

**International Workshop on Strategy of Volcanic  
Disaster Mitigation 2023**

**2 November 2023**

**Workshop Proceedings**

火山災害軽減のための方策に関する国際ワークショップ

**報告書**

**令和 5 年度**

**山梨県富士山科学研究所**

**国立研究開発法人 防災科学技術研究所**

**International Workshop on Strategy of Volcanic  
Disaster Mitigation 2023**

**2 November 2023**

**Workshop Proceedings**

火山災害軽減のための方策に関する国際ワークショップ

**報告書**

**令和 5 年度**

**山梨県富士山科学研究所**

**国立研究開発法人 防災科学技術研究所**



# 火山災害軽減のための方策に関する国際ワークショップ

2023

## － 大規模噴火による都市部への影響 －

### 目 的：

2020年に内閣府（防災担当）により、大規模噴火時の広域降灰対策として、首都圏における降灰の影響と対策が提示された。そのため、首都圏に企業拠点や生産拠点を持つ企業では、これまでの地震や風水害対策に加えて、火山災害への対策も必要とされるようになった。一方、2016年から文部科学省によりはじめられた次世代火山研究・総合人材育成プロジェクトにおいて、これまでの火山観測や予測研究に加えて、対策研究が進められることとなり、その中で火山灰による建物への影響などの実験的研究が進められている。また、海外では先駆的に過去の災害事例や室内実験などから、火山灰などによるインフラ施設や社会基盤への影響などの研究が進められている。そこで、これまでの研究成果から見えてきた予測や課題について、国内外の研究者を中心に話題提供いただき、富士山などによる大規模噴火が発生した際の都市部への影響や事業継続計画・地域継続計画などの在り方について議論を行う。

第1部：大規模噴火による都市部への影響

第2部：パネルディスカッション －大規模噴火による都市部への影響－



# 目次

---

目的.....	i
目次.....	iii
ワークショッププログラム.....	v

---

## ワークショップ講演議事録

開会の挨拶	寶 馨 ((国研) 防災科学技術研究所 理事長) .....	1
趣旨説明	藤田 英輔 ((国研) 防災科学技術研究所) .....	4

### 第1部 大規模噴火による都市部への影響

「ニュージーランド アオテアロアにおける火山の影響とリスク研究」 Christina MAGILL (GNS Science) .....	8
「気象庁の降灰予報業務とその改善に向けた取り組み」 石井 憲介 (気象庁気象研究所) .....	26
「架空送電設備への降灰付着影響ーがいしへの降灰付着特性と絶縁性能の関係ー」 本間 宏也 (電力中央研究所) .....	44
「都市への降灰と建物機能への影響について」 大塚 清敏 (大林組技術研究所) .....	61

### 第2部 パネルディスカッション

大規模噴火による都市部への影響.....	79
閉会の挨拶	清水 洋
((国研) 防災科学技術研究所 火山研究推進センター長) .....	99

# Table of Contents

---

Table of Contents.....	iv
Program of Workshop .....	vi

---

## Proceeding of presentation

Opening Remarks	<b>Kaoru TAKARA</b> (President, NIED) .....	2
Briefing	<b>Eisuke FUJITA</b> (NIED) .....	6

## Session 1 : Influence of large-scale eruption on urban areas

Volcanic impact and risk research in Aotearoa New Zealand		
<b>Christina MAGILL</b> (GNS Science) .....		17
Efforts to improve operational prediction of tephra fallout in Japan Meteorological Agency		
<b>Kensuke ISHII</b> (Japan Meteorological Agency, Meteorological Research Institute)) .....		36
Influence of Volcanic Ash Deposits on Overhead Transmission Lines		
- Relation between volcanic ash deposition on insulators and insulating performance -		
<b>Hiroya HOMMA</b> (Central Research Institute of Electric Power Industry).....		53
Influences on functions of buildings of ashfall in cities		
<b>Kiyotoshi OTSUKA</b> (Technology Research Institute, Obayashi Corporation).....		72

## Session 2 : Panel Discussion

Panel Discussion .....		87
Closing Remarks	<b>Hiroshi SHIMIZU</b> (Director-General, Center for Integrated Volcano Research, NIED) .....	100

プログラム

司会進行：三輪 学央 ((国研) 防災科学技術研究所)	
13:00-13:10	開会の挨拶：寶 馨 ((国研) 防災科学技術研究所 理事長) 趣旨 説明：藤田 英輔 ((国研) 防災科学技術研究所)
<b>第1部 (講演) 大規模噴火による都市部への影響</b>	
13:10-13:40	講演1 Christina MAGILL (GNS Science) 「ニュージーランド アオテアロアにおける火山の影響とリスク研究」
13:40-14:10	講演2 石井 憲介 (気象庁気象研究所) 「気象庁の降灰予報業務とその改善に向けた取り組み」
14:10-14:20	休憩
14:20-14:50	講演3 本間 宏也 (電力中央研究所) 「架空送電設備への降灰付着影響-がいしへの降灰付着特性と絶縁性能の関係-」
14:50-15:20	講演4 大塚 清敏 (大林組技術研究所) 「都市への降灰と建物機能への影響について」
15:20-15:30	休憩
<b>第2部 パネルディスカッション</b>	
15:30-16:15	コーディネーター：小園 誠史 ((国研) 防災科学技術研究所 ) パネリスト： - Christina MAGILL (GNS Science) - Sébastien BIASS (University of Geneva) - 大塚 清敏 (大林組技術研究所) - 本間 宏也 (電力中央研究所) - 石井 憲介 (気象庁気象研究所)
16:15-16:20	閉会の挨拶：清水 洋 ((国研) 防災科学技術研究所 火山研究推進センター長)

Program

Moderator : <b>Takahiro MIWA</b> (NIED)	
13:00-13:10	Opening Remarks: <b>Kaoru TAKARA</b> (President, NIED) Briefing: <b>Eisuke FUJITA</b> (NIED)
<b>Session 1: Influence of large-scale eruption on urban areas</b>	
13:10-13:40	<b>Christina MAGILL</b> (GNS Science) “Volcanic impact and risk research in Aotearoa New Zealand”
13:40-14:10	<b>Kensuke ISHII</b> (Japan Meteorological Agency, Meteorological Research Institute) “Efforts to improve operational prediction of tephra fallout in Japan Meteorological Agency”
14:10-14:20	<b>Break</b>
14:20-14:50	<b>Hiroya HOMMA</b> (Central Research Institute of Electric Power Industry) “Influence of Volcanic Ash Deposits on Overhead Transmission Lines - Relation between volcanic ash deposition on insulators and insulating performance -”
14:50-15:20	<b>Kiyotoshi OTSUKA</b> (Technology Research Institute, Obayashi Corporation) “Influences on functions of buildings of ashfall in cities”
15:20-15:30	<b>Break</b>
<b>Session 2: Panel Discussion</b>	
15:30-16:15	Coordinator: <b>Tomofumi KOZONO</b> (NIED) Panelists: <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Christina MAGILL</b> (GNS Science)</li> <li>- <b>Sébastien BIASS</b> (University of Geneva)</li> <li>- <b>Kiyotoshi OTSUKA</b> (Technology Research Institute, Obayashi Corporation)</li> <li>- <b>Hiroya HOMMA</b> (Central Research Institute of Electric Power Industry)</li> <li>- <b>Kensuke ISHII</b> (Japan Meteorological Agency)</li> </ul>
16:15-16:20	Closing Remarks: <b>Hiroshi SHIMIZU</b> (Director-General, Center for Integrated Volcano Research, NIED)

## 火山災害軽減ための方策に関する国際ワークショップ 2023

### —大規模噴火による都市部への影響—国内外の事例から—

**三輪（司会進行）**：それでは定刻になりましたので、「火山災害軽減のための方策に関する国際ワークショップ 2023—大規模噴火による都市部への影響—」を開催したいと思います。私は本日司会を務めさせていただきます防災科学技術研究所火山防災研究部門の三輪と申します。よろしくお願いいたします。

まず、開催に当たって、最初に防災科学技術研究所理事長、寶馨より開会のご挨拶がございます。

#### 【 開会の挨拶 】

寶 馨（防災科学技術研究所 理事長）

**寶**：皆さん、こんにちは。防災科学技術研究所の理事長の寶馨と申します。本日は「火山災害軽減のための方策に関する国際ワークショップ 2023—大規模噴火による都市部への影響—」にご参加いただきまして、大変ありがとうございます。

当研究所では、山梨県富士山科学研究所と共催して 2003 年から 2 年ごとにこのようなワークショップを行ってまいりました。今年で 11 回目となります。昨今、国難級災害の一つとして富士山噴火が懸念されており、もし富士山が噴火したらどのようなことが起こるか、またどのような対策をしておくか、知見をまとめておくことが重要といわれております。3 年前の 2020 年に内閣府により、大規模噴火時の広域降灰対策として、首都圏における降灰の影響と対策が提示されましたが、それを受けて今年このワークショップでは、国内外の事例を基に、わが国の火山噴火による都市部への影響や事業継続計画、地域継続計画などの在り方について議論いたします。

本日は、ニュージーランド GNS Science から Christina Magill 博士、そしてスイスジュネーブ大学から Sébastien Biass 博士をお招きいたしました。また、国内からも大林組技術研究所の大塚清敏様、電力中央研究所本間宏也様、気象庁気象研究所石井憲介様をお招きしております。本年 6 月の活火山法改正を踏まえ、来年 4 月 1 日には火山調査研究推進本部が設立されることになっており、火山災害対策に向けて国としても大きな転換点を迎えております。本日は、皆さま方の活発な議論をよろしくお願い申し上げます。私の開会のご挨拶とさせていただきます。どうぞよろしくお願い申し上げます。

**司会**：ありがとうございます。続きまして、防災科学技術研究所火山防災研究部門部門長、藤田英輔より、本ワークショップの趣旨説明があります。よろしくお願いいたします。

**Moderator (Takahiro MIWA)**

It is now time, so we would like to start this International Workshop on Strategy of Volcanic Disaster Mitigation - Impact of Large Scale Eruptions to Urban Areas. And I will be serving as the MC today. I am from NIED. My name is Takahiro Miwa.

To start, we would like to have our President of NIED, Dr. Kaoru Takara to make some opening remarks.

**【 Opening Remarks 】**

**Kaoru TAKARA (President, NIED)**

**Kaoru TAKARA**

Good day to all of you. I am the President of NIED, my name is Kaoru Takara. Thank you very much for coming to this International Workshop 2023 on Strategy of Volcanic Disaster Mitigation, on the impact of large-scale eruptions on urban areas.

NIED together with the Mount Fuji Research Institute of Yamanashi prefectural government started this workshop and it has been held every other year since 2003. So this will be the 11th workshop. Recently, there is this concern that if Mount Fuji erupts, it may cause a national crisis. So what will happen if the mountain erupts, what kind of countermeasures should be taken. We have been trying to compile our knowledge on that. And in 2020, the cabinet office compiled a report on the impact and measures to be taken for wide area tephra fall in the case of large-scale volcanic eruptions. And therefore, at this workshop, we want to discuss what kind of impact urban areas may see if there is a volcanic eruption and we wanted to discuss the business continuation and community continuation plans.

From New Zealand, the GNS Science, we have Dr. Christina Magill and from the University of Geneva, we have Mr. Sébastien Biass. From Japan, we have Kiyotoshi Otsuka from the Obayashi Corporation Technology Research Institute as well as Hiroya Homma from the Central Research Institute of Electric Power Industry, and also Kensuke Ishii from JMA Meteorological Research Institute.

This year in June, the Active Volcanoes Act has been revised and next year on April 1st, a taskforce to promote volcanic survey will be established. I believe that now we are facing a turning point when it comes to taking measures against volcanic

disasters. And therefore, I look forward to a very active and fruitful discussion today and I hope to have your cooperation. Thank you very much.

**Moderator**

Thank you very much for your words. We would now like to give the floor to Mr. Eisuke Fujita of National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention.

## 【 趣旨説明 】

藤田 英輔（防災科学技術研究所）

**藤田：**本日はご来場いただきまして、またオンラインでご参加いただきましてありがとうございます。私、火山防災研究部門の藤田でございます。私から本日のワークショップの開催趣旨、議論のポイントについて簡単ですがご説明させていただきます。ご存じのように、火山災害は降灰や火砕流、溶岩流など多岐にわたっています。われわれの生活や事業などに与える影響は噴火の規模そのもの、あるいは火山からの距離に強く依存しています。

今回は、タイトルで示していたように、特に人口や産業が集中している都市部への影響を議論したいと考えています。イメージとしては、皆さんご存じのように、先ほど理事長からもお話がありましたように富士山噴火が懸念されていますが、富士山や浅間山といったような火山が大規模噴火を起こして、その大量の降灰が首都圏に降り注いだときに何が起きるのか、それをどう想定してどのような対策を準備すべきかということについて、火山学的事実だけでなく、実用的な、特に BCP なども含めて、そういったことに役に立つような議論ができればと考えています。

本日も講演いただくニュージーランド GNS Science の Christina Magill 博士は、国連の仙台防災枠組などにも貢献されてきて、世界各地の火山における降灰影響について多大な知見をお持ちです。Christina さんは 12 年前、2011 年にこの国際ワークショップにご参加いただいて、今回またさらにアップデートしたお話が伺えると思っています。

本日は国内から、気象研究所の石井憲介さんには、気象庁で降灰予報をしていますけれども、その技術的なお話など、そのあたりの詳しいお話を伺えると思っています。

電力中央研究所の本間宏也様には、特に電力設備と降灰の影響ということを定量的にいろいろお話しいただけると伺っています。

大林組技術研究所の大塚清敏様には、建物、特に降灰による建物の影響評価について詳しいお話を頂きます。

後半ではパネルディスカッションがあり、そこではジュネーブ大学の Sébastien Biass 博士にもご参加いただきます。Sébastien さんは明後日、富士吉田で行うシンポジウムでご講演いただきます。彼も降灰が各いろいろな産業にどういった影響を及ぼすかということ非常に精力的に研究しておられる世界的な新進気鋭の研究者ですので、非常に参考になる情報が頂けると思っています。

本日のワークショップが、皆さまの降灰に対するなぜ、どういったことにどういったような対策をすべきかといった疑問を一つでも解消するような機会になればと考えております。本日はよろしく願いいたします。

**司会：**ありがとうございます。それでは早速ですが、第 1 部の講演を始めたいと思います。一つの講演はおおよそ 30 分となっております、その後短い時間になりますが質問の時間をご用意しております。オンラインの方に関してはウェビナーで Q&A というところがありますので、そこに質問をどんどん書いていただければこちらで拾っていきますので、積極的にご質問いただくようお願いいたします。会場の皆さまは質問のときには手を挙げていただくといい形になりますのでよろしく願いいたします。

では早速、最初の講演に行きたいと思います。最初の講演は、ニュージーランド GNS Science のリスクサイエンスチームリーダーの Christina Magill 博士で、講演のタイトルは「ニュージーランド アオテアロアにおける火山の影響とリスク研究」です。

## 【 Briefing 】

**Eisuke FUJITA (NIED)**

### **Eisuke FUJITA**

Thank you very much for joining us today online and on-site. I am Fujita of National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention.

Allow me to briefly give you the framework of today's discussion. As you are aware, volcanic disasters include ashfall, pyroclastic flow and lava flow and the scale of the eruption and impact of the lives and business strongly dependent on the distance from the volcano. Today, we would like to discuss specific measures to deal with ashfall which affects areas not only in the immediate vicinity of the volcanoes like the Tokyo Metropolitan area, a highly populated area. Suppose Mount Fuji or Asama had a major eruption, a large amount of ashfall may hit the capital. We need to know what would happen and what countermeasures are needed not only from a viewpoint of volcanology, but also from a practical perspective. So that is the type of discussion we would like to have this afternoon.

Dr. Christina Magill of GNS Science, New Zealand has contributed to the UN Sendai framework for disaster risk reduction. She is versed in effects of volcanic ashfall in different parts of the world. She participated in this workshop held 12 years ago back in 2011 and we look forward to hearing an updated version of her presentation today. Mr. Kensuke Ishii will also share with us his expert knowledge as well from JMA.

Mr. Homma of CRIEPI will discuss the qualitative and quantitative analysis of such ashfall and Mr. Otsuka of Obayashi Corporation Research Institute will also give us the impact of ashfall on built environment. And Dr. Sébastien Biass will also be joining the panel discussion from Geneva. He will also be taking the podium in the symposium to be held in Fujiyoshida City on 4th of November and he is an energetic and world-renowned scholar in this specific field, especially on the impacts of ashfall on agriculture and other areas.

I hope today's workshop will help you find some of the answers to the why and how. Thank you very much for your cooperation today.

### **Moderator**

Thank you. Without further ado, we would like to begin presentation in the first part. Each presentation will be about 30 minutes. After that, we would like to set

aside time for questions. Those participating online, please find Q&A mark on the screen and write down your questions there. We will be trying to answer those questions. Those who are at this venue, please raise your hand if you want to ask questions.

The first presentation. From New Zealand GNS Science, we have Dr. Christina Magill. Dr. Magill will talk about the volcanic impact and risk research at Aotearoa, for New Zealand. Please.

## 「ニュージーランド アオテアロアにおける火山の影響とリスク研究」

Christina MAGILL (GNS Science)

**MAGILL** : 三輪さん、藤田さん、ありがとうございます。今日のご招待いただきありがとうございます。また日本に来ることができてうれしいです。かなり久しぶりになります。日本にまた戻れてうれしく思います。



スライド 1

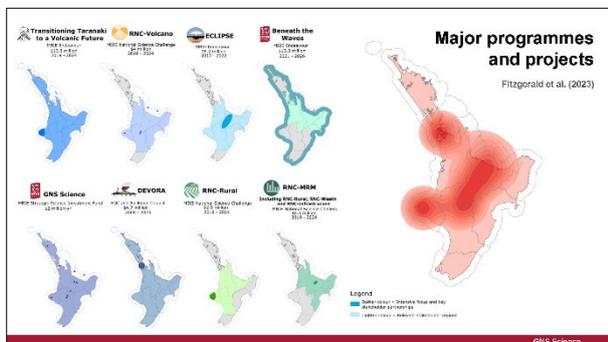
今日は私から火山の影響とリスク研究、特にニュージーランドのアオテアロアにおけるリスク研究についてご紹介したいと思います（スライド1）。地質的な視点で同じような研究をしているかと思うのですが、国間でこういった交差する研究について私たちのアオテアロアの研究をご紹介できることを非常にうれしく思います。このプレゼンテーションは共同研究となっております。たくさんの方々が科学リスク評価をアオテアロアで行っております。



スライド 2

今日お話しする概略から入りたいと思います（スライド2）。最初に、主要な火山に対する現在進行中のプロジェクトをご紹介します。それからリスクモデル、RiskScapeというソフトがあります。GNSで作ったオープンソースのソフトウェアとなっておりますので皆さんもご利用いただくことが可能となっております。

また、火山灰の影響やリスクプロジェクト、ニュージーランドの経験を短期的なリスクから長期的なリスクまで網羅してご紹介したいと思います。そして最後に、ニュージーランドと日本の間のこの分野における協力関係についても触れておきたいと思います。



スライド 3

こちらにある図ですけれども、これは主要な研究プログラム、プロジェクト、現在進行中のものをアオテアロアのものだけまとめています（スライド3）。私たちの資金助成制度は、まず資金供与に対して申請をして、大きなプロジェクトでそのスキームを要請して、5年間の期間で研究を行います。現在行われている火山のプロジェクトも同じ制度の下に導入されたもので、このプロジェクトは基本科学、それからリスク評価まで、つまり社会学に関わる計画まで

網羅しています。ここにありますように各地域、それからそれぞれの研究プロジェクトに関わるステークホルダー、まず左側ですけれども、タラナキから火山の未来へというプロジェクトで

す。火山の状態は富士山と似ています。ちょうどニュージーランドの西部に当たります。このプロジェクトは今、終了段階に入っており、タラナキ山の影響についてまとめているところです。私の研究もこのタラナキに集中しているものがあります。

それから、**Resilience to Nature's Challenges** という火山プログラムがあります。全ての北島の火山を見ており、その影響を評価するものです。

それから、**ECLIPSE** は、似ているプロジェクトですが、大きなカルデラ火山を中心に研究しています。

**Beneath the Waves** は海底火山、沖合いの火山です。**GNS Science** の内部資金のプログラムがあり、この政府の資金を使って影響リスクを北島で評価しています。

**DEVORA** というプロジェクトは、オークランドの火山地帯を網羅したものです。

**RNC-Rural** は農村地帯に目を向けています。全てのハザード、特に火山災害を中心に考えています。**MRM** は、マルチハザードのリスクモデルで、**RNC** の中に含まれます。



スライド 4

今日ここでお話ししたいのがこの **RiskScape** です (スライド 4)。オープンソースのソフトウェアで **GNS Science** が作りました。これは政府機関で、地質研究、ハザード研究を行っているところです。そのときに **NIWA** と協力しました。これは国立大気水圏研究所です。こちらが、私たちが担当しないハザード、例えば気候ハザードなどを担当しています。それから、**Catalyst IT** も協力しています。ソフトウェアエンジニアリングの企業です。それから **Toka Tū Ake EQC** は政府の地震委員会です。**RiskScape** は、シナリオを作ってマルチハザードの確率を計算しリスクモデルをするわけです。ハザードは火山に限られません。どんなハザードでもこのソフトの中にあるハザードデータというものは、リスクサイエンスのデータそのものは研究のプロジェクト外に置かれています。それから、ソーシャルサイエンティストのプロジェクトもあります。しかし、**RiskScape** の情報を使ってエンドユーザー、ステークホルダーに対して必要に応じて情報を提供しております。



スライド 5

この写真は私たちが非常に誇りに思っている去年の経験です (スライド 5)。ベストハイテクソリューションということで、貢献したということで、ニュージーランドのハイテク賞を前首相から受賞しました。

**RiskScape** は、素敵な計算機と言ってもいいかもしれません (スライド 6)。リスクモデルができるのですけれども、簡単な **exposure** の評価から、地学的なレイヤーをシングルシナリオからマルチシナリオまで見て、そのシナリオに対する **exposure** を計算することができます。例えば、富士山が噴火した場合、1万8000棟のビルが一定の厚さの火山灰にさらされるリスクがあるということがわかります。

**What can RiskScope™ do...**

**Hazard Exposure Assessment**

- What is exposed to a hazard and at what hazard magnitude  
e.g., supermarket 'A' is inside the 100-year sea level risk zone  
e.g., 10,000 buildings exposed to a certain thickness of volcanic ash

**Scenario Impact Assessment**

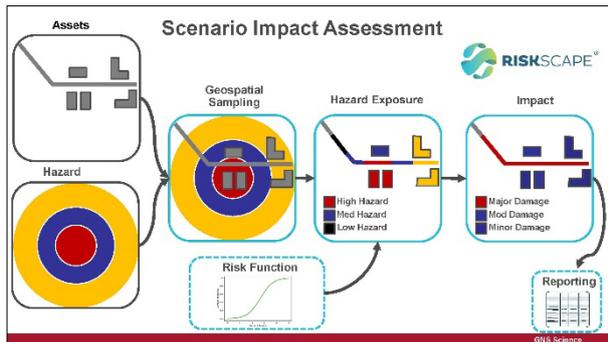
- What is impacted from a specific scenario  
e.g., 20,000 buildings of damage state 3 following a given shaking event  
e.g., a lahar that overtops a river bank will make 200 homes un-inhabitable
- Scenario planning, post-event response

**Probabilistic Risk Assessment**

- What is the probability of impact for a given time period  
e.g., the average annual loss from earthquakes in NZ is \$200M  
e.g., the 1 in 1000-year loss from earthquakes in NZ is \$10B
- Comprehensive risk management

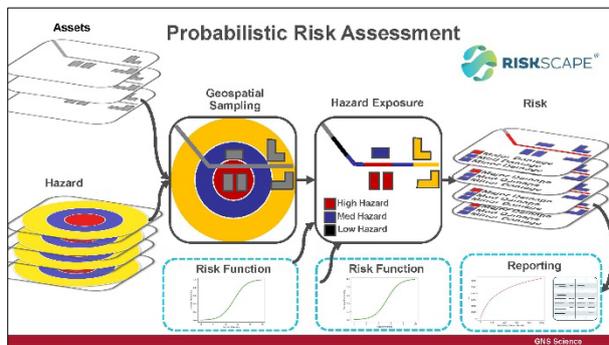
GNS Science

スライド 6

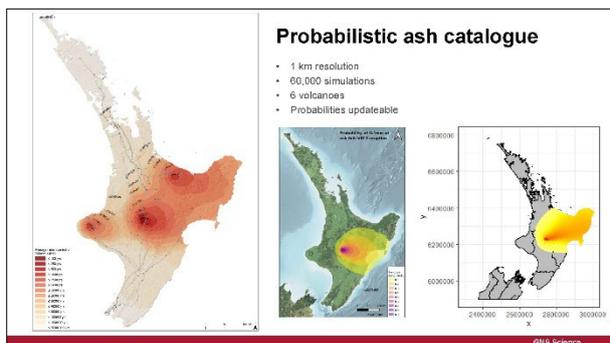


スライド 7

のハザードについて、特定の資産にどれくらい損失が出得るか exposure を計算して、リスク関数を使います。リスク関数というのはつまり exposure とハザードの関係性を特定のシナリオから確認することができるようになっているので、コストかもしれませんし、避難しなければなら



スライド 8



スライド 9

それから、シナリオ影響評価ですが、これも一つのシナリオをベースにするのですが、潜在的な影響、例えばビルに対する損害や、一定のシナリオでインフラにどれくらい被害が出るか予測することができます。

そして、最後に使う確率論的リスク評価のソフトで、何十万ものハザードシナリオがあり、それぞれの確率を基に確率論的なリスクという情報を出すことができます。これは保険業界で幅広く使われているものです。

こちらは RiskScope が影響評価をするときの状況を図解しています (スライド7)。

Assets は GIS の道路や人やビルなどを指します。それから、地理空間ハザード情報というものがあります。火山灰やその他ハザードのシミュレーションです。そして RiskScope はこの二つを組み合わせる地理空間サンプリングを行います。その後、計算をします。特定

のハザードについて、特定の資産にどれくらい損失が出得るか exposure を計算して、リスク関数を使います。リスク関数というのはつまり exposure とハザードの関係性を特定のシナリオから確認することができるようになっているので、コストかもしれませんし、避難しなければならぬ人の数かもしれませんし、対処しなければならない火山の量かもしれません。そういったリスク評価を行うことができます。

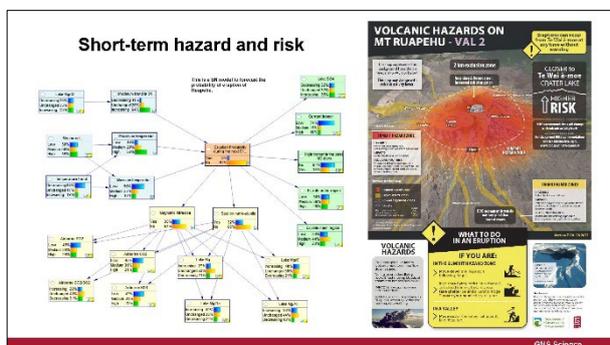
この確率論的リスク評価というのはさらに一歩進めて、ただ単に一つの資産だけではなく、資産を複数の層にして、あるいはハザードも複数の層を用意して、例えば何万というハザードで異なる確率で計算することができます (スライド8)。そして、地理空間サンプルがあり、同じ exposure があって複数のリスク関数を使ってこの確率論的リスクを計算し、これを報告に盛り込んだり、意思決定に使ったり、それぞれのステークホルダーのニーズに合わせて利用することが可能になっています。

RiskScope はデータだけではなくモデル化もできるようになっています (スライド9)。これは一番新しいモデルで、この数カ月後に公開されるモデルです。これは火山灰

の影響モデルです。RiskScope の中で確率論的な火山灰カタログというものが用意されており、この火山灰のシミュレーションは6万あります。北島には六つの火山がありますが、解像度が1km、全てのデータがこの RiskScope の中に入っています。左側の図は、そういったシミュレーションをお互いに重ね合わせて火山灰が今どういった確率になるのかというものです。一番高い確率は恐らく北島の中央部にあるタラナキ山で、これは西部にあります。それから、海岸に近い東側の火山の確率が高いです。オークランド火山帯の影響はこのカタログから、この中では火山灰は非常に少ないということでハザードは少ないわけですが、しかし他のハザードは大きいことが分かります。

このカタログの重要な点は、この確率というのは一定ではなくて、火山灰カタログのシミュレーションで、例えば新しい情報が出てきて確率が変わるといときにそれをアップデートすることができます。また、ルアペフで少し不安定な状態に去年はなりました。その結果、もしこれが噴火に至ったときに VEI 2 になる、その大きさは小さいものになりますけれども、そのカタログからシミュレーションを取り出して、そして RiskScope の中でどういった影響が出得るのか、

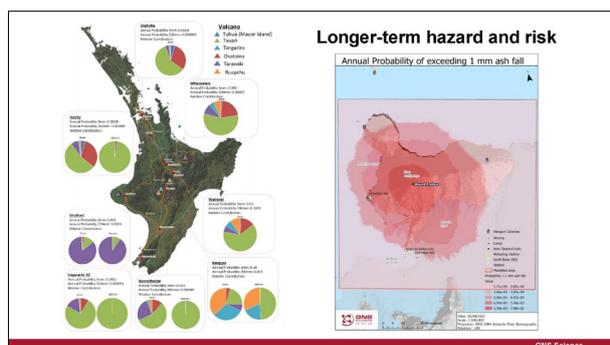
そのシミュレーションをベースに確認することができました。ステークホルダーは個々のシミュレーションを使う場合もあります。例えば、右側にあるような図ですけれども、これは一つのシミュレーションの結果です。輸送機関がこれを使って影響評価をしています。幾つかのシナリオを組み合わせ、起こりうる影響を確認しました。実際には噴火しませんが、それに対する準備を進めることができました。



スライド 10



スライド 11



スライド 12

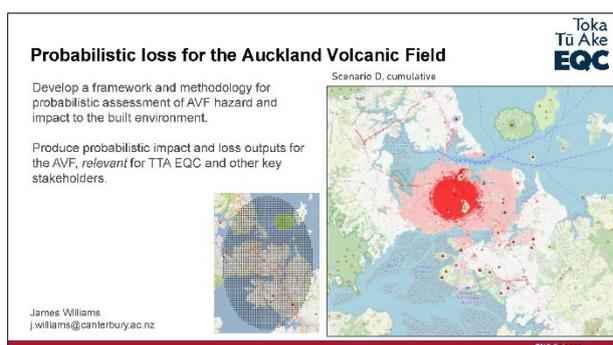
短期的なハザードとリスクについては、GNS のシステムの中で、噴火確率を見るときにモニタリングする要素をベースにしたベイズ的アプローチがあります(スライド 10)。これを使って警告レベルを決めていきます。ルアペフのアラートレベルは2の時、その中でシミュレーションを使ってハザードマップを提供しました。それを地域や交通機関、ライフライン機関にも提供しました。一般市民に対してどのように対応するべきかといった情報も提供しています。そして、その他の情報も共有しています(スライド 11)。潜在的なハザードの影響についての報告です。ここでご紹介しておりますのは、かなり多くのこういった情報リソースが用意されていて、火山灰の影響についてもたくさんあります。

幾つか言語がありますので、100%確実に申し上げられないのですが、恐らく日本語も対応しているのではないかと思います。多分日本語もあると思います。

今度は長期的なハザードとリスクを見てみたいと思います（スライド 12）。私が主に研究している分野です。北島の降灰シミュレーションのカタログをベースにしています。左側はトランスパワー社のプロジェクトで使ったものです。トランスパワーは主なニュージーランドの電力供給会社です。その送電網を見ております。少し見にくいかもしれませんが、送電網はちょうど島の真ん中を走っています。私たちの火山から数キロ離れたところにあります。ですので、ラハールですとか、降灰のインパクトがあるということで、トランスパワーとしてもどういうインパクトがあるのか、それを懸念して関心を持っております。

そこで、降灰シミュレーションのカタログから、どれぐらい灰がトランスパワーのネットワーク上に蓄積するのか、をいろいろ見てみました。これはその結果となっています。3mm 積もる可能性、200mm 積もる可能性をアセットで見えています。この二つが電力業界にとっては大切な閾値だと考えられました。3mm というのは、フラッシュオーバーが起り得る可能性があるところ、200mm というのは物理的なダメージがいろいろな資産に現れる可能性がある閾値となっています。それぞれいろいろな火山からの影響を見ています。

右側ですが、これは大変興味深いプロジェクトでした。私たちは北島でやっているだけでなくオフショアの南極の地域のものもあります。これがエレバスの火山に近いわけです。スコット基地は今、再開発をされようとしています。新しい建物や新しいインフラなどが造られています。ですので、再開発の中でスコット基地からリスク評価を依頼されました。ですので、降灰のモデリングをエレバス山に対して行いました。どういうインパクトが起り得るのか、それぞれ建物に対して、あるいは水のシステム、電力システム、それから暖房設備に対してどうなのかを見ていきました。一番大切だったのは、緊急事態に当たって研究者たちが出ていけるのかどうか、もし降灰が多ければ例えばヘリコプターで避難させるということができなくなってしまうのでそれを見ています。ですので、これは大変興味深いプロジェクトで、今年、終了させたものとなっています。



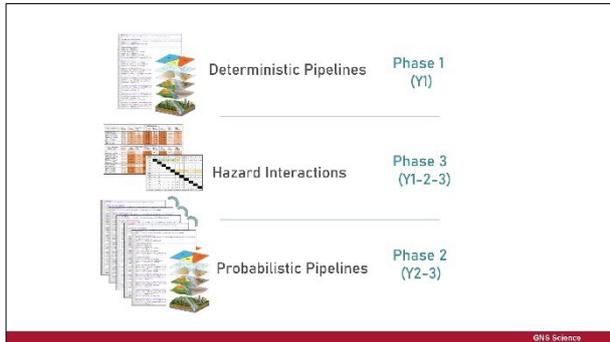
スライド 13

幾つか大学研究者たちが行ったものを見ていきたいと思います（スライド 13）。これはカンタベリー大学の James Williams さんがやったものです。James さんは確率論的なオークランド地震地帯での損失モデルを作ろうとしています。次の噴火がいつかは分かりませんが、この楕円の範囲内だと考えています。真ん中の小さな地峡がオークランド市です。ですので、小さな噴火であったとして

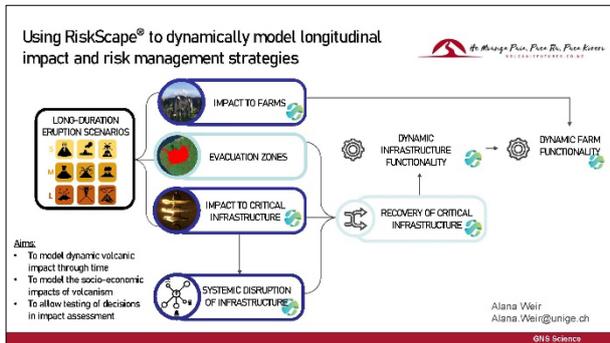
も、アオテアロアの最大の都市に対してかなり大きな影響が出るということが分かります。

James Williams さんはまず、さまざまなオークランド地震地帯から降灰をいろいろ見ていきました。また、さまざまなハザードが組み合わさってどのようなインパクトをもたらすか、それを見ました。これが大変複雑であります。オークランド地震地帯で噴火があればもちろん溶岩流もあるでしょうし、降灰も起こるでしょうし、またもしかしたら地下水や海水への影響もあるかもしれません。ということで、James さんはそういうインパクト、複数の噴火のインパクトの

モデリングができるかというのを見てます。まだ始まったばかりのものですが、大変興味深いプロジェクトであります。

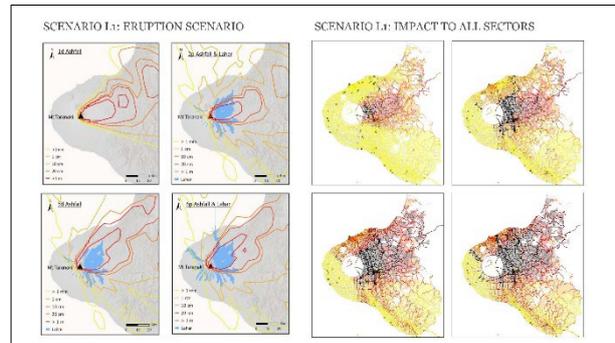


スライド 14

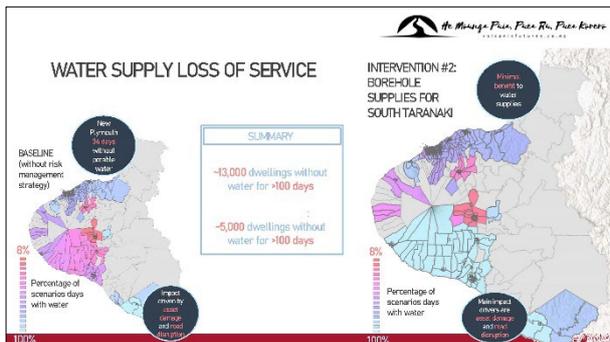


スライド 15

これはまた別のプロジェクトで、カンタベリー大学で行われているもので、Alana Weir という博士課程の学生です。間もなくジュネーブ大学に行ってしまうので少し寂しいのですけれども、AlanaさんはRiskScapeを使って全体的なタラナキ火山の噴火のシステミック影響評価を行いました(スライド15)。タラナキ山は都市に近いところにありますが、



スライド 16



スライド 17

Jamesさんの研究です(スライド14)。まず決定論的なシナリオを見ています。RiskScapeの中で見ています。1回の噴火を見て、その上でハザード同士の相互作用を見ています。モデリングをするための方法論を見ています。複数のハザードシナリオを見ています。そして最終的にはこうした方法論を適用して、確率論的な評価へとつなげていこうと考えています。

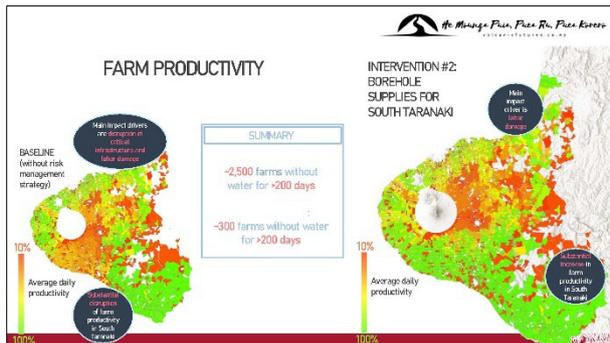
これはまた別のプロジェクトで、カンタベリー大学で行われているもので、Alana Weir という博士課程の学生です。間もなくジュネーブ大学に行ってしまうので少し寂しいのですけれども、AlanaさんはRiskScapeを使って全体的なタラナキ火山の噴火のシステミック影響評価を行いました(スライド15)。タラナキ山は都市に近いところにありますが、

何よりもタラナキ山の周りの産業で主なものは農業となっています。タラナキ山の周囲は農業地帯で、特に酪農が盛んです。酪農はニュージーランドにとってとても重要な産業です。ですので、この地域にインパクトがあれば経済的な損失も大きいと思われます。Alanaさんは農業への影響、重要インフラへの影響、特に電力への影響を見ました。また、それらの相互作用も見ていました。インフラへの影響が今度は農業の生産性にどう影響するのかといったことを見ています。これも大変面白いプロジェクトです。

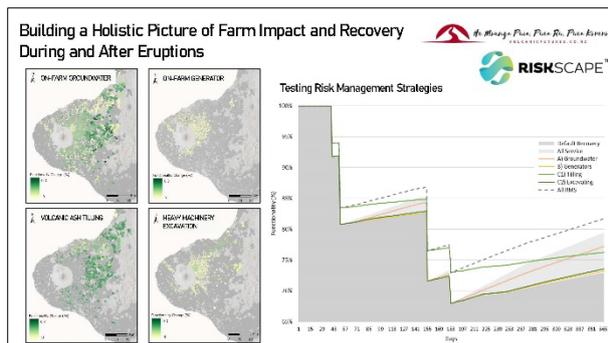
Alanaさんは複数のシナリオを見ています。1回の降灰が起こる噴火、また数週間続く噴火、あるいは数年続く噴火を見ています(スライド16)。また、降灰とラハールの組み合わせを見ました。ですので、さまざまなシナリオを見ていきました。これはPh.D.の研究でした。第一歩としては、物理的なインパクトを見ることでした。さまざまなアセットやインフラに与えられる影響を見ています。それが右側のステップ1での結果です。

その後、いろいろな緩和策を見ていきました。緩和策を取ったら具体的な噴火の影響を

どう緩和できるのか、幾つか説明したいと思います。ここでは、水の供給が失われる可能性を見えています（スライド 17）。元々のシミュレーションでは水インフラへのインパクトを見ました。1万 3000 世帯で 100 日以上、水が供給されなくなるだろうと見えています。これはかなりコミュニティに対する影響が大きいことが分かります。ただ、特定の介入を考えてみると、例えばボアホールを使ってタラナキ山の南部に水供給をした場合、この数字を 5000 世帯に減らすことができました。100 日間、5000 世帯で水がない状態になると。こういう情報を地方自治体に提供することができます。今から考えておけば噴火が起こった場合のインパクトを緩和できると考えています。

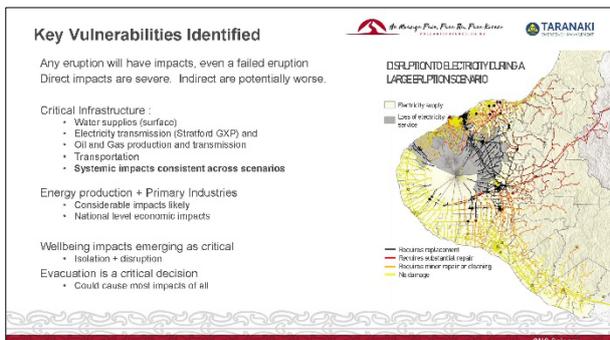


スライド 18



スライド 19

Alana さんのプロジェクトをだいぶ時間をかけて説明しましたが、インパクト評価としては大変優れたものであることが分かります。Alana さんの結論ですが、大きなインパクトが水供給にある、特に地表水、それから電力の供給にも影響があると結論付けています。



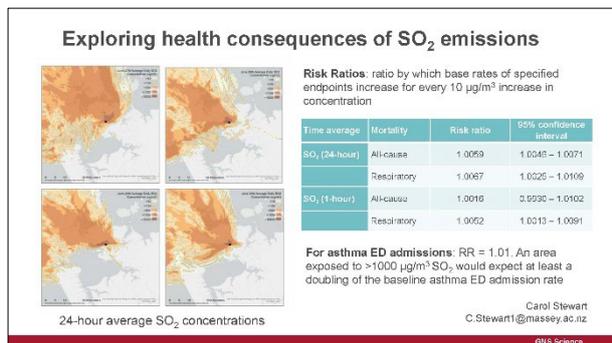
スライド 20

同じように、農業での生産性も見ていきました（スライド 18）。この場合は同じような調査なのですが、農場への水供給を見ました。2500 の農場が 200 日間水が供給されなくなるというシナリオでした。ただ、同じように緩和策を取ると、ボアホールで措置を取ればこの農場の数を 300 に減らすことができました。ですので、インパクトをかなり少なくすることができました。このモデリングを通してそれを確認することができました。

また、農場の生産性、また農業の火山噴火からの復興をどうすれば加速できるかを見ました（スライド 19）。例えば、オンファームでの地下水の利用、発電機器を農場で設ける、例えば火山灰がたまったものも含めて耕してそこに作物を植える、機械を使って火山灰を取り除くといった措置を取った場合の影響を見えています。

これは grid exit point を見えています、タラナキの東部の方に集中しています（スライド 20）。ここにも噴火があれば一番降灰があると見られています。また、石油ガスの生産にも影響があります。石油ガスはタラナキに近いところにあります。それから、輸送、道路への影響、また全体的なインパクトがあるということが分かります。1 次産業が影響を受けます。そしてこれは、全国レベルでも

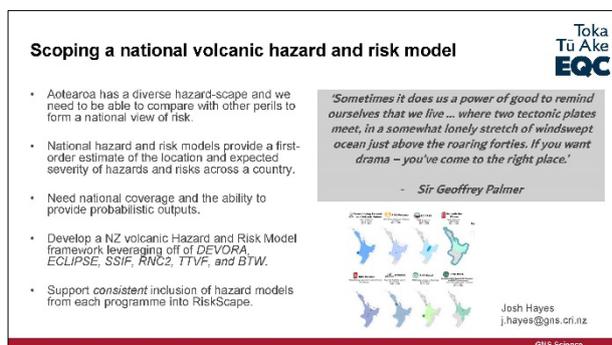
大きな影響を及ぼします。ウェルビーイングのインパクトも見ています。ウェルビーイングも大きな要素となっています。人、家族への影響、例えば孤立をしたりすることでの影響も見ています。また避難、これも一番大きなインパクトをもたらすものです。もし避難を急ぐことが必要



スライド 21

要になってくればです。

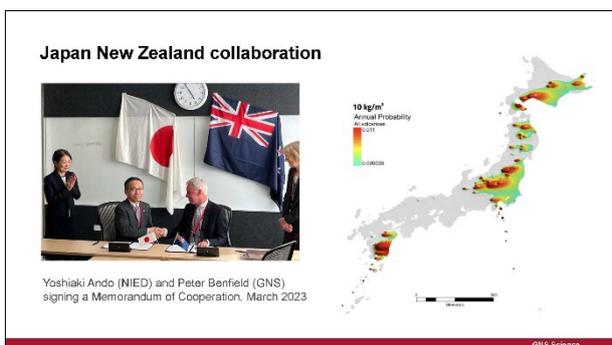
こちらは、Carol Stewart さん、マッセー大学の方です。Carol さんは、今度は SO<sub>2</sub> の濃度を見ています (スライド 21)。オークランド火山地帯で噴火が起こった場合の入院のレートあるいは死亡率の影響を見ています。シナリオを想定した場合、喘息による救急搬送などが 2 倍になるのではないかと見ています。



スライド 22

最後に、新しいプロジェクトで Josh Hayes さんがやっているのを見たいと思っています。全国的な火山リスクハザードモデルを見ています (スライド 22)。今までのプロジェクト、最初にお見せしたプロジェクトで得られたデータを集めて全国モデルを作ろうとしています。全国モデルで地震のモデルはあります。また、気象ハザードのものもあります。でも、まだ火山のものはありません

でした。こちらに引用が書いてあります。読み上げませんけれども、ニュージーランドにはいろいろなハザードがあるので、そういうハザードを理解した上でリスクを考えなければならないということが書かれています。Josh さんはこれらを集めて全国的なリスクをまとめようとしています。情報はハザードプログラムから集めたデータに基づいています。それを RiskScape で今度は全国的なモデルにできないかということを考えています。



スライド 23

最後にこちらのスライドで終わりたいと思います。これは 2023 年 3 月に撮られた写真です (スライド 23)。協力関係の覚え書きが GNS と NIED の間で結ばれたときのものです。科学者たちはみんなとてもわくわくしています。この新しい覚え書きによって、もっと日本の方々と連携ができるということになるからです。何年か前ですけれども、共に東京でハザードモデリングにおける火山灰影響

の調査などもしました。私自身もモデリングをさまざまな日本の火山でやりました。結構解像度の高いものです。ですので、皆さんとまた手を結んでこのモデリングを改善し、皆さんにとって有用なものにできればと思っています。ハザード情報を使ってインパクトを評価したいという方々のお役に立てればと思います。ありがとうございます。

**司会**：ありがとうございます。ただ今の講演にご質問がある方は挙手でお願いいたします。日本語でも大丈夫です。どなたかいらっしゃいませんか。

**質問者**：確率論的に評価されていたと思うのですが、多分、不確実性を考えているということだと思うのですが、何に対する不確実性を評価されているのかということに興味があるのでお聞かせください。

**MAGILL**：とてもいい質問だと思います。一番大きな不確実性は次の噴火がいつ起こるかという可能性確率です。だからこそ私たちは長期的な確率というのはあります。今まで噴火のサイクルを見えています。それをアップデートしようとしています。たくさんのシミュレーションをやっているので、それを使ってそういう不確実性を減らすようにしています。ですので、確率分布でどれくらいの降灰があるのか、そういったものは見ることができます。それから、モデリングの不確実性もありますし、また、降灰のインパクトの不確実性もあります。ですので不確実性はいろいろなものがあります。データの提示の仕方ですそれをなるべく減らすようにしています。

**質問者**：ありがとうございます。さまざまな不確実性がさまざまなレベルの種類のパラメーターであって、それをどう考慮するのかとどこかで決め打ちしなければいけないものもあるのかとか、その辺をどのように整理されているのか興味があったので、また調べて自分もやりたいと思います。ありがとうございます。

**司会**：ありがとうございました。では、Christina さん、ありがとうございました。

続いての講演は、気象庁気象研究所主任研究官の石井憲介様です。ご講演のタイトルは「気象庁の降灰予報業務とその改善に向けた取り組み」です。石井さん、よろしくお願ひします。

# **“Volcanic impact and risk research in Aotearoa New Zealand”**

Christina MAGILL (GNS Science)

## **Christina MAGILL**

Thank you everyone. It is great to be back in Japan after quite some time away. It is lovely to be back. Today, I am going to present an overview of the volcanic impact and risk research we are doing in Aotearoa, New Zealand. As you know, our countries are very similar from a geological and a hazards point of view and I think there is lots of crossovers between what we do in both countries. So, I am very, very happy to be sharing what we are doing in Aotearoa.

This presentation is very much a joint effort, presenting research from a group of scientists who work on volcanic risk within Aotearoa.

A bit of an overview of what I will talk about today. First is an overview of the major volcano programs and projects that we have ongoing in Aotearoa. I will talk about RiskScape, which is a risk modeling piece of software that we have developed at GNS. It is open-source software that you would also be able to utilize if there was something helpful for you. I will go through a whole lot of ash impact and risk projects that are happening in New Zealand, both for short-term risk and long-term risk. And then finally, finish up just with a few thoughts on New Zealand-Japan collaboration in this space.

This figure here is an overview of our major research programs and projects that are currently underway in Aotearoa. Our funding system in Aotearoa is that we work on a competitive cycle for funding where we can apply for funding for big projects that are undertaken over a period of about five years, and these are the current projects that are underway at the moment in the volcano space. All of these projects have an end-to-end aspect to them, so they have fundamental volcano science through to impact in risk research and even social science and planning at the other end.

This figure here highlights the regions that all the stakeholders that are that benefit from each of these research projects. The first one on the left is the transitioning Taranaki to a volcanic futures project. This is a stratovolcano, very similar to Mount Fuji, in the west of New Zealand. This is a project that is now getting to the end of the project and we are really focusing in on the impact work around Taranaki and a lot of my talk today will focus on Taranaki.

We have another program called Resilience to Nature's Challenge. And within Resilience to Nature's Challenge is a volcano program and we look after all volcanoes in the North Island. And again, it is a focus on impact and probably a focus on our cone volcanoes.

We then have ECLIPSE, which is a similar project, but this one is focused on the large caldera volcanoes. Beneath the waves is our offshore volcanoes. At GNS Science, we have some internal funding, which is government funding which allows us to again look at impacts and risk over the North Island. DEVORA is a project for the Auckland volcanic field, again end-to-end. RNC Rural has a focus on impacts to the rural environment from all hazards, but particularly volcano. MRM is a multi-hazard risk modeling project, which is also within RNC.

I want to talk now a little bit about RiskScape, which is an open-source piece of software that was developed by GNS Science, which is the government organization for geological hazards and geological research, and jointly in collaboration with NIWA, which is the National Institute of Weather and Atmospheric Research. So, they look after the hazards we do not look after, so that is the weather and climate hazards. It is also developed with Catalyst IT, which is a software engineering company and Toka Tū Ake EQC which is our government insurer.

RiskScape is a piece of software that allows us to do scenario, multi-hazard, and probabilistic risk modeling for any hazard. It does not have any data contained within the software. Risk science in the data sits outside within our research projects and that is what I will talk a bit more about today. We also with teams of social scientists, planners, and experts in the risk communication field who are able to take the information out of RiskScape and present this to end users and stakeholders depending on their needs.

This is just a quick photo, something we are very proud of. Last year, we won the best high-tech solution for public good at the New Zealand high-tech awards. And you can see, that was presented by our former prime minister. It is something we are very proud of with RiskScape.

RiskScape, we sometimes just say it is a fancy calculator that lets us do risk modeling nice and easily. We are able to undertake just simple exposure assessments where we can take a geospatial hazard layer, just say a single scenario, and we could look at what would be exposed to that scenario. For example, we could say that see that, say, 18,000 buildings would be exposed to a

given thickness of ash, say, based on an eruption of Mount Fuji. We can also undertake scenario impact assessment. So, this is when we would again take a single scenario but then we would apply potential impacts to that. So we could look at the amount of damage to buildings or to infrastructure based on a given scenario.

And then lastly, we are able to also use the software for full probabilistic risk assessment. We are able to put hundreds of thousands of hazard scenarios with given probabilities and we are able to define a probabilistic loss, which is the sort of information that is used widely in the insurance industry.

This is a schematic of how RiskScape looks at impact assessment. We would have an asset dataset, which is just a GIS dataset that might be buildings or roads or people. We then also have geospatial hazard information, which might be a simulation of ash or any other hazard. RiskScape combines those together, does some fancy geospatial sampling and allows us to easily calculate the exposure of those particular assets to the hazard in question.

And then lastly, we can use risk functions, so those would be functions that describe the relationships between our exposure and hazard, we can look at the impact from a given scenario. So that might be the cost, it might be the number of people that will need to be evacuated, the amount of ash that needs to be cleaned up, any of those questions that you might have around risk or impact.

A probabilistic risk assessment takes that one step further. So, instead of just having a single asset or single asset set we have multiple layers of assets. We have multiple layers of hazards. So this could be tens of thousands of hazard simulations each within a different probability. We perform the same geospatial sampling, the same exposure, but we can apply multiple risk functions to be able to calculate a probabilistic risk, which then can be used for reporting or decision-making depending on the stakeholder needs.

Now RiskScape does not contain data, but we do produce RiskScape models. And this is our newest model that is going to be released in the next few months is an ash impact model. So designed for RiskScape we have a probabilistic ash catalogue that is 60,000 ash simulations for the six main volcanoes in the North Island and these are conducted at a one-kilometer resolution. All of the data is contained within RiskScape. The photo, the picture on the left shows an overview of all of those simulations stacked on top of each other to look at the probability of ash as it stands today. And you can see, the highest probability is around that

Central North Island area where we got all our cone volcanoes, Taranaki Volcano on the west, and then Ōkātina Volcano, which is closer to the coast, on the east.

Interestingly, we do not get a high impact from the Auckland volcanic field in this catalogue because our ash simulations are quite small and contains the Auckland Volcanic Field. Obviously, if there was an eruption from the Auckland Volcanic Field, it would be catastrophic in terms of other hazards, not necessarily ash.

The important thing about this catalogue is that the probabilities are not fixed. We have a catalogue of ash simulations, and we are able to update those probabilities based on information we know about the volcano. Last year, when Ruapehu showed signs of unrest, we were able to determine that we thought that there was the likely outcome was VEI 2 – if they were ever to progress to an eruption, that the most probable eruption would be VEI 2, quite a small magnitude eruption. We were able to pull out the simulations from that catalogue and within RiskScape, look at what the impacts would be from those particular simulations. Some stakeholders also used individual simulations.

So the photo or the figure on the right is a figure of just one simulation and that was used by our transport agency to look at the impacts. And that they used a few different scenarios to look at the potential impacts if Ruapehu was to continue to eruption. It did not, but we were getting ready for it.

Again, sticking on the short-term hazard and risk, we have a system at GNS where we use a Bayesian approach to be able to look at the probability of an eruption based on monitoring factors and so on. And that is used to determine the alert level of the volcano. So Ruapehu went into an alert level 2, and we were then able to use our simulations to inform hazard map that were provided to the community and to the transport agencies and lifeline agencies.

You can see on the bottom there, there are also tips for the public of how to respond if there is an eruption of this magnitude. And we are also able to push out other information on potential impacts of the hazard that might be coming up. I just put this website here to show you that there are quite a lot of resources for the impacts of ash. This has been translated into a few languages and I am pretty sure Japanese is one of them. But do not quote me on that, I am not entirely sure.

I am going to move on now to long-term hazard and risk, which is the area I typically work in. This is again using our catalogue of ashfall simulations for the North Island. On the left-hand side, this was a project that we undertook for

Transpower earlier this year. And Transpower is our main electricity provider in New Zealand, and they look after our main transmission lines. It is a little bit tricky to see, but our main transmission line runs right down the middle of the North Island, and just a few kilometers away from our Central North Island volcanoes, so absolutely in the path of lahars and big thicknesses of ash. So Transpower are very much interested in the potential impacts from ash and other volcanic hazards.

We were able to take our catalogue of ash simulations and we were able to look at the probability of different thicknesses of ash reaching the critical components of the Transpower network. And here, this is just some results for the probability of 3 millimeters of ash and 200 millimeters of ash impacting those assets. And those were two main threshold that were determined to be quite important for the electricity industry. The 3 millimeters was about when we started to see flashover occurring and the 200 millimeters was when we started to get physical damage to the assets. And we were also able to see the relative contribution from different volcanoes.

The figure on the right, that was a really fun project. We do not just work in the North Island, we have an offshore Antarctic base, Scott Base on Ross Island in Antarctica. And that is very close to Erebus volcano. It is also very close to McMurdo Base, the American base. Scott Base is currently being redeveloped, all new buildings and all new infrastructure and so on. During the redevelopment, Scott Base asked us to do a risk assessment for that base. So we undertook ash modeling, probabilistic ash modeling for Erebus, and we looked at potential impacts to the structure, the building structure, to the water systems, the electricity systems, the heating systems and so on. And we looked at – most importantly, it turned out to be the probability of people and scientists being able to get in and out if there was an emergency. So potentially, if there was a big ash eruption, planes, helicopters would not be able to fly in and out and get people out if there was an emergency. So, that was a fun project that we finished up this year as well.

This is moving on, I want to showcase some work that is being done by university researchers. This is some work done by James Williams at University of Canterbury. James is developing a probabilistic loss model for the Auckland Volcanic Field. So the Auckland Volcanic Field is a monogenetic field. We do not know when the next eruption is going to be, but we assume it is going to be within that oval. And that little Isthmus in the middle, that is Auckland City. So, you can

imagine if we did have an eruption there, even if it was relatively small, there would be large impacts to Aotearoa's largest city.

James is looking at a way that he can first model the ash from different locations within the Auckland Volcanic Field, and he is also looking at how different hazards could be combined into an impact assessment. This is where the complexity comes in. We know if there is an Auckland Volcanic Field eruption, there will be ash, there will be basalts, there could be lava flows. Depending on where the location of the eruption is, there could be groundwater interactions or seawater interactions. James is looking at ways that he can model the impacts from those multiple eruptions through time. A really exciting project. It is just starting, but it is an exciting project going forward.

Just an overview of James' work. He is starting by doing deterministic scenarios within RiskScape, where he is just looking at single eruptions. He is then looking at the interactions between hazards and developing methodologies for modeling those multiple hazard scenarios. And then lastly, he is applying these methodologies. In the coming years he will be applying these methodologies out to probabilistic assessment.

This is another project undertaken by University of Canterbury. So this was Alana Weir's Ph.D. work. Alana is now in University of Geneva with CERG so we are a bit sad to see her go. But she did do a fantastic Ph.D. project.

Alana used RiskScape to do a systemic impact assessment of Taranaki volcano. Taranaki is near New Plymouth, so nearer a city. But the most important industry around Taranaki is agriculture. The main industry around Taranaki is agriculture and particularly dairy. And obviously, dairy is a really important industry for the whole of New Zealand. So, an impact to that Taranaki region would have huge economic consequences for the country.

Alana looked at impacts to farm, she looked at evacuation from the volcano, she looked at impact to the critical infrastructure, particularly electricity. And then she looked at those interactions. She looked at how impacts to infrastructure would flow on to farm productivity, impacts to farm productivity and so on. So really a cool project.

Alana looked at multiple different scenarios. So, she looked at just a single ash eruption, she looked at an ash eruption that could have gone weeks or even into years. She looked at the combination of ash plus lahar, she looked at multiple

phases. She looked at lots of different scenarios within her Ph.D. Then she was able to first – her first step was to look at the physical impacts to the assets and the infrastructure from those scenarios. That is what you can see on the right-hand side. That is her step one.

She was then able to play with different mitigation measures to see how they might impact the outcomes of those particular eruptions. I will just show you a couple of examples of what she did. In this case, she was looking at water supply, so the loss of water supply to the region. So, in her initial simulation, Alana just looked at the impacts to the water infrastructure. She calculated that there will be 13,000 houses without water for more than 100 days. So, you can imagine that would be a significant impact on the community. However, when she looked at a particular intervention, which was using borehole supplies of water for south Taranaki, that really reduced. So, she was able to reduce those numbers down to 5000 dwellings without water for 100 days, greater than 100 days. This was the sort of information she could provide to the local government as potential things they could be thinking about now to mitigate an eruption in the future.

Similarly, she looked at farm productivity. So, in this case, it was similar investigation, but looking at water supply for farms. And she saw that there would be 2500 farms without water for more than 200 days, given this given scenario. When again the same mitigation measure with a borehole supply, she was able to bring this down to 300 farms without water. So, a big change in the impact and she was able to investigate that through modeling.

She was also able to look at farm productivity and how farming could be – the recovery from an impact of a volcanic ash and lahar eruption could be sped up. So she looked at things like utilizing on-farm ground water or having generators on the farm. Tilling of the volcanic ash, so overturning the volcanic ash and using that to replant crops and using heavy machinery to get rid of the ash. She was able to look at these different methods and look at how fast farms recovered compared to just doing nothing.

Okay, so I just want to quickly go through – I have spent quite a lot of time on Alana's project, but I think it is really cool and it really demonstrates a true impact assessment. So, what Alana found was that there was really severe impact to the water supply, particularly the surface water supply, to electricity transmission. And you can see here that the main grid exit point is very close to the eastern side of Taranaki. So, this is where most of the ash would accumulate if there was an eruption.

Oil and gas production and transmission were impacted. A lot of the oil and gas comes into the country very close to Taranaki. Transportation roads were impacted and there was obviously systemic impacts across scenarios. Primary industries were really impacted, which would have national level impacts.

She also looked at wellbeing impacts, and so those are emerging as a really critical factor. So those impacts to people, families, due to isolation, disruption. And also looking at evacuation, this being a critical decision and could potentially cause the most impacts of all if it was not done correctly.

I am going to start going a little bit faster. This is sort of some aligned work. This was done by Carol Stewart at Massey University. Not ash this time, Carol was looking at SO<sub>2</sub> concentrations and she was looking at how mortality and hospital rates could increase following an eruption from the Auckland Volcanic Field. So, she was saying that a given scenario, that we will probably see a doubling in asthma, emergency room admissions due to that scenario.

Finally, I want to talk about a new project being led by Josh Hayes at GNS. And Josh is scoping a national volcanic hazard and risk model. So, Josh is building off all of the research has been done and all of those projects that I showed you right at the start and he is developing a framework for bringing those together to a national model. We already have a national model for earthquake, and we are getting pretty close with some of the meteorological hazards as well. But we do not have a national volcano model. And there is a nice quote at the top, I will not read it. But I think it illustrates that New Zealand has multiple hazards and we have to understand all of our hazards to have a consistent view of risk across the country. So, Josh's work will be looking at bringing this together to have a national view of risk across the country. He will be using information from these hazard programs and looking at how those can be brought into RiskScape to develop a national model.

Lastly, I just want to finish with one last slide. This was a photo taken in March 2023, which was the signing of a memorandum of cooperation between NIED and GNS. And I know our scientists were very, very excited about this memorandum and being able to work more closely with our colleagues here in Japan.

I also wanted to do a little plug. Some of you I know we worked together on quite a few years ago now, looking at volcanic ash impact in hazard modeling for Tokyo. A little bit of a pet project for me. I have extended this modeling out to all of the volcanoes in Japan, quite a fine resolution. And I would love to connect with some

of you about how we could highly improve this modeling and get it to a point where it could be useful for all of you who are interested in using hazard information to look at potential impacts. Thank you. I will leave it there.

**Moderator**

Thank you so much. So, we would like to invite questions. If you have questions, please raise your hand. You may ask questions in Japanese. Any questions?

**Q1**

The probabilistic assessment. I think you were looking at uncertainties, but what uncertainties are you looking at? That was one thing that I was interested in, so if you can explain that.

**Christina MAGILL**

Sure. That is a great question. The big uncertainty is just the probability of when the next eruption will be. So that is the big uncertainty, and that is why we do not assign – we have a long-term probability which is based on the routine periods of the volcano, but we are able to update those probabilities as we go through.

Because we undertake so many simulations, we use that as a way of trying to reduce some of those uncertainties that we are looking at. So, we are able to apply probability distribution, say, for the volume of ash, the height of the column and so on. So, we are able to account for some of those probabilities in that way. But there is also obviously modeling uncertainties, there is uncertainties in what the impacts of the ash will be. So yeah, acknowledge that there is lots of uncertainty there. We try to account for it in the way we present the data. But yeah, acknowledging that there is still lot of uncertainty.

**Q1**

Thank you very much. I believe there are a lot of different uncertainties at different levels and I believe you have a lot of parameters. I believe we have to determine how to consider that. I was interested in how you are doing that. And I would also like to do so myself. Thank you.

**Moderator**

Thank you, Christina. Thank you so much. Next up, we have Dr. Kensuke Ishii from Japan Meteorological Agency, Meteorological Research Institute. He is going to talk about the efforts to improve operational prediction of tephra fallout, Japan Meteorological Agency.



## 目次

### 1. 気象庁の火山灰拡散予測に関する情報

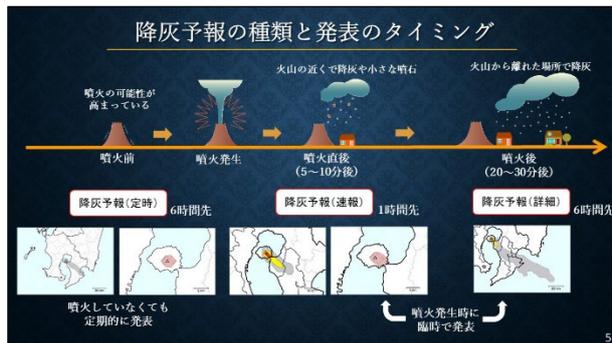
- ・ 降灰予報
- ・ 航空路火山灰情報 (VAA)

### 2. 手法と改善に向けた取り組み状況

- ・ 移流拡散モデル
- ・ 噴煙モデル

4

## スライド 4



5

## スライド 5

し分かりにくいかもしれませんが、これらの三つの情報から構成されています。

この降灰予報(定時)というものは、非噴火時、つまり噴火前から噴火を仮定して予測計算を行っていて、小さな噴石と降灰の範囲を発表しています。この定時情報は3時間ごとに発表されています。

降灰予報(速報)は、噴火発生後数分以内をめどに発表するもので、降灰量と小さな噴石の落下範囲の予測を発表しています。降灰予報の速報では、事前に計算しておいた予測を発表に使うので、噴火後、速やかに発表することができます。

降灰予報(詳細)、一番右のものは、噴火発生後30分程度を目安に降灰量と降灰開始時刻の予測を発表しています。降灰予報の詳細では、観測した噴煙到達高度を用いるので比較的精度の良い降灰分布や降灰開始時刻の計算が可能になっております。



6

## スライド 6

ていて、多い方から多量、やや多量、少量と三段階で表示しています。

(VAA)といい、大気中に浮遊する火山灰で、主に航空の安全のためだったりするのですけれども、今日のワークショップの内容から、今日はこの降灰予報にフォーカスしてお話をしたいと思います。

後半の話で、その改善に向けた手法を簡単に説明して、それに向けた取り組み情報として新しい噴煙モデルの開発を進めているので、その中身と新しい噴煙モデルがどういうことができるかという話をしたいと思います。

まずは降灰予報についてご紹介します(スライド5)。気象庁が行っている降灰予報の業務における情報の種類は三つございます。三つそれぞれ発表のタイミングと情報の種類が違い、その三つというのは左側からお示しているように、降灰予報の定時というものと、降灰予報の速報というものと、降灰予報の詳細という、名前が非常に似ているので少

ここで一例として、降灰予報の具体例をお示しします(スライド6)。これは降灰予報(詳細)の例になります。この降灰予報(詳細)では、市町村ごとにまず降灰量と降灰開始時刻の予測を明記し、同時に範囲と量を図示しています。予測時間は6時間で、1時間ごとの降灰量を図示しています。

この図を少し拡大したものが右側の図です(スライド7)。降灰量に応じて色分けをし





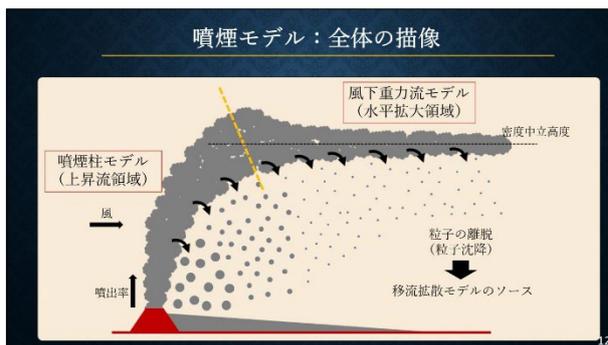
スライド 11

移流拡散モデルでは、噴煙から放出された粒子の輸送計算を行います。今日の話の中心は噴煙モデルの方なので、ここでは移流拡散モデルについては簡単に概要だけ記載します(スライド 11)。

移流拡散モデルでは、風による輸送や重力による落下など、幾つかの物理過程を考慮して、ある瞬間の時間変化率というものを計算しています。具体的に言うと移動速度です。

そしてその時間変化率を時間積分することで、次のステップの予報変数、火山灰粒子の位置を計算しています。それを繰り返すことによって、予測計算を行うということになります。ですので、移流拡散モデルの改善は、この時間変化率を計算するために組み込んでいる、風による輸送や重力による落下、乱流拡散といった物理過程を改善したり、もしくは新たな、今まで考慮していなかった物理過程を組み込んだりすることで改善が行われるということになります。

例えば先日の火山学会では、再飛散過程の導入についての報告があったと思います。一方で、この移流拡散モデルに入力する初期値のトレーサーの配置、火山灰の初期の配置を計算するのが噴煙モデルで、こちらが今日のお話のメインテーマになります。



スライド 12

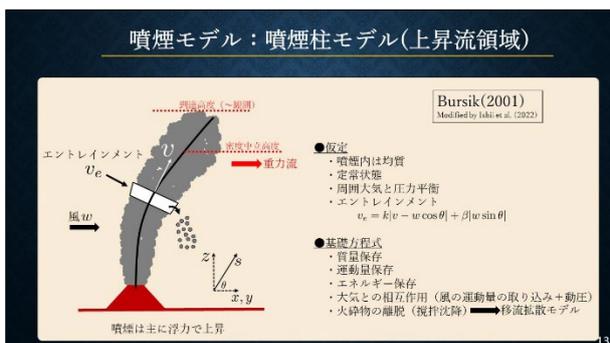
開発中の噴煙モデルというのは(スライド 12)、火口から立ち上る噴煙を密度中立高度を境に二つの領域に分割するという点に特徴があります。密度中立高度というのは、噴煙というのは密度を下げながら上昇していくのですが、それが周囲大気と釣り合う場所になります。密度中立高度まで噴煙が上昇していく上昇流領域は、噴煙柱モデルという上昇の力学に基づいたモデルで記述します。

密度中立高度に達した噴煙が風に輸送されつつ風と直交方向に広がる過程に遷移していくのですが、そこについては重力流モデルで記述しています。噴煙で見られる重力流というのは、放射状に広がる傘型の重力流と、この図のように風下に流れる風下重力流の2種類の重力流があるのですが、ここからはしばらくは便宜的に風下重力流の方で説明をしたいと思います。後半に傘型

の話が少し出てきます。

これら二つのモデルに対して、攪拌沈降理論に基づいて粒子の離脱を計算することによって移流拡散モデルのソースを得るという流れになっています。

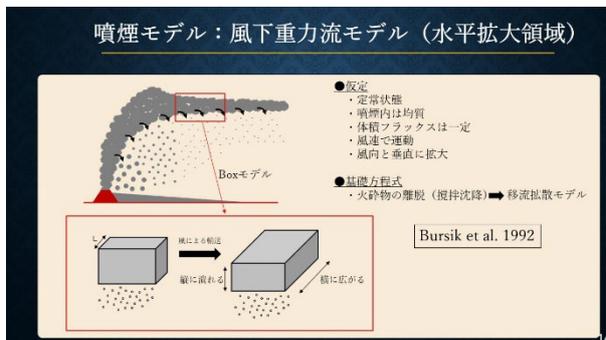
少し細々した話になってしまうのですが、本モデルに含まれる噴煙柱モデルというのは(スライド 13)、Bursik (2001) というものに基づいて、噴煙内は均質などの幾つかの



スライド 13

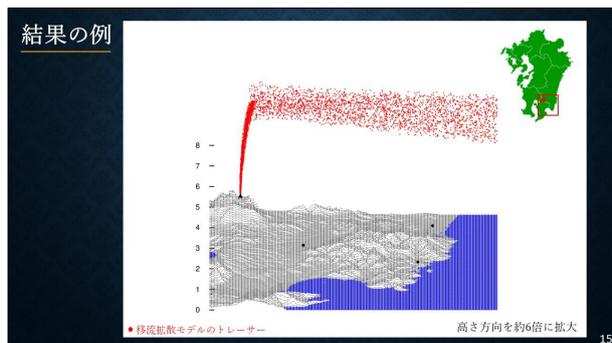
仮定を置いた基礎方程式を円柱形の検査体積に適用して火口から積分していくことによって、上昇プロセスを数値計算しています。さらに、この検査体積の側面から離脱する粒子の量を計算することで、これが移流拡散モデルの初期値、ソースとなります。

密度中立高度に達した噴煙は周囲大気と釣り合うので、上昇をやめて水平方向に輸送されていきます。周囲大気との密度差によってつぶれつつ風下に流れていくというような風下重力流として運動していきます。



スライド 14

水平拡大領域を記述する風下重力流モデルでは（スライド 14）、赤枠の中の図で示すように、風に直交する方向に広がりながら、縦につぶれつつ、風によって移流していく様子を表現するもので、Bursik の論文に基づいて、このようなボックスモデルを採用しています。噴煙柱モデルのときと同様に、攪拌沈降理論を用いて噴煙から離脱する粒子の量を計算することで、これが移流拡散モデルの初期値、ソースとなります。



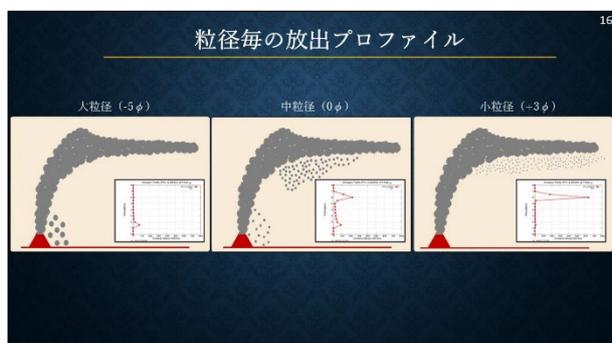
スライド 15

次にお見せするのが、このモデルを使って計算した移流拡散モデルのソースになります（スライド 15）。

これは一例として、2011年の霧島の噴火の事例に対して、移流拡散モデルへの初期値を作成したものです。この図の赤い点は移流拡散モデルの初期値として使用されるトレーサーで、本モデルで計算された噴煙の形状と

対応しています。ここまでの説明のとおり、噴煙は噴煙柱と重力流から構成されます。また、この噴煙柱部分は風の影響で傾いています。

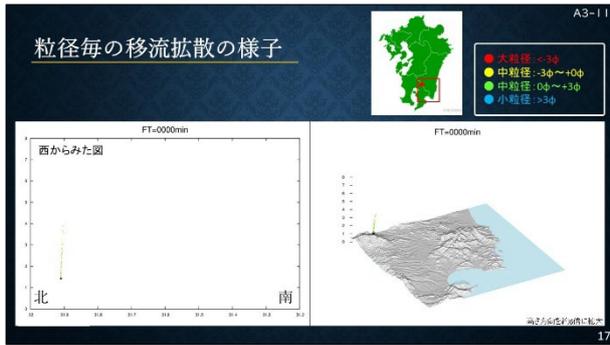
この図は、粒径を区別せずに、全粒子を全て赤い点で図示しています。しかし実際には、供給のプロファイルは粒径ごとに異なります。



スライド 16

これが粒径ごとの放出プロファイルで（スライド 16）、左側から、 $-5\phi$  を代表していますが、大きな粒子、中くらいの粒子、小さい粒子というふうに図示しています。このそれぞれ白いグラフは、横軸が放出量で、縦軸が高度になります。ここから分かることは、大きな粒子というのは主に噴煙柱から放出されます。一方、小さな粒子というのは主に重力流から放出されます。その中間の粒子というのは、噴煙柱と重力流の両方から放出される

ということが分かります。これらの粒子は、大気中に放出された後、風によって移流拡散をしていきます。

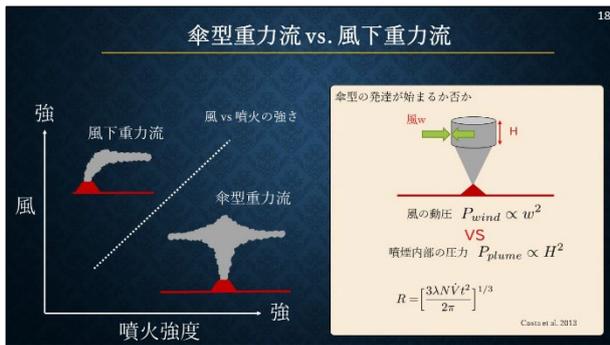


スライド 17

移流拡散の様子も粒径ごとに異なっています。この図は、移流拡散の様子を粒径によって色を変えて示しています（スライド 17）。前のスライドの説明のとおり、大きな粒子というのは噴煙柱部分から放出されるという傾向があつて、また小さな粒子ほど重力流から放出されるという傾向がここに出ています。

放出された粒子の地上までの軌跡を見ると、小さな粒子ほど風に流されて遠方まで運ばれることがわかります。このように降灰分布は、噴煙からの放出プロファイルだけでなく、放出後の移流拡散も重要な役割を果たしています。ここまでが本噴煙モデルを用いた場合の、火山灰の移流拡散の描像になります。これらの描像を観測と定量的に比較、検証していくことは今後の課題と考えています。

ここでお見せした霧島の事例というのは、噴出率が比較的小さくて、風も強かつたので火山灰はこの右側の図のように風下に流れました。しかし、前半に少しお話したように、噴出率が大きくなると噴煙は放射状に広がって、その形状が傘型になるということが知られています。



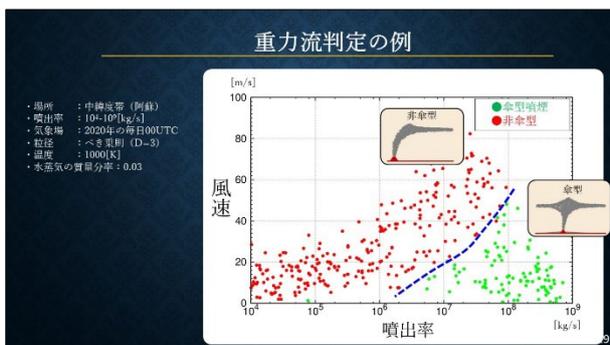
スライド 18

本モデルは、重力流モデルとして傘型噴煙モデルも考慮しています（スライド 18）。先行研究では、噴煙が傘型になるかどうかというのは、噴火の強さと風の強さの競合を考

える必要があるということが指摘されています。そこで本モデルでは、傘型噴煙の開始時における、噴煙内部の圧力と風の動圧の競合、そのどちらが大きいかということ調べること、傘型重力流になるか、風下重力流になるかということ判定しています。

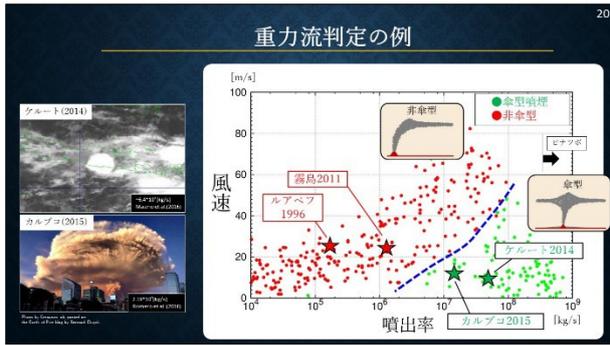
そして傘型と判定した場合には、傘型重力流モデルを用いて、噴煙の形状を計算します。しかし傘型に広がり始めても、すぐ風に負けてしまうようでは、例えば広がり始めるけれども 100m や 200m ぐらいのところまで風に負けてしまうと、顕著な傘型を形成したと言えないので、実装では便宜的に、傘の直径が十分に大きい場合に、傘型噴煙を形成したと定義しています。

次に、仮想的な噴火、無数の噴火に対して、この判定基準を用いて、傘か否かの境界線をモンテカルロ的に推定した結果をお見せします。



スライド 19

これは、中緯度帯の1年分の気象場を使ってランダムに噴出率を与えた仮想的な噴火の計算を行って、先ほど述べた傘か否かの基準を満たすかどうか、傘型噴煙になるかならないかというものを示した図です（スライド 19）。縦軸が密度中立高度、上空における風で、横軸が噴出率です。この点の一つ一つが、ある日の気象場に対する噴火のシミュレ



スライド 20

また、傘型噴煙を形成しなかった 2011 年の霧島や 1996 年のルアペフは本モデルでも傘型噴煙は形成されませんでした。

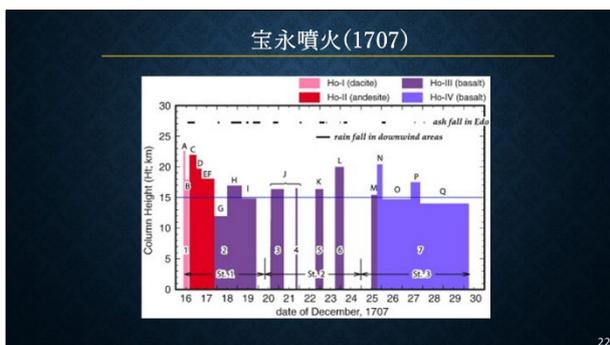
実事例も含めたこれらのプロットを見ると、噴出率が大きく風が弱い場合に傘になりやすいという傾向が見られます。特に噴出率が  $10^8 \text{kg/s}$  を超えると例外なく傘型になる一方で、 $10^6 \text{kg/s}$  以下ではほとんど傘型にはなりません。しかし、それらの中間的な領域、 $10^7 \sim 10^8 \text{kg/s}$  付近では風によって噴煙の形状が異なることが分かります。これは、噴出率が同じ噴火であっても、噴火が起こる季節によって想定されるべき噴煙の振る舞い、形状が異なるということを示唆しています。



スライド 21

右の図の横軸は月を表して、縦軸は各月の傘型噴煙を形成した確率になります。この図を見ると、11月から5月の期間は1日も傘型噴煙を形成しませんでした。しかし、対照的に、夏の期間は傘型噴煙を形成することが多く、特に8月は全ての日で傘型噴煙を形成しました。

内閣府の提言では、宝永噴火相当の噴火に対しては、風下側に流れる噴煙を想定しています。しかし、この結果は、噴火が発生する季節によっては傘型噴煙のような風上にも広がるような噴煙を想定する必要があるということを示唆していると思っています。



スライド 22

ーションの結果になります。この緑色が傘型噴煙を形成したもの、赤色が傘にならなかったものになります。これは仮想的な噴火に対する結果です。

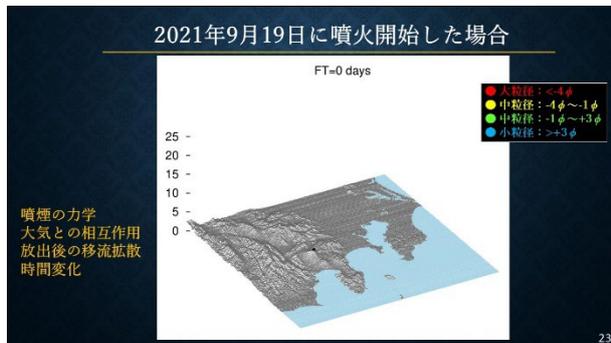
実際の噴火の事例をいくつかプロットしてみると、例えばこのようになります（スライド 20）。実際に傘型噴煙を形成したような 2014 年のケルトや 2015 年のカルブコ噴火は、本モデルでも傘型噴煙を形成しました。

そこで、噴煙の形状が季節によって変わる例として、宝永噴火と同等の噴火が発生した場合の噴煙の形状について調べてみました

（スライド 21）。先行研究で示された噴出率の時系列のうち、最も大きい  $10^7 \text{kg/s}$  という値を使って 2020 年の 1 年分の毎日の気象場に対して、傘型噴煙になるか否かの判定を行いました。

また、この結果は、噴出率が  $10^7 \text{kg/s}$  を想定したものです。しかし、前半の話でご説明したように、噴煙の形状というのは噴出率に依存するため、噴出率が時間変化するような場合は噴煙の形状が変わる可能性があります。また、噴火の継続時間が長いような場合は、風の時間変化も考える必要があります。

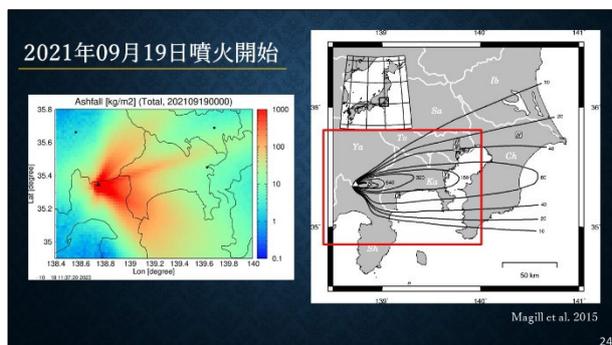
実際、宝永噴火は1707年の12月16日に始まり、15日間程度継続しました。この図は、宝永噴火の噴煙高度の時系列になります（スライド22）。この15日間の間に噴火の強さ、これは到達高度の時間変化を示しているのですが、噴火の強さが大きく変化しているということが分かります。このような宝永噴火のように継続時間が長く、さらに噴火の強さが変化するような場合には、風の時間変化も合わせて考慮して計算を行うような必要があります。本モデルではそのような計算が可能です。



スライド 23

このように、本噴煙モデルを移流拡散モデルと結合することで、火山灰の拡散計算を行う際のキーポイントである、噴煙の力学、大気との相互作用、放出後の移流拡散、そしてそれらの時間変化というものを考慮した予測計算ができるようになりました。

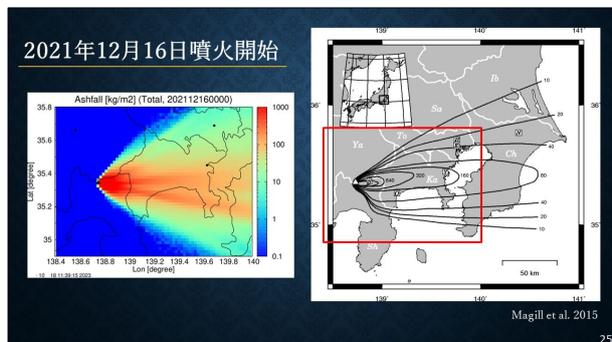
最後に、この拡散計算で予測された降灰量を見てみます。



スライド 24

その結果がこちらになります（スライド23）。これは、宝永噴火相当の噴火が2021年9月19日に起こったと仮定した場合の拡散予測の計算の結果になります。噴火の強さと風速が時間変化しているため、それに応じて噴煙の形状も変化していくという様子が分かります。また、風向も変化しているため、火山灰が輸送される方向も時間とともに変化しています。

左側がシミュレーションの結果の降灰量ですが（スライド24）、火口の近傍では1mを超えるような堆積量が計算されて、東京都内でも1cmのオーダーの堆積物が計算されています。右側は実際の宝永噴火の堆積物の分布ですが、だいぶ異なるということが分かります。これは実際の宝永噴火は12月で、今回の左側の計算は9月で、季節がだいぶ異なるので大きく分布が異なっているということになります。



スライド 25

これを代わりに、実際の宝永噴火と同じ12月の気象場を用いて計算したものが、この左側の図になります（スライド25）。先ほどの9月のときの結果と異なって、火口の東のみに分布しています。このように、降灰の分布に大きな季節変化があるということは、もうたくさんの先行研究や、さまざまところで指摘されているとおりです。

これらの計算結果は、文科省の火山プロジェクトで進めている作業の一部を先行してお見せしたのものになります。今年度は、このような計算を1年分の気象場で365事例行って、来年度以降、統計的な傾向、季節による変化傾向など

## まとめ

### ●降灰予報

- ・ 3 種類の情報 (タイミング、発表内容)  
→ 定時・速報・詳細
- ・ 「移流拡散モデル+噴煙モデル」の組み合わせ

### ●改善に向けた取り組み

- ・ 噴煙モデルの開発  
→ 噴煙の力学、大気との相互作用、傘型噴煙  
宝永噴火の再現

26

## スライド 26

を調査していく予定でいます。

それでは最後にまとめです (スライド 26)。前半で気象庁の降灰予報について紹介しました。気象庁の降灰予報は 3 種類の情報があり、それぞれ、タイミング、発表内容が異なります。三つというのは、定時、速報、詳細でした。これらの計算は、移流拡散モデルと噴煙モデルの組み合わせによって計算されています。

この降灰予報の改善に向けた取り組みとして、気象庁気象研では、新しい噴煙モデルの開発を進めています。そのモデルは、噴煙の力学、大気の相互作用、噴煙の形状、時間変化などを考慮したモデルになっており、その検証、テストとして宝永噴火の再現や季節変化の傾向などの調査を進めようと思っています。発表は以上になります。

**司会：**ありがとうございました。ただ今の講演にご質問ある方は挙手をお願いします。

**質問者：**どうもありがとうございました。素晴らしい研究だといつも感心して聞いています。噴煙予報の定時の方ですけれども、例えば宝永噴火並みの、今度富士山が噴火するときなどは決め打ちではなくて、やはり確率論的に示した方がいろいろなケースに対応できていいような気がするのですが、その確率論的なことを採用するのがいいかどうかについてのお考えを聞きたいです。もう一つは、実際、今 GPV を使って移流拡散を入れていると思うのですが、計算時間上それが可能なのか、その 2 点を伺いたいです。

**石井：**まず確率的な予測をすべきか否かというところで、それはすべきだとは思いますが。実際に気象庁がいつぐらいに始められるかというのは別にして、やはり不確実性というのは絶対にあるのでそれは必要かなと思います。ただ、VAA の方では比較的、数年以内ぐらいに確率的な予測を始めようという話が出ています。ただ、それは気象場による不確実性で、近傍への降灰とかというと、気象場による不確実性より、恐らくソース、噴火規模などの不確実性の方が大きいので、そちらについては個人的には実は少し進めているのですが、あまり具体的に表立って進めているというような状況ではまだない。水面下でいろいろ調べているという程度になります。もう一つは何でしたっけ。

**質問者：**計算時間的に確率論で運用可能かということですか。

**石井：**それは可能だと思いますね。移流拡散モデルはやはり設定がいろいろあるので、それを軽い設定にしたりすれば、いくらでも計算は速くできるので、今も 3 段階にしているというのはやはりそういう都合があるので、時間がかかってもいいけれどたくさん計算するというものとは別に、設定を軽くしてその代わり早くするとかそういうことは十分あり得るかなと思います。

**司会：**他にはございますか。Web から一つ質問がありまして、移流拡散モデルの中で雨の影響はどうなっているかという質問が来ています。

**石井：**雨の影響は一応考慮しています。雨粒に捕捉されて落下するという過程を考慮して、いわゆるウォッシュアウトというものを考慮しています。ただ、使える GPV、気象場のデータが、雨の鉛直分布に関してはそんなに精緻なものではないので、少し簡易的な形にはなってしまうのですが、一応考慮はしています。

**司会**：ありがとうございます。他にご質問ございますか。よろしいですか。それではありがとうございました。

**石井**：ありがとうございました。

**司会**：ここでいったん休憩に入りたいと思います。2時20分に再開いたします。

—休憩—

**司会**：それでは、第1部の講演の後半を始めたいと思います。講演の三つ目は、電力中央研究所 上席研究員の本間宏也様にご講演いただきます。タイトルは「架空送電設備への降灰付着影響—がいしへの降灰付着特性と絶縁性能—」です。よろしくお願ひします。

## **Efforts to improve operational prediction of tephra fallout in Japan Meteorological Agency**

**Kensuke ISHII (Japan Meteorological Agency, Meteorological Research Institute)**

### **Kensuke ISHII**

Hello. My name is Ishii, I am working for Japan Meteorological Agency, Meteorological Research Institute. Allow me to speak in Japanese. Today, I would like to discuss efforts to improve operational prediction of tephra fallout in Japan Meteorological Agency.

Now let me start. On the left is the eruption of Sakurajima Islands in October 2009. A large amount of volcanic ash is erupted, some of which being falling on to the ground, the remaining staying in the atmosphere. And all these fallouts can have damages and impacts on our everyday life on many different levels. And I would not go into the detail because my previous speaker touched up on that. For example, impacts would include deteriorated visibility and also impacts on lifeline, and also more function of transportation system. Also, blackouts caused by the insulator accidents and also contamination of water, in addition to impacts on agriculture, forestry, and fisheries. So, it can be compounded.

The volume of fallouts and the level of damage were organized in this table. For example, 1 mm of fallout has led to blackouts. And when it is thicker, then several millimeters, expressways had to be closed. So there are different types of impacts, negative impacts. On the part of JMA, we are preparing a material to mitigate the impacts and we believe that the simulation of the transportation of volcanic ash is the most important element for us to accurately simulate the impacts. And this is the point that I would like to cover.

JMA is sending out information about the fallouts and I would like to first introduce what we do at JMA. Maybe a bit boring because it is more like an introduction of the system and the organization of this endeavor. Into the second half of the presentation, I would also like to discuss the prediction of fallouts on to the ground. And the other is volcanic ash in the air, having an impact on the safety of aviation.

I will be focusing more on the volcanic ashfall forecast than VAA. I would then like to describe briefly the methodology and status of the efforts, then I would like to introduce the new advection-diffusion model, which we are currently developing and what we can expect from the newly developed model.

Now, let me discuss the ashfall forecast by JMA. At Japan Meteorological Agency, we have generally three different types of information depending on the timing of the announcement and the types of information contained. Regular announcement, preliminary announcement, and detailed announcements are announced at different timings. These are the three types of information that we provide. Regular announcements are made when the mountain is not in eruption. You calculate the scope of possible eruption, and this prediction is released every three hours.

And preliminary announcement is released within several minutes after the start of the eruption. Scope and the size of the fallouts are included in that information. Pre-calculated simulation is used so that the preliminary announcement can be made soon after the eruption. Detailed version of the announcement is released on the prediction of expected amount of the fallout and the scope of the fallout within the first 30 minutes after the eruption, and because it is this information is more accurate and more detailed.

Let me give you one example. Let me show you a concrete example. This is the detailed version of the announcement. This detailed announcement shows the number of fallouts and the expected time of the start of the fallout by municipalities in addition to geographical scope of the fallouts. And fallout by the hour is forecasted for the six hours investigated. And this is the enlargement of the area. It is color-coded from red to grey, with a higher to lower volume of the fallouts. The level of impacts and actions that need to be taken are listed by the level of the severity. When it is wider in scope but with less fallouts, use of face mask is suggested. And when it is larger in volume, it is recommended that people refrain from driving. So, by the scope of the fallout and the depth of scope out different information or recommendations are made to people so that they can behave appropriately. There are other types of information available at JMA. So those of you interested, please do visit our homepage.

Now, let me go to the core of the presentation about the development of an improved version of the prediction. This schematic shows the processes through which the plume is sedimented on the ground. After eruption, those plumes and the ash that travels along the plume is sedimented on to the ground through different processes including advection-diffusion model or gravitational fallouts. And this model uses the calculation in two stages. One is plume model and the other is advection-diffusion model for a more accurate simulation.

Plume model uses the information of the expected size and volume of the plume whereas advection-diffusion model focuses more on different pathways before the ash comes down on to the ground. Those are also influenced by the winds and other factors, which is also factored in, in the model. Both plume model and advection-diffusion model are being improved for us to have a better and more accurate simulation and that is why JMA is currently trying to improve these models.

Now, advection-diffusion model calculates the transportation of the particles carried out in the air. Let me just give you the overview. In the advection-diffusion model, wind transports these particles and there are other pathways. And also, time integration is used, say for example, the velocity of the movement is reflected through integration with respect to time to calculate the expected area where the volcanic ash would land and be deposited. By improving this model, we look at the physical pathways of these plumes and this simulation of the processes are being improved or further enhance this calculation by factoring in other factors that were previously not included.

There was another report on this model yesterday and initial distribution of the volcanic ash is calculated using the plume model.

It is divided into two different areas depending on the density. Plume goes up into the air, making the density lower and it will reach the equilibrium at one point. And this is more like in upwelling region of the plume model. It is transported by the wind and is dispersed as shown on this chart. And gravity model is also used. And radial umbrella like expansion and also other types of gravity model, but I would focus on the latter one of gravity current in this presentation. These two models based on the agitation model; we get the source of the advection model.

And sorry that I am getting into the details of the model. This model is based on the Bursik 2001 with an assumption that it is homogeneous within the plume, and cylindrical analysis is used to calculate the upwelling process of the plume. And by calculating the volume of the particle that is segregated, we also obtain the expected distribution of the plume landing on to the ground. Once it is segregated, it will stop getting higher into the air and will start moving horizontally. And that will also be gravitated to the ground towards the tail of the wind. Shown in the red box, shows that it is horizontally squashed as they are blown away by the wind, as was argued by Bursik in 1992.

Just like plume model, we use this disperse settlement model to understand how many particles will land. And this will be used as the initial value source for advection-dispersion model. Utilizing this model, we calculated this source for advection-dispersion model. This is the eruption of Kirishima in 2011. We created the initial value for the advection-dispersion model. The red dots are the initial values, tracers that are used for the model. And this corresponds to the shape of the plume that we calculated. So, this plume is made of gravity current and upwelling current. And as you can see, this is tilted because of the wind.

We have indicated all the particles by red parts. But they have different particle sizes and the profile of supply actually changes by the particle size. On the left-hand side, we have large particles, minus 5  $\mu$ m. And this is middle sized particles and small particles. And these graphs, vertically we have amounts that is released and also the heights, altitude on the vertical axis. So large particles will be released mainly from the plume, small particles will be released from gravity current. And middle-sized particles are actually released during strains from both plume and gravity currents. After they are released in the air, they will actually spread via advection by the impact of winds.

And this shows the color-coded advection-dispersion by particle size. Large particles, as I said, will be released from the plume and small particles will be released from the gravity currents as you can see here. And when small particles, when they are released, if you look at their movement, they will be brought further away by the winds. So, it is not just plume profile, we need to understand how this is moved by the advection. So, this is how the particles will be transported by advection. And future research lies in this area particularly.

I showed you Kirishima volcanic eruption. The particle sizes are rather small and wind was pretty strong. As you can see, winds blew in the downward direction. But when the eruption rate increases, as you can see the plume expands in a radial shape that looks like an umbrella. So, this model tries to consider umbrella shaped gravity current as well. Whether the plume shape is vertical or umbrella, it is something that we need to understand the relationship with the wind velocity and the force of eruption. So, internal pressure in the plume and also the wind dynamic pressure and we have to compare them to understand what shape the plume may take. Now if it is umbrella shape, we have to utilize gravity current model. But once it spreads like an umbrella shape, it will start to spread. But at a distance of 100 meter or 200 meters, it does not create a shape like an umbrella. So, when the diameter of the umbrella is large enough, we can determine that it has created

the shape of umbrella. Utilizing these criteria we will draw the boundary by Monte Carlo simulation.

We have used one-year meteorological fields in the mid-latitude zone with a random eruption rate and try to understand which cases will become umbrella. We have wind speed in the air, vertically. We have discharge rate on the horizontal level. And each dot indicates the result of simulated eruption. Green points resulted in umbrella plume. Red resulted in non-umbrella plumes. Actual eruptions are plotted on top of these indicated by stars. Kelud in 2014 or Calbuco in 2015, according to our model, they will form umbrella plume. But in 2011, Kirishima, or Ruapehu in 1996, they would not form an umbrella plume. So when wind is weak and discharge rate is large, we tend to have umbrella plumes. Especially when eruption rate is over  $10^8\text{kg/s}$ , we will have umbrella. But below  $10^6\text{kg/s}$  we would not see umbrella plumes.

However, the shape of the plume will differ depending on the velocity. Even the same eruption discharge rates, the plume behavior will be affected by the wind velocity. So, this plume shape would assume similar eruption to Hōei eruption. Especially largest  $10^7\text{kg/s}$  value is utilized and we utilized 2020 meteorological fields to understand whether this eruption is going to form an umbrella plume or not. We have different months on the horizontal axis, we have the probability of making an umbrella plume. So from January to May there is no umbrella plume. But during the summer time, we tend to have higher probability of seeing an umbrella shaped plume. According to the cabinet office proposals for eruptions similar to the size of Hōei. Depending on the season, we would see a plume that could spread not just in the wind downward direction, but the upward direction as well.

Now discharge rate is supposed to be  $10^7\text{kg/s}$  in this case. But as I said in the beginning, the shape of plume depends on discharge rate. When the discharge rate changes as time passes, the shape of the plume changes. And we have to understand how long the velocity is sustained, the wind velocity is sustained.

Now Hōei eruption started on December 16th of 1707, continued for 15 days. And during these 15 days, we have seen intensity change in this period. So, when the eruption is sustained for a long time and discharge rate changes, we need to also consider the changes in wind velocity as well. And it is possible to include the wind velocity in our modeling, in our calculation.

This is the assumption of eruption similar to the size of Hōei supposing this could go on September 19th of 2021, this is the result of the dispersion calculation.

When the last discharge rate changes, during this time series, as you can see, the plume shape changes and wind directions are also changed. Therefore, the scope of fallout changes as well. By combining this advection-dispersion model, we will be able to better understand the dynamics of plume, the advection and dispersion, and how that is going to change over time. It can be simulated.

And if you look at the ash volume calculated using this model, on the left-hand side you see the result of the simulation. This is the amount of ash expected. Similar to the vents, we have higher than 1 meter and farther away more than 1 centimeter. On the right hand, this is the deposition distribution of Hōei eruption. It is quite different from our simulation because Hōei erupted in December and this simulated eruption is in September.

If you utilize December meteorological field, you get this result. Different from September result, as you can see, we have stronger distribution on the eastern side of the vents. So, seasonal changes are obvious, and this has been proven by – pointed out by multiple research articles. The Ministry of Education has volcanic project and this research has been done under this project. We utilized the yearly meteorological fields including all 365 days result to try to understand the trend of the change.

Lastly, I would like to summarize. So, with regard to JMA ashfall forecast, we have three different types of information that we announced. At different timings the information that is announced will be different. These three are regular, preliminary, and detailed announcements. And this is calculated based on the combination of advection-diffusion model and plume models. Our research institute is trying to develop new plume models to try to understand the dynamics of plume, interaction with the atmosphere, and the plume shape differences. To test this model, we are trying to reproduce the Hōei eruption and possible seasonal changes. This concludes my presentation. Thank you so much.

### **Moderator**

Thank you. Does anyone have a question about the presentation that was just given?

### **Q1**

Thank you very much. It was a wonderful presentation, I was impressed. About the regular announcement of the forecast, in case of Hōei eruption or in the next Mount Fuji eruption, you will have to use concept of probability rather than coming up with a finite scenario to make the model to be used in a more flexible manner.

But how do you think about the usage of the probability concept? Another question, you are now using APV to calculate the diffusion. But is it really possible to use that in terms of time available?

**Kensuke ISHII**

In terms of the concept of probability to be included or not in the model, I think it should be included. And even though we are not yet sure exactly when JMA can say, there are certain areas that remains to be uncertain. But VAA within the next several years, the concept of probability will be incorporated. But that is restricted to the uncertainty around the meteorological fields. In case of eruption, the scale of the eruption and other factors are more unpredictable. So, I am personally pushing this agenda myself. But we are yet to have any official project on this specific possibility. What is the second question?

**Q1**

Well, the time available allows the usage of this probability concept?

**Kensuke ISHII**

Yes, I think so. Advection-diffusion models have different settings. If you make the setting and spec lighter, calculation can be speedier. The reason we now have three different models by size is because we want to simplify the calculation for speedier calculation, so that can be adjusted depending on the situation.

**Moderator**

Are there other questions? There is one question asked by an online participant. Within these advection-diffusion model, how do you look at the impact of rainfall?

**Kensuke ISHII**

Yes, we do consider the rain's impact, rain particles capture the ash, so this is washout impact. However, the data that is available in the meteorological fields in terms of vertical distribution of rain particles, it is a simple model. We do not have detailed information but we do consider the impact of washout as well.

**Moderator**

Any other questions? If not, thank you very much for your presentation. We will now have a short break. We will be resuming the session 20 minutes past 2 p.m. On the left-hand side of the entrance, there is some coffee. Please feel free to have some coffee.

**Break**

**Moderator**

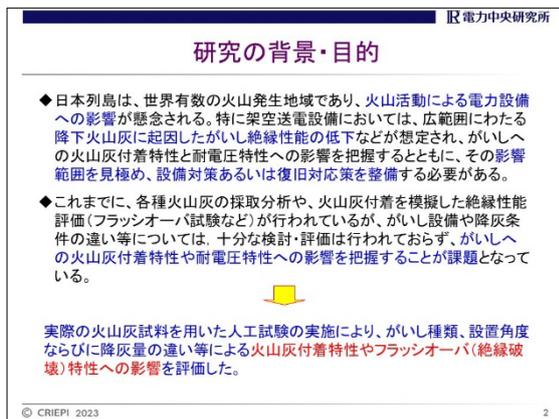
We will be starting shortly, so if you can please take your seats. We would now like to start the second half of the lectures. The third lecture is to be made by Dr. Hiroya Homma from the Central Research Institute of Electric Power Industry. It is entitled 'Influence of volcanic ash deposits on power transmission lines, properties of volcanic ash deposition and insulation performance of insulators.'

# 「架空送電設備への降灰付着影響—がいしへの降灰付着特性と絶縁性能—」

本間 宏也（電力中央研究所）



スライド 1



スライド 2

**本間：**ご紹介ありがとうございます。電力中央研究所の本間と申します。よろしくお願いいたします。私どもの電力中央研究所というのは、北海道電力、東京電力、沖縄電力までの全部の電力会社の中央研究所という感じになりまして、発電部門から送電部門、需要家部門まで広く研究しているのですが、私どもは特に架空送電、がいし、塩害、そういうものを担当しております（スライド 1）。よろしくお願いいたします。

私の発表につきまして、まず研究している背景と目的などを簡単にご説明させていただきます（スライド 2）。皆さまご存じのように、国内にはかなり火山が多くあり、例えば九州電力におかれては阿蘇山や桜島、先ほどの霧島も含めて、時々噴火が起こったときに、電力設備に実際に影響が出てきています。最近では 2016 年の阿蘇山の噴火のときに、66kV の送電線において、2 万 7000 戸で 5 時間ぐらいの停電が起こっています。このように、もし一度噴火するとかなり広範囲の影響が長時間に及ぶということで、電力会社

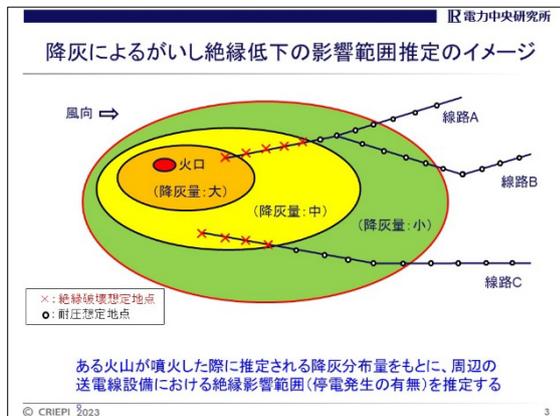
全体でいろいろな研究をしているところです。

特に先ほどありましたが、東京電力におかれては富士山がいつ噴火するか分からず、もし宝永噴火並みのものが起こったとすると首都圏全部に影響が出るということで、経産省からの依頼等もあって、特に富士山噴火についての予測ができるような準備をしているところです。

では電力会社として何ができるかというと、先ほどの降灰予報などを使わせていただいて、大きな噴火が起こったときの灰が降ってくる範囲を見極め、そこで特に事故になりそうな範囲があり、気にしなくていいところもありますが、火山が噴火したときに現場に行き、がいし装置などの火山灰を洗い流すことで被害を治める必要があります。そのために噴火の予測、噴火した後の降灰の影響範囲、そのときの絶縁性能についての確かな研究が必要になってくるということで、私どもで研究しています。

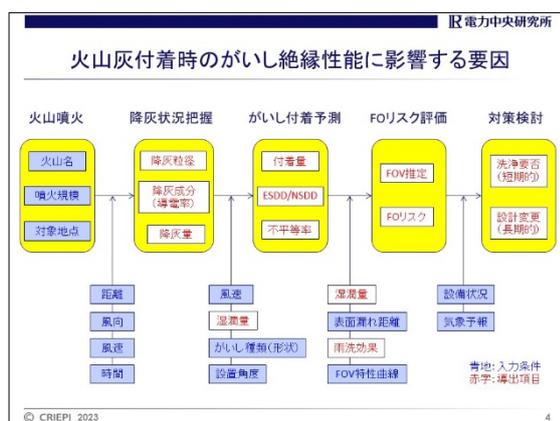
これまで、各種火山の噴出物の分析や、がいしの研究としては火山灰を付けて電気特性を見る試験自体は結構世界中でされているのですが、がいし設備の種類、がいしの種類が違う、向きが違う、火山灰の種類が違う、材料の種類が違うということに対する知見は、まだ十分にはなっていません。今後の富士山噴火も頭に入れて、いろいろなタイプの火山灰が、いろいろな種類のがいし装置に、いろいろな条件で降ったときの電気特性への影響を評価しようとしています。

私どもでは阿蘇山の2016年の火山灰を実際に入手することができたので、そちらの火山灰を使って、実際のがいし装置にどれだけ付着するのか、先ほどフラッシュオーバーということが出たと思いますが、付着したときにはどれだけ絶縁破壊が起こり、停電が起こってしまうかというのを定量的に検討しています。その内容についてご紹介します。



スライド 3

が少なければ問題ないのか、火口に近いところについてはあらかじめ洗浄を考えておく、事前に遮断する対応が必要かもしれないということで検討しています。



スライド 4

れだけががいし装置に付くのかというのは、がいしの種類や風向きによっても変わってきます。

フラッシュオーバーリスク、どれだけ火山灰が付いたら、どれだけの電圧でフラッシュオーバーしてしまうかというのは、ある程度情報が集まっているのですが、現実にはがいしの付着予測のところあまり研究されていないという印象を持っています。もしこれらの検討が可能になれば、電力の現場において設備自体を事前に強化しておく、あるいは当日にどれだけの人員を配置すれば洗浄が可能かという計算ができるということです。ある火山が噴火したときに、最終的な対策を電力会社で作れるようなシステムを電力中央研究所で作ろうとしているというような形になります。

実際、2021年には経済産業省から電力設備への影響を検討するようなワーキングが立ち上がっており、富士山の噴火による降灰の降り積もりに対して、どれだけの範囲まで絶縁低下が起こり得るかというシミュレーションなども行われてきています。

それでは、私どもの試験研究についてご紹介いたします。

R 電力中央研究所

**検討1: がいしへの火山灰付着特性の評価**

- ◆ モデルがいし試料を用いた火山灰付着特性試験により、がいし種類や設置角度の違い、がいし表面の湿潤の有無による降灰付着量への影響を評価した。
- ◆ モデルがいし試料(懸垂がいし、長幹がいし)に対し、乾燥状態の阿蘇山降灰(2016年10月採取)を規定の条件により付着させ、その付着重量を測定した。

- がいし試料の上に、メッシュシートを敷いた木板をセットし、そのメッシュ上に一定量の火山灰を均等に載せる。その後、木板をスライドして抜き取り、メッシュ上の火山灰を降らせることにより、がいし試料に火山灰を付着させた。
- がいし試料に付着した火山灰を採取し、その重量を測定(n=3)。
- 湿潤有りの条件では、試料を水洗いし、一定時間後に火山灰を付着。

© CRIEPI 2019 5

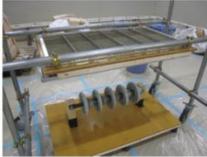
**スライド 5**

R 電力中央研究所

**火山灰付着特性試験**

➢ 試験条件

- ・がいし試料: 懸垂がいし(250S×5個)、長幹がいし(SAタイプ)
- ・降灰量: 約4.1 kg/m<sup>2</sup>
- ・がいし角度: 0°(水平)、±30°、±60°




がいし試料への火山灰付着状況      火山灰付着測定状況

© CRIEPI 2023 6

**スライド 6**

などの送電線をつるすもので、本来がいしは電気を通してはいけないのですが、雨が降って濡れたときに多少絶縁性能が下がる、あるいはそこに塩が付く、台風や季節風によって塩害が起こるといのは、がいし装置に塩が付いたときに雨が降って湿気を帯びてしまい、絶縁が破壊するというものです。このようながいしにも種類があり、どのような火山灰がどれくらい付くかによって絶縁性能への影響も変わってきます。

R 電力中央研究所

**がいし試料への火山灰付着状況(湿潤有り)**








(a) 懸垂がいし: 水平(0°)      (b) 懸垂がいし: 上向き(+30°)      (c) 懸垂がいし: 下向き(-30°)  
 (d) 長幹がいし: 水平(0°)      (e) 長幹がいし: 上向き(+30°)      (f) 長幹がいし: 下向き(-30°)

© CRIEPI 2023 7

**スライド 7**

ときに、やはり水平は付きにくく、特に懸垂がいしについては、がいしの下面から火山灰が降ってきたときに付着量が相当量増えることが分かります。このようにがいしの種類・がいしの設置

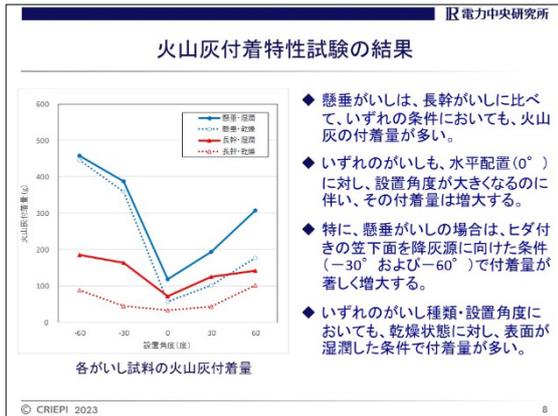
まず一つ目の検討は、がいし装置にどれだけ火山灰が付くかということです(スライド5)。無限に付くわけではなく、どのようながいしに付きやすいか、どのような方向から火山灰が降ってきたときにたくさん付くのかというのがあるので、がいし試料を用いて実際の桜島の火山灰を使い、がいしの種類と設置角度、設置角度といっても風向とがいしの軸が成す角度という意味ですけれども、それらを幾つか変えて付着特性についての検討を行いました。

やり方は簡単です。このような装置を作り、ここにモデルがいしを置いておき、上から定量の火山灰を降らせるだけです(スライド6)。その後、火山灰が乗った量を、古典的なやり方ですけれども重量を量るような形で、がいしの種類や角度が違くと付き方がどう変わるかというのを検討しました。

がいしというと、あまりイメージがない方もいらっしゃるかもしれませんが、このように磁器製で電気を通さない絶縁物ということになります。これを鉄塔からつるし、その下に数百キロボルト

単純に真横から火山灰が降ってきたとき、がいしの頭の方から火山灰が降ってきたとき、あるいはがいしのお尻の方にはひだが付いているのですけれど、そちらの方から火山灰が降ってきたときによって、付着量は全く変わってきます(スライド7)。上の段は懸垂がいしといわれるもので、下の段は長幹がいしといわれるもので、代表的ながいしの種類です。

このような実験を行い、横軸はがいしの角度で上向きか下向きかを、縦軸には付いた量をプロットしています。上から一定量の火山灰を落とした



スライド 8

角度によって火山灰の付着量は相当変わるといことです(スライド8)。これを頭に置いた上で、影響を評価しなければいけないと思っています。

続きまして検討2として(スライド9)、先ほどのようにがいしの種類や角度が違くと付着量が変わってくることを前提に置き、それで本当に絶縁性能が変わるのかというのを試験的に検討しました。

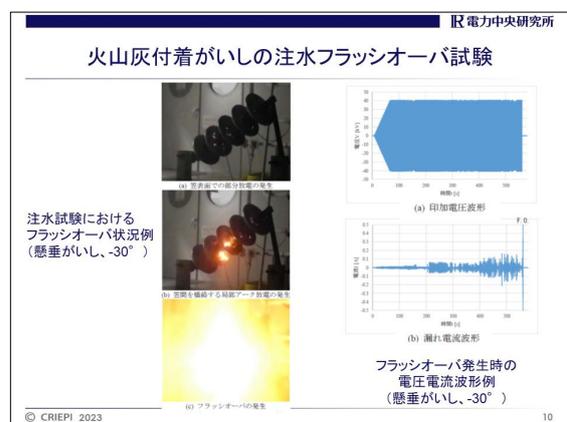
火山灰は乾いているときには全く問題のない絶縁性ですが、霧が出たり雨が降ったりして湿潤すると、中に含まれた電解質が溶けて導電性になります。そうすると、本来絶縁性を保っていたがいし表面に導電路ができ、がいしの両端で電気が走ってしまい、最悪の場合は絶縁破壊、フラッシュオーバーに至るといものです。

今回の実験では、先ほどのように人工的に火山灰を付着させたがいしに対して、霧のような雨を降らせることにより、火山灰自体がだんだん湿潤していく状況を再現し、そのときの絶縁性能を評価しました。

このときの降灰量は約4.1kg/m<sup>2</sup>、がいしの角度は0° ±30°、注水量は0.014mm/分ということで、かなり少なめの雨ではありますが、それによって湿潤を再現しました。



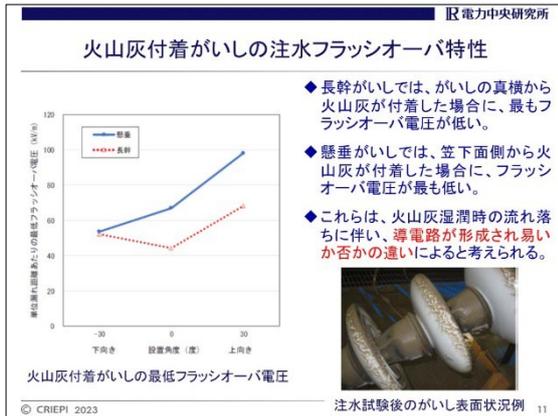
スライド 9



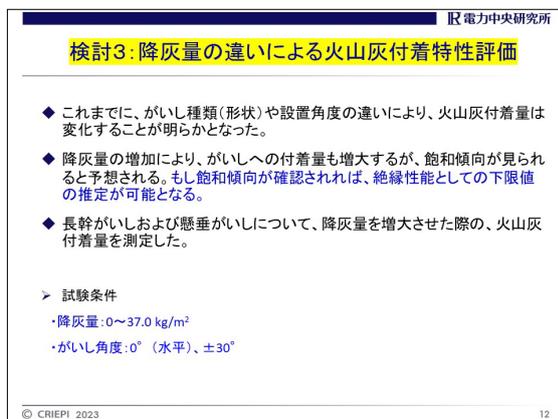
スライド 10

これは動画ではないのですが、実際の実験の状況です(スライド10)。例えば、先ほどの懸垂がいしの裏側(下側)から火山灰が付いた状況を模擬し、そこに電圧をかけて注水を開始します。そうすると部分的に電解質が溶けて抵抗が下がり、だんだんがいし間で局部アークという放電が出るようになります。条件によっては最終的に絶縁破壊が起こったり、付着の量や電解質の量が少なければフラッシュオーバーせず、水で流れ切って終わってしまいます。電圧をかけるとどんどん抵抗が下がって電流が流れ始め、最後はフラッシュオーバーするというようなものが見えてきます。

このような実験を繰り返し、長幹がいしについては赤の点線、懸垂がいしは青の実線で、長幹がいしの方は懸垂がいしより絶縁破壊電圧が比較的安定していますが、長幹がいしの場合は水平



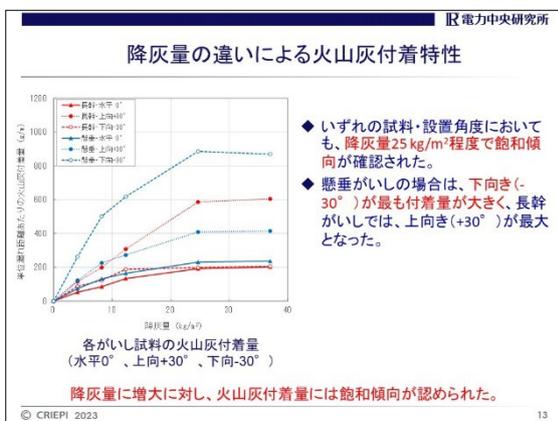
スライド 11



スライド 12

した。

これまでに、がいしの種類や設置角度によって、付着量とフラッシュオーバー電圧が変わることが分かったのですが、降灰量が増えたときは無限に行くのか、あるいはある値でサチってくれるようであれば対策も取りやすいということで、降灰量に対する絶縁性能の関係を実験的に求めました。先ほどと同じ設備ですけれども、実際の降灰量を最大 37kg/m<sup>2</sup>まで増やして実験を行いました。



スライド 13

例えば宝永噴火で 15 日間火山灰が降り続けたとしても、ある程度以上の値まで行ったときには、絶縁性能にはそれ以上には影響しないことが予想できます。

に置いたときに電圧が一番下がることが分かります (スライド 11)。一方で、懸垂がいしの場合は後ろ側 30° に向いているときに絶縁破壊電圧が相当下がってきます。上向きであれば約 100kV/m の絶縁破壊強度があるのに、後ろ側から火山灰が降ったときには 50 数キロボルトまで絶縁破壊電圧が下がってしまうことが分かります。このように、がいしの角度、がいしの種類によって絶縁破壊強度が変わること、それは付着量に影響されていることが分かりました。右下はそのときの写真です。後ろから火山灰が降ったときは上面の方には火山灰が付いていないのですが、へりに付いた火山灰が溶け出し、ここに導電路を作ってしまうことによって、絶縁性能がかなり落ちることが分かってきました。

続いて検討の 3 番目ですけれども (スライド 12)、先ほどまでは降灰量を一定として、どれだけ付き方が違うかをやっていました。やはり降灰量が増えれば増えるほど危険性は上がるだろうという予測は立つのですけれども、本当に増えれば増えるほど絶縁性が下がるかということを検証しま

これは降灰量を増やしたときのがいしの様子です (スライド 15)。実はがいし装置に付着できる降灰量には限界があり、それ以上いくら降ってきててもその分は横から落ちてしまうことが分かったため、がいしの種類やがいし角度によって、ある飽和値を持つことが分かります (スライド 13)。

これは、がいしの種類とがいしの角度を変えたとき、横軸に降灰量を取り、縦軸に実際の付着量を取ったものです。この様子を見ると、大体 25kg/m<sup>2</sup>以上になると、それ以上に付着量が増え

R 電力中央研究所

### 検討4: 降灰量の違いによるフラッシュオーバ特性評価

- ◆ 前述のように、降灰量の増大に対し、がいしへの付着量は飽和する(上限値を持つ)傾向が確認された。
- ◆ 絶縁性能(フラッシュオーバ電圧)の低下についても、飽和傾向(下限値)が見られるか否かを確認した。
- ◆ 長幹がいし・懸垂がいしで、最もFOVが低くなる設置条件(長幹・水平0°、懸垂: 下向き30°)において、降灰量を増大させた際の、注水FOVを測定した。

➢ 試験条件

- ・降灰量: 0~24.7 kg/m<sup>2</sup>
- ・注水量: 0.09 mm/min
- ・電圧印加: 定印(2.5 kVステップ、最低FOVを求めた。)

© CRIEPI 2023 14

スライド 14

検討4としては(スライド14)、実際に付着量が飽和値を持ったときに絶縁性能、フラッシュオーバ電圧も飽和値を示し、限界値を示すのではないかとということで、実際のフラッシュオーバ試験を行いました。降灰量は0~24.7kg/m<sup>2</sup>で、角度を変え、注水量は先ほどと同じ条件です。

これは先ほどお見せしましたが(スライド15)、乾燥したものが付いた状態では、ある上限値があり、湿潤を受けたときには、それが導電膜を作るのですけれど、それ以上に火山灰が付くことはないので、降灰量がいくら大きくなってもほぼ同じ状況になることが分かります。

R 電力中央研究所

### 火山灰付着量飽和時の注水フラッシュオーバ試験




降灰付着直後                      注水FOV試験直後

火山灰付着がいしの注水フラッシュオーバ試験前後の状況例  
(懸垂がいし、下向き-30°、降灰量: 12.3 kg/m<sup>2</sup>)

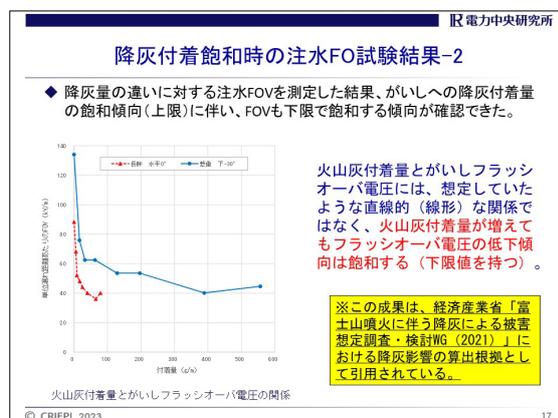
降灰量の増大に対し、火山灰付着量には上限(飽和傾向)がある

© CRIEPI 2023 15

スライド 15



スライド 16



スライド 17

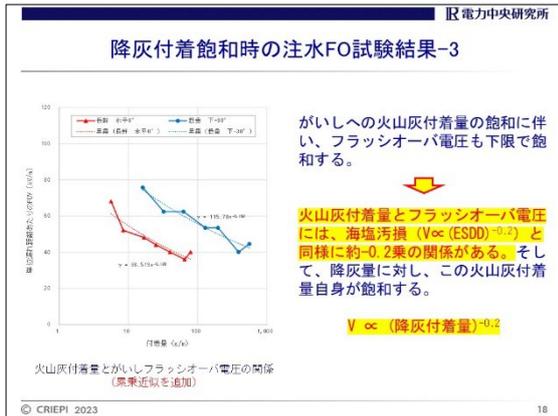
これは少し余談にはなるのですが、横軸に付着量のログ(対数)を取り、縦軸にフラッシュオーバ電圧を取ると、このような曲線が描けることが

その結果を示したものがこちらです(スライド16)。付着量はこの辺りで飽和してくることが分かるのですが、横軸に降灰量を取り、縦軸にフラッシュオーバ電圧を取ると、青い方が懸垂がいし、赤い方が長幹がいしですけれども、最初に付着量が少しずつ増えると一気に絶縁性能が落ち、フラッシュオーバ電圧も下がりますが、12kg/m<sup>2</sup>ぐらいになると、それ以上に降灰量が増えても、フラッシュオーバ電圧はそれ以上下がらないことが実験的に分かりました。

横軸に降灰量ではなく付着量を取り、縦軸にフラッシュオーバ電圧を取ると、いずれにしてもがいしごとにある下限値を持ち、それ以上には絶縁性能が下がらないことが分かります(スライド17)。もしかしたら、それ以上のがいしをつなげて絶縁性を上げておけば、決してフラッシュオーバが起こらない条件を作れる可能性があるということになります。

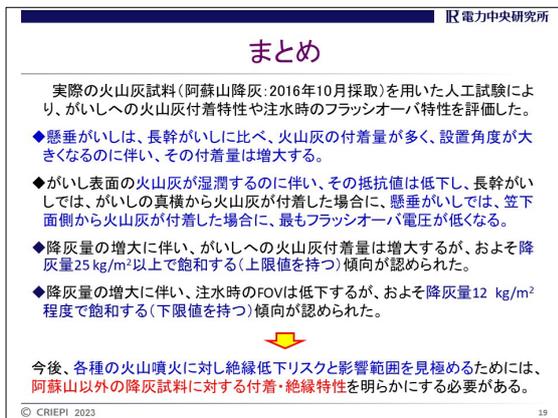
この結果については、先ほどの経済産業省のワーキングの方にも成果が引用され、事故リスクの評価はこの傾向を折り込んで計算されています。

これは少し余談にはなるのですが、横軸に付着量のログ(対数)を取り、縦軸にフラッシュオーバ電圧を取ると、このような曲線が描けることが



スライド 18

分かっています(スライド18)。これは火山灰とは関係なく、50~100年行われている塩害研究においても、このような曲線で評価できることが分かっており、今まで塩害で得られていた知見が火山灰の絶縁性評価にも使えることが分かりますし、この曲線自体が、がいしの種類ごとに決まってきた、付着量にはある限界値があり、フラッシュオーバー電圧もある下限値を持つことが予想できます。この関係は、ある程度数式でも再現できることが分かりました。



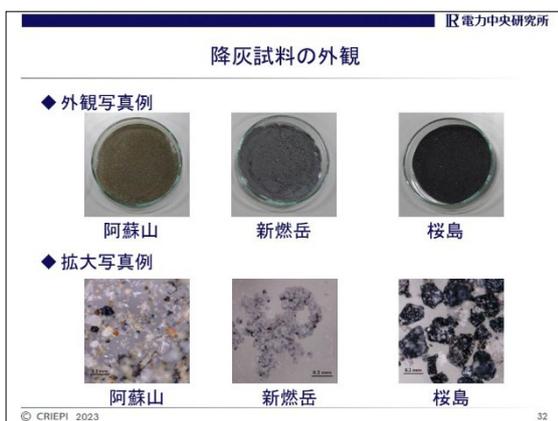
スライド 19

これまでの部分をまとめさせていただきます(スライド19)。実際の阿蘇山の火山灰試料を使った人工試験により、各種がいしに対して付着特性や注水時のフラッシュオーバー電圧を求めました。その結果、懸垂がいしは長幹がいしに比べて付着量は多くなり、いずれのがいしも、設置角度が変わってくることによって付着量が大きく変わることが分かりました。

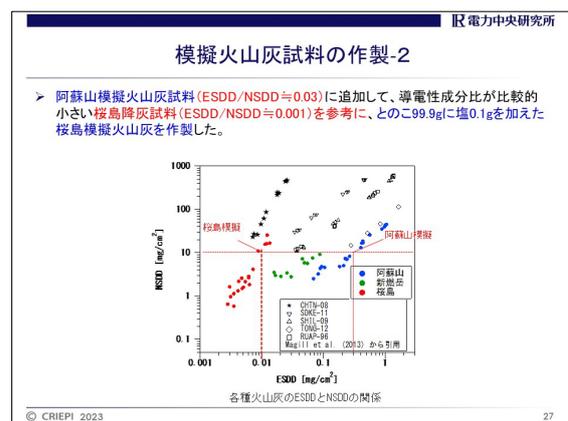
これはがいしの種類やがいしの設置角度によって予測できることが分かりました。

がいし表面に付いた火山灰が湿潤することによって抵抗値が低下し、それに合わせてフラッシュオーバー電圧も変わることが分かりました。ただ、それ

降灰量がどんどん増えた場合でも、実際の付着量はある限界値(上限値)を持ち、その分フラッシュオーバー電圧も下限値を持つことが分かるので、そのことを念頭に置いた対策が可能になるかと思っています。



スライド 20



スライド 21

少し補足ですが、実際に私どもでは阿蘇山の降灰試料、霧島の新燃岳の降灰試料、桜島の降灰試料を入手して、材料の分析、電解質の量なども検討してきました(スライド20)。

その結果、Magillさんの報告書にも書いてあるものですが、例えば世界中の火山灰の試料で、横軸にESDD(電解質の量)と縦軸に火山灰の量をプロットすると、火山ごとに大体の特

徴が見えてきます（スライド 21）。阿蘇山は電解質がかなり多いタイプなので電力的には最も厳しい火山灰であることや、新燃岳についてはやや中間値、桜島については電解質が比較的少ないことが分かるので、このような火山ごとの特徴を踏まえた上で絶縁性能への影響を見ることができるとおもいます。実際に電解質の量を変えることにより、絶縁性能と対応することも確認できています。

このようなことで今後、各種の火山灰に対する絶縁低下リスクをきちんと見極められるプログラムのものを作り、もし大きな噴火が国内であった場合には、先ほどの気象庁さまの降灰予報なども使って、どれだけの対策が現場で必要になるかというのを計算できるようにして、準備していくことにしています（スライド 19）。

以上で報告を終わります。ありがとうございました。

**司会：**本間さん、ありがとうございます。ご講演にご質問のある方は、挙手をお願いいたします。

**質問者 1：**重要な研究のご紹介ありがとうございました。フラッシュオーバーが電力供給に対して非常に大きなリスクになることは理解できたのですが、実際に火山灰が付着した場合、フラッシュオーバーが起きると復旧にどれぐらいの時間がかかるかというところが少し気になりました。実際に変電施設全体が故障してしまうのか、雨が降ったりもしくは清掃作業をしたりすることによって、すぐ使えるようになるのか、そのあたりがどんな感じか教えていただけますか。

**本間：**先ほどの阿蘇山の例でいくと、やはり一つの変電所が落ちてしまい、火山灰が付いたままでは再送電しても復旧できないので、2万7000戸が5時間以上停電してしまっただけではありません。そうすると、変電所で急いで洗って5時間後に復旧という形になると思いますので、変電所の場合は比較的手の届くところにあるのですが、送電鉄塔の場合はかなり高いところにあるので、電力さんが何時間で現場に行き、何時間以内に何人で洗い流せるかというのが、全て供給の復旧に影響することが分かっているのです。やはり数万戸の数時間オーダーというものを、それをなるべく減らす必要があるかと思っています。

**質問者 1：**ありがとうございます。よく分かりました。

**司会：**他にございますでしょうか。

**質問者 2：**富士山が噴火したときに、首都圏で停電がどれくらい起こるかというのに関心があるのですが、先生の発表の中でフラッシュオーバー電圧に下限値があるというのは興味深い発表でした。仮に富士山が噴火した場合、気象庁の降灰予測をもって、送電量をある程度低くしてフラッシュオーバー電圧に至らないぐらいの電力量を流せば、停電が回避できるかどうか教えていただきたいと思っています。

**本間：**そのとおりだと思います。今まで、そのような視点はあまりなかったのですが、この実験結果からすると、確かに送電電圧を下げてしまえばフラッシュオーバーしないことがあるので、そういう運用もあるかと思っています。例えば火口近傍については絶縁がいしの数がある程度増やしておけば、それでフラッシュオーバーを避けられる可能性が分かってきたということです。電力会社さまとして、設備を変えることはなかなか難しいのですが、おっしゃるとおり噴火時にオペレーションを少し変えることによって、広範な事故を減らすことは十分可能かと思っています。

**質問者 2：**ありがとうございます。

**司会**：他にございますか。ではオンラインからのご質問ですけれども、停電発生の主な要因はがいしへの降灰付着によるものと考えてよいでしょうか、それ以外で停電が発生する可能性はありますかという質問です。

**本問**：基本的に全部の送電設備で言うと、停電の原因で一番多いのは雷害です。それは抑えることはできず、いかに早く復旧するかという体制が取られています。あとは、基本的には台風時の塩、海からの塩風で停電が起こります。これについても年間何件か起こっているのですが、今回のように火山が噴火したときに起こる理由とすれば、やはり電解質を含んだ火山灰ががいし表面に付き、それが湿潤したときというのを考える必要があると思います。

もう一つ、本当に火口近くになると、大きな石の塊（火山弾）が飛んできて、がいしが割れることも念頭に置く必要があるかと思いますが、そちらについては確率的にかなり少ないという考えを持っています。

**司会**：はい、ありがとうございます。他に質問はよろしいですか。

**質問者 3**：火山灰の種類によって電解質の量や特性が異なるということですが、富士山の火山灰の量は阿蘇山や桜島に比べていかな状況でしょうか。

**本問**：そうですね、これは電力さんも非常に興味があって、これまでの宝永火山で採取されたサンプルの化学分析結果等が出ているので、一応それを見た感じでは阿蘇山のように電解質は多くなく、むしろ桜島に近いタイプではないかと予測しています。ただ、そのときのサンプルが、雨が降った後のサンプルであったりするとデータが少し変わってくるので、まだ断言はできないのですが、今まである知見を考えると比較的桜島に近く、それほど危険の多い火山灰タイプではないという予測をしています。

**質問者 3**：ありがとうございます。

**司会**：ありがとうございます。

それでは、次のご講演に移りたいと思います。次のご講演は大林組技術研究所上級主席技師の大塚清敏様です。講演のタイトルは「都市への降灰と建物機能への影響について」です。よろしくお祈りします。

**“Influence of Volcanic Ash Deposits on Overhead Transmission Lines - Relation between volcanic ash deposition on insulators and insulating performance -”**

Hiroya HOMMA (Central Research Institute of Electric Power Industry)

**Hiroya HOMMA**

Thank you very much for the introduction. I am from the Central Research Institute of Electric Power Industry. My name is Homma. So, our research institute all the way from Hokkaido to Tokyo to Okinawa, it is the central research institute of all the electric power companies. From power generation, power distribution, we cover a wide area in our research, and especially I am looking at the aerial power transmission lines and also the insulator performances and the damages that maybe caused to these facilities.

First, this is the background and objective of our research. Of course, you may all know that there are many volcanoes around Japan. And, for example, the Kyushu Power Company, Mount Aso and Sakurajima and also Kirishima sometimes erupts and there are impacts on the power supply facilities. In 2016, Mount Aso erupted and 66 kilovolt transmission line was affected and 27,000 households were affected for about five hours. So once an eruption occurs, the impact may last for quite a while and it may cover a wide area. That is why we are making this research.

Especially, TEPCO, if Mount Fuji erupts the effect may be big. If there is a Hōei level eruption, the whole metropolitan area maybe affected. The Ministry of Economy, Trade and Industry is commissioning us for our research so that we can make some predictions about what kind of damage could be caused. Of course, ashfall prediction is being used for our research. If there is a major eruption, where and how much ashfall could be expected? There may be areas that could be neglected. But if there is an eruption, how would that affect the insulators? And also, what can we do to wash off the ash? We are looking at the scope and scale of the ashfall impact, and also how it may affect the insulating performance of insulators.

So far, we have carried out analysis of actual volcanic ash sampled from around the world. And we have been looking at the electric performance of facilities when ash accumulates on top of that. But analysis of insulators about how they are set up, the angle of setting up, or depending on the different type of ash, such research

has not been done yet. So we are trying to look at different types of insulators and how they may be affected by different types of volcanic ash.

And so, we took the 2016 Mount Aso eruption volcanic ash for our research and we looked at how much would accumulate on top of the insulators. And if there is deposition, would we see any flashover effect, would it cause a blackout? And so, I would like to talk about the experiments that we have carried out. So, I believe you already have an image of what we are looking at. But this gives you just a very simple description. So, let us say there was an eruption and the wind was blowing in this direction, ash will fall towards the right hand area. So the particle size maybe different, but along the way you may see a lot of aerial transmission lines, that there may be a substation and so how far should countermeasures be carried out. If the ashfall amount is small, you may not have to do a lot, but for heavy ashfall areas we may have to look at and consider ways to wash away the ash that may have clung to the facilities.

So, we are looking at the insulating performance. I think you also have an image. But let us say a mountain erupts. It could be Aso or it could be Sakurajima or it could be Mount Fuji. We have to look at the intensity of the eruption and how far the ash will reach. And of course we have to look at the conductivity of the ash particles, the size of the particles, and also the components. We have to have that information. And if they are deposited on the insulators, how much would be deposited? Depending on the insulator type and depending on the wind direction, it may differ.

And also, the flashover risk, how much accumulation would cause a flashover? We do have some amount of information but the deposition prediction is an area that has not been looked into that much yet. But if we carry out that experiment, then we may be able to consider ways to clean the facilities or how many people will be needed to actually carry out that work.

The measures and considerations to be made by the power company, we are trying to come up with a method for all this. In 2021, the Ministry of Economy, Trade and Industry has looked at the effect on the power facilities. There is a taskforce that was established to look at the ashfall from Mount Fuji eruption and how much that may affect the power system. Already a prediction report has been compiled.

Looking at our experiment, the first study was how much ash deposition is expected on the insulators. Of course, there may be different types of insulators that may have more deposition. It may depend on the wind direction, so we used

the actual Mount Aso volcanic ash. The angle at which the insulators were installed were looked at.

It is a very simple experiment. This is the type of setup that we have. We have the model insulator, and we applied some ash from the top and we measured how much ash was deposited. We weighed them. And depending on the angle of the insulator, we looked at how much would accumulate on top of the equipment.

You may not know what an insulator looks like, but it is something like this. It does not conduct electricity. And from the power towers, these are placed on top and then under that you have the power lines running. So of course they should not conduct electricity. However, if it rains and it gets wet, the insulation property goes down and also salt damage may also cause conductivity when sometimes rain may affect the performance of these insulators.

And there are several types of insulators. So, depending on the ash accumulation and the type of insulators, the performance may differ. So, if ash comes directly from the front or if it comes from the top – and under these shells there are these bumps. And so, depending on which way these bumps are looking at, it may differ. And the top one is the suspension insulator and the bottom one is long rod insulator.

So this was the experiment that we carried out. And you have the angle on the horizontal axis. Is it looking up or down? And then, you have the amount of ash deposited on the vertical axis. So, you have the same amount of ash sprinkled on it. The horizontal establishment does not have a lot of accumulation, especially the suspension type. If the shells are looking upwards, we understood that the ash amount increases. So, depending on the type and also depending on the angle at which they were set, the deposition amount would differ quite drastically. So, we have to keep this in mind as we look at the actual effects.

This is the second study that we carried out. Depending on the type and the angle of the insulator, the amount of deposited ash will differ. So, based on that will change the insulator performance or insulation performance? So ash when it is dry, it of course does not cause problems. But if there is a fog if there is rain and if the insulators become wet, then it may cause the insulators to carry some electricity on the surface. You get this conductivity path. In the worst-case scenario, a flashover may occur.

We once again applied ash artificially and we sprayed some water trying to simulate a foggy situation and looked at the insulation properties after that. The

amount of ash is indicated here and the insulator angle has been changed and the injection volume of water was 0.014 millimeters per minute. So, it is not a large amount of rain or water.

This is not a video, but this shows you the actual experiment. So, for the suspension type if on the underside you have a lot of volcanic ash, we applied a voltage. And partially, you see some discharges occurring and a flashover occurs. And if the level is low, if the deposition is low, and sometimes the rain will just wash off the ash. So, we looked at how the current is carried. And finally, we have the flashover occurring.

Repeating this experiment, and this by the way is a long rod type insulator and blue one representing the suspension time. The long rod type tends to have more stable insulation. When placed horizontally, the voltage can be the lowest as far as long rod type is concerned, whereas suspension type is disrupted when the underside of the disc is deposited with the ash. 100 kilovolt strength is measured when they were placed in the normal direction, whereas it gets all the way down to below 60 when it is deposited with the ash on the underside of the insulator. So, this is the picture taken during the experiment. When the volcanic ash is attached to the bottom part of the insulator, then that will lead to the creation of the conductivity path interfering with the insulation performance.

Next, study three. We have been looking into the cases with constant amount of the ash fallout. But as the fallout increases, the risk becomes higher as one can naturally surmise. But is it really the case? That is something that we verified. By the angle of the installment, the volume of the attachment or the deposition changes. But what would happen if the amount of fallout increases? Or will it arrive at a saturation point beyond a certain volume? And that is how we tried to know through this experiment.

The same condition was applied. Ashfall amount was up to 37 kilogram per square meter. That was the amount of the fallout or the testing condition.

And these are the pictures taken with larger amount of fallouts. The level of deposit is rather limited regardless of the volume of the fallout because they will tend to fall off from the insulator, meaning that there is a certain saturation point with regard to the amount of deposits on to the insulator. This chart shows you the relations. Horizontally, you can see the volume of the ash fallout, vertically shown is the volume of deposits. After the saturation point, the amount of deposits remains stable. In case of Hōei eruption where the fallout lasted for 15 days, after a saturation point insulation performance will not get worse beyond the saturation

point. Now, with the saturation point in terms of the deposit amount, the insulation performance also have a saturation point in terms of deterioration.

Testing conditions are shown at the bottom, with different angles and with different water injection amount. Water injected amount is the same as the last one. These are the pictures that I already showed you. When the fallouts are dry, there are certain saturation point beyond which the accumulation would stop. When it is wetter, then they may lead to the creation of the conductivity path. But regardless of the volume of the fallout, there is a certain upper limit with regard to the deposition of the insulator. As you can see, there are saturation points as shown in this chart.

FOV vertically shown, and amount of fallout horizontally. Blue one represents the suspension type, red one long rod type. When the fallout increases, then the performance dramatically declines. But 12 kilogram per square meter suggests that the deterioration would not continue because it is beyond the saturation point. Horizontally, you can see the deposition amount and FOV vertically shown. As you can see, they do have lower limit beyond which the deterioration of insulation performance would not occur. This suggests the flashover will not happen if you can make the insulator longer and larger.

METI Working Group has already been reported on this, and this can also be reflected in self-assessment of the risk factor. A deviation from the theme of this presentation, horizontally, deposition is shown and deposition log has been taken with FOV on the vertical axis. You can see these lines. These suggest away from the fallout this also can be useful to evaluate the damage caused by the salt. And this also can be used for the assessment of insulation performance damage. And this also is determined by the types of the insulators. There are certain saturation points with regard to the amount of deposition. And this can be reproduced with a formula as shown on the slide.

To recap, Aso ash fallout was used for artificial testing to test the attributes of deposition as well as the changes in the insulation performance. Suspension type tends to have larger deposition compared to the long rod and angles of installment can also impact the amount of deposition. When the environment is wetter, resistance will become lower, thereby bringing down the FOV. But this again is also related to the angles of the insulator as well as the types of the insulator. Even if the ash fallout increases continuously, there are certain upper limit in terms of the deposition, suggesting the lower limit of the FOV as well. These

understandings can help us better formulate and prepare ourselves for these risk factors.

Let me go back to another slide. As shown, ash samples from Aso, Shinmoedake, and Sakurajima have been obtained by us. We analyzed the materials in terms of the volume of the electrolytes included have also been studied. As a result, this is also included in someone else's report as well, including Dr. Magill's.

Horizontally, ESTD, amount of the electrolyte. Vertically, you see the deposition volume. And you can see certain characteristics by the mountain. Mount Aso tends to have higher volume of electrolytes, meaning that it is more challenging in terms of utility. Sakurajima has lower electrolytes in it. So they have different attributes and characteristics. You have to factor in all these factors when simulating the impact on the insulating performance.

And going forward, we will look into the FOV risk factors for different types of fallouts. And JMA's prediction will also be used to simulate the types of measures needed on the ground. With this, I would like to conclude my presentation.

#### **Moderator**

Thank you very much, Homma-san. So, any questions from the floor, please?

#### **Q1**

Thank you very much for your presentation. So flashover will affect and it will be a big risk for power transmission. But when there is ash deposition and if there is a flashover, how long it will take for recovery for the substations if the whole substation breaks down or if there is rain? And if recovery measures are taken, will service be resumed immediately?

#### **Hiroya HOMMA**

Well, in Mount Aso's case, one substation went down. And if ash remains there, even if you transmit electricity it will not be delivered to each household. So 27,000 households were affected for five hours. The ash was cleaned and then after five hours the power supply was again. So how long does it take for how many people to arrive at the station? Of course, substations are closer to home. But if it is power tower that has been affected, it may take more time to get people there. And it may take more time to wash and clean the facility. It may take several hours and several hundred households will be affected and we want to reduce that number as much as possible.

**Q1**

Thank you very much for the answer.

**Moderator**

Any other questions?

**Q2**

At the time of Mount Fuji eruption, what would be the scale of power outage in the expanded Tokyo area? Flashover voltage has a lower limit, which I think was a very interesting information. Suppose that Fuji had an eruption and with the fallout prediction by JMA, can you lower the amount of power transmission so that FOV can be avoided? If that can be achieved, can we avoid power outage?

**Hiroya HOMMA**

Yes, that can be a viable scenario. That is a viewpoint that was not existent in the past. If you lower the voltage of the transmission, then you can avoid FOV. That can be a good operational option. And near the eruption, you can probably increase the insulators to also help avoid the insulation accident. It may be difficult to lower the voltage, but at the time of the eruption, operationally, you can tweak the situation so that you can minimize the impact of power outage.

**Q2**

Thank you.

**Moderator**

Any other questions? There is a question online. So the cause of blackouts, can we think that the ash deposition is the major cause. What other cause may lead to a blackout?

**Hiroya HOMMA**

Well, if you look at the whole transmission facilities, lightning strike will be the major cause of blackouts. Of course, there are measures to be taken after that. And also, blackouts may be caused by the wind from the sea due to salt damage. But when there is an eruption, probably the electrolytes that are included in the ash, when they get wet and deposit on the insulator, may be the cause. And also, if there is a volcanic bomb that comes from the eruption, that may also cause damage. But the probability of that happening may be lower.

**Moderator**

Thank you very much. So then, thank you very much, Homma-san. Oh, there seems to be another question.

**Q3**

And depending on the ash type, the electrolyte type maybe different. But from Mount Fuji, compared to Mount Aso, what can we expect?

**Hiroya HOMMA**

Well, power companies are very interested in this, but the Hōei eruption, when we look at the sample from there and we do have some chemical analysis of that. But compared to Mount Aso, it does not have a lot of electrolytes. Probably it is closer to Sakurajima type. But the sample that we have, if it is a sample after rain, the data may differ. So we cannot say for sure. But depending on what we know, Mount Fuji ash may be quite similar to Sakurajima ash. So, it may not be as dangerous as the Aso ash.

**Q3**

Thank you very much.

**Moderator**

Thank you, Dr. Homma. Let us move on to the next presentation. We have Senior Engineer, Kiyotoshi Otsuka from Technology Research Institute of Obayashi Corporation. He is going to talk about the influences on functions of buildings of ashfall in cities.

# 「都市への降灰と建物機能への影響について」

大塚 清敏（大林組技術研究所）



スライド 1



スライド 2

大塚：大林組の大塚といいます。よろしくお願いいたします。今日は今ご紹介にあずかりましたタイトルで講演をさせていただきます（スライド1）。

この研究は文部科学省の火山研究プロジェクトの成果の一部であり（スライド2）共同研究のメンバーの中で私が報告させていただくことになりました。私は民間建設会社の大林組に所属しており、その技術研究所が東京の清瀬にあります。この写真はそこから見た富士山ですが、あまり遠くないところ、割合近くに見ることができます。



スライド 3



スライド 4

これまでも話があったように、日本には多くの活火山があり、これはスカイツリーの展望台から富士山を写したものですけれども（スライド3）、富士山からものすごく遠くもなく、かといってあまり近くもないところに大都市が広がっているということで、噴火の影響が懸念される場所です。



スライド 5

今日の話の内容は（スライド4）、初めに導入的なお話を（スライド5）、その後、空調設備への降灰実験、それから降灰の数値計算は少しですが、建物や街区への降灰の状況の数値計算結果の概略をご紹介します。

ここでの対象: 火山から遠隔にある都市への降灰影響  
Our Concern: Ashfall Impacts on Cities situated in Distal Areas

遠位領域 Distal Area

降灰自身は破壊的ではないが  
Not Destructive or Lethal, but.....

様々な都市機能に影響  
Affect various infrastructures sustaining functions of cities. (Wilson et al., 2012)

- 電気、ガス、上下水道  
Electricity, Gas, Water, Wastewater
- 交通(鉄道、道路、航空)  
Traffics (Rail, Road, Aviation)
- 通信  
Tele Communication
- 建物  
Buildings
- .....

●降灰が主たる災害要因であるような地域を対象  
⇒ 降灰による機能的な被害が主  
The areas where ashfall become major hazard will be treated

スライド 6

降灰は建物の機能に様々な影響を与える  
Ashfall Impacts on Buildings in Various Ways

建物は都市機能の構成要素のひとつであり、空調は現代の建物の重要な機能になっている  
⇒ 空調設備への降灰影響に着目  
Buildings are one of the major components comprising function of cities. Air Conditioning (AC) is among the most important functions of buildings. Here, ashfall impacts on Air Conditioning will be focused.

建物機能の例 Examples of functions of a building

機能	説明	降灰の影響
居住	住居としての機能	降灰による健康被害、生活の妨げ
商業	店舗、オフィスとしての機能	降灰による業務停止、顧客の減少
公共	学校、病院、政府機関としての機能	降灰による業務停止、人命の危険
産業	工場、倉庫としての機能	降灰による生産停止、設備の故障
交通	駅、空港としての機能	降灰による交通の遮断
文化	博物館、劇場としての機能	降灰による展示物の損傷、観客の減少
その他	各種施設としての機能	降灰による様々な被害

空調設備への降灰影響は研究少ない  
Numbers of works on this problem is still not large.  
研究例  
Barnard T., 2009, Ph. D Thesis, Canterbury Univ., NZ  
Wilson G., 2011, M.S Thesis, Canterbury Univ., NZ

空調室外機  
Exterior Unit of Air Conditioning System

スライド 7

今まで話がいったように、ここには噴火して噴煙が流れているような絵がありますが、今回私どもが対象としているのは火山から離れた地域の降灰です(スライド6)。こうした遠く離れた地域になると、降灰そのものは破壊的な現象ではないのですが、いろいろな都市の機能を支える設備に影響を与えることが懸念されます。先ほども、電力中央研究所さんから電力に関するご発表がありました。私どもは建設会社ということもあって、建物の機能に着目しています。

火山灰の降灰は、建物の機能にさまざまな影響を与えることが考えられます(スライド7)。一つ一つは申し上げられないのですが、影響をざっとリストアップすると、このように出てきます。例えば窓の汚れなどから始まって、いろいろなことが考えられます。

その中で私どもは、現代の建物の機能維持に非常に大事な設備の一つである空調設備に対する影響に着目しました。建物の屋上に、室外機という空調用の機械類が置かれているわけですが、こうしたものは火山灰を直接かぶることになります。そしてもう一つ、空調設備に着目したのは、既往の研究が少なく、ニュージーランドのカンタベリー大学の方が設備に関する研究を精力的に行っていますけれど、それでもまだ研究例が少ないということからです。

堆積荷重を考える場合と設備影響を考える場合との違い  
Considering ash accumulation vs influences on air conditioning

上から降ってきたものが積もる  
Accumulation of Ash Fallen from Aloft

空調への影響: 横から吸い込む  
Suctioning Airborne Ash with Air Horizontally

スライド 8

空調機のしくみの概要(冷房の場合)  
Outline of Air Conditioning (in case of Cooling)

排気 Exhaust Air

膨張: 温度低下 Expansion

冷媒 Coolant

排気 Exhaust Air

室内→室外 Outdoor

室内→室内 Indoor

冷却水(遠隔) Cooling Water (In/Out)

落下する水が蒸発、気化熱で機内を冷やす Evaporation Cooling

外気 Outside Air

外気 Outside Air

室外機 Exterior Unit

室内機 Interior Unit

圧縮: 温度上昇 Compression

熱交換機 Heat Exchanger

冷房機 Freezer

冷却塔(開放型) Cooling Tower (Open, Cross-flow type)

ポンプ Pump

冷媒 Coolant

気流 Airflow

ろ過材 Filter

スライド 9

今まで話がいったように、ここには噴火して噴煙が流れているような絵がありますが、今回私どもが対象としているのは火山から離れた地域の降灰です(スライド6)。こうした遠く離れた地域になると、降灰そのものは破壊的な現象ではないのですが、いろいろな都市の機能を支える設備に影響を与えることが懸念されます。先ほども、電力中央研究所さんから電力に関するご発表がありました。私どもは建設会社ということもあって、建物の機能に着目しています。

火山灰の降灰は、建物の機能にさまざまな影響を与えることが考えられます(スライド7)。一つ一つは申し上げられないのですが、影響をざっとリストアップすると、このように出てきます。例えば窓の汚れなどから始まって、いろいろなことが考えられます。

その中で私どもは、現代の建物の機能維持に非常に大事な設備の一つである空調設備に対する影響に着目しました。建物の屋上に、室外機という空調用の機械類が置かれているわけですが、こうしたものは火山灰を直接かぶることになります。そしてもう一つ、空調設備に着目したのは、既往の研究が少なく、ニュージーランドのカンタベリー大学の方が設備に関する研究を精力的に行っていますけれど、それでもまだ研究例が少ないということからです。

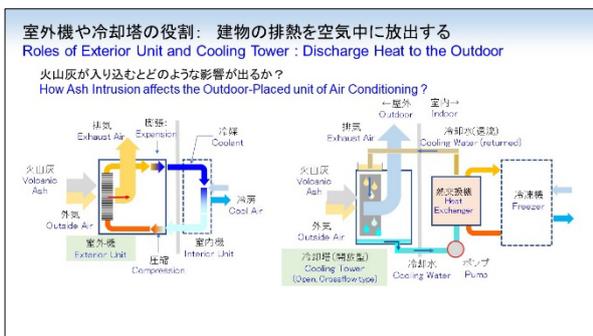
1枚前のスライドでお見せした空調の室外機がどんなものかという、横から空気を吸って上から出すという流れで、空気が機械の中を流れています(スライド8)。設備への降灰の影響を考えると、室外機は吸っているの降ってきた火山灰が横の方に吸われていくことになり、上から降ってきたものが屋根の上や地面の上に積もるのとは、少し扱いが違ったものになる可能性があります。特に空間の火山灰の濃度が影響してくる可能性があると考えられます。

ここで簡単に、空調の仕組みの概要をお話ししたいと思います(スライド9)。見た目は違いますが、左下のものも室外機で、空気が横から入って上から出ていく、こういう流れになっています。灰色の部分拡大してみると、薄い金属板が2mmぐらいの間隔で並べて

あり、この中を空気が画面の手前から向こう側に向かって通り抜けることができるような仕組みになっています。その中にはパイプが通してあり、冷媒が流れています。冷房の場合は、建物の中から流れてきた熱が、この中を通じる空気の流れによって空気の熱を捨てるという仕組みになっています。

その断面を模式的に描くと、建物の中から出てきた熱に対して空気が取り込まれ、フィンを通過するとき熱を空気に与え、冷媒の温度が少し下がります。ちなみに冷媒は、その先に進んでいくと断熱膨張による冷却で温度が非常に下がり、その下がった温度で部屋の中の空気から熱を取って部屋の中を冷やし、冷媒自身は熱をもらって温度を上げ、再びコンプレッサーで圧縮して熱い温度になった状態で外に熱を流す、そういった仕組みになっています。この灰色の線は、屋外と室内の境目を表しています。

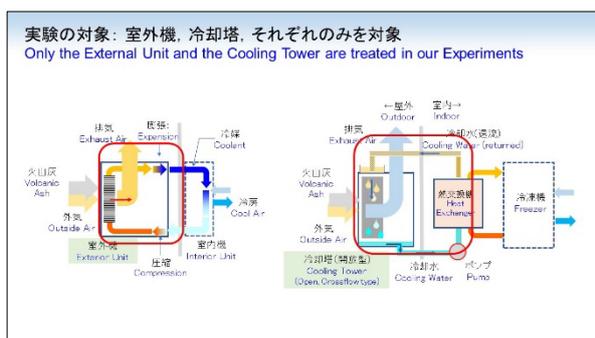
もう一つ、空調関係で冷却塔というものがあります。冷却塔は普段あまり目にするものがないかもしれませんが。建物の屋上にあつて、これも装置の側面から空気を吸って上から排気します。ここにブロワーのファンがあつて、こういう気流の流れを作っているのですが、冷却塔の中にはこれぐらいの部分に上から水が流れ落ちています。水が流れ落ちてくる部分は充填材といわれていて、薄いプラスチックの板が1cm ぐらいの隙間で並べてあるのですけれど、その隙間に水が落ちてきます。落ちてきた水は、落ちながら吸入された空気と触れ合うことで蒸発し、その蒸発の気化熱で冷えて冷たくなり、冷却塔から室内の方に送水管で送られていくことになります。この冷えた水に対して、屋内側から室内の排熱をこの水が受け取り、水の温度が少し上がつて冷却塔に戻り、ここを流れ下るときにまた冷えるという仕組みになっています。



スライド 10

ですけれど、火山灰が入り込むとどのような影響が出るか、こういったことが懸念されることになります。

もちろん空調システムは室外に置かれるものと屋内側にある設備とを組み合わせられて使われるわけ



スライド 11

これらを考えると、室外機・冷却塔の一番根本的な役割は（スライド 10）、建物の熱を空気に放出することです。その中で室外機や冷却塔は屋外に置かれるものなので、そこに火山灰が入ってくると、先ほどの2mm ぐらいの間隔で薄い板が並んでいて熱交換を行うフィンが目詰まりしたり、あるいは冷却塔では水に火山灰が混ざり込んで、この図は火山灰が混ざり込んだのを想定して少し灰色気味に描いているの

ですけれども、今回われわれは、屋外にあつて直接火山灰を受ける部分だけを降灰試験の研究対象としています（スライド 11）。

これは繰り返しになりますけれど、写真を少し大きくして示したものです（スライド 12）。室外機には横から風が入り、その側面は縦に熱交換フィンという金属が入っていて、空気に熱を放出します。



スライド 12



スライド 13

冷却塔を正面から見ると、このように上から水が流れてきて、空気がこの間を通り抜けていく、そういったものになっています。



スライド 14

今日の話のトピックとしては（スライド 13）（スライド 14）、これらの設備に対する降灰実験、またフィルターに関する実験の結果も簡単にご紹介します。そして、シミュレーションについても少しお話ししたいと思います。

実験で使用した火山灰は、桜島で採取した天然の火山灰です（スライド 15）。これを約 1t 持ってきて、250 $\mu$ m のふるいにかけて濾過しました。火山から比較的離れているところを扱うということで、250 $\mu$ m のふるいを使って濾過しています。左下はふるいにかけた後の火山灰ですが、手で触ると指紋の間に入り込むような非常に扱いが難しい材料であることを、実験をやりながら思いました。

ちなみに、ここには書いていませんが、乾燥した状態で、密度が大体、比重で 1.6 ぐらいの火山灰です。

これは室外機への降灰実験ですけど（スライド 16）、室外機に空気が入るのに合わせて火山灰が侵入し、中を通って上に抜け出ていくわけです。室外機の空気の流れは、機器の上の方に付いているブロワーのファンで気流を起こします。

この赤い印が試験装置ですが、室外機の断面を横から見たところを表しています。その前面から火山灰をふるい落として室外機の中を通過させ、その間どうなるかということを見たものになります。ちなみに、右の箱は、実験場内に火山灰をばらまくわけにはいかないので、火山



スライド 15

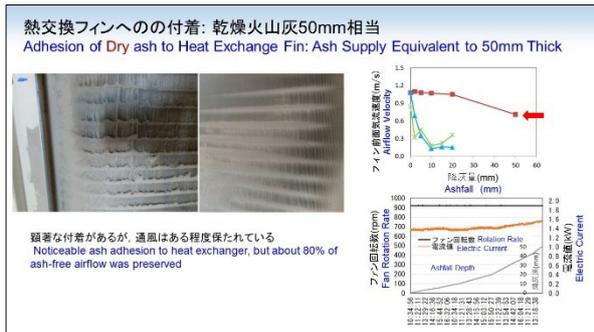


スライド 16

灰がばらまかれます。



スライド 17

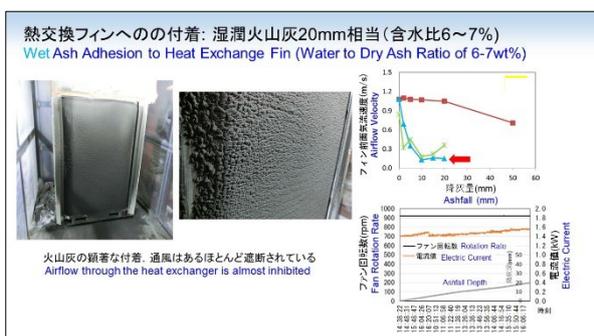


スライド 18

いています。

フィンの直前のたくさんの点で風速を測ったところ、50mmに達した時点で、実験を行う前と比べて7~8割ぐらいの気流が一応確保されていることが分かりました。従って、乾燥した火山灰では、少なくとも室外機のこれぐらいのフィンへの付着では、温度調整などにそれほど大きな影響は出ないのではないかと推定されます。

一方で、ファンを回すモーターが消費する電力が、実験を進めるに従ってじわじわと上がっており、これはモーターのシャフトなどに火山灰が少し付いて抵抗が増えていることによるかと思われます。ただ、致命的なものではありませんでした。



スライド 19

は、水で洗い流すなどのことが考えられます。

空調機を止めている夜間などに火山灰が上から降ってきて積もったら、果たしてファンはきちんと動くのか、そういった観点からの試験も行ってみました(スライド20)。火山灰を50mm積もらせて室外機のスイッチを入れると、これは回転数を表しているのですが、ほぼ瞬時に規定の回転数まで上がって動きました。乾燥した火山灰に対しては、ブロワーのファンが火山灰をま

灰を回収する箱になっています。

試験装置を見ると(スライド17)、見た目はあまり格好良くはないのですが、ダクトの下に室外機を置き、ダクトから火山灰を降らせると室外機に吸われていくことになります。その上には起振機という往復運動をする振動装置があり、その上に火山灰を置いて実験的に降らせました。ちなみに、この実験装置を作るに当たっては、ふるいで振った火山灰がほとんど機器に吸引されるようなレイアウトにしています。

これは結果の一部ですが(スライド18)、乾燥した状態の火山灰が何もない状態で降ったときに、50mmの深さに相当するような量を降らせた後の、先ほどの熱交換フィンへの付着状況です。見た目、かなり付着しているところがある一方、隙間もたくさん空

先ほどは乾燥した火山灰でしたが、湿らせた状態でやると状況が少し違ってきます(スライド19)。これは最も付着しやすい条件として、火山灰を降らせながらミスト散水を行って火山灰を付着させたのですが、このようにべったり付いてしまうという結果になりました。このときは降灰量10mm相当で通気量が10分の1ぐらいに落ちてしまったので、明らかに熱交換に大きく影響が出る状態と言えるかと思われます。こうしたときに



スライド 20



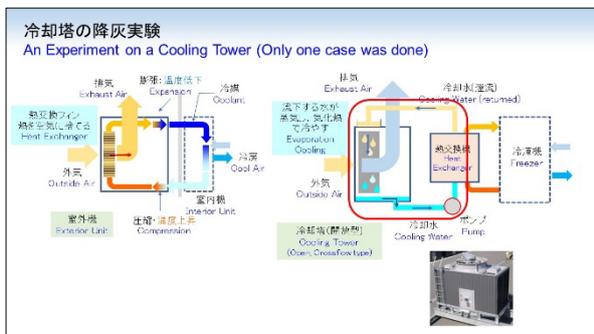
スライド 21

き散らすような形で回転することができました。

一方、湿った火山灰、含水比で6~7%程度のものは、10mmの厚さでは問題なく、20mmでは最初に少しがたつきがあったのですが、50mmになると、やはり水分で重さが増したこともあって、安全装置が働いて起動しませんでした。壊れたわけではありませんが。そのまま2日間放置して乾燥させると再びきちんと動き始めた、そういったことが分かりました。

実験後に室外機の中を調べると（スライド21）、このように随所に火山灰が付着しているのですが、このような状態でも、われわれが用いた実際に使われている室外機では動作に大きな影響は認められませんでした。

ただ、一つ前の電力中央研究所さんのご報告にあったように、今回用いた火山灰は電解質が洗い流されていたので、電解質の影響を考えると、もう少し用心すべき結果が得られたのではないかと推察しています。

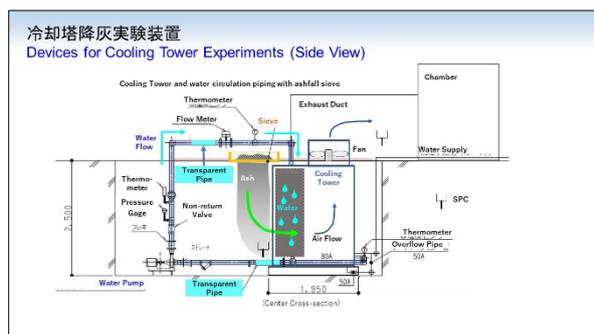


スライド 22



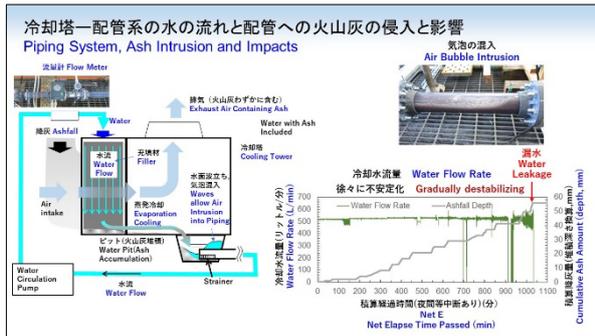
スライド 23

次に、冷却塔の実験についてです（スライド22）。冷却塔についても、同じように冷却塔の前面にふるいを設けました（スライド23）。これはふるいを上から見たところで、このように火山灰を降らせました。冷却塔は空気を吸い取っているのです、それに合わせて火山灰が中に入っていきます。



スライド 24

これは飛ばします（スライド24）。これは冷却塔の断面を描いているのですが（スライド25）、冷却塔の中には水が流れています。上から火山灰が降り、空気がく



スライド 25

流量を測っていると、降灰深さが 20~30mm に達したところで流量が少しずつふらつくようになり、たまにがくと落ちるようになり、40~50mm を超えるぐらいから非常に不安定になり、最後は 50 mm のところでポンプから水漏れが発生し、ポンプが止まるようなことになってしまいました。

これはポンプから漏水しているところです (スライド 26)。ポンプの漏水ですけれど、実験

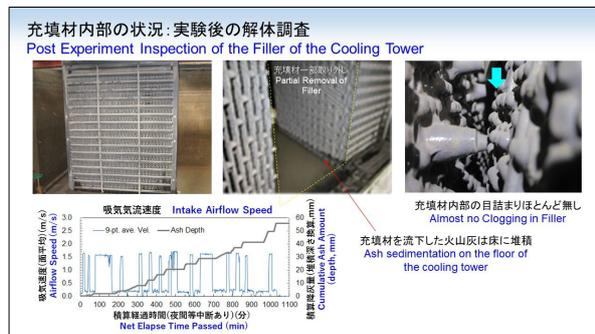


スライド 26

と水によって火山灰が下に流され、充填材の後ろは空洞になっているのですけれど、その床を火山灰を含んだ水が流れます。冷却塔の先の方には水を集めるピットというものがあり、ここからまた送水管で水が送られるのですが、火山灰の量が多くなってくると水面が波打つようになります。送水管の一部を透明材料にして見ていたところ、気泡が混入することが分かりました。

後に分解して調べたところ、モーターとスクリーをつなぐシャフトのところの止水用のシールが、火山灰によってほとんど摩耗してしまっていたことが分かりました。これを新品に取り換えたところ、ポンプは再び正常に動いています。

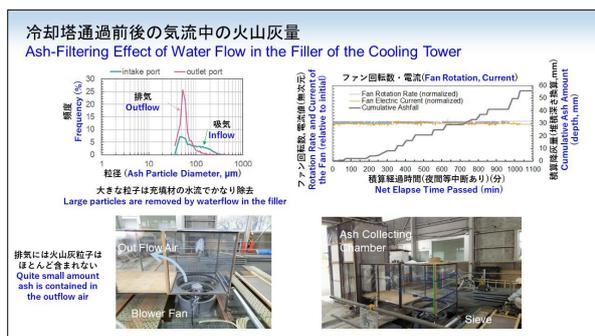
充填材はこのように分割されているのですが (スライド 27)、取り出してみると床に火山灰が付着している状況でした。ただ、中にはほとんど付着せず、通風は保たれていました。



スライド 27

冷却塔を通過する間に、火山灰が入る前と通過した後で大きな粒子はほとんど冷却塔にとらわれていて、排気のところの火山灰は非常に少なかったということも分かりました

(スライド 28)。ファンへの影響も、電流の値も、ほとんど変わっていません。

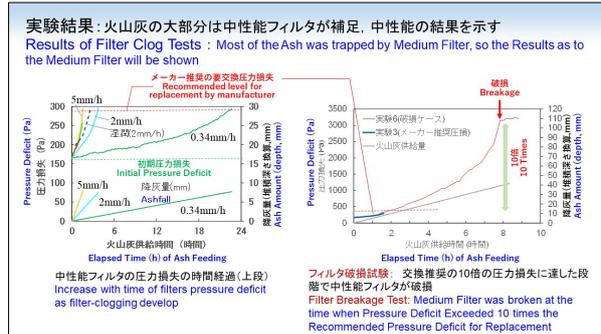


スライド 28

エアフィルターに関する試験も行いました (スライド 29)。エアフィルターの試験用の風洞に、建物で普通使われる粗フィルターと中性能フィルターの二つを、中性能フィルターが下流側に来るように並べて、風洞で火山灰と風を一緒に送る試験をしました。ちなみに、右は実験後のフィルターで、火山灰が付いているのが分かります。



スライド 29



スライド 30

これでどういふことを調べたかという、目詰まりによって通風抵抗がどれぐらい大きくなっていくかというのを調べたのですが（スライド 30）、元々新品の状態の通風抵抗は圧力損失で 150Pa ぐらい、それが 280Pa ぐらいになるとフィルター交換が推奨されるといったものです。降灰の強さを、弱い・中ぐらい・強いぐらいに変化させてやると、弱いと交換が必要な圧力損失になるまで時間がかかるのですが、これをトータルの降灰深に直してみると 7mm ぐらいのところで、ゆっくり降らせても早く降らせても、同じようなところで交換が必要な圧力損失・通風抵抗まで達したということになります。

降灰のときにはフィルターを円滑に交換できるわけではないかもしれないので、一体どこまで持つのか少し試験してみたのですが、結果だけ申し上げると、メーカーが推奨する圧力損失の値の大体 10 倍まで持つことが分かりました。



スライド 31

**本日の発表内容**  
Today's Presentation

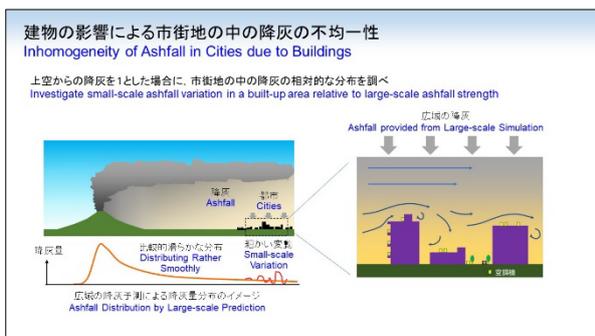
- はじめに  
Introduction
- 空調・換気設備への降灰実験  
Ashfall Experiments on Air Conditioning Equipment
- 建物のまわりや街区への降灰の数値計算  
Numerical Ashfall Simulations in a Built-up Area in a City
- まとめ  
Concluding Remarks

スライド 32

フィルターの濾材に少し隙間ができ、ここから空気が漏れ、降灰中であれば室内に火山灰が入り込むような状況になるのが、メーカー推奨値の 10 倍ぐらいというのが分かりました（スライド 31）。深さに直すと 40~50mm です。

最後に、建物の周りの降灰の計算について簡単にご紹介します（スライド 32）。

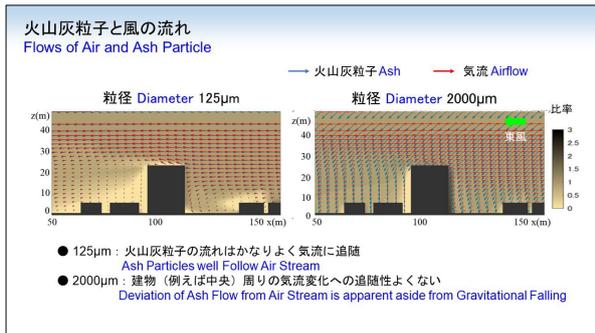
今日は気象庁さんから詳しい降灰の予報の話がありましたけれど、広域の降灰予測の場合には、得られる降灰量分布は比較的滑らかな分布をしています（スライド 33）。しかし、建物が立て込む市街地の中では、建物に



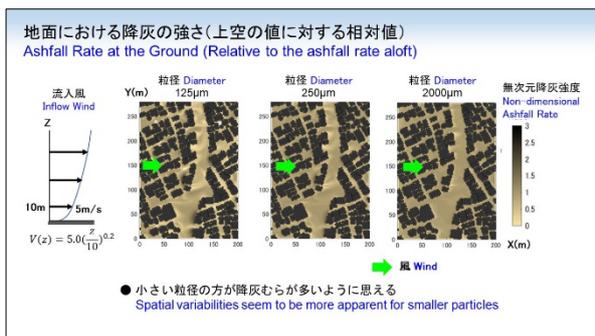
スライド 33



スライド 34



スライド 35



スライド 36

大きくしていくと少しずつむらが小さくなっていくような傾向があることが分かりました。

これは風向を変えた場合ですが(スライド 37)、道に対して直角な場合と道に沿った風向の場合では、やはり風通りのいいところに多く降ると言えるかと思えます。風向を少し変えると、その影響が少し見えるような変化の仕方をしていきますし、こういった風向でも、粒径が大きくなるとむらが少し少なくなるかのようなことが得られました。



スライド 37

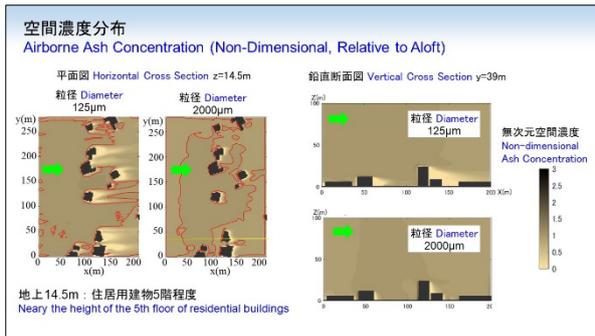
よる風の乱れなどで降灰が不均一になることが想定されます。多い場所、少ない場所が出ます。

それで街区に対して数値計算を行いました(スライド 34)。上から降ってきた火山灰の量を 1 とした場合、中は相対的にどれぐらい強弱が出るかという目安を得るような計算を行いました。

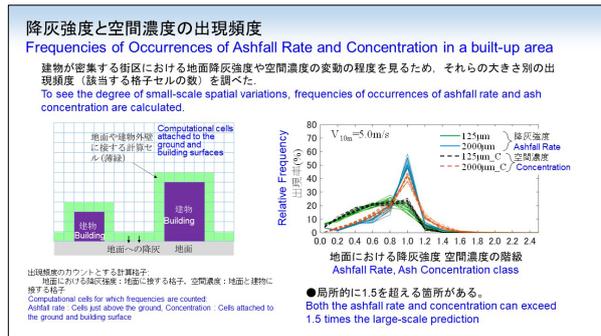
火山灰の場合、粒径(大きさ)によって風に乗やすいか乗りにくいかがあります。これは一つの例ですけれど(スライド 35)、赤い矢印は風速のベクトルを表しており、小さい粒子(ここでは 125μm)を例として持ってきているのですが、それらは建物にぶつかって下の方に曲がって流れていく風の流れに乗るように、この茶色の濃淡は火山灰の濃度を表しています。一方、大きい粒子になると、風が当たっても風の流れにはあまり乗らずに行くことが分かりました。

こうした計算を行って、街区にどういった強さで火山灰が降っていくか、これは地上での降り方の強さの相対値で(スライド 36)、上から降ってくる量を 1 としたときに、相対的にどれぐらい違いが出るかということ濃淡で表しています。街の中では、それなりにむらが出るのが分かります。ただ、粒径を大

これは地上 14.5m、階高が 5 階建てぐらいの高さの平面図を表していて、火山灰の空間濃度を表しています(スライド 38)。これで何を見ているかという、ちょうど建物のベランダのレベルに細かい火山灰が来る場合と、大きな火山灰が来る場合です。大きいと言っても直径 2mm です。小さいのはそれなりに建物を避けやすいのですが、大きくなると建物を避けづらいといったことが



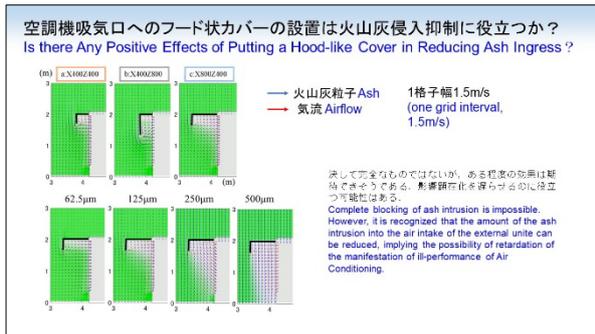
スライド 38



スライド 39

あるので、降灰対策を考える上での参考にできればと思っています。

少し時間がなくなってきました。今は不均一の度合いの目安を数値計算で得ようとしているわけですが、統計的にどれぐらいの大きさのものが何割ぐらいあるかという統計を取ったものです（スライド 39）。大きな粒子と小さな粒子のヒストグラムが描いてありますが、小さな粒子の方が分布が広がっていて少しむらが大きく、両方に共通しているのは大体 1.4~1.5 ぐらいのところまで来ているので、広域の降灰予測に対して、建物が立て込んでいるところは局所的に 1.4~1.5 倍ぐらいまではあり得るのではないかというのが、こうした計算から分かりますが、これも研究の途上です。



スライド 40

**本日の発表内容**  
Today's Presentation

1. はじめに  
Introduction
2. 空調・換気設備への降灰実験  
Ashfall Experiments on Air Conditioning Equipment
3. 建物のまわりや街区への降灰の数値計算  
Numerical Ashfall Simulations in a Built-up Area in a City
4. まとめ  
Concluding Remarks

スライド 41

最後に、これもシミュレーションで行ったものですが（スライド 40）、空調機への火山灰の侵入を低減するために、カバーやフードのようなものは果たして役に立つのかを、形を変えたり火山灰の粒径を変えたりして、数値計算レベルで行っています。こういったものは完全ではありませんが、効果がある・ないで言うと、ありはするのではないかといいことが、これらから得られました。

以上、少し時間をオーバーして申し訳ありません。

（スライド 41）

室外機の実験からは（スライド 42）、50mm 程度の深さの乾燥火山灰に対しては、思ったほど大きな影響は出なかったというのが、今回の実験の結果です。ただ、湿潤火山灰に対しては非常に少ない降灰量でも顕著な目詰まりが生じる可能性があります。

冷却塔の場合にはポンプの漏水が大きな問題ではないかということが分かりました。

さらに、フィルターに関しては（スライド 43）、今回使った試験用の火山灰の性質にもよりますが、深さ 7mm 程度でメーカーの推奨する交換の目詰まり程度で、ただ、実際にはその 10

まとめ  
Concluding Remarks

- 室外機の実験では、乾燥した火山灰では、深さ50mm相当の降灰量までは熱交換フィンに目詰まりはあったものの、8割程度の風量が保たれていた。今回扱っていないが室内機の動作への影響はそれほど大きくないと思われる。送風ファンの始動には問題なかった。室外機の故障はなかった。In the experiments on the external unit, in spite of significant ash adhesion to heat exchanger, about 80% of the airflow was kept for the 50mm thick ashfall. Influences on the interior part of the air conditioning is considered not large. No malfunction of the machine was observed.
- 湿潤火山灰では、深さ10mm程度の降灰でも熱交換フィンに顕著な目詰まりがあり、排熱が大きく阻害される可能性が示された。室外機の故障はなかった。In case of wet ash, severe ash adhesion to heat exchange fins dramatically weaken airflow through them for 10-20mm thick ashfall. This levels of clogging can make heat discharge almost impossible. No malfunction of the machine was observed.
- 冷却塔の実験では、冷却水配管への火山灰の侵入の影響が大きかった。降灰量20~30mm程度で流量が不安定化し、深さ50mm相当の降灰量に達したあたりでポンプの漏水が生じ機器を停止させた。火山灰により、逆流防止弁の機能不全も生じた。充填材の目詰まりはなく、風量は保たれた。Water leakage due to abrasion of water pump caused by ash mixing into cooling water piping was the most severe damage as to the open type cooling tower. Malfunction of the check-valve was also found. The degree of instability of water flow brought about by mixed ash was as such that harvesting indoor heat will be significantly affected. Clogging of filter was very weak and airflow through them was kept almost unchanged.

スライド 42

まとめ (続き)  
Concluding Remarks (Continued)

- フィルタ目詰まり試験では、火山灰の補足はほとんどは中性能フィルタで補足されること、深さ7mm程度の降灰でフィルタ交換が必要な程度の目詰まりに達することが示された。フィルタは、メーカー推奨の交換圧力の10倍程度のめりまりまでは持つこともわかった。In filter clogging test, it was found that most of the ash can be trapped by a medium filter and pressure deficit reached recommended one for filter replacement for the ashfall of 7mm thick. That the medium filter was broken when pressure deficit exceeded 10 times the recommended one for replacement was also found in filter breakage test.
- 降灰の数値計算からは、広域の降灰予測に対し、建物が多い市街地では顕著な不均一が生じることが示された。局所的には、降灰強度、火山灰濃度ともに広域予測の1.5倍程度には達する可能性が示唆された。Numerical ashfall simulation suggests ashfall rate and concentration can exceed 1.5 time the large-scale values locally in the built-up area in cities.
- 室外機器の吸気口へのフード状のカバーの設置は、火山灰侵入の軽減にある程度の効果は期待できそうである。Putting hood-like cover above the air intake of air conditioning was found effective to a certain extent in reducing the amount of ash intrusion. This can be one of measures for mitigating ash induced damages.

スライド 43

倍程度ぐらいまでは持つだろうということです。

市街地に関する計算では、局所的に 1.5 倍程度の降灰量が生じる可能性があることと、フード状のカバーは多少は効果が期待できそうであるということが、この研究のまとめになります。

ご清聴ありがとうございました

Thank you very much for your kind attention

スライド 44

時間を超過しまして、申し訳ありません。ご清聴どうもありがとうございました (スライド 44)。

**司会:** 大塚様、ありがとうございました。ただ今の講演にご質問のある方は挙手をお願いします。よろしいですか。

**質問者:** 興味深いお話、ありがとうございました。灰の影響が強くなってくると、上のフ

ァンの回転量が増えるのは、軸に灰が付くからではないかというお話でした。装置自体がよく分かっているから、こういう質問をするのかもしれませんが、例えば電子制御のようなもので、冷却効率が落ちてきたから、それを回復するために頑張って多く回すというような機能で回転数が上がっているということではないのですか。

**大塚:** 一応、回転数を確保するような運転をする形になっていて、回転数を確保するために摩擦が増えたので少し多くの電力を費やすようになった、今回使った実験ではそういう状況でした。

**質問者:** 分かりました。どうもありがとうございました。

**司会:** 他にございますか。よろしいですか。それでは、これで大塚様の講演を終わりとしたいと思います。ありがとうございました。これで第 1 部の講演を終わりたいと思います。

**司会:** それでは、パネルディスカッションを始めます。最初に、パネリストの方々をご紹介させていただきたいと思います。まずは先ほどご講演いただいた GNS Science の Christina Magill さん、ジュネーブ大学の Sébastien Biass さん、大林組技術研究所の大塚清敏さん、電力中央研究所の本間宏也さん、気象庁気象研究所の石井憲介さんです。パネリストはこの 5 名の方々に、防災科学技術研究所の小園に、コーディネーターとしてパネルディスカッションをまとめていただきます。では、よろしくお願ひします。

## **“Influences on functions of buildings of ashfall in cities”**

Kiyotoshi OTSUKA (Technology Research Institute, Obayashi Corporation)

### **Kiyotoshi OTSUKA**

Thank you. I am Otsuka from Obayashi Corporation. This is the title of my presentation as was just introduced. Now, this research is part of the Ministry of Education project. There are multiple members of this joint project, and I will take this position of reporting to you the results of the research project.

As was introduced, I am from a private company, Obayashi Corporation, and this Technology Research Institute is located in Kiyose city of Tokyo. And as you can see, Mount Fuji, we have a very good command of Mount Fuji from our research institute. As has been discussed, we have multiple active volcanoes in Japan. This is seen from the top of the SKYTREE. As you can see, this is Mount Fuji. It is not very nearby. But as you can see, we have spreading urban areas in Tokyo, so we are worried about the possible impact of an eruption.

My presentation. In the beginning I will have some introduction and then I will talk about the ashfall experiment on air condition equipment. And we have done numerical calculations of ashfall. So, I will talk about the result of the simulations.

As was discussed already, so this diagram shows how ash is blown by air after the eruption. But we are examining is the possible impact in remote areas such as urban areas. So ashfall itself is not as disruptive as you might imagine. But multiple infrastructures that support and sustain the urban functions are expected to be impacted. CRIEPI speaker talked about the possible impact on electricity supply. Since we are a construction company, we are focusing on ash impact on buildings.

Ashfalls do impact functions of buildings in many different aspects. I cannot give you a whole list, but this is a simple list of possible impacts. It could be an impact on windows. The windows may be covered by ash. And we are particularly looking at the air conditioning, which is an important component of the modern buildings. For example, we have outdoor equipment installed on the rooftop of the building and they are directly exposed to the ash impact.

So, the reason why we focused on air conditioning, although there is not much research done in this area, we have found research done by the researchers of Canterbury University, New Zealand.

The slide that I showed you earlier had a same picture of outdoor equipment of air conditioning. And what it does is to suck air from its side and then the air will be exhausted from the top. So, there is internal airflow. When you think of the possible impact of ashfall on an equipment like this, since air is sucked horizontally from the side so this is a different phenomenon from the ash accumulated on horizontal surface. We have to consider a possible impact from the concentration of ash in the air.

First, let me talk about the basic functions of air conditioning. This is a different photo of an outdoor equipment. The air is sucked from side and goes out from the top. This grey area, this is a magnified photo, we have metal fins with a gap of 2 millimeters in between. So, the air goes through these fins. And there are pipes inside in which a coolant flows in the pipe. So, heat will be passed. Because of the air flow, the heat will be absorbed by this coolant. This is a cross-section. Heat is passing through these fins. So, heat is given to the air and the coolant temperature goes down. Coolants move on, it passes over here and expands. The temperature goes down. Because of this lower temperature, it cools the internal air. Now coolant receives here from the room and it goes through the air-conditioning equipment. The heat is released to the outside air.

We also have another equipment, cooling tower. You would not see this equipment so often. These are often located on top of the roof. This too sucks the air from aside and it is released from the top. There is a blower or fans inside. Also, in this cooling tower, a part of this equipment has a water flow from top downward. Plastic panels are placed here with 1-centimeter intervals and the water will drip in through these intervals and they come in contact with air and the water evaporates. And this evaporation cooling will cool the water, the water is then sent to the heat exchanger.

Now inside the room, the heat of the internal air is given to the water in the heat exchanger. It goes through this cooling tower and then it gets cooled again. So, the external units and cooling tower both have a basic function of receiving heat from the room and it discharge that into the air. Again, these are placed outside the room. When volcanic ash is introduced – as I showed you earlier, we have thin panels. The fins may get clogged with ash. For the cooling tower, ash may enter into this water flow, so what could be an impact of this ash intrusion into the water, cooling water.

The air conditioning equipment is a combination of this outdoor unit and interior unit. But this time, we focused on the external unit that is directly exposed to

ashfall. So, I am repeating myself, but I would like to show you better pictures of the exterior units. The air is sucked from the sides. There will be heat exchange in fins. The heat expels or released into the air. This is seen from the top of the cooling tower. Water flows from the top downward and through which air flows.

So, today's topic is about our experiment of falling ash on these units' cooling tower as well as air filters. I would like to also talk about the simulations we conducted as well. The ash that we used is sampled in Sakurajima to natural volcanic ash. We have brought one ton of ash. We actually see the ash using 250 micrometer sieves to filter out the volcanic ash. And this is the volcanic ash after sieving. These are very fine particles. If you handle that, you will notice those particles, the powders on your fingerprints even. This is dry ash. The density is about specific weight of 1.6.

This is the experiment on exterior unit. Air goes inside and volcanic ash will enter from these sides. This is the basic air flow through the equipment. And there is a fan on top of the unit that causes this airflow, and this red square is the experimental unit. This is a cross-section, so what we did is to try to introduce volcanic ash from the top. We have a sieve on top of that. And this box is a box that collects volcanic ash.

So, this is the photo of the experimental equipment. There is a duct on top. We have the exterior unit below that. So, the ash will be introduced from the top and this exterior unit will receive this ashfall and we have actuator placed on top of that. And on the top of the actuator, we place volcanic ash to sieve it, to let it fall into the unit.

All the volcanic ash that is introduced is going to be introduced into the exterior unit in this experiment, and this is part of our results. The ash is dry in this case. The ash amount is equivalent to the thickness of 50 millimeters. Obviously, visually, you can actually see there is thick deposition. On the other hand, there are also intervals. Immediately before the fin, we have measured the airflow and we have found that 70% or 80% of the air, the original air movement is still possible. So, this much deposition of ash does not seem to impact the functions of the air conditioning in terms of adjusting the temperature. But if you look at the electricity that is required to run the fans, the electricity required is actually increasing because of the ash that is attached to the shafts of the motor, although this is not exactly substantially impactful.

Now if you wet the ash, the situation is different. We have created conditions. We actually sprayed water as we introduce ash. As you can see, there is thick deposition on the surface. So, this is similar to 10-millimeter ashfall. We would have a reduction of airflow rate, a substantial reduction. Obviously, we have to cope with that by washing it with water.

During the nighttime, when the air-condition is not used, would the fan start without any problem when the volcanic ash is accumulated? So, thickness here is 50-millimeters and when we turn on the external unit, and this is the rotation rate of the fans. And immediately, you see it picks up to the regular rotation rate. The fans will actually disperse all the accumulated ash. When the ash is wet, so this moisture level is about 6% or 7%, no problem we have noticed with the thickness of 10 millimeters. Even at 20 millimeters, it could start. But when the thickness reaches 50 millimeters because of the weight increase due to water, the safety mechanism kicks in, so it did not start. We left that for two days, let the ash dry out then we will be able to start it normally.

So, after the experiment, we looked inside the exterior unit. As you can see, every component has its surface covered by volcanic ash. However, it did not cause any malfunction of the unit itself. Having said that, speaker from CRIEPI reported the ash that we used has already been – the electrolyte had been washed away. So, when ash included the electrolyte, we would still have to be cautious about the negative impact on the unit. I want to talk about the cooling tower experiment.

For this one also, once again we had sieve. This is the sieve looked at from the top and ash was applied like this. So, as the air is sucked in, also ash is sucked inside the cooling tower. And in the case of cooling tower, this is a cross-section, but inside you have the water flow and then from the top you have ashfall and then air is taken in and water will wash down the ash. And inside the cooling tower behind the filler, there is a big space. And along the line you have the strainer here. And if the ash amount is large, then you have this water causing waves here and air also is mixed in.

And the flow amount, if you measure the water flow amount, when the ash reaches 20-30 millimeters thickness, then you see these big bumps. So, if it goes beyond 40-50 millimeters, it becomes very unstable. And at 50 millimeters, from the pump we saw water leakage and the pump stopped. This is where the water leaked from the pump. After the experiment, we broke it down and looked inside the motor and the screw - the shaft that connects them. You have these seals

which were abraded because of the volcanic ash. So, once you replace them with new ones, once again the equipment functioned well.

Now in the equipment we looked at the filler. It is like this. And when we take it out, you can see that on the bottom you will see a lot of volcanic ash. But some parts of the filler, there was no clogging and therefore air went through. And as ash filtered through the cooling tower, before and after, the larger particles were kept inside or trapped inside the cooling tower. And so, on the exhaust side, we found very small amounts of ash. And also for the fan, looking at the electricity flow, the current, it has not changed much. And also looking at the air filters.

So usually in a building, you have the coarse filters and the medium performance filters. We placed both side by side, making sure that the medium one comes towards the downstream. And we carried out this experiment. This is the filter after the experiments. You can see that ash has clogged and stuck on to them.

So what is it that we were trying to look at? We looked at the resistance of air flow because of the ash. The new filters of the pressure deficit would be 150Pa or so. But when it gets to 280Pa, then that is the recommended level for replacement of the filters. But depending on the ash flow rate, with stronger or weaker ash flow we changed the amount. And if it is low, then the replacement pressure deficit to reach that will take time. But at around 7 millimeters or so, with high ashfall or low ashfall, after very short period of time you have to replace the filter because it reaches the recommended level. But of course, in an eruption, we may not be able to replace it that easily. So, how long will it last? We carried out an experiment. And to reach the recommended pressure deficit, up until 10 times higher pressure deficit the filter can be used. But once it reaches 10-fold amount, air starts leaking through these gaps and that may cause ash to go in here. So that will happen after the pressure deficit reaches 10 times the recommended amount for replacement.

And now lastly, we looked at what happens around the building. The JMA has given us a presentation about their prediction. So, for a large scale distribution, if it is in the cities, of course you have this turbulence occurring because of the buildings. And therefore, the ashfall may be high in some areas and low in other areas. You may see a variation. So, we carried out this calculation. From the top, ash will fall. If its net is 1, how much difference of ashfall rate could we see on the ground? We use these formula for the calculation.

For volcanic ash, depending on the particle size, they may be easily carried by the wind. And this is just an example. The red arrow shows the vector of the air flow. For small particles, 125 microns, that may hit the building and it may flow toward the bottom like this. So, the darkness of the color shows the amount of ashfall in the area. Depending on the size, it may accumulate in different areas.

And how much ashfall would be found on the ground? We looked at the ashfall rate on the ground. Let us say, the amount falling from the air is 1, we tried to look at the different amount that is found on the ground. And within the city, we find that depending on the area there will be difference. But the bigger the diameter of the particles, the difference becomes much smaller. And you have the roads and the air direction is different. If the air flows smoothly, then in that area you will see a lot of ashfall. Depending on the direction of the wind, and even with the same direction of the wind depending on the diameter of the particles the amount you see on the ground will differ.

This might be difficult to see, but 14.5 meters high, about similar to a five storied building. And this looks at the spatial concentration, so this would be the veranda on a building. If the particle is large or small, it is 2 millimeters for the larger ones. But for the smaller ones, they will avoid buildings, but the larger ones will hit the buildings directly. And so, when we think about countermeasures against ashfall, this may be a good information.

And I am sorry, I know that my time is almost up. But I said that there is a variation and we try to calculate to see the difference. But statistically, we wanted to look at the histogram for the smaller ones. You can see that the distribution is wider. But 1.4 or 1.5 seems to be common and so up to 1.4 times or 1.5 times we may see ashfall rate and concentration differ. But this is still under investigation.

Lastly, and this is also from a simulation of an air conditioner. In order to prevent ash from going inside the air conditioner, will a hood-like cover be effective? We changed the shape of the cover and we also changed the size of the ash. And this is just done on calculation basis. But it may not be a perfect solution, but we have seen some effect of it, having a cover may be effective. So, I am very sorry, I had to rush through the second part of my presentation. But from the experiments, we understand that 50 millimeters thickness of ash, if it is dry, the impact was not that big. That is what we learned from our experiment. However, if the ash is wet, even if the ashfall amount is small, you may see some clogging. And also for the cooling towers, the pump water leakage was the biggest issue that we have

seen. And also for the filters, the ash that we used for the experiment, so with a 7-millimeter thickness the clogging reached an amount that the manufacturers recommend replacement of the filter. But actually, the filter can be used up to 10 times that amount. And also, the ash concentration may differ. Depending on where in the city you are looking at, the difference may be 1.5 times difference.

But we have to continue our experiment and our research. And a hood-like cover could be effective in preventing ash from going inside. But thank you very much for your kind attention.

**Moderator**

Thank you very much. If you have questions, please raise your hand.

**Q1**

Thank you for an interesting talk. What I like to know is when the ash has larger impact, the fan's rotation electricity increases because of the deposited ash on the shaft. I do not know about the equipment. But because of the lowered efficiency, maybe the equipment is trying to run the fan faster. Is that the reason?

**Kiyotoshi OTSUKA**

Yes, it is designed to maintain the rotation speed. And because of the increased friction, it has to consume more electricity. So that is the direct cause of that.

**Q1**

Thank you.

**Moderator**

Any other questions? If not, then we would like to end this presentation by Mr. Otsuka. Thank you very much. Now, we would like to take a break. The lecture part, the first part is over. And now we will go on into the second part, which is the panel discussion. So, we would like to restart from 3:35.

**【 パネルディスカッション 】**  
**—日本の火山噴火時の都市部への影響の課題—**

**コーディネーター：小園 誠史（防災科学技術研究所）**

**パネリスト：Christina Magill（GNS Science）**

**Sébastien Biass（University of Geneva）**

**大塚 清敏（大林組技術研究所）**

**本間 宏也（電力中央研究所）**

**石井 憲介（気象庁気象研究所）**

**小園（コーディネーター）**：それでは、第2部としてパネルディスカッションを始めたいと思います。よろしくお願いたします。講師の皆さま、今日は非常に有意義なご講義を頂き、どうもありがとうございました。いろいろ議論のポイントがあると思うのですが、最初に先ほど幾つかオンラインでも質問を頂いていることもありますので、ご発表の順番で幾つか、オンラインからの質問を議論のきっかけにできればと思っています。

まずは Christina Magill さんのご発表について一つ。これは日本でもたくさんの火山研究者が質問されることなのですが、火山噴火と地震活動の連動によるマルチハザードのハザードアセスメント、リスクアセスメントというものは、ニュージーランドの方ではされているのでしょうかというご質問がオンラインからありました。それについてのニュージーランドの取り組みについて、何かありましたらお答えいただければと思いますけれども、いかがでしょうか。

**MAGILL**：ご質問ありがとうございます。素晴らしい質問だと思います。私たちがニュージーランドで一生懸命やっている部分でもあります。そして地震と火山の関係という問題に関してですが、いい例が一つあります。昨年末、私たちの国家危機管理庁においてプロジェクトがありました。非常に大きな地震と津波が起きた場合を想定し、日本で起きたようなマグニチュード 9.1 の規模でシミュレーションを行い、そのインパクトのモデル化をしました。マルチハザード災害としてのモデル化ですが、それぞれのことを個別にモデル化することはできませんでした。例えば、既に地震の被害を受けた人々を、さらに津波が襲うわけです。建物が倒れたりしている中で津波が来るということは、地震で既に影響が出ているところに津波が来るわけです。非常に興味深いプロジェクトでした。政府とライフラインのプロバイダーから関心を集め、それを土台にしてさらに進めてきました。それがさらに長期化したらどうなるか、例えば余震が来たら、感染が起きたら、そういったことに関してマルチハザードとして見てきました。

**小園**：ありがとうございます。続いて、私の方からも一つ質問があります。恐らく石井さんのご発表でも質問があったと思うのですが、確率論的なリスク評価あるいはハザード評価というものが、恐らく保険の算定やディシジョンメイキングなどに役立つというのは、非常によく分かりました。一方で、日本でも議論になった、確率論的な結果というものを一般の住民の方々に知らせるときに、確率という概念・考え方をどう伝えればいいのかということが、いつも議論になります。例えば何十年後に地震が何回起こるのか、火山もそうですが、ニュージーランドで、リスクスケールの結果を、いかに地域住民などに生かしていくかという枠組みやルール等はあるのでしょうか。

**MAGILL** それも良い質問だと思います。ニュージーランドでも、それについては取り組んでいます。非常に大きな課題でもあると思っています。もう一つプロジェクトが走り始めそうです。不確実性や確率をこのように視覚化しようとするプロジェクトで、それらに関してはステークホルダーや一般の人々に分かりやすくする狙いがあります。人々は多分、確率という概念は分かると思います。確率ということに関して、例えば天気予報で確率が出てくると、それはそれで受け止められると思います。そして推定という概念に関して、一般市民は十分理解できているのではないかと思います。

**小園**：では、日本と結構状況が違ったり、分かってくれるという感じ、一般の方々も理解してくれるということですか。

**MAGILL**：そうですね。この質問は以前にも受けたことがあります、何年も前のことです。こういった話をするのは興味深いと思いますが、もう一つ言える点としては、二つのデータセットを使って分析しています。まずは確率のデータセット、それと同時にシナリオもよく使います。ステークホルダーの中では、シナリオの方が好みである場合もあると思います。興味深いお話ですよ。

**小園**：ありがとうございます。続いて、石井さんにオンラインからご質問があります。今日のお話で一つ印象的だったのが、傘型噴煙と非傘型噴煙というものが噴出率と風の状態でモンテカルロ的に境界をとということで、いわゆる **VEI** という非常に分かりやすい一つの噴火規模基準と、今の傘型噴煙と非傘型噴煙との間に、何か関係はあるのでしょうかという質問がありました。それについてお願いします。

**石井**：**VEI** は、強さというより最終的な規模・総量に対応するものだと思います。今出ている図で、噴出率というのは単位時間当たりの噴出量のようなものなので、概念としては少し違うのかなという印象です。弱くてもものすごく長く続けば **VEI** は大きくなるし、すごく強い噴火であっても比較的短期間で終われば事情は違います。傘か否かというのは、合計の量というよりそのときの単位時間当たりの強さで、強度のようなものと対応していると思います。

**小園**：ありがとうございます。1点、私からの質問で、降灰予報という前半のお話がありました。私は鹿児島出身なので、実家に帰省すると毎日降灰予報があるのですけれど、私が子どものときは桜島上空の風向きだけの情報だったものが、今は降灰予報という情報が天気予報のように毎日、夕方のニュースなどで発信されています。上空の風向きプラス降灰予報という情報を、一般の方々が毎日得ることによって、どれくらい降灰予報が住民の方々の生活に貢献しているのかなど、そのあたりの定量的な評価はあるのかというのに興味があります。

**石井**：行政として整備した制度がどれくらい役に立っているかというような評価は行っているかということですか。

**小園**：そうです。厳しい質問ですが。

**石井**：僕は、あまり把握していないです、すみません。

**小園**：分かりました。ありがとうございます。

3番目の本間様のご発表で幾つかご質問があったのですが、一つ、火山灰付着を取り除く手法として、超音波洗浄的な装置、あるいは軽いハンマー打撃で落としたり、そういう装置はないのでしょうかというご質問がありました。これは恐らく、降った後にどうリカバーするかというときに、何か技術的な方法はあるのかというご質問です。

**本間：**実際に電力会社の場合は結局、電柱の上、送電線の上、変電所の設備なので、現実的に効率的なのは圧力をかけての水洗浄が一番簡単です。1個ずつの設備に振動機を付けることはできないので、基本的には現場でポンプ的なもので洗い流すのが一般的になっています。塩を洗い流すのも同じですけど、現実には住宅の上にある設備に水をかけると、それが下に落ちるといった問題もあるので、洗浄の仕方に本来は水を使わず、空気圧だけで落とすような効率的な方法も、今後必要になってくるのではないかと話が出てきているところなんです。

**小園：**なるほど、ありがとうございました。もう一つ、これも恐らく専門的な話で、プラスチックのがいしで行われた試験はあるのでしょうかという質問がありました。

**本間：**実は自分のメインがポリマーがいしというプラスチックのがいしです。まずがいしの形が変わってくるので火山灰が付きにくくなるというような研究はされています。気になるのは、温度の高い火山弾のようなものが当たって溶けるかどうかで、それは今後の問題かもしれませんが、今までのセラミックできている磁器がいしは実際に火山弾で割れてしまったことがあるので、むしろその部分では使い道がまずあるのではないかと思います。設計の自由度が高いので火山灰が付きにくい設計もできるため、自分たちもポリマーがいし（プラスチックのがいし）は結構、火山灰対策として有効ではないかと考えています。

**小園：**ありがとうございました。専門的なお答え、非常にありがとうございました。最後の大塚様のご発表の中で、室外機の吸引の手前に板のようなものを置くと効果があるのか、恐らくこれは最後のところでお見せいただいた部分ですね。

**大塚：**最後のスライドですね。

**小園：**置くことによって、ある程度の効果が期待できそうということでしょうか。

**大塚：**はい。

**小園：**後ろのシミュレーションの方で、降灰強度という定義があったと思います。1という強度を降らせたときに1.5倍のファクターがあるという。

**大塚：**そうです。上空から降ってくるものを1とした場合に、それが相対的にどういう大きさの違いの分布になるか、そういったところを見えています。降灰強度という言葉も、定義をきちんとしないで出してしまうと申し訳ありません。基本的には単位面積を単位時間当たりには通過する火山灰の質量ですから、一応上から単位量として1m<sup>2</sup>当たり毎秒1kgの火山灰が降ってくるものを1というふうに置いています。ですから、実際に火山灰が広域の予報などで、例えば1m<sup>2</sup>当たり毎秒0.何kg、仮に2kgという数字が出てきたとしたら、上空からの降灰量にその比率を掛けることによって、個々の場所の単位時間当たりの質量流量に直すことができる、そういう無次元化した量として計算を行っていました。

**小園：**分かりました。ありがとうございました。

**大塚：**説明が十分でなくて、申し訳ありませんでした。

**小園：**いえ、ありがとうございます。今日の皆さまのご発表の中で共通だったキーワードとして、例えば「降灰」というキーワード、その次に「エクスポージャー（暴露）に対する閾値」というキーワードが恐らくあると思います。私の隣に座っていらっしゃる Sébastien さんは、実は一昨日から日本に来ていただいて、私たちの研究所でも最近の成果をご発表いただいたのですが、その中でもやはり客観的にエクスポージャー（暴露）の閾値をどう設定するのかという観点から、特に昨日は衛星の画像データを用いて、客観的に vulnerability の評価をしていくということをやっていると思います。

Sébastien さんにお聞きしたいのですけれども、今日はいろいろなテーマで暴露あるいは脆弱性のアセスメント（評価）のところで、いろいろな実験や石井さんのシミュレーション、実際はシミュレーションとアセスメントがカップリングすることにより、最終的に RiskScape のようなものがどんどん高精度化していくということが目指すべき道だと思います。今日のご発表を聞いた中で、幾つか印象に残ったトピックやご意見があれば伺いたいのですが、何かあるでしょうか。

**BIASS** : はい、ありがとうございます。キーワードとしては「確率」があると思います。それは不確実性と関連があります。皆さんがやっているような状況とは違いますけれども、アイスランドの同僚が新しい地震の危機について現在取り組んでいる例があります。彼らが苦戦しているのは、さまざまなエクスポージャーの分析、ハザード予測、噴火の前にそれをどうやって合理化しながら、危機に近づくときに感度をいかに上げていくかということです。不確実性のパラメーター化、長期的に噴火のシナリオをどうしていくのか。

例えば降灰のモデルもそうですけれども、何が分かっているか分からないかということをはっきりさせたいわけです。ですから、そういったコンテキストで言うと、東京では長期にわたる不確実性についてある程度パラメーター化ができて、噴火が近づくにつれて長期的な資産へのエクスポージャーなどを使うことができるわけです。ですから、噴火に向けて大事なものは、不確実性をなるべくどんどん小さくしていくことだと思います。エクスポージャーという点では、これがベストプラクティスかと思います。

**小園** : どうもありがとうございます。今日、石井さんにご紹介いただいたように、天気、季節によって噴煙の形状が全然違うということで降灰の領域も違い、現状では富士山のハザードマップなどでも幾つかの天気の状態を考えて、気象場の不確実性にバリエーションを取ることによって、最終的にそれをマージして1個にしてポッシビリティマップ（可能性マップ）をハザードマップに記載しているというところがあります。ただ、どういう手続きで確率論的なマップを作っていくのかというところは、まだいろいろなモデルがあったり、あるいはモデルの方にも不確実性があるという現状があるので、それを実際にディシジョンメイキング（意思決定）に、どううまくつないでいくかというところの研究、プロバビリティの評価をどうするかという研究も、やはりやっていかななくてはいけないところが恐らくあるでしょう。

決定論的に、ある条件で実験をして閾値が決まると、今日もお話がありましたけれど、火山灰が変わったり、粒径が変わったりしたときに、この閾値がどう動くのかというところが、恐らく皆さまのターゲットの一つだと思っています。私自身はそこが共通の、これから目指すべき一つの定量化ではないかと思いました。

私だけしゃべってしまっていますが、会場の方からも今日、全員の方々のご発表を聞いてから何かコメントやご質問があれば、ぜひ積極的に頂ければと思います。オンラインからでも大丈夫です。特に今日は、さまざまな機関の方々においでいただいています。普段は火山が中心で、どちらかというと火山のモデリングや火山の現象の方が中心の議論になっているのですが、今日は本当にハザードから後のところを中心に議論しているところがあるかと思います。その際に、例えばどういった精度で先ほどの閾値のようなものが欲しいのか、そういう要望などもぜひ積極的に、ここでいろいろなお立場の方々から意見を頂ければと思うのですが、コメントでもよろしいので何かございませんか。

**質問者 1**：小園さんが期待するようなきちんとした真面目な質問ではありませんが、Christina に質問があります。日本では最近、富士山の噴火が注目されてきていて、最近、富士山の噴火について、火山学者以外の人も少しずついろいろな人が考えようとしています。ニュージーランドを見ていると、いきなりたくさんの分野の人たちが共同研究しているということに、今日はすごく印象を受けました。なぜそのようなことが可能なのかお聞きしたいです。日本では火山研究者が他の研究者とつながるのはすごく難しいのですけれども、ニュージーランドは例えばお金がたくさんあるのでみんな食い付いてくるとか、魅力的な人が火山学者にいたりとか、どういう理由でしょうか。

**MAGILL**：非常にいい質問です。私もニュージーランドに戻って気付いたことですが、3年半前に戻ったときに、かなり違うと思いました。オーストラリアでやっていたときも、かなり違います。自然災害のコミュニティでニュージーランドで仕事をすると、戦略としていろいろなワークショップを行い、ステークホルダーを関与させています。恐らく、それが一つです。こういったワークショップで科学者と他のステークホルダーが、科学者だけではなく科学者でない人も問題と解決策について発表し、議論します。

それから、私がお紹介したプロジェクトというのは、そういったステークホルダーも関与させた、それに組み込んだプロジェクトです。研究費を申請するときも、大きな研究をするための資金を獲得するには、複数のステークホルダーの関与が条件になってきます。例えば保険会社もそうですし、インフラなどのライフラインを提供する立場の人なども関与させる必要があるわけです。ですから、このプロジェクトはステークホルダーを関与させることが一つの条件となります。ニュージーランドに戻って、そういう意味でとても楽しくやりやすい環境だと思っています。

**小園**：よろしいですか。ありがとうございます。では本間先生。

**本間**：今の質問のご回答と少し関係するのですが、実際私どもの研究で火山灰関係は、経済産業省の電力安全課というところの関係から来ていて、それでワーキングなどに参加しています。今回も文部科学省が後援だったりして、例えば国内でオールジャパンのプロジェクトを作るとすると、例えば防災科学技術研究所さんが中心でやるとか、どこが中心でやるべきとか、現実的に何かありそうでしょうか。

**小園**：それは本当に非常に鋭いご質問ですね。どなたにご回答いただくのがいいのか。先ほど「火山調査研究推進本部」「活火山法」というキーワードが出てきたのですが、地震も地震調査研究推進本部があって、文科省中心のプロジェクトということで、どうしても研究の推進というところが軸にあるというのは現実としてそうだと思います。火山の活動を把握することが第一。

ところが Sébastien さんも Christina さんもやっているように、世界中の火山の潮流としては、どちらかというところ今までの火山学だけではなく、本間さんや大塚さんがされているようなハザードの方や、エクスポージャーの評価もきちんとしていこうという流れが世界的にはあり、日本の場合には、そこがまだ統一的に一丸となっていないというのがあります。今日、大塚さんにお話しいただいた次世代火山のプロジェクトは、その評価のところもきちんとしていこうという意味では、これまでの火山研究のプロジェクトから一歩進んだところがあるかと思いますが、大塚さん、いかがでしょうか。

**大塚**：私どもは建設会社にて、以前は例えば BCP、水害や地震に関してお客さまにいろいろ提案をしたりしていました。以前は火山に対する問い合わせはなかったのですけれど、ここ 2～

3年急に「どういう準備をすればいいのでしょうか」といった問いかけがあり、その質問を受けて、私どもの会社の仕事になるかどうかは別として、そういったものが増えてきていることは確かです。

また、ハザードなどで、やはり個別の建物はそれぞれいろいろな立地条件の中にあるので、今日は街区の簡単なシミュレーションの結果なども紹介させていただきましたが、立地等によって例えば「こういったところは気を付けた方がいい」とか、むしろ逆に「こういった場所なら多少時間が稼げる」など、少し卑近なレベルでの知見を求められることがあります。今の話のきちんとした解答になっているかどうか自信がないのですけれど、そのように関心を持たれている方が結構増えているというのは非常に感じているところです。

**BIASS**：先ほどエクスポージャーの閾値の質問をされました。その実験的なアプローチを示してくださいましたが、それがますます重要性を増してきているのではないかと思います。以前は閾値を使ってポストイベントの閾値を出していましたが、日本での実験やベルギーやニュージーランドなどで行った実験は、今度はもっとロバストで定量的なベースが提供され、インパクト分析ができるのではないかと思います。ですから、こういう場もいろいろな応用科学と研究者を結び付ける、いい場になるのではないかと思います。

**小園**：今日、幾つかの研究でも、大塚さんが紹介されていたたくさんのニュージーランドでの取り組み。

**大塚**：そうですね。カンタベリー大学さんなど。

**小園**：はい。そのあたりの定量化、たくさんの実験データを合わせて、閾値をより定量化していくことが大事というところかと。

**大塚**：それは非常に同感です。ただ一つ、実験が非常に大がかりで、現実を実施する上での大変さがいっぱいあるので、そのあたりをどうクリアしていくかというのが。そしてもう一つ、火山灰を使った実験で、降った直後の火山灰できちんと電解質が、火山ガス成分が残っているようなものを使うというのも一つのハードルになっているので、今の閾値の話は継続的に取り組んでいく課題だと思っています。

**小園**：ありがとうございます。先ほどオンラインで、本間さんの実験では、阿蘇山の実験でも火山灰は粒径をそろえて実験をしているのですかという質問がありました。

**本間**：そうです。火口近くと少し離れたところでは確かに違うのですけれど、今回の件はちょうど2016年10月に噴火したときに、たまたま九州電力が実験に使いたいということで、一部、メーカーに、近くで集められるものを集めてもらったので、雨が降る前に集めたフレッシュな火山灰です。距離感が分からないので、本当の意味で正確な粒径分布が平均的などということは言えないのですけれど、基本的には送電線で事故があった近くで集められたものということで使わせていただきました。本当は確かに粒径を変えたときには付着量も変わってくるのは分かっているので、今は安息角との関係やシミュレーションで分かるようなこともやっているのですが、やはり本物の火山灰が欲しいというのは先ほどと同じです。私どもも鹿児島県の市役所に問い合わせ、空き地があるから使ってもいいと言われているのですけれど、そう毎日取りに行くこともできないので、例えば国内で火山灰を提供していただける方や、富士山の火山灰についても一部の方は宝永噴火のものをお持ちだったりするので、それらを共有することは協力すればできるのではないかと思います。

**小園**：火山研究におけるデータの共有、情報の共有について、ニュージーランドはきちんと RiskScape というオープンソースのものを作っていて、Sébastien さんも取り組まれています。そういうところが、日本では各研究機関でそれぞれはいいものを持っているのですが、それが一体となっていないところがあると思うので、火山プロジェクトの中でもデータ、JVDN という火山のいろいろな情報システムで、観測データだけではなく災害情報や火山灰のサンプルの情報なども共有していくのは一つの方向性としてあるかもしれませんね。

先ほど地震調査研究推進本部や火山調査研究推進本部のところで私が勝手にいろいろ話しましたが、どなたか火山関係で。はい、どうぞ。

**質問者 2**：今日は大変いい勉強をさせていただきました。特に興味を持ったのは、閾値を決める上で、きちんと火山灰を使って実際のインフラに対する影響を定量的に評価されているけれど、降った直後の火山灰を使うのがなかなか難しいということです。そういう意味において、いわゆる火山灰のアナログ物質のようなものを実験に向けて作ることはできないのですか。

**本間**：それがどうしても必要になってくるのでやっています。がいし汚損では、昔から砥の粉（とのこ）といわれる砂も粒径分布がいろいろ違うものがありますし、あるいは珪砂といわれるものも粒径分布が違うので、それに塩を入れることによって粒径分布と電解質量をコントロールした模擬火山灰を作って実際に研究すると、桜島や阿蘇山で電解質の量が違うというデータも分かっているので、その違いを何となく模擬できるところまではやっています。まだ途中ですが、できるようになっていくと思います。

**質問者 2**：かなり実験が進んで、いろいろな実験を行っているのですか。

**本間**：そうです。他に電力中央研究所ではフィルターの実験もやっているのですが、そこでは粒径分布の違うもの入手し、それによって付き方が違うかをやっています。今後は絶対にそれが必要になってくるかと思っています。

**小園**：ありがとうございました。

**MAGILL**：日本でも同じようなことをやっているのを聞いて、追加で申し上げたいと思うのですが、カンタベリー大学の Tom Wilson さんの研究ラボがあって、pseudo ash、要は火山灰に似せたものを作って、それで大規模な影響に関する実験をしています。石や岩を砕いて適切な大きさの火山灰もどきを作っています。このような火山灰の情報などを使って、実際の火山灰に似せて作っていくようにしています。ですから、同じようなことを日本でもやっていると聞いて、とても心強いです。

**小園**：ありがとうございます。石井さんのご発表にあったシミュレーションのところで、最初の富士山の降灰の影響評価のときに、恐らく噴火が起こらない状態で評価するには、第一にシミュレーションがあって、そこで例えば降灰の濃度や厚みなどのところを、エクスポージャーの情報と絡めていくところがあると思うのですが、今日お見せいただいたシミュレーションというのは、厚さだけではなく、濃度などのアディショナルな情報を各地点で定量的に評価することはできるのでしょうか。

**石井**：そうですね。実は今、計算が終わったところで、これから解析を進めていくところですが、本当に解析を進めながら今日のような話を参考にして、どういう情報がニーズとしてあるかというのは非常に参考になったと思っています。今までは降灰量というところに比較的注意していたのですが、もしかしたら降灰強度、そのときの濃度、降り始める時間、粒径分布、特にどこの大きさに注目しなくてはいけないのか、非常にそれらの参考になるかと思いました。

**小園**：Sébastien さんも昨日、南米の火山で FALL 3D のシミュレーションを使って、厚さだけではなく粗い粒子の情報など、いろいろな情報を使って vulnerability の評価をしているというご発表を頂いたと思うのですが、JMA のモデルの富士山への適用で、日本の火山でも同じようなアプローチはできそうかというところに個人的に興味があるのですが。

**BIASS**：私は 2 日前にプレゼンテーションをしたのですが、チリでの噴火が対象でした。そこでは既に起こった噴火のリモデルをしたわけです。インプットの条件などを定めてやりました。噴火でまだ起こっていないものについての確率論的なアプローチとしては、一つの要素としてエラー評価というものがあります。それから噴火のシミュレーション、実際に起こり得るけれども、まだ起こっていない噴火のシミュレーションをするということです。

私たちは今までの地質学的な理解に基づいて、そのデータがないところでも似たような噴火を使うことができます。データベースでインプットの条件をそろえ、より良い長期的なイベントの予測をすることができます。しかし、確率論的なサンプリングをすると、JMA のモデルではコンピューティングがとても重いと思います。長期的なイベントがどういうレンジで広がるのか、過去の情報に基づくのか、それがあまりないのであれば、似たような噴火のデータを使ってデータのギャップを埋めていくしかないのではないかと思います。

**小園**：ありがとうございます。時間が 16 時 20 分と、時間どおりの締め時間になりましたが、この国際的な取り組みで、今日は皆さん、恐らく国際的に火山灰の影響評価というものが非常にホットな研究トピックであることがお分かりいただけたかと思います。これから国際的な枠組みの中で、この部分を日本でも積極的に研究を進めていく必要があるかと思います。その際にももちろん、これはディビジョンメーカー、いろいろな方々の要求に応えながらやる研究のスタイルだと思いますので、ぜひ火山学だけではなく、いろいろな分野でこういう取り組みをしていければと思っています。

アンケートなどでご意見・ご質問を頂ければ講師の方々にご質問しますので、ぜひ積極的にご質問いただければと思います。時間になりましたので、ここでパネルディスカッションは締めさせていただきます。講師の皆さま、ありがとうございました。

**司会**：ありがとうございました。これで本ワークショップ第 1 部講演とパネルディスカッションは終了になります。最後になりましたが、パネリストと講演者の皆さんに大きな拍手をお願いいたします。

それでは最後になりましたが、防災科学技術研究所火山研究推進センター長の清水洋より、閉会のご挨拶がございます。

## 【 Session 2: Panel Discussion 】

**Coordinator:** Tomofumi KOZONO (NIED)

**Panelists:** Christina MAGILL (GNS Science)

Sébastien BLASS (University of Geneva)

Kiyotoshi OTSUKA (Technology Research Institute, Obayashi Corporation)

Hiroya HOMMA (Central Research Institute of Electric Power Industry)

Kensuke ISHII (Japan Meteorological Agency)

Are we ready to start? We would now like to start the panel discussion. First of all, let me briefly introduce the panelists. First, speaker from GNS Science, we have Dr. Christina Magill. We also have from the University of Geneva, Professor Sébastien Blass. From Obayashi, we also have Dr. Kiyotoshi Otsuka. We also have Dr. Homma of Central Research Institute of Electric Power Industry. And we also have Dr. Kensuke Ishii of Meteorological Research Institute. And we also have from NIED, Dr. Kozono to facilitate the panel discussion. Please start.

### **Coordinator (Tomofumi KOZONO)**

Thank you very much. Let us start the panel discussion. Speakers, thank you very much for your very informative presentation. There have been some critical points and keys in your presentations. Before starting the panel discussion and in view of the questions we received online, I would like to give the floor to the speakers in the order you took the podium, to answer to the questions that have been submitted online, so that they can give a framework of discussion.

First, Dr. Magill, there was one question. In Japan, there are a great number of researches with this question. With regard to the correlation between eruption and earthquake, synchronization of these activities could possibly lead to what we would call a multi-hazard. What about the risk assessment activities in New Zealand? Do you also assess these factors with regard to the multi-factor hazards? And if you have any good examples to share with us, please do let us know.

### **Christina MAGILL**

Thank you. Thank you for the question. Is this microphone working? Good. It is a fantastic question, whoever asked it, and it is something that we are working on really hard in New Zealand. I think we also have that question around the relationships between earthquake and volcano. I have a good example. We undertook a project at the end of last year for our National Emergency Management Agency where we looked at the consequences of very large

earthquake and tsunami, similar to the events we had in Japan. But we looked at a 9.1 magnitude, so very much a maximum credible event.

We modeled the impacts from those multiple hazards. We had to do quite a lot of work looking at – we could not just model each separately, we had to look at how the tsunami would impact buildings and people that had already been affected by shaking. So, the shaking damage affected road access, buildings were down. So, there were a lot of impacts from the earthquake that then affected the impacts from the tsunami. And so, that was a really, really interesting project and it had a lot of interest from our government and from our lifeline providers.

And now we are actually building on that. So, we are looking at, if an event like that was prolonged what would happen when we start to get aftershocks and liquefaction and all of these other hazards that have flow-on effects. And I think you in Japan know about that more than many of us that there is large impact.

#### **Coordinator**

Thank you. Next, I do have another question for you. Dr. Ishii's presentation also received a similar question. The concept of probability in assessing the hazard ensures the decision makers may benefit greatly from the concept of probability. But as has been discussed in Japan, simulation with probability could possibly confuse the general public because the concept of probability is more difficult to be explained, say, for example, once in such and such decades earthquake or the eruptions. So, do you have any good examples in terms of good communication to the general public with regard to the RiskScape framework? Do you have any framework for better communication to the general public?

#### **Christina MAGILL**

That is another great question and I think it is something we are battling with in New Zealand as well. It is a common question and problem. And we actually have another project starting out where we hope to look at exactly that, the best ways of visualizing probability and uncertainty, so that it can be taken up more readily by the public and stakeholders. So saying that though, I think people do understand probabilities. We see probabilities to do with weather for example, and so people are used to seeing probabilities on the news when it comes to what conditions could be like. So, sometimes I think we also underestimate the sort of the perceptions that the public has and actually they do understand those probabilities. Yeah.

#### **Coordinator**

So, situation maybe a bit different in Japan because they are more ready to understand these concepts in your country.

**Christina MAGILL**

Yeah, I know I have had this question asked before when I worked in Japan many years ago and it is not the first time I have had this conversation and I find it really, really interesting. But yeah, I think the other point I could make is that we tend to use two datasets for all of our analysis. So, we do use the probabilistic dataset, but we use scenarios as well a lot. And some stakeholders do like to see that scenario approach. So yeah, it is an interesting topic.

**Coordinator**

Thank you. Next Mr. Ishii, an online question for you. You touched upon in your presentation about the umbrella and non-umbrella plumes with eruption rate and wind conditions changing Monte Carlo borders. VEI is the standard of scale of eruption and umbrella and non-umbrella shape of the plume, are there any correlations between these? That is the question for you.

**Kensuke ISHII**

VEI is not necessarily dependent on the strength but it is more correspondent to the total volume, eruption rate time unit based volume. So, this is slightly different conceptually. If it is weaker, that can be protracted longer with higher VEI, or strong eruption that lasted short can be smaller in volume. So, it is really dependent on time unit and intensity.

**Coordinator**

Thank you. A question from me. The fallout prediction you touched upon. I am personally from Kagoshima. On a daily basis, I see those fallout prediction or forecast. Sakurajima wind direction was all I was able to get when I was a child and we now have fallout prediction as almost part of the weather forecast on a daily basis. So, the wind direction and fallout prediction are the information that general public is getting on a daily basis. How can this prediction benefit the life of people? Do you have any quantitative assessment about the benefit it can provide to the general public?

**Kensuke ISHII**

The administrative service and the level of benefit. If we evaluate the level of benefit it provides – well, as far as I know, I am not quite aware of such an analysis with regard to the level of benefit this service provides for the general public.

**Coordinator**

Next, Dr. Homma, you also received several questions. First, deposition of fallout and the removal, supersonic system, washing system or hammering activities, do you have such devices to get rid of such fallout depositions?

**Hiroya HOMMA**

I think this is more related to the technologies to facilitate the recovery after the FOV. As far as utility companies are concerned, utility for overhead wires, probably water is most efficient, high pressure water washing is the easiest. Oscillators cannot be installed on each and every one of the insulators, so using pump to water is a most common method. And the same is true for the salination. But if you douse the house with water, or if you douse the overhead wire over a house, that could contaminate the roof of a house. So, you really have to consider the method to avoid secondary damage.

**Coordinator**

And then plastic related test, have you also carried out any plastic related test?

**Hiroya HOMMA**

That is actually the area, polymerized material for insulator is my area of specialty. It really allows the changes of the shape, making it more difficult for the ash fallout to be attached to the insulator. And also, higher temperature blowouts eruption particles can let the plastic melt. However, ceramic ones have been destroyed by those volcano particles. In that sense, it can be stronger. The plastic can be stronger. And plastic also can give us flexibility in terms of shape. So, we are currently working or consulting with such manufacturers as well.

**Coordinator**

Thank you very much for your expertise. Mr. Otsuka, in your presentation, before the suction area of the outdoor unit, and you suggested the placement of a board to protect the filter. And that was your suggestion. And toward the end of the presentation, you were talking about the fallout intensity. Intensity 1 of the fallout would lead to a factor of 1.5.

**Kiyotoshi OTSUKA**

When if the fallout intensity is 1 settling down from the sky, we investigated the changes in the distribution of the fallout. Fallout intensity was not clearly defined in my presentation, I apologize for that. The area space, volcanic ash mass is calculated in terms of the unit of the area space divided by the time unit. One kilogram per second per one square meter is considered the intensity of 1.

Wide area fallout forecast? Suppose per second fallout of point several kilograms, say 2 kilogram per square meter for example, that ratio times the volume that is falling from the air. By multiplying that ratio, you will get the intensity. So, it is really mass flow in time units and in a specific area unit. So, that is how we calculated that intensity. Sorry, I did not explain early on.

### **Coordinator**

There has been a common keyword throughout the presentation. Of course, ashfall is 1, so fallout is 1. The other keyword is exposure, the threshold to the exposure. I think that could be another keyword. Sitting next to me, Dr. Sébastien Biass who just came to Japan yesterday or two days ago, he just made the presentation on the recent research results at the research institute. An objective threshold of exposure. He talked about how to set the objective threshold. He showed us the satellite image to analyze vulnerability. So, Dr. Sébastien Biass, I would like to ask you a question. We have listened to exposure and vulnerability assessment, and there have been multiple experiments. Dr. Ishii talked about the simulation. So, simulation and assessment together, by having both of them we will be able to improve the quality of data we get. So, after listening to the presentations today, any specific topic that impressed you, anything that you want to share with us about the presentations we had.

### **Sébastien BIASS**

Good question. I think the keyword was also probabilities and probabilities are also related to uncertainties. So, it is really interesting, I do not have the operational context that you have. But I have been talking with a colleague from Iceland and there is a new crisis, earthquake crisis, one in Iceland in the Reykjanes Peninsula at the moment. And what they are struggling is really to streamline all the exposure analyses and the uncertainty that you have on the hazard forecast long before an eruption and to be able to reduce this uncertainty as you get closer to a crisis. So, I think all the importance of parameterizing our uncertainty in the long term in what the eruption scenario could be in the input parameters to the fallout models, it is really try to understand what we know, what we know we do not know, trying to really reduce that. So, I think in this context for Tokyo being able to parameterize this uncertainty over the long term and try to reduce it as you get closer to the eruption will also help you to have a first long-term idea of the exposure of any asset or any population that you have.

And as you get closer to an eruption, the key thing is to try to reduce this uncertainty to get to the moment where the eruption occurs. So, from the exposure point of view, I think that is a good.

## **Coordinator**

Thank you so much. So today, Dr. Ishii talked about the seasonal changes in plume shapes and particle sizes. As of today, in Mount Fuji hazard map, we actually have multiple scenarios depending on different types of weather. So uncertainty of meteorological fields and its variability were considered in the scenario and we combine them together into what we call a possibility map or probability map. But in what way we will be able to come up with this probabilistic map, we have multiple models and of course models do have uncertainty in them. Therefore, research on how to best connect this to actual decision-making and research on how to evaluate probability is also needed. So deterministically, we could conduct experiment, we come up with threshold. As we discussed today, the particle size of ash may change. So how much this threshold is going to be affected by such changes, particle size and so forth. So, those are some of the specific questions that we need to try to answer by quantifying what is still uncertain today. Sorry, I kept talking.

Now I would like to invite comments and questions from the participants who are here in this venue. After listening to all the presentation, do you have any questions or comments? Of course, the online participants are also welcome to share your opinions or questions. Anybody? We have speakers representing different organizations. Usually, we have experts in volcanic modeling. But today, we can talk about hazard, post-eruption hazards. For example, how we are going to set threshold, what are the systems that we can use to set thresholds. That could be an interesting topic. Once again, does anybody have comments or questions?

## **Q1**

Since I am not sure whether I can meet up the expectations of Mr. Kozono, I have a question to Christina. In Japan, the possible eruption at Mount Fuji has caught public attention and there is the – it is not just volcanologists but general public are now paying more attention to this possibility. Now, in New Zealand you have joint projects that involve different people representing different scientific fields. How could it be possible? In Japan, researcher in one discipline getting connected with researchers in another discipline, it is rather rare. Why is it possible in New Zealand to have sufficient budget or how do you attract other researchers to join?

## **Christina MAGILL**

It is a good question. And something that I noticed – I moved back to New Zealand, I am from New Zealand originally but I moved back there 3-1/2 years ago. And I noticed a huge difference from where I was working in Australia and just how collaborative the natural hazard research community is in New Zealand. And in

terms of strategies, what have I seen that works. I think a lot of workshops that involve stakeholders I think. And this is probably an example of that. So, workshops that involve the scientists and the stakeholders and people are able to present from both sides, both solutions and problems. We do have those projects that I mentioned that are very much end-to-end research projects and built into that are stakeholders.

So, to apply for a research grant like that where you have a big chunk of money where you can do significant research, you would have to have really strong involvement from stakeholders as well. So, that would be our insurers, our lifeline providers, yeah. I think it is kind of inherent in this system that to have these end-to-end projects we do have to have the stakeholder involvement. So yeah, I am really enjoying being back in New Zealand for that reason. It is a really collaborative environment, which is fantastic.

### **Coordinator**

Thank you. So, Dr. Homma?

### **Hiroya HOMMA**

In relation to that question, in our research on volcanic ash, the power safety section of Ministry of Economy has given us the funding, and also the Ministry of Education is providing this opportunity. If we are going to sort of connect them together, NIED must play a central role. We have to have a centerpiece that connects different ministries.

### **Coordinator**

It is astute comments. I wonder who could explain this, who could try to answer that point. There has been volcanic research promotion headquarter and we also have earthquake research headquarter. These are based on Ministry of Education. So, the primary focus is on research, so trying to understand the volcanic activities.

And Sébastien and Christina, however, if you look at what they are doing, the overall global trend is that they are going outside the discipline of traditional volcanology. They are also trying to analyze possible hazard and exposure. That is the global trend. And I think Japan is sort of lagging behind. We have not been able to expand the research scope. As Dr. Otsuka said, next generation volcanic project is something that is trying to lead and moving that direction. So, this is a bit different from traditional volcano project. So, Dr. Otsuka?

### **Kiyotoshi OTSUKA**

We are a construction company. Conventionally, for example BCP, in case of water hazard we make proposals as to how to cope a possible hazard. When it comes to volcanic disasters, we used to receive no inquiry from our customers. But this has been changed for the past two or three years. Many people are asking question as to how they can get prepared. And when we received questions, I am not sure whether exploring those questions would lead to business performance. It is true, it is the fact that more people are interested in possible volcanic hazard. And individual assets, buildings are actually built in different conditions. I showed you the result of simple simulations on streets, volcanic ash impact on streets. You could identify certain high-risk areas where people need to be more aware or prepared. So, I cannot give you a full answer to the question. But once again, it is the fact that increasing number of citizens are interested in volcanic disaster.

### **Sébastien BIASS**

I think you asked me before about thresholds for exposure. But I think what was, you showed and the experimental approach is becoming more increasingly important. And before, we used to use thresholds for exposure based on positive ends and back analysis. And it was always a range which was not very constrained. But with experiments you have the ways – experiments done in Japan or done in New Zealand or in Belgium as far as agriculture goes, now I think it is providing a much more robust and quantitative basis for the impact analyses. So, I think this is a great opportunity to link the research and the applied science.

### **Coordinator**

Well, there were several researches that were presented. And Otsuka-san, you have shown us some experiments at the Canterbury University in New Zealand. So, quantitative data, a lot of experiments and data gathered there so that you can get a quantitative analysis.

### **Kiyotoshi OTSUKA**

Well, yes, I do agree that is very important. But one thing. To carry out experiments, it becomes very large scale. It is quite difficult to have these experiments. So, how do we clear these hurdles is very difficult. And also, when we use volcanic ash, we need ash that still contains electrolytes. This is also a hurdle, collecting ash with electrolytes. So, the threshold issue is something that we need to continue working on.

### **Coordinator**

Yes, thank you very much. So, Dr. Homma, in your experiment I believe there was a question coming in online. So, the Mount Aso experiment, you tried to have the same size particles for ash.

### **Hiroya HOMMA**

Well, yes, it depends on the place. After the October 2016 eruption, the Kyushu Power Company wanted to carry out some experiments and so, they tried to gather a lot of ash before the rain fell. So, it was fresh volcanic ash. But we do not know how far away from the eruption it was. So therefore, we do not know the particle size difference depending on the distance that they traveled. But yes, we tried to use ash that was collected close to the transmission lines. But in actuality, we are trying to go through simulations with different conditions. And yes, we do want to use actual volcanic ash. So, we went to the city hall of Kagoshima city, and they offered us to use a vacant land plot for our experiments. But we are hoping that we can find people who will be able to supply volcanic ash. And some people may have kept samples of the Mount Fuji, Hōei eruption, maybe we can cooperate and collaborate with people who have kept these samples.

### **Coordinator**

Regarding the volcanic research and data sharing or information sharing, in New Zealand, you have the RiskScape, which is an open-source software and Sébastien is also involved in this. But in Japan, it seems that it is closed within each research institute. You may have something good, but it is not all connected together. So JVDN, we have the system that is not just collecting monitored information, but also information about ash sample and others. That is one direction that we are trying to go towards so that we can collaborate and share information. Well, I spoke a lot. But is there anybody else here who is involved in volcanic research?

### **Q2**

Thank you very much for this wonderful opportunity. I am very interested in determining thresholds using actual volcanic ash to assess the impact on actual infrastructure. But the ash that is fresh from an eruption, using that is very difficult. So, can we simulate and make something that is similar to fresh volcanic ash for experimental purposes?

### **Hiroya HOMMA**

Well, that does become necessary, so we do do that. For insulators, we use sand that is called Tonoko, the particle size is different and also what is called Keisha. And sometimes you can mix some salt in it to control the electrolyte composition and also the particle size. That is polishing powder. And the electrolyte

composition is different depending on which mountain it came from. We are still in the process of doing this. So, we may be able to simulate the ash.

So yes, I now understand that you can carry out different experiments with that sand. And also at CRIEPI, I believe for the filter experiments, I believe you are using different particle size experiments. And yes, we will need to make artificial volcanic ash.

**Christina MAGILL**

Yeah, I just had something to add that might be useful. And it is good to know that you are doing similar here in Japan. But Tom Wilson at University of Canterbury, he has a research lab where he has been making what he calls pseudo ash, to do large scale impact experiments. And he is crushing rock to make the ash to the right size and then he is adding the volatiles based on information from eruptions like this. He is adding the specific volatiles so he can start to replicate what the ash would have been like from individual eruptions. So yeah, it is good to know you are doing similar.

**Coordinator**

Thank you very much. So, Ishii-san, you talked about simulations. In the case of Mount Fuji, the impact of ashfall from Mount Fuji. I believe you have to go through simulations before the eruption occurs. And looking at the density, the thickness of ashfall on the ground and also considering the exposure, you have to link all this information together. So, the simulations that you showed us, does it look at the density or the concentration of ash at each point? Can you quantitatively look at these different aspects other than the ash thickness?

**Kensuke ISHII**

Well, actually we just went through our calculations, and we are trying to go through the analysis. But referring to what I have heard today, I would like to understand what needs are out there, what kind of information needs are out there. So far, we have been focusing on the ashfall amount, maybe the ashfall intensity or the concentration is much more important, or the time and also the particle size distribution, which sized particles should be key. I believe that is what we need to look into, and it was really great to listen to all kinds of things today.

**Coordinator**

And Sébastien, in South America, FALL 3D simulations was used, I understand, to look at not just the ash thickness, but also looking at the coarse particles to assess the vulnerability. I think that is what you said in your presentation. So for the

JMA model for Mount Fuji, can you suggest some approaches that you have carried out that could be applied in Mount Fuji's case?

**Sébastien BIASS**

Two days ago, I presented something for an eruption in Chile. And in this case, we were remodeling an eruption that had occurred, so we could infer what were the input conditions to put in the model, right? In the case of eruptions that have not happened yet, so for the probabilistic approaches there is one component which is error analysis and there is one component which is trying to simulate eruptions that could happen but that have not happened yet. So that is where we use our understanding of the geology to try to parameterize that. And when we do not have a data, we can also use analog eruptions. So this is a big topic of research, trying to find databases of input condition to the models to really help better forecasting long time in advance.

But this is usually when we use stochastic sampling. I think maybe with the JMA model it is going to be too difficult. I do not know, because it is I assume it is very heavy to compute. That is why we use simpler models usually to do that long term in advance, to explore what could be the ranges of eruptions.

Either you go from past eruptions, you try to understand what happened in the past. And if you do not have sufficient data, then there are new methodologies to try and find analog volcanoes or try to bridge this data gap that we were discussing the other day.

**Coordinator**

Thank you very much. I think we have to end at 4:20, and it is close to that time. But this international workshop that we have, ash impact analysis is a hot topic in the international arena. Through our international connections, we also would like to continue our research here in Japan. And of course, the decision makers, we need to understand their needs. So, it is not just volcanologists but people from different sectors, stakeholders from different sectors, we would like to understand their needs as well. If you can send in your thoughts and comments through the questionnaire, that would be really helpful for our research as well. And it is now time, so I think we should close the panel discussion. And thank you very much to all the panelists.

**Moderator**

Thank you very much. We have had the first and second sections of this international workshop. Before closing, I would like to give a warm round of

applause to the speakers and the panelists. Now I would like to give the floor to Dr. Hiroshi Shimizu, Director General, Center for Integrated Volcano Research.

## 【 閉会の挨拶 】

清水 洋（防災科学技術研究所 火山研究推進センター長）

**清水：**今ご紹介いただきました、防災科学技術研究所の火山研究推進センター長をしております清水と申します。閉会に当たりましてご挨拶申し上げます。

本日は長時間にわたりましてご参加いただき、誠にありがとうございました。皆さんもご存じのとおり、わが国日本では近年、福島県ノ場のような海域の噴火を除くと、大規模な噴火は幸い経験していません。しかし、過去を見れば、1世紀当たり数回の大規模噴火をわれわれはずっと経験しているわけで、今後に向けて大規模噴火を想定する、準備をすることは非常に必要であると考えております。

そこで本日のワークショップでは、大規模噴火による都市部への影響について、国内外の研究事例をご紹介いただき、議論していただきました。ニュージーランドの GNS Science の Magill 博士には、ニュージーランドにおける研究をご紹介いただきましたが、先ほどのディスカッションでの議論にもあったように、わが国に比べると確率論的な評価を非常に積極的に取り入れられています。そして最後にも少し紹介されましたが、国家的に火山リスクモデルを作ろうという取り組みも始まっていると伺いました。これらについては、わが国も今後、参考にしていくべきことではないかと思っています。

そして国内の石井さん、本間さん、大塚さんにも、まさに降灰ということ 키워ードに、その影響について最新の研究成果・実験成果をご紹介いただいたところです。

パネルディスカッションでは、講演者の皆さまに加えてジュネーブ大学の Biass 博士にも加わっていただき、ご発表に対する疑問と今後に向けての課題について議論を頂きました。これらは都市部の火山防災を考える上で、大変示唆に富むものだったと思っています。

今後、大規模噴火のハザードとリスク評価に関する研究がさらに進展し、それらの成果が国および自治体の密接な連携の下に有意義に活用され、火山防災対策の向上に寄与することを願っております。

本日、講師の皆さまには貴重な時間を割いて国内外からおいでいただき、素晴らしい講演をしていただきました。誠にありがとうございました。また、参加いただきました皆さまに対しても、議論にご参加いただき、心より感謝申し上げます。皆さまのおかげで大変有意義なワークショップになったことに改めてお礼申し上げます。本日はどうもありがとうございました。

**司会：**これもちまして「火山災害軽減のための方策に関する国際ワークショップ 2023—大規模噴火による都市部への影響—」を終了したいと思います。皆さま、ありがとうございました。

## 【 Closing Remarks 】

**Hiroshi SHIMIZU (Director-General, Center for Integrated Volcano Research, NIED)**

### **Hiroshi SHIMIZU**

Thank you very much for your kind introduction. I am the Director-General, Center of Integrated Volcano Research of National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention. Thank you very much for your presence for the entire project. As you are aware, Japan in recent years have not had major eruptions other than those in the oceanic setting. However, looking back, we have had major eruptions a couple of times a century. So, we have to be prepared, getting ourselves prepared for the possibilities of major eruptions.

In today's program, we gave much thought to the impacts on urban landscapes by major eruptions. GNS Science, Dr. Magill discussed researches in New Zealand. As has been touched upon during the panel discussion, probabilistic approach seems to be more actively used in New Zealand. Also, on a national scale, risk model, volcano risk model is now in the process of formulation. On the part of Japan, there is much we can learn from the New Zealand experience, I believe. Drs. Ishii, Homma, and Otsuka also paid close attention to the impacts of ash fallouts introduced herein with us the latest developments in their researches.

During the panel discussion, we have been joined by Professor Sébastien Biass from the University of Geneva. Discussions have been concentrated on the challenges going forward, in addition to the questions received from the audience. All these were quite informative and insightful experience. Major risk hazard and risk analysis needs to be further sophisticated so that national and municipalities can work more closely together, further enhancing the resilience of our disaster prevention measures.

On this occasion, I would like to express my heartfelt appreciation for your contribution during this program. On this occasion, I would like to express my heartfelt appreciation for your active participation in this program, without whose presence the meaningfulness of this event could not have been achieved. Thank you very much again for your participation.

### **Moderator**

With this, International Workshop on the Strategies of Volcanic Disaster Mitigation 2023 is closed. Thank you very much again for your participation. Those of you who will be attending the networking session, please go to the reception area on

this floor. Please also take some time to fill in this questionnaire. Please jump on to the questionnaire site using this QR code. Please also do not forget to return the receivers. Please leave it behind on the table as you go out.



火山災害軽減のための方策に関する国際ワークショップ 2023  
「大規模噴火による都市部への影響」報告書

---

2023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

電話：0555-72-6211

国立研究開発法人 防災科学技術研究所

〒305-0006 茨城県つくば市天王台 3-1

電話 029-851-1611

---