

## 第4回 Cities on Volcanoes キト大会参加報告

中田節也\*・熊谷博之\*\*・松島 健\*\*\*・諏訪 浩\*\*\*\*・上田英樹\*\*・  
石峯康浩\*\*・岡田 純\*\*\*\*\*・宇井忠英\*\*\*\*\*・河野裕希\*\*\*

Report on the 4<sup>th</sup> Meeting of Cities on Volcanoes in Quito

Setsuya NAKADA\*, Hiroyuki KUMAGAI\*\*, Takeshi MATSUSHIMA\*\*\*, Hiroshi SUWA\*\*\*\*,  
Hideki UEDA\*\*, Yasuhiro ISHIMINE\*\*, Jun OKADA\*\*\*\*\*, Tadahide UI\*\*\*\*\*  
and Yuhki KOHNO\*\*\*

## 1. はじめに

標記会議がエクアドル・キト市で2006年1月23日から27日にかけて行なわれた (Fig. 1). Cities on Volcanoes (COV) 会議はこれまで、ローマ・ナポリ市 (第1回)、ニュージーランドのオークランド市 (第2回)、ハワイのヒロ市 (第3回) で開催され、1998年以來ほぼ2年おきに開催されている。この会議は IAVCEI の中の Cities and Volcanoes Commission が開催場所を決め、立候補した市や団体などによって運営される。今大会開催中に、第5回大会が2007年にアジアで初めて、しかも地方都市島原で開催されることに決まった。これは日本火山学会と島原市が共同提案をしたものである。

エクアドルには、国の中央部を南北に貫くアンデス山脈に60を超える火山が存在し、そのうち歴史時代に噴火した火山は8つある。今回の会議を主催した国立理工科大学地球物理研究所 (Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional 以下 IG) が火山活動の監視を担当して

おり、その観測情報に基づき国家防災局が防災対応をとるという仕組みである。監視には防災科技研が協力している。

本解説では、COV キト大会の概要、一部のセッションや巡検の報告を行い、島原大会への留意点などを述べたい。(S.N., H.K.)

## 2. 会議の報告

## 2-1 会議の運営

キト市 (標高約2,800m) は活火山に囲まれた盆地であり、1999年から2000年に噴火したグアグア・ピチンチャ山がすぐ西に控える。会場となったのはユネスコの世界文化遺産として登録された旧市街地の中心部にあり、南米一古い歴史を持つサンフランシスコ修道院に併設された会議場である。会議は歴史を感じさせる油絵が惜しげもなく両壁に飾られた講義室や博物館の集会所を使って行われた。全会場で英語とスペイン語の同時通訳

\* 〒113-0032 東京都文京区弥生 1-1-1  
東京大学地震研究所  
Earthquake Research Institute, University of Tokyo,  
1-1-1 Yayoi, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0032, Japan.

\*\* 〒305-0006 つくば市天王台 3-1  
(独)防災科学技術研究所固体地球研究部門  
National Research Institute for Earth Science and  
Disaster Prevention, 3-1 Tennodai, Tsukuba 305-  
0006, Japan.

\*\*\* 〒855-0843 長崎県島原市新山 2-5643-29  
九州大学大学院理学研究地震火山観測センター  
Institute of Seismology and Volcanology, Graduate  
School of Science, Kyushu University, 2-5643-29  
Shin'yama, Shimabara 855-0843, Japan.

\*\*\*\* 〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄  
京都大学防災研究所

Disaster Prevention Research Institute, Kyoto Uni-  
versity, Gokasho, Uji 611-0011, Japan.

\*\*\*\*\* 〒060-0810 札幌市北区北10条西8丁目  
北海道大学大学院理学研究院地震火山観測研究セ  
ンター

Institute of Seismology and Volcanology, Graduate  
School of Science, Hokkaido University, N10W8,  
Kita-ku, Sapporo 060-0810, Japan.

\*\*\*\*\* 〒665-0072 宝塚市千種 3-7-4  
環境防災総合政策研究機構関西支部  
Crisis & Environment Management Policy Institute,  
Kansai Office, 3-7-4 Chigusa, Takarazuka 665-0072,  
Japan.

Corresponding author: Setsuya Nakada  
e-mail: nakada@eri.u-tokyo.ac.jp

付きである。宿泊場所は新市街にあるホテル・キトがあげがわれ、余裕のある参加者はヒルトンとマリオット・ホテルに宿泊した。

会議前受付とアイスブレイクはホテル・キトで行なわれた。初日夜に行われたレセプションは、7トンの金で装飾されたというラ・コンパニア教会の礼拝堂で行なわれた。会議中の昼食は毎回近くの有名な教会の中庭に移動して行なわれた (Fig. 2)。設定された1時間半の時間内で食事が終わることはなかった。街の至る所に警察が配備されており、会場へは厳重な入場制限があり、名札代わりの入場券を入口の改札機に差し込んで入場した。会場内にも多くの警官(多くが婦警さん)が配置されていた。それでも会期中に参加者のパソコンが盗まれるという事件があった。

まずセッション開始に先立って実行委員長でIG所長の H. Yepes が挨拶をした。会議の「登録者」は34ヶ国から650人におよんでいる。サンフランシスコ修道院の大講堂には約400席が用意されているが、ほぼ満席状態であり、さらに講堂入り口に溢れている人を合わせる



Fig. 1. Logo mark of the Cities on Volcanoes 4 conference, illustrating Quito and erupting volcanoes, over which a condor flies.



Fig. 2. Scenery of the lunch time inside the church. Hats on attendees were distributed as one of conference goods. Taken by T. Matsushima.

と、500人程度の関係者が集まったようだ。開催地の南米からの参加者が多く、その多くが通訳レシーバーに耳を傾けていた。また研究者以外の行政担当者等の参加者も制服を着て参加していた。M. HallによるLiving with Volcanoesの講演、次に経済学者であるA. LavellによるSociety and Riskの招待講演が続いた。ポスターセッションの発表はサン・フランシスコ修道院の回廊を使って行われた (Fig. 3)。コーヒーや特産のフルーツジュース、デザートのカッキーなどを両手に熱心な議論が行われた。

会議の中日巡検ではバス8台に乗り込みコトパキシ (5,897m) (Fig. 4)の山麓のラハール堆積物を見学した。帰路は北麓のコトパキシの家 (Casa de Cotopaxi) で火山防災の取り組みをしている学校の生徒たちに歓迎を受けた。また、最終日夜の晩餐会は、ラテンアメリカのピカソと称されるグアヤサミンを記念する美術館で行なわれた。前衛的な美術館の中でインディオの衣装をまとった



Fig. 3. Poster session held in the corridor of the Francisco Convento. Taken by T. Matsushima.



Fig. 4. Cotopaxi volcano, where melting of the summit glacier generated a large-scale lahar during the 1877 eruption. Taken by H. Kumagai.

若者達がエキゾチックに参加者を歓迎し踊りを披露した。エクアドルはこの会議を契機に国際会議を誘致したいとの考えを持っており、国を挙げての取り組みであった。

(S.N., T.M.)

## 2-2 セッション

### ラハールと土石流 (Lahars and Debris Flows)

今会議の重要テーマの一つは火山泥流にどう立ち向かうかというものであった。このテーマが選ばれる背景には、隣国コロンビアのネバド・デル・ルイス山の約20年前の噴火の際に、泥流で犠牲者が約25,000名に達するという大惨事があったこと、コトパキシ山で噴火があれば似た泥流災害が起こる恐れがあることがある。

J. Major (USGS) が火山泥流による災害、泥流の発生と流動、堆積のメカニズム、および防災戦略に関する研究の現状と課題について基調講演した。個人講演の内容別で多かったのは、土石流災害事例と防災に関するもの(12件)、土石流氾濫の数値シミュレーションとマッピング(6件)、土石流に対する警戒避難やリスクマネジメント(5件)、マスマーブメントと防災(4件)、土石流堆積物(4件)、火山の水河(3件)などであった。口頭発表はコンビーナの要請で集められ、コンビーナから提示されたテーマを考慮して、それぞれが準備したようである。

土石流と土砂流 (hyperconcentrated flow) の迫力ある実写ビデオ記録を巧みに用いた F. Lavigne の講演は好評を博した。会場からは、防災に関する意識向上のため住民に対して行う啓発活動にはこのようなビデオ映像が欠かせないとの感想が寄せられた。M. Calvache は、1985年ルイス山噴火で泥流災害がどうして起きてしまったのかを淡々と報告した。

我が国でも火山噴火のたびに土石流の発生が問題になる。次回開催地となる島原市では、さきの雲仙普賢岳噴火の際に水無川をはじめ、合わせて4つの流域に土石流が繰り返して大きな被害をもたらされた。次回も土石流が重要テーマの一つとして位置づけられるべきではないかと思う。

(H.S.)

### 火山観測研究 (Volcano Monitoring)

二日間にわたり開かれた本セッションでは、ポスター発表を含めて100件を超える講演があった。USGSのJ. Ewert博士による様々な火山監視方法とW. RoseによるAsh Falls and Aerosolsの基調講演が行われた。火山ガスのリモートモニタリング、ドブラーレーダを用いた火山活動のモニタリング、マイクロフォンアレイや映像装置を組み合わせた活動モニタリング、小型飛行機や小型多センサーリモート観測装置の開発、GPSやSAR水準測

量を用いた地殻変動モニタリングなどの発表が行われ、これまでのレビューおよび最新の研究成果が紹介された。一般発表の約半数はエクアドル・メキシコ・コロンビアなどの中南米の火山に関するものであった。M. Buschmannらドイツのグループによる無人小型飛行機の開発とR. LaHusenらUSGSグループによる低価格小型多項目観測点が興味を引いた。小型飛行機は完全自律型で、パソコンでコースを入力すると、自動的に飛行し火口をデジタルカメラで撮影して戻ってくるものである。M. Pattersonらも搭載する小型観測装置も含めて小型飛行機の開発を進めているようである。小型(長さ1~2m程度)にもかかわらず地震計・GPS・傾斜計などの観測装置が搭載されており、ヘリコプターで運び設置される。2004年から続いているセントヘレンズ山の溶岩ドームの観測に威力を発揮している。どちらも、人間が近づくことが難しい危険な地点の観測データの取得と予算の節約を目的として開発されている。予算の削減を求められる日本の研究機関も開発・導入を検討すべきものと思われる。また、B. ChouetとイタリアのINGVのグループからは、広帯域地震計を用いた観測網の構築と、広帯域地震波形データのリアルタイム解析システムの紹介があった。ストロンボリ火山で観測された超長周期地震の波形データを並列計算機を用いてモーメントテンソルインバージョンを行って、火道の状態をリアルタイム監視しようとするシステムである。他分野の研究者と火山活動に関する情報を迅速に共有するためには、このようなリアルタイムで観測生データを評価するシステムの研究も今後進めるべきであろう。Garcia-Aristizableはピチンチャ山の噴火とそれにとまらぬドーム形成についての報告を行った。そのほかにネバド・デル・ルイス火山、コリマ火山、スフリエールヒルズ火山で観測研究例の発表が行われた。USGSのO. Whiteは世界のVolcano Tectonic地震のデータをコンパイルし、様々な火山活動様式との対応をまとめた。

多くのセッションでは、質疑応答も含めて発表時間が1名あたり20分あり、しかも、制限時間をあまり気にしないという進行方針により充実した発表・質疑が行われた。

(H.U., T.M.)

### 火山被害軽減のための新コンピュータ技術 (New Computational Techniques for Mitigating Volcanic Hazards)

口頭発表12件のうち米国が5、イタリアが4と両国で大半を占め、両国の勢いと層の厚さを感じた。ポスター発表では展示25件(プログラム掲載36点中11がキャンセル)中、米国が7、イタリアが4件とやはり両国からの発表が多い。中南米からの7件発表の多くも米国との

共同研究であるためにここでも米国優勢の印象を受けた。アジアからの発表は石峯だけであった。

全体として2次元浅水波方程式に基づく溶岩流や土石流に関する計算が目立った。これらの地形の制約を大きく受けながら地表に沿って流れる現象のシミュレーションは、パソコンで比較的良好な計算結果が得られる技術が確立されていることが背景にあるからであろう。半面、噴火現象では、セッションタイトルの“New Computational Techniques”にふさわしい革新的な技術開発にチャレンジしようとしている発表は、今回はあまり見受けられなかった。フランスのK. Kelfounは、独自に開発したモデルで、土石流に関する解析を丁寧に行っていて印象的であった。必ずしも、米国やイタリアなどが百人規模のプロジェクトで開発したモデルがスタンダードとして優位を誇っているのではないことを示しており興味深かった。火山学業界では、まだまだ個人レベルでの創意工夫によって、世界をリードしうる研究を行う余地があるということ強く認識させ励みにもなった。また、日本では現在「噴火シミュレータ」の開発を目標に掲げた特定領域研究が進行中であるにも関わらず、このセッションで関係者の発表がなかったことには、少し残念な思いがした。(Y.I.)

### 火山活動の健康への影響 (Human Health Impacts of Volcanism)

口頭13件、ポスター18件の発表があった。火山ガスや細粒火山灰などの気管支疾患への影響に関する疫学調査の報告や、1783年のアイスランド・ラキ火山の噴火によるヨーロッパ各国での死亡率の変化に関する文献調査、2004年12月のスマトラ地震による津波被害者へのメンタルケアの実践報告ならびにその教訓など、様々な視点から火山活動と健康の関係についての発表がなされた。口頭発表の聴講者は30-40人程度と比較的少なめだったが、地元関係者の比率が高い印象を受けた。

本セッションの中核メンバーで構成される International Volcanic Health Hazard Network (IVHHN: 国際火山災害健康リスク評価ネットワーク)のミーティングもあった。ここでは、2つのトピック(火山灰の物理化学的特性と肺組織内での反応の関係、安価で簡便な新しい火山ガス測定方法)に関する最近の研究報告があった後、IVHHNの活動報告と研究の方向性に関する議論が行われた。参加者の問題意識が分散しているという問題点が指摘された。今回も、火山噴出物の直接的な健康被害のほか、メンタルケアや社会学的調査、火山灰の重みによる家屋崩壊の死亡リスクに関するモデル計算など、多様なトピックが含まれていた。そのため、どこまでを

“health hazard”という共通問題として議論するかを模索している様子が伺えた。

2003年立ち上げたIVHHNのウェブサイトへの日本からのアクセスが2005年に1万件数を超え、アクセス最多国になったことが紹介され、石峯の和訳の効果が大きいと紹介された。健康被害に関する日本人の関心の高さを再認識した。(Y.I.)

### 3. 巡検の報告

巡検案内書は共通のレイアウトで作成されており、表紙・中身とも美的センスが良いデザイナーによって製作されたことが伺われる。また、巡検ストップの記述にはその標高とUTM座標値が記載してあるのにも感心した。手持ちのGPSの値とも一致していた。地球科学の国際会議の参加者にとっての大関心事は、魅力的な巡検が参加しやすい形で用意されていることであろう。時間を割き高い旅費を払ってでも参加したいと思う理由のひとつはそこにある。今回のように日帰り巡検という選択肢があると多忙の研究者も参加しやすい。また、公式の巡検の他に、旅行会社が短期間の巡検を企画しており、それに参加する人も多かった。次回の島原会議でも魅力的な巡検が参加しやすい形で用意されるといいかも知れない。(H.S.)

### グアグア・ピチンチャ

西に開いた二重の崩壊カルデラの中に溶岩ドームが形成されている。1993年にはガス採取に行った火山研究者2名が水蒸気爆発に遭遇し犠牲となっている。ここは赤道貿易風で西に火山灰が流れる。しかし1999~2000年の噴火では火山灰が東にあるキト空港にも達し一時期空港が閉鎖された。巡検参加者約20名は4台の四駆車に分乗しピチンチャの山頂を目指した。馬蹄形カルデラの南縁を山頂までのぼり火口を真下に見る登山コースが予定されていた。朝6時過ぎにホテル・キトを出発した時点では山頂はきれいに晴れわたり南に白い三角形のコトパキシの山頂部を眺めることができた。しかし、山頂に近づくにつれて薄雲が次第に出始め、車の終点である避難小屋から登山を始める頃には山頂部がすっかりガスに覆われてしまった。酸素不足のため、足の筋肉疲労よりも呼吸困難が先行するコンディションと戦いながら、山頂近くの標高4,770m付近までようやくたどり着いた。しかし、先の噴火の溶岩ドームが見えるはずの谷底はガスで真っ白であった。その後、下山しながら9世紀から17世紀のプリニアン堆積物などを見学した。巡検の前夜遅くキトに到着し、そのまま参加した女性は山頂部で高山病がひどくなりホテルへ送還された。同じフライト

で到着された諏訪さんには当てはまらない話であった。

(S.N.)

#### レベンタドール

レベンタドール山はエクアドル火山弧の東縁に位置する成層火山で、20世紀には少なくとも14回の噴火が記録されている。2002年噴火では、噴煙高度が16~17kmに達する爆発的噴火が発生し、火砕流とその後の泥流によって麓の道路や水・石油供給施設が切断・破壊されるなどの災害が発生した。2004年、2005年には山頂カルデラ内で溶岩が流出し、火口付近では現在も小規模の爆発が継続している (Fig. 5)。

巡検は、参加者13名の他、ガイドとしてIGの火山学者2名とポーター2名が同行した。カルデラまでは熱帯性のジャングルを雨の中4時間の登山だったが、この膝までぬかるむ沼のような泥道との格闘は、火山とは別の意味で、スリリングで忘れられない体験となった。私達はカルデラの中でキャンプをしたが、周辺の景観は素晴らしく、また火山学的な興味は豊富で、登山の苦勞を十分に労ってくれた。カルデラ内巡検では、2002年の溶岩流や火砕流堆積物、そしてまだ生ぬるい蒸気を上げている2005年の溶岩流を中心に露頭観察などが行われた。巡検の2日前に訪れたIGで見たドラムレコーダーの連続微動データを送っていた観測点も見学できた。2002年の最初の噴火が何故あれほど爆発的だったのか、現在見られる現象の多様性は地下のどのようなプロセスに対応しているのか、など自然とわき上がる疑問について参加者らと議論をかわした。

(J.O.)

#### コトパキシ南麓

火山泥流堆積物と泥流発生に伴う災害を見学するため



Fig. 5. Reventador summit and steaming lava of the 2005 eruption (foreground). Taken by J. Okada.

バス1台、参加者40名弱の規模で実施された。日本からの参加者は筆者のみであった。この巡検は、見学地を絞り込んで十分に見学や質疑の時間を確保し、ここで発生する火山災害のリスクについて地元行政関係者も交えて意見交換すると共に、最後には観光も楽しむという設定であった。

コトパキシ山は赤道直下ながら山頂部に0.7km<sup>3</sup>の氷河と万年雪を抱く活火山である。山頂から5方向に流下する水系のうち、3水系、流量にして50%は途中で合流してクタチ川となり、南山麓を経てアマゾン低地に向かっている。コトパキシ山は約50万年前から流紋岩質及び安山岩質マグマの活動を繰り返しており、山麓には多数の火山泥流堆積物がある。主要な噴火と泥流災害は1534年以降約100年間隔で4回記録されており最近の発生は1877-80年である。

山頂から南に50km、クタチ川に沿ったサルセドの巨大な採石場では歴史時代も含めて多数の火山泥流の下流部の岩相が見られ、中には陶器や骨の破片を含む層もある。山頂から南に40kmのラタクンガ市では、市街地東部の高台から見下ろすと市街地の特定の高度以下は古い建造物がないことがわかる。この地域の防災行政担当者が市民に配布している防災パンフレットを参加者に配り、歴史時代に繰り返し火山泥流に襲われているにもかかわらず市街地が現在の川沿いまで広がっている現状を述べた。昼食後、市内のクタチ川沿いにある1874年の火山泥流に襲われた紡績工場跡地を見学した。跡地は保存されているが特に災害遺構として公開展示されている様子はない。山頂から20km南西のムラロでは、火山泥流堆積物の上流部で、草原に散在する泥流に運ばれた巨礫が印象的であった。巡検の最後には予定を変更してインカ遺跡の石積みを利用して作られた荘園を訪問し、談笑の一時を過ごした。

(T.U.)

#### ガラパゴス諸島

50以上あるガラパゴスの島々のうち、8つの島を7泊8日で回る巡検で、大会の前に1回と後に2回実施された。ホテルがあるのは2島のみで、キャンプも許されていないため、16人乗りのモーターヨット2隻をチャーターし、それを宿泊所として移動するというものであった。

ガラパゴス諸島はナスカプレートとココスプレートの拡大部でホットスポットの活動によってできた。ガラパゴス諸島はハワイ諸島に比べるとまだまだ若い島で、最も古い島でも500-800万年前にしかならない。またガラパゴスのホットスポットはハワイのそれより弱いといわれており、生成されるマグマの温度も低めである。ガラパゴス諸島が乗っているナスカプレートは3.7cm/yの

速さで東進しているの、西に行くほど島の年齢が若くなる。現在最も活動的な島はフェルナンディナ島であり、1995年と2005年5月に噴火した。東隣のイザベラ島には5つの火山があり、そのうちのシェラ・ネグラ山は2005年10月に噴火した。通常は観光客が入れないシェラ・ネグラ山のカルデラ縁を5km程歩き、噴出したての溶岩によって埋め尽くされたカルデラ内を観察した。溶岩の輻射熱のために植物は焼かれ、火口から1km程離れた地面にはペレーの毛がいたるところに落ちていた。2005年噴火の噴出量は5,000万m<sup>3</sup>と見積もられる。

この島々には独自の進化を辿ってきた多くの動植物がある。かつての動物の乱獲や持ち込んだ家畜の野生化による被害、火山活動による被害は島の生態系に重大な影響を及ぼした。1984年に自然保護区に指定された後は、ダーウィン研究所や島の人々の絶え間ない努力によって生態系は徐々に回復してきている。例えば、陸ガメは島に異変があっても逃げることができない。火山活動のために絶滅の危機にさらされた亀がヘリコプターで救助され、研究所に保護された。

火山島の巡検は内容が濃密で非常に面白かった。また、火山と生態系ということを意識させてくれたこの巡検は非常に印象的なものであった。(Y.K.)

#### 4. おわりに

今回の大会への実際の参加者は30数カ国から約500

名とされ、COVは回数を追って参加者が多くなってきている。参加者は、多い順に、合衆国、イタリア、地元エクアドル、英国、メキシコであった。日本からの参加者は研究者16名で、島原市からの視察団を含めて20余名であった。「日本人やアジアからの参加者が少ないのが非常に残念だ」との声が聞かれた。キトが地球の裏側にあるという地理的な問題もあるが、昨年のチリ・ブコンで開催されたIAVCEIへの日本人参加率(約900名に対して60余名)に比べても今回は低比率である。地理的問題だけではないようだ。日本では、研究成果の社会への還元が評価されるようになってきている折、島原大会までに火山研究者の防災意欲がさらに増し、世界に積極的な情報発信をしたいものである。

この会議の存在意義は、火山研究者と防災行政の担当者、報道関係も含めて種々の民間関係機関が、火山と共に暮らす住民とともに、火山災害の軽減に向けて世界各地の経験と情報を共有し、今後に資することにある。これまでの3回の会議と比較して、今回の会議では、出席した研究者は南米を中心に多方面にわたったものの、研究者以外の人々の出番が少なかったように感じられた。次回島原での開催に当たっては、日本火山学会の国際版という視点や火砕流災害から復興を遂げた行政の対応を見せるというだけでなく、住民や民間機関も広く取り込み、火山災害の軽減に向けた長期的な展望を持った幅広い企画を立てることが望まれる。(S.N., T.U.)