moderator**

Any other questions? We were supposed to have a break from 10:50 to 11:05, but we are a little earlier than schedule, we would like to resume the session at 11 o'clock sharp, so let us have a 15-minute break, thank you.

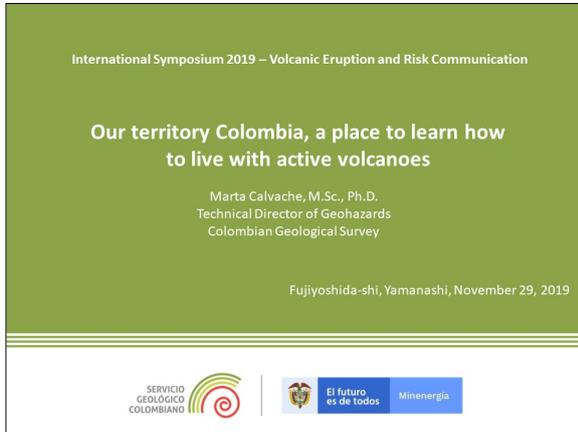
(Coffee Break)

**Moderator**

Our next presenter is Dr. Marta Lucia Calvache. She is director of the Columbian Geological Service titled 'Our Territory Colombia, a Place to Learn How to Live with Active Volcanoes'.

## 「コロンビアで学ぶ火山との共存」

Marta Lucia Calvache (コロンビア地質調査所)



**Calvache :** 皆さん、おはようございます。このような機会をいただきまして、どうもありがとうございます。私たちは火山関係でありますので、日本の象徴である富士山の麓にご招待いただいたことは、本当に光栄です。我々の経験を皆さまと共有し、多くのことを共に学んでいきたいと思ひます。

私はコロンビアから参りました。私は大学院を終わるところから、地質学者として、火山とずっと関わってきております。今日、私は皆さまに、コロンビアでの経験をお話ししたいと思ひます。コロンビアというのは、ここに位置しています(図1)。そしてこのプレートがあります。この三つのプレートが合わさっているところです。非常に大きな山脈がありまして、その山脈では地震が発生します。また、火山があります。

ですから、ちょうど日本と同じです。皆さまも、やはりこういった大きなプレートが合わさったところにおいて、そしてゆっくりと動くプレートの上に山があるということですね。それで日本では富士山があるわけで、私たちの国にも多くの火山があります。

これが南米です(図2)。南アメリカプレートが西に移動し、そして太平洋側が東に行つて、それからカリブ海のがこっちに動いているということです。そしてこの部分がすべて間に挟まれていますから、アンデス山脈は非常に高くなっています。火山があり、美しい景色に恵まれています。日本と同じです。

でもその自然は、時には地震をもたらします。そして時には噴火をもたらします。そして私たちは自分たちの国を理解して、そしてちゃんと

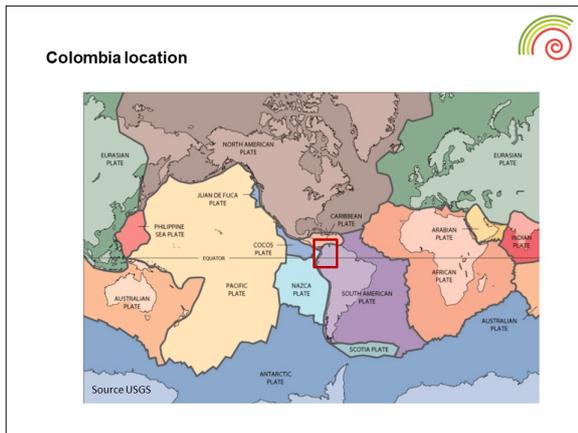


図 1

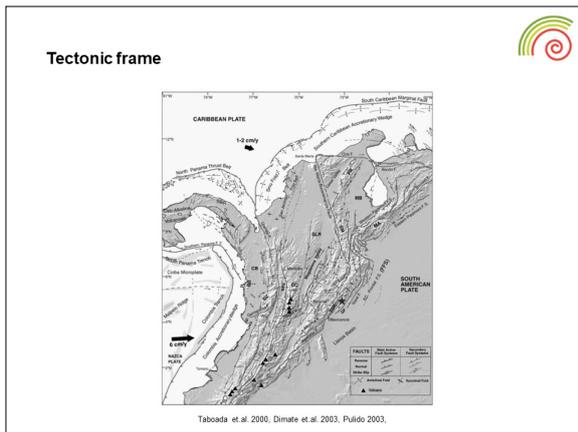


図 2

共存していくにはどうするか、ということ学ばなければいけません。

こちらがコロンビアです(図3)。幾つかの火山があります。コロンビアでは三つの山脈の系統があります。ほとんどの火山は真ん中の山脈にあります。32 もしくは 33 の活火山があると考へています。活火山であるということは、この 1 万年の間に噴火したことがあるということです。

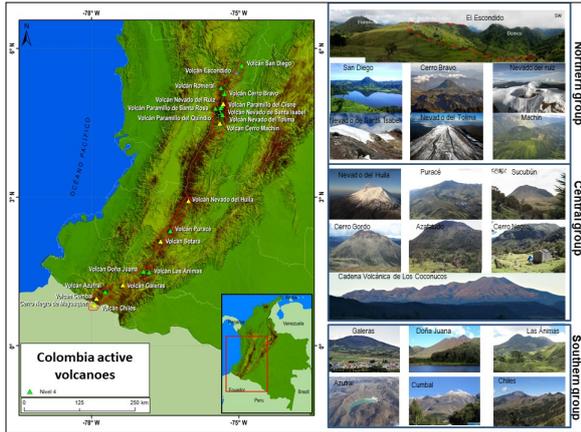


図 3

しかし私たち自身は噴火を経験していません。あまり噴火をしてこなかったんです。100 年は噴火していませんので、全然記憶がない。つまり火山が噴火したら、一体どういう被害を、人的被害をもたらすのか、ということが分かっていませんでした。

ということで、今日お話しするのは、例えばこちらのネバド・デル・ルイス (Nevado del Ruiz) 火山、それからネバド・デル・ウイラ (Nevado del Huila) 火山、こちらのほうですけども、「ネバド」というのはスペイン語で、雪に覆われている、雪冠という意味です。ですから富士山というのは、私たちの雪に覆われている山に対比して表現すると、ネバド・デル・フジとなります。

こちらの二つの火山の、こちらがルイス山でありますけれども、1985 年に噴火しました (図 4)。決して大きな噴火ではなかったんですけども、しかしラハールが発生しました。泥流です。その結果、2 万 5000 人が亡くなりました。一方、こちらのほう、こちらはウイラ山ですけども、2008 年に噴火しまして、12 人が亡くなりました。同じやはりラハール、泥流が原因です。

**Purpose of the talk**

The main objective of this talk is to show Colombia's experience in risk management related to volcanoes

- Nevado del Ruiz volcano
- Nevado del Huila volcano



Nevado del Ruiz volcano

In 1985 the volcano erupted, and about 25,000 people died when lahars reached towns around the volcano.



Nevado del Huila volcano

In 2008 the volcano erupted and 12 people died when lahars reached towns around the volcano.

図 4

ですから、私たちの経験をお話ししたいと思います。そしてなぜこのように 1 つの噴火ともう一つの噴火で、大きな違いが出たのかをお話ししたいと思います。同じ自然現象でありますけれども、しかし大きな災害となりました。私たちの歴史の中では最大の被害であります。そしてもちろん多くの問題がありました。

**Country Experiences: Nevado del Ruiz Volcano**

- Historical description of the eruptions of 1595 and 1845 of the volcano Nevado del Ruiz that affected the zone of the town of Armero:

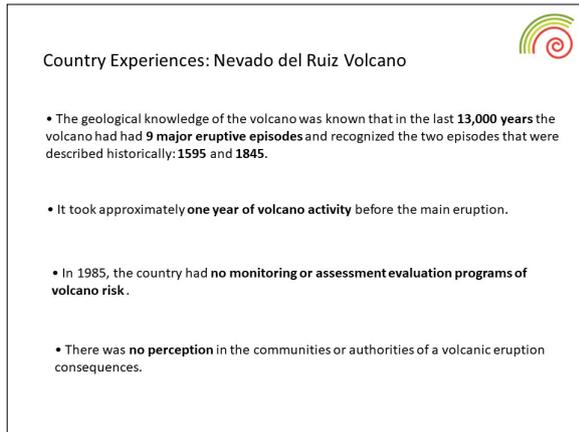




図 5

こちらの右の火山では、12 人が亡くなったのは非常に残念ですけども、しかし全く少ない人数でありました。ですから火山の噴火の規模の違いは、火山災害の規模の違いとは必ずしもならないということをお話ししたいと思います。そういった方向性でお話します。ですから、噴火した場合には、こちらのような死者を出すのではなくて、もっともっとその死者を減らす、さらに減らす、つまり誰も亡くならないような状態にしていきたいと考えています。

さて、ルイス火山は、これは私たちコロンビ



アの有史の中では、大体 500 年前から出てきています。スペイン人たちが南アメリカにやって来ました。そして多くの歴史の書が出されています (図 5)。報告書が出されています。私たちの土地で何を見つけたか、記録に残しています。ですから、数千年というわけではなくて、500 年ということに限られています。しかしいずれにしてもこういった文書から、ルイス火山は 1595 年と 1845 年に噴火したことが分かっています (図 6)。

図 6

私たちは熱帯の国です。ですから、ほとんどの

場所はとても暑いのです。200 年とか 500 年前、ほとんどの国民は氷というものを全く知りませんでした。

そして氷の塊が、私たちの河川に浮いているのを見ました。これはルイス山が噴火したときです。ですから、火山によって泥流、ラハールを生じさせたということが、非常によく分かります。低地へと流れてきました。

さらに研究が行われていまして、1 万 3,000 年の間に、九つの大きな噴火があったということが分かっています。19 世紀に起きたというのは、本当に昔のことだとは思いますが、しかし地質学的にいけますと、これほどの噴火がこの時期に、起こったということは、やっぱり非常に活発なんだということが分かります。

それは私たちにとっても、あなたたちにとっても、また私の仕事にとっても大きな問題です。例えば富士山の麓でホテルを運営している場合は、50 年というのは非常に長いのです。100 年というのは非常に昔々になります。私たち火山の研究者たち、そしてその 150 年を研究した人たちが言っているリスクのコミュニケーションは、時にはビジネスをやっている人に対しては、あんまりうまくいきません。というのは、明日に何が起きるか、あるいは 1 週間後に何が起きるかということは見たいけど、100 年後に何が起きるかということにあまり関心がないからです。

その当時、この火山が噴火していたということは知っていました。また、火山は 1 年間、ずっと活発な活動をしていたということが分かっていました。ちょうど 2 万 5,000 人の犠牲者が出るまで、1 年間の活動がありました。起こった後に、十分に時間があつたと、対策できる時間があつたのではないかと、さまざまな組織間が連携して、住民にコミュニケーションする時間があつたのではないかと思います。しかしそれはなされませんでした。また当時、コロンビアでは監視、モニタリングなどを担当する組織がありませんでした、そういった機器がありませんでした。また、例えばハザード、あるいはリスクの評価もありませんでした。

もちろん火山であると、活火山であるということは分かっていました。そして噴火することも分かっていました。ただ、私たちは問いませんでした。私自身や家族や町に、もし噴火が起きたらどうなるだろうと、問いませんでした。そして火山というのは一体何をなすものなのか、どういう意味があるのか、ということ全く問いませんでした。私たちは当時、自分たちに全くそれを問わなかったのです。

それからそれ故にコミュニティとして、私たちはそういった考え方というものはありませんでした。つまり火山のリスクですとか、ハザードとか、そういった考え方ありませんでした。と

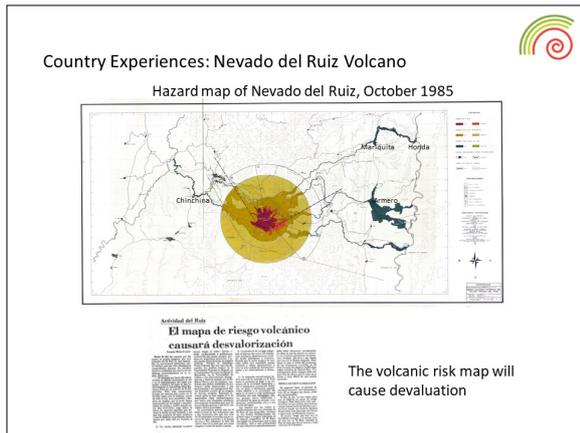


図 7

ほうに行きますと、大きな都市があります。ここからここまでが大体、25km ぐらいです。それからほかの都市も、この東側のほうにあります。もうちょっと小さい町もあります。ここからここまでが大体 70km ぐらいです。その火山は、こちらからはっきり見えます。ですから、この都市、あるいはいろんなところにおいて、シンボルのような存在でありました。

ところが、こちらのほうに行きますと、火山は見えない。ですから、火山と関係があるとは感じていませんでした。ちょっと遠すぎるからです。とにかく見えないからです。そしてここからここまでの高さは、高度（山の標高）が 5,300m で、こちらの都市が大体 400m です。ですから、その高度の違いは大体 5km となっています。非常に高い山なんです。こちらの町々は非常に低い所にあるということで、全く何らつながりも、認識も、また理解もありませんでした。特にこの町の人たちは、自分たちと火山が関わりあるとは全く思っていませんでした。

ですから、当時はこのようなマップで、こういうふうに書いてありますけれども、こういったリスクマップは地価の下落をもたらすと書いています。四つの理由があります。火山は絶対に噴火しないと書いていました。ちょうど1カ月前ですけれども、噴火しないと書いていました。つまり果たして噴火するのだろうかということで、多くの議論がありました。多くの人たちが言っていた意見ですけれども、また多くの組織が言っていたのは、全くクリアではないと、一体何を

にかく火山はあると、素敵であると。そして山でありますし、美しいし、水があるし、それから植物もあるし、でも、それだけだ、という考え方でした。

私たちはこの火山の歴史が分かっていたので、ハザードマップを準備するのは、大変なことではありませんでした。ハザードマップですけれども、1985年10月に発表されました（図7）。一方、噴火が起きたのは11月です。同じ年の11月13日です。

これが一番高い所で、ここが頂上で、左側のほうに行きますと、大きな都市があります。ここからここまでが大体、25km ぐらいです。それからほかの都市も、この東側のほうにあります。もうちょっと小さい町もあります。ここからここまでが大体 70km ぐらいです。その火山は、こちらからはっきり見えます。ですから、この都市、あるいはいろんなところにおいて、シンボルのような存在でありました。

ところが、こちらのほうに行きますと、火山は見えない。ですから、火山と関係があるとは感じていませんでした。ちょっと遠すぎるからです。とにかく見えないからです。そしてここからここまでの高さは、高度（山の標高）が 5,300m で、こちらの都市が大体 400m です。ですから、その高度の違いは大体 5km となっています。非常に高い山なんです。こちらの町々は非常に低い所にあるということで、全く何らつながりも、認識も、また理解もありませんでした。特にこの町の人たちは、自分たちと火山が関わりあるとは全く思っていませんでした。

ですから、当時はこのようなマップで、こういうふうに書いてありますけれども、こういったリスクマップは地価の下落をもたらすと書いています。四つの理由があります。火山は絶対に噴火しないと書いていました。ちょうど1カ月前ですけれども、噴火しないと書いていました。つまり果たして噴火するのだろうかということで、多くの議論がありました。多くの人たちが言っていた意見ですけれども、また多くの組織が言っていたのは、全くクリアではないと、一体何を準備していいのか、何をすればいいのか。また、とにかくこの状況というのは、全く不透明であると言っていました。

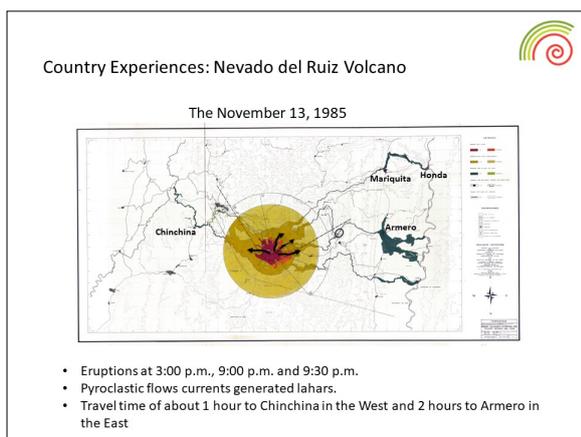


図 8

りました。ほとんどの泥流ですけれども、こちらの方向に行きましたが、こちらのほうにも行って、また、別の泥流があちらのほうに行き、また別の泥流がこっちの西のほうへと行きました。

ということで、ハザードをコミュニケーションするということになりまして、また、リスクを

コミュニケーションとなりますと、火山としましては、やはりこういった現象が起きると思います。ただ、どのぐらいの規模になるのかは分かりません。また一体何カ所で起きるのか、またどこまで行くのか、ということがなかなか分かりません。非常に多くの不透明さ、不確実性があるわけです。

つまりいろいろな当事者、それからまた関係者、ステークホルダーたちは、いろんなことに合意しなくてははいけません。どうやって管理するか合意をしなくてははいけません。しかもそれを、噴火がまだ起きていない段階でやらなくてははいけないわけです。

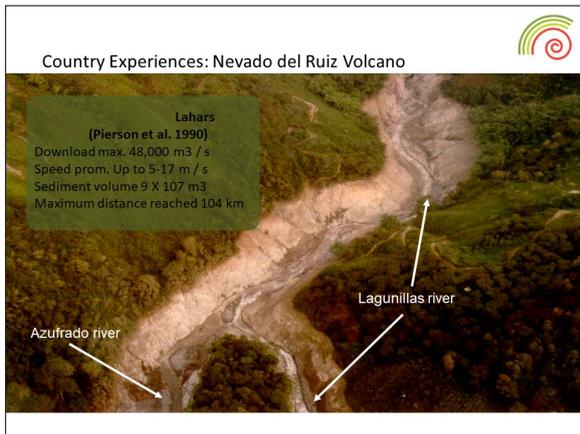


図 9

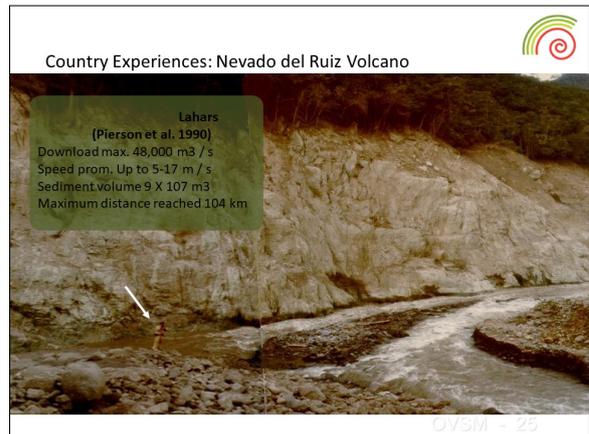


図 10

ここですけれども、二つの川があります。ここで交わります。そしてこちらのほうに行きます。こちらの町に行きます。これが写真です（図 9）。二つの河川がここで交わります。こちらが非常に傾斜の強い溪谷でありまして、とても水の量が少ないです。こちらが USGS の人間ですけれども、このラハールの量ですけれども、これががごとと流れていきました（図 10）。

例えば専門家たちが、これは大きいと言いますと、それは本当に大きいんです。エンジニアたちが言うこのラハールの量が、非常に速いスピードで移動してきます。非常に重要なことです。時にはこのコミュニケーションが非常に難しくなります。例えばあんまりはっきりしない、まだ分からないようなイベントが起きるけれども、しかし大きな量であり、そして大きなインパクトがあるということをお話するのは、非常に難しいことです。



図 11

ということで、幾つかの都市が影響を受けました（図 11）。チンチナ（Chinchina）、またアルメロ（Armero）です。最も被害を受けたのが、アルメロでありました。またその間の都市、町ですけれども、その間で 2 万 5,000 人が全部で亡くなったと思われています。ということで、本当に大災害でありました。この火山は小さな噴火で、あんまり大きくなかったんですけれども、しかしラハールは大変な量でありました。そして恐らくコロンビアの人たちは、このような災害が起こり得るということを全く想像していなかったと思います。

ここにある町でありますけれども、溪谷があります。そしてこの傾斜が変わりました。こちら



図 12

のほうにあったんですけども、幾つかの町がありました。こちらが写真です（図 12）。あちらのほうに町がありました。でも、全てがもう消えてしまいました。全てが本当に流されてしまったのです。

今からもう一つの火山、ウイラ火山についてお話しします。ウイラ火山ですが、これはコロンビアにあります最も高い火山でありまして、最も多くの氷河で覆われています。そして 2007 年 2 月、ちょうど 36 時間前に地震がありましたけれども、小さな噴火をしました。そしてさらに 2007 年 4 月、そして 2008 年 11 月にまた噴火しました。

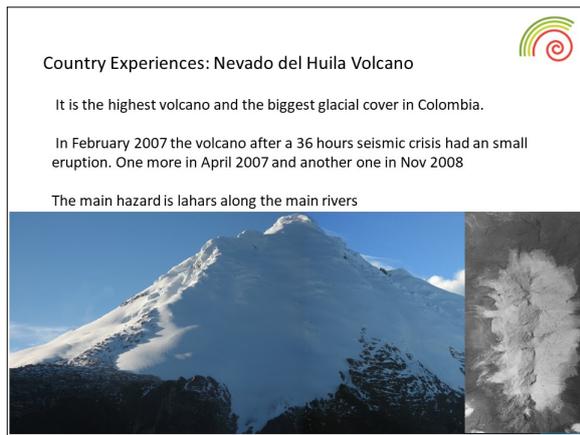


図 13

こちらの火山ですが（図 13）、参考資料は今まで全くありませんでした。この 500 年間で、全く噴火の歴史はありませんでした。地質的なマップですとか、ハザードマップはありますし、また、監視ステーションはもちろんありました。

わずか数時間前に地震が起きまして、これがどんどん強くなっていきました。そして大きなシグナルが出てきました。それから山頂から噴煙が上がりまして、ラハールが生じました。2007 年 4 月も同じでありました。もう少しラハールの量が多くなりました。また、2008 年 11 月でありますけれども、地震が非常に活発でありました。そしてさらに多くの泥流、ラハールが出ました。そして主要なハザードですけども、それはラハール、泥流であります。そのラハールは、遠い所に住んでいる人たちにも非常に大きな影響を与えます。



図 14

当初から我々はほかの組織と、また、コミュニティと一緒に協力をしまして、コミュニティ

に情報を伝えたり、また、コミュニティも私たちに情報提供をしたりしました（図 14）。この地域にはさまざまな先住民の人たちがいます。自分自身のいろいろな信仰がありますし、また、いろいろな政治的な課題があります。時には問題があるわけです。この組織、それから政府との間に軋轢があったりします。

そして火山監視をする我々が、どうやってリサーチをするかというのは、それは政府の管轄下にあります。そのため、時には何らかの対立というのが、コミュニティと私たちの間に起きました。というのは、私たちは政府の代表として見られているからです。そして彼ら自身はまた別の観点がある。でも、私たちは一緒に活動しました。そして監視からの情報というものにより、す



図 15

ぐに迅速に対応しまして、コミュニティの人たちは、すぐにラハールについて理解をしてくれました。非常に早かったです。

例えばこちらのコミュニティですけれども、先住民の人たちです(図 15)。こちらですけれども、首長の人たちがいます、政府のさまざまなレベルの首長の人たちで、中央政府から来ましたし、あるいはその州の知事、あるいは先住民のリーダーの人たちなどが集まってきました。非常にパーフェクトなコミュニケーションとはいいませんけれども、少なくともコミュニケーションはありましたし、ディスカッションはしました。時には、決定はミーティングなどで行われましたけれども、みんなが自分自身の立場を説明するということが行われた中で、決定などがなされました。



図 16

こちらはベラルカサル (Belalcazar) の町です (図 16)。火山はこちらのほうにあります。大体 45~48km のほうにありまして、非常に遠い所にあります。そして二つの川があります。一つの川はこちらから、そして別のがこっちから行っています。そしてここで交わります。こ

ちらにご覧いただけるとおり、少しラハールの堆積物が残っています。これは 2007 年 2 月のものです。こちらが 2007 年 4 月で、そして今度は 2008 年 11 月のラハールです。

この場所を見ていただきますと、これが町の中心部、それから川まで。ここから川を見ることができませんでした。実はここに橋があったんです。川の上、15m ぐらいのところに橋が架かっていました。2 枚目のこの川は、まず橋が無くなってしまいました。そして今度はこちら、ここにサッカー場があったんですが、22m ほど、その上に堆積物がたまってしまいました。ここは 400m ほどの幅があります。ここに町の中心部が見えています。高さが同じになってしまったわけです。



図 17

かなりの量の堆積物が出たわけです。これは大きな出来事でした。

人々はサイレンが鳴ると、この地域から山の上のほうに避難するということになっていまして、そして実際にそうしました。ラハールが流れてくることを想定して、困難な状況の中で、高い所に上っていきました。地面も揺れているし、また、風も強かったので、大変困難でした。ラハールは町のほうに襲ってきました。風も強く、もしかしたらラハールが追い付いてきてしまうのではないかという、切迫した状態でした。

しかしこの状況にうまく対応しました。

いかにラハールが大きかったかを、お示したいと思います（図 17）。これは川が通っていた溪谷の部分で、ラハールが流れてくるときに、一方のほうは流れて曲がるたびに、高い所と低い所の差ができました。こちらが高くこちらが低く、そして手前のほうでは左が高く右が低くて、高さの差が 65m ぐらいあります。ですので、いかに大きな流れであるかが、想像ができると思います。そしてラハールの持つ、下に流れるエネルギーがいかに大きいかが想像できると思います。

政府の当局、あるいは市民と話をするとき、いかにラハールの勢いが強いかを、どう説明ができるか。私の家はここにあれば大丈夫と、川からは随分遠く離れて、高い所にあるから大丈夫と思うかもしれませんが、しかし実際に流れてきてみれば、いかに近いかがよく分かると思います。

あるいはこちらのほうの町は、もしかしたらラハールの流れの勢いが強ければ、こちらにまで上ってきてしまったかもしれません。ラハールの規模を、今まで見たことがないような規模を説明するのは、そういう理解が困難です。それでもこういう現象への対応に備えておかなければなりません。

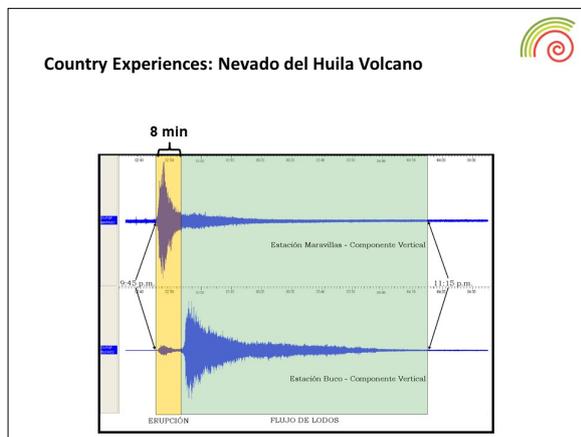


図 18

例えばこれは、地震計があるステーションから得られたシグナルです（図 18）。ここで噴火が起きました。ここで噴火が起っています。でも、ラハールが通過したのがここです。噴火から 8 分たって、ラハールがこちらのステーションの近くまで来たわけです。火山から大体 15km 離れた所にあるステーションです。ですので、ラハールは噴火と同時に発生し、そして 15km を 8 分で下ってきたわけです。大きなラハールです。火山から町まで、30 分で到達しています。それだけの量が一気に、急に流れてくるわけです。でも 30 分あれば、人々が高台へと逃れるのに十分な時間といえます。

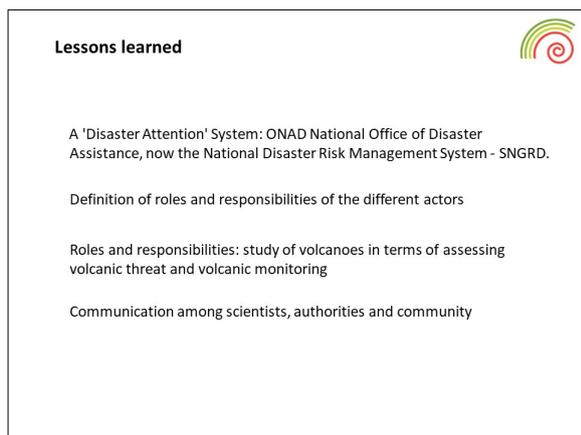


図 19

では、ネバド・デル・ルイス山と、ウイラ山の違いはどうかといいますと、以前、私たちには、防災に当たる機関が特にありませんでした。また、機関の間で役割分担といったことも、決まっていませんでした。ルイス山の噴火の後に決まりました。自分たちの機関はこれこれを担当する、ほかの機関は別の分野の責任を負う、というふうに決められました。その責任面は明

確になりました。

そして一つの制度の下で、体制を整えました（図 19）。私たちは火山のモニタリングをし、監視をし、体制の中のほかの関係者に情報を伝えております。政府当局、あるいは地元市民にどう伝えるかに注意しなければなりません。ルイス山については、完璧というわけではありませんでしたが、事前に分かっていることもありました。

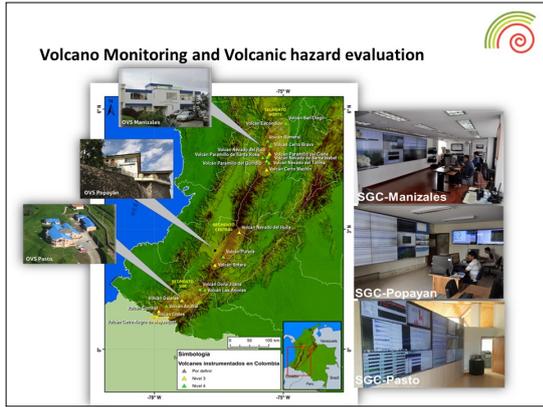


図 20



図 21



図 22

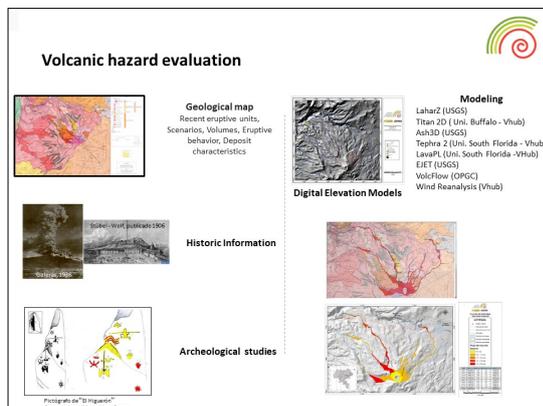


図 23

しかし市民は、私たちが知っていることをほとんど知りませんでした。だからこそ、すぐに対応することができませんでした。火山がどこにあるのかわからなかった。アルメロを流れる川は、火山から来ているのかわからなかったわけです。あまりにも遠く離れた所にある山だからです。そして学校でも火山について、そして火山と川の関係については、全く教えられていなかったんです。でも、私たち専門家は知っていました。

今では、三つの火山観測所があります(図 20)。そして私たちはモニタリングをしています。23の火山に設備を設置して、モニタリングをしております。600以上のステーションが、23の火山で設けられております(図 21)。モニタリング活動が行われております(図 22)。こういった設備を使っています。ほとんどの火山は、非常に高度が高い火山です。そういう火山で働くのは、非常に難しい面もあります。

それからハザード評価、地質学的な側面、どういふ噴火となり得るのか、どのような挙動を示すのか、また、どれぐらいの量の噴出物があるのか、次の噴火で何に備えればいいのか分かってきます(図 23)。

また、歴史的な記録、その情報もすくい出しています。またさらに、考古学の人たちとも協力しています。考古学的な知識からも、それぞれのコミュニティが火山についてどう知っているのか、知らないのか、それも分かっていきます。

そうした情報を総合して、私たちはさまざまな現象のモデリングを行います。そしてシナリオを作っていきます。地質的な記録とモデリングをマッチングさせて、シナリオを見ていきます。難しいところもあります。ほとんどの場合、このモデリングではいろいろな想定をしています。さまざまなパラメーターが設けられています。そして自然は、そういったものよりもずっと複雑です。簡単なプラン、簡単なモデルよりもずっと複雑です。これをベースにして、ハザードマップを作っていきます(図 24)。ハザードマップと観測体制を組み合わせたものが、私たちにとってのツール

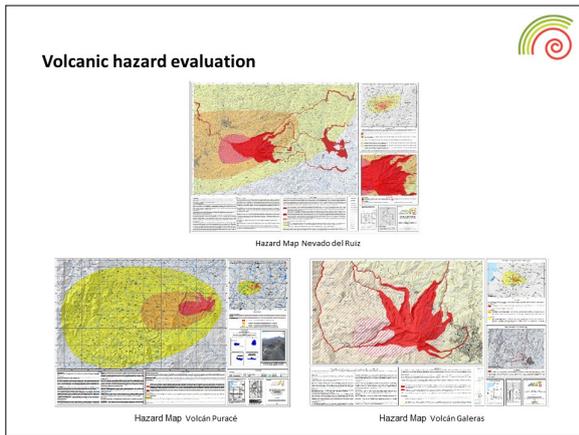


図 24

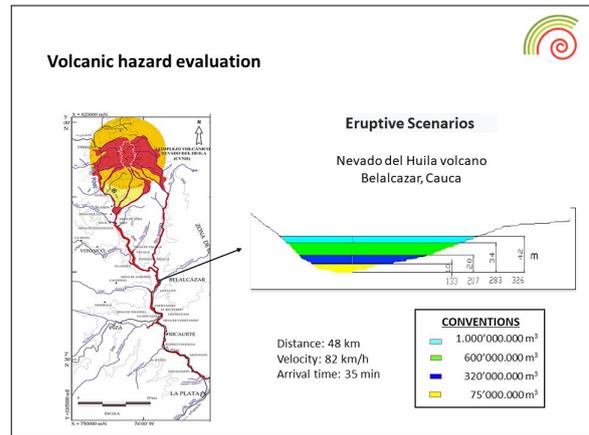


図 25

となっています。それを使ってコミュニケーションを図っています。

また、シナリオも構築しています。例えばこちらはベラルカサル、ウイラ山のほうのものです（図 25）。火山がここで、二つの川があります。ベラルカサルはここにありますが。そしてラハールの量の想定が幾つかあります。この川を流れてくることを想定しています。どれぐらいの高さにまで到達するのか。でも、噴火をするまで、一番小規模なものなのか、それとも最大規模の量になるのか、分かりません。

誰がどれだけの人を避難させるのかを決めるのか、それが重要なポイントになります。ほかの火山でも同じことがあります。私は 2 回～5 回、避難はしたけれども、家は無事でしたとなりますと、10 回目も避難しろと言われても、今まで何も起こらなかったからといって、避難しない。でも、もしかしたらその 10 回目にこそ、大きな噴火になるかもしれない、今までの噴火とは変

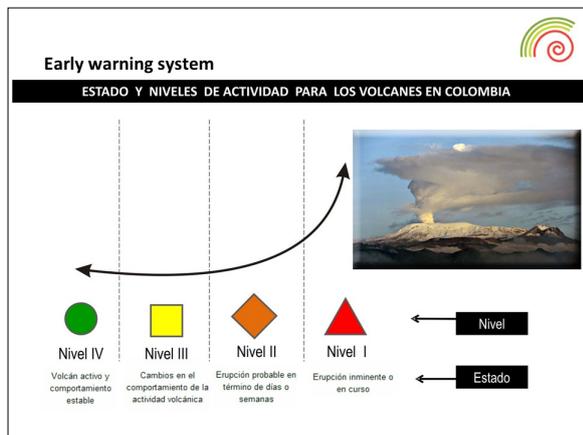


図 26



図 27

わってくるかもしれない。そういう複雑な状況に対応していかなければならないわけです。

こういう色、それからレベルを使って、コミュニケーションをしています（図 26）。火山の活動について伝えようとしています。意思決定者は、どの警報レベルにするのかを決めます。また、その警報レベルそれぞれが、どういう意味を持つのかを定めています。

また、私たちはコミュニケーションを当局と、それからコミュニティと図っております。特に火山災害の認識が低い地域に力を入れています。これはネバド・デル・ルイスですけれども、マニサレス (Manizales) という町からの光景です（図 27）。これは山の西側にあるものです。でもほかに例えばこちらの写真、ここでは山は見えません。ここが谷で、アルメロはこの辺りにあ



図 28



図 29



図 30



図 31



図 32



図 33

ります。そうなりますと、山について全然認識していない、意識していない、リスクがあるかどうか、まるで考えていないかもしれない。そうなりますと、こういうリスクがあるんだよという、シナリオも浸透させていくことが必要です。

ということで、私たちは常に人と関わりながらやっております。学校の先生、それから学校に焦点を当てています。これはウイラ山のほうの例です（図 28）。

先住民の人たちとも協力をしています。これがネバド・デル・ウイラ山の、噴火の結果できたドームで、新しいドームができて、また新しい山頂ができております（図 29）。山の形状が変わってきているということを示さなければなりません。でも、先住民にとって、この山は特別な存在



図 34

です (図 30)。

また、子どもたちと一緒に、あるいは当局の人たちと一緒に、現場の視察もします (図 31)。町に行ったり、あるいは町の人たちに私たちの火山観測所に来ていただいて、私たちが活動の説明をしています (図 32)。これがマニサレスの場合です。私たちの活動の実態を知っていただいています (図 33)。

あるいはショッピングセンターなどに私たちが出向いて、展示をすることもあります (図 34)。わざわざどこかに講義を聞きに行くというのではなく、ショッピングセンターに行って、そこで私たちの展示を見ていただいて、関心のある人に私たちは説明をするようにしています (図 35)。これは大変有用でした。



図 35

この人たちは、ある町の当局の人たちで、彼らに身近な情報を提供しています (図 36)。べつに火山活動が活発なときではありませんが、伝えるようにしています。これも火山地域に住んでいる人たちとのやりとりです (図 37)。



図 36

私たちにとってとても大事な活動の一つは、コミュニティの人たちの信仰、自分たち自身の取り決めなどがある先住民です (図 38)。特にコロンビア南部のほうの人たちと、このようなミーティングを持つことができ、大変嬉しく思います。

私たちも日本から学んでいます。日本の JICA では、さまざまな研修コースを設けています。少し前に知ったのですが、皆さんも子どもを対象にしたミーティングを開いていると聞きました。この写真は、実は日本の子どもたちの写真です (図 39)。子どもを対象にした初めてのミーティングを開いたときに、日本の子どもたちの写真を使わせていただきました。これまでに子ども向けのこうしたミーティングは、4回やっております。



図 37

先週、実は予定されておりました (図 40)。250人ほどの子どもたち、それから学校の先生、親たちが集まって、火山とはどういうものなのか、火山噴火となると、どういうことが起こり得るのか、といったことを話し合いました。

また、ジオパークの取り組みも重要です (図 41)。



図 38

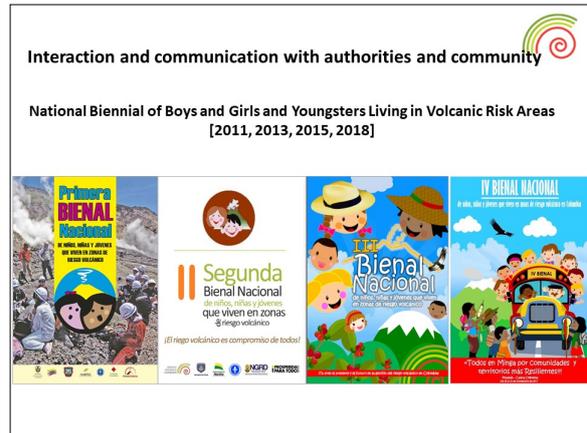


図 39

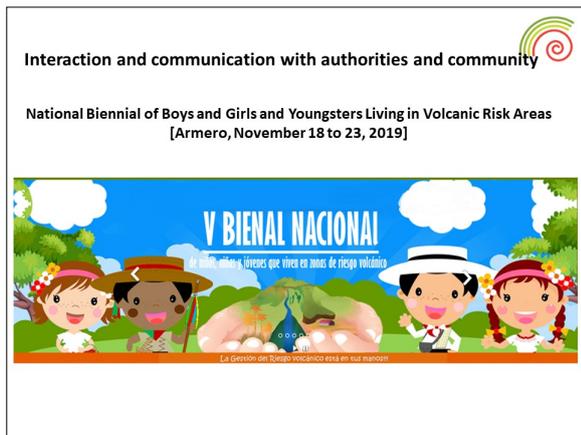


図 40

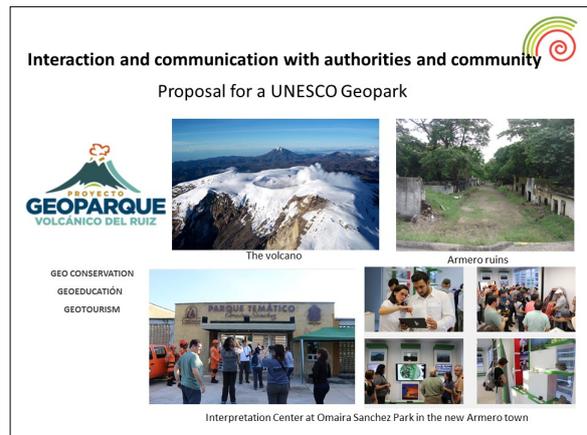


図 41

どうもありがとう  
www.sgc.gov.co



ネバド・デル・ルイスのほうですが、火山とアルメロの破壊された町があります。オマイラ・サインチェス (Omayra Sanchez) ・パークという公園もあります。ここで私たちは、火山について簡単に説明しています。子どもたちは遊بينながら、火山について学ぶことができます。また、ハザードについても学ぶことができるよう なつくりになっております。

皆さま、どうぞご清聴をありがとうございます。

**司会：**Calvache 博士、ありがとうございます。それでは Calvache 博士にも会場から、少し時間に余裕がありますので、質問を受けたいと思いますけど、日本語でも大丈夫ですので、こちらで英語に訳していただきますので、もしあれば、いかがでしょうか。では、吉本さん。

**質問者：**貴重なご講演をありがとうございました。コロンビアのほうでたくさんの方の市民とか子どもたちを対象に、いろんなミーティングをされていらっしゃる話があったんですけども、これは国が主導してやっているのか、住民たちのいる地方自治体が主体でやっているのかというところを、もしお聞かせいただければ、よろしくをお願いします。

**Calvache** : どちらの場合もあります。私たちは国レベルの機関です。私たちは州レベルの地域、日本でいったら県に当たるでしょうか、その当局、あるいは市町村レベルの当局と協力をしながらやっています。

一番大事なポイントは、私は火山について、火山学者として、地質学者としての知識があります。でも、市の市長とか知事とかは、彼らは彼らなりの火山についての考えがあります。さらにコミュニティはコミュニティで火山について、こういうものだという考えがあります。もしも事業をやっているとか、子どもがいれば、やはりそういう人たちも、それなりの火山に対する考え方があります。

いいニュースもあれば、悪いニュースも、私たちは伝えることになります。一般的には地震やSO<sub>2</sub>が増えているとか、火山がどうなるとか、悪いニュースを伝えるに行くわけです。もしかしたら噴火があるかもしれませんよと、それはもちろん悪いニュースになります。みんな大丈夫だと思います。火砕流だろうと、ラハールだろうと、溶岩だろうと、大丈夫と。しかし、私たちがそれに対してどうするつもりなのか知りたいと思うわけです。

それを伝えるに当たっては、やはり市当局、あるいは州の当局、政府の支援が必要です。そのレベルまでいくと、私はどう答えていいかは分かりません。市長は市長で決断を下す。でも市長は確実に、どれぐらいの被害になるのか、どれぐらいの援助が生じるか。本当に噴火が起こるかどうかは分からない。これぐらいの規模なのか、それともこんな規模で被害は起きるのか、それが分かりません。

それから州レベルで、私はハザードが起こるという話をしています。みんなは、じゃあどうするのか、インパクトを軽減するためにどうしたらいいのか。私たちはリスクだけの話をしています。リスクというのは、私の業務だけに関係する問題ではないです。みんなに関わることです。そうなる私たちはどうすればいいのか、そういう状況に当たって、なかなか答えられません。

火山の活動が変化していきますと、時間が十分にあるのか、数カ月先の噴火なのか、数年先の噴火なのか、それとも数時間後に何か起こるのか、それが分かりません。数時間後であれば、非常に大きな問題になります。ですので、何か起こる前に、私たちは話をしておきたいわけです。

事が起こる前に話をしたい場合、みんなはあまり関心を持ってくれないということもあります。今は大丈夫じゃないか、ここ100年は何も起こっていないし、いろいろと忙しいからと。コロンビアの場合、コミュニティはいろいろと大変な事態があるわけです。学校もあまりいい状態になかったり、病院も問題を抱えていたり、道路は道路で、がたがただったり、対処しなければならぬ日常的問題がたくさんあります。さらに付け加えて、噴火するかどうか分からないような、この100年、50年に噴火していないような火山の話なんか、聞きたくないと思ってしまうわけです。

それは問題ですが、とにかく協力をしながら伝えるようにしています。とはいえ、ローカルレベル、それから地域レベル、国レベルでの見方というのが、かなり開きがあります。なので、コミュニケーションも大変です。

**司会** : あと、ご質問はほかにございますか。大丈夫ですか。では、そちらから。

**質問者** : 貴重なお話をどうもありがとうございました。1985年噴火でも大きな被害で、2007年の噴火では対策を講じて、被害が少なかったということですが、この間の危機管理のシステムの変化に関してですけれども、この変化をもたらしたのは、主導をしたのはやはり国でしょうか。それともやっぱり地方のほうからどんどん変えていって、それが大きく膨らんでいったという。

誰が主導してこの変化が起こったのか、といったところはいかがでしょうか。

**Calvache:** ルイス火山の噴火がきっかけでした。それがきっかけで、コロンビアが変わりました。中央政府が、このようなルイス火山規模の災害を繰り返してはならないと、決めました。その災害以降、制度がつくられました。災害対応では、どこが何に責任を負ってやっていくのか。火山だけではなく、そのほかの自然災害のリスクに対応する部門が決められました。

ですので、中央政府が変わりました。そしてそういうシステムの中では、地域レベル、地方レベル、またコミュニティレベルでの対応が定められました。個人としても、もちろん責任があります。ですので、政府全体で変えてきました。それはネバド・デル・ルイス、ルイス火山噴火の結果、それがきっかけでの変化でした。

**司会:** ありがとうございます。時間がちょっと押していますので、ほかに質問があるかと思いますが、午後のディスカッションのときに、よろしく願いいたします。どうもありがとうございました。

次の講演に行くまで、少しご案内があります。最初にご案内することを、失念しておりましたけれども、本シンポジウムは、報告書を例年作っております。こちらの皆さんの今日のプログラムの裏表紙のほうに QR コードが付いておりますが、こういったかたちで申し込みいただければ、英語のご発表を全部書き起こしたものを日本語に訳したもの、かなり相当な厚さのものを、PDF でホームページにも公開しますけれども、それと併せて、ご希望の方には書籍のかたちでお送りすることにしていきますので、そちらのほうもご参照いただければと思います。

それで、写真撮影等をされている方は、忘れないうちにご自分で勉強したり、英語を確認したりということにお使いいただくのは、当然結構ですけれども、ぜひ著作権、肖像権等にはご配慮いただき、SNS 等にアップするときには、そういった点にご留意いただければと思います。その点はよろしく願います。

それでは、次のご講演に移ります。次は鹿児島市危機管理局の中（あたり）豊司さんにより、「大規模噴火でも「犠牲者ゼロ」を目指して」ということで、よろしく願いいたします。

### **Marta Lucia Calvache**

Thanks very much for this opportunity for this invitation, seen to be next to Fuji-san, the symbol for Japan is an honor, especially when we are working with volcanoes, and we have many things to learn and to share with you our experience. I am from Columbia and I have been working with volcano since I was close to finish my graduate study as a geologist. Today, we are going to talk to you about our experience in Columbia. Columbia is located here, we have these three plates joint together , so we have mountains, very giant mountains and in those mountains we have earthquakes and we have volcanoes, so just like you, you are also in the border of these big, big plates and these plates move very slowly and you have mountains too. So, you have here Mount Fuji and we have many volcanoes.

This is South America and South America is moving in this direction and this place in the Pacific ocean is moving in this direction and in the Caribbean is moving here and then all these blocks, they just are in between. These are growing and we have volcanoes and we have nice landscapes, as you do. But then the nature sometimes have earthquakes and sometimes have eruptions and we are living here and then we have to learn how to behave and understand our territory in order to live in our places. This is Columbia. We have several volcanoes in the Columbia. We have three ranges of mountains and most of the volcanoes are in central chain . We think, we have something like 32-33 active volcanoes, active that has eruptions in the past 10,000 years, perhaps, but then we don't have the experience of eruptions. Our volcanoes didn't erupt so much and some of them not in the last 100 years, so we don't remember what the volcanoes erupting may do to the people.

So, this talk is to let you know what happen with volcanoes like Nevado del Ruiz volcano, which is this and Nevado del Huila volcano, which is this. Nevado in Spanish means ice cup, so Fuji-san is Nevado Fuji-san compared with our Nevado's. So, these two volcanoes have eruptions; these volcano in 1985, the volcano had an eruption, it was not a big eruption, but produced lahars and 25,000 people were killed. These volcanos have eruptions in 2008 and about 12 people died with the same reason, lahars. I want to let you know our experience and perhaps, why the big difference between one eruption and the other eruption, we share natural phenomena, but here we have the biggest disaster in our history and here, of course, we have lot of problems. It was very sad that 12 people died, but it's a big difference, so it's a big difference of volcanic eruption doesn't mean a volcanic disaster. We are working in that direction. So, if we may have another volcanic

eruption, we don't want to be close to this result. We want to be close to this result of much better where nobody died.

Nevado del Ruiz volcano, our written history covers more or less 500 years, so Spaniards came to South America, and we have a lot of books of reports on what they found in our land. So, we don't have the history that you have that goes back thousands of years, we just have 500 years, but anyway in these documents, we know that Nevado del Ruiz had eruptions in 1595 and 1845. We are a tropical country, so most of the places are very hot, so most of the people they didn't know ice, 200 or 500 years ago and they saw pieces of ice floating along one of our main rivers during the eruptions of Nevado del Ruiz, so it was clear that the volcano produced lahars, mud flows coming down from the volcano to very low lands.

Also, there were studies and then we know that in the past 13,000 years, we had 9 major periods of activity in the volcano. So, for most of us, something that happens in the 19th century sounds a lot of time, but for a geological point of view something that has this amount of eruptions in this period of time will look very active and that is one of the main progress. For you, for me, for my business, if I have a hotel here next to Fuji, 50 years is a lot of time and 100 years is long, long time, so when we are talking as people who study volcanos, we are talking about 150 years the last eruption, sometimes, yes, that risk communication to the person who has a business, it doesn't look too fine because people wait to see what happen tomorrow or in a week, but not in 100 years. We knew at that time that the volcano has all these eruptions. Also, the volcano like 1 year of activity from the very beginning until the eruption that killed these people there was 1 year. So, after it happens, we will think it's plenty to do things, plenty of time to work between different institutions, plenty of time to work with the people to communicate, but it wasn't.

Also, at that time in Columbia, we didn't have any monitoring responsibility or equipment and we don't have evaluation of hazard or risk. We knew we have volcanoes. We knew we have active volcanoes. We knew that the volcanoes erupt, but never we asked ourselves what will happen to me, to my town, to my family if that volcano erupts and do I understand what a volcano will do and how it relates to me. So, those were the things at that time we didn't ask ourselves. And then because of that, we as a community, we didn't have that perception of volcanic hazard or volcanic risk. Otherwise, the volcanoes were there, they were nice, they were mountains, very good with lot of water, lot of vegetation, but it was all.

This hazard map was because we knew about the history of the volcano, to prepare a hazard map was not difficult and this hazard map was presented on October 1985. The eruption was in November 13, 1985. So, at the beginning, the mountain goes like this. This is the highest place and this direction we have this is a big city, from here to here is about 25 kilometers. There are other cities here. These are smaller towns and from here to here is about 70 kilometers. This volcano is very clear from this place, so the volcano is the symbol of this city, but from here it's very difficult to see the volcano. And people didn't feel that they were related to that volcano, because it was too far, and it was not possible to see it. The difference in elevation from here, this is 5300 meters high and this is around 400 meters high, so the difference in elevation is almost 5 kilometers.

This mountain is very high and this place is very low, so there was no connection, no perception, no understanding especially of these people or these people from the volcano. So, at that time, these kinds of maps, it says here that the volcanic map will cause devaluation of the line and here there are four reasons why the volcano will not erupt. It was 1 month before, so at that time there was big discussions if it was possible for the volcano to erupt, the kind of eruption that it will have and many people gave the opinion and many institutions gave the opinion, but it was not clear at all even what to do, what to prepare. People in general have a lot of necessities and the situation was not clear at all. And then on 13th of November, we have one small eruption at 3 p.m. and a bigger eruption at 9 p.m., and it was continuous until 9:30 that was also a big eruption.

Pyroclastic flow generated lahars and then it took 1-hour from the volcano to this town and it took 2 hours from the volcano to this town or to this town to this town, so most of the flows were in this direction. And this direction and another flow went in this direction and another one went in this direction.

When we are talking about communicating things and communicating hazards, also will be from the volcanic point of view, you expect a phenomenon to happen. But you don't know how big it's going to be for sure and in how many places it's going to happen and how far it's going to go. There are a lot of uncertainties that when we are talking between stakeholders and people working in the volcano, is a lot of things that we have to agree and we have to agree how to manage when the eruption has not happened yet. So, you see here, these two rivers, they join together here and they go in this direction to this town.

This is a photograph where the two rivers they join together and you see this is a steep canyon and the volumes are very weak. You see here, there is a person

from the geologist and you see the volume of the lahar going down these rivers. So, when some people like geologists or like volcanologists say this is big, it means big, the volume, for example, that engineer talks about when they are doing construction work and the volume of lahar, for example, it can move very fast. It's something important, sometimes the communication is very difficult when you are talking about such improbable events, but such a big volume with such a big impact on the people.

So, several towns were affected Armero, Chinchina, these towns, but the town that was destroyed the most was Armero and between all the towns, we believe that about 25,000 people died, so it was a big, big disaster. I guess people in Columbia never imagined that the volcano with a small eruption, because the eruption was not too big, but the lahar was very big. Such kind of disaster will happen. The town was here, you see the canyon and when the slope changed, there was located these towns and several other towns. So, this is a photograph, the town was located there and everything was destroyed, everything was washed out in that region.

Now, I am going to talk about the other volcano. So, this other volcano is Nevado del Huila volcano is the highest volcano and has the biggest glacier. In February 2007, after 36 hours of seismic crisis, had a small eruption. In April 2007, it had another eruption and in November 2008 had another eruption. This volcano, we didn't have any reference of eruptions in the past 500 years. We have a geological map. We have a hazard map, and we have a monitoring station at that time in the volcano and it was a very few hours of seismicity. It was increasing, increasing, increasing and then we have a big signal, and there was a big cloud on top of the volcano and a small eruption and we have a small lahar. Same thing in April, but it was a bigger lahar and same thing in November and it was with a lot of seismicity and it was even bigger the lahar.

The main hazard for these volcanoes are the lahars and the lahars will affect population that is quite far from the volcano. So, from the very beginning, we worked together with other institutions and with the community, talking to the community and the community talking to us. In this region, there are lots of indigenous community. They have their own beliefs and they have their own also political agenda with government, so sometimes there is a problem between these organizations and the government. We, as the people in-charge of the monitoring of the volcano and research on the volcano, we belong to the government. So, sometimes there was a situation between the communities and us because we represent the government, and they have their own points of view. But we were working together and the information from the observatory and the rapid response

and their understanding of the community about the lahars was really clear and really fast.

For example, these are the communities, indigenous community and we have the heads of the different levels of the government from the central government, the state government, the local government and the indigenous leader. So, I won't said that it was perfect communication, but at least we have a communication, we have the discussion and we have sometimes, the decision to be taken in communication in some meetings where everybody can explain and express their position. This is the town of Belalcazar. The volcano is in this direction like 45-48 kilometers in this direction is quite far, and there are two rivers. One river comes in this direction and another river comes here and they join together here. If you see here, there is little bit of deposit of the lahar from February 2007. This is the lahar from April 2007 and this is the lahar from November 2008. If you see this place, for example, here, between the central part here and the river, there were several distances, so it was not possible for us to see the river flow here to here. There was this bridge and this bridge over the river was about 15 meters over the river. In the second, the bridge was destroyed here, but here the soccer field was 22 meters below the deposit, and this is 400 meters wide and now from the central part here, you see the river. This is a big, big deposit on a big event that came from the volcano. What the people practiced was at the moment of the siren will be on, people will move from all this area to this level here and they did. They have a very good perception of what may happen with lahar and most of them, they went to the higher ground in a very difficult situation because they say it was very noisy, the ground was shaking and it was very windy. The lahar was approaching this town and it was very windy and they felt like the lahar was just behind them.

It was a very scary situation, but they responded very well to this. This is just to say how big the lahar is. Here, this is the canyon of the river and you see here the difference in elevation because it was like when the lahar turns, it goes higher at one side and lower at the other and it change from turn to turn. For example, here, this is high here and low here, but here this is higher here and lower there and the difference in elevation was 65 meters. So, just imagine how big this is going down and the energy that the lahar may have going down. So, after you see this, when you are talking to the government officials, when you are talking to the people, how do you explain how big a lahar can be because I will say my house is okay here, because it's too far from the bottom of the river, it's really high, but you see how close was this to this house and perhaps many people think about this town.

If this is a little bit bigger, go closer and closer to here. So, those are the problems of talking about the magnitude of something that we haven't seen very often, but anyway we have to plan to respond to this kind of phenomenon. For example, these are the signals from two seismic stations. This was the eruption and this is the eruption, but the lahar was very close to this station. It took 8 minutes from the beginning of the eruption to the lahar to cross this station and the station was about 15 kilometers from the volcano. So, the lahar and the eruption generate at the same time, and it travels 15 kilometers in 8 minutes, and it was just one big lahar and from the volcano to the town, it took half an hour. So, that volume is traveling very fast, but still half an hour is time enough for the people to go to higher grounds.

What we think it is different between Nevado del Ruiz and Nevado del Huila? In Columbia, we thought Nevado del Ruiz, we didn't have any real organization, we didn't have roles and responsibilities between the institutions and between different organizations. After Nevado del Ruiz, we do, we know that we are responsible for some things, other institutions, they have to be responsible for other things, so now we have cleared those responsibilities. We are working as a system and we study the volcanoes and we evaluate the hazard. We are responsible for the monitoring and to talk to the other people in the system. We have to be very careful how we communicate with authorities and with community. We knew things about Nevado del Ruiz in advance. We were not perfect. We don't have the monitoring, but the people didn't know a lot of things that we knew and they were not able to respond because they didn't know where the volcano was, they didn't know that the river crossing in Armero came from the volcano. It was too far and perhaps they had maps or in the school they were not taught about that volcano, about that river and we know that. So, now Columbia has three volcano observatories, belongs to the Colombian geological survey. We monitor, right now, we have equipment in 23 volcanoes and we monitor those. We have more than 600 stations in those 23 volcanoes, and they carry out that monitoring. These are some of the instruments that we have in our volcanoes, most of our volcanoes are very high mountains and to work near the volcanoes sometimes is difficult.

We have hazard evaluation. We work in the geology of the volcano, so we know the kind of eruptions, the volumes, how they behave, so we can explain what maybe the next eruption. Also, we work with historical records and information. Every time we are working more and more with people working in archaeology, so they have all this information about those communities, how they perceive or what they know about those volcanoes. With this kind of information, we model the different phenomenon and we produce a scenario and we try to match the

geological record with the modeling of those scenarios is difficult because most of the time the modeling is you assume a lot of things and a lot of parameters and most of the time, nature is more complicated, that model or a simple drawing. We produced this kind of hazard maps, so the hazard maps plus the monitoring are the tools that we use for a communication.

Also, we have scenarios, for example, this is for Belalcazar and Nevado del Huila. We have the volcano here, the two rivers, Belalcazar is here and we have different volumes of lahars going through these rivers and different highs that we may expect. But before the eruption, you don't know if you are going to have this models 1 or may have the biggest one and then who is going to decide, how many people will go up to the mountain and that is one of the main points or people may think and it happens to us in other volcanoes, I was evacuated twice, three times, four times, five times and nothing happens to my house. So the tenth time, I won't leave because nothing happened to me and who knows if that time is going to be bigger and probably the eruption is going to change.

Those are the kind of very complicated situations that we have. We communicate with these colors and levels and we are talking about the activity of the volcano and then the decision makers will decide about the alert levels and the decision of those alert, what it means and we are working all the time in communication with authorities and with communities, especially in volcanoes that are not as clear. For example, this is Nevado del Ruiz and this is the view from Manizales, the city that is on the western part of the volcano, but there are other volcanoes, for example, here, this is now clear. You don't see the volcano, this is the canyon and Armero was here, so the perception of the people maybe not the best and you don't know if you are in risk or you don't. Sometimes, you need to work together to deal that scenario of risk.

We are always working with people and we pay a lot of attention to the teachers, to the schools, so this is in Nevado del Huila and also with indigenous community, we are working, especially this is Nevado del Huila and you see the dome. After all these eruptions the volcano had a new mountain, so it was very important for them to identify the changes in the mountain because the mountain represents something special for them. And we work together going to the field with children and with the authorities and many, many times we go to the towns or people come to the volcano observatories that we have to explain what we are doing. There is, for example, in Manizales, an open observatory, so everybody can go and see what we are doing. And sometimes we are in malls, in shopping centers, so it's not like you have to go to a lecture or something like that, but you go shopping and you

will find us and we will be happy to explain something about volcanoes. I think it has been very useful. For example, these people are the authorities of a very important town, so the information is closer to them and is not necessary during very active times.

These are more with the people that are living in the volcanoes and something very important for us has been these special communities that they have their own beliefs and they have their own regulations. Indigenous community, especially in the south of Columbia and we are doing this and we are very proud of this type of meetings that are children meetings that we learned from Japan. The JICA has courses and we learned sometime ago that you also organize meetings with children. If you see this photo, Japanese children and it was our first meeting for children. We used the photograph of the Japanese children and now we have done four of these meetings with children and this is going to be supposed to be last week that we have something like 250 children plus teachers, plus parents where they go and they explain themselves what the volcano is or what may happen to a volcano.

Another important point for us is to present the project of a geo park in Nevado del Ruiz, where we have the volcano, we have the ruins from Armero and we have now this thematic park that is called Omayra Sanchez park where we explain in a simple manner and people can pay, the children can play in that place and learn more about the volcanoes and about hazards and about risks. Thanks very much for your attention.

### **Moderator**

Thank you very much, Dr. Calvache. So, now we'd like to receive questions from the floor for Dr. Calvache. The questions could be posed in Japanese or in English.

### **Questioner**

Thank you very much for the presentation. In Columbia with the residents and for children, you said that you have meetings to educate. Is it done by the national government or is it done by the local government where the community is? Who is organizing these meetings with the residents and children?

### **Marta Lucia Calvache**

Well, I will say both. We are a national institution, but then we work together with state, regional, something like here the prefecture and with cities. And I will say the most important point is I have my idea about the volcano, I am volcanologist, I am geologist and I have my idea. But then the mayor or the governor has his

or her idea of the volcano too and perhaps the community has her idea of the volcano. If you have a business, if I have children, I have my idea of the volcano and when I go to let them know good or bad news, because in general we are talking about bad news about the seismic increase, about the SO<sub>2</sub> increase, about deformation and we are talking about you may have eruption, those are no good news and then everybody says, okay, I am fine, lavas, lahars, pyroclastic flows, but then the people want to know what are we going to do. And we need the support of the government, of the president, of the governor, of the mayor and what you are going to do. Then, I don't know what to answer because the mayor has to decide something, but the mayor doesn't know for sure how much money is going to come, how much resources is going to come, is it going to happen or is it not going to happen and is this going to happen this big or is it going to happen that big.

And then we have progress and I am talking about hazards and with everybody's talking and talking about what to do, how to reduce the impact, we are talking about risk and risk is not only my business. Risk is the whole people business and then sometimes we don't know, we don't know exactly how to work out that situation. And in general, when a volcano is changing, we don't know we have a lot of time, months or years or if we have few hours and that is a problem. So, we want to discuss everything before anything happens and many, many times when we want to discuss before it happens, sometimes people are not much interested in the volcano because everything is fine, it looks like the last 100 years like too many things.

Especially in Columbia, our communities, lot of time they have a lot of necessities and perhaps the school is not good or the hospital has a problem and the roads have problems, you have many problems, everyday problems. And they don't want to listen for a volcano that probably didn't erupt in 50 years, in 100 years, so who cares. That is problem. But we try to work together, but the perception from the local, regional or the national level is quite different and is difficult.

**Moderator**

Thank you very much, any other?

**Questioner**

Thank you very much for the presentation. The 1985 eruption caused great damage and then in 2007 some measures were taken, so the damage was far less. The system change during this time, what caused the system? I believe, it was led by the national government or was it the local communities that tried to change

the disaster management system? Who took initiative in creating this system change in dealing with disasters?

**Marta Lucia Calvache**

Well, after the Nevado del Ruiz eruption, Columbia changed. The central government decided we cannot repeat Nevado del Ruiz disaster. And since Nevado del Ruiz we have a system, the disaster management and responsibilities to deal with a natural phenomenon. So, it applies not only for volcanoes, but for any of the hazards and the risks. But it was Columbia as the central government changed and the system includes the regional and the local system, the community, the society, we are part of the system and as a person I have a responsibility. Yeah, the whole government changed and it was a consequence of Nevado del Ruiz disaster.

**Moderator**

Thank you very much. I believe, we have overrun our time, so there may be other questions, but please keep those questions until the afternoon discussion session. Thank you very much.

We have some announcement before we move onto the next presentation. Today's symposium every time we compile a report from the symposium and on the back of the pamphlet you can find the QR code and you can register from the QR code, and the English presentations will be transcribed and then the Japanese translation will be made. The PDF version can be distributed to you if you submit the request through the QR code. And you can take pictures during the symposium, but please be mindful of the copyright and please be mindful of those rights when you post any of the pictures on social media.

Next, let's move on to Mr. Toyoshi Atari from Crisis Management Division of Kagoshima city, 'The Challenge To Zero Victims Even in Large-scale Eruptions'

## 「大規模噴火でも「犠牲者ゼロ」を目指して」

中 豊司（鹿児島市危機管理局 参事）



中：皆さん、こんにちは。鹿児島からやって来ました。鹿児島は南のほうにあるものですから暖かくて、この講演会にも「いいですよ、出ていきますよ」と、前もって返事はしていたんですけど、だんだん日が近づくにつれて、すごく憂鬱になってきて、受けなければよかったと思ったんですが、今朝、富士山を見るとすごくきれいで、よかったなと思っています。今日はあまりしゃべらなくて済むように、動画を持ってきまして、ちょっと見ていただきたい。

いと。皆さま方が富士山をきれいに思うように、鹿児島市民も桜島をすごく誇りに思っています。今から流す動画ですが、今年は鹿児島市制 130 周年になり、それを記念したプロモーションビデオをこの前作ったんですけど、約 3 分 30 秒のうちの 3 分の 1 桜島が入っているんですね。その部分をピックアップして、映像を再編集してみましたので、少しご覧いただければと思います。

(映像)

中：この映像の BGM は、大河ドラマ『篤姫』のテーマ曲を作曲した鹿児島出身の吉俣良さんが作曲しました。

朝の日の出から夜になってきて、みたいな感じで、そういうストーリーで作ってありました。



図 1

鹿児島島の桜島なんですけど、桜島はもう 60 年以上の長きにわたって、噴火活動を続けております (図 1)。南岳 (みなみだけ) のほうから噴いておるんですけど、南岳ができたのが 5,000 年前らしいです。火山の歴史からいくと 5,000 年前というのは、あまりにも若すぎて、今はまだ小学生の低学年ぐらいなものじゃないかといわれていまして、ですから元気よく走り回るじゃないですけど、ずっと噴火を続けております。

この目の前に 60 万の鹿児島市民が住んでいます。なんで住むんでしょうかねと思うんですけど、我々が北海道、雪国で、なんでそうやって雪の多いところに住むんですかねと思うのと一緒で、なんでこんな火山の中に住むんでしょうかねと思うんですけど、やはり先ほどの映像も見ていただいたように、鹿児島の人間としては、やっぱり桜島が誇りといいますか、今日も噴いている、こうやって噴煙が上がったら、「今日もよかった、いいな」って。嫌だと思ふ感覚が一切な



図 2

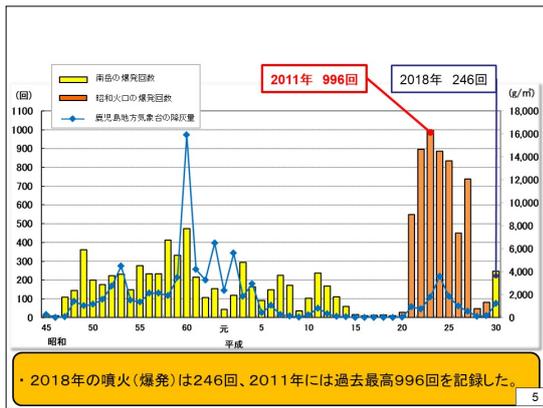


図 3



図 4



図 5

いんです。

その代わりに、風向きで火山灰が来たら、嫌ですよ。ですけど、これが噴くことによって、「今日も元気だ」「今日も1日、頑張らなきゃ」と思うのが鹿児島の人間なんです。この話をするんですけど、全然受けないんですよ。どうして分かってくれないのかなと、いつも思っているところです。

これは天気予報です(図2)。毎日、大体3,000mぐらいの噴火があったら、これぐらい火山灰が降るでしょうみたいなのが、気象予報、天気予報でこうやって発表されますので、鹿児島の間人は毎朝、この天気予報を見て、「こっちに来る。やばい」とか、「大丈夫」みたいな感じで、洗濯物を干したりとか、外に出したりとか、対応しているところです。

じゃあどれぐらい噴火しているかということですけど、昭和ですから、1960年ぐらいですか、ここからずっと黄色いところが南岳、オレンジのところ昭和火口になるんですけど、南岳の横に昭和火口がありますが、平成の15、16年ぐらいから昭和火口のほうに噴火が移ってきて、2011年は996回ですから、1日平均で3回ぐらい、噴火しているわけですね(図3)。

それが最近はこちらのほうの、南岳のほうにまた移ってきまして、南岳のほうになると、噴火口が昭和火口より結構大きいものですから、噴出物が余計にたくさん出るのかなと思っています。去年が246回で、今年はまだ150回ぐらい。最近は特に頻りに噴いています。

これが写真です(図4)。「わあ、来た来た」と思って、嫌だなと思うのが、こういうシーンです。基本は傘とかハンカチとか、若い子たちはハンカチで、大雨が降るように、「ああ、来る来る」とか思って、そういう目で見ている状況です。

道路は、こうやって簡単に白線が消えてなくなります(図5)。こうやって灰が積もります。こういうときにワイパーを使ったらいけないんですね。フロントガラスに傷が付くものですから、鹿児島の間人は決してワイパーを動かさない。とにかくタ



図 6



図 7



図 8



図 9

オルではたいてから乗る、ということになっています。

じゃあ健康被害はどうなんだろうというのが、ちょうど今日、司会をしています石峯さんが、鹿児島大学の特任助教授のときに発表されたんですけど、桜島の降灰と肺がんは関連性なしということでした(図6)。鹿児島の人たちは喘息とかが多いのかと言われると、全然多くないです。桜島の島民の方と市街地側とを比べて、全然差はなかったんですね。ですから、灰が人体に与える影響はないんじゃないかという見方です。影響は確認されていないということで、報告されています。

ただし、やっぱり灰は厄介者ですから、こういうロードスイーパーと、散水車というのがあります(図7)。鹿児島市内では、全ての道路にこういうロードスイーパーを張り付けているというか、ブロックごとにロードスイーパーを張り付けてありますので、この付近に降ったから、あなたたちが行ってくださいねということで、国道、県道、市道、全てこれは決まっています。ですから、降ったところにロードスイーパーが行って、その後に散水車が水を流すというふうになっております。

一方、家庭には、克灰袋(こくはいぶくろ)を10枚とか20枚を、無償で配布しています(図8)。住民が家やその周りに積もった火山灰を克灰袋に詰めて、集積場所に出します。これがまた市内に6,800カ所あるんです。ごみステーションは1万ぐらいあるんですけど、そういった決まった場所に置いておくと、ある程度たまっていくと、それを業者が回収すると、土捨て場というところがあるんですけど、市街地側に3カ所、桜島に1カ所、こうやって運搬して、埋め立てて処分をしています(図9)。

一つ前に戻ります。これは面白いですね、学校の校庭です(図10)。学校の校庭に、これぐらい積もったと思ったら、こうやって取りに行くんです。あともう一つ、プール。学校のプールにも、やっぱり灰がたまります。このたまったものを、専用のプールクリーナー、掃除機で、学校の教頭先生とか体育の先生が毎朝、積もったところはこ



・学校の校庭やプールにたまった火山灰も定期的に除去している。

図 10



・桜島火山防災連絡会(京都大学、鹿児島大学、国土交通省大隅河川国道事務所、鹿児島地方気象台、鹿児島市、垂水市)を2か月に一度開催している。  
・火山活動に関する解説や火山防災対策の情報共有を図っている。

図 11

うやって、水がもったいないですから除去しています。

日頃からの防災関係機関との連携につきましては、常日頃からリスクコミュニケーションと申しますか、連絡は取り合っております(図 11)。これは桜島の火山防災連絡会と申しまして、京都大学、鹿児島大学、国交省、気象台、鹿児島市、垂水(たるみず)市が2カ月に一遍、話をしています。桜島の状況はどうかということ、京都大学だったり、気象台から話を聞きます。

その際に様々な情報共有を図っていますし、年度末と年度初めにやっぱり異動というのがありますから、必ず飲み会ですね。飲みながら、とにかくどういう人がいるんだ、みたいなのが分かり合う関係を常に築こうとしています。



・桜島火山活動対策協議会(鹿児島市、霧島市、垂水市、鹿屋市)では、国や県に対し、桜島火山活動に係る対策について陳情している。  
・湾奥会議防災専門部会(鹿児島市、霧島市、垂水市、始良市)では、各市における火山防災対策について意見交換を行い相互に研鑽している。

図 12



・1972年から半世紀に亘って桜島火山爆発総合防災訓練を実施・継続している。

図 13

もう一つ、鹿児島市と霧島市、垂水市、鹿屋(かのや)市で、桜島の火山活動対策協議会ということで、要望を毎年、桜島が今はこんな状況ですから、国の皆さん、内閣府であったり、気象庁であったり、国交省、農水省、こういったところの関係省庁に、ぜひこういう現状ですから、ぜひ助けてくださいということで、要望を陳情してまいります(図 12)。

また、湾奥会議(錦江湾奥会議)ということで、錦江湾を取り巻く鹿児島市、霧島市、垂水市、始良(あいら)市がここで定期的に会って、情報共有を図っている状況です。

これは50年続く、桜島の火山爆発総合防災訓練ですけれども、来年の1月11日、50回目の記念と申したら変ですけど、節目となる訓練をやります(図 13)。50年です。こんなところがほかにあるんだろうかと思うぐらいですけど、桜島の島内には4,000人しか人がいなくて、消防団になるような若い人があんまりいないんです。救助するときには、市街地側の消防団を派遣して救助に当たるということです。

あと、フェリーによる避難です。鹿児島市には船



図 14



図 15

船局があり、フェリーを持っていますので、このフェリーを使った避難であったり、あと、これは避難所運営とか、グラウンドでライフラインの復旧作業などをやっています。現地災害対策本部訓練や、自衛隊であったり、海上保安庁、DMAT、赤十字などが連携しています。およそ180機関ということで、かなり大掛かりな訓練をしております(図14)。

これは避難所運営訓練です(図15)。やはり住民の方が自分たちで避難所の運営をしたほうが、うまく回るといふのがあると思いますので、桜島の島民の方にも、自分たちでこういう避難訓練をしてもらっています。

次に映像です(図16)。こうやって子どもたちはヘルメットをかぶって通学しています。あと、



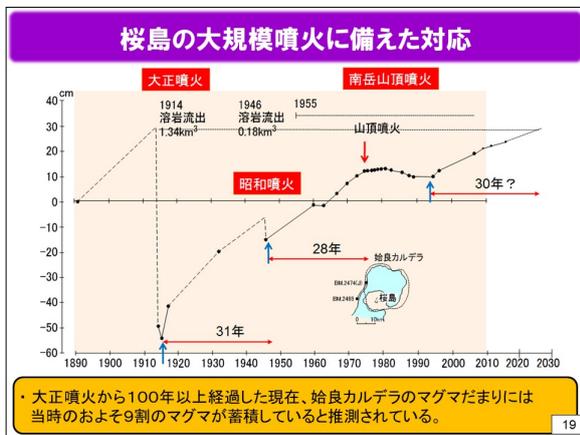
図 16

鹿児島市のほうでは、こういうヘルメットを全部貸与しています。これは外国人の方に参加してもらったんですけど、全員ヘルメットをかぶってきます。

あと、漁船を使ったり、フェリーの中で救助をしています。これは桜島フェリーから、海保のヘリコプターでつり上げられるのか、みたいなのをやったら、つり上げられると海保が言ったものですから、「じゃあやってみて」ということで、そうしたら物の見事につり上げてくれました。

ということ、いろいろな状況を考えながら、新しいもの、新しいものという訓練を今、やっているような状況です。

次に、桜島の大規模噴火に備えた対応ということです(図17)。1890年から、ちょっと見づらいですけど、この地点とこの地点のレベルというか、水平度を測っているんです。これが大正噴火があった1914年、こちらが最初はゼロだったものが、プラス30cm、こうやって奥のほうの地盤、こちらの始良カルデラのほうの地



・大正噴火から100年以上経過した現在、始良カルデラのマグマだまりには当時のおよそ9割のマグマが蓄積していると推測されている。

図 17

盤が上がっていったんですね。

それから 1914 年に大噴火、大正噴火が起こって、一気に 80cm、どんと地盤が落ちたわけです。当然ですよ、20 億トンと言われる大量のマグマが放出されて、地盤が落ちていく。

それがだんだんまた復活をしてくまして、今は大体この付近ですが、大正噴火ぐらいのところから 9 割ぐらいは地盤が戻っていると。そしたらそれは、始良カルデラにマグマが蓄積されているということなんですね。

じゃあいつ起こるのかというのは、なかなか分かりづらいんですけど、いつ起こっても対応できるように、我々行政としては準備をしておかないといけないというので、今、取り組んでいるようなものです。

具体的には、大正噴火というのがあまりイメージできないものですから、市街地側の住民にも分かるように、映像を作りました。それを見ていただきたいと思います。

(映像)

**ナレーション：**ではもし今、大正噴火クラスの大規模噴火が起きたら、どうなるのでしょうか。桜島島内だけではなく、鹿児島市街地側にも影響がある事例を考えてみましょう。

ある夏の暑い日、桜島に設置されている観測機器が、体を感じない地震や地殻変動を捉え始めました。その後、時間の経過とともに、桜島島内では体を感じる地震も観測され、気象台は警戒範囲を桜島全島とする、噴火警戒レベル 4 を発表しました。それを受け、鹿児島市は桜島全域に、避難準備・高齢者等避難開始を発令。桜島では要支援者などに加え、一般住民の中にも自主避難を始める人たちが出てきました。

市街地側でも、風に乗って軽石や火山灰が降ってくる可能性があるため、市は注意喚起広報を実施し、要支援者が多く利用する施設には、被害を最小限に抑えるため、桜島から離れた地域への自主避難を呼びかけています。

桜島島内ではその後も地震が続き、山体の著しい膨張も観測され始めました。気象台は噴火の可能性が高まったとして、噴火警戒レベルを 5 へと引き上げました。それを受け、鹿児島市は桜島全域に避難指示を発令し、桜島住民全ての島外への避難対応を開始しました。

また市街地側に対しても、降灰予報などに基づき、一定の地域に避難準備・高齢者等避難開始を発令し、要支援者などに加え、一般住民にも自主避難を呼びかけています。さらに県を通じ、周辺の市や町へ、避難の必要な可能性があることを伝達しています。

その後、地震の回数がさらに増し、市街地側でも体を感じるほどになってきました。気象台は火山情報を発表し、大きな規模の噴火の可能性がさらに高まっているとして、警戒を呼びかけました。鹿児島市は専門家からの助言などを基に、市街地側の特に多くの降灰が予想される地域に避難勧告を発令、同時に県を通じて周辺の市や町に、避難住民の受け入れを要請しました。発令地域の住民は続々と避難を開始しています。

いよいよ噴火が始まりました。噴火は大正噴火と同様に、山の中腹に新たな火口をつくり、噴煙を上げることで始まりました。そして次第に爆発音を伴う、激しい噴火になっていきました。噴煙は、これまで見たことのない高さまで上がっています。

噴煙は降灰予報のとおり、東からの風に乗って市街地側に向かってきました。噴煙が市街地を覆い始めると、日中にもかかわらず辺り一面、夜のような暗さです。軽石や小さな噴石が雨のよ

うに降り始め、丈夫な建物に退避をしている人もいます。屋根などに当たる音が絶え間なく聞こえてきます。

激しい噴火活動のなか、強い地震が発生しました。市内各地で古い木造家屋の倒壊や、土砂崩れも発生しているようです。

大規模噴火開始からおよそ1日、噴火は弱まってきましたが、大量の軽石や火山灰が降り積もりました。風向きの方に位置していた地域では、およそ1mも堆積しました。このため、この地域周辺の交通は完全にストップしました。また、電気、ガス、水道も止まっており、エアコンやトイレなどが全く使えなくなっています。

鹿児島市は大量の軽石、火山灰が堆積し、ライフラインが途絶している地域に対し、熱中症の恐れなど、生命維持に危険を及ぼすとして、避難指示を発令しました。そして対象地域内住民を速やかに避難させるとともに、早期の道路啓開やライフライン復旧に取り組んでいます。避難先からの帰宅は、道路の啓開やライフラインの普及状況によりますが、数週間に及ぶことが予想されます。

また、降灰の多い地域では雨による土石流や、河川氾濫の可能性が高まります。大雨の際には急傾斜地や河川の近くの住民は、早めの避難を心掛ける必要があります。

ここまで、大規模噴火が起こった場合の影響を見てきました。これはあくまでも一つの例にすぎませんが、近い将来、現実となる可能性もある一例です。

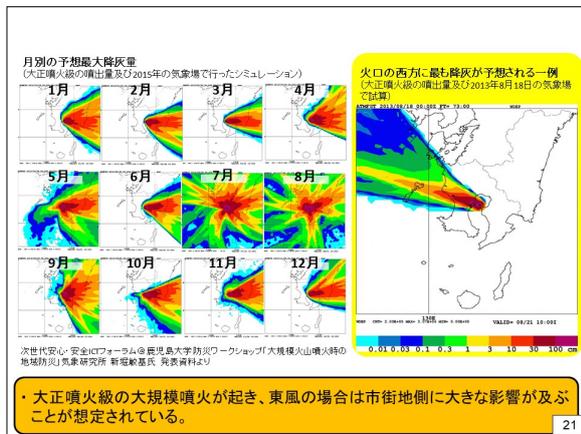


図 18

中：こういう映像をなぜ作ったかということなんですけど、これは1月からずっと毎日、大正噴火級の噴火をさせた、シミュレーションの図なんですけど、1月から12月まで、ほぼ偏西風の影響を受けますから、東側に行くんですが、7月、8月というのは偏西風の影響が弱まるんです。ですから、鹿児島市街地側に来る(図18)。

この暑い時期に、こういう風向きのときに来たらどうしようか、市街地側の住民も20万人ぐらいたる避難させないといけないと、今は思っているんです。その計画を今、つくっている最中です。住民の避難であったり、ライフライン、道路復旧、救急医療、こういったところと連携を取りながら、今は計画を策定しております(図19)。

この車両走行実験なんですけど、これは軽石をわざわざ敷き詰めているんです(図20)(図21)。大規模な噴火が起こると、近いところは軽石しか降ってきません。灰はずっと上のほうに行きますので。軽石で車が通れるのだろうか、この軽石をどうやって撤去すればいいのだろうかというのが、映像がありますので、見ていただき



図 19



図 20



図 21

たいと思います。

ちょっと見づらいんですけど、これはFR車ということで、後輪駆動です。後ろのこの辺を見てほしいんですけど、ずっとまき散らすんですね。これはFF車ですけど、ある程度は行けるんですが、途中で空回りをしてしまう。ところが一方、4WDは、軽石だろうか灰だろうか、やっぱりこれは動いて行くと。これは灰、火山灰です。やっぱりこれは、ものの1mも行かないうちにスタックしてしまいます。やはり四輪駆動じゃないと走れないかな、というのが一つです。

あと、どうやったら除去できるのかというのが、こちらのほうですけど、これがバックホウで、これがホイールローダーです。ある程度、このように30cmとか50cmぐらいだったら、バックホウよりもホイールローダーで一気にどんと押して除去できることがわかりました。

ただし、ある程度の厚さ、これは1mのコースで、こうしたんですけど、1mはやっぱりホイールローダーでは押せない。ですから、バックホウで上澄みのほうを取って、そこからホイールローダーで取ると、そういうことが分かったということです。

最後に少し駆け足になりますけど、火山防災トップシティ構想というのを策定しました(図22)。



図 22

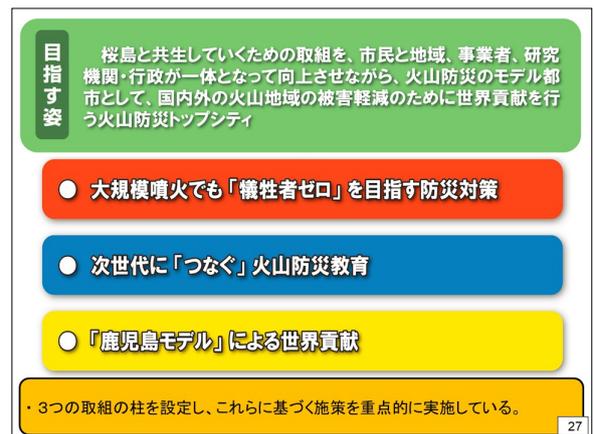


図 23

我々の火山の対策は進んでいるのではないかと考えていまして、勝手にトッピシティと言えば、ほかには誰も言っていないから、言った者勝ちだよということ、トッピシティと今は言っています。大きな柱として三つあります(図23)。犠牲者ゼロを目指す防災対策と、次世代につなぐ火山防災教育、あと、鹿児島モデルによる世界貢献です。

犠牲者ゼロについては、いろいろと災害対応を今はしています(図24)。防災教育ですけど、

**● 大規模噴火でも「犠牲者ゼロ」を目指す防災対策**

これまでの火山防災対策にさらに磨きをかけ、大規模噴火時においても、犠牲者が出ない体制の構築に取り組みます。

- 1 桜島島内の避難体制の総点検と再構築
- 2 大規模噴火に備えた市街地側の対策推進と訓練の拡充
- 3 大規模噴火時の速やかな復旧・復興体制の構築
- 4 関係自治体や防災機関との連携強化
- 5 火山防災対策の強化に向けた推進体制の構築
- 6 効果的な情報発信体制の構築

28

図 24

**● 次世代に「つなぐ」火山防災教育**

市民の誰もが桜島のなりたちや火山の恵み、文化を学び、桜島への関心と愛着を育むとともに、火山災害時における対応を理解し、身につける火山防災教育の取組を推進します。

- 1 「次世代を担う」児童・生徒を対象とした火山防災教育の推進
- 2 市民や地域、事業者に向けた火山防災に関する啓発活動の推進
- 3 火山防災スペシャリストの育成
- 4 火山の恵みや文化と火山防災を組み合わせた効果的な発信

29

図 25

やはり次世代を担う子どもを対象とした、火山防災教育の推進（図 25）。やっぱり子どもたちに教えるというのは大事だよねと。

市街地側の住民は本当に対岸のことで、危ないという意識が全然ないんですね。そういう意識を改めてもらいたいということで、こういう漫画の冊子を作ったりしました（図 26）。6年生が理科で習うものですから、今年は全6年生に6千部を配りまして、理解をしてもらいたいということ。

**火山防災教育の推進**

**■ 火山防災教育教材**

・ 小学6学年児童を対象とした教材を作成・配布  
〔作成部数: 6,000部(全28ページ)、配布時期: 9月上旬〕

30

図 26

**■ 小学生の桜島訪問体験の実施**

**■ 小学校への専門家派遣授業の実施**

・ 小学6学年児童による桜島を訪問する機会の創出  
〔対 象: 鹿児島市街地側の小学校4校児童: 260人(参加)〕  
・ 専門家による児童への講話や体験・実験メニューによる火山の学習  
〔対 象: 市街地側の小学校4校(児童: 387人)が参加〕

31

図 27

あと、これは「地獄河原」といまして、なかなか通常は入れない場所に子どもたちに行ってもらって、現実的にこやって見てもらって、絵を描いてもらったり。これは黒神（くろかみ）の埋没鳥居といわれるところで、1日で軽石や火山灰が2mが積もったところなんです（図 27）。そういう話をすると、「え！すごい」という話になって、子どもたちの記憶に残るんじゃないかと。

これは桜島に子どもたちを派遣します。学校も現金なもので、市がお金を出すと云ったら、手が挙がってくるんです。今年は4校、来年もたぶん4校ですけど、ただ、カリキュラムが、小学生はいっぱい教えないといけないというのがあって、なかなか出られないんですね。そこで今度は専門家の方を学校に派遣するから、土曜授業で2コマをもらって、その中で専門家の人を派遣して、1コマで説明をして、もう1コマではこういう実験であったり、絵を描いてもらったりとか、こういったので子どもたちの教育に力を入れようかなと思っています。

あと、防災スペシャリスト養成研修ということで、これは鹿児島県内の火山に携わる職員を集めて、研修をしました（図 28）。来年の防災訓練は、来年の1月11日にするんですけど、1月



図 28

10日にまた開催して、今度は全国から研修者を呼んで、ぜひ桜島のことを分かってもらいたいという、教育に取り組もうとしています。

あと、世界貢献ということで、こういう場に出させてもらって、いろんなアピールをしたりといったことも積極的にしていきたいなと思っております(図29)。

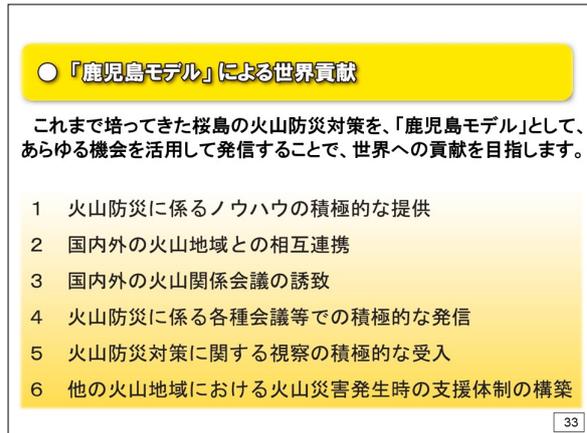


図 29



図 30



図 31

あと、インドネシアのスレマン(Sleman)県との交流というのがあって(図30)、これは本市の市長ですけど、市長にインドネシアのスレマン県のメラピ(Merapi)山に、一回行ってもらいました。というのは、今世紀に大規模な噴火を起こしているのはインドネシアしかなくて、ぜひ見てほしいということで、一緒に行かせてもらいました。



図 32

今度は逆に、インドネシアのスレマン県知事を一回、招へいして、お互いに行き来しましょうということで、こういう覚書を結んだところです(図31)。今年も職員をインドネシアに派遣をして、お互いに何かできることがないですか、みたいな協力をしようとしております(図32)。

最後に、普段から市民とか研究機関、行政との関係構築が絶対に必要ですよねということで、うちは専門家からのアドバイスが、何が何でも

**火山噴火災害で求められるリスクコミュニケーションとは**

- 普段から市民や研究機関、行政との関係構築が必要
- 特に火山災害については、鹿児島地方気象台や京都大学の専門家のアドバイスが重要
- また、報道機関も上手く活用・コントロールできるように平時からコミュニケーションを図ることがポイント
- そのためには行政が率先して外部に協力を得たいことや取り組もうとしていることを意思決定前でも会議をオープンにするなど情報発信することが重要

37

図 33

欲しいです。

あと、報道関係をうまくコントロールできるようにということで、結構途中の会議でも、うちは報道関係を入れてあります。入れて、積極的にオープンにして、ここまではいいよ、ここまでは駄目だよみたいなので、話を聞いてもらいます。積極的にこうやって会議をオープンにするということで、普段からのコミュニケーションを取るということが、一番重要じゃないかなと思って、進めているようなところですよ(図 33)。以上で終わります。

**司会：**中さん、ありがとうございました。時間が過ぎていきますけど、せっかくですので、少し質問を受けたいと思いますが、いかがでしょうか。よろしいでしょうか。大丈夫ですか。

それではお昼ご飯、お昼休憩に入りたいと思います。少し時間が過ぎてしまいましたけど、午後の部は予定どおり、13時30分からの開始とさせていただきます。よろしくお願いいたします。

また、昼食を取るところが、この辺りは少ないということで、事前にお弁当をお申し込みいただいた方がいらっしゃるかと思います。既にお弁当券をお受け取りかと思しますので、出た所にお弁当を配っているところがありますので、そちらでお受け取りください。

お弁当は、こちらのホールでも召し上がっていただけます。また、ちょっと狭いようであれば、この部屋を出て、正面の階段を上がって、2階にある会議室も解放しておりますので、そちらもご利用ください。

また、お弁当容器は、お弁当を受け取ったところに、ご面倒ですけれども、ご自身で持って来ていただければと思います。

以上、よろしくお願いいたします。それではお疲れさまでした。ありがとうございます。

(昼休憩)

**司会：**定刻になりましたので、午後の部を再開させていただきます。皆さん、お席にお戻りください。

午後の部は最初に USGS、米国地質調査所のハワイ火山観測所、James Kauahikaua 博士に、「2018年ハワイ・キラウエア火山における側噴火および火口崩壊と、緊急時の政府の対応」というタイトルでご発表いただきます。どうぞよろしくお願いいたします。

## **Toyoshi Atari**

Good morning, everyone. I am from Kagoshima city. Kagoshima city is in the southern part and so it's warm. I said, yes, to the offer to come to this meeting, but then as I approached this date, I was a bit depressed because I found it is cold in this area. I regretted accepting the offer, but today I looked at Mount Fuji, it was very beautiful and now my regret has been reduced thanks to Mount Fuji. Today, I have a lot of videos to show you. Kagoshima residents adore Sakurajima just like you adore Mount Fuji. Let me show you a video now, Kagoshima city is now celebrating 130th anniversary since the Kagoshima city was established and the promotional video was created the other day. It's 3 minutes and 30 seconds long, and one third of the video is about Sakurajima, and I made excerpts of this video, I re-edited the video, so let me show you that first.

Ryo Yoshimata is a composer from Kagoshima and he composed this music.

[Video Playing]

From the sunrise until the night, so it's a story in the video. Sakurajima in Kagoshima prefecture has been erupting for more than 60 years. The southern peak is erupting. The southern peak was created 5000 years ago, which is very short time in the history of volcano. It can be considered as a fifth grader if we have a knowledge here of people, so it's quite active. In Kagoshima city, 600,000 people live near Sakurajima, You may wonder why people live near such an active volcano. I wonder why people live in the mountainous region where heavy snow appears, that's the same thing that we wonder, but people who live in Kagoshima are proud of Sakurajima. When there is eruption, people in Kagoshima are proud of the active volcano. We don't appreciate volcanic ashes, but when we look at the eruptions of Sakurajima, we are encouraged. So, I always talk about that to people outside of Kagoshima, but people don't really understand what I am talking about.

This is about weather forecast. Everyday, when there is an eruption up to 3000 meters in height, the weather forecast covers the volcanic ash fall forecast, so everyday people in Kagoshima look at the forecast and they make decisions on whether or not to dry their laundry outdoors.

Regarding the volcanic activities, since 1960s, the yellow one shows the Minami-dake and orange one shows the Showa crater eruptions. The Minami-dake was more active and starting 2003, the Showa crater was erupting more actively, so the peak was 996, which means that three times a day eruption was occurring and

then the activity shifted to Minami-dake again and the crater is bigger in Minami-dake and the ejector is even more from Minami-dake than Showa crater. Every year, 150 eruptions occur, so it's been quite active recently and these are photos, you can see the plume coming and usually people use an umbrella and some other people cover their mouth with a handkerchief. It looks as if heavy rain was coming, that's how people in Kagoshima look at plume.

On the street, the white lines are invisible because of the ash falls and you cannot use wipers, because it would damage the window, so people in Kagoshima just wipe off the ashes by using towels before they ride their cars. How about health hazards? Kagoshima University associate professor reported that there's no correlation between lung cancer and ashfall from Sakurajima, that was the research finding, so we don't have many lung cancer patients in Kagoshima, it's not the case. There is no significant difference in terms of the number of asthma patients in Kagoshima city and other cities, so there's no finding that shows that there is a correlation between the disease and the volcanic ash. However, when there is ashfall, we use sweepers and sprinkler trucks and the road sweepers are assigned to each block, so when there is volcanic ash in particular area, the assigned truck goes to the city roads, the private roads and prefecture roads, so road sweepers go to these areas followed by sprinkler trucks.

How about households? The ashes might come into the gardens or verandas and stairs and the households are distributed a heavy-duty plastic bags, 10-20 bags are provided for free. And they bring ashes in the plastic bags to stations. There are about 6800 designated collection stations and once the bags are piled up, the vendors would come and collect them. The ashes that are collected will go to the disposal site. There is three sites in the city area and one in the other place at Sakurajima. And going back in the school playground, the ashes are also piled up and we have to collect them as well. This is a swimming pool in a school, ashes pile up in swimming pools as well and they use a designated pool cleaner or vacuum cleaner and PE teachers and school teachers collect and remove ashes without draining water from the swimming pool.

Risk communication happens on the day-to-day basis. This is Sakurajima council on volcanic disaster management and Kyoto University, Kagoshima University and ministry of land come together. The meteorological observatory also come together once in 2 months to exchange information. At the beginning of the financial year and at the end of the financial year, we have communication at drinking parties at night to build report and to have face-to-face communication. Kagoshima city, Tarumizu city, Kirishima city and Kanoya city also have the

Sakurajima volcanic disaster management council, and we lobby central governments and prefectural governments, Ministry of Land and Ministry of Agriculture. We launch requests to these government agencies for their support and assistance on the disaster risk reduction activities. Sakurajimabay areameeting also takes place between Kagoshima city, Kirishima city, Tarumizu city and Aira city to exchange information.

Sakurajima volcano eruption evacuation drill takes place. It's been taking place for 50 years and on January 11 next year, the 50th drill will take place. This will be a milestone. It's been continuing for 50 years. I wonder if there is any other place that has longstanding drills taking place. There are 4000 people in Sakurajima, but we don't have young people, so when we evacuate or when we rescue people, the firefighters have to be dispatched to Sakurajima area.

Ferry evacuation also takes place. The Kagoshima city has the vessel department and the ferry is owned by the Kagoshima City government. So, using ferry we rescue and recover after disaster. We have drills of the headquarters, the self-defense forces and Japan coast guard use their helicopter for the evacuation. They will appear in a video later. They collaborate with one another and 180 organizations come together in a bit larger scale drill.

This is the drills in evacuation shelters. Citizens now have learned that it is better to manage the evacuation shelters themselves, and therefore drills are carried out also together with the Sakurajima residents. This is where children go to school using hard caps in a drill and also these hard caps have been rented by the cities. Everybody is to wear a hard cap. This is where a fishing boat is used. This is the ferry and inside the ferry if any rescue is necessary, from the Sakurajima ferry and the Japan coast guard is trying to rescue people from the ferry. The Japan coast guard said that they will be able to do this, so we went through a drill and we found that yes, it is indeed possible, so we are considering all kinds of scenarios to carry out these training drills.

Now, in preparation for a major eruption on Sakurajima, , maybe difficult to see, but here and here, we are monitoring the horizontal level from 1890. So, in 1914, when the large eruption occurred, you can see that the Aira caldera ground level rose. In 1914, after this great eruption, lava was ejected in large amounts and then the ground collapsed, became very low and then right now it's around this level and once again, from the level before the 1914 eruption, we can see that the ground level has gone up about 90% or so. So, it may be an indication that a magma reservoir is being filled and the next big eruption is in process. We will

have to watch and monitor the situation. The 1914 eruption, it's very difficult for us to imagine what it is, so we created a film to peak people's imaginations.

[Video playing]

This is the kind of film that we've created. I will show the reason why we made this film. This is a simulated image of a large scale eruption. Almost all seasons, everything flows towards the eastern side. But when the westerlies die down in July and August, the hottest season, if eruption happens, we may need to evacuate 200,000 people in the city, so we are now creating a plan to do that. Lifelines, as well as roads, we are collaborating with stakeholders and this is an experiment we carried out. Pumice was laid down on the street, close to the mountain, probably a pumice will be the main deposit. We try to see if cars can ride over the pumice deposit and we also experimented how to clean up the roads, we would like to show you another video.

This is an front-engine rear-wheel drive car, you can see it is scattering a lot of rocks. This is a front-engine front-wheel drive car, going somewhere along the road, the tire starts slipping. This is four wheeled drive. Four wheeled drive will be able to ride over pumice and ash. This is volcanic ash, even deposit of less than 1 meter, the car gets stuck right away. Unless you have a four-wheel drive car, you won't be able to ride over this. Now, how to remove what has been deposited, that's the next video I'd like to show you. This is backhoe and wheel loader that cleans up deposits of 30 centimeters, 50 centimeters in depth, these machineries could be used to just remove the ash from the surface of the road. But if it's thick, for example, this is 1 meter, the wheel loader will not be able to push away the ash, you need a backhoe to scoop the ash away, so that's what we learned from the experiments.

Now, lastly, just a little bit, we now talk about the top city concept of volcanic disaster prevention. The measures that we are taking against volcanic eruptions, well, nobody is claiming to be the top city, that's why we are claiming that we are the top city when it comes to volcanic disaster management. First of all, we want zero casualties, zero deaths due to volcanic disasters, and we want to educate the younger generation and we will utilize the Kagoshima model to contribute to the world to spread our lessons learnt.

So, for zero deaths, we have several measures we are taking and also in order to educate the younger generation, it is important to teach children, especially people who live in the cities, the city people do not think that the volcanic disaster is their

issue, so we have prepared these textbooks using manga for sixth grade elementary school students, in science classes, they will learn about the volcano. We created 6000 copies and distributed to the children. This is called *Jigokugawara*, it's an area where you cannot visit without permission. We took children here on a field trip and asked them to draw pictures. This is an area where 2 meters of ash accumulated over just 1 day. So, we talked about the shocking things hoping that this will remain in children's minds . Because the city is paying for this, many schools are willing to send children to the site, this year, we had four schools attending, but it's very difficult to reach out to all children and so sometimes we send experts to schools and have them lecture to the children. Then, we will have some experiments. We will ask children to draw pictures, so we are now strengthening this education part.

And also, we have training for volcano disaster management specialists. The staff of the city office who are related to volcano disaster management will come next year, January 10, we will have trainees come from nationwide. We are hoping that this could spread the knowledge that Kagoshima has. Now, contribution to the world, well, I come to forums like this, and we appeal what we are doing in Kagoshima. Sleman district in Indonesia, we have exchanges and this is our mayor here. Our mayor went to the Merapi volcanic area, Sleman in Indonesia, because in this century, major eruption occurred in Indonesia, therefore, we went to see the situation there. The governor of Sleman also came to Kagoshima, and we had signed this memorandum of understanding to have a continuous exchange between the two. Our staffs were sent to Sleman to see what and where we can cooperate with each other in case something happens to either city. And this is my last slide. We need to collaborate, we need to establish relationships with citizens as well as research institutions, government from normal times, we also need advice from the experts. We also need to be able to control or utilize the mass media. We try to bring in the media when we have meetings and we do tell them what is on the record and what is off the record and ask them to report about these meetings.

We are opening up the door of our meetings so that we can continue to have good and open communication. I am very sorry I used more than my allocated time, but with that I'd like to end my presentation. Thank you.

### **Moderator**

Thank you very much Mr. Atari. We have overrun the time, but maybe we can accept one question here. If there are none, then I believe, we are now ready for a lunch break. The afternoon session will start as scheduled from 1:30, so please be back in this room by 1:30. There aren't many places to eat around here. If

you have ordered for a lunch box, I believe, you have received tickets for the lunch box outside of the door. You will be able to receive your lunchboxes. You can eat inside this hall or you can go outside of this hall, there is a staircase outside and there is a conference room, which will be open to the audience and when you finish your lunch, please bring the empty lunchboxes back to where you received them, so thank you very much.

(Lunch Break)

**Moderator**

Ladies and gentlemen, it's now time. So, we'd like to start the afternoon session, if you can please return to your seats?

In the afternoon session, first we will hear from Dr. James Kauahikaua from the US Geology Survey and the presentation is entitled 'The 2018 Kīlauea Rift Eruption and Summit Collapse and the Government Response to the Emergency'.

So, Dr. James, please.

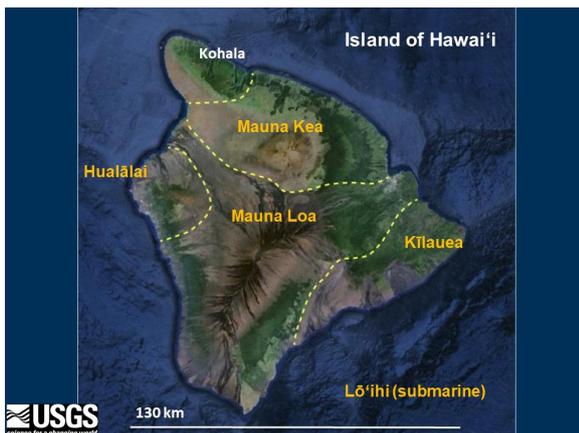
## 「2018年ハワイ・キラウエア火山における側噴火および火口崩壊と、緊急時の政府の対応」

James Kauahikaua (USGS ハワイ火山観測所)

**Kauahikaua :** 皆さん、こんにちは。Jim Kauahikaua と申します。シンポジウムの主催者の方々に、ご招待していただいたことに感謝申し上げます。



2018年のキラウエア (Kīlauea) の噴火は、アメリカ国内でこの50年か60年の間で第2の被害規模をもたらした火山噴火だったと思います。1980年のセント・ヘレンズ (St. Helens) 山に次いでだと思います。スティーブ・ブラントレー (Steven Brantley) と共に、こちらをまとめております。私が担当科学者だったときに、副担当だった者です。



この噴火が起こった場所ですけれども、ハワイ島です (図1)。ハワイ州の四つの大きな島のひとつとなっています。それぞれの島が郡になっております。日本の県のようなかたちで、郡に分かれております。それから州レベル、さらには連邦レベルでの対応に分かれますが、その点が大変重要です。この島全体が一つの郡となっています。ハワイ郡という郡が統括している島となります。

図 1

この1万年ほどの間の活動から、この島にある五つの火山のうち、四つは活火山とみられています。北東部のほうのコハラ (Kohala) だけが活火山ではないとみられています。ここ10年、20年で、海底にある一つの火山も噴火はしております。

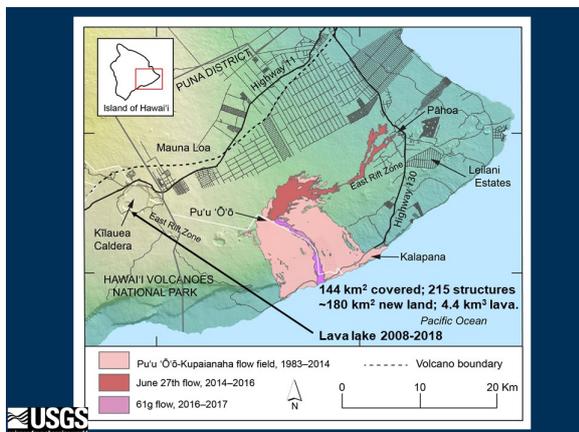


図 2

さて、キラウエアですが、これは南東部にある火山です。2018年の初めから話をしたいと思います。1月3日に噴火がありました。ちょうどプウ・オオ (Pu'u Ō'ō) 火口からの噴火が始まって35年目でした。プウ・オオはここにあります (図2)。

噴火では、200軒ほどがこの35年の間で破壊されました。そして144km<sup>2</sup>の地域が溶岩で覆われました、海に流れたものは入っておりません。それから山頂にできた火口湖ですが、火口湖ができてから10年目です。それがキラウエアの山頂

にできたんですが、山頂がこちらにあります、富士山のような火山と少し様相が違っています。山頂はこちらで、もちろん噴火はここでも起こります。このリフトゾーン (Rift Zone) といわ



図 3

ここもここ 35 年、ずっと活発で、そしてローワー・イースト・リフトゾーン (Lower East Rift Zone, LERZ) が、マグマが地下でつながっているシステムの先にあるわけですが、ここが今回のお話で重要になります。

というのも、ここには住宅地があったり、小さな町があったり、そしてあまり高速道路網、幹線道路のつながりがよくありません。大体、距離がどれぐらいか、それぞれの間の距離感をここに示しております。



図 4

なるだろうと思いました。プウ・オオか、あるいは山頂かということで、警戒はしておりました。4月30日にプウ・オオの火山円錐丘が、これまで35年間、ずっと活発に活動していたところですが、それが崩壊しました。もうマグマが噴出することがなくなりました。前にも同じことが起こりました。多くの場合、数週間で、また同じ場所で活動が復活しました。

しかし今回はすぐその直後、このプウ・オオの崩壊直後、地震が東のほうに、プウ・オオからローワー・イースト・リフトゾーンのほうに、どんどん広がっていきました。また、リフトゾーンが広がっていきました。ということで、これはもしかしたらマグマがプウ・オオで噴出する代わりに、ずっと東のほうに押し出されているのではないかと考えました。住宅地が広がる、リフトゾーンの先端部のほうにまで行っているのではないかと考えました。

また、亀裂が地面に見られ始めた直後、5月3日から噴火が始まり、3カ月かかりました。幾つかの段階を経ての噴火です。噴火直後、5月4日にマグニチュード6.9の地震がありました。マグニチュード5の地震が起きた後です。そして山頂でも、これも同時に起こったことですが、

れるところ沿いでも噴火が起こります。キラウエアの場合、東に向かってのリフトゾーンもありますし、別の方向にもリフトゾーンがあります。実は噴火は火口のほうが多いんですけども、溶岩が排出されるのは、リフトゾーン沿いの噴火のほうが多いわけです。

さて、2018年の噴火ですが、三つの所で起こりました(図3)。まず山頂部で、ここに火口湖があります。溶岩湖です。ここでマグマが今にも噴火で噴出しようということで、山頂の下の所にたまっております。それからプウ・オオ、

2018年の火山活動のまとめです(図4)。3月、4月には膨張が見られました。膨張といいますのは、マグマが山頂の下でどんどんたまっていくことです。そしてプウ・オオから噴出します。ですので、風船を膨らませているようなものです。風船のようにどんどんマグマがたまりますと、膨張して膨らんでいきます。これはいろいろな設備や機材を使って、測ることができます。

今までにも何度も起こったことです。ですので、恐らくはどこかでマグマが噴出することに

溶岩湖が10年ほど、そこにあったんですが、しまいに無くなっていきました。そして無くなった直後、山頂全体は、まずは火口湖のところが崩壊し、そこにあったはずのクレーターも崩壊し、そして山頂カルデラになっていきました。



図 5



図 6



図 7

私たち USGS には、科学者、データ収集者、また、モニタリングの機器を扱う人たちもいました (図 5)。また、ハザード分析の情報も公開しました。キラウエア火山の周辺でどのような災害が起こりうるか住民は理解していました。また、コミュニケーションもいろいろとメディアを通して、ウェブサイトを通して図っておりました。ソーシャルメディア、Twitter や Facebook を使った情報発信を始めていました。それから緊急事態の管理関係者、ユーティリティ関係の人たちとも良好な関係を築いていました。

一番大きな課題になったのは、私たちのオフィスの建物は、実はクレーターの縁に近い所にありました。ですので、山頂カルデラの崩壊の影響を受けることになりました。私たちは2度、この対応の期間、場所を移さざるを得ませんでした。しかしこの間、データを失うことは全くなく、データ収集は続けることができました。それは大変誇らしく思うところです。

こちらがマウナ・ロア (Mauna Loa)、西のほうにある、もう一つの火山です (図 6)。ここにちょっと噴煙が上がっているんですが、これが山頂部分の溶岩湖からのものです。これがプウ・オオで、ここにも溶岩湖が、小さいものがあります。この35年間、ほとんどの噴火はこのプウ・オオ周辺で起こりました。でもそれぞれ、2018年の初頭から膨張が見られました。

マグマがどのようにこの火山システムで動いていたか、それを表した絵です (図 7)。マグマがどのように深い所から上がってきます。そして山頂の下の方にたまっていきます。幾つか道が地下にありまして、リフトゾーンに沿って行きます。ほかにも火道がもう少し浅い所にあっ

て、ほとんどそれがカルデラ近辺まで延びています。プウ・オオがこの真ん中辺りで、35年間、この火道はずっと開いていました。そして押し出されたマグマが、プウ・オオから噴出するという状況にありました。

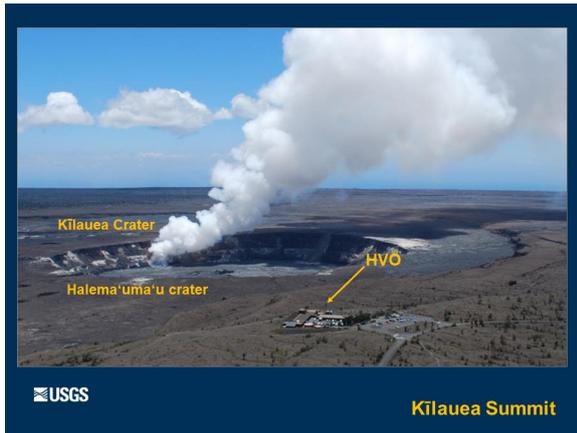


図 8



図 9

その位置関係が分かるようにということで、ここが溶岩湖、2008年に出てきたもので、ハレマウマウ・クレーター (Halema'uma'u Crater)、大体1km ぐらいの直径があります (図 8)。これは、もっと大きなキラウエア・カルデラの中にあって、その中の様子です。私たちの建物がここにありました。クレーターの縁にあったわけです。溶岩湖がはっきりと見える、非常に絶好の場所にありました。

4月の終わり、後半、溶岩湖で溶岩が上がってきました (図 9)。見るのは美しいものでした。私はよく近くまで、朝に行きました。するとこのように、空も明るく見えるほどの明かりでした。数百 m ぐらいの直径で、楕円形になっていました。そして溶岩湖の中で、溶岩もうごめいていました。

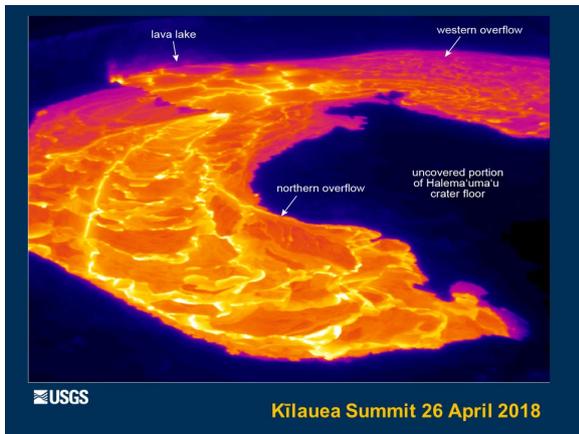


図 10



図 11

4月の、さらに後半になりますと、溶岩湖の溶岩が上がって、そしてより大きなクレーターの中へと、小さいクレーターからあふれ出してきました。これは熱赤外画像となっています (図 10)。かなり熱い流れであることが分かります。もともとの溶岩湖が上のほうにあります。

これのすごいところは、溶岩湖は前にもあふれ出たことがありました。しかしあふれ出るたびに、クレーターの外に出ますと、小さいクレーターから外に出て行きますと、3m ぐらい、縁の部分が高くなるわけです。ですので、前回のあふれ出たときから、もともとの高さで 8m ぐらいの高さになっていたわけです。このときにまたあふれ出たということは、かなり強い圧力で押し上げられたと、膨張のレベルも以前よりも強いのだということが分かったのです。これがプウ・オオのイベント、イースト・リフトゾーンの、4月後半の状況です (図 11)。

ここにも溶岩湖があります。しょっちゅう溶岩がたまったり、崩壊したりということが、真ん



図 12

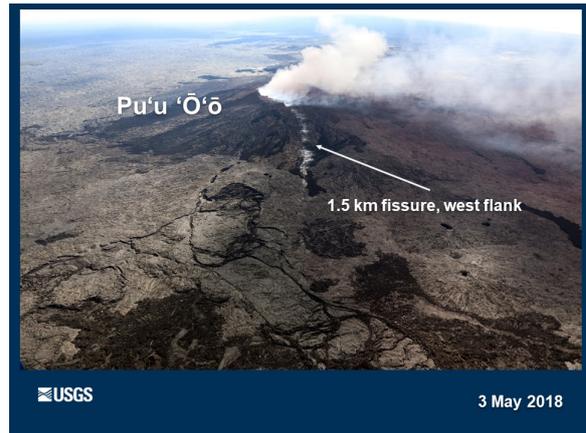


図 13

中で起こっています。またこれが、もともとのプウ・オオの残りです(図 12)。これもやはり 1983 年の溶岩がたまってできたものです。これが 4 月末で、それから 4 月 30 日にそれが崩壊し、クレーターの残りがここにあります。深さ 350m ほど、直径で 250m ほどです。そして大量の火山灰を含んだ噴煙が数日間、上がり続けました。

プウ・オオ周辺で亀裂が地面に走り始めました(図 13)。マグマがどんどん東へ東へと押し出されていく中で、こうした亀裂が出てくるようになりました。また、地震活動が東のほうへ広がっていく状況にありました。プウ・オオがこちら、左側にあります。

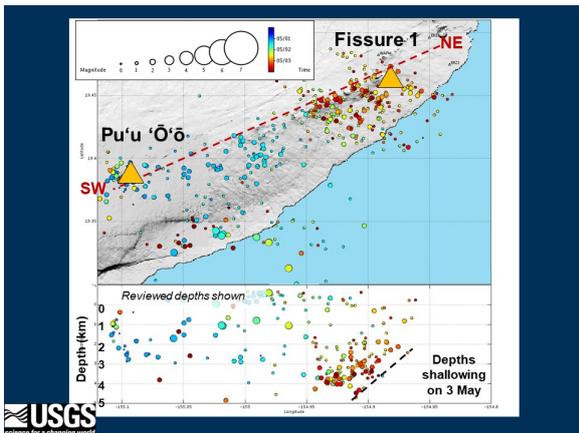


図 14

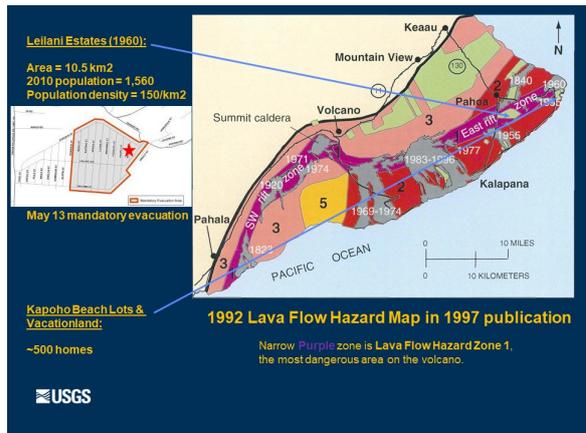


図 15

これが時間軸を追ってみたものです(図 14)。これは断面図ですが、時間を色で表しています。5月1日、4月30日ごろが青で、こちらが5月2日、3日ごろ。ですので、地震がどんどん浅くなってきています。ローワー・イースト・リフトゾーンのほうに行くに従って、どんどん浅くもなっています。

この地域では 2018 年の噴火前から溶岩流のハザードマップを作っておりました(図 15)。ハザードゾーンの 1 が一番危険な所で、これが本当に活発に火山活動をする、キラウエアなどの火山の山頂部分ですが、そこから一番活動が不活発な所までを表しています。紫のところはゾーン 1 となっています。一番危険な所で、そこで噴火が始まります。ゾーンの 2 は、もしゾーン 1 で噴火があれば、溶岩流が恐らくそこに流れていくだろうところです。そしてゾーンの 3 は、そこまでは溶岩は行かないだろう、でもゼロというわけではない。ゼロ確率という所ではありません。

それからグレーのところは、歴史的な噴火があった所で、リフトゾーンの上や頂上付近だった

ことが分かります。それから緑のところは、住宅建設をしてよい所です、かなり密集しています。レイラニ・エステーツ (Leilani Estates) がここにあるんですけども、ここは休暇のための保養地です。レイラニ・エステーツはこのよなかたちになっています。そして5月3日の噴火のときに、グレーの地域の人たちは、みんな避難させられました。リフトゾーンはこちらのほうにまで広がっています。

5月3日の午後、噴火が始まりました。この辺りに住宅が広がっています。その前の2日間で、割れ目があちこちにできました。1~2m ぐらいの幅のものです。そのうちの 하나가住宅の下まで



図 16

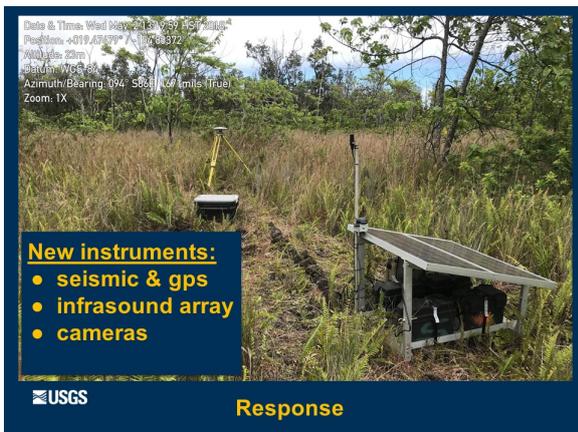


図 17



図 18

行きました。ですので、間もなくこちらまでやって来るのではないかという警報は、皆が事前にもらっていました。

ヘリコプターで1日に3回、現地を飛びました(図16)。どのように噴火が進んでいるのかを見るためです。また、どこで噴火が起こっているかの、地図も作りました。また、溶岩の流れがどこまで到達するかも、その中に表していました。アップデートの情報ですとか、噴火状況が変化すれば、その情報を出しました。

一番激しい噴火は5月3日から始まりました。さらに新しい機器類も使い始めました(図17)。この地域は、前にも言いましたとおり人口密集地で、ここになかなか機器を置いておくことができませんでした。ソーラーパネルで電力を賄っていましたので、このような村落ですと、ソーラーパネルというのは非常に価値の高いものなので、無人の観測ステーションでは高価な資材は使えませんでした。最低限の数を置いていたんですが、地震がどんどんこの地域に広がっているのが分かったので、地震計とかGPSもたくさんここに投入しました。それからカメラも入れました。さまざまな所での映像を捉えるためです。

ステーションの電力系も含めて全部どこか外で、例えばオフィスの中で組み立て、それをヘリコプターで運んで、現地に置いていくフライトゥーステーションという設置方法を採用しました(図18)。そうすることで、スタッフが危機に見舞われることなくモニタリングができるように、機器類をヘリコプターで運ぶことができました。

それから多くの人たちが現地にも飛びました



図 19

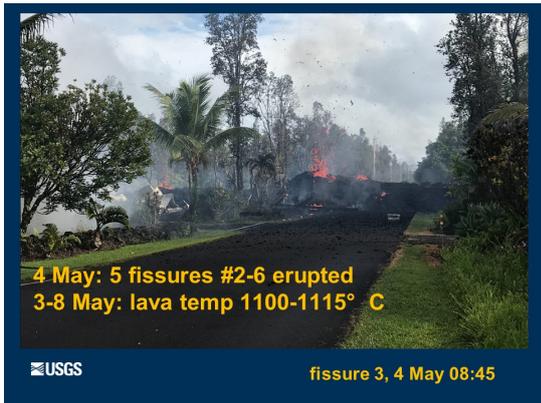


図 20

**S Flank earthquake: 4 May, 12:32, 7 km depth**

South Flank

- Sequence of M5+ eqs
  - M 5.0 on 3 May at 10:30
  - M 5.7 on 4 May at 11:32
  - M 6.9 on 4 May at 12:32

Pu'u 'Ō'ō

- Triggers rockfall into collapse crater, ash plume

LERZ

- ERZ opening, allowing more magma transfer into LERZ from MERZ and summit

図 21

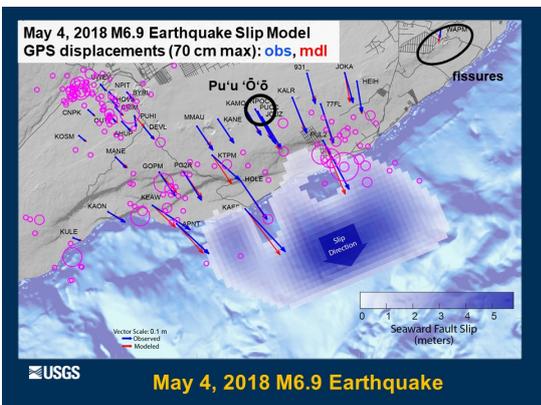


図 22

(図 19)。自分の目できざまなイベントが起こっている場所を、GPSなどで捉えながらやっていきました。でも、これは実は私有地で噴火が起こっていたので、緊急事態を郡が発令するまでは、私たちは私有地の所有者から許可を得た所にしか、入れませんでした。

5月4日、こうした割れ目がどんどん大きく広がってきました。リフトゾーン沿いに開きました。その翌日には五つの亀裂ができて、最初に噴出したマグマは、通常のマグマよりも温度の低いものでした。通常のキラウエアの溶岩よりも温度が低くて、1,100°Cから 1,115°Cぐらいのものでした。そして粘性も高いものでした(図 20)。

5月4日のお昼ごろ、マグニチュード 6.9の地震が発生しました(図 21)。その前に、マグニチュード 5の地震が全島で感知されました。私と妻はヒロ(Hilo)のほうにいました。6.9の地震があったときに、私はオフィスの観測室に座っていたんです。20秒か30秒ぐらい揺れました。妻は、家の車道にいたんですけども立ってられないぐらい揺れたと言っていました。かなり揺れたということです。

プウ・オオでは落石もありました。そして地震によって、マグマがローワー・イースト・リフトゾーンのほうにもっと押し出されている状況であることが分かりました。この地震のメカニズムを考えてみます。このモデルで見ますと、滑りが起こっている地域がかなり広い。火山の下、そして火山と海洋地殻の境界付近の深い場所で起こっていました。

実際の滑りが起こっているのはここで、プウ・オオ、それからローワー・リフトゾーンの噴火地域が右のほうです(図 22)。矢印が示しているのは、GPSで捉えた動きです。青が実際の動きで、赤は私たちのモデルの計算結果です。モデルにかなり合致しているのが分かります。

そして最大の動きは、この滑りはプレートでは5mほどでしたが、一番表面上の動きは0.7mほどでした(図 23)。ここは常に動いている地域ですが、速度はもっとゆっくりとしています。1年で

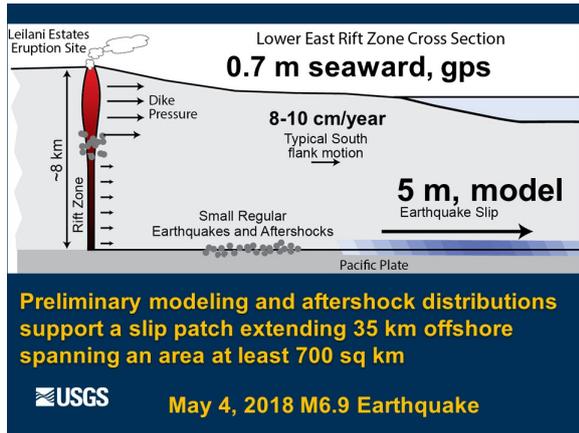


図 23



図 24

大体 8 から 10cm ほど動く程度のところが、これだけ動いたわけです。

その次のフェーズが 5 月 12 日から 17 日で、粘性の高いマグマの噴出がまだ続きました (図 24)。少しずつマグマの温度が上がっていきました。つまりは新しいマグマがどんどん供給されているということです。最初に亀裂から出てきたのは、その下にずっとたまっていた、1955 年に噴火が起こったときからたまっていたマグマが噴出したのではないかと考えられました。だから温度が低かったわけです。

例えば歯磨き粉のチューブを考えてください。長い間、ふたを開けておきますと、ちょっと固まってきますよね。それがぎゅっと押されて出てきますと、ちゃんと新しい、もう少し柔らかい

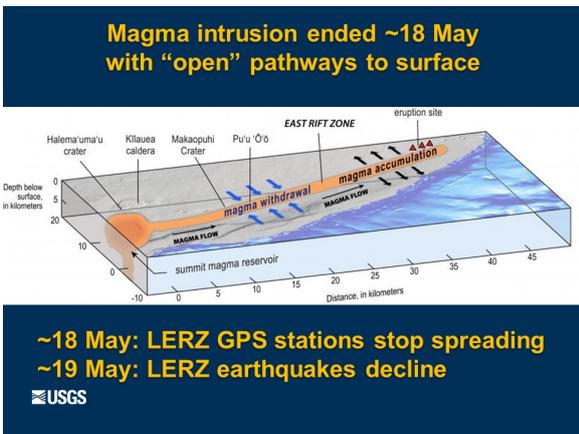


図 25

歯磨きが出てくるはずですが、それと同じことが起こったと考えられます。

これが概念モデルです (図 25)。さまざまなことが、このリフトゾーンの地下で起こっていました。これもやはり歯磨き粉のチューブのようなものです。こちらの上のほう、まずマグマは山頂部分から出てきて、リフトゾーンの上のほうからどんどん低い所へと、歯磨き粉のチューブを絞り出すように、どんどん下のほうに下っていきます。それでリフトゾーンのこの辺りがどんどん膨らんでいきます。そして噴火がここで起こっています。

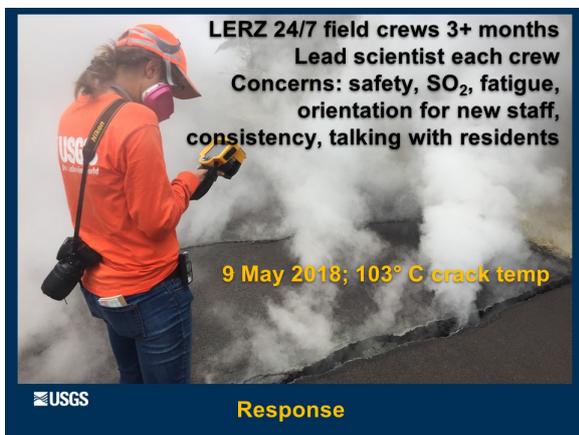


図 26

現場に 24 時間態勢で、3 シフトを組んで人を送りました (図 26)。一つのクルーが 1 人から 3 人で、1 人はかなり経験を積んだ HVO (ハワイ火山観測所) のメンバーです。でも、いろいろと心配しなければならないことがありました。SO<sub>2</sub> (二酸化硫黄) が今までにないほど強烈でしたし、その濃度も高かったです。ですので、それを考えなければなりませんでしたし、新しくやって来る人たち、本土から、あるいはほか



図 27



図 28



図 29



図 30

の火山観測所から来る人たちに、トレーニングも提供しなければなりませんでした。

それでもし住民から聞かれたら、ちゃんと同じ答えが出せるように、どう答えるべきかについても訓練をしました。メディアからも多々、質問が上がりました。また、防災担当者からも質問が出て、それに対して答えることが必要になりました(図 27)。

最初の噴火のあたりに、シフト制でドローンのクルーも導入しました(図 28)。これはオペレーションにとって大変重要でした。上空からヘリを飛ばすことができませんでしたので、ドローンを飛ばすことによって、上空の映像を手にすることができたわけです。

こちらがそのスクリーンショットの例です(図 29)。ドローンで撮ったビデオのスクリーンショットです。大きな流路があるのが分かります。後々、噴火の後に何百 m ともなるような幅の流路ができています。そして住宅に迫っているというのが分かります。

それからドローンは夜にも飛ばすことがあったということで、非常に価値のあるものでした(図 30)。ヘリや飛行機などを夜に使うことはできず、夜はドローンであれば飛ばせるということで、とても有用でした。ドローンを使って、避難を拒否していた男性を助けることもできました。溶岩が家に近くなってきて、ようやく避難をしようと考えた男性の場所を、私たちは見つけることができましたが、ドローンを使うことで場所を特定することができました。

こちらが防災担当者のオペレーションセンターです(図 31)。日本の皆さまと同じように、私も科学者が将来的にどうするか、火山がこれからどんな活動をするかということ、そしてハザードの状況についても、危機管理担当者に対して連携していきました。どのような避難が必要なのか、そしてどういった防災、減災の活動が必要なのか、どのような影響があるかについて、ここで話をしていました。

この部屋は、非常に小さな部屋ですが、かなり

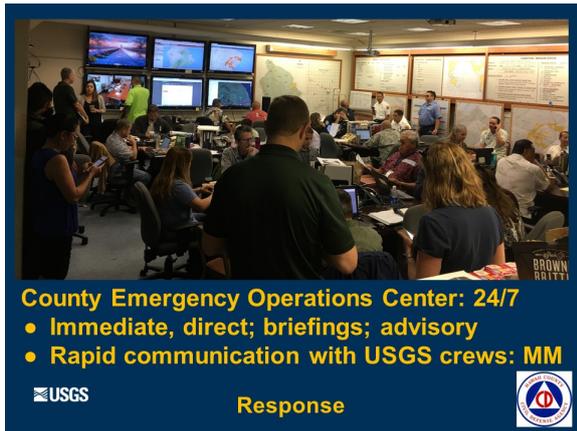


図 31

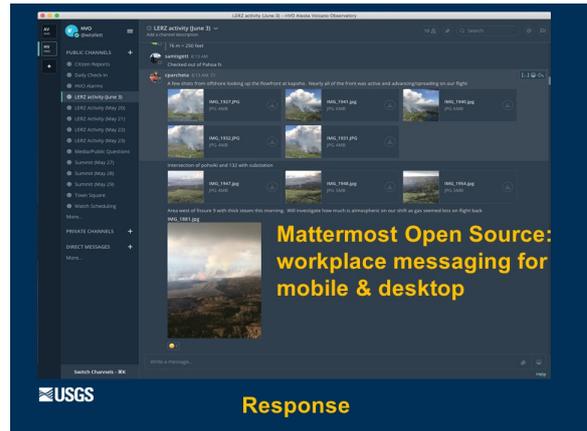


図 32

の関係者が詰めていました。4 台のテーブルがあります。それぞれのテーブルに、例えばチームごとに編成がしてありまして、まず一つ目のテーブルは消防、警察、それから国の防災担当、そして軍などが入っていました。そしてこちらは公共部門、高速道路とかインフラ面、そして私は電力とか、水道関係の人たちの近くにいました。市長のオフィスから来た人たちもいました。毎朝 7 時には、全ての部門のトップによる会議が行われました。そしてそれぞれの役割について、話をしていきました。

噴火から 2 週間たって分かったことは、皆をつなげるのが難しいということでした。山頂とローワー・イースト・リフトゾーンで、二つの大きな噴火がありました。それから防災管理者はヒロにいましたし、ローワー・イースト・リフトゾーンにも現地本部がありました。

コミュニケーションが難しかったということで、Mattermost と呼ばれる、オープンソースのチャットのソフトウェアを提案した人がいました (図 32)。こちらはデスクトップでも、モバイルのデバイスでも使うことができます。メッセージを皆で共有したり、ビデオ、写真、あらゆるものをすぐに共有することができるということで、大変重要なものになりました。また、アーカ



図 33

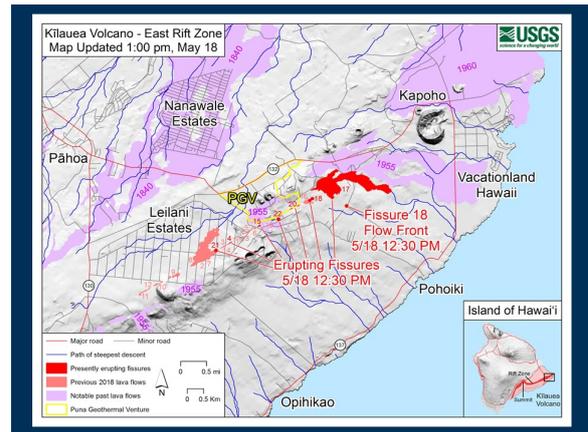


図 34

イブにも使うことができました。ファイルのアーカイブ化です。ヘリの中でも使いました (図 33)。

噴火が始まったのが 5 月 3 日で、22 の割れ目ができたのが主要な現象でした (図 34)。そのほとんどが割れ目の周りに、それほど大規模ではない溶岩流を流出させるものでした。その後、もっと流動性のある、より熱い溶岩流が遠くまで流れるようになりました。こちらが熱赤外面像です (図 35)。2,000~3,000 枚ほどのビデオのイメージ、ヘリコプターで撮った動画から切り出して

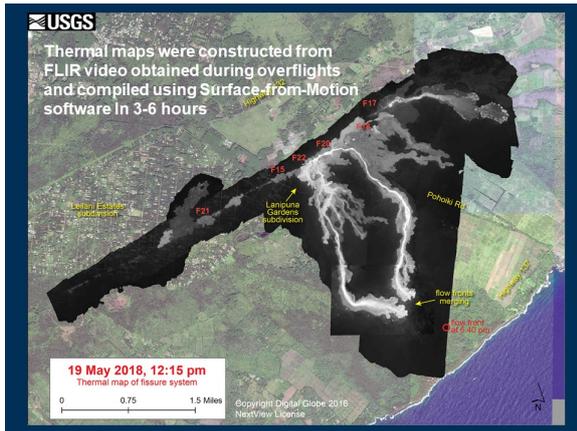


図 35



図 36

作ったものです。こちらはより新しい、より流動性の高い溶岩流が沿岸のほうまで流れているのが分かります。流路列が、こちらにも形成されています。

また、地熱発電所がこのエリアにあります（図 36）。早い段階で、小さな噴火のすぐ後に電力の送電網が壊れてしまいました。ですので、発電所を停止しなければいけませんでした。二つ目の噴火の溶岩流によって、この発電所の施設自体も脅かされました。ということで、一部、この地熱発電所で使っていた化学物質を、ここからほかのところへ移動させて、また発電所自体も閉鎖しなければいけなくなりました。



図 37



図 38

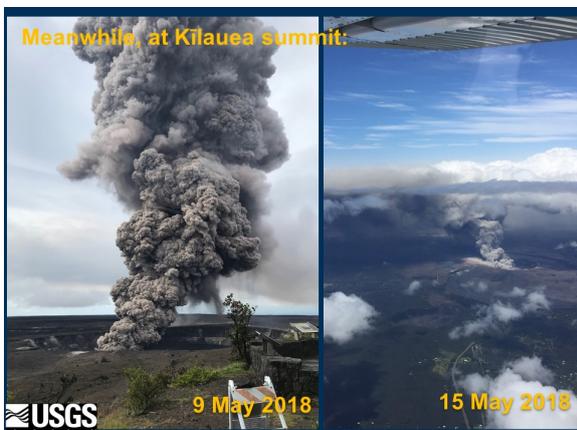


図 39

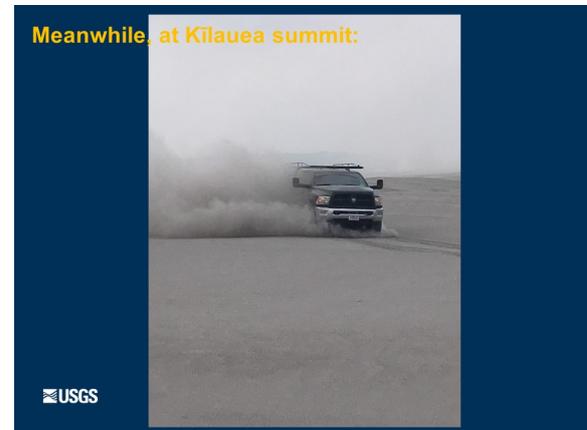


図 40

こちらは海に溶岩流が流入した 5 月 27 日の画像です（図 37）。同時に山頂では溶岩湖がなく

なったという話を先ほどしましたが、その溶岩湖自体も、非常に大きな噴煙を上げながら、消失していきました(図 38)。火山ガスを噴出しています。何 km にもわたるような噴煙です(図 39)。そして火山灰の堆積物が、桜島とか、インドネシアやコロンビアの比ではありませんけれども、薄く積もりました(図 40)。

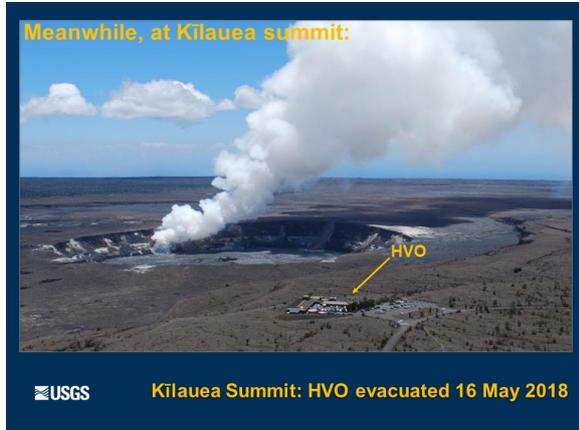


図 41

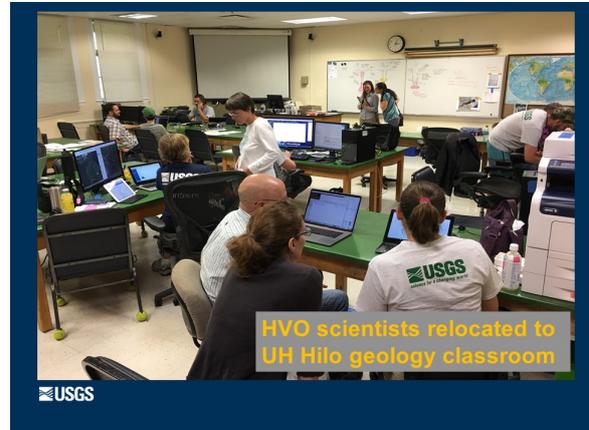


図 42

それぞれの崩壊によって、山頂のほうで大きな地震が起こりました(図 41)。マグニチュード 5.5 のものもありました。このような震動によって建物の柱が壊れて、移転しなければいけなくなりましたので、私どものオフィスもヒロへと移転しました(図 42)。そして一時、ヒロにあるハワイ大学の教室を使って活動していたときもあります。ちょうど夏休みでしたので、教室を使わせてもらうことができました。

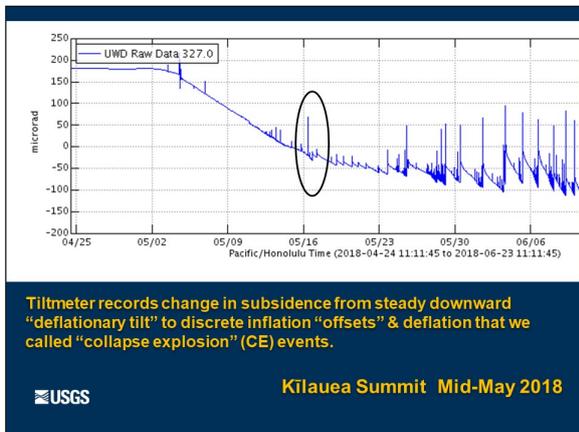


図 43

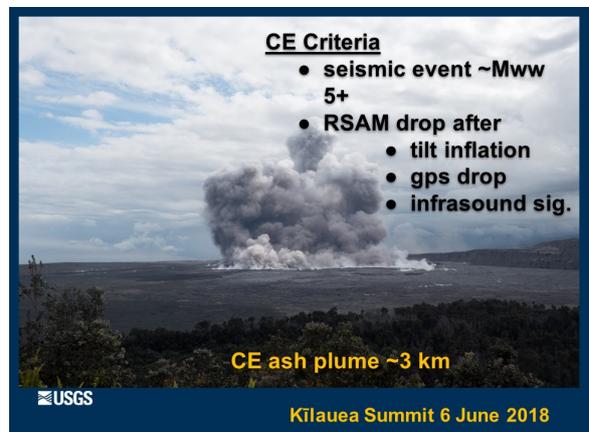


図 44

山頂のエリアですが、少しずつ沈降していました(図 43)。最初は溶岩湖の辺りで、そしてハレマウマウの中の火口のほうでも崩壊が始まりましたが、その後は少しずつ崩壊のエピソードが始まりまして、それぞれのエピソードで、火山灰を多く含む噴煙が生成されました。このような崩壊に伴う爆発的な現象によって、水蒸気と火山灰、ガスが生成されました。

そこで、プロトコルを作る必要がありました(図 44)。62回が、3カ月の崩壊の中で特定されました。最初の数週間後に、これらの崩壊によって大きな噴気が出ることはなくなり、少しの土砂が巻き上げられるだけになりました(図 45)。それぞれの崩壊は 3 から 5m ぐらい、火口を沈降させました。そして少し砂煙を巻き上げていました。開始期には山頂直下のマグマだまりは完全にチャージされていて、周りにも広がるようになっていきました。そして火道の周りでマグ

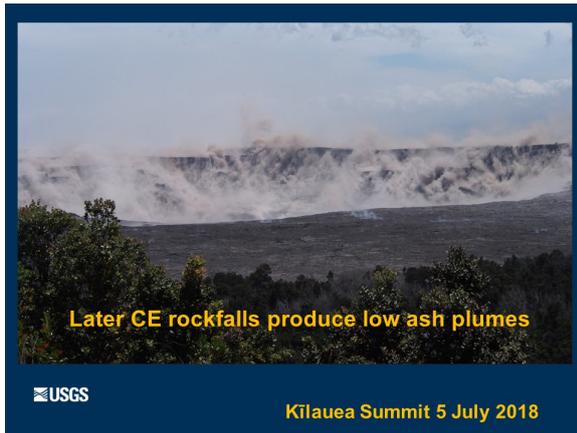


図 45

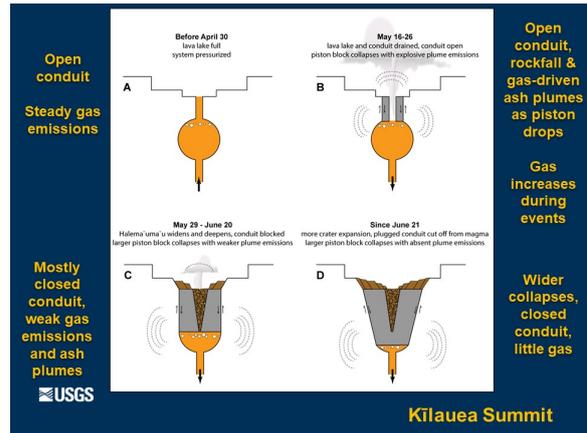


図 46

マの地下への逆流が始まりました。火道を閉鎖することがなかったために火山ガスが山頂に集まって、時折、岩塊ごと火口から噴き飛ばされていました。崩壊した岩塊が増えて火口を閉塞し、そこで崩壊イベントがますます続いて、縁の部分で少量の火山灰を舞い上げるだけの現象に移行していったわけです（図 46）。

こちらが頂上エリアを1日1フレームで撮ったタイムプラス映像です。

（映像）

これがハレマウマウで直径が1キロメートルぐらいです。このように溶岩湖が後退して行って、崩壊が始まりました。ハレマウマウが崩壊し、より大きな範囲で崩れだしました。そしてこの崩壊は、山頂の火口の約半分ぐらいの大きさにまで至りました。

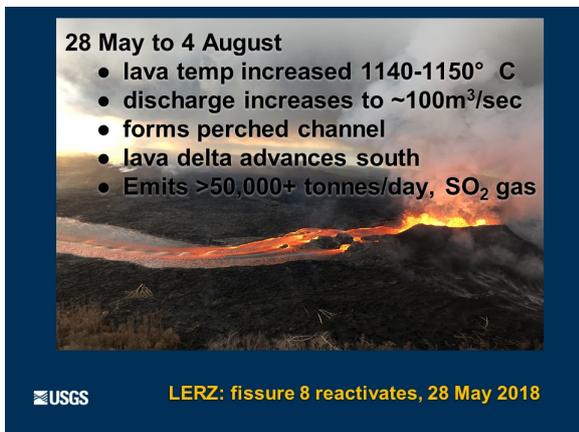


図 47



図 48

イースト・リフトゾーンでは、大きな変化がありました（図 47）。溶岩の温度と、粘性が変わっていきました。恐らく割れ目 8 が再活性化したことによって、溶岩の量は非常に大きくなりました。温度が上昇し、流出量は1秒当たり 100m<sup>3</sup> ぐらいで、ハワイでは非常に速いものです。

それから溶岩の天井川が形成されました。先ほど溶岩湖が氾濫して、そして縁の部分がつくられたという話をしましたが、このチャンネルについてもやはり氾濫していきまして、その縁がどんどん高くなることによって、もう氾濫しなくなっていました。

それから割れ目 8 が開いて、1日5万トンの二酸化硫黄ガスが排出されました。これは今まで

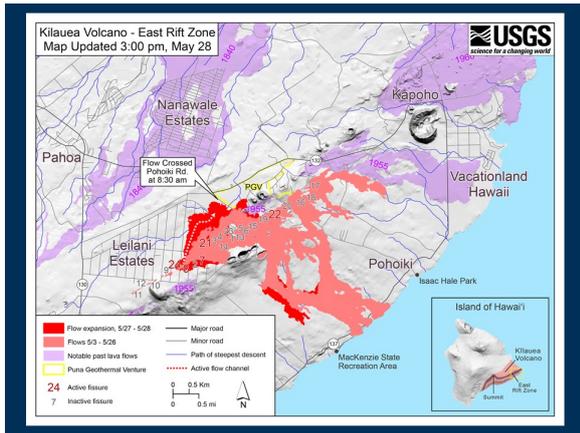


図 49

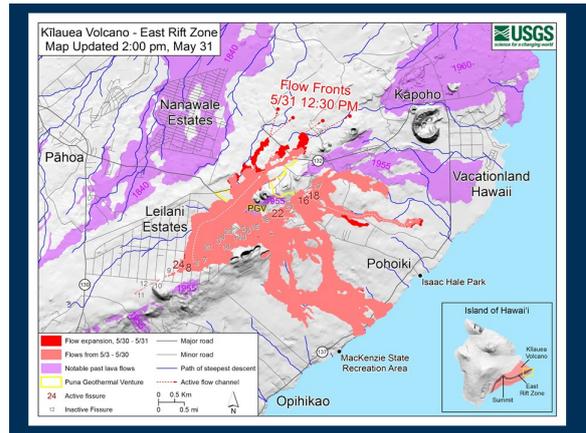


図 50

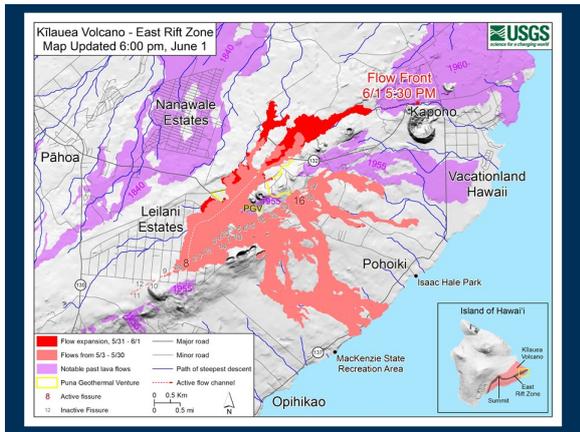


図 51

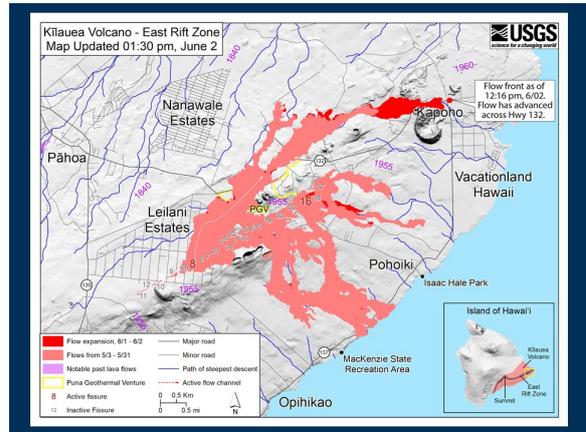


図 52

キラウエアで経験したレベルの5倍、6倍ぐらいの排出量です。こちらが割れ目8です(図48)。溶岩を高さ20~30mぐらいまで噴出をしました。そして1秒当たり100m<sup>3</sup>が流れ出ていました。恐らくこちらは1週間ぐらいの時間をかけて海へと流れ着いたと思いますけれども、非常に速いスピードで最初のほうは流れていきました(図49)(図50)(図51)(図52)。

この青いラインですが、こちらは計算をしたものです。火山はすべてそうですが、噴火が活発な火山は特に、表面は新しく、浸食による谷筋のようなものではありません。ですので、実際にどういった経路で溶岩流が流れていくかということを理解するために、この計算をしました。溶岩流はこの流れで、実際に流れていったということが分かります。ですので、このような計算は有

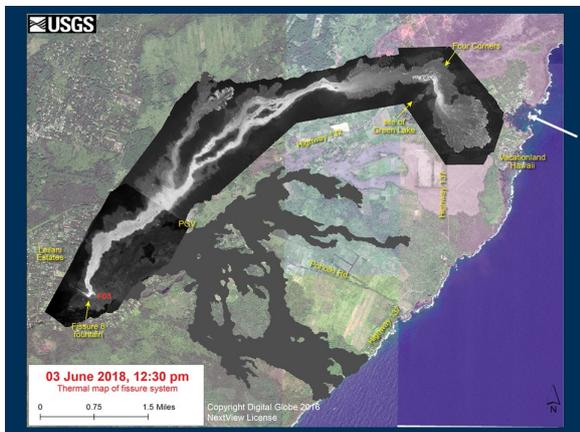


図 53



図 54

用であったということになります。こちらは溶岩流が海の方へ近づいていく様子の熱赤外面像になります（図 53）。このように広がっていきました。

1 週間後、溶岩は海に到達しました（図 54）。中央右側に家が密集する分譲地がありました。海に沿って 500～600 軒ぐらゐの別荘が立ち並ぶ美しい街並みでした。

こちらがビデオです。そのチャンネルシステムがどのようなものか、非常に素晴らしいものがありますので、ご覧いただきたいと思います。

（映像）

こちらが割れ目 8 の火口です。こちらの数字を読んでいただくと分かりますが、大体、溶岩の流れがどれぐらいになったか。420m、一番分厚い所がそれぐらいです。

そして地熱発電所が孤立しているのが分かります。溶岩流で孤立しています。こちらの溶岩流によって、二つの高速も寸断されました。何人か、それによって孤立してしまいました。

こういった小さな島々ですけれども、これもまた溶岩に流されています。このような速いビデオだと動いていることがよく分かりますが、実際は、ゆっくりと流されていきました。見ていると非常に美しいわけですけれども、この辺りにいる人たちの状況も考えなければいけません。

比較的小さい、この辺りの地域は農地であります。

このころには溶岩流が、多くの家を犠牲にしながら流れていきました。家は、数多くある中で 3 軒の家を除いて、全て破壊されました。しかしその 3 軒の家に関しても、アクセスは寸断されてしまいました。

こちらが、マップで見るとこのようになっていたということで、お示ししています。扇状に広がった溶岩が元の海岸線から数百メートルのところまで到達しました。この湾は完全にのみ込まれ、そしてこちらは広がっていくのではなく、端の辺りをぐるっと回るようなかたちになります。ですので、南側にこうやってずっと進んで行くだろうと考えました。

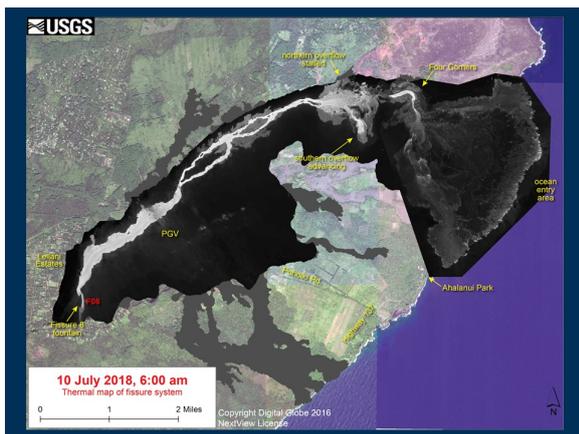


図 55

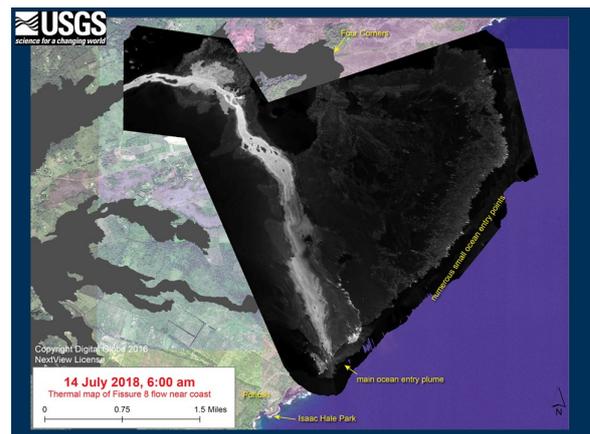


図 56

こちらにビーチパークがあります（図 55）。こちらは緊急予算をもとにしたビーチパークで、1990年に溶岩に覆われたために再び構築をしたものでした。そしてその流れは、この辺りで止まりました。このボートの港の手前です（図 56）。

このように海に入ってしまったわけですが、もちろんその間で、溶岩ツーリズムというものもありました。この 35 年間の噴火でツアービジネスが非常に栄えていきました。ハイキングという



図 57



図 58

かたちでも、それからヘリを飛ばして、エアツーリズムというものもありましたし、ボートもありました。ボートで海に入っていき、そしてかなり多くの人たちが実際にボートで、海から溶岩の流れを見ているという状況にありました。

この噴火の最中で、数多くのけが人が出ました（図 57）。噴火によって出たのですが、そのほとんどが、我々が示していた危険性に注意を払わなかった人たちによるけがでした。例えばこちら、このボートで溶岩の流れが活発な海岸部に近づいた人たちなどもそこに含まれます（図 58）。



図 59

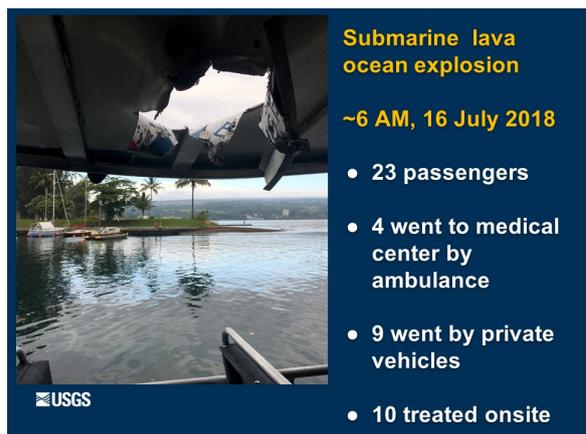


図 60

7月16日には、溶岩の流れは以前のような緩やかなものではなくなっていました（図 59）。このころには爆発が活発になっていました。これが始まってすぐの状態の写真で、かなりの爆発だったということが分かります（図 60）。

この地域にいた人たち、ツアーボートで人がそこにいる中で、爆発が起こりました。そして爆発の噴石が一つ、飛んで行き、ツアーボートに乗っていた女性の太ももに落ちました。そして太もも、または腰骨を骨折しました。ほかの乗客たちも皆、何らかのけがを負いました。

ですが、この人たちはここまで近くに行くべきではないのに、近寄ってしまったと。恐らく警戒はしていたと思いますけれども、近くに行き過ぎていた。そしてこの事故があったのに、2日後にはまたこのオペレーターは、ツアーのボートを再開しました。恐らく非常に利益が出ていたのだと思います。

我々はハザードの評価をして、さまざまなドキュメントも出していきました（図 61）。向こう数週間で何が起こるのか、ということもコミュニケーションをしていました。例えば溶岩流のチャ

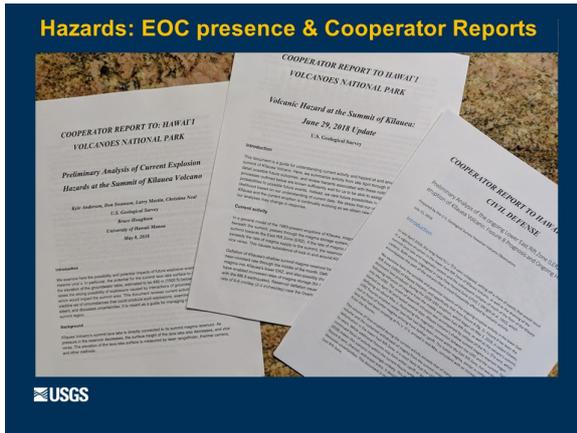


図 61



図 62

ネルですが、こちらの割れ目 8 から、1 時間あたりで 20~30km ぐらいを移動しています(図 62)。そして 1 秒あたり 100m<sup>3</sup>が流出していたわけです。そして周囲の地面より 20~25m ぐらい高くなった流路が、もし崩壊したらどうなるでしょうか。間違いなくこの家々はのみ込まれます。もちろんこの家はもう既に避難をしていましたけれども、これがどんどん流れていったらどうなるのでしょうか。このようなことを評価するために、我々は想定流下範囲を設定しました(図 63)。

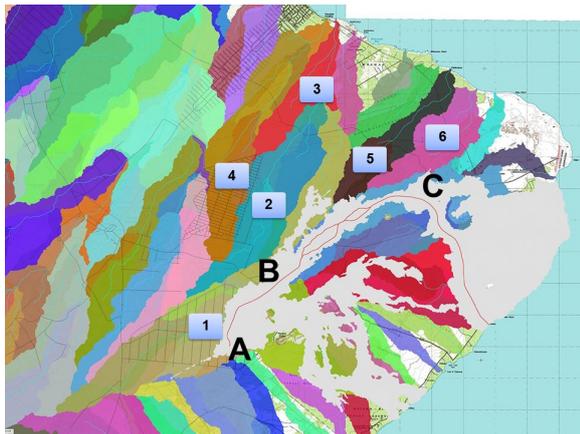


図 63



図 64

流入の地域を見ていきますと、見立てたところ、三つ、シナリオが考えられるということになりました。この溶岩の流れは、まずは南に行くだろうと。このエリアからこちらのエリアに流れていく。そして海のほうに流れていく。もしこの辺りで崩壊すれば、農地の辺りへと流れていくだろうと。このようなシナリオを立てました。

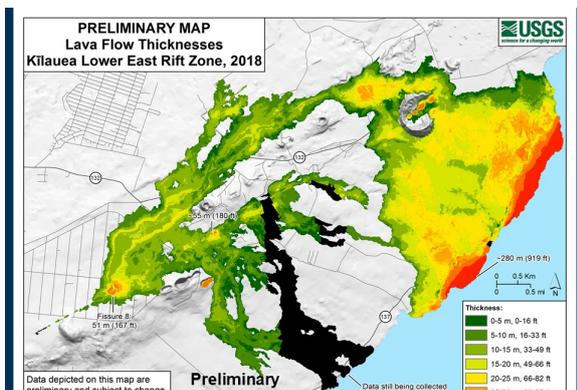


図 65

8月5日、割れ目 8 からの高い噴出率の噴火が止まりました(図 64)。そしてこの流路は空っぽになりました。そしてその深さでありますけれども、9m ということが分かりました。非常に多くの溶岩が流れ出したこととなります。

ドローンで撮影した写真を使いまして、3D のイメージを溶岩流について作りまして、その厚さも調べました(図 65)。その厚さですけれども、赤色の部分、これは 55m 以上あります。



図 66



図 67

こちらは海のほうです。ですから、これは海底のほうにあります。さらにこちらにパッチがありまして、これもやはり厚さが 50m ほどになっています。このハイウエーが再開されました。郡なんですけれども、このエリアはなかなか行けませんでした。というのは、まだまだやはり溶岩がとても熱かったからです。

そしてこれは前後の写真ですけれども、頂上はこうなっています (図 66)。2018 年より前は、こちらに溶岩湖があります。そしてハレマウマウのクレーターでありますけれども、大体直径が 1km で、HVO はこちらにありました (図 67)。マウナロアがここにあります。今はこうなっています。HVO はここにあります。そしてこのように噴気が出てきています。

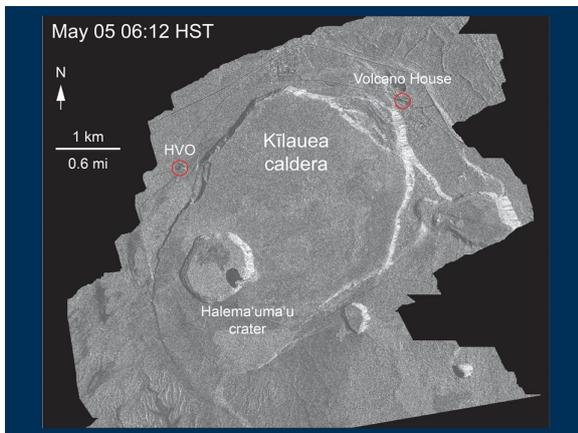


図 68

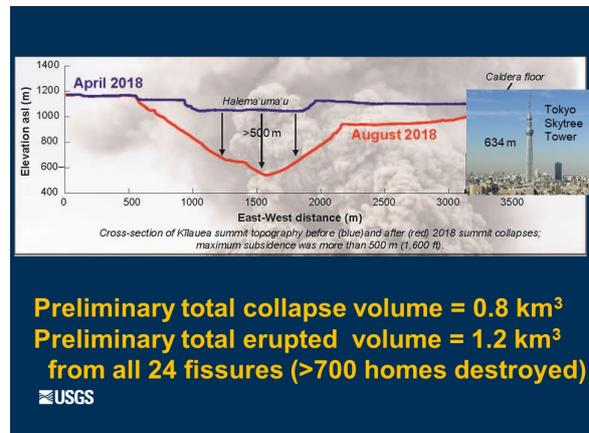


図 69

これが時間経過です (図 68)。レーダーのイメージの時間経過でありまして、崩落の様子です。これがどんどんと大きくなっていきました。こちらは溶岩湖でありまして、ハレマウマウが崩壊して、どんどんとこうやって崩壊していきます。それがどんどん大きくなっていきました。

ではどこまで、どのくらい深くなったんでしょうか。これがこのクレーターの断面図です。これは 2018 年 4 月でありまして、大体深さが 85m ということでした。現在のクレーターもハレマウマウと言っていますが、500m 以上の深さで、この縁から下までの全体では 600m 以上と考えられています (図 69)。

Wikipedia で、東京で一番高いのは何かと思ったら、東京のスカイツリーでありまして、これが 634m ということでもあります。ということで、大体こんな感じ。スカイツリーのほうが少し高いですけど。



図 70

私たちがやったことですが、メディアとコネクションしていましたが、本当にライブインタビューとか、いろいろとありました（図 70）。できるだけやりましたが、全てに応えられるわけではありませんでした。

また毎日、電話での会議もやりました（図 71）。世界中の人たちがこの電話番号にダイヤルして、1 時間、聞くことができました。そして質問することができました。そしてその利点でありますけれども、1 回だけしか質問できないということでありまして、私たちにとっては効率的でした。



図 71



図 72

さらに、スタッフメンバーが週に 1 回のミーティングをやりました（図 72）。これは郡の危機管理担当者が設定しました。被災地の高校のカフェテリアを使わせてもらいました。非常に多くの人たちが来ました。みんなとても心配をしていたからです。

また、国が専門知識を、例えば救援ですとか、いろいろなことについて提供してくれました（図 73）。私たちのスタッフは通常、奥のほうにいて、例えば地図や資料などを準備して、人々がちゃんと理解を深められるようにしました。これは通常、私たちがやっていることに加え、住民の認知を深めるためにやっていることです。

そして週に 1 回の記事を地元の新聞にも出しまして、そしてそれを見た別の報道機関から出される質問に対して、いろいろなことについて説明をしました。また週に 1 回、ハワイの火山についてアップデートを提供しました。

さらにいろいろな講演会もやりました。1 月に 1 回、毎年やっていたんですけども、火山に対する啓発でありますけれども、島全体を回りました。そして温度差もいろいろとありました。例



図 73

えば一部では火山ガスについて懸念しているところ、あるいは別のところでは、例えば溶岩の影響はどうかとか、いろいろと場所によって関心事も違っていました。私たちの新入りのスタッフですけれども、噴火についていろいろと説明していきました。これをやっていました。



図 74

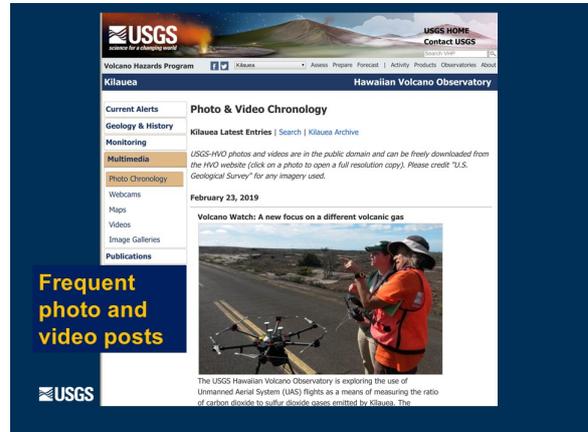


図 75

ウェブページのアップデートですとか、インターネットのコミュニケーションをやっていました (図 74)。これはもう既に目新しいものではなくなっていますが、いずれにしてもやりました。毎日アップデートして、非常に頻繁に、写真ですとか動画を出しまして、そして必ずしもみんなが見られないような動画を提供しました (図 75)。地図も毎日出しました (図 76)。

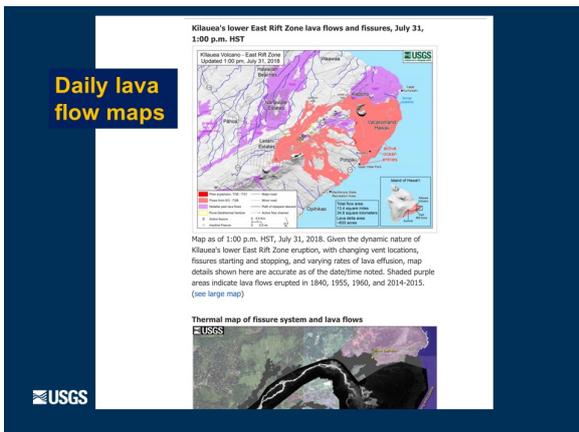


図 76

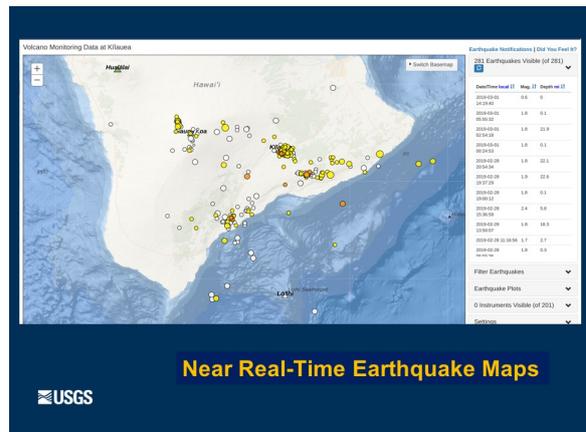


図 77

これは非常に面白いものであります。初めて私たちは衛星の映像を使いました。そして以前は例えば GPS を持った人がいて、その移動経路を計測して地図にしていたわけですけれども、今回は衛星のアップデートを使いました。大体夜間やりまして、それを世界中に配信してきました。

それからほぼリアルタイムの地震のマップも作りしました (図 77)。それぞれの地震について、また一体どこで体感したかとか、どのぐらいまで体感できたか、などを提供しました。それからいろいろな計測器を使って、一体どのぐらいの沈降が起きているのか、リフトゾーンがどれくらい広がっているかということもほぼリアルタイムで情報提供しました (図 78)。

これは SO<sub>2</sub> ですとか、あるいは火山ガスなどについて、またその健康被害についてのものでありまして、これをホスティングしているのは国際火山災害健康リスク評価ネットワーク、IVHHN というところでありまして、特設ウェブサイトを作成して、これを見れば SO<sub>2</sub> などについて全て分かる、また、農作物の影響などが分かるということになっています。

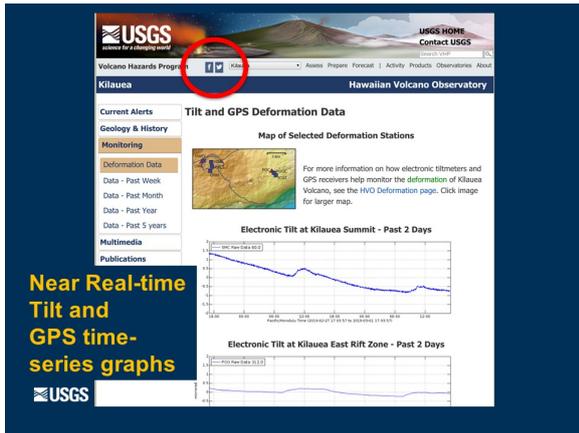


図 78

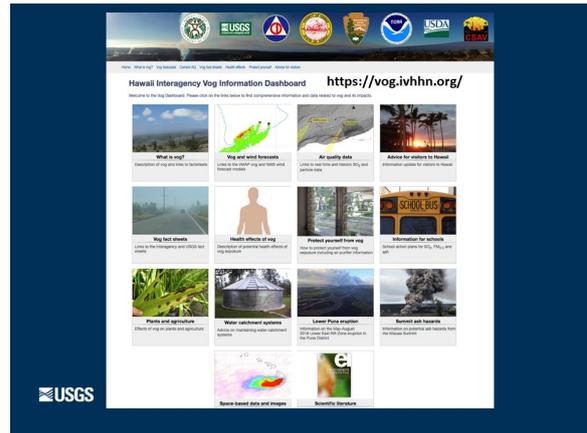


図 79

また、予測もありました。SO<sub>2</sub>ですとか、そういったものの濃度、それが1時間置きにアップデートを提供していました(図79)。

**USGS Volcanoes Facebook:**

- Doubled page likes
- Reach of 19,000 people/day in April to ~155,000/day in May-June (>800% increase)

**USGS Volcanoes Twitter**

- <10,000 to >50,000 followers (560% increase)
- ~2 tweets/day to ~35 tweets/day in June
- Average 450 impressions/day in April to ~3,500 per day in May/June (780% increase)

**Staff required: before & during, NO HVO staff**

• 2+ person team	• 5 person team (HI to E. USA)
• 1 post/day	• many posts, ~18 hours/day
• 5 days/week	• 7 days/week

USGS Outreach

図 80

それから私たちにとって新しかったのは、それを全てやって、それをさらに SNS でもやるということをやりました(図80)。これは全部読みませんけれども、幾つかの統計がありまして、人々の関心は非常に高かったということが分かります。ですから、非常にアクセスが増えました。住民たちはいろいろな情報をほとんど SNS を通じて得ていたようです。

私たちは全て、SNS までアップデートするということはできませんでした。HVO ではなかなか全部はできませんでした。ですから、ほか

の本土の火山の観測所の人たちがやってくれました。彼らは火山に詳しく、いろいろな質問に答えてくれたりとか、あるいは誰に聞けばいいかということを紹介してくれました。

それからあと、HVO の建物の歴史をご紹介します(図81)。HVO は1986年に新しい建物ができたときから、ここにありました。2018年の半ばに避難するまでいまして、それから今度、大学に行きました。そして、大学で新学期が始まったので、別の所にいかなければいけ

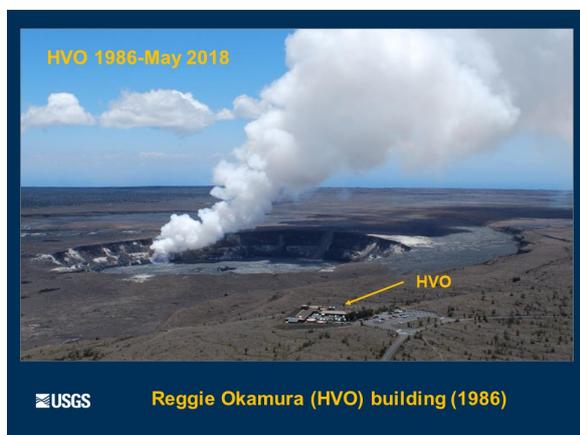


図 81



図 82

ませんでした。

そこで税関の、1941年に造られたビルに行きました(図82)。これはヒロの港にありましたので、すぐにそこがかつての津波避難地域だということが分かりました。溶岩避難地域から、今度は津波避難地域に行ったということでもあります。そのうちにそこから別の、ヒロの鉄工所に行きまして、これもやはり津波避難地域内にあります(図83)。



図 83



図 84

こちらは1946年に非常に強い津波に見舞われました。その建物は1898年に造られたものであります。私のオフィスは2階にあるんですけども、この津波は10~11mぐらいの高さで、2階まで見舞われたということでもあります。恐らく私たちはここに5、6年はいることになると思います。

では、2025年には、一体、HVOはどうなるのでしょうか。ヒロに新しいオフィスビルディングを造ろうとしています(図84)。そしてヒロ大学のキャンパスがある高台の方です。それからもうちょっと小さい現地拠点はこの国立公園、これは山頂に近い所ですけども、そこに造るだろうと思います。

そしてこの噴火ですけども、大体終わりました、9月半ば以降はもうすっかりおとなしくなっています。しかし7月の終わり、私たちが上空を飛行しているときに、パイロットが、そこにみどりがかった小さなパッチがあるのに気が付きました。

これですけども、11月の初めに撮ったものでありまして、湖がちょっと大きくなっていました。ちょうど新しいクレーターの底に、水の湖が出ていました(図85)。そしてそれが1週間ごとに



図 85

1m、水位が上がっています。ですから、これは25mの深さだと思います。そして7月25日以来、全然そのペースは変わっていませんので、1週間に1mの深さで上がってきています。

幾つかの画像があります。ハイズームのカメラでも撮っています。最近、私たちはドローンを使って、サンプリングすることができました(図86)。国立公園管理署で、いろいろな認可を受けなければいけなかったんですけども、サンプリングのビデオがあります。このクロー

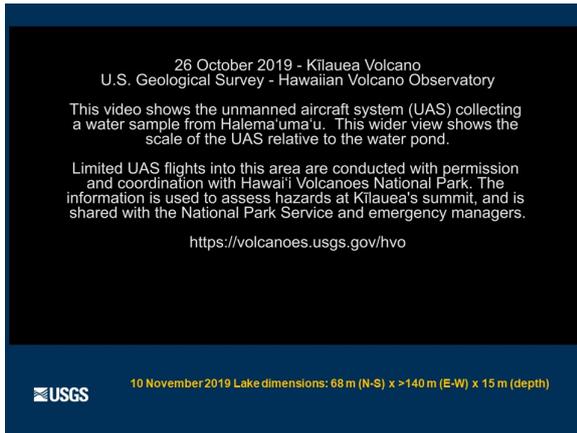


図 86



図 87

ズアツプですけれども、恐らく 70℃、80℃のとても熱い湖、水温が高い湖となっています。

こちらはドローンです。非常に大きなドローンですが、このドローンと比べると湖の東西長さは恐らく 140m で、幅が 70m ではないかと思います。採取した試料から、私たちは pH が 4.2 だということが分かりました。pH4.2 というのは、ほかの火山の水の湖を見ますと、本当に平均値であります。

硫黄濃度が非常に高く、1 リットル当たり 5 万 mg ですから、この水というのは、恐らく全体の水を表現しているのではないかと思います。そしてその硫黄分は SO<sub>2</sub> のガスから来ているのではないかと、それが湖に浸透して、水に溶けていると思います。多くの SO<sub>2</sub> が出てきたと思います。

最後に、現在のスタッフのみんなです。HVO のみんなです (図 87)。30 人強がいます。噴火が終わったので、みんなはにっこりしています。皆さま、ご清聴ありがとうございました。

**司会 :** Kauahikaua 博士、ありがとうございました。それでは会場のほうから、ご質問をお受けしたいと思いますが、何かございますでしょうか。

**質問者 :** 貴重なお話をありがとうございました。SNS での情報発信や、あるいはデータを集めるのに、電気なんかは非常に重要だったと思うんですけども、電力の確保なんかは、火山活動の中でも容易にできたのでしょうか。

**Kauahikaua :** 電力があったかですね、はい、ヒロではありました。この地熱の発電でありますけれども、島全体の 30% の発電をしています。私はこの発電事業をとっても誇りに思っていました。

この地熱発電所ができて、電力の量が増えますと、恐らく古い発電機はもうリタイアしてしまうのではないかと考えたんですけども、しかしこれを取り外さずに、ずっとそれを置いておきまして、地熱発電で 30% を失ったとき、化石燃料を使用するタイプの古い発電機に戻しました。それで電気は噴火の地域だけが影響を受けただけで、それ以外の所は大丈夫でした。

**質問者 :** 今、ここに 30 名の方がいますが、HVO は普通、30 名ぐらいがいるわけですけども、3 交代制で 24 時間、1 週間ずっと続けて観測をやるためには、90 名ぐらいの人が必要ですね。それはどの時点で増員をして、90 名をハワイに呼び寄せたのでしょうか。

**Kauahikaua :** それを言うのを忘れちゃったけれども、24 時間ずっとやっているという仕事は、この人だけではとても不可能です。ですから、恐らく 2 週間で呼び寄せました。全体で、ドローンクルーとかそういったものを入れますと、100 人ぐらいになると思います。

全員がずっといたわけではありません。例えば 2 週間いて、また帰った人もいます、自分の仕

事もあるわけですから。私たちはできるだけ安全にしたい、そしてみんなをちゃんと休ませたいと思っていました。

聞いてくださって、ありがとうございます。言うのを忘れていました。

**司会：**ほかはよろしいでしょうか。ではもう1点、どうぞ。

**質問者：**どうも貴重なお話をありがとうございます。先ほど、対応における住民への説明のシーンで、軍の危機管理担当が住民に対して説明をする場面があったかと思うんですけども、こういう対応は標準的な対応なんでしょうか。それともこれはやっぱり状況によってまちまちで、変わってくるものなんでしょうか。

**Kauahikaua：**ご質問は、シビルディフェンス（防災局）がどうやってコミュニティとコミュニケーションを取るか、ということですね。彼らもウェブサイトがありまして、通常、私たちが何かポスティングすると、彼らもポスティングを、投稿をします。

例えばハザードですとか、そういったものをアップデートしますと、やはり彼らもそうします。また、例えば避難状況とか、どこにシェルターがあるかとか、そういったものもアップデートします。また、直接的に住民に関わるものとか、リソースとか、あるいは例えばコミュニティセンターとかが必要ということになりますと、郡のほうがおフィスをつくって、例えば家を失ってしまいました、郡は私に何をしてくださいますかとか、そういうことを言います。そして例えば電話番号など、そういったものも渡してくれます。それから例えば登録をして、何か非常に喫緊に必要なことがあったら、すぐに携帯にメールをくれまして、例えばすぐに避難するようとか、そういうような内容を流してくれます。

それからメディア対応も私たちはしました。ハワイ郡の防災局がいろいろな自然ハザードに対応していたんですけども、実際には4人しかスタッフがいないわけです。ですから、このようなことがありますと、メディア対応する人がいないわけです。我々が参加をさせていただきました。

郡の担当も我々と一緒にコミュニティミーティングに行ったときもあるんですけども、しかし SNS のような媒体ではプレゼンスはなかったと思います。それは残念です。恐らくもっと合同で一緒にいろいろとやれば、できたんじゃないかなと思います。

**司会：**よろしいでしょうか。それでは次の講演に移りたいと思います。Kauahikaua 博士、ありがとうございました。

**司会：**次は、箱根町の総務部総務防災課の菊島信洋・危機管理監兼防災対策室長より、「箱根山で2015年に発生した小規模水蒸気噴火への対応とその後の対策」というタイトルで、お話しいただきます。どうぞよろしく願いいたします。

## **James Kauahikaua**

Good afternoon. My name is Jim Kauahikaua, and I'd like to thank the organizers of this symposium for inviting me to tell this story. The 2018 eruption of Kīlauea was probably the second largest or the second most damaging eruption within the United States in the last, I don't know, 50 or 60 years, after Mount St. Helens in 1980. It required all of the resources of the USGS and some outside agencies.

My coauthor is Steve Bradley, who was the Deputy Scientist In-charge when I was Scientist In-charge. The setting for this eruption and many other eruptions was the island of Hawai'i, which is one of four major islands in the state of Hawai'i. Each of the four major islands is a separate county. So, the levels of government are very much like in Japan, where there is a local level, and then there is a state level and a federal level. And that's important in this story because the entire island here is one county, a single county, the county of Hawaii. Based on activity over the last 10,000 years, four of the five volcanoes that make up the island are considered active. The only one that is not considered active is Kohala here up in the northeast. To complicate matters a little bit, there is a submarine volcano here, where is also very active and has erupted in the last 10 to 20 years.

But to focus on Kīlauea, which is a southeast most volcano, I'll start at the beginning of 2018. On January 3<sup>rd</sup>, 2018, we had an eruption at the – we were experiencing the 35<sup>th</sup> year – end of the 35<sup>th</sup> year of Pu'u Ō'ō eruption of Kīlauea. Pu'u Ō'ō is right here. You can see the eruption statistics over the 35 years, over 200 homes were destroyed, 144 square kilometer were covered by lava, not to mention how much lava went into the ocean. In the beginning of 2018 was also the 10-year anniversary of a lava lake that showed up at the summit of Kīlauea. So, the basic structure of Kīlauea, the summit is here, but it's very different than volcanoes like Mount Fuji. The summit is here and eruptions do occur at the summit, but they also occur along rift zones. This is the east rift zone. There is another rift zone out this way of Kīlauea. So, eruptions occur within these rift zones. Probably more eruptions occur at the summit than within the rift zone, but the rift zone eruptions produce a lot more lava.

The current story about the 2018 activity involves three areas, two of which I've already talked about: the summit area, which had the lava lake, and it's also where magma is stored ready to erupt, stored below the summit; the Pu'u Ō'ō location, which have been mostly continuously active for the past 35 years as of the beginning of 2018; and then the Lower East Rift Zone, which is again part of that subsurface magma plumbing system. But that's significant in this story because

there're a lot of subdivisions, homes. There's a small town here, and there is minimal highway network.

You can see some of the distances in between these various areas, just to give you an idea of the scale. So, a very quick summary of the 2018 activity was that for months of March and April, there was significant inflation. We call inflations what happens when there is more magma getting stored underneath the summit that is erupting out at Pu'u Ō'ō. So, it's something like blowing up a balloon. You get too much magma going into the summit. It starts to rise. It starts to spread out. And we can measure that with various instruments. But that had happened before several times. So, we knew that it was likely to end up with another breakout somewhere, could have been at the summit, it could have been near Pu'u Ō'ō. So, we were all alert.

On April 30<sup>th</sup>, now the Pu'u Ō'ō cone, which had been active – more or less active for 35 years, collapsed, which means that it all fell in, it stopped erupting lava. And that also had happened before, and usually within few days to a few weeks, activity would resume in that same location. However, in this case, almost immediately after Pu'u Ō'ō collapsed, we saw earthquakes extending out to the east from Pu'u Ō'ō down to this Lower East Rift Zone area. We also saw that the rift zone started to spread. So, we interpreted that to mean that magma was now, instead of erupting at Pu'u Ō'ō was been pushed farther down to the east towards the inhabited area of the rift zone into the Lower East Rift Zone.

Eruption there started just after cracks showed up on May 3<sup>rd</sup>, lasted for 3 months, went through a couple of stages. Right after the eruption started on May 4<sup>th</sup>, there was a 6.9 earthquake, which was a culmination of 2 or 3 magnitude 5 earthquakes earlier in the day. And at the summit all this was happening at the same time. The lava lake that had been there more or less for 10 years started to recede and eventually disappeared. After it disappeared in the whole summit, the lava lake area started to collapse, and then the crater that it was in started to collapse and then the collapse brought into the entire summit, caldera.

The resources that we had available to us – we had scientists, we had data collectors, we had people to support or monitoring instruments and infrastructure. We had a number of hazard assessments published. So, the public knew something about hazards that could befall various areas of Kīlauea volcano. We had pretty good communications through media, through our website, through – we were just starting to get our information out on social media, like Twitter and Facebook. We had a good community of emergency managers, of utility managers,

that sort of thing. One complication, one probably the biggest challenge in the entire operation for us was that, because our main building was right at the rim of the summit crater, it was affected by the collapse of the summit caldera, the progressive collapse there. So, we eventually had to evacuate, moved twice during the response, and I will say proudly that we never lost a byte of data throughout that whole time. We kept it on.

This is an aerial image showing Mauna Loa, the adjacent volcano to the west. This little bit of fume here is from the lava lake at the summit. The Pu'ū 'Ō'ō event is shown down here. It also had a small lava lake. At most of the eruptions – well, all of the eruptions for the last 35 years were centered around Pu'ū 'Ō'ō. But most of these areas were inflated in early 2018. Our visualization of how magma moves around in the volcano, I've already kind of described with a cartoon here of the magma comes up from great depth in the Earth is stored beneath the summit area and that has – there are pathways out underneath the ground to along the rift zones, both rifts zones, as well as some shallow conduits that usually extend around the caldera.

The Lower East Rift Zone is down here. Pu'ū 'Ō'ō is right up in here. So, for 35 years this conduit was fairly open, fairly easy to push lava out and erupted at Pu'ū 'Ō'ō .

Just an orientation. Here is the lava lake that showed up in 2008. It was within Halema'uma'u crater here, which has got a kilometer in diameter. Then that was within the larger Kīlauea caldera or Kīlauea crater here. You can see our building right here on the edge. It was great view of the lava lake. So, in late April, the lava lake started to rise. It was really a beautiful sight. I used to drive up. When the office was here, I used to drive up early in the morning and be greeted by this glow in the sky from the lava lake. The lake is a couple of hundred meters in rough diameter. It's more elliptical in shape. And the lake circulated continuously as most lava lakes do. Towards the end of April, the lava lake rose far enough that it actually overflowed that smaller crater onto the floor of the larger crater Halema'uma'u. This is a thermal image. So, you can see it's all pretty hot in there with the original lava lake crater. It's right here. The significant part of this is that the lava lake had overflowed before. But every time it overflowed and the lava flowed outside the crater, the smaller crater, it built the rim up 2 or 3 meters. So, after four or five of these overflows – previous overflow, the rim was now 8 meters higher than it was when the lake first formed. So, an overflow at this point indicates to us that it was in a much higher pressure state, much higher inflation rate than it had been in the past.

This is the Pu‘u ‘Ō‘ō event in sort of the middle of the east rift zone, what it looked like in late April. There was a lava lake here in area of persistent filling and collapsing over the years in here. This is part or the remnants of what is left on the original Pu‘u ‘Ō‘ō which was built up of lava fountain deposits in 1983. So, this is in end of April, collapsed on April 30<sup>th</sup>. Here is the same crater remnants for a scale. The depth is about 350 meters. Rough diameter is about 250 meters. It was a very dust-rich plume coming out of it for a couple of days. The area around Pu‘u ‘Ō‘ō started to develop cracks as this magma was being injected farther to the east on the rift zone. Also, I mentioned we saw the seismicity progressing towards the east.

Pu‘u ‘Ō‘ō was here in the collapse on April 30<sup>th</sup>. This is the timeline – or this is actually a cross-section along the rift zone, but it’s colored by time. So, the blues are around May 1<sup>st</sup>, April 30<sup>th</sup>. These are May 3<sup>rd</sup> – 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> that we saw the seismicity of the earthquakes actually started to get shallower and shallower in this Lower East Rift Zone, where it fairly started that an eruption was going to occur there.

Just some background about that area. We have developed lava flow hazards on maps where the areas are ranked from lava flow hazard zone 1, which is the most dangerous. And that’s within the summit and rift zones of each of the active, really active, volcanoes Kīlauea and Mauna Loa. And all other zones indicate less and less activity to the least active Zone 9 area.

In this particular map, the purple – the narrow purple zone is Zone 1, the most dangerous. That’s where eruptions start. Zone 2 is where lava flows will go to once it’s erupted in hazard zone 1. And Zone 3 is less likely for lava flows to get out that far, but it’s not zero probability. It’s not a zero probability that lavas will go that far. In grey are most of the historic eruptions. You can see that they all are kind of bigger up in the rift zone and summit area. The green polygons are subdivisions that county has permitted to build there. Housing is fairly dense, single family homes.

So, at the center of this story is Leilani Estates right and Vacationland subdivision down here at the coast. The shorter map here shows just Leilani Estates. When the eruption occurred on May 3<sup>rd</sup>, the county immediately evacuated the area in grey. There are sonic stance right through here. On May 3<sup>rd</sup>, in the afternoon, the eruption started. Right in subdivisions, the houses all around us. In the previous 2 days, large crack have developed in this area, to a meter or 2 wide. I

know one of them extended right under a house. So people had plenty of warning that this was coming, besides the notices that we told them this was going to happen. We started doing helicopter overflights three times a day just to get the overall view of what was happening. We started to produce maps of where the eruptions were occurring, how far the lava flow were going. We'd issue updates. We'd issue notices of changes in the eruption that we saw. But all of it really started on – the really intense part of job started on May 3<sup>rd</sup> when the eruption started.

We also started to deploy new instruments, because in this area, as I mentioned it was fairly densely populated, we had difficulty maintaining instruments here because we power our instruments using solar panels. In a rural community like this, solar panels are gold. They're really valuable. So, we had a hard time keeping these stations going. Before the latest activity, we had minimum number of instruments in this area, and right after we saw the earthquakes were moving down, then we started to deploy more earthquake seismic instruments, GPS, camera so we could see what was going on in various areas. We started to deploy some, what we call, fly-to stations, where most of the station, including the power supply and the solar panels were assembled somewhere else like in our office and then it is helicoptered into an area. In that way we are minimizing the risk to our employees when then hooking it all up at the site we want to monitor. We also had lots of people on the ground watching what was happening, locating and GPS-ing the various events as they opened. This was challenging to us because this eruption happened in private property. So, until the country would declare it an emergency area, we were only able to go into places that we had local permission to go into.

May 4<sup>th</sup>, this fissure started to open around this area, all in line with the east rift zone. By the next day, five fissures have opened up and the first lavas that came out were rather pasty who were compared to normal Kīlauea eruption at a 1100 to 1115°C. Then on the 4<sup>th</sup> and by noon, we had the magnitude 6.9. But as I mentioned, there were a couple of magnitude 5s that were felt island wide. My wife and I were in Hilo and different locations for the magnitude 6.9. I was sitting down in an office in a bunker. So, it shooock for maybe 20 or 30 seconds. My wife couldn't stand in her drive way, so it was fairly strong shaking for this earthquake.

There were some rock falls inside the collapse area of Pu'u 'Ō'ō , and the earthquakes show that the east rift zone was opening up wider to allow more magma to be pushed down into the Lower East Rift Zone eruption areas. When we solved the mechanism for the earthquake, it showed – the model showed that

slippage area was rather large. It was down deep underneath the volcano but right at the interface between the volcano and the ocean crust. So, it slipped quite a bit. Maximum slippage was right in this area. The epicenter of the earthquake was rapid here, Pu'u Ō'ō and the Lower East Rift Zone eruption area. The arrows here are plotted. GPS movements, all of our GPS instruments moved. So, blue is what they actually did and how they moved, and red is when we – when our model computed that they would move. So, the model fits pretty good. Maximum movement on the slip plate was about 5 meters, but the maximum movement on the surface was about 0.7 meters, and this is in an area that constantly moves but at a much slower rate of about 8 to 10 centimeters a year.

The next stage of the eruption, May 12<sup>th</sup> to May 17<sup>th</sup>, there were still rather pasty eruption, but the lava temperature was starting to get hotter. That meant that more fresh magma was coming in. We think that the original, the first fissure that erupted stored magma, stuff that had been there since the last eruption in 1955. It was much cooler. There is basically – like, if you leave the cap off of a tube of toothpaste, it dries in there and you want to push out some more fresh stuff, you squeeze it, you got to pop out the crust to get to the good stuff. This produced some lava flows that were long enough to reach the ocean.

So, this is our conceptual model of the various things that happened in that rift zone conduit, which is kind of like the toothpaste tube, and that's where the earthquakes and such. The upper part – first, the magma was being drained out of the summit and the upper part of the rift zone was actually squeezing that magma down into the lower east rift zone, like you would squeeze a tube of toothpaste. Then, the rift zone in this area was swelling and erupting. We had field crews in the area 24/7, usually three shifts of crews, each crew having maybe one to three people. Each one had an experienced field staff member, but there were many things we had to worry about. The sulfur dioxide emissions were much stronger than we had ever measured at Kīlauea. So, we had to do that. we had to do safety orientation for volcano crew that were coming in from the Mainland, the other volcano dormitories in the US to help out, and that was just to main consistency so that if they were asked things by residence or whatever that they would say that same things that we would say.

We also got many inquiries from media and from civil defense the emergency managers in this case, and so we had to have people out in the field to answer those queries. Very early in the eruption, we deployed several shifts of drone crews, uncrewed aerial systems. They were critical to our operation. They allowed us to get an overhead view when we couldn't fly a helicopter. Here's an

example of a stream clip from one of the videos from the drone showing a massive lava channel several 100 meters wide, and how it would leak out, drained out over the sides to threaten these home. Then, also the drones were invaluable because they could fly at night. None of our manned aero-vehicles, helicopters or fixed wing aircraft were able to fly at night.

In one case, a drone was used to rescue a man who had refused to evacuate when ordered. But that as the lava closing around his house, he decided that he wanted to evacuate, but nobody knew where he was. So, the drone finally located him and they pulled him to safety. This is the Emergency Operations Center for the civil defense crew. So, like in Japan, we the volcanologist try to recognize what the volcano is doing and what it might in the future. We pass that hazard information on to the emergence managers who decide what to – where to evacuate, what other things to do to try to mitigate to minimize the effects of the eruption on the population. The organization of this room, it's rather small for the number of people that come in. There are four tables here. Each table houses a team of people. At this table, there were representatives from the fire department and the police department, the national guard, and the army. This table was all public works, highways, infrastructure sort of stuff. My chair was right here along with the utilities, electrical and water. And the legal office, mayor's office were right here. So, every morning there was a briefing at 7 a.m. for all the department heads and then we would all disperse and go on with our regular business.

One really critical thing that we discovered about 2 weeks into the eruption was that we were having trouble keeping everybody connected. We had two eruption sites basically, the summit and the Lower East Rift Zone; as well as the emergency managers who were located in Hilo; and then there was also a Forward Operations Base near the Lower East Rift Zone. So, somebody suggested that we use this Mattermost open-source messaging system and it turned out to be really good. You could use it on a desktop or a mobile device. I could share messages with everybody. You could share photos and videos with everybody almost instantly. So, it was critical and it was also a great way to archive our findings as we found them out. And you could also use it in helicopter.

The eruption started on May 3<sup>rd</sup> and it went through that first phase just 22 fissures or so. Most of them just developing right around the fissure are not really producing very large lava flows. A little bit later, they started to get more fluid, hotter more fluid, and then flow started to go farther. This is a thermal image taken from about 2000 or 3000 video images from helicopter flying around this area. These are the product of the fresher most fluid lavas that are starting to

make it towards the coast zone here. You could see the channel systems that develop in them very easily. Also, there was a geothermal power plant right in this area. Early on in the eruption, those smaller eruptions took out their power transmission lines, and so they had to shut down. But then in the second phase of the eruption, the lava flows actually started to threaten the facility itself in their drill holes. So, they had to move out some of their active chemicals that they use in the geothermal power system and then shut the area down.

And so lava first went into the ocean, May 27<sup>th</sup>, and at the same time at the summit, I mentioned that the lava lake disappeared. And the lake itself an area just around has started to collapse producing this very large dust fumes, basically, being ejected out with volcanic gas, some of them reaching several kilometers. Ash deposits, nothing like we saw at the Sakurajima or in Indonesia or Colombia, were a very thin coat. Each of these collapses up in the summit was accompanied by very strong earthquakes, some of them up to magnitude 5.5. The shaking was so bad that it damaged the support pillars for our building that we had to evacuate it on May 16<sup>th</sup> and move down to Hilo. For the next couple of months, we operated out of a classroom at the University of Hawai'i in Hilo. They were on summer break, so they weren't using the classroom.

Now, this summit area was subsiding slowly, first of all in the lava lake area, and then Halema'uma'u, the inner crater itself started to collapse. But that was all smooth for a time until by mid-May, when it started to get jerky, it's actually with collapse episodes. Each of the episodes would create a dust plume, and ultimately we had to call these collapse explosive events because each one, as it collapsed, would produce an amount of steam and gas and dust. We had to develop a protocol for calling in a collapse event. There were 62 of these identified through the 3 months collapse. So, after the first couple of weeks, these collapses stopped producing these very high plumes, and basically it was just dust shaken up by the collapse. Each collapse dropped maybe 3 to 5 meters into the crater, but it produced low dust clouds after that.

And the model that we came up with was, to start off with, the magma chamber beneath the summit was fully charged, sort of pushing up spreading the summit area. It started to drain, and the surface area started to collapse around the conduit, but it still hadn't blocked the conduit. So, gas continued to sort of collect up at the summit and then blast debris out of the open vent here. As the collapse got broader, more debris came in and actually cocked off that open vent. That's where the big dust plumes, the very high dust plumes stopped happening and we

had broader collapse events that just generated dust around the edges. That's what it did until the end.

So, here is a time lapse video. It's a one frame for every day of the summit area. Again, this is Halema'uma'u. It's about a kilometer in diameter. There is the lava lake receding. It started to collapse. Halema'uma'u was collapsed. Again now the larger area, it started to fall again.

The collapse ended up being half as large as the summit crater itself. Now, at the east rift zone, there was a significant change in the temperature of the lava and the fluid dust of the lava that came out, and so we had some huge lava flows. Probably the most prominent one was a reactivation of one the earlier fissures, fissure 8. The temperatures increased. The discharges from fissure 8 almost right from the start was about 100 cubic meters per second, which is a very high eruption rate for Hawaiian volcanos. It formed a perched channel, which means that, like when I was describing around the lava lake, as it overflowed and built up the edges, this lava channel also overflowed and built up its edges to the point that it didn't overflow anymore. Then along with fissure 8 opening up, the sulfur dioxide emissions sky rocketed up to greater than 50,000 tons per day. That was higher than we could measure with our instruments and about 5 or 6 times higher than we've ever experienced to that point in the eruption of Kilauea.

So, this is what fissure 8 looked like almost from when it started. Fountains up 20 or 30 meters producing a lot of lava, 100 cubic meters per second going down this channel. Here's fissure 8 starting, lava reached the ocean in about a week. But it moved fairly quickly early on. The blue lines here are calculated steepest descent lines. These all volcanos, especially these active ones are so – the surfaces are so new that there is no erosion in them. There're no extremes channels. When rain falls on that surface, it's porous and the rainfall just gets percolated out into the ground. So, to determine what is actually the most likely path for a fluid like lava to go, we calculate these lines. And as you can see I hope, these lava flows all kind of flowing along those lines. So, it turned out to be very helpful indicator of where lava flows will go.

Again, here is one of the thermal images as the lava flow got closer to the coast line. It also started to spread out. A week later, lava went into the ocean, but right in the middle of a fairly dense subdivision, vacation homes, small plots, small houses, but there were about 500 or 600 homes clustered in and round this bay. It was a very idyllic spot.

So, this is just a videos clip of what channel system looks like. It was really extraordinary. This is the fissure 8 vent. These numbers down here, if you can read them, are rough progression of what the channel rifts are, as we go down the rift. So, the 420 meter thickest part is right just off the frame here.

There is the geothermal plant now isolated by this lava flow. This lava flow also cut off two different highways, isolating several people. Many of these small islands actually moved. They're being dragged down straight by the lava. But you can see it in a quick video like. You have to do a time-lapse to see that motion. It's really beautiful to look at, but then you have to consider the plight of these people. A lot of rather small ranches in this area, some agriculture. So, at this point, lava flow has actually claimed many more homes. All of the homes were ultimately destroyed in Kapoho, except for three on this side. But their access was cut off. They had to develop new ways to get in there.

This is what that looks like in map view. This broad lava delta extends out a couple of hundred meters from the old shore line. The bay has completely filled up. And once this developed, rather than flowing over this, lava tentatively diverted around and around the edges. So, the active part of it kept advancing to the south. Ahalanui Beach Park here was purchased with emergency fronts to replace the beach park that have been covered by lava in 1990. It got covered here, and the edges of largest stop before this small boat ramp. Ahalanui was right about here. Here is the boat ramp. So, this entry – of course, lava tourism is going on the entire time. The 35-year eruption really fostered a lot of startup tour businesses around sea lava, either by hiking and by flying helicopter wise, air tourists or by boat. When it was going into the ocean, people would pay a fairly large sum to be on a boat looking at that lava going into the ocean. During this eruption, there were a number of injuries caused by the eruption mostly by – all by people not paying attention to what dangers we were trying to describe to them. Some examples of our boat tours, they run to these active entries.

But on July 16<sup>th</sup>, they stopped being as passive as they used to be and it started getting very explosive. This is the lava tour boat that wasn't affected, but they decided to leave right after this started. You can see how big these explosions were, how broad the base. You could image what happens if you're in that when it starts. Unfortunately, there was a boat nearby when the explosion started. A lava bomb from that explosion went through the roof and landed in the lap of a woman sitting there, broke her hip bone, I believe, and maybe thighbone. All 23 passengers were injured to some extent. All went to seek medical services of various kinds. But this person, we believe he went in closer than he's permitted,

and the Coast Guard is still investigating and assessing, and the Coast Guard has jurisdiction offshore. We don't know the answer yet. But he was back in business 2 days later running boat tourists out there, and that's a very lucrative when there is lava going into the ocean.

One video – well, we were doing almost continuous hazard assessments. We produced several documents for the emergency managers to get an idea of what might happen in the next few weeks. For example, that lava channel, this is the fissure 8 vent the lava channel, moving at 20 to 30 kilometers per hour up in this part, 100 cubic meters per second of lava going through the tube. What happens if this channel, which is parched about 20-25 meters above the ground, what happens if that fails? Where will the lava go? Well, it's going to go into these houses for sure, but these houses are evacuated. How far is it going to go? So, we had to develop these drainage area around those blue lines I showed you earlier, and through that we developed three different scenarios for breach of those lava channel. One of the flows are going to the south, roughly where they did before. If there was a breach in this area, it would go back up through. There is another subdivision here towards the ocean, just narrowly missing of this other subdivision. If there was a breach down in this area, the lava flows will go out heading this mostly farm and agricultural lots.

On August 5<sup>th</sup>, fissure 8 stopped its high eruption rate – eruption. The channel was emptied. Afterwards, we measured the depth of the channel and it was about 9 meters with a huge amount of lava moving through that. We used drone images to construct a three-dimensional image of the lava flow field to get lava flow thickness, and the thickness to areas are colored in red, greater than 55 meters thick. These are the offshore area, so the base of these lava flows is the ocean modem in that area. But there is also a patch here and it's fairly thick up to 50 meters or so. It's reconstructing and reopening this highway, the county had trouble getting through this area because the flows were still too hot to lay asphalt, and they had to do that.

So, just before and after photo, this is what the summit look like pre 2018. Here's the lava lake. Halema'uma'u crater, which is about a kilometer in diameter, and the HVO building right up here on the rim. Mauna Loa is back here. Here is what it look like now. HVO is there on the crater rim and the clouds back here.

So, these are time-lapse of radar images of the collapse. Like I said, mostly Halema'uma'u, it starts to get bigger and bigger here. Here's the lava lake. It collapses – Halema'uma'u was collapsing. It starts to get bigger and bigger. So,

how deep it was the collapse? Well, if we draw a cross section through that part of the crater, you can see that – this was in April of 2018. The Halema'uma'u itself was a lake about 85 meters deep from the rim. The present crater, which we're also calling Halema'uma'u, is more than 500 meters deep, and from the rim here to the bottom, it's over 600 meters deep. I looked it up on Wikipedia what the highest structure in Tokyo is and this Tokyo's Skytree Tower is 634 meters. The Sky Tower is a little bit taller than the new Halema'uma'u is deep.

We were connecting with media. When we had so many media requests for live interviews and things, we did what we could. Well, we couldn't do them all. We also did daily phone conferences. So, anybody around the world could dial into this number for an hour, listen to summaries of the activity and ask questions. It had one big advantage in that questions were only asked once during the hour. It was most efficient way to do things for us.

Then, we also had a contingent of staff numbers that attended a weekly meeting set up by the county emergency managers, and this was right in the affected area, a local high school cafeteria. Very well attended, of course. A lot of people were very concerned about what was happening. The country also provided expertise about the relief, loans and things like that. Our staff is usually in the back with maps and publications that they used to help the public try to understand. Now, this is all in addition to what we normally do to try to keep the public educated. We publish a weekly article in our local newspaper that's usually picked up by other news media, explaining various aspects of our volcanos. And it also has an update or weekly update of all volcanos in Hawaii. We also do a series of public lectures in the January month of every year, we call it, Volcano Awareness Month. And we moved the lecture circuit around the island because the island is very large. The concerns are actually different in different parts of the island. Some areas are more concerned about the effects of volcanic gas.

Others are, like the Lower East Rift Zone area, and more interested in the effects of lava flows and what can be done with them. One of our newer staff number is trying to explain the eruption. So, this suggests what we do. And realizing now that just focusing on webpage, updating webpage and Internet communications through webpages is already kind of old fashioned, but we did it anyway. We've posted daily updates, text updates with maps. We've posted very frequent photos and videos showing different aspects of the eruptions and people why not necessarily be able to witness daily maps. The maps, the production of the maps was kind of interesting. This was the first time we used satellite images for mapping. Normally we would have a field geologist walk around it with a hand-

held GPS using his track measurements to map the outlines, but we were able to utilize a fairly frequent satellite imagery to do the daily updates. Usually they do them over night. We get them in the morning and pass them on.

We had a near real-time webpage for earthquakes. You can query this individual earthquakes, find of where the people felt them and how widely did they feel them, near real-time geophysical instrumentation about how the subsidence is going, how the spreading down in the Lower East Rift Zone is going. There is a great website about sulfur dioxide or volcanic gas emissions of various kinds and health effects. So, this is hosted by the International Volcanic Health Hazard Network, IVHHN, and vog Waring. They have a special Vog Dashboard, to answer all of your questions about sulfur dioxide emissions and the effects on crops, humans, etcetera. There is also a forecasting of Vog concentration and sulfur dioxide concentrations, update it every hour.

Then, the new thing for us was trying to do all this also through social media. So, I won't read all of these, but there are number of statistics here and they show that people's interest through social media picked up a lot during the event. They were getting their information mostly through social media. Unfortunately, we could not handle updating social media ourselves so, we had people from the other volcano observatories on the mainland doing that updating for us. Many of them were familiar enough to be able to answer questions or they knew who to ask anyway.

We got a few minutes left. I'll just show a little history of HVO building. Again, HVO was here from 1986, when the new building was completed and until about mid in May 2018 when we evacuated. We moved down to the university for a couple of months. And then when they wanted their classroom back for classes in the fall, we had to move to another location, which was the customs house built in 1941. Most of us – it was right at the port of Hilo, so most of us realized early on that that was in the tsunami evacuation zone. So, we moved from a lava flow hazard zone 1 area to a tsunami evacuation zone. Earlier this year, we moved out of this building into the Hilo Iron Works building, which is also in the tsunami evacuation zone. Notably, the 1946 tsunami that hit Hilo rather hard, Hilo Iron Works building was there. It was built in 1898. And my office is on the second floor up here. The tidal wave crusted it about 10 or 11 meters above the ground, right in the middle of the second floor. We'll probably be here for the next 5 years.

So, what does HVO look like maybe in 2025? Current plans offer a new office building in Hilo, but on a highest part of what is now the University of Hilo campus,

and we'll also have some much small field station within Hawaii Volcanoes National Park, which is around the summit area.

The eruption has basically been inactive since mid of September. But in late July, while we were having lidar flown of all these effected areas, the pilot noticed a small greenish patch down at the bottom of Halema'uma'u. This was taken, I guess, earlier in November, when the link was quite a bit bigger. A water lake is developing down in the bottom of this new Halema'uma'u crater, and its surface is rising at about 1 meter per week. So, at this point, it's about 25 meters deep. It hasn't slowed since July 25<sup>th</sup>, when it was first noticed. So, it continues to increase the depth at about 1 meter a week. We have quite a few images with very high zoom cameras. Recently, we were able to sample it with a drone. We had to go through a fairly extensive permitting process with the National Park Service. But here is video of that sampling mission, a close-up of the lake. It's rather hot, 70 to 80°C usually. There is the drone right there. It's actually a fairly large drone. So, it gives you the idea of the dimensions here. It's about 140 meters long by 70 meters or so wide.

From the sample we were able to determine that the pH of the lake is 4.2. If you plot the pH of all other water lakes in volcanos, in active volcanos, 4.2 is right in the middle. They are much more popular pHs for lava lake – for volcano crater lakes and ours is half way between the two. It has a very high content of sulfate. I think it's about 50,000 milligrams per liter or sulfate. So, we think that this water is simply an expression of the whole water table that covers the summit area. And that the sulfate is coming from basically sulfur dioxide gas that's been percolated through the lake, sulfur dioxide is soluble in water. And so the water – waters ends are scrubbing a lot of this SO<sub>2</sub> out.

Finally, I present to you the current staff of the Hawaiian Volcano Observatory. It's about a 30, a little over 30 folks at this point. We're all done with the eruption, that's why we're all smiling.

Thank you for your attention.

**Moderator**

Doctor, thank you very much. So, if you have any questions from the floor, anything, any questions from the floor? No, no particular – oh, yes.

**Questioner**

Thank you very much for your wonderful presentation. Now, using the social media to send information and all to gather information, I believe that electricity was very valuable. Were you able to have electricity? Despite the volcanic activities, were you able to secure?

**James Kauahikaua**

So, my wife is going to tell me what you said.

**Interpreter (Jeri Gertz)**

She wants to know if you had electricity during all those events.

**James Kauahikaua**

Did we have electricity during the event? Yes, we did in Hilo. The geothermal plant generates about 30% of the electricity for the entire island. I was actually very proud of our electric utility. Because when the geothermal plant came online and started taking over a larger, larger portion of the power generation, I was worried that the electric utility would retire the older-generation equipment and disassemble it. But they were smarter than that. They kept it, and so when we lost the 30% of power from geothermal, the electric utility brought back the old generators, which were mostly fossil fuel types. So, while the electricity was affected right in the immediate eruption area, in the rest of the island it was unaffected.

**Moderator**

Thank you very much. Any other question?

**Questioner**

With 30 plus staff of yours, and HVO there are almost 30 staff. But you had three shifts. To work for 24 hours 3 shifts for a week, in order to do the observation I believe you need to have 90 people. So, at what point did you – were you able to increase the number of your staff? At what point did you increase the number invited them to come to Hawaii to work with you?

**Interpreter**

This is a math question – about math. You have 30 people in HVO. But if you do the math for 24 hours a day, at what point were you able to increase the staff ?

**James Kauahikaua**

Checking upon me. Yes, so I forgot to mention that the job of doing the 24/7 and other things was basically impossible for this number of people to do for very long

anyway. So, probably within 2 weeks, we brought in a number of people. I think the total number of people involved, including the drone crews and everything, approached to 100 people and not all of them stayed the entire time. Many of them came in for 2-week stretches because they had their own jobs. But we were trying to stay safe and keep everybody more rested and all that. So, yeah, thank you for that question.

**Moderator**

Any other question? Yeah, one more.

**Questioner**

Thank you very much for your wonderful presentation. You talked about the explanation to the residents or community and you said that the military emergency personal did all the explanation to the residents. And is this a norm? Is this a standard measure or does it differ according to the situation or according to the community?

**James Kauahikaua**

Your question is about how civil defense communicate to the community? They also have a website. So, normally when we post something, they either post it or they – like, well, for the text updates, we put out about hazards or whatever, they would put that up. But they also had other sections about what’s being evacuated, where the shelters are, that sort of thing. So, with the communities directly affected and where their resource are. There was a shelter in a community center and then the county set up little offices for people who wanted to say it, “Well, I lost my home, what can the county do for me?” or whatever. And all that information was there too, phone numbers that you might want to call for help or that kind of thing. But they also had one of those mass calling systems, where if you get registered for these types of notices, and there were something of immediate importance, they would call your cellphone directly with a text message saying all those in Leilani Estates mandatory evacuation, that kind of thing.

Then, they also were doing media, but most people are surprised to learn that the Hawaii County is still with defense. Even though they deal with all the entire range of natural hazards, there are only four people who work there. So, once they are mobilized to work on an event like this, they don’t have anybody to do media. So, we were able to get them to participate with us and some of the media briefings in those community meeting. But they probably didn’t have the same presence like in social media or whatever that we did. That’s unfortunate. I think we should probably work better jointly at that.

**Moderator**

So, no other questions? We like to move on to next. Doctor, thank you very much. Doctor, thank you very much.

The next presentation comes from Mr. Nobuhiro Kikushima from Kanagawa prefecture, Hakone town. He is the Director of Crisis Management at Department of Disaster Prevention. The lecture is entitled 'Responses and Countermeasures for the Small-scale Phreatic Eruption Occurred at Hakone Volcano in 2015'.

## 「箱根山で2015年に発生した小規模水蒸気噴火への対応とその後の対策」

菊島信洋（箱根町総務部総務防災課 危機管理官兼防災対策室長）



菊島：皆さま、改めましてこんにちは。箱根からはるばるやってまいりました。そんなにはるばるって、朝に出てきたんですけど。今日の最後の講演ということになります。何が言いたいかといいますと、講演を聞きに来られた方というのは、これは偏見だったらすみませんけれども、最後というと、妙に集中力が上がるんですね。ですので、私も下手なしゃべりができないなと思っていますが、あまり難しいことはしゃべりませんので、どうかお手柔らかに、よろしくお願いいたします。



それでは本日は、箱根山で2015年、今から4年半ぐらい前に、小さな水蒸気噴火が発生しました。そのときの対応と、その後の対策をお話しさせていただきます。

観光地・箱根ですので、お約束として、まず箱根の紹介からさせていただきたいと思いますので、しばらくお付き合いください(図1)。箱根町というのは神奈川県南西部にありまして、東京から大体80kmという、アクセスのいい環境にあります。車ですと大体1時間強ぐらい、電車でも1時間半ぐら

図 1

いあれば来てしまいます。それで日帰り、あるいは宿泊ということで、年間で大体2,000万人ぐらいのお客さまが訪れていただいている、国際観光地ということになっています。



図 2



図 3

いろんな売りがあるんですけども、例えば町全体のほぼ全域が、富士箱根伊豆国立公園の中にあります(図2)。そして中に富士山を映し出す芦ノ湖がありますけれども、あるいは山並み、いろんないい景色が一つの売りものだと思っています。あと、温泉です(図3)。こちらのほうも



図 4



多様な宿泊施設、観光施設、  
スポーツ・レクリエーション施設

図 5

温泉が非常に多いのですが、箱根も「箱根七湯（しちとう）」、今は「十七」となっていますが、箱根全域で温泉につかって、楽しむことができます。

また歴史ですね（図4）。例えばここにありますのは寄木細工といって、これも古くからある伝統芸能（伝統工芸）ですが、あるいはこういった文化遺産で、関所です。関所も今年で開設400年ということで、今年は記念すべき年になっています。あるいは大名行列も、これは毎年、こうやって伝統を受け継いでいるということで、お客さまから好評を得ているものがあります。

あるいは宿泊施設とか、いろんな観光施設、あるいはレクリエーション施設と、いろいろとあります（図5）。あと、やっぱりこれも一つの特徴ですが、登山電車です（図6）。今はこの前の台風の影響で通行止めというか、運休しておりますが、来年の秋ぐらいには復旧する見込みになっております。あるいは海賊船ですとかケーブルカー、ロープウエー、いろんな乗り物に乗って、これがまた全部つながっている

んですね。ずっとつながっています。箱根湯本から電車に乗って、その後、ケーブルカー、ロープウエー、船とつないでぐるっと箱根を一周できる、ゴールデンルートというのがありますので、いろんな楽しみ方ができます。



遊覧船、ロープウェイ、  
電車などの乗り物

図 6



図 7

本日、お話をいたしますのは、この箱根町です（図7）。大体この色塗りしたところが箱根で、ほぼ全域がカルデラの中にある町ですが、その中の大涌谷という場所は、ほぼ中央にあります神山（かみやま）という、これが一番高い山ですが、神山の北側というんですか、箱根のほぼ中央付近にある中央火口丘というところに位置します。

ここで約4年半ぐらい前に小さな噴火が起きて、いろんな対応をいたしました。幸いにして、被害はなかったんですが、いろんな教訓がありましたので、本日はそのお話をさせていただきます。



図 8

まず大涌谷の景況ですけれども、このように、大涌谷の真上をロープウェイが通過して、見ることもできますし、ここに冠ヶ岳というのがあります、これが3,000年ぐらい前にマグマ噴火したときにできた、溶岩ドームです(図8)。その北側の斜面が今でも、明治時代ぐらいからずっと、このように活発に噴気を出して、またここに展望台があるんですけど、目の前でお客さまが楽しめるという、まさに迫力の楽しめる観光地ということで、箱根の観光スポット、名所の1カ所と数えられています。

西暦2,000年以降の群発地震の発生年と回数

大涌谷周辺では、これまでも繰り返し群発地震を観測

年	地震回数
平成13年 (2001)	4,230回
18 (2006)	1,624回
20~21 (2008~9)	2,417回
23 (2011)	2,142回
25 (2013)	2,172回

箱根山の噴火警戒レベル運用開始(気象庁)→2009年3月

図 9

箱根の最近の新しいというか、最新のというんですか、観測体制が取れまして、まだ20年ぐらいしかたっていないんですが、それぐらいの中で、既に群発地震が5回ぐらい発生しています(図9)。この前も、今年も6回目があったんですけど、こんなに多くはなかったので、今まで5回の大きな群発地震がありました。

一番大きかったのは平成13年の、2001年のときです。4,000回を超える地震がありまして、このときはまだ噴火警戒レベルの運用がなされてい wasn't. このときはこれだけ揺れて

も噴火しなかったんで、お客さまは毎日、いつもよりもすごいなといって楽しんでいましたけど、今でいえば噴火警戒レベル2で、立ち入り禁止ということになっていましたので、当時の人はラッキーだったのか、運がよかったのか、そういうことだったと思います。

それでは、2015年に発生いたしました水蒸気噴火について、まず当時の経過をご説明いたしま



図 10

火山活動の活発化

平成27年(2015年)

4月27日

- 神奈川県温泉地学研究所から情報提供
- ...4月初め頃から箱根カルデラ全体の膨張傾向
- 4月26日頃から群発地震が発生



4月28日

- 箱根火山防災協議会担当者による緊急会議  
⇒ 各機関のHPで注意喚起することを決定
- 大涌谷避難誘導マニュアルに基づく「情報受伝達訓練」を実施

図 11

す(図10)。まず情報提供がありましたのは、4月の27日です(図11)。このときに神奈川県にも温泉地学研究所という、箱根の山を研究している施設があるんですが、ここから、どうも今月になって全体の山体膨張の兆候が見られるという情報の提供がありました。併せまして群発地震も起きているという情報提供をいただきました。

これはただ事ではないということで、翌日に当時の箱根火山防災協議会、今は箱根山火山防災協議会に変わっていますが、当時はこういう名前でしたが、緊急に会議を開きまして、まずは注意喚起をしようということを決めました。それ以上の対策のマニュアル等もこのときは実際になかったので、まずは注意喚起しようということで、やりました。それと避難誘導マニュアルというのはありましたので、情報を伝達するような訓練をして、何かあったら次の対応を取ろうという、対策というか、協議はしておりました。

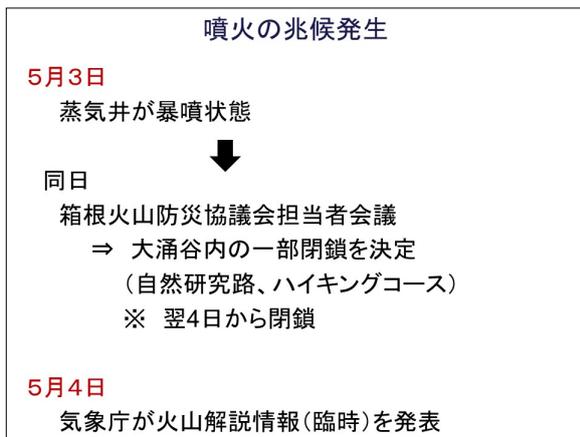


図 12

しかし、この辺の日付を見て、お気づきになりますでしょうか。日本ではこの日にちは大体、連休なんですね。注意喚起というのは、危ないですという注意喚起をするんですけど、この時期にそれに従ってくれるようなお客さまは、なかなかおりませんでした。ということで、ゴールデンウィークになって、いつもと変わらないというか、年間でトップシーズンの一つと数えられていますから、いつも以上のお客さんが入ってまいりました。

そういう中で5月3日ですが、蒸気井(じょうきせい)といいますが、温泉をつくっている温泉造成施設がありまして、そこに噴気を抜く煙突みたいなのが付いていまして、そこから蒸気が暴噴状態といまして、ものすごい勢いで出てくるという状況になりました(図12)。

そういう中で5月3日ですが、蒸気井(じょうきせい)といいますが、温泉をつくっている

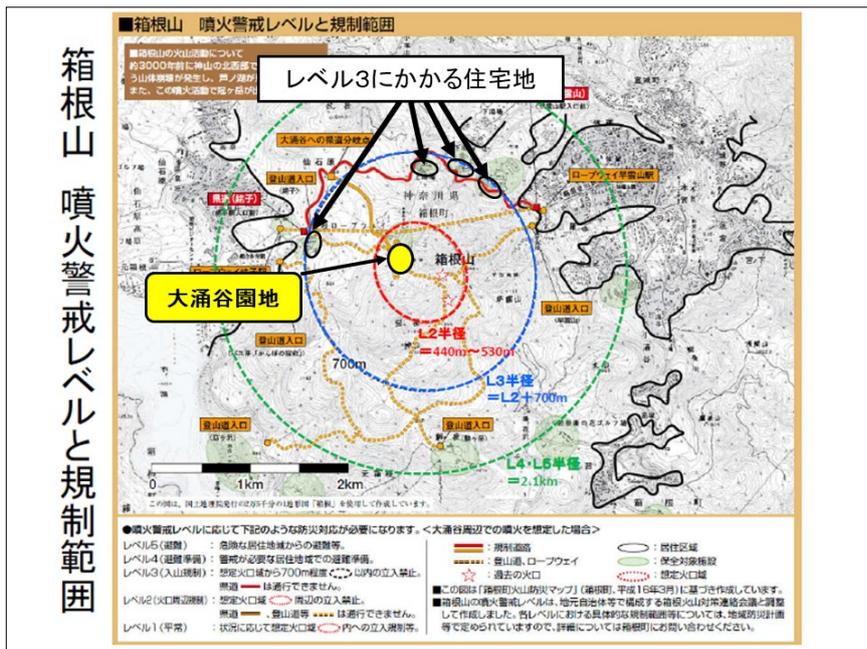


図 13

これは危ないということで、大涌谷の中でも避難するのになかなか適切な施設がない、逃げ込む場所がない。自然研究路とかハイキングコース、こういった自然の道路とかについては、残念ながら閉鎖をすることを決めました。

翌日には気象庁から、臨時の火山解説情報が発表されまして、危ないということが気象庁からも発表があったということになりました。

これは避難誘導マニュアルに従って実施をする、噴火警戒レベルと規制の範囲ですが、ここの園地に観光施設がいっぱいあります(図13)。お土産屋さんとか、ロープウエーの駅舎とかです。その周りに幅440m×530mの半径の円がありますが、ここが想定火口域ということになっています。噴火警戒レベルが2に上がりますと、この中に立ち入り規制がかかります。立ち入り禁止になります。そして噴火が発生しますと、警戒レベルが3になりますので、この青いところに掛かると。こういったマニュアルができています。

5月5日になりますと(図14)、今度は震源が浅くなってきたということから、レベルが上がる

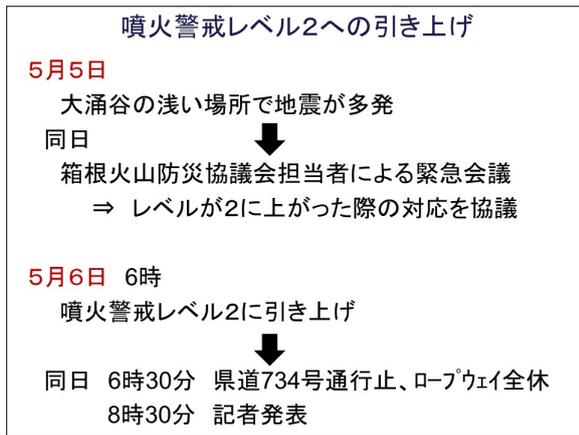


図 14

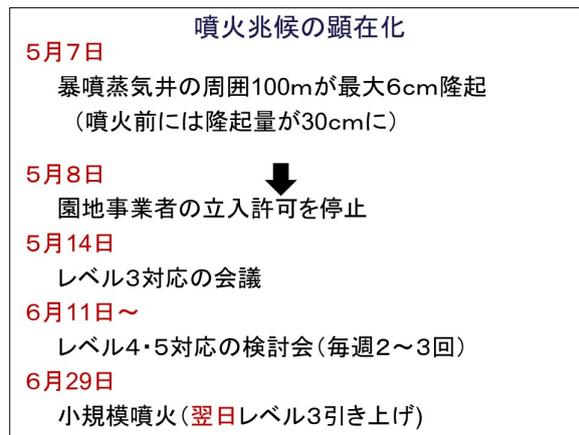


図 15



図 16

るのではないかとということで、対応の協議をしていたところ、まさに翌日にちょうど上がったということ、朝から県道734号線は、1個戻りますけど、大涌谷園地に上がっていくこの道路で、ここからずっと734号線なんですけど、そこに入れなくした。ゲートを閉めたということです。あと、ロープウェイについても乗れなくなったということ、お客さまの立ち入りをできないようにしておりました。

ただ、このときはまだ噴火が起きていないので、なんで突然閉めるんだという問い合わせも多数ありましたが、事情を説明して対応しました。

さらに蒸気井付近の隆起が見られたということでした(図15)。蒸気井というのは硫黄を含むガスが出ていまして、毎日、その硫黄を取り除く作業をしないと、ここで作った温泉を町に供給しているんですけども、その温泉が止まってしまうんですね、パイプの中が詰まってる。毎日、1日2回の掃除をしなくてはいけないので、レベル2で立ち入り禁止になっても、この事業者さんについては例外的に立ち入りを認めていたんですが、さすがに隆起している状況になったので、全ての事業者〔の立ち入り許可〕を停止しました。この数日後から温泉が一部、供給されなくなったということです。

その後、何回か対応会議をしていましたところ、6月の29日に小規模の噴火が起き、翌日にレベルが3に引き上げられました。(当時の画像を表示し) こんな感じですね(図16)。もう下が全然見えない、まさに暴噴状態という状態です。こういう状態が数日間、続いたということになっています。

避難状況					
	住居(アパートを含む)	事業所	寮・保養所・宿泊施設等	別荘	合計
建物数(棟)	4	1	15	12	32棟
居住者数(人)	22	0	13	0	35人
避難者数(人)	18	20	16	0	54人

12:30避難開始、21:05 54人の避難完了  
 建物数は、当時空室だったものを含む。  
 居住者は、当時いなかった人も含む。

図 17

**7月3日**  
 災害対策基本法第63条に基づく警戒区域を設定

**8月6日～25日**  
 住民、観光協会、公共交通機関に対する説明会を開催

**火山活動に伴う警戒区域の設定**  
 この先は、災害対策基本法第63条に基づき、箱根町長が設定した警戒区域です。災害応急対策に従事する者又は箱根町長から許可を受けた者以外の立ち入りを禁止します。警戒区域に許可なく立ち入った場合は罰せられることがあります。

平成27年7月3日 箱根町長  
 箱根町総務防災課 (Tel. 0460-85-9561)



図 18

**9月11日**  
 噴火警戒レベル2に引き下げ

**11月20日**  
 噴火警戒レベル1に引き下げ

**翌年4月23日**  
 大涌谷部分的開放  
 (ロープウェイ一部再開、温泉事業者の立入、黒たまご製造再開)

**7月26日**  
 大涌谷園地再開(自然研究路など一部を除く)

図 19

**その後に取った安全対策**

- ① 監視体制の強化
  - ・火山監視員の配置
  - ・監視所の設置
- ② 放送塔の新設



図 20

レベルが3になりましたので、ちょっと戻りますが、レベルが3になりますと、この赤いのが県道なんですけど、県道が一部通れなくなるということで、こちら(強羅)からこちら(桃源台)に移動ができなくなるということと、あと、ここに住宅地がありまして、この辺に住んでいる方とか、事業所を持っている会社とかがありまして、こういう所の人が中にいられなくて、立ち退きということになりまして、当時は54人の方が中におられましたけど、避難をしていただいたということでもあります(図17)。

翌月には災害対策基本法に基づきまして、箱根町長が警戒区域を設定いたしました(図18)。このレベル3の中については立ち入り禁止ということで、警戒区域を設定しました。

その後、9月11日、噴火して2カ月半ぐらいで、だんだん落ち着いてまいりまして、レベル2、そしてレベル1と下がりました(図19)。通常ですと11月20日でレベルが1に下がったので、あとの準備をすれば、また園地は再開できるというところだったんですけど、実際には、地殻の活動は収まっているんですけども、まだ濃い濃度のガスが出ているということと、次に備えて何か対策を取らなくてはいけないということで、ここから非常に長く、8カ月ぐらいかかりました。そのときの取った対策は、この後、説明をさせていただきます。

まず一つは、当時の園地は24時間ずっと開けっ放しで、特に夜なんかは誰もいなくなるということでも、自由に入れたんですけど、やはり時間を制限して、しっかりと監視をした中で園地を開放しなくてはいけないということになりまして、監視体制というものをつくりました(図20)。具体的には火山監視員というのが今は4名、就いていますが、あと、監視責任者を入れて5名で、園地の中をぐるぐる回りながら、安全な状態を確認しているところの一つ、対策を取ったものです。

二つ目は、何か兆候があったときに、あるいは注意喚起をするときに必要な伝達手段がないとい



図 21



図 22

をお知らせする、映像を配信するものを作りました(図 22)。ただ、ここはすぐくガスがきつくて、硫酸も含むガスなので、普通のテレビだと、もう本当に1カ月もしたら壊れちゃう、さびて動かなくなっちゃうんですね。それでかなり高いものですが、ガス対応のものを付けています。



図 23

を把握して、ガスの濃度に応じて注意喚起をする、あるいは建物の中に避難をしていただく、あるいはここから全員退避をするといった基準を決めまして、そのレベルに応じて放送が自動的に流れるように、処置をしています。あと、具合が悪くなった人用の救護所というのもつくりました(図 24)。

うことから、スピーカーを付けて、放送塔というものを造りました。

さらにこの中で、ガスですとか噴石の可能性もあるということで、注意喚起をするために、分からないで、楽しいところだなと思って入って来られる方に、やはり正しい情報を正しく伝えて、それで注意をしながら楽しんでいただきたいというところから、このようなパネルを作ったり、看板を作って、しっかりと情報を伝えた(図 21)。

特に外国の方が非常に多いんです。大涌谷というところは大体半分ぐらい、あるいは半分以上、外国の方が非常に多いです。行くと、なかなか日本語が聞けない、そういうところなんです。ですので、日本語のほかに、ちょっと見にくいですが、英語、韓国語、それから中国語が、本土の言葉と台湾の言葉と、そういう用語を併記しまして、いろんな方に情報が伝わるようにいたしました。

それとこれは大型のディスプレイなんですが、ここに、何かあったときにこのように避難してくださいとか、ガスが発生しています、そんなこと

それと火山ガスが大きく発生していますので、ここがお客さまのよく入ってくる、観光施設です(図 23)。それとその先に自然研究路といって、ずっと中を歩いて行ける場所があって、昔はここが一番先で、「黒たまご」というのがあって、そこに池がありまして、そこに生卵を漬けて30分か1時間ぐらいうると、酸化鉄で真っ黒になって出てきて、非常に味わいのあるものが、昔はここで食べられたんですけど、今はここはまだ入れていないので、ここで作ったものをこちら側へ運んで、販売しています。

このようにいろんな所でガスが発生している状況



図 24



図 25

またそれと併せまして、今のはハード対策なんですけど、今度はソフト対策ということで、避難誘導マニュアルについて、しっかりと作るようにいたしました(図 25)。大きく3段階の避難を考えています。



図 26

まず大涌谷の中の、今、開放しているスペースはこのようなかたちになっていますが、中にはこういった逃げ込める施設が5カ所あります(図 26)。ロープウエーの駅舎、それとお土産屋さん、3棟ほどありまして、あと、ここにトイレがあると。全部で大体3,000人が収容できる計算になっています。多いときで大体2千数百名がいますので、計算上は全員が避難できるということになっています。

噴火が発生したり、高濃度のガスが発生した場合は、まず屋内に逃げていただくということ

で、今の5カ所の一番近いところに、それぞれ先ほどの園地の監視員さん、それからお土産屋さんですとか、ロープウエーの従業員さんですとか、そういう人たちが出てきて、お客さまを避難誘導するというをやっています(図 27)。こういった訓練も毎年やっております。

まず屋内に逃げていただいて、そのうちに様子を見て、落ち着いてきたなという段階、何時間

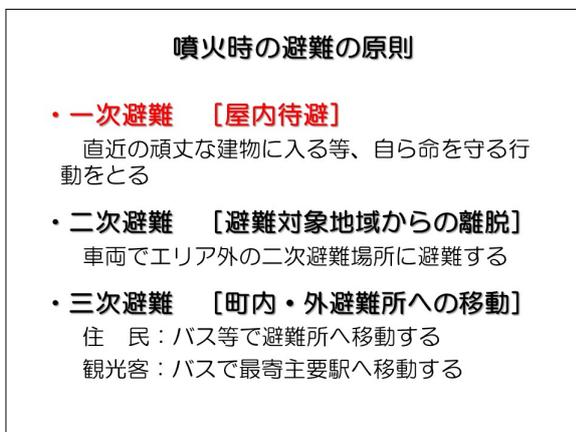


図 27

かかるか、数時間かかるか、1日かかるかは分からないんですけども、次は二次避難ということで、園地から車を使いまして、外に逃げていただくということを考えています。そしてさらにそこから、観光客の方はお帰りいただくと、住民の方は自分の家なりに行くということで、さらに遠いところに逃げていただくと。大きく3段階の避難というのを考えています。

これはその避難訓練の様子です(図 28)。

お客さまは昼もおりますので、お客さまが帰りましてからやるとか、あるいは朝早くにやる

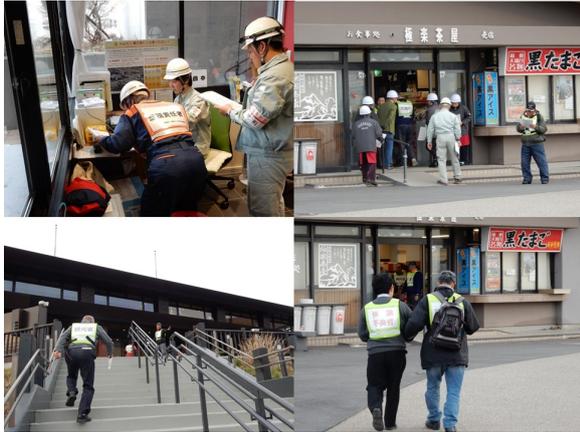


図 28

### 噴火時の避難の原則

- **一次避難** 【屋内待避】  
直近の頑丈な建物に入る等、自ら命を守る行動をとる
- **二次避難** 【避難対象地域からの離脱】  
車両でエリア外の二次避難場所に避難する
- **三次避難** 【町内・外避難所への移動】  
住 民：バス等で避難所へ移動する  
観光客：バスで最寄主要駅へ移動する

図 29

とか、そういうことで毎年、真剣に訓練に取り組んでいます。ここが監視をする、監視員さんの指揮所というんですか、監視責任者のいる指揮所です。これはお土産屋さんですけれども、お土産さんの従業員さんが、こうやってお客さまを誘導しているところです。あと、ここはロープウエーの駅舎です。

これは手段ですけれども（図 29）、建物へ逃げた後、次に園地から外に出る場合には、観光バスで来られた方は観光バスを使うとか、民間のバスも中に乗り入れしていますので、それをチャーターして入れると。あるいは特殊な場合については、警察の車両や自衛隊の人なんかを呼んで入っていただく、ということになります。

### 二次避難

① 降灰等による道路交通への影響が認められない場合

避難手段	避難対象者	避難方法
自家用車 観光バス	左記の手段を利用して大涌谷に来た観光客等	箱根町及び県警察等の誘導や交通整理により、安全な経路で避難させる。
民間バス (箱根町が依頼)	ロープウェイまたは路線バスを利用して大涌谷に来た観光客等	
箱根町・警察車両等	負傷者や要配慮者(高齢者、障害者、乳幼児等)	安全な場所にある病院等、所要の施設に優先的に避難させる。

② 降灰等による道路交通への影響が認められる場合(救出救助)

避難手段	避難対象者	避難方法
警察、消防及び自衛隊の特殊車両・ヘリ等	大涌谷周辺にいる観光客等	警察、消防及び自衛隊で調整のうえ、救出を行い、安全な経路で避難させる。
	負傷者や要配慮者	警察、消防及び自衛隊により救出救助し、安全な場所にある病院等、所要の施設に優先的に避難させる。

図 30

### 噴火時の避難の原則

- **一次避難** 【屋内待避】  
直近の頑丈な建物に入る等、自ら命を守る行動をとる
- **二次避難** 【避難対象地域からの離脱】  
車両でエリア外の二次避難場所に避難する
- **三次避難** 【避難所・町外への移動】  
住 民：バス等で避難所へ移動する  
観光客：バスで最寄主要駅へ移動する

図 31

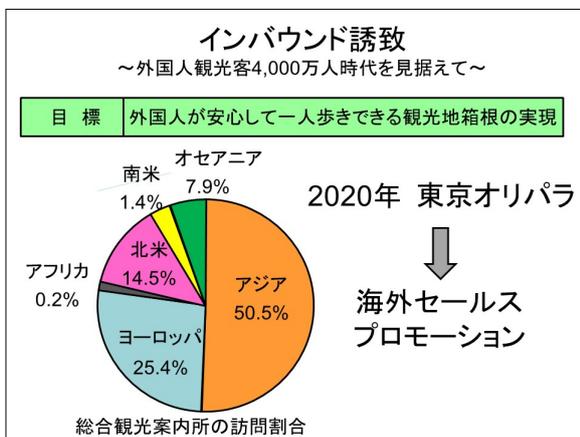


図 32

特に灰が降ってきた場合は（図 30）、先ほど鹿児島さんの話によると、なかなか灰が降ると走れないということですが、そういう場合にも特殊な車両で動けるような車両があれば、そちらを呼んで、少しずつでも避難していただくことを考えています（図 31）。最悪はたぶん歩いて逃げることになるんだと思います。

最後、これでそろそろ終わりになりますけれども、現在、国では外国人観光客 4,000 万人の時代を迎えるということで、オリンピックに合

外国人観光客の特徴と対策		
特徴	対策	具体例
災害（特に地震）の体験が日本人に比べ少ないため、避難行動に不慣れ、かつパニックになりやすい。	記号やピクトグラムなどによる誘導表示等	
日本語の理解が不十分で、災害情報のアナウンスや、声による避難誘導などが理解できない。	多言語（英中韓）による放送・表示	

図 33

んてやったことがないとか、地震に遭ったことがないという方も結構多くおられますので、急に揺れたりすると、みんなが避難行動で動きだすと慌ててしまうということから、特に文字が書いてあっても、文字を読まない恐れもありますので、なるべくこのようにピクトグラムとか絵を使って、瞬時に何が書いてあるかが分かるような工夫をしています。

同じように言語で、余裕があるときは字を読んでいただくということで、言語も表示していると。特に放送は日本語で流れるんですけども、当然、分からない人も多いと思います。そういう方にぱっと読んでいただけるように、なるべく文章も長くしないで、短めに短めにして、要点だけがぱっと書いてあるような工夫をしています。



図 34

わせまして、外国人の観光客を 4,000 万人に増やそうということです（図 32）。

これは箱根の町の総合観光案内所を訪問されている外国人の比率ですが、アジアの方が非常に多かったんですが、最近は半分ぐらいはそれ以外のところからも来て、まさに本当に国際的な観光地になってきていますので、そういったことにも今後は対応していければと考えています。

特に外国人の方というのは、災害の体験の少ない方も非常に多いです（図 33）。避難訓練な

そういうことで、私のお話はこれで終わりますが、箱根町は、ここにありますように「やすらぎとおもてなしのあふれる町」ということで、とにかく正しい情報を行政からきちんと伝える、そして理解していただいて、その上で楽しんでいただくということで、観光と防災という、両方を両立させるような対策に取り組んでおりますので、皆さまもどうぞご安心して訪れていただきたいと思います（図 34）。どうもありがとうございました。

**司会：** 菊島危機管理官、ありがとうございました。それでは会場のほうから、またご質問、コメント等を受け付けたいと思います。では、どうぞ。

**質問者：** 貴重な内容をありがとうございました。一番気になった点があるんですけど、特に箱根は昔から硫黄が臭いじゃないですか。そういうところに、今、富士山も言っているように、今度は山に登るときはヘルメットをかぶってくださいとかいうように、今の場合はマスクとか、外国人の人に分からない場合に、例えばその環境だけ Wi-Fi を使わせて、こういうことに対してはこうですよ。

例えば今言ったように、マスクの必要があればマスクで、どのぐらいそこにいなきゃいけないかという不安がある場合に、どういう対処をしようとかというのは、もしこれからやるのであれば知りたいし、もしやっているようであれば、そういう特別な地域としての、箱根としてはどう

いうことを今、考えたり、やっているかを教えてほしいです。

**菊島**：特に今、我々が一番関心というか、一番気を付けなくてはいけないと思っているのは、やっぱりガスに対して体の弱い方で、日本人もそうですし、外国人もそうです。そういう方が、自分はガスに弱いというのを知っていても、そこにガスが発生していることを理解しないままに入ってきてしまうと、来てから具合が悪くなるというのは、我々にとっても本旨ではありません。

中に入ってからお知らせするのは、今、やっていますけれども、これからの取り組みとして、町に入ってきたらすぐに、旅館とかお土産屋さん、飲食店で、大涌谷に入る前に、そういうのが発生しているんだよということをきちんとお知らせしようということで、まさに今年度中にやる予定にしていますが、旅館の協同組合の人、それと商工会議所、それから観光協会、こういったところに協力をいただいて、町の中に 600 カ所ぐらい、そういった危険が発生していることを知らせるような、小さな看板のスタンドを作って、いろんなお店に広く展開して、どこかで必ず目にする、ということを最新の取り組みとしてはやっております。

そのほか QR コードとかで、その QR コードを使って町のホームページにアクセスするとか、そんなこともできるようにはしています。

**司会**：ありがとうございます、ほかには。どうぞ、はい。

**質問者**：どうもありがとうございます。ちょっと場違いな質問だったら申し訳ないのですが、私は科学的なことも大好きなんですけれども、非科学的なことも好きでございまして、特に箱根は昔からクマとかイノシシとか、サルとかが有名で、大涌谷の近くにはいないかもしれませんが、箱根地域としては多いかと思うんです。

それでそういう動物は結構昔から、例えばイヌにしてもイノシシにしても、においなんかは人間よりも数百倍いいといえますので、熱とか温度とか、地磁気とかの変化を感じて、一般の民間でいわれることですが、地震なんかの場合に動物たちが異変を感じて逃げ出す、というようなことがいわれているんですけれども、非科学的ですけれども。

今回の箱根の場合にもそういうことがあったのか、そういう報告があったのか、もし報告があった場合は、科学的な観測による最初の検知と、どっちが先に気が付いたのかとか、それからもし後で収まってきたら、また動物たちが帰ってきたのかと。そのへんでちょっと非科学的な、申し訳ないですけど、もし何かお答えがあれば教えてください。以上です。

**菊島**：すごく厳しい質問で、答えはありませんとしか言えないんですが、まず大涌谷付近は、幸いにしてあまり鳥獣類は目にすることはありません。ただ、町の下の方に下りてきますと、まさに今、イノシシとかサルはシーズン中でして、特に早朝、朝の出勤とかをしていると、ゴソゴソと音がしたりして、イノシシが根っこを食べていたりとか、サルが人のところに寄ってきたりとかしています。

ただ、その居場所が動いているのが、地殻変動との関係があるのかというところには、我々も造詣がありません。新たな視点だなと思いましたので、研究の一端として取りまかせていただければと思います。ありがとうございます。

**司会**：ありがとうございます。ほかはよろしいでしょうか。ではもう 1 点だけ。

**質問者**：いろいろと面白い話をありがとうございました。一つだけ、要点を絞ってお伺いしたいんですが、レベル 3 に上げたときに、幾つかの事業所とか住民の方を避難させざるを得なかったというお話があったんですが、そのときに最近はなかなか住民避難は、口永良部とかでもしているとは思いますが、これだけ人が多いところで避難をさせるということは、たぶんなかった

ことだろうなと思っているんです。

そこで簡単に避難をしていただくことができたのかということと、あとそのラインからちょっとすぐ外にいる方々もたぶんいらっしゃいますよね。そういう方々も恐らく不安に思われている状態だったと思うんですけど、そういう方々に何か情報提供とか、こういうところでされていたような、そういうコミュニケーションみたいなのはされたのか、その2点を教えていただければと思います。

**菊島：**今言われました、住民の方ですとか事業所の方で対象となった所は、ここに1カ所で、ここに2軒ほどのホテルがありまして、あとここはもういません、あと一番問題になったのは、ここなんです。

ここは実は、こうやって見るとここだけなんですけど、別荘地として、緑色で、分かりますか。ここまで別荘地なんです。そのうちの一部がレベル3に掛かっているということで、こちらの人は対象外なんですけど、実はここに入っていくには、この県道を通ってここから入って行くしかないんです。なので、このときには初めての対応だったので、こちらのほうまで立ち入り禁止にしました。

やはり仰られたとおり、当然、素直に出て行っていただけない方も非常に多くおられまして、営業妨害だとか、我々を強制的に出すなら補償しろとか、いろんなやりとりがありまして、そういう中で安全が第一ということで、最終的には丁寧に説明をして、理解していただいたんですが、やはりそういったところも。

こういう方には誠意を持って説明するしかないのかなと思っていますが、やっぱりいろんな事情がおありだと思いますので、そのへんは個別に話をしながら、どうしても納得いただけない方には、個別の対応をするしかないのかなと。出て行かないこと自体に何も落ち度というか、悪いことはないの、そこはやっぱり個別にしっかりと対応して、残りたいということであれば、そのための対策をまた町のほうでも考えていかなければいけないかなとは思っています。

**司会：**よろしいでしょうか。それでは時間が過ぎておりますので、これで菊島危機管理官の発表のほうを終わりとしたいと思います。どうもありがとうございました。

予定より5分ほど時間が超過してはいますが、これから休憩に入ります。予定どおり15時20分、3時20分から再開させていただきたいと思っておりますので、15分ほどご休憩ということで、よろしく申し上げます。

(休憩)

**司会：**それでは午後の後半の部を始めさせていただきます。後半はパネルディスカッションということで、「効果的なリスクコミュニケーションを実現するには」ということで、本日も講演いただいた方々に気象庁から火山課の伊藤和貴、火山防災情報調整室の火山防災調整監にお加わりいただいて、パネルディスカッションをさせていただきます。コーディネーターは当研究所の藤井敏嗣所長にお願いしておりますので、それではこれから藤井所長のほうで、よろしく願いいたします。

## **Nobuhiro Kikushima**

Good afternoon. I come from Hakone town all the way – well, not really that far away. But this is the last lecture of the day and what I want to tell you is, well, who come to listen to lectures – I am sorry if I am rather biased, it seems that the last lecture is the one people are really concentrating on. So, I thought that I should be well prepared. I am not going to say anything difficult. So, please relax and I hope you listen and enjoy it.

I'd like to talk about the incident in 2015, that's 4 years ago – 4.5 years ago actually. There was a small-scale phreatic eruption at Hakone Mountain. I'd like to talk about what we did then and how we took measures after that.

Hakone is a very well-known tourist site. Therefore, I have to introduce you to the Hakone area. Hakone town is in the southwestern part of Kanagawa and it's about 80 kilometers away, about an hour away by car from Tokyo. Even if you take a train, it takes about an hour and a half. You can have day trips or you can stay here. About 20 million people come to Hakone town in a year. It is an international tourist destination. There are a lot of attractions in the area. Most of the town falls within the Fuji-Hakone-Izu National Park. Also, the Ashinoko Lake actually will show beautiful reflections of Mount Fuji. If you go up to mountains, you will see scenes like this.

Of course, hot spring spa. In this area also you have a lot of hot springs, but Hakone, there are 17 hot springs. You can travel around Hakone and enjoy the various types of hot springs.

We have a long history in this area. We have these wooden mosaics or parquetry. This is a craftsmanship. We also have these cultural assets. These are some gateposts coming into the Hakone area, and we are celebrating an anniversary here. There is reenactment of Daimyo or Feudal Lord's Procession, and so we show these historical processions as a reenactment. We also have a lot of accommodations, recreation facilities.

This is also another characteristic. We have this mountain climbing train. Well, actually, because of the recent typhoon, this operation has been suspended. But we believe that next year in autumn, it will re-operate it. We have these pleasure ships, ropeways, trains, and they are all connects. So, you can travel by train from Hakone-Yumoto. Then you get on a cable car and then you go to the ropeway, and then you travel by ship. There is this golden route that goes around the Hakone area. So, you can enjoy the Hakone area with these different rides.

Now, I will be talking about – well, this is Hakone town, the rather shaded part in the map. The town is inside a caldera. Ōwakudani is indicated in red here in the middle. Kamiyama is the highest mountain. On the north side of Kamiyama, right in the center of Hakone, we are in the central cone of the Hakone Mountain. And 4.5 years ago, we had a small eruption and we had to deal with it. Very fortunately, no major damage, but there were a lot of lessons we learnt from this incident. So, that's what I'd like to talk about today.

This is Ōwakudani. Over Ōwakudani we have this ropeway. You can view Ōwakudani area. This is Kanmuridake Mountain. This is a lava dome that was created in an eruption that occurred about 3000 years ago. Then on the northern side of that you see this fumarole gas coming out. There is an observation deck here. So, people can come here to see the gas coming out of the ground, like this. This is one of the scenic sites in Hakone.

Some recent – a very recent observations. Observations started about 20 years ago, and within the 20 years already, there were five unrests. This year also there was the sixth unrest, just five rather major unrests as well as seismic swarms. In 2001, that was the biggest one, and there were more than 4000 earthquakes. We didn't have the volcanic alert levels yet, and there was no eruption even if there were earthquakes. Many people just enjoyed the scenes and just said, "Oh, it was shaking." Now we have alert level and some areas are off limit. Maybe we were lucky back in 2001.

Now, the 2015 phreatic eruption. I'd like to first look at how the events took place. First, the information came April 27<sup>th</sup>. In Kanagawa prefecture, we have the Hot Springs Research Institute, and they started saying that the inflation of the mountain has been observed and that information came into us. Also, some earthquake swarms were observed, and that was the first information that came in.

Then, on the next day, I believe now it's called – the name has changed since then, but back then it was called Hakone Volcanic Disaster Management Council. They gathered together and decided to warn the residents. Of course, back then we didn't have any manuals on how to respond to the situation, but initially we just focused on trying to call out alert. Also, we do have this manual for evacuation. So, we did have training on how to communicate information, and therefore, we decided that we should discuss on how to respond if anything happens. However, if you look at these dates, Japanese people will understand that it's just before or

just about the start of a week long holiday season. Even if we send of warning, if travelers have decided to travel to this area, they would not stop. It's called the golden week holidays and it's one of the tops seasons for the tourist destinations. We have many more visitors than usual.

Then on May 3<sup>rd</sup>, the steam wells. Steam wells, they are facilities to create hot spring water and there are vents or smoke tanks to vent out the fumarolic gas. There was blow out from there, which indicated danger. Therefore, in Ōwakudani, because we didn't have any facilities where people can evacuate to, we only have these hiking courses or nature study courses which is out in the open air. So, we decided to close these sections and make it off limits. Also, from the next day onwards, the volcanic explanation information has been issued from JMA.

Now, based on the manual for evacuation, so these circled areas. This is an area where we have these ropeway stations as well as souvenir stores and 440 meters times 500 meters or so, this is the circle, and this is the assumed crater. So, when the alert level went to 2, this area will be off limits. Then once an eruption does occur, the level will be increased to 3. Therefore, the no-enter zone will be spread wider to this blue circle area.

Now, May 5<sup>th</sup>, the earthquake epicenters have become shallower, and therefore, we decided that we needed to respond. Then the alert level was raised. . This is the road, the prefectural road 734. We decided to close off this section and also the ropeways suspended operation. So, no tourists were able to enter this area now. But the eruption hasn't occurred yet. Therefore, many people wondered why it was being closed and therefore we had to explain. After that, from the steam wells we have seen some inflation rising up the group and these wells actually spill out gas that includes sulfur. The sulfur part is taken out and the hot spring water than has been created using the steam will be fed to the accommodations in the Hakone area. So, there needs to be cleaning of these facilities. The facility maintenance people were able to enter this area even if the tourists were off limit. However, because we've seen these inflating ground levels, we decided that we will make this area off limit to even the maintenance staff. We went through many meetings to decide on how to deal with the situation.

Then on June 29<sup>th</sup>, the eruption actually occurred. This was the major blowout, and this occurred over several days. So, the alert level was raised to 3, meaning that – this red line here is the prefectural road. This can no longer be passed. You can't move from the west side to east side. There are some residential homes here and some businesses were located in this area, meaning that they no longer

will be able stay there. They needed to evacuate. There were 54 people inside this area, and we asked them to evacuate.

Next month, based on the disaster management basic act, the town mayor set up the restriction zones, which will be off limits. Then after that, on September 11<sup>th</sup>, 2.5 months after the eruption status get calmer and the alert level came down to level 2. In November, it went down to level 1. So, we expected that we will be able to resume the operation of the site at Ōwakudani. The tectonic movement has subsided, but still we had a higher concentration of volcanic gas. We had to take some measures towards the next movement. It took us 8 months to resume the operation and I would like to talk about that later on.

First of all, the site was open 24 hours, and particularly at night time, there were nobody to watch. So, everyone was free to go in. We decided that we should have a monitor in place. So, we enhanced the monitoring and we have four monitor people – monitoring staff and also one person who is responsible for this and they are making tour inside this site to make sure that all the safety is guaranteed. The second measure that we took was that when something happens, we need to alert people and there was no way to communicate that. So, for that we decided to set up a broadcasting tower together with a speaker. So, we set up this speaker tower.

Also, in this site, the gas – and also there is a possibility of the damage due to ballistics. People may not be aware of these and just enjoy it, but we believe that all the visitors should be aware of these possibilities and then enjoy. We installed the sign boards to warn the visitors. Particularly, we have so many foreign visitors. Ōwakudani, I think more than half of the visitors are from overseas and it's sometimes really difficult to find people speaking Japanese. So, other than Japanese, it's maybe difficult to see, but we had the signboards written in English, Chinese and Korean language and Taiwan language. We set up the signboard written in various languages so that visitors will understand what they should be careful about.

This is a large-size screen display. Here we always show how to evacuate people. For example, in case when there is a gas coming out, we show that on this display. However, this place has a really high concentration of gas. So, if you just install a regular television set, it would just go rusted in a month. So, it took us a lot. It cost us a lot, but we decided to install something that is resistant to the toxic gases.

These are the areas where we have the tourist facilities and also there is some pathway for research. Towards the end of this, they serve boiled eggs. If you dip the egg there, the egg turns totally black, oxidized, and makes it really tasty. So, you could enjoy the black boiled eggs before 2015. You cannot eat there right now, so we bring the boiled eggs here to – so that the tourists can enjoy.

Depend on the concentration of the toxic gas, we ask the visitors to sometimes take shelters inside the building or sometimes get out of the area or evacuate completely. So, depending on the situation, we automatically warn the visitors and have the warning broadcasted. Also, we set up the aid stations for people who feel sick.

In addition – well, that was on the hardware aspect, but on the software aspect, well, we set up the evacuation guiding manual and we are thinking about the three-staged evacuation. First of all, in Ōwakudani, the open spaces are like this, but there are some facilities which people can take shelter. For example, the station for the ropeway, and we also have souvenir buildings. This is toilet. So, in total, these can accommodate 3000 people. The number of visitors at maximum will not exceed 3000 at any given moment. I think it is enough to accommodate all the visitors here. The stage one for the evacuation when there is eruption or high concentration of gas, we urge people to take shelter inside building. The monitoring staff and all the staff members of the souvenir shops will guide people and escort people. We are doing the drill every year. So, first, the visitors will take shelters inside building. Well, we don't know how long it will take.

It could hours or it could take days, but the next step is the secondary stage. Using the vehicles, we have the visitors go out of this area. Then after that, beyond that, the visitors will just go home and the residents will also may have to evacuate to further area. These are the three stages that we are thinking about in guiding the evacuation. Then this is the drill of the evacuation. The customers are there during the day time. So, usually we make – we do these drills in early in the morning or after they have left. This is the place for the monitoring staff. This is souvenir shop, and the employees of these souvenir shops escorted the customers. This is the station for the ropeway.

These are methods. Once they take shelters inside building, when have to go outside from the site, those who have come with the tourist bus, they use that. Also, there are some private vehicles. So, they utilize that. For the special cases, people who need special care, we may use the vehicles of the police and others. Especially when we have ash falls just as in case of Kagoshima, ash falls make it

difficult for the vehicles to move. If there are any special vehicles that can deal with it, we will request those. Probably in the worse-case scenario, people have to walk and move away from this place.

This is towards the end my presentation. Right now, the national government is trying to lure or make it a goal to have 40 million visitors, inbound visitors. Especially, we are going to host the Olympic Games next year, and so we want to increase the number of inbound visitors. This is the ratio of the foreigners visiting Hakone and we used to have a lot of Asians. But these days, half of them are not – areas outside of Asia. This is becoming a really international tourist destination, and so we have to deal with that fact as well. Particularly foreign visitors, they are people with less experience of the natural disasters. Some of them have never done any drill, so have never experience earthquake before. In case on sudden jolt and if everyone starts moving, they get panic easily. Particularly, even though there are some texts, they may not read it or may not be able to read it. So, we try to use many pictograms or signs so that they will be able to understand immediately. Also, if they can do so, I urge them to read the text. Particularly, the broadcasts are in Japanese. Of course, there are many people who don't understand Japanese. So, for those people, we want to – we are providing the text messages, not long one, but with just the gist.

So, I am almost towards the end of my presentation, but Hakone town, the goal is to be a town filled with peace of mind and hospitality. So, the important thing is to provide accurate information from the administration and have them understood by the visitors and then enjoy that. So, tourism and also disaster prevention should go hand in hand, and that's what we are trying to do. So, please visit us without any concerns. Thank you very much.

**Moderator**

Thank you very much. Any question from the floor?

**Questioner**

Thank you very much for your wonderful presentation. One biggest question is, well, sulfur is very known. Hakone is known for its sulfur. And just like in Mount Fuji, for example, if the visitors are urged to wear helmets and also masks. So, why don't you provide WiFi and tell the foreigners? For example, if the mask is needed, probably – what kind of measures are you trying to take in order to dispel the concerns of the visitors? Since this is unique to Hakone, do you have any specific plans in order to dispel the worries of the visitors?

**Nobuhiro Kikushima**

Right now, our biggest concern or interest is that people who are susceptible to the volcanic gas, the Japanese or non-Japanese, and some may know that they are susceptible to volcanic gas but they may come without knowing that there is a toxic gas. So, they may feel sick and we don't want that to happen to any visitors. So, yes, we are warning people or visitors that there is a toxic gas. But what we are trying to do is that, once – before they reach the Ōwakudani area, when they are souvenir shops or other places, we try to tell people, inform people that there is volcanic gas going out. For example, the business owners of the inns or the chamber of commerce, and also the tourists' association, we want to have the cooperation of all those institutions. And in 600 places, we are right now creating the small signboard to be posted, so that all the visitors can see those warnings. Also through – we want to utilize the QR code so that people can make an access to our homepage. That's the effort that we are doing right now.

**Moderator**

Thank you very much. Any other question?

**Questioner**

Thank you very much. This may be little bit off the topic. I love scientific things, but also love nonscientific things. Especially, Hakone has been known for bears and monkeys and other animals. There may not be any animal near Ōwakudani, but those animals, for example for years, be it dogs or boars, very have highly sensitive nose. So, they can detect the abnormalities. Sometimes it is said that they just run away when they detect some precursor of the earthquakes. So, in case of Hakone, well, did you put there any cases of that and if there were any examples like that which will notice as a precursor before compared with the science – scientific detection? And when did those animals came back if they run away?

**Nobuhiro Kikushima**

Well, this is a very, very difficult question. So, I can only say that I don't have the answer. But in case of this Ōwakudani and surrounding area, fortunately we don't have much animal. But if we go down, well, yes this is the high season for the boars or monkey, and so we've – on my way to the office, I see some boars eating the grass roots and also the moneys approaching the people. But their places are moving and I don't know if it has to do with the tectonic movements. And I thought that this is very new perspective. So, maybe we can incorporate that as a new topic for research and study. Thank you very much.

**Questioner**

Thank you very much for the interesting presentation. I have just one question. So, when the alert level was raised to level 3, business and some resident had to be evacuated, you said. But because there are so many people in the area, including tourists, it may be very difficult to evacuate people. So, was it easy to evacuate these people? And people who are right outside of these exclusion zones, I believe these people would have been very worried and anxious. Did you provide any information during this period? Was there any special communication that you have provided to people close to the no-entry zones?

**Nobuhiro Kikushima**

So, as you said, the residents and businesses, there was one here, there were two hotels over here. There is nobody here now. And over here, this was the biggest problem. It may look like a small place, but this is actually vacation housing area. It's difficult to see, but vacation area extends outside of the restriction zone and just one part of it is within this area. So, people outside of this circle did not have to evacuate, but in order to go into this area, you have to drive through this prefectural road. This was the first for us, so we decided that we will keep this area also off limits. Yes, as you say, some people objected. Some people said that we were preventing them from doing their business or they ask for compensation if they are going to be forced to evacuate. But we try to convince them saying that safety must come first, and I believe they understood us. But there were some problems. I believe it's all about explaining and trying to convince them honestly, and so we had to deal with them individually. If they didn't understand or – of course not leaving in the area is not going to be something that will be penalized. But then if they decided to stay there, I believe as the town, we will have to decide on how to support them if they are going remain in the area.

**Moderator**

So, thank you very much for that. It is already time. So, I'd like to end this section here. Thank you very much. And we are 5 minutes behind schedule, but let us take a break and let us restart from 3:20. So, 15-minute break.

(Coffee Break)

**Moderator**

Let us begin the second session of the afternoon. We have a panel discussion now on how to achieve effective risk communication.

We have all the presenters from today's sessions as well as Mr. Kazuki Ito, JMA Earthquake and Volcano Department, Volcano section. The coordinator of this panel discussion is Prof. Toshitsugu Fujii, the director of MFRI.

【 パネルディスカッション 】

－効果的なリスクコミュニケーションを実現するには－

藤井：このシンポジウムの最後になります。時間が限られていますが、「火山噴火とリスクコミュニケーション」というタイトルで、パネルディスカッションを進めたいと思います。

パネラーとして今朝からお話をいただいた方に加えて、気象庁から伊藤和貴さんにお出で頂いています。ほかの方については皆さん先ほどお話を聞いたので、ご存じだと思いますから、最初に伊藤和貴さんに簡単に自己紹介を兼ねて、気象庁がリスクコミュニケーションに関して何をやろうとしているのかをお話しいただいて、その後で私がこのパネルディスカッションの背景と、それから狙いというか、趣旨を簡単にお話しして、進めたいと思います。

それでは伊藤さん、お願いします。



伊藤：改めまして、気象庁地震火山部火山課で仕事をさせていただいております、伊藤和貴と申します。本日はよろしくお願いいいたします。今日は時間も限られているところがございますので、気象庁の業務を簡単にご説明しつつ、平時と噴火時のコミュニケーションということで、少しご紹介をさせていただきたいと思います。

まずこちらは、日本の活火山の分布でございますけれども、日本には活火山が 111 ございます (図 1)。これらの火山について、気象庁の四

つのセンターで監視や、情報発表の業務を行っております。また、この 111 の火山のうち 50 の火山については、火山噴火予知連絡会において、火山の観測体制の充実が必要な火山ということ

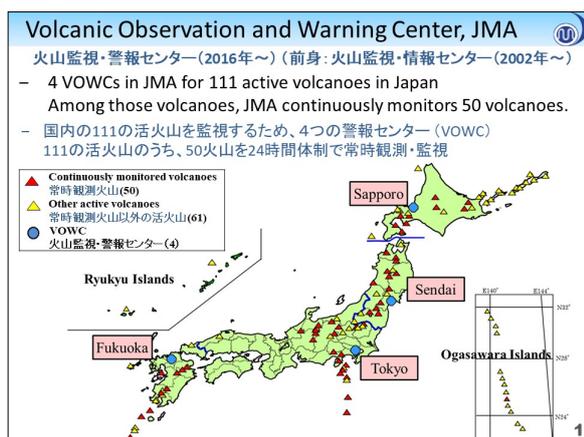


図 1

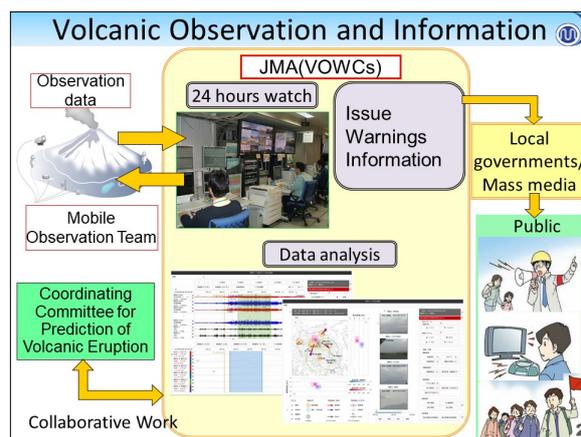


図 2

で、常時観測火山と我々は呼んでおりますけれども、24 時間体制で監視を行っております。

こちらは簡単に、各センターの業務を示した図になります。各センターでは火山の近くの観測施設で、地震計ですとか傾斜計、あとは GPS を使って火山の膨らみを観測する、GNSS といった装置があるのですけれども、こういったデータを収集しまして、監視を行っております (図 2)。

また必要に応じて現地に職員を派遣して、観測するというも行っております。

こういった日々の観測データを使って、火山活動の解析を行います。この結果、火山活動に変化が見られた場合、もしくは噴火の可能性が高まっているという判断ができた場合には、例えば火山の状況に関する解説情報ですとか、噴火警報の発表、噴火警戒レベルの引き上げ、引き下げなどを行っております。こういった情報については地方自治体ですとか、あとはメディアを通じて、皆さまのお手元に届けられるという形になっております。また、最近では当庁のホームページですとか、携帯電話のアプリなども使って、皆さまのお手で確認いただけるようになっております。

**Volcanic Alert Level System (since 2007)**  
**噴火警戒レベル(2007年～)**

- Five levels describing "target area" and "actions to be taken".
- Operated in accordance with the local evacuation plan through coordination in a local Volcanic Disaster Management Council.
- 「警戒が必要な範囲」と「とるべき防災対応」を5段階に区分
- 火山防災協議会での共同検討を通じ、地元の防災計画と一体的に運用

Classification	Alertword	Target area	Levels & Keyword	Expected volcanic activity	Explanation	Actions to be taken by residents
Emergency Warning	Emergency Warning	Residence and non-residence areas in the vicinity	Level 5: Evacuate	Explosive eruption and large-scale ashfall	Explosive eruption and large-scale ashfall	Evacuate immediately
Warning	Warning	Non-residence areas near the crater	Level 4: Do not approach the crater	Explosive eruption and large-scale ashfall	Explosive eruption and large-scale ashfall	Do not approach the crater
			Level 3: Do not approach the crater			
Forecast	Forecast	Inside the crater	Level 2: Potential for increased activity	Possible explosive eruption and ashfall	Possible explosive eruption and ashfall	Be prepared for increased activity

Levels linked to actions to be taken  
 取るべき防災対応でレベル分け

↓

Timely and appropriate disaster management  
 迅速で的確な防災対応

図 3

続いて簡単に、今日も何度か話があった、噴火警戒レベルのご説明を差し上げたいと思います(図3)。噴火警戒レベルというのは、火山現象によって生じる警戒が必要な範囲と、その際に地方自治体ですとか、住民の皆さまが取るべき行動というものを、5段階に区分した指標となります。この噴火警戒レベルというのは、各火山地域にある火山防災協議会で検討して、設定されたものでございます。

こちらの火山防災協議会というのは、気象庁のほかにも地元の自治体、市町村ですとか都道府県、それから警察、消防、自衛隊、火山の専門家の方も参加していただいて、また場合によっては宿泊施設ですとか山小屋、そういった観光の部門も入って、地域一丸となって火山防災を考えていく場になります。

この協議会において、過去の噴火の経験を踏まえた、想定される噴火のシナリオですとか、ハザードマップ、そういったものを作成して、さらにそれに基づいて噴火警戒レベルや防災対応を地域全体で協議、設定することになります。

こういった事前の計画に基づいて、実際に有事、噴火が起こった際などには、取るべき防災対応を迅速に取るというのが、こちらの噴火警戒レベル、またこういったところで作られていく避難計画の趣旨となります。

しかし、いろいろと今日もお話があったところではございますが、火山の噴火というのは百パーセント予知できるものではございませんし、いったん噴火が発生した後に、想定どおりに活動が進まないということもございます。このため、こういった噴火警戒レベルや事前の計画というのは非常に重要なところでございますが、こういった警戒レベルをつくって終わりではなくて、平時から地域全体が一丸となって、しっかりコミュニケーションを取って、具体的なイメージを持ちながら火山防災を考えていく、その中でもし計画に誤りがあったり、間違いがあったり、漏れがあったりしたら改善していくと、こういった取り組みが重要となります。今日も桜島で、関係者が集まってしっかりコミュニケーションを取っているという取り組みを紹介していただいたところですが、こういった取り組みを通じて、地域全体の防災力の強化を図っていきたくて考えているところでございます。

また、地域全体といいますと、住民の皆さまも含めて、今日のコロンビアの取り組みのように、実際に住んでいらっしゃる方に火山のリスクを知っていただく、火山のことをよりよく知ってい

ただ、そういったところもしっかりこの火山防災協議会と協力をしながら、コミュニケーションを取っていきたいと考えているところでございます。



図 4

現地の方が集まる場で、例えば火山の活動状況ですとか、今後の見通し、また、気象の情報などの必要な情報を提供するという取り組みをやっていたり、こちらは草津町の役場になりますが、防災担当の方にブリーフィングを行ったり、一番右側の図になりますけれども、町の方と一緒にメディア対応を行うと、こういった形で有事の際のコミュニケーションにも力を入れているところでございます。

また、有事の際、実際に噴火が発生し、被害が生じた場合のコミュニケーションということで一つ、事例をご紹介したいと思います(図 4)。実際に噴火が発生した場合には、いち早く現場に職員を派遣して、必要な、きめ細やかな情報の提供を行うというのが、気象庁の有事の際のコミュニケーションとなります。

スライドの下側に幾つか、2018年1月の草津白根山の本白根山の噴火の際の様子を示しております。本日も御嶽山のところで少しご紹介をいただいたところですけれども、こういった

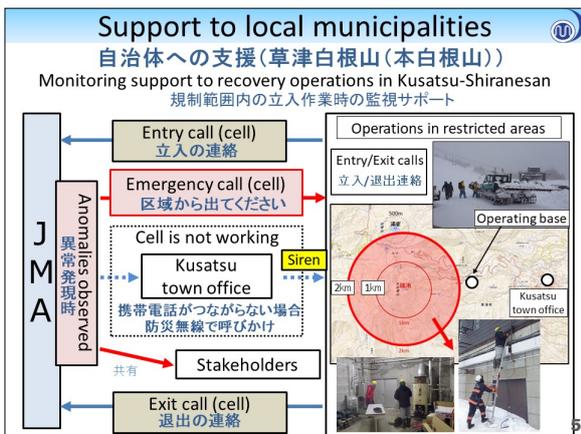


図 5

さらに、今日もお話がありましたけれども、噴火が発生した後は、例えば搜索活動ですとか、噴火によって被災を受けた道路ですとか、電源、通信の設備の復旧、復興など、どうしても警戒地域の中に入って作業を行う必要が出てまいります(図 5)。こういった場合には、地元と協力して、このような特別な支援の取り組み、支援のあり方なども検討しまして、作業される方の安全のために特別なオペレーションとして、実際に何かあればすぐに情報を提供できるような、きめ細やかなサービスを行っております。



図 6

こういった形で平時からのコミュニケーションとして、やはり地域全体の防災力、そして住民の方々に火山のリスクを知っていただく、そういった取り組みを行っており、実際に噴火が発生した場合には、現場に必要な情報、きめ細やかな情報を提供するというところで、しっかりコミュニケーション、リスクコミュニケーションに取り組んでいきたいと考えているところでございます。

また、少し住民の皆さま向けのサービスということで、ご紹介させていただきたいと思いま

す(図6)。こちらは火山登山者向けの情報提供ページというウェブページでございます。特に登山者の方につきましては、実際に地元に住んでいらっしゃる、山の近くに生きていらっしゃる方と違って、あまり自身が登る山のことをご存じない、もしくは活火山であることをあまりご存じない方も中にはいらっしゃいます。そういった方々に対して、このようなサイトを作りまして、必要な情報をしっかり提供していくということも、力を入れて行っております。

こちらのページでは、例えば現在の噴火警戒レベルや、これまでに発表されている情報の一覧ですとか、ハザードマップや「登山のしおり」などの、周知広報の資料をワンストップで見られる仕組みをご用意しております。

こういった形で、まずリスクをあまりご存じない方、特に登山者の方が中心になろうかと思えますけれども、このような方々に対してもしっかりと、まずリスクがあるというところをコミュニケーションしていくのは、一つのリスクコミュニケーションではないかと考えているところです。

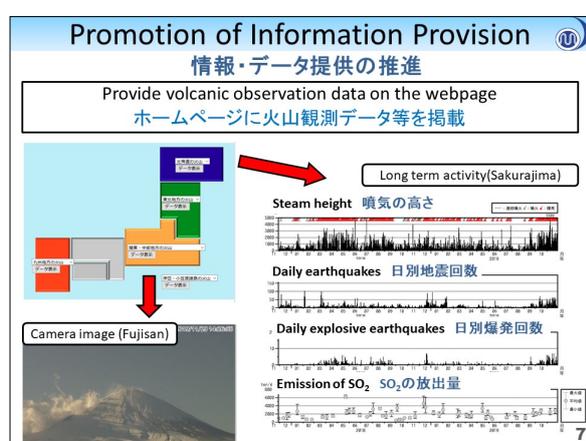


図 7

また当庁のホームページでは観測データの公開も行っております(図7)。こちらはまさに昨日の富士山の画像になるのですが、当庁の発表する火山防災情報をより分かりやすく、より理解していただくという取り組みの一環として、実際の監視カメラの画像ですとか、見やすく加工した観測データを公開しています。例えばこちらは桜島の観測データですが、地震が多いとか、これぐらいガスが出ているなどというところに、日頃から少し注意を払っていただいて、このようなところを念頭に我々の

情報を見ていただくと、より一層理解していただけるのではないかとということで、住民の皆さま、登山者の皆さま向けの取り組みも進めているところでございます。

もちろん我々の業務としましては、まず適時適切な火山情報の提供があり、これについては監視や解析能力の強化というところで、大学の先生方や関係者等々と、引き続き連携しながら進めていくところでございます。一方でこういったコミュニケーションの分野で、我々の出す情報をどう使っていただくか、どう防災活動に役立てていただけるかということも、やはり力を入れるべきところと考えております。こちらにつきましては、地域の火山防災協議会、その枠組みの中でしっかりと、住民の皆さまも含めて、コミュニケーションの強化につなげていきたいと考えているところでございます。

私からは以上になります。

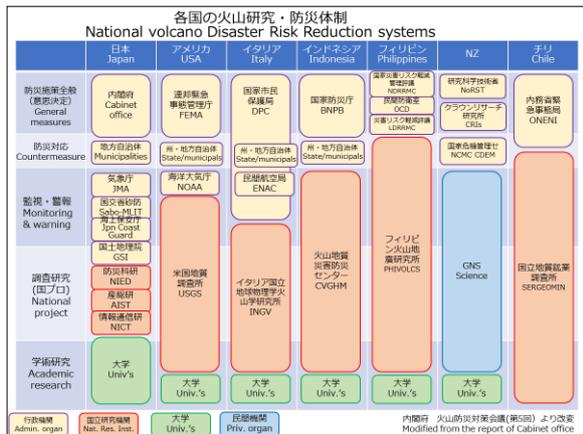
**藤井:** どうもありがとうございました。今、わが国の火山防災のメインプレーヤーである気象庁から、決意表明をいただきました、気象庁というのが今、どういうことをやろうとしているのかということが、よくお分かりだと思います。

今日の講演で南沢さんが説明されましたが、御嶽山の被害を受けて、日本の火山防災の仕組みが大幅に変わりました。それと同時に気象庁も情報発信、あるいは観測体制の改善に向けていろんな手段、新しい手段を選んできたわけです。その結果として、先ほど伊藤さんが説明されたようなものがあると、ご理解をいただきたいと思えます。

国際シンポジウム2019  
— 火山噴火とリスクコミュニケーション —  
パネルディスカッション  
MFRI International Symposium 2019  
- Volcanic Eruptions and Risk Communication  
Panel discussion

背景と方向性  
Background and direction

このパネルディスカッションを企画した背景を説明しますが、このシンポジウムに先立ち、一昨日、東京でワークショップを開きました。そこでもパネルディスカッションをやったんですが、それと関連があります。火山防災の体制について議論することになった背景を、まずご説明をいたします。これは中田節也さんのおととい、示されたもので、日本の火山防災の仕組みと、それからほかの国、今日、来られているアメリカの場合、それからインドネシアの場合、コロンビアは入っていませんけれども、同じような仕組みを取っているチリの場合というのを、ここに描いてあります(図8)。



例えば防災施策の全般に対してはどここが受け持つか。日本は一応、内閣府ということになっていますけれども、アメリカでは **FEMA** と呼ばれる、連邦の緊急事態管理庁というのがある。イタリアの場合には **DPC** と呼ばれる、市民保護局が一般的にコントロールをしているわけです。チリなんかでも同じです。ここは全部専任のスタッフなんです。ところが内閣府は2年交代で、みんな各省庁から出向してくるわけですから、こう並べるとわが国の体制も、いかにも良いように見えますけれども、実態はかなり違う(図9)。

図 8

図 8

**Japan's Unique Volcano Monitoring/Alert System  
特殊な日本の火山防災体制**

- JMA is a main player
  - Issue Volcanic information including Volcanic Alert Level
  - earthquake/crustal deformation (GPS & tilt) monitoring
  - No geologist/petrologist **Biased to Geophysical monitoring**
- 気象庁が火山防災の要
  - 火山監視・火山情報発信 (噴火警戒レベル)
  - 物理観測が中心：現象把握に不安あり
  - 火山専門家がほとんどない
- CCPVE (Private advisory committee to JMA Director-General)
  - University volcano observatories, Cabinet Office, MEXT
  - Geospace information authority: crustal, Geological survey: geology, volcanic gas monitoring
  - NIED: earthquake/crustal deformation (GPS, Tilt, SAR)
  - Many players: No head quarter
- 火山噴火予知連絡会
  - 気象庁・内閣府・文科省
  - 大学・防災科技研
  - 黒土地理院・産総研・情報通信研
  - 多省庁にまたがる多機関：中核機能なし

Advice: Voluntary and Part time!  
不定期・ボランティア

図 9

図 9

それから大きく違うのはここなんです、監視・警報、調査研究。ほかの国はみんな一元的な、国の機関が全てを担っているんですが、日本の場合にはこれだけたくさん、もちろんメインプレーヤーは気象庁ですけども、これだけたくさんの、しかも省庁が違う機関が集まっている。

何が一番足りないかということ、さきほどお話ししたことを文字で書いていますけれども、気象庁が火山防災の要であることは間違いがないんですが、いろいろと問題があるんですね。例えば

それで日本の特異なシステムとして、火山噴火予知連絡会というのがあります。これは先ほど言ったように、いろんな機関が寄り集まって、気象庁に対してアドバイスをするというので

ありますけれども、現実にはボランティアな組織であり、なおかつパートタイムで年に3回、今後は年に2回しかないんですが、そういう会がサポートするという事になっています。このような日本の体制は非常に残念な仕組みですけれども、火山噴火は待ってくれないですね。ですからこの仕組みの中で、今は考えなくてはいけません。

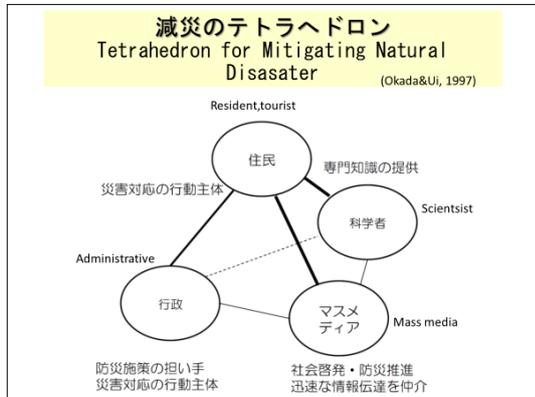


図 10

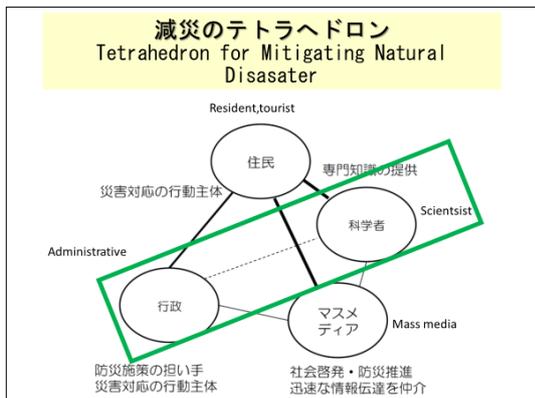


図 11

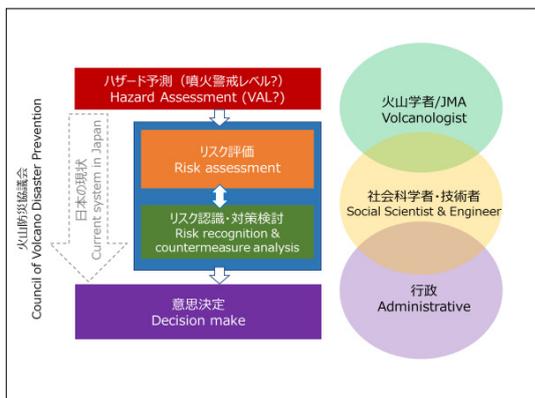


図 12

そのときにこれは、今日もいらしていますが、岡田（岡田弘）さんが昔に描かれた「減災のテトラヘドロン（正四面体）」というのがあります（図 10）。これは何かというと、まず住民がいる、それからサイエンティスト、あるいはマスメディア、行政という、この四つの関係が連携をして初めて減災が成立する。この中のコミュニケーションがきちんと取られないと、ちゃんとした火山防災ができないということが示されています。

おとといは、中田さんがパネルディスカッションを率いたんですが、行政とサイエンティストの間をどうしたらいいのか、どうすべきなのかという議論をしました（図 11）。それで彼がこのタイトルを示して、火山学者と行政との間にギャップがあるので、ここに社会学者や、社会工学者が入らなければいけないといって、社会学者に指名をして、どうだと聞いたら、社会学者にはそんなものはできない、と言われてしまいました。結局は火山学者がこっち側まで出張(でば)って行くようなことをしないと、うまくいかないだろうと思います（図 12）。

そのへんはまたご議論があればと思いますが、結局のところ、この4者のコミュニケーションがきちんとされないと、火山防災はうまくいかないだろうと思います。実際にもう既に今日の講演の中で Calvache 博士が、ネバド・デル・ルイスの悲劇の経験を基に、ネバド・デル・ウイラで非常によく考えた対応を取ったというお話をされました。

それから火山監視のあり方については、キラウエア火山で、通常は観測所に30名しかいないところに、急遽100名近くのサイエンティストを集めて、24時間、欠かすことのない観測をやって、次にどう

いう防災に役立てるかということ、住民や行政に対して提言していくということがあったんですね。

そういうことは日本としてもぜひやりたい、やるべきだと思いますが、今のところは実力がないので、その中で何とか考えなくてはいけません。

今日は「テトラヘドロン」のうちの、重要な役割をするマスメディアは欠けておりますので、

ここの部分だけで考えたいと思います（図 10）。ただ、マスメディアとの関係に関しては、先ほど菊島さんのお話にもありましたけれども、いかにうまくメディアをコントロールじゃないですね、付き合っていくかということをししないと、観光地としてはしっぺ返しを食らうことがあるということをお話になりましたが、それに対してどういうことが考えられるかというのは、もし時間があれば、また菊島さんに解説をしていただきたいと思います。

というところが、このパネルディスカッションを企画した背景にあるわけです。それでこれから具体的な話題に入っていきたいと思いますが、一つは富士山という火山が今まで 300 年間、噴火をしていないという事実があります。この中で、なかなか経験がないので、自分には関係ないと思っている人が非常にたくさんいると思います。

それについては 500 年間、噴火がなくて、噴火が突然だったかな、32 時間の地震活動の後に噴火が始まった、ネバド・デル・ウイラの経験に関してのリスクコミュニケーションについて、彼女にきちんとお話いただきましたが、もう一度、要約として主な点、重要な点を簡単に説明していただけますか。

何が苦労だったのか。500 年間、休んでいる火山が突然活発化して、それを住民たちに、あるいは行政に理解してもらうために、一番困難だったことは何なのかということ、少し簡単に説明していただければ、ありがたいのですが。

**Calvache :** 火山監視をしている人たち、あるいは火山のハザードに取り組む人たちは、最悪のシナリオというのは、ほんの数時間、あるいはほんの数日しか、噴火までないという事態です。

私たちはネバド・デル・ウイラで噴火が起こるとは、全く想定していませんでした。すぐにも数日で、地震活動が活発化した途端に起こるとは思いませんでした。最初は信じられないという面持ちでした。地震活動が増えていることは分かっていたけれども、どれぐらい噴火が近いのか、より大きな出来事までどれぐらいの時間があるのか、分かりませんでした。

その当時、私たちは地域の方たちといい関係性を築いてきました。というのも、何年もの間、そこに観測点を設けていたからです。ですので、ある意味、そこで関係性が築かれていました。火山観測所の人たちは地域の方たちをよく知っていましたし、地域の方と一緒に現場にも行っていました。ですので、その地域の一員になっていました。これは大変有用なことでした。この火山について、地域の人たちは認識をしていました。ラハールのことも分かっていました。

20 年前ぐらいには大きな地震もありました。雨期だったために、土砂崩れ、地滑りもありました。そのときは地滑りと呼んでおりましたので、ラハールという名前は知りませんでした。この土砂崩れで、川が崩壊して流れていったということで、そういう現象があることは認識をしていました。

ですので、火山には地震活動が起こり、そしてその後、噴火が続く、ということを説明すると、地域の人たちも私たちの勧告に素直に従ってくれました。そして市長や市の担当者たちがサイレンが鳴ったら避難をしなければいけないということを、その場で伝えていました。一般の人たちはそれで納得をしてくれました。そのようにすると言ってくれました。そういう話を繰り返すことによって、分かったと、そうしなければいけないと、理解をしてくださいました。

この町は孤立してしまいました。というのも、ほとんどの橋が壊れてしまったからです。何か月にもわたって、この町は孤立した状態が続きました。その町に車で行くことはできなくなってしまったからです。一時的な橋を渡すことによって、つり橋のようなかたちにして、そこに何と

か行くことはできました。

ですが、先ほどは申し上げませんでした。3回目の噴火の後に火山灰の降灰がありました。そして初めて降灰を、その地域の人たちは目にしました。大きなラハールが起きても、きちんと行動を起こすことができましたが、降灰が何かを知らなかったのも、皆さんは驚いていました。火山灰の量は非常に少なかったのですが、皆さんは困惑されていました。ほとんどの人たちは本当に驚いていました。ラハールという現象については非常によく理解していたのですが、火山灰についてはよく知らなかったのです。

先ほど桜島のお話がありましたけれども、桜島の方たちは、降灰に対してどう対応するか、どう清掃するかということを引きちんと理解されています。ですが、こちらの町では火山灰を見たことがありませんでした。ラハールのことしか考えていなかったのです。

それから申し上げたいのは、コミュニケーションが大変重要だという点です。モニタリング、それから管理、火山での災害を管理する中で、コミュニケーションが最も重要なことのひとつであるといえます。ですが、私たちの経験を基にして注意を払わなければいけないのは、何をコミュニケーションするかという点でもあると思います。その状況に応じてコミュニケーションを取らなければいけませんし、その状況というのは常に違うものです。

ですので、最も重要なのは、我々はラハールについて話すことだと思っておりましたが、それは場所によって違うわけです。場所によってはラハールの話をしなければいけない、ほかの場所では火山灰の話をしなければいけません。必要なものが違うということを知ることがなければいけません。そしてそれをコミュニケーションに反映しなければいけません。その場所ごとに何が必要なのか、コミュニティごとに何が必要なのかを認識しなければいけません。

社会科学の話もありました。社会学者は必要だと、私も思います。このように火山の災害管理をする中で、その道のりに必要です。地質学者、物理学者、火山学者は、知識はあります、専門性はありますが、社会学者のほうが人の反応であったり、人の感覚のことはもっとよく知っています。コミュニケーションのいろいろな手法についても、私たちよりもよく知っているわけです。

私たちはコミュニケーションがあんまりよろしくないと言われます。いつも地球が終わりを迎えるのではないとか、大きな噴煙柱があるとか、大きな地震が来るとか、そんな話ばかりしていると言われます。そういう悪いことばかり、私たちはコミュニケーションしているからです。

人々はそれに対して、何らかの保護的な策を取ろうとします。私たちの言葉にはあまり耳を傾けたくなくなるわけです。朗報がないからです。いつも私たちが言うのは悪い知らせです。

そんな中で社会科学は、私たちの役に立ってくれます。人を落ち着かせてくれると思います。そして私たちの仕事とコミュニティをつないでくれるものになり得ると思います。ですから、我々もこのケースから学び、いろいろな人の観点を持ち込んだほうが、もっと改善は進むと思います。

**藤井：**リスクコミュニケーションについては、ある意味では、今、Calvache博士が言われたことに尽きるんですね。例えばラハールについては、リスクコミュニケーションで非常に詳しく教え込んでいたので、住民の方たちはそのことをよく理解していた。だけど、ほんのわずかな火山灰が降っただけでみんな混乱をしてしまう、という事実があるわけですね。

だから知らないということが、一つは恐怖につながるということがありますから、普段、何事もないときから、火山噴火というのはどういうものなのか、現象がバラエティに富んでいるんだ

ということを含めて、きちんと学んでいただく、そういうふうにもいろいろな機会を持って教えるというか、勉強していただくことが重要だと思います。

それから、おとといは社会学者に拒否をされたと言いましたけれども、実は火山防災に関わっている社会学者はほとんどいないんです。ほとんどの方は、しょっちゅう起こる水害だとか地震を研究テーマに持っていて、火山噴火はほとんど起こらないので、なかなかそういう人が育っていないんですけれども、実際には今、彼女が言ったように社会心理だとか、そういうことが分かった上で、いろいろなリスクコミュニケーションを取ることが必要なんですね。

例えば我々は火山学者の悪いところで、彼女が言ったように最悪のケースだけを伝えてしまうと、今度は住民の人たちはそれに対する拒否反応を起こすのですね。それでそれ以上は進まないということも起こりますので、そういう部分は幅の広いグループの中で議論をしながら、どう伝えるのがいいかということも、まだまだ我々自身が勉強しなくてはいけないことだと思いますし、そういう社会科学の方、あるいは工学の方が火山防災に入ってもらえるのが本来は望ましいというのが、彼女のウイラでの経験だと思います。

それで今のウイラの場合には、火山活動が活発化して、あっという間に起こったんですけれども、そうではなくて、例えば2016年から徐々に活動が高まっていて、2年以上たってから2018年に噴火が始まった、それでいろいろな災害が起こったという、カラングタンでの経験をお持ちのSupriyati博士に、そういう長い準備期間があったとき、つまり噴火が起こるまでに不安が長く続いたときに、どういうふうに住民に教育するのがいいかということに関して、何か提案があったらお願いします。

つまり噴火がいつ起こるかは分からないけど、全体としてじわじわと長いこと、活動が高まっていると、みんな神経が持たなくなると思うんですけれども、そういうときにどういうふうにしてやっていったのか、教えていただければと思いますが。

**Andreastuti** : カラングタンは非常にユニークな火山です。活動が断続的な火山で、一部の方たちには前の噴火の経験もありました。この噴火で4名ほどの犠牲がありました。私たちは彼らが、避難命令が出た際になぜ間違った方向へ逃げてしまったかを知るべきだと思いました。私たちが当時、言ったことですが、地形がとても複雑な地域なのです。

一部の人は、バイクに乗って逃げました。そしてパニックを起こしました。例えば時にはバイクではうまく逃げられません。また、火砕流が住民が予想した方向とは別の方向に行く場合もあります。私はそこに行きまして、プレゼンテーションでも申しましたけれども、その現場に、専門家に来てほしいと言いました。そして私は同僚と共に、このシステムをつくりました。所定の経路に沿って避難するように要請しました。避難経路に沿って移動してもらい、そこにどのようなリスクがあるかということ、いろいろと見てもらいました。

実際に避難ルートに沿ってもらい、避難ルートを特定できると、避難シナリオがあるということがわかりまして、そして警戒レベルが上がったら、避難することが理解できました。しかし知りたいのは、その際にどういったものを伝えていくかということです。

例えばリスクということになりますと、必ずしも住民の方には理解してもらえない。しかし自分自身で避難すると、例えば道路の状態がなかなか良くないと、また、交通渋滞も起きるということが分かります。そして注意しなければいけないのは、避難するときに、例えば交通渋滞などが起きるわけですから、一体どんな状況判断ができるかが大事だ、ということを行いました。

そのときは、住民の人たちの理解はいまいちな感じでしたけれども、しかし実際に避難すると、問題があると理解しました。例えば交通渋滞が起きている、道路事情が悪いと言いました。それからほかにも、どこに行ったらいいのかわからない、避難場所がわからないと言う意見が出ました。

そのときに私たちは住民らに対して、避難時にどんなことが起きましたか？、例えば反対側に行ったら、どんなことが起きると思いますか？と言ったら、分かったと納得してもらえました。私はあちらのほうには行きませんよ、と言ってくれました。そのようにして住民たちは避難ルートというものを理解しまして、そうなりますと自分たちで避難ルートをつくりまして、また幾つかの安全な場所を特定しました。

避難所に着くと、やはりいろいろな施設が必要になってきます。いったんそこに行ってみれば、例えば指示が欲しい、いろいろな施設が欲しいですか、例えばトイレとかお医者さんが欲しいとか、いろいろなものが欲しいと言います。

ですから、避難訓練のときに、私たちはリストを作ってもらいました。例えばテントが欲しいとか、お医者さんが欲しいとか、いろいろなリストを、物流が必要だとか、自分たちでいろいろと、命令したわけではないんですけれども、自分たちが必要だと思うもののリストを作ってくれました。ついにこの訓練の意味を分かってくれました。

というのは、自分たちでいろいろなことが特定できれば、リスクが分かれば、私たちがただ説明するよりも、もっと理解できるわけです。私たちが説明しても、時には忘れたり、あるいはいろいろと反論してきます。でもこういった訓練をすることによって、理解します。

例えば警戒レベルが発表されたら、危機があれば、こういうふうにするんだと。そしてその訓練の後、みんなで観測所に戻って来ますと、いろいろとモニタリングシステムをよく見るようになってきましたので、それらについて丁寧に説明しました。

時には通常、平時は何もシグナルがないんですけれども、とても大きなシグナルが出る場合があります。そして避難をしなければならないということがあります。地殻の動きがありまして、こういった地殻運動、地震が、火山に影響するということがありますので、その場合に避難しなければならないわけです。

**藤井：**リスクコミュニケーションの難しさというものを、今、教えてもらったような気がしますけれども、一般の人に、例えばいわば父権主義的に、一方的に避難をしろと言ったところで、それは本当にちゃんとリスクを理解してもらえてないと、結果的には避難ができないということになる。

きちんと筋道を立てて、なぜなのか、何が起るとどういうことになるのか、なぜ避難をしなければならないかということを含めて、きちんと説明をしてあげて、初めてみんなが危険に気付くということがあるので、やはり普段からの訓練を含めて、コミュニケーションは重要だと思います。

それで今までは、例えば住民の避難という、あるいは住民の教育ということで話をしてきましたけれども、今日、お話をいただいた中には、住民にはほとんど被害がないけれども、住んでいる人とは全く別のところから来た人たちが大きな災害に遭ったというのが、御嶽山の噴火でした。

それに関して今日、南沢さんにお話をいただいたのは、救援活動や何かに関しての連携、政府の機関の連携の重要さということに関して、強調していただきましたけれども、その当時の状態

を把握するときに、現状を把握するときに、県として何が一番困ったのかということに関して、どうすればそういう御嶽のときの苦労をせずに、次のどこかの噴火のときに対応できるのか、ということに関して何か教訓があったら、教えていただきたいと思います。

**南沢：**今日お話ししたのですが、御嶽山は想定火口から 4km 以内には、住宅が 1 軒もありません。あるのは山小屋しかないものですから、基本、登山客の方しかいません。

登山届が出ていれば、どういう方が入山しているかというのが分かるのですが、御嶽山は七合目ぐらいまでは車で行け、子どもでも日帰りで行ってこられるという所で、登山届が結構出ていないことがあります。今は長野県等、火山も含めて登山届を出しなさいということで、条例化している県もあります。

それと、それぞれの市町村さんでも、アプリで、今、ここにいるよ、山に入ったよ、ということが分かるような、王滝村さんとか木曾町さんとかは、確かそんなことを始められていたかと思いますが、そんなことを始めている自治体もございます。

情報を集めるときに非常に苦しかったのは、本当に入山者が分からないということで、実際に、御嶽山の時には警察が専用電話をつくって、たぶん御嶽山に行っている可能性があるだろうという、いろんな情報をもらいました。そして、警察で一件、一件情報を確認していきました。あと、登山口の所に車がありますので、車から所有者を追い掛け、どういう方が入っている可能性があるだろうということを行いました。

そういうのを踏まえて、御嶽の場合は協議会の中でも、安全対策や訓練を行っています。注意喚起ということで、看板とかもかなり出していますし、登山届を出してくださいと周知も行っていきます。特に王滝村さんとか木曾町さんのほうではパトロール隊ということで、途中途中で注意喚起をするということで、本当に被害があったことを踏まえて、今、やっています。

以上です。

**藤井：**どうもありがとうございました。御嶽以降、いろんな努力がなされているわけですがけれども、御嶽山のときに山頂にいたのは、非常に多くではあったけれども、数百人程度ですね。富士山で今、予想されるのは、もし夏のシーズンに事が起こるとすると、1日に 4,000 人が登山道、それから山頂付近にいる。このときに一体どうするのか、登山者を把握できるのかというのは、これはかなり大きな課題です。

いろんなところで、「富士山チャレンジ」だとか、あるいは「コンパス」という登山者向けのスマートフォン用アプリなどや何かを使って、何とか把握しようとしていますけれども、実際にはそれは非常に難しいことで、これからも特に防災対応に当たっていただく必要がある関係市町村の方はその方法を、何とかうまい方法がないか、これからも努力をしていただきたいと思います。

それは一般に対するリスクコミュニケーションですね。つまり直接、住民に対するリスクコミュニケーションは、まだみんな顔が分かっている関係なので、ある程度はできますけれども、そうでない人たちにどうしたらいいのか。

これはたぶんマスメディアを使うしかないのですが、そういう中に、今日はそういう関係者を入れていませんので、これ以上はその議論をしてもしょうがないかと思いますが、いずれにしろ関係市町村は、自分の身に降りかかってくることでありますから、何がいいのか、どうやったら正確に登山者、あるいは観光客を把握できるのかということも、考えていただけたらと思います。

それで実際に観光地の火山噴火災害に遭遇された菊島さんには、観光業者と行政との間でのコミュニケーションで、何か非常に困ったことがあったのか、あるいはこういうふうにあるべきだという、後の反省に基づいて考えられたのかもしれませんが、そういう教訓について、観光業者と行政との間のコミュニケーションについて、お話をいただければと思いますけれども。

**菊島：**観光業者と、ひとくくりになかなかならないところがありまして、まず宿泊をする業者、あるいは交通事業者、それから飲食、いろいろな分野がありますが、観光客の対応がそれぞれ違います。あるいはニーズが違うといいますか。ただ、共通していますのは、箱根町の、例えば噴火が起きたというときに、それが正しく観光客に伝わるようにしてもらいたいというところは、皆さま共通の認識がございます。

実は先ほどお話をしました、2015年のときの対応と、それから実は今年も5月に噴火警戒レベルが2に上がりまして、先々週ぐらいまで約半年ぐらい、立ち入りをやっぱり規制しております、そのときも同じような状況になって対応したということですが、実はこのときの観光客の反応が大きく違いました。

今回は観光事業者からは感謝されたというか、ありがたいと、前回の教訓が活かされたということだったんですが、それがどういうことかと申しますと、前はまず第一報が箱根山小規模噴火と、こういった第一報がメディアから流れたんですが、そうしますと事情をよく知らない方は、箱根山ということは、箱根が危ないと、このように取るところがあります。

我々は風評被害という言葉は使わないんですけども、なんでかといいますと、風評被害というのは加害者がいるから被害なのであって、べつに誰も加害者はいないというか、故意に言っている人はいませんので、風評被害という言葉は箱根では使っておりませんが、ただ、誤解を招いたというところはありまして、それはメディアさんに一報として、箱根山の噴火警戒レベルが上がった、というところが入ったために、箱根山という言葉が独り歩きしたということになりまして、そのときには本当に町中にお客さまがいなくなってしまうということでした。

その後になって、大涌谷付近だけなんですよと言っても、そのときは既に時遅しで、今はSNSとかで、ニュースを聞いた人がいろんなコメントを入れたり、反応をしたりするのがはやっているというのか、結構それが多いですけれども、そうするとある人がコメントをしたんです。箱根というのはカルデラの中にあって、もともと昔は富士山ぐらいの大きな山があって、それが噴火して、山ごと吹っ飛んだんだと。なので、箱根というのはどこでも危ないんだと、こういったコメントを書く人がいるんですね。

それは知識としては間違いなんですけど、でもやっぱり知らない方が、そうだというふうに思い込んで、あるいはどっかから聞いて、そういったコメントを出すと、ばつとそういうのは広がるんです。なぜか知らないですけど、正しい情報よりも、ガセネタというのは非常によく伝わるというのか、たぶんインパクトが強いから広がりやすいんだと思います。

それは何が悪かったかといいますと、やはり早い段階で正しい情報を伝えなかった。要するに町も知識がなかった、あるいはどう伝えていいのかわからなかったというところで、メディアが伝えるままに任せていたところがありました。

それに対して観光業界から、何とかならないのか、何とかしろという強い要望がありまして、今回はそのときの反省というか、経験もありましたので、噴火警戒レベルが上がった後、すぐに町長が会見を開く、あるいはそのときに同時に県の黒岩知事にも会見を開いていただきまして、

箱根のごくごく一部の地域で、という言葉を出したと。実際に図面を使って、噴火警戒レベル 2 は箱根町のこれだけの中の、ここですと、図をもって説明をしました。

メディアさまも、そういう知識がやっぱりあまりないので、正しい情報を欲しがらるんですね。[そういう情報が]ないと、自分たちで調べたり、どっかに聞いたちょっとした情報で、ぱんと流した場合、やっぱり早く流したいということで、不確実な情報でも流してしまうことがありますので、それがないように今回はちょっと工夫をしました。

そうしましたところ、観光客の数が、前はもう本当に 6 割減、7 割減となっていましたけれども、今回の場合は 2 割も減っていないですね。やっぱりお客さまも、箱根山は危ない所に行かなければ、ほかにも楽しむ所はあるでしょうということで、むしろ応援に来てくださったというところがあって、今回はうまく対応できたのかなと思っています。

これがさらに、この前の台風 19 号のときも同じようなことがありまして、台風で温泉の供給施設が破壊されたとあって、第一報で、例えばメディアさんが調べたのは、この温泉を供給している会社が、箱根の大体 400 カ所ぐらいに温泉を供給していると。それは契約しているので、合っているんですけど、なので、400 カ所で温泉供給ストップと、ぱんと流したんですね。

そうすると、400 軒もかと、じゃあ箱根中、どこも温泉が出ないのかというところで、そのニュースを見て、すぐに我々は、あの地域を担当していますメディアさんは、新聞社が 5 社から、テレビ局が 5 社ありますけれども、これは小田原記者クラブというところに加盟をされていて、すぐそこ連絡を取り合って、会見を開くからということで。

温泉供給[会社]さんは 400 軒と契約していますが、その 4 割ぐらいは別荘の方なんです。だから普段はいないんです。契約はしているけども、自分が行ったときに、ただひねったらお湯が出るというだけで、そのときは関係ないんです。しかも残りの 6 割の温泉供給の中で、それが全部止まっているわけじゃなくて、その中のまた 4 割ぐらいしか止まっているところはないんです。だから実際は 400 軒じゃなくて、温泉供給がストップしているところは 100 軒もなかったんです。それを数字をもって説明をしたところ、すぐにそういった騒動も収まったということがございました。

やはり観光業さんと町の行政は、当然、私なんかは防災の正面ですけども、観光を抜きにした防災はどうしても考えられないので、観光に打撃を与えないような、かといって、観光客に嘘をつくのは絶対によくないので、隠して来てもらうなんていうのはまさに言語道断ですので、危ないところは危ない、ここは危ない、でもこっちは大丈夫と。

正しい情報を、やはりメディアさんをうまく活用するといったら、ちょっと語弊がありますがけど、ちゃんと正しい情報を報道関係者にタイムリーに伝えれば、それがきちんと伝わりますし、ちゃんと好意的な報道をしてくださいますので、やっぱりそういった関係を普段からつくっていくのは大事だなと、感じております。

以上です。

**藤井：**どうもありがとうございました。今、観光業者と行政との関係で、正しい情報をいかに間を置かずに発信するかというのは、かなり重要だということを伺いましたが、同じようにハワイでも、今回の 2018 年のキラウエア噴火で、キラウエアのごくわずかな部分だけ、火山噴火としては非常に大きいですけども、被災地域は非常に狭い所で噴火が起こっているのに、ハワイ全体が危険かのような報道があって、かなり観光客が減ったと伺っています。

それに対して、何かアメリカのほうでは対応を取られたのか、もしうまい方法があったら教えていただきたいし、反省事項で、こういうことをやるべきだったと思うことがあれば、Kauahikaua 博士にお願いしたいと思います。

**Kauahikaua :** 仰るとおりで、2018年の活動の前の35年間で観光業界は、活発に流れる溶岩を見せるようなツーリズムが発展していきました。そして2018年の活動で噴火の場所が変わりました。山頂からローワー・イースト・リフトゾーンへと移っていきました。

ですが、驚くほど多くの方たちがそのことを認識していませんでした。ワイキキのビーチのほうまでその影響があるのではないかと思った人たちもいたんです。これは全く違う、別の島であるにもかかわらず、です。そしてその島に関して、島全体に影響があるであろうと、誤解していた人たちがたくさんいました。

先ほど地図をお見せしましたが、我々は直接的に影響を受けていた所だけを、プレゼンで先ほどお見せしたわけですが、実際には直接的な影響を受けていない場所もあったわけです。

しかしながら危機のさなかにあるときには、人々が知るべきことにやはり集中すべきです。特に地元の住民が優先ですが、危機管理の方たちへの情報提供も重要です。危機管理の方たちは住民に避難を勧め、そして情報を提供し、そしてそれに付随するようなサービスを提供するところに力を入れていたからです。

本当は、もっとうまくやれたかもしれません。ですが、当時は精一杯で、観光に関する事項の優先順位が低かったのも事実です。

**藤井 :** いずれにしろ、観光地のごく一部を占める火山で噴火が起きるとき、必ずこういうことが起こるんですね。それに対して何がいいのかというのは、本当に我々はよく分かりません。

先ほど箱根の例の場合に、非常に限られた地域だけが危険だということをきちんと知らせたと言いましたけれども、実は火山学としては、展開によってはもっと大きくなることもあり得る。将来の展開に対する見込みは、必ずしもできるわけではないので、分からないことは分からない、けどこういう可能性もあるということも、どこかで伝えなければいけない。

ジレンマではあるんですけども、いろいろと努力をしなければいけないので、本当はここで社会心理学者に助けを求めたいところですが、今日もいけませんので、その部分は飛ばしたいと思います。

それで今は災害が起こったところのお話を伺いましたけれども、そうでない、これから起こることを予想して、かなり大胆に被害想定をして、火山防災に取り組んでいる鹿児島市に、鹿児島市のこういう訓練をやったりすることに対して、特に観光業の反応をうかがいます。鹿児島も桜島に観光客がいっぱいいるわけですけど、そういう人たちを受け入れている観光業から、何らかの反発はなかったのか、あるいはあったとしたら、それをどう乗り越えたのかということに関して、何か経験がありましたら、教えていただきたいと思います。

**中 :** 4年前、平成27年8月15日に、いきなりマグマが貫入してきたということで、噴火警戒レベルが4に初めて上がって、そこで島内避難ということをしたんです。

そのときにやはりそういうことがあって、観光業、特に修学旅行などがもう全然来なくなったんですね。そこで慌てて、安全宣言のようなポスターを作ったんですけど、それでもなかなか回

復しなかったということがあります。

警戒レベル4というのは2週間ぐらいで解けたんですけど、桜島は普段から噴火警戒レベル3ですので、3に下がったら普通という状況なんですけど、年が明けて一回、噴石が2.5km位飛散したことがあって、いきなり某マスコミが、桜島が爆発しました、直ちに逃げてくださいと、近づかないでくださいとニュース速報を流したんです。

桜島の場合は火口から2km圏内がもともと立ち入り禁止なんです。ですからもともと誰もいないんですね。なのに、ニュースの影響により、すごく風評被害を受けて、かなり修学旅行生とか、観光客の方がいなくなったという話は、その当時は聞きました。今はだいぶ戻ってきています。通常どおりになってきています。

先ほど映像をお見せしましたが、山腹からどかんと、こうやって出す映像ですけど、観光業界からクレームが来るといったんです。ですけど、来たのは議員を通じた1件だけでした。映像で示すことによって、こういう可能性もあるんだということを教えるというか、伝えることがすごく大事じゃないかなと思っていますので、そういう認識を持ってもらった上での、普段の活動が大事じゃないかなと思っています。

以上です。

**藤井：**どうもありがとうございます。きちんとした情報を知らせるということ、これは恐ろしいことだから隠しておこう、なんてことをやらないことがやっぱり重要なんですね。みんなで火山、火山噴火に対する知識を共有することが必要だということは、非常によく分かりました。

今、中さんが言われた中で、NHKじゃなくて某国営放送が(笑)、すみません、いませぬよね、ズームアップした写真を出して、大変だと騒ぐんですね。それは気象庁が、噴火速報という仕組みを導入していることに関係しています。噴火速報というのは、御嶽山の噴火があったときに、山に登っている人はもう間に合わないことは分かっているんですけど、後から来る人たちに警戒を促すために、どうしても必要なんです。

気象庁が、噴火が起こったということを知らせる情報はもう一つ、あるんですが、名前は今、ど忘れしましたがけれども(注：噴火観測報のこと)、それは20分ぐらいかかるんですね、噴煙の高さはどこまで上がったかということを確認してから出すので。

ともかく噴火したという事実だけを伝えるように、というので噴火速報というのを導入してもらったんですが、その使い方がなかなかうまくはいっていない。試行錯誤しています。桜島のように2km以内に誰もいないのに、わざわざ噴火速報を出す必要もないんですが、そういうものを出すと、マスコミがそれに反応してしまうということがありました。

それで今、気象庁は一生懸命にそういう情報の出し方を工夫しているんですけども、これから考えようとしていることで、何か伊藤さんのほうから、この機会に説明をしたいことがあったら、お願いします。

**伊藤：**ありがとうございます。噴火速報についてまずご説明を差し上げます。これは、御嶽山の噴火を受けて始めた情報でございます。今日も御嶽山の話にありましており、当時は、噴火の情報を伝えるため、噴火警報を発表し、噴火警戒レベルを上げたのですけれども、そこまで時間がかかってしまったということを踏まえまして、噴火が発生したときに、いち早く噴火についてお知らせするというので、噴火速報を始めたところでございます。

運用を開始してから、藤井先生の仰るように、試行錯誤をやっておりまして、確かに桜島のケースのように、もしかすると不要であったかもしれない場合にも、噴火速報を出したことがあったかもしれません。このため、これまでの運用を見直し、今年、発表基準を変更しまして、警戒範囲の中に影響がとどまるような噴火については、噴火速報の発表は行わないこととしました。なぜならば、近くに避難を呼びかける人がいないからです。一方、警戒範囲よりも少しでも遠くに影響が広がる可能性がある場合には、この情報を迅速に発表し、噴火が発生したことだけをまずお伝えしたい、ということです。このため、この情報を受け取ったら、近くにいる方は逃げてください、というところをしっかりと明確化するというので、発表基準を変更しております。

現在はそういった小さな噴火について、警戒範囲の近くにいらっしゃる方については、緊急にお知らせする必要はなく、先ほど藤井先生が仰ったように、噴火に関する火山観測報ですとか、火山の状況に関する解説情報でお伝えするというので、こういったご意見等も踏まえて、改善をしてきたところでございます。

あとは、今後のところですけれども、やはり分かりやすい情報提供ということで、今日もコミュニケーションが重要という話が出たところです。ともすると我々のような情報提供者は、情報をお伝えすることが情報提供だと考えているところはあるのですけれども、コミュニケーションは対話によって成り立つものがございますので、我々の情報をどう使っていただくか、より役立てていただけるように、住民の方ですとか、行政の皆さまからのご意見も踏まえて、双方向で改善を進めていかなければいけない、と考えているところでございます。

**藤井:** どうもありがとうございました。ほとんどまとめていただきましたけれども、コミュニケーション、リスクコミュニケーションというのは、一方的に気象庁が父権主義的に何かを伝えるのではなくて、いろんなレベルで対話を進めながら、コミュニケーションしていくことが重要ですね。

特にこのことに関しては Marta さんが、質問に答えて言われましたけれども、国のレベルで、あるいは県のレベルで、あるいは市町村のレベルで、研究者なり、あるいは実際の防災担当者、それから住民との間でのリスクコミュニケーションをきちんとやっていくことが、次の災害をできるだけ減らす方法、この減災のテトラヘドロン全体での連携を取っていくことが、災害を少なくするために役に立つことですので、まだまだ解決がつかない問題もありますけれども、それに向けて、いろんな立場の方が努力をしていただければと思います。

1 時間という時間でしたけれども、少し時間をオーバーしてしまいました。せっかくパネルの皆さんがいらしたのに、少しずつしかお話ししていただけなかったのは残念ですが、必要なことは伝わったろうと思いますので、ここでこのパネルディスカッションを終わりにしたいと思います。後は司会のほうにお返しします。

**司会:** 藤井所長、ならびにパネリストの皆さま、どうもありがとうございました。それではこれで本シンポジウムの全てのプログラムが終了ということで、まず皆さん、では席へお戻りください。

それでは最後に、当山梨県富士山科学研究所の初鹿野（はじかの）晋一副所長より、閉会の挨拶を申し上げたいと思います。それでは副所長、よろしく願いいたします。

**Toshitsugu Fujii**

This is the last session of today's symposium. The time is limited, but we will talk about the Volcanic Eruption and Risk Communication. We have an additional person, Mr. Kazuki Ito from JMA in addition to all the presenters from today's symposium. I am sure that you remember all the presenters, so I would first like to ask Mr. Ito to introduce himself as well to talk about what JMA is trying to do on risk communication. Then, I will moderate the panel discussion. I'll give the background information and the future direction. Mr. Ito, the floor is yours.

**Kazuki Ito**

Once again, I am Kazuki Ito from the JMA. I am in the Earthquake and Volcanic Department. So, because of limited time, I would like to explain about what we do during the crisis or natural disaster.

First of all, this is just briefly the active volcanos in Japan. We have 111 and these are monitored by four observation centers. And also, out of 111; 50 volcanos are considered that need extra care. So, we always provide the monitoring 24 hours a day.

Briefly, this is the operation of each center. At each center, they have observation centers. They have the seismometer and also the tiltmeter, and GNS. We gather all the information and do the monitoring. If necessary, we dispatch our staff members to do the actual monitoring. So, using the daily information, we make analysis. And if we see any changes in the volcanic activities or see that there is an imminent eruption, then we have – we provide explanations and also send the alert to the residents. Together, we do this with the local municipalities and also through media. Just recently, we used our homepage and also the apps for the cellphones and all the users can obtain the information. Just recently, I would like talk about the Volcanic Alert Levels system, which we heard today. This system, it describes the target areas and actions to be taken by the residents and also by the local municipalities and it's divided into five stages.

Now, this volcanic alert level is decided by the Volcanic Disaster Management Council. Other than the JMA, they are the councils in the local municipalities and police and fire department, and also we have the experts take part and also have the businesses such as – operation such as the accommodations to think about what to do. Base on the past experience, we come up with these scenarios, possible scenarios, and also the hazard map. Based on the hazard map, we decide the alert level and also the necessary measures that should be taken. So, everything is decided through the discussions at the local level and come up with

the conclusion. So, in case of disaster, we swiftly take necessary measure and that is the basis. But as we heard today, the volcanic eruption cannot be predicted 100 percent, and although it starts erupting, things do not go as we predict. So, yes, we need to have plans.

But just coming up with the plans, it is not go itself. Important thing is that we always in communication with the community and come up with the changes whenever it is necessary. And try to do the improvement is also important. Also, we heard from the case of the Sakurajima that all the stakeholders get together to make discussion. That's also what we are doing. Also, if we talk about the community, it involves the residents and we just heard from the Colombia, important thing is that we educate people about the risks of the volcanos, and it is very important. And that's what we are to do when we make communications with the residents.

Also, in case of the disaster and once there are some damages, we need to also have the communication and I like to explain one case. Now, in case of the actual eruption, we dispatch the staff members on site and try to provide information meticulously as much as possible. So that is the communication at the disaster. For example, we have the photos of the case response at the Moto-Shirane-san part of Kusatsu Shirane-san eruption in January 2018. So, when people in the community gather, we try to provide necessary information, for example, about the weather and also the update of the volcanos.

This is the town office of Kusatsu and which do the briefing to person in-charge of the disaster prevention and also together with the local municipality people we do with the media. So, we are also emphasizing our efforts when the monster disaster happens as well. After the disaster, for example, eruption takes place, we need to engage in the search efforts and also try to recover the damaged infrastructure. So, we need to go inside the restricted areas or alert areas. And in that case, together with the local municipalities, we have to think about providing special support and also insure the safety of the people who will work, and whenever somethings happens, we try to provide them with the necessary information. So, in this way, from a peace time communication, we need to have the disaster prevention methods and also inform the residents on our efforts. So, once the disaster takes place, we have to provide the information needed. So, this is our efforts on the risk communication.

Also, the service for the residents, this is some of the service required for residents. For example, we provide information to the hikers. Particularly to the hikers,

unlike the local residents, they don't really know about the mountains that they are climbing, or sometimes they don't even know that they are on the active volcano. So, to them we provide this website and try to provide necessary information. This is also another emphasis.

For example, on this page, it shows the information about alert level or the past activities and also other information can be obtained one stop. So, those who do not know about the risk, I think there are high numbers of hikers who don't know about that. We try to educate them that there are some risks. So, we believe this is also one form of risk communication. Also at our homepage, we also provide the observation data, so make them public.

The left down is the Mount Fuji of yesterday, just like this. We try to provide really clear and really understandable information. So, it's not really a raw data. It's processed a little bit, but – and this is Sakurajima. So, you can see that, well, there are frequent earthquake or there are gas coming out. So, probably people can be more careful from the daily lives and understand what they should be careful about. So, these are efforts to the hikers and visitor. Of course, as our operations, important thing is to provide accurate information in a timely manner, and so for that we have to enhance our monitoring capability. And together with the university people and stakeholders, we are cooperating, but also this communication in how to utilize our information and how to utilize them to the disaster prevention efforts, I think this is also one this that we can play an important role. So, with the stakeholders and also in the framework of disaster prevention, we like to enhance communication.

That is all from me. Thank you.

### **Toshitsugu Fujii**

Well, thank you very much for that. So, we have heard about the – I believe we just heard a determination by the meteorological agency in Japan, which is a main player of the disaster management data. Minamisawa-san has explained about what happened in Mount Ontake. That actually changed the disaster management related to volcanic eruptions and also the JMA has decided to bring in new ways of monitoring the volcanoes and providing information, as we have just heard from Mr. Ito. Now, the panel discussion – I will explain why we decided to have this panel discussion, using some slides.

So, 2 days ago, there was a workshop in Tokyo and we had a panel discussion there as well. Actually, this is related to the previous panel discussion. I'd like to

first go through the background. This was provided Dr. Nakada. This looks at the national volcano disaster risk reduction systems in Japan, United States, Indonesia. Colombia is not included here. I'm sorry. But Chile, which has a similar structure, we have that country included.

So, what organization is looking at what part of disaster? So, here in Japan, it's the Cabinet Office. In the United States, it's FEMA. It's the Federal Emergency Management Agency. In Italy, it's DPC, civil defense department, the same in Chile. Looking at these organizations, these organizations have exclusive staff. But the Cabinet Office in Japan, the staff will change and rotate every 2 years. So, it looks similar; however, the structure is actually very different. Monitoring and research, you can see that there are national agencies that cover a large part of these areas in other countries. But we have all these organizations involved in Japan. The Meteorological Agency is indeed the main one in Japan. And, many different organizations gather together.

What is lacking in Japan? So, this slide just cites what I've just mentioned. The meteorological agency is the main player in volcano monitoring and volcano alerts systems, but it is mainly focusing on geophysical monitoring. So, there is not much knowledge about what to do when eruption is in progress. And in other foreign organizations, you would have geophysicists, geologist and others including geochemistry, but not in Japan. Actually, the meteorological agency will recruit people who pass the national examination for national public servants, therefore, you don't have experts on volcanos entering JMA.

Also, we have the CCPVE or the coordinated committee for prediction of volcanic eruptions, which is another gather of several organizations. It is a voluntary organization and it's a part-time committee maybe twice or a three time a year gather together to advice the Director General of Disaster Management because JMA has few volcano experts.

Dr. Okada has created this tetrahedron for the natural disaster mitigation. You have the residents, scientists, mass media and administration. So, you need to have all these four working together in order to mitigate disaster, which means communication will be key, or else volcanic disaster management will not be possible.

And 2 days ago, in the panel discussion, Dr. Nakada said that he focused on what should be done to between linking the scientists and administrations, and he showed this chart. We have the volcanologists and then the administration and

there should be something linking the two. Maybe social scientists and engineers should link the two. And he asked one social scientist on the floor about that and that social scientist said, well, that's out of their realm. So, it means that maybe volcanologists will have to reach out to administrations. Probably, there will be discussions on that today here, but in any case these four players need to communicate well, or else volcano disaster mitigation will not be possible.

Today, we've heard from Dr. Marta during the Nevado del Ruiz. Because of that tragedy, when Nevado del Huila erupted, a very good response was seen. And volcano monitoring with Kīlauea case usually only have 30 people all of a sudden. When there was a need, 100 scientists were gathered together so that 24/7 monitoring could become possible, and information used to notify the residents as well as the administration. That is something that Japan wants to do and Japan should do, however, we do not have the capability of doing that now.

Now, among this tetrahedron, mass media is lacking today. So, let us just focus on this part. But, yes, the relationship with the mass media, as Mr. Kikushima said, it's all about controlling – well, not control, but maybe how to deal with the media. Or else, as a tourist destination, it may backfire on them. I believe how to deal with the media, if we do have time, maybe I can come back to ask Mr. Kikushima to get his input on that point.

So, that's the background of having this panel discussion. I'd now like to move on into talking about specific points.

The first one is about Mount Fuji, the volcano. For 300 years, if it has not erupted and that is that fact, so we lack experience. So, many people may think that it's not their business. But for 500 years there were no eruptions, but suddenly the mountain – was it suddenly? Yes, after a 32-hour-or-so seismic activity, suddenly eruption occurred at Nevado del Huila. So, the risk communication part, we have heard about that from Dr. Marta. If we can once again ask Dr. Marta to explain the major points, what were the issues that you face? Because, the mountain has been inactive for 500 years, it started becoming active all of a sudden, and you had to tell the resident, you had to convince the local governments, what was the major problem, if you can please start explaining that.

### **Marta Lucia Calvache**

Okay. Yeah, it's in for volcano monitoring people, volcano hazard evaluation people, the worse-case scenario is to have, yes, few hours or few days before you have an eruption. We never thought that Nevado del Huila will have an eruption.

Of course, we didn't think what it was with just few days of higher seismicity. So, at the beginning, we don't believe it. Yes, you know that the seismicity is increasing, but you don't know how close you are from something bigger. At that time, we have a very good relationship with the people in the region because we have been for many, many years taking care of the stations. So, there is some kind of relationship, because people know the people from the volcano observatory and many times they go to the field with them. So, we become part of the region. It helps. It helps a lot. They knew about the volcano and they knew about lahars. In this river, a few – no few, like 20 years before, there was a big earthquake, and it was the rainy season and we had a lot of landslides and produce what the people call avalanches. They didn't know the name lahar, they knew about avalanches, so big-big flows along the river. So, they have a very clear perception of avalanche.

So, when we started to mention that the volcano had the seismicity and few days before, 2 days before we have this eruption, they were very open and they were very open to follow the recommendations. The mayor or the city, when he asked them to – if they listen a siren, they have to evacuate. In general, people didn't complain. They agree. They were willing to do it. They work all the time and they say, "Okay, we have to do it." Of course, main problems were that this town was isolated because most of the breach would destroy. So, they were isolated for months and months, because the car, there was no possible to go to the town by car. So, they put some provisional breach and it was possible to go just by kind of cable to cross the rivers and go to this place. But they have a lot of problems. I didn't mention, but after the third eruption, they have – they got ash. Just once they got ash. For them it was the first time that they got ash. They behave very well with the lahar, a big-big lahar, but they have just no idea what ash was. They were – it was just a little bit of ash, and they were so confused because of the ash that it amazed most of the people because they understood and the perception about lahar was very good. But about ash, like as you see for Sakurajima and for another places, people just became very well prepared to manage ash, to clear, to behave in the proper way with ash. But in this community, they never saw about ash. They were thinking about lahars.

This comes today my – I will mention that communication is very important. It is really one of the important things in monitoring, in management or volcanic crisis, but I think according with our experience that you have to pay attention what are you communicating. You communicate according with the situation and every situation is differing. So, perhaps in some places, the most important thing is to talk about lahars, but in other places, the most important thing is to talk about ash. Perhaps you cannot – the risk from both of them is different. So, you don't

have an equation to communication. You have to be feeling what is necessary in different places and in different communities, and I will say that the social scientists, I think they are necessary in this part of the volcanic crisis management. Because we are just volcanologists, we are geologists, seismologists, physicists, and we may know somethings, but I think the social scientists know much better about reactions of people, about perception, about different ways to communicate.

Some people mentioned to us that we are always talking about very bad things and that we are apocalyptic. We are always talking about big flow, big column, big earthquake and that – because we are always talking about bad things, people try to build a kind of protection of a shield. So, they don't want to listen to us, because always we don't have good news, always we are talking about bad news, and perhaps a social scientist will help how to break that shield that sometimes we have between our job – the result of our job and the communities. So, I think that we are learning. In our case, we are learning, and more people, more different points of view will be better and better, I think.

### **Toshitsugu Fujii**

Thank you very much. Dr. Marta said all the things that we should be thinking about – in regarding lahar, you already educated the people in the community well, so they understood lahar very well, but when they experienced fallout volcanic ash, the people were confused. So, little knowledge can reduce a fear. So, even at normal times, we need to explain what kind of phenomena could occur in volcanos. The general public needs to understand various different phenomena and we need to educate them. We need to give them opportunities to learn about these things. Two days ago, the social scientists refused our proposal I said, but actually there are few social scientists in the field of disaster management of volcanos. They usually are engaged in earthquake or water-related disasters which could occur repeatedly and frequently. That's why we don't have enough social scientists who are engaged in volcanic disasters which occur infrequently. But as Dr. Marta said, we need to understand the reactions from public. We need to understand society in communicating with people. As Dr. Marta said, we usually communicate the worst-case scenarios to people, but the people might start rejecting our communication and then we cannot move on to the next step anymore. So, in a diverse group of people, we must think about how and what to communicate to people. We have a lot to learn in this area. Social scientists and engineers should be involved in this communication. I think that's the takeaway from this case. In case of Mount Huila, the eruption occurred right after the seismic activity. But in case of Karangetang, the unrest started in 2016, and the eruption occurred 2 years later in 2018.

So, Dr. Supriyati, I'd like ask next question. There was a long respect, but after the seismic activity started, eruption followed 2 years later. So, how did you communicate to people in the areas? Because, people were not sure when the eruption would occur, but then everyone knew that the activity was becoming more active and active, so I am sure that people were quite concerned about what was happening. So, how did you communicate to people in that 2-year period?

### **Supriyati Andreastuti**

Karangetang is very unique because the activity is continuous and some people there bit experienced about the previous eruption. We have 4 died because of the eruption, and yeah, we learnt that they need to know why they run to the wrong way. So, when we order evacuation and they run to the wrong way and also because the topography is very irregular and some of them used motorcycle to evacuate. But in panic, sometime the motorcycle doesn't work and also once they thought that the pyroclastic flow is in certain direction, but actually that's in another direction. After that event, then we went there to do socialization, as I mentioned in the presentation, that we ask them to involve in the field I with my colleague asked them to do evacuation along the way, follow the path before and then identify the risk what they see.

After they follow the evacuation route, so we assumed there is a evacuation scenario and after the alert level announced, we should evacuate, and then they evacuate. But at that time, we said that we need to know what you can observe along the way, because when we talk about the risk, sometimes they do not quite understand. But when you evacuate by yourself and you can feel the road that is not easy to follow and then also the traffic jam, and we also said that we should be careful when doing evacuation because there will be traffic, so what you will see and decide. At that time, they are not comfortable because of this exercise. And after reach the evacuation place, they said that we have problem with the traffic and we crash each other and we couldn't see where is the place to stay, the safer place. By that time, we said that what you experienced when you evacuate along the way with opposite direction. So, they understand that they, "Okay, it means that I don't go in both directions." Therefore they started to understand the evacuation route. The safer place, what do you have in there? Because when you evacuate to certain place, you need to have facilitation. But when you go there, it means that people, they want to have the direction and also - say like facilities, toilet, and then doctor and then many things should be available. So, when we - during the exercise, they also make a list that I need a doctor, I need a tent, I need logistic, something like this. So, they make a list by themselves even not in order, but they understand what they need.

Finally, by the end of exercise, at least they know what we mean with the exercise, because when they can identify the risk by themselves, they will understand more rather than we explain. Because when we explain, sometimes they forget or sometimes they argue many times, but when we finish our exercise, then they understand why – when that we inform the alert level, why there is a crisis and then you said like that. But after the exercise, they came back to the observatory and they start to watch closely the monitoring system and then we explain to them. You know, sometime when – in normal time no signal, but suddenly there is big signal and you need to evacuate. That means that by that time, because of the tectonic earthquake, so the activity of that volcano also influenced by tectonic earthquake. That's why as sudden without warning they need to evacuate. Thank you.

### **Toshitsugu Fujii**

Thank you very much. So, the difficulty of risk communication, I think, became very clear. If you order evacuation to ordinary people, to the residents based on paternalism, sometime it's really difficult for them to understand and as a result it might end up not evacuating. So, important thing is to try to logically explain why they need to evacuate and explain appropriately. People can respond and act properly after they will notice the risks. So, I think it's important to have drill and also enhance communication during dormant stage.

Now, up until now, the evacuation or the education of the resident were the focus, but from the presentations we heard, sometimes there are cases there are no damages to residents, but the visitors may be involved in disaster, which is the case of the Mount Ontake eruption.

And Minamisawa-san presented us that on the rescue operations the coordination – the importance of the coordination by the governmental organizations. And in order to grasp the actual situation on the ground, what was the biggest trouble for Nagano prefecture? What should be done in order to avoid all the troubles that you face at Ontake incident? Anything that we can learn from your experience?

### **Osamu Minamisawa**

As I talked today, Mount Ontake within the 4 kilometers from the crater, there are no residents. There are just some huts. So, there are only climbers or hikers there. Also, if you have a registration of the climbing, we can have a good grasp of who is in the mountain. But up until the seventh height, you can go with the vehicle, so it is a place where even the children – small children can go. That resulted in that small children were included in victims of Ontake disaster. There

were no applications or registration from there. In many places, they make it as a law to submit the registration and also some local municipalities. They provide some app so that to tell the local authority that now they have entered mountain. I think Otaki village had started something like that.

So, the biggest thing was that – the trouble was that gathering information. It was really hard. The police set up a hotline and we try to get information from those who seek to have the acquaintances visiting the Ontake, so we may call to them one by one. Also, the entrance, their vehicles, so we try to identify the owners of the car and try to understand who are in the mountains.

So, in the Mount Ontake case, within the council we set a lot a lot of signs. We also called upon climbers to register that they are going into the mountains. There were some patrols going out in order to call upon the climbers and alert them. So, we are trying to devise measures so that we better make the climber aware, so that we can get information about them.

### **Toshitsugu Fujii**

Now, since Mount Ontake, I do understand that many measures have been taken. During the Mount Ontake eruption, I believe several hundreds were up on the mount, but if something happens during the summer climbing season on Mount Fuji, about 4000 people will up climbing the mountain or somewhere along the slope. Can we really grasp information about all these climbers? There are a lot of ways devised in order to capture information about all the climbers, however, it seems quite difficult. So, in disaster management, this may be an issue that related municipalities and organizations will have to work hard on.

We have the risk communication for the general community, for the residents, because you know who they are. However, when it comes to these climbers, the tourists, we don't know who we will be communicating to. We may need to use the media. Today, unfortunately we don't have people from the media here, so I don't think we can continue on this track of discussion, but I believe – related municipalities will have to think about how you can capture the attention of visitors, the tourists, the climbers.

Now, Kikushima-san, you have actually faced an eruption situation in tourism or tourist destination. So, what were the difficulties that you faced? What would you think should have been in place so that it made things easier? So, what would be the communication link between tourist business and related authorities?

**Nobuhiro Kikushima**

The businesses, well, it's very difficult to lump them up in a group. You have first the accommodations. The traffic, transportation, restaurants, there are different sections of business, and each section may differ how they deal with the tourists and the needs will be different. But one common thing would be that Hakone town, let's say, eruption occurred, we first must make sure that accurate information goes out to all tourists and everybody understand that point.

The 2015 response, and actually this year, in May, the alert level went up to 2, and just until 2 weeks ago. So, for about 6 months, there were no entry zone set up and we dealt with the situation in the same way, but the tourists responded differently from 2015.

So, this time, actually tourism industry thanked us saying that everybody has learned from the previous experience. So, what happened is that last time when the first information came in about the small-scale eruption on Hakone Mountain, that was reported in the media. And people who don't understand the situation thought that if Mount Hakone is erupting, Hakone altogether was dangerous. We don't use the word rumor or reputational damage because that means there is some perpetrator out there causing damaging. There is nobody out there trying to miscommunicate. So, we don't use that word. However, there were some misunderstandings that were spread. So, when the media reported that the mountain in Hakone has erupted, because the word Hakone was in the report, we found that our town was empty of tourists. But then after that, even after that if we say that it's just in the Ōwakudani area, it was too late, because people used social media to tweet and communicate about the situation and therefore somebody commented on the eruption in Hakone saying that Hakone town is in this middle of the caldera and there used to be a big mountain like Mount Fuji and that erupted and the mountain itself blow away, therefore, it means that Hakone as a whole is dangerous. Some people wrote that comment. That is not correct, but people who didn't know the situation probably heard that or read that somewhere and posted that commented and that simply spread. More than accurate information, false information actual spread quicker probably because it has a great impact.

At an early stage, we should have communicated the accurate information, the correct information because the town people didn't know what to communicate and how to communicate. We'd left it up to the media to report. So, the tourism industry asked us to do something about that. For this year that incident, because of the past experience, when the alert level was raised, the town mayor held a

news conference and at the same time the prefectural governor held a news conference to say that it is just in a limited area of Hakone. They use maps. This is Hakone and this is the area where the alert level has been raised. These drawings and maps were used. The media, of course, they don't have information. They want information. They also go do their research and sometimes they want to report quickly. Sometimes they report based on inaccurate information. This time we try to communicate better with the media. Last time we have seen tourists number dropped by 60%, 70%, but this time it didn't drop as much as 20%. Tourist knew that as long as they stayed out of the danger zone, Hakone is still a wonderful place to visit, and that's why we were able to improve our response.

Now, typhoon number 19 this year, we had a similar situation. The typhoon hit some of the hot spa supply facilities. That was the report that went out first. Actually, this facility management company has been supplying hot spring water to 400 facilities. That is actually correct. So, suddenly the report said that supply has stopped in 400 places and it sounded as if there was no more hot spring water available in Hakone. The media covering this area, they were five newspaper companies and five television companies, but they communicated with the authority there. The 400 contacts for supplying hot spring water, actually 40 percent of them were to these vacation houses.

Usually people don't stay there, but – this is a contractor supply. This is contractor supply hot spring water when people stay in these areas. But 60 percent is for the hotels and inns, actually only 40 percent of that 60 percent has been affected. Only 100 out of 400 had a stop in their supply of hot water. We tried to explain that and that panic also subsided. So, I believe it's very important that the tourism industry as well as the municipality need to communicate well. We need to include tourism into our disaster management plan. Of course, we can't lie to the tourists. We can't hide information to the tourist. We don't want to hide information just to get tourists into Hakone. We have to tell them what area is safe, what area are dangerous. I believe it's a way to use the mass media so that accurate information could be sent out in a timely manner, because if that is done, it will reach the tourists and the reports will be very useful for our industry as well.

Thank you.

**Toshitsugu Fujii**

Thank you for that. So, we heard about the relationship between the administration and tourism industry. How to send out the accurate information on a timely manner, you talked about that. And in Hawaii as well, in 2018, Kilauea

volcano eruption occurred and just a small part of Kīlauea was affected. The eruption itself was quite big, but the impacted areas was limited. However, people may have thought that the entire Hawaii Island was impacted and I heard that the number of tourists went down significantly because of this information. Was there any measure taken to tackle this in the US? Can you tell us about that, if any? And is there any lessons learned from that experience? Any reflections that you can share with us?

**James Kauahikaua**

It's true that over the 35 years prior to the 2018 activity, the tourist industry was built up quite considerably around the eruption – around the ability to see active lava. And when the eruption shifted to the 2018 activity at the summit and the Lower East Rift Zone, there were a surprising number of people that didn't realize that, for example, the eruption was occurring on a different island than Waikiki Beach, which is a very big tourist area on another island, and that even if they did realize it was on the island, they had the impression that it was affecting the entire island. I have to admit that when we were – when I showed maps and my presentation, we focused on the areas that were being effected directly and we didn't use outlines of the island to show how small the area was that was directly affected, and that probably would have helped. But when you are in the middle of a crisis like that and mostly focusing on what people need to know, local residents primarily, and emergency managers, people that are going to deal with trying to evacuate people, trying to restore services or at least provide auxiliary services in other places. I believe that something we could have done better, but that wasn't the top thing on our mind.

**Toshitsugu Fujii**

Thank you very much. So, in just a small part of the tourist spot the eruption occurs, but this miscommunication occurs and we don't know what is the most effective measure to be taken. But as heard on Hakone, the partial area was in danger and it was effectively communicated. But in some cases, volcanic activity may increasingly active. We cannot always accurately forecast what's going to happen. There are things that we cannot know, but we do have to communicate that potential and possibility of impact to people. So, that's where we need the help of social scientist, but we don't have social scientist today unfortunately. So, we heard about the disaster that has occurred, but let's think about the future potential disaster. Kagoshima city may be facing a large disaster due to the eruption of Sakurajima in the future, and conducting a large scale evacuation drill every year. Because Kagoshima is an attractive tourism – tourist spots as well,

I can expect some negative response from tourist industry for this kind of evacuation drill. So, was there any resistance from the tourist industry on the evacuation drills that you are conducting? What can you tell us from your experience?

**Toyoshi Atari**

Four years ago, on August 15<sup>th</sup>, the magma started intrusion and the volcanic alert level was raised to level 4 for the first time and then the island, a part of the island needed to be evacuated. So, that's what happened. And tourism industry, especially students take field trips to Kagoshima, but they stopped coming all together. We all of a sudden made a poster saying that Kagoshima is safe. However, the tourism industry did not recover so easily. And the following year, the volcanic alert level 4 was lifted quite quickly and then Sakurajima volcanic alert level is now level 3, which is a normal level. But the volcanic bomb has reached 2500 meters from the volcanic vent and one this national broadcasting station has broadcasted, covered this footage of Sakurajima, which was ejecting volcanic bomb and set that no one can approach the volcano. But within the 2 kilometer radius from Sakurajima, it's already an exclusion zone. So, no one was there. But that was the communication done by the state broadcaster, and because of that the students stopped taking fields trips to Sakurajima. Earlier I showed you a video. From the flank of the mountain the eruption was occurring, and I thought that the tourism industry may be lodging complaints to us. But there was actually complaint from an assembly member. So, by showing the actual footage to people, we can communicate to people what is actually happening and it's quite important to do so. We need to have people aware of what's happening as they go on with their lives.

**Toshitsugu Fujii**

Yes, thank you very much. So, communicating the accurate information is important. You cannot hide the risks. We need to share the knowledge on volcanic eruptions.

So, Mr. Atari said that NHK – oh, no, not NHK, a state-run television station. I don't think anyone is here from that TV station. This TV station showed a large footage of the eruption of Sakurajima. It's related to the eruption alert system of JMA. When Mount Ontake erupted, JMA knew that people who are hiking on Mount Ontake could not be saved on time, but JMA needed to raise aware of people on the volcano before they went into the eruption site without recognizing eruption is on going. In order to announce the eruption, they have to measure the height of the plume and it takes 20 minutes to monitor and forecast eruption without this

new alert system. So, that's why we decided to introduce the eruption alert system. But in case of Sakurajima, no one can enter the restricted zone of 2km from crater at any time, and we do not need to expect any climbers in the dangerous zone even if the explosion happens. So, we do not need to alert the eruption in case of Sakurajima. However, JMA released eruption alert, and the mass media reacted to that in a freakish manner, causing the damage for tourism. So Mr. Ito, taking this opportunity, if you have anything that you can share with us on the forecast system, we appreciate it.

### **Kazuki Ito**

Yes. After the eruption of Mount Ontake, we started the eruption forecast system. And when we communicated the potential eruption, we raised the volcanic eruption alert level, but before that we had to more quickly communicate the potential risk of eruption, and we have gone through trials and errors. In case of Mount Sakurajima, we may not have needed the forecast to be communicated. So, learned from that experience but for those eruptions that we have experienced in the past, we don't need to communicate the potential risk. In case the impact might spread around further, then we have to first communicate the fact that the eruption has already occurred and then people nearby need to evacuate based on that information. So, we have changed a standup procedure of communication. And those who are not in the scope of the risk zone, we don't have to communicate on an urgent manner. The forecast information is communicated in a different manner today based on this new standard. So, we have made improvement based on our experiences.

Also, important thing is try to provide information that is understandable and let's talk about the communication. But we tend to think that just telling the information is the communication, but I think communication is made up of dialogue. So, how to use our information would be needed. Also, we need to have the input from the residents and also the experts. So, we need to improve and brush-up system.

### **Toshitsugu Fujii**

So, thank you very much. I think you've reached the conclusion. So, risk communication or communication is not something unilateral that JMA tells something in paternalistic manner, but through dialogue tell something and that is important. And focus on this, Dr. Marta responded to a question that in the national level or community or local municipality level, all the people in-charge of the disaster management and the residents must be engaged in the risk communication and that is important in mitigating the next disaster. So, having

the cooperation of the entire stakeholders is important in this tetrahedral. There are still many issues to be solved, but all the people need to work hard.

Well, it's been an hour or – it's a little bit over the schedule. I am very sorry that all the panelists had very little time to self, but I believe that you've been able to communicate what needs to be communication. So, we'd like to end this panel discussion here.

So, I give it back to the MC.

**Moderator**

Prof. Fujii and all the panelists, thank you very much. So, with this, we end this symposium. We have finished all the agenda for today. So, at the end, we will have – well, yes, please return to your seat. The panelists, please return to your seats.

Thank you very much.

So, lastly, Deputy Director Shinichi Hajikano of MFRI will make a closing remark please.

【 閉会の挨拶 】

初鹿野 晋一（山梨県富士山科学研究所 副所長）

**初鹿野**：山梨県富士山科学研究所、副所長の初鹿野と申します。本日は長時間にわたりまして、最後までご協力をいただきまして、誠にありがとうございました。本日のシンポジウムは「火山噴火とリスクコミュニケーション」というタイトルで、国内外の火山噴火の具体的な事例を紹介していただいたり、いかに平常時から噴火時のイメージをしっかりと持って、備えることが重要であるか、改めて認識したところでございます。

また、先ほどのパネルディスカッションでは、それぞれの専門分野のお立場から、活発なご意見をいただきました。非常に有意義な時間を過ごすことができたのではないかと考えております。主催者として深くお礼を申し上げるところでございます。

先生方には大変お忙しいなか、また遠く離れた山梨までご来県いただき、有意義なご講演などを頂戴しましたことに、厚く御礼を申し上げます。

本研究所では火山防災をはじめ、自然環境などの富士山の保全に関する研究を行っておりますが、その成果を発信するためにいろいろな講座やセミナー、研修会なども開催しておりますので、皆さまのますますのご参加をお願いするところでございます。また、当研究所では、地域の皆さんのところに研究員が出張して、火山防災に関するお話をさせていただく、出張講義も行っております。ご希望があれば、当研究所にご連絡をいただければと思います。

最後に、講師の皆さまや、ご来場いただきました皆さまに感謝を申し上げますとともに、このシンポジウムの成果を、皆さまの日頃の生活の中で活かしていただけることを願いつつ、誠に簡単ではありますが、閉会の挨拶とさせていただきます。本日は本当にありがとうございました。

**司会**：それでは、これにて全プログラムが終了となります。皆さん、長時間お付き合いいただき、ありがとうございました。

お帰りに際しまして、2点だけご案内、お願いがございます。まず1点目は、アンケートを皆さんにお配りしていると思いますので、ぜひアンケートのほうに、今後の開催の希望等をお書きいただければと思います。

あともう一つですけれども、今日、使っていただきました、同時通訳のレシーバーですが、お持ち帰りにならないよう、お気を付けください。椅子のほうに置いて帰っていただければと思います。どうぞよろしく申し上げます。

それではお疲れさまです。ありがとうございました。

**Shinichi Hajikano**

I am Deputy Director of Mount Fuji Research Institute. My name is Hajikano. Thank you very much for staying with us until the end. Today's symposium was titled Volcanic Eruption and Risk Communication. We heard about specific cases of volcanic eruptions in Japan and overseas, and we once again realized how important it is to have the clear image of eruptions at normal times and to prepare for eruptions.

During the panel discussion, the panelists had an active discussion from their point of view their expertise, and I believe that we had a very productive time. I would like to take this opportunity to thank all the panelists on behalf of the organizer. Once again, I would like to express our appreciation to all the guest speakers for coming all the way to Yamanashi prefecture to give us the lecture and to give us your insights.

Our research institute is conducting various researches on Mount Fuji preservation and natural environment as well volcanic disaster management, and we organize various lecture, seminars, and workshop. We welcome your participation.

In our research institute, we also send researchers to your sites and give lectures on volcanic disaster mitigation measures. If you are interested, please let us know.

I would like to express our gratitude to all the speakers and the members of the audience and sincerely hope that we will be making use of what you've learned today during the symposium.

Thank you very much for your attention.

**Moderator**

Thank you very much. This concludes today's symposium. Thank you very much for staying until the end.

I have two announcements. First, I believe you have the questioner sheet. Please fill out the questionnaire, any requests for future symposia and workshops and the simultaneous translation device. Please do not take that back home with you. Please leave the device on the chair. Thank you very much once again.

講演要旨集  
(Abstract)



## 北スラウェシ州・カラングタン火山災害の危機管理から学んだ教訓

Supriyati D. Andreastuti

インドネシア 火山地質災害軽減センター

カラングタン火山（標高1,784m）は、インドネシア東部にある火山島で、北スラウェシ州シアウ・タグランタン・ピアロ県のシアウ島にあるインドネシア国内でもとても活発な火山である。カラングタン火山には北部に3つ（KII, KIII, KV）南部に2つ（KI and KIV）合計5つの火口がある。最も新しい噴火は2016年に北部のKII火口から発生した。活動が活発化し、2016年3月16日に警戒レベルがWaspada（警戒レベル2、インドネシア語で「警戒する」）に上がった。活動はさらに活発化し、2018年12月12日には警戒レベルがSiaga（警戒レベル3、インドネシア語で「避難準備」）に上がった。2018年11月27日以降、熱雲（火砕流の一種）が発生し、1000m西にあるSumpihi川とKinali川に達した。噴火の活発化に伴って溶岩流は北のMalebuhe川に向かって進み、2019年2月5日には山頂から約4 kmの距離にある海に達した。この活動で216人の住民が避難し、溶岩流により唯一の道路が通行止めになったためBatubulan村が孤立した。それゆえ、村にアクセスするには海から行くしかなかった。一方で、地理的条件、悪天候、そして高波により難民救出のため村に到達するのは困難であった。

2019年7月から現在（2019年10月）まで、熱雲の方向は西側から南西、南へそして南東へと広がっていった。南側のKI火口の活動も活発になり、現在KIIとKIの両方の火口が活発になっているが、KI火口の方がよりダイナミックである。カラングタン火山における噴火の経験から、我々は予想される噴火に対する戦略と準備が大切であることを学んだ。危機管理計画を準備することやコンティンジェンシー計画の見直しや改定は、リソースを認識し発展させるための基本であり、最も重要なことは災害管理のニーズにおけるギャップを埋めることである。これら計画をサポートするために、ステークホルダーの間の調整とコミュニケーションが必要となる。

## **Lesson Learnt from Disaster Management in Karangetang Volcano, North Sulawesi, Indonesia**

Supriyati D. Andreastuti

Center for Volcanology and Geological Hazard Mitigation, Indonesia

Karangetang Volcano (1,784 m asl) is included in very active volcano in Indonesia. It is located in Siau Island, Siau Tagulandang Biaro Regency, North Sulawesi. It is a volcano island in the eastern part of Indonesia. The volcano has five craters (K I, KII, KIII, KIV and KV), tree craters in the north (KII, KIII, KV) two craters in the south (KI and KIV). The recent activity started in 2016 from KII, in the north. When the activity progressed the alert level was raised to Waspada (Advisory/Level II, 16 March 2016). It became prominent and the alert level was again raised to Siaga (Watch/Level III, 12 December 2018). Since 27 November 2018, glowing avalanche occurred and reached 1000m distance to the west to Sumpihi and Kinali Rivers. In its development of activity, lava flow directed to the north (Malebuhe River) and reached the sea about 4km from the summit on 5 February 2019. The activity caused 216 people displaced and one village (Batubulan) isolated because the only road to the village was interrupted by lava flows. Therefore, the only way to approach the village is by sea. On the other hand, geographic condition, bad weather, and high sea waves caused problem to reach the village in facilitating refugees.

Since July 2019 until now (October 2019), direction of glowing avalanches developed to any direction from west to southwest to south and to southeast. The activity generated from KI in the south. Currently, both KII and KI are active, but KI is more dynamic. From the experience of Karangetang eruptions, we learnt that strategy and preparation to anticipate eruptions are important. Preparing Disaster Management Plan, Regular Review and Updated Contingency Plan is fundamental in recognizing and developing resources and most importantly is filling gap in the needs of disaster management. To support the plans, coordination and communication between stakeholders are necessary.

## 御嶽山噴火災害への対応

南沢 修

長野県木曾建設事務所 次長

御嶽山は、日本百名山に数えられる人気の山である。

2014年9月27日、11:41頃から火山性微動が発生し、11:52頃に噴火。紅葉時期の久々の快晴な土曜日で、噴火時は火口近くの山頂に、多くの登山者が滞在していた。長野県は、「災害警戒・対策本部」を設置。その後、災対法に基づく「長野県御嶽山噴火災害対策本部」とし、国レベルの救助・救急対応が必要と、自衛隊に災害派遣、消防庁に緊急消防援助隊の派遣要請を行った。国は、28日「御嶽山噴火非常災害対策本部」、県庁に「現地対策本部」を設置。救助・救出活動の方針決定等の迅速な判断に機能した。

噴火直後の初期の被災情報は、警察・消防に頼るところが大きいが、断片的である。少ない情報の中で、また、有毒の火山ガスが噴出し、噴火の危険がある火口近傍で、警察・消防・自衛隊が連携し、被災者の救助・救急活動を実施。この時、県庁及び現地で、3隊が共同・連携し、情報共有・意思決定を行った対応は、高く評価されている。

救助・救急活動は、9月27日～10月16日に実施。翌年7月29日～8月6日に、行方不明者の再捜索を実施したが、今なお5名の行方不明者の発見には至っていない。

## Response to Volcanic Disaster during the 2014 Ontake Eruption

Osamu Minamisawa

Deputy Director-General, Nagano Prefectural Kiso Construction Office

Ontake volcano, which is one of “one-hundred famous mountains in Japan”, and popular among hikers, erupted at 11:52 a.m. on September 27, 2014 soon after the detection of volcanic tremors at 11:41 a.m. The eruption occurred on a fine day during a weekend of its peak hiking season with a beautiful view of red leaves. Many people stayed at the summit area, which is very close to the volcanic vent, at the moment of the eruption. Nagano Prefecture set up a disaster alert and management center in response to the eruption and altered it to “Ontake Volcano Disaster Management Headquarters”, which is on the basis of Japanese Disaster Countermeasure Basic Act. The headquarters required the assistance of national government and asked the Self-Defense Forces and Fire and Disaster Management Agency to disaster relief mission. National Government also established Major Disaster Management Headquarters and On-site Disaster Countermeasures Headquarters on September 28 to promptly make decision on rescue work. Nagano Prefectural police office and fire department mainly gather disaster information at the early stage immediately after the eruption. Although many of the information was fragmented, police, fire fighters, and Self-Defense Forces personnel cooperated with each other to conduct rescue work in an environment of the risk of re-eruptions and poisonous volcanic gases. These cooperative activities were highly appreciated. The search and rescue activities were conducted during September 27 and October 16. Five people are still missing in spite of an additional activities during July 29 and August 6 in the next year.

## コロンビアで学ぶ火山との共存

Marta Lucia Calvache

コロンビア地質調査所

コロンビアは3つの主なプレート（南アメリカプレート、ナスカプレート、カリブプレート）の影響下にある。このテクトニクスが地域の特徴、すなわち、コロンビアに存在する3つの山脈の形成やコロンビア国内で発生する地震活動や火山活動を決定づけている。コロンビアには30以上の火山があり、過去10,000年ほど活動を続けてきた。本発表は雪に覆われた二つの火山（ネバド・デル・ルイス火山とネバド・デル・ウイラ火山）の噴火時の経験について話をする。ネバド・デル・ルイス火山は国の中央に位置し、1985年11月13日に発生した噴火の前に、約1年間再活発化の兆候を示した。この時の噴火では、コロンビアには火山監視システムはなく、噴火リスク評価のための研究も十分ではなかった。完新世における火山噴火の層序学的研究はあったが、この知識は意思決定権者や地域コミュニティにとって有効な情報とはならなかった。加えて、ネバド・デル・ルイス火山東部の噴火被害を受けた地域は火口からの距離が遠く、地域コミュニティに火山に関する知識はなく、危険を知らせるはずの活動の活発化を知るすべもなかった。これは国や地方における意思決定権者にとっても同様であった。

こうした苦い経験の結果、コロンビアでは国が危機管理システムを整備し、国家レベル、地域レベル、地方レベルと同様に政府、民間企業、コミュニティレベルで責任の所在ややるべき仕事を定義した。

ネバド・デル・ルイス火山とは異なりネバド・デル・ウイラ火山では、地形学的な理由や噴気孔、温泉などがあることから活火山であることは知られていたが、過去数十万年にわたり噴火の証拠が見られず、それほど活発であるとは思われていなかった。しかしながら2007年2月、地震が観測されてから48時間以内に噴火が発生し、山頂で2 km以上の割れ目火口が生じた。同年4月、ネバド・デル・ウイラ火山では短期間の地震活動活発化の後に再び噴火をした。この噴火では北東-南西方向に二つ目の火口が生じ、巨大なラハールを伴った。これによりこの地域では乗り物や歩道橋が破壊され、多くの場所で外部との連絡が断たれることになった。2008年11月、ネバド・デル・ウイラ火山は再度噴火し大規模なラハールが発生し非常に広い範囲が被害を受けたが、噴火自体はそれほど大きなものではなくネバド・デル・ルイス火山の被害と比べて人的被害は非常に少なく済んだ。

2007年2月以降、危機管理システムを扱う機関では地域コミュニティと関係当局が共同で作業を行い、その結果地域コミュニティでは「雪崩」を感知することが可能となった。コロンビアにおける火山監視や研究を担うコロンビア地質調査所（SGC）による早期情報や警報は、関係当局と地域コミュニティによる早期避難対策に役立てられている。この経験を念頭に置くと、火山や火山活動に関する知識を得ることはとても大切であり、地域コミュニティや意思決定権者は一緒になって、教師や学校での教育プログラムを通じた子供たちへの教育に力を入れている。

## **Our territory Colombia, a place to learn how to live with active volcanoes**

Marta Lucia Calvache

Technical Director of Geologic Survey, Colombian Geological Survey

Colombia is the result of the interaction of three main tectonic plates: South American, Nazca and Caribbean. This tectonic environment defines the characteristics of the territory, related to the formation of the three mountain ranges present in Colombia and the seismic and volcanic activity of the country. Colombia has more than 30 volcanoes, that are believed to have had eruptive activity in the last 10,000 years, or so. This presentation emphasizes the experience of Colombia with the eruptions of two snowy volcanoes: Ruiz and Huila volcanoes. The Nevado del Ruiz volcano is located in the center of the country, showed signs of reactivation for almost 12 months, before the main eruption, which occurred on November 13, 1985. At that time, the country did not have volcanic monitoring systems, neither, studies to assess the volcanic risk. There were stratigraphic studies on the eruptions of the volcano in the Holocene, but this knowledge did not translate into useful information for decision makers and the community. Additionally, the area affected by the eruption in the East of the volcano, is located far from the volcano and their communities did not have a knowledge, nor the perception that the volcano and its activity represented something dangerous for them. Something similar happened with the decision makers in the region and the country.

As a consequence of this tragedy, the country organized the Risk Management System, defining responsibilities, tasks and commitments, both at the governmental, private and community levels, as well as at the national, regional and local levels.

Unlike the Nevado del Ruiz volcano, in the Nevado del Huila no evidence of eruptions was known in the last hundreds of thousands of years, although it was known to be an active volcano, due to its geomorphology, presence of fumaroles, hot springs, this volcano did not seem one of the most active volcanoes in Colombia. However, in February 2007 and only after less than 48 hours of seismological evidence, the volcano erupted and a crack opened more than 2 km long, at the top of the volcano. In April of the same year, the volcano again had a short seismic crisis after which, it had a new eruption, which opened a second crack in the Northeast-Southwest direction, with this eruption a very large lahar was generated, which had a great impact on the region, as many sites were held incommunicado due to the destruction of vehicular and pedestrian bridges. In November 2008, the volcano had a new eruption, which although it was not very large from the volcanological point of view, generated a large volume lahar, which affected a very large area but, the loss of human lives was very small, especially when compared to the tragedy of the Nevado del Ruiz.

Since February 2007, the institutions of the Risk Management System, the community and the authorities worked together. The community had a clear perception of 'avalanches'. The early information and alerts issued by the SGC, Institution responsible for the study and volcanic monitoring in Colombia, had a rapid response for evacuation by the authorities and community. With this experience in mind, it is very important that in the generation of volcanic knowledge and about the activity of the volcano, the community and decision makers are involved and possibly the best effort is to invest in the education of children through teachers and the educational programs in schools.

## 大規模噴火でも「犠牲者ゼロ」を目指して

中 豊司

鹿児島市危機管理局

60年以上の長きに亘って噴火活動を続ける桜島と60万市民が共生する鹿児島市では、桜島の噴火と降灰は日常であり、毎日桜島上空の風向きや降灰予報などの情報が発信され、生活の中で活用されている。降灰後には、ロードスイーパーや散水車で火山灰の除去にあたるほか、市民は市が配布する克灰袋等に灰を収集し指定の置場に集め、市が回収処分するなど地域全体で降灰対策に取り組んでいる。

また、今年度で50回目を迎える総合防災訓練を通じて避難体制の充実と改善を図り、警察や自衛隊、ライフライン事業者等の防災関係機関との連携を深めているほか、桜島住民と避難先の住民とが交流している。さらに、2か月に一度開催する火山防災連絡会を通じ、気象庁や大学、国・県・市による連携・情報共有を図るなど、顔の見える関係が構築されている。このほか、インドネシア・スレマン県と交流促進に関する覚書を交わし、相互の火山防災対策の研鑽にも努めている。

このような火山防災のモデル都市としての取組を推進するため、火山防災トップシティ構想を策定し、市民・研究機関・行政が一体となって防災力を高め、本市の取組を国内外に発信し、交流人口拡大と他の火山地域の被害軽減への貢献に取り組んでいる。

## The Challenge to Zero Victims Even in Large-scale Eruptions

Toyoshi Atari

Chief, Crisis Management Division, Kagoshima City

Kagoshima city, with a population of approximately 600,000, has an active volcano, Sakurajima, and often experienced ashfalls since the present series of eruptive activities began sixty years ago. The ashfall forecast including the information on wind directions over Sakurajima volcano is published every day and utilized in the daily life. Kagoshima city conducts clean-up operations with road sweepers and sprinkler trucks after ashfalls. The people in Kagoshima city clean up volcanic ash by using heavy-duty plastic bags, which is provided by city officials for the special use on volcanic ash, and put the bags to designated collection sites. Kagoshima city also conducts evacuation drills once a year in these fifty years with the collaboration of polices, self-defense forces, and other stakeholders such as managers of social infrastructure. Residents in Sakurajima area also develop good relationships with people in potential destination areas in case of evacuation. In addition, related officials of the national government, prefecture, cities, JMA and researchers in universities have meetings on volcanic disasters every other month to enable face-to-face communication and share information. Kagoshima city also signed the Letter of Intent with Sleman regency, special region of Yogyakarta, Indonesia to enhance communications for improving countermeasures against volcanic disasters. To promote such policies as a model city of volcanic disaster prevention, Kagoshima city formulated “Top City Conception of Volcanic Disaster Prevention” and integrate the abilities of citizens, research facilities, and governmental officials to contribute to mitigate volcanic disasters. The city also works on disseminating the information on its activities and increasing the number of involved people.

## 2018年ハワイキラウエア火山における側噴火及び火口崩壊と、緊急時の政府の対応

Jim Kauahikaua and Steve Brantley

USGS ハワイ火山観測所

2018年のキラウエア火山における噴火活動は、過去の噴火の歴史の中でも最も複雑なものだった。東リフト帯 (East Rift Zone; ERZ) からの噴火では数千回の地震が発生する間に1.2km<sup>3</sup>の溶岩を噴出し、それに伴い山頂カルデラでは合計0.825km<sup>3</sup>の沈降が起こった。噴火活動は3か月以上に渡り、二つの政府機関に管理される40km離れた場所で発生した。

2018年初頭、ERZにあるプウ・オオ火口からの噴火は35年目を迎え、3月には山頂に火口湖ができ10年目を迎えた。全ては平常通りのように見えた。

3月中旬、プウ・オオ火口においてマグマの蓄積を示す膨張が見られ、ハワイ火山観測所 (HVO) は活動度の変化に関する最初の警報を出した。山頂火口湖の溶岩は上昇を開始し、最終的に4月21日にハレマウマウ火口の底に流出し、4月24日にHVOによる2回目の警報が出た。

4月30日プウ・オオ火口が崩れ、居住地域である東リフト帯下部 (Lower ERZ; LERZ) に向かって東方向にマグマが貫入したことを示した。5月1日にHVOはLERZにおける噴火警報を出した。その後の観測データはマグマの貫入がLeilani Estates地区の下で停滞していることを示したことから、民間防衛 (Civil Defense (CD)) の本部に代表が置かれた。ハワイ郡CDによる部分的避難が実施された後の5月3日に、最初の割れ目火口が生じた。HVOはLeilani Estates地区における24時間体制の対応を始めた。5月4日ERZの南側でマグニチュード6.9の地震が発生した。

その後の24日間、全長約7kmに渡り合計で24の割れ目火口からの噴火が発生した。溶岩の成分は古くて冷たくて粘性の高いものから、プウ・オオから噴出したものと同様の新しくて熱くて粘性の低いものに変化した。

その間山頂では地震活動の上昇とともに火口湖が減少し、5月10日までに消失した。マグマが地表の水と接して発生する爆発的な噴火が予想されたことから、5月11日ハワイ火山国立公園が閉鎖された。HVOは山頂から激しい噴火が発生する恐れがあるとして5月15日に警報を出した。その翌日数回の小規模噴火が発生し、狭い範囲ではあるが降灰があった。5月17日には最大規模の爆発的な噴火が発生し、噴煙は8100mの高さにまで達した。

5月27日割れ目火口8 (番号は発生順) が再び活発化し噴火。溶岩は火口から北東方向と東方向に12km進み、6月3日にはカポホ湾で海に到達した。割れ目火口8からはおよそ100m<sup>3</sup>/sのレートで溶岩が噴出され、これは過去キラウエア火山で発生したどの噴火よりも高い噴出レートだった。割れ目火口8の活動が8月4日に劇的に減少し9月5日に停止するまでに、最終的に数百の家屋が破壊された。

キラウエアカルデラのカルデラ底は5月から8月4日にかけての割れ目火口8からの噴火活動の間に沈降した。この際、マグニチュード5.2-5.4の超長周期地震によって特徴付けられる62回の崩壊イベントが発生した。

ハワイ郡と国立公園による復旧復興への活動はゆっくりと現在行われている。LERZに住む多くの住民はこの被災地域に戻ることを願っており、ハワイ郡が移転の道を模索しているのに対し、噴火前の状態の復元を強く願っている。

## The 2018 Kilauea rift eruption and summit collapse and the government response to the emergency

Jim Kauahikaua and Steve Brantley

US Geological Survey, Hawaiian Volcano Observatory

The 2018 eruption was most complex activity in Kilauea Volcano's recorded history. The East Rift Zone (ERZ) erupted 1.2 km<sup>3</sup> of lava while thousands of earthquakes accompanied episodic subsidence of the summit caldera totaling 0.825 km<sup>3</sup>. Volcanic activity occurred over 3 months at locations 40 km apart and under two different government agency managements.

At the start of 2018, the Pu'u 'Ō'ō ERZ eruption continued past its 35-year anniversary and, in March, the summit lava lake passed its 10-year anniversary. Everything seemed normal.

In mid-March, signs of inflation (magma accumulation) were seen at the Pu'u 'Ō'ō vent and the Hawaiian Volcano Observatory (HVO) posted its first warning of possible activity changes there. The summit lava lake started to rise and ultimately overflowed onto the floor of Halema'uma'u crater on April 21 prompting a second HVO warning on April 24.

On April 30, Pu'u 'Ō'ō crater collapsed followed by evidence of an intrusion advancing eastward toward the populated lower ERZ (LERZ). On May 1, HVO issued a warning of a possible eruption in that area. A representative was stationed at Civil Defense headquarters as subsequent data suggested that the intrusion stalled under the Leilani Estates subdivision. The first fissure opened on May 3 after a partial evacuation ordered by Hawaii Count Civil Defense. HVO initiated 24/7 crews on the ground in Leilani Estates. A Mw-6.9 earthquake occurred south of the ERZ on May 4.

Over the next 24 days, a total of 24 fissures erupted expanding the total vent area to about 7 km. Lava chemistry changed from older, cooler, viscous, stored material to fresh, hotter, less viscous material identical to what was erupted from Pu'u 'Ō'ō.

Meanwhile at the summit, the lava lake receded and disappeared by May 10 as summit seismicity increased. Hydromagmatic explosions were anticipated and Hawai'i Volcanoes National Park closed on May 11. HVO warned on May 15 that strong explosions may occur at the summit and the next day the first of several small explosions dusted a limited area with ash. The largest explosive plume reached 8100 m above ground level on May 17.

On May 27, fissure 8 (numbered chronologically) reactivated and erupted lava that advanced 12 km to the northeast and east, entering the ocean on June 3 at Kapoho Bay. The fissure 8 vent erupted lava at a rate of about 100 m<sup>3</sup>/s – more voluminous than nearly all known Kilauea eruptions. Ultimately several hundred homes were destroyed before activity at fissure 8 dramatically decreased on August 4 and ultimately died on September 5.

The floor of Kilauea caldera subsided during the main fissure 8 effusion from the end of May and August 4. Sixty-two collapse events were characterized by M5.2-5.4 very-long-period seismicity.

Recovery efforts have been slow and are ongoing by both the County government and the National Park Service. Many LERZ residents want to return to this hazardous area and press for restoration of pre-eruption conditions while the County is exploring relocation options.

## 箱根山で2015年に発生した小規模水蒸気噴火への対応とその後の対策

菊島信洋

神奈川県箱根町役場総務部総務防災課危機管理官兼防災対策室長

箱根町は町全体がカルデラ内にあり、その中央火口丘である冠ヶ岳は約3000年前に起きたマグマ噴火により形成された溶岩ドームである。現在でも冠ヶ岳の北東斜面は活発に噴気が出続ける要注意地帯だが、大涌谷の名称で観光客の人気スポットとなっている。大涌谷の近代的な観測の歴史はまだ20年足らずであるが、その間でも5回の活発な活動期を記録しているように、数年サイクルで活動が活発化する傾向が見られる。今から4年前に発生した小規模の水蒸気噴火は最近では初めての噴火であったが、事前に群発地震が発生した段階で観光客の立入を禁止したことが功を奏し被害は発生しなかった。一方で行政は初めての火山災害対応に追われながら多くの教訓を得た。次は群発地震など前兆をつかむ前に多くの観光客でにぎわう中で突然の噴火が起きるかもしれないが、人的被害ゼロを必ず達成するため町では気象庁や県などと協力体制を敷き、様々な対策を取っている。

## Response and Countermeasures for the Small-scale Phreatic Eruption Occurred at Hakone Volcano in 2015

Nobuhiro Kikushima

Director of Crisis Management, Department of Disaster Prevention, Hakone Town, Kanagawa Japan

Hakone town is entirely located within Hakone Caldera. The central cone of the caldera, Kanmurigatake, is a lava dome formed during the magmatic eruption occurred about 3000 years ago. Fumarolic activities are significant at the northeastern slope of Kanmurigatake. Although the area is at high risk even today, it is popular among tourists under the name of Owakudani. We have experienced five active phases at Owakudani with several years' intervals in these twenty years or less, during which we have deployed network of state-of-the-art observation devices. The small-scale phreatic eruptions occurred in 2015 for the first time in recent years. Human damage was fortunately avoided mainly because a tourist restricted zone was set soon after the recognition of earthquake swarms. In addition, local officials learned many lessons from the first response to the volcanic crisis. Since a next eruption may occur abruptly without any precursors such as earthquake swarms while many tourists stay around a volcanic vent, Hakone town adopts various countermeasures against eruptions in near future in cooperation with the Japan Meteorological Agency, a regional government and some other stakeholders to avoid human damage.



山梨県富士山科学研究所公開講座

C-01-2020

---

山梨県富士山科学研究所国際シンポジウム 2019  
ー火山噴火とリスクコミュニケーションー 報告書

2020年3月発行

編集・発行  
山梨県富士山科学研究所

〒403-0005 山梨県富士吉田市上吉田字剣丸尾 5597-1

TEL : 0555-72-6211

FAX : 0555-72-6204

<http://www.mfri.pref.yamanashi.jp/>

---



県産材利用促進



この印刷紙には、山梨の森林認証材も利用活用されていますので、  
森林環境保護・水質保全等の支援に役立てられます。