



# ABSTRACTS VOLUME

講演要旨集 日本語版

火山都市国際会議島原大会

CITIES ON VOLCANOES 5 CONFERENCE

Shimabara, Japan

November 19-23, 2007

[www.citiesonvolcanoes5.com](http://www.citiesonvolcanoes5.com)

[convention@citiesonvolcanoes5.com](mailto:convention@citiesonvolcanoes5.com)



Aso caldera

# ABSTRACTS VOLUME

## 講演要旨集 [日本語版]

### CITIES ON VOLCANOES 5 CONFERENCE

#### 火山都市国際会議島原大会

Shimabara, Japan

November 19-23, 2007

[主催]

日本火山学会

島原市

[共催]

国際火山学地球内部化学協会 (IAVCEI)

九州大学大学院理学研究院

東京大学地震研究所

国土交通省九州地方整備局

長崎県

雲仙市

南島原市

雲仙岳災害記念財団

この会議は（独）日本学術振興会，（独）日本万国博覧会記念機構，（社）東京地学協会の助成金を得て実施しています。

# 目 次

|                                    | 口頭      | ポスター    |
|------------------------------------|---------|---------|
| 記念講演                               | ..CL    |         |
| <br>シンポジウム 1 火山を知る                 |         |         |
| 1-1 最近の火山研究の進歩                     | ..11-O  | ..11-P  |
| 1-2 火山観測研究と噴火予知・火山警報               | ..12-O  | ..12-P  |
| 1-3 活火山との共存による健康災害                 | ..13-O  | ..13-P  |
| <br>シンポジウム 2 火山と都市                 |         |         |
| 2-1a 自然災害への対応：噴火危機の教訓事例            | ..21a-O | ..21a-P |
| 2-1b 長期的な火山災害とリスクの評価               | ..21b-O | ..21b-P |
| 2-2 火山活動の基幹施設への影響と効果的な「減災」対策       | ..22-O  | ..22-P  |
| 2-3 火山のリスクを軽減する長期的土地利用             | ..23-O  | ..23-P  |
| <br>シンポジウム 3 火山と共に生きる              |         |         |
| 3-1 火山災害のリスク軽減に向けての科学者、行政、報道、住民の連携 | ..31-O  | ..31-P  |
| 3-2 教育と広報活動：火山に対する地域社会の自覚を高めるには    | ..32-O  | ..32-P  |
| 3-3 地域社会と火山活動：考古学、伝承そして復興          | ..33-O  | ..33-P  |
| <br>著者索引 (abc)                     |         |         |

## 記念講演

## CL 1

## 1990-1995 年雲仙普賢岳噴火—神秘的な溶岩ドームの形成と火砕流・土石流の脅威—

太田 一也<sup>1</sup>

1. 九州大学地震火山観測研究センター／日本

198 年振りに噴火した普賢岳は、約 5000 年振りに溶岩ドームを形成した。溶岩は、マグマの供給が活発な時には、流動性のものが噴出、頂上の平坦部ではドーム状に、また、傾斜面では舌状に成長した。これらの個々の溶岩体はローブ (lobe) と呼ばれ、噴火期間中、直径約 300m の範囲で噴出孔を 13 箇所も変えた。孔口では、溶岩は花びら状に開き、その造形美と挙動は神秘的であった。また、傾斜面では、始めは中央に深い裂け目を刻み、やがて末広がりに肥大化した。これらは後続の溶岩で埋没したり、突き崩されて火砕流となったが、基礎を固めながら一つの巨大な溶岩ドームへと成長を続けた。現存するものは、東斜面の第 11B ロープのみで、火砕流の最長到達距離は、火口から 5.5km であった。末期でマグマの供給量が減少すると、マグマは噴出前に半固化～固化し、圧砕された溶岩塊や半流動性の火山岩尖として押し上げられ、破碎溶岩丘を形成した。現存する溶岩ドーム頂部の台地状盛り上がり、板状の突き出しがそれである。崩壊堆積物は、降雨時に土石流として山麓集落を襲い、扇状地を発達させた。

## CL 2

## 最近 30 年間の日本の火山防災

荒牧 重雄<sup>1</sup>

1. 山梨県環境科学研究所／日本

e-mail: aramaki.shigeo@fine.ocn.ne.jp

最近 30 年間に日本では毎年約 3 回の噴火があり、さらに多くの噴火に至らない活動があった。この期間内の死者は 50 名であるが、そのうち 44 名は 1991 年の雲仙噴火による。雲仙の事例を除外すると、死者発生率は低く、一方噴火時に多くの人が避難者したことは (7 例で 4 万人)、最近の防災体勢の進歩を示すものかもしれない。2000 年の有珠噴火を含め 2・3 の事例では、噴火が始まるよりも前に多数の住民が避難していたことは噴火予知の技術が進んだことを示す。最も残念な事実とは 1991 年 6 月 3 日雲仙噴火の際に 43 名が火砕サーージによって死亡したことである。私自身を含めて、火山研究者や防災当局が火砕流の危険性を犠牲者に十分警告しなかったことが悔やまれる。この事件の結果、2000 年の有珠噴火で、火砕流の恐れのため避難勧告が出された際には、まったく反対の意見は出ずに全員が避難したことは注目される。最近 30 年間に日本の主な活動的火山約 30 についてハザードマップ

の作成が完了した。2000-2001 年に富士山直下で発生した低周波地震の群発は、1707 年の大噴火相当規模の噴火の発生の可能性などとともに、国レベルでの総合的な火山防災計画の検討を進展させた。現時点は、従来カバーされなかった、より高度に連携の取れた諸防災機関の間の協力計画や市民レベルでの防災活動などが総合的に推進されるべき好機である。今の日本に必要なことは、より多くのハード的建設投資ではなく、基礎科学、技術、そして行政を含む執行システムの全体的、また相互的で緊密なソフト的能力改善である。

1-1

## 11-O-01

## 近年の火山研究の発展：火山活動の多様性

Bruce F. Houghton<sup>1</sup>

1. Geology &amp; Geophysics, University of Hawaii / USA

e-mail: bhought@soest.hawaii.edu

我々はまだ、将来の噴火経路を予測する能力に限られており、火山学における多様な現象のすべての側面を説明できるわけではない。噴火の影響を軽減するには、噴火様式や強度を支配する要因についてさらなる知識を大いに得る必要がある。噴火様式や強度の急激な変化は、火山災害の危険性が高まる状況では特に対応が難しい。近年の歴史は、1 回の噴火時の噴火強度が 7 桁もの規模で変化する場合もあることを示している。噴火様式の変化は、同様にまた突発的なものとなる可能性がある。例えば安定したプリニー式噴煙が、溶岩ドームの成長や火砕物重力流の突発的な発生、あるいはマグマ水蒸気爆発や噴火活動の急停止に、突然取って代わることがある。噴火の強度、継続時間及び噴火様式は、噴火の原動力となるマグマ溜まりでの過剰圧、あるいは火道でのマグマの減圧や揮発性物質の発散、また時には部分的な結晶化により決定づけられる。こうした環境を直接観察することは不可能で、地球物理学データ、理論的モデル、アナログ実験や、噴火噴出物に保存されている組織を基に推察しなければならない。近年のモデルでは、火道や火口の大きさの変化、火道内の流れや噴煙柱内部での不安定な非線形挙動、物質流量 (mass flux) の変化、上昇するマグマからの脱ガスや周囲へのガス浸透の始まり、あるいは火道の安定した流れから不安定な流れへの移行を引き起こす浅いマグマ溜りでの圧力変化に関し、火山システムにおける噴火様式や強度の段階的な変化や突発的な変化を説明しようと試みてきた。マグマの上昇及び噴火の力学に関する現在の我々の理解の大半は、珪長質火山についてはセントヘレンズ、雲仙、スープリエールヒルズに、また玄武岩質火山についてはエトナ、ストロンボリ、キラウエアに由来するものである。これらの近年の噴火について、非常に広範なデータセットに基づくモデルを提供するため、上記の研究分野が統合されてきた。残る課題は、地質学、水文学、地球化学、地球物理学、アナログ実験及び数値的モデル化の間の連携を一体化することにより、適度な

時間的尺度での信頼できる予測を提供することである。

## 11-O-02

### 活発な島弧火山とホットスポットの下方にあるマグマ溜りの地震学的イメージング

Dapeng Zhao<sup>1</sup>

1. Research Center for Prediction of Earthquakes & Volcanic Eruptions, Tohoku University, Sendai / Japan  
e-mail: zhao@aob.geophys.tohoku.ac.jp

我々はマルチスケールの断層撮影法を用い、日本の活発な島弧火山、大陸のプレート内火山、外洋域のホットスポット火山の下方の砕屑岩及びマン틀の、詳細な 3 次元速度構造を撮像した。局所及び遠地の断層撮影法を、日本列島の高密度な地震観測網によって記録された上質なデータに応用したところ、太平洋とフィリピン海の、活発な島弧火山の下方の地殻に沈みこんだスラブとマグマ溜りや、上部マンタルウェッジの明瞭な画像が得られ、これは島弧火成活動と背弧拡大に伴う地球力学系が、例えばマンタルウェッジ内の対流循環や沈み込んだスラブの脱水反応など深層のプロセスに関係していることを示すものである(趙(Zhao), 2001 年)。また証拠から分かるのは、島弧マグマとスラブの脱水が、沈み込み帯における多様な種類の地震発生に寄与する可能性もあるということである(趙(Zhao)ほか, 2002 年, 2007 年)。中国北東部の活発なプレート内火山(長白山, 五大連池など)は、ハワイのようなホットスポットではなく背弧火山の類で、これは東アジア下方のマンタル遷移帯における滞留太平洋スラブの深部脱水作用プロセスや、滞留スラブ上方の大きなマンタルウェッジ内のコーナー対流に関係するものである(趙(Zhao), 2004 年, 2007 年)。中国南西部の活発な騰冲火山(Tengchong volcano)は、アジア下方のビルマ・マイクロプレートの沈み込みに関連する(黄(Huang)及び趙(Zhao), 2006 年; 趙(Zhao), 2007 年)。我々が最近行った世界規模の断層撮影(趙(Zhao), 2004 年, 2007 年)では、ハワイ、アイスランド、ケルゲレン、南太平洋、東アフリカにあるものなど、多数のホットスポット火山の下方のコア・マンタル境界から発生した、深層のマンタルブルームを探索した。深層のマンタルブルームは通常は単純な鉛直の柱形状は示さず、曲がりくねった画像を示し、これはブルームがマンタル流によって屈曲していることを示唆するものである。上部マンタルブルームは、イースター、アゾレス、エレバス、バイカルなどいくつかのホットスポット火山の下方で探知される(趙(Zhao)ほか, 2006 年; 趙(Zhao), 2007 年)。

## 11-O-03

### 日本の口永良部島火山における火山性地震スペクトルの時間的変化

Hetty Triastuty<sup>1</sup>, Masato Iguchi<sup>1</sup>, Takeshi Tameguri<sup>1</sup>

1. Sakurajima Volcano Research Center, DPRI, Kyoto University / Japan

e-mail: hetty@svo.dpri.kyoto-u.ac.jp

口永良部島火山は日本の九州の南の沖合いに位置する。1841 年, 1914 年, 1931 年-1934 年, 1945 年, 1966 年および 1980 年に活動中の噴火口である新岳で、水蒸気またはマグマ水蒸気爆発が発生した。火山性地震の地震活動は増加し、1999 年以来高水準を保っている。本研究では、2006 年 1 月以降の震動図に焦点を合わせ、口永良部島での火山性地震を高周波(HF)、低周波(LF)、および単色地震の 3 種類に分類する。地震活動は 8 月に大幅に増加し、115 回の単色地震が記録された。続いて 10 月には 55 回の LF 地震が発生し、11 月には HF 地震が 450 回に達した。

HF 地震は 6Hz-25Hz の範囲の高周波成分が卓越している。LF 地震はそれよりも低い 1 Hz-5 Hz の周波成分を持つ。単色地震はとりわけコーダ部分が独特の波形をしており、コーダ部分はゆっくりと減衰していく震幅を示す。周波数成分に基づき、単色地震はさらに低周波単色(LFMC)地震と高周波単色(HFMC)地震に細分される。LFMC 地震は 1 Hz-5Hz の卓越周波数を持ち、準卓越(subdominant)周波数のピークを示す。HFMC 地震の卓越周波数はそれよりも高く 6Hz-15Hz で、準卓越(subdominant)周波数のピークも現れた。準卓越(subdominant)ピークの周波数成分は、5Hz 未満の低周波から 5Hz-30Hz 以上の高周波まで、多様である。

単色地震の増加に伴って、GPS 観測により噴火口周辺で地盤の膨張が観測され、地盤の膨張に続いて噴気活動が増加した。1998 年 6 月-7 月にはパパンダヤンで単色地震が記録されたが、これは地震活動と活動中の噴火口からの変則的ガス排出の増加に結びついていた。単色地震はガスの集積とその震動に関係がある可能性がある。

## 11-O-04

### カルデラ火山下の火山供給系: 噴火の予知への関連性

Jim Cole<sup>1</sup>

1. Department of Geological Sciences, University of Canterbury / New Zealand

e-mail: jim.cole@canterbury.ac.nz

現在、ニュージーランドのタウポ火山帯(TVZ)のオカタイナ・カルデラ複合体(OCC)の下で発生する物理的および化学的プロセスを理解するための研究が進行中である。この研究には、OCC の噴出物からの既存の地球化学的データに加え、初期のカルデラ形成事象、とりわけ 280 ka のマタヒナ(Matahina)・イグニンプライトに関連する事象からの新データの編集が含まれる。現在、約 60 ka のロイチ・イグニンプライトを含む、数度の噴火ユニットと西暦 1314 年のタラウエラ火山からのカハロア噴火によって吐き出された深成石質のブロックを用いて、OCC の下の高レベルの火山下マグマ溜まり内の岩石分類学および組成上の幅を特定している最中である。露呈している古い高レベルの花崗岩体は、これらのマグマ溜まりの

潜在的類似体であると見なされており, OCC の地表下のマグマ・システムの三次元映像を作成するために, メイン沿岸マグマ地域(米国)からの花崗岩体とネバダ州南部/アリゾナ州北西部(米国)のブルトン, およびニュージーランドのスチュワート島のブンガリー貫入体を OCC からデータと比較する. これまでに収集されたデータはすべて, 高レベル(深さ約 5 km-8 km)のケイ素を含むマグマ溜まりへの苦鉄質マグマの貫入が OCC 下での非常に重要なプロセスであることを示している. この苦鉄質マグマは, TVZ の局地的断層に平行する岩脈を通して上昇し, 「枕状」の形態に分裂する場所において, ケイ素を含むマグマ溜まりの「活動的」部分にシル状のような物体として貫入し, 多少の溶解と混合が発生する. おそらくこの苦鉄質の貫入体からの増加した熱が, 噴火を誘発する重要な因子なのであろう.

## 11-O-05

### 噴火時のマグマの浸透性の発達に関する数値モデル

Edward W Llewellyn<sup>1</sup>

1. Department of Earth Sciences, University of Durham / UK

e-mail: ed.llewellyn@dur.ac.uk

マグマのガス浸透性(magma permeability)と噴出率は密接な関係がある. ガス浸透性の高い気泡のネットワークはマグマの上昇につれて発達すると考えられ, 気泡は成長し相互に影響を及ぼす. これらのネットワークを通じガスが漏出する際の過圧の放出率は気泡の成長率に影響し, その結果, 噴火の噴出率や噴火様式にも影響する. 逆に, 噴出率は, 上昇する一塊のマグマが受ける圧力環境の変化に影響する. 言い換えれば, これは気泡ネットワークの形態とガス浸透性を制御する.

私は, 一塊のマグマが火山火道を通じて上昇する際の, ガス浸透性の発達に関する数値モデルを発表する. このモデルは個々の気泡を分析するものであるが, 火道内での位置の関数として, マグマの形態とガス浸透性を判断可能とするものである.

モデル化されたシステムでは, 火道内に閉じ込められるマグマの異方性膨張によってガス浸透性が異方性となり, 即ち, まず火道全体でガス浸透が起こり, 火道全体でガス浸透性が拡大する. これは横方向の脱ガスが支配的となることを意味する.

## 11-O-06

### 火山ブラストの流体力学: モンセラト(W.I.)のスープリエールヒルズ火山への応用

Tomaso Esposti Ongaro<sup>1</sup>, Amanda Clarke<sup>2</sup>, Augusto Neri<sup>1</sup>, Barry Voight<sup>3</sup>, Christina Widiwijayanti<sup>3</sup>

1. INGV Pisa / Italy

2. School of Earth and Space Exploration, Arizona State University /

USA

3. College of Earth and Mineral Sciences, Penn State University / USA

e-mail: neri@pi.ingv.it

方向を持った火山ブラストは, 大きな外側方へ向かう要素を持つ強力な爆発で, 破壊的な高エネルギー火砕性密度流を生む可能性がある. そのようなブラストは噴火現象の重要な種類の 1 つであるが, その力学と効果の数量的理解は依然として不十分である. ここで我々は, 二次元と三次元の多粒子熱流体動的フロー・コードを用いて, 1997 年 12 月のモンセラトのスープリエールヒルズ火山で発生した強力な火山ブラストと, それに類似するシナリオをハザード評価のために検証する. 我々は爆発のバースト段階, 灰とブロックとガスが混合する非対称の崩壊ストリームにつながる重力崩壊段階, および複雑な地形上の移動を伴う事後の火砕性密度流(PDC)段階を調査する. 主要なパラメータを変えて, それがシミュレーションに与える影響を理解し, それによって全気体質量とエネルギーが最初のバースト段階(最初~5s)に, および全固体質量がPDC 動態的圧力とランアウト(runout)距離に与える重要な影響を実証する. このシミュレーションにより, 火山ブラストのさまざまな段階と現実的な三次元地形学との相互作用が明らかにされる. そのシミュレーションを被害と堆積物に関する別個の現地観測の結果と比較する. また, 火山ブラストに付随する被害を検証して, 観測された荒廃を引き起こすフロー動態的圧力と衝撃波の相対的役割を評価し, モンセラトの村々が被った被害が層状 PDC における高い動態的圧力と砕屑岩の衝撃荷重によって合理的に説明がつけられるという結論を導き出す.

## 11-O-07

### メキシコのネバド・デ・トルカにおけるマグマプロセスに関する見識

Victoria C. Smith<sup>1</sup>, Jon Blundy<sup>1</sup>, Jose Luis Arce<sup>2</sup>

1. Department of Earth Sciences, University of Bristol, Wills Memorial 2. Building, Queen's Road, Bristol / UK

2. Instituto de Geologia, UNAM, Cd. Universitaria, Coyoacan / Mexico

e-mail: Victoria.Smith@bristol.ac.uk

ネバド・デ・トルカは, メキシコシティの南西 80 km のメキシコ火山帯にある大きな成層火山である. 10.5 ka に起きたデイサイト質 Upper Toluca 軽石の噴火は, 第四紀にメキシコ中部で記録された最大のものの 1 つである. その噴火では, 8 km<sup>3</sup>を超えるマグマが爆発的に噴出し, これが広範囲に及ぶ火砕流と高さ 40 km を超えるプリニー式噴煙柱を生じさせた. 周辺地域は現在人口密度が高く, 現時点でネバド・デ・トルカが噴火すると, 1, 900 万人を超える人々の生活に影響が及ぶと考えられる.

大部分を占める斜長石斑晶の主要元素及び微量元素のプロファイルと, 結晶化の様々な段階で捕捉された豊富なメルト

含有物の微量元素が、マグマプロセスを詳細に記録している。ここで我々は、この時間的記録を発表し、大量のデイサイト質マグマの蓄積と噴火に至ったマグマプロセスを説明する。

斜長石斑晶は、何回もの、また多くの場合目立つ(最大 300  $\mu\text{m}$ ) 融食帯を持つ。多数の結晶でのプロファイルは、An (An25-An55)とMgO (20 ppm-450 ppm)の大幅な変動を示す。MgOとAnが豊富な斜長石は融食帯を埋め、An及びMgOの最大含有量は結晶の縁に見られる。我々は、分配係数を用いメルト組成の変化を反映する変動を立証した。メルト含有物も、典型的な段階での分別結晶のモデル化では説明できない著しい組成変動を示す。これらの記録は、Upper Toluca 軽石の噴火を供給したデイサイト質マグマ系が解放系であり、また後に結晶化しデイサイト質マグマを形成した、より苦鉄質のバッチ(batch)によって間欠的に供給を受けたことを示している。

AnとMgOが豊富な斜長石の縁や、より苦鉄質の石基ガラスの存在(54.0-66.7 重量%の  $\text{SiO}_2$ ; 支配的なメルトの 71.5%-75.5%の  $\text{SiO}_2$ )は、噴火の直前に、より苦鉄質のマグマの注入があったことを示す。この注入が Upper Toluca 軽石噴火を誘発したと考えられる。

## 11-O-08

### 珪長質溶岩の脆性-延性変形: 溶岩ドームの定置及び地震活動に対する意味合い

Hugh Tuffen<sup>1</sup>, Rosie Smith<sup>2</sup>, Peter Sammonds<sup>2</sup>

1. Lancaster University / UK

2. University College London / UK

e-mail: h.tuffen@lancaster.ac.uk

火山学における主要な課題は、珪長質溶岩ドームの挙動を理解及び予測することであり、近年では雲仙、スープリエールヒルズ、セントヘレンズといった火山での溶岩ドーム成長に関する調査を通じ、多大な進歩を遂げている。溶岩ドームの脆性-延性レオロジーが溶岩ドームの定置の鍵であり、浅い位置でのマグマの脱ガスや結晶化に強く影響されることが立証されている。

溶岩ドームの成長や地震活動のパターンが、溶岩ドームや上方の火道内における高粘性溶岩の断裂や断層によって制御されるという証拠が増えている。こうした証拠の例として、脆性-延性断層帯が溶岩ドームでは一般的であるとの認識、高温の溶岩の断裂が火山性地震を誘発し得ることを実証した高温変形実験、火道及び溶岩ドームにおける摩擦プロセスのモデル化の成功などが挙げられる。

よって我々は、高温の溶岩の破壊力学が、火山性地震など地球物理学的兆候と溶岩ドーム内のマグマの状態との関連性を示すと思われる、溶岩ドームの定置を理解する全く新しい方法に取り組んでいる。シミュレートされた火山の条件での溶岩変形に関する室内実験は、溶岩ドームの脆性-延性変形をモデル化するための枠組みを提供し、また試料が破壊される前の岩盤破壊音(acoustic emissions)測定は、どのような地震活動のパターンが差し迫った溶岩ドーム崩壊を示すかとい

う点について、新たな知識をもたらすものとなる。

しかし現在の研究には大きな将来性があるとは言え、我々は溶岩ドームの挙動を確実に予測する能力について引き続き留意しなければならない、それは溶岩ドームが極めて複雑なシステムだからである。地震活動の特性がシステムの安定性の判断に利用可能であるとしても、降雨など別な外部要因も溶岩ドームの崩壊を誘発し得る。従って、溶岩ドームの噴火に関する現状の理解についてのコミュニケーションにおいて、溶岩ドームの挙動や付随する火山災害の予測モデル特有の不確実性を認知することが不可欠である。

## 11-O-09

### 火山の脱ガス・プロセスの観察結果と、そのハザード評価への試み

Marie Edmonds<sup>1</sup>

1. University of Cambridge / United Kingdom

e-mail: M.Edmonds@uea.ac.uk

地球が放出するガスとマントルの揮発性物質の定量化、脱ガスがマグマの流動状態をどのように決めるのかについての理解、大気中に放出される温室効果ガスの定量化と、火山ハザードの評価ならびに噴火の予測を目的に揮発性ガスの放出プロセスを調べることは興味深い。マグマ性の揮発性物質と火山の脱ガスは、どのような噴火スタイルになるかの決め手となるため、火山ハザードの評価で極めて重要な意味を持つ。マグマが脱ガスを効率的に行えるか、行えないかによって、噴火がその後、非爆発的になるか、爆発的になるかが決まる。火山の脱ガス・プロセスは、多様なアプローチを用いて、地球化学的に調べることができる。ガスの流量と組成を遠隔から正確に測定できる分光技術によって、火山ガスは、今までと比べものにならないほど詳細に定量化することが可能になった。火山ガスをモニタリングならびに測定する手法に、火山の風下で日中ずっと  $\text{SO}_2$  の流量をリアルタイムで自動的に測定できる、固定式の走査型 UV 分光器の使用がある。ホワイトアイランドとスープリエールヒルズで  $\text{SO}_2$  の流量を継続的にモニタリングすると、マグマの供給および熱水系との相互作用に関する情報が得られる。また、フーリエ変換赤外分光器を使用し、ホット・ベントあるいは溶岩流を IR 発生源とすることで、水分と二酸化炭素の比率を含め、ガスの組成を遠隔から正確に定量化することが可能である。キラウエア火山から放出された火山ガスの組成は、空間と時間によって異なる。このばらつきは、気体スラグと大きな気泡の分離および上昇など、浅層ガスの動的な放出プロセスで、部分的にはあるが、説明がつく。マグマの段階的変化および結晶化にわたって生じるメルトから揮発性物質が離脱するが、これは、結晶に取り込まれているメルト包有物をそれまで豊富に含有していた証拠となる。ガラスと火山ガスに含まれる揮発性物質の濃度を一緒に調べることで、一連の火山環境における脱ガス・プロセスを解明する。スープリエールヒルズ火山とキラウエア火山の事例を、脱ガス・プロセスによって生じる火山ハザードと関連付けて紹介する。

## 11-O-10

### マグマ対流脱ガス: 噴火との相互作用

篠原 宏志<sup>1</sup>

1. 産業技術総合研究所/日本

e-mail: shinohara-h@aist.go.jp

持続的脱ガスと呼ばれる噴火に伴わない連続的な火山ガス放出はエトナ、マサヤ、桜島、桜島など多くの火山で観察されている。持続的脱ガスは火山ガスの大量 ( $\text{SO}_2$  放出量  $>100$  t/d) の長期安定 (数年～数百年) の活動であり、地表近傍にマグマの兆候があるという共通の特徴がある。これらの活動は大きな物では VEI=4 クラスの噴火活動に匹敵するマグマを毎年必要としている。この持続的脱ガスは、マグマ溜まりから地表に通ずる火道内のマグマ柱の対流により生じていると考えられる。マグマ柱頭部で脱ガスが生ずるとマグマの密度が増加するため、脱ガス後マグマの塊はマグマ柱内を沈降し、それに代わってマグマ溜まりからガス成分に富むマグマが上昇する。持続的脱ガス活動そのものはマグマの放出を伴わない活動と考えられるが、プルカノ式噴火やストロンボリ式噴火が持続的脱ガスの最中に生ずることは珍しくない。しかし、これらの噴火によるマグマ放出量は持続的脱ガスに要するマグマ量と比べると圧倒的に小さく、噴火活動はマグマ連続対流脱ガスの最中に生じている過渡的な現象と考えることができる。

## 11-O-11

### 雲仙火山 1990–1995 年噴火の噴出物に関する実験火山学

Bettina Scheu<sup>1</sup>, Ulrich Kueppers<sup>3</sup>, Sebastian Mueller<sup>4</sup>, Oliver Spieler<sup>2</sup>, Donald B. Dingwell<sup>2</sup>

1. ERI, Univ. of Tokyo / Japan

2. Dep. of Earth and Environmental Sciences, Univ. of Munich / Germany

3. Centro de Vulcanologia e Avaliação de Riscos Geológicos, Universidade dos Açores / Portugal

4. Dep. of Earth Sciences, Univ. of Bristol / UK

長期におよぶ溶岩ドーム噴火は、室内における実験を含んで広い範囲の技術を用いて十分な研究対象となりうる。ここでは雲仙の 1990–1995 年噴火の噴出物についての実験の総合的なまとめと、その雲仙噴火のダイナミクスへの適用を示す。急減圧実験は脱ガス (浸透率) と破碎挙動 (閾値, 速度, 効率) のいくつかの視点に焦点を当てた。これらの実験では曲げ強度, 破碎強度, 地震波速度を解析し、実際の溶岩ドームの破壊の過程について新たな洞察を行った。1990–1995 年噴火の火砕流堆積物の密度分布と雲仙デイサイトの室内実験結果を用いて噴火の解釈をすることができた。

こうして、火山システム全体の理解を得ることができる。我々は弾性波速度の温度依存性を評価した。すなわち、この温度依存性は火道縁と母岩が同様であることを説明

し、火山性地震の解釈とモデル化に不可欠な制約を与える。破碎実験の結果はドーム溶岩、発泡した火道内部、および、火道縁由来の岩石に適用可能であり、火山プロセスのモデル化に重要な意味を含んでいる。実施した実験結果を合わせることによって、噴火直前や噴火中のより精度の高い理解を効果的にすることができるだろう。また、火山地域における前兆現象についてよりきちんとした解析を可能にし、災害やリスク管理に重要な制約を与えることになるだろう。

## 11-O-12

### 雲仙火道掘削の科学的成果

中田 節也<sup>1</sup>, 後藤 芳彦<sup>2</sup>, 佐久間 澄夫<sup>3</sup>, 清水 洋<sup>4</sup>

1. 東京大学地震研究所/日本

2. 室蘭工業大学/日本

3. 日本重化学工業(株)/日本

4. 九州大学理学院地震火山観測研究センター/日本

e-mail: nakada@eri.u-tokyo.ac.jp

火道の構造と脱ガス機構を理解するために、普賢岳噴火の火道を目指す火道掘削が普賢岳北斜面から 2003–2004 年に実施された。掘削は噴火初期に起きた孤立型微動の震源域を目指した。山頂の地下約 1.5km で、幅約 300m の「火道域」最深部で火道に当たった。火道域は火山角礫岩中の複数平行岩脈とタフサイトからなる。化学組成的に確認された平成噴火の火道は 180℃ に冷えており、それぞれが厚さ 7m までの小岩脈からなる、厚さ 40m の複合岩脈である。火道溶岩は脱ガラス化し熱水変質しており、元の組織が消えている。火道の壁岩の透水率は極めて低く、掘削深度では脱ガスが壁岩に向かって起こったとは考えにくい。

雲仙火山はデイサイトマグマの溢流的噴火の典型であり、5 ヶ月にわたる小水蒸気爆発の後に溶岩が出現した。SO<sub>2</sub> 放出量は溶岩出現前にはほとんど無視でき、溶岩出現後は溶岩噴出率と良い相関にあった。このことと掘削の結果から、脱ガスが、少なくとも、溶岩出現前は深さ 1.5km より浅い場所で母岩中に向かって起こり、それ以降は火道を使って起こったことが示唆される。これらの事実は火道での脱ガス機構解明に重要な制約を与える。いくつかの孤立型微動はタフサイトの形成を伴っただろう。

## 11-O-13

### 英領西インド諸島、モンセラート島のスーフリエールヒルズ火山における CALIPSO プロジェクト: 2003–2007 年の状況及び科学的結果

Glen S. Mattioli<sup>1</sup>, Barry Voight<sup>2</sup>, Derek Elsworth<sup>2</sup>, Alan Linde<sup>3</sup>, Selwyn Sacks<sup>3</sup>, Peter Malin<sup>4</sup>, Larry Brown<sup>5</sup>, Amanda Clarke<sup>6</sup>, Steve Sparks<sup>7</sup>, Jurgen Neuberg<sup>8</sup>, Vicky Hards<sup>9</sup>, William Johnston<sup>1</sup>, Dannie Hidayat<sup>2</sup>, Christina Widiwijayanti<sup>2</sup>, Simon Young<sup>2</sup>, Eylon Shalev<sup>4</sup>,

Pyiko Williams<sup>9</sup>

1. Department of Geosciences, Univ. of Arkansas / USA
  2. Department of Geosciences, Penn State Univ. / USA
  3. Department of Terrestrial Magnetism, Carnegie Inst. Washington / USA
  4. Division of Earth & Ocean Sciences, Duke Univ. / USA
  5. Department of Earth & Atm. Sciences, Cornell Univ. / USA
  6. School of Earth & Space Exploration, Arizona State Univ. / USA
  7. Department of Earth Sciences, Univ. of Bristol / UK
  8. School of Earth & Environment, Univ. of Leeds / UK
  9. Montserrat Volcano Observatory, Montserrat / UK
- e-mail: mattioli@uark.edu

「カリブ海安山岩溶岩島精密地震測地観測所」(即ち CALIPSO)は、モンセラート島のスーフリエールヒルズ火山(SHV)における地球物理学的インフラストラクチャを、統合化された一連の試錐坑と地表計測機器を4箇所のサイトに設置することによって、大幅に拡充した。このプロジェクトは多機関・多国間の共同作業であり、米国科学財団(NSF)と英国自然環境研究会議(NERC)が資金を提供し、合計投資額は250万USドルを超える。各サイトには、ナノストレイン(nanostrain)を感知するサックス・エバートソン式体積歪計、3成分地震計(1 Hz以下から1 kHz)、ピナクル・テクノロジー社製傾斜計、トリンブル社製のチョークリングアンテナ付きNetRS CGPS受信機を備え、アーススコープの一環としての北米西部の火山サイトと同様の設備である。

CALIPSOのセンサーは2003年7月にモンセラートのSHVの溶岩ドーム崩壊を記録し、これは全世界の類似事象の中で記録史上最大のものであった(Mattioli et al., 2004)。膨張計のデータは、顕著で前例のない、深い震源の急速な(600s以下)加圧を示している。Voight et al. (2006)はこの事象について、深度5.5 kmから6 kmを中心とする平均半径1 km以下の偏球震源を推察した。1 MPa以下の過圧は、ドームの徐荷作用によって誘発された、過飽和マグマにおける1%-3%の気泡成長が原因とされた。ドームの崩壊に伴う爆発の結果、GPSからの集積電子数測定により、電離層波が記録された(Dautermann et al., 2007)。

海中へ流入する火砕流は、世界中の沿岸火山で津波を引き起こす可能性があるが、地球物理学的に監視される現場での発生は極めてまれである。Mattioli et al. (2007)は2003年の崩壊時における津波の発生と伝播のプロセスを再現した。Mattioli (2005)はさらに、SHVでGPSにより記録された地表隆起期間が、膨張、沈下、収縮するMogiの震源に一致すると報告した。逆転深度(inverted depths)は6 kmから13 kmの間で、さらに深い震源寄りでの最近の観測結果は、1995年から2005年にかけての中部地殻の噴火前貯留域の経時的進化を支持するものである。地表変形データの長期的傾向は、近い時期の表面溶岩流量の予測に用いられている。

11-O-14

火砕流の生成時における構造とメカニズムの精査: 火山噴火の力学と堆積物の統合

George Bergantz<sup>1</sup>, Josef Dufek<sup>2</sup>

1. Dept. Earth and Space Sciences, Univ. of Washington / USA
  2. Dept. Earth and Planetary Sciences, Univ. California, Berkeley / USA
- e-mail: bergantz@u.washington.edu

火山事象の観測に内在する困難と進行中の噴火の希少さがゆえに、希薄端成分から濃密端成分への火砕流の内部粒子濃度に関する議論が継続している。火砕流の内部構造を精査するために、コス台地凝灰岩(KPT)の堆積物の検証と合わせて、オイラー・オイラー・ラグランジェ(EEL)計算論的アプローチを使用した。とりわけ KPT の噴火は、水域を横断した(従ってそれによりその掃流土砂をろ過した)可能性がある火砕流と陸上を移動した火砕流とを比較する絶好の機会を提供する。EEL 計算論的アプローチでは、異なる粒径を相互に移動可能な個別の相として扱う。この堆積物を中心とする統合的数値調査は、基底境界でのエネルギー喪失が火砕流のランアウト(runout)距離を決定する主要因子の1つであることを明らかにする。陸上を移動する火砕流の運動量のうちのかなりの部分は、多数の粒子と粒子および粒子と境界の相互作用によって支配される掃流土砂地域において輸送される。KPT堆積物中の粒径の別級は、シミュレートされた堆積物とよく一致しており、火砕流の力学をその堆積記録とリンクするメカニズムを提供する。さらに当の調査は、流体の取り込み(entrainment)および粒子と層の相互作用を無視すると、ランアウト距離を100%以上過小評価する恐れがあることを実証している。

我々は陸上輸送と相違がある可能性のある水面輸送の4つの側面を特定した。それは、1) 水と大気との接触面での引きずり(drag)、2) 水の相変化、3) 粒子喪失の結果としての質量降下(mass sink)、4) 水の取り込みである。暫定的結果に基づく、非滑動(no-slip)境界と対立するものとしての大気と水のドラッグ(drag)境界条件の導入によって、火砕流構造は大きく変化することはないことが伺える。いずれの事例においても、石片質物質はシミュレートされた火砕流の最前部と基底に集中している。

11-O-15

1991-95年雲仙火砕流と1792年眉山岩屑なだれの堆積構造と流動堆積機構の比較検討

宝田 晋治<sup>1</sup>, メレンデス クリスチャン<sup>2</sup>

1. 産総研地質調査総合センター／日本
  2. 北アリゾナ大学／アメリカ
- e-mail: s-takarada@aist.go.jp

1991-95年の雲仙火山噴火では、溶岩ドームの崩壊によって9400回以上の火砕流が発生した。1792年には、眉山の斜面が崩壊し岩屑なだれが発生した。双方とも溶岩ドームの崩壊で発生しているが、その流動堆積過程は大きく異なっている。この違いは、両者の温度の違いと体積の差が原因である。

と考えられる。

火砕流堆積物の各フローユニットには、逆級化したやや角の取れた岩塊が多数含まれている。基底部には layer 2a が見られることが多い。これらの構造は、火砕流の堆積時に岩塊同士の相互作用が起こったことを示唆している。斜面の傾斜や流路の幅の変化により、運び切れなくなった岩塊が、乱流状態の火砕流の流れの下部に集まり、乱流状態の火砕流の基底部にロープ状の低速高密度な粒子流が形成され、順次堆積すると考えられる。

岩屑なだれ堆積物はほぼ同質のデイサイト溶岩でできており、場所により破砕度が異なる。岩屑なだれ発生時には、自らの自重と基盤の凹凸などにより、内部に不均一な剪断応力が発生し、多数のジグソークラックができる。岩体の内部はブラッグフロー状態となり、ジグソークラックの入った岩塊がほぐれずにそのまま運ばれる。山麓に入り、斜面の傾斜が緩くなると、岩屑なだれは側方に分離し、流れ山を形成しつつ堆積する。

火砕流の場合は、高温かつ比較的脆い溶岩であるため、発生時にすでにかかり破砕されており、多量の細粉が生産されている。一方、岩屑なだれの場合は、体積が大きく低温であるため、細粉化が起こらず、大きくほぐれずに流走し、最終段階で側方に分離し堆積している。

## 11-O-16

### 火砕流のメカニズムに関する大規模な実験

Pierfrancesco Dellino<sup>1</sup>, Bernd Zimanowski<sup>2</sup>, Ralf Buettner<sup>2</sup>, Luigi La Volpe<sup>1</sup>, Daniela Mele<sup>1</sup>, Roberto Sulpizio<sup>1</sup>

1. Dipartimento Geomineralogico, Univ. of Bari / Italy

2. Physical Volcanology Lab., University of Wuerzburg / Germany

e-mail: sulpizio@dst.unipi.it, r.sulpizio@geomin.uniba.it

火砕流の実験研究向けの新たなオープンスペース施設をここで紹介する。その設計は、最大 190 kg の火砕物で満たされる円筒形の火道で構成される。火道のベースプレートは、充填された 14 リットルの圧縮ガスからの流れを伝達する噴射装置を支えている。充填ガスは電磁弁の開放によって放出され、火砕物にガス圧の衝撃が加わることで、火道から粒子が押し出される。ガス圧と火砕物の荷重のバランスに応じて、システムの特定制業 (specific work: SW) として表現される様々なプロセスが観察される。SW が 2.6 kJ/kg より高いと、希薄な噴煙が生成し、粒子は単純に降下することにより堆積する。SW が 1.5 kJ/kg より低いと、高濃度のガスと粒子の噴煙柱が、火道を出た直後に自重で崩壊し、火砕流に似た剪断流 (shear current) を発達させる。剪断流のレイノルズ数は  $10^6$  を上回り、これは自然の火砕流に見られるあらゆる規模の乱流が実験によって再現されることを意味する。剪断流の速度は、混合密度と衝撃速度の比率である衝突質量流速 (impact mass flow rate: IFR) に比例する。流れによって堆積した粒子の粒度と併せたセンサーとビデオのデータ分析は、実験の規模が、自然の火砕流の輸送動態を再現するに足るものであることを示している。PDC (火砕物重力流) の力学に対する地形

の形状効果を調べるため、平坦な地形と円錐形の地形を用いた 2 通りの実験が行われた。

## 11-O-17

### メラピ火山 (インドネシア・ジャワ島) における火山岩塊火山灰流の TITAN2D モデル化: ハザードアセスメントへの試み

Sylvain J. Charbonnier<sup>1</sup>, Ralf Gertisser<sup>2</sup>

1. School of Physical and Geographical Sciences, Earth Sciences and Geography, Keele University / United Kingdom

2. School of Physical and Geographical Sciences, Earth Sciences and Geography, Keele University / United Kingdom

e-mail: s.charbonnier@epsam.keele.ac.uk

2006 年 5 月から 6 月にかけてのメラピ火山の爆発は、3 つの段階に分かれていたため、溶岩ドーム崩落にともなう火砕流が連続して複合的に生じ、これらの火砕流は主に火山の南西側ならびに南側の山腹に向かって流出した。火砕流は、発生メカニズムが時間の経過とともに変化するため、これらの事象のなかでも最も興味深い。6 月 14 日に発生した火山岩塊火山灰流は規模が最も大きく、山頂から最高で 7 km 離れたゲンドル川の溪谷 (南側山腹) にまで流入して、2 名の死者を出し、カリヤデム村の一部を埋め尽くした。6 月 14 日の活動最盛期に生じた火山岩塊火山灰流は、衝突力と慣性力が摩擦力よりも強い流動様式で、不安定で乱流度の高い慣性粒子流と考えられる。これらを発生させた原因は、数時間にわたってドームが崩壊し、継続的に多様なパルスを生じさせることにある。6 月 14 日以降の火山岩塊火山灰流は、重力と摩擦力のバランスが取れた流動様式で、走行距離が短い中程度の準定常粒子流的火山重力流であった。これは、2006 年の溶岩ドームの一部が単独で、小規模に崩壊したことで生じた火砕流にあたる。米国のバッファロー大学で開発された地球物理学的質量流モデル TITAN2D (例えば、ペトラ他、2005 年, J. Volcanol. Geotherm. Res., 139, 1~21) を使って数値シミュレーションを行えば、これら 2 つのタイプの流れがそれぞれ示した経路、速度ならびに範囲の再現と、これら流れの挙動を制御する主なパラメータのより的確な特徴づけができる。コード "TITAN\_Thin\_Layer" (Dalbey, pers. comm., 2007 年) から、6 月 14 日にメラピで発生した大規模な火山岩塊火山灰流のシミュレーションを行うことも可能である。このモデルを使っての分析結果は、両方のタイプの火砕流にともなうハザードの地域とレベルを予測する基盤となり、また、メラピにおける災害対策計画の充実を図る上で参考にもなる。

## 11-O-18

### 熱残留磁気を示す火砕密度流、火山岩屑なだれ中での火山岩片の挙動

鹿野 和彦<sup>1</sup>, 佐藤 雄大<sup>2</sup>

1. 産業技術総合研究所地質情報研究部門 / 日本

2. 筑波大学大学院生命環境科学研究科／日本  
e-mail: kazu.kano@aist.go.jp

火山岩片の熱残留磁気(TRM)はそれらを支持している火砕密度流や火山岩屑なだれの流動機構を知る手がかりとなる。1984 年御嶽山火山岩屑なだれがその良い例で、個々の火山岩塊の TRM を調べることで、それらが主に水平面内で回転したことが明らかになった。火砕密度流でも、着底する直前または直後に急速に冷えて個々の火山岩片がTRMを獲得する場合は、その前後の岩片の挙動を読み取ることができる場合がある。TRM ベクトルは岩片の動きに応じて回転するため、それらの極をステレオ投影すると中心が回転軸の一点と重なる円を描く。回転が限定される場合は円弧となる。このような例に、男鹿半島潮瀬ノ岬のスコリア流と島根半島笠浦の水底スコリア流がある。これらは、いずれも水が存在する条件下で岩片が着底している。TRM の極が描く円弧の軸は流向に直交しており、岩片が堆積面に沿ってすべり、転がり、あるいは跳躍しつつ TRM を獲得し、局所的な起伏に応じて前後または左右に傾いて定置したことが読み取れる。大江高山火山仙山火砕丘の火山岩塊火山灰流中の火山岩塊は、流動中に、あるいは噴火で繰り返し再生する中で回転しつつ TRM を獲得したらしく、熱消磁の温度を変えるとベクトルも変化する。

## 11-O-19

### テフラの分散のモデル化における近年の進展

Costanza Bonadonna<sup>1</sup>

1. Section of Earth Sciences, University of Geneva / Switzerland  
e-mail: Costanza.Bonadonna@terre.unige.ch

テフラは爆発的噴火による噴出物の1つであり、長時間・長距離にわたり大気中で運ばれ、人間や動物の呼吸器障害をもたらす建物に深刻な損害を与え、さらには航空、農業、観光といった様々な経済分野にも影響を及ぼすことがある。結果として、テフラの分散に関する調査では、主に次に挙げる2つの方向性に沿った:(i) テフラ降下の力学に関する詳細な調査、及び(ii) テフラによる火山災害の緩和。特に、1つ目のアプローチでは、噴煙及び大気中での複雑な粒子輸送プロセスの把握を試みる一方、2つ目のアプローチでは、テフラの分散が人々(インフラストラクチャ、健康など)や様々な経済分野(航空、農業など)に与えると予想される、あらゆる影響の分析に焦点を当てる。1つ目のアプローチでは高度に洗練されたモデルが生成されたが、これはその複雑さを背景に、現場データによる妥当性の確認が困難で、災害予測評価には利用できないことが多い。対照的に、確率論的分析では典型的に非常に高額なコンピュータ処理費用がかかることを踏まえ、2つ目のアプローチから導き出されたモデルでは多くの場合、コンピュータ処理速度に対する物理的定式化の高度化を妥協せざるを得なかった。近年のコンピュータ技術の進歩は、2つのモデル化アプローチ間のギャップの軽減に役立ち、おかげで物理モデルの柔軟性、確率マップの信頼性及び解像度、現場データの妥当性確認の厳密性を向上させることができた。

結果として、特定の粒子堆積プロセスには依然として正確なパラメータ化(粒子の凝集、沈降速度に対する粒子形状の影響など)が必要であるにせよ、テフラ分散モデルは、現在では降下の力学の調査や、重大な噴火パラメータの導出のほか、信頼できるハザードマップの編纂や火山雲の軌跡の予測に利用可能である。

## 11-O-20

### 火砕流により発生する津波の数値解析—鬼界カルデラ噴火を例にして—

前野 深<sup>1</sup>、今村 文彦<sup>2</sup>、谷口 宏充<sup>3</sup>

1. 東京大学地震研究所／日本  
2. 東北大学大学院工学研究科災害制御研究センター／日本  
3. 東北大学東北アジア研究センター／日本  
e-mail: fmaeno@eri.u-tokyo.ac.jp

島弧における火山ではしばしば火砕流が水域に流入し、津波による甚大な災害が引き起こされる。しかし火砕流の性質と津波の規模との関係は十分に明らかにされていない。本研究では、鬼界カルデラ7.3 ka 噴火で発生した火砕流によりどの程度の津波が発生したのかを二層流モデルを用いて検討した。火砕流を模擬した密度流を仮想山体から噴出させ、その体積と最大噴出率についてパラメータスタディを行い、津波の波高や沿岸域への到達時間を調べた。その結果、数値解析から推定される津波波高は噴出率に強く依存し、カルデラ周囲では最大20m以上に達する。しかし、津波による海底擾乱の痕跡が発見されている地域の堆積物粒子の移動能力を評価したところ、十分に説明できないことがわかった。地質学的に妥当と考えられる火砕流の密度や体積、最大噴出率では小規模の津波しか発生せず、この条件では津波の痕跡を十分に説明できない可能性がある。一方、カルデラ陥没のケースについて同様に検討したところ、津波波高は大きく、痕跡は容易に説明がつく。このことは、7.3 ka 噴火では、主にカルデラ陥没が大規模な津波の発生に寄与したことを示唆している。

## 11-O-21

### 高結晶質ドーム溶岩における非ニュートン性の流動学的法則

Yan Lavallee<sup>1</sup>、Kai-Uwe Hess<sup>1</sup>、Benoit Cordonnier<sup>1</sup>、Donald B. Dingwell<sup>1</sup>

1. LMU - Univ. of Munich / Germany  
e-mail: Dingwell@lmu.de

火山噴火モデルは依然として、多面的なマグマの流動学的法則の欠如によって妨げられている。ほとんどの流動学的モデルでは、アインシュタイン-ロスコーの方程式、あるいはその修正版を用いて、溶岩をニュートン懸濁体(Newtonian

suspensions)と評している。しかし高結晶質のドーム溶岩は、ひずみ速度に依存する粘性を持つ非ニュートン性であると予想される。溶岩の非ニュートン流動に関する実験的研究は不足している。ここでは、こうした状況を是正するため、高負荷、高温の一軸装置を用い、様々な応力(1-60 MPa)とひずみ速度( $10^{-6}$ から $10^{-3}$ )の下での多層な溶岩の変形をシミュレートする実験が行われた。雲仙、コリマ、アナク・クラカタウ、ベズミアニからの試料(それぞれ~50%, 55%, 70%及び80%の結晶と、6%, 8%, 23%及び9%の気孔を含有する)が今回の調査向けに選択された。取得した結果から、多層の溶岩は実際に非ニュートン的な挙動をしないことは明らかである。それらはシャスィニング(shear thinning)の重要な要素を示す擬似塑性流体として表現できる。ここで調査したあらゆる溶岩の粘性は、ひずみ速度 $10^{-6}$ と $10^{-2.5}\text{s}^{-1}$ の間の約1.5ログユニット(log unit)分、幾何学級数的に減少する。 $10^{-2.5}\text{s}^{-1}$ を超えると、粘性加熱と微小亀裂が検出される。結晶度が50及び80容積%から変動する効果は、結晶粒間メルトの粘性の変化の効果と同様、わずかであった( $\pm 0.2$  規模の粘性)。粘性のひずみ速度( $\dot{\epsilon}$ )に対する強い指数関数的依存は、 $850^{\circ}\text{C}$ - $1010^{\circ}\text{C}$ で気孔が25%未満、ひずみ速度が $10^{-6}$ と $10^{-2.5}\text{s}^{-1}$ の間の溶岩を考察する噴火モデルについて有効な、一般的な非ニュートン性の流動学的法則を生じる。これらの結果は、ドーム溶岩に適用される懸濁液の流動学向けの、アインシュタイン-ロスコーを基本とする公式の妥当性を無効化するものと思われる。我々は、溶岩ドームの変形と爆発性に関する未解決の問題が、この流動法則を介してより良く扱われることを期待する。

## 11-O-22

2007年3月18日のルアペフ火山のクレーターレイク決壊による火山泥流:概報

Vern Manville<sup>1</sup>, Shane J. Cronin<sup>2</sup>

1. GNS Science / New Zealand

2. Institute of Natural Resources, Massey University / New Zealand

e-mail: v.manville@gns.cri.nz

2007年3月18日、ニュージーランドのルアペフ山頂に水を蓄えたクレーターレイクが、1995年から1996年にかけての噴火で堆積したテフラでできた脆弱な壁を破り、130万 $\text{m}^3$ の水を放出した。洪水はワングアエフ低地上部の急峻な溪谷沿いに土石を巻き込むことによって急速に大きくなり、ワングアエフ扇状地(Whangaehu Fan)に流れ込む手前7km以内で非粘性の土石流を形成し、同地で複数の分流へ流れた。火山泥流は再び単一の流路へ収束し下流へ続き、翌朝午前3時頃、堆積物を積んだ洪水となって155km離れた海岸へ達した。死者はなく、財産への損害も最小限にとどまったが、それは主として、過去10年間にわたって練られた包括的な機関間対応計画のおかげであった。

火山泥流対策の下準備段階で、この非常に希な事象が偶然起こった際には、それから最大限の科学的便益を得るべく、包括的な研究計画が策定された。鍵となる要素は以下の事項であった:(1) 事象の発生前及び発生後における高分解能

の地形調査(空中及び地上のLiDAR及びディファレンシャルGPS)及び流路の垂直空撮画像や斜め画像を用いた、火山泥流による地形変化の把握;(2) 多重パラメータの時系列データを収集するための、クレーターレイクから海岸に至る、ワングアエフ川低地における機器類の設置;(3) リアルタイムのデータを収集するための、観測員チームの動員;(4) 火山泥流堆積物の層序記録及び粒度分析;(5) 新たに取得したデータを用いた、数値的な火山泥流モデルの試験及び校正。

火山泥流の発生までに、既に50基を超えるセンサーが川沿いの十数か所に設置されており、複数の観測員チームと共に、単一の火山泥流事象としては前代未聞の質と量のデータセットを取得した。この情報は、分析された上で、火山泥流の挙動に関する今後のモデルに情報をもたらすものとなり、これはニュージーランドでも世界規模でも、ハザードの予測と緩和対策計画の改善に取り入れられる。

## 11-O-23

火山泥流の進化及び流走の挙動のモデル化

Sarah A. Fagents<sup>1</sup>, Stephen M. Baloga<sup>2</sup>, Bruce F. Houghton<sup>3</sup>, Vernon Manville<sup>4</sup>

1. HIGP, University of Hawaii / USA

2. Proxemy Research / USA

3. Dept. Geol. & Geophys., University of Hawaii / USA

4. GNS Science / New Zealand

e-mail: fagents@hawaii.edu

火山泥流は多数の火山において広範囲に及ぶハザードを示し、発生源から100kmを超える場所へも急速に伝播することができる。その危険は典型として突発的な発生により激化し、前兆的な噴火やその他の現象を伴わないこともある。火山泥流によってもたらされるハザードの緩和には、発生や下流での流動特性の進化に影響する要因を理解することが必要である。そのため、火山泥流の挙動のモデル化が近年かなり注目を集めている。様々なアプローチにおいて、火山泥流に関する基本的な物理学や、到達距離及び広域的な浸水に至る結末の理解を追求している。我々の研究では、流れが下流へ伝播する際の付加的材料(堆積物、水、岩屑)の混入あるいは喪失を背景とする、火山泥流の進化のモデル化に焦点を当てた。サンブナンの方程式に似た公式を用い、我々は増量、減量、希釈のプロセスを、材料の流量への付加あるいは流量からの喪失を説明する保存方程式に項を含めると併せてモデル化する。しかし、モデルの校正及び妥当性の確認には、現場データとの比較が不可欠である。2007年3月18日のルアペフ山におけるクレーターレイクの火山泥流は、モデルを校正するための前代未聞の機会をもたらした。この事象は火山の側面に $1.3 \times 10^6 \text{ m}^3$ の水を放出し、その行方は一連の機器類や事後の実地調査によって把握され、比類なき質のデータセットが得られた。これらのデータを基に、我々はモデルの境界条件のほか、モデルのアウトプットと比較するための一連の流動パラメータ(速度、ステージの高さ、放出量など)を導き出す。我々は2007年の事象について、シミュレーションの

結果を発表する。妥当性が完全に確認されれば、モデルはルアペフや他の場所での火山泥流に対する予測能力に応用され、浸水限度、移動時間、衝撃力、浸食／堆積量などの量を導き出すこととなるが、これらはハザードを評価及び緩和する上で鍵となる関連事項である。

## 11-O-24

### 数値シミュレーションによる溶岩流ハザードマップ

Massimiliano Favalli<sup>1</sup>, Francesco Mazzarini<sup>1</sup>, Maria Teresa Pareschi<sup>1</sup>, Paolo Papale<sup>1</sup>, Giuseppe D. Chirico<sup>1</sup>

1. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Pisa / Italy  
e-mail: favalli@pi.ingv.it <favalli@pi.ingv.it>

エトナ火山(イタリア)とニイラゴンゴ火山(コンゴ民主共和国)の事例について、数値シミュレーションによる溶岩流侵入のハザードアセスメントを紹介する。エトナ山はイタリアのシチリア島の東海岸に位置する玄武岩質火山である。その噴出活動は頻繁で、山頂と山腹のいずれの火口からも発生する。過去 400 年間で、当の火山の総面積の約 20%が溶岩流で覆われた。同様に、ここ数十年間は噴出活動が激しく、山頂の噴火口からの度重なる噴火と 15もの山腹噴火が発生した。噴火が頻繁で、それに伴って危険度が大きいため、エトナ山は我々のアプローチ方法を検証するための天然実験室となっている。一方、ニイラゴンゴ山は 2002 年 1 月に噴火し、大きな町に溶岩流が与える影響を調査するのに最もふさわしい事例となった。溶岩流がゴマの町に侵入してその大部分を破壊したため、50,000 人以上が家を失い、ゴマの住民はほぼ全員、主として隣国のルワンダに自発的に脱出することを余儀なくされたのである。溶岩流侵入確率マップは、将来の火口の確率分布と、将来の溶岩流の距離の確率分布に基づき作成した。いずれの火山についても、最急降下進路の想定に基づいたシミュレーション・コードを用い、溶岩流フロントの広がりや障害物克服を地形の確率的変動を通じて考慮に入れて、50,000 以上ものシミュレーションを行なった。シミュレートされた進路は、非常に異なる DEM を使用し、解像度は 2 m から 90 m まで幅があったにもかかわらず、いずれの火山についても、実際の溶岩流進路を非常に正確に再現した。

## 11-O-25

### 火山の数値化: 非爆発的珪長質噴火の進化過程のモデル化

Kyle R. Anderson<sup>1</sup>, Paul Segall<sup>1</sup>

1. Department of Geophysics, Stanford University / USA  
e-mail: kander@stanford.edu

今回の研究では、時間の経過に応じた、マグマ溜りの噴火、火道の流れや周辺の弾性岩盤の変形を含め、噴出性珪長質火山噴火の数値モデルを構築する。このアプローチを採ることで、複数の一連のデータ(ここでは、測地データならびに溶

岩ドーム成長データ)を使い、溜りならびに火道におけるマグマの物理学的作用の抑制を強化できるだけでなく、データのインバージョン解析に通常用いられる、単純化された測地の震源モデル以上の成果を得ることも可能になる。噴火が段階的に変化する過程にわたって、マグマ溜りにおける圧力の変化をモデル化することで、時間が経つにつれて、ドームの体積と地表の変形(火道、地形および物質の不均一性による影響を含め)がどのように変化していくかを推算できる。モデルは、非線形逆システムで、GPS 時系列データと噴出データの時間的変化全体に合わせている。現在起きている、セントヘレンズ火山(ワシントン州)の噴火にこのモデルを適用すれば、マグマ溜りの形状ならびに体積、初期のマグマ溜りの過剰圧、マグマ溜りの供給率(rate of chamber recharge)、マグマの圧縮性および火道の特性など、主な噴火パラメータを予測できる。さらに一歩進めて、一連のデータセットを追加で、このモデルに取り込めば、モデルの予測能力の向上を図ることも可能となる。

## 11-P-01

雲仙普賢岳(日本の南西部)の 1990 年-1995 年の噴火による 6 つの火山堆積物の段階熱消磁によって測定した堆積温度

Marco Brenna<sup>1</sup>, Keiko Suzuki-Kamata<sup>2</sup>, Mary Gee<sup>1</sup>

1. School of Earth and Geographical Sciences, The University of Western Australia / Australia  
2. Department of Earth and Planetary Sciences, Kobe University / Japan  
e-mail: brennm02@student.uwa.edu.au

雲仙普賢岳(日本の南西部)の 1990 年-1995 年の噴火による火山堆積物中の溶岩ブロックの熱残留磁気(TRM)を調査し、堆積温度の形で定量的データを入し、火砕流堆積物と土石流堆積物との区別を行った。低温の成分を除去するために段階熱消磁(PThD)を実行すると、4 つの堆積物は 200 から 590 °C の範囲の温度で堆積し(すなわち火砕流による堆積であることを示す)、1 つの堆積物は大気温度で堆積し(すなわち土石流による堆積であることを示す)、1 つの堆積物は約 150 °C で堆積した(すなわち高温の土石流による堆積であることを示す)ことが明らかになった。堆積温度は、噴出速度やドーム形成の速度が速い時期にの堆積物のほうが高い。

磁性鉱物学と残留磁気の関係強度減衰曲線を用いて考察を行った。非酸化溶岩の残留磁気は熱消磁の間に均一に減衰し、これが TiO<sub>2</sub> 含有量の異なるチタノマグネタイトによるものであることを示す。酸化溶岩の残留磁気は 400 °C 超の温度まで一定であり、それがもっと純粋な(TiO<sub>2</sub> 含有量が少ない)マグネタイトによるものであることを示すが、同時にこの種のサンプルにおいては自然残留磁化(JNRM)がより強くなるという結果となった。

## 11-P-02

## 雲仙火山の火道の岩相

後藤 芳彦<sup>1</sup>, 中田 節也<sup>2</sup>, 吉本 充宏<sup>2</sup>, 嶋野 岳人<sup>2</sup>, 黒川 将<sup>2</sup>, 杉本 健<sup>3</sup>, 佐久間 澄夫<sup>4</sup>, 星住 英夫<sup>5</sup>, 宇都 浩三<sup>5</sup>

1. 室蘭工業大学／日本
  2. 東京大学地震研究所／日本
  3. 九州大学地震火山研究所／日本
  4. 地熱エンジニアリング／日本
  5. 産業技術総合研究所／日本
- e-mail: ygoto@mmm.muroran-it.ac.jp

雲仙火山は標高 1486 メートルのデイサイト質から安山岩質の複成火山である。雲仙火山の火道を貫通する延長 1996 メートルのボーリングが行われた。このボーリングでは、深さ 1582 から 1996 メートルの地点から、長さ合計 75 メートルのスポットコアが採取された。このコアの主な岩相は、polymict volcanic breccia (74 vol.%), coherent dacite (13 vol.%), coherent andesite (6 vol.%), partly brecciated coherent dacite (5 vol.%), volcanoclastic vein (2 vol.%) からなる。polymict volcanic breccia は、径 1 から 120 センチメートルの角礫とそれらを埋めるマトリクスからなり、ダイアトリームを形成していると考えられる。coherent dacite は polymict volcanic breccia に貫入した岩脈であると考えられる。coherent andesite と partly brecciated coherent dacite は塊状で、古期雲仙の溶岩であると考えられる。volcanoclastic veins は、幅 0.1 から 250 ミリメートルで、高温の流体が割れ目に入り込んだものであると解釈される。雲仙火山の火道は、海拔マイナス 30 から 150 メートルの深さで、南北方向に少なくとも 350 メートルの幅があり、polymict volcanic breccia と東西に伸びる岩脈からなると考えられる。岩脈は、幅 4 から 8 メートルの単純な岩脈と、幅 26 から 44 メートル以上の複合岩脈からなる。非常に多くの volcanoclastic vein が breccia と dyke に入り込んでいる。

## 11-P-03

### 雲仙火山 1990-1995 噴火において溶岩ドーム出現前の初期噴出物より検出された本質マイクロパミスの岩石化学

渡辺 公一郎<sup>1</sup>, 波多江 憲治<sup>1</sup>, 山中 琢士<sup>1</sup>, 本村 慶信<sup>2</sup>, 渡辺 一徳<sup>3</sup>

1. 九州大学大学院工学研究院／日本
  2. 九州大学大学院理学研究院／日本
  3. 熊本大学教育学部／日本
- e-mail: wat@mine.kyushu-u.ac.jp

雲仙火山普賢岳は 198 年間の休止期の後、1990 年 11 月 17 日に噴火を開始し、約半年の先駆的噴火活動の後、1991 年 5 月 20 日に溶岩ドームが出現した。1990 年 11 月および 1991 年 2 月の初期噴出物中に、水和しておらず発泡したマイクロパミスが検出された。これらは上昇中のマグマからもたらされた本質物であると判断された。これらのマイクロパミスの再

検討を行った結果、無色および褐色の二種類の透明発泡ガラスを識別できた。両者とも水和しておらず、既存のガラス質岩石片と組成的に識別されるため、既存のガラス質岩石が混入したものではない。1990 年 11 月の噴出物中の本質マイクロパミスのうち無色のものはシリカ量が 68% であり、褐色のものは 77% である。溶岩ドーム出現前に噴出したマイクロパミスはそれぞれ約 2% シリカ量が増加した。6 ヶ月間の二種類のマイクロパミスの組成変化と含有率を検討した。褐色のものは時間とともに含有量が減少し、出現した溶岩ドーム試料には検出されなかった。無色のものは時間とともに含有量が急増した。これらの事実に基づき、溶岩ドーム出現に至るまでのマグマプロセスを検討した。

## 11-P-04

### ボーリングコア試料から見た雲仙眉山火山の形成史

杉本 健<sup>1</sup>, 星住 英夫<sup>2</sup>, 清水 洋<sup>3</sup>

1. 京都大学地球熱学研究施設／日本
  2. 産業技術総合研究所地質情報研究部門／日本
  3. 九州大学地震火山観測研究センター／日本
- e-mail: sugimoto@bep.vgs.kyoto-u.ac.jp

眉山は雲仙火山東端に位置し、七面山および天狗山の 2 つの溶岩ドームから構成される。本火山の形成史については近年、渡辺・星住(1995)、雲仙復興事務所(2003)、尾関ほか(2005)で議論されたが、詳細は未だ議論中である。このため、眉山の東側山麓で採取されたボーリングコア試料の記載と解釈を進めてきた。ボーリングコアの岩相は孔底より、(1)眉山以前の溶岩及び火砕岩(2)眉山活動初期の発泡した火砕流堆積物(3)眉山成長期の火砕流堆積物(4)眉山形成後の扇状地堆積物(5)1792 年天狗山岩屑なだれ堆積物に区分される。(1)の本質礫は  $\text{SiO}_2 = 59.8 - 65.7\text{wt.}\%$  の角閃石デイサイト、(2)～(5)の本質礫は、 $\text{SiO}_2 = 65.1 - 66.5\text{wt.}\%$  の黒雲母に富むデイサイトであり、地表試料の組成に重なる。(2)は発泡した礫および同質火山灰からなる火砕流堆積物で、七面山側の山麓下に伏在する。一方、天狗山側のコアには眉山形成期の堆積物が認められない。この理由として、(a)供給がなかった、(b)1792 年岩屑なだれの侵食、(c)より深部に存在、などが考えられる。

## 11-P-05

### USDP-3 コアを用いた雲仙火山のマグマ発達史の解明

杉本 健<sup>1</sup>, 中田 節也<sup>2</sup>, 秋政 貴子<sup>2</sup>, 黒川 将<sup>2</sup>

1. 地球熱学研究施設／日本
  2. 東京大学地震研究所／日本
- e-mail: sugimoto@bep.vgs.kyoto-u.ac.jp

雲仙火山では噴火機構の解明を目的とした火道掘削(USDP-4)に先立ち、平成 12 年度にパイロット掘削

(USDP-3)が平成新山の北西約 2km にて行われた(最終深度 352m). 放射年代測定の結果, USDP-3 コアは 100-210ka の雲仙火山新期~中期の溶岩および火砕岩から構成されることが分かっているが, そのマグマ発達史は十分に確立されていない. このため本研究では, コア試料の岩相記載および全岩化学分析を進めた. USDP3 コア試料は,  $\text{SiO}_2 = 59 - 65$  wt.%の角閃石安山岩~デイサイトであり, 雲仙火山の同時期の地表試料と同等の変化幅を示す. また, 深度 100m, 169m, 325m 付近では  $\text{SiO}_2$  量がコアの下位から上位に向かって急激に減少する変化がみられた. このうち 325m 付近の組成変化については, 上下で採取された試料の年代測定値に若返りが認められており, 伏在断層によるものと考えられる. その他の深度については, 山体掘削(USDP-1, 2)で見られた  $\text{SiO}_2$  量が上位に向かって増加するサイクルの境界と考えられ, USDP-3 では孔底より少なくとも3回のサイクルが存在する.

## 11-P-06

### 溶岩ドーム成長, 5年間の動画記録

寺井 邦久<sup>1</sup>

1. 長崎県教育センター/日本

e-mail: teraikunihisa@gmail.com

1991 年5月 19 日, 午前7時ころ溶岩の先端が地表に出現した. 成長速度は 1m/時程度で, 30 時間後に約 30m まで成長した. その後, 火砕流を発生させながら 13 個の溶岩ローブが次々に成長した. 溶岩ローブの成長速度は 20m/日程度で, 見た目にはその動きはわからない. そこで, 溶岩ローブの成長をとらえるために, 普賢岳の東側の地域の4つの定点から, 写真撮影を行った. 写真の総数は 13, 000 枚を超えた. 撮影数が最も多いのは島原高校からで, 溶岩ドームが見える日はほとんど毎日撮影した. 400mm の望遠レンズで撮影したが, 距離が 8.5km 離れているため, 視程は気象状態に大きく左右された. 晴れた日でも火山灰が舞って, 鮮明度が低い場合もある. そこですべての写真をデジタル化しパソコンで画像処理を行い鮮明度を上げた. この写真を資料提示ソフトを使い連続的に画像を変えると, 動画として溶岩ドームの成長を見ることができる. 溶岩ドームの成長が最初から終末まで見られる, 世界的で初の貴重な映像である.

## 11-P-07

### 有限要素法を用いて地震と地殻変動データから推定される 1990-1995 年雲仙火山の噴火を引き起こしたマグマ溜りモデル

河野 裕希<sup>1</sup>, 松島 健<sup>2</sup>, 松本 聡<sup>2</sup>, 清水 洋<sup>2</sup>

1. 九州大学大学院理学府/日本

2. 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター/日本

e-mail: yuhki-k@sevo.kyushu-u.ac.jp

1990 年から 1995 年にかけて噴火した雲仙火山のマグマは西の千々石湾深部から登ってきたという説が有力である(太田 1972, 馬越・他 1994, 河野・他 2005). 馬越・他(1994)によると 1989 年に群発地震が橘湾深部から始まり, 火口へと徐々に東方に移動していき, ついには噴火に至ったのである. また Umakoshi et al. (2001)ではそれら地震のメカニズム解も明らかにしている.

各種地殻変動観測(水準測量・GPS 測量・験潮値)結果から得られた球状圧力源の位置は一番深いところで橘湾の下 15km 付近のところに求められ, 他 3 つの球状圧力源が山頂火口に向かって斜めに配列されることが河野・他(2005)でわかった.

これら研究結果は概して整合的である. しかし一部矛盾点も存在する. 河野・他(2005)の研究では圧力源が球状であるという仮定の下での結果である. 一方 Umakoshi et al. (2001)で求められた地震メカニズム解からは球状マグマ溜りでは説明できない部分がある.

この問題点を考慮し, 本発表では FEM を用いて地殻変動データと地震データを考慮した雲仙火山のより現実的なマグマ溜りモデルについて議論する.

## 11-P-08

### 長崎県雲仙地獄の珪化岩の産状と成因について

田口 幸洋<sup>1</sup>, 久保 有未<sup>1</sup>, 吉井 創一郎<sup>1</sup>, 千葉 仁<sup>2</sup>

1. 福岡大学理学部/日本

2. 岡山大学大学院自然科学研究科/日本

e-mail: staguchi@fukuoka-u.ac.jp

雲仙地獄は島原半島中央部の標高 700m 付近にあり, 南北 1 km, 東西 500m の中に多くの噴気や温泉が分布し, 地獄の噴気活動に伴う温泉は, 98℃までの高温で, pH=2~3 を示し, Cl が少なく,  $\text{SO}_4$  を 2000mg/kg 程度まで含む  $\text{SO}_4$  型の蒸気加熱水である. 地獄内および周辺の岩石は, クリソバル石やカオリナイト, 一部明礬石を主とする白色粘土化帯(高度粘土化帯)を作っている. しかし, 旧八万地獄では石英からなる珪化岩が発達し, その周囲および下部はカオリン鉱物が分布している. 珪化岩中の脈状の石英の流体包有物は気相包有物に富み, 170~220℃ の沸騰熱水から沈殿したものである. 旧八万地獄南西部のカオリン帯ではディッカイトも産する. また, 珪化岩周辺の明礬石の硫黄同位体比は, 高温の火山性流体の影響下で生成したものもあることを示している. 以上の事実は, 旧八万地獄に分布する珪化岩は, かつて 200℃ 以上の酸性の火山性流体の影響の強い時期に形成されたもので, その後約 100m ほどの削剥を受け現在地表に認められるようになったと考えられる. 源岩の生成年代からすると, その削剥は急激であったことがうかがえる.

## 11-P-09

1792 年の眉山の岩屑なだれ(雲仙岳, 日本): 野外での産状、粒度分布、碎屑岩の形状分析が移動と定置のメカニズムに持つ意味

Christyanne Melendez<sup>1</sup>, Shinji Takarada<sup>2</sup>, Nancy Riggs<sup>1</sup>,

1. Department of Geology, Northern Arizona University, Flagstaff, AZ / USA

2. Geological Survey of Japan, AIST / Japan

e-mail: cm246@nau.edu

日本の眉山, 雲仙岳と関連する角閃石デイサイト溶岩ドームの東側の山腹で, 1792 年の崩壊によって, 破壊的な岩屑なだれが発生して有明海に流れ込み, 15, 000 人以上の死者を出した。その結果生じた岩屑なだれ堆積物の輸送および定置のメカニズムは, これまで大々的に研究されてこなかった。最も一般的な種類の堆積物であるブロック相堆積物は, 不規則境界沿いに鋭く接触しているのがしばしば観察されている。その構成要素は, 分解の程度がさまざまな元の山体の断片であることが普通で, それらはほとんど分級されておらず, 無組織で, ジクソー状に破碎されている。マトリックス相堆積物は少なく, その上のブロック相と, 異質物のほとんど分級されていない無構造の混合体から構成されており, しばしば可塑性の変形構造を示す。

中央粒径が小さくなるにつれ, ブロック相およびマトリックス相堆積物における分級の度合いは悪化する。ブロック相堆積物は, 距離とともに礫含有量が総体的に減少, 砂含有量が増加し, 泥含有量は基本的に変化しない。概して, 眉山の堆積物からの粒度分布データは, 付随する爆発要素を持たない比較的粗粒の岩屑なだれ堆積物からのデータとよく類似している。5 つのパラメータを含む碎屑岩の形状分析は, ブロック相堆積物とマトリックス相堆積物の間で粒子の形状に相違があることを示しているが, いずれの種類の相でも, 碎屑岩の形状に距離に伴う変化が感知できない。

ブロック相は, 剪断歪のほとんどが集中するなだれの基盤や縁に沿ってある, マトリックス相の薄い層の上を滑動する, 薄層栓流で輸送された。一時的な乱流状態を仮定すると, マトリックス相は当初の崩壊段階の最中に上層の滑動体と下層の間の研削から形成された。下位の地形における不規則性が輸送の最中において, 激しくひび割れているブロックの分解, 膨張, およびわずかな変形を引き起こした。勾配の劇的な減少に起因する減速が, 堆積物の基底から上部へ向けて, 移動の累進的な停止につながり, その結果, ハンモック状の丘を形成する側方分解が生じた。

## 11-P-10

空中磁気データから推定される火山体磁化構造—雲仙火山と桜島火山—

大久保 綾子<sup>1</sup>, 田中 良和<sup>2</sup>, 中塚 正<sup>1</sup>, 鍵山 恒臣<sup>2</sup>, 神田 径<sup>3</sup>, 北田 直人<sup>2</sup>, 宇津木 充<sup>2</sup>, 石原 和弘<sup>3</sup>, 清水 洋<sup>4</sup>, 松島 健<sup>4</sup>, 味喜 大介<sup>3</sup>, 高山 鉄朗<sup>3</sup>, 福嶋 麻沙代<sup>3</sup>

1. 産業技術総合研究所地質情報研究部門 / 日本
  2. 京都大学地球熱学研究施設 / 日本
  3. 京都大学防災研究所 / 日本
  4. 九州大学地震火山観測研究センター / 日本
- e-mail: a.okubo@aist.go.jp

雲仙火山および桜島火山を対象領域として, 空中磁気データによる磁氣的構造の推定・解釈を行った。「雲仙火山」では, 『広域的な磁化構造』として, 雲仙西部地域では北落ちの半地溝, また雲仙東部地域では南落ちの半地溝となることを示すことができた。加えて, 雲仙西部地域の地溝中央部で東西に伸びる, 熱水変質に対応する低磁化域を見出すことができた。一方, 『局所的な磁化強度分布』の把握に対しては, 平成新山の低磁化, 溶岩の磁化強度の多様性, 崩壊壁, 谷および扇状地などの地形に対応した低磁化強度域を見出した。また, 雲仙地溝内部において, 扇状地形と対応して, 千々石断層沿いに顕著な低磁化域が分布し, 地溝外部においては, 古期雲仙前期溶岩が露出している地域で強磁化域であることを明らかにした。

「桜島火山」では, 顕著な高磁化強度域は, 安永火口周辺と北岳山頂の東側に分布し, 岩石磁気の全磁化も強い結果を示す。そのさらに東側でも, 強磁化域が広がっており, 主に文明溶岩の分布に対応している。一方, 最も顕著な低磁化域が, 昭和火口周辺および南岳の活動的の火口の北側に分布し, 活発な地熱活動や地下浅部の高温部が存在していることを示唆している。

## 11-P-11

熱水変質からみた雲仙火山体の熱水系 —火道掘削(USDP-4)の解析—

濱崎 聡志<sup>1</sup>, 星住 英夫<sup>1</sup>, 森下 祐一<sup>1</sup>, 中田 節也<sup>2</sup>, 黒川 将<sup>2</sup>

1. 産業技術総合研究所 / 日本
  2. 東京大学地震研究所 / 日本
- e-mail: hamasaki-st@aist.go.jp

本研究は, 噴火活動後まもない活火山体の火道へ向け実施された雲仙火道掘削(USDP-4)の熱水変質を解析することにより, 火山体内部に形成されるマグマ-熱水系の特徴を明らかにしようとするものである。USDP-4 は, 平成新山の北側斜面標高約 840m 地点から掘削され, 平成 16 年 7 月に平成噴火の火道領域に到達し終了した。掘削全長は 1995.75m であり, 2m 毎にカッティングスが採取され, 1582m 以深から平成噴火火道までの間の 16 カ所においてコアの採取が行われた。コアの岩石は, 角閃石を含む安山岩—デイサイトの火砕岩及び溶岩である。コア中の変質鉱物は全体的には地表の一般的な地熱地帯で見られる熱水変質よりは低温であり, 掘削時の温度検層でも平成火道域において 200℃未満であった。Smectite, Chlorite などの変質鉱物の産出は大局的には深度との相関がみられる一方で, 比較的高温生成の Kaolinite などは流体の通路となりやすかった裂隙沿いに多い。Calcite

の炭素同位体比は深度に依らずほぼ同じ値を、酸素同位体比は浅所で高く深所で低い傾向を示す。これらのことから、雲仙火山における熱水系は局所的なものではなく山体全体にわたる規模のものであり、大局的に深部ほど高温の熱水系であることが示唆される。

## 11-P-12

### 雲仙火山歴史溶岩の示す磁気岩石学的特徴

齋藤 武士<sup>1</sup>, 石川 尚人<sup>2</sup>

1. 京都大学地球熱学研究施設／日本

2. 京都大学人間・環境学研究科／日本

e-mail: saito@bep.vgs.kyoto-u.ac.jp

1991-1995 年にかけて溶岩ドーム噴火を起こした雲仙火山は、それ以前にも歴史時代の 1663 年と 1792 年の 2 回に溶岩流噴火を行っている。これら 3 回の噴火様式の違いを明らかにするために磁気岩石学的解析を行ったところ、磁気特性の異なる複数の鉄チタン酸化物の存在が明らかとなった。全ての溶岩に Tc が 450° C のチタノマグネタイトが含まれており、そのほかに 1991-1995 年溶岩は Tc が 350-400° C の、1792 年溶岩は 300° C の、1663 年溶岩は 200° C のチタノマグネタイトを含んでいる。また低 Tc のチタノマグネタイトの含まれる量は噴出年代が古いほど多いことも分かった。この Tc の異なるチタノマグネタイトは 3 噴火のマグマの温度の違い、混合されるマグマの量比の違いを反映していると考えられる。高温マグマ由来の低 Tc チタノマグネタイトを多く含んだ 1663 年噴火と 1792 年噴火は、噴出温度も高く溶岩流噴火に至ったが、高温マグマの割合が低く噴出温度も低かった 1991-1995 年噴火は、溶岩ドーム噴火に至ったと考ええると 3 噴火の異なる噴火様式をうまく説明できる。また高 Tc チタノマグネタイトが 3 噴火溶岩に共通して認められたことは、浅部の低温マグマ溜まりが少なくともこの数百年間のスパンで存在していることを示唆している。

## 11-P-13

### 雲仙火山周辺の地下水の地球化学・水文学的研究

森川 徳敏<sup>1</sup>, 風早 康平<sup>1</sup>, 安原 正也<sup>1</sup>, 高橋 浩<sup>1</sup>, 稲村 明彦<sup>1</sup>, 大和田 道子<sup>1</sup>, フランソワ ルゲルン<sup>2</sup>, 河野 忠<sup>3</sup>, 大沢 信二<sup>4</sup>, 由佐 悠紀<sup>4</sup>, 北岡 豪一<sup>5</sup>

1. 産総研・地質情報研究部門／日本

2. フランス国立科学研究センター・LSCE-CEA／フランス

3. 日本文理大学一般教育部／日本

4. 京都大学地球熱学研究施設／日本

5. 岡山理科大学理学部／日本

e-mail: n.morikawa@aist.go.jp

地下水を介したマグマ起源揮発性物質の散逸量を見積もるため、地球化学的・水文学的手法を用いて雲仙火山の地下

水流動系についての研究をおこなった。湧水と河川水の水素同位体比は、各地域とも狭い範囲に集中し、地溝帯内東側をはじめとして、雲仙火山とその周辺地域の浅層地下水は流動中によく混合していることを示すものと判断される。一方、地溝帯内東側の地下水は重炭酸濃度に非常に大きなバリエーションが認められる。ヘリウム同位体測定結果は、地域間で違いが見られた。地溝東部の地下水においては、 $^3\text{He}/^4\text{He}$  比は高く、東部に湧出する島原温泉と同傾向にある。地下水が流動中に帯水層中でよく混合していることを考えると、ヘリウム同位体比と重炭酸濃度のバリエーションは、断層などの断裂系に沿って深部より上昇してきたマグマ起源ガスが地下水に付加していると考えられることで説明が付く。雲仙火山周辺の温泉は、雲仙地溝の西から東に向かって  $^3\text{He}/^4\text{He}$  比が高くなる傾向が見られた。これは、熱水の滞留時間の違いによる地殻起源ヘリウムの付加の違いあるいはマグマ起源ガスのフラックスの違いを反映しているものと思われる。

## 11-P-14

### 反射法地震探査による雲仙火山の浅部地殻構造

松本 聡<sup>1</sup>, 清水 洋<sup>1</sup>, 大西 正純<sup>2</sup>, 植平 賢司<sup>1</sup>, 松尾 のり道<sup>1</sup>

1. 九州大学大学院理学研究院地震火山観測研究センター／日本

2. 地球科学総合研究所／日本

e-mail: matumoto@sevo.kyushu-u.ac.jp

雲仙火山は九州中央部の別府島原地溝帯西部の雲仙地溝に位置し、1990-95 年に噴火活動をした火山である。この火山では地震、測地観測が詳しくなされ、噴火や噴火後の活動状況が把握されている。われわれは本地域の浅部地殻構造を詳細に把握するために、パイブレイク震源を用いた反射法地震探査を行った。得られたデータに処理を施した結果、雲仙地溝は多くの正断層が発達した、グラベン構造を示すことが明らかになった。また、深さ 3km においては強い反射面の存在が見出された。これは、地殻変動から推定されたマグマだまりの位置に対応する、これらのように、本研究の結果は雲仙の噴火メカニズムを明らかにする上で重要な情報を与えた。

## 11-P-15

### TDEM 観測で明らかにされた雲仙火山の比抵抗構造

スリグトモ ワヒュー<sup>1</sup>, 鎌山 恒臣<sup>2</sup>, 神田 径<sup>3</sup>, 宗包 浩志<sup>4</sup>, 橋本 武志<sup>5</sup>, 田中 良和<sup>2</sup>, 歌田 久司<sup>6</sup>, 宇津木 充<sup>2</sup>

1. バンドン工科大学／インドネシア

2. 京都大学理学研究科／日本

3. 京都大学防災研究所／日本

4. 国土地理院／日本

5. 北海道大学理学研究院／日本

6. 東京大学地震研究所／日本

e-mail: kagiyama@aso.vgs.kyoto-u.ac.jp

雲仙火山において TDEM 法による比抵抗構造調査を行った。その結果、地下 100m 付近から海拔下 2.5km 付近までに水を多く含むと思われる比抵抗の小さい領域が見出された。この領域の特に電気伝導度の高い部分は、雲仙地溝内部に見られ、地下水にマグマからの火山ガスが供給されたために生じたと考えられる。電気伝導度を鉛直方向に積分して求められるコンダクタンスの高い領域は、第 1 に島原半島の西部から普賢岳にかけての地域に見られる。この領域は、1990-1995 年噴火の前に群発した地震の発生域に一致している。このことは、マグマが島原半島西部から普賢岳に移動する際に火山ガスの多くがこの領域の地下水を多く含む層に供給されたことを示しており、脱ガスによって雲仙火山の噴火が爆発的にならなかったことを支持する結果と考える。もう 1 つのコンダクタンスの高い領域は、眉山周辺に存在している。この地域にはマグマ起源の火山ガスが供給されていることが化学調査で指摘されており、眉山の地下深部に別のマグマが存在することを示唆している。

#### 11-P-16

##### 珪長質マグマの表面積決定

Bettina Scheu<sup>1</sup>, Ulrich Kueppers<sup>2</sup>, Olivier Spieler<sup>3</sup>, Donald B. Dingwell<sup>3</sup>

1. ERI, Univ. of Tokyo / Japan

2. Centro de Vulcanologia e Avaliação de Riscos Geológicos, Universidade dos Açores / Portugal

3. Earth and Environmental Sciences, University of Munich, Theresienstr. 41, 80333 Muenchen / Germany

e-mail: scheu@eri.u-tokyo.ac.jp

火山噴出物の表面積を決定することは火山学分野でまだ極めて稀であり、多くが火山灰試料に限られている。岩石試料の表面積は、例えば、特に中程度以上の空隙を持つ試料の場合の空隙率のように、割れ目や破砕にはるかに敏感に反応すると考えられる。こうして、表面積はケイ酸塩メルトの定置や冷却の中の後期の過程に光明を与えるかもしれない。この点において、岩石の初期表面と数値に影響を与える2次的な過程を区別する必要がある。熱による割れ目、破砕、および二次的な鉱化作用は表面積を増加した値を導く。これは天然物質の変質と同様にその強度や応力場での挙動に重要な情報を与える。

ガス吸収法に基づいて、我々は雲仙火山とモンセラの火山岩試料の表面積を測定した。急減圧実験産物の火砕物と同様に、岩石の円筒と天然の火山灰試料について、ブルネウ・エメット・テラー (BET) の多点法に従って測定した。推定された表面積の増加と文献から得られるケイ酸塩岩の破砕面エネルギーから、我々は破砕作用の間に新たな表面を作るのに消費されるエネルギー量が数パーセントのオーダーであると見積もることが出来る。

#### 11-P-17

##### 雲仙火山におけるマグマ性二酸化炭素の山体放出

高橋 浩<sup>1</sup>, 風早 康平<sup>1</sup>, 篠原 宏志<sup>1</sup>, 森川 徳敏<sup>1</sup>, 大和田 道子<sup>1</sup>, 半田 宙子<sup>1</sup>, 中村 俊夫<sup>2</sup>

1. 産業技術総合研究所地質情報研究部門 / 日本

2. 名古屋大学年代測定総合研究センター / 日本

e-mail: h.a.takahashi@aist.go.jp

雲仙火山の周辺において土壌からのマグマ性 CO<sub>2</sub> の放出に関する調査を行った。調査は噴火活動終息後の 2001 年から 2004 年にかけて実施した。土壌からの CO<sub>2</sub> 放出量、土壌ガスの CO<sub>2</sub> 濃度、炭素同位体組成を 219 地点で測定し、マグマ成分の寄与率を炭素同位体を用いたマスバランスで計算した。

マグマ性 CO<sub>2</sub> は主として雲仙地溝の内側で検出された。半島の東西で CO<sub>2</sub> 放出の様式が大きく異なり、東側では面的に広い範囲でマグマ性 CO<sub>2</sub> の放出があり、地溝の外側へも寄与があるのに対して、西側ではピンポイント的に限定された地点で放出がある。この東西の違いは、雲仙火山の火口の位置、断層の活動度、堆積物の年代といった地質環境に関連すると思われる。断層については、断層帯をまたぐ方向に対してはマグマ性 CO<sub>2</sub> の移動を遮断するバリアとして機能するが、断層に沿った方向ではマグマ性 CO<sub>2</sub> の通路として機能すると考えられる。また、土壌を通じたマグマ性 CO<sub>2</sub> の放出は、噴火活動終息後の山頂噴気よりもずっと多いことがわかった。

#### 11-P-18

##### 雲仙火道掘削試料の石基結晶化過程

野口 聡<sup>1</sup>, 寅丸 敦志<sup>2</sup>, 中田 節也<sup>1</sup>

1. 東京大学地震研究所 / 日本

2. 九州大学理学研究院地球惑星科学専攻 / 日本

e-mail: snoguchi@eri.u-tokyo.ac.jp

2003 年 2 月から 2004 年 7 月まで行われた雲仙科学掘削プロジェクト 4 では、雲仙火山山体地下約 1.4km 深部の平成火道へ向けて火道掘削が行われた。その結果、雲仙火山山体では、400m にわたり、複数の新旧デーサイト岩脈からなる“火道領域”が存在することが明らかになった。火道領域中に認められる岩脈試料はすべて熱水変質作用を被っており、一部の斑晶が変質し、また石基組織が完晶質であり、石基ガラスが認められないという特徴を持つ。そこで本研究では、まず堆積時のマグマの上昇過程を理解する為に、岩脈の結晶組織解析と石基組成及び石基中の斜長石、カリ長石の鉱物組成の測定を行い、完晶質組織の成因と火道試料の石基結晶化過程について調べた。その結果、火道領域中の岩脈試料の石基組織は、マグマ中の水の析出に伴う結晶化 (decompression induced crystallization) と低圧部での再平衡結晶化 (annealing) の両方のプロセスで形成された事が明らか

になった。また、一部の岩脈試料は平成噴火噴出物と極めて類似した特徴を示すのに対し、大部分の火道試料は、平成噴火と異なる組織及び組成を示すことがわかった。発表では、内熱式ガス圧装置を用いた sub solidus 条件下での結晶化実験の結果を報告し、完晶質組織に要するタイムスケールと平成火道の可能性について議論する予定である。

## 11-P-19

### 雲仙普賢岳 1991 年 6 月 3 日火砕サージの特徴と防災上の意義

長井 大輔<sup>1</sup>

1. 九大・地震火山センター／日本

e-mail: nagaiman@sevo.kyushu-u.ac.jp

雲仙普賢岳で 43 名の犠牲を出した火砕サージの被害から 16 年が経た。同様な被害は近年も世界の火山で起こっており、サージの被害を事前予測することが防災上重要である。1991 年 6 月 3 日、火砕流が東山麓にある水無川の急崖に流れ落ちた。この時、北上木場にいた 43 名がサージの犠牲となった。その衝撃力は強く、分布軸では建物は土台から吹き飛び、樹木は根元から横倒しになっている。堆積物の厚さ僅か 2 mm の範囲でも、建物に重度の損傷が生じ、全ての人が死亡している。堆積物の分布や倒木に残る衝撃痕から、サージは水無川の急崖付近から広がったことが分かる。同様な特徴は、1991 年 6 月 8 日及び 9 月 15 日、1993 年 6 月 23 日にも確認できる。いずれも溶岩供給率が高く、新鮮な溶岩が大量に崩落した時に発生したものである。また、火砕流の流路にある地形障害を中心にサージの被害が生じる点でも共通性がみられる。サージの発生は、火砕流で運ばれてきた溶岩塊が地形障害に接する過程で、急激に粒子間の衝突と粉砕が促進され生じるものと解釈できる。今後、これらの事例をふまえた新しい災害予測システムを構築することが重要である。

## 11-P-20

### 雲仙火山下地殻の地震波速度構造

雑賀 敦<sup>1</sup>, 松本 聡<sup>1</sup>, 植平 賢司<sup>1</sup>, 馬越 孝道<sup>2</sup>, 松島 健<sup>1</sup>, 清水 洋<sup>1</sup>

1. 九大・地震火山センター／日本

2. 長崎大学環境学部／日本

e-mail: saiga@sevo.kyushu-u.ac.jp

1990 年に始まった雲仙普賢岳の噴火活動以降、九州大学ではマグマ供給システムの解明を目指してこの地域での地震観測を強化している。このデータを用いて地震波速度トモグラフィ解析を行い、詳細な 3 次元地震波速度構造の推定を行った。1996 年から 2005 年に発生した 1044 個の地震を雲仙地域とその周辺に展開されている 97 の観測点で観測したデータを用いて解析を行った。浅部(1km)では、雲仙普賢岳に地

震波速度の速い領域が見られた。これは 1990–1995 年の噴火で地下から上昇したマグマが冷えて固まったものを表していると考えられる。それより深部(6, 10km)では、島原半島の北部に地震波速度の速い領域が見られ、島原半島の西部や南東部に地震波速度の遅い領域が見られた。これらの地震波速度の速い領域、遅い領域は重力異常とよく対応している。雲仙普賢岳を通る南北、東西断面では、雲仙普賢岳下 5km 以深で地震波速度の遅い領域が西側に傾斜して分布しているのが見られた。この低速度域の端で地震が発生しており、またこの低速度域は地殻変動から推定された圧力源の位置に対応することから、この領域はマグマの通り道を表していると考えられる。

## 11-P-21

### 雲仙火山下の散乱体分布

渡邊 篤志<sup>1</sup>, 松本 聡<sup>2</sup>, 清水 洋<sup>2</sup>

1. 東京大学地震研究所／日本

2. 九州大学地震火山観測研究センター／日本

e-mail: atsushi@eri.u-tokyo.ac.jp

火山は温泉や地熱など様々な恩恵を我々に与えてくれる一方、噴火して甚大な災害をもたらすこともある。火山噴火の理解を進めるためには、その現象が発生する場である火山体の構造を知ることが重要である。特に、マグマの上昇経路である火道やマグマ溜まりの位置を把握することは、マグマ上昇過程の理解に必要な要素であるし、噴火準備過程や前兆現象を捉える観測網の配置を考える上で非常に重要な情報を与えてくれる。

我々は、地震アレイ解析により雲仙火山下の散乱体分布を明らかにした。解析には、2001 年に雲仙火山で実施された反射法地震探査で発振された信号を、探査測線から離れたところに設置されている九州大学地震火山観測研究センターの定常観測点で記録された波形を使用した。解析の結果、雲仙火山の直下及び西側に散乱体が検出され、その位置は地殻変動から推定されている圧力源とほぼ同位置に決定された。これらは、噴火直前に震源が千々石湾から雲仙岳に向かって移動した経路の途中に位置しており、マグマ溜まりを示しているものと考えられる。

## 11-P-22

### 雲仙岳の西側の山腹にある小浜地熱地域の数値および地球科学調査

Hakim Saibi<sup>1</sup>, Sachio Ehara<sup>1</sup>, Yasuhiro Fujimitsu<sup>1</sup>, Jun Nishijima<sup>1</sup>, Koichiro Fukuoka<sup>1</sup>

1. Univ. of Kyushu / Japan

e-mail: saibi-hakim@mine.kyushu-u.ac.jp

小浜地熱地域は九州(日本の南西部)の西側に位置する。小浜地熱地域を詳しく理解するために、重力と水文地球化学的結果を組み合わせた後、小浜地熱地域で数値シミュレーション手法を実施した。小浜地域では、貯留層は深さ約 1,000 m に存在する。この貯留層は鮮新世から第四紀の火山から構成される。小浜地熱地域は火山構造的陥没帯の中に位置する。貯留層の表面部は、冷たい海水の接触面と直接的な関係を持つ。表面には多くの表面的現象(間欠泉、温泉)が見られる。ほとんどの場合、地下水は降水起源である。しかしながら、小浜のこの地域の地下水は部分的に海洋水である。熱源はマグマ性と考えられている。地熱貯留層の温度は約 200° C-250° C である。小浜地熱地域概念モデルが、当の地熱地域に関する現在の地質学、水文学、化学知識に基づき提示された。このモデルは、当の地熱地域の中央部が過渡状態では、小浜地熱地域の断層と連結する深度において地熱流体の熱い上向流(400 kJ/kg のエンタルピーおよび 30 kg/s の質量流)と、東から異なるレベルにおいて侵入する降水および冷たい地下水のさらに大きな直交下向流にさらされていることを示している。シミュレーションの結果から、高いエンタルピーの側方流入が観察されている。これはモデル化された地域に東から侵入している。この超高温の蒸気流は、3,200 kJ/kg という高いエンタルピーと 300 kg/s という質量流を特徴としており、比較的浅いマグマと関連しているとされる。2つの熱源からの熱流束の推定値は 1,010 MW 前後である。小浜地熱地域はさまざまな種類の地熱エネルギーの利用のために、これまでよりもはるかに活用される可能性を持つ。

## 11-P-23

### 雲仙岳の自然電位変動

橋本 武志<sup>1</sup>

1. 北海道大学大学院理学研究院／日本

e-mail: hasimoto@uvo.sci.hokudai.ac.jp

噴気地帯や活動的火山口の周辺で自然電位の高電位異常が見られることはよく知られている。その原因には諸説があるが、地下の熱水流動に伴う流動電位が主要な原因であると考えられている。そのため、噴火に伴って自然電位に変化が生じることが期待される。著者は、噴火活動に伴う熱水系の発達過程を捉えることを目的として、雲仙岳の山頂域で 1991 年から繰り返し測定による自然電位のモニタリングを続けている。雲仙岳では実際に 1991 年の溶岩ドーム出現に先だって、ドームの南西側で自然電位の急激な上昇が観測された(Hashimoto and Tanaka, 1995; Hashimoto, 1997)。噴火直後の調査によって、平成溶岩ドームの電位は、噴火前の最高峰であった普賢岳に対してほぼ 1V の高電位となっているほか、山頂域を形作っている馬蹄形カルデラ(妙見カルデラ)の底部でも相対的に高電位となっていることがわかったが、その基本的パターンは現在も維持されたままである。この特徴的な電位分布の形成には、マグマの貫入に伴って熱水対流系が駆動されたことに加えて、平成溶岩ドームの火道域周辺の電気伝導度が大きく変化したことが関与していると考えられる。

その後の継続的調査によって、自然電位は噴火終息後も数年間顕著な変動を続けたことが明らかになったが、1997 年頃から多くの地点で電位の低下が見られるようになった。この低下傾向も 2000 年頃には大略停止し、現在は平成ドームの北西側でのみ電位低下が続いている。マグマが上昇してきたと考えられている平成ドームの西側では、噴火の直前に電位が非常に高くなっていたと推測され、現在はその異常が消滅する過程にあるものと考えられる。

## 11-P-24

### ジルコンのウラン系列非平衡年代決定:雲仙火山での試み

稲垣 有香<sup>1</sup>, 長谷部 徳子<sup>2</sup>, 石原 崇<sup>1</sup>, 荒井 章司<sup>1</sup>

1. 金沢大学理学部地球学教室／日本

2. 金沢大学環日本海域環境研究センター／日本

e-mail: hasebe@kenroku.kanazawa-u.ac.jp

雲仙火山から採取した岩石に鉱物分離を施し、ジルコンを抽出した。金沢大学に設置された LA-ICP-MS を利用して、ウラン系列非平衡年代が可能であるか試みた。U<sup>238</sup> と Th<sup>230</sup> 濃度を NIST610 ガラスを外部標準試料、Si<sup>29</sup> を内部標準同位体として測定した。特に濃度の低い Th<sup>230</sup> の測定のために、レーザー照射の条件を吟味して実験を行ったところ、有意なシグナルを得ることができた。初期 Th<sup>230</sup> の混入量を、ジルコンの U<sup>238</sup> 濃度と、ジルコン及び火山ガラスの Th<sup>232</sup>/U<sup>238</sup> 比を利用して見積もり、年代を計算した。その結果、平成の活動で噴出した岩石にも関わらず、抽出したジルコンには 1 万年より古いものがあり(10-400 ka)、これらの火山活動はそれ以前から続くマグマ形成活動の結果であることが示された。

## 11-P-25

### デイサイト溶岩ドームの活動に伴うマグマ水蒸気爆発とブロックアンドアッシュフロー:両子火山群岡ノ岳溶岩ドームの例

堀川 義之<sup>1</sup>, 永尾 隆志<sup>1</sup>

1. 山口大学大学院理工学研究科／日本

e-mail: j014vd@yamaguchi-u.ac.jp

大分県国東半島には前期更新世に活動した両子火山群が広く分布し、半島中央部には両子火山群の末期に活動した岡ノ岳溶岩ドーム(黒雲母角閃石デイサイト)がある。今研究では岡ノ岳溶岩ドームの活動に伴う火山噴出物を調査し、以下のようなことが判明した。活動初期の噴出物は、岡ノ岳の北西方向の火山礫凝灰岩層で層厚 70m 以上堆積している。火山礫凝灰岩層は約 30 枚のフローユニットからなり、下位では基盤の礫を多量に含み上位では黒雲母角閃石デイサイト礫が主体となる。また、火砕サージ堆積物に見られるようなインパクト構造や斜交葉理が見られる層がある。これらは火山ガラスをほとんど含まないことから、高温のデイサイト溶岩が水と接

触し爆発したものと考えられる。このような爆発は広義のマグマ水蒸気爆発であると考えられるが、デイサイト溶岩ドームの上昇に伴うこのような活動はあまり報告がない。その活動の後、岡ノ岳溶岩ドームが成長していき、火山礫凝灰岩層の上位に層厚5mの溶岩ドーム崩壊型のブロックアンドアッシュフローを堆積させた。そして、火山礫凝灰岩層に数本の岩脈(黒雲母角閃石デイサイト)が貫入し、火山活動は終了したと考えられる。

## 11-P-26

GRP で明らかになった、メラピ火山(インドネシア)における火砕流堆積物の累積堆積構造

Gomez Christopher<sup>1</sup>, Lespinasse Nicolas<sup>2</sup>, Lavigne Franck<sup>2</sup>

1. Lab. de Geo. Physique Pierre Birot CNRS UMR 9591; Univ. Paris 7 D. Diderot / France

2. Lab. de Geo. Physique Pierre Birot CNRS UMR9591 / France

e-mail: Christopher.Gomez@cnsr-belleveue.fr

火砕流堆積物の構造の現地研究は遅れており、大半の場合、露頭の外観もしくは露頭と地球物理学的調査の結果との比較に頼るしかない。目で確認できない、これらの内部構造を評価するため、インドネシアのメラピ火山南側山腹において、最近の2006年の噴火中に、地中レーダー(GPR)を用いて火砕流堆積物の調査を実施した。今回の現地調査では、50Mhz、100Mhz および 500MHz のアンテナを使い、ソフトウェアのReflex® でデータ処理を行った。この調査の結果、堆積物の構成は累積堆積によって形成され、層がお互いに重なり合っていることが明らかになった。GPRの断面図から、前の火砕流堆積物が、今回の火砕流堆積物によって覆われ、侵食されていることをわかった。GPRの断面図で堆積物の正確な基底部が確認できるため、堆積プロセス前に生じた可能性のある、以前の侵食プロセスを踏まえて、火砕流堆積物の体積をかなり正確に計算できた。このように、GPR調査は、目視できない場合に、火砕流堆積物の構造と体積の把握を手助けする貴重なツール、かつ、噴火前に精密な地質調査ならびに GPR調査を実施すれば侵食の可能性を測定する手段にもなり得る。

## 11-P-27

三次元地形を考慮した火砕流のシミュレーションモデル

大澤 範一<sup>1</sup>, 福嶋 祐介<sup>2</sup>

1. 株式会社 東京建設コンサルタント/日本

2. 長岡技術科学大学/日本

e-mail: ohsawa-n@tokencon.co.jp

固体粒子と気体の混在した流れは固気二相流と呼ばれ、自然界においても様々な現象が観測される。火砕流はその

代表的なもののひとつであり、噴火などによって巻上げられた火砕物(火山灰や火山礫など)が高温の空気とともに斜面を流れ下る現象である。日本は国土に多くの活火山を有し、火砕流によって被災する可能性のある地域が多々存在する。1990年に噴火した長崎県の雲仙普賢岳では火砕流が頻発し、1991年6月に発生した火砕流では報道関係者を含む43名が犠牲になった。このような火砕流による被害を防止するためには、シミュレーションモデルの開発が重要である。数値解析により火砕流の運動特性を把握できれば、ハザードマップの作成や防御施設の設計へ反映させることが期待できる。本研究では、流体力学的な手法により導き出された基礎方程式を用いた火砕流の運動モデルを構築した。本シミュレーションモデルは、速度などの主要な条件の他に、三次元地形メッシュデータを入力データとして与えることで、任意の発生点からの火砕流の流下経路や流動幅を解析できる。この運動モデルに、雲仙普賢岳の地形データを与え実際に数値解析を行った。

## 11-P-28

マヨン火山、2006年溶岩上に点在するメラピ型火砕流堆積物ブロックの特徴

小林 哲夫<sup>1</sup>, Mirabueno Ma. Hannah T.<sup>2</sup>

1. 鹿児島大学/日本

2. 鹿児島大学・PHIVOLCS/フィリピン

e-mail: koba@sci.kagoshima-u.ac.jp

メラピ型火砕流は、溶岩ドームの側面あるいは溶岩流の先端部が、爆発を伴わず崩落することにより発生する。溶岩流の崩壊によって生ずる火砕流は、その近傍に堆積することが多い。我々はマヨン火山の2006年溶岩の表面で、メラピ型火砕流堆積物を見出した。

メラピ型火砕流堆積物は、2006年溶岩の表面に、2mほどの大きさの岩塊あるいは小さな突出岩体として散在している。やや焼結している点を除けば、堆積物は淘汰が悪く、層構造が欠如し、分布が狭いなど、通常のメラピ型火砕流堆積物の特徴を有している。堆積物を構成する岩片は比較的緻密で、円磨した巨礫〜ラピリーであり、基質部は粗粒火山灰からなる。

代表的なサンプルの粒度特性は、最も粗粒な部分(-4φ)に1つのピークをもち、その他の部分は粗粒・細粒火山灰が一樣に存在している。この粒度特性は、ほぼメラピ型火砕流堆積物に類似しているといえる。

2006年噴火のビデオや写真によれば、流出した溶岩が火口の下で分離・破碎され、その部分から火砕流が発生していることがわかる。堆積物はまだ流動中の溶岩の表面に定置したもので、その一部は火口から7kmも離れた溶岩流の先端付近まで運ばれている。

## 11-P-29

## メラピ火山(ジャワ島, インドネシア)の 2006 年の噴火の岩塊火山灰流堆積物

Ralf Gertisser<sup>1</sup>, Sylvain Charbonnier<sup>1</sup>

1. School of Physical and Geographical Sciences, Keele University / United Kingdom

e-mail: r.gertisser@esci.keele.ac.uk

メラピ山の 2006 年 5 月 -6 月の噴火による一連の手つかずの岩塊火山灰流(block-and-ash flow)堆積物は、約 2 ヶ月の期間に生じた小容量の火砕流の珍しい記録となっている。付随する堆積物は、少なくとも 10 の重複ロープを形成し、当の火山の南側の山腹にある山頂から ~7 km のゲンドル川谷に達する。これらの堆積物は、6 月 14 日の大規模なドーム崩壊事象の最中と後に発生した連続的な火砕流の記録である。6 月 14 日の持続的なドーム崩壊によって、単一パルス(6 月 14 日後の事象)と多重パルスのいずれの火砕流も発生したことが確認されており、堆積物は(1)主要のゲンドル川谷における谷に閉じ込められた基底なだれ堆積物、(2)基底なだれ堆積物の一部が河間地域に向かって横方向に広がり、後に周辺の川谷に水路を通じて運ばれた「はんらん」堆積物、(3)谷の縁に沿った希釈灰雲サージ堆積物、の 3 種類に区別されている。異なるロープの堆積物の表面粒子群集分析を行なうと、近傍相から遠方相に至るまで、主たる岩質の成分の存在度に偏差があることが明らかになる。加えて、堆積物の分布、表面形態、および岩質の偏差は、異なる火砕流の運搬と堆積の様態の多様性と強い関係がある。6 月 14 日に発生した最大の岩塊火山灰流の最低温度は、基底なだれについては ~400° C、その上の灰雲については ~165° C と幅がある。推測される流速は、基底なだれについては 44 m/s-14m/s、灰雲サージについては 63 m/s-24 m/s と幅がある。近接する川谷に水路を通じて再び運搬される可能性と、主要な基底なだれの流れ方向に対して高角度で流れる可能性があることから、「はんらん」流は岩塊火山灰流系のうち最も危険な部分と見なされている。メラピ山における将来の火砕流の危険性を評価する際には、流体の運搬と堆積の最中に「はんらん」流の発展につながる条件を考慮に入れなければならない。

### 11-P-30

#### 三瓶火砕流における粒子配列と流動方向

郡 彦彦<sup>1</sup>, 鎌田 桂子<sup>2</sup>, 土山 明<sup>3</sup>, 下司 信夫<sup>4</sup>, 鹿野 和彦<sup>4</sup>

1. 神戸大学大学院自然科学研究科/日本

2. 神戸大学大学院理学研究科/日本

3. 大阪大学大学院理学研究科/日本

4. 産業技術総合研究所/日本

e-mail: kamata@kobe-u.ac.jp

火砕流の流動方向を異なる手法により測定、比較した。約 3 万年前にカルデラ形成を伴って発生した三瓶火砕流堆積物(10km<sup>3</sup>)を対象に結晶・石質岩片の伸長軸卓越方向と帯

磁率異方性(AMS)を測定した。薄片内で 1mm 以上の粒子について測定した伸長軸卓越方向は、約 6 割の地点で有意な流動方向を示し、カルデラからの方位、谷地形方向、露頭斜面の傾斜方向から予想される火砕流の流動方向と一致した。薄片内の伸長軸卓越方向に平行な垂直断面の X 線 CT 画像からは流れの方向を示す軽石・石質岩片のインブリケーションが確認された。一方、AMS から求めた流動方向は、いずれの地点でも薄片から求めた伸長軸方向とは異なった。AMS 試料を撮影した三次元 X 線 CT 画像は、AMS によって求められた伸長軸方向が、AMS 試料中の粒子の伸長軸方向と一致することを示した。1mm 以上の粒径を測定した薄片内の伸長軸卓越方向やインブリケーションは重力による火砕流の流動方向を示すが、AMS による 1mm 以下の細粒粒子の示す方向は、同一堆積面上にあるにもかかわらず、異なる方向を示して居り、その方向は明らかに細粒粒子の長軸方向を示す。これらの流動方向の違いは、細粒粒子に重力以外の力が働く可能性を示唆する。

### 11-P-31

#### 岩塊火山灰流(block-and-ash flow)の流入リスクを負う地域の客観的な迅速描写

C. Widiwijayanti<sup>1</sup>, Barry Voight<sup>1</sup>, D. Hidayat<sup>1</sup>

1. Dept. Geosciences, Penn State University, University Park PA 16802 / USA

e-mail: Voight@ems.psu.edu

火砕流(PF)災害の評価は、多くの場合、PF やサージ堆積物のマッピング、流入限度の推定、及び／又は様々な洗練度のコンピュータ・モデルが基本となる。これらの手法は限定的であることが多く、それは露出が乏しいことや、動的パラメータに関する不確実性が大きいことが背景にある。火山性の危機の際はハザードマップが切に必要であるが、限られた時間、露出、あるいは安全面が現場作業を阻害するおそれがあり、信頼できる動的シミュレーションに利用可能な時間あるいは基礎データは不十分である。我々は Iverson, Schilling and Vallance(1998)を踏襲し、PF 流入の可能性のある地域を推定するため、多数の火山からのデータを用いて校正した、統計的に制約されるPF向けシミュレーションモデルを開発した。岩塊火山灰流向けの予測方程式は  $A = (0.05-0.1)V^{2/3}$ ,  $B = (35-40)V^{2/3}$  で示され、ただし A は流入断面積、B は平面面積を表す。比例係数は、統計分析と、マッピングされた堆積物に対するシミュレーションの比較を基に取得した。この手法では、シリングの LAHARZ プログラム(1998 年)を用いて、DEM トポグラフィを併用する GIS プログラムに予測方程式を組み込んでいる。この手法は客観的かつ再現可能であるが、然るべく計算された火砕流による被災ゾーンはいずれも単に大まかなガイドと見なすべきであり、それは個々の PF, DEM の詳細、火砕流の流量に関する平均係数の不確実性が理由である。階調的なネスト表示のハザードマップは、ある意味、こうした類の不確実性を反映する。このモデルは、重要となり得る力学面を明示的に考察するものではない。サージの影響は PF

ハザードゾーンを超えて拡大適用されなければならず、我々  
はこれを実行するにあたり様々なアプローチを模索した。この  
手法は、2度の危機、即ち2006年のメラピと2006年-2007年  
のモンセラートにおいてPFハザードマップを素早く提供する  
ために用いられた。また我々は、自前のPF<sub>2</sub>マップ(C・ニュー  
ホールが作った用語を使用)を、最近の実際のPF堆積物や、  
他の様々なモデル技法によって作成されたマップと比較した。  
NSFは支持している。

## 11-P-32

### 新島向山火山、羽伏浦火砕流の堆積温度の推定

中岡 礼奈<sup>1</sup>, 鎌田 桂子<sup>1</sup>

1. 神戸大学大学院理学研究科/日本

e-mail: 071s414s@stu.kobe-u.ac.jp

マグマ水蒸気爆発に伴って発生する火砕流や火砕サージの  
温度に関する情報は乏しい。新島向山火山 886 年噴火は、  
浅海域で始まり、初期のマグマ水蒸気爆発により羽伏浦火砕  
流を新島南部に噴出した。分布遠方でもアンティデューン構  
造が確認されることは、この火砕流が高速であったことを示唆  
する。羽伏浦火砕流の堆積温度を推定するために熱残留磁  
化を測定した。磁化測定用試料は9つのフローユニットから本  
質岩片を、5 フローユニットから外来岩片を採取し段階熱消  
磁実験を行った。全ての試料で、当時の磁場方向に平行な  
磁化成分は得られず、最大ブロッキング温度以上の高温で堆  
積しなかったと推測できるが、外来岩片からは200-350°Cの  
堆積温度が得られた。本質岩片については、安定した磁化成  
分が得られず、消磁温度毎に磁化ベクトルの方向が変わること  
から、流動中に冷却が進行したと考えられる。外来岩片につ  
いては、2成分が得られ、常温から200-350°Cまでの低温  
成分の部分熱残留磁化方位は堆積当時の磁場方向を示して  
いる。これは、噴火前は基盤岩であった岩石が、噴火によっ  
て火道を通る本質物質に加熱され、200-350°Cの温度を保持  
したまま堆積したためと考えられる。

## 11-P-33

### 霧島、御鉢火山におけるアグルチネートの起源

筒井 正明<sup>1</sup>, 小林 哲夫<sup>2</sup>

1. (株)ダイヤコンサルタント/日本

2. 鹿児島大学理学部/日本

e-mail: m.tsutsui@diaconsult.co.jp

御鉢は、およそ600km<sup>2</sup>の地域を占める霧島火山群の南東部  
に位置する、活動的な小型の成層火山である。山体と比較し  
て大きな火口を有し、火口壁では御鉢の山体のほとんどが、  
一部アグルチネートとなる厚いテフラ累層から構成されてい  
るのが観察できる。また、山麓では少なくとも15層の御鉢起源  
のテフラが識別できる。

山麓と山体の噴出物の対比によって、山体の大部分は2回  
の準プリニー式噴火によって形成されていることが明確となっ  
た。このことは、御鉢の山体は比較的大規模な準プリニー式  
噴火(10<sup>7</sup>m<sup>3</sup>~10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> オーダー)によって形成されており、ストロ  
ンボリ式噴火、ブルカノ式噴火、比較的小規模な準プリニー  
式噴火は山体の上方への成長に寄与していないことを示唆  
する。

御鉢における野外での調査結果や山体を構成するテフラの  
粒度特性等から、火口近傍の厚いアグルチネートは、準プリ  
ニー式噴火に伴う火砕流(噴煙柱周縁部の小規模な崩壊、も  
しくは火口から直接溢れ出して形成された小規模な火砕流)  
を起源とすることを確認した。すなわち、アグルチネートは、火  
砕流堆積物の火口近傍層である。火口近傍の火砕流堆積物  
は、運搬される間の熱損失が少ないことから溶結することが容  
易である。それゆえ、比較的大規模な準プリニー式噴火に伴  
う火砕流のような急速な火砕物の累積は、アグルチネートを  
形成するために最も重要なプロセスである。他火山において  
も、準プリニー式噴火を伴うこと、山麓に同層準の火砕流が分  
布することが、アグルチネートの起源が火砕流堆積物であるこ  
とを判断する有効な材料となることを示す。

## 11-P-34

### モンセラートにおける、TITAN2D を用いた危機評価向けの溶 岩ドーム崩落型火砕流のモデル化

C. Widiwijayanti<sup>1</sup>, D. Hidayat, B. Voight<sup>1</sup>, A. Patra<sup>2</sup>,  
E.B. Pitman<sup>3</sup>

1. Dept. Geosciences, Penn State University, University Park PA  
16802 / USA

2. Dept. Mechanical & Aerospace Eng., University of Buffalo,  
Buffalo NY / USA

3. Dept. Mathematics, University of Buffalo, Buffalo NY / USA

e-mail: voight@ems.psu.edu

火砕流は20世紀に幾万もの死者を出し、それは1つには  
ハザードマップがなかったことが原因である。この問題の解決  
に向け、我々はモデルコード TITAN2D の試験を行い(Patra  
et al., 2004), アウトプットをモンセラート島のスーフリエール  
ヒルズ火山から得た独自のデータベースと比較し、危機評価  
に利用した。TITAN-2D は粒子流に関する平板(map plane)  
均一深度(depth averaged)シミュレータであり、DEM 上の質  
量分布を取得するものである。2つのクーロン摩擦パラメータ  
が挙動を制御し、小さい容積の流量に基づくモンセラートの  
較正は、7° から 17° の間の底部摩擦を示す。流量(2 Mm<sup>3</sup>  
から 40 Mm<sup>3</sup>), 底部摩擦(5° -12°), 見掛け上の内部摩擦  
(15° -25°)を併用し、数十回のシミュレーションが実行され  
た。利点は、流れの動力学が把握されることで、それによって  
流れの力学がフレームからフレーム、あるいは動画として空間  
的に検証可能である。詳しい話は単に最終的な堆積物マップ  
にあるわけではなく、ハザードマップには最終的な堆積物だ  
けでなく、堆積以前に移動する岩屑によって埋没する地域も  
包含すべきである。TITAN2D によるシミュレーションは、2007

年の1月から3月にかけての危機の分析に重要であったが、それは北西の斜面に放出される大きな質量が、局所的な地形ゆえに強く分割されるであろうということをシミュレーションが示したからである。そのシミュレーションは、ベルハム川の大規模な流れ(20 Mm<sup>3</sup> 超)が生じる可能性があることを疑わしくし、それは崩壊した質量の大半が北と東へ分割されることが理由であった。これが流走(runout)を制限した。さらに、このシミュレーションでは、分割された質量によって生じるサージの多くが早期に放出され、住民のいるベルハムへ下るのではなく、むしろ北東から北北西へ移動すると予想されることを示唆した。これらの効果は、下方の低地のサージリスク(surge risk)を大幅に軽減するものと解釈された。本研究は、理解の向上とこの手法を災害現象への応用向けにさらに効果的なものとするコンピュータ・コードの拡充を推進している。本研究は NSF の支持を受けている。

### 11-P-35

弱い噴煙柱や PDC 火山灰雲からの火山灰の分散:イタリア中部・南部におけるハザードの過小評価

Roberto Sulpizio<sup>1</sup>, Giovanni Zanchetta<sup>2</sup>, Mauro A. Di Vito<sup>3</sup>, Biagio Giaccio<sup>4</sup>, Daniela Mele<sup>1</sup>, Martine Paterne<sup>5</sup>, Giuseppe Siani<sup>6</sup>, Benoit Caron<sup>2</sup>, Sabine Wulf<sup>7</sup>, Roberto Santacroce<sup>2</sup>

1. Dipartimento Geomineralogico, Univ. of Bari / Italy
  2. Dipartimento di Scienze della Terra, Univ. of Pisa / Italy
  3. INGV-Osservatorio Vesuviano / Italy
  4. IGAG-CNR / Italy
  5. LSCE-CNRS / France
  6. Lab. IDES, Univ. Paris XI / France
- e-mail: sulpizio@dst.unipi.it, r.sulpizio@geomun.uniba.it

火山灰は、爆発噴火時のマグマあるいはマグマ水蒸気の激しい破碎の結果生じる。大気中へ放出された後、火山灰は対流性の噴煙柱や傘状の雲の形で分散し、これは重力や風速の複合的な影響を受ける、あるいは火砕物の混濁流となって地上付近へ運ばれる。大気中に長時間残留すると、低高度の風が、細粒の火山灰の分散挙動に重要な役割を果たすようになる。火山灰の蓄積は屋根の崩壊、ライフラインへの障害、空港の閉鎖、通信回線や送電線へのノイズの原因となり得る。大気中への火山灰の放出は、航空機に損害を与えたり、あるいは呼吸器障害を引き起こし公衆衛生に影響を与える可能性がある。火山灰が堆積すると土壌の浸透性が低下し、表面流出が増大し、洪水を促進する。火山灰の浸出液は水資源の汚染や、農地及び森林への損害を招き、牧草や家畜の健康に影響を及ぼし、水界生態系を侵害し、海底の地球科学的環境を変えてしまう可能性がある。細粒の火山灰が環境やインフラストラクチャに及ぼす影響に関する理解は、近年多少進歩してきたものの、細粒の火山灰の分散力学については依然として理解に乏しく、付随する災害への配慮はまだ対応が不十分で、緩和計画に盛り込まれているわけでもない。これは特にイタリア南部の活火山について言えることで、過去の爆

発噴火による堆積物は、イタリア中部・南部の大部分に分散した。多くの場合、この火山灰は準プリニー式噴火の間、あるいはプリニー式噴火の最後のブルカノ式の段階で生成されたもので、このため、中規模の噴火による灰の広い地域への分散に直面することを余儀なくされている。一例として、我々はソマーベスピオに由来するアペリノ及びAP3の噴火による火山灰の分散に関するデータについて発表及び議論するが、この噴火では発生源から南へ300 km、北へ600 kmの範囲をはるかに越えて火山灰が分散し、センチメートル単位の厚さで一面を覆った。

### 11-P-36

GEO Gridシステムによる火山重力流シミュレーション: 次世代ハザードマップのための試み

宝田 晋治<sup>1</sup>, 児玉 信介<sup>2</sup>, 山本 直孝<sup>2</sup>, 中村 良介<sup>2</sup>, 在岡 麻衣<sup>2</sup>, 山本 浩万<sup>2</sup>, 中野 司<sup>1</sup>

1. 産総研地質調査総合センター／日本
  2. 産総研グリッド研究センター／日本
- e-mail: s-takarada@aist.go.jp

産総研では、地質情報とグリッド技術を融合させた GEO (Global Earth Observation) Grid プロジェクトを進めている。GEO Grid プロジェクトの一つに、火山災害軽減を目的とした、ASTER 高精度標高データ(15m 精度)にもとづく火砕流コンピュータシミュレーションがある。

火山災害の軽減のため、全国の主要な活火山では、紙ベースの火山防災マップ(ハザードマップ)が作成されている。次世代ハザードマップとして、地理情報システム(GIS)を用いた各種データの重ね合わせ機能や、現地での状況に応じて対応できるリアルタイムハザードマップが必要とされている。

GEO Grid の火砕流シミュレーションでは、エナジーコンモデルによるシミュレーションを Web ブラウザ上で行うことができる。このシミュレーションは、地点を指定し、噴煙柱高度と火砕流の等価摩擦係数の2つのパラメータを入力するだけで火砕流がエネルギー的に到達しうる範囲を評価することが可能である。現時点では、メラピ火山、雲仙火山などの14つの火山でシミュレーションを実行できる(<http://www.geogrid.org/gridsphere>)。噴火の最中でも、地球観測衛星で新たに観測を行えば、火山活動の状況に応じて、常に最新の地形データを使用することができる。さらに、10秒〜3分程度と短時間で処理を行うことが可能である。本シミュレーションは、火砕流に限らず、岩屑なだれ、地すべりなど様々な火山災害、地質災害に応用できる。世界中の研究者、防災担当者が、いつでも世界中のどの火山でも使用することが可能になる。今後は、溶岩流のシミュレーションや、粒子流モデル等によるより高精度なシミュレーションを実装する予定である。

### 11-P-37

大洋島火山における噴火に誘発された更新世の巨大地滑

リ:最近発見されたテネリフェ島の陸上の岩屑なだれ堆積物からの証拠

Pablo Davila-Harris<sup>1</sup>, Michael J. Branney<sup>1</sup>, Michael Storey<sup>2</sup>

1. Dep. of Geology, Univ. of Leicester / United Kingdom

2. QUAD-Lab, Univ. of Roskilde / Denmark

e-mail: pd67@le.ac.uk

テネリフェ島のラス・カニャダス(Las Cañadas)火山の側面の70 km<sup>2</sup>以上を覆う巨大な岩屑なだれ堆積物が発見された。この陸上の流走距離は15 kmを超え、これよりもさらに広範囲に広がる沖合いの堆積物の一部分と考えられている。ラス・カニャダスにおける唯一のよく露呈した陸上の岩屑なだれ堆積物であり、噴火の原因をよく記録している。土壌に挟まれた単一の噴火ユニットは、始めフォノライト質の火砕流を発生し、その直後に山体崩壊が起こった結果、流れ山地形を伴う厚さ50 mの岩屑なだれ堆積物ができ、直上のフォノライト質イグニンプライトが流れ山のくぼ地に堆積したことを記録している。噴火後の堆積物は、流れ山に堰き止められた一時的なせき止め湖を記録している。地滑り堆積物は、(1)剪断され広範囲に粉砕されているものの一体になっており、大きさは数 cm から20 m以上で、流れ方向に向かって引き伸ばされ、源に近づくにつれ減少しているさまざまな岩質の岩盤の岩塊相、および(2)さまざまな岩質からなり、淘汰が悪く、堆積物のほとんどのレベルで存在し、通常は岩塊相を囲む角礫岩の基質相から構成されている。この野外観察事実から、岩屑なだれは主に地すべり状に流走しており、比較的一体化した岩体の塑性変形が起こり、粒子流的な混合や摩擦・侵食はほとんど無い流れであったことがわかる。その一部は土石流に移行した。この巨大な地滑りは、堆積の時点で明らかに高温であった、サンディンを帯びたフォノライトの本質岩塊を含んでいるため、正確に年代測定をすることができる。この本質岩塊は、流体テクスチャ、貫入後に冷却された柱状節理のある縁、局地的に焼かれた石基があり、ジグソーパズルは見られない。これらの岩塊、およびそれよりも上層と下層においてこれらを含む同じ組成のイグニンプライト中の同一の本質岩塊からは、誤差内の約731 ± 6 kaというAr/Ar年代が獲得された。これらの岩塊の堆積温度を決定する熱残留磁化(TRM)研究は、現在進行中である。マグマの貫入による崩壊は、1997年のBoxing Day(12月26日)のモンセラートにおけるこれよりもはるかに小規模の岩屑なだれと類似していたと考えられる。

11-P-38

阿蘇火山の考古遺跡で発見された小規模な岩屑なだれ堆積物

宮縁 育夫<sup>1</sup>, 渡辺 一徳<sup>2</sup>, 岡本 真也<sup>3</sup>

1. 森林総合研究所九州支所/日本

2. 熊本大学教育学部/日本

3. 熊本県教育庁文化課/日本

e-mail: yasuo@affrc.go.jp

阿蘇火山中央火口丘群西部の遺跡発掘現場において岩屑なだれ堆積物が発見され、濁川岩屑なだれ堆積物と命名された。その堆積物は濁川左岸に段丘地形を形成しており、最大層厚は3 mである。いずれの地点においても、この堆積物は粘土〜シルト質の細粒物質によって構成されており、火山灰層や土壌層からなる岩屑なだれブロック(最大径3.7 m)を多量に含んでいる。そのブロックは著しく塑性変形を受けていることが特徴である。また、石質岩片が基底から0.5 m付近に集中している。さらに、堆積物基底には大径の岩片に乏しい部分があり、流送中に取り込んだとみられる土壌ブロックや木片が含まれている。こうした堆積構造はプラグフロー・モデルによって本堆積物が流送されたことを支持している。今回、堆積物中に含まれる木片から2,230 ± 30 年前という<sup>14</sup>C年代が得られ、これは紀元前400〜100年に相当する。この年代は堆積物直下の遺物の年代(紀元前300年〜西暦300年の弥生時代)とも調和している。今回発見された岩屑なだれ堆積物は先史時代の火山災害を記録するものであり、この地域の火山防災対策に重要な問題を提起している。

11-P-39

中央アメリカにおける大容量の火山体崩壊と付随するハザード

Lee Siebert<sup>1</sup>, Guillermo E. Alvarado<sup>2</sup>, James W. Vallance<sup>3</sup>, Benjamin van Wyk de Vries<sup>4</sup>

1. Smithsonian Institution, Global Volcanism Program / USA

2. Sismologia y Vulcanologia, ICE / Costa Rica

3. U.S. Geological Survey, Cascades Volcano Observatory / USA

4. Lab. Magmas et Volcans, OPGC, Universite Blaise Pascal, Clermont-Ferrand / France

e-mail: siebertl@si.edu

中央アメリカではこれまでのところ、山体崩壊現象はほとんど注目を集めてこなかったが、この火山弧においては約40の火山から、大規模な崩壊事象(0.1 cu. km以上)が判明もしくは推測されている。重力崩壊にさらされる火山は、その西端と東端に集中している。崩壊は火山の高度、基質の高度、山体の高さ、火山の容積、および地殻の厚さと正の相関があり、スラブの降下角と負の相関がある。崩壊の方向性は、下にある基盤体の傾斜の方向によって大きく影響され、従ってその末端では弧に対して圧倒的に垂直(優先的に南向き)で、弧の中心ではさらに変動的な崩壊の方向性を示す。堆積物の正確な年代測定が不足していることから、中央アメリカにおける崩壊事象の頻度は十分に限定されていないが、完新世については約1,000年-2,000年の崩壊間隔が推定されている。幸い、このような大きな衝撃をもたらす事象が発生する頻度は低いが、中央アメリカの火山は当の地域の最大都市の一部を含む人口集中地に近接しているため、そのハザードの評価が必要不可欠である。主たるリスクは、非常に流動性の高い岩屑なだれと付随するラハールによるもので、これは中央アメリカにおいて原因火山から約50 km離れた現在人の住む地

域に影響を及ぼした経緯がある。これよりも確率の低い火山体崩壊に付随するリスクは、外側方に向かう爆発と津波によるものである。この後者の主たるハザードは、岩屑なだれが天然湖もしくは人造湖に流れ込む潜在的影響に起因する。中央アメリカにおける岩屑なだれ堆積物を特定、記述する作業はまだ多く残されており、崩壊の可能性のある現場の特定と崩壊をしていない火山の安定性の評価・監視は、今後 10 年間における主要な課題である。

#### 11-P-40

ペリエ堆積物(フランス, マッシフセントラル山地): 土石流と火山性岩屑なだれ堆積物を区別する方法の好例

**Benjamin Bernard<sup>1</sup>, Benjamin van Wyk de Vries<sup>1</sup>, Herve Leyrit<sup>2</sup>**

1. Laboratoire Magmas et Volcans, CNRS UMR 6524, Clermont-Ferrand / France
  2. Institut Polytechnique Lasalle Beauvais, Departement Geosciences, Beauvais / France
- e-mail: b.bernard@opgc.univ-bpclermont.fr

土石流と岩屑なだれ堆積物(DAD)の区別は火山災害評価の際に極めて重要である。なぜなら、両者の成因、発生頻度、環境への影響が同一ではないからである。両者の区別を可能とする特徴はいくつかあり、例えば、DAD では丘の多い地形(hummocky topography)やジグソー割れ目の存在、土石流では平滑な表面や岩屑なだれブロック(debris avalanche blocks)の欠如などがある。とは言え、多数の例が依然として、露頭の質あるいは堆積物の複雑性を背景に、意見の分かれるところである。

ペリエ(Perrier)では、河成層で区分される4つのユニットが、土石流堆積物、あるいは約 2Ma のモン・ドール火山の崩壊に対比される DAD のいずれかであると解釈されている。これらはすべて、砂質シルト支持(sandy-silty matrix supported)の岩相で小さな空隙があり、や、土石流堆積物の特徴と言えるほぼ平坦な上面を示している。ユニット 1 及び 4 は、特徴として、ジグソー割れ目の入ったブロックや基質部分の注入(matrix injections)、引き延ばされた堆積物など、DAD の特徴も示している。それでも、ユニット 1 では大きなメガブロック(10 m<sup>3</sup> 超)を欠き、均一な基質、空隙の含有量やサイズの上方への増大が見られる。対照的に、ユニット 4 では底部付近に大きなメガブロック(最大 20,000 m<sup>3</sup>)があり、顕著な下位層の削り込み、色の異なる基質の明瞭な接触、ブロック境界付近でのジグソーパズル状の接合(パズルの開いた隙間は基質により充填)を生じさせている。我々は、ユニット 1 はおそらく上流の DAD から発生した粘性の高い土石流であったと結論付ける。明らかに土石流と類似点を持つ 2 つの小さな同様な堆積物(2, 3)があり、また 4 番目のものは DAD の遠方相である。よって、モン・ドール火山では、まず河成堆積物と、おそらく山体崩壊を起源とする土石流が生じ、次いで約 2 Ma に大規模な岩屑なだれが発生した。

我々は、起源が不明の火山角礫岩について、その構造、

岩石記載、堆積の特徴を詳細に分析することにより、岩屑なだれあるいは土石流、あるいは両者が混在する起源なのかを決めることが可能であることを示す。

#### 11-P-41

数値シミュレーションによる薩摩硫黄島硫黄岳の火山熱水系の考察

**松島 喜雄<sup>1</sup>**

1. 産業技術総合研究所 / 日本
- e-mail: matsushima-n@aist.go.jp

火山ガスが火道を上昇して大気へ安定して放出されている open conduit の熱活動に着目し、硫黄岳を対象としてその形成機構を議論する。マグマから脱ガスした火山ガスは、火道を通して山頂火口の噴気孔から放出される。その過程で一部は周囲へ散逸し、地下水と混合して、山腹の噴気孔、噴気地、海岸で流出する温泉をもたらしている。このような熱水系が形成されるための条件を調べた。その結果は次のようにまとめられる。1) 数百年のタイムスケールにおける長期間の継続した脱ガス活動が必要である。2) 島内の坑井で観測されるように地下水位が海水準に等しくなるためには、地層の透水係数として 10<sup>-13</sup> m<sup>2</sup> 程度が必要である。この値を用いて計算されるトレーサーの移動速度は、トリチウム濃度から推定される地下水の平均滞留時間の観測結果と矛盾しない。3) 観測されるような地表面温度異常の拡がりとそのからの放熱量を説明するためには、海水準より浅い深度で脱ガスする必要がある。一方、地下水位(海水面)以下にマグマのヘッドがくると脱ガスが効果的に冷却されるため、火山ガスの上昇が制限される。このことから、海水準下での脱ガスは考えられない。

#### 11-P-042

バヌアツの火山から大量に放出される二酸化硫黄

**Philipson Bani<sup>1</sup>, Clive Oppenheimer<sup>2</sup>, Vichko Tsanev<sup>2</sup>, Michel Lardy<sup>3</sup>, Simon Cam<sup>4</sup>**

1. LGPMC - University of New Caledonia / Nouvelle Caledonie
  2. Department of Geography Univ. of Cambridge / UK
  3. Institut de Recherche pour le Developpement / Nouvelle Caledonie
  4. Joint Center for Earth Systems Technology, Univ. of Maryland Baltimore County / USA
- e-mail: philipson.bani@univ-nc.nc

バヌアツの群島には、ストロンボリ式、溶岩湖、噴気孔や、噴火活動の通常の発現など、噴火に関わる様々な発現を見ることができる活火山が6座あり、その中の1座にあるカルデラ湖(酸性湖)は世界最大規模を誇る。これら火山の山体は、大気中に大量の揮発性物質を放出し続けている。これらの火山に立ち入ることは困難であるため、これまで、その脱ガス状況の測定は行われてこなかった。先ごろ、OMI 観測と合わせて、

ミニ DOAS を使用して測定をした結果、これら火山から異常なレベルの  $\text{SO}_2$  が放出されていることが浮き彫りとなった。その放出量は少ないケースでも 60 kg/s を超えている。この数字は、世界のすべての火山から大気中に放出される  $\text{SO}_2$  の実に 11% から 20% ほどにも相当する。バヌアツの火山からの放出を考慮に入れなければ、それは、世界の  $\text{SO}_2$  排出収支量の推算を誤らせる大きな要因となる。

#### 11-P-43

#### 三宅島火山カンラン石内メルト包有物の揮発性成分濃度：マグマ脱ガスプロセスと高アルミナ玄武岩の分化

斎藤 元治<sup>1</sup>, 森下 祐一<sup>1</sup>, 宮城 磯治<sup>1</sup>, 篠原 宏志<sup>1</sup>, 竹内 晋吾<sup>1</sup>, 東宮 昭彦<sup>1</sup>, 伊藤 順一<sup>1</sup>

1. 産業技術総合研究所地質調査総合センター／日本  
e-mail: saito-g@aist.go.jp

三宅島火山のマグマ脱ガスプロセスおよび高アルミナ玄武岩マグマの成因・分化過程を知るために、2000 年噴火噴出物中のカンラン石内メルト包有物について、主成分元素組成と揮発性成分 ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ , S, Cl) 濃度を EPMA, FTIR および SIM S で測定した。カンラン石には、コア組成が Mg#78-84 の Mg に富むものと Mg#68-72 の Mg に乏しいものの 2 つのタイプがある。Mg に乏しいカンラン石内のメルト包有物の分析結果を、2000 年噴火火山弾の石基組成や火山ガス観測結果、揮発性成分のメルトへの溶解度の圧力依存性と比較し、2000 年噴火のマグマ上昇・脱ガスプロセスを検討した。一方、Mg に富むカンラン石内のメルト包有物は、2000 年噴火火山弾の全岩化学組成よりも  $\text{SiO}_2$  および  $\text{K}_2\text{O}$  濃度が低く、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  濃度の高いという特徴を持つ。予察的に揮発性成分分析を行った結果、比較的高い  $\text{H}_2\text{O}$  濃度 (3.4-3.8 wt.%) を持つことが明らかになった。この結果は、高アルミナ玄武岩が比較的高い  $\text{H}_2\text{O}$  に富んだ初生マグマから形成されたという岩石学モデルに調和的である。

#### 11-P-44

#### 鹿児島湾若尊火口底の堆積層における熱水反応の地球化学的研究

中島 美和子<sup>1</sup>, 石橋 純一郎<sup>1</sup>, 山中 寿朗<sup>2</sup>, 藤野 恵子<sup>3</sup>,

1. 九州大学大学院理学府／日本  
2. 岡山大学大学自然科学研究科／日本  
3. 九州大学大学院工学部／日本  
e-mail: miwako\_hime@hotmail.com

若尊火口は南部九州の鹿児島湾の湾奥部に位置するおよそ 4km×2km の陥没地形で、火口底からの活発な噴気活動が知られている。2005 年の NT05-13 潜航調査でも若尊火口底内の 2 つのサイトにおいて熱水湧出および活発な噴気活動が確認された。熱水湧出に伴う堆積物の変質反応の考察を

目的として、これらの熱水サイトを中心にハイパードルフィン/なつしま (JAMSTEC) によって、計 6 地点の表層堆積物を MBARI コア (長さ 35cm) で採取した。ここから得られた間隙水の化学組成および変質鉱物はこれら 2 つの熱水サイトでかなり異なることがわかった。噴気活動がより活発な Center Site の間隙水組成を変質鉱物の安定ダイアグラムにプロットしたところ、このサイトで顕著に見られる変質鉱物であるモンモリロナイトは現在の熱水組成に対して安定して存在できないことがわかった。このことは、現在よりも強い酸性 (pH: 4~5) を示す熱水もしくは Na 濃度が 1~2 桁低い熱水が上昇していた時期が過去にあった可能性を示している。こうした化学組成の時間変動は堆積層内で火山性のガス成分を取り込んだとすれば説明が可能である。

#### 11-P-45

#### 安山岩質マグマ貫入の間歇的脱ガスのモデルと、1975 年-77 年の最後の噴火危機以降のスープリエール・デ・グアドループ火山 (小アンチル諸島) への応用

Marie Boichu<sup>1</sup>, Benoit Villemant<sup>2</sup>, Georges Boudon<sup>2</sup>

1. Department of Geography, University of Cambridge / United Kingdom  
2. Equipe de Volcanologie, Institut de Physique du Globe de Paris / France  
e-mail: mb632@cam.ac.uk

間歇的なマグマ性脱ガスは数々の火山で観測されてきたが、とりわけ中間組成の火山において顕著である。数年から数十年の時間尺度にまたがることもある。我々はこの現象を説明するのに、浅所のマグマ貫入の脱ガスに関する物理的モデルを提唱する。マグマは対流によって冷え、メルトの結晶、揮発成分の離溶、およびマグマの高压につながる。圧力が臨界値に達すると、母岩が砕け、離溶したガスが流出する。すると貫入は当初の地盤圧力に戻り、冷却・結晶化・脱ガスのサイクルが新たに開始する。このような一連のサイクルが間歇的な脱ガスにつながるのである。脱ガスのプロセスの傾向と時間尺度は、主としてマグマの冷却によって決定される。脱ガスには 2 つの様式があり、1 つは気体パルス周波数が高く、もう 1 つは気体パルス周波数が低い。この 2 つの様式間の転移は、マグマの結晶化度が結晶浸透閾値を超えたときに粘度が上昇することで起こる。我々は、最初の概算から、この転移までの時間がマグマの容積によって決定されることを突き止めている。

最後の噴火危機が発生してから 30 年間にわたってスープリエール・デ・グアドループ火山で標準採取してきた湧き水の化学分析を解釈するのに、このモデルを応用する。この研究によって、1975 年-77 年以降の湧き水の組成の発展と噴気および地震活動についての世界的な解釈が可能となる。加えて、蓄えられたマグマの容積や母岩の引張強度の推定など、地表下のマグマ・システムの主要な側面に対する抑止も提供する。従って、このモデルは火山監視とハザード評価に役立つツールとなる。

# 11-P-46

## 三宅島火山ガスの硫黄同位体比とマグマ脱ガス条件に対する示唆

大場 武<sup>1</sup>, 野上 健治<sup>1</sup>, 平林 順一<sup>1</sup>, 森 健彦<sup>2</sup>

1. 東京工業大学火山流体研究センター／日本
  2. 産業技術総合研究所地質情報研究部門マグマ活動RG／日本
- e-mail: ohba@ksvo.titech.ac.jp

三宅島は太平洋に浮かぶ火山島で、2000年に噴火し、大量のSO<sub>2</sub>ガスを放出し続けている。我々は、三宅島の山麓にKOH水溶液を用いた化学トラップを設置し、火山ガスに含まれる硫黄成分の $\delta^{34}\text{S}$ を観測した。その結果、三宅島マグマの $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ は+4.4~+5.7‰と推定され、日本の第四紀火山のマグマに含まれる硫黄同位体比と一致する。

火山ガスの $\delta^{34}\text{S}$ は時間の経過に伴い上昇した。この上昇をマグマ溜りからの開放的な脱ガスで説明すると、脱ガスに伴う同位体効果( $=1000 \ln \alpha_{\text{gas-magma}}$ )は、-1.0~-0.3と見積もられた。この同位体効果をもたらし火山ガスの酸化還元ポテンシャルは、NNOバッファーよりも対数単位で+0.6~+1.2高くなければならない。Yasuda et al. (2001)が鉱物学的に見積もった溶岩の酸化還元ポテンシャルはNNOバッファーよりも対数単位で+0.2~+0.5高い。三宅島の火山ガスと溶岩の酸化還元ポテンシャルについて、Burgisser and Scaillet (2007)が理論的に予測した酸化還元ポテンシャルの乖離が見出された。

# 11-P-47

## 三宅島火山噴煙断面のSO<sub>2</sub>濃度分布トモグラフィーの試み

風早 竜之介<sup>1</sup>, 森 俊哉<sup>1</sup>, 風早 康平<sup>2</sup>, 平林 順一<sup>3</sup>

1. 東京大学大学院理学系地殻化学実験施設／日本
  2. 産業技術総合研究所地質調査総合センター／日本
  3. 東京工業大学火山流体研究センター／日本
- e-mail: k-ryu@eqchem.s.u-tokyo.ac.jp

火山学・防災の観点から火山噴煙断面のSO<sub>2</sub>濃度分布を知ることが重要である。従来の噴煙断面の濃度分布観測は、飛行機で噴煙の中を何度も飛行し、直接濃度分布を測定する手法が用いられてきたが、測定に要する時間が長い観測中に濃度分布が大きく変化してしまうという問題点があった。近年、噴煙中を飛ばずに噴煙を複数の方向から測定し、トモグラフィーでSO<sub>2</sub>濃度分布を推定する試みがなされている。

本研究では噴煙断面のSO<sub>2</sub>濃度分布情報を得るために三宅島で下記の様な観測を行った。COMPUS(小型紫外分光計SO<sub>2</sub>測定装置)3台を3方向(前方45度、鉛直上方、後方45度)に向けてヘリコプターに搭載し、火口から10km風下において噴煙直下を合計4回トラバース測定した。この時の飛行速度は110-150 km/h、高度は約130 mで、一回のトラバースに要する時間は2分以下であった。この測定で得られた3

方向のSO<sub>2</sub>カラム量変化データを元に、噴煙断面のSO<sub>2</sub>濃度分布をSBFM法により求めた。その結果、噴煙断面は水平に薄く広がるような分布を示し、最大SO<sub>2</sub>濃度は数ppmレベルを示した。

# 11-P-48

## 大気赤外線測定器(AIRS)を用いた火山水蒸気の定量化

Emily McCarthy<sup>1</sup>, Matthew Watson<sup>2</sup>

1. Department of Geological and Mining Engineering and Sciences, Michigan Technological University, Houghton, MI / USA
  2. Department of Earth Science, University of Bristol, Bristol / UK
- e-mail: ebmccart@mtu.edu

成層圏の水蒸気が増加すると、地表温度が上昇し、大気を冷やし、化学反応を促進する可能性がある。火山噴煙柱は、マグマ水蒸気のみならず、噴煙柱に取り込まれた大気水蒸気をも比較的乾燥した成層圏に輸送する重要なメカニズムである。大気の下層における水蒸気の自然な存在が原因で、この広範囲に及ぶ火山ガスの挙動は、これまでほとんど無視されてきた。NASAの大気赤外線測定器(AIRS)は、火山起源の水を発見する可能性を我々に提供している。さまざまな大気条件に対する放射輸送順モデルを用いて、マナム(2004年10月)、シエラ・ネグラ(2005年10月)、オーガスティン(2006年1月)、ラバウル(2006年9/10月)、およびシベルーチ(2007年3/4月)などの最近の成層噴火に対するモデル・スペクトルが作成され、データ・ライブラリに蓄積された。新しい回収アルゴリズムは、適切なアルゴリズムを用いて当のモデル・スペクトルにAIRSの放射データを照らし合わせる。そこで、適当なウィンドウのスペクトルにおける相違を用いて、火山ブルーム中の水蒸気の量を定量化した。

# 11-P-49

## 鹿児島県薩摩硫黄島長浜湾の熱水活動と鉄の沈殿観察記録

二宮 知美<sup>1</sup>, 清川 昌一<sup>2</sup>, 小栗 一将<sup>3</sup>, 高下 将一郎<sup>1</sup>, 山口 耕生<sup>3</sup>

1. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻／日本
  2. 九州大学理学研究院地球惑星科学部門／日本
  3. JAMSTEC／日本
- e-mail: ninomiya@geo.kyushu-u.ac.jp

薩摩硫黄島は、薩摩半島南端部から南に38km離れた地点に位置する、東西約6km、南北約3kmの火山島である。中央火口丘とされる硫黄岳(703m)は、現在も山頂部や山腹の各所で噴気活動が認められる。また、硫黄岳山麓の海岸では、多くの温泉が湧出し、海水との混合により褐色～乳白色を呈しているおり、特に硫黄島長浜湾では熱水活動が活発で港内が褐色に変色している。この湾で、1)海底表層図・堆積物層

厚図・海底温度分布図の作成, 2)海底カメラ(OGURView)及びグラビティコアにより取得された堆積物の観察, 3)1月及び, 半年間のセジメントトラップ, 4)鉄イオンの化学分析, 5)2週間の水質測定を行った。トラップの結果,  $1\mu\text{m}$  の鉄質粒子が凝集, 沈殿し湾では 2003 年までの防波堤の整備以来, 厚さ 20-150cm で堆積しており, その堆積速度は  $0.12-0.18\text{g}/\text{cm}^2/\text{day}$  と見積もられた。また, 海底には高さ 50~100cm のクラストマウンドがあり, その付近では最高  $53.7^\circ\text{C}$  の熱水が噴出していた。海岸線では温泉(pH5,  $35^\circ\text{C}$ , 塩分濃度はほぼ 0%)が噴出しており, 鉄イオン(0.1ppm)と海水が混合し中性になると褐色の鉄質沈殿物が生成されていた。潮汐により, 湾内に重い海水が流入すると, 濁度が下がり, pH は最大で 8.1 に上昇した。

## 11-P-50

### イタリア・ストロンボリ火山での噴煙中二酸化硫黄のイメージング

森 俊哉<sup>1</sup>, パートン マイク<sup>2</sup>, ライトム<sup>3</sup>

1. 東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設/日本

2. INGV カターニア/イタリア

3. ケンブリッジ大学/イギリス

e-mail: mori@eqchem.s.u-tokyo.ac.jp

最近, 紫外域に感度のある CCD カメラを用いて火山噴煙中の  $\text{SO}_2$  分布を可視化するイメージング法が開発された。  $\text{SO}_2$  の可視化画像により噴煙中の  $\text{SO}_2$  の挙動がわかるだけでなく, 秒スケールで  $\text{SO}_2$  放出率が調べられる。このイメージング法は, マグマからの脱ガス過程の理解や防災の面で役に立つと考えられる。

2006 年 10 月に, イタリアのストロンボリ火山において  $\text{SO}_2$  のイメージング測定を実施した。観測装置はストロンボリ火山の山頂火口群から約 2.2km 北東の山腹に設置した。ここでは, 10 月 3 日の午前中に 400 枚以上の  $\text{SO}_2$  イメージ画像を約 5 秒間隔で撮像した。観測イメージを元に, 火山からの  $\text{SO}_2$  放出率の時間変動を約 5 秒間隔で算出した。観測された  $\text{SO}_2$  放出率増大が何度か見られたが, これらはストロンボリ式噴火の噴煙に関連していることが  $\text{SO}_2$  分布の動画画像により確認された。山頂でも火口から約 400m 離れた地点において  $\text{SO}_2$  イメージング測定を実施し, 一つ一つのストロンボリ式噴火がどれ位の量の  $\text{SO}_2$  を放出するか測定を行った。発表では  $\text{SO}_2$  噴煙を可視化した動画を見せるとともに,  $\text{SO}_2$  放出の観測結果を報告する。

## 11-P-51

### メルト包有物に基づいた天池火山(中国/北朝鮮)の千年紀の爆発噴火によるマグマの脱ガスに関する研究

Ni Li<sup>1</sup>, Qicheng Fan<sup>1</sup>, Nicole Metrich<sup>2</sup>, Qian Sun<sup>1</sup>

1. Institute of Geology, China Earthquake Administration / China

2. Laboratoire Pierre Sue, CEA-CNRS, Saclay, 91190 / France  
e-mail: lini8589@hotmail.com

中国の北東部と北朝鮮の国境地域に位置する天池火山は, 2 Ma にわたる長い噴火の歴史を持つ。判明している限りでは, 完新世に少なくとも 3 つの噴火期間, 1 つは約 5, 000 年 ~ 4, 000 年前の期間(噴火期間 I, 本論文), 2 つ目は 1, 000 年前の期間(噴火期間 II, すなわち千年紀の大規模噴火), 最後が約 300 年 ~ 100 年前の期間(噴火期間 III)がある。噴火期間 II は, 過去 2, 000 年以内における世界最大のプリニー式噴火の 1 つに数えられている。かつてその大規模な噴火の生成物であるコメンダイト質軽石と火砕流は, 長白山脈地域の 5, 000  $\text{km}^2$  を覆い, 北日本にまで到達した。

当の火山の千年紀の大噴火によって噴出したコメンダイト質および粗面岩質軽石中のアルカリ長石に宿る, 「C」および「Y」グループと名づけられているメルト包有物の 2 つの集団は, かなり異なった特性を持つ。これらの包有物は千年紀の噴火の前に 2 つの組成メルトが存在していたことを暗示する。これらのメルト包有物の EMPA と FTIR は, 噴火前のマグマは  $\text{H}_2\text{O}$  と Cl の含有量が高いことを示している。我々のデータに基づく, 概して熱せられたメルト包有物は, 熱せられていないメルト包有物と比べて,  $\text{H}_2\text{O}$  と Cl のほとんどを簡単に失うと思われる。S の脱ガスについては, いささか複雑で, メルト中での溶解度が限られているために連続的な脱ガス・プロセスである可能性がある。S とその他の元素または酸化物との関係はまだ判明していないが, 岩石学的推定は Cl と S の排出量を過小評価しているようである。従って, 脱ガスに関与したマグマの総量は, 天池火山の千年紀の大噴火の最中に噴出もしくは噴火に関与したマグマの質量よりもはるかに大きい。

マグマは火道を上昇する間に減圧する。揮発成分はマグマ・メルトから離脱して頂点に集まり, マグマ中の濃度およびその密度の勾配をもたらす。これはマグマ溜まりの噴火力学に大きな影響を与える。マグマの高い揮発性物質含有量, とりわけ高い水分および塩素含有物は上昇の間に蓄積して離脱し, マグマ溜まりを加圧して, ついには天池火山の千年紀の爆発噴火につながった。

## 11-P-52

### 岩手山周辺地域における地下水流動系へのマグマ性揮発性物質の散逸量

大和田 道子<sup>1</sup>, 風早 康平<sup>1</sup>, 伊藤 順一<sup>1</sup>, 高橋 正明<sup>1</sup>, 森川 徳敏<sup>1</sup>, 高橋 浩<sup>1</sup>, 稲村 明彦<sup>1</sup>, 仲間 純子<sup>1</sup>, 半田 宙子<sup>1</sup>, 安原 正也<sup>1</sup>, 塚本 斉<sup>1</sup>

1. 産業技術総合研究所地質情報研究部門/日本

e-mail: ohwada.m@aist.go.jp

岩手山周辺地域の地下水・温泉水の化学的・同位体的特徴を示し, 岩手山周辺地域の地下水流動系を経由したマグマ性揮発性物質の散逸量の見積もりを行った。化学的・同位体的特徴として, 北-東麓地域では, 山頂の噴気地帯を涵養域にもつ巨大な浅層地下水流動系が存在し, これらは  $\delta^{13}\text{C}$  値,

$^3\text{He}/^4\text{He}$  比および  $\text{Cl}$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{HCO}_3$  などの濃度も高く、マグマ性揮発性物質の供給が示唆されるのに対し、同地域の深層地下水の  $^3\text{He}/^4\text{He}$  比は低く、化学組成も異なった。それに対し、南西麓の断層帯周辺では、 $\delta^{13}\text{C}$  値、 $^3\text{He}/^4\text{He}$  比が深度に関わらず高く、断層を経由したマグマ性揮発性物質の供給が示唆される。滞留時間を基に見積もられた  $^3\text{He}$  のフラックスは、水系および地質により大きく異なり、北-東麓域の巨大湧水や岩手山の山体を含む第四紀層および断層付近で大きいものに対し、第三紀層および中古生層では小さく、地質構造の違いが地下水流動系およびマグマ性揮発性物質の周辺への散逸に大きく影響を与えている。

## 11-P-53

### 可搬型ラマンライダーを用いた火山噴煙の水蒸気測定

中村 卓司<sup>1</sup>, 橋本 武志<sup>2</sup>, 寺田 暁彦<sup>3</sup>, 杉本 尚悠<sup>1</sup>, 勝部 祐一<sup>1</sup>, 佐藤 陽介<sup>1</sup>, 津田 敏隆<sup>1</sup>, 阿保 真<sup>4</sup>

1. 京都大学生存圏研究所／日本
  2. 北海道大学大学院理学研究院／日本
  3. 京都大学大学院理学研究科／日本
  4. 首都大学東京システムデザイン学部／日本
- e-mail: nakamura@rishi.kyoto-u.ac.jp

火山から放出される  $\text{H}_2\text{O}$  の濃度とフラックスを測定することは2つの点で重要である。まず、水蒸気は潜熱輸送の形で火山から放出される熱エネルギーの主要な担い手であり、特に非噴火時にはほぼ定常的な熱輸送の媒体として重要である。次に、 $\text{H}_2\text{O}$  はマグマの爆発性を決定づける重要な要素である。噴煙中の全  $\text{H}_2\text{O}$  を測定することは、マグマ起源の  $\text{H}_2\text{O}$  量を精度よく推定するためにも欠かせない。しかし、これまで噴煙中の  $\text{H}_2\text{O}$  をリモートセンシングで測定することは難しいといわれてきた。それは、水蒸気が大気中にも多量に存在するため、噴煙中の  $\text{H}_2\text{O}$  だけを区別することが困難だったからである。LIDARは、視線方向の濃度分布が測定できるためこの問題を克服でき、火山噴煙内外の水蒸気分布を測定できるはずである。京都大学生存圏研究所では、大気境界層の水蒸気分布を観測するために、532nm 0.6W 出力の Nd:YAG パルスレーザーと直径 35.5 cm の望遠鏡を組み合わせた可搬型 LIDAR を開発した。我々は、これを火山噴煙に適用して水蒸気分布の測定を試みている。この装置を用いた最初の実験は 2005 年 11 月に阿蘇中岳で行われた。噴煙方向と背景大気方向とを交互に測定することで、噴煙中により多く含まれている水蒸気の分布を定量できる。この実験で用いた車載型の LIDAR によって、500 m の距離に幅 200 m の噴煙水蒸気を検出することができた。我々は、高感度の検出器とさらに小型の望遠鏡(直径 20.3cm)を組み合わせることで、感度を損なうことなくシステムを小型に改良した。その結果、装置を三脚に載せることが可能になり大幅に可搬性が向上した。2007 年 1 月に第 2 回、6 月に第 3 回目の試験測定を同じく阿蘇中岳で行い、新しい装置の有効性を実証することができた。

## 11-P-54

### X 線コンピュータ微小断層撮影を用いて評価される、珪質火道内の脱ガス経路の進化及び維持

Leslie D. Almbert<sup>1</sup>, John C. Eichelberger<sup>1</sup>

1. University of Alaska Fairbanks, Geophysical Institute, Alaska Volcano Observatory / USA
- e-mail: fltda@uaf.edu

時間及び定置深度の関数として、珪質火道系内での空隙率及び浸透性の進化を理解するため、我々は日本の九州にある雲仙、ロシアのカムチャッカにあるベズミアニ、米国ワシントン州にあるセントヘレンズ山、米国カリフォルニア州にあるイニョ溶岩ドーム、これら4つの火山系から得られた独特のデータを総合した。3D・X 線コンピュータ微小断層撮影(CT)を用いて、我々は噴火堆積物からのサンプルのほか、上記の火山系から採取したドリルコアの地下サンプル中に維持されている、小規模の(1 cm 未満)空隙率及び浸透性を比較する。X 線 CT によって、最小寸法 10  $\mu\text{m}$  のものから、空隙の形状、サイズ、分布の変動を定性的・定量的に探索できる。雲仙から採取したスパイン及び火道のサンプル比較により、山頂ドームの下方 1.5 km にあるマグマの、定置後における広範な脱ガス及び変化が明らかになった。しかし、空隙が完全に消滅したわけではなく、また火道全体にわたる空間の変動は持続している(0.01 - 0.59 vol.%). 加えて、我々はドームの溶岩がマイクロ規模での脆性破壊及び延性変形の両方の証拠を示す一方、維持される空隙率(4.47vol%)は、深い位置に定置したマグマのものより規模が大きいことを発見した。イニョ溶岩ドームでの科学的掘削を介して採取したサンプルや、1956 年のベズミアニ及び 1980 年のセントヘレンズ山の大噴火によって浅い位置に定置した潜在ドームのブラスト堆積物について同様の測定を行うことにより、我々は珪質火道内に維持される空隙率、変化及び脱ガスに関する広範な観点を形成すべく、この調査を拡大する。

## 11-P-55

### ネムルト活火山からヴァン湖(東アナトリア)への完新世および第四紀後期のテフラ供給

Mari Sumita<sup>1</sup>, Hans-Ulrich Schmincke<sup>1</sup>, Thomas Litt<sup>2</sup>, Georg Heumann<sup>2</sup>

1. IFM-GEOMAR, Univ. Kiel / Germany
  2. Inst. Paleontology, Univ. Bonn / Germany
- e-mail: vulcanesia@mac.com

ネムルト活火山(東アナトリア)は、隣接する巨大なアルカリ湖ヴァンに降下物として第四紀後期および完新世のテフラ層と、おそらくは流紋岩質の火砕流に伴う乱泥流堆積物を供給した。2009 年に計画されている大規模な ICDP(国際陸上科学掘削計画)ボーリング・プロジェクトに備えた予備段階(2004 年)において掘削したコアのテフラ層の組織や組成を分析し、

これを現在研究対象となっている陸上の火山砕屑物およびマグマ水蒸気爆発堆積物と比較している最中である。カルデラの縁を覆い隠している流紋岩質の水冷破碎サージと降下物の広範囲にわたる堆積物は、カルデラ湖のサブプリニー式噴火に由来するものと解釈されている。現在進行中のプロジェクトからの最初の結果を発表する。

#### 11-P-56

Dikkartin 山, 流紋デイサイト質ドーム(エルジェス(Erciyes)成層火山, 中央アナトリア, トルコ)の貫入の最中の多様な噴火条件に起因する火山灰表面の構造的変化: 連続的破碎/輸送理論(Sequential Fragmentation/Transport Theory) (SFT)からの推測

Orkun Ersoy<sup>1</sup>, Erkan Aydar<sup>1</sup>, Erdal Sen<sup>1</sup>, Alain Gourgaud<sup>2</sup>

1. Department of Geological Engineering, Hacettepe University / Turkey

2. Laboratoire Magmas et Volcans, Universite Blaise Pascal, UMR-CNRS / France

e-mail: oersoy@hacettepe.edu.tr

我々はエルジェス成層火山(中央アナトリア, トルコ)の山腹にある Dikkartin 山の Rhyodacitic ドームの発展を研究した。そこでは噴火はまず純粋にマグマ噴火から始まり、その後発泡するマグマと相互作用をおこす水の量に関連して、水蒸気プリニー式の降下物もしくはサージの活動を挟みながら、水蒸気マグマ噴火へと連続していった。この水蒸気マグマ噴火活動は爆裂火口とタブリングを形成する。噴火様式は爆発性から噴出性へと変化するため、流紋デイサイト質ドームが貫入し、以前の爆裂火口を埋める。SFT(連続的破碎/輸送)理論を Dikkartin テフラに応用した。全サンプルにおいて、卓越度の程度の異なる4つの独特の集団に分類された。粗い様態の集団 A と B は、細かな様態の集団 C および D と区別することができる。集団 A および B は主にマグマ性破碎によって形成され、集団 C および D はマグマ水蒸気爆発の破碎によって形成される。Dikkartin 噴火の過程において、水/マグマの質量比(R)がどう変化したかを知るために、我々はマグマ水蒸気噴火成分の割合が水の存在度の尺度であり、マグマ性噴火の成分の割合がマグマの存在度の尺度であると想定した。我々はすべての破碎がマグマ水蒸気性である場合にはその割合を1に標準化し、各サンプルの発泡度指数(V%)を計算した。粒子は概して多孔質で、マグマ性ガスが破碎に一役買ったことを示している。しかしながら、発泡度指数は、噴火のタイプと堆積形態と相関関係を示さず、マグマと水の相互作用がもっと後の段階、すなわち気孔形成後に発生したことを示唆する。定量的表面記述子は、火山灰粒子の SEM(走査型電子顕微鏡)像をもとに計算した(250-500 μm)。我々は複数の粗度パラメータ、四分木分解パラメータを計算し、灰表面の傾斜傾度を記述する極座標を導き出した。粗度パラメータ、四分木分解パラメータ、および極座標上の形状記述子は、多様な噴火条件に起因する火山灰表面の構造的変化を定量化するのに適していると思われる。

#### 11-P-57

火山灰表面の高解像度三次元再構築のための制御された連続研磨

Orkun Ersoy<sup>1</sup>, Erkan Aydar<sup>1</sup>, Alain Gourgaud<sup>2</sup>

1. Department of Geological Engineering, Hacettepe University / Turkey

2. Laboratoire Magmas et Volcans, Universite Blaise Pascal, UMR-CNRS / France

e-mail: oersoy@hacettepe.edu.tr

火山灰粒子のみならず多くの自然粒子が、その輪郭に基づいて広く記述、定量化されてきた。火山灰表面はその輪郭に基づいてのみではなく、定量的な方法によっても記述する必要がある。変質強度、微粒子の存在度、気孔の形状については、表面の顕微鏡検査と画像解析によって多くの情報が得られるものの、これらの方法には二次元に基づいているという制限がある。従って、三次元の特性化を通じて全分析を得ることができる。これまで再構築のための三次元データセットを獲得するために、マイクローム、連続研磨・ポリッシング、X-線マイクロモグラフィ、集束イオンビーム(FIB)、マイクロミラーなどのさまざまな技術が使用されてきた。しかしながら、マイクロームによってアーティファクトが生じる、解像度が限られている、手順が煩雑である、磨耗した断面の厚さの登録および推定の問題が生じるなどにより、一部の技術は高解像度三次元再構築にふさわしくなかった。連続研磨・ポリッシングについては、破壊的である、労働集約的である、厚さの一定した断面を作るのが困難であるといった短所が報告されているが、紙の表面を調べた以前の研究から、当の技術を SEM 画像化と組み合わせると、微細構造からの画像を獲得する絶好の方法となるとの主張がなされた。火山灰粒子は、両面の炭素粘着ディスクと円筒形のアルミニウム・スタブの上に置かれた。エポキシ樹脂は、登録のための目印とし、磨耗した断面の厚さを見極めるために使用するポリマー球と混合した。スタブはエポキシ樹脂とポリマーの混合体に埋め込み、24 時間室温で硬化させた。火山灰粒子の画像は、連続研磨・ポリッシングの後に連続的に獲得された。低真空モードの SEM を使用して、サンプルが炭素で被覆されるのを避け、それによって準備と画像獲得に必要な時間を減じた。フィルタリング、登録、および体積レンダリングは、パブリック・ドメイン・ソフトウェアで行なった。当の方法は、高解像度三次元再構築のためのデータセットを獲得するのに適用可能と思われる。

#### 11-P-58

石基の結晶化とタキライト形成に起因する火山灰表面の構造的変化: 事例研究, 2000 年における三宅島(日本)の噴火

Orkun Ersoy<sup>1</sup>, Nobuo Geshi<sup>2</sup>, Erkan Aydar<sup>1</sup>, Alain

### Gourgaud<sup>3</sup>

1. Department of Geological Engineering, Hacettepe University / Turkey
  2. Geological Survey of Japan, AIST, AIST No.7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567 / Japan
  3. Laboratoire Magmas et Volcans, Université Blaise Pascal, UMR-CNRS / France
- e-mail: oersoy@hacettepe.edu.tr

我々は 2000 年における三宅島(日本)の噴火の頂上陥没(7月8日-8月9日)および噴火段階(8月10日-8月29日)からの火山灰粒子(500  $\mu\text{m}$ -1,000  $\mu\text{m}$ )のSEM顕微鏡写真に対する定性および定量分析を行なった。その結果、一連の活動によって初生火山灰の3つの端成分、すなわち(1)ガラス質、(2)タキライト、および(3)タイプ1と2の間の移行タイプが生成されたと結論した。我々はSEM顕微鏡写真の火山灰粒子の表面をその表面シール、変質、発泡度、気泡の形状、ポケットの存在度とタイプ(ガラス、移行、タキライト)に従って分類し、灰表面の粗さ記述子、四分木パラメータを計算した。極座標は勾配の頻度に基づき導き出し、異なる形状記述子を極座標に基づき計算した。我々はまた、輪郭を含む灰粒子の全体図をその傾斜度、斑晶もしくは斑晶の抜け跡の含有量とタイプ(ガラス、移行、タキライト)に従って分類し、その輪郭上の形状記述子とフラクタル次元を計算した。量的変数と質的変数は、変数間の相関関係を見極め、サンプル間の識別に対する変数の適切性を確認するために、相関分析とANOVA(分散分析)の対象とした。粗さ記述子の  $R_a$ ,  $R_q$ ,  $R_p$ , 極座標の形状記述子,  $nQT$  は灰表面の変質強度を記述するのに適切であった。 $R_{sk}$  と  $R_{ku}$  は表面上の気泡の形状と最も強い相関性を有する。粗さ記述子、四分木パラメータ、および極座標の形状因子は、石基(タキライト-ガラス)の多様な結晶化度とマイクロライトに規定される気孔の形状に起因する火山灰表面の構造的変化を定量化するのに適していると思われる。輪郭パラメータは石基の結晶化度と相関関係を有しないが、輪郭の形状因子は粒子の傾斜度を記述する。表面パラメータ,  $R_q$ ,  $R_a$ ,  $R_{sk}$ ,  $R_v$ ,  $R_p$ ,  $R_t$ , 形状記述子, 四分木パラメータおよび輪郭記述子, 形状因子およびフラクタル次元は、95%の信頼区間(CI)でp値が0.05を大きく下回るため、サンプル間の識別に適している。

### 11-P-59

#### 火山灰編年学による北海道の完新世火山活動史

### 中村 有吾<sup>1</sup>

1. 北海道大学大学院理学研究院地震火山研究観測センター／日本
- e-mail: nyugo@mail.sci.hokudai.ac.jp

#### 1. 北海道の火山灰編年

北海道には多数の完新世テフラが分布する。その多くは、脱水ガラス屈折率などの岩石学的特徴により同定できる。32層のテフラを同定した結果、北海道における完新世火山活動史をまとめることができた。それぞれのテフラは、噴火の規模・形

式だけでなく、古津波や古地震の編年など、様々な分野で貴重な情報源となる。

2. 有珠山の研究事例 有珠山 1663(寛文三)年噴火の堆積物は、山麓において層厚約2mになり、さらに7つのユニット(A~G)に分かれる。そのほとんどは水蒸気マグマ噴火によるが、ユニットBはプリニー式噴火、ユニットDは水蒸気爆発の堆積物である。古期録によると、最初の噴火(ユニットA)は1663年8月16日、最大の噴火は8月17日に起きた。爆発的噴火は約20日間続いた。

3. 知床での調査事例 知床半島におけるテフラ堆積履歴を解明するため、羅臼岳近傍の湿原において泥炭層の掘削採取をおこなった。その結果、羅臼岳・天頂山の火砕物に加えて、駒ヶ岳や樽前山などに由来するテフラも発見され、完新世の編年において貴重な年代示標となった。

### 11-P-60

#### 火山ガラスの表面の風化層の TEM と EDX による研究

### Bingliang Zhang<sup>1</sup>, Hanjing Hong<sup>1</sup>, Xiaodong Pan<sup>2</sup>, Hui Liu<sup>1</sup>

1. Institute of Geology, China Earthquake Administration / P.R.China
  2. Earthquake Administration of Jilin Province / P.R.China
- e-mail: lini67@sina.com

TEM +EDX による分析は、軽石における火山ガラスの風化層の表面特性と厚さを明らかにする。その結果から、1,000 B.P.の噴火については、火山ガラス上の風化層の平均厚さは0.98mmであることが示されている。5,000 B.P.の噴火については、火山ガラス上の風化層の平均厚さは3.74mmである。これらの特徴は、天池火山からの火山ガラス上の風化層の厚さは火山噴火の年代と関連があることを示している。従って、これを火山噴火の系列を見極めるための指標として使用することが可能である。EDX 分析はまた、化学組成からいうと火山ガラス上の風化層は火山ガラスそのものと比べて Al が増加し、Si が減少していることを示している。そのような変化は低温環境で、ほぼ中性から弱酸性の溶液中で発生したものと推測される。従って、天池カルデラにおける噴火物質のマイクロ特性の系統的な研究に基づき、火山噴火の年代と系列、ならびにその環境を特定することが可能である。

### 11-P-61

#### 中米・エルサルバドル、イロパングカルデラ 3~5 世紀噴火の影響の再評価

### 北村 繁<sup>1</sup>

1. 弘前学院大学社会福祉学部／日本
- e-mail: kitamura@hiroga-u.ac.jp

中米・エルサルバドル共和国中部に位置するイロパングカルデラ(約8×11km)で、A.D. 3~5世紀に大規模な噴火が生じ、

カルデラ周辺に軽石流が流下したほか、TBJ テフラと呼ばれる細粒火山灰が広い範囲に降下堆積した。メソアメリカ考古学では、従来、この噴火が、当時のメソアメリカの社会に壊滅的な影響を与え、都市の放棄や人口の移動を引き起こしたとみなすことが多かった。

しかしながら、TBJ テフラの分布を明らかにした Hart & Steen-McIntyre (1983)で、約 50cm の堆積があるとされたチャルチュアパ(カルデラの約 70km 北西)において、本調査では、16~18cm 程度の堆積しか見出されなかった。したがって、チャルチュアパ遺跡に降下堆積した TBJ テフラの堆積は下方修正する必要がある。また、Hart & Steen-McIntyre(1983)の調査地点を再調査したところ、層厚の過大評価や、テフラの誤認が見出された。このため、イロパングカルデラの 3~5 世紀の噴火規模を明らかにし、当時の社会への影響を評価するには、より広い地域で、より詳細な TBJ テフラの分布調査を行っていく必要がある。

## 11-P-62

### 潜在的な多段階火山事象を組み入れたテフラハザード分析

Susanna Jenkins<sup>1</sup>, Christina Magill<sup>1</sup>, John McAneney<sup>1</sup>, Tony Hurst<sup>2</sup>

1. Risk Frontiers, Macquarie University / Australia

2. GNS Science, P.O. Box 30-368, Lower Hutt / New Zealand

e-mail: sjenkins@els.mq.edu.au

火山事象は一般的に複数の噴火段階によって特徴付けられる一方、従来の確率論的なテフラハザード分析の大部分は、シミュレートされた事象それぞれについて主要な(周期性の)段階を考察したに過ぎない。このアプローチの妥当性を検証するため、我々は従来の方法(一段階分析)で事象をシミュレートし、次いでさらに、予想される、より小規模な爆発段階を組み入れる(多段階分析)。これは多段階の爆発事象に関する世界規模の統計調査結果を基本とし、また事例研究としてニュージーランドのオカティナ火山を利用する。それら 2 通りのハザードについての結果を-空間的なテフラの厚さ、付随する累積的な爆発挙動の持続期間、連続する噴火全体の持続期間の形態をもとに-アプローチの違いを評価する目的で比較した。多段階分析では、単一段階分析に比べハザードの増大を示し、我々は火道から中ほどの距離の位置で、持続期間とテフラの厚さの差が最も大きいことを発見した。場所によっては、テフラの厚さがある規模で増大し、ニュージーランド北島が影響を受けたものより最大 25%大きかった一方、事象が 1 か月以上続く確率は 7 倍増大した。以前の噴火歴がほとんど立証されていない場合、モデル化が世界規模の類似例に過度に依存してしまわないよう、より従来の単一段階アプローチが推奨される。オカティナ火山と同様の詳細な噴火歴を踏まえ、我々は、より現実的な事象シミュレーションと、その結果予想されるハザードの理解向上に結び付く、2 番目の多段階アプローチを推奨する。

## 11-P-63

### 1974 年のフエゴ(グアテマラ)噴火を用いた火山灰分布モデルの妥当性確認

Anthony W. Hurst<sup>1</sup>

1. GNS Science / New Zealand

e-mail: t.hurst@gns.cri.nz

ASHFALL は、火山噴火による地上への降灰分布を計算するための移流/拡散モデルである。これは迅速な計算のための単純なモデルであり、狭い縦方向の噴煙柱や、ゼロ鉛直拡散を含む、一定の推定を行う。以前このモデルを検証したところ、合計の火山灰の厚さについては良好な一致を示したが、1974 年のフエゴの噴火による火山灰のサイズそれぞれのデータ(MTU のウィリアム・I・ローズの好意による)は、このプログラムをさらに詳細に検証する必要があることを示した。

実際の合計の火山灰の厚さは良好にモデルと一致するが、例外として最大厚さの方向は若干変化する。この方向の差はおそらく気象学的要因、つまり気象台での風向と火山での風向の差であり、これはモデルの欠陥ではない。同様に、各サイズの灰に対する火山灰の厚さのパターンは、予測された厚さ分布と概ね良好な一致を示す。

## 11-P-64

### ピラリカ火山(チリ)北東山腹における 1971 年の火山泥流の力学

Valerie De Feo<sup>1</sup>, Catherine Annen<sup>1</sup>, Jorge Clavero<sup>2</sup>, Corine Frischknecht<sup>1</sup>

1. CERF, Earth Sciences Section, Univ. of Geneva / Switzerland

2. SERNAGEOMIN, Santiago / Chile

e-mail: defeo0@etu.unige.ch

1971 年にピラリカ火山北東山腹で起きた火山泥流は、20 世紀にこの火山に関係して生じた火山泥流の中で最も壊滅的な被害を与えたものの 1 つで、プコン市の最東部を破壊した。それ以降、同市は目覚ましい発展を遂げており、このような火山泥流が将来起きた場合には、市東部が著しい脅威にさらされる恐れがある。

本調査の目的は、1971 年の火山泥流の力学を分析し、この泥流の特徴、押し流されたブロックの体積ならびにルートと流速に加え、運搬/侵食力を把握することである。これらのパラメータは、現地データから割り出した。

今回の調査の対象となったのは、Pedregoso-Turbio 川沿岸のおよそ 40 区画である。火山泥流堆積物の上部もしくは内部にある、泥流に運ばれてきた岩塊のサイズを測定している。最大の体積は、上部に浮いている岩塊(F タイプ)が 90 m<sup>3</sup> に上るのに対して、内部の岩塊(I タイプ)が 2.8 m<sup>3</sup> にとどまった。

流動様式を、堆積物の内部構造から判断した。1971 年の火山泥流堆積物には、ハイパーコンセンレーテッド流に特有の、正級化・逆級化、平行葉理と斜交葉理などが確認できる。

プコン市は、火山泥流発生源から 20 km のところに位置し

ている。ブロックの最大サイズ(オコナー, 1993 年)を基にすると、この泥流の最大速度は 50 km/h, 平均値が 20 km/h と推算できる。従って、同様の火山泥流が発生した場合、およそ 30 分でブコン市のはずれに到達する可能性がある。

1971 年の火山泥流が最長で、実際にどこまで到達したかは、最近の緑化ならびに都市化によって、確認することができない。ただし、1971 年の火山泥流ならびに、今後、同様の火山泥流が起きた場合の最長到達範囲は、数値シミュレーションで推算できる。

#### 11-P-65

ラハールと河川流の相互作用, ニュージーランドのルアペフにおける 2007 年 3 月 18 日のラハールからの新データ

Shane J. Cronin<sup>1</sup>, Susan E. Cole<sup>1</sup>, Hilary K. McMillan<sup>1</sup>, Gert Lube<sup>1</sup>, Jean-Claude Thouret<sup>2</sup>

1. Institute of Natural Resources, Massey University / New Zealand

2. Laboratoire Magmas et Volcans, University Blaise-Pascal, Clermont Ferrand / France

e-mail: s.j.cronin@massey.ac.nz

通常ルアペフのラハールは、噴火か熱水的に熱せられたクレーター湖からの爆発によって引き起こされる。従って、ラハールとその経路にある河川との相互作用を理解するのに、土砂濃度とフローの水位/流量に加え、この酸性塩水の通常の河川流に対するパルスの化学的対比を利用することができる。1995 年のワングアエフ川における噴火に誘発されたラハールを観察した結果、以下のモデルが導き出された。1) 低い土砂および塩濃度がピーク水位まで持続する、通常の河川水の水頭、2) ピーク水位を 15 分-45 分遅れさせた土砂濃度のピークへの上昇を伴った、河川水と流れ込む塩水との間の混合ゾーン、3) 水位減少と、土砂濃度のピークから最大で 15 分-30 分後に最大値に到達する塩濃度の増加を伴う大量の土砂を帯びたフロー、そして最後に、4) フローが通常の河川流条件に徐々に戻っていく長い尾部である。2007 年 3 月 18 日のルアペフ山から湖を通過して噴出したラハールについては、複数の観測チームを動員することができたため、ワングアエフ川沿いの複数地点において、はるかに詳細な時系列データが収集できた。さらにこのデータは、広帯域地震計を用いてフロー内およびフローの基底の粗い土砂の容量とエネルギーを測定できるようにし、また通過の最中に堆積される土砂の非常に詳細なサンプリングを行なうことで拡大された。この新しいデータセットは、以前のルアペフ山のラハールからの観察結果を裏づけ、発展させるものである。いずれの事例においても、浮遊土砂、掃流土砂および塩濃度のピークが最高水位と流量を遅らせる。浸漬サンプルからの観察結果は、地震信号によって拡大する。この場合、総体的な震動エネルギーにおけるピークが水位/流量の最高点を遅らせる。堆積記録も、第 2、第 3、第 4 段階に一致する 3 つの異なるユニットを記録する。この新データは、ラハール波の先端は通常の河川水で構成されており、クレーター湖の湖水と浮遊土砂の到来パルスに取って代わられるらしいということを示唆している。

#### 11-P-66

焼岳火山群で発生した巨大ラハール、本郷泥流の年代、起源と堆積過程

及川 輝樹<sup>1</sup>, 三宅 康幸<sup>2</sup>, 福井 喬士<sup>2</sup>

1. 産業技術総合研究所/日本

2. 信州大学理学部/日本

e-mail: teruki-oikawa@aist.go.jp

本郷ラハールは、飛騨山脈において更新世で発生した最も大きなラハール堆積物で、この地域において最も活発な火山である焼岳火山群を発生源として、高原川-神通川水系に沿って 90km 以上も流れ下ったラハールである。火山から高原川-神通川に沿って 30-60km はなれた本郷-猪谷地域においてこのラハール堆積物は顕著な段丘を形成し、100m 以上の層厚で、18km<sup>2</sup> 以上の地域に分布する。全体の体積は、0.7km<sup>3</sup> 以上に達すると見積もられる。

このラハール中の火山岩礫の K-Ar 年代値と先行研究による火山灰層序学的検討に基づく、このラハールの堆積時期は 14-10 万年前である。このラハールに含まれる長軸 64mm 以上の礫は、主として黒雲母角閃石デイスাইトないし安山岩 (>70%) である。記載岩石学の特長に基づく、これらラハール中のデイスাইトおよび安山岩礫は旧期焼岳火山群の大棚火山(約 12 万年前に活動)起源であると考えられる。つまり、本郷ラハールの堆積年代は 12-10 万年の間で、恐らくは MIS5e に堆積したと判断される。

本郷ラハール堆積物は、デブリフロー堆積相、及び、ハイパーコンセントレイティド流堆積相と解釈される 2 つの堆積相に区分される。本郷ラハール堆積物の下部は、デブリフロー堆積相を主として形成される。しかし、上部は、しばしば厚さ 50m 以上になるハイパーコンセントレイティド流堆積物から成る。本郷ラハール堆積物の特徴は厚いハイパーコンセントレイティド流堆積物である。

本郷ラハールの分布、層相、体積が示唆することは、このラハールの発生には現在の高原川-神通川の水量を超える豊富な水が必要である。我々は、古高原川が旧期焼岳火山群大棚火山の活動によって堰止められつくられた湖が、決壊することによってこのラハールが発生したというモデルを提案する。

#### 11-P-67

ルアペフ山(ニュージーランド)の 2007 年 3 月 18 日の運動ラハールの特性に関する地球物理的洞察

Susan E. Cole<sup>1</sup>, Hilary K. McMillan<sup>1</sup>, Shane J. Cronin<sup>1</sup>, Vernon Manville<sup>2</sup>

Institute of Natural Resources, Massey University / New Zealand

Institute of Geological and Nuclear Sciences / New Zealand

e-mail: s.e.cole@massey.ac.nz

ラハール波の力学と発展はほとんど理解されていないこともあり、インフラおよび生命に対するラハールからのハザードには備えるのが困難である。具体的には、ラハールの流路沿いの異なる地点における流量特性に関する定量的な情報が不足している。予測されていたルアペフ山のクレーター湖の決壊は、そのような情報を収集するまたとない機会を提供した。2007年3月18日に長年待たれてきた堰堤の決壊が発生し、当の湖から推定で  $1.3 \times 10^6 \text{ m}^3$  の水が放出された。流れるラハールを捉えるために、ワングエフ水路沿いの一連の地点にさまざまな地球物理的機器を事前に設置し、科学観測者のチームを待機させていたことにより、このラハールは現在までのところ最も包括的に研究されたラハールとなった。

事象の前、事象の最中および事象後の地球物理的データを用いて、水路の変化する特性、地点別の特徴、河川流とラハールの間の相互作用を評価した。フローは水位の高さ、間隙水圧、および地震学的方法によって捉えた。これらは、ラハールの継続中にさまざまな地点で行なった運動フローの観測と浸漬サンプルによって部分的に補足した。また事象後のGPS調査も使用し、ピークの流速を抑制するのに利用することのできる潮線の高さ、水路横断面、片勾配の推定を確立した。

これらのデータを結合すると、おおよその最大流速を計算することが可能である。この数値を時系列の水位記録と合わせて使用すると、源から5 km から173 km 離れた水路沿いの7つの地点において、放出量と総流量を評価することができる。このプロセスは、純水フローにおける放出評価(斜面エリアの計算など)のための標準的な水文学的方法が、多様な水位・流量関係を示す土砂の多いラハール流に用いるのには不適切であることを強調した。広帯域の地震記録は、フローおよび大きなフロー励起内の粒子の移動を測定する格好の代理として機能した。これらの多様な機器および観測記録から得たデータを組み合わせると、このラハールがルアペフ山の過去の既知のラハールとまったく異なる動きをしたことがわかる。反復的な土砂の同伴と喪失のパターンが非常に複雑で、その結果、水位の高さ、土砂濃度、浸食潜在性、および掃流土砂の動きが急速に変化したのである。さらには、これらの特性は、新世代の質量流モデリングとハザード予知手法を検定し、評価する上で必要不可欠となるであろう。

## 11-P-68

太平洋西部地域におけるカルデラ内での湖の決壊: ニュージーランド及び日本の事例研究

Vern Manville<sup>1</sup>, Katy A. Hodgson<sup>2</sup>, Ian A. Nairn<sup>1</sup>, Kyoko Kataoka<sup>3</sup>

1. GNS Science / New Zealand

2. Western Heights High School, Rotorua / New Zealand

3. Research Centre for Natural Hazards and Disaster Recovery, Niigata University, Ikarashi 2-cho 8050, Niigata 950-2181 / Japan

e-mail: v.manville@gns.cri.nz

火山水文学的ハザードは多様な原因機構を示し、例としては爆発性の火口湖噴出など火山活動に直接関連するもの、また降雨に誘発される火山泥流や一時的な湖の貯水が決壊することによる洪水などの間接的な現象が挙げられる。世界的に見れば、そうした事象は火山活動に起因するものとしては3番目に大きな致死ハザードに位置付けられ、西暦1783年以後30,000名を超える死者を出している。一方で多数の休火山や活火山から流れ出る水系の周辺にある、平坦な火山泥流台地に人々が入植するにつれ、人口の増加は社会的脆弱性を増大させ、それらのうちの多くの地域は火山ハザード評価から除外されている。

地形調査や堆積物調査により、多数の火山弧におけるカルデラ内での湖の決壊が確認され、古水文学的再現では、一部は氷河期以後の地球上で最大級の洪水であることを示している。ニュージーランドのタウポ火山帯における集中調査では、数々の火山から多数の洪水の証拠を発見した。2件の洪水が、オーストラレーシア最大の淡水湖であるタウポ湖から確認され、26 ka 及び1.8 ka の事象においてそれぞれ  $60 \text{ km}^3$  及び  $20 \text{ km}^3$  の水が放出された。再発性の洪水もオカタイナ火山から確認され、ここではカルデラ内の溶岩ドームの成長が排水路を何度も堰き止めている。またロトルア湖でも、複雑な歴史をもつ高水位の跡が何段もあったり、排水路らしきものもある。日本とニュージーランドの地理的類似性は、日本の火山弧もカルデラ内の湖からの決壊による洪水を経験したはずであるということを示唆するものである。予察レベルでの調査で、13.5 ka 以後に本州北部の十和田カルデラから約  $5.5 \text{ km}^3$  の決壊による洪水が発生したことが確認され、一方九州の阿蘇カルデラでは現在乾燥した盆地である場所に90 ka 以降3段階の湖の成長が見られ、決壊事象の可能性が高まっている。ほかにも、北海道のカルデラ湖に候補地が存在する。

## 11-P-69

長周期事象の震源モデルおよび音源モデルの統合

Robin S. Matoza<sup>1</sup>, Milton A. Garces<sup>2</sup>, Bernard A. Chouet<sup>3</sup>, Luca D'Auria<sup>4</sup>, Michael A.H. Hedlin<sup>1</sup>

1. Scripps Institution of Oceanography / USA

2. University of Hawaii at Manoa / USA

3. US Geological Survey, Menlo Park / USA

4. Osservatorio Vesuviano, Napoli / Italy

e-mail: rmatzoa@ucsd.edu

長周期(LP)事象は通例、活火山の流体振動に起因し、短期的な噴火予測に有用であるとともに、特定の種類の弱い揺れと密接に関係することから、地震モニタリングにとって最も重要なサインの1つである。セントヘレンズ火山では、13 km 範囲の広帯域地震計と連動した広帯域超低周波音センサーを多数設置しているが、ここから得たデータから、LP地震事象を引き起こすプロセスが断続的に超低周波音の音圧信号を発生させ、これが火山から大気中へと発せられることがわかった。超低周波音のLP事象はいずれも、地震のLP事象に比べて期間が短い反面、衝撃力が強く、また、それとわかる長期

間の終期微動がない。

観察結果を整理した上で、地形と風の影響を含め、弾性波方程式および音波方程式の有限階差を 2.5D で紹介して、地震と音の LP 事象の間に見られる結合メカニズムに関する調査の暫定的な結果を数値的に説明する。また、地下の蒸気が充満した、共鳴しやすい亀裂における過渡的な圧力によって発生する超低周波音の波動場についても考察する。

## 11-P-70

### インドネシア、西ジャワのグントゥール火山における火山構造的な地震

Nurlia Sadikin<sup>1</sup>, Masato IGUCHI<sup>2</sup>

1. Sakurajima Volcano Research Center, DPRI, Kyoto University / Japan

2. Sakurajima Volcano Research Center, DPRI, Kyoto University / Japan

e-mail: nurlia@svo.dpri.kyoto-u.ac.jp

グントゥール火山はインドネシアの西ジャワに位置する安山岩質火山複合体である。火山は最も若い火口であるグントゥール(南東)からマシギット(Masigit)(北西)まで一列に並び、ガンダブラおよびカモジャン(Kamojang)の両カルデラは、それぞれ北西と西に位置する。1847 年からの約 160 年間は、休止の状態にある。火山構造的な(VT)地震の数は、1997 年、1999 年、および 2002 年に増加した。2000 年と 2002 年には、ガンダブラで VT 地震が頻繁に発生したことにより、地震エネルギー放出率が上昇した。グントゥール-マシギット(Masigit)火山ゾーンに沿って並ぶ震央は、深さ 2km に位置する。ガンダブラの震央はさらに深く 2 km-4 km の位置に分布し、カモジャンでは >4km である。グントゥール火口の南東の山腹では、地震活動は見られない。グントゥール-マシギット(Masigit)周辺の地震のマグニチュードは <M1.5 であるが、一方、ガンダブラからカモジャンについては >M1.5 である。発震機構は、二重連結機構と等質半空間を想定し、極性と P 波の初動の振幅を用いて導き出した。グントゥール-マシギット(Masigit)の断層面解は、正断層と逆断層のメカニズムによって示された。交線は北西から南東の方角に走っているため、走向は火山の配置と関連があるようである。VT 地震の発震機構は、桜島、雲仙、メラピ火山など、ほぼ活動状態にある噴火口付近のものと類似している。ガンダブラでは、発震機構は正断層で、走向は北西から南東である。カモジャンでは、発震機構は走向移動断層で、交線は北東から南西と北西から南東の方角を走っている(N-S 伸張)。グントゥール火山周辺の断層の方角は、主として南西から北東である。カモジャンの VT 地震は、桜島や雲仙岳の活動中の噴火口から遠く離れた位置での VT 地震において示されたように、地殻応力によって影響される。

## 11-P-71

### 日本における火山体構造探査

### 筒井 智樹<sup>1</sup>, 火山体構造探査グループ

1. 秋田大学工学資源学部 / 日本

e-mail: tom@geophys.mine.akita-u.ac.jp

1994 年に第五次噴火予知計画の一環として火山体構造探査計画がスタートし、今日までの 13 年間に 11 火山を対象として主に人工地震を用いた構造探査が実施された。本講演ではこれまでに火山体構造探査計画で得られた成果について紹介する。

火山学において内部構造の研究は大変重要なテーマの一つである。火山活動にともなう様々な現象を正しく理解するためには、二つの観点から内部構造が重要な役割を果たしている。すなわちその現象が生み出される「場」の物理量、およびその現象が観測計器に到達するまでの「通過経路の応答」である。

1994 年から始まった火山体構造探査計画では噴火予知計画の一環として「マグマだまりの検出」を目標に行われてきた。以下ではこの計画を「構造探査計画」と称することにする。これまでに構造探査計画において対象となった火山は、霧島火山(1994・1996 年)、雲仙火山(1995 年)、磐梯火山(1997 年)、阿蘇火山(1998 年)、伊豆大島火山(1999 年)、岩手火山(2000 年)、有珠火山(2001 年)、北海道駒ヶ岳火山(2002 年)、富士火山(2003 年)、口永良部島火山(2004 年)、浅間火山(2005・2006 年)であった。このように年次計画のもとで構造探査が推進されているのは日本の火山学研究の特徴である。

構造探査計画では当初人工地震観測が重点的に実施されており、地震波速度構造の解明手法として走時トモグラフィーが定着するとともに、反射法的解析の適用も試みられるようになった。また、後年になり構造探査計画には自然地震観測や電磁気観測も取り入れられるようになってきた。自然地震観測は透過深度と S 波伝播特性の解明の点で人工地震観測の弱点を補い、電磁気観測は地震学とは異なる物理量で構造を解明することにより、さらに総合的に火山構造を解明することをねらったものである。

これらの計画の実施で活火山内部の地震波速度構造が解明され、ほとんどの火山体の内部に高速度の「芯」が存在することが明らかにされた(霧島火山・雲仙火山・磐梯火山・阿蘇火山・岩手火山・有珠火山・富士火山・口永良部島火山)ことに加えて、伝播速度場が精密化されたことで火山性地震の発生域の姿がより明瞭なものとして示され(岩手火山・磐梯火山・有珠火山)、特に有珠火山では 2000 年噴火にともなうマグマの動きを精密に推定することに成功している。

さらに活火山直下の反射面分布の解明により、マグマだまりとの関連の可能性がある反射面構造の指摘(霧島火山)や、カルデラ火山の反射面構造の記述(阿蘇火山)、マグマだまりと火山生成の背景となるテクトニックな構造要素との関連性の指摘(富士火山)などがなされたことである。これらの一連の反射法解析結果は、マグマだまりを含む火山の深部構造に対するアプローチとして人工地震による反射波解析が有効であることを示しており、すくなくともマグマ溜まりの平面的な広がりが大きくても 2~3km 程度で扁平な形状として見えること、などの手がかりを与えている。さらに、地震波形相関関数探査法

の導入により、従来の探査手法が適用しにくかった火山体内部に対する反射断面を得ることも可能となった。

## 11-P-72

### 浅間火山の地盤変動力源地域で検出された地震反射体

筒井 智樹<sup>1</sup>, 森田 裕一<sup>2</sup>, 中田 節也<sup>2</sup>, 青木 陽介<sup>2</sup>

1. 秋田大学工学資源学部／日本

2. 東京大学地震研究所／日本

e-mail: tom@geophys.mine.akita-u.ac.jp

浅間山西方に位置する地盤変動力源地域で明瞭な地震反射体を検出した。本講演ではこの地震反射体と火山性構造との関係について議論する。

本観測では浅間火山の西方に位置する車坂峠を中心として南北約 8.5km にわたり高密度展開した臨時地震観測網で人工地震(2006 年 10 月)を観測した。測線上には合計 208 観測点を約 50m 間隔に設置し、各観測点では受振器に GS-11 型地震計(固有振動数 4.5Hz)、記録計として LS8200SD を用いた。記録計は 1000Hz サンプリングとし、火山構造探査の発破時間帯は連続記録動作として行われたすべての発破を記録するように設定を行った。また観測点の測位には GPS による高速静決定法を用いた。観測点設置を担当した班の自動車に受信器を搭載して観測点設置作業と並行して衛星受信を行うとともに、測線中央付近に固定観測点を設けて作業時間帯に連続観測を行った。臨時観測点の展開にあたり測線全体を3つの区間に分け、それぞれを2人1組の班で担当して3日間で設置を行った。

実際の観測では 208 観測点中 206 観測点でデータの回収に成功した。高密度観測網の中央に位置するショットポイントに対する観測波形データには次のような特徴が現れていた。測線の北半分では高い見かけ速度を示す後続相が複雑に出現するのに対して、南半分では比較的単純なパターンで後続相が出現する。

このような記録を処理してシングルフォールド反射断面と疑似反射断面を得た。シングルフォールド断面は青木・他(2007)が報告した浅間火山構造探査測線のうち、南北測線中央部に相当する断面である。青木・他(2007)では南北測線中央部に高速度層の盛り上がり認められる。本研究で得られたシングルフォールド反射断面では、この盛り上がった高速度層の北寄りの海面下 3km 付近に約 500m にわたり明瞭な反射面が認められた。またこの高速度層の盛り上がりはその南部と北部とでそのほかの反射面の出現の様子が異なることが注目される。これらの反射面のいくつかは浅間火山のマグマの貫入岩脈を検出したものと考えられる。

## 11-P-73

### 有限要素法シミュレーション結果データベースを用いた地殻変動源推定

福井 敬一<sup>1</sup>, 北川 貞之<sup>2</sup>, 高木 朗充<sup>1</sup>, 山本 哲也<sup>3</sup>, 坂井 孝行<sup>1</sup>

1. 気象庁気象研究所／日本

2. 気象庁火山課／日本

3. 気象庁地磁気観測所／日本

e-mail: kfukui@mri-jma.go.jp

GPS による稠密地殻変動観測や干渉 SAR による面的地殻変動の検知等、近年、火山の山頂部において高精度地殻変動観測データが取得可能となった。従来、これらデータの解析には茂木モデルや岡田モデルのような半無限一様構造における解析解が用いられてきた。我々は地形や構造の影響を考慮した高精度解析を行うために三次元有限要素法(FEM)を用いた研究に取り組んでいる。しかし、このような解析は、FEM ソフトウェアや高性能計算機、多大の時間を要し、「だれでも、どこでも、すぐに」行えるというわけではない。このような困難を解消するため、FEM シミュレーション結果データベースを用いた地殻変動源モデル推定手法を開発した。すなわち、個々の火山において種々の位置、形状を有する変動源に対する地殻変動量分布をあらかじめ計算しておき、この中から観測値を最も良く説明する変動源を選択する。次に、この変動源とその周辺の変動源の計算結果を用いて、より確からしい変動源を内挿推定する。この手法を我々が開発した火山用地殻活動解析支援ソフトウェア MaGCAP-V に実装し、PC 上で容易に有限要素解析と同等の結果を得られるようにした。

## 11-P-74

### 有限要素法による基礎的な圧力源モデルの計算

坂井 孝行<sup>1</sup>, 山本 哲也<sup>2</sup>, 福井 敬一<sup>1</sup>, 藤原 健治<sup>3</sup>, 高木 朗充<sup>1</sup>, 中禮 正明<sup>2</sup>

1. 気象庁気象研究所／日本

2. 気象庁地磁気観測所／日本

3. 気象庁／日本

e-mail: tsakai@mri-jma.go.jp

火山地形や不均質構造が存在する火山地域での地殻変動の様子を詳しく知るには数値計算を行う必要がある。有限要素法を用いて比較的単純な形状のモデルを解析することにより、火山性地殻変動および計算手法に関する以下のような基礎的な知見が得られた。

- 1) モデル領域を大きくするほど高い計算精度が得られるが、節点数が必然的に増加し、それに伴って計算時間も増加するため、圧力源深さ D の 15~20 倍程度のモデル領域が適当であろう。
- 2) 球圧力源深さ D に対して半径 a を増加させた場合、山川(1955)の解は  $a/D$  が 0.22 まで、McTigue(1987)の解は  $a/D$  が 0.45 まで、それぞれ 1%以内の精度で FE 解析結果に一致する。
- 3) 低速度表層が存在する場合、変位量は増大し、その度合いは水平変位の方が大きい。

4) 山頂火口の火口容積が大きいほど火口縁での水平変位が大きくなる。

5) 回転楕円体圧力源による変位を表す Davis et al. (1974) の解を修正し, FE 解析結果に良く一致する経験式を導出した。この経験式はパラメータを調整することにより円柱圧力源による変位も表すことができる。

## 11-P-75

### 地殻変動の時空間変化が明らかにした伊豆大島の過去約 50 年間の多数の側噴火未遂イベント

村上 亮<sup>1</sup>, 山田 晃子<sup>1</sup>, 山口 智也<sup>1</sup>, 奥山 哲<sup>2</sup>

1. 国土地理院／日本

2. 産業技術総合研究所／日本

e-mail: mccopy@gsi.go.jp

伊豆大島火山が 1986 年に噴火してから, 既に 20 年が経過した。この火山は, 歴史時代に入ってから, 平均して数 10 年おきに噴火を繰り返しており, 前回の噴火後, ほとんど間をおかずして山体の膨張が再開したことをみても, 現在は, 将来の噴火に向けての準備過程が着々と進んでいる段階と考えられ, 次の噴火を迎え撃つため, 中長期的な噴火予知や活動活発化後の推移予測の的確な実施に必要な準備を現段階から進めておくことが重要である。予知を成功させるためには, マグマ溜まりの位置や蓄積レートなど供給系の振る舞いについての正確な理解を持つ必要がある。また, 噴火の推移予測には, 過去の活動の特徴を参考にしながら各種のシナリオを想定しておくことが不可欠である(川邊, 2005)。1986 年噴火に際して, 圧倒的な量の各種の観測データが獲得されており, 伊豆大島のマグマ供給系に関する我々の理解は飛躍的に進んだ。噴火後も, 水準測量などが繰り返され, 加えて最近では GPS や APS 等の連続観測も開始され, 噴火準備期の地殻変動の時間的推移が詳細に把握できるようになった。これまでの地殻変動データの解析から, (1) GPS および水準測量結果は, ほぼ等速の長期的な山体の膨張を示しており, 変動は第一次近似としては球状圧力源の活動で説明できる。ソースの位置は, カルデラ北部の地下約 4km で, 平均の膨張レートは, 年間約  $2 \times 10^{-6} \text{m/年}$  である。(2) 最近約 2 年間の膨張率はやや低下している。(3) 地殻変動には短周期の揺らぎが重畳しており地震活動との関連性も報告されている(Murakami, 2003, IUGG; 森田, 2004 火山学会秋季大会, 2005 合同大会)。なお, 揺らぎは独立の観測である GPS と APS に共通して現れており, 真の地殻変動である可能性が高い。(4) カルデラ内は沈降している。(5) 水準測量結果は, 1986 年噴火に形成されたダイク近傍で局所的な余効的変動の継続を示しており, 噴火時に島の南東部でもマグマが浅部に上昇しダイクが形成された可能性が高い(橋本・多田, 1988)。(6) 島中央部の球状圧力源だけでは説明できない島の南東部の波浮を中心にして常時沈降している領域がある。ことなどがわかっている。今回は, (4), (5), (6) に注目し, 局所的な沈降箇所の詳細な解析を行った。その結果, 1986 年噴火の C 火口列近傍の水準点の沈降速度は, 時間的とともにゆるやか

に減衰しており, その時間変化の様子は, 浅部に貫入したダイクの熱収縮の時間変化によってよく説明される事がわかり, 観測されている沈降は, ダイクの熱収縮を反映したものである可能性が極めて高いことが示唆された。同様に, 橋本・多田(1988)によって, 大規模ダイクが貫入したと推定されている島の南東部でも, 同様な沈降が噴火直後から進行しているが, 噴火以前の測量結果には全く沈降がみられないこともわかった。沈降速度の噴火後の減衰や, 沈降量そのものの大きさも熱伝導がもたらす冷却によるダイクの熱収縮によって十分説明される。これらのことから, 1986 年噴火で開いた火口列や地表には達しなかったものの浅部まで貫入したダイクの直上において, 冷却収縮により直上の地表が沈降している可能性が極めて高いことがわかった。なお, 玄武岩マグマの貫入によって形成される典型的なダイクを想定すると, 貫入の 10 年後の直上の沈降速度は  $10 \text{mm/年}$ , 50 年後は  $1 \text{mm/年}$  であり, 50 年程度前に貫入したダイクでも精密な水準測量を繰り返すことによって十分検知可能であることもわかった。また, 簡単なモデル計算から, 沈降領域の広がりからダイク上端の深さの推定が可能で, 実際的水準測量結果を当てはめると,  $500 \text{m}$  もしくはそれより浅くまでダイクの上端が達していたことが示唆される。噴火前の水準測量結果の解析を進めるにつれて, 1986 年噴火以前から現在にいたるまで島の各所において同様の沈降が発生していることがわかり, 幸い噴火に至ることは無かったが極めて浅部まで達したマグマの貫入事件が 1986 年噴火以前にも相当数あったことも強く示唆された。このような貫入は, 島の中心を通り北西から南東に伸びる帯状の領域に集中している。これは津久井ら(2006)による過去の側噴火火口列の分布とも非常によく整合している。これらのことから, 伊豆大島は 1930 年代や 50 年代の過去の噴火においても, 1986 年噴火と同様, 側噴火の未遂である浅部ダイク貫入が発生しており, 同様の現象は将来も繰り返される可能性が高いと考える。噴火に至るか未遂で終わるかはマグマの活性度等の僅かな差によると思われ, これらの浅部貫入の何割かが側噴火にまで至ると考えられる。伊豆大島の次期噴火の予知や防災計画策定は, これらの知見も考慮に入れながらなされることが望ましい。

## 11-P-76

### 航空機レーザスキャナを用いた火山地形調査

佐々木 寿<sup>1</sup>, 向山 栄<sup>1</sup>, 永田 直己<sup>1</sup>, 曾我 智彦<sup>1</sup>

1. 国際航業株式会社／日本

e-mail: hisashi\_sasaki@kkc.co.jp

航空機レーザスキャナ(ALS)により取得される高分解能な空間データは, 火山地形の解明に有効な情報を与える。我々は火山地形判読を目的として, 航空機レーザスキャナ DEM(ALSDEM)を用いた新しい地形表現手法について検討を行った。地形判読を行う際の重要な要素は標高の変化と傾斜の変化であることに着目し, 高度段彩図と傾斜量図を重ね合わせた「カラー標高傾斜図(ELSAMAP)」という新しい地形表現手法を開発した。ALSDEM を用いた ELSAMAP は, 数

10cm 単位での標高表示色の調整が可能であるため、溶岩流のような標高の微妙な変化を判読するような地形判読に特に有用である。本発表では、桜島火山と羅臼岳火山の溶岩流を対象に作成したELSAMAPと、既存研究の比較検討結果を紹介する。ALSDEM を用いると、火口形状などの複雑な地形の定量的計測を行うことも容易である。今回、桜島火山の南岳火口について、1981 年と 2001 年の 2 時期の DEM を作成し、火口形状の変化を定量的に把握した。南岳火口は、20 年間で火口底が 200m 以上低下し、その損失体積が  $0.037\text{km}^3$  であることが明らかとなった。

## 11-P-77

### 浅間火山における深部電磁波イメージング

Yasuo Ogawa<sup>1</sup>, Koki Aizawa<sup>1</sup>, Takeshi Hashimoto<sup>2</sup>, Takao Koyama<sup>3</sup>, Wataru Kanda<sup>4</sup>, Yusuke Yakaya<sup>2</sup>, Masaaki Mishina<sup>5</sup>, Tsuneomi Kagiya<sup>6</sup>

1. Volcanic Fluid Research Center, Tokyo Institute of Technology / Japan

2. Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University / Japan

3. Earthquake Research Institute, University of Tokyo / Japan

4. Sakurajima Volcano Research Center, Kyoto University / Japan

5. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Tohoku University / Japan

6. Aso Volcanological Laboratory, Kyoto University / Japan

e-mail: oga@ksvo.titech.ac.jp

浅間火山は中部日本にあるブルカノ式噴火をする活火山である。最近では 2004 年 9 月 1 日に 22 年ぶりに噴火した。この噴火では広域的な GPS 観測や火山性地震の観測から、火口に向かって西側からダイクが貫入して噴火に至ったことが推定されている。このダイクを検証するために、MT 観測を 14 測点で実施した。まず、インピーダンスから  $N60^\circ W$  方向の電磁気的な走向が認められることを確認した。2 次元解析の結果は、以下のとおりである。浅部構造は 2–3km 厚の低比抵抗層(中新世の堆積層)とそれを覆う高比抵抗層(火砕流堆積物)で特徴付けられる。深部構造については、おおむね高比抵抗であるがダイク貫入域の深度数 km に鉛直状の数 ohmm の低比抵抗構造が推定された。この低比抵抗値は、マグマだけでは説明できない値であり、高塩濃度流体の寄与が必要であろう。

## 11-P-78

### 浅間山 2004 年噴火時に観測された空振と地震の関係

大湊 隆雄<sup>1</sup>

1. 東京大学地震研究所 / 日本

e-mail: takao@eri.u-tokyo.ac.jp

2004 年 9 月 1 日、浅間山において 21 年ぶりの中規模噴火が観測された。年末までに 5 回の小・中規模噴火が発生したが、全てブルカノ式噴火であり、特徴的な地震波と空振を伴った。地震波形の解析からは、下向きのシングルフォースが主要成分であり、Kanamori et al.(1984)による圧力開放モデルで説明できることがわかった。全てのイベントが同じブルカノ式であり、シングルフォースが卓越する震源メカニズムであるという点が共通していたが、地震波形の詳細は噴火毎に異なっていた。地震波形は概ね 2 つのグループに分けることができたが、空振波形にはこの分類が当てはまらず、同じような地震波形を伴うイベントの空振波形は必ずしも似ていなかった。地震波形は、加圧された火道からの圧力開放過程や、その後の火道内の流体の動きを反映している。一方、空振は、高温の物質がどのように大気中に放出されたのかを反映している。地震波形と空振波形が必ずしも対応していないということは、火道内の物理現象と、火道から大気への物質放出過程が噴火毎に異なることを示す。地震波形と空振波形の両者を同時に解析することにより、噴火現象の本質により近づくことができる。

## 11-P-79

### 水温の高い火口湖の水深変動解析—阿蘇火山・中岳第一火口への適用—

寺田 暁彦<sup>1</sup>, 橋本 武志<sup>2</sup>, 佐々木 寿<sup>3</sup>, 鍵山 恒臣<sup>1</sup>, 齋藤 武士<sup>4</sup>

1. 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター

2. 北海道大学理学研究院附属地震火山研究観測センター / 日本

3. 国際航業株式会社 / 日本

4. 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設 / 日本

e-mail: terada@aso.vgs.kyoto-u.ac.jp

阿蘇火山中岳第一火口の火口湖は、活動に応じて水温や水位が著しく変化する。そのため、水温・水位変動を解析することで火山学的に興味深い様々な情報が得られる。また、火口湖は、大規模泥流を起こす災害因子でもあり、火口湖の安定存在理由を明らかにすることは防災上重要である。湖の変動を明らかにするため、2006 年 6 月に自動撮影カメラを設置するとともに、航空レーザ測量から火口地形に関する DSM を作成し、湖水位、面積および体積の正確な測定を継続中である。さらに、湖水について、質量および熱エネルギー保存則から 1 次元モデルを構築して、方程式系を無次元化することで湖変動を支配する要因を検討した。その結果、水温の高い火口湖が維持される条件として、火口地形が重要であることがわかった。つまり、噴火や大雨で湖面積が大きく変わった場合、湖底からの Input が変わらないにも関わらず、水位上下パターンが変化する可能性が示唆された。本モデルと 2006 年 8 月の水位・水温観測データとを比較したところ、当時は湖底から  $50\text{ kg/s}$ ,  $1900\text{ kJ/kg}$  の低エンタルピー流体が供給されていたことがわかった。

# 11-P-80

## インドネシアのスンダ海峡のクラカタウ火山の周辺及び下方の地震活動

Rizkita Parithusta<sup>1</sup>, Satoshi Matsumoto<sup>2</sup>

1. Department Planet and earth sciences, Graduates School of Sciences, Kyushu University / Japan

2. Institute of Seismology and Volcanology, Kyushu Univ. / Japan

e-mail: rizkita@sevo.kyushu-u.ac.jp

クラカタウ火山は、スマトラ島とジャワ島間のスンダ海峡にある。この火山はスンダ弧の火山列に属する。火山周辺一帯は、海洋のインド-オーストラリアの沈み込みプレートと、大陸のユーラシア・プレートの相互作用によって形成される。これら2枚のプレートは、年間7 cmの速度で北北東-南南西の方向に収束する。スンダ弧はスマトラとジャワの間で収束方向を大幅に変える;その方向はジャワからほぼ直角に離れ、スマトラから斜めに離れる。我々は、後者の概念を支持する地震学的検証を発表する。クラカタウ火山の周辺及び下方の特徴的な地震活動の原型は、地震学的データによって認識された。おそらくクラカタウ火山の動的活動に関係する、一連の類似事象は、沈み込み帯での事象とは明らかに異なり、分離される。そのクラスターに対する震源決定の正確性は、沈み込みスラブへ向かうプレート間地震及びプレート内地震のものと変わらない。クラスター事象(cluster events)の深度は、非常に浅いものから約100 kmに至るまで変動し、明らかな不連続は伴わない。それどころか、火山直下のスラブ帯には、深度100 km-165 kmに明らかな非地震性のギャップがある。我々は、斜めに収束するスマトラ海溝の地球力学的背景に関連付けられる、地殻構造とスンダ海峡の進化について調査するため、地震反射データと地震屈折データを利用した。調査対象区域の斜め引張力特性(transtensional character)は、島弧基盤の断層ブロックと、スンダ海峡の西側入口の大きな地溝の両側で探知された活発な正断層に現れる。反射データと広角データを複合的に解釈すると、大幅な地殻薄化に伴い、6 kmにわたり堆積物が地溝を満たしていることが分かる。調査対象地域の南側部分は海溝から50 kmしか離れてなく、沈み込みプレートのモホ面は深度28 kmで見られる。そのデータを基に、我々は、クラカタウのクラスターが地表で非地震性のギャップを火山に与えていることを発見した。特定の応力と地質構造状況は、マグマの上昇プロセスではなく、むしろ地震クラスターによって説明される。我々は、クラカタウ下方の大陸ウェッジ(continental wedge)の地震構造挙動は、スンダ海峡地域におけるスンダ弧の屈曲と相関関係があると考ええる。

# 11-P-81

## 阿蘇火山における高密度空中磁気観測

宇津木 充<sup>1</sup>, 田中 良和<sup>1</sup>

1. 京都大学火山研究センター/日本

火山活動に伴う地下の温度変化が生じることで、地殻岩石の磁化が変化し磁場変化が生じる。こうした磁場変化を観測することで地下の大局的な熱的状态を捉えることが可能である。しかし、磁場はポテンシャル量なので、地下の熱源の位置、大きさ、深さなどを正確に見積もるためには、磁場変化が空間的にどのように分布するかを測定しなければならない。しかし、火山の活動域近傍の劣悪な環境により、火山の活動域周辺に稠密な連続観測点網を構築・維持する事には多くの困難が伴う。

これに対し、空中観測から時間変化が検出できれば、その空間的な分布を広範な領域について非常に少ない労力で得る事が出来る。しかし、繰り返し空中観測で時間変化を議論するには観測位置の違いによる影響を補正する事が必要になる。この問題を解決するため我々は、2002年6月に阿蘇火山において高密度空中磁気測量を行った。またこのデータを元に、阿蘇火山上空の3次元的な磁場分布を推定し、任意の位置における磁場の値を推定した。これにより、これ以降の繰り返し観測では、対象領域の内部でいかなる航跡で飛行しても、観測位置の違いによる影響を補正して時間変化を議論する事が出来る。

# 11-P-82

## 諏訪之瀬島火山における噴火地震の震源過程

為栗 健<sup>1</sup>, 井口 正人<sup>1</sup>, 八木原 寛<sup>2</sup>

1. 京都大学防災研究所/日本

2. 鹿児島大学理学部/日本

e-mail: tamekuri@svo.dpri.kyoto-u.ac.jp

諏訪之瀬島火山では山頂火口においてブルカノ式~ストロンボリ式噴火を繰り返している。本研究では、諏訪之瀬島火山で発生する噴火に伴う地震(噴火地震)の震源過程を明らかにした。4台の広帯域地震計で記録された8例の地震について解析を行った。噴火地震の初動はゆるやかに始まり(P1相)、上下動はdown、水平動は引きである。P波初動到達の0.2~0.3秒後に、引きの中に上下動が卓越するパルス状の押し波(P2相)が見られる。P1相を励起する震源は火口直下周辺の深さ200~300m付近、P2相を励起する震源は火口直下の深さ400~600m付近であった。波形インバージョン法を用い、P1相とP2相のモーメントテンソル解を推定した。P1相のモーメントテンソル成分は体積変化を表す対角成分が全て負で、それらはほぼ同じ値を持ち、ダブルカップル成分を表す非対角成分より1桁程度大きい。P2相については、正の鉛直方向のダイポール成分が卓越しており、他の成分より1桁程度大きい結果が得られた。以上から、初動の引きは等方的な体積収縮によって励起されており、その約0.3秒後に初動よりやや深い場所で鉛直方向のダイポールが卓越する体積膨張が発生していると考えられる。

11-P-83

浅間火山 2004 年9月1日噴火噴出物の分布 —IKONOS 衛星画像判読と現地調査による検証結果—

阪上 雅之<sup>1</sup>, 佐々木 寿<sup>2</sup>, 三宅 康幸<sup>1</sup>, 向山 栄<sup>2</sup>

1. 信州大学／日本

2. 国際航業株式会社／日本

e-mail:s06a404@shinshu-u.ac.jp

浅間火山は 20 世紀初頭頃からブルカノ式噴火を頻繁に繰り返している。このような火山では、過去の噴出物の噴出時期を特定することは大変難しい。佐々木・向山(2006)は、IKONOS 衛星画像を用いて浅間火山 2004 年 9 月 1 日噴火の噴出物の衝突痕分布図を作成しており、噴出時期の特定に利用できる。しかし、衛星画像では判読不能な林の中の噴出物分布や、噴出物の種類など不明であるため、現地調査を行った。佐々木・向山(2006)の噴出物分布プロットのうち約 130 地点について現地調査の結果、その 8 割以上では、緻密な岩片や変質岩片が形成した大小の衝突痕または植生の変化が確認された。ここでは衛星画像が読み取るわずかな地形・植生変化の情報が重要となる。残り 2 割以下の地点では 9 月 1 日噴火の本質物質と考えられるパン皮状火山弾を 8 個、衛星画像で判読されなかった地域で 2 個確認した。また現地調査では、衛星画像で認識できなかった林の中に落下した噴出物や衝突痕、30cm 以下の植生の焦げ跡が確認された。

11-P-84

日本の富士山下方のマグマ溜りの探索

Jonathan M. Lees<sup>1</sup>, Eisuke Fujita<sup>2</sup>, Motoo Ukawa<sup>2</sup>

1. University of North Carolina, Chapel Hill, NC / USA

2. NIED, Tsukuba / Japan

e-mail:jonathan.lees@unc.edu

我々は、日本の富士山下方の部分溶融の形状及び相対量を描写し定量化する新たな手法を追求する。日本の富士山下方の速度構造に対するトモグラフィインバージョンは、マグマの蓄積を示す大規模で局所的な低速構造の存在を示唆するものである。溶融又は部分溶融の相対量を抑制するため、我々は一連の地震パラメータを抽出する広範なプログラムを進めており、これはマグマ貯蔵システムや火道形状の構造及び地質学的詳細をさらに説明するものとなる。第一段階では富士山系下方の地震振幅、スペクトル成分、エネルギー減衰に関する大規模な調査を行う。1995 年から 2006 年にかけて富士山周辺の 23 箇所のステーション(NIED)によって探知された、41, 572 件の局所的・地域的事象を用い、我々はそれぞれの発生源からほぼ直線方向に沿って並ぶ 80, 425 組のステーションを抽出した。スペクトル振幅は  $A(f) = S(f)P(f)I(f)C(f)B(f)G$  という式によってモデル化されるが、 $S(f)$ は震源スペクトル、 $P(f)$ は経路効果、 $I(f)$ は機器の応答、 $C(f)$ はサイト応答、 $B(f)$ は減衰効果を指し、 $G$  は幾何学的拡大

と発震機構を表す。 $S(f)$ ,  $P(f)$ , 及び  $G$  は同じ事象の発生源を共有する各組のスペクトル比を取得することによって除外可能である。当初の結果は、火山体の下方を通過する地震波が、スペクトルの大幅な減衰を受けることを示し、また相当な部分溶融の存在を示している。大規模なデータセットが、活火山周辺における地殻の  $Q$  値に対する単純な二次元のトモグラフィインバージョンの基礎を提供する。この独立的な結果は、富士山下方における速度インバージョンの結果と、異常な  $b$  値の調査に関する分析を裏付けるものと思われる。

11-P-85

硫黄島カルデラの大規模地殻変動モデル

鶴川 元雄<sup>1</sup>, 上田 英樹<sup>1</sup>, 藤田 英輔<sup>1</sup>, 小澤 拓<sup>1</sup>, 小林 哲夫<sup>2</sup>

1. 防災科学技術研究所／日本

2. 鹿児島大学理学部／日本

e-mail: ukawa@bosai.go.jp

硫黄島は最近 500 年間の平均隆起速度が約 20cm/年という極めて地殻変動速度の大きいカルデラ火山である。防災科学技術研究所では測量、重力変化、GPS 連続観測、衛星 SAR による観測から地殻変動の時空間的パターンを把握してきた。観測された変動は、時間的には定常的な変動パターンと数年～10 年に 1 度発生する間欠的な変動に分けられ、定常的な変動は、カルデラの中央部の収縮とその周囲の隆起、間欠的な変動は、広域の大規模隆起で特徴づけられる。変動源のモデル化を行った結果、収縮源は硫黄島カルデラの浅部、深さ約 1km にあり、大規模な隆起源はその直下へのマグマの注入であることがわかった。このモデルは水蒸気爆発の分布を説明することができ、火山防災にも役に立つものである。

11-P-86

阿蘇火山中岳浅部の連続型火山性微動発生における帯水層の役割

高木 憲朗<sup>1</sup>, 金嶋 聡<sup>1</sup>, 須藤 靖明<sup>2</sup>, 大倉 敬宏<sup>2</sup>, 川勝 均<sup>3</sup>, 山本 希<sup>4</sup>

1. 九州大学 大学院理学研究院 地球惑星科学部門／日本

2. 京都大学火山研究センター／日本

3. 東京大学地震研究所／日本

4. 東北大学大学院理学研究科／日本

e-mail: ntagagi@geo.kyushu-u.ac.jp

阿蘇山で発生する短周期連続型微動の発生メカニズムを探るために、1999 年から 2003 年にかけて中岳第一火口付近で東京大学、京都大学、東京工業大学の合同チームによる短周期地震計アレイ観測が計4回行われた。数年にわたる微動活動の変化を捉えるために、全ての観測において第一火口

の西約 700m のほぼ同じ場所にアレイを設置・観測した。周波数解析の結果、パワースペクトルや微動信号の到来方位は年によって変化した。4.7Hz 付近の見かけスロウネスは約 0.6km/sec で安定していた。この値は他の周波数におけるスロウネスよりも低く、この帯域において実体波が卓越している事を示唆する。またスロウネスから推定した震源の深さは第一火口の下約 300m よりも浅い場所であり、経年変化はあまり大きくなかった。この深さは Hase et al. (2005) によって示された浅部低比抵抗層の深さとはほぼ一致する。これらの観測結果から、阿蘇山で発生する連続型火山性微動は、地下から上昇する高温の火山ガスが第一火口の地下浅部に存在する帯水層に注入されることで発生していると考えられる。

#### 11-P-87

#### 2007 年御嶽火山における GPS 観測と水準測量による地殻変動とマグマ貫入モデルの考察

石川 溪太<sup>1</sup>, 木股 文昭<sup>2</sup>, 村瀬 雅之<sup>3</sup>, 小島 秀基<sup>4</sup>, 甲斐 玲子<sup>4</sup>, 田中 俊行<sup>5</sup>, Meilano Irwan<sup>1</sup>, Mohd Effendi Daud<sup>1</sup>, Agustan<sup>1</sup>

1. 名古屋大学大学院環境学研究科／日本

2. 名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山・防災研究センター／日本

3. 中央研究院／台湾

4. 気象庁／日本

5. 東濃地震科学研究所／日本

e-mail: ishikawa@seis.nagoya-u.ac.jp

1979 年の水蒸気噴火以降、火山活動が静穏化し、最近では噴気活動さえ観測されなかった御嶽火山で 2006 年 12 月末から地震活動などが観測され、2007 年 5 月の気象庁などの現地調査で小規模の降灰も認識されている。この火山活動に伴い、気象庁や国土地理院、東濃地震科学研究所が実施する GPS 観測でも最大 1-2cm 程度の概して御嶽火山膨張を示唆する水平変動が観測されている。また 1 月 26 日に周辺の 100km を超える観測点で地震波が伝播する低周波地震も観測され、そのメカニズムとして山頂直下へのダイク貫入が示唆される(防災科技研, 2007)。

名古屋大学が 2007 年 4 月に実施した北東山麓での精密水準でも路線の北東側の水準点(木曾温泉周辺)で最大 8mm の隆起を観測した。これらの観測データから山頂直下の深さ 3-4km(海面下)へ 1000 万 m<sup>3</sup> 程度の体積増加となるダイク貫入が示唆される。また、地震活動の活発化に先行した地殻変動も示唆される。これらの観測データをもとに、マグマ貫入過程モデルについて時間発展も含めて議論する。

#### 11-P-88

#### パプアニューギニアのラバウルカルデラのイメージング

Ima Itikarai<sup>1</sup>, Brian Kennett<sup>1</sup>, Cvetan Sinadinovski<sup>1</sup>,

Nicholas Rawlinson<sup>1</sup>

1. Australian National University / Australia

e-mail: ima.itikarai@anu.edu.au

我々はパプアニューギニアのラバウルカルデラ下方の低速異常をマッピングするため、高速前進法を用いて P 波の走時トモグラフィを行った。我々はラバウル・ハーバー・ネットワーク及び RELACS のステーションによって記録された局所的・地域的な地震データを利用した。モデルをパラメータ化するため、我々は(1 km x 1 km)から(3 km x 3 km)の範囲で様々なサイズの水平セルを用い、結果がどのように変化するか評価した。回復した速度異常は、ラバウルカルデラ直下の深度 3km-5km 及び 11km-14km における 2 つの低い異常を示している。我々はまた、ラバウルカルデラ北東の低速異常も捉えた。チェッカーボード試験の結果は、ラバウルカルデラ下方の 2 つの異常は極めて確実であることを示唆するものであるが、北東での異常はそれほど確実ではないと考えられ、それは良好なモデル回復の周辺に位置しているからである。我々の結果は、ラバウルカルデラ下方の浅い異常についてはフィナリソンほか(2003 年)とバイ及びグリーンハル(2005 年)と一致し、また北東の異常についてはある程度、バイ及びグリーンハル(2005 年)と一致している。ラバウルカルデラ下方の異常は、活発な火山活動そのものの記録を持つ活発なカルデラ系の直下に位置することから、十分にマグマ溜りと解釈できる。

#### 11-P-89

#### PALSAR/InSAR により捉えられた小笠原硫黄島の 2006 年火山活動活発化に伴う地殻変動

小澤 拓<sup>1</sup>, 上田 英樹<sup>1</sup>, 鶴川 元雄<sup>1</sup>

1. 防災科学技術研究所／日本

e-mail: taku@bosai.go.jp

2006 年 8 月頃から火山活動の活発化が観測された小笠原硫黄島を調査するため、ALOS 衛星の PALSAR を用いた SAR 干渉解析を行った。元山が隆起を開始する直前においては、従来から継続的に進行していた収縮変形パターンは鈍化していたように見える。また、隆起に転じてから 11 月までの期間においては、島全体が一様に隆起したことを示唆する結果が得られた。このことは、11 月までの期間に比較的深部に位置する力源の膨張に起因する地殻変動が卓越していたと考えられる。もともと活動が活発であった 11 月以降においては、2 方向からの観測量から、地殻変動の準上下成分と準東西成分の 2 成分を求めた。島の南端付近における隆起量は 8cm 程度であるが、元山に近づくにつれて隆起量は大きくなり、島の北端付近では約 40cm の隆起が検出された。西海岸付近に位置する南北に伸びる断層帯では、拡大かつ西落ちの地殻変動が検出された。また、元山と千鳥ヶ原の境界付近に位置する東西に伸びる断層帯においても、元山側が隆起する方向の急激な変形が見られ、元山がブロック状に隆起しているように見える。

## 11-P-90

### 火山体浅部における比抵抗構造と熱水

小森 省吾<sup>1</sup>, 鍵山 恒臣<sup>1</sup>, 宇津木 充<sup>1</sup>, 寺田 暁彦<sup>1</sup>, 井上 寛之<sup>1</sup>, スリグトモ ワヒュー<sup>2</sup>, 田中 良和<sup>1</sup>, 星住 英夫<sup>3</sup>

1. 京都大学理学研究科／日本

2. バンドン工科大学・物理／タイ

3. 産業技術総合研究所／日本

e-mail: komori@aso.vgs.kyoto-u.ac.jp

岩石の比抵抗は、岩石中に存在する水や変質で生じる粘土鉱物等により大きく低下する。比抵抗構造調査により、火山体浅部には比抵抗の低い領域が存在することが知られているが、低比抵抗域が何であるのか、その実態は明らかではない。よって本研究では、火山噴火の多様性を生む要因のひとつである火山体内部の帯水層の存在を比抵抗でとらえることを背景として、孔井データの温度プロファイル等から熱水の存在・流動が示唆される雲仙火山北東山麓において浅部比抵抗構造調査を行った。そして得られた比抵抗構造と、孔井から掘削されたボーリング試料の透水性・温度プロファイルとの関連性を比較・検討した。その結果、深くなるにつれて、温度上昇とともに比抵抗が下がり、高温部で最も低比抵抗になり、温度降下とともに比抵抗が上がるという対応関係が得られた。また、低比抵抗を示す深度のボーリング試料の透水性が高く、それ以深のボーリング試料に不透水層と思われる粘土質のものがあることが分かった。これより、雲仙火山北東部においては、低比抵抗層が熱水の部分に対応し、それ以深の粘土質の層は比抵抗が相対的に高くなっていると考えられる結果が得られた。

## 11-P-91

### 2つの軌道から観測された干渉 SAR 画像を用いた断層パラメーターの推定—伊豆半島と岩手山周辺の火山性地震への応用—

榎本 真梨<sup>1</sup>, 小林 茂樹<sup>1</sup>, 藤田 真悟<sup>2</sup>

1. 九州東海大学工学部／日本

2. 九州東海大学大学院／日本

e-mail: 40ese103@stmail.ktokai-u.ac.jp

衛星搭載・干渉合成開口レーダー(InSAR)は、活火山周辺の詳細な変動分布をとらえる革新的な技術である。特にLバンド SAR は植生や地形勾配などの非相関因子にも強い。本研究では、2つの観測方位からのInSARによって得られた、火山性地震に伴う視線距離変位を用いて断層メカニズムを推定した。(1)1997年3月と1998年4-5月に伊豆半島東部で起きた群発地震活動に伴う地殻変動を JERS-1InSAR により検出した。InSAR のフリンジパターンは、ひとつのテクニクな横ずれ地震とマグマ貫入に伴う開口断層運動で説明でき、GPS などの地上観測結果と調和的である。(2)1998年4月から10月に

かけて進行した岩手火山周辺の山体膨張と内陸地震(1998年9月3日, M=6.1)の時間履歴を2つの観測方位からの複数のInSAR画像として明らかにした。2方向の視線距離変位から(視線ベクトルのなす平面内の)変位ベクトルを算出した。地殻浅部で屈曲するような、2枚の低角逆断層モデルが推定された。

## 11-P-92

### 衛星搭載干渉合成開口レーダー(InSAR)による火山変動のイメージング

小林 茂樹<sup>1</sup>, 榎本 真梨<sup>1</sup>, 藤田 真悟<sup>2</sup>

1. 九州東海大学工学部／日本

2. 九州東海大学大学院／日本

e-mail: shigeki@ktmail.ktokai-u.ac.jp

地震や火山変動、地盤沈下などによる地殻変動を検出技術である衛星搭載・干渉合成開口レーダー(InSAR)のポテンシャルを調べた。ふよう1号やだいちに搭載されたLバンド SAR は、日本の山岳地形でよく見られる急峻な地形や植生によって SAR データが相関を持たなくなる「非相関」に対して大変強い。本研究では次の日本の火山に適用したL及びCバンドInSARの結果をまとめる。(1)雲仙岳:1990-1995年の噴火に伴う山頂付近の収縮変動、(2)桜島:鹿児島湾周辺及び、桜島北側斜面を中心とした膨張変動、(3)九重山:1995年の噴火以降継続している収縮変動、(4)東伊豆:1997年及び1998年に起きたダイク貫入による地殻変動、(5)岩手火山:1998年に山頂西側で進行した膨張変動と岩手県内陸北部地震(1998年9月, M=6.1)、(6)有珠山:1977年の噴火以降継続した山頂直下の伏在溶岩ドームの冷却もしくは収縮に伴う地盤の沈下変動、などを紹介する。一方、精密なイメージングに書かせないデータ処理の詳細を公開する。例えば、基線推定法、残差位相の除去方法などについて議論する。

## 11-P-93

### 過去 350,000 年のボロブドゥールの盆地と湖の発達に対する火山学的影響: 予察的結果

Christopher Gomez<sup>1</sup>, Myriam Janin<sup>2</sup>, Franck Lavigne<sup>3</sup>, Xavier Quideleur<sup>2</sup>, Monique Fort<sup>4</sup>

1. CNRS LGP Laboratory, D. Diderot University Paris7 / France

2. CNRS IDES laboratory, Orsay University / France

3. CNRS LGP Laboratory, Pantheon-Sorbonne University Paris1 / France

4. CNRS Prodig Laboratory, D. Diderot University Paris7 / France

e-mail: Christopher.Gomez@cnrs-bellevue.fr

ボロブドゥール盆地はインドネシアのジャワ島に位置し、メラピ、メルバプ、スンピン、シンドロの4つの活火山に囲まれている。メラピの過去 10,000 年がなければ、これらの火山に関する

る知識は極めて限定的であった。歴史的な現象についてさえ、今のところ明らかになっていない。そのため我々は、これらの火山と特にメラピの過去の活動に関する概観を知るべく、同盆地の地面を 2 箇所、回転式コアラーで掘削した。2 つの掘削孔はエロ川とプロゴ川の合流点の盆地南部と、Sileng 川付近に設けられた。深さはそれぞれ 70 m と 111 m である。どちらの穴も底に K/Ar BP158.000 と K/Ar BP362.000 の深層溶岩がある。これらの記録に記された情報は、主要な事象に関するものである。火砕流堆積物がどちらの掘削孔でも見つかるはずであったが、Sileng 川近くに位置する掘削孔で確認されたが、もう一方掘削孔では浸食によって洗い流されたようである。年代が決められた火砕流堆積物は、K/Ar BP113.000 と K/Ar BP75.000 である。これらの火砕流堆積物は、メラピの主要な噴火と一致するものと思われる。掘削孔は湖の形成も記録した。最も重要な湖成堆積物は、14C BP27.000 頃に起こったようである。さらに最近の湖の痕跡は何も見つからなかったが、14C BP27.000 からのエロ川の穴に 14 C BP 20.000 年の空白があるため最近の期間について判断できず、さらなる研究の継続が必要とされる。

#### 11-P-94

#### 成層火山の山頂カルデラ形成プロセス—岩手火山、西岩手カルデラの例—

伊藤 順一<sup>1</sup>

1. 産総研 地質調査総合センター／日本

e-mail: itoh-j@aist.go.jp

岩手火山は盛岡市(人口 30 万人)の北西約 20km にある活火山で、玄武岩-玄武岩質安山岩質マグマによって形成された大型の成層火山である。薬師岳(2038m)を山頂する円錐形の東岩手火山と、山頂部に西岩手カルデラをもつ西岩手火山に大別される。西岩手カルデラの陥没量(約 1.5 立方 km)に相当するマグマ噴出物等は確認されておらず、カルデラの成因は不明とされてきた。西岩手カルデラ形成期の噴火活動史を明らかにする為、カルデラ縁周辺の地表地質調査、山麓部の火山灰調査、ボーリングコアの構成物解析を行った。その結果、カルデラ陥没の前後にスコリア丘やマグマ水蒸気爆発を伴う複数の側火山の形成がカルデラ縁周辺で認められた。また、カルデラ形成期は他の活動期に比べて降下火砕物の噴出率が高い。このほか、ボーリングコアの構成物解析からは、カルデラ形成期の末期まで現在では認められない山頂部の存在が示唆された。以上より、西岩手カルデラは単一の火山イベントで形成されたのではなく、段階的に継続する噴火活動に伴って形成されたと推測される。

#### 11-P-95

#### ホルヘ火山の噴火の説明: 入れ子状の単成火山か、あるいはメキシコの「新しい」活火山か?

Hugo Delgado Granados<sup>1</sup>, Julie Roberge<sup>1</sup>, Isaac A. Farraz Montes<sup>1</sup>

1. Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México / México

e-mail: hugo@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

ホルヘ火山は、メキシコ西部のミコアカン-グアナフアト火山群(MGVF)で 1759 年に誕生した。同火山の誕生の間、いくつかの溶岩流が放出されたと同時に、ホルヘ、ノルテ、無名、エンメディオ、スルの火山円錐丘が形成され、すべて南北方向に並んでいた。ホルヘは火口から噴出したテフラと溶岩流からなる。エンメディオは花崗岩質の捕獲岩を含むよく発泡したテフラを噴出した。スルはスパッター(spat)と火山弾(bomb)からなる。どちらの火山円錐丘も西方へ崩壊し、その堆積物は丘の多い地形を示している。崩壊後、無名の火山円錐丘からのマグマ水蒸気噴火活動が、エンメディオ、スル、ホルヘの火山円錐丘を粘着性のサージ堆積物で覆った。これらの噴火事件は、南部の 3 つの火山円錐丘の形成後に発生した。1759 年-1774 年に噴出した溶岩に加え、組成の異なる別な溶岩流も以前に噴出したが、時期は不明である。これらの溶岩流は、ホルヘの噴出物が放出されたのと同じ発生源から放出されたものとしてマッピングされた。これはホルヘの誕生を可能にした断層系が長期間にわたり活発であることを意味すると考えられ、従って、将来における噴火をもたらす可能性もある。そこで、ホルヘが単成火山か複成火山か考察することは極めて重要な問題であり、それは将来の噴火に対する住民や当局の姿勢を意味するものである。1759-1774 年のホルヘ火山の活動は、その地域に強く影響を及ぼしたが、損害は小規模で後に人々は戻ってきた。過去数百年の間に地域の人口は膨大に増加し、その結果、ハザード評価が極めて重要となるが、なぜならば、そのような小さい火山円錐丘の噴火の規模や影響は、しばしば過小評価されてきたからである。火山活動の歴史を学ぶことは、噴火のハザードに関する我々の理解の一助となり、また将来の噴火の可能性を評価するものである。ホルヘ火山におけるこれらのプロセス(火山円錐丘の崩壊、マグマ水蒸気噴火活動)はこれまで説明されておらず、またハザード評価に対する意味合いゆえ、大きな重要性を持つものである。

#### 11-P-96

#### 十和田火山、後カルデラ期噴火活動史の再検討

工藤 崇<sup>1</sup>, 佐々木 寿<sup>2</sup>

1. 産業技術総合研究所地質調査総合センター／日本

2. 国際航業株式会社／日本

e-mail: kudo-taka@aist.go.jp

十和田火山後カルデラ期(15 ka~現在)の噴出物について、御倉山溶岩ドーム周辺及び小規模テフラ(D'および D)の地質調査、テフラ直下土壌の <sup>14</sup>C 年代測定を行ない、噴火史の再検討を行なった。層序関係より、御倉山溶岩ドームは 9.4-6.1 ka(暦年代)の間に形成されたと判明した。D'は

断続的なマグマ水蒸気噴火による降下火山灰であり、これと同様な堆積物は D の降下軽石の上位にも発見された。年代測定の結果は B が 2.8 ka, D' が 7.6 ka, D が 8.3 ka, G が 10.6 ka となった。後カルデラ期では、まず 15-11 ka に二ノ倉スコリアの噴出が断続的に起こった。その後、11-7.6 ka に噴出量 0.1-0.6 km<sup>3</sup> (DRE) 規模の噴火が 500-1100 年間で 5 回発生した。この頃に御倉山溶岩ドームが形成された。その後、6.2 ka に噴出量 2.7 km<sup>3</sup> の C, 2.8 ka に噴出量 0.5 km<sup>3</sup> の B, AD915 に噴出量 2.3 km<sup>3</sup> の A の噴火が発生した。十和田火山ではプリニー式噴火から始まって、断続的なマグマ水蒸気噴火へと推移する噴火が特徴的であり、11 ka 以降の 8 回の噴火のうち、このタイプは 6 回発生している。

## 11-P-97

### インドネシアのジャワ島西部、グデ火山のハザード評価

Akhmad Zaennudin<sup>1</sup>, Rudy D. Hadisantono,

1. Center of Volcanology and Geological Hazard Mitigation / Indonesia

e-mail: zen@vsi.esdm.go.id

グデ火山はジャワ島西部にあるインドネシアの活火山の一つで、おおそバンドンの西方 70 km, ジャカルタの南方 80 km に位置する。この火山は高さ 2,958 m (海拔) にも及ぶ大きな成層火山で、溶岩流、降下火山砕屑物、火砕流の交代層からなる。1957 年以前は非常に活発な火山で、噴火間隔は 1 から 37 年であったが、それ以降、この火山は水蒸気爆発以外の噴火を全く示していない。

グデ火山の最も若い大きな堆積物は火砕流で、北部から北東部にかけて広範囲に分布しており、給源から最大 12 km にいたる幅広い地域を覆っている。それは少なくとも 2 つの、およそ 850 ± 120 年前の年代に相当する火砕流堆積物を含む。この堆積物の底層は、灰色の火山灰の基質内にある大きな塊状の安山岩の破片からなる。かつてこの堆積物は大木の茂る森を覆っていた。火砕流堆積物の上部はほとんど、火山灰の基質を伴う軽石質の破片からなる。

現在、グデ火山群は、チパナス、チアンジュール、スカブミ、ボゴール、チアウイなど、人口密度の高い発展途上の小さい町に囲まれている。グデ火山の地質学的記録や歴史的な噴火に基づけば、以前のように同じ事象に近い将来発生すると言えなくもない。50 年以内、この火山は鎮静期の状態にあり、時々地震活動の増大を示すが、その後消滅し、外見上は目立った変化を示していない。

実に長く休止しているが故に、生命や財産を奪う可能性のある将来の噴火を回避するよう、慎重且つ集中的な監視が行われるべきである。

## 11-P-98

### 「有珠火山地質図」改訂版の作成

東宮 昭彦<sup>1</sup>, 曾屋 龍典<sup>2</sup>, 勝井 義雄<sup>3</sup>, 新井田 清信<sup>4</sup>, 堺 幾久子<sup>5</sup>

1. 産総研地質調査総合センター／日本

2. 故人(元・地質調査所環境地質部)／日本

3. 元・北海道大学理学部／日本

4. 北海道大学大学院理学院／日本

5. 堺 幾久子技術士事務所(元・北海道大学理学部)／日本

e-mail: a.tomiya@aist.go.jp

### ○有珠火山と火山地質図

有珠火山は日本有数の活火山の一つで、1663 年以降 30-50 年おきに噴火を繰り返し、多くの犠牲者を出してきた。2000 年噴火では、山麓の居住地域に隣接して火口群が開き、家屋等に大きな被害が出た。こうした活動史の概要および噴出物の分布などをまとめた資料として、通産省地質調査所(現・産総研地質調査総合センター)が発行した 1:25,000 「有珠火山地質図」(曾屋・勝井・新井田・堺, 1981)がある。火山地質図は、過去の噴火による「災害実績図」とも言え、災害予測図の基礎データにもなっているが、第1版発行から既に 25 年が経過したことから、改訂版を作成した。

### ○有珠火山地質図改訂のポイント

今回作成の「有珠火山地質図 第2版」(曾屋・勝井・新井田・堺・東宮, 2007)では、2000 年噴火に関する情報の追加を主に行なった。噴出物や火口の分布等を地質図に表したほか、噴火の推移等について解説を加えた。また、古い用語やデータの更新等を行った。ただし、この 25 年間に得られた様々な新知見に関する追加・修正は必要最小限のものに留めた。第2版に生まれ変わった「有珠火山地質図」を今後も防災や研究等に活用されたい。

## 11-P-99

### マヨン火山(フィリピン)の 1814 年のプリニー式噴火: 短時間ながらも破滅的な災害

Ma, Hannah T. Mirabueno<sup>1</sup>, Christopher G. Newhall<sup>2</sup>, Jim W. Cole<sup>3</sup>, Tetsuo Kobayashi<sup>4</sup>

1. Kagoshima University, PHIVOLCS / Philippines

2. Formerly U.S Geological Survey / Philippines

3. University of Canterbury / New Zealand

4. Kagoshima University / Japan

e-mail: h\_mirabueno@yahoo.com

1814 年 2 月 1 日の噴火は、マヨン火山の有史上唯一のプリニー式噴火である。継続したのはわずか 6 時間であったが、最悪の惨事で、5 つの町を破壊し、少なくとも 1,200 名の人命を奪った。本研究では、野外調査、歴史的な記録の利用、およびラボ分析を通じて、この噴火シーケンスを再構築する。

この噴火が 6 時間で発生させたのは、2 つのプリニー玄武岩質安山岩質降下堆積物、火砕流およびサージ堆積物、主としてこの火山の南部で堆積した噴火と同時の高温ラハールである。下層の降下物ユニットは中流部露頭での厚さが 40cm

で、淘汰がよく、もろく、主としてスコリア火山礫ならびに密度の高い石片をわずかに含む火山弾から成る。堆積物中に炭化した木材が大量にあることから裏づけられるように、高温で堆積したものである。この下層の降下物ユニットは、横方向に火砕流やサージ堆積物へと変化している。おそらく雨に誘発されたラハールがこのユニットの上部を再形成し、高温ラハール堆積物を形成したと考えられる。上層の降下堆積物は中流部の露頭での厚さが 30cm で、主としてスコリアから成るが、下層の降下ユニットよりも多くの変質火山礫を含んでいる。変質火山礫が豊富ということは、噴火の最終局面における火口の浸食と拡張を示唆している。噴火と同時に大規模な高温ラハールが発生したのである。

被害と死傷者が発生した主な原因は、降下物からの直接的影響と燃焼であったと考えられる。一部の地域では、火砕流とサージ、およびラハールの影響も受けた。

1814 年以降、この火山の周辺の人口が大幅に増加したため、同じようなプリニー式噴火が今日発生すれば、はるかに大きな惨事を引き起こすであろう。

## 11-P-100

### 北海道駒ヶ岳火山の先歴史時代活動履歴の再検討

吉本 充宏<sup>1</sup>, 安間一宮坂 瑞穂<sup>1</sup>, 高橋 良<sup>2</sup>, 中川 光弘<sup>1</sup>

1. 北海道大学大学院理学研究院／日本

2. 北海道立地質研究所／日本

e-mail: m-yoshi@mail.sci.hokudai.ac.jp

北海道駒ヶ岳火山(以後、駒ヶ岳)は 32000 年前以降、8 回の火砕流を伴うプリニー式噴火を行ったと考えられてきた。そのうち 4 回は西暦 1640 年以降に集中している。我々は、1640 年以前(先歴史時代)の活動履歴を明らかにするために、野外調査を行い、放射性炭素年代測定、全岩化学組成の測定を行った。その結果、32000 年前以降の先歴史時代に既存の 4 回の噴火以外に新たに 7 つの噴火(P8, P7, P6, P5, P4, P2, P1)を発見した。その噴出順序は、Ko-i (32ka), Ko-h (17ka), P8 (16-15ka), P7 (14.7-14.5 ka), P6 (14.5-14.3 ka), P5 (13-12.5 ka), P4 (11 ka), Ko-g (6 ka) P2, P1 (5.7-5.5 ka), Ko-f (5.5 ka) の順に噴出したと推定できる。また先歴史時代の活動にも、歴史時代噴火と同様、噴火が集中する活動期が 6-5.5 ka と 17-11ka の 2 回存在することが明らかとなった。これら 2 回の活動期および歴史時代活動期の間には 5000 年間の休止期を挿入している。それぞれの活動期は最初に規模の大きな噴火を行い、その後、中規模小規模の噴火を繰り返し終息する特徴を示す。この特徴は歴史時代活動にも類似しており、このような傾向が続くと仮定すると、今後の活動は中規模小規模の噴火を繰り返し、その後休止期に向かうと考えられる。

## 11-P-101

### ニラゴンゴの成層火山

Nalwoga Sarah<sup>1</sup>, Masembe Johnson<sup>1</sup>, Gabunga Stephens<sup>1</sup>

1. Buwenge Environmental Group

e-mail: kyakitech@fastermail.com

ニラゴンゴはキブ湖とコンゴ-ルワンダ国境に近いリフト・バレーの西部地区に位置し、世界で最も活発な火山の 1 つである。この火山は溶岩湖で悪名高く、極めて液状の動きの速い溶岩流を伴う側噴火を生じ、これが火山周辺地域を繰り返し荒廃させ、例えば 2002 年 1 月のゴマの災害では、溶岩流が同市の商業中心地の大半を破壊し、200,000 人の人々が避難する羽目になった。深い山頂火口にある大きな溶岩湖は、現在再び活発化しているが、クラフトやタジェフなどの火山学者が調査を行った 1960 年代と 1970 年代に有名になった。同火山は 1977 年に起きた近年最も壊滅的な噴火の際に枯渇するまで、半世紀にわたり活発であったが、1977 年の噴火で外側面に開いた開口を通じて、巨大な溶岩流が吐き出され、数百名の人々の命を奪った。同様の事象が 2002 年 1 月に再び発生し、側面の火道からの溶岩流が湖を枯渇させ、ゴマを通過し、キブ湖に達した。近くにあるニアムラギア火山-マウナ・ロアに似た典型的な非常に活発な盾状火山-とは対照的に、高さ 3470 m のニラゴンゴは成層火山の険しい斜面を誇示している。幅 1.2 km の山頂火口のそびえ立つ岩壁の内側にある段丘は、19 世紀後半から観察されていたかつての溶岩湖の水位の痕跡を残している。さらに古い 2 つの火山、バルタ(Baruta)とシャヘル(Shaheru)は、南北でニラゴンゴと部分的に重なっており、側火山のように見える。約 100 の側火山が、主にシャヘル(Shaheru)の南側、山頂の東側の放射状の亀裂に沿って位置し、北東から南西方向の地帯に沿ってキブ湖に至るまで延びている。多数の火山円錐丘(cone)が、同火山の側面を下り長距離に延びる膨大な溶岩流によって埋没している。

## 11-P-102

### 南北朝鮮国境付近の楸哥嶺火山の玄武岩の層序と年代

長岡 信治<sup>1</sup>, 檀原 徹<sup>2</sup>, 板谷 徹丸<sup>3</sup>, 柵山 徹也<sup>4</sup>, 渡辺 満久<sup>5</sup>, Bae Kidong<sup>6</sup>, 松藤 和人<sup>7</sup>

1. 長崎大学教育学部／日本

2. (株)京都フィッシュントラック／日本

3. 岡山理科大学／日本

4. 東京大学大学院／日本

5. 東洋大学／日本

6. 漢陽大学／韓国

7. 同志社大学／日本

e-mail: shin@nagasaki-u.ac.jp

北朝鮮と韓国の国境付近の Choogaryong 火山の噴火史はほとんど分かっていない。国境付近で得られた第四紀の玄武岩溶岩から、Choogaryong 火山の分析値と年代値が得られた。玄武岩溶岩は、Chongok 玄武岩と Chatan 玄武岩の 2 つのユ

ニットに分類できる。両者の間には不整合が見られる。これらは、典型的なアルカリ玄武岩であり、斑晶や石基の組成はほぼ同じである。しかし、全岩化学組成や微量元素組成のわずかな違いで区別可能である(Chatan 玄武岩の方が約 1%ほど SiO<sub>2</sub> 量が高い)。K-Ar 年代測定の結果から、Chongok 玄武岩は約 0.5Ma であり、Chatan 玄武岩は 0.15Ma であることがわかった。Choogaryong 火山の 2 つの噴火を認定したといえる。

## 11-P-103

### ホットスポットの火山活動 対 侵食: カナリア諸島の高解像度地形測定

Raphael Paris<sup>1</sup>

1. Geolab UMR 6042 CNRS / France

e-mail: raparis@univ-bpclermont.fr

ホットスポットに起因する島のリエニアメントは、火山活動および地形学的変化の段階(そのほとんどがハワイ諸島やソシエテ諸島において明らかにされた)後に、火山の地形がどのように変化して行くかを長期的に調査する機会となる。今回の研究では、ホットスポットによって生じた島の火山活動による形成速度と破壊速度に焦点を当てている。カナリア諸島は、アフリカ・プレートの動きが遅いことと、マントルブルームが複数集まることで火山活動の期間が延び(20 Ma~25 Ma)、多様な年代のおよび地形学的指標があることから選んだ。7 つの島を対象に、ArcGIS (ベクトルおよびラスタ DEM, TIN による陰影図および 5 m~20 m ピクセル解像度のアスペクト比)で高解像度の地形データベースを構築し、このデータを使って、デジタル化した地質データ、火山形成の年代および地形データを組み合わせ、地形データベースを作成した。今回の研究では、170 ヶ所の溪谷にとりわけ重点を置いている(侵食された溶岩流最上層部の横方向と縦方向の断面図、長さ、幅、深さ、年数)。最初の段階(縦状段階)における破壊では、数十 km<sup>2</sup>前後など、大規模で瞬間的な崩壊が主流をなす。このような破壊は、すぐさま影響を及ぼす(滑落崖、岩屑なだれ、津波)だけでなく、島のその後の火山活動ならびに地形の段階的变化にも影響を与える。休止(火山活動がほとんど、あるいはまったくない)段階では、長期的な侵食率(例えば、溪谷の縦方向の開析速度、いわゆる火口瀬)は遅いが、盾状火山の段階後や再活発化した段階になると高くなり、火山活動による形成の力学、空間分布および速度によって変わってくる。これらの比率・速度とその関係(例えば、火山活動による形成速度と侵食率、斜面分布とホットスポットの変化の段階)を定量化することができた。カナリア諸島で開発したこの手法を、他のホットスポットの列島にも適用できると考えられる。

## 11-P-104

### 中部日本でみられる前期~中期更新世の火山活動場の变化—八ヶ岳地域の火山活動史と時空的変遷—

## 西来 邦章<sup>1</sup>

1. 信州大学/日本

e-mail: t03h108@shinshu-u.ac.jp

長期間火山活動が継続している地域では、過去の様々な火山活動の証拠を残しており、過去の噴火活動を知ることは、将来起こりうる噴火の可能性を理解することにつながる。このような地域の火山は地質学的データや年代学的データに乏しく、詳細な火山活動史まで明らかにするのが困難である。

中部日本は太平洋プレートとフィリピン海プレートが重なるように沈み込んでおり、八ヶ岳地域では東北日本弧および伊豆マリアナ弧の火山フロントと比べて背弧側に湾入している。この地域には活動時期の異なる 2 つの火山群(八柱火山群; 約 1.2~0.8 Ma, 八ヶ岳火山群; 約 0.5 Ma 以降)が存在し、異なる火山配列をもつ(西来ほか, 2007)。本研究では野外調査の結果を基に、2 つの火山群の活動様式、化学組成、総噴出量を明らかにした。その結果、2 つの火山群はそれぞれ異なる特徴をもつ火山群であることが明確になり、八ヶ岳地域における前期更新世以降の詳細な長期的な火山活動の移り変わりが明らかになった。さらに、2 つの火山群は異なる火山配列をもつことから、周辺地域の火成活動をあわせて火山活動場の変化と地殻応力場の変遷についても検討する。

## 11-P-105

### キンバーライト岩脈システム中の機械的破碎や化学的脆弱化による火道の局在化

Janine L. Kavanagh<sup>1</sup>, Richy J Brown<sup>1</sup>, R. Stephen J. Sparks<sup>1</sup>

1. University of Bristol / United Kingdom

e-mail: janine.kavanagh@bristol.ac.uk

キンバーライトの岩脈に沿った変形ゾーンおよび変質ゾーンには、点震源の火道がどのようにシート状貫入岩に沿って局在化できるのかについての手がかりがある。南アフリカのスワルトルゲンス・キンバーライト岩脈群にある、貫入したキンバーライト岩に隣接する母岩に、脆性変形ゾーンが生じている。局所的な破碎と角礫化といった変形が見られ、これらの変形は、岩脈から分離した小岩体のリリースゾーンと関係している。角礫岩のゾーンは、膨張および水圧による破碎であることを示唆し、化学的腐食の影響も受けているものもあり、玉ねぎ状同心縞状構造の変質した岩体に囲まれ、その境界に節理が走る楕円体を形成している。この岩石は、マグマが割れ目に向かって行く前に放出した揮発性物質によって変質した。母岩の化学的腐食に必要な時間を踏まえると、より高い地殻レベルに運搬される前に、岩体が深く貫入していなければならない。高度に分離した小岩体は、爆発的な活動にとっただけでなく、岩脈が地表に近ければ近いほど、当初のキンバーライトパイプの形成にとっても格好の場所になり得る。南アフリカにあるヴェネチア鉱山の、キンバーライトパイプの層状になった火山角礫岩を観察したところでは、キンバーライトパイプは、マグマが地表に現れた後に形成され、そして、変質したゾー

ンが広げられ(reamed out), 化学的に変質された楕円形の碎屑岩は、角張った母岩材と一緒にキンバーライトパイプを埋める。このモデルは、異なる種類の火山の火道の局在化に関しても、幅広く参考となる。岩脈のセグメント化によって、弱いゾーンができ、ここに熱水流体およびマグマ性の揮発性物質が流入しやすくなる。また、これらのゾーンは、化学的腐食によってさらに弱体化すると、当初の水蒸気爆発およびマグマ水蒸気爆発の発生場所となって浅部火道を作り、これが、マグマが地表に出る通り道となる可能性がある。

## 11-P-106

### 雲仙火山の噴火史と発達史

星住 英夫<sup>1</sup>, 宇都 浩三<sup>1</sup>, 松本 哲一<sup>1</sup>, 栗原 新<sup>2</sup>

1. 産業技術総合研究所/日本

2. ダイヤコンサルタント/日本

e-mail: h.hoshizumi@aist.go.jp

雲仙火山の山体は、東西に延びる正断層群(雲仙地溝)により切断され、中心部が沈降を続けている。そのため、火山噴出物は古いものほど地下深部に埋没している。雲仙科学掘削計画では、2本の山体掘削を実施し、先雲仙の火山噴出物と雲仙火山基底から最近の噴出物までの連続的な噴出物を採取することができた。また、詳細な地表地質調査を行い、試料の系統的なK-Ar, <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 及び <sup>14</sup>C 年代測定をあわせて行った。その結果、雲仙火山を以下の3つのステージに区分した。

古期雲仙火山(50-30 万年前)は、石質火砕流、軽石流堆積物や溶岩流からなり、島原半島の大部分を覆う大きな成層火山体を形成した。この時期には、しばしば軽石を放出する爆発的な噴火活動があったことが特徴的である。中期雲仙火山(30-15 万年前)では、雲仙地溝が急速に沈降し、地溝内部を厚い溶岩と火砕物(石質火砕流と土石流)が埋積した。地溝軸部には、水域が侵入しマグマ水蒸気爆発が生じた。新期雲仙火山(15 万年前-現在)の噴火活動は、雲仙火山の東半部に限られる。野岳、妙見岳、普賢岳などの山体の生成と崩壊を繰り返し4千年前に眉山が噴出した。

## 11-P-107

2002 年-03 年のエトナ山(イタリア)の南部噴火の最中における温度調査から明らかにされた浅い岩脈の貫入、幾何学的安定化、および流出

Letizia Spampinato<sup>1</sup>, Sonia Calvari<sup>1</sup>, Clive Oppenheimer<sup>2</sup>, Luigi Lodato<sup>1</sup>, Enzo Boschi<sup>3</sup>

1. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia-Sezione di Catania, Piazza Roma 2, 95123, Catania / Italy

2. Department of Geography, University of Cambridge, Downing Place CB2 3EN, Cambridge / UK

3. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Roma 1,

Via di Vigna Murata 605, 00143 / Italy

e-mail: spampinato-l@ct.ingv.it

エトナ火山の2002 年10 月26 日-2003 年1 月28 日の噴火は、溶岩流出と、長さ1 km の噴火の割れ目に沿った珍しく爆発的であることを特徴とした。この強烈な活動は噴石丘と複数の噴出口の急速な発達を促した。噴火の継続中に記録された熱画像を分析することで、噴火の割れ目沿いの噴出口の分布と、爆発活動の性質に関する調査が可能となった。活動中の噴出口の空間的および時間的分布は、岩脈の貫入、拡大、幾何学的安定化、および流出の位相を明らかにした。これらの位相は、異なる種類の爆発活動によって特徴づけられ、火の噴出から穏やかなストロンボリ式活動へと移行位相を経て段階的に移行し、非爆発性の溶岩流出で終了した。ここで我々は、2002 年-03 年のエトナ山南部の岩脈貫入と噴火力学を、熱画像によって検知した噴火様式の変化、噴出口の形態、噴出口における見掛けの温度変化に従って解釈する。手持ち型のサーマル・カメラを用いて岩脈の貫入と噴火活動を追跡したのはこれが初めてのことで、当の噴火事象を詳細に理解するための貴重な証拠を入手する上で、サーマル・カメラの使用は必要不可欠であったと我々は考える。

## 11-P-108

### 溶岩トンネル形成のセルオートマトン・モデル

Alessia Cirauda<sup>1</sup>, Ciro Del Negro<sup>1</sup>, Michele Dragoni<sup>2</sup>, Andrea Tallarico<sup>3</sup>, Annamaria Vicari<sup>1</sup>

1. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Sezione di Catania / Italy

2. Dipartimento di Fisica-Universita' di Bologna / Italy

3. Dipartimento di Geologia e Geofisica- Universita' di Bari / Italy

e-mail: vicari@ct.ingv.it

溶岩の機構および温度上の特徴は時間の経過とともに変化するため、溶岩流はとりわけ物理ベースのモデル化を行なう際に、難しい問題を提示する。溶岩流とその下の地形との相互関係に起因する複雑な軌道を導き出すために、溶岩の主要な機構の特徴と、時間の経過とともにその特徴が温度によってどう発展していくかをモデル化する必要がある。我々はセルオートマトン・モデルに基づいた溶岩流のシミュレーションのためのモデル、通称 MAGFLOW を開発した。異方性の問題を解決するために、モンテカルロ法に基づいたアルゴリズムも加えた。層流の圧力によって駆動されるビンガム流動体の場合、CA の発展関数として、ナビエ・ストークス方程式の定常ソリューションを考慮に入れた。このモデルは、フローにおける垂直熱構造を考慮に入れている。この目的のため、2つの層を設定した。1 つは温度が一様な下部の層で、もう一方は熱が伝導によって全体を移動する上部の層である。フローの自由表面では、大気への熱放射がある。上部の層はプラグービンガム・フローにおいて剪断変形が発生しない領域と定義する。と一致すると解釈する。冷却メカニズムは降伏応力の増加によって規制される。降伏応力が増加すると、プラグ

が厚くなり、ヒート・ロスの速度が遅くなる。大気へのヒート・ロスの結果、徐々に地殻－固相線温度の等温面より上の層と定義する一がフローの上面に形成される。我々は、そのような地殻が十分に厚くなり、下層のフローの抗力に抵抗し、自己の重量に耐えられるようになったときに、溶岩トンネルが形成されると考えている。エトナ火山の噴火の最中に流出した溶岩流の経路のシミュレーションに関連する成果を示す。

## 11-P-109

### エトナ山における熱赤外観測衛星データを用いたセル・オートマトン流体シミュレーション

Annamaria Vicari<sup>1</sup>, Alessia Cirauo<sup>1</sup>, Ciro Del Negro<sup>1</sup>

1. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia-Sezione di Catania / Italy

e-mail: vicari@ct.ingv.it

溶岩流ハザード緩和の究極的な目的は、溶岩流の方向と進行速度を予測することにある。この課題によって、溶岩流をシミュレートするコンピュータ・コードの開発が促された。粘度、降伏強さ、密度の観点からの溶岩流の物理的パラメータ化の多くは、コンピュータ・シミュレーションを向上させた。過去 10 年間で、玄武岩溶岩流の流走堆積をコントロールする物理的プロセスに対する理解は大幅に進み、溶岩流ハザードの緩和のための我々のツールは改善されるに至った。我々は MAGFLOW というセルオートマトン・モデルを開発したが、これは温度依存性粘度を通じてモデル化する熱伝達および固化の効果と連結したナビエ・ストークス方程式の定常ソリューションを含む。MAGFLOW モデルには、入力データとして、溶岩が流走堆積する地形のデジタル表現、噴出口の位置、粘度・降伏強さと温度との関係についての知識、および溶岩の噴出速度の推定値が必要とされる。最終的なフロー次元を規定する主因子は噴出速度である。MAGFLOW モデルは、噴火中に噴出速度がどう変化し、それが溶岩の広がりやどう影響を与えるのかを時間の関数として考慮に入れることができる。実際、溶岩の噴出速度は数時間の単位で大きく変化する可能性があり、そのままでは測定が難しい。我々は MODIS (MODerate resolution Imaging Spectroradiometer) および AVHRR (改良型高分解能放射計) センサー (低空間 / 高時間分解能) によって得られるほぼリアルタイムの熱赤外線衛星データを使用する自動システムを開発し、溶岩流の経路の数値シミュレーションを行なった。我々は 2004 年のエトナ山噴火の噴出速度を再現し、噴火の最中に流出した溶岩の全容量の地形学的アプローチによる推定値とこれらの結果を比較することで、当のシステムの有効性を確認した。我々は 2006 年のエトナ山噴火の際の溶岩流形成の分析を使用して、このシステムの機能を説明・実証した。

## 11-P-110

### 多様な岩相を示す黒曜岩からみた高原火山における流紋岩

## 質マグマ活動

竹下 欣宏<sup>1</sup>, 布川 嘉英<sup>1</sup>, 中村 洋一<sup>2</sup>, 酒井 豊三郎<sup>3</sup>

1. 栃木県立博物館 / 日本

2. 宇都宮大学教育学部 / 日本

3. 宇都宮大学農学部 / 日本

e-mail: take@muse.pref.tochigi.jp

高原火山は中部日本北関東の第四紀成層火山で、東北本州弧火山フロント上に位置する。高原火山は黒曜岩の供給地の 1 つとして考古学分野では注目されていたが、高原火山の地質学、岩石学的研究には黒曜岩に関する記載はなかった。日本では考古学的視点から黒溶岩の産地や産地同定に関する研究は進んでいるが、地質学的な記載は乏しく、黒曜岩がどのようなマグマ活動により形成されたのか十分に解明されていない。

そこで、高原火山の黒曜岩を形成したマグマ活動を明らかにすることを目的に地質調査を実施した。その結果、黒溶岩の岩体は浸食作用や後の火山活動により失われていること、剣ヶ峰周辺地域および甘湯沢流域の 2 カ所に黒曜石含有層として分布することが明らかになった。それらは多様な岩相を示すことが明らかになった。両地域の黒曜岩は火砕物、泥流、礫層中の礫や転石として産出し、互いによく似た産状を示す。これらの黒曜岩は顕微鏡から肉眼サイズにおいて多様な構造、組織および縞状構造を示す。高原火山の黒曜岩は球顆をふつうに含み発泡しているものもあり、それらの度合いは変化に富む。そして、多くの黒曜岩は脱ガラス化作用を被っている。

黒曜岩中の斑晶は、斜長石、斜方輝石、Fe-Ti 酸化物である。異なる岩相を示す黒曜岩の石基ガラスの化学組成値を測定した結果、それらの化学組成値は互いによく似ている。SiO<sub>2</sub> 含量はいずれも 76.5–77.5wt% で、これらのことは高原火山の黒曜岩は単一のマグマプロセスで形成されたこと、そして黒曜石を形成した流紋岩質マグマの活動により溶岩もしくは溶岩ドームが形成されたことを示唆している。

## 11-P-111

### パホイホイ溶岩流の膨張に対する地形的制御

Christopher W. Hamilton<sup>1</sup>, Steve Baloga<sup>2</sup>, Sarah A. Fagents<sup>1</sup>, Samuel Hulme<sup>1</sup>, Benjamin Brooks<sup>1</sup>, James Foster<sup>1</sup>

1. HIGP/SOEST, Univ. of Hawaii / USA

2. Proxemy Research / USA

e-mail: christopher@higp.hawaii.edu

膨張は十分に立証された溶岩流内部のプロセスである。しかし、溶岩流の膨張について地形による制御にはほとんど制約がない。本研究では、流量の異なるパホイホイ溶岩流内での初期の地形と溶岩膨張の関係を検証する。膨張と初期の表面起伏及び勾配の間の量的相関関係は、ハワイ島の 2 地域で取得したディファレンシャル衛星測位システム (DGPS) に

よる測定結果に基づく。まず、最近のプウオオ-クパイアナハの噴火による低流量(0.01-0.05 m<sup>3</sup>/s)の溶岩ロープが設置する前と後について、地形の表面をマッピングした。次に、1974年のマウナ・ウルの噴火とマウナ・ウル噴火以前の周辺地形を基に、より大きな流量(5-10 m<sup>3</sup>/s 未満)の溶岩流の地形断面を取得した。溶岩の膨張量が最も大きい地域は、低勾配で原地形が低い地域と一致する。溶岩流の勾配が小さくなるにつれ、底部の粘弾性層のせん断応力が降伏強度を超え、下り斜面を変形させ始める前に、厚さを増すと推察する。その結果、低勾配の表面は上方への膨張に有利に働くこととなるが、それは横方向への拡大率をまかなうだけの溶岩の流入量を供給できないからである。このプロセスは原地形のくぼ地内で拡大し、また局所的な逆転地形(topographic inversion)の生成に至る可能性がある。さらに、低流量の溶岩流は24時間以内に停滞し、長さが最大 30 -50 m に達することが分かった。低流量の溶岩流は、溶岩原(lava flow field)の全体的な前進に影響を及ぼすには寿命が短すぎるようにも思われるが、浅い斜面での局所的な膨張は、その後の流れにおいて好まれる経路(例えば、溶岩チューブなど)の発達に影響する地形障壁を形成する場合がある。従って、活発な溶岩原の発達モデルを試みる際は、低流量の流れの突発的発生とより高流量の流れの双方を考察することが重要である。

#### 11-P-112

##### エトナ山東側面の溶岩流侵入脆弱性マップ:セル・オートマトンによる方法論

Gino M. Crisci<sup>1</sup>, Maria V. Avolio<sup>1</sup>, Donato D'Ambrosio<sup>2</sup>, Valeria Lupiano<sup>1</sup>, Rocco Rongo<sup>1</sup>, William Spataro<sup>2</sup>

1. Dept. of Earth Sciences, Univ. of Calabria & High Performance Computer Center / Italy

2. Dept. of Mathematics, Univ. of Calabria & High Performance Computer Center / Italy

e-mail: rongo@unical.it

溶岩流の複雑な挙動のモデル化は、火山災害緩和分野における壮大な目標を表す。とは言え、それらに適用される偏微分方程式を解くための数値的手法の利用は、コンピュータ処理上の負担が極めて重いことを示すこととなり、それは大規模なコンピュータ処理資源を必要とし、結果的に事象の「短時間予測」には及ばないこととなる。簡素化されたアプローチが数ある中で、セル・オートマトン(CA)を基本とする手法は、自然現象のモデル化や、特に溶岩流、流動性の地滑り、火砕流のシミュレーションに効果を発揮することが分かった。この作業の目的は、エトナ山(イタリア)の東側面の広大な範囲に及ぶ溶岩流ハザードマップを定義するため、新たな技法を応用することである。この手法は「仮想実験室」、つまり溶岩流シミュレーションのCAモデルであるSCIARAに依存し、現在の形態学的データに基づいた新たな仮想事象の経路を予測するものである。特に、この地域は様々な小地域に細分化され、それぞれが噴火火道の活性化の異なる確率や、火道の規則的な格子によって「カバーされる」集合によって特徴付けられ

る。各火道から、異なるシミュレーションが実行され、それぞれが過去の地質学データに基づく特定の噴出率と持続期間を持つ。検討されたエトナ山の側面の範囲、各火道の格子の密度及びシミュレーション実行回数を考察することにより、延べ40,000回のシミュレーションが行われた。1回毎のシミュレーションに「重み」が割り当てられ、これは火道の活性化の確率が高く、予想される噴出率が高い特徴を持つ地域に発源地が位置するシミュレーションでは、より高く設定された。従って、エトナ山側面のDEMの各セルを考察し、またそれぞれのセルについて、関係するすべてのシミュレーションの重みを加えることによって、最終的なマップが編纂された。

#### 11-P-113

##### 薄層方程式に基づく溶岩流シミュレーション

Antonio Costa<sup>1</sup>, Giovanni Macedonio<sup>1</sup>

1. INGV, Osservatorio Vesuviano, Napoli / Italy

e-mail: costa@ov.ingv.it

溶岩流の流下に伴うリスクと損害を評価するには、溶岩の定置を定量的に説明する必要がある。しかしながら、現象の複雑さ故に、溶岩流に関する完全な3-D保存方程式を数値的に解くことは、実際のところ不可能である。コンピュータ処理上の主要な問題を克服するため、通常は簡素化されたモデルが採用され、例えば1-Dや2-Dのモデル、等温線モデル、セル・オートマトン、ニューラルネットワークなどが挙げられる。今回の研究では、我々は深度平均変数、即ち厚さ、速度、温度に関し、質量、運動量、エネルギーの保存を基本とする簡易2-Dモデルを発表する。これはプロセスの基本的な物理学を把握可能な一次偏微分方程式に帰結し、かく乱されない液体の高さが、流れ方向における特徴的な波長(いわゆる「薄層」限度)より小さい場合に有効である。これは完全な3-Dの記述とコンピュータ処理時間の短縮の間での、良好な妥協案を示すものである。このモデルはエトナでの1991-1993年の溶岩流のエピソードをシミュレートした際、満足のいく形で応用された。ここで我々は、改良版のコードを用いて取得し、2001年のエトナ噴火に応用された結果を紹介する。

#### 11-P-114

##### マグマ流体の粘性:経験的モデル

Daniele Giordano<sup>1</sup>, J. Kelly Russell<sup>2</sup>, Donald B. Dingwell<sup>3</sup>

1. Uni Roma Tre / Italy

2. UBC Vancouver /Canada

3. LMU - Univ. of Munich / Germany

e-mail: Dingwell@lmu.de

粘性はおそらく、マグマの生成、輸送及び噴火を支配する、唯一かつ最も重要な物理特性である。よって、珪酸塩溶融体の粘性を温度と組成の関数として正確に予測することは、マ

マグマと火山のプロセスを理解及びモデル化する上で最も重要である。そうしたモデルを生み出すという任務は、これまで、非アレニウス(non-Arrhenian)モデルの枠組みにおいて、多成分溶融体の組成上の影響と併せ、これらの揮発性の効果を含む複雑さに妨げられてきた。ここで我々は、溶融体の粘性に関する四半世紀に及ぶ実験研究を、マグマと火山の現象の数値モデル化を適切かつ包括的に支持し得るパラメータ化に転換しつつ、自然な揮発性を持つ珪酸塩溶融体の粘性を予測するための経験的モデルを紹介する。マグマ流体向けの包括的な粘性モデルは、地球科学者の長年の目標であった。我々のモデルでは、1,500件を超える粘性データに基づき、また連続的な組成空間及び温度空間において、粘性に関する15のログユニット(log unit) ( $10^{-1}$ – $10^{14}$  Pa s) に対し、自然な揮発性を持つ珪酸塩溶融体( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{F}_2\text{O}$ -1)の粘性を予測する。このモデルは、溶融体の粘性に関する四半世紀に及ぶ実験研究を、マグマと火山の現象の数値モデル化を適切かつ包括的に支持し得るパラメータ化に転換するものである。

#### 11-P-115

##### 東北本州弧における初生玄武岩マグマからのガーネットー単斜輝石分別作用

###### 大場 司<sup>1</sup>

1. 東北大学大学院理学研究科／日本  
e-mail: ohbatu@mail.tains.tohoku.ac.jp

これまで報告された東北第四紀火山の玄武岩の化学組成を再検討したところ、ガーネットー単斜輝石分別作用の可能性が示された。これらの火山では R/Y 比が分化とともに増大するが、斑晶の分別ではなく Y を取り込みやすい他の鉱物の分別で説明できる。角閃石とガーネットがその候補としてあげられるが、角閃石はマグマより低温でのみ安定である。ガーネットは 13kbar 以上の圧力で安定である。単斜輝石の早期分別は  $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$  比の変化から示さる。結局、単斜輝石とガーネットの分別が示されるが、これは高圧下で安定な玄武岩(エクロジャイト)の鉱物組み合わせである。この組み合わせは従来の実験や MELTS 計算から 13kbar 以上で安定であることが示されており、結晶分化作用が 50km 以深で生じたことが分かる。これはモホ面より深く、マントルウェッジ内の低速度帯に一致する。さらにガーネット単斜輝石分別を仮定して初生マグマ組成を推定した。この組成のマグマを生じる深さもマントル低速度帯と一致し、マグマの発生と分化作用がいずれもマントルウェッジ中部で生じていることが分かった。

#### 11-P-116

##### コス島(ギリシャのドデカニーズ諸島)における KPT 以前及び KPT の火山岩の間の関係:現代のエーゲ弧最大の噴火への発展

###### Cédric Schnyder<sup>1</sup>, Olivier Bachmann<sup>2</sup>

1. Département de Minéralogie, Section des Sciences de la Terre, Université de Genève / Switzerland  
2. Dept. of Earth and Space Sciences, Univ. of Washington / USA  
e-mail: schnyder2@etu.unige.ch

地球物理学的手法(地殻変動, 地震学など)や火山の脱ガスに関する調査に加え, 岩石学も, 大規模な珪長質マグマ系(silicic systems)の進化状況を理解し, その挙動を予測する重要な手段となり得る。この調査では, ケファロス半島(ギリシャのドデカニーズ諸島のコス島, ~3 から 0.5 Ma の間に噴火)に由来する流紋岩質堆積物に焦点を当てるが, その目的は, 現代のエーゲ弧における発作性のカルデラ形成噴火, 即ち 160,000 年前までに発生したコス台地凝灰岩(KPT)に至った条件の定義の向上である。ケファロスと KPT の流紋岩は共に典型的な高  $\text{SiO}_2$  の島弧マグマであり, 全岩組成(75-77 重量%の  $\text{SiO}_2$ ), 温度( $780 \pm 10^\circ\text{C}$ ),  $f\text{O}_2$  ( $\text{NNO}+1.5-1.7$ ) はほぼ同一である。しかし, KPT に比べ, ケファロスのユニットは(1)噴出量がかなり少なく, (2)結晶度が低く(KPTの大部分が30%超であるのに対し, 5 容積%未満), (3) 鉱物組み合わせは同一に近い(斜長石, 石英, 黒雲母, 鉄チタン酸化物, 燐灰石, ジルコン, モナザイト)が, KPT に偏在するサニディンはない。

サニディンが KPT には存在するがケファロスの流紋岩にはないということは, 何らかの熱力学的条件の変化と解釈される。組成, 温度,  $f\text{O}_2$  は 2 種類のマグマについて類似していることから, KPT におけるサニディンの存在は, 圧力及び/又はメルトの  $\text{H}_2\text{O}$  含有量の変化に関係するに違いない。サニディンの安定性は圧力と  $\text{H}_2\text{O}$  含有量が低いほど高まるため, 予想されるモデルは, システムが大規模な KPT リザーバ(KPT reservoir)へ成長する際にマグマ溜りの浅化を伴うと考えられる。

#### 11-P-117

##### 西南日本弧の苦鉄質〜超苦鉄質捕獲岩を包有したデイサイトの成因

###### 永尾 隆志<sup>1</sup>, 池田 正道<sup>2</sup>, 角 縁 進<sup>3</sup>

1. 山口大学大学院理工学研究科／日本  
2. 開発設計コンサルタント／日本  
3. 佐賀大学文化教育学部／日本  
e-mail: tnagao@yamaguchi-u.ac.jp

鮮新世の分化したアルカリ玄武岩, 非アルカリ安山岩とデイサイトが西南日本弧の冠高原地域に分布している。冠高原デイサイト(KPD)は苦鉄質〜超苦鉄質捕獲岩(カンラン石ウェブスタライト, 角閃石岩, 単斜輝石角閃石岩, 角閃石パイロクシナイト, パイロクシナイト)やメガクリストを包有している。記載岩石学的な特徴から KPD は, アルカリ玄武岩とフェルシチックマグマの混合によってできたものでもアルカリ玄武岩マグマの分別結晶作用で導かれたものでもない。このことは, 超苦鉄質捕獲岩は KPD あるいはその親マグマによって上部マントルか

ら運ばれてきたことを示唆している。上部マントルにおいて、フェルシックマグマが生成されるいくつかのメカニズムが提案されている。(1)沈み込むリソスフェアの融解、(2)沈み込む堆積物の融解、(3)沈み込む堆積物の融解液とマントルウエッジの反応。しかしながら KPD の化学的な特徴は、上記のマントルに由来したフェルシックマグマとは異なっている。また、アダカイトとマントルウエッジが反応しても KPD をつくることができない。したがって、KPD が上部マントルで生成される特別な物理化学的な条件が存在したのかもしれない。

#### 11-P-118

#### 火道における剪断に誘発されたマグマ分解:エーゲ火山弧のコス台地凝灰岩からの証拠

Danilo M. Palladino<sup>1</sup>, Silvia Sime<sup>1</sup>, Konstantinos Kyriakopoulos<sup>2</sup>

1. Dipartimento di Scienze della Terra, Universite di Roma La Sapienza / Italy

2. Department of Geology, National and Kapodistrian University, Athens / Greece

e-mail: danilo.palladino@uniroma1.it

火山活動の中でも、珪長質な大規模爆発的噴火は最悪の惨事となる。しかし、その基にある地下メカニズムは十分に理解されていない。ここで我々は、161 ka のコス台地凝灰岩(KPT, エーゲ火山弧)の実地およびラボ研究について報告する。KPT は、大規模なカルデラ形成噴火の間にマグマの発泡と破碎をコントロールする火道のプロセスの地質学的な好例を提供しており、その際立った特徴は、持続的な噴煙柱および火砕流活動など、噴火の初期局面からの比較的珍しい板状軽石火山礫および岩塊(最大/最小の軸は 10 まで)の存在である。とりわけ、巨大なものから層を成した火砕流堆積物においては、板状軽石砕屑岩が「通常の」レンズ状砕屑岩より優勢であることさえあり、砕屑岩に支えられた瓦覆状の層を形成している可能性がある。SEM 分析は、引き伸ばされた平坦な表面が、一般に楕円の断面を示す管状気孔と平行しており、一方横断面は、主として気孔伸長に対して約 45 度で存在することを示している。我々は、この特異な KPT の軽石テクスチャーが、カルデラ崩壊に先立つ中央火道でのマグマ上昇の間に高い剪断応力が作用していたことをどう記録しているかを明らかにした。火道壁に対して放射状の強い速度勾配によって、火道周辺部においてマグマの発泡と破碎が起こった。剪断面に沿った圧力開放によって、流動薄層と平行して気泡核生成と気孔伸長が起き、剪断面に沿ったマグマの破裂を助け、揮発成分の離溶をさらに増進する一種のフィードバックへとつながった。板状マグマの断片は、噴出と貫入の間に急冷されて、保存された。噴出継続に伴って火道が拡大していれば、火道内部からのレンズ状軽石砕屑岩に対する板状軽石砕屑岩の比率を下げているであろう。カルデラの崩壊開始時における中心火口から複合または割れ目火口システムへの大変化は、主たる火砕流において板状軽石砕屑岩が消え、噴火の絶頂期において石片質が豊富な角礫岩が生成

されるという結果につながった。

#### 11-P-119

#### マグマ混合におけるマグマポケットの効果:アナログ実験によるアプローチ

佐藤 鋭一<sup>1</sup>, 佐藤 博明<sup>2</sup>

1. 神戸大学大学院自然科学研究科/日本

2. 神戸大学理学研究科地球惑星科学専攻/日本

e-mail: esato@kobe-u.ac.jp

火道内における低レイノルズ数でのマグマ混合過程を再現するためにマグマポケットに注目したアナログ実験を行った。実験はアクリル板を用いて作成した上部容器にアクリルパイプとポケットを取り付け、上部容器に異なる物性をもつ 2 流体(Fluid-1: 低粘性・低密度で赤色に着色, Fluid-2: 高粘性・高密度で無色透明)を成層させ、重力によって流下させるものである。その結果、ポケットに注入した流体の形態は 2 種類に分類できた。1 つ目の形態はポケット内で Fluid-1 が扁平な円盤を形成する場合で、この場合、ポケット内で 2 流体の混合は生じない。2 つ目の形態は Fluid-1 がポケット内で浮き上がる形態で、上昇の際に Fluid-2 の取り込みが確認できた。これらの形態の違いは粘性力と重力の項による無次元パラメータ I (Koyaguchi and Blake, 1989) によって支配されており、 $I < 0.1$  で Fluid-1 の浮き上がりが確認でき、2 流体の混合が生じる可能性がある。流体の形態はレイノルズ数に依存せず、低レイノルズ数での浮き上がりも可能であった。

#### 11-P-120

#### 火山灰の気泡の一部から気泡サイズ分布を測定する新たな 3D 手法

Alexander Proussevitch<sup>1</sup>, Gopal Mulukutla<sup>1</sup>, Dork Sahagian<sup>2</sup>

1. Complex Systems Research Center, University of New Hampshire / USA

2. Environmental Initiative, Lehigh University / USA

e-mail: alex.proussevitch@unh.edu

火山灰の気泡の一部から気泡サイズ分布を測定する、まったく新しい手法を開発した。猛烈な勢いで噴出するマグマが断片化されている間に、気泡を発生させていたマグマはガス性の噴霧となっており、それまでは気泡と気泡の間であった気泡壁の境界から灰粒子が生じる。この灰は、凸面の湾曲部分が、気泡と同じサイズになっている。灰の湾曲部分の測定は、電子顕微鏡(SEM)で撮影した、灰粒子の立体画像を基に行った。また、立体画像を使って、気泡の一部を含有する細かい灰粒子の微視的表面構造を再現し、数値標高モデル(DEM)の一連のデータを作成する。さらにこれらのデータを使用し、気泡の「クレーター」の縦方向断面形状を把握ならびに測定

する。各気泡の、2つの直角方向における断面形状に対して、円関数および楕円関数の適合分析を実施し、当初の完全な気泡サイズを再現する。この手法を用いれば、灰粒子の中の、直径数ミクロンという微小な気泡も測定できる。このようにして求めた気泡サイズ分布から、マグマの力学および爆発的噴火につながる気泡形成に関する貴重な情報を得ることが可能である。噴出性珪長質噴火の気泡形成の数的指標に関する体系的な情報・データベースは今までなかったが、この新しい手法ならば、これらの指標を算定できるため、活火山あるいは活火山になる可能性のある火山周辺の人口密集地においてとりわけ関心が高く、火山ハザード評価作業の参考となる、有史以前の噴火スタイルに関するより有効な情報を示すことが可能である。

## 11-P-121

### 東北日本の火山におけるかんらん石中流体包有物に関する同位体研究

松岡 一英<sup>1</sup>, 山本 順司<sup>2</sup>, 佐野 有司<sup>3</sup>, 藤巻 宏和<sup>1</sup>

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻／日本
2. 京都大学理学研究科付属地球熱学研究施設／日本
3. 東京大学海洋研究所／日本

e-mail: matsuoka@ganko.tohoku.ac.jp

噴火前のマグマに含まれる流体の組成は、さまざまなマグマプロセスを知るうえで重要と考えられている。このような流体の多くはマグマが地表に噴出する過程で脱ガスしてしまうため、火山岩を分析して噴出前の組成を推定することは困難である。これに対して火山岩斑晶中の流体包有物では、マグマが地表に噴出する前の流体を保存されている可能性がある。本研究では、典型的な島弧である東北地方に分布する代表的な第四紀火においてサンプリングをおこなった。各岩石試料は粉碎し、ハンドピッキングによってカンラン石のみを分離した。各試料のカンラン石の流体包有物のNとAr, Heの同位体組成を測定し、島弧の初生マグマの組成と沈み込み物質の影響を考察する。

## 11-P-122

### 南極大陸のデセプシオン島からの熱流動体の地球化学

Minoru Kusakabe<sup>1</sup>, Keisuke Nagao<sup>2</sup>, Takeshi Ohba<sup>3</sup>, Sung Hyun Park<sup>1</sup>, Jong Ik Lee<sup>1</sup>

1. Korea Polar Research Institute, KORDI / Korea
2. Laboratory for Earthquake Chemistry, University of Tokyo / Japan
3. Volcanic Fluid Research Center, Tokyo Institute of Technology / Japan
4. Korea Polar Research Institute, KORDI, Incheon / Korea
5. Korea Polar Research Institute, KORDI, Incheon / Korea

e-mail: mhk2314@hotmail.com

フランスフィールド海峡のデセプシオン島(南極大陸)は、南極半島からサウス・シェットランド諸島の間に位置する一連の海底火山のうち、最も西方の第四紀の地表活火山である。フランスフィールド海峡は、未発達背弧海盆である。この玄武岩-安山岩質の島は19世紀以降しばしば火山噴火に見舞われており、最近では1967年と1969年の噴火によって同島の科学基地が大きな被害を受けた。熱現象は、低温噴気活動と温泉によって特徴づけられる。ポート・フォスター・ビーチに沿って、強いCO<sub>2</sub>の泡立ちが見られる。このポスターにおいて、希ガスの分析を含む、当の島からの熱流動体の地球化学に関する最初の結果を提示する。

ガスの中でN<sub>2</sub>, He および Ar が比較的豊富なのは、これらのガスがマントルに由来することを示している。これらのガスはマグマから脱ガスしたCO<sub>2</sub>によって地球の表面に運搬された。この見解は、CO<sub>2</sub>のマグマ性<sup>13</sup>C(-5~-6‰)とHe同位体比が高いことから裏づけられた。<sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He-<sup>4</sup>He/<sup>20</sup>Ne空間では、2つの端成分の間の混合曲線上にあり、マグマ性成分(<sup>3</sup>He/<sup>4</sup>Heは~9.8E-6で、<sup>4</sup>He/<sup>20</sup>Ne比は1,000以上)と大気成分は1.4E-6という<sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He比と、0.32という<sup>4</sup>He/<sup>20</sup>Ne比を持つ。~9.8E-6という<sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He比は、MORB(中央海嶺玄武岩)ガラスよりもわずかに低い。フランスフィールド背弧からの火山岩に関する地球化学的データから推測すると、これらのガスは、<4 Ma前に沈み込みを停止した元フェニックス・プレートからの沈み込み部分に影響されたマントルウェッジで発生したマグマか、小規模のU-Thを帯びたマントルブルームによって汚染されたMORBのソース・マントルの中で発生したマグマのいずれかに由来する可能性が高い。

## 11-P-123

### 浅間火山における2004年9月噴火の際のマグマ上昇・固結過程について

三宅 康幸<sup>1</sup>, 津金 達郎<sup>1</sup>, 牧野 州明<sup>1</sup>, 高橋 康<sup>1</sup>, 西来 邦章<sup>1</sup>, 阪上 雅之<sup>1</sup>

1. 信州大学／日本

e-mail: ymiyake@shinshu-u.ac.jp

浅間火山2004年の活動のうち、9月1日と9月23日のブルカニアン噴火は比較的大きなものであった。この3週間のマグマの上昇・結晶化過程を議論する。新たなマグマ柱が、火口直下の既存安山岩体の中に上昇し、9月1日には、ブルカニアン噴火を起こした。この噴火によって帽岩の破片に加え、本質物であるパン皮状軽石を少量もたらした。軽石のガラスの含水量は、0.4-0.8wt.%であった。帽岩がなくなってマグマは上昇しその上部は火口内に溶岩ドームを形成、次のマグマの帽岩となった。9月23日のブルカニアン噴火で、石質岩片と少量の本質スコリア(含水量0.1wt.%)を放出した。9月1日の軽石と9月23日のスコリアを比べた結果、火道内における結晶化過程が明らかになった。軽石とスコリアの双方のマイクロライトに見られる結晶粒径分布から2つの段階が識別できた。まず、マグマがマグマ溜を離れて上昇時に核形成速度が増加していく。次に、火道のより浅所において多数のマイクロ

イトが高い過冷却度の条件下で結晶化した。軽石とスコリア両者のマイクロライトのCSDパターンは類似するが、結晶度は軽石がスコリアよりも高い。

## 11-P-124

### SIMPLER アルゴリズムによるマグマ対流の数値解析の難しさ

松本 光央<sup>1</sup>, 寅丸 敦志<sup>2</sup>

1. 九州大学大学院 理学府 地球惑星科学専攻 / 日本  
2. 九州大学大学院 理学研究院 地球惑星科学部門 / 日本  
e-mail: m.matsum@geo.kyushu-u.ac.jp

マグマ溜りの進化を探る上で重要となるのは、物質と熱の移動を引き起こすマグマの対流である。我々は、これまでにマグマの対流を考慮した数値モデルを考案し(松本・他, JPGU 2007 年大会, V238-P008 など), 数値計算の不安定性という問題を常に抱えてきたが、このような難しさがマグマの対流という問題に先天的に備わっている可能性を見出した。本発表では、流体流動の代表的な数値解法の1つである SIMPLER を例に、数値解析の難しさが如何に生じるかを具体的に示す。

マグマ溜り内部の対流を支配する無次元パラメータとして  $gL^3/\kappa^2$  ( $g$ : 重力加速度,  $L$ : マグマ溜りの代表長さ,  $\kappa$ : 熱拡散率)を重力項に得ることができる。数 km の大きさのマグマ溜りの場合、これは  $10^{22}$  を越え、他の値と比べて極めて大きくなる。また、初期状態として静岩圧を仮定した圧力項も同程度の値をとる。その結果、SIMPLER アルゴリズムで暫定的な圧力場を求める際、暫定値と真値との残差の影響が非常に大きくなり、計算の破綻の要因となる。

## 11-P-125

1973 年-1998 年の測地データを使用した、伊豆半島(日本の中部)の東海岸沖における火山性群発地震活動の圧力源の体積変化のための時間依存性モデル

Masayuki Murase<sup>1</sup>, Takeo Ito<sup>2</sup>, Yoshinari Hayashi<sup>2</sup>, Takeshi Sagiya<sup>2</sup>, Fumiaki Kimata<sup>2</sup>, Hidefumi Watanabe<sup>3</sup>

1. Institute of Earth Sciences, Academia Sinica / Taiwan, R.O.C.  
2. Research Center for Seismology, Volcanology and Disaster Mitigation / Japan  
3. Earthquake Research Institute University of Tokyo / Japan  
e-mail: murase@earth.sinica.edu.tw

伊豆半島の東海岸沖における火山性群発地震活動の圧力源の体積変化のための時間依存性モデルは、1973 年-1998 年間の精密水準測量, EDM, GPS, および潮汐データの観測により開発されている。伊豆半島東部の真下にシル状に似た地割れがあることは、Murakami(2006)(が水準測量データのみに基づき提唱していたが、我々は発生アルゴリズム

ム(GA)を用い、群発性地震の発生の直前に観測された水準測量データとGPSデータの双方から、地割れの最適震源パラメータを再度推定した。推定された地割れは、伊豆半島東部の真下の深さ 13 km の位置において長さが 12 km であった。この地割れの傾斜角度は 40 度で、我々はこれを深い地割れと考える。この深い地割れと、震央分布を用いて検知した以前の浅い割れ目(Hayahsi and Morita, 2003)を組み合わせ、我々は 1973 年から 1998 年までの期間における 2 つの割れ目の体積の時間的変化を赤池ベイズ情報規準(ABIC)に基づいて計算する。その結果によると、(1)1974 年から 1990 年の間に深い地割れにおいて大規模な膨張が開始した、(2)1990 年から 1995 年間は深い地割れの拡大は休止していた、(3)1995 年から 1998 年には収縮が開始した。大規模な膨張は群発性地震が 1978 年に開始する 4 年前に発生していたこと、加えて 1998 年の静止の 3 年前に収縮が発生したことは注目に値する。これらの特徴は、深い地割れの体積の時間的変化の推定により、伊豆半島の東海岸沖における火山性群発地震の長期的な予知に有益な情報が得られることを示している。

## 11-P-126

### マグマ供給系の長中期時間変化: 蔵王山の最近のマグマ溜りについて

伴 雅雄<sup>1</sup>, 三浦 光太郎<sup>1</sup>, 佐藤 光<sup>1</sup>, 廣谷 志穂<sup>1</sup>

1. 山形大学理学部地球環境学科 / 日本  
e-mail: ban@sci.kj.yamagata-u.ac.jp

マグマ供給系の時間変化の情報は噴火予測に重要である。今回は蔵王山過去約2千年間(五色岳火砕岩)について報告する。五色岳火砕岩は unit 1-4 に、unit 4 は 5 つに細分できる。何れも本質岩片はかんらん石、単斜輝石、斜方輝石、斜長石斑晶を持つ玄武岩質安山岩である。大多数の斜長石と一部の輝石斑晶はパッチ累帯か波動累帯を示し、斜長石の波動累帯の低・高 An 部は An=63-67・71-85、パッチ累帯斜長石は An=63-67、稀に An=90 の清澄な斜長石がある。斜方/単斜輝石の波動累帯の低・高 Mg# 部は 65-68/66-70・69-75/68-72、その他の斜方/単斜輝石の Mg# は 65 前後/65-67、かんらん石は Fo=80 主体である。以上の特徴は、低 An 斜長石・低 Mg# 輝石を持つ再活性化された安山岩質マグマ溜りに、高 An 斜長石・高 Fo かんらん石を持つ苦鉄質マグマが繰り返し混入したことで説明可能である。unit 4 の連続露頭では unit 4-1・4-2・4-5 では上位へ全岩 Zr 量等の連続的減少が認められており、繰り返し混入する苦鉄質マグマによるマグマ溜り内の苦鉄質マグマ率の増加に起因すると考えられる。

## 11-P-127

### マグマと炭酸塩の相互作用: 超カリウム岩石に対する実験的研究

Carmela Freda<sup>1</sup>, Mario Gaeta<sup>2</sup>, Valeria Misiti<sup>1</sup>, Silvio Mollo<sup>3</sup>, Daniela Dolfi<sup>3</sup>, Piergiorgio Scarlato<sup>1</sup>

1. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia / Italy

2. Universite Sapienza Roma / Italy

3. Universite di Roma Tre / Italy

e-mail: freda@ingv.it

アルバン丘陵の超カリウム火山地区は、第四紀の最中に、イタリアのティレニア海の縁に沿って形成された。火山岩は単斜輝石と白榴石で構成されており、その化学成分は主としてカリフォイド質(K-foiditic)である。分化生成物(Mg#=32)は、SiO<sub>2</sub>含有量が低い(<50 重量%)ことで特徴づけられ、地球化学的特徴はこの独特の分化傾向が結晶分別に加え、炭酸塩と地殻の相互作用によってもたらされていることを示している。

マグマ分化経路を特定するために、我々は無水、含水、含水炭酸塩条件の下で、アルバン丘陵の本源組成(フォノテフライト)に対する実験を行なった。実験は1 atm, 0.51 GPa および1 GPa で行ない、温度の幅は1,050 °C から1,300 °C で、また出発物質におけるH<sub>2</sub>OとCaCO<sub>3</sub>の占める割合はそれぞれ2wt.%と7wt.%であった。我々の実験により、CaCO<sub>3</sub>の存在は相関係に、そしてその結果として残留メルトの組成に大きな影響を与えることが実証された。

とりわけ CaCO<sub>3</sub> を含まない実験においては、マグネタイトと金雲母は比較的高温で結晶化し、ガラス組成をシリカ増加の方向へ導く。これにより分化傾向はフォノテフライトからフォノライトへ移行することになる。この傾向は、アルバン丘陵の火山ではマグネタイトと金雲母の斑晶が存在していないという事実、および天然の岩石の組成と相反している。一方で、CaCO<sub>3</sub>を含んだ実験(すなわちマグマと炭酸塩の相互作用をシミュレートする)では、マグネタイトと金雲母の安定域は著しく減じられる。従って、メルト分化は主として単斜輝石と白榴石のコテクティックな結晶化によって規制され、残留メルトにおけるシリカの減少につながる。これらの実験結果は、アルバン丘陵の岩石の岩石学的特徴と、マスバランス計算によって推測した分化モデルと一致している。

特筆すべきは、炭酸塩の母岩に貫入した異なる供給系を比較すると、炭酸塩の汚染は必ずしも SiO<sub>2</sub> が乏しい残留メルトにつながるわけではないらしいということである。我々は、炭酸塩汚染の効果を左右する重要な因子は供給系における動的過程であると考えられる。

## 11-P-128

気泡を含む流紋岩メルトの剪断変形実験: 気泡連結度の進化

奥村 聡<sup>1</sup>, 中村 美千彦<sup>2</sup>, 土山 明<sup>3</sup>, 中野 司<sup>4</sup>, 上杉 健太郎<sup>5</sup>

1. 東北大学大学院理学研究科地球物質科学講座/日本

2. 東北大学大学院理学研究科地球物質科学講座/日本

3. 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻/日本

4. 産業技術研究所地質情報研究部門/日本

5. 高輝度光科学研究センター/

e-mail: sokumura@mail.tains.tohoku.ac.jp

火道内を上昇するマグマ中で起こる浸透的な脱ガスは、火山噴火の多様性を支配する要因の一つだと考えられる。本研究は、脱ガスの素過程であるマグマ中の気泡の連結に対する剪断変形の効果を実験的に検討することを目的とした。

剪断変形実験は、下部ピストンが回転可能な外熱式ピストンシリンダー型高温高压実験装置を用いて行った。実験ではまず、円柱状黒曜石を実験装置内において 975 °C で加熱発泡させた。その後、0.3-0.5rpm の回転速度で下部ピストンを0.5-10 回転させた。回収した試料中の気泡組織の観察は、SPRing8 において開発された X 線 CT システムを用いて行った。

実験試料の発泡度は、20-45vol%程度であった。気泡合体は回転量の増加に伴い進行し、気泡サイズ分布は単一の大きな気泡と小さな気泡からなるサイズ分布へと変化した。試料中の気泡連結度(全気泡体積と最大気泡の体積の比)は、20-30vol%の発泡度で急激な増加を示した。本実験で試料に生じた歪速度(最大で0.03s<sup>-1</sup>)は火道壁付近において十分に生じる大きさであることから、火道壁付近では剪断変形により気泡ネットワーク形成が促進されることが考えられる。

## 11-P-129

「高カルシウム」ケイ酸塩メルトの起源とその地殻の汚染物質としての役割

Mario Gaeta<sup>1</sup>, Tommaso Di Rocco<sup>1</sup>, Carmela Freda<sup>2</sup>, Luigi Dallai<sup>3</sup>, Massimo Tiepolo<sup>4</sup>, Cristina Perinelli<sup>5</sup>, Piergiorgio Scarlato<sup>2</sup>

1. Universita' Sapienza di Roma / Italy

2. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia / Italy

3. CNR-IGG-Pisa / Italy

4. CNR-IGG-Pavia / Italy

5. Universite di Pisa / Italy

e-mail: mario.gaeta@uniroma1.it

概してローマおよびカンパニア州(イタリア中部)からの超カリウム質マグマのマグマ分化は、本源の粗面玄武岩質の組成から、スピネル+橄欖石+単斜輝石±白榴石±金雲母の結晶分別を通じて開始して、シリカ含有量が増加する組成へと移り、最終的にフォノライト質生成物で終了する。アルバン丘陵では事情が相当に異なる。生成物のほとんどは組成がK-foiditic で、分化生成物でさえシリカ含有量が低く(40 重量%まで減少)、CaO と K<sub>2</sub>O の含有量が高いという特徴を持つ。またアルバン丘陵において粗面玄武岩質の本源マグマを仮定すると、その他のローマおよびカンパニア地区について推測できる分化プロセスと類似する分化プロセスに従った分化により K-foiditic 生成物を獲得することは不可能である。マスバランス計算と地球化学および実験データは、アルバン丘陵のマグマ・システムは炭酸塩岩との強力な相互作用を受

けており、それが有利な地殻構造的環境によって強化されたに違いないことを示している。アルバン丘陵では、大規模および微小規模の両方の火山噴出物中の堆積炭酸塩の残存物によって立証されるように、炭酸塩の同化プロセスは主としてマグマ中の炭酸塩母岩の直接的な摂取によって発生する。炭酸塩の同化の補足的な証拠は、炭酸塩とマグマの界面ゾーンに由来する含スピネル橄欖石-単斜輝岩(?)によって得られる。 $\delta^{18}\text{O}_{\text{OI}}$ と $\delta^{18}\text{O}_{\text{Cpx}}$ によって、マグマ性(6.6‰ SMOW)から堆積性(11.1‰ SMOW)まで多岐にわたる値で特徴づけられたこれらの半深成岩(hypabyssal)岩は、炭酸塩とマグマが関与する固体と固体および固体と液体の反応に由来するものと解釈される。次にこれらの反応は、Alに富むスピネル、Caに富むフォルステライト、Ca チェルマック成分(Ca-Tschermak)に富む単斜輝石、白榴石、および「高カルシウム」のケイ酸塩ガラス( $\text{CaO}=21\text{vol.}\%$ および $\text{SiO}_2=38\text{vol.}\%$ )の形成につながる。これらはまた、極度に分化したREEを特徴とし、流体可動性の微量元素が豊富である。これらの「高石灰質」のケイ酸塩ガラスは、アルバン丘陵の分化した火山岩の一部において観察される変則的な微量元素(UおよびThなど)濃集の起源を表している可能性があるため、とりわけ興味深いものである。

#### 11-P-130

#### 入れ替わりつつ継続する有珠火山マグマ供給系

東宮 昭彦<sup>1</sup>

1. 産総研地質調査総合センター／日本

e-mail: a.tomiya@aist.go.jp

#### ○有珠火山とマグマ供給系

有珠火山は、1663年以来数十年おきに流紋岩やデイサイトを噴出し、珪長質マグマ供給系の進化過程の研究に適する。

Tomiya and Takahashi (2005:J.Pet.)は、次の記載事実等から、マグマ供給系が1663年から2000年噴火まで「継続」していることを見出した: 共通した特徴の斑晶(type-A)を全噴出物を含む; 年代が後ほどこの斑晶の成長・拡散・分解が進む。一方、松本・中川(2006:月刊地球)は、全岩化学組成のトレンドから、1663年以降のマグマは独立した3グループに分かれ、新マグマがそのたび「置換」するとした。一見矛盾する両者は整合的に解釈出来ることを以下に示す。

#### ○組織解析が明らかにしたマグマ混合過程

両者の違いは、新マグマ出現時の「旧マグマの混合比」(ゼロか否か)である。そこで、type-A斑晶をトレーサーとし、噴出物中の存在量を組織解析(CSD等)によって算出し、「旧マグマの混合比」を求めた。その結果、例えば1977年の新マグマ出現時、旧マグマの混合比は約1割(新マグマが9割)であった。この1割を考慮するか否かで、継続か完全置換か解釈が分かれたと言える。今後は、両者の細部の相違点を詰めていきたい。

#### 11-P-131

#### 1875年のアスキヤ噴火(アイスランド)の湿式および乾式位相の分散特性

Rebecca J. Carey<sup>1</sup>, Bruce F. Houghton<sup>1</sup>, Thor Thordarson<sup>2</sup>

1. University of Hawaii at Manoa / USA

2. University of Edinburgh, Scotland / UK

e-mail: beccarey@hawaii.edu

アスキヤ火山(アイスランド)の1875年の噴火は、水蒸気プリニー式火山活動の最も若い「タイプ」例で、詳細な史料に記載されている唯一の事例である。噴火の主要位相は、最初が乾式のサブプリニー位相(ユニットB)、次いで水蒸気プリニー位相(ユニットC)、そして最後がプリニー位相(ユニットD)で、継続時間は合計で6.5時間であった。各位相がアイスランド東部に連続的なテフラ層を出現させ、水蒸気プリニーとプリニー堆積物が1,500km東のスカンジナビアに1.5cmの厚さの堆積物を形成した。この3つの主要位相について計算したBt値は、それぞれ1.0km(B)、4.8km(C)および1.7(中央)/9.0(末端)km(D)である。3つの位相のパイログラムはそれぞれ、最低3つのセグメントを表しており、近位のセグメントは種類や強度に関係なく近位堆積物の相当な肥厚化を示している。この肥厚化は噴出および下層対流ブルーム・マージンによる不安定性に起因することが間違いなく、その結果これらの地域からの堆積作用が増進される。詳細には、湿式と乾式の降下ユニットの間に、これらの近位堆積作用の様式における相違がある。湿式位相の近位堆積物は、プリニー位相(5.5km)と比較して、火口から離れた箇所(11km)で肥厚化している。この肥厚化は、湿式ブルームの高密度に関連していることが間違いなく、それが不安定性につながり、希薄で弱いサージ堆積物および/または粒子の早期の堆積を生み出した。60以上の活火山は、頂上に水もしくは氷河に満たされた火口またはカルデラがある。これらの火山から噴火が起これば、それは必ず水蒸気マグマ活動のなんらかの要素を持つことになるであろう。高強度の水蒸気マグマ噴火は、長距離にわたって湿式灰をまき散らす可能性があり、我々のアスキヤ研究は、乾式ブルームについて予測されるよりも噴火口に近い場所により多く集積することを示している。近年、乾式ブルームのテフラ分散モデルは十分に発達されたが、一方湿式ブルームの分散モデルはさらに定量化する必要がある。

#### 11-P-132

#### 西南日本の Taiwan-Shinzi Folded Zone における火山岩の化学組成の変化

角縁 進<sup>1</sup>, 岩本 恵美子<sup>2</sup>, 山崎 寛己<sup>3</sup>

1. 佐賀大学文化教育学部／日本

2. 佐賀大学大学院農学研究科／日本

3. 鍋島中／日本

e-mail: kakubuch@cc.saga-u.ac.jp

Taiwan-Shinzi Folded Zone (TSFZ)は西南日本から台湾にかけて、島弧に沿った方向で、背弧側に生じた拡大によって形成されたと考えられている。TSFZ上に位置する平戸、的山大島、筑前大島には、後期中新世以降の火山岩が分布している。これらの火山岩の化学組成、Sr-Nd 同位体組成を検討した結果、時間とともにマグマソースの組成が変化していることがわかる。13Ma の噴出年代を示す日本海拡大直後の火山岩類は、島弧的な特徴を有するソレイト質の玄武岩からデイサイトであるが、日本海拡大以後約 8Ma より新しい火山活動は、プレート内玄武岩の特徴を有するアルカリ玄武岩の活動へと変化する。このことは、この地域のマントルが約 8Ma 以降大きく変化したことを示している。

#### 11-P-133

#### 一定量の減圧下における発泡及び結晶化:数値的研究及び室内実験結果との比較

Atsushi Toramaru<sup>1</sup>, Takahiro Miwa<sup>1</sup>

1. Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University / Japan

e-mail: toramaru@geo.kyushu-u.ac.jp

上昇するマグマにおける発泡(気泡生成)と結晶化(マイクロライト生成)は噴火の振る舞いを支配している重要な過程で、それらは水の析出過程を通して結びついている。我々は、天然での噴火及び室内実験での発泡と結晶化を理解するために数値的研究を行った。均質核形成、不均質核形成、メルト中の水の拡散及び粘性の効果を組み込んだ気泡の成長・膨張過程、水の析出過程、及び減圧量を考慮した数値結果は、一定減圧量下に於ける気泡生成と水の析出に対する定量的理解を提供する。水の析出速度は、粘性律則領域では、ペクレ数によって支配され、拡散律則領域では、気泡数密度によって支配される。そして、この水の析出速度は、マイクロライト数密度を決定する結晶化過程において実効的冷却速度の役割をする。これらの結果を用いて、室内実験を解釈すると、室内実験においては、水の析出速度は、拡散律則領域において気泡数密度に支配されている可能性が高いことが判る。玄武岩質安山岩の準プリニー式噴火における気泡とマイクロライトに対する組織解析にこの結果を応用すると、爆発的噴火においては、水の析出が非平衡に進行することが示唆される。

#### 11-P-134

#### 斜長石に見られる不整合な溶解表面の化学的特徴

津根 明<sup>1</sup>

1. 特定非営利活動法人桜島ミュージアム/日本

e-mail: tsune@sakurajima.gr.jp

斜長石は火山岩によくみられる造岩鉱物の一つで、しばしば

累帯構造(組成的不均質構造)を呈する。マグマ混合に伴う結晶の溶解と成長により累帯構造が形成される場合がある。このとき累帯構造の1つ1つの縞(zones)の境界は、溶解したときの結晶表面(dissolution surface; St-Seymour et al., 1990)の跡と見なせる。このような「元」結晶表面(以下、溶解表面)は、通常結晶のファセットな面に平行であるが(Pearce and Kolisnik, 1990), その面に斜交した溶解表面も存在する(津根 2006; 火山学会発表)。本報告では、斜交した溶解表面をもつ斜長石の化学的特徴を明らかにし、その成因を考察する。

分析した斜長石は白浜層群ソレイト系列のデイサイト質斜長石で、津根(2006, 火山学会)で報告したものと同一である。BSE像で観察した結果、斜交した溶解表面の内側と外側で組成的な不連続があることが明らかにされ、その組成差は最大10mol%であることがわかった。このことはマグマとの混合により溶解表面が形成されたことを示している。

#### 11-P-135

#### マグマ溜まりの力学の数値シミュレーションと付随する圧力、変形、および地震信号

Paolo Papale<sup>1</sup>, Antonella Longo<sup>1</sup>, Melissa Vassalli<sup>1</sup>, Gilberto Saccorotti<sup>1</sup>, David Barbato<sup>1</sup>, Michele Barsanti<sup>1</sup>

1. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Pisa / Italy

e-mail: papale@pi.ingv.it

火山噴火の発生への予知は、火山監視ネットワークを通じて観察される信号を正確に解釈するために逆モデル化と順モデル化の双方を必要とする複雑な作業である。我々は、非圧縮性から圧縮性までのフロー条件の均質な多相・多成分混合体のための基本的な時間依存性の質量・運動量・エネルギー輸送方程式を解く有限要素法コードを開発し、流体様式の広いスペクトルにわたって文献からの数々の古典的テストケースと比較することを通じて、その正当性を確認した。当のコードは、文献からの1,000以上の実験データに照らして調整した完全に非理想のP-T成分依存性H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub>飽和モデリングと、関連する多相マグマ特性濃度および速度のためのP-T成分依存性モデルを用いて実行する。その結果生じるモデルは、揮発成分が豊富な新しい粗面岩質マグマがカンピ・フレグレイの浅いフォノライト質マグマ溜まりに到達したことに付随するマグマの対流および混合の力学、ならびにストロンボリにおける周期的噴火に先立つ揮発成分が豊富なマグマ上昇の力学をシミュレートするのに適用された。いずれの事例においても、シミュレーションの条件は、火山科学のさまざまな分野に携わり、そのキャリアの大部分を上述の2つの火山地域における研究に費やした献身的な専門家から成るプロジェクトの枠組みの中で決定された。数値結果は、マグマ溜まりに供給をする岩脈内におけるマグマの混合やより濃密なマグマ成分の再循環の事例や、マグマ溜まりや火道内における深部の揮発成分が豊富なマグマの上昇と膨張に付随する複雑な圧力配置に関して、以前はその力学が判明していなかったさまざまなプロセスを明らかにしている。数値シミュレーションからの結果

を処理すると、高度補正重力異常の測定と同時に、シミュレートされた力学に付随する地盤変動と地震信号の時空間配置の一時測定が可能となる。これによって、考慮したプロセスに関連して観測されると予想できる地球物理的信号の基準座標系が決定でき、噴火の可能性のある危険な火山における臨界レベルの定義づけに役立つ。

## 11-P-136

### ホウ素の縦断方向変化: 西南日本弧, 九州下のマントル組成へのフィリピン海プレートの影響について

下野 まどか<sup>1</sup>, 三好 雅也<sup>1</sup>, 福岡 孝昭<sup>2</sup>, 佐野 貴司<sup>3</sup>, 長谷中 利昭<sup>4</sup>

1. 熊本大学大学院自然科学研究科 / 日本

2. 立正大学地球環境科学部 / 日本

3. 国立化学博物館 / 日本

4. 熊本大学理学部 / 日本

e-mail: shimono@es.sci.kumamoto-u.ac.jp

九州に沈み込むフィリピン海プレートは、九州ーパラオ海嶺を境に北側では若く(15–26Ma)南側では古い(37–115Ma)年代を示す。したがってフィリピン海プレートの沈み込みに関連する九州の火山岩は、プレートの年代に起因する組成の違いを推定するのに有効である。本研究では火山岩中のホウ素を用いて沈み込み成分の違いを測定した。火山岩中のB/Nb比について、北部九州では火山フロントのみで高く明瞭な島弧横断方向変化は見られない。一方南部九州では火山フロントでもっとも高く、背弧側にいくにつれて徐々に減少するという島弧横断方向変化が見られた。また、火山フロントの岩石中のB/Nb比を比較すると、南部九州は比較的高く(～8.3)、北部九州は低い(～3.5)値を示す。これらはそれぞれに沈み込む海洋プレートの年代の違いに起因すると考えられる。北部九州では若い海洋プレートの沈み込みにより高い温度構造となり、海洋プレートが火山フロント下へ達する前にほぼ脱水している可能性がある。比較的低いB/Nb比もこれを裏付ける。一方、南部九州では典型的な島弧横断方向変化を示すことから、比較的古くて冷たい海洋プレートの沈み込みの関与が示唆される。

## 11-P-137

### アゾレス諸島のマントルブルームおよび火山の意義

Zilda T. Franca<sup>1</sup>, Marceliano Lago<sup>2</sup>, Elizabeth Widom<sup>3</sup>, Victor H. Forjaz<sup>4</sup>

1. Azores University, Geothermal and Volcanological Azores Observatory / Portugal

2. Zaragoza University / Spain

3. Miami University / USA

4. Azores University, Geothermal and Volcanological Azores Observatory / Portugal

e-mail: zfranca@notes.uac.pt

アゾレス諸島は、北アメリカ・プレート、ユーラシア・プレート、アフリカ・スビア・プレートの三重会合点の近くに位置する。概してアゾレス諸島の放射能年代は、緩慢な拡大中心である大西洋中央海嶺(MAR)への距離に逆相関して増える。当の諸島は、マントル・ブルームとMARの間の相互作用に合致する等深線、重量測定、磁気の異常地形であるアゾレス・ブラットフォーム上にある。アゾレスの火山活動は、プレート内性であり、玄武岩から粗面岩に及ぶアルカリ性で、中生岩のサンプルが比較的稀である。個々の島の火山の歴史は、非常に危険な火山事象を指し示しており、その中には有史以前のものもあれば有史上のものもあり、すべては重要なカルデラ形成複合火山に関連している。アゾレスは9つの島から成るが、進化した岩石を持つのはそのうちの6島のみで、すべてがおおよそ4kmの深さのマグマ溜まりに関連したカルデラ形成と結びついている。始源的マントル組成で規格化したREEプロットは、最も未分化な岩石から粗安山岩および粗面岩への分別作用の重要性を示している。REEパターンは、部分融解の程度が小さい共通したメルトからの連続的分別を示唆している。これらの火山内のマグマの発展に関連する火山ハザードを見極める助けとなるよう、火山ガラスの<sup>226</sup>Ra/<sup>230</sup>Th/<sup>238</sup>U非平衡に関する研究は、マグマ分化プロセスの速度と継続期間を制約している。元素間比率とSr, Nd, U, Pb, Os, Ne およびHeのアイソトープの研究により、エンリッチしたマントル、デブリートしたMORB起源マントル、および過去にリサイクルした海洋性and/or大陸下リソスフェアのマントルの間の混合を伴う複雑なアゾレス・ブルームの存在が裏づけられる。島と島の間および島内の組成上の差異の一部についても、マントル・ソースの部分的融解の程度の相違に起因する。アゾレス諸島における活動周期をすでに越えた(時間休止している)潜在的に活動的な火山の存在は、我々の研究を進める上で魅力的な主題である。

## 11-P-138

### 阿蘇地域直下のマントル組成へのスラブ由来流体の寄与の度合いの増加: 火山噴出物中のホウ素を用いた検証

三好 雅也<sup>1</sup>, 下野 まどか<sup>1</sup>, 長谷中 利昭<sup>1</sup>, 佐野 貴司<sup>2</sup>, 福岡 孝昭<sup>3</sup>, 古川 邦之<sup>4</sup>, 新村 太郎<sup>5</sup>

1. 熊本大学大学院自然科学研究科 / 日本

2. 国立科学博物館 / 日本

3. 立正大学地球環境科学部 / 日本

4. 愛知大学経営学部 / 日本

5. 熊本学園大学経済学部 / 日本

e-mail: miyoshim@es.sci.kumamoto-u.ac.jp

阿蘇は若い(<26Ma)フィリピン海プレート(PSP), 古い(>40Ma)PSPの境界付近に位置する。阿蘇直下のマントル組成へのスラブ由来流体の寄与の時間変化を調べるために、4–0Maの阿蘇地域火山岩類のホウ素(B)および他元素分析を行った。Bは地球上ではスラブ由来流体に最も多く含まれるので、

火山岩の B 分析によって起源マントルが被った流体の影響を見積もることができる。

阿蘇地域火山活動を、以下の 4 つに区分した。I) 4-3 Ma: HMA; II) 2-0.4 Ma: アダカイト質、島弧安山岩, HAB; III) 0.3-0.09 Ma: 島弧安山岩, HAB; IV) 0.09-0 Ma: 島弧安山岩, HAB。

HMA の B/Sm, B/Zr は HAB よりも低い。HMA の B/Nb はマントルと同等である。HAB の B/Nb は、冷たいスラブが沈み込む地域の玄武岩と同等である。

以上の結果は、I-II の間にスラブ由来成分がメルトから流体に変化し、流体の寄与が増加したことを示す。このことは、4-2 Ma 頃に沈み込むプレートが若い PSP から古い PSP へと変化し、多くの流体が阿蘇直下にもたらされるようになったことを示しているのかもしれない。

## 11-P-139

### 結晶を含むマグマの粘性率測定

石橋 秀巳<sup>1</sup>, 中村 秀明<sup>2</sup>, 齋藤 将孝<sup>2</sup>, 佐藤 博明<sup>2</sup>

1. 京都大学地球熱学研究施設/日本

2. 神戸大学理学研究科/日本

e-mail: ishibashi@bep.vgs.kyoto-u.ac.jp

マグマのレオロジー的性質、特に粘性率は、溶岩の流動速度や形状、噴火様式などのふるまいを理解するうえで重要である。地表に噴出するマグマの多くは幾分の結晶を含んでいることから、結晶の粘性率に及ぼす影響は適正に評価されるべきである。結晶がマグマの粘性率を増加させ、ときには非ニュートン流体的ふるまいを引き起こすことは定性的には知られている。結晶の影響を定量的に記述する手法は Einstein-Roscoe 式があるが、これは結晶形状や粒径分布の効果は含まれていない。我々の目的は、任意の組織を持つマグマについて、結晶がマグマに及ぼす影響を定量的に記述する方法を構築することであり、このためにマグマの粘性率測定と組織解析を行なっている。本発表では我々の行っている実験手法について紹介する。また結晶の効果の評価に従来用いられてきた、Einstein-Roscoe 式の適用限界や、扁平な結晶の歪速度に依存する再配列が引き起こす非ニュートン流体的ふるまいなど、我々の実験によって得られたいくつかの知見についても紹介し、そのメカニズムについて内部組織と関連付けて議論する。

## 11-P-140

### 阿蘇中央火口丘群、草千里ヶ浜軽石丘:カルデラ形成後の最大規模噴火を起こした噴出物の岩石学的特徴

長谷中 利昭<sup>1</sup>, 森永 麻衣子<sup>2</sup>, 三好 雅也<sup>1</sup>

1. 熊本大学・院・自然科学研究科 理学専攻/日本

2. 熊本大学・理学部地球科学科/日本

e-mail: hasenaka@sci.kumamoto-u.ac.jp

阿蘇カルデラ中央火口丘群の一部をなす草千里ヶ浜火山は直径 1km の平らな火口底を持つ軽石丘である。約 3 万年前に Aso-4 以降最大級の噴火を起こし大量の軽石を噴出した(体積 2.39km<sup>3</sup>: 宮縁・他, 2003)。草千里ヶ浜軽石、溶結火砕岩、中央火口丘溶岩、同時期と考えられる沢津野溶岩などの化学分析の結果は次の通りである。1) 草千里ヶ浜軽石軽石はほぼ全てが著しく変質していた。組成は火山灰変質に特徴的な鉱物アロフェンと新鮮な軽石との混合トレンドを作り、SiO<sub>2</sub>=40%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=30% 近くから SiO<sub>2</sub>=67%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=18% まで変化した。2) 新鮮な軽石と溶結火砕岩の組成はほぼ一致していた。3) 分析した草千里ヶ浜軽石の最下位と最上位の軽石に含まれる斜長石、輝石組成は、ほぼ一致し、輝石平衡温度も約 900~1000 °C でほぼ一定であった。4) 活動末期に噴出したとされる中央火口丘溶岩(SiO<sub>2</sub> = 63wt.%) は他の噴出物よりも未分化な全岩化学組成を示し、火口直下のマグマ溜りに未分化マグマの注入が起こったことを示唆する。5) 草千里ヶ浜軽石と沢津野溶岩の斑晶鉱物組み合わせ、全岩化学組成、鉱物化学組成がほぼ一致するため両者は共通の起源である可能性が高い。

## 11-P-141

### CO<sub>2</sub> が豊富な環境におけるマグマと水の相互作用: コリ・アルバニのアルバノ・マール(中央イタリア)からの事例研究

Gianluca Sottili<sup>1</sup>, Jacopo Taddeucci<sup>2</sup>, Danilo M. Palladino<sup>1</sup>, Greg A. Valentine<sup>3</sup>, Guido Ventura<sup>2</sup>

1. Dip. Scienze della Terra, Univ. La Sapienza, Rome / Italy

2. Ist. Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Rome / Italy

3. Los Alamos National Laboratory, New Mexico / USA

e-mail: gianluca.sottili@uniroma1.it

コリ・アルバニ火山地区における最近の(<100 ka) マグマ水蒸気噴火活動を抑制する因子を理解することが、ローマの最も人口密度の高い地域における火山ハザードの評価には極めて重要である。アルバノの多発性マール活動(70 ka-36 ka) は、カーフォイダイト質マグマと流体飽和母岩との間の複雑な相互作用の証拠を示している。地球化学データは、コリ・アルバニ貯留層に閉じ込められた熱水流体の特徴が、CO<sub>2</sub> の脱ガス・プロセスと関連のある高圧の CO<sub>2</sub> であることを示している。我々は CO<sub>2</sub> 対 H<sub>2</sub>O の質量比(R<sub>CW</sub>)がマグマ水蒸気噴火の効率性に与える影響を評価するために、カーフォイダイト質マグマ+流体飽和堆積物システムに対する質量とエネルギーのバランス式に基づいた熱力学モデルを開発する。大気圧への拡大の最中における初生火山砕屑物からガスへの熱伝導の効率性に合わせて、考え得る 2 つの端成分、i) 火山砕屑物と流体の間で熱伝導が発生しない断熱的な事例、および ii) 火山砕屑物と流体が拡大の間に熱平衡を保つ等温の事例を考慮に入れる。結果から、R<sub>CW</sub> が下がると飽和した混合体の安定性が上がり、炭酸を発生させる CO<sub>2(gas)</sub> との反応に使用できる H<sub>2</sub>O<sub>(liq)</sub> の量が増加することが伺える。CO<sub>2(gas)</sub> と H<sub>2</sub>O<sub>(liq)</sub> が反応混合体として作用する飽和状態では、反応の

エンタルピー (すなわち  $\sim -4.7$  kJ/kg) がシステムの内部エネルギー収支を変え、爆発性相互作用の効率性に影響を与える。要約すれば、 $R_{CW}$  が大きくなると爆発性のマグマ・流体相互作用の効率性が大幅に下がることを我々の計算は実証している。従って、二酸化炭素はマグマ水蒸気噴火におけるカーボニダイト質マグマの爆発性を減じる主要な因子である可能性がある。

## 11-P-142

### エトナ山(イタリア)における溶岩噴泉活動の潮汐の誘因

Gianluca Sottili<sup>1</sup>, Salvatore Martino<sup>1</sup>, Danilo M. Palladino<sup>1</sup>, Antonella Paciello<sup>2</sup>, Francesca Bozzano<sup>1</sup>

1. Dip. Scienze della Terra, Univ. La Sapienza, Rome / Italy

2. ENEA (Italian National Agency for New Technologies, Energy and the Environment), Dep. Prot. Prev. / Italy

e-mail: gianluca.sottili@uniroma1.it

ここ数年、地球の潮汐が火山噴火や地震などのさまざまな地質現象に与える影響が、科学界で幅広く論じられている。ここで我々は、エトナ山における噴火現象と山腹の不安定性を地球の潮汐に定量的に相関させることを目的とし、火山学、地球物理学、および地球工学の分野における総合データ・ソースと方法論を紹介する。1989年、2000年、および2001年の南東クレーター (SEC) の活動の最中の溶岩噴泉事象の生起回数と潮位信号との間の観測された関係を統計的に検定する。加えて、潮汐力に誘発されるマグマ供給システムに対する応力とひずみの開放を、エトナ火山の南東の山腹沿いの地質セクションに二次元の有限差分法 (すなわち FLAC コード) を適用することで、数値モデル化する。応力とひずみの数値分析では、当の火山の山体の実際の地質的および構造的枠組み (すなわち岩石の幾何学と特性、火道と火口のシステム、火山地形) とマグマの特性 (すなわち体積弾性率、揮発成分) を考慮に入れ、準日周潮 (quasi-diurnal) (すなわち  $\sim 24$  時間)、半日周潮 ( $\sim 12$  時間)、および三分の一日周潮 ( $\sim 8$  時間) の分潮が、SEC 下の浅所の (すなわち  $\sim 1,500$  m) マグマ溜まりにおいて数 kPa までの減圧を誘発した可能性があることを示す。結論として、我々は地球の潮汐がエトナ山の溶岩噴泉活動のタイミングを決定している可能性があることを示す。我々の分析の意味するところは、マグマと潮汐現象の相互作用に関連する当の火山の山体の不均衡状態を理解する一助となり、統計に基づいた爆発事象の予知を精密化するツールを提供するかもしれない。

## 11-P-143

### 異なるソース・メカニズムにもとづく地盤変動による最近のエトナ山噴火のモデル化

Marco Aloisi<sup>1</sup>, Alessandro Bonaccorso<sup>1</sup>, Alessandro Bonforte<sup>1</sup>, Salvatore Gambino<sup>1</sup>, Francesco

Guglielmino<sup>1</sup>, Mario Mattia<sup>1</sup>, Mimmo Palano<sup>1</sup>, Giuseppe Puglisi<sup>1</sup>

1. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia / Italy

e-mail: bonaccorso@ct.ingv.it

我々は近年エトナ山で発生した数度の噴火のソース・モデリングの主な結果を発表する。この数度の噴火 (2001 年、2002 年-03 年、2004 年、2006 年) は、定期的および連続的 GPS 測定、光波距離計 (EDM)、連続傾斜、衛星レーダー干渉計 (SAR) などの異なる技術によって記録した地盤変動データをモデル化することで推測された異なるメカニズムを示した。異なるモデルと反転技術を用い、異なる噴火ケースに適用した。顕著な膨張によって支配された長いリチャージ局面 (1993 年-2001 年) 後の 2001 年の噴出-爆発性噴火は、GPS と傾斜恒常ネットワークによって記録された地盤変動に基づいてモデル化した激しい最終的な垂直貫入を特徴とした。次の激しい 2002 年-03 年の噴火は、岩脈拡大前後に記録された静的および恒常的変動を通じてモデル化し、次に岩脈拡大の間に記録された全連続傾斜データを反転させるために実行した動的モデルを使用して精密化した垂直 (2001 年と同じ経路) と水平の二重貫入を示した。GPS の測定によって明確に示されたように、2002 年の貫入後、東側の山腹の滑動が東に向かって加速し始め、以前には観測されなかった新しいメカニズムが、2004 年-05 年の噴火の特徴となった。実際、この珍しい滑動は東側上部の山腹に最大張力を引き起こし、その結果、割れ目が静かに開き、そこからマグマが受動的にすなわち付随する火山性、地震性、または地球化学的変動なしに噴出した。このいずれの事例においても、地盤変動のモデル化は、噴火メカニズムを推測し、火山活動の状態と発展を理解するための重要な鍵となった。

## 11-P-144

### 苦鉄質マグマ注入による高結晶度珪長質マグマの再移動：榛名火山 6 世紀中頃の噴火からの制約

鈴木 由希<sup>1</sup>, 中田 節也<sup>2</sup>

1. 東北大学大学院理学研究科地球物質科学科 / 日本

2. 東京大学地震研究所 / 日本

e-mail: suzukiyk@ganko.tohoku.ac.jp

榛名火山における最新の噴火は 6 世紀中頃に二ツ岳で起きており、プリニー式噴火、火砕流発生、溶岩ドーム定置と推移した。プリニー式噴火初期 (lower fall) に見られる灰色軽石とドーム溶岩は、斑晶量 50 vol % の珪長質 (安山岩質) マグマと苦鉄質マグマの混合物である。苦鉄質マグマは、噴火初めでは無斑晶質であるのに対し、噴火最後では斑晶質である。無斑晶質苦鉄質マグマの組成は斑晶質苦鉄質マグマのメルト部分と同じであるので、おそらく 2 種類のマグマは、マグマ溜り ( $\sim 15$  km) において元の斑晶質苦鉄質マグマから斑晶が分離した結果形成された。マグマ混合を受けていない珪長質マグマ本体は、lower fall の灰色軽石と加熱された珪長質マグマ (白色軽石) に引き続いて、噴火の中盤に白色軽石として噴

出している。この噴火では、苦鉄質マグマが浅所(〜7km)の珪長質マグマ溜りに注入したにも関わらず、苦鉄質マグマから形成されたマグマの一部(lower fall の噴出物)は、珪長質マグマを追い越して先に噴出している。これは、苦鉄質マグマとその産物が、対流する珪長質マグマによってマグマ溜り上方へと移動させられたためである。この噴火の珪長質マグマは高斑晶量のため粘性が高く、元々噴火困難な特性を持つ。しかし、苦鉄質マグマ注入の結果生成した低粘性の混合&#183;加熱マグマが火道&#183;火口を開栓した結果、噴出することができた。実際、lower fall の白色軽石からは、(既に加熱されていた)珪長質マグマが、そのような火道形成に伴って2km深まで低速で上昇した過程が読み取れる。

Y. Suzuki and S. Nakada (2007) *Remobilization of Highly Crystalline Felsic Magma by Injection of Mafic Magma: Constraints from the Middle 6th Century Eruption at Haruna Volcano, Honshu, Japan. J. Petrol.*

## 11-P-145

火道内部での破碎と溶結の繰り返し: 紀伊半島中央部、中奥火砕岩岩脈からの証拠

和田 穰隆<sup>1</sup>, 三浦 大助<sup>2</sup>

1. 奈良教育大学地学教室/日本

2. 電力中央研究所/日本

e-mail: ywada@nara-edu.ac.jp

紀伊半島中央部に露出する中期中新世、中奥火砕岩岩脈(NTDs)はカルデラ形成に伴う弧状の噴出火道であると考えられている。その大きさは15km×20kmである。本発表ではNTDsの野外観察に基づき、火道内部で破碎と溶結の繰り返しが起こっていたことを示す。

NTDsのうち幅の広いものでは火山礫凝灰岩(LTB)・火山礫凝灰岩(LTC)・凝灰岩の三相が岩脈中心部から縁部にかけて観察される。岩脈を構成しているのはLTB相とLTC相がほとんどで、凝灰岩相が見られるのはまれである。LTB相には火山礫〜火山岩塊サイズでアメーバ状のガラス質本質レンズを含む岩片(LTA)が流紋岩質の溶結したガラス質凝灰岩のマトリックスに含まれる。LTC相にはLTA相に酷似する本質レンズを含む火山礫凝灰岩片および細礫〜巨礫サイズの異質岩片が、溶結したガラス質凝灰岩マトリックスに含まれる。LTB相とLTC相の境界において、LTB相中のLTA岩片は形状を変えずLTC相のマトリックスに囲まれる様子が観察される一方、LTB相のマトリックスは構成粒子単位にばらけてLTC相のマトリックスに漸移する。すなわちLTC相の流紋岩質岩片はLTB相に由来するLTA起源のものであると見なすことができる。

これらの観察事実と解釈に基づき、NTDsの破碎・溶結過程には以下の三ステージがあったと推定できる:(1) 火道深部におけるマグマの破碎と溶結によるLTA相の形成;(2) LTA相の破碎と溶結によるLTB相の形成と、同時異相としてのLTA相・LTB相の混合;(3) 火道浅部における母岩物質との混合とその後の溶結によるLTC相の形成。

以上のようなNTDsの岩相形成過程は、火道内部の深度1〜2kmにおいて物理条件の急変が起こり、それが岩相の変化をコントロールしうることを強く示唆する。冷却と加熱の繰り返しが火砕噴火において火道内部プロセスを変化させる重要な役割を担っていると考えられる。

## 11-P-146

粘弾性媒質における地盤変動および応力場の熱・機構的モデル化

Gilda M. Currenti<sup>1</sup>, Ciro Del Negro<sup>1</sup>, Danila Scandura<sup>1</sup>

1. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania / Italy

e-mail: currenti@ct.ingv.it

粘弾性媒質に埋め込まれた火山圧力源に起因する時間依存性の地盤変動および応力場を有限要素法によって評価する。とりわけ火山地域では、不均質物質の存在と高温が地球の地殻の有効粘性率を下げるため、マグマ・ソースを囲む地殻体積の熱形態を考慮に入れることが求められる。粘弾性溶液の温度依存性を評価するために、我々は連結した熱・機構の数値モデルを実行する。温度分布と地盤変動の双方とも、まず軸対称の問題を解決し、当の粘弾性媒質の熱・粘弾性応答の影響を推定することによって評価する。連結した熱・機構のモデルは、マグマ・ソース周辺における長期の地盤変動および準静的な応力場における大きな時間依存性の変化の原因が粘弾性緩和であることを立証している。このような影響は、マグマの加圧に付随する地震活動の時空間的發展の解釈および定量的評価に関連性を持つかもしれない。この点を念頭に置き、我々は完全に三次元の有限要素モデルを構築し、その中で本物の地形図を用いて幾何学要素を盛り込み、また断層撮像法を用いて地殻の異質性を推測することで、エトナ山の1993年-1997年の膨張局面に伴う地盤変動予想を再検証した。

## 11-P-147

北海道恵山火山の最近40,000年間の噴火史

三浦 大助<sup>1</sup>, 土志田 潔<sup>1</sup>, 荒井 健一<sup>2</sup>, 落合 達也<sup>2</sup>, 田中 倫久<sup>2</sup>

1. (財)電力中央研究所/日本

2. アジア航測(株)/日本

e-mail: dmiura@criepi.denken.or.jp

恵山火山は、北海道南部亀田半島の東端にある活火山であり、東北日本火山フロント東縁の延長上に位置し、東北日本の青森-恐火山列と一連と考えられている。恵山火山では、数万年前以降、中間組成質(安山岩質)〜珪長質溶岩ドームの活動を繰り返してきた。溶岩ドームは、海成段丘や新第三紀基盤岩類を直接覆い、円錐状の成層火山体を伴わない。

ドームの位置は主噴火イベント毎に変化している。溶岩ドーム周辺には、崩落型火砕流(block-and-ash flow)や岩屑なだれ(debris avalanche)等の堆積物が認められるが、プリニー式噴火堆積物は認められない。平均活動間隔は1万年程度であり、最新のドーム形成噴火は8,000年前とされる。我々の調査により、最近40,000年間に4回以上のドーム形成噴火があったことが明らかとなった。良く記述されたユニットは、上位からMP; HD1; HD2; HD3と命名された。HD1において約29,000年前(暦年)を示す<sup>14</sup>C年代値が測定され、これは旧来の報告より古い。その結果、最新(MP)とその1回前(HD1)の活動の間隔は20,000年以上となった。

恵山火山において、プリニー式噴火は知られていないものの、溶岩ドームの移動特性は、マグマが達しうる近傍の社会施設に対して災害をもたらす脅威となる。我々の新規データから、以前に比べてそれが発生する危険性は遠のいたように見える。しかし、1万年を超える長い休止期間とプリニー式噴火の欠如は、以下のような重要な疑問を投げかけている。(a) 高いマグマ供給率が期待されるにも関わらず、粘性の高いマグマがより長期間蓄積(成層火山体の欠如); (b) 長期の蓄積にもかかわらず、少ない溶存ガス量(プリニー式噴火相の欠如)。

#### 11-P-148

##### 桜島ブルカノ式噴火の物質科学的検討

三輪 学央<sup>1</sup>, 寅丸 敦志<sup>1</sup>, 井口 正人<sup>2</sup>

1. 九州大学・理・地惑／日本

2. 京都大学防災研究所／日本

e-mail: miwao@geo.kyushu-u.ac.jp

本研究は、桜島のブルカノ式噴火により噴出された火山灰の岩石組織と、地球物理観測により得られる観測量を比較し、空振強度や爆発地震を支配する要因について制約を与える。試料には1974年から1987年までに桜島で発生した17回のブルカノ式噴火による火山灰を用いた。火山灰を超音波洗浄により洗浄し、その後実体顕微鏡を用いて火山灰粒子を二種類の火山ガラスと遊離結晶に分類した。火山ガラスは表面状態から光沢がある粒子と光沢がない粒子の二つに分けられる事が分かった。さらに、光沢がある粒子は偏光顕微鏡を用いた内部構造の観察からN粒子(気泡が入っていない粒子)とV粒子(気泡が入っている粒子)の二つに分類された。火山ガラスの分類と地球物理観測量の比較から以下のことが明らかになった。1) 爆発時に観測される爆発地震が大きいほど、火山ガラス中に含まれる光沢がある粒子の割合が大きい。2) 爆発前に前駆BL型地震群発が起きなかった場合、V粒子に対するN粒子の個数(N/V個数比: N粒子の個数/V粒子の個数)と空振強度の間に正の相関がある。3) 爆発前に前駆BL型地震群発が起きた場合、N/V個数比と空振強度の間に負の相関がある。4) 爆発前に前駆BL型地震群発が起きた場合、N/V個数比と前駆BL型地震群発の継続時間の間に負の相関がある。前駆BL型地震が起きなかった5イベントにより噴出されたN粒子について斜長石結晶組織解析を行った。その結果、斜長石マイクロライト数密度(MND)と斜長石の長軸/短軸比(L/W比)は空

振強度と正の相関があることが分かった。Couch et al., (2003) による等温減圧結晶化実験と比較したところ、前駆BL型地震群発が起きなかったイベントにより噴出されたN粒子の結晶組織は100-150MPaの減圧量により生じたことが示唆される。MNDはメルトからの脱水速度の3/2乗に比例する。つまり、MNDと空振強度の間の正の相関は、マグマの脱水速度が大きいとき( $3.8 \times 10^{-5}$ - $1.2 \times 10^{-4}$  wt.%/s)に、爆発時の空振強度が大きくなる(54-360Pa: HARにて)ということを示している。前駆BL型地震群発の継続時間とN/V個数比に負の相関があることから、BL型地震は発泡したマグマの供給を示していると考えられ、群発の有無は火道浅部へのマグマ供給過程の違いに起因すると考えられる。また、前駆BL型地震の有無によりN/V個数比の空振強度に対する依存性が変化する事から、マグマ供給過程の違いが空振強度支配過程の違いを生み出していると考えられる。

#### 11-P-149

##### セントヘレンズ火山で1980年に起きたブラストのガス力学に関する実験

Mara S Morgenstern<sup>1</sup>, Pinaki Chakraborty<sup>1</sup>, Paulo Zandonade<sup>1</sup>, Joanna M Austin<sup>2</sup>, Susan W Kieffer<sup>1</sup>

1. Department of Geology, University of Illinois at Urbana-Champaign / USA

2. Department of Aerospace Engineering, University of Illinois at Urbana-Champaign / USA

e-mail: mmorgens@uiuc.edu

現地の証拠から、セントヘレンズ火山の1980年の爆発時に起きた横方向の爆風は、不足膨張噴流のような挙動を示したと考えられる。この仮説を確認するため、2つの実験を行った。最初の実験では、圧縮性流体(浅水の近似)を用いた。これはキーファー(1981年)が示した、直接的な爆風域と削り込まれた爆風域が接する場所にあたり、不足膨張噴流周辺の衝撃構造を幾何学的に測定した。また、キーファーとスタートバント(1988年)は、爆風でできた溝が、湾曲した地形によって引き起こされたゲルトラー渦の洗掘によって形成された可能性も示唆した。2番目の実験は、圧縮性流体の研究室で行い、不足膨張噴流の衝撃を遮断した直後にせん断層の湾曲によってゲルトラー渦が発生するメカニズムも、別途調べた。これらの実験によって、キーファー(1981年)が提唱する不足膨張噴流と側方ブラストのアナログをより詳細に精査できた。

#### 11-P-150

##### 伊豆大島火山1986年噴火によるスコリア丘の形成

萬年 一剛<sup>1</sup>, 伊藤 孝<sup>2</sup>

1. 神奈川県温泉地学研究所／日本

2. 茨城大学教育学部／日本

e-mail: mannen@onken.odawara.kanagawa.jp

スコリア丘は従来、穏やかな噴火の際に火山弾が積み重なって形成されると考えられてきた。しかし近年の研究でスコリア丘が爆発的な噴火の際にも形成されることが明らかとなっている。本研究ではそうした噴火の一例である伊豆大島 1986 年噴火について、こうした噴火でどのようにスコリア丘が形成されるかを考察した。我々はスコリア丘とそれ以外の降下堆積物の間の粒子の分配係数を粒度ごとに測定し、この結果を説明するモデルを提案する。このモデルでは粒子が噴煙の特徴的径に達すると噴煙の渦により  $\omega$ L まで運ばれ、そこから落下する。計算の結果  $\omega$  は小さい粒子で 1、大きい粒子で  $\omega \approx 2$  であるとする、観測された分配係数が説明できる。計算の結果、スコリア丘は噴煙柱の基底部から粒子が大量に落下することによって起きる。これは噴煙基底部では噴煙が急速に膨張することと、噴煙中の粒子の量が多いことによる。

## 11-P-151

オカティナ火山地域(ニュージーランド)の苦鉄質マグマによるマンガオネサブグループ噴火の誘発: 噴火前兆現象への試み

Louise R. Doyle<sup>1</sup>, Phil A. Shane<sup>1</sup>, Ian A. Nairn<sup>2</sup>

1. School of Geography, Geology and Environmental Sciences, University of Auckland / New Zealand

2. GNS Science, Wairakei / New Zealand

e-mail: l.fowler@auckland.ac.nz

オカティナ火山地域は、噴火率が  $3.5 \text{ km}^3/\text{kyr}$  に上り、世界で最も活発な単体火山の 1 つである。マンガオネサブグループは、40~30 cal ka の噴火が少なくとも 14 回生じて形成された。数多くの噴火で生じた、体積  $0.02 \sim 12 \text{ km}^3$  の堆積物が広範囲に見られる。マンガオネサブグループの堆積物は、石英安山岩-流紋岩 ( $\text{SiO}_2$  が 65~78 wt.%) で、噴火温度 (摂氏 700 度~1050 度) と酸化値 ( $f\text{O}_2 = \text{NNO} + 0.55 \sim 1.63$ ) に大きなばらつきがある。化学的性質も多岐にわたり、斜長石の組成は  $\text{An}_{37-86}$ 、斜方輝石と単斜輝石の組成も、それぞれ  $\text{En}_{60-70}$  と  $\text{En}_{39-48}$  と幅がある。普通角閃石はカルシウムに富み、原子置換体は温度制御されている。玄武岩と玄武岩質安山岩の小さな気泡が流紋岩質と混在している軽石もある。流紋岩と玄武岩質マグマのハイブリッド(混合)である中間組成のガラス片を多く含有するものも少なくない。単斜輝石がマグネシウムを豊富に含むこと、斜長石がカルシウムに富み、一部の軽石にかんらん石斑晶が見られることも考え合わせると、これは、苦鉄質貫入岩体が一部の噴火を誘発した証拠と言える。多くの軽石質砕屑岩に不均一性が見られることは、噴火の前に、地殻浅部か、あるいは、火道内において、マグマバッチ間で短期間、混和があったことを示唆している。これは、単一の砕屑岩に複数のガラス組成物が見られること、輝石斑晶のゾーンが普通型のものと逆型のものが (normal and reversely zoned) あることや、砕屑岩内と砕屑岩間で噴火温度のばらつきが見られることから明らかと言える。噴火によって、複数のマグマ体が噴出する(例えば、マケツ(Maketu) 36.8 cal ka, テ

マホエ(Te Mahoe) 36.7 cal ka, ハウパル(Hauparu) 36.1 cal ka) 場合と、苦鉄質マグマと流紋岩質マグマだけ(マグワン 33 cal ka およびオマタロア(Omataroa) 32.5 cal ka) の場合がある。マンガオネサブグループの噴火は、玄武岩質マグマが、地殻内の冷却中の珪長質マグマの基底部に侵入したことで引き起こされたケースが多いと考えられる。

## 11-P-152

諏訪之瀬島火山の最近の活動におけるマグマの上昇機構

嶋野 岳人<sup>1</sup>, 井口 正人<sup>2</sup>

1. 富士常葉大学 / 日本

2. 京都大学防災研究所 / 日本

e-mail: shimano@fuji-tokoha-u.ac.jp

諏訪之瀬島火山 2000 年~2003 年の活動では 2 タイプの噴火が認められた。継続時間が短く空振を伴う小規模なブルカノ式噴火とストロンボリ式噴火を伴う連続的な灰放出である。噴出物はいずれの噴火でも C, D タイプの 2 種類の火山灰粒子により構成される。C 粒子はガラス質の石基をもち、D 粒子は結晶質の石基を持つ。ブルカノ式噴火では D 粒子、ストロンボリ式噴火では C 粒子の噴出が卓越する。D 粒子は C 粒子よりも結晶度が高く、両粒子の違いは、同一マグマの地下浅部数百 m 程度でのマグマの結晶化進行度の違いによって説明される。この深度は最近の地球物理学的観測データから火山爆発の圧力源の存在が指摘されているところであり、マグマの結晶化によってメルト中の揮発成分が析出し増圧することを考えると調和的な結果である。

一方、噴煙高度と C/D 粒子比には相関が認められた。両粒子の違いは噴出マグマの温度や脱ガス程度を反映しているため、このような相関は小規模火山活動の噴煙挙動には噴出物の温度不均質が影響することを示唆している。

## 11-P-153

斜め地上写真術によるセントヘレンズ山溶岩ドーム流動運動の定量化

Jon J. Major<sup>1</sup>, Daniel Dzurisin<sup>1</sup>, Steve P. Schilling<sup>1</sup>, Michael P. Poland<sup>2</sup>

1. U.S. Geological Survey Cascades Volcano Observatory, Vancouver, Washington / USA

2. U.S. Geological Survey Hawaiian Volcano Observatory, Hawaii National Park, Hawaii / USA

e-mail: jjmajor@usgs.gov

地震解析、地盤変動の追跡、気体の地球化学的性質の測定など、噴火の状態の伝統的な監視方法は、活動の性質とレベル、人身の安全によって、適切な場所に機器を配置する。ここで我々は、斜め地上写真測量法という新たな監視方法について論じる。我々はこの方法を用いて、2004 年に開始した

セントヘレンズ山のドーム形成噴火の間の半連続的長期運動速度を推定するのに成功した。セントヘレンズ山の地上写真術による監視は、まず噴火活動が開始した最初の年にこの火山のクレーターの口に 1 台のカメラを設置することで開始した。これらの画像を解析すると(測定誤差は約 $\pm 2$  m/d)、2004 年 11 月から 2005 年 12 月までの間に、平均直線噴出速度がほぼ対数的に約 10 m/d から約 2 m/d に落ちたことが伺える。加えて、噴出速度は数日から数週間の時間尺度で変動していることも示された。2006 年 5 月から 2007 年 5 月には、この火山周辺に複数のカメラを設置して画像を得たことから、さらに正確な解析が可能になり、ドーム複合体の三次元運動を割り出すことができた。その画像のソフトウェア解析は、空間的には異なるものの、著しく定常的な運動から徐々に減速していく運動、すなわち 2006 年 5 月から 8 月までの期間は約 1 m/d-2 m/d で、2006 年 9 月から 2007 年 5 月までの期間は約 0.5 m/d-1.0 m/d であったことを示している。噴出の初年における明らかな変動性とは対照的に、2006 年 5 月から 2007 年 5 月までは、数日から数週間の時間尺度におけるドーム運動は単調であった( $\pm 0.10$  m/d の誤差内)。流出する溶岩ドームの空間および時間的運動速度を斜め地上写真から測定することが可能となったことで、セントヘレンズ山の噴火継続中におけるドームの運動力学を特定・定量化する重要で、かつ時として唯一の手段が獲得されると同時に、火山噴火を研究、監視する目的で連続斜め地上写真術を利用する有効性が実証された。

## 11-P-154

### 桜島ブルカノ式噴火における火口底破裂過程

横尾 亮彦<sup>1</sup>, 為栗 健<sup>1</sup>, 井口 正人<sup>1</sup>

1. 京都大学防災研究所/日本

e-mail: yokoo@svo.dpri.kyoto-u.ac.jp

桜島のブルカノ式噴火に伴って発生する火道最上部のガス溜りの膨張過程と、大気中を伝播する爆発空振の発生との関係性について明らかにするため、2006 年から 2007 年にかけて桜島で観測された空振波形と噴火映像の解析を行った。観測された空振波形は、急峻な圧力増加で始まる膨張相とそれに引き続くやや長い膨張相で構成されるが(主要相)、さらに 0.1~0.4 秒先行して開始する最大 3 Pa 程度のゆるやかな正圧変動も認められた(先行相)。映像解析によって見積もられた空振主要相の伝播速度は、火口直上およそ 1 km の距離まで 400 m/s であったのに対して、先行相のそれは大気音速とほぼ等しいと考えられる。この伝播速度の差は、火口底での両者の発生時間差が 0.5~0.8 秒程度であることを示しており、これはガス溜り等方膨張のモーメントレートが最大を示すまでの時間と一致している。つまり、ブルカノ式噴火の発生に伴って、約 0.5~0.8 秒かけて 300 m<sup>3</sup> の火口底上昇が起き、この過程で空振先行相が励起される。その後、火口底の破壊、空振主要相の発生(高圧ガスの放出)という一連の現象に至るものと考えられる。

## 11-P-155

### 現代の火山ハザード緩和手段としての、海底珪長質火山噴出物の相の再現

Sarah M. Gordee<sup>1</sup>, Sharon R. Allen<sup>1</sup>, Jocelyn McPhie<sup>1</sup>

1. School of Earth Sciences, University of Tasmania / Australia

e-mail: smgordee@utas.edu.au

爆発性の海底珪長質火山噴火は、活発な島弧環境に置かれている住民やインフラストラクチャに対する重大なハザードである。水深 1,000 m より上方ではマグマ性噴火とマグマ水蒸気噴火の両方が起こる可能性があり、その結果生じる蒸気、テフラ・ブルーム、蒸気噴流、津波は外洋航行船舶(1952 年の明神礁など)や近隣の文明(1883 年のクラカタウなど)に深刻な脅威を示すことがある。さらに、海底噴火は観察や予測が困難で、それは上方の水柱によって初期の警告兆候が隠されるからであり、また突然の猛烈な爆発噴火に対応する時間的余裕はほとんどない。

現代の海底噴火によって海底に堆積した噴出物は、大抵、詳細な調査のために近づくことはできず、そのため、隆起した古代海底層序が、徹底的な相構造調査対象として理想的である。ギリシャのミロス島にある鮮新世のサラキニコ層などの地層は、海底爆発噴火の挙動に関する間接的な情報を提供するもので、また噴火によるハザードを推定する上で極めて貴重である。

サラキニコ地層は、深海に位置していた厚さ 40 m の珪長質の軽石層である。それは逆級化した、比較的淘汰度の良い板状の、粗粒~中粒の火山礫層から成り、底部には低角の削り込み(truncations)があり、また平らな層状の細かい火山礫と粗い火山灰の層間の狭い間隔に節理を持った軽石ブロックが散在している。まれにある石質砕屑物は非常に細粒で、これは一連の地層の底部には見られない。

サラキニコ層は、深海の火道から発生した持続的な噴火ブルームの縁部の脈動的な崩壊を伴う、海底爆発噴火に由来する中間相であると我々は解釈する。低角の削り込みのある地層基部、逆級化、および淘汰度は、最終的な堆積が、水に支持された希薄な重力流によるものであったことを示唆するものである。地層上部の石質砕屑物や比較的厚い層は、全体的な放出量の増大と火道の拡大を示すものである。このように解釈される噴火形態は、地中海のほか、世界中の似たような火山弧の環境に偏在するハザードを表すものである。

## 11-P-156

### 磁気岩石学的解析による諏訪之瀬島火山明治溶岩の噴火プロセス

齋藤 武士<sup>1</sup>, 石川 尚人<sup>2</sup>, 鳥居 雅之<sup>3</sup>, 杉本 健<sup>1</sup>, 井口 正人<sup>4</sup>

1. 京都大学地球熱学研究施設/日本

2. 京都大学人間・環境学研究科/日本

3. 岡山理科大学／日本  
4. 京都大学防災研究所／日本  
e-mail: saito@bep.vgs.kyoto-u.ac.jp

九州、南西諸島(トカラ列島)に位置する諏訪之瀬島火山は、現在も頻繁にストロンボリ式噴火を繰り返す日本で最も活発な活火山の一つである。1884-1885 年には、山頂火口から安山岩溶岩流を繰り返し流出させた。この溶岩流は安山岩質であるにも関わらず、表面は美しい縄状を呈し溶岩チューブも見られるなど、噴出時の粘性が玄武岩程度に低かったことが示唆される。1884-1885 年の噴火プロセスを解明するために磁気岩石学的解析を行ったところ、溶岩は FeTi 酸化物斑晶を含まないことが分かった。SiO<sub>2</sub> 含有量は 56.9-57.2 wt.% の両輝石安山岩であり、MELTS(Ghiorso and Sack, 1995; ver 5.0.0)を用いて鉱物の晶出条件を求めたところ、含水率が 0.5%以下の計算で良い結果を得た。噴出温度は 1100° C と見積もられ、FeTi 酸化物のリキダスを大きく上回る。ドライで高温のマグマが噴出し、そのため粘性も低く、安山岩質でも玄武岩溶岩の様な産状を示したと考えられる。また磁気学的解析から、溶岩表面の試料と内側の試料で MDF が大きく異なることが分かった。表面の試料の MDF は 100mT にも達するのに対し、内側の試料は 25mT 以下であった。これは溶岩内側の試料に FeTi 酸化物の微斑晶が見られることと整合的であり、溶岩の冷却過程の違いを反映したものと考えられる。

#### 11-P-157

湿潤環境に定置する珪長質溶岩流で生じるマグマ水蒸気爆発

石川 徹<sup>1</sup>, 鎌田 桂子<sup>2</sup>

1. 神戸大学大学院自然科学研究科／日本  
2. 神戸大学大学院理学研究科／日本  
e-mail: 062s402n@stu.kobe-u.ac.jp

九州北部に位置する第四紀に活動した姫島単成火山群には水域に定置したと推定される珪長質溶岩流がみられ、これらはマグマ水蒸気爆発の産物である火砕丘に直接覆われる(伊藤, 1989)。このようなマグマと外来水の接触状況や噴火様式の変化を解明することは、湿潤環境での火山現象を理解する上で重要である。本論では、姫島火山群の噴出物の産状を記載し、噴火活動の推移の復元を試みた。

姫島火山群の溶岩流底部はガラス質で急冷割れ目が発達し、多数の火砕岩脈(スパイラル)の貫入を受けている。このことは溶岩流底部と地表水との相互作用を強く示唆する。火砕岩脈の一部は溶岩表層部まで達し火砕丘に漸移している。溶岩を覆う火砕丘は溶岩と同質の発泡度の低い岩片や急冷割れ目を持つ黒曜岩片、基盤岩由来の安山岩質円礫で構成され、溶岩流底部から表層部までを結ぶ一連の活動であったと推定される。これらの地質学的事実は高温の珪長質溶岩流と地表水の接触によってマグマ水蒸気爆発が発生したことを示している。

溶岩流の流出は一般に穏やかな噴火活動であるが湿潤環

境に定置した場合、溶岩と水の相互作用による爆発的な活動に推移し、火山災害の一因になりうる。

#### 11-P-158

ENVISAT-ASAR のデータを用いた、ピトン・ドゥ・ラ・フルネーズ火山(レユニオン島)における火山プロセスの力学に関する新たな見識

Pierre Tinard<sup>1</sup>, Jean-Luc Froger<sup>1</sup>, Valerie Cayol<sup>1</sup>, Yo Fukushima<sup>4</sup>, Thomas Staudacher<sup>3</sup>, Thierry Souriot<sup>1</sup>, Pierre Briole<sup>2</sup>

1. Lab. Magmas et Volcans - UMR CNRS 6524, Univ. Blaise Pascal, Clermont-Ferrand / France  
2. Lab. de Geologie - UMR CNRS 8538, ENS, Paris / France  
3. Obs. Volc. du Piton de la Fournaise, La Plaine des Cafres, La Reunion / France  
4. Research Center for Earthquake Prediction, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University / Japan  
e-mail: briole@ipgp.jussieu.fr

ピトン・ドゥ・ラ・フルネーズ(インド洋のレユニオン島)は、世界で最も活発な火山の一つである。実際、2003 年 8 月以降、目立った噴火が 14 回起きている:最後の噴火は 2007 年 4 月に起こったもので、ドロミュー山頂火口が大きく異常に崩壊した(約 30\*10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>)。この並外れた活動は、体系的な ENVISAT-ASAR のデータ取得開始と偶然にも一致する。我々の大規模なデータベース(220 点の ASAR 画像、14 回の噴火のうち 1 つを 65 回測定した(65 spanning)1500 点のインターフェログラム)のおかげで、我々は準運用条件で、噴火エピソードと残る期間(4 から 7 か月間)の双方において火山活動の継続監視を実施した。様々な高 SNR インターフェログラム(干渉縞:帯状の形状に従って 700 から 1, 500 m 未満の垂直ベースライン)が、異なる活動エピソードそれぞれについて利用可能で、地形の 3 次元変位に対する、より良い制約をもたらしている。3 次元混合型境界要素法は、観察されたインターフェログラムを最も上手く説明する岩脈モデルを探し出すよう、近隣アルゴリズムの反転(Neighbourhood Algorithm inversion)と組み合わせられる。推定された岩脈の大部分は 50° から 75° 東方へ傾き、起源は海拔 1, 000 m から 1, 500 m にある。岩脈は地表に向かう雁行構造に分裂することもある。しかし、3 回の噴火(2004 年 1 月、2005 年 2 月、2005 年 12 月)については、同時噴火変位が若干異なり、単一の岩脈注入では説明されないはずである。残りの期間に観察された、より大きな波長変位は、中間マグマ溜りなど、より深層の構造(山頂の下方 1, 500 m から 3, 000 m)の活動に係るはずである。AO-746 プロジェクトを通じ ASAR データを提供してくれた ESA に感謝する。

## 12-O-01

### 情報化時代における火山観測所と火山防災

John W. Ewert<sup>1</sup>, David J. Schneider<sup>2</sup>

1. U. S. Geological Survey, Cascades Volcano Observatory/USA

2. U. S. Geological Survey, Alaska Volcano Observatory/USA

e-mail:jwewert@usgs.gov

火山に関する地球物理学データの収集は、地上のセンサーや観測員のネットワークを用いた排他的な縄張り意識を持つ火山観測所によるものから、地理的に離れた観測員をも含む明らかに学際的で多くの場合機関相互的なものへと、長年にわたり変化してきた。こうした変化の重要な理由の1つには、別な用途(気候や気象など)向けに開発された新たなツールや技法が、時に火山の活発化の追跡あるいは噴火警報発令を支援するという点があるが、こうした補助システムから得られるデータそのものは、活火山の状態を正確に描写する上で適切であることはほとんどない。火山観測所にとって潜在的に価値のあるデータを生成するセンサーシステムの例として、次のものが挙げられる:地上気象レーダー、高解像度の商業衛星画像(IKONOSやクイックバードなど)、オゾン・マッピング装置(OMI)、多様な波長で作動する多重軌道システム(ASTER, MODIS, ランドサット, エンビサット, ALOSなど)。また、他のグループも同様に火山監視に役立つ地震計やGPS受信機などの機器を独自の用途(津波警報など)向けに、火山上有いは火山の周辺に設置している。利用可能な多数のデータがあり、ほとんどはインターネット経由で何らかの形式でダウンロードが可能である。課題は、こうした豊富なデータを、役立つ火山防災情報に変換することであり、これは火山観測所の正当な役割である。このように、21世紀に観測所が直面する課題は、利用可能なあらゆるデータを可能な限り迅速且つ効率的に吸収し、地上の地域社会や航空機にとって役立つ、時宜に合った予報、予測あるいは警告の形で、説得力のある総合的な防災対策を提示することである。大量に流れ込む補助データにアクセスすることは、21世紀の観測所に求められる新たな要件の一部である。これには、良好なインターネット接続性やバンド幅の増大、内部の又は容易にアクセス可能な保存記録、センサー関係問題の専門家との良好なコミュニケーション、及び/又は観測所スタッフの広範な技術的専門知識を必要とする。

## 12-O-02

### 米国の火山における監視能力向上のために必要とされる観測機器の条件

Seth C. Moran<sup>1</sup>, Jeff T. Freymueller<sup>2</sup>, Rick A. LaHusen<sup>1</sup>, Ken A. McGee<sup>1</sup>, Mike P. Poland<sup>3</sup>, John A. Power<sup>4</sup>, David A. Schmidt<sup>5</sup>, Dave J. Schneider<sup>4</sup>, Cindy Werner<sup>1</sup>, Randy A. White<sup>6</sup>

1. U. S. Geological Survey, Cascades Volcano Observatory / USA

2. Geophysical Institute, University of Alaska, Fairbanks / USA

3. U.S. Geological Survey, Hawaiian Volcano Observatory / USA

4. U.S. Geological Survey, Alaska Volcano Observatory / USA

5. Department of Geological Sciences, University of Oregon, Eugene / USA

6. U.S. Geological Survey, Menlo Park, California / USA

e-mail:smoran@usgs.gov

2006年、米国の学術界及び政府の科学者で構成される委員会が編成され、米国地質調査所の国家火山早期警戒システム、即ち NVEWS を中心に米国の火山を観測していくために必要とされる機器の条件の判断を行った。この委員会の主な任務には次に挙げるものが含まれる: 1) 地震計に必要とされる検知能力の決定; 2) 地上で地殻変動を観測する計器で捉えるべき深さや体積などの変化についての最小値の決定; 3) 火山泥流の探知/警戒システムの配置基準の決定; 4) 地殻変動、地球化学的变化、水文現象、地震活動、熱放射率、その他の現象に関する地上のネットワーク及び遠隔/航空監視に利用する計測機器の全体構成の決定; 5) 火山監視に必要とされる遠隔計測の条件の策定; 6) 移動型対応型観測装置に対する要件の策定。また我々は、監視網の規模や構成が、エワートほか(2005年)によって定義された災害危険性のレベルに従い、個々の火山がもたらす危険性に適合するよう、4つの異なる監視能力レベルを定義した。

我々の議論の中で浮上した主な問題点の1つに、「最良の」ネットワークに対する上限をどう設定するかという点があった。早期の火山活発化を探知し適正に解釈するためには、新しい発見や基礎研究によって観測性能を向上させることが重要であることを認識しつつ、我々は最終的に、1つあるいは複数の火山で、前兆的活動の特定や、噴火活動の予報の正確性を向上させるために重要であると分かっている点を重視して標準的な手法を採択した。そうした標準的なものであってもなお、この議論の結果に基づいて配備される米国で最も危険な火山向けの観測網は現在の構成を上回り NVEWS の下で大幅に改善されるであろう。今回の講演では、我々の提言の概要と科学的論拠を発表する。

Ewert, J.W., Guffanti, M., and Murray, T.L., 2005, *An assessment of volcanic threat and monitoring capabilities in the United States: Framework for a National Volcano Early Warning System: U.S. Geological Survey Open-File Report 2005-1164*, 62 pp.

## 12-O-03

### 火山活動に先行する局所的な応力場の再配向: アラスカ州及びモンセラートにおける事例研究の統合

Diana C. Roman<sup>1</sup>

1. Department of Geology, University of South Florida/USA

e-mail:droman@cas.usf.edu

局所的な地殻応力方向の系統的な変化が、近年起こった数件の火山活動エピソードの前や途中で観測されている。よって、特徴的な応力場の再配向を特定するための、火山性の

応力場分析を利用すれば、噴火の可能性を中期的に評価する基礎的な情報が得られるものと思われる。火山構造性地震における断層面解はいくつかの火山で得られている。例えば、スープリエールヒルズ火山(モンセラート)やクレーター・ピーク火山(アラスカ州)での近年の噴火時や、イリアムナ火山(アラスカ州)での岩脈貫入時に得られた。これらは、マグマ活動に対する、特徴的な応力場の反応を実証するものである。反応の違いは、マグマと母岩の相互作用のメカニズムが異なっているということの説明ができるかも知れない。調査対象の火山では、火山の鎮静期には、局所的な応力場の方向は均一で、地域的な応力場の方向と同一である。スープリエールヒルズ火山とクレーター・ピーク火山の噴火前及び噴火中については、局所的な応力場は不均一で、地域的な最大圧縮に対し、およそ  $90^\circ$  の方向を向いた最大圧縮の局所軸が特徴である。イリアムナ火山でのマグマ貫入の間、及びクレーター・ピーク火山での噴火中、及び噴火と噴火の合間の期間では、局所的な応力場は不均一で、2 組の共役断層の変位に特徴的な主圧力軸のトレンドを持つ斜交断層面解によって特徴付けられる。低水準の火山活動期間における共役断層の変位について考えられる説明は、火道周囲の岩石内で上昇した間隙圧が、周辺(地域的)応力の方向とほとんど一致しない断層の変位を可能としたということである。局所的な最大圧縮のおおよそ  $90^\circ$  の変化は、(偏差の弱い地域的応力場における)地域的な最小圧縮方向への岩脈膨張の際に母岩へ伝達される応力の結果としてモデル化される。このモデルはさらに、活発なマグマ火道周辺の S 波スプリッティング解析によって裏付けられ、これは岩脈膨張と一致する局所的に再配向される地殻応力場の存在を証明するものである。

## 12-O-04

### メラピ山の 2006 年噴火の前兆的データ

#### ANTONIUS RATDOMOPURBO<sup>1</sup>

1. CENTER OF VOLCANOLOGY AND GEOLOGICAL HAZARD MITIGATION, INDONESIA

e-mail: purbo@bpptk.esdm.go.id

2006 年のメラピ火山の噴火では、地震、地殻変動、そして火山ガスに関するデータで捉えられた非常に明瞭な前兆現象が噴火前に発生した。警戒レベルは火山活動の増大に基づき段階的に引き上げられた。噴火の始まり、即ちマグマが表面に達したのは、007 年 4 月 26 日ごろであった。約 5 週間前の 2006 年 3 月 15 日、警戒レベルは平常(レベル 1)から注意(レベル 2)への引き上げが宣言された。この決定は、火山性地震の増加と山頂の変形を根拠に下された。

2006 年 4 月初旬、溶岩ドームの成長に関連すると考えられている MP 地震(山頂地震)の平均回数は、レベル 2 が宣言された時期の 1 日当たり約 35 回から、1 日当たり約 160 回にまで増加した。しかし、溶岩の落石回数は大して変化しなかった。

震源の浅い火山構造性地震(深度が山頂から 2 km 未満)の増加は、マグマが山頂域に接近していることを示す。GPS

や光波測距の測定による山頂変形も検出された。最も大きな変動は、メラピ火山の南側山頂斜面で起こったと報告された。光波測距の距離の短縮は、2006 年 1 月のデータに比べ、約 3 m であった。

変形の加速に関するデータに従い、メラピの活動は 2006 年 4 月 12 日に注意(レベル 2)から避難準備(レベル 3)へ引き上げられた。その時、MP 地震の発生頻度は 1 日当たり約 150 回で山頂からの溶岩の落石が見られ始めた。2006 年 4 月 26 日、カリウラン観測所から新たなドームが確認された。これが噴火段階の始まりである。

最初の火砕流が発生した際、警戒レベルは 2006 年 5 月 13 日に避難(レベル 4)へ引き上げられた。これはメラピで最高の警戒レベルで、人々が危険地域から避難しなければならないことを意味する。最初に大規模な火砕流が発生したのは 2006 年 5 月 15 日、避難から 2 日後のことであった。火砕流の大部分は南西方向へ向かい、クラサク川上流を満たした。

強い構造性地震が 2006 年 5 月 27 日に発生した。震源位置はメラピ火山の南南東約 45 km である。地震の後、いくつかの小規模な火砕流が、南東方向のゲンドル川上流へ向かった。この火砕流の異常な変化によって、山頂の南東側にゲンドル・ブリーチという溝地形ができた。メラピ火山の火口の南東側の縁の一部は 2006 年 6 月 4 日に崩壊した。

2006 年 6 月 9 日、一連の大規模な火山流が発生し、5 km 離れたゲンドル川まで移動した。新たなドームの中央部に小さい火口が形成され、南東を向きに火口が開いていた。

その時、メラピの噴火はピークに達したように思われる。これ以降、この活動は突然衰退した。この活動の衰退に基づき、警戒レベルは避難準備(レベル 3)へ下げられた。しかし翌日の 2006 年 6 月 14 日、メラピの活動は激しく増大した。そのため、時間は限られてしまった。2006 年 6 月 14 日の午前 11 時 00 分頃、火砕流がゲンドル川へ向かった。その堆積物から、我々はそれが比較的古い物質から発生したと認識し、これは山頂部分の崩壊した可能性を示唆した。12 時 00 分頃、山頂から 6 km の、ゲンドル川の近くに位置するカリアデムに設けられた警報サイレンのスイッチが「オン」になった。その音は約 50 名の住民をカリアデムから立ち去らせるほど、非常に強烈であった。2 度目のサイレンは 14 時 00 頃鳴らされ、カリアデムを離れるよう住民に強く求めた。緊急対応の手順に従い、警戒レベルは再び避難(レベル 4)へ引き上げられた。最初のサイレンから約 4 時間後の 16 時 00 分、最大の火砕流がカリアデムを襲った。カリアデムでは 2 名が死亡した。

カリアデムの出来事は、避難のための防災用品として予め設置されたサイレンが重要な役割を果たすという教訓となった。サイレンは、特に状況が突然変化する場合など、実際の火山の状態を説明するにはデータの監視だけでは不十分な際に非常に役立つ。

2006 年のメラピ噴火は通常の西南西の山腹へ向かうのではなく、南東の山腹へ向かった。この方向は長い間火砕流の影響を受けておらず、異例のことだった。南東の山腹は南西より人口密度が高いため、一層厄介な事態を引き起こした。

## 12-O-05

## 火山噴火の中期予測に向けて:伊豆大島火山の概念予測モデルと総合観測結果

渡辺 秀文<sup>1</sup>, 森田 裕一<sup>1</sup>

1. 東京大学地震研究所/日本  
e-mail:watanabe@eri.u-tokyo.ac.jp

噴火準備過程の解明にとって、マグマの蓄積過程とマグマが再上昇を開始する条件がどのようにして達成されるかが最重要課題である。伊豆大島火山では、1989 年以降山体膨張が観測され、さらに、この変動が1~2年の間隔で膨張/収縮を繰り返し経年的には膨張が蓄積していることが確認された。膨張変動は深部からのマグマ上昇蓄積を示すものと考えられるが、収縮変動メカニズムとしては、上昇蓄積したマグマの下降あるいは蓄積マグマの脱ガス収縮が考えられる。後者の場合は、収縮変動はマグマ上昇蓄積の緩和過程を意味することになり、マグマが再上昇を開始する条件がどのように達成されるのかという問題と密接に関連する。マグマの脱ガスをモニターするうえで、玄武岩質マグマから最初に脱ガスする CO<sub>2</sub> が好適である。2005 年 9 月に、山頂火口東部で地中 CO<sub>2</sub> 濃度連続測定を開始した。これまでの観測により、CO<sub>2</sub> 濃度増加とカルデラ内外の地震活動活発化に大まかな対応関係がみられることが分かった。講演では、地殻変動、地震活動、三原山頂地下の帯磁変化と比抵抗変化および地中 CO<sub>2</sub> 濃度変化を総合し、伊豆大島火山のマグマ上昇、蓄積、脱ガス過程について論ずる。

## 12-O-06

### 稲妻や電界変動のリアルタイム観測による火山活動監視

Ronald J Thomas<sup>1</sup>, Paul R Krehbiel<sup>1</sup>, William Rison<sup>1</sup>, Harald Edens<sup>1</sup>, Stephen R McNutt<sup>2</sup>, Guy Tytgat<sup>2</sup>

1. Langmuir Laboratory, New Mexico Tech / USA  
2. Alaska Volcano Observatory, University of Alaska, USA  
e-mail:thomas@nmt.edu

我々は、オーガスティン山(アラスカ州)が噴火した際、稲妻や比較的小さい電気放電を感知した。オーガスティンの噴火で生じた多量の放電が、他の大部分の噴火に共通するものであれば、この技法は火山活動を監視する 1 つの手法として役立つと考えられる。この技法は雲や悪天候の影響を受けない。我々は、電気放電による衝撃的電波放射がいくつかの測点に到達する時間を測定することにより、雷雨時あるいは火山噴火時の稲妻を観測する。約 60 MHz の無線周波数帯を利用する。これは雲の中や雲から地上への稲妻を発生させる多数の小放電を観測することができる周波数である。オーガスティン火山噴火の爆発段階の間、我々は山頂付近で毎秒数千回の小規模放電を目にした。同じ日に続いて起こった 3 回の小噴火のうち 2 回でも、こうした小規模放電を目撃した。我々は、これらの小放電は多くの火山噴火に共通する特徴であると予測する。桜島の噴火の写真に写った稲妻は噴煙柱に近く、同じ現象ではないかと思われる。我々は現在、雷雨の

監視及び調査向けに、様々なリアルタイムの稲妻マッピングシステムを運用している。

## 12-O-07

### トゥングラワ火山(エクアドル)における 2007 年の小規模な爆発活動の間の超低周波大気振動観測

Hugo Yepes<sup>1</sup>, Patricio A. Ramon<sup>1</sup>, Jorge Bustillos<sup>1</sup>, Milton Garcés<sup>2</sup>, David Fee<sup>2</sup>, A Stefke<sup>2</sup>

1. Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional / Ecuador  
2. Infrasound Laboratory, University of Hawaii at Manoa / USA  
e-mail:hyepes@igepn.edu.ec

トゥングラワ火山(海拔 5,023 m, エクアドルのアンデス山脈中部に位置)の現在の噴火期間が始まって(1999 年)以来、様々な強度の火山灰・火山ガス放出が非常に頻繁に発生している。噴煙の高さの範囲は、火口高度の上方数百メートルから 16 km に及ぶ。平均的な風の向きによっては、トゥングラワの灰放出は居住区域や航空機の誘導を危険にさらす。トゥングラワでの灰放出には、あらゆる種類の音波や超低周波大気振動が伴う。トゥングラワ火山観測所(OVT)の科学者や火山の周辺に住む地元の観測員は、爆発や脱ガス事象による可聴信号を報告する。同火山から南西約 40 km の RIOE アレイによって探知される超低周波大気振動は、マノアにあるハワイ大学超低周波大気振動研究所により、ASHE プロジェクト(ガルセスほか)の枠組み内で分析される。爆発による音響信号が P 波に変化したものが、火山監視システムの一環として、地球物理研究所(IG)が運用する地震観測網によって記録される。2006 年 7 月及び 8 月の最大規模の噴火後の、トゥングラワにおける新たな活動期間である 2007 年 3 月 1 日から 4 月 30 日にかけて、857 回の爆発が RIOE によって探知された。IG の地震観測網はこれらの爆発のうち 251 回しか探知せず、また OVT の科学者が報告したのはたった 102 回であった。RIOE の超低周波大気振動測点は、トゥングラワからの音響信号と大気振動信号の探知で優れた実績を示しているが、IG の地震観測網で探知した地震のいくつかは、OVT の科学者が観測した、あるいは報告を受けた噴煙柱同様、RIOE の測点によって明瞭に特定されたわけではない。研究の現段階では、地元の観測員と、ASHE の試作品など遠隔制御される超低周波大気振動アレイの間での共同作業が、現在の探知レベルや信頼性を向上させる上で必要なことは明らかと思われる。

## 12-O-08

### 日本における火山近傍の空振観測とその成果について

山里 平<sup>1</sup>, 坂井 孝行<sup>1</sup>, 藤原 善明<sup>2</sup>

1. 気象庁気象研究所/日本  
2. 国土地理院/日本  
e-mail:yamasato@mri-jma.go.jp

空振観測は重要な火山観測手法のひとつであり、気象庁は、現在 25 火山において低周波マイクロフォン(空振計)による観測を行っている。

噴火が継続している桜島、諏訪之瀬島では個々の爆発的噴火に伴う空振を捉え、三宅島では 2000 年のマグマ水蒸気爆発に伴う規模の大きな連続的な空振を観測し噴火の推移を観測した。2004 年 9 月 1 日の浅間山の噴火の空振は全国空振計で捉えられた(藤原他, 2004)。

空振計ネットを用いれば波源位置推定も可能である。空振波源推定の試みは、雲仙岳で初めて行われ、火砕流に伴う空振観測から火砕流の流下方向や速度が推定された(山里他, 1993)。同じ手法は、2000 年有珠山の噴火に際して、複数の火口のどの火口からの噴火であるかを推定するのに用いられた(山里他, 2002)。上空の風の影響等を評価して波源推定の高精度化に取り組む研究も進めている(藤原他, 2007)。

また、空振観測は、噴火の検知のみならず、火口での噴火に先行する微小な圧力波、ハーモニックな微動に伴う空振、低周波地震に伴う膨張相からはじまる空振など、噴火やその他の現象の発生機構を解明するヒントを得ることもできる。

## 12-O-09

### WOVOdat: 火山の活発化に関する世界火山観測所機構のデータベース

Florian M. Schwandner<sup>1</sup>, Jacopo Selva<sup>2</sup>, Hideki Ueda<sup>3</sup>, Dina Y. Venezky<sup>4</sup>, Daniel P. Cervelli<sup>5</sup>, Bruce Weertman<sup>6</sup>, Kelly Stroker<sup>7</sup>, Stephen D. Malone<sup>8</sup>, Eisuke Fujita<sup>3</sup>, Warner Marzocchi<sup>2</sup>, Steven P. Schilling<sup>9</sup>, Christopher G. Newhall<sup>9</sup>

1. Colorado State University /USA

2. INGV Bologna /Italy

3. NIED /Japan

4. USGS Volcano Hazards Program /USA

5. WOVOdat consultant /New Zealand

6. IRIS /USA

7. University of Washington /USA

8. USGS Cascades Volcano Observatory /USA

e-mail: fschwand@atmos.colostate.edu

世界火山観測所機構(WOVO)では、約 70 の加盟観測所と提携機関の監視データを基に、火山の噴火や活発化に関する世界規模のデータベース(WOVOdat)を構築中である。WOVOdat は、世界中の火山の活発化に関するデータの保存と、それをインターネットでアクセス可能とすることを目的に始まった学際的プロジェクトである。火山の活発化を解釈し噴火を予測するための、重要な参照ツールとしての役割を果たすであろう。この火山の「疫学的な」ツールは、データを利用したり、データの提供元である各観測所・機関の間でやりとりをしたりする手段を大いに拡大するであろう。

2000 年と 2002 年の計画を立てるためのワークショップでは、初期のデータベースの設計に関する草案がまとめられた。

2006 年 11 月には、世界各地からスタッフが集まり、科学的な責任を担う運営委員会が結成された。2007 年 2 月の技術ワークショップでは、技術的な枠組みと手順を確立するための、小規模な技術支援グループが創設された。

その成果の 1 つとして、INGV(イタリア)とNIED(日本)は現在、ワークショップでの意見を取り入れて改訂された既存のWOVOdat データベースの設計(WOVOdat 1.0, Venezky and Newhall, 2007 年)に基づき、限定的なデータセットと機能性のもので予備的研究を行っている。サーバは日本に設置され、オープンソースのMySQLを利用し、NIED、INGV 及びその他の協力者から寄せられるデータを保存する。初期の API プログラミングと可視化/検索ツールは、グループ内で委託されている。システム・アーキテクチャの特徴は、貢献パートナー(観測所、諸機関)を持つ中央 WOVOdat サーバである。クライアント・アプリケーションは、モジュール式となる。これによって、付加的なツールや可視化ソリューションは大学、観測所、諸機関で個別の予算で進めるプロジェクトで準備する。データ入力、ウェブフォームとステージングテーブル(メタファイル)の両方を基本とし、WOVOdat 管理者のみアクセス可能なサーバサイド・スクリプトと、ローカル・データベースからの過渡的なメタファイルを作成するための協力機関向けカスタムスクリプトの両方を用いる。データベース編集局も現在結成中である。

<http://www.atmos.colostate.edu/chemistry/wovo/logon.html>

<http://www.wovo.org>

Venezky, Newhall 2007: "WOVOdat 1.0", USGS

Open-File-Report 2007-1117

(<http://pubs.usgs.gov/of/2007/1117>)

## 12-O-10

非常事における意思決定のための噴火予測と費用便益分析の統合: MESIMEX 実験の際にベスビオに適用された BET\_EF の事例

Warner Marzocchi<sup>1</sup>, Laura Sandri<sup>1</sup>, Jacopo Selva<sup>1</sup>, Gordon Woo<sup>2</sup>

1. INGV / Italy

2. RMS / United Kingdom

e-mail: marzocchi@ingv.it

火山による非常時に、当局や意志決定者が「正しい」選択を行う上で、信頼できる噴火予測がいかに役立つかを示すため、費用便益分析を含む確率論的噴火予測ツールを開発した。噴火予測はBET\_EF(噴火予測向けベジアン・イベントツリー)と呼ばれるベジアン方式を基本とし、火山ハザードや発生確率の計算及び視覚化に役立つ。コードはベスビオ向けに実装され、物理的・火山学的モデルや、ベスビオ火山や「類似」火山の噴火歴に基づく過去のデータ、またベスビオで一般的に講じられている監視措置の説明となるようにした。BET\_EF では、予想される火山危機におけるマグマの活発化、噴火、差し迫る噴火の規模の確率や、噴火が起こるという前提での火道開口の空間的確率など、関連する様々な確率を

計算する。BET\_EF はさらに、確率推定に伴う不確実性も示す。費用便益分析は、例えば避難要請など実際の行動に向けた、発生確率を基に動くための不可欠な段階である。特に、ベスビオにおける現実的な噴火前シナリオのシミュレートを目的として 2006 年 10 月 18 日-23 日にナポリで開かれた MESIMEX (重大非常事態シミュレーション演習) 演習の際に、この方式をリアルタイムで適用した。我々のアプリケーションの目標は、確率論的噴火予測とリンクした直接的な費用便益分析が、現実の火山災害の場での防災担当でいかに役立つかを示すことである。

## 12-O-11

### 2007 年のストロンボリ噴火

Franco Barberi<sup>1</sup>, Mauro Rosi<sup>2</sup>, Roberto Scandone<sup>3</sup>

1. Dept. Sci. Geol., Univ. Roma Tre, Rome/Italy

2. Dept. Sci. Terra, Univ. Pisa/Italy

3. Dept. Fis., Univ. Roma Tre, Rome/Italy

e-mail:barberi@uniroma3.it

2007 年 2 月 27 日、ストロンボリ火山の新たな噴火が始まり、北東火口の割れ身から流出した溶岩流が急速に海へ到達した。この噴火には、微動の振幅と山腹の動きの増大という前兆があった。短期的な前兆は、同火山の北部山腹、即ち「シアーラ・デル・フオーコ」での小規模な地滑りの発生率の増大であった。数時間後、シアーラ・デル・フオーコの海拔 400m の地点に新たな火口が開き、これが原因で山頂の溶岩流が突如止まった。溶岩の噴出は 2007 年 4 月 2 日に終わった。この噴火は、最初の数日間以後の噴火率の急減が特徴であった。3 月 15 日、熱感知カメラが観測した溶岩流出の増大には、黒いスコリアが混じった小さい軽石の放出を伴う激しい爆発が 11 分間発生したという前兆があった。軽石の組成は溶岩や黒いスコリアの組成と似ていたが、石基中の微結晶含有量はかなり低かった。同様の特徴が、ストロンボリの突発的な大爆発の間に繰り返し観察されている。監視活動は、カターニア、ナポリ、パレルモ、ローマの INGV 部門の研究者と、フィレンツェ、ピサ、ローマ・トレ、パレルモの諸大学の研究者との合同チームが行った。この活動は、イタリア市民保護局 (DPC) から任命された統合グループ内で調整された。様々な防災対策が DPC によって導入された。主なものは、シアーラ・デル・フオーコの斜面の動きの急加速(過去に 2 度発生)が山腹を崩壊させて危険な津波を引き起こす可能性があった際に沿岸地帯で避難を行ったことである。また 3 月 15 日の突発的な爆発の 2 日前には、同火山の海拔 200 m より上の部分を立ち入り禁止とした。

## 12-O-12

### ストロンボリ火山における 2002 年-03 年及び 2007 年の山腹噴火の比較: 将来の火山事象予測の根拠

Sonia Calvari<sup>1</sup>, Luigi Lodato<sup>1</sup>, Letizia Spampinato<sup>1</sup>, Enzo Boschi<sup>2</sup>

1. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Sezione di Catania, Catania, Italy

2. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Sezione di Roma 1, Via di Vigna Murata 605, 00143 Roma, Italy

e-mail:calvari@ct.ingv.it

火山事象の予測は困難であり、この分野における我々の能力は、火山システムと内在する多様性についての知見に依存する。火山が例えばストロンボリのように定常的な活動といった特徴があれば、原則的にその将来の活動の予測は、かなり容易な任務のはずである。ストロンボリ火山はほぼ同じ活動を、少なくとも過去 2 千年にわたり続けている。2007 年の噴火は 2 月 27 日に始まって 4 月 2 日に終わり、また 2002 年-03 年の事象にも類似する特徴が多数あった。溶岩の流出は一桁大きかったが、排出された溶岩の合計量は同等であった。噴出率が大きかった結果、持続期間はかなり短く、これは火道上部の一定の容積と、より深部からの一定した供給を意味するものである。加えて、最近 2 度の噴火では類似する一連の現象が観測された。つまり、(1) 北東クレーターの開口、(2) シアーラ・デル・フオーコに沿った複数の割れ目火口の開口、そして(3) シアーラ・デル・フオーコの下火道からの溶岩流出と同時に発生した突発的な噴火、といった現象である。この類似した一連の現象は、大きな爆発事象の誘発に対して、同様の閾値を示唆するものである。火道上部が空になると、浅層のマグマ溜りを減圧し、未脱ガスマグマが発源域から漏出するに足るものになると考えられると提言する。噴出性噴火が起こらなければ、一定供給は約 6 か月後に閾値容積に達し、この火山で特徴的な小規模の噴火の間に、年に 2 度大きな爆発を繰り返すことの解釈となる。この火山の一定供給や浅層のマグマ溜りの一定容積を踏まえ、大きな爆発が予想される時期の推察は可能である。

## 12-O-13

### 2007 年のストロンボリ噴火における地形観測

Ernesto Bernardo<sup>1</sup>, Mauro Coltelli<sup>2</sup>, Maria Marsella<sup>1</sup>, Cristina Proietti<sup>2</sup>, Alberico Sonnessa<sup>1</sup>, Paolo Tommasi<sup>3</sup>

1. Dipartimento Idraulica Trasporti e Strade, Università di Roma "La Sapienza", Rome, Italy

2. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Sezione di Catania, Italy

3. CNR - IGAG, Rome, Italy

e-mail:proietti@ct.ingv.it

ストロンボリ火山の 2007 年噴火は 2 月 27 日に始まり、北東火口の北東側山腹の海拔 650 m 地点に火口ができた。溶岩のほとんどは、シアーラ・デル・フオーコ断崖の北壁であるバステメント峰の麓にあるピアノロに流れた。別々の 2 つの分流がシアーラの急斜面を流れ広がり、数分で海に達した。数時間後、噴火する火口へマグマを供給する岩脈が貫入した

場所の下方にあるピアノロ地区は、重力の作用によって大規模に運動し、上方の断崖を残しシアーを約 400 m 下方へ膨張させた。その運動の先端で、主要な噴火口(海拔 400 m)の形成に先立ち小さな地滑りが起こり、上方からの溶岩流出が終わった。主火口が短時間止まった後、3 月 9 日に新たな小さい火口(海拔 500 m)が開き、溶岩流を 2 日間流出させた。主火口からの溶岩は、4 月 2 日までに複合的な扇形に流れ広がり、溶岩の大部分を海へ流入した。そして、幅 600 m、長さ 100 m の溶岩デルタを海岸線に形成した。1955 年以降にストロンボリ火山で見られた最大のデルタとなった。

噴火中と噴火終了直後に写真測量調査が 3 回(3 月 4 日、3 月 15 日-16 日、4 月 12 日)実施され、数値標高モデルと正射写真を提供した。正射写真により、4 回の溶岩流の境界を抽出して、形態学的分析を実施し、また予想される不安定現象を特定することができた。溶岩流の体積やシアーの不安定領域の体積を、3 つの数値標高と噴火前の地表(2006 年 7 月の LIDAR 調査)の比較によって算出した。

2007 年噴火は、同様のアプローチで時間変化が調査された 2002-03 年の噴火と同じ地域を巻き込んだ。これら 2 つの噴火を比較して、類似点と相違点を明らかにした。

## 12-O-14

### 火山灰と航空安全: タイムリーな噴火情報提供に向けた課題

Andrew C. Tupper<sup>1</sup>, Gordon E. Jackson<sup>1</sup>, Rebecca K. Patrick<sup>1</sup>

1. Bureau of Meteorology /Australia  
e-mail: A.Tupper@bom.gov.au

国際航空路火山監視は、世界規模の火山噴煙警戒システムである。このシステムは火山観測所、地元の気象当局、航空当局、そして 9 箇所の専門センターである火山灰情報センター(VAAC)の連携の下で行われている。VAAC はリモートセンシング技術と、もしあれば、火山学あるいは航空関係の情報源から続々寄せられる情報を結合することにより、噴煙を探知し航空機向けの注意情報を発信する。

航空機オペレーターは、噴火が発生次第通知を受け、次いで回避措置を講じることを求めるが、即時の情報は、地上からリモートセンシングを用いても実用的ではない。気象リモートセンシングは相対的には頻繁に画像(最高で半時間毎)を提供し、極めて貴重な情報源であるが、依然として分析に時間を要し、上空の雲あるいは氷の多い噴煙によって制限されることもある。警戒システム運用の成功は、もっとも可能性の高い噴火予測情報を受けることや、航空産業と密接に協力してリスク管理を奨励することに掛かっている。このアプローチは、いくつかの噴火の際に非常に有効で、例えば 2004 年と 2005 年のマナム(パプアニューギニア)の大噴火などである。しかし、国家間の多大な資源不均衡、通信の問題、言語の問題、航空会社間で異なる安全方針、火山の挙動の違いやその挙動に関する多様な理解といった事項すべてが、このアプローチの問題点となっている。

国際航空路火山監視の全体的な向上の一環として、情報

を共有し労働力を分配するための協定を策定することが非常に重要となるであろう。例えば、VAAC は噴煙を特定及び追跡するため、ほぼリアルタイムな SO<sub>2</sub> 画像をますます利用できるようになり、これらの画像やその他のリモートセンシング画像の雲の特徴について、専門家の解釈を火山観測所へ提供することができる。同様に、観測所は噴火活動そのものについて、リモートセンシングあるいはパイロットの観察が意味するものについて、確定的な助言を提供することができる。

## 12-O-15

### 航空機へ火山灰災害警報を提供するための米国の国家計画における火山観測所の役割

Marianne Guffanti<sup>1</sup>, Steven Albersheim<sup>2</sup>, Grace Swanson<sup>3</sup>, Charles Holliday<sup>4</sup>

1. US Geological Survey/USA  
2. Federal Aviation Administration/USA  
3. National Oceanic and Atmospheric Administration/USA  
4. Air Force Weather Agency/USA  
e-mail: guffanti@usgs.gov

火山活動は航空機に深刻な被害をもたらす可能性があることが知られており、航空機はあらゆる火山噴煙から離れるよう警告を受けなければならない。空域における警告プロセスを強化するため、米国は航空機向けの国家火山灰業務計画を立案した。これは、火山噴煙を探知及び追跡するための協調的な機関間プログラムの一環として行われた。この計画は、国際民間航空機関(ICAO)によって定められた運用手順の枠内で、連邦航空局(FAA)、国立海洋大気庁(NOAA)、米国空軍気象局(AFWA)、米国地質調査所(USGS)の役割、通信プロトコル、所定の警告メッセージを文書化するものである。ICAO の勧告通り、米国の火山観測所は、特に航空機のハザード向けに意図され、色分けされた警戒レベルを火山活動に割り当て、航空機利用者を対象に観測通知向けに提案された専用メッセージ形式の評価を行っている。火山灰を生じる噴火が発生すると、同計画では米国の火山観測所に対し、民間航空当局(FAA)の適切な地域部門や(NOAA 及び AFWA 内に設置された)民間及び軍の航空気象当局へ速やかに電話連絡するよう指示する。同計画では、航空機に対する火山灰の災害に詳しくないと思われる新人が利用可能な、実務参考ガイドも作成する。同計画は世界的な ICAO のガイドラインを反映しているため、他国で適応可能な実例を提供するものである。航空機への災害情報を提供することが世界中の観測所に新たな負担を課す可能性のあることを認識した上で、ICAO は(米国以外の)火山観測所をいくつか選んで、それらに、航空機利用者への情報提供に関係する通信コストを補填する仕組みを提供している。

## 12-O-16

### 半自動 SAR 処理システムおよびアリュレーション弧(アラスカ

## 州)における火山監視への InSAR の活用

Zhong Lu<sup>1</sup>, Oh-Ig Kwoun<sup>2</sup>, Cynthia Fuhs<sup>2</sup>, Dave Jackson<sup>2</sup>, Daniel Dzurisin<sup>1</sup>

1. USGS Cascades Volcano Observatory, Vancouver WA/USA

2. USGS EROS Center, Sioux Falls, SD/USA

e-mail:dzurisin@usgs.gov

地表変動の正確なマッピングは、火山ハザードの評価及び軽減における極めて重要な要素である。異なる時間における同じ地域の2つ以上のレーダー画像から、干渉合成開口レーダー(InSAR)は、かつてない詳細な空間的な変形のマッピングが可能である。地球規模の捕捉範囲と全天候型のイメージング能力を駆使し、InSARは火山活動を含む様々な原因による変動のマッピングに利用されている。しかしながら、現状のInSARデータ処理手順は単調で時間が掛かり、そのため一度に少数のSAR画像の分析に適している程度に過ぎない。InSARから得られた変形マップやモデルが実用的な火山監視ツールとして利用可能となる前に、自動データ処理システムが必要である。今回の発表では、米国地質調査所(USGS)が開発中の自動SAR処理システム(SPS)と、アリューシャン列島の火山向けInSARの適用について説明する。SPSではSAR及びInSARの処理用に最新鋭のデータベース・アプローチを活用し、これはUNIX/Linuxのコンピュータ上で動作する多様なプログラムやスクリプトを採用している既存の手法を凌駕する大きな進歩である。InSAR処理と地殻変動マップ生成は、プラットフォームに依存しないウェブベースのグラフィカル・ユーザ・インターフェース(GUI)を用いた、いくつかの簡単な手順を経て完了する。SPSは、変形マップ生成用の大量のSARデータを半自動処理可能で、また処理された画像や変形マップの目録作成、保存、検索も行い、その結果、InSARによるリアルタイムの火山監視の基礎情報を提供する。アリューシャン列島の火山に関する我々の調査は、活動を続ける火山の地殻変動を、場合によっては異常な地震活動や火山ガス排出など他の前兆が探知されるよりもはるか以前に探知するための、卓越したツールであることを実証するものである。アリューシャン列島でInSARから得られた変形パターンは多様で、アリューシャン列島や他の場所における、マグマ供給系や様々な噴火サイクルに関する知見向上の機会を提供している。

## 12-O-17

### AVTIS ミリ波装置を用いた、火山地域での地上からの熱及び地形遠隔計測

David G. Macfarlane<sup>1</sup>, Geoff Wadge<sup>2</sup>, Henry M. Odbert<sup>2</sup>, Mike R. James<sup>3</sup>, Duncan A. Robertson<sup>1</sup>, Harry Pinkerton<sup>3</sup>

1. School of Physics and Astronomy, Univ. of St. Andrews / UK

2. ESSC, Univ. of Reading / UK

3. Lancaster Environment Centre, Lancaster Univ. / UK

e-mail:dgm5@st-and.ac.uk

活火山の直接観測は、多くの場合環境条件によって厳しく制限される。そのため、溶岩ドームの崩壊など、危険な活動期間中とそれに至る期間の双方に於いて、不可欠なデータの取得ができない。AVTIS(全天候型火山地形画像センサー)は、持ち運び可能な状態で溶岩ドーム周辺に地上配置するように設計された、最新型のミリ波(MMW)遠隔計測装置である。AVTISでは低出力レーダーと受動的放射計測を組み合わせで利用し、ほぼどんな観察条件下でも最大約7kmの範囲をカバーする0.35mの単一アンテナで、熱データや地形データを記録する。AVTISはスープリエールヒルズ火山(モンセラート)の現場で2004年から2006年にかけて実績があり、その現場では曇りの条件で熱画像と共に溶岩ドームの地形変化を記録したほか、2005年の春にはアレナル火山(コスタリカ)で溶岩流の変位を監視した。地形変化の測定結果を基に、噴出率や災害に関する貴重な情報を得られる。私は火山以外の遠隔計測に適用するために開発されたMMW装置と比較しながら、AVTISの測定能力を紹介するほか、このシステムの実用上の長所・短所に関する議論と併せて、現場で収集した結果についてまとめる。さらに、困難な観察条件下における24時間体制の自律遠隔環境監視ツールとしての、AVTISの今後の開発計画についても論ずる。

## 12-O-18

### オゾン監視装置(OMI)を用いた火山放出物測定

Simon A. Carn<sup>1</sup>, Arlin J. Krueger<sup>1</sup>, Nick A. Krotkov<sup>2</sup>, Kai Yang<sup>2</sup>, Keith Evans<sup>1</sup>

1. Joint Center for Earth Systems Technology, Univ. of Maryland Baltimore County / USA

2. Goddard Earth Science and Technology Center, UMBC / USA

e-mail:scarn@umbc.edu

2004年7月にNASAのEOS/アウラ衛星に搭載され打ち上げられたUVオゾン監視装置(OMI)は、世界中の火山から放出される二酸化硫黄(SO<sub>2</sub>)に関する一連のユニークな観測結果を提供している。OMIは高いSO<sub>2</sub>感度と小さい電波到達範囲を結合し、より対流圏低層の小さい噴煙の測定を可能にしている。この測定は、火山性SO<sub>2</sub>の地球全体での発生量や個々の火山における噴火放出物と非噴火時の放出の間でのガスの比率など、重要な問題に取り組む機会を提供するものである。2007年9月でOMIは3年間の運用となり、この間のSO<sub>2</sub>データは、フォーピークト(アラスカ州)、アナタハン(北マリアナ諸島)、ネバド・デル・ウイラ(コロンビア)、アオバ(バヌアツ)、ホーム・リーフ(トンガ)、ウビナス(ペルー)を含む多数の火山における、火山活動の活発化の監視あるいは噴火の探知に多大な貢献を果たしてきた。またOMIはスープリエール・ヒルズ(モンセラート)やラバウル(パプアニューギニア)から発生した成層圏の噴煙も、その発生源から数千キロメートル移動するのを追跡した。我々はこうした事例の一部を再検討し、性能を更新したOMIのSO<sub>2</sub>補正アルゴリズムとそれの噴火に先立つガス放出への感度を紹介する。我々はさらに、SO<sub>2</sub>ブルームのOMI画像を、火山からのガス放出状態の推論に

のように利用可能かについて考えをまとめる(単発的なもの 対連続放出など). ほぼリアルタイムの実用的な OMI データ生成物をエンドユーザ(火山観測所やVAACなど)へインターネット経由で配信する取り組みについても論ずる.

## 12-O-19

### 陸域観測技術衛星「だいち」による災害監視

松原 彰士<sup>1</sup>, 中村 太一<sup>1</sup>, 島田 政信<sup>1</sup>, 中島 幸徳<sup>1</sup>

1. 宇宙航空研究開発機構 / 日本

e-mail:nakajima.yukinori@jaxa.jp

宇宙航空研究開発機構(JAXA)は、2006 年 1 月 24 日に打ち上げた陸域観測技術衛星(ALOS)「だいち」による火山監視をはじめとするさまざまな災害監視を世界レベルで実施している.

「国際災害チャータ」には 2005 年より加入し、世界中の大規模な災害発生時に、参加宇宙機関が最善の努力に基づき、「だいち」データが無償提供することにより、災害から生じる危機の軽減等に貢献している.

さらにアジア域において、「センチネルアジア」プロジェクトと呼ばれる災害管理支援システム構築を 2004 年より開始し、アジア太平洋域の災害管理に資するため、地球観測衛星画像などの災害関連情報を地理情報システム(Web-GIS)上で共有する活動を実施している. 日本国内においては、「だいち」防災利用実証実験を 2006 年より開始し、火山監視 WG をはじめとする 6 つの WG からなる、発災時のみならず平時からの災害の防止・軽減に資する活動を実施している. 火山監視 WG においては、通常の火山活動の監視・評価に衛星が利用できることを実証することを目的としている.

## 12-O-20

2006 年 3 月-7 月のメラピ火山噴火と 2006 年 5 月 27 日のジョグジャカルタ地震の関係に関する所見(ジャワ島中部、インドネシア)

Lucas Donny SETIJADJI<sup>1</sup>, Koichiro WATANABE<sup>1</sup>

1. Dept. Earth Resources Eng. Kyushu Univ./ Japan

e-mail:lucas@mine.kyushu-u.ac.jp

2006 年のメラピ火山の噴火期間の 2006 年 5 月 27 日、強く(Mw 6.4)浅い(海面下 10 km)地震が、近隣のジョグジャカルタ地域を襲った. 我々はこれら 2 つの事象の関係について考察するため、2006 年 3 月から 7 月にかけての地震データ、火山観測所のデータ、衛星からの温度データを評価した. 火山活動は 3 月以降の火山構造的な事象と、2006 年 4 月以降の新たな溶岩ドームの成長から始まった. 火砕流は 5 月の第 2 週から生じ、南西方向(即ちメラピの噴火の典型的な方向)へ向かうものが圧倒的に多かった. 5 月 27 日の地震以後、次に挙げる変化が観察された. まず、噴火の頻度が 5 月 27 日から 6

月 5 日にかけて著しく増大し、6 月 5 日-13 日には減少し、6 月 14 日-30 日に再び増大し、6 月末以降急減した. 次の大きな変化は、噴火の方向が南西から南南東へ変化したことである. 我々は、構造的な地震がドームの安定性に影響し、及び/又はマグマ流出率の増大を招いた新たな断層を生み出したと提言する. 流出率の増大につれ、浅層のマグマ溜りがすばやく枯渇し、火山活動が減少したのではないかと考えられる. その後間もなく、空のマグマ溜りが下方のマグマから再充填され、6 月末までの新たな激しい噴火期間が生じた. その後火山活動は急減したが、それはおそらくマグマがすっかり噴出されたからである. そのため、構造的な活動が、普段より激しいものの期間の短い、2006 年のメラピの噴火の原因となった. しかし、噴火方向の変化に対する構造的な活動の影響は未解決である. それは火山学的観測データが、2006 年 4 月(即ち地震以前)以降、火山の変形は既に南方向への地表の拡大が支配的であったことを示しているからである. これ自体、既にメラピ火山における顕著な異常であった. 従って、火山活動と地殻変動の相互関係については、さらに研究の余地がある.

## 12-O-21

トンガリロ国立公園(ニュージーランド)の東部ルアペフ火山泥流警報システムと 2007 年 3 月 18 日の火山泥流への対応の成功

Harry J Keys<sup>1</sup>, Colin Lawrence<sup>1</sup>

1. Department of Conservation, New Zealand

e-mail:hkeys@doc.govt.nz

東部ルアペフ火山泥流警報システム(ERLAW)は、センサー網、音響フローモニター(AFM)、ベースステーション向け遠隔計測、さらにポケットベル、電話、インターネット向けのほぼリアルタイムのインターフェースで構成される. それは自然保護局によって運用され、砂防堤を破壊することが十分に予測されるような火山泥流を含め、ルアペフ火山からの主要な火山泥流経路を下る火山泥流に関する警告を十分に早い段階で提供するよう設計されている. クレーター・レイクの砂防堤そのものが発生させる火山泥流を感知するよう、1 箇所の AFM 設置地点が選定され、また他に 2 箇所が、火山泥流の通過を感知するよう、下方のワンガエフ低地の下流に選定された. ベースステーションを管理する地元の電力会社ジェネシス・エナジーとの統合は、多数の相乗効果をもたらした. ベースステーションから対応機関への、警報の自動配信及び電話連絡は、さらなる統合と時宜に合う警報の受領を可能にするが、システム運用者による継続的な警戒、諸機関の訓練や協力を必要とする.

3 月 18 日に堰を破壊した火山泥流は、システムや主要なセンサー位置の全面的な試験機会を初めてもたらした. それは堰の破壊による火山泥流の発生や、火山泥流経路から最大で垂直に 80 m、水平に 100 m の位置に設けられた受振器を通過する火山泥流に対するセンサーの反応の優れた実例を提供した. 2002 年からのセンサーデータや補助観測は、降雨や吹雪、強風、雪塊氷原の発達や融解、火山性地震や局所

地震, 小規模噴火, 波動活動, 人間の活動と同様, 3月18日の堰破壊及び火山泥流を含む事象について解析されてきた。AFMのデフォルト設定により, 2002年-2007年の期間においては, 1か月当たりおよそ1件の火山泥流以外の警報が生じた。湖の水位センサーは, 警報発令向けには信頼性に欠けるが, 監視目的では非常に役立つことが分かった。

## 12-P-01

### シシャルディン火山(アラスカ州)における類似地震の群発活動

Tanja Petersen<sup>1</sup>

1. Alaska Volcano Observatory, Geophysical Institute, University of Alaska Fairbanks, U.S.A.

e-mail: t.petersen@gns.cri.nz

2001年-2004年の間, それぞれが1か月-2か月間続いた4回の一連の活発化した長周期地震活動が, アラスカ州アリューシャン列島のシシャルディン火山で起こった。この期間は「類似イベントの群発」の特徴を持ち, その波形の類似性は安定した非破壊的な発生源を示唆している。これらの「群発地震」は地震振幅の増大が特徴であるが, 1回の事象における0.5分-5分毎の地震発生率は, 1999年にシシャルディンが最後に噴火して以来, 概ね一定水準を維持している。地震波形の相互相関解析をこれらのイベントに適用したところ, 発生源の位置がはっきりした。また波形解析から, 1つの活動期にもいくつかのファミリーが同時に存在していることがわかったが, 基本的には1つの大きなファミリーが卓越する。熱水性の割れ目のネットワークが, 卓越するファミリーに属しない地震, つまりその隣接域のいくつかの場所で発生する地震群の発生メカニズムである可能性がある。卓越する地震波形は, 1つの活動の間において徐々に変化するが, 中には, 4年間の活動期の中で, 同じ発生源で再び活発化するものもある。閉塞流モデルは, シシャルディンで観察される繰り返し地震についてもっともらしい励起メカニズムであり, 火道の最上部内でのくびれ部分の勾配圧力の変化によって, 波形が時間と共に徐々に変化することを説明できる。シシャルディンにおける長周期地震の繰り返しは, 破碎帯を含む熱水系の複雑なダイナミクスと関連しており, 即ち主火道内の勾配圧力が, 平行する流路の一時的な封鎖や再開, 主火道内の岩屑量, 及び/又は熱水系へのガス流入の変化によって規制されるものと考えられる。観察結果は, シシャルディンにおける群発地震の繰り返し事象が, 支配的な震源が活動的な期間を表すことを示唆するものである。

## 12-P-02

### 大屯火山群(台湾北部)における超長周期地震

Cheng-Horng Lin<sup>1</sup>, Konstantinos I. Konstantinou<sup>2</sup>

1. Inst. Of Earth Sciences, Academia Sinica, Taipei, Taiwan

2. Inst. of Geophysics, National Central University/ Taiwan  
e-mail: lin@earth.sinica.edu.tw

大屯火山群は台湾の北端に位置し, 台湾の首都である人口700万人以上の台北からは北へわずか15kmである。大屯火山群は過去の歴史上の噴火がないため, 活動を停止したものと見なされている。しかし, 最近行われた一部の地球化学的調査は, 将来の火山活動の可能性が完全に排除されるわけではないことを示唆している。従って, 大屯地域における潜在的な火山活動の評価は, 科学的に興味深いテーマであるだけでなく, 台湾北部地域全体の安全に多大な影響を与えるであろう。2003年以降, 広帯域センサーと短周期センサーの双方を備えた8箇所の観測点で構成される地震観測網が, この地域の地震活動を監視すべく設置されている。火山性地震, T型地震, 単地震や爆発的な地震を含む多様な事象の記録に加え, 超長周期(30秒以下)の火山性微動も観測されている。広帯域地震観測点で記録されたパーティクルモーショント走時から, 超長周期地震の発生源は, 同火山群の最高峰である七星山下方の浅い深度(1km-2km)にあると推定された。こうした観測結果は, 大屯火山群が活動を停止しているという長年の提言に疑問を抱かせ, この地域に対する火山ハザードの綿密な評価を促すものである。

## 12-P-03

### 長白山天池火山における高調波事象

Yuehong Ming<sup>1</sup>, Lupei Zhu<sup>2</sup>, Jianping Wu<sup>1</sup>

1. Institute of Geophysics, China Earthquake Administration

2. Dep. of Earth and Atmo. Sciences, Saint Louis Univ., Missouri/USA

e-mail: mingyh@cea-igp.ac.cn

長白山天池(チャンパイサン・ティエンチー)火山(CTV)地区で記録された地震データの分析により, 我々は波形記録がハーモニックになると思われる, 或る種類の事象を見出した。各事象の測点平均スペクトルは, 基本周波数とその倍音の, 一連の等間隔の狭いピークで構成される。2002年, 2003年, 2005年の夏に, そうしたハーモニックな地震が38件探知された。それらはおそらく流体の運動を伴う震源に関連していると思われる。考えられるメカニズムの例として, 流体で満たされた亀裂の励振や, マグマあるいは熱水の経路内の流れによって生じる非線形の圧力振動が挙げられる。従って, ハーモニックな地震の発生は, CTVの下方にマグマ溜りが存在する証拠である。急速な地殻変動に関する最近の観測結果と, 近年の水文地球化学的パラメータの異常な変化を結合した結果, 我々は, CTV地区における地震活動の明らかな増大とハーモニックな地震の発生は, 地下深部でのマグマ貫入に関連すると提言する。

## 12-P-04

## 長白山天池火山における近年の地震の活発化

Jianping Wu<sup>1</sup>, Yuehong Ming<sup>1</sup>, Lihua Fang<sup>1</sup>, Wei Su<sup>1</sup>,  
Weilai Wang<sup>1</sup>

1. Institute of Geophysics, China Earthquake Administration  
e-mail: wjpwu@cea-igp.ac.cn

長白山天池(チャンパイサン・ティエンチー)火山は、中国と北朝鮮の国境上にある長白山に位置する。過去 5,000 年の間に同火山は数回噴火し、山頂付近に長さ 4 km、幅 3 km の広大な湖を形成した。西暦 1200 年頃起こった噴火は、過去 2,000 年の中で世界的にも桁外れに大規模な噴火であったと考えられている。それ以来、歴史上の記録によると、1668 年、1702 年、1903 年の 3 回、小規模から中規模の噴火が起こった。長白山天池火山地区での地震監視は 1985 年に始まった。2002 年 6 月、長白山天池火山地区での地震活動が急激に増加した。多数の小規模地震や一連の群発地震が、2002 年から 2005 年にかけて、常設地震観測点と臨時地震観測網で観測されている。2005 年に観測された少数の長周期微動や数十回のハーモニックな地震を除き、ほぼすべての地震が火山構造性地震である。震源位置の結果から分かるのは、これらが主に天池カルデラ付近で発生したということである。震源深度は浅く、大抵は地表から 5 km 未満である。群発地震はカルデラの南西に集中していた。相対位置が示すのは、2003 年 7 月 13 日の群発地震の際に震央が深層から浅層へ移動し、より深層の地震がほぼすべての測点上で上方の初動方向を持っており、これは震源機構における明白な膨張成分を示している。2002 年以降の長白山天池火山における顕著な地殻変動や、地球化学的異常及びハーモニック微動を考慮に入れ、我々は、高い地震活動は深度 5 km 付近のマグマ活動や熱水活動によって引き起こされたと考えている。

## 12-P-05

1990-1995 年雲仙岳噴火前および噴火中に観測された地震微動

馬越 孝道<sup>1</sup>, 梶原 孝允<sup>2</sup>, 松井 絵美<sup>1</sup>, 清水 洋<sup>3</sup>

1. 長崎大学環境科学部/日本  
2. 長崎大学生産科学研究科/日本  
3. 九州大学地震火山観測研究センター  
e-mail: umakoshi@nagasaki-u.ac.jp

雲仙岳噴火の前および噴火中に観測された地震と微動について、それらと火山活動の関係について議論する。雲仙普賢岳は 1990 年 11 月 17 日に噴火を開始、その後デイスaito 溶岩ドームが 1991 年 5 月 20 日から 1995 年 2 月まで成長した。記録された振動としては火山構造性地震、火口付近の地震、火山性微動、爆発地震、火砕流や土石流にともなうものがある。火山構造性地震は、主に火山の西側で噴火の 1 年前より発生しドーム出現後激減した。一方火口付近の地震はドーム出現直前より活発になり、溶岩尖塔の隆起した噴火末期まで続いた。火山性微動は噴火の約 4 ヶ月前より発生し噴火

の前兆として認識された。爆発地震は 1991 年 6 月 11 日に観測された。主にドームの部分崩壊による火砕流の振動はドームの成長中頻りに観測された。さらに強い降雨の際には土石流による振動も観測された。このように雲仙における振動観測は、噴火予測、火山活動監視、結果として災害の軽減に重要な役割を果たした。

## 12-P-06

雲仙岳溶岩ドーム成長初期の地震活動(1991年5月~6月)

板坂 真子<sup>1</sup>, 馬越 孝道<sup>2</sup>, 清水 洋<sup>3</sup>

1. 長崎大学大学院生産科学研究科/日本  
2. 長崎大学環境科学部/日本  
3. 九州大学地震火山観測研究センター  
e-mail: nao-fu.still-echo@hotmail.co.jp

1990-1995 年雲仙岳噴火では、溶岩ドーム成長中、火口付近の地震活動が活発であった。本研究では、ドーム成長初期の 1991 年 5 月~6 月の地震活動の特徴を調べた。この期間の主な表面現象は、5 月 20 日のドーム出現、6 月 3 日と 8 日の大火砕流、6 月 11 日のブルカノ式噴火である。ドーム出現約 1 週間前の 5 月 12 日より HF 地震が徐々に増加し、火口周辺には地割れが生じた。さらに EDM により山体南側の膨張も観測され(Saito et al., 1993)、溶岩噴出の前兆とみなされた。ドーム出現のあと地震はやや減ったが、時々一時的に増えた。6 月 2 日には小さい LF 地震の著しい増加があり、これは 6 月 3 日の大火砕流と関係があるかもしれない。また 6 月 8 日の大火砕流や 6 月 11 日のブルカノ式噴火に関係する地震活動あるいは波形タイプの変化も観測された。波形が似ているまたは時間とともにわずかながら変化している地震のグループを数多く検出した。いくつかの典型的なグループの特徴、グループの発生と火山活動との関連についても議論する。

## 12-P-07

ストロンボリの火山活動に関する地震監視: 2007 年 2 月の溶岩流出

Marcello MARTINI<sup>1</sup>, Flora GIUDICEPIETRO<sup>1</sup>, Luca D'AURIA<sup>1</sup>, Walter DE CESARE<sup>1</sup>, Massimo ORAZI<sup>1</sup>, Giovanni SCARPATO<sup>1</sup>, Rosario PELUSO<sup>1</sup>, Antonietta ESPOSITO<sup>1</sup>, Raffaele CURCIOTTI<sup>1</sup>, Teresa CAPUTO<sup>2</sup>, Patrizia RICCIOLINO<sup>1</sup>, Antonio CAPUTO<sup>1</sup>

1. INGV sezione di Napoli Osservatorio Vesuviano/ Italy  
2. Alma Mater Studiorum Univ. Of Bologna/ Italy  
e-mail: giudicepietro@ov.ingv.it

ストロンボリはシチリア島(イタリア)の北部海岸に近い火山島である。その特徴は、ほぼ永続的な爆発活動である。2007 年 2 月 27 日、ストロンボリ火山は、北東山腹での小規模な溶

岩流を伴う非爆発的な噴火を始めた。噴出は 2007 年 4 月 2 日に止んだ。同火山に設置された、国立地球物理火山学研究所 (INGV) が運用する常設の広帯域地震観測網によって、噴火前の地震活動の異常を証明することができ、また時間と共に現象を追跡し、噴火力学に関する有意義な情報を得ることができた。噴出段階の前の期間は、超長周期地震の 1 時間当たり頻度の漸増や、超長周期地震の振幅の緩やかな増加が特徴であった。また、常時微動の振幅も 2007 年 1 月に増加し始めた。噴出段階が始まる 4 時間前、数回の地滑りによる地震信号が現れ、これは火山性常時微動に重なる連続信号を形成することもあった。噴出段階の間、3 月 15 日に大爆発が起こった。同火山に昨年配備された 2 台の歪み計が、爆発前の圧力の増加を記録していた。この爆発は火山体の上部をさらに不安定化させたが、その後、長周期の群発地震と複合事象が記録された。これらの事象の特徴や位置は、これらが火山円錐丘の山頂域に影響を及ぼす破壊プロセスに関連付けられることを示唆するものである。

## 12-P-08

ネバド・デル・ウイラ火山(コロンビア)の 2007 年 2 月及び 4 月の水蒸気噴火に伴う地震の記録

Carlos Cardona<sup>1</sup>, Marta CALVACHE<sup>2</sup>, Bernardo PULGARIN<sup>1</sup>, Adriana AGUDELO<sup>1</sup>, Cristian SANTACOLOMA<sup>1</sup>, Andrew LOCKHART<sup>3</sup>, Randall WHITE<sup>3</sup>, Jeffrey MARSO<sup>3</sup>

1. INGEOMINAS., Observatorio Vulcanologico y Sismologico de Popayan., Colombia.
  2. INGEOMINAS Bogota., Colombia.
  3. U.S. Geological Survey., United States
- e-mail: cecardona@ingeminas.gov.co

ネバド・デル・ウイラ火山(海拔 5,364 m)は、コロンビアの南西部に位置し、ポパヤン市の北東 90 km にある。調査開始以来 1 日当たり 2, 3 個の地震が発生する活動レベルを示してきた。火山への関連性の高い活動は 1997 年, 2000 年, 2001 年, 2003 年に発生し、主に同火山の南西及び北東での小規模の火山構造的(VT)群発地震を伴った。

今年の初め、地震活動は、現在は中央山頂直下が震源とされる VT 群発地震に代表される変化を示し、それと同時に、山体内部の流体運動に伴う現象も発生した。この挙動は、2 月 18 日のグリニッジ標準時で 13 時 53 分に起こった噴火に先立ったもので、それに伴い、小規模の火山灰放出とパエス川を下る小規模の火山泥流が発生した。

その後の数日間、地震活動は低水準に戻り、ごく少ない小規模の火山灰放出が、新たな VT 群発地震が記録された 4 月 17 日まで続いた。この最後の活動は、新たな水蒸気噴火に先行して起こった、より多量の流体運動が関連した現象であることが示唆されている。水蒸気噴火は火山灰の放出と、前回のものより大規模な火山泥流を発生させパエス川の影響圏の道路インフラストラクチャを破壊した。それでもなお、最も脆弱な地域の住民の適切なコミュニケーションと迅速な避難によ

り、負傷者も死者も出なかった。

このレポートは、今年の 2 月と 4 月に起こったネバド・デル・ウイラ噴火の最中及び前後における地震挙動と、火山危機の対処プロセスに対する地震情報の寄与について示す目的で書かれた。

## 12-P-09

パエス川溪谷(コロンビア)を襲った 1994 年及び 2007 年の土石流: LAHAR-Z 方式のプロットに対する較正

Carlos CARDONA<sup>1</sup>, Bernardo PULGARIN<sup>1</sup>, Adriana AGUDELO<sup>1</sup>, Cristian SANTACOLOMA<sup>1</sup>, Marta CALVACHE<sup>2</sup>, Steve SCHILLING<sup>3</sup>, Andrew LOCKHART<sup>3</sup>, Jeffrey MARSO<sup>3</sup>

1. INGEOMINAS, Observatorio Vulcano logico y Sismologico de Popayan/ Colombia.
  2. INGEOMINAS, Bogota / Colombia.
  3. U.S. Geological Survey/ United States.
- e-mail: cecardona@ingeminas.gov.co

コロンビア・カウカ州にあるネバド・デル・ウイラ火山の主要水系であるパエス川溪谷において、近年、2 度の大規模な土石流が発生した。1994 年の土石流は地震性で、3,000 を超える地滑りによって増大した。2007 年 4 月の土石流は火山性で、火山からの排水や火山斜面及び河床の遊離物質によって増大した。

パエス川溪谷を通る様々な土石流の容積について LAHAR-Z 方式によって行われたシミュレーションの結果は、1994 年及び 2007 年の期間にパエス流域で発生したものに比べ、高さ、浸水部分及び容積を過大評価している。他方、4 月の土石流について測定された高さから火山泥流の容積を計算したところ、容積は大幅に過小評価された。故に、我々は 1994 年と 2007 年の土石流情報を用いて、この方式を較正することにした。

ペレス流域の火山泥流の情報を得るため、1994 年と 2007 年の土石流に巻き込まれた横断浸水面積、その高さ、さらに容積についても、いくつかの地点で計算が行われた。統計的・数学的分析を行った後の、これら 2 件の土石流について良好な測定を表す方程式は最終的に、 $A=0.0059 V^{2/3}$  となる。溪谷の上流、中流、下流域のいくつかの場所について測定を行った後、我々は、おおよそ「V」字形状の場所では、計算結果と測定結果が良好な一致を示すことを認識した。この状況は、パエス川溪谷の上流域と中流域で起こる。

特定の断面について、較正した方程式で計算した高度と現場で測定した高度の差は最大約 5 m で、これはパエス川低地の流域と中流域での値である。

## 12-P-10

御嶽山の最近の活動に伴う地震の精密震源分布と超長周期地震

中道 治久<sup>1</sup>, 木股 文昭<sup>1</sup>, 山崎 文人<sup>1</sup>, 大久保 慎人<sup>2</sup>,  
山田 守<sup>1</sup>, 渡辺 俊樹<sup>1</sup>

1. 名古屋大学大学院環境学研究科/日本

2. 東濃地震科学研究所

e-mail:nakamiti@nagoya-u.jp

名古屋大学では、御嶽山周辺に地震観測網を構築して静穏期の火山活動のモニタリングを行ってきた。また、2001年頃から長野県と岐阜県による観測網が構築され、データ提供を受けてきた。そして、両県のデータと名古屋大学のデータを統合して震源決定がなされてきた。2006年12月下旬からの地震活動は観測開始以来はじめての顕著な活動であった。地震活動は火山構造成地震(高周波地震)の群発で開始して、1月からは低周波地震が発生した。1月下旬からは火山性微動が発生していた。今回の活動は典型的な火山における地震活動の推移パターン(McNutt, 1996)を示している。地震活動の推移は、2007年2月中旬現在は噴火に至っていないが、火山性流体が深部から火山浅部へと供給されていることを示唆している。我々は、山頂直下の地震の詳細な震源分布を明らかにするために、名古屋大学、Hi-net、両県の統合データから震源決定を行い、DD法(Waldhauser and Ellsworth, 2000)により震源再決定を行った。その結果、震源は御嶽山山頂(剣ヶ峰)から南西方向にあたる地獄谷を中心に分布し、その深さは浅く、標高1 kmから深さ3 kmに分布する。超長周期イベントの活動把握と震源メカニズムを明らかにするため、名古屋大学と東濃地震科学研究所は御嶽山周辺に広帯域地震計を1月23日に設置した。そして1月下旬からの火山性微動には周期20秒程度の超長周期振動成分が含まれているものがあることが明らかになった。特に1月25日9時頃発生した微動を伴う超長周期イベントの振動は新たに設置した広帯域地震観測点と御嶽山周辺の広帯域観測点で明瞭に観測され、さらに御嶽山から140km離れた名古屋大学広帯域地震観測点とF-net点においても振動が確認された。超長周期イベントの振動軌跡を調べたところ、山頂から14km南東の観測点では山頂方向を示すのに対し、山頂から14km北北東の観測点では山頂方向に直交する方向を向く。山頂直下の深さ5kmより浅部に鉛直で南北走行の開口クラックの振動にて観測された振動軌跡を説明可能である。

## 12-P-11

浅間山で発生するN型地震の特徴: 波形の時間変化と震源分布

及川 純<sup>1</sup>, 井田 喜明<sup>2</sup>

1. 東京大学地震研究所/日本

2. アドバンスソフト株式会社/日本

e-mail:oikawa@eri.u-tokyo.ac.jp

浅間山で観測されるN型地震は低周波地震に分類され、ほとんど単一周波数をもつ振動が、ゆっくりと減衰しながら長時間継続する特異な波形をもつ。これは、T型地震、長尾地

震などともよばれ安山岩質火山でひろく観測されている現象である。発生機構としては、マグマなどの火山性流体の関与が示唆されており、共鳴振動などの様々なモデルが提唱されている。本研究は、1996年12月1日～10日に発生したN型地震の群発活動のデータを解析し、卓越周波数、減衰定数の時間変化を調べた。この期間は、11月～12月にかけて発生した火山性地震の群発活動の最中である。N型地震は、振幅分布や初動を用いた震源決定により山頂火口直下の極浅部で発生していることが知られているが、本研究では、震央距離にして数百メートルにある山頂火口近傍の4観測点のデータを用いている。発生したN型地震は112個であったが(東京大学地震研究所基準)、解析に用いたのは、波形に明らかに複数の周波数がついているものを除いた91個である。解析は、波形のコーダ部分を単一周期の減衰振動で近似して、周波数、減衰定数(tを時間として振幅の減衰を $\text{EXP}[-at]$ としたときのa)、位相、振幅を決めた。卓越周波数は、1.6Hz～7Hz程度まで及んでいるが、目立つのは、2Hzから1.6Hzまで徐々に変化しているグループである(グループ1)。このグループに着目すると、共鳴モデルでいえば卓越周波数を決める発生源のスケールや物性が徐々に変化したことを示している。また、12月5日から6日にかけて2.6Hzから1.4Hzまで、9日から10日にかけて2.2Hzから1.6Hzまで徐々に変化するグループも存在している(グループ2およびグループ3)。これは、上記のグループとは別の発生源または発生過程が存在していることを示している。減衰定数は、ばらつきが大きいものの卓越周波数と正の相関があるように見えるが、相関の程度は低い。初動を用いた震源決定によると、山頂火口直下で発生するB型地震の震源域(火口底直下から深さ700m程度に分布する; 及川・他, 2006)の上端すなわち火口底直下に位置している。グループ1の震源は火口内のやや西側に位置し、グループ2, 3の震源は火口中央付近にある。これより、異なるグループでは少なくとも発生源の位置が違うことがわかった。

## 12-P-12

2001年箱根群発地震で観測されたS波スプリッティングの時間変化

本多 亮<sup>1</sup>, 棚田 俊收<sup>1</sup>

1. 神奈川県温泉地学研究所/日本

e-mail:ryou@onken.odawara.kanagawa.jp

神奈川県温泉地学研究所(以下、温地研)では、箱根火山を中心に14点の地震観測網を展開している。2001年に温地研の観測史上最大の群発地震が箱根で発生した。本発表では、群発期間内に箱根火山に設置してある地震観測点で観測された、S波スプリッティングのパラメータ(LSPD:速いS波の振動方向)の時間変化について報告する。解析には、1997年から2005年までの地震波形を用いた。

時間変化が特に顕著に見られたのは、大涌谷観測点と駒ヶ岳観測点である。大涌谷観測点では、2001年の群発地震の前後でLSPDが変化しているのがわかった。群発期間中に

は東西に近い LSPD が卓越し、大涌谷観測点の傾斜計の記録から推定された開口クラックの方向とよく一致している。つまり、地震波形の解析からも 2001 年の群発地震の際に大涌谷観測点の直下でクラックが開いたことが確認できた。

駒ヶ岳観測点で観測される LSPD は、東西と南北方向が全期間にわたって観測される。しかし群発地震の際には、南北方向の速い S 波の振動方向が卓越した。微小地震の分布などとの比較から、南北のピークは箱根火山直下に存在する弱面を反映していると考えられる。

## 12-P-13

### 2001 年箱根群発地震活動

棚田 俊收<sup>1</sup>, 代田 寧<sup>1</sup>, 原田 昌武<sup>1</sup>, 本多 亮<sup>1</sup>, 行竹 洋平<sup>2</sup>, 伊東 博<sup>1</sup>

1. 神奈川温泉地学研究所/日本

2. 防災科学技術研究所/日本

e-mail:tanada@onken.odawara.kanagawa.jp

神奈川温泉地学研究所は 1961 年に設立され、1968 年から箱根火山で地震観測をおこなってきた。1989 年以降は、地震計や傾斜計、光波、GPS を使って、地震・地殻変動観測網を強化した。震源は温泉地学研究所が維持している 16 箇所の地震計記録をもとに決定している。地震計は 3 成分、固有周期 1 秒、ダンピング 0.7 である。

1989～2006 年の間でもっとも顕著な活動は 2001 に発生した群発地震活動であった。この活動は 6 月 12 日から 10 月上旬までの約 4 ヶ月間続いた。地震発生数は、震源決定されないものも含め 15000 以上に上った。最大地震のマグニチュードは 2.9 (7 月 21 日) であったが、ほとんどの地震はマグニチュード 1 以下であった。

震源分布は中央火口丘直下ほぼ南北方向に並んだ。南北配列中央部での震源の深さは浅かった。配列の両端での深さは 3～6 km であった。メカニズムは横ずれと正断層が多かった。この活動の特徴は箱根火山体の隆起や膨張を示す地殻変動が初めて観測されたことである。この活動を契機として、箱根火山防災マップが作成された。

## 12-P-14

### 三宅島 2000 年火山活動におけるカルデラ形成直前に頻発する低周波地震の解析

小林 知勝<sup>1</sup>, 大湊 隆雄<sup>2</sup>, 井田 喜明<sup>3</sup>, 藤田 英輔<sup>4</sup>

1. 北海道大学地震火山研究観測センター/日本

2. 東京大学地震研究所/日本

3. アドバンスソフト株式会社/日本

4. 防災科学技術研究所/日本

e-mail:tkoba@uvo.sci.hokudai.ac.jp

2000 年三宅島火山活動におけるカルデラ形成開始の数日前から、卓越周波数 0.2 および 0.4 Hz の低周波地震が観測さ

れた。低周波地震はパルス幅約 2 秒の初動部と震動部の 2 つの特徴的な部分に分けられる。本研究ではそれぞれの部分に波形インバージョンを適用し、各々の震源及びメカニズムを決めた。その結果、初動パルスは山頂直下の深さ約 2 km で北向きに働くシングルフォース、震動部は山頂から南西約 2 km の深さ約 5 km に働くモーメント解で説明されることが分かった。初動パルスと震動部の最大振幅の関係を調べたところ、両者には明瞭な比例関係が見られたことから、山頂下浅部の力源が深部における震動を励起する現象であることが示唆される。推定されたモーメント解の震源時間関数の 6 成分は必ずしも同位相で震動していない。このような特徴を持つ震源時間関数から震源の幾何情報を抽出するために、我々は震源時間関数を周波数領域で解析する新しい手法を開発した。その結果、モーメント解は北東に約 20 度傾く軸を対称にした震動であることがわかった。これらの条件を満たす物理モデルの候補の 1 つとして、2 枚の直交するクラックの共鳴震動が挙げられる。

## 12-P-15

### 阿蘇中岳における 1930 年以降の噴火活動と火山性微動

坂口 弘訓<sup>1</sup>, 沢田 順弘<sup>1</sup>, 須藤 靖明<sup>2</sup>

1. 島根大学総合理工・地球/日本

2. 阿蘇火山博物館/日本

e-mail:s079206@matsu.shimane-u.ac.jp

1930 年以降の火山活動と火山性微動は以下の 4 つのタイプに分類できる。(A) 静穏期には、振幅 1 mm 以下で、その後突如として 10 mm 以上の大きな振幅を記録 (大規模な水蒸気爆発に対応)。その後、急速に振幅は増大するとともに、連続微動へと推移 (ストロンボリ式噴火)。(B) 1 mm 以下の小振幅の状態から 3 mm 以下の非常に小さい爆発波形を記録 (水蒸気爆発)。その後、1 mm 以下の小振幅状態に戻る。(C) 振幅 1 mm 以下から徐々に振幅が増大し、火山性微動が連続して発生 (湯だまりからの噴湯現象、土砂噴出、赤熱噴石活動)。その後、さらに微動が連続化し、振幅が最大となる (ストロンボリ式噴火活動)。(D) 噴火活動が土砂噴出、赤熱噴石活動に入ると振幅は 1 mm 以下から徐々に増大。その後、噴火活動の停止に伴い、微動振幅は急速に 0 mm に近い状態となる。最後にストロンボリ式噴火活動が始まると、爆発波形は 3 mm 以上の振幅を示す。いずれの活動においても、噴火初期は高い硫黄濃度の湯だまり中の湯及び底部の堆積物を噴出し、その後、玄武岩質安山岩質スコリアを含む火山灰の噴出、ストロンボリ式噴火へと推移した。

## 12-P-16

### 草津白根火山に観測される相似地震

山脇 輝夫<sup>1</sup>, 野上 健治<sup>1</sup>, 小川 康雄<sup>1</sup>, 平林 順一<sup>1</sup>

1. 東京工業大学火山流体研究センター/日本

e-mail:yamawaki@ksvo.titech.ac.jp

草津白根山ではこれまで水蒸気爆発が繰り返され、現在も地震や噴気の活動が認められる。この火山の活動を監視するため、東京工業大学では地震が最も集中する火口湖湯釜の周辺に 6 点の地震計を設置して観測を行っている。3 点はボアホール観測点で、S/N の良い地震記録が微小地震( $M \sim -1$ )の震源決定を可能としている。数多く発生する地震から波形の良く似た相似地震を調べることは、火山活動に対応した構造変化を探る道具として活動監視に利用出来る可能性がある。本発表では草津白根山周辺の相似地震の活動について報告する。過去 4 年間に発生した地震約 1600 個を用いた。P 波部分 2 秒間の波形を切り出し、他の地震との最大相互相関係数を観測点毎に調べた。ボアホール観測点での相関を基に波形の似た地震をグループ化したところ、全体の 3/4 の地震がいくつかのグループに属し、半分の地震が多数派の 3 グループに属することが明らかとなった。2 つは湯釜の東部から北東部に分布し、深さはいずれも地表面下 0.5-1km 程度である。もう 1 つは湯釜の南約 1km の地表面下約 1km と、前の 2 グループに比べて深部に分布する。

## 12-P-17

### マチン火山(コロンビア)における地殻変動観測:新しい火山活動へのアプローチ

Milton Ordonez<sup>1</sup>

1. Volcanological and Seismological Observatory of Manizales, INGEOMINAS, Colombian Institute of Geology and Mining  
e-mail:mordonez@ingominas.gov.co

マチン火山は、南米コロンビア中部のトリマ県にある。活発な火口丘はカハマルカの市街地(人口 22, 800 人)の北東 7.5 km, イバゲ市(人口 421, 690 人)の北西 17 km の位置にある。この火山体は、基盤岩上に高さ 80 m-100 m の多数のリング状の火山砕屑物でできていて、火山の輪の内側には平野があり、数年前は小さい潟湖が存在した。リング状の火山砕屑物は南西側面で破断されている。火山群の中心には、3 つの溶岩ドームがあり、最も高いもので海拔 2, 750 m である。有史上の噴火活動記録はない。火山の地殻変動観測は、活火山を監視する上で最も役立つ技法の 1 つと考えられている。地殻変動観測網は、マグマ系内の過圧に起因する表面の高度変化の検出に用いられる。マチン火山でのドライティルト及び水準測量は、1987 年から行われている。ドライティルト及び短距離水準測量の測点が、リング状火山砕屑物と火山ドーム上に設けられた。観測点は常設点である。データ解析によると、まず、大きな傾斜変動は、リング状火山砕屑物が破断されている南西側面における火山性の地滑りによるものと考えられる。将来、この変形がシステムを不安定化させ、噴火を生じさせる可能性がある。他の観測点は、主火口の下 3 km 未満を中心とする浅いマグマ溜りへのマグマの上昇の可能性を示している。同火山の中心から異なる水平距離に位置する 8 箇所の測点で記録された相対的な傾斜量データを茂木モデルに適

用し、マグマの上昇量を推定した。

## 12-P-18

### GPS による雲仙岳平成新山溶岩ドーム変形の監視

松島 健<sup>1</sup>, 河野 裕希<sup>1</sup>, 平尾 暁彦<sup>1</sup>, 清水 洋<sup>1</sup>

1. 九州大学地震火山観測研究センター/日本

e-mail:mat@sevo.kyushu-u.ac.jp

1990 年から噴火を開始した雲仙普賢岳は、1991 年 5 月から東斜面に粘性の高い溶岩を噴出し、度重なる火砕流を発生させながら、1995 年 2 月にはその活動を停止した。4 年足らずの間に体積約 1 億  $m^3$  の溶岩ドームが形成され、高さ約 250m 南北約 850m 東西約 1200m の「平成新山」が誕生した。1995 年 5 月から我々はドーム上に GPS 基準点を設置し、その変形過程を精密に監視してきた。

基準点は、破碎された溶岩塊が表面を覆う台形錐状の溶岩丘の上にあるが、東斜面に垂れ下がった第 11 溶岩ローブに近い所では変位が大きく、10 年間で南東方向に 3m 移動し、4.8m 沈降した地点もある。それ以外の地点では、火口直上にある溶岩尖塔を中心に放射状に 10cm/年程度の変位と 30cm/年程度の沈降が見られていたが、最近では変位も小さくなり、15cm/年の沈降のみ観測されている。

当初はドーム内部のまだ高温で粘性がある溶岩が側方へ移動していたが、現在は冷却破碎が進み、圧密沈降のみの状態になっているものと考えられる。しかし、第 11 溶岩ローブが旧山体を滑り落ちる変位も観測されており、今後も監視体制が必要である。

## 12-P-19

### 錦江湾北部での GPS 連続観測による地殻変動

中尾 茂<sup>1</sup>, 後藤 和彦<sup>2</sup>, 八木原 寛<sup>2</sup>, 平野 舟一郎<sup>2</sup>, 田村 良明<sup>3</sup>, 田中 穰<sup>1</sup>

1. 鹿児島大学理学部/日本

2. 鹿児島大学理学部南西島弧地震火山観測所/日本

3. 国立天文台水沢 VERA 観測所/日本

e-mail:nakao@eri.u-tokyo.ac.jp

鹿児島大学理学部では 1993 年より錦江湾の北部で GPS 連続観測を開始した。この地域にはもっとも活動的な火山のひとつである桜島がある。井口(2006)は桜島島内や桜島周辺に設置した GPS 連続観測点のデータを解析し、始良カルデラ内の膨張源が間欠的に膨張していることを見出した。ここでは、国土地理院による GEONET 観測点のデータをあわせて解析した結果について報告する。

鹿児島大学の 4 観測点 NOEV, TAKT, USKI, KD2H と GEONET の 60 観測点の日々の座標値を BERNESE GPS ソフトウェア 5.0 で解析した。ここでの解析期間は 1996 年 4 月から 2007 年 3 月である。大気伝播遅延量とその勾配はそれぞれ 1

時間と1日毎に推定し、座標系は ITRF2000 に準拠した。

各観測点は年率3.4から4.6cmで南東方向に移動していることがわかった。GPS観測点3点から構成される三角形で座標値変化から歪変化を計算した。桜島島外の観測点からなる三角形では面積歪の膨張がほぼ一定に起こっていることがわかった。桜島島内の三角形では膨張は1999年、2001年に起こっており、間欠的であることがわかった。

## 12-P-20

### 噴火規模のリアルタイム推定:緊急火山速報の提案

高橋 浩晃<sup>1</sup>

1. 北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター/日本

e-mail:hiroaki@mail.sci.hokudai.ac.jp

地震では、リアルタイムにマグニチュード(規模)の推定・発表が行われるが、火山噴火では規模がリアルタイムに発表されることはない。しかし、火山周辺の住民・行政にとっては、これから起こる、あるいは進行中の噴火が、どのような規模(大きさ)のものであるかという情報が、避難等の判断に決定的に重要な役割を果たす。よって、迅速に噴火の規模をオーダーレベルでも推定することは有用であると考え、噴火規模を地殻変動データからリアルタイムかつ定量的に推定する手法について検討を行った。火山噴火は、単純化すればマグマ溜りから地表へのマグマやガスの移動である。よって、マグマ溜りの収縮量を時空間的に積分することにより、貫入したマグマの総量が推定でき、ゆえに収縮総量と噴火規模は比例関係とする。山体からやや遠方の観測点では、マグマ溜りの収縮を示す地殻変動が観測されるが、これを用いて噴火開始直前までの収縮量の推定を行ったところ、噴火後に明らかになったマグマの噴出量等とオーダーレベルでよい一致を示した。これは、この量を用いることにより、噴火開始直前に、推定噴火規模情報を緊急「火山」速報として発表できる可能性を示している。

## 12-P-21

### 地殻変動観測による伊豆大島マグマ供給系の推定

高木 朗充<sup>1</sup>, 福井 敬一<sup>1</sup>, 山里 平<sup>1</sup>, 坂井 孝行<sup>1</sup>, 安藤 忍<sup>1</sup>, 加藤 幸司<sup>2</sup>, 中禮 正明<sup>3</sup>

1. 気象研究所/日本

2. 気象庁地震火山部/日本

3. 気象庁地磁気観測所/日本

e-mail:atakagi@mri-jma.go.jp

伊豆大島火山は伊豆・小笠原諸島の北端に位置し、日本で最も活動的な火山の1つである。この火山は玄武岩質で、過去に周期的に噴火活動を行っている。最後の噴火は1986年であった。この噴火以降、島は火口下の浅いマグマだまりに

マグマが供給されることによる膨張を示すことが知られている(村上, 2002)。しかし、フィリピン海プレートに乗ったこの地域は、北北西-南南東に圧力方向をもつ広域応力場に支配されている。実際、大島では過去の火口や火砕丘は、それと調和的に、北北西-南南東方向に配列している。この広域的な変動に加え、島内の中央火口や南東地域では地域的な変動も観測されている。このように、この火山及びその周辺の地殻変動は、複雑な応力の組み合わせと考えられる。我々は、噴火準備過程における伊豆大島火山のマグマ供給系を、高密度GPS、EDM、傾斜計、及び重力観測網による山体の地殻変動観測から、明らかにしようと試みている。

## 12-P-22

### 雌阿寒岳の小規模水蒸気爆発に先行した傾斜変動

青山 裕<sup>1</sup>, 大島 弘光<sup>1</sup>

1. 北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター/日本

e-mail:aoyama@uvo.sci.hokudai.ac.jp

2006年3月21日の雌阿寒岳水蒸気爆発に先だて、およそ1ヶ月前から前兆群発地震活動が認められた。本研究では2月19日に発生した火山性微動に重なって雌阿寒温泉観測点で観測された、およそ60秒程度の継続時間をもつ奇妙な長周期の信号に注目した。この長周期の信号の振幅は非常に小さいが、速度記録に顕著な片揺れが認められ、変位記録にすると大きなステップが現れた。我々はこの信号を地震計の傾斜変動と並進運動の重ね合わせであると考え、とらえられた地震波データの解釈を試みた。地震計に現れた長周期の信号から示唆される傾斜変動は、山体方向の沈降に相当するものであった。群発地震の震源域に球状の体積変化源が存在すると仮定して、変位記録の振幅を説明する体積変化量を計算すると、 $10^4\text{m}^3$ のオーダーの体積減少に相当することが分かった。この体積変化によって観測点で生じる変位を理論計算により作成して傾斜変動で現れる地震波形に重ね合わせたところ、観測された地震波データの特徴を良く再現する結果が得られた。微動からおおよそ1ヶ月後に水蒸気爆発に至ったことから、球状体積変化源にあった物質(火山性流体)が火山性微動の発生時に上方へ移動した場合を検討した。物質の移動が起こった場合には、移動に見合うだけの変形が観測されるはずである。ここでは、深部球状ソースの収縮と浅部ダイクの開口からなる簡単なモデルで検討を行った。地表の火口列に沿う北北西-南南東方向に走向を持つ鉛直クラックを、球状ソースの体積減少分と同じだけ開口させたとなると、雌阿寒温泉観測点では浅部ダイクの影響が深部球状ソースの影響に比べて1/5程度かそれ以下しか現れないことが分かった。浅部ダイクの走向を大きく変えない限り、雌阿寒温泉におけるダイク開口の影響は小さい。すなわち、雌阿寒温泉で得られた地震波データは、深部での収縮、もしくは、深部での収縮と浅部でのダイク開口のどちらでも説明できると考えられる。規模の小さな水蒸気爆発に先行する地震波にも、長周期の変動が含まれている場合があることが明らかになった。本

研究の結果は、広帯域地震計による観測が長周期の変動に関する研究という観点だけでなく、火山活動のモニタリングという観点に立っても非常に有益であることを示唆している。

## 12-P-23

### GPSによる阿蘇火山周辺の地殻変動観測

大倉 敬宏<sup>1</sup>, 及川 純<sup>2</sup>

1. 京都大学火山研究センター / 日本

2. 東京大学地震研究所 / 日本

e-mail: bonkura@aso.vgs.kyoto-u.ac.jp

阿蘇火山周辺では、京都大学により1937年から水準測量が繰り返し行われてきた。その結果として、中岳火口の西南西約2kmの地点を中心とした沈降が観測されている。そして、この沈降は中岳火口の西3kmの地下4-6kmを中心とする収縮力源により引き起こされたと考えられている(須藤・他, 2006)。そして、地震波トモグラフィーの結果から、草千里の地下6kmには直径2-3kmの低速度領域が存在することが明らかにされている(Sudo and Kong, 2001)。低速度領域の位置は収縮力源の位置とほぼ一致し、これがマグマ溜まりに対応すると考えられている(須藤・他, 2006)。一方、国土地理院による水準測量やGPS連続観測結果のからは、阿蘇カルデラは全体として沈降していることが明らかとなった(村上・小沢, 2004)。そして、2003年にはカルデラ中央部が盛り上がる地殻変動が発生し、その変動源は須藤・他(2006)が求めた力源よりも深部にある可能性の高いことが示されている(村上, 2004)。簡単なモデル計算の結果、少なくとも1997年以降の地殻変動がこれら二つの変動源によって引き起こされていることが明らかになった。

## 12-P-24

### グアダハラの大都市圏における測地網によるリスク調査

Bertha Marquez-Azua<sup>1</sup>, Mabel Padlog<sup>2</sup>

1. Universidad de Guadalajara, Mexico

e-mail: bmarquez@cencar.udg.mx

衛星測位システム(GPS)による測地は、主に地球科学分野、特に地球物理学研究の分野で、近年熱心に利用されている。民間企業ではこの技術の需要が多く、その目的は調査、地籍図や写真測量地図の作成、政治・行政上の境界の定義、主題別の地図作製法を用いた空間分析、GIS、社会的、経済的、政治的必要性を満たすよう境界を設ける土地利用計画、さらには環境保全などがある。グアダハラ市と周囲の都市圏は過去30年間に産業、商業、住宅供給活動の結果大きく拡大し、その都市形態を大幅に変化させた。この期間、この大都市はその歴史上例を見ないほど成長した。都市化はものすごい勢いで無秩序かつアンバランスなまま進み、しかも、適切な計画性に欠けると評価されてきた。これらのすべてが、国の西

部で最も重要な都市としてこの都市が機能するに不適切な状態にしまっている。グアダハラ旧市街地周辺の新規開発地は、地震や火山のリスクを抱えている。測地網は非常時に情報を提供するものでなければならない。それは認知不可能な地表変形を、地震計を用いて測定するのに役立つ。我々は、土地利用や都市及び農村の土地台帳を含めた都市の開発や市街地計画を秩序あるものにするを目標に、グアダハラの大都市圏に設けられた89箇所の測地点に関する調査を行った。今回の研究で我々は、都市拡大のパターンや、都市地域の脆弱性、地域を脅威にさらす多様なリスクに応じて、それぞれの地点のクオリティや適正な都市の配置について検証と評価を行った。

## 12-P-25

### 水準測量による有珠山の中長期噴火予測

森 済<sup>1</sup>

1. 北海道大学大学院理学研究院 / 日本

e-mail: mori@uvo.sci.hokudai.ac.jp

有珠山は、雲仙岳と同様に、粘性の高いデイサイトマグマの活動を行う北海道南西部に位置する活火山です。その高粘性のため、大規模な地殻変動と多数の有感地震を起こす活動が特徴です。高粘性のマグマは、ドレインバックできないため、活動後も地表付近に留まります。そのため、静穏期の山体周辺では沈降が卓越し、安山岩質火山で一般的に見られるような、次期噴火に向けたマグマ蓄積に伴う隆起は明らかではありませんでした。本研究では、我が国で高精度かつ長期間のデータが得られている唯一の測地データである一等水準測量データのうち、今まで顧みられてこなかった、有珠山近傍の沈降の影響を受けない有珠山から10km以遠の水準点のデータを用いて、静穏期の変動を調べました。その結果、活動期を含まない1953-1968年及び1983-1994年の2期間の変動から、地域性のトレンドを除去することにより、有珠山南東部(山体中心の南東約2km)直下の深さ10kmに等方圧力源を想定すると説明可能な隆起パターンが得られました。圧力源の体積増加率は、前の期間に比べて後の期間が大きく、活動前の静穏期間が短かったことに関係していると考えられます。

## 12-P-26

### 2004年の水蒸気噴火に先立つプロモ火山の地殻変動

Estu Kriswati<sup>1</sup>, Muhamad Hendrasto<sup>1</sup>, Umar Rosadi<sup>1</sup>

1. Centre of Volcanology and Geological Hazard Mitigation

e-mail: estu@vsi.esdm.go.id

2001年-2004年のGPSの地殻変動データは、テンゲル・カルデラにあるプロモ火山の2004年噴火前後の幾何学的変化を知るために利用された。2004年6月8日のプロモ火山の水

蒸気噴火の前には、明らかな地震活動の増加があったわけではない。火山性地震の数は増えていなかった。しかし噴火の数日前、火山性微動が1cmを超える振幅で強く記録されていた。水平変位、ひずみ解析、点源解析を基に、膨張・収縮プロセスがテンゲル・カルデラで発生し、その点源はプロモ山頂下方1kmの深度に位置した。膨張は2001年-2003年の期間に探知され、2004年6月の噴火後にテンゲル・カルデラで収縮が起こった。収縮に続き、火山性群発地震が起こった。キーワード: 火山の噴火、地殻変動、GPS、水平変位、ひずみ解析、点源

## 12-P-27

### 自然電位分布から推定される有珠火山の熱水系

長谷 英彰<sup>1</sup>, 橋本 武志<sup>1</sup>, 西田 泰典<sup>1</sup>, 宇津木 充<sup>2</sup>, 井上 寛之<sup>2</sup>, 佐波 瑞恵<sup>3</sup>

1. 北海道大学地震火山研究観測センター/日本
2. 京都大学地球熱学研究施設火山研究センター/日本
3. 室蘭工業大学/日本

e-mail:hhase@mail.sci.hokudai.ac.jp

これまで多くの活動的火山や地熱地域で自然電位調査が行なわれ、特徴的な自然電位異常が観測されている(e.g. Kilauea: Zablocki, 1976; 雲仙: Hashimoto and Tanaka, 1995; 三宅島: Sasai et al., 1997; 阿蘇山: Hase et al., 2005). これらの自然電位異常の発生メカニズムは、地下水流動に伴って発生する流動電位が最も寄与していると考えられている(e.g. Ishido and Mizutani, 1981). 通常、流動電位は地下水流動に伴いプラスの電荷が運ばれることにより発生するため、例えば火山の山頂付近でポジティブな自然電位異常が観測された場合、地下に上昇流が存在していると解釈される。このように地表で観測される自然電位から地下水流動を推定することが可能であるため、火山内部に存在する熱水系やその駆動源となっている浅部熱源の推定に広く用いられるようになり、自然電位は火山活動度を評価する上でも有効な手段のひとつとなっている。

有珠山では1983, 1985, 1987, 1994年に山頂カルデラ周辺で自然電位(SP)測定が行われており、カルデラ内で400mVのポジティブな電位異常が観測されている(Nishida and Tomiya, 1987; Matsushima et al., 1990; Nishida et al., 1996). その後2000年の噴火以降は、西山火口域を中心に局所的な繰り返しのSP測定が行われ、数十mVの電位異常とその時間変化が観測されている(佐波ほか, 2004). これらの電位異常は何れも火山活動に伴う地下の熱水活動が原因であると考えられている。しかし2000年の噴火以降、山頂カルデラを含む広域的なSP調査が行われていないため、噴火後の山頂カルデラ周辺のSP分布がどうなっているのか、また西山火口周辺と山頂カルデラ周辺の熱水活動の関係について明確にされていなかった。本講演ではこのような問題を解決するために2006年に有珠山広域で行ったSP調査の結果について議論する。

## 12-P-28

### 雲仙火山1990-1995年噴火期に観測された重力変化

植木 真人<sup>1</sup>, 清水 洋<sup>2</sup>, 内田 和也<sup>2</sup>, 前川 徳光<sup>3</sup>, 須藤 靖明<sup>4</sup>, 宮町 宏樹<sup>5</sup>, 渡辺 秀文<sup>6</sup>, 石原 和弘<sup>7</sup>

1. 東北大学理学研究科/日本
  2. 九州大学理学研究院/日本
  3. 北海道大学理学研究科/日本
  4. 京都大学理学研究科/日本
  5. 鹿児島大学理学部/日本
  6. 東京大学地震研究所/日本
  7. 京都大防災研究所/日本
- e-mail:ueki@aob.geophys.tohoku.ac.jp

雲仙火山において1991-1995年噴火の期間に観測された重力変化について報告する。重力測定は、L&R G型重力計ならびにScintrex CG-3M型重力計を3~8台用い、計32点で、1990年~2002年に17回実施した。測定誤差は±10μgal以下と推定される。雲仙岳山頂部で、溶岩ドーム形成期の1991年~1993年に100μgalを越える重力増加が観測された。地下での物質の動きによる重力変化を抽出するために、地形変化と地盤変動の影響を評価した。溶岩ドームの形成などによる地形変化の影響は山頂部で約-30μgal、山麓でも-15μgal程度、地盤変動にともなう重力変化は山頂部で約+20μgalと推定される。これらを補正した結果、地下での質量分布の変化に起因する重力変化は、山頂部で50~60μgalと見積もられた。この重力変化は、山頂部極浅部で約10<sup>9</sup>kgの質量が増加したことにより生じたものと推定される。一方、重力変化が山麓での地下水位変動に同期しているようにも見えることから、増加した質量の一部は、火山活動によって地下水系が変化し蓄積された地下水である可能性がある。

## 12-P-29

### ストロンボリ火山における磁気及び重力の観測

Ciro Del Negro<sup>1</sup>, Salvatore Giudice<sup>2</sup>, Filippo Greco<sup>1</sup>, Rosalba Napoli<sup>1</sup>, Antonino Sicali<sup>1</sup>

1. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania, Italy
  2. Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Elettronica e dei Sistemi, Universita' di Catania, Italy
- e-mail:delnegro@ct.ingv.it

2002年-03年のストロンボリの噴火活動は、この火山での火山活動で生じる重力場及び磁場の変化に関する知識の欠如を浮き彫りにし、観測機器配置の分布とその影響を含め、従来の地球物理学的モニタリングの範囲内における顕著な変動の検証を示唆した。2003年の間、エトナ山で得られた経験を活用し、重力・電磁気学研究室では、高分解能の全場測定及び連続稼働の重力測定点を用い、小規模な恒久的磁気

ネットワークを設計、設置した。現在、磁場観測網は、磁場を 5 秒毎に記録するオーバーハウザー効果磁場勾配計(分解能 0.01 nT)を備えた、3 箇所の連続記録観測点で構成される。さらに、重力測定点はラコステ・ロンバーク型 D-157 重力計を装備し、重力やその他のパラメータ(温度、圧力、湿度、X 及び Y 水準)を(1 データ/分のサンプリング率)取得し、これらは火山関連の信号を評価する目的で、機器効果に対する重力信号の軽減に利用される。その狙いは、火山体の範囲内における応力場あるいは熱力学的状態の修正に関連し予想される質量再分配及び磁性の過渡信号と結合される重力変動調査によって、ストロンボリ火山の浅い供給系の力学に関する地球物理学の知識の実質的な向上を実現することである。同火山について 5 年のスパンで記録された重力及び磁気の時系列も併せて解析される。特に潜在的な場の信号と、地震活動や火山活動の間で予想される相関関係について調査した。

## 12-P-30

### エトナ山(イタリア)における磁場モニタリングのレビュー

Rosalba Napoli<sup>1</sup>, Gilda Currenti<sup>1</sup>, Ciro Del Negro<sup>1</sup>, Salvatore Giudice<sup>2</sup>, Antonino Sicali<sup>1</sup>

1. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania, Italy

2. Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Elettronica e dei Sistemi, Universita' di Catania, Italy

e-mail:delnegro@ct.ingv.it

過去 20 年間、我々はエトナの磁場を集中的に監視してきた。最初の観測は 1981 年の側噴火に遡り、この際の大きな異常は、貫入ダイクによって生じたピエゾ磁気効果と熱消磁の複合効果であると考えられた。熱磁気効果観測に関する顕著な事例は 1989 年の割れ目噴火に関連し、2 年間にわたり繰り返し行われた測定によって、徐々に 130 nT もの異常となった。この異常の特徴や構成から、浅い岩脈の位置及び冷却時間がわかった。その後、1995 年に、高密度に配置した 5 つのプロトン磁力計が、北東の火口の活発化に伴う変化を記録した。高温の液体によって熱せられた地域と考えられた磁性異常発生源の中心は、変動率の空間分布によって推定された。2001 年の側噴火は、オーバーハウザー効果磁力計を備えた現在のネットワークの能力を検証する、初めての機会をもたらした。3 nT から 7 nT の範囲での大幅な変動が、主要な火山事象の間に検出された。こうした変化は大抵、異なる深度でのマグマの貫入による応力再分布や、かなり浅い深度での熱消磁によって生じたものである。顕著な変化は 2002 年の山腹噴火の発生時にも観測された。約 4 nT-5 nT の急激な変動は、山頂火口の下方で記録された群発地震に関連し、また 9 nT-10 nT の段階的変動は、噴火による割れ目の開口と一致していた。異常の増大率は、マグマの貫入速度が約 14 m/分であったとの解釈に結び付いた。最後に、2006 年の側噴火は、5 nT を超える緩慢で連続的な、全強度の低下を伴った。磁気データが示すのは、南東の山腹に位置する熱磁気効果によって

変化が引き起こされたということである。

## 12-P-31

### 電磁気・地球化学的手法によるフィリピン・タール火山の監視: 2005-2007

笹井 洋一<sup>1</sup>, サビット フリオ P.<sup>2</sup>, コルドン Jr. ファン M.<sup>2</sup>, ヴィラコルテ エドガルド U.<sup>2</sup>, ズロトニキ ジャック<sup>3</sup>, トウティン ジャンポール<sup>4</sup>, 原田 誠<sup>5</sup>, 長谷 英彰<sup>6</sup>, シンシオ コジエイム S.<sup>2</sup>, 長尾 年恭<sup>5</sup>

1. 東京都総合防災部/日本

2. フィリピン火山地震研究所/フィリピン

3. クレルモンフェラン地球物理研究所/フランス

4. ミデイ・ピレネー地球物理研究所/フランス

5. 東海大学海洋開発学部地震予知研究センター/日本

6. 北海道大学理学研究科/日本

e-mail:yosasai@zag.att.ne.jp

タール火山(フィリピン)はタール・カルデラ湖の中にある火山島で、1977 年までマグマ水蒸気爆発等を頻繁に繰り返してきたが、1990 年代以降は火山性地震や噴気活動は活発化するものの、噴火に至っていない。2005 年 1 月からフィリピン火山地震研究所(PHIVOLCS)と IUGG 傘下の EMSEV(地震・火山の電磁気的研究)グループは協力して、タール火山の電磁気的・地球化学的・熱学的研究を開始した。我々は全磁力と自然電位のくり返し測定と、全磁力・自然電位・土中 CO<sub>2</sub> ガス濃度・地中温度の面的測定、および衛星データによる湖面温度の監視を行っている。2005 年 2-3 月および 2006 年 11-12 月に中央火口湖東岸を中心に起こった異常噴気・間欠泉活動に伴い、あるいは先行して、顕著な全磁力・自然電位の変化があった。我々はこれら電磁気・地球化学データを噴気異常・水蒸気爆発の短期的前兆として、警報発令体制に組み込むことを目指して、まず自然電位と地中温度の連続観測を開始した。タール火山では多数の観光客が噴気地帯を訪れており、短期的な警報・警告体制が不可欠である。本研究はフィリピンにおいて、電磁気的手法による地震・火山の研究を定着させることをも目的としている。

## 12-P-32

### 雲仙岳 1991 年溶岩ドーム出現に伴う地磁気変化の再検討

中禮 正明<sup>1</sup>, 山崎 明<sup>2</sup>

地磁気観測所 / 日本

気象研究所/日本

e-mail:mchurei@met.kishou.go.jp

雲仙岳では 1991 年の溶岩ドーム出現時に顕著な全磁力変化が観測された。この全磁力変化は火道周囲の岩石の熱消磁に伴う変化であると解釈されている(Tanaka, 1995)。

我々は噴火の初期の 1991 年に普賢岳の南斜面に全磁力

連続観測装置を設置し観測を行った。1991年5月20日に最初の溶岩ドームが出現したが、その出現に伴って顕著な全磁力の変化が観測された。その後の第3、第4および第5溶岩ドームの出現時にも同様の全磁力の変化が観測されている。これらドーム出現時に現れた急激な全磁力変化は、熱消磁だけでなく火山体内の応力変化に伴うピエゾ磁気効果によってもたらされた可能性がある。

一方、地殻変動観測からドーム出現時に点力源の圧力ソース(茂木モデル)が求められている。筆者らはこの圧力モデルを用いピエゾ磁気効果を求め、ドーム出現時の全磁力変化について再検討した。講演では再検討結果について報告し、ピエゾ磁気効果の可能性について議論する。

## 12-P-33

### 自然電位観測から推定される伊豆大島火山の熱水系

鬼澤 真也<sup>1</sup>, 松島 喜雄<sup>1</sup>, 石戸 経士<sup>1</sup>, 西 祐司<sup>1</sup>, 高倉 伸一<sup>1</sup>, 長谷 英彰<sup>1</sup>

1. 産業技術総合研究所地質調査総合センター / 日本

e-mail:s-onizawa@aist.go.jp

伊豆大島は日本で最も活動的な火山のひとつである。過去の噴火時にはマグマの上昇・下降に伴う様々な信号が捉えられた。これらの現象の発生にはマグマの脱ガスや地下水が関与したと考えられ、活動予測の上でマグマ貫入に伴う熱水系発達過程を理解することが重要である。本研究では伊豆大島火山のマグマ-熱水系のモデル化を目標に、地下水流動を反映する自然電位観測を、また自然電位の定量的解釈のためにAMT観測を行っている。自然電位マッピング観測を行った結果、カルデラ内で700 mVにおよぶ電位差が観測された。山頂火口丘三原山のあるカルデラ南部では相対的に高電位であり、地熱活動の認められる場所でさらに局所的な高電位異常が検出され、熱水の上昇を示唆する。またAMT観測から推定された比抵抗構造では、島内ではおおそ海水準下で低比抵抗であるが、三原山の下で低比抵抗層が浅くなる。これも三原山の高電位に影響を与えていると考えられる。一方、周囲よりも溶岩流が厚く堆積していると考えられるカルデラ南部では低電位であり、地下水流動が岩相の違いに影響を受けている可能性がある。発表ではこれらの観測データから推測される地下水流動に関して考察する。

## 12-P-34

### ポポカテペトル火山及びシトラルテペトル火山の水文地球化学的監視

Aurora Armienta<sup>1</sup>, Angel Gomez<sup>2</sup>, Servando De la Cruz Reyna<sup>1</sup>, Nora E. Cenicerros<sup>1</sup>, Olivia Cruz<sup>1</sup>, Alejandra Aguayo<sup>1</sup>, Teofilo Hernandez<sup>2</sup>

1. Universidad Nacional Autonoma de Mexico/Mexico

2. Centro Nacional de Prevencion de Desastres/Mexico

e-mail:victoria@geofisica.unam.mx

水文地球化学は20年以上にわたり、メキシコにおける火山活動監視に利用されている。コリマ火山、ポポカテペトル火山、タカナ火山周辺の湧泉や浅井戸は、噴火の数週間から数か月前に異常を示していた。最近、シトラルテペトル火山とセボルコ火山もこの監視プログラムに組み入れられた。1994年のポポカテペトルにおける活動の活発化後、国立防災センター(CENAPRED)とメキシコ国立自治大学(UNAM)の合同水文地球化学的監視プログラムが、同火山周辺の湧泉で開始された。ほとんどのサンプルは、希薄で未成熟の冷たい鉱泉水という結果になった。化学的特性は、主に斜長石、蒸発残留岩、鉄苦土鉱物、石灰岩と水・岩石相互作用を示している。火山活動は、断裂を通じて拡散又は流出する火山ガスと水の相互作用を通じCO<sub>2</sub>、ホウ素、塩化物、硫酸塩の濃度に影響を及ぼしてきた。火山性のCO<sub>2</sub>や珪酸塩鉱物と水の相互作用により生じたマグネシウムやシリカが、1995年から若干増加している。Varekamp(2000年)によって定義された残留酸性率(PRA)の算出結果は最も高い値を示し、また最初のドームが定置した1996年3月には、ホウ素も初めて検出された。2000年には、最も激しい噴火活動に伴い、サンプル採取した湧泉のうち3箇所ではPRAの増大も観察された。シトラルテペトル、即ちピコ・デ・オリサバはメキシコの最高峰であり、最上部は雪と氷に覆われている。19世紀以降は鎮静期にあるが、約750,000の人々が危険にさらされている。サンプル採取活動は2002年から年1回、異なる高度に位置する低伝導性の混合重炭酸塩や、高伝導性の石灰質重炭酸塩の湧泉を対象に行われている。この期間、地球化学的な異常は未だ観察されていない。

## 12-P-35

### 伊豆大島火山(日本)におけるCO<sub>2</sub>拡散放出

Pedro Hernandez<sup>1</sup>, Kenji Notsu<sup>2</sup>, Toshiya Mori<sup>2</sup>, Nemesio Perez<sup>1</sup>

1. INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ENERGÍAS RENOVABLES - ITER/Tenerife, Canary Islands, SPAIN

2. Laboratory for Earthquake Chemistry, Faculty of Science, The University of Tokyo/Japan

e-mail:phdez@iter.es

伊豆大島は、東京の南南西およそ100 kmに位置する15 x 9 kmの活火山島である。島の中心部は直径3 kmのカルデラ群で占められている。三原山として知られる大きな後カルデラ円錐丘は、カルデラの南西部の四分円に位置する。この島では30ほどの寄生火山や火口が見られ、主に、おそらく上昇マグマの上方向の圧力によって形成された3つのリフト帯に沿って位置している。伊豆大島は74回噴火し、これはカルデラの内側と外側両方での割れ目噴火が主である。伊豆大島が最後に噴火したのは1986年である。2007年3月、伊豆大島における拡散性のCO<sub>2</sub>脱ガスに関する定量的調査が、島全体(91 km<sup>2</sup>)と中心部のカルデラ双方からの合計CO<sub>2</sub>拡散放出

量の定量化と、脱ガスプロセスを制御する構造の特定を目的として実施された。CO<sub>2</sub> 拡散放出調査は、蓄積チャンバー方式に従って実施された。中心部のカルデラ内に位置する測定地の CO<sub>2</sub> 流出のバックグラウンド平均値は、1平方メートル当たり1日約 0.9 g であった。しかし、同島の他の場所のバックグラウンド平均値は1平方メートル当たり1日 7.3 g で、これは明らかな有機物による寄与を示唆している。拡散性の脱ガスを介して放出された火山熱水的 CO<sub>2</sub> の合計量は、三宅島など他の火山島から放出されたもの(エルナンデスほか, 2001 年)と比較可能な 240 件の測定結果を基に、逐次ガウスシミュレーション(sGs)・アプローチによって計算された。CO<sub>2</sub> の異常が見られた位置は、同火山の構造的特徴との密接な関係や、山頂火口の周縁及び1986年噴火のカルデラ外の割れ目から放出されるガスの大部分との密接な関係を示した。これらの結果は、火口の形態が CO<sub>2</sub> の脱ガス現象を強く制御することを示唆するものである。

Hernandez, P.A., Salazar, J.M., Shimoike, Y., Mori, T., Notsu, K., and Perez, N.M., *Diffuse emission of CO<sub>2</sub> from Miyakejima volcano, Japan. Chem. Geol.*, 177, 175-185, 2001.

## 12-P-36

フォゴ火山(カーボベルデ)からの二酸化炭素拡散放出率について観察された変化

Gladys Melian<sup>1</sup>, David Calvo<sup>1</sup>, German Padilla<sup>1</sup>, Wilhelmo de Fuentes<sup>2</sup>, Jeremias Cabral<sup>3</sup>, Zuleyka Bandomo<sup>4</sup>, Alberto Mota Gomes<sup>5</sup>, Pedro A. Hernandez<sup>1</sup>, Eleazar Padron<sup>1</sup>, Marianela Brito<sup>1</sup>, Sonia Melo<sup>5</sup>, Inocencio Barros<sup>4</sup>, Nemesio M. Perez<sup>1</sup>

1. ITER / Spain

2. ULL / Spain

3. SNPC / Cape Verde

4. LEC / Cape Verde

5. ISE / Cape Verde

e-mail:gladys@iter.es

二酸化炭素の拡散放出率の監視は、火山調査において将来性の高い地球化学的手段となりつつある。そのため、フォゴ火山(海拔 2,829 m, カーボベルデ)で我々が最近行ったガスの地球化学的研究の主な目標の1つは、実際の CO<sub>2</sub> 拡散放出率の値を、1999年の観測データ(サラテほか, 1999年)と比較することであった。1999年の調査では、フォゴ火山(476 km<sup>2</sup>)が一日当たり約 3,319 トンの CO<sub>2</sub> を拡散的に大気中へ放出したことを示した。二酸化炭素の総拡散量のうちかなりの割合に相当する一日当たり 919 ± 409 トンが、フォゴの山頂火口(0.12 km<sup>2</sup>)から放出され、山頂火口では1平方メートル当たり1日約 130 kg という高い土壌二酸化炭素フラックス値が観測された。1995年の割れ目噴火の調査現場(0.13 km<sup>2</sup>)は、1999年の調査の際に比較的高い二酸化炭素拡散放出率(一日当たり 2.3 ± 1.2 トン)が観測されたもう一つの場所であった。新たな二酸化炭素拡散放出調査が2007年3月29日か

ら4月3日にかけてフォゴ火山で実施された。フォゴの山頂火口からの観測値(一日当たり 55.6 ± 14.7 トン)は、1999年の観測値よりかなり低かった。この減少傾向は1995年の割れ目噴火の調査現場ではさらに強く、実際の二酸化炭素拡散放出率は一日当たり約 0.07 ± 0.01 トンであった。フォゴ火山における二酸化炭素拡散放出率について観察された変化は、明らかにフォゴ火山の噴火周期に関係するようである。1999年の調査は最近のフォゴ火山噴火(1995年4月)からわずか4年後に実施されたので、この4年間はフォゴ火山の噴火後段階の範囲内にあると考えられる。硫化水素の拡散放出率に関する追加観測が2007年の調査時に実施され、山頂火口全体からの硫化水素拡散放出率は一日当たり 24 ± 11 Kg であった。こうした地球化学的パラメータの監視は、フォゴ火山調査プログラムにとって大いに有益となるであろう。参考文献:サラテほか, 1999年, EOS.

## 12-P-37

ヘンギル火山系(アイスランド)からの二酸化炭素拡散放出

Pedro A. Hernandez<sup>1</sup>, Nemesio M. Perez<sup>1</sup>, Thrainn Frioriksson<sup>2</sup>, Gretar Ivarsson<sup>3</sup>, Gestur Gislason<sup>3</sup>, Egbert Jolie<sup>2</sup>, Evjenia Ilyinskaya<sup>2</sup>, Andri Thorhallsson<sup>2</sup>

1. Environmental Research Division, ITER/Spain

2. ISOR/Iceland

3. Reykjavik Energy/Iceland

e-mail:phdez@iter.es

休止期間であっても、火山は大量の CO<sub>2</sub> を拡散放出物として、目に見える放出物からのものと同程度の規模で放出する可能性があることは十分に立証されている。拡散性の脱ガスプロセスを制御する構造を特定すること、2006年8月にアイスランドのヘンギル火山系から拡散放出された CO<sub>2</sub> の総産出量を定量化することを目的に、拡散性 CO<sub>2</sub> 脱ガス調査が火山体全体で実施された。ヘンギル火山系は、中心的な火山であるヘンギル山で構成され、長さ 60 km の南西-北東のリフト帯が同山の真下を横断する。それはレイキャネス半島の東部に位置し、レイキャネス火山帯、西部火山帯及び南アイスランド地震帯が合流する不安定な中央海嶺-中央海嶺(R-R)型トランスフォーム断層(ridge-ridge-transform)の三重会合点にある。ヘンギル系内の割れ目の形成は、主に地殻の岩脈伝播に関連すると考えられており、それは完新世の噴火の際に4回、岩脈が表面を突破したに過ぎないからである。さらに、それはネシャベトリルとヘットリスヘイディの2箇所で稼働中の地熱発電所を擁する、アイスランド最大の高温地熱地帯の1つである。CO<sub>2</sub> 拡散放出調査は、蓄積チャンバー方式に従って実施された。測定値の範囲は、検出不能から1平方メートル当たり1日 17,665 g で、バックグラウンド平均値は1平方メートル当たり1日 4.3 g であった。合計の CO<sub>2</sub> 拡散放出量は、745件の測定結果を基に逐次ガウスシミュレーション・アプローチによって計算した結果1日当たり 13,322 t で、標準偏差は 1,533 t であった。CO<sub>2</sub> 拡散異常と顕著な熱活動領域の間における正の空間相関は、ヘンギル下方の熱源から生じるエネル

ギーの一部が、割れ目を通じた局所的な降水の加熱に利用されることを示唆するものである。発電所の稼働が、地表環境へのガス放出を拡大させる脱ガス現象に影響する可能性もある。

## 12-P-38

### テネリフェ(カナリア諸島)における火山活動調査のための水文地球化学的監視

Rayco Marrero<sup>1</sup>, Gladys Melian<sup>1</sup>, Pedro Hernandez<sup>1</sup>, Nemesio Perez<sup>1</sup>

1. Environmental Res. Division, Inst. of Tech. and Renewable Energies (ITER)

e-mail:rayco@iter.es

2004 年 4 月、カナリア諸島のテネリフェ島で、火山の活発化期間の初期段階を示す、異常な地震活動が探知された。この活動を受け、水のサンプル採取及び分析の体系的プログラムが ITER(持続可能エネルギー技術研究所)によって始められた。この監視プログラムの目的は、同島の地下水系における物理化学的パラメータの時間的変動や、その変動と地震活動及び予想される火山活発化との関係について評価することであった。地下水の物理的・化学的特性について、ラス・カニャーダス・カルデラと数箇所の坑道、あるいはこのカルデラの帯水層又は火山列に沿った近隣の帯水層につながる地下水路に設けられたボアホールで調査を行った。監視対象のこれらの坑道のうち、Hoya de la Leña 坑道から、火山性地震の活発化に関連する地下水の物理化学的変動に関する大半の証拠が得られている。この坑道は、地震活動が活発化する数日前の、地下水の硫酸塩対塩化物の質量比の急増を示している。また、最近の火山活発化期間(2001 年-2004 年)に先立つ、地下水系における CO<sub>2</sub> の分圧(pCO<sub>2</sub>)の大幅な増大が、期間の前後比較によって検出された。最後に、ラス・カニャーダスの深度 505 m での水温上昇が 2001 年末から観測され、2004 年 2 月に極大値に達した。こうしたプロセスはすべて、地下深部でのマグマ移動によって生じ得る深層火山ガスのフラックスの増大や火山熱水系からの熱移動に関係するものと思われる。

## 12-P-39

### 中米ニカラグアの火山湖からの CO<sub>2</sub> 拡散放出

German PADILLA<sup>1</sup>, Samara DIONIS<sup>2</sup>, Jose BARRANCOS<sup>1</sup>, Gladys MELIAN<sup>1</sup>, Eleazar PADRON<sup>1</sup>, Pedro A. HERNANDEZ<sup>1</sup>, Nemesio PEREZ<sup>1</sup>, Wilfried STRAUCH<sup>3</sup>

1. Environmental Research Division, ITER, Tenerife/Spain

2. Universidad de La Laguna (ULL), Tenerife/Spain

3. INETER, Managua/Nicaragua

e-mail:german@iter.es

中米の火山弧に沿ったいくつかの火山に、カルデラ又は火口湖が存在する。水とマグマを激しく混合させる潜在的な危険性は、周辺に多数の住民が暮らすこれらの火山で特別な災害をもたらす。CO<sub>2</sub> 拡散放出率は、火山システムの大気と土壌の界面相だけでなく、湖水を湛えるカルデラや火口湖における大気と水の境界域でも、火山監視のための有用な地球化学的ツールである。今回の調査の目的は、ニカラグアの火山湖であるアポヨ、ヒロア、ティスカパからの CO<sub>2</sub> 拡散放出率の評価である。アポヨ(海拔 78 m)はグラナダ市からほんの 5 km の位置にあり、湖水を湛える直径 4 km、水深 200 m のニカラグア最大のカルデラである。ヒロア火山湖(海拔 47 m)は首都マナグアから 18 km 離れた位置にあり、直径 2 km、水深 88.5 m である。ティスカパ火山湖(海拔 59 m)はマナグア市内にあり、直径 0.5 km、水深 40.6 m である。これらの火山湖における CO<sub>2</sub> 流出測定は、浮遊機器を使用する蓄積チャンバーを用いて実施された。湖水を湛えるアポヨ・カルデラからの CO<sub>2</sub> 流出測定結果は、無視できる値から 1 平方メートル当たり 1 日 42 g の範囲であった。ヒロア火山湖では、これらの値は 1 平方メートル当たり 1 日 6.2 から 395.3 g の範囲であった。ティスカパ火山湖の値は 1 平方メートル当たり 1 日 0.9 から 58.7 g の範囲であった。これらの火山湖の CO<sub>2</sub> 拡散放出率の合計産出量は、アポヨから 539 ± 6 t d<sup>-1</sup>、ヒロアから 734 ± 14 t d<sup>-1</sup>、ティスカパから 4 ± 0.2 t d<sup>-1</sup> であった。アポヨとティスカパ火山湖は、単位面積当たりで同等の CO<sub>2</sub> 拡散放出量(それぞれ 1 平方キロメートル当たり 1 日 42 及び 59 トン)を示した一方、ヒロアは最も大きい 1 平方キロメートル当たり 1 日 196 トンという値を示した。

## 12-P-40

### テネリフェ(カナリア諸島、スペイン)のティデ火山山頂火口からの CO<sub>2</sub> 拡散放出の時間的変動

Marianela BRITO<sup>1</sup>, Gladys MELIAN<sup>1</sup>, David CALVO<sup>1</sup>, Jose BARRANCOS<sup>1</sup>, Dacil NOLASCO<sup>1</sup>, German PADILLA<sup>1</sup>, Eleazar PADRON<sup>1</sup>, Rayco MARRERO<sup>1</sup>, Pedro HERNANDEZ<sup>1</sup>, Nemesio PEREZ<sup>1</sup>

1. Environmental Research Division, ITER, Tenerife/Spain

e-mail:nely@iter.es

ティデ火山(海拔 3,717 m)は、3 つの主要な火山リフト帯が交差するテネリフェ(カナリア諸島、スペイン)中部に位置する成層火山である。山頂円錐丘には低温の噴気孔(81℃-85℃)があり、その化学的組成や同位体組成は、CO<sub>2</sub> が豊富な地下深部のガスと大気の混合を示している。ティデ火山の山頂円錐丘における CO<sub>2</sub> 拡散放出調査は 1997 年から毎年実施されているが、ティデ火山調査プログラムにおいて地球化学的監視の向上を目的として、2005 年 8 月からは CO<sub>2</sub> 拡散放出調査が山頂火口で毎月実施されている。CO<sub>2</sub> 拡散放出測定は、蓄積チャンバー方式に従い、携帯型 NDIR センサーを用いて実施されている。0.0078 km<sup>2</sup> の面積をカバーする月次調査向けに、約 40 箇所の観測現場が選定された。CO<sub>2</sub>

拡散放出に関する等濃度線地図が、GSLIB ソフトウェア (ドイツ及びジュネール, 1998 年) によって提供される確率論的ガウス・シミュレーション (SGS) アルゴリズムを用いて作成されている。山頂火口における  $\text{CO}_2$  拡散放出の空間分布は、 $\text{CO}_2$  流出の値が比較的高い位置が主に、噴気孔活動が発生する領域に近い、火口の北東及び東の内側斜面にあることを示した。山頂火口からの合計  $\text{CO}_2$  拡散量の推定値は 5.2 から 28.1 t  $\text{Ed}^{-1}$  の範囲で、平均 17.1 t  $\text{Ed}^{-1}$  であった。この値は、ティデ火山の山頂円錐丘から放出される合計  $\text{CO}_2$  拡散量 (0.5  $\text{km}^2$  及び 150 t  $\text{Ed}^{-1}$ ) のうち約 11% という小さい割合に相当する。この研究期間中、比較的高い合計  $\text{CO}_2$  拡散量が 2005 年 9 月から 2006 年にかけて発生していたことが観測され、これらの放出に対する季節的な制御を示唆している。土壌温度勾配、風速及び大気圧との相関関係は見られなかった。観察された時間的変動を理解するには、月次の  $\text{CO}_2$  拡散放出をさらに長期間研究する必要がある。

## 12-P-41

シエラ・ネグラ火山 (ガラパゴス) からの  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  放出

Eleazar PADRON<sup>1</sup>, Pedro A. HERNANDEZ<sup>1</sup>, Nemesio M. PEREZ<sup>1</sup>, Theofilos TOULKERIDIS<sup>2</sup>, Jose BARRANCOS<sup>1</sup>, Gladys MELIAN<sup>1</sup>, Bo GALLE<sup>3</sup>

1. Environmental Research Division, ITER, Tenerife/Spain
  2. Universidad San Francisco de Quito (USFQ), Quito/Ecuador
  3. Chalmers University of Technology, Goteborg/Sweden
- e-mail: eleazar@iter.es

シエラ・ネグラ火山 (海拔 1,124 m) はガラパゴスで最も活発な火山の 1 つで、最近の噴火は 2005 年に発生した。可視性及び拡散性のガス放出に関する調査が、シエラ・ネグラ火山の山頂で最近実施され、その目的はこの火山系からの脱ガス率を評価することであった。地上の  $\text{SO}_2$  放出率測定が、2007 年 6 月に miniDOAS を用いて実施され、観測された平均値は  $11 \pm 2.3$  トン/日であった。主要な火山ガス成分のモル比も、篠原方式 (篠原, 2005 年) に従い、携帯型マルチセンサー装置を用いて現場で測定された。 $\text{SO}_2$  放出率観測値に、(ガス) i /  $\text{SO}_2$  質量比観測値を乗ずることにより、他の揮発成分の放出率を推定できた。その結果、シエラ・ネグラ火山からの  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  の放出率はそれぞれ 2,685, 394, 3 トン/日であることが分かった。 $\text{CO}_2$  拡散放出率調査も 2007 年に実施された。観察された土壌  $\text{CO}_2$  フラックス測定結果は、無視できる値から 1 平方メートル当たり 1 日 22,368 g の範囲で、バックグラウンド集団の平均値は 1 平方メートル当たり 1 日 4.4 g であった。異常又はピークの集団 (全データ中 2.8%) が観察され、ピークの平均値は 1 平方メートル当たり 1 日 6,679 g であった。調査対象領域の大部分は土壌  $\text{CO}_2$  フラックスのバックグラウンド値を示し、ピーク値は主に 2005 年噴火現場はもちろん、アスプレス (Azufres) 地域にも集中していた。シエラ・ネグラ火山の山頂からの合計  $\text{CO}_2$  拡散放出量は  $6,242 \pm 652$  トン/日であった。従って、シエラ・ネグラ火山からの  $\text{CO}_2$  拡散放出

率は、目に見える放出物からの  $\text{CO}_2$  放出より 1 桁大きく、噴煙 /  $\text{CO}_2$  拡散放出の比率は約 0.063 である。こうした地球化学的パラメータの監視は、シエラ・ネグラ火山の脱ガス力学を理解する上で大いに有益となるであろう。参考文献: 篠原, 2005 年, JVGR.

## 12-P-42

マサヤ火山 (ニアカラグア) からの  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HCl}$  放出

Jose Barrancos<sup>1</sup>, Sussana BRIZ<sup>2</sup>, German PADILLA<sup>1</sup>, Isabel FERNANDEZ<sup>4</sup>, Guillermo SANTANA<sup>3</sup>, Samara DIONIS<sup>3</sup>, Nemesio PEREZ<sup>1</sup>, Pedro HERNANDEZ<sup>1</sup>, Bo GALLE<sup>5</sup>, Wildfried STRAUCH<sup>6</sup>

1. Environmental Research Division, ITER, Tenerife/Spain
  2. Universidad Europea de Madrid (UEM), Madrid/Spain
  3. Universidad de La Laguna (ULL), Tenerife/Spain
  4. Universidad Carlos III de Madrid (UC3M), Madrid/Spain
  5. Chalmers University of Technology, Göteborg/Sweden.
  6. INETER, Managua/Nicaragua
- e-mail: jbarrancos@iter.es

マサヤ火山 (海拔 635 m) はマナグア (ニカラグア) の南約 20 km に位置する、大きな玄武岩質盾状火山である。同火山は 13 の火口を持つ大きなカルデラ (6 x 11.5 km) を包含する。これらの火口での活動は、ほとんどが玄武岩質溶岩の噴出である。火砕噴火がマサヤ、ニンディリ、サンチャゴの 3 つの主要な火山円錐丘を形成した。マサヤは周期的な多量の脱ガスを示し、最近の周期は 1993 年に始まっており、また主火口からの持続的な脱ガスが特徴で、多量の二酸化硫黄 ( $\text{SO}_2$ ) を放出している。噴煙の測定に基づく火山ガスの組成の調査を目的として、2006 年 12 月 6 日から 10 日まで、miniDOAS と携帯型のマルチセンサーシステム (篠原, 2005 年に従った) それぞれを用いて  $\text{SO}_2$  放出率及び主要な火山ガスのモル比の評価を行った。測定は山頂火口の周縁で行われた。観察された平均  $\text{SO}_2$  推定値は  $1,165 \pm 255.7$  トン/日であった。 $\text{SO}_2$  放出率観測値に、(ガス) i /  $\text{SO}_2$  質量比観測値 ( $\text{H}_2\text{O}/\text{SO}_2 = 16.76 \pm 5.12$ ;  $\text{CO}_2/\text{SO}_2 = 2.32 \pm 0.98$ ;  $\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_2 = 0.046 \pm 0.013$ ;  $\text{HCl}/\text{SO}_2 = 0.29 \pm 0.13$ ) を乗ずることにより、他の揮発成分の放出率を推定できた。これらの比率は、1998 年から 1999 年にかけてホロックスによって、また 2001 年にヘイリー・J・ダッフルによって報告された値に近い。その結果、マサヤ火山からの  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HCl}$  の放出率はそれぞれ  $19,521 \pm 1,673$ ,  $2,698 \pm 787$ ,  $28 \pm 7.6$ ,  $338 \pm 82$  トン/日で、また三宅島やビラリカなど沈み込みに関係する玄武岩質火山の持続的な受動的脱ガスの間に放出されるガスと同程度の規模であることが分かった。観測されたガス放出率は、マサヤ火山からの火山ガスが、浅い深度に位置する低圧のマグマ溜りから溶解揮発成分として供給されていることを示唆するものである。

参考文献: Horrocks L. et al., 1999, GRL; Hayley J. Duffell et al., 2001, JVGR; Shinohara, 2005, JVGR; Mather T.A. et al., 2006, JVGR.

## 12-P-43

### マヨン火山(フィリピン)の 2006 年噴火の際の二酸化硫黄 (SO<sub>2</sub>) 排出率

Celestino S. Saquilon<sup>1</sup>, Alejo V. Baloloy<sup>1</sup>

1. Philippine Institute of Volcanology and Seismology (PHIVOLCS)/Philippines

e-mail:saquilonc@yahoo.com

2006 年のマヨン火山(フィリピン)の活動の間、二酸化硫黄 (SO<sub>2</sub>) 排出率が監視された。2006 年 2 月 22 日以降、地上観測車両に搭載された相関分光計(COSPEC)を用いて、80 回を超える測定が行われた。2006 年 7 月 20 日に SO<sub>2</sub> 排出率が顕著になり、これは同火山の南部分での溶岩流発生時期と一致していた。SO<sub>2</sub> 排出率の急激な増大(1 日当たり 12, 500 トン)が 2006 年 7 月 30 日に観測され、これはマヨン火山の通常状態での排出率の 25 倍であった。この排出率は一連の灰爆発の 2 日前、2006 年 8 月 5 日に 1, 900 t/日にまで下がった。SO<sub>2</sub> 排出率は 2006 年 9 月 2 日から徐々に低下し始め、これは 2006 年 9 月 11 日にマヨン火山の警戒状態が下げられた(警戒水準 4 から警戒水準 3 へ)際の根拠の 1 つとなった。その期間以降、SO<sub>2</sub> 排出率は下がり続けた。SO<sub>2</sub> フラックスも、同火山の地震活動や地殻変動など、他のパラメータの低下と一致していた。2006 年 10 月 3 日、同火山の警戒状態は警戒水準 2 にまで下げられた。マヨン火山の 2006 年噴火の際の SO<sub>2</sub> 排出率の傾向は、同火山の噴火活動の評価に役立った。

## 12-P-44

### GIS: 火山ガス調査ツール: ブルカノ島(イタリア南部)における事例研究

Eric Reiter<sup>1</sup>

1. None/France

e-mail:ereiter@free.fr

噴気孔の温度は、(ガスの化学組成と併せて)将来の噴火を示唆し得る 1 つのパラメータである。この目的のためには、温度変化について得に調査すべきである。そこで、i) ブルカノのラ・フォッサ火口の噴気孔火道の温度測定結果を集めたウェブサイト(<http://ereiter.free.fr/Vulcano>)及び ii) 噴気孔火道の位置を示すグーグル・アース用アドオン(<http://ereiter.free.fr/html/download.htm>)を作成した。このプロジェクトの目的は、ブルカノ島のラ・フォッサ火口の噴気孔の温度測定結果を、利用可能なものとし、将来の予測を公表することにより、すべての研究者にとって時間の節約となるインターネットリソースを作成することである。システムのベースは、関係地域の会話型デジタルマップと写真で構成される。地図は全てシステムのレイヤーとなる。各レイヤーは温度測定日のデータを表す。ユーザは、ソフトウェア

内で 1 つ又は複数のレイヤーを表示するようメニューから選択できる。すべてのレイヤーの背景は、ブルカノ島の地質図あるいはラ・フォッサ火口の空撮写真である。噴気孔火道の位置をクリックすると新たなページが表示され、このページには温度の時間的变化や、ガスの組成及び噴気孔火道の写真がまとめられる。

同じプロジェクトの中で、我々はさらに優れたインターフェースによって噴気孔火道の位置を特定可能な、グーグル・アース用アドオンを開発する。アドオンとウェブサイトの Http リンクにより各火道の温度変化を見ることができる。

このプログラムは、あらゆる火山や多様なデータ(同位体組成、地殻変動、震央の位置、電気的センサーからのデータ、あるいは火山周辺の経済的データや人口データ)に適応可能である。これはオンラインでもオフラインでも作動する。CD-Rom を入手し、独自のデータと併せて調査に活用することができる。

インターネット GIS は、学識のある旅行者向けの情報源や、現地ガイドの研修の基礎にすることも可能である。

## 12-P-45

### 火山流体中の有機ガス化合物の挙動及び運命: 火山調査のための新たな地球化学的監視ツール

Franco TASSI<sup>1</sup>, Bruno CAPACCIONI<sup>2</sup>, Orlando VASELLI<sup>1</sup>, Antonella BUCCIANTI<sup>1</sup>

1. Department of Earth Sciences, Univ. of Florence, Via G. La Pira, 4, 50121 Florence, Italy

2. Department of Earth and Geological-Environmental Sciences, Univ. of Bologna, Piazza di Porta S. Donato, 40127 Bologna, Italy

e-mail:franco.tassi@unifi.it

熱力学的モデル化や多変量統計アプローチが近年、火山活動と流体放出の組成パラメータの経緯における複雑性を解明するために適用されている。これらの手法は、CO<sub>2</sub>、硫黄種、ハロゲン酸、CO 及び H<sub>2</sub> など火山性熱水系流体の主要な無機成分を地質学的指標として利用され、成功してきた。それとは異なり、火山噴気中の存在が主としてメタンや少量の C<sub>2</sub>-C<sub>15</sub> 種(即ちアルカン、アルケン、芳香族化合物、酸素置換炭化水素、硫黄置換炭化水素、窒素置換炭化水素)で構成される有機化合物は、活火山の地球化学的監視に散発的に活用されてきた程度である。しかし、火山環境におけるこれらの種の挙動は、発熱作用、即ち中高温で崩壊する有機基質の触媒分解によってきまり、また流体溜り内で作用する熱力学的条件によって強く制御される。従って、類似する炭化水素のパターンは、活火山系からの類似する噴気内でくりかえし観察されている。今回の研究では、主にイタリアや中南米(メキシコ、コスタリカ、ニカラグア、チリ、アルゼンチンなど)に位置する火山から放出される、500 を超える噴気ガスの有機成分の組成に関するデータについて、統計的あるいは地球化学的に調査しているが、その目的は、流体発生源の温度及び酸化還元条件の双方の指標として、有機ガス種を利用する可能性を評価することである。軽いアルケン/アルカンの

対が関与する化学反応に基づく地質温度計によるアプリケーションにより、説得力のある結果が得られた。さらに、硫黄置換芳香族化合物や酸素置換芳香族化合物、及び重いアルカン ( $C_5$  超) は、ガス放出を供給する熱水/マグマ系に影響を及ぼす変化に対し特に敏感であるという結果であった。これらの結果は、有機地球化学が、活火山系の進化傾向に関する有用な情報源となる可能性があり、その結果、火山ハザードの軽減を狙いとする革新的な調査に向け、重要な役割を果たし得ることを示唆するものである。

## 12-P-46

トゥリアルバ火山(コスタリカ)における噴気の化学成分、地震活動及び目視観察における変化: 火山活動再開の証拠か?

Orlando VASELLI<sup>1</sup>, Franco TASSI<sup>1</sup>, Erik FERNANDEZ<sup>2</sup>, Eliecer DUARTE<sup>2</sup>

1. Department of Earth Sciences, University of Florence, Via G. La Pira 4, 50121, Florence, Italy

2. Volcanological and Seismological Observatory OVSICORI, Heredia, Costa Rica

e-mail: franco.tassi@unifi.it

トゥリアルバ火山は標高 3,349 m の成層火山(北緯 10 度 02 分, 西経 83 度 45 分)で、最後の火山活動は 1864 年-1866 年に遡り、コスタリカにおける完新世の火山系の南東端に相当する。火山体は、境界が明瞭な 3 つの火口と北東方向に延びる深い谷地形を有する広い山頂陥没が特徴である。現在、中央と西側の山頂火口は噴気を出している。エレディア火山地震観測所(OVSICORI)とフィレンツェ地球科学部(イタリア)の共同研究として、1998 年から火山の地球化学的、地球物理学的、及び目視観測が実施されている。噴気孔の出口温度はかなり一定を保っている(最大 92°C)が、2001 年 9 月以来、 $H_2O(CO_2)$  が支配的な流体の重大な組成変化が検出されている。基本的に、HCl, HF, CO,  $H_2$  の含有量は最大 1 桁の規模で徐々に増加してきたが、2001 年 11 月、最大 70 mmol/mol の  $SO_2$  濃度が記録された。同じ期間に、新たに形成された断層から新しい噴気孔が出現し、ガス放出率の全般的な増加が観測された。トゥリアルバ火山の火山システムにおける小規模な活動も、地震活動に関して記録されており、これは水圧破碎作用現象が関係するものと思われる。2007 年には、新たに形成された噴気孔が、西南西-東北東へ傾斜するアリエテ断層沿いの火山体底部で認識された。南側面のいくつかの地域で、熱が植生を破壊した。記録された化学的及び地球物理学的な変化によると、この火山系が現在、熱流入の増大によって誘発される流体蒸発に反応した加圧に耐えていることは明らかである。こうした状況に対処する中で、次に挙げる 2 通りのシナリオを仮定できる: i) 断層系の拡大が、蓄積エネルギーの放出を招く可能性がある、ii) 過剰圧が、小規模から中規模の、1864 年-1866 年に起きたものと同様の噴火を誘発する可能性がある。

## 12-P-47

フオゴ火山(カーボベルデ)からの  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $H_2S$ , HCl 放出

Nemesio M. Perez<sup>1</sup>, German Padilla<sup>1</sup>, Gladys Melian<sup>1</sup>, David Calvo<sup>1</sup>, Alberto Mota Gomes<sup>2</sup>, Zuleika Bandomo<sup>3</sup>, Jeremias Cabral<sup>4</sup>, Jose Barrancos<sup>1</sup>, Pedro A. Hernandez<sup>1</sup>, Sonia Melo<sup>2</sup>, Inocencio Barros<sup>3</sup>

1. ITER/Spain

2. ISE/Cape Verde

3. LEC/Cape Verde

4. SNPC/Cape Verde

e-mail: nperez@iter.es

フオゴ火山(カーボベルデ, 海拔 2,829m)は最も活発な大洋島火山の 1 つであり、最近の噴火(ストロンボリ式)は、1995 年に同火山の底部で発生した。噴気孔の活動はフオゴの山頂火口内で発生しただけで、その火口では最大 170°C という比較的高い温度が最近観測されている。この火山では、ガスの地球化学的調査例はごくわずか(サラテほか, 1999 年; モタ・ゴメスほか, 1999 年)であるため、この火山系に関する知識の向上には、新たな地球化学的観測が必要である。地上の  $SO_2$  放出率測定が、最近 2007 年 3 月 30 日から 4 月 2 日にかけて、miniDOAS を用いて実施され、観測された平均値は一日当たり  $6.4 \pm 1.6$  トンであった。主要な火山ガス成分のモル比も、携帯型マルチセンサー装置を用いて現場で測定された。 $SO_2$  放出率観測値に、(ガス)/ $SO_2$  質量比観測値を乗ずることにより、他の揮発成分の放出率を推定できた。その結果、フオゴ火山からの  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ , HCl の放出率はそれぞれ一日当たり  $4,841 \pm 2,507$ ,  $4,914 \pm 2,736$ ,  $16 \pm 8$ ,  $116 \pm 51$  トンであることが分かった。これらの地球化学的パラメータの監視は、フオゴ火山調査プログラムにとって大いに有益である。それは最近 100 年間の証拠によると、地震活動のレベルは、体感事象をほとんど伴うことなく、噴火の発生まで極めて低いままのことがあるからである。事実、1951 年と 1995 年の初期噴火は、同火山の周辺住民を不意に襲った(フォンセカほか, 2003 年)。

## 12-P-48

小型マシンビジョン CCD カメラを用いた火山性  $SO_2$  イメージングシステムの開発

野寺 朋泰<sup>1</sup>, 森 俊哉<sup>1</sup>, 野津 憲治<sup>1</sup>

1. 東京大学大学院理学系研究科化学専攻 地殻化学実験施設 / 日本

e-mail: nodera@eqchem.s.u-tokyo.ac.jp

火山からの  $SO_2$  放出率は火山活動評価における重要な観測の一つである。これまでに多くの火山で  $SO_2$  放出率と火山活動との関連が指摘されている。最近、紫外光に感度のあ

る CCD カメラを用いた火山噴煙中  $\text{SO}_2$  の UV イメージング法が開発された。COSPEC や紫外分光計を用いた測定と比較すると、イメージングには以下のようなメリットが挙げられる。噴煙の  $\text{SO}_2$  カラム量分布が一度に測定できるので、噴煙挙動を視覚的にとらえられるだけでなく、複数画像の噴煙の特徴的な部分を追跡することによって噴煙速度を決定でき、秒スケールの高時間分解能で  $\text{SO}_2$  放出率を測定できる。今回は、先行研究に使用されていた CCD カメラより、さらに小型で廉価なマシンビジョン CCD カメラを使用した観測システムを作製した。また、これまでは 2 つの UV 波長の画像を合成して  $\text{SO}_2$  分布を求めていたが、雲やエアロゾルの影響を完全に取り除けなかった。そこで 3 波長の同期測定システムと解析アルゴリズムを開発し、それらの影響を取り除こうと試みている。今回はその進捗状況、実際の観測結果及び考察と今後の展開を紹介する。

## 12-P-49

マヌーン湖及びニオス湖(カメルーン)における 20 年以上にわたる  $\text{CO}_2$  及び伝導度プロファイルの変化

ISSA IBRAHIM<sup>1</sup>, Takeshi OHBA<sup>1</sup>, Minoru KUSAKABE<sup>2</sup>, Yutaka YOSHIDA<sup>3</sup>, Hiroshi SATAKE<sup>4</sup>, Tsuyoshi OHIZUMI<sup>5</sup>, William C. EVANS<sup>6</sup>, George W. KLING<sup>7</sup>, Gregory TANYILEKE<sup>8</sup>

1. Volcanic Fluid Research Center, Tokyo Institute of Technology / Japan
2. Institute for Study of the Earth's Interior, Misasa / Japan
3. Yoshida Consulting Engineer Office, Morioka / Japan
4. Department of Environmental Biology and Chemistry, University of Toyama / Japan
5. Niigata Prefectural Institute of Public Health and Environmental Sciences / Japan
6. USGS, Menlo Park, California / USA
7. Institute for Geological and Mining Research, Yaounde / Cameroon
8. Institute for Geological and Mining Research, Yaounde/Cameroon  
e-mail:midissa17@yahoo.fr

受動的な  $\text{CO}_2$  脱ガスは、いくつかの火口湖を擁するカメルーン火山列(CVL)の普遍的特徴である。中でもニオス湖とマヌーン湖は、過去 20 年間にわたり「殺人湖」として悪名を馳せている。底水に蓄積したマグマ性  $\text{CO}_2$  の噴出により、1980 年代半ばに 1,800 名近くの人々が死亡し、数千名もの避難民が生じた。ガス噴出後の高い  $\text{CO}_2$  増加率は、これらの湖が着実に噴火前の状態に戻りつつあることを警告した。こうした状況が、新たな大惨事の再発の警告をするよう科学者を駆り立て、彼らは両湖の人工的な脱ガスを強く勧めた。20 年間にわたる両湖の地球化学的監視結果は、温度、導電性及び  $\text{CO}_2$  濃度の変化が、マヌーン湖では最初の 10 年間、ニオス湖では最初の 2 年間に最大であったことを示している。その後、こうした変化は脱ガス前の期間に時間と共に徐々に減速した。ニオス・マヌーン脱ガスプロジェクト(NMDP)の下で、ハザード軽減活動がニオス湖では 2001 年、マヌーン湖では 2003 年に、

それぞれ 1 本の脱ガス用パイプを使用して始まった。2006 年にはさらに 2 本のパイプがマヌーン湖に追加された。脱ガス作業開始後、観測井内の水に顕著な変化が観察された。2007 年 1 月の測定結果は、マヌーン湖の  $\text{CO}_2$  含有量が、2003 年に到達した最大レベルの 40% 近くまで減少したことを示している。ニオス湖では、 $\text{CO}_2$  含有量が 1986 年の活動のレベル以下に減少した。しかし、同湖は脱ガス作業開始直前に観察された  $\text{CO}_2$  含有量の 80% を未だに含んでいる。従って、避難民が先祖代々の土地に再定住し始めていることを踏まえ、危険なガス放出がまた発生する可能性を軽減するよう、ニオス湖にパイプを追加する必要がある。マヌーン湖の場合、自然に再充填される  $\text{CO}_2$  を継続して排出し、最下層(4 m-6 m)に残存する  $\text{CO}_2$  を除去する方法を検討する時期に来ている。

## 12-P-50

口永良部島火山における二酸化硫黄放出率の測定

森 健彦<sup>1</sup>, 平林 順一<sup>2</sup>, 野上 健治<sup>2</sup>

1. 産業技術総合研究所 地質情報研究部門/日本
  2. 東京工業大学 火山流体研究センター/日本
- e-mail:mori.may0212@aist.go.jp <mori.may0212@aist.go.jp>

二酸化硫黄放出率は活動的火山における重要な活動指標になることから、世界中の火山で計測されている。口永良部島火山は数十年間隔で水蒸気爆発を繰り返す火山であるが、測定することが難しく、火山ガス中に含まれる二酸化硫黄も低かったため、これまで二酸化硫黄放出率が測定されていなかった。ここ数年、火山性微動の発生、火口浅部における地殻変動(膨張)の進行、そして噴気活動の活発化など火山活動度の上昇を示唆するデータが観測されている。2005 年 2 月には新岳火口の西及び南の火山ガス中に二酸化硫黄の含有が確認され、2006 年 9 月の計測では全ての火山ガスに二酸化硫黄が含有していた。これは、マグマ活動の活発化を示唆する。近年、二酸化硫黄放出率の計測機器の汎用性が改善した。これにより、口永良部島火山での二酸化硫黄放出率計測が可能となった。2006 年 12 月、我々は二酸化硫黄放出率の繰り返し計測を始めた。最初の計測で約 40ton/day の放出率が計測され、その後は約 3 ヶ月間隔で計測している。本講演では、口永良部島における二酸化硫黄放出率値の結果を記し、明るみに出た二酸化硫黄放出率計測における問題点を議論する。

## 12-P-51

ウビナス火山(ペルー)の噴火危機(2006 年)の際の湧水及び灰を含む液に関する地球化学的監視

Vicentina Cruz<sup>1</sup>, Jean Paul Toutain<sup>2</sup>, Pablo Masias<sup>1</sup>

1. Instituto Geologico Minero y Metalurgico /Peru
2. Observatoire Midi-Pyrénées, CNRS, Laboratoire des Mécanismes et Transferts en Géologie / France

e-mail:vcruz@ingemmet.gob.pe

ウビナス(南緯 16 度 22 分, 西経 70 度 54 分, 海拔 5, 672 m) はペルー南部にある歴史上最も活発な火山である。高い VEI と、6 km 離れた位置に人口 5, 000 人の村があることから、ウビナスはペルー南部における火山監視の最優先対象とされている。我々は 1999 年に地球化学的監視プログラムを開始し、N40-50W の走向の断層に沿って位置する、6 km 離れた 2 箇所の温泉について、定期的なサンプル採取と化学的分析を行っている。温度上昇、pH、 $\text{SO}_4^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4/\text{Cl}$  比の化学的変化は時系列で見られ、次に挙げる 3 つの主要な傾向が観測された: 1) マグマの活発化に先立つ S/Cl 比の全般的な減少、2) 新たな未脱ガスマグマが放出されたことを示す噴火活動中の S/Cl 比の増大、3) 2001 年 6 月 23 日の  $M_w = 8.4$  の地震の後のフリア湧泉の限定的な変化。これは N40-50W の断層運動による地盤のゆれにより浸透性が一時的に増大し、液体移動を伴ったためと考えられる。4 つの灰サンプルの浸出は、噴気ガスの S、ハロゲン及び微量元素の組成を調査可能とするものである。ここで我々は、灰の粒子がブルームから揮発性元素を除去するため、ブルームの組成の代用として利用できると推定する。HPLC 及び ICP-MS は、陰イオン( $\text{SO}_4^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{F}^-$ ) 及び 53 の微量元素元素をそれぞれ測定可能とし、典型的な Cl/S 比や Cl/F 比、及び濃縮係数(EF) が算出された。結果は、Cl/S 比や Cl/F 比、及び EF のいずれについても、大幅な経時変化を示している。サンプル数が少なすぎると、ブルームの時間的な化学的変化の追跡や潜在的プロセス(マグマ供給、珪酸塩堆積物の寄与の変化、ブルーム内での相互作用、気象学的因子)を見積もることはできない。これらの結果は、湧水や灰浸出液が、高い頻度でサンプル採取が実施されれば、ウビナスにおける脱ガスの監視に利用可能なことを証明するものである。

## 12-P-52

### 火山の井戸や湧水を監視する理由

Christopher G Newhall<sup>1</sup>, Randall White<sup>1</sup>

1. US Geological Survey/US

e-mail:cnewhall@u.washington.edu

火山の地下水位や湧泉の放出量は、マグマの貫入が生じると上昇及び／又は下降することがある。水位は圧縮歪みと共に上昇し、膨張と共に下降する。歪場はマグマ貫入の規模、深度、形状によって制御され、また深度に依存することから、局所的な場がマグマの上昇に応じて逆転する可能性がある。地下水の変化の規模は、歪みの変化「及び」帯水層の浸透性によって制御される。圧縮に対し最も大きく反応するのは、被圧帯水層に達した井戸である。湧泉は流出による圧力の損失にかかわらず、圧縮が被圧帯水層を加圧するほどに速ければ、やはり何らかの変化を示すことがある。火山からの排水率は、火山あるいは地質構造に由来する断層の浸透性が高いと、大きく増大する可能性がある。

クラフラ(1977 年)及び有珠山(2000 年)付近の深井戸では、

近くでマグマが貫入した際に水位が 100 m ほども上昇した。水位が下降した逸話的事例として、マヨン(最大 5 m)やベスピオが挙げられる。こうした変化は、上昇した空隙圧の消散及び／又は歪場の逆転に応じて大体あるいは完全に回復した。プレー山(1902 年)やウイラ(2007 年)では、異常に強い湧泉の流出が発生し、危険な火山泥流を形成した。雲仙(1792 年)では山体崩壊に先立って強い流出が発生した。場合によっては、ラウル島のプレー(Pelee, Raoul Is.)(1964 年)、十勝(1962 年)、ピナツボ(1991 年)のように、流出物が熱く酸性のこともあるが、一般的にはそうではない。これらや他にも多数報告された地下水の変化が、年単位ではなく数時間から数週間内に起こり、よって、熱的でなくむしろ機構的に誘発されている。

井戸や湧泉の監視は、高精度の容積歪み監視がまだ実現可能でない地域では、これに対する低コストな代替法であり、住民が地元の火山監視に関与するための良い方法である。

## 12-P-53

### 浅間火山における $\text{SO}_2$ 放出量の観測

風早 康平<sup>1</sup>, 大和田 道子<sup>1</sup>, 森 俊哉<sup>2</sup>, 平林 順一<sup>3</sup>, 山里 平<sup>4</sup>, 宮下 誠<sup>4</sup>, 上田 義浩<sup>4</sup>, 鬼沢 真也<sup>1</sup>, 森 健彦<sup>1</sup>, 首藤 知昭<sup>2</sup>, 影澤 博明<sup>2</sup>

1. 産業技術総合研究所地質調査総合センター/日本

2. 東京大学地殻化学/日本

3. 東京工業大学火山流体研究センター/日本

4. 気象庁/日本

e-mail:kazahaya-k@aist.go.jp

浅間火山は常時ガスを放出し続けている活火山で、 $\text{SO}_2$  放出量観測は 1972 年にはじめて行われ、2003 年までは 100—1000t/d の放出量が観測されてきた。2004 年の最新の噴火以前では、観測期間中の 1973 年および 1983 年に噴火している。これらの噴火期間中の  $\text{SO}_2$  放出量は 1000t/d に達したが、活動が低下した時期では 100—200t/d の放出量を記録している。我々は 2003 年から、COMPUSS (COMPact Ultraviolet Spectrometer System) という国産の小型の紫外分光器を用いたシステムを使用し、 $\text{SO}_2$  放出量観測を続けている。2004 年 9 月にはじまった最新の噴火活動では、最高 3000t/d の放出量を記録し、噴火活動の短期的消長に関連し  $\text{SO}_2$  放出量も大きく変化した。長期的には、放出量は徐々に減少し、2006 年には 100—200t/d の静穏期の放出量値となった。このような放出量の変動は、脱ガスが火道内マグマ対流により生じている場合には、火道径の大きさの変化、上昇マグマの密度変化あるいはマグマの供給率の変化などに起因していると考えられるが、短期的に火道径が変動することは考えにくい。一方、微小地震活動(主に低周波の B 型地震)の増減と  $\text{SO}_2$  放出量の増減が非常によく対応しているという事実から、 $\text{SO}_2$  の放出量変動はマグマの供給率の変化が関係しているのではないかと推察される。

## 12-P-54

### 阿蘇火山火口湯溜まりの水と浮遊硫黄の化学的性質

齋藤 武士<sup>1</sup>, 大沢 信二<sup>1</sup>, 網田 和宏<sup>2</sup>, 井上 寛之<sup>1</sup>, 鍵山 恒臣<sup>1</sup>, 馬渡 秀夫<sup>1</sup>, 大倉 敬宏<sup>1</sup>, 坂口 弘訓<sup>3</sup>, 下林 典正<sup>4</sup>, 須藤 靖明<sup>1</sup>, 杉本 健<sup>1</sup>, 寺田 暁彦<sup>1</sup>, 宇津木 充<sup>1</sup>, 山田 誠<sup>5</sup>, 吉川 美由紀<sup>6</sup>, 吉川 慎<sup>1</sup>

1. 京都大学地球熱学研究施設/日本

2. 秋田大学/日本

3. 島根大学/日本

4. 京都大学理学研究科/日本

5. 岡山理科大学/日本

6. 阿蘇火山博物館/日本

e-mail:saito@bep.vgs.kyoto-u.ac.jp

阿蘇火山で唯一活動を続ける中岳第一火口は、1993 年の噴火を最後に水没し、現在は湯溜まりに覆われている。火口に湯溜まりの様な火口湖が形成されるケースは決して珍しくはないが、阿蘇の湯溜まりは世界でもトップクラスの高温(>50° C)・強酸性(pH<1)を示す。マグマの浅部への上昇を伴わずに、これほど長期間(10 年以上継続)安定に高温・強酸性状態の湯溜まりを維持している火山は世界でも他に例がなく、湖底への定常的な火山ガスの供給が示唆されている。

我々は、湯溜まりの形成・維持システムの解明と、火山活動の推移を捉えるべく、今年の3月に湯溜まりからの採水を4年振りに行った。pH は約 0.3 で、2003 年より若干高い値を示した。湯温は 56° C で、放射温度計の示した 45° C よりも高い。化学分析を行ったところ、湖水中の諸イオン濃度の低下が分かった。2005 年の夏に湯量が大きく減少して火口底が露出したイベントで湯溜まりの環境がリセットされたと考えられる。また湖面に浮遊する硫黄の採取にも成功し、硫黄の形状には2種類(粉末状・球形状)あることが分かった。球形状硫黄は鉄を少量含んでおり、コストリカの Poas 火山の様に、湯溜まりの底に熔融硫黄溜まりが存在している可能性がある。

## 12-P-55

### 海上保安庁における海域火山調査

笹原 昇<sup>1</sup>

1. 海上保安庁海洋情報部/日本

e-mail:noboru-sasahara@kaiho.mlit.go.jp

日本列島周辺には海域火山(海底火山及び火山島)が多数存在する。これらが引き起こす火山活動には爆発や山体崩壊・津波等があり、周辺の航行船舶や住民へ深刻な被害を与える危険性が高い。これらの被害を最小限に抑えるため、海上保安庁では南方諸島(伊豆諸島など)や南西諸島(琉球諸島など)を中心とした火山噴火予知調査や活動が活発化した海域火山への緊急調査を継続的に行ってきた。こうした調査には危険が伴い、特に1952年明神礁の調査では31測量船が火山活動(マグマ水蒸気爆発と思われる)により31名の乗

組員とともに行方不明となった。この事故を教訓として、海上保安庁では無人測量艇の開発など安全対策に努力してきた。

現在では、測量船による地形調査、地下構造探査、重力・地磁気調査、噴出物の採取や航空機による目視・熱画像観測等、活動が活発な海底火山直上では無人測量艇による調査を行っている。収集・解析されたデータは噴火予知連へ資料として提出するほか、海上保安庁 Web ページ

(<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/GIJUTSUKOKUSAI/kaiikiDB/list-2.htm>)において公表している。

## 12-P-56

### 火山活動自動予測ツールの開発: テイデ火山への適用

Alicia Garcia<sup>1</sup>, Marta Tarraga<sup>1</sup>, Josep Vila<sup>2</sup>, Ramon Ortiz<sup>1</sup>

1. Museo N. Ciencias Naturales, CSIC, Spain

2. Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, Spain

e-mail:aliciag@mncn.csic.es

テネリフェの地震・火山災害に対し、火山活動予測用の自動ソフトウェアが開発された。このツールは、リアルタイムでの地震信号に関する材料破壊方式 FFM を基本とする。この方法論では、予測の確立における主観性の問題が解決可能である。この方式を適用したところ、テネリフェで起こったいくつかの地震事象の予測の可能性を示した。

活発化の第一段階では、火山活動に関するエネルギーは微弱な気象の影響による地震動ノイズに比べ、同程度あるいは劣る規模である。時系列分析の様々な技法が、信号/ノイズの関係の向上や火山活動の変化の検出に適用されてきた。今回の提案には、決定論的手法が適用され、この一部は非線形力学系理論に基づいていたり、また確率論的モデル化に基づくものがある。テネリフェに適用された最初の結果は、火山構造成地震が、システムのダイナミクスの著しい変化を引き起こす可能性があることを示している。微動に含まれる情報が事象の発生日予測に利用可能であることを考えると、これは、構造成および火山性微動と火山活動の双方向的な関係を示唆するものである。テネリフェでは、地震動のパリオグラムが、システムが約3日の中期的なメモリーを保持することを示すと判断できる。

テイデやその他の火山の地震信号を分析したところ、火山の最小スペクトル値が良好な活動指標であることを示した。この分析は、テイデに対して連続的に実施された(<http://www.am.ub.es/~teide>)。この地震信号スペクトル分析では、火山帯で地震事象が発生する数日前に、最小スペクトル振幅の増大や卓越周波数の変動を検出した。

## 12-P-57

### 現在のウピナス火山噴火の監視及び調査

Orlando Macedo<sup>1</sup>, Jean-Philippe Metaxian<sup>2</sup>, Domingo

Ramos<sup>1</sup>, Edu Taipe<sup>1</sup>

1. Instituto Geofísico del Peru (IGP) / Peru

2. Institut de Recherche pour le Développement (IRD) / France

e-mail:omacedo@geo.igp.gob.pe

ペルーで最も活発な火山であるウピナス火山(南緯 16.355 度, 西経 70.903 度, 5672 m)は, 2006 年 3 月末に噴火を開始した。ペルー地球物理学研究所(IGP)は, 4 箇所の短周期地震計による観測網を用いて噴火に伴う地震活動の監視を行っており, データはケイマ火山観測所(アレクイパ)と, 2 つのデジタル広帯域携帯型観測点へテレメータされる。この噴火プロセスにおける地震活動の時間的進化の主な特徴について発表する。我々の解釈の裏付けには現象の観察がある。次に挙げる 5 つの段階に分類できる:(1) 貫入システムの確立(3 月 25 日-6 月 24 日):水蒸気爆発により火道内がきれいになり開口し, マグマが地表に到達した。この活動はわずかな火山性微動が特徴であるが, イベント数や振幅は時間と共に増大した。この期間に強い爆発が起こり, この爆発の前に長周期地震が起こり, 後に火山性微動が発生した。(2) 開放系の活動, 弱い流れ(6 月 24 日-7 月 16 日):2 番目に確認された期間は, 弱い火山性微動と多数(1 日 3 回まで)であるが低エネルギーの爆発によって特徴付けられる。これらの現象では低周波地震は先行しなかった。(3) 噴火に伴う流動の増加(7 月 16 日-10 月 28 日):火山性微動の回数とエネルギーが極めて増大した。8 月 18 日と 20 日に 1 日当たりのエネルギーが最高レベルに達した。その日以後, エネルギーは徐々に衰えた。爆発に先行して低周波地震が発生した。(4) マグマ容積の枯渇(10 月 28 日-2007 年 3 月 29 日):この期間は 4 か月続き, 1 日当たりのエネルギーが大幅に減少し, 振動と爆発活動は徐々に減少し, ついにはほぼ休止状態に達した。(5) 新たな噴火流(2007 年 3 月 29 日から 6 月):爆発活動が再開し, ハーモニックな火山性微動が初めて発生した。爆発に先行する低周波地震は, 爆発警報発令用に分析及び利用された。

## 12-P-58

火山活動の増大・減少の監視:トゥングラワ火山(エクアドル)の 2006 年 7 月 14 日及び 8 月 16 日の噴火

Pablo SAMANIEGO<sup>1</sup>, Hugo YEPES<sup>1</sup>, Santiago ARELLANO<sup>1</sup>, Pablo PALACIOS<sup>1</sup>, Patricia MOTHES<sup>1</sup>, Jean-Luc LE PENNEC<sup>2</sup>, Liliana TRONCOSO<sup>1</sup>, IGEPN staff<sup>1</sup>

1. Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN), Ap. 17-01-2759, Quito Ecuador.

2. Institut de Recherche pour le Développement. LMV, 5 rue Kessler, 63038 Clermont-Ferrand, France

e-mail:psamaniego@igepn.edu.ec

トゥングラワ火山(海拔 5, 023 m)はエクアドル中部に位置し, アンデス山脈北部の最も活動的な火山の 1 つである。歴史上, トゥングラワ火山は 1640 年, 1773 年, 1886 年, 1916 年-1918 年に重大な(VEI 3-4)火砕流を伴う噴火を発生させた。1999

年 11 月-12 月, 2001 年 8 月, 2002 年 9 月, 2003 年 10 月-11 月の軽度から中程度の爆発活動期間は, 1999 年半ばに始まった現在継続中の噴火期間のハイライトと呼べるものである。これらの期間はストロンボリ式の溶岩噴泉, 大砲のように火山弾を放出する爆発や限られた地域への軽微な降灰が特徴であった。静穏期も観察されており, もっとも目立つのは 2005 年 2 月から 12 月の期間である。2006 年 4 月初旬, 地球物理学研究所の科学者が, 同火山の脱ガスパターンの変化(5 月初旬)に先立つ数回の深部低周波地震(深度 5 km-15 km)を探知し, 続いて火山円錐丘上部の重大な変形が起こった(5 月末)。7 月初旬以降, 地震活動が劇的に増大し, 2006 年の 7 月 14 日(VEI 2)と 8 月 16 日(VEI 3)の噴火で最高潮に達した。この噴火周期が始まって以来初めて, トゥングラワ火山は爆発性の火砕流を伴う噴火を生じ, これが火山円錐丘の西半分を吹き飛ばしたほか, 高さ 16 km 以上の噴煙柱を形成した。2 度の噴火の間に堆積した本質物は, それぞれ 200 万立方メートルと 2, 000-3, 000 万立方メートルと推定される。この重要な噴出マグマの体積は, これらの噴火の間の高いマグマ上昇率と一致する。このマグマ上昇率は, 爆発活動の低い(1999 年-2005 年)ものから高い(2006 年 5 月-8 月)ものへの移行を制御する重要な要因と考えられる。すなわち, 爆発活動の低いときは効率的なガス分離メカニズムが作用するのを可能にし, 高いときには阻害している。そして, そうしたマグマ上昇率の変化を説明するものとして, 2006 年のトゥングラワ噴火の原動力となるマグマ貫入が地下深くで発生したことをデータが示している。

## 12-P-59

トゥングラワ火山での噴火プロセスに関連する地震活動指数

Hugo A. Yepes<sup>1</sup>, Pablo Palacios<sup>1</sup>

1. Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional / Ecuador

e-mail:hyepes@igepn.edu.ec

火山活動が活発化している間, 噴火する火山の現在及び将来の活動水準に関し, より具体的に正確な情報を求める公共機関やメディアの要望は常に高まる。地球物理学研究所はトゥングラワ火山向けの地震活動指数(SAI)を策定したが, これは日々放出される地震エネルギーの平均値を定量化し, 活動水準を反映するものである。我々は, マグマ系内部の物理的プロセスの著しい変化が生じれば, どのようなものであっても我々の地震記録で感知できるという作業仮説を立てている。そうした内部変化の結果として生じる表面現象も同様に感知できると仮定している。火山活動において観測基準点で探知される地震信号-長周期, 複合型, 火山構造成, 微動, 爆発, 噴出-は, それぞれ物理的解釈が異なり, また放出するエネルギーの規模も異なる。SAI はそうした違いを考慮に入れるため, 正規化及び重み付けをされた値を用いてあらゆる事象のエネルギーの統合及び比較を行う。統計学で幅広く利用されている中心極限定理が, 火山内部の変化に係ると我々が仮定している 1 日当たりの平均地震エネルギーの著しい変動の判断にも活用されている。トゥングラワで SAI を

利用するに当たり、我々は 1999 年-2005 年の噴火期間における主な事象と SAI の良好な相関関係を確認した。指数の日々の値とその一次・二次導関数は、1999 年以降最大の 2 件の噴火が発生した 2006 年 7 月 14 日及び 2006 年 8 月 16 日の、数日前に著しい変化を示し、1999 年以降初めて火砕流が発生した際にピークに達した。こうした理由から我々は、SAI はトウングラワ火山の活動状態を一般市民にもっと正確に伝えるための価値ある手段として利用でき、また他の火道が開いた状態の安山岩質火山で利用するのも興味深いという見通しを持てると信じている。

## 12-P-60

### ガレラス火山における活動レベルとその意味合い

Diego Mauricio GOMEZ M<sup>1</sup>, Roberto A TORRES C<sup>1</sup>, Betty SILVA P<sup>1</sup>, Patricia PONCE V<sup>1</sup>, Lourdes NARVAEZ M.<sup>1</sup>, Adriana ORTEGA E<sup>1</sup>, Marta Lucia CALVACHE V<sup>2</sup>

1. INGEOMINAS, Volcanological Observatory of Pasto

2. INGEOMINAS, Geohazard Subdirection - Bogota

e-mail: mcalvache@ingeminas.gov.co

コロンビア南西部のガレラス火山は、継続的な活動と約 460,000 人が暮らす立地が特徴である。数ある現象とともに火砕流を生じた火口から 6 km 未満の、最もリスクの高い地域で 8,000 人の住民が生活している。歴史上の記録(最近 500 年)によると、この火山は(平均)7 年から 10 年毎に噴火し、さらに大規模な噴火をざっと 70 年から 100 年毎に生じる。コロンビア地質調査所(INGEOMINAS)の懸念の 1 つは、関連する決定を当局が下し易くするよう、火山活動レベルをどのように当局へ伝えればよいかということである。地域の防災機関との合意に基づき、毎週報告を行うというシステムが導入され、さらに、関連する火山活動に変化が生じた場合に臨時通達を行うシステムも導入された。臨時通達では、活動度に関する専門的な数値を説明し、最後に、予想されるシナリオに関する文章を加えることとなっている。こうした形態のコミュニケーションは、当局の理解を助け、研究者の主要業務を滞らせることがなくなる。このため INGEOMINAS は 2004 年末に 4 段階のレベルの火山スケールを提唱し、これは 2005 年 3 月に受諾された。最近 2 年間のガレラスの活動について、INGEOMINAS は少なくとも 7 件の臨時報告書を提出し、その一部は単に噴火現象を説明するもので、2 件は爆発噴火の数時間前から数か月前に作成されたもの、2 件は群発地震の発生について提出されたもの、また 2 件は爆発噴火に至らなかった活動の変化に関するものであった。ガレラスの場合、活動レベルの管理は、短期的な活動の変化、前兆的信号の変動、活動の進展に伴いレベルを上げ下げする正確な時期の定義の困難さ故に、過酷な任務である。現地の当局は、避難命令はレベル II で発令され、その地域住民はレベル III で帰宅できる旨を決定した。

## 12-P-61

### 2004 年 6 月から 2007 年 6 月までのガレラス火山における噴火活動

Diego Mauricio GOMEZ M<sup>1</sup>, Roberto A TORRES C<sup>1</sup>, Betty SILVA P<sup>1</sup>, Patricia PONCE V<sup>1</sup>, Lourdes NARVAEZ M.<sup>1</sup>, Adriana ORTEGA E<sup>1</sup>, Marta Lucia CALVACHE V<sup>2</sup>

1. INGEOMINAS, Volcanological Observatory of Pasto

2. INGEOMINAS, Geohazard Subdirection - Bogota

e-mail: mcalvache@ingeminas.gov.co

ガレラスはコロンビア南西部に位置し、この国で最も活発な火山の 1 つと見なされている。最も最近の活動期間は 2004 年 6 月末に探知され、今なお進行中である。この時間間隔の中で様々なエピソードが示され、例えば 7 月から 8 月に容積約  $4.8 \times 10^5 \text{ m}^3$  の堆積を伴った火山灰の放出期間によって明らかとなった火道の形成、衝撃波、ガス及び灰の放出、噴煙柱(高さ 9 km から 11 km)及び火山弾(火口から最大 2 km の範囲に到達する直径 40 cm から 60 cm のブロック)を生じた 2004 年 8 月 11 日、12 日及び 11 月 21 日の 3 回のブルカノ式噴火などがある。この活動は地震活動の変化、地殻変動、温度変化などを伴っている。他の重要な活動は、2005 年 8 月 19 日から 22 日に起こったもので、これは約 40 回の火山構造的群発地震を記録し、震央の位置は活発な火山円錐丘から北西 3 km から 4 km、深度が 6 km から 8 km で、うち 9 回ではローカルマグニチュードが 3 から 4.7(その地域で体感)で、加えて地殻変動も観察された。約 700 回の長周期の群発地震が 2007 年 2 月 12 日の 5 時間のうちに記録され、2007 年 2 月 26 日には約 50 回の地震を伴う別な著しい火山構造的地震活動が活発化し、うち 1 回はローカルマグニチュード 4.8 を記録した。この活動は、2006 年 1 月 13 日に火口で観察された、総容積  $3 \times 10^6 \text{ m}^3$  の安山岩質溶岩ドームの貫入及び positioning に関連付けられた。その後、爆発噴火のエピソードが 2006 年 7 月 12 日に起こり、ドームの小さい部分に影響を及ぼした。2006 年 11 月から 2007 年 3 月まで、ガレラスの爆発噴火の前に何度か観察されたものと似た、特殊なパターンの特性を示すトルニコ(Tornillo)と呼ばれる微動を記録した。

## 12-P-62

### 火山噴火予測のためのタイムウインドウの改良: ラバウル・カルデラ(パプアニューギニア)に関する事例研究

Ima Itikarai<sup>1</sup>, Felix Taranu<sup>2</sup>, Jonathan Kuduon<sup>2</sup>

1. Australian National University/Australia

2. Rabaul Volcano Observatory/Papua New Guinea

e-mail: ima.itikarai@anu.edu.au

ラバウル(パプアニューギニア)にある 2 つの後カルデラ火山、ダブルブル火山とブルカン火山は 1994 年 9 月 19 日、同時に噴火した。この噴火は、1983 年-1985 年にラバウルに危機的な状況を引き起こした地殻変動を伴った地震から約 9 年

後に発生した。1983 年-1985 年の活動の特徴は多数の強い群発地震と、海底カルデラ中心部の約 1.5 m の垂直隆起である。当時、噴火するのは明らかだと見られていたが、実際には起こらなかった。1995 年 4 月に主要な噴火段階が終わった後、1995 年 11 月にダブルブル火山が噴火を再開した。以来、散発的な噴火が今も続いている。この期間に、ある群発地震と噴火活動の関係に関して興味深い観測結果がいくつか明らかになった。我々はこれらの地震を北東地震と呼んでいるが、それはそれらがラバウル・カルデラからの特定の方向で発生したからである。手短かに言えば、北東地震の発生は常に、ダブルブル火山での高レベルな噴火活動あるいは噴火の再発に先駆けて起こった。我々はこれらの相関関係にはマグマ及び／又は応力の影響があると推測する。こうした観測結果を基に、我々は 1992 年の北東地震(噴火前に唯一起こった地震)がこのメカニズムの一部であり、従って 1994 年噴火に対する実際の先導役あるいは前兆と見なすことができると結論付けたい。従って、ラバウル・カルデラにおける将来の噴火は、第一の前兆として北東地震を用い、50%を超える信頼水準を以て予測可能であると結論付けることは、全く適切である。

## 12-P-63

### リアルタイムデータを用いた火山性異常地殻変動の自動検知システムの開発

上田 英樹<sup>1</sup>, 藤田 英輔<sup>1</sup>, 鶴川 元雄<sup>1</sup>, 山本 英二<sup>1</sup>

1. 防災科学技術研究所/日本

e-mail:ueda@bosai.go.jp

火山噴火の発生場所や規模を事前に予測するためには、観測データから地下のマグマの状態を定量的に把握することが最も重要である。しかし、データの解析作業にはある程度手間がかかるため、噴火の兆候が観測データに現れてから噴火が発生するまでの時間が短い火山の場合は、噴火前の定量的な把握が難しい。われわれは、防災科学技術研究所の火山活動連続観測網のリアルタイムデータを使用して、地下のマグマ活動による異常な変動を自動検知し、暫定的な変動源モデルを自動推定するシステムを開発した。この自動解析結果は、短期的な火山噴火予知を行なうために非常に有用な情報の1つとなる。システムは、時間分解能と精度に優れたボアホール型傾斜計のデータを用い、客観的な基準に基づいて変動を自動検知し、多数の変動源モデルから傾斜計、GPS、震源データに最も適合するモデルを選択する。このシステムを富士山宝永 4 年噴火の推定火山活動プロセスから作成したテストデータに適用した結果、噴火の約 1 週間前までには異常を検知し、マグマが貫入した場所および量を適切に推定できることが確認できた。

## 12-P-64

### 火山警戒システム:世界標準となるものはあるのか

## Bradley J Scott<sup>1</sup>

1. GNS Sciences, Taupo, New Zealand

e-mail:b.scott@gns.cri.nz

全世界で 60 を超える観測所があり、火山活動の監視と評価を行っている。個々の火山観測所はどこでも、1 つから多いもので 40 を超える火山を受け持っている。これらの観測所は一般的に国、地域あるいは地方の政府、防災機関、産業界及び一般市民へ助言や警報を提供する目的で設置されている。この助言は通常、「火山警戒レベル」や「火山状態速報」の形で伝達される。

こうしたシステムでは多様なニーズに応えなければならない。世界中で、火山警戒レベルやシステムの概念は受け入れられている。問題は、標準のあるいはグローバルなシステムを作り出すことが可能か、ということである。場所によっては火山活動がほぼ毎日起こっている一方、10 年から 100 年単位で噴火経験のない場所もある。故に、期待やニーズは全く異なる。火山の状態、即ち噴火が頻発しているのか、あるいは活動が再開しつつあるのか、という状態に応じて、2 つの基本的な火山警戒／警報システムが開発されている。

頻繁に活動している火山を取り扱う典型的なシステムには、火山活動、特に進行中の噴火活動の「現在の」状態に対応してレベル付けが導入されている。このようなシステムでは、噴火の予知、予測もしくは警報の発令と合わせて、火山やその近くで通常の(何も制約を受けない)活動をしているときに被る可能性がある危険性の度合いに関する指示の提示というような要素を持つと考えられる。対照的に、活動再開の可能性を念頭においたシステムは、次に予想される活発化のレベルに基づいている。このタイプのシステムの中には、レベル変化や噴火開始までに想定されるおおよその時間を組み込んでいるものもある。警戒システムの構造やシステムへの対応は、火山や国によって様々であり、その結果、我々の警戒・警報システムは国際的統一性に欠ける。これはシステムが果たす重要な機能を損なうものであろうか、また我々はグローバルなシステムを持つことができるであろうか。

## 12-P-65

### 中国における活火山の監視及び研究

## Jiandong Xu<sup>1</sup>

1. Institute of Geology, China Earthquake Administration

e-mail:jdx321@sina.com

中国では 1990 年代まで、活火山を取り上げた研究はあまり行われていなかった。それは当時、大きな災害をもたらす得る噴火の可能性のある火山があると考えていた科学者があまりいなかったからである。1993 年、中央政府の行政的・財政的支援を得て、中国地震局活火山研究センター(AVRCEA)が設立され、中国の噴火の可能性のある火山に関する包括的な調査が始まった。それ以来、中国における火山の監視及び研究の両面で、多大な進歩が為されている。23 年以上にわたる火山地質学、地球物理学、地球化学の分野における

科学者の取り組みの結果、中国には少なくとも 6 つの、噴火の可能性のある火山があることが分かった。これらの活火山の例として、天池(チョンジ)火山、龍崗(ロンゴン)火山、五大連池(ウーダリエンチー)火山、鏡泊(チンポー)湖火山、騰沖(タンチョン)火山、口北(キョンペイ)火山が挙げられる。火山災害の潜在的な危険性を推測するため、6 箇所の火山観測所が最近 10 年のうちに設立された。これまで応用されてきた主な監視手法は、地震、地殻変動及びガスの地球化学的観測である。我々は約 6 年分の継続観測データを蓄積してきた。2007 年には全国火山データセンター(NVDC)が設立された。中国の活火山の監視及び研究の調査員として、NVDC の主な職務は次に挙げるものである:6 箇所の火山観測所すべてのデータ管理及び分析;火山活動に関する政府向けの年次状況報告;一般公衆向けの火山知識教育及びアウトリーチ。

## 12-P-66

### 始良カルデラにおける 100-29ka のマグマ供給システムの変遷

関口 悠子<sup>1</sup>, 長谷中 利昭<sup>2</sup>, 長岡 信治<sup>3</sup>, 森 康<sup>4</sup>

1. 熊本大学大学院自然科学研究科/日本

2. 熊本大・理・地球科学/日本

3. 長崎大・教育・地理/日本

4. 北九州市立自然史・歴史博物館/日本

e-mail:davy\_you178504@yahoo.co.jp

始良火砕噴火(29 ka)は、多量の珪長質マグマを噴出し、現在の始良カルデラを完成させた。この始良火砕噴火の直前(100-30 ka)には、ほとんど休止期をおかず、中・小規模な火砕流が幾度も連続して噴出した。

そこで、これらカルデラ形成前と形成時の噴出物について蛍光 X 線分析を行なった結果、100-29 ka には A~D の 4 タイプのマグマの活動があったことがわかった。100-60 ka にはタイプ A (67-70 wt.% SiO<sub>2</sub>) と B (56 wt.% SiO<sub>2</sub>) の 2 タイプのマグマが活動していた。しかし 60 ka 頃、タイプ C (58-71 wt.% SiO<sub>2</sub>)・D (73-78 wt.% SiO<sub>2</sub>) のマグマが一回の活動で同時に噴出した後、カルデラ形成まで約 3 万年間、タイプ D とほぼ同じ化学組成の均質な珪長質マグマのみが活動を続けた。これは始良火砕噴火の噴出物の化学組成ともほぼ一致する。

以上のようなマグマの化学組成の変遷は、火砕噴火前の 2 つの独立したマグマ供給システムが、噴火時の均質な珪長質マグマのみの供給システムへ変化したことを示していると考えられる。

## 12-P-67

### APOLLO: テフラの輸送及び堆積を予測する自動プロシージャ

Arnau Folch<sup>1</sup>, Antonio Costa<sup>1</sup>, Giovanni Macedonio<sup>1</sup>

1. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Sezione di Napoli /

Italy

e-mail:afolch@ov.ingv.it

火山灰の降下は、活火山周辺の地域社会にとって深刻な脅威を象徴するものである。信頼できる短期予測は、噴火時における周辺地域へのテフラ降下の影響を緩和するための、貴重な支援情報を提供する。我々は、火山灰の分散の定期的な(毎日の)予測を狙いとする、プラットフォームに依存しない自動プロシージャを紹介する。このプロシージャは、自動的なデータ/結果のフローを可能とする、一連のプログラム及びインターフェースを基盤とする。まず、このプロシージャでは、関係する地域や期間についての中規模気象予報をダウンロードし、本来の形式(典型的には GRIB 形式ファイル)からのデータをフィルタリング及び変換し、局所のさらに細かいメッシュ上で 1 時間毎の風の場合や微気象学的変数を取得するための、CALMET 気象診断モデルをセットアップする。次に、1 次元バージョンのブルーム方程式が、取得した風の場合や火道の状態(粒度分布や質量流量など)に応じて、噴煙柱に沿った質量分布を評価する。これらのデータはすべて灰分散モデルのインプットとして利用される。物理的複雑性や、適切な解決時間を伴う結合プロセスに対処可能なモデルはいずれも、インターフェースを用いてシステムに接続可能である。現在、このプロシージャには、テフラ堆積をシミュレート可能な HAZMAP 及び TEPHRA という 2 つの準分析モデルや、テフラ堆積及び空中浮遊灰濃度の双方をシミュレート可能な FALL3D という 3 次元モデルの直列バージョンと並列バージョンの双方が含まれる。最終段階では、モデルのアウトカムを後処理し、移植可能な形式のファイルに書き込まれる一様な地図で終わる。地図は、予測地上加重、予想される堆積物の厚さ、あるいは視覚的安全性や飛行安全性の濃度閾値といった関連する数量を表す。2001 年のエトナ、1944 年のベスピオや 1992 年のスパー山など、最近の火山噴火への適用例がいくつか紹介されている。

## 12-P-68

### 衛星画像およびデジタルオルソフォトを用いた火山噴火の調査手法

佐々木 寿<sup>1</sup>, 向山 栄<sup>1</sup>

1. 国際航業株式会社 / 日本

e-mail:hisashi\_sasaki@kcc.co.jp

火山噴火後の火山近傍は立ち入りが規制されることが多い。安全に状況を把握する手法として、衛星画像や空中写真などを用いた調査は、火山の活動予測や防災対応のための基礎情報取得に貢献すると期待される。我々は、浅間山 2004 年噴火で高分解能衛星画像データ(IKONOS 画像:地上解像度 1m)を用い、噴石着弾痕および山火事跡の判読を行った。IKONOS 画像はライブラリデータが豊富であり、噴火前後の比較を行うことが容易である。浅間山では、噴火前後の画像比較や色調変化などから、直径 3m 以上の噴石着弾痕を把握することができた。近赤外領域の波長帯の画像を用いると、薄い

噴煙に覆われた領域において可視光波長帯では識別しがい噴石着弾痕や、火山弾による火災の跡が判別できた。雌阿寒岳 2006 年 3 月噴火では、噴火当初、新火口の位置が正確に把握できなかった。アナログ空中写真(垂直写真)からデジタルオルソフォトを作成することで、新火口の位置および泥流・降灰の分布域を正確に把握することができた。今後、DMC などによるデジタル撮影が普及すると、より早くデジタルオルソフォトが作成され、状況把握に役立つものと思われる。

## 12-P-69

### 北マリアナ諸島連邦(CNMI)危機管理局の火山監視システムとアナタハン火山の噴火

Juan T. Camacho<sup>1</sup>, Juan T. Camacho<sup>1</sup>

1. Emergency Management Office, Saipan

2. Seismic, Emergency Management Office, Saipan

e-mail:jtcamacho@cnmiemo.gov.mp

北マリアナ諸島連邦危機管理局の主な目的は、火山活動によるリスクの軽減に役立つ科学的情報を提供することである。地震の遠隔計測や基幹施設、データを基に、我々は北部諸島における火山危機に対応する CNMI の能力強化に着手した。北マリアナ諸島連邦(CNMI)内では、9 つの活火山が、航空交通や多くの島の定住計画及び経済的發展に重大な悪影響をもたらしている。火山監視システムは、将来の噴火で早期に警報を発表するために必要であり、また再定住や経済的發展が計画されている個々の島のためにも必要である。北マリアナ諸島連邦危機管理局(EMO)と米国地質調査所(USGS)は、共同で火山ハザードの評価を行っている。加えて、我々は CNMI にある活火山全体にわたる火山監視網の設置及び運用を計画している。これらの火山の監視は何故重要なのか。マリアナの火山から生じる火山灰は、空路利用の旅行者に重大な危険性をもたらす。空中を浮遊する火山灰は、ジェット機の 4 基のエンジンすべての出力を完全に失わせることが知られている。CNMI 内の火山は航空交通にとって重大な危険性をもたらす。また結果的に、CNMI の経済にとっても然りである。CNMI 周辺の直近の空域内では、年間約 25,000 回という大規模な商業旅客輸送飛行があり、アジアからオーストラリアやニュージーランドへ向け通過する大型民間航空機の飛行は 1,000,000 回を超える。平均すると、毎日 1,200 名の旅客と 86,000 ポンドの貨物が空路でサイパンを往来する。

## 12-P-70

### 地球観測衛星による 2006 年メラピ火山噴火観測

浦井 稔<sup>1</sup>

1. 産業技術総合研究所/日本

e-mail:urai-minoru@aist.go.jp

インドネシア、ジャワ島中部に位置するメラピ火山は 2006

年に噴火した。この時、地球観測衛星によって、溶岩ドーム、熱異常、噴煙、火砕流が観測された。IKONOS や ALOS PRISM 画像は高い空間分解能を持っているが、活動中の溶岩ドームの詳細な構造を捉えた。IKONOS の 2006 年 5 月 11 日の観測によれば、新しい溶岩ドームの大きさは 200m × 150m であった。ASTER の熱赤外画像は活動中の溶岩ドームや新鮮な火砕流に伴う熱異常を捉えた。火山活動が比較的静穏であった 2002 年 10 月から 2006 年 3 月までの期間、ASTER によって観測された溶岩ドームの最高温度は 20 度以下であった。5 月 14 日に最初の火砕流が発生する 10 日前の 2006 年 5 月 5 日の観測では、溶岩ドームの温度が 29 度に上昇した。94 度という最高の温度が観測されたのは 6 月 6 日であるが、そのときの警戒レベルは 4 であった。5 月 14 日以降、火砕流の跡は ASTER の熱画像で捉えられた。衛星リモートセンシングは活火山、特に遠隔地の活火山のモニタリングには強力な手法である。

## 12-P-71

### セロ・マチン火山(コロンビア)の近年の火山活動(1988 年-2007 年)、及び火山ハザード評価への示唆

John Makario Londono<sup>1</sup>, Gloria Patricia Cortez<sup>1</sup>, Ricardo A Mendez<sup>1</sup>

1. INGEOMINAS-Volcanological and Seismological Observatory of Manizales -COLOMBIA

e-mail:jmakario@ingeo Minas.gov.co

セロ・マチン火山(CMV)は、コロンビア中部に位置する活火山である。ハザードマップは、CMV が非常に危険な火山であることを示している。それは爆発性の火山であり、最近 10,000 年間に数回の超プリニー式噴火があった。火砕流と火山泥流は最も重大な脅威である。CMV からの火山泥流堆積物は、広大な地域に及び、マグダレナ川に沿いで CMV の泥流の堰き止めによって引き起こされる洪水は、コロンビア中部の広い範囲を占める。

CMV の活動は、頻繁な群発地震が特徴である。近年、群発地震の周期が短くなってきており、1 か月を切るまでになった。群発地震の通常のパターンは、CMV の下方又は周辺の深度 9 km ないし 15 km の位置の、ローカルマグニチュードが M3 を超える構造性地震から始まる。そして 15 日も経過しないうちに、次は同火山の下方の浅い深度(3 Km-5 Km)で火山性群発地震が発生する。この活動は深部の大きなマグマ溜りへ物質が貫入することに関係すると考えられ、それが後に火山の上部に影響を及ぼし、また、まだ完全には満たされていない浅層の小さいマグマ溜りへマグマが 500 m/日未満の上昇率で向かっていることを示唆する。地震波の減衰に時間的な変化が観察されており、これは熱力学的条件の変化、おそらく伴いガス含有量の増加を示唆する。

近年、一部の温泉では温度といくつかの陽イオンレベルの時間的な変動が検出されている。ラドンガスの測定結果も、時間とともに変化してきている。加えて、地殻変動の測定結果は近年注目すべき変化を示しており、主ドーム付近でトータル

最大 400 マイクロラジアンの変化が観測されている。

こうした事実に基づき, CMV は危機前の時期に入っており, 火山活動と危険性が日々高まってきていると我々は認識している。

## 12-P-72

### コパウエ火山(アルゼンチンとチリにまたがるアンデス山脈)における火山ハザード

Elizabeth I. Rovere<sup>1</sup>, Gustavo A. Flores

1. Regional Geology Dept., Geological Survey of Argentina

2. Gustavo A. Flores, VAAC BUE, Argentina.

e-mail:erover@mecon.gov.ar

この寄稿は, 調査監視プログラムの開始を目的として, コパウエ火山のハザードを火山学界で検討することを目的としている。カピアウエ村とコパウエ村は 100% 以上人口が増加しており, 火山ハザードを軽視して旅行者も増加している。ここは, 火山が噴火した場合, アルゼンチン国内で(人口統計学的に見て)最も脆弱な地域である。ここにハザードを順番に挙げていく: 1) 火山性地震。地震はヨーロッパの専門家によって監視されている。2) 火山ガス。カピアウエ村とコパウエ村では, SO<sub>2</sub>とHClが持続的に排出されている。CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>O, HF, S は風が弱いと濃度が高くなる。霧(又はVOG, 火山性の霧)はカルデラを覆っている。これはあらゆる金属製の機械, エンジン, タービンにも深刻な影響を与え, カピアウエ湖では pH が低すぎて魚が棲めない。3) 溶岩流。この現象は現状では危険性はない。4) 溶岩ドーム。最後の溶岩ドームができた年代は 0.9 Ma である。コパウエ火山の岩石のシリカ含有量が高いことは, 新たな溶岩ドームが発達する可能性を示すものである。斜面及び火口の変形の継続的な管理について検討すべきである。5) 火砕流(熱雲)。灰, ガス, 岩の破片(500℃超)が火砕流を生じる。以前の角礫岩の崩壊による流れや, 非固結火山岩の上に形成された火口壁部分は, 火口を下る火砕流を誘発する可能性がある。6) 火山灰雲と火砕降下物。最後の噴火(2000 年)の際, 火山砕屑性火山弾や大きな破片が東斜面の火口周縁から 3 Km の高さまで噴出し, 灰や火山礫が 60 Km 以上の地域に達した。コパウエ火山はアンデス山脈の危険な火山の 1 つであるだけでなく, 近年, 航空機の航路や飛行頻度が増加している。恒久的な情報及びネットワークプログラムは, ブエノス・アイレスにある火山灰情報センター(VAAC)の最も重大な任務の 1 つである。7) 泥流及び土石流(火山泥流)。氷河の融解, 降雪及び大雨が間欠泉や温泉と一緒に, 時折の火口爆発に結び付き, これが時折, 火山泥流を引き起こしてきた。2000 年, 1992 年-1993 年, 紀元前 250 年及び紀元前 6820 年の噴火に関するデータでは, 火山泥流が報告されている。2000 年 7 月 1 日にドゥルセ低地に到達した火山泥流は, 速度が 50 Km/h から 20 Km/h の間で流量が 60, 000 m<sup>3</sup>/秒あり, カピアウエ(エル・アグリオ)湖の下に扇状地状三角州を形成した。8) 土石流。不安定斜面(30°超)はエル・アグリオ・カルデラに多く見られる。北部のカルデラ周縁部では土石流が, 丘の多い地形を露呈している。

## 12-P-73

### コリマ火山(メキシコ)における監視戦略展開: 温度データと音波データの統合

Nick Varley<sup>1</sup>, John Stevenson<sup>1</sup>, Gabriel Reyes<sup>1</sup>, Jeffrey Johnson<sup>2</sup>

1. Universidad de Colima/Mexico

2. University of New Hampshire/USA

e-mail:nick@uclm.mx

2001 年以降コリマ火山の活動は活発化しており, ほぼ毎日噴火が続いており, 1998 年以降 3 回の大きな噴出期間があった。マグマ上昇率, 温度あるいは揮発性成分など, 一定の要因の小さな変動が, 噴火形態の変化を促す可能性があることは明白である。2005 年の間, 様々な急転換が観察され, 時には火口内の異なる火道での爆発やドーム成長が同時に発生することもあった。一連の爆発には, 1913 年の最後のプリニー式事象以来, 観察された中での最大の爆発もあった。

潜在的に危険な火山における監視戦略は, 内部プロセスのモデルを基本とすべきである。コリマ火山は, 噴火形態の頻繁な遷移や比較的接近しやすいことを踏まえ, 多大な調査機会を提供するものである。潜在的なリスクを効率的に管理するには, 監視網や関連する閾値レベルの重要なパラメータを確立することが極めて重要である。従来のシステムを温度や音波の監視で補完することにより, 活動の進化に関する調査やハザード評価の推進のために利用可能なデータを大幅に増加させた。

ブルカノ式爆発は, 変化する灰含有量, 噴煙柱の上昇速度やガス排出量, 火砕流を生じる大規模な事象によって特徴付けられてきた。系統の急激な封鎖には, 火道の脆性破壊が続くことが多い。その後の加圧の間に, 後続事象の前兆信号として群発地震が探知された。熱感知カメラを用いた噴気孔の温度監視は大きな成功を収め, マグマ上昇期間の温度上昇や, いくつかの大規模な爆発の前の過渡信号が観測された。地震活動だけが爆発規模を反映するわけではないことは明らかである。火山付近に設置された音波センサーにより, 音波エネルギーと地震エネルギーの分割に関する特性評価や理解の向上が可能になった。

## 12-P-74

### 赤外熱映像装置を用いた火山熱観測の気象要因による影響度調査

安藤 忍<sup>1</sup>, 近澤 心<sup>2</sup>, 加治屋 秋実<sup>3</sup>, 佐久間 直樹<sup>3</sup>, 尾台正信<sup>4</sup>

1. 気象研究所 / 日本

2. 気象庁火山課火山監視・情報センター / 日本

3. 気象庁大島測候所 / 日本

4. 気象庁地震津波監視課 / 日本

e-mail:sando@mri-jma.go.jp

気象庁では、火山活動に起因する火口内外の熱異常域の動向を把握するため、赤外熱映像装置による熱観測を実施している。火山地域における熱観測は、火山活動のより適正な評価を行うために極めて重要であり、これまでも噴火の前兆現象として火口底の温度上昇や噴気の顕在化などの熱異常が多く報告されている。火山の熱活動をより適正に評価するには、火山活動に起因する熱異常域の温度や広がり測定する必要があるが、赤外熱映像装置で測定する地表面温度は、風速や気温、湿度等の気象要因の影響を大きく受けており、熱異常域の詳細な把握には気象要因の影響度を十分理解しておく必要がある。

我々は、火山熱活動に起因する熱異常域の温度測定結果に影響を及ぼす気象要因の理解を深めるため、伊豆大島をテストフィールドとして観測的調査を開始したので、その概要について報告する。

## 12-P-75

### ニカラグア及びエクアドルの活火山における噴気孔の継続的熱監視

Sophie Pearson<sup>1</sup>, Charles Connor<sup>1</sup>, Ward Sanford<sup>2</sup>, Wilfried Strauch<sup>3</sup>, Patty Mothes<sup>4</sup>, Peter Young<sup>5</sup>

1. University of South Florida /USA

2. US Geological Survey /USA

3. Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales /Nicaragua

4. Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional /Ecuador

5. Center for Research on Environmental Systems and Statistics, Lancaster University /UK

e-mail:spearson@mail.usf.edu

噴気孔の温度は、噴火活動に先立つ火山系の変化を示すことがあり、それは噴気孔が火山系内の質量流量の変化に反応するからである。我々の目的は、継続的にこれらの温度を監視し火山の挙動と比較することにより、火山が噴気孔の温度に及ぼす影響を分離することである。我々はキャンベル・サイエンティフィック社製のデータロガーとクロム・アルメル熱電対を、ニカラグアのマサヤ、テリカ、セロ・ネグロの各火山、並びにエクアドルのコトパクス火山の山腹にある噴気孔付近に設置した。我々はこれらの噴気孔の温度を大気中の圧力及び温度と、また利用可能であれば地震活動及び降雨と比較した。それによって、温度に対するこれらの変数の影響について理解を深め、どのようなときに噴気孔の温度の変化が火山活動に直接起因しているのかを特定することを目指した。

ニカラグアのマサヤ火山からのデータは、噴気孔内で 5 分毎にサンプル採取される地表温度が、火口内で変化が観測される前であっても、火山系の変化を示し得ることを示唆するものである。例えば、温度の上昇は、2006 年 6 月に脱ガスが増大した期間に記録され、また 2006 年 10 月の溶岩噴出の 3 日前に始まっていた。温度の記録はこれらの活動期間中に、明瞭な再現性のある構造を示していた。すなわち、温度の急

上昇に続き指数関数的減衰を伴い、次いで背景レベルにまで急減した。我々は、この原因は降雨とガス流の増大の複合的な影響にあると見ている。

大気圧は、監視対象火山のいずれにおいても、日周変動を超えて影響を及ぼすことはなかった。降雨と温度の急上昇の相関関係は、マサヤ火山で頻繁に観察された。これは温度の高いレベルに浸透し一瞬で蒸発する冷水が原因とされる。テリカとコトパクスの両火山では温度の長い周期が見られ、これは現状の火山の低水準な活動を反映するものと思われる。これら 4 つの火山すべてで記録された温度と大気変数の記録は、噴気孔における温度変化を引き起こす物理過程をはっきりさせるのに有用であり、噴気孔の温度を監視ツールとして利用することに一段と近づけるものである。

## 12-P-76

### ALOS PALSAR の干渉 SAR で見た雲仙岳溶岩ドームの変形

北川 貞之<sup>1</sup>, 安藤 忍<sup>2</sup>, 福井 敬一<sup>2</sup>, 高木 充朗<sup>2</sup>

1. 気象庁火山課/日本

2. 気象研究所/日本

e-mail:s\_kitagawa@met.kishou.go.jp

雲仙岳では、1990 年 11 月に噴火が始まり、翌年 5 月に溶岩ドームが出現した。平成新山と呼ばれる溶岩ドームは約 230m の厚さの溶岩が堆積しており、東西約 1000m、南北約 500m の大きさになっている。1995 年に成長を停止したドームは、その後収縮、沈降が観測されている。今回、ALOS PALSAR のデータを用いて、雲仙岳の溶岩ドームの変形の検出を行ったので報告する。2006 年 2 月に打ち上げられた地球観測衛星だいち(ALOS)には L バンドの合成開口レーダー PALSAR が搭載されており、火山地域等の地殻変動の検出に干渉処理によって活躍されることが期待されている。今回 2006 年 8 月 26 日と 10 月 11 日に撮像されたものを用いた。軌道間距離の垂直成分は 650m である。これらのデータを宇宙航空研究開発機構の島田政信氏により開発された SIGAMA-SAR により処理を行った。干渉画像を見ると、溶岩ドームが衛星から遠ざかる方向に数 cm 移動しているのが見える。この動きは溶岩ドームの変形であると考えられる。気象研究所では、福岡管区气象台、旧雲仙岳測候所と GPS による溶岩ドームの変形の観測を行っており、変形速度の大きいところでは年間数十 cm も動いている。この変形速度を 46 日間に当てはめると数 cm の動きになり、干渉画像から読み取れる動きと調和的である。

## 12-P-77

### 衛星可視赤外画像による東アジア活火山のリアルタイム観測

金子 隆之<sup>1</sup>, 高崎 健二<sup>1</sup>, 安田 敦<sup>1</sup>, Wooster Martin, J.<sup>2</sup>

1. 東京大学地震研究所 / 日本
  2. ロンドン大学キングスカレッジ/イギリス
- e-mail:kaneko@eri.u-tokyo.ac.jp

北はカムチャッカ半島から南はインドネシアに至る東アジア地域には、多数の活火山が分布している。そのいくつかは毎年噴火し、場合によっては大きな災害を引き起こすものの、十分な観測体制はとられていない。防災および学術データ収集という点から、全体をカバーする恒久的な火山観測システムの構築が望まれる。この実現の1つの手立てとして、衛星リモートセンシングとウェブの結合による観測・情報発信システムの開発に取り組んでいる。今回開発したシステムでは、MODISとMTSATにより、東アジア主要147活火山について、熱異常と噴煙発生状況に関するデータが、準リアルタイムで提供される仕組みとなっている。2004-2005年の浅間火山の活動では噴火に先行する熱異常等が認められた。このような現象を的確に検出することにより、噴火の手掛かりが得られるものと期待される。

## 12-P-78

熱調査によって明らかになった、エトナとストロンボリ火山における火山プロセス及び考えられる噴火の前兆

Sonia Calvari<sup>1</sup>

1. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Sezione di Catania, Catania, Italy
- e-mail:calvari@ct.ingv.it

熱画像処理は、多数の異なる火山プロセスを分析する目的で火山学に導入された。このシステムは、火山の山頂火道内のマグマの動きを探知し、また活火山から通常放出されるガスのカーテンを通して、火口内の火山活動を明らかにすることができる。熱マッピングは噴出性噴火の際に不可欠で、それは年代の異なる溶岩流や隠された溶岩チューブの経路を識別することにより、ハザード評価が向上するからである。最近、熱画像処理は、活火山の断裂面や、山腹の不安定性を明らかにする目的でも応用されている。2002年-2003年に起こったエトナ山やストロンボリの噴火の際の火山予測に関しては、素晴らしい結果が得られた。エトナでは、火山の山頂で毎月記録される熱画像により、開口割れ目が数か月先立って明らかにされた。ストロンボリでは、ヘリコプターからの熱調査によって、2002年12月30日に島の深刻な破壊を引き起こした大規模な断裂の1時間前に、断裂の開口を認識することができた。INGV-カタニア支部では2001年に、携帯型サーマルカメラを用いた活火山の監視を開始した。この機器は現場とヘリコプターから、活火山の表面上で記録される熱異常を探知すべく利用され、以来、数々の噴火や噴火プロセスに応用されている。エトナとストロンボリでの2度の大噴火の後、固定サーマルカメラがストロンボリ、エトナ、ブルカノに設置され、噴火活動、山腹の不安定性や灰の排出を監視下に置けるようになった。エトナでは、2002年-03年、2004年-05年、2006年7月及び2006年8月-12月の噴火を監視した。ストロンボリでは、

熱調査によって一時的な火道の伝播が追跡可能となり、その結果、隠れた溶岩チューブの経路のほか、溶岩流上流の場の膨張・収縮段階も追跡可能となった。

## 12-P-79

マヨン 2006 年噴火と南西諸島火山のネットワークカメラ観測

木下 紀正<sup>1</sup>, ラゲルタ エドワード<sup>2</sup>, コルプス エルネスト<sup>2</sup>, 土田 理<sup>3</sup>, 金柿 主税<sup>4</sup>, 福澄 孝博<sup>5</sup>, 飯野 直子<sup>6</sup>

1. 鹿児島大学産学官連携推進機構 / 日本
  2. フィリピン火山地震研究所/フィリピン
  3. 鹿児島大学教育学部/日本
  4. 熊本県甲佐中学校/日本
  5. 中之島天文台/日本
  6. 鹿児島大学工学部/日本
- e-mail:kisei@rdc.kagoshima-u.ac.jp

フィリピン・マヨン火山の長期自動観測を、デジタルカメラとビデオカメラを用いて2003年6月に開始した。撮影は山頂火口から11km南南東の観測所からである。2004年2月には可視・近赤外のネットワークカメラとデータ蓄積サーバによる自動観測システムを設置し、同年4月からはインターネットに接続している。2005年6月から11月にかけては、山頂火口内で溶岩ドームが発達し、夜間には高温部がしばしば明るく見えた。2006年7月、山頂火口から大量の溶岩を流出する激しい噴火が起こり、溶岩流は南東の標高450mまで達した。8月末まで、高温の溶岩流の夜間映像が近赤外カメラとナイトショットモードのビデオカメラで大量に得られた。

西南日本の離島火山における噴煙活動の長期自動観測を次に述べる。薩摩硫黄島火山におけるデジタルカメラとビデオカメラのインターバル撮影記録は、1998年7月に開始された。諏訪之瀬島火山の北東25kmの中之島の建物内にネットワークカメラとデータ蓄積用のパソコンのシステムを2002年8月に設置し、モヤがある時でもより鮮明な映像を得るために、2004年2月からはネットワークカメラを近赤外仕様に変更して遠望観測を続けている。薩摩硫黄島では、2003年2月にWebカメラとパソコンによるシステムを設置してインターネット回線に接続し、2003年12月にはWebカメラを近赤外仕様に変更した。薄い噴煙や高温熱異常の検出も近赤外カメラの利点である

## 12-P-80

キラウエア火山(ハワイ)のプウオオ火口群における地震および音波振動記録

David Fee<sup>1</sup>, Milton Garces<sup>2</sup>, Robin Matoza<sup>3</sup>, Tim Orr<sup>4</sup>, Richard Hoblitt<sup>5</sup>

1. Infrasound Laboratory, University of Hawaii, Manoa, USA
2. Laboratory for Atmospheric Acoustics, Scripps Institution of Oceanography, USA

3. U.S. Geological Survey, Hawaiian Volcano Observatory, USA
  4. U.S. Geological Survey, Cascades Volcano Observatory, USA
  5. U.S. Geological Survey, Cascades Volcano Observatory, USA
- e-mail:dfec@isla.hawaii.edu

火山の地震及び音響の同時観測、噴火ダイナミクスの解明につながるものである。キラウエア火山(ハワイ)の活発な噴火口であるプウオオ火口群からの継続的な噴火は、ほぼ持続的な振動を発生している。この振動を調査するため、2つの音響観測アレイが、1つはプウオオ山頂火口から2.5 km、もう1つは12.5 kmの地点に配置され、近い方のアレイに広帯域地震計が併設された。

音波観測データによると、顕著な時間的な変化を示している。0.6 Hz以下の急で複雑なスペクトルのピークがデータセット全体に見られ、時間と共に周波数を分岐及び移行させる傾向がある。キラウエアでの地震波動場は複雑で、経路効果が重要な役割を果たしているように思われるが、このスペクトルのピークは、地震記録にも若干現れる。音波データをアレイ処理すると、広帯域信号も多く含まれる。信号の大部分は主火口域から発生しているようである。しかし、2.5 kmのアレイにより、プウオオの南方400 m弱に位置する活発な溶岩チューブ上に、成長するhornitoの噴出孔を検出した。主火道及び噴出孔からの赤外線データは、地震や音波の記録の解析及び検証に役立てる上でも利用される。

この実験から得られたデータからキラウエアには顕著な音波と地震の振動があることがわかった。我々は、この地震および音波振動信号の変化が、継続的な噴火活動の変化の指標になり得ると考えられる。

## 12-P-81

噴火の危険性把握のための自動リモートセンシングによる音波アレイ観測

Milton Garces<sup>1</sup>, David Fee<sup>1</sup>, Andrea Steffke<sup>1</sup>, Michael Hedlin<sup>2</sup>, Robin Matoza<sup>2</sup>, Hugo Yepes<sup>3</sup>, Pablo Palacios<sup>3</sup>, David McCormack<sup>4</sup>, Henry Bass<sup>5</sup>, Claus Hetzer<sup>5</sup>, Rene Servanckx<sup>6</sup>, James Kauahikaua<sup>7</sup>, Tim Orr<sup>7</sup>, Seth Moran<sup>8</sup>, Rick Hoblitt<sup>8</sup>, Bernard Chouet<sup>9</sup>, Gregory Waite<sup>9</sup>, Davida Streett<sup>10</sup>, Grace Swanson<sup>10</sup>

1. Infrasound Laboratory, University of Hawaii at Manoa, USA
  2. University of California, San Diego, USA
  3. Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador
  4. Geological Survey of Canada, Ontario, Canada
  5. University of Mississippi, USA
  6. Montreal Volcanic Ash Advisory Centre, Meteorological Service of Canada
  7. USGS, Hawaiian Volcano Observatory, USA
  8. USGS, Cascades Volcano Observatory, USA
  9. USGS, Menlo Park, USA
  10. Washington DC Volcanic Ash Advisory Centre, NOAA, USA
- e-mail:milton@isla.hawaii.edu

ASHE プロジェクトでは、低周波の音波により、離れた場所にある火山の噴火を確実に低遅延(5分-20分)で検知することを目的として、開発及び評価を行っている。音波のモニタリングは、地震観測と衛星遠隔計測の双方を補完し、広い地域に及ぶ潜在的な噴火ハザードの継続的な監視を、低コストで向上させるものである。ASHEの測点は、火山噴火による被害が及ばないように十分離れた地点に高感度マイクのアレイと広帯域センサーを設置し、破壊的な噴火活動中であっても、容易な保守管理、維持、および観測が継続するようにしてある。我々は、現在運用している、ワシントン州とエクアドルにあるいくつかの小型の自動地震・音波観測点のを紹介する。ワシントン州のアレイはセントヘレン山からの多様な噴火信号を探知し、またエクアドルのアレイはトングラワ火山やサンガイ火山のほか、コロンビアのガレラス火山の噴火も検知した。また、ハワイのキラウエア火山のプウオオ山頂火口から2.5 km以下と12.5 kmの位置に配置され、近いほうのアレイには広帯域地震計を併設した、音波アレイによる予備的研究結果についても発表する。観測点からセンターへ、リアルタイムデータを連続送信しており、センターでは噴火検知の自動解析手法が試験的に導入されている。ASHEの測点向けに、試験ベース自動通知が、参ICAO指定の火山情報センターへ送信される。この情報は、それぞれの既存の警報システムと比較・検証されている。この実用ミッションと同時に、火山の噴火を誘発及び持続する条件の調査を追求するための相補的な学際プロジェクトを行っている。この研究プロジェクトは全米科学財団による後援を受け、上記の火山で収集された地震・音波データと、他のデータ源を統合するものである。この一連の火山は玄武岩質、デイサイト質、安山岩質の火山についてカバーしており、既にハワイ式からブルカノ式に至るまで、噴火活動に関する独特の音波に関する資料を提供してきた。

## 12-P-82

ナウルホエ(ニュージーランド)で火山が活発化か?

Steven Sherburn<sup>1</sup>, Art Jolly<sup>1</sup>, Bradley Scott<sup>1</sup>

1. GNS Science / New Zealand
- e-mail:s.sherburn@gns.cri.nz

ナウルホエはニュージーランド北島にある安山岩質の円錐火山で、最後に噴火したのは1975年である。トンガリロ火山群の一部として、ナウルホエは自然を楽しむ旅行者の目的地としてニュージーランドで最も人気の高い場所の1つである。2006年6月、火山性地震活動が増大したことを受けて、GNSサイエンスが科学的警戒レベルを0(活動なし)から1(活発化の兆候)へ引き上げた。地震活動の増大を受け、3台の携帯型地震計が、既存の常設監視網を補完すべく設置され、また既存の火山ガス及び温度の監視プログラムが強化された。

活発化が始まって以来、5,000回を超える小規模の火山性地震(マグニチュード0-1.4)が記録されている(1日平均13回)。これらは火山性地震の典型で、突発的に発生し、圧倒的に低周波の波形が多く、また明白なS波エネルギーはない。携帯型地震計からのデータが付加されたことで、最大規模の

地震の震源を特定することが可能であったが、これらの事象でさえ、たった 2 台の常設地震計でしか明瞭に記録されていなかった。地震はナウルホエの火口の下方で発生するようには見えず、火山円錐丘の端部の地下約 1 km で発生しているようである。地震波形は活動全体を通じて非常に似通った状態を維持しており、震源が 1 箇所に固定され、反復性で非破壊的であることを示している。地震の最大規模に上限があるようで、限定的な規模のプロセスであることを示している。S 波エネルギーの欠如と、反復性で規模が限定的な震源は、反復的な断層の変位よりはむしろ、流体(マグマ、ガス、又は水)が絡む震源機構と一致する。我々は、このモデルの妥当性を検証するために行った、火山性地震の震源に関する有限差分モデリングで得られた最初の結果を発表する。

明白な活発化が始まってから 1 年後、地震活動の増大は続いているが、噴気孔の組成や温度は変わらないままで、噴火活動は全くない。地震は本当に火山の活発化を表すのであろうか、又はひょっとしたら浅い熱水系におけるある種の非火山性の摂動であらうか？

## 12-P-83

### 溶岩流シミュレーションによる人口堤防・水冷効果の定量的検証

藤田 英輔<sup>1</sup>, 日高 政隆<sup>2</sup>, 後藤 章夫<sup>3</sup>, 海野 進<sup>4</sup>

1. 防災科学技術研究所/日本
2. (株)日立製作所電力・電機開発研究所/日本
3. 東北大学東北アジア研究センター
4. 静岡大学理学部

e-mail:fujita@bosai.go.jp

溶岩流制御のための人口堤防や水冷の効果について、溶岩流シミュレーションコード LavaSIM を用いて定量的な評価を行った。溶岩流は基本的に周辺の地形、噴出率、粘性および周辺の水・大気の状態などの要因に支配される。溶岩流による被害を防ぐため、流れの方向、速度、温度を制御する試みが行われている。シミュレーションによると、人口堤防は溶岩流の方向を変える効果があることがわかり、特に比較的平坦な場所で流れに沿った方向に堤防を設置するほうが効果的であることがわかった。溶岩の流れに直行する方向の堤防は一時的に流れを止めることが出来るが、最終的には固化した溶岩が堤防の前面に溜まってしまい、その後に流れてくる溶岩が堤防を乗り越えていってしまうという現象が現われた。水冷も溶岩流の方向や温度の調整に効果的であるが、3.9E3m<sup>3</sup>もの大量の水を必要とすることがわかった。

## 12-P-84

### 精密 DEM による潜在ドーム形成過程—有珠山(1977-82 年)とセントヘレンズ(1980 年)の比較

岡田 純<sup>1</sup>, 岡田 弘<sup>2</sup>

1. 北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター / 日本
  2. 環境防災総合政策研究機構 / 日本
- e-mail:jokada@mail.sci.hokudai.ac.jp

本研究は、有珠山の 1977-82 年活動に伴う地殻変動の詳細を調べるために、大縮尺地形図から精密 DEM(数値標高モデル)を新たに作成し地形解析を行った。その結果、有珠新山潜在ドームの大隆起(見かけ標高変化:+270m)と隣接する溶岩ドーム(小有珠、大有珠、オガリ山)の沈降(-10m~-70m)が面的に明らかになった。有珠新山の隆起パターンは U 字型断層層によって極めて明瞭に特徴づけられる。また、小有珠溶岩ドームの沈降は群発地震の発生と地溝の形成とともに生じた。これと同様の活動は、セントヘレンズの 1980 年 3-5 月の活動やベズミアニの 1955-56 年の活動でも報告されている。地殻変動場を定量的に比較するために、セントヘレンズについても有珠山と同様に DEM を作成し同様の解析を行った。北斜面の顕著なバルジ変形と山頂溶岩ドームの沈降、地溝の発達、有珠山の 1977-82 年活動と極めて類似した特徴を示す。両者の活動は、山頂溶岩ドーム直下への高速のマグマ貫入(ドーム形成活動初期)とその後の潜在ドームの横成長( $1-2 \times 10^8 \text{ m}^3$ )という共通の物理プロセスによって特徴付けられる。

## 12-P-85

### 雲仙火山における 1990-1995 年噴火後のマグマ再蓄積過程のモニタリング

清水 洋<sup>1</sup>, 松島 健<sup>1</sup>, 河野 裕希<sup>1</sup>, 松本 聡<sup>1</sup>, 植平 賢司<sup>1</sup>, 雑賀 敦<sup>1</sup>, 渡邊 篤志<sup>2</sup>

1. 九州大学理学研究院附属地震火山観測研究センター / 日本
  2. 東京大学地震研究所 / 日本
- e-mail:shimizu@sevo.kyushu-u.ac.jp

雲仙火山は 1990 年に 198 年ぶりに噴火を開始し、1995 年春に停止するまで約 2 億立方メートルもの溶岩を噴出して山頂部に溶岩ドームを形成した。われわれは、地震観測により噴火に前駆した地震・微動活動を捉えることに成功するとともに、噴火開始後は多項目観測を実施して、マグマ上昇経路や溶岩ドーム形成過程などを明らかにしてきた。噴火停止後は人工地震を用いた火山体構造探査や科学掘削が実施され、火山内部の構造や状態が明らかになった。これらに加え、われわれは各種の連続観測や繰り返し観測を継続して、雲仙火山のマグマ活動の現状評価やマグマ再蓄積過程のモニタリングを試みている。その結果、低調な地震活動や噴気温度の低下および消磁傾向の停止などから、雲仙火山の山体浅部ではマグマの供給がなく一連の噴火活動は完全に終息したと考えられる。一方、測地観測データは火山深部でマグマの再蓄積が開始しつつあることを示唆しており、雲仙火山は既に将来の噴火に向けた準備過程にあると推定される。

12-P-86

無人火山探査車 MOVE の開発と運用試験

谷口 宏充<sup>1</sup>, 後藤 章夫<sup>1</sup>, 市原 美恵<sup>2</sup>, 前野 深<sup>2</sup>, 久利 美和<sup>3</sup>, 嶋野 岳人<sup>4</sup>, 金子 克哉<sup>5</sup>, 山田 功夫<sup>6</sup>

1. 東北大学東北アジア研究センター/日本
  2. 東京大学地震研究所/日本
  3. 東北大学/日本
  4. 富士常葉大学環境防災学部/日本
  5. 京都大学大学院人間・環境学研究科/日本
  6. 名古屋大学環境学研究科/日本
- e-mail: taniguti@cneas.tohoku.ac.jp

危険な火山爆発現象を科学的に理解し, その知識を災害軽減に生かすためには, 火口に出来るだけ近づいて, 物理観測や試料の採取を行うことが重要である. そのために我々は, 2002 年から無人火山探査車 MOVE の開発を始めた.

MOVE は日立建機製無人施工型キャリアショベル MPX10 をベースマシンとし, 無線の強化, モニターカメラの設置, 装置を収納する断熱ボックスの追加により, 遠隔操縦での火山観測を可能としている. 可視画像, 近赤外画像, 音声リアルタイムで基地に送信し, 爆風や火砕サージの温度・圧力データなどを収録するほか, 噴石試料の採取や観測機器の設置も目指している.

本体の完成を受け, その有用性を確認するため 2006 年 6 月に, 伊豆大島三原山火山で運用試験を行った. 試験に先立つ現地調査で設定した三つの走行ルートのうち, 最大距離が 2km を越える最も困難なルートでは, 1986 年噴火を想定した観測演習を行った. 途中, 地形障壁のため映像が途切れがちになりながらも, 遠隔操縦だけで, 山腹と火口原を往復し, 与えられたミッションをこなすことに成功した. 今後の課題として, 通信の安定と運用組織の確立が残されている.

12-P-87

インドネシアの火山における観測成果の日本の火山噴火予知研究へのフィードバック—日本・インドネシア国際共同研究—

井口 正人<sup>1</sup>, ムハマド ヘンドラスト<sup>2</sup>, スロノ<sup>2</sup>, 平林 順一<sup>3</sup>

1. 京都大学防災研究所 / 日本
  2. 火山地質災害防災センター/インドネシア
  3. 東京工業大学/日本
- e-mail: iguchi@svo.dpri.kyoto-u.ac.jp

京都大学防災研究所はインドネシアのエネルギー・鉱物資源省地質鉱物資源総局と「インドネシア・ジャワ島の火山の噴火機構とテクトニクスに関する研究」の協定を 1993 年に締結し, 地質学院に 2006 年に引き継がれた. 防災研究所火山活動研究センターと地質鉱物資源総局傘下のインドネシア火山調査所(現在: 火山地質災害防災センター)はジャワ島のグン

トール, メラピ, スメル火山の観測研究を行ってきた. グントール火山は 160 年噴火が発生していないが, マグマ貫入に伴うと考えられる火山構造的な地震がしばしば群発する. 火山列に沿う系統的な震源分布と発震機構はわが国の長期にわたり休止期間にある火山の噴火の長期予測に役立つと考える. メラピ火山ではかつての雲仙普賢岳のように溶岩ドームの形成と崩落に伴う火砕流が繰り返される. 溶岩ドームの形成に先立ち, 傾斜計アレイにより圧力源の浅部への上昇が検出された. スメル火山では噴火に先行して火山ガスの蓄積による膨張傾斜変動が観測され, 爆発直前には収縮に転じることがわかった. 噴火機構を論ずるためには重要なデータである.

12-P-88

コンゴ民主共和国ニラゴンゴ火山の溶岩湖活動と 2002 年噴火に対する影響

浜口 博之<sup>1</sup>, ワフラ ミフン<sup>2</sup>, カセレカ マヒンダ<sup>2</sup>

1. 元東北大学/日本
  2. ゴマ火山観測所, 自然科学研究センター, ルイロ, コンゴ民主共和国
- e-mail: hamaguti@cello.ocn.ne.jp

Nyiragongo 火山はコンゴ民主共和国のゴマ市のおよそ 10km の北にある. 周辺住人(人口約 500, 000)は山頂の持続的な溶岩湖から流れ出る急速な溶岩流によって生じる火山災害の危険に常にさらされてきた. 1994 年に起きた難民危機の発生に対して我々は CRSN に付属のゴマ火山観測所(GVO)を開設した. それ以来火山近傍の地震活動度と光波測距儀, カメラと目視による溶岩湖活動の長期変動のモニターを組織的に続けてきた. 本論文はこれらのデータセットに基づいて 2002 年噴火に先駆的イベントである異常に高い地震活動度, 大きな地鳴り, Mazuke(有毒ガス)によるアンテロープの大量死, 主噴火の 6 時間前に麓の Kibati で観測された小規模降灰や噴火後の溶岩湖ふたの崩壊やゴマ周辺に発生した地震活動を統一的に説明しようとするものである. 上記の諸特徴は 1977 年に起きた前噴火では観察できなかったものである. 1977 年の噴火は標高の高い斜面で起きたマグマ水圧破壊によって説明された. 2002 年と 1977 年の噴火の直前の溶岩湖の違いは溶岩湖内のピット・クレーターが開いていたか, それとも閉じていたかにある. この差異は発泡したガスの火道からの脱出を支配する大きな要因である. 本論文では 2002 年の厚いふたで覆われた溶岩湖について「圧力釜モデル」を提案した. そして溶けた溶岩湖内を気泡が上昇する結果として移流による過剰圧力の発生が 2002 年噴火の前後に観察されるいろいろな特徴を理解する鍵であることを示す. Shahele の火山丘の麓から発する長い亀裂は, 山頂直下のスロープに割れ目が発生しそれに誘引された溶岩湖内の急激な過剰圧の生成より始まったと考えられる.

12-P-89

## 地球温暖化と気候変動: バングラデシュにとっての課題

### Md Mansurul Haque<sup>1</sup>

1. Department of Relief & Rehabilitation, Dhaka, Bangladesh  
e-mail: mansurul@yahoo.com

地球温暖化と気候変動: バングラデシュにとっての課題: 温室効果ガスの排出は、21世紀以降に気候変動をもたらすと予想されている。この変化は潜在的に、自然環境はもちろん、人間の社会や経済にも多様な影響を及ぼすであろう。科学者は、様々な社会経済的分野に対する潜在的な直接の影響について推定を行ってきたが、現実には、全体的な結果はもっと複雑であろうと思われる。それは或る分野に対する影響が他の分野にも間接的に影響し得るからである。気候モデルでは、地球の平均地表温度が2100年までに約1°Cないし4.5°C上昇する可能性があるとして算出している。さらに、ここ数十年間に気候変動あるいは異常気象の増大が生じたことも示唆している。潜在的な影響を評価するには、特に国レベルや地方レベルでの、気候変動の範囲や規模を推定する必要がある。気候体系や気候変動に関する理解は大幅に進歩してきたが、気候変動とその影響の予測については、特に地域や地方レベルでは、依然として多くの不確実性が含まれている。発展途上国であるバングラデシュは、地球温暖化と気候変動による深刻な脅威にさらされており、予測システムや警戒システムは、能力面や技術面において非常に脆弱である。しかしながら本論文は、地球温暖化と気候変動がバングラデシュに与える影響について、また早期警戒や予測システムが、地球温暖化や気候変動から生じる課題を緩和する上でいかに効果的となり得るか、という点に焦点を当てようと試みるものである。

1-3

### 13-O-01

#### イタリアのベスビオ火山における防災計画と災害軽減策: 人間へのリスクに基づいたアプローチ

### Peter J Baxter<sup>1</sup>

1. UK  
e-mail: pjb21@medschl.cam.ac.uk

ベスビオ火山は世界で最も危険な火山のひとつであり、イタリア国家による非常事態対応計画が存在している。この計画は、予測しうる最大の現象、すなわち過去千年で最も甚大であった1631年噴火と同程度の噴火でもたらされる被害に基づいている。欧州連合のEXPLORISプロジェクトでは、イベントツリー・アプローチを利用した防災計画と災害軽減策を推進している。このアプローチでは、専門家の判断と確率割当てを組み込んで、一連の異なった噴火事象(特にプリニー式、準プリニー式、および猛烈なストンボリ式噴火)の定義とこれらに関連する緊急事態のシナリオの策定を行なっている。ひとつの典型的な噴火がリスクの全体像を決めるわけではないため、

リスク評価のアプローチが採択され、個々のケースに見合った対応が防災計画に初めて組み入れられた。リスク評価は、爆発的な噴火における主要な負傷因子に対する人間の脆弱性に基づいている。負傷因子としては、高熱や呼吸器系に侵入する微粒子、高温ガス、(火砕流に伴う)火山弾と火災、(降灰による)屋根の崩壊や火山灰・レキの吸入による長期的な影響などを考慮に入れている。これらの噴火現象が人口密度の高いベスビオ火山周辺地域の都市環境に与える影響も、人間へのリスクを評価し災害軽減策を考案するための新しいモデル化ツールを利用して研究した。このようなリスク評価に対する確率的、実証的アプローチは、噴火の前兆現象が発生している間に、市民の避難等に関する意思決定を支援するのに応用することが可能である。この発表ではEXPLORISにおける方法論と、世界中の爆発的な噴火で発生する可能性があり、災害対応に盛り込む必要がある人間への影響の範囲を概観する。

### 13-O-02

#### 雲仙普賢岳噴火時の火砕流被災者の救護活動

### 藤田 弘子<sup>1</sup>

1. 長崎県立島原病院 / 日本  
e-mail: h.fujita@pref.nagasaki.lg.jp

1991年6月3日に大火砕流が発生し、緑豊かな島原の地は一瞬にして暗黒の世界となった。消防署より「火砕流発生、被災者あり」と連絡があった後、熱傷を負った17名が続々と県立島原温泉病院(現・県立島原病院)に運ばれた。被災者の救護活動は、救護班長と救護副班長の強力なリーダーシップと的確なトリアージにより進められた。自力で車から降り何とか歩いてきた被災者の体は、みるみるうちに腫れ上がり、処置のタイミングを逃すと気道確保・血管確保は困難な状況にあった。救命処置後は3名を残し、高次機能病院へ搬送した。熱傷90%以上が10名、熱傷40%~60%が2名、いずれも気道熱傷があり計12名が死亡の転帰となった。この救護活動が効果的にできたのは、事前に救護所を設置したことと発生時間帯が職員を集結しやすい時間帯であったことが重要な要因として挙げられる。この体験を通して、平常時に専門職として自立した活動とチーム形成をしておくこと、また、癒しあえる関係づくりをしておくことが危機時の対応に必要なことを学んだ。

### 13-O-03

#### 雲仙・普賢岳噴火災害下、災害対策業務従事者の労働安全と健康対策

### 松下 英爾<sup>1</sup>

1. 島原市災害対策課 / 日本  
e-mail: cov5@city.shimabara.lg.jp

1991年6月3日、長崎県島原市役所。その日の午後4時過ぎに発生した火砕流による異常事態で突如かき集められた男性職員は、その場で急遽割り当てられた非常業務に就くため、火山灰の焦げ臭さでムッとする夜の闇にちりぢりに消えていった。その日が、島原市役所の全職員が初めて経験することとなる、5年以上も続いた雲仙・普賢岳噴火災害対策業務の全ての始まりであった。43名の死者を出したその日から、ある者は一夜にして突如の避難を余儀なくされた4千人もの住民の避難所作りへ、ある者は連日大量に送られてくる救援物資の受け入れや配給業務へと、全職員が右往左往の毎日となった。そして、火砕流をテレビモニターで監視しながらの、市役所本庁職員による災害対策本部宿直業務も4年続いた。その間種々実施された災害対策業務従事者の過労・健康被害予防策や火砕流到達危険区域内における作業の安全対策など、災害現場における労働安全・健康管理対策は、今次、雲仙・普賢岳噴火災害の危機管理の要の一つと言える。未曾有の長期火山災害を経験した島原市役所職員の健康調査結果や様々な取り組みを振り返り、災害下、あるべき労働安全・健康管理対策について考える。

### 13-O-04

#### 雲仙普賢岳噴火時の住民の精神障害事例

##### 高城 昭紀<sup>1</sup>

1. 高城病院

e-mail:akinori@takagihp.or.jp

住民が強いストレスにさらされた雲仙普賢岳の噴火期間中に、主に高城病院で診断や治療を行った精神障害事例について紹介する。1990年11月に始まった普賢岳の火山活動は、当時の島原市・深江町の居住地区にも大きな影響を及ぼした。突然避難を強いられることがあるなど、住民は強い不安や恐怖を感じながら生活をしていた。火砕流で家を焼失したり、土石流で田畑を流失したりする衝撃的な体験をした人もいた。このような状況下で、噴火開始から93年9月までに精神障害を起こし、私が診断や治療をした人は27名であった。内訳は、認知症の増悪13例、恐怖性不安障害3例(うち2例は死亡)、全般性不安障害3例、妄想性障害4例、抑うつ状態4例であった。その他、特筆すべき事項として○70歳以上が59%(16人)、○認知症が増悪した13例の全てで避難後に強い症状。○認知症の70%(9人)が女性、○認知症は在宅での治療は困難、○4症例に希死念慮が認められ、1例は自殺、○災害の影響を強く受けたのは脆弱性を有していた人(高齢者、一人暮らし、脳卒中、認知症、糖尿病等の身体疾患を有していた人、神経症的性格の人)であった。

### 13-O-05

#### アルバン・ヒルズ(イタリア・ローマ)の地下から放出するガスによる健康被害

##### Maria Luisa Carapezza<sup>1</sup>, Franco Barberi<sup>2</sup>, Peter Baxter<sup>3</sup>

1. Ist. Naz. Geofis. Vulcanol, Roma 1, Rome/Italy

2. Dip. Sci. Geol. Univ. Roma Tre, Rome/Italy

3. Inst. Publ. Health, Univ. Cambridge/UK

e-mail:carapezza@ingv.it

ローマ近郊にあるアルバン・ヒルズ火山は火山活動的には静穏であるが、掘削活動により表面の不浸透性の土地被覆を取り除かれた地区(カヴァ・デイ・セルチおよびソルフォラータなど)から地中ガスが多量に放出されるという特徴がある(それらのほとんどが微量に硫化水素を含む二酸化炭素である)。大気よりも密度が大きいこれらのガスは、くぼ地に蓄積する。ここ数年で動物が死亡する事故が多発し、人間が一名、亡くなる事故も発生した。試錐孔がガスで加圧された浅い帯水層に達して、ガスが噴出するという事故も発生している。この地域のガスによる健康被害を評価するために、地球化学的な調査を実施して、二酸化炭素および硫化水素の土壌からの放出量と大気中の濃度を測定した。市街地域のヴィーニャ・フィオリータでは、二酸化炭素濃度が最大10%で硫化水素が最大30ppmという危険な室内環境が発見された。二酸化炭素濃度が最大22%という致命的な室内環境が換気されていない家に存在した。これらの調査結果は居住者が講じるべき適切な予防措置の導入を提案する一助となるであろう。(地上30cmに設置された波長選択型の半導体レーザーを使って)二酸化炭素と硫化水素の大気中濃度を測定する際に重要な発見がなされた。非常に風速が弱いまたは無風の時(一般的に夜間)に、カヴァ・デイ・セルチ(長さ40mの平均濃度で最大400ppm)とソルフォラータ(長さ118mの平均濃度で最大350ppm)では双方とも硫化水素が致死濃度に達した。これらのデータは、これまでは二酸化炭素が原因とされていた近年の多数の動物の死亡事故が、実は硫化水素に起因することを示している。同様のことは、このガスがヒトや動物に及ぼす健康上の影響についての具体的な研究による最初の結果でも示唆されている。調査を行ったアルバン・ヒルズ地区は、静穏な火山または最近活動が起きた火山周辺の居住区域において、ガスの土壌からの放出に関連する潜行性の被害の評価方法について有益な方法論的示唆を与えている。

### 13-O-06

#### ニーラゴンゴ火山(コンゴ民主共和国)の持続的なガス放出がもたらす健康への影響

##### Simon Cam<sup>1</sup>, Francois Kervyn<sup>2</sup>, Prudence Mitangala<sup>3</sup>, Georgina M. Sawyer<sup>4</sup>

1. Joint Center for Earth Systems Technology, Univ. of Maryland Baltimore County / USA

2. Department of Geology, Royal Museum for Central Africa / Belgium

3. Centre Scientifique et Médical de l'Université Libre de Bruxelles pour ses activités de Coopération (CEMUBAC) / DR Congo

4. Department of Geography, University of Cambridge / UK

e-mail:scarn@umbc.edu

継続的な非爆発性のガス放出によって発生する火山噴煙は、健康に重大な害を及ぼす可能性があるものの、不明な点が多い。ゴマ市(人口 50 万人)の北 18 km に位置するニーラゴンゴ火山(コンゴ民主共和国)の山頂クレーターには何十年もの間、活発に活動する溶岩湖が断続的に存在し続けている。その溶岩湖はしばしば大量の火山ガスの排出源となっており、周辺の地域社会に潜在的な健康被害をもたらしている。2002 年 1 月に起きた溶岩流出を受け、ニーラゴンゴ火山から放出される二酸化硫黄( $\text{SO}_2$ )が初めて遠隔測定された。すなわち、アースプローブ衛星搭載のオゾン全量分光計(TOMS)で得られた紫外線の衛星データが利用された。NASA の EOS/アウラ衛星に搭載された UV オゾン監視装置(OMI)は 2004 年 9 月に運用が開始され、今ではニーラゴンゴ火山を含む世界中の火山からの非爆発的な二酸化硫黄放出に関する他に類を見ない一連の観察結果を毎日、提供している。また 2005 年半ば以来、我々はフーリエ変換赤外分光光度計(FIR)を使ったニーラゴンゴ火山の噴煙中の水蒸気、二酸化炭素、二酸化硫黄、一酸化炭素、塩化水素、フッ化水素および硫化カルボニルの地上観測を年に 1 度実施しており、その数値によれば 2005 年から 2006 年には安定したガス組成が示されている。これらのリモートセンシングによるデータセットは、ニーラゴンゴ火山の持続的なガス放出がもたらす健康への影響を評価する新たな機会を提供している。OMI による二酸化硫黄の日々の測定値を利用することで、我々はさまざまな時間尺度における二酸化硫黄平均濃度の分布図を作成することができる。この図によると、ニーラゴンゴ火山からの噴煙の分散には強い季節依存性があることが判明している。また、衛星データを GIS(地理情報システム)に取り込んで、噴煙の影響を受けている区域を特定している。そして、火山噴出物に関する健康被害が検出できるかどうかを判断するために、これらの区域内外の地域社会から回収した健康データを比較する予定である。本研究は、対流圏の噴煙が健康へもたらす影響を調べるために、二酸化硫黄放出量に関する日々の衛星観測を利用した初めての試みであり、この発表ではこのような取り組みで得られた最初の成果を報告する。

### 13-O-07

#### 三宅島と桜島の地表における二酸化硫黄高濃度事象

飯野 直子<sup>1</sup>, 木下 紀正<sup>2</sup>, 坂本 昌弥<sup>3</sup>, ブーケトーマス<sup>4</sup>, 金柿主税<sup>5</sup>

1. 鹿児島大学工学部 / 日本

2. 鹿児島大学産学官連携推進機構/日本

3. 鹿児島玉龍高校/日本

4. 鹿児島大学理学部/日本

5. 熊本県甲佐中学校/日本

e-mail:kisei@rdc.kagoshima-u.ac.jp

桜島火山の山麓では、1980 年代から 4 ヶ所の測定局で二酸化硫黄( $\text{SO}_2$ )と浮遊粒子状物質の地表濃度 1 時間値の連続

測定がなされて来た。連続測定値の噴煙観測映像や風データとの比較から、 $\text{SO}_2$  高濃度事象は山頂高度付近が強風で山麓へ火山ガスが吹き降ろされて測定局に吹きつけ、風下に山岳波が形成されるような時であることが分かった。

三宅島火山の山麓における  $\text{SO}_2$  高濃度事象についても同じ機構が働いていることが確かめられた。三宅島では 2000 年 8 月半ばからの有毒な火山ガスの大量放出のため、全島民避難が 2000 年 9 月から 2005 年 1 月まで続いた。山麓の火山ガス固定観測局は 2000 年 12 月の 3 局体制から始まり、2004 年 4 月には 14 局体制となるまで増強された。2005 年 2 月に永住帰島が始まってからは、固定観測局は火山ガス監視・警報体制の基礎となっている。三宅島火山の山腹でなされた  $\text{SO}_2$  濃度の随時観測データも火山ガスが風下の狭い領域に輸送される気象条件で高濃度になることが確かめられた。火山ガスの流れ方の大局的様相は植生指数についての衛星画像で表わされ、さらに近赤外カメラによる地上観測で確認された。

### 13-O-08

#### 2000 年三宅島火山ガス災害 ー 対策の変遷 ー

石原 肇<sup>1</sup>

東京都庁/日本

1. e-mail:Hajime\_Ishihara@member.metro.tokyo.jp

2000 年 6 月以降の三宅島火山活動に伴う防災関係機関の火山ガス対策と夜間滞在方法は時期を追って変遷し、次の 4 期間に分けることができる。第 1 期は、2000 年 9 月から 2001 年 9 月までで、火山ガスの特性を把握できず、かつ火山ガス放出量が大量であったため、船舶や神津島に現地災害対策本部を置いた物理的回避期である。第 2 期は、2001 年 9 月から 2003 年 12 月までで、二酸化硫黄を脱硫装置で除去し、建物全体を防護した化学的回避期である。第 3 期は、2003 年 12 月から 2004 年 10 月までで、二酸化硫黄の短期的健康影響と長期的健康影響の二つに着目し、長期的健康影響については安全と判断される区域において、短期的健康影響のみを回避する目的で、建物の一室だけを脱硫装置で防護した予察的回避期である。第 4 期は、2004 年 11 月から 2005 年 1 月までで、規制区域を設けるとともに火山ガスの観測体制や情報伝達体制の整備とクリーンハウスへの避難行動を確立することで、脱硫装置を整備していない施設においても夜間滞在が可能となった制度的回避期である。この 4 つの期間を経て三宅島島民の帰島が実現した。

### 13-O-09

#### 火山ガスによる死亡事故とその防止策

矢野 栄二<sup>1</sup>

1. 帝京大学医学部/日本

e-mail:eyano@med.teikyo-u.ac.jp

狭い国土に密集した人口を抱えるわが国だが、世界中の活火山の1割以上が集積し、火山活動に伴う災害の報告も多い。そのようなわが国にとっても1997年は特異な年で、わずか5ヶ月足らずの間に3つの火山で異なる火山ガスによる事故が発生し、合計9名の人名が奪われた。すなわち同年7月に青森県八甲田山で、訓練中の自衛隊員が火山性の二酸化炭素で充満した穴に転落し、救助しようとした者も含め3名が死亡し15名が入院した。同9月福島県安達太良山において、無風で霧の中登山者4名が下山中に窪地の硫化水素により意識消失し、他の者がなすすべもなく見守る中死亡した。さらに同11月23日には熊本県阿蘇山頂広場において、噴気孔からの風により二酸化硫黄濃度が急増し、約千人の観光客が急遽避難中、心肺疾患の既往のある2名が死亡した。このように一口に火山ガス事故といっても原因となったガスが異なり、被災者の身体状況が異なり、被災状況が異なる。そこでこれら3つの事故を比較検討し、異なる火山における火山ガス事故の共通点と差異を明らかにする。また、そうした検討を踏まえた火山ガス事故防止対策の方向性として、事故原因の多要因把握(host-agent-environment)の重要性を提言する。

### 13-O-10

#### 日本における火山ガス災害の発生要因

野上 健治<sup>1</sup>, 平林 順一<sup>1</sup>, 小坂 文予<sup>2</sup>

1. 東京工業大学火山流体研究センター／日本

2. 東京工業大学／日本

e-mail:knogami@ksvo.titech.ac.jp

108ある我が国の活火山のうち、約半分の53火山で定常的な噴気活動が認められている。1951年から2005年までにその発生が公表された火山ガス中毒事故は30件以上に達し、52名が犠牲になっている。これらの火山ガス災害は殆どが硫化水素ガスによるもので、炭酸ガスによる事故は1件のみが報告されている。また、二酸化硫黄による中毒事故は阿蘇山でのみ報告されている。火山と温泉が身近にある日本においては、火山ガス中毒事故は決して軽視できない化学的な火山災害である。噴気ガスはその大部分が水蒸気であるが、噴出の過程で冷却され水蒸気を失うと、極めて高濃度の硫化水素や炭酸ガスが発生する。火山ガス事故は噴気地帯周辺でも起こりうるが、低温噴気ガスは視認できないためより危険な存在である。これらのガスは風向や風速によってはその流動が妨げられ、谷沿いや窪地など地形的に低いところに滞留する。雪洞に高濃度の硫化水素ガスが充満していた場合もある。従って火山ガス災害を未然に防ぐには、高濃度のガスが滞留する可能性のある危険地域を把握し、人の立ち入りを制限する必要がある。

### 13-O-11

#### 火山活動に伴う大気中ラドン濃度の上昇

小林 羊佐<sup>1</sup>, 樋口 健太<sup>2</sup>, 床次 眞司<sup>1</sup>, 吉永 信治<sup>1</sup>, 秋葉 澄<sup>2</sup>

1. 放射線医学総合研究所／日本

2. 鹿児島大学大学院・医歯／日本

e-mail:yosuke@nirs.go.jp

鹿児島県垂水市は、1950年代以降、活発な活動を続ける桜島火山南南東約10kmに位置しており、1970年代から80年代にかけて、火山活動に伴う降灰量が最も多かった地域である。最近の死亡率調査の結果、垂水市において女性の肺がん死亡率が周辺地域よりも有意に高く、肺がん以外の喫煙関連がんの死亡率では垂水市と周辺地域の間に有意な差がないことが判った。このことから、垂水市における肺がん死亡率増加の理由として、喫煙よりも桜島から放出された火砕物または火山ガスの関与が疑われる。また、活動的な火山は火口や噴気孔、火山体等から、他の揮発成分とともに天然放射性核種であるラドン及びその壊変生成物を大気中に放出しており、垂水市における肺がん死亡率増加が、桜島の火山活動に伴って放出されるそれらの核種への曝露によりもたらされた可能性も検討する必要がある。

本研究では、ラドンと火山活動との関連性を調査するために、垂水市において2003年から屋外ラドン濃度の連続測定を実施している。本発表では火山活動と屋外ラドン濃度の関連性について、現在までの知見を報告する。これまでのところ、桜島の火山活動で放出されたラドンが一般公衆へ健康影響をもたらしたという証拠は得られていない。

### 13-O-12

#### 草津白根火山地域の酸性河川中和事業に伴うヒ素の挙動

木川田 喜一<sup>1</sup>, 川井 智<sup>1</sup>, 大井 隆夫<sup>1</sup>

1. 上智大学理工学部／日本

e-mail:y-kikawa@sophia.ac.jp

群馬県草津白根火山周辺には強酸性の火山性温泉が多数存在し、地域内の河川は酸性河川である。このため1964年、草津白根火山東麓の草津温泉地域において下流域での水質改善を目的とした河川中和事業が開始された。中和は河川への石灰乳液の直接投入によって行われ、生成する大量の中和生成物は懸濁物として流下し、地域内に設けられたダム湖に堆積する。この中和生成物は主として非晶質の鉄水酸化物であるが、同時に多くの共存成分を吸着・共沈させている。

一方、草津温泉では1980年代から1990年代にかけて源泉水からのヒ素供給量が急増し、現在の年間ヒ素供給量は50トン近くと見積もられる。河川に流入した源泉起源のヒ素は、中和生成物に吸着・共沈することでダム湖に蓄積しており、マスバランス計算の結果、ヒ素のダム湖への堆積量は年間約25トン、ダム下流への流出は年間約3トンと見積もられた。このことは中和事業が火山地域外へのヒ素の流出を防ぐ大きな役割を果たしていることを示す。一方、年間20トン近くが地域内の土壌へ浸透拡散している可能性も示され、地域内でのヒ素

の動向に高い注意を払う必要があると思われる。

### 13-O-13

#### スープリエールヒルズ火山の溶岩ドームにおけるクリストバライトの形成:健康被害評価への示唆

Claire J. Horwell<sup>1</sup>, Ben J. Williamson<sup>2</sup>, Jennifer S. Le Blond<sup>3</sup>

1. IHRR, Dept. Earth Sciences, Univ. of Durham, UK
  2. Dept. of Mineralogy, Natural History Museum, London, UK
  3. Dept. of Geography, Univ. of Cambridge, UK
- e-mail:claire.horwell@durham.ac.uk

クリストバライトはモンセラト島にあるスープリエールヒルズ火山の火山灰中に大量に含まれている。この火山灰に含まれるクリストバライトの濃度や粒度に関する情報から、呼吸器の健康に影響を及ぼす可能性があるのではないかと懸念が生じている。しかしながら、毒物学的研究では、クリストバライト含有量から予測されるほどには、この火山灰に毒性がない可能性が示唆されている。このことを理解するために、我々はクリストバライトの形状や組成について詳細な研究を実施した。火山灰中のクリストバライトは粒子サイズが小さいために特性を把握するのが困難であるため、スープリエールヒルズ火山の溶岩ドームの岩石を分析した。X線回折の結果は、全岩組成の最大29%がクリストバライトであることを示している。溶岩ドーム中のクリストバライトは自形結晶および板状結晶の2つの形態で存在し、これらの双方がドーム内で気相蒸着によって結晶化したと解釈されている。これらの結晶は杏仁状空隙内にあり、溶岩ドームの岩石の空隙を完全に埋め尽くしてしていることが多い。そうすることで自らの空隙率を大幅に低下させている。我々は火山ガラスの失透によってクリストバライトが形成されるという証拠をほとんど発見できなかったが、古い試料において石英が失透によって形成されていることを確かに観察した。電子線分析は当のクリストバライトが純粋ではなく、 $\text{SiO}_2$ が $\text{Al}_2\text{O}_3$ に置換されており(0.5~2.8重量%),  $\text{Na}_2\text{O}$ (0.3~1.2重量%)によって電荷バランスが取られていることを示している。SEM(走査型電子顕微鏡)内でのラマン分光法により、個々の結晶の結晶構造が多様であることを確認することができた。このような結果が火山灰の潜在的毒性についての議論に影響を与えている。アルミニウムは毒性を和らげることが知られているため、クリストバライトが純粋でないという性質が、呼吸器系疾患が発症するのを抑制するはたらきをしている可能性がある。当の結晶はベータからアルファ・クリストバライトへと相転移を経ている。相転移に伴う体積変化によってできた亀裂が火砕流内で岩石が破砕する際の破断点としての役割を果たしている可能性があり、これが呼吸器に侵入する粉塵を形成するメカニズムの一部となっているのである。

### 13-O-14

#### エトナ山(イタリア)の火山灰による健康被害の定量的評価

Sara Barsotti<sup>1</sup>, Daniele Andronico<sup>2</sup>, Willy Aspinall<sup>3</sup>, Peter Baxter<sup>4</sup>, Paola Del Carlo<sup>2</sup>, Thea Hincks<sup>5</sup>, Augusto Neri<sup>1</sup>

1. INGV - Sezione di Pisa / Italy
  2. INGV - Sezione di Catania / Italy
  3. Aspinall and Assocs / UK
  4. Institute of Public Health, University of Cambridge / UK
  5. Dept. of Earth Sciences, University of Bristol / UK
- e-mail:neri@pi.ingv.it

我々は、エトナ山噴火のさまざまなシナリオから得られる火山灰の分散と、それによるヒトの健康やインフラへの潜在的な影響の特徴を把握することを目的としている。このために行った実験に基づく新たな測定と最新の数値モデリングの結果を報告する。デジタル粉塵計によるPM10(10ミクロン以下の微小粒子)の測定によって、健康に潜在的被害をもたらす火山灰粒子の大気中濃度の詳細なデータセットが得られる。これらのデータは他の利用可能な情報とともにVOL-CALPUFFモデルでの計算の制約条件として使用されている。特に、弱い噴煙が長時間継続する噴火を数値計算するためのパラメータを決めるために使われる。火山学的な不確実性と気象学的な変動に起因する火山灰濃度の推定値への影響を把握するためにモンテカルロ法が使用されている。我々の数値シミュレーションはカタニア市(人口約30万人)を含む火山周辺のさまざまな人口集中地域や空港、幹線道路などの主要施設が、高いPM10濃度に見舞われる可能性を示唆している。1日の異なる時間に火山灰が堆積する厚さと環境大気中のPM10濃度は、気象条件や自動車等による火山灰移動の影響を考慮に入れて予測されている。我々の調査結果は、降灰に対する市民保護・災害軽減対策のための情報提供に利用可能であり、これによって、ヒトの健康や道路輸送、および航空の安全性を確保することができる。

### 13-O-15

#### パプアニューギニアにおける最近の火山噴火の社会的影響と健康被害対応

Julius Plinduo<sup>1</sup>, Victor Golpak<sup>2</sup>, Carolyn Annerud<sup>3</sup>

1. University of Papua New Guinea School of Medicine & Health Sciences, Port Moresby and
2. University of Papua New Guinea School of Medicine and Health Sciences, Port Moresby General Hospital. Papua New Guinea
3. University of Hawaii John A. Burns School of Medicine, Assistant Clinical Professor Emergency Medicine, Honolulu, Hawaii and Visiting Senior Lecturer, University of Papua New Guinea, School of Medicine and Health Sciences, Emergency Medicine Specialty Trauma e-mail:jplinduo@yahoo.com.au

パプアニューギニアのラバウルにあるノンガ・ベース病院は南北ビスマルクマイクロプレート上に位置し、タブルブル火山(マトゥピ火山とも呼ばれる)からの降灰を直接受けている。病院を含む地域が継続的に一定の火山灰を浴びることで入院

患者の症状が悪化し、既に困窮している財源や作業負荷をさらに圧迫している。そのうえ、ノンガ・ベース病院の医師たちは、この島の他の噴火にも対応しなければならない。

避難、健康関連問題への対処、および避難民が噴火に適応するための支援が常に課題となっている。財源に乏しいこの国では、創意工夫と適応能力が医師と医療従事者の対応の特徴となっている。

災害への事前の備えは多くの議論の主題となっているが、遠隔地域では火山災害の際の医療は主として地元の保健センターや村の応急医療処置所によって提供されているのが現状である。条件と輸送手段がそろえば、高い専門性を有しこの地域に個人的な献身を示す 2, 3 名の医師が求めに応じている。

現在、最近の火山噴火に対する医療措置と活火山を抱くこの地域に存在する多様な健康被害の分析が行われている。対応の改善と潜在的健康被害の回避がこの地域に必要不可欠である。

### 13-P-01

#### 火山性フッ化物への環境曝露と健康リスク評価

Julie Calkins<sup>1</sup>, Pierre Delmelle<sup>2</sup>

1. Remote Sensing Team, National Oceanic and Atmospheric Administration, Silver Spring, MD, USA

2. Environment Department, University of York

e-mail:julie.calkins@noaa.gov

経口摂取によるフッ化物(F)への過剰な曝露は人間や家畜の健康にさまざまな形で関連している。飲料水に含まれる天然のフッ化物は世界の多くの地域において、その地域特有の健康上の問題を生み出している。火山がフッ化物の突出した天然の発生源であることに議論の余地はなく、フッ化物は火山から環境へと定常的にもしくは断続的に、放出および堆積され続けている。そのうえ、火山性フッ化物はアイスランド、バヌアツ、ニュージーランド、および他の火山環境において被害が報告されたことがある(また今でも報告されることがある)。環境における火山性フッ化物と健康との直接の関連性は水や食物の摂取、ガスや粒子の吸入、および土や火山灰の偶発的な摂取によってもたらされる。しかしながら、火山性フッ化物で引き起こされる健康上のリスクは、通常汚染された飲料水のみに関連づけて評価されており、他の曝露経路はほとんど考慮されていない。それでも我々はこれらの他の経路が火山活動の特徴を考え合わせると重要でありうると主張している。そのうえ、火山性フッ化物の移動経路も、生体吸収に影響を及ぼす要因も十分には特定されていない。

フッ化物の曝露リスクの不確定要素を払拭し、さまざまな経過をたどる火山活動の中でより良い被害予測を促進すべく、我々は3段階から構成される分野横断的アプローチによって評価を行う。第一段階で、我々はエアロゾル、火山灰、土壌、水、および食品試料などのフッ化物を含有する異なった物質中のフッ化物の詳細な化学的、鉱物学的特徴を把握する。これらのデータによって、曝露地点における火山性フッ化物の

濃度ならびに異なった曝露媒体における火山性フッ化物の地球化学的性質が理解できる。その後、我々はフッ化物に汚染された火山灰、土壌、水、および食品試料を人間が消化する間のフッ化物の反応経路を実験的に決める。これらのデータを用いることで、火山性フッ化物の曝露量と吸収量の関係(吸収率)をより正確に評価することが可能になり、これを、事前に得た地球化学的性質を踏まえて解釈する。最終段階では人々の火山性フッ化物への曝露量を状況ごとに特定し、定量的にモデル化する。

### 13-P-02

#### 多数の死者を出したカナダのチェアクス火山の噴火: 鉄砲水それともガス?

Catherine J. Hickson<sup>1</sup>, T.C. Spurgeon<sup>2</sup>, J. Speed<sup>2</sup>, I. Nicholson<sup>3</sup>, A.C. Rust<sup>3</sup>

1. Geological Survey of Canada

2. Geological Survey of Canada

3. University of Bristol

e-mail:chickson@nrcan.gc.ca

チェアクス火山はカナダのブリティッシュ・コロンビア州北部にある小規模なアルカリかんらん石玄武岩質火山である。1775年の噴火は北米先住民族であるニシュガ族の村を破壊し、約 2,000 名の人々の命を奪った。この噴火に関連する古い証拠と言い伝えの分析によって、これらの人々が CO<sub>2</sub> 中毒の結果死亡したことが示唆されている。「前方に押し広がる煙があつて、その臭いを嗅いだ人々は窒息してしまった。彼らは死亡し、彼らの死体は岩のように硬直していた…」噴火で噴出した溶岩流の粘性とガスの判定が噴出物調査の一つの焦点であり、もうひとつの焦点は溶岩流分布の詳細をつきとめることであった。溶岩流は 40 km を上回る距離に達し、その厚さは 10 m にも達する。村人たちはその溶岩流を、炎が「巨大な激流のように」自分たちに向かって押し寄せてきたと表現した。溶岩流のマッピングによって明らかになったのは「巨大な」枕状構造(チューブ)である。これには、ガスが噴出した先端部の火口や、枕状構造、および溶岩流の表面がガラス状の縁を有する広範なエリアが見られる。破壊された村のちょうど上流側に当たる溶岩流が最初にナス川に接触した場所では、水と相互作用をした特徴が広範に見られる。言い伝えによれば、村人たちは丸木舟を使って避難したという。噴火の際にこの場所ではナス川の川幅が大きく拡大し、湖のようになったと表現されている。「そのとき火が川のように流れ落ちて湖を満たし、湖は一時炎のじゅうたんとなつた。」その溶岩流は非常に速い速度で水に流入し、一時的にダムを作ったと推測されている。その後このダムは壊滅的に崩れ落ち、安全を求めて湖に漕ぎ出していた人々を死に追いやった可能性がある。化学調査の成果は、上の結果のさらに詳細な部分を明らかにするであろう。

### 13-P-03

火山による大気汚染：ハワイにおける広範囲の火山被害

A. Jeff Sutton<sup>1</sup>, Tamar Elias<sup>1</sup>, Elizabeth Tam<sup>2</sup>, Douglas Dockery<sup>3</sup>, John Ray<sup>4</sup>, June Kunimoto<sup>5</sup>

1. USGS-Hawaiian Volcano Observatory/USA

2. John A. Burns School of Medicine, University of Hawaii/USA

3. Harvard School of Public Health/USA

4. U.S. National Park Service/USA

5. Hawaii State Department of Health/USA

e-mail:ajsutton@usgs.gov

キラウエア火山のイーストリフトゾーンにおける現在の噴火活動は今日まで 24 年間続き、今なお勢いは衰えていない。そして、火山噴火や構造地質学的な運動、およびこれに関連する災害の研究にとって「生きた実験室」の象徴であり続けている。一般にボグ(VOG: ハワイで作られた用語)と呼ばれる火山による大気汚染は、それほど深刻なものではないものの広範囲におよぶ災害であり、ハワイ島の日常生活の一部となっている。この影響は、時にはハワイ諸島全域に及ぶ。溶岩流と火山泥流は地域共同体が呑み込まれた場合に壊滅的結果を生むものの、これらの被害が及ぶ距離や範囲は地形によって制限される。一方、風によって拡散する火山放出物は遠く離れた場所や住民に影響を及ぼすおそれがある。ハワイ島における火山放出物による被害を調査する研究では、気象学や火山噴煙の組成、化学反応のデータに加え、曝露量や健康に関するデータを盛り込んでいる。調査を進めるに当たって地域社会が積極的に参加していることが、これらの複合領域的な研究の成功に貢献している。現在進行中の5年計画の研究では、火山噴煙に頻繁に曝露されている学齢児童の呼吸器の健康状態を調査している。予備段階での結果では、10歳から12歳までの1842名の子供たちの間で、暴露される大気中の酸性の硫酸塩粒子が増加するにしたがって(1立方メートル当たり0.5~5.5マイクログラム)、相関的に慢性的な咳が増加していることが示されている。その中でも、以前に喘息と診断された300名においては、この相関性はさらに強かった。ハワイ島の地域社会では火山によって大気が汚染された環境で生活したり働いたりするための対策を講じている。例えば、地元自治体の防災担当では州の保健教育省と連携し、大気環境が悪化している場合にはその地域での野外でのスポーツ活動を中止している。地域社会のいくつかのグループでは、ボグ(VOG)の情報に関するセミナーを開催して、火山放出物との共存の仕方について住民に周知している。米国地質調査所のハワイ火山観測所と国立公園管理局では、リアルタイムの二酸化硫黄注意喚起システムを開発している。このシステムではレベルごとの色分けを行っており、これに基づいて、測定された二酸化硫黄ガス濃度が所定のレベルを超えた場合に、来園者や従業員に警告や助言を行っている。

13-P-04

X線回折を用いて迅速かつ確実に火山灰中の結晶シリカを定量化する方法の開発

Jennifer S Le Blond<sup>1</sup>, Claire J Horwell<sup>3</sup>, Gordon Cressey<sup>2</sup>, Caroline A Kirk<sup>2</sup>, Clive Oppenheimer<sup>1</sup>

1. Department of Geography, University of Cambridge, Downing Site, Cambridge CB2 3EN, UK

2. Department of Mineralogy, The Natural History Museum, Cromwell Road, London SW7 5BD, UK

3. Department of Earth Sciences, Durham University, Science Labs, Durham DH1 3LE, UK

e-mail:jl490@cam.ac.uk

火山灰および岩石試料中の結晶シリカを定量的に特定する比較的迅速で信頼できる技術の開発は、火山噴火中および噴火後に火山灰を浴びた住民の健康被害の程度を評価する上で重要である。石英やクリストバライト、トリジマイトなどの結晶シリカの粒子を吸引することは人々の健康に悪影響を及ぼし、肺線維症などの病気につながる事が認識されている。X線回折とラマン分光法を利用した最近の研究では、西インド諸島セントセザールのスーフリエールヒルズ火山など、溶岩ドームを形成する火山の噴火で堆積した火山灰や岩石の中に、結晶シリカが含まれていることが判明している。しかしながら火山岩試料中のシリカ相を定量化する信頼できる方法は確立されていない。洗練された方法がひとたび確立されれば、森林火災や産業プロセスで生み出される灰など、人間が曝露される可能性のある結晶シリカを含む他の多くの多相試料の特徴を把握するのに活用できるであろう。

回折データは、120°の検出範囲を持つ湾曲型位置敏感検出器(PSD)を使って収集した。セントセザールのスーフリエール火山から採取した火山岩試料を粉末(平均粒子サイズ5~20 μm)にして、入射ビームに対し12°に固定した回転台に載せた。このPSDは反復可能で高精度、高解像度の回折パターンを得ることができる。したがって各試料のデータ収集にはわずか10分だけを要した。2つの定量分析方法をテストした。それらは1)試料に重量の分かっているZnOを混合する内部標準法の使用と2)クレッシャーおよびスコフィールド(1996年)が初めて考案した全パターン除去法であった。これらの方法によるテスト結果を比較した。

G. クレッシャーおよびP.F. スコフィールド, 1996年。多相試料定量化のための迅速な全パターンプロフィール除去法。粉末回折11(1), 35~39。

13-P-05

「ある種の疾病に苦しめられた群衆」欧州の健康危機とラキ火山の割れ目噴火

Sabina A. Michnowicz<sup>1</sup>, John P. Grattan<sup>1</sup>

1. Institute of Geography and Earth Sciences, University of Wales, Aberystwyth, UK

e-mail:skm06@aber.ac.uk

1783年のラキ火山の割れ目噴火、欧州全域に広がる硫黄ガスの霧、およびこれらと同時期の死亡率の危機的状況は、

イギリスとフランスの教区記録簿(戸籍簿)に記録された月間合計死亡者数を調査する数名の研究者たちによって指摘されているものの、これらの死亡率について完全に説得力のある説明は未だに行われていない。(グラッタン他 2003 年, 2005 年, ウィザムおよびオッペンハイマー 2004 年)。この論文では、この現象を当時およびそれとはほぼ同時期の医療従事者やその他の立場から観察を行った専門家とは異なった視点から調査を行う。

イギリス中部地方に住んでいた J. パーカー医師は特に大気の状態とさまざまな疾病の発現に焦点を置き、1795 年に自らの著書「伝染病」を出版した。彼はこの著書のうち、まるまる 1 章を 1783 年に充てている。彼は他の観察者と同様に硫黄で汚染された大気と異常な暑さに注目しているが、加えて「めったに見られない症状、身の毛がよだつような恐怖心、および非常に多数の死亡者数などを伴う」燃えるような高熱が広く蔓延した様子をも記録している。これらの珍しい症状の中でもとりわけ「口内の潰瘍や顔の痛みが流行し、燃えるような高熱には胸膜炎や肺の炎症を伴うことも多かった。」としている。彼はこれだけでは十分でないと言わんばかりに、「莫大な数の人々が下痢や赤痢などの症状を伴い、しかもなかなか治らない熱病にかかって、重度の脱力感とさまざまな不快感に苦しんでいたこと」を記録した。ラキ火山から噴出したガスとそれに伴う大気中の浮遊物質という環境的要因が、住民の間に既に広まっていたその土地固有の疾病を悪化させ、衰弱した人々が自己の病気や医者によるぞんざいな治療に抵抗する力を低下させることに影響を与えたようである。

### 13-P-06

#### 積雪期に発生した火山ガス災害―秋田県泥湯温泉における事故事例―

野上 健治<sup>1</sup>, 平林 順一<sup>1</sup>

1. 東京工業大学火山流体研究センター/日本

e-mail:knogami@ksvo.titech.ac.jp

火山ガス災害は、高濃度の火山ガスの発生とそれらの滞留及び人の立ち入りが同時に起った場合に発生する。2005 年 12 月 29 日に秋田県泥湯温泉で発生した硫化水素中毒事故では、子供 2 名と両親の計 4 名が雪洞内に転落し、亡くなった。事故当時、現地は数 m の積雪があり、事故現場付近には雪洞が形成されていた。事故直後の冬季現地調査によって雪洞の硫化水素濃度は 1% 以上を超えていたことが明らかになった。また、夏期現地調査によって 10% を超える高濃度の硫化水素がしみ出ている低温噴気孔群が事故現場近傍の斜面で複数発見された。これらの結果から、低温噴気孔群からしみ出した硫化水素は豪雪によって大気中への拡散が妨げられ、これが斜面を伝って雪洞内に流入したものと推察される。また、雪洞内は大気の流動は殆どないため、極めて濃度が高くなったものと考えられる。現在は雪洞のできるエリアを冬期間立ち入り禁止にしている。

### 13-P-07

#### 火山ガス事故の実態調査と自治体の反応

須藤 茂<sup>1</sup>

1. 産業技術総合研究所/日本

e-mail:shigeru.suto@aist.go.jp

1997 年に、日本では火山ガス事故が多発した。このため、火山ガス事故の実態を整理するために、該当する地方自治体等にアンケート調査等を実施した。その結果、それまでの事故の概要が把握されるとともに、自治体により取り組み方も様々であることが明らかになった。わが国では、57 の火山・地域の 640 ヶ所以上で火山ガスの噴出が認められ、その内 14 の火山・地域で火山ガスによる事故が発生したことがある。1950 年以来、12 の地域で計 40 件の事故があり、被災者は 109 人、うち 53 人が犠牲になった。同期間の火山噴火による犠牲者数は 108 人であり、ガスは火山災害の重要な要因である。犠牲者の 8 割は硫化水素により、残りは二酸化硫黄と二酸化炭素による。未成年者が犠牲者の 4 割を占める。関係する自治体は 22 の都道府県、87 の市町村(調査時)であった。各自治体の防災関係部署は、1. 管内での火山ガス発生そのものを認識していない、2. 火山ガスの存在は認識しているが、防災上重要だとは認識していない、3. 火山ガスの危険性は認識しているが、できるだけ公表しない、4. 火山ガスの危険性をよく認識しており注意を呼びかけている、の 4 つに大きく区分される。

### 13-P-08

#### 火山ガス放出に対する三宅村役場の取り組み

石峯 康浩<sup>1</sup>

1. 防災科学技術研究所/日本

e-mail:ishimine@bosai.go.jp

三宅島における火山ガス対策について、三宅村役場から提供していただいた情報を基に発表する。三宅島では、2000 年の噴火以来、山頂カルデラからの有毒な SO<sub>2</sub> を含む火山ガスの放出が続いている。このため、2000 年 9 月から 2005 年 2 月まで、全島民が島外での避難生活を送った。現在でも、時折、居住地区を含む島内各所で高濃度の SO<sub>2</sub> が観測され、何の制約もなく通常の生活ができる状況ではない。しかし、三宅村で様々な施策を行った結果、一部地域を除いて島民が自宅で生活できるようになった。主な施策は次の 4 つである。1. 島内 14 カ所で SO<sub>2</sub> 濃度を観測し、リアルタイムでデータ収集する。2. 観測結果に応じた 4 段階の警報を、島内 44 カ所の屋外拡声器、14 カ所の回転灯、各家庭の受信機ならびに高感受性者に配布した携帯受信機から 24 時間体制で伝達する。3. 警報発令時に避難施設を開設し、避難誘導を行う。4. 「三宅村防災のしおり」などを利用して、火山ガスの危険性や対策について啓発活動を行う。これらの施策と、気象庁三宅島測候所から発表される火山ガスの見通しが奏功し、2007

年 5 月現在、顕著な健康被害は報告されていない。

### 13-P-09

#### 1990 年代の雲仙普賢岳噴火時の高城病院における避難活動

高城 昭紀<sup>1</sup>

1. 高城病院

e-mail:akinori@takagihp.or.jp

普賢岳から北東へ約 6km の場所にあり、中尾川のそばにあった私達の病院は、大雨が降るたびに(実際は降る前に)、土石流災害から入院患者さん約 170 名を守るために、23 回の避難を行った。

小型バス 8 台と、それを運転する人をすぐ確保しなければならなかった。夜勤体制では全患者を避難させることはできないので、日勤の終わりに避難させた。すなわち「今夜大雨が降る」という予報があれば、その時は大雨が降っていなくても避難させた。避難することを拒否する患者さんもいた。機材、器具、酸素ボンベ、薬品、カルテ、患者さんの衣類、ちり紙などの日用品も運ばなければならなかった。避難先で医療活動を行った。避難先では特別な勤務体制をとった。避難先で脳内出血を起こした患者さんや、重症の急性肝炎を起こした患者さんがいた。給食のスタッフは、川の水量が増すのに危険を感じながら食事を作った。勤務者自身も家が火砕流で焼失したり、家が土石流で埋もれたり、道路が寸断され大きく迂回しなければいけないという人もいた。県庁から 8 名来て、私に入院患者さんを 0 にするよう迫った。消防、警察、自衛隊の人は一人も手助けしてくれなかった。

2-1a

### 21a-O-01

#### 1998年岩手山の噴火危機対応

齋藤 徳美<sup>1</sup>, 土井 宣夫

1. 岩手大学／日本

2. 岩手県総務部総合防災室／日本

e-mail:saito@iwate-u.ac.jp

岩手山では1998年に火山地震が急増し、噴火の可能性が指摘された。しかし、噴火周期が長いこと、住民・防災関係機関に岩手山が活火山との認識がなく、防災対策も皆無の状況であった。

岩手では産学官連携活動が活発に行われていたことを背景に、研究者・防災関係者・報道関係者などが集う「岩手ネットワークシステム(INS)岩手山火山防災検討会」が立ち上げられた。そして、監視体制の整備、災害予測地域の想定、緊急対策の立案と試行などの公的な防災対策を短時間で構築す

る上で牽引的な役割を果たした。

徹底的な情報開示により住民・関係機関などの信頼関係の醸成が図られた。また、火山観測情報などに基づいて行われた学術的な判断を、避難勧告を発令するなどの防災実務の判断に変換するための、研究者、県知事、市町村長の役割と責任も明確にされた。幸いにして岩手山の火山活動は低下し、噴火の可能性は遠のいた。この間に実践された、研究者、行政機関、報道機関、住民が連携して地域の安全を守る、減災の4角錐体制は火山防災の有効なモデルと考えられる。

### 21a-O-02

#### 災害対策の理解

Tom Miner<sup>1</sup>

1. Pierce County Department of Emergency Management, Pierce County/Washington

e-mail:tminer@co.pierce.wa.us

災害はほとんど、あるいはまったく前触れもなくやってくる。オクラホマ市では、米国の中心部がテロリストの標的になるとは考えてもいなかった。9・11 以前はニューヨークの消防・警察は、彼らの能力の及ばない事件が起きるなどあり得ないと思っていた。テキサス州西部の田舎町の住民は、彼らの町にスペース・シャトルが墜落してくるとは思ってもいなかった。ガルフ・コーストの役人は、カトリナと呼ばれるハリケーンが200 年もかけて築かれてきたインフラのあらゆる部分を破壊すると想像してはいなかった。そして、数多くの命を奪い都市を破壊する大型の津波をもたらす、複数の国に被害が及んだマグニチュード 9.1 の地震には、対策などあり得なかった。災害の現実には、防災対策に当たる人々や組織を打ちのめし、犠牲者を生み出す。人命、設備、インフラの喪失は情報収集と意思決定を麻痺させる。災害に対する初期対応は地域の責任である。地方政府は災害を予知し防災計画を立て、その周知と利用に備えなければならない。リーダーシップ、ガイダンス、使命の遂行、関係機関からの情報収集がなければ、外部の援助も誤った利用によってばらばらになり、努力が重複し、無駄になり、遅れることになる。地方のリーダーたちは限定され混乱した情報の中で堅固な決定を行わなければならない。人々は時々刻々と出される決定を誤解しまた不満をもつこともある。人々は、何も聞かず、準備せず、自らの安全に責任を持とうとせず、あらゆる必要なことを政府が提供してくれると期待する。そして政府は、過去の失敗への批判に対応するため、実際にできないような約束をする。要するに、天災は忘れたころにやって来るのだ。防災訓練や防災計画がなければ、災害対応はいつそう難しい。同じような教訓を学ぶのをやめるべき時である。

### 21a-O-03

MESIMEX 訓練からストロンボリ火山の非常事態まで:  
火山リスクのためのイタリア市民保護組織

## Volcanic Risk Survey - Italian Civil Protection Department<sup>1</sup>,

1. Department of Civil Protection

e-mail: chiara.cardaci@protezionecivile.it

2006 年 10 月、イタリアは、ベスピアス地域における火山のリスクに関する欧州規模の訓練を実現した。この訓練 (MESIMEX) の主要目的は、早期警戒段階から火山噴火前の危険区域から住民避難 (18 の地方自治体、550, 000 人、火砕流の危険) 段階までの緊急時の対応手段を検証・改善すること、意思決定および運営上のさまざまなレベル間のコミュニケーション手順を管理すること、非常事態対応計画に定められた文化遺産保護のための介入等主要な緊急避難方法の適用の有効性の検証、危険区域の 18 の自治体と姉妹都市になっているイタリアの緒州によって組織された共同の取り組みをチェックすることである。この枠組みの中で VET (火山専門家チーム) および FAST (外国人支援サポートチーム) による介入モデルを試験運用することによって、主な非常事態に対する加盟国の反応の効率性が初めてテストされた。フランス、スペイン、ポルトガルおよびスウェーデンは VET および FAST チームの専門家と一緒に、積極的な役割を担った。この訓練では、これらのチームとは独立した科学者グループが提案した前兆現象シナリオに対する市民保護組織と科学者による総合グループの対応が検証された。この訓練では、火山活動による非常事態を背景に、各日にシナリオで提供された前兆現象についての議論や解釈が行われるとともに、オペレーションの間に収集された重要なデータのリアルタイムでの評価と分析が行われた。最近のストロンボリ火山における非常事態 (2007 年 2 月) では、同様のダイナミックな戦略が提案された。すべての監視、評価活動は火山専門家と監視責任者で構成される統合グループに報告された。このグループは火山の危険な状態を継続的に評価し、あらゆる対応策のもととなる基礎情報を提供した。火山活動の迅速な評価とその結果としての危険評価の変化に従い、住民は用心のために海岸の危険地域からの移動を何度も余儀なくされた。また公認の火山ガイドに同行されたハイカーのための安全高度制限も修正された。

### 21a-O-04

同時災害: インドネシアにおける、2006 年メラピ火山の噴火と M6.4 ジョクジャカルタ地震

Supriyati D Andreastuti<sup>1</sup>

1. Geol. Agency, Indonesia, Center for Volc. & Geol. Haz. Mitigation, VTRC

e-mail: e\_sandreas@yahoo.com

メラピ火山はインドネシアでもっとも活動の盛んな火山の一つである。その活動は主に溶岩ドームの成長と崩壊からなり、きわめて危険な火砕流が発生するため火山近くに住民を脅かしている。最も直近の噴火活動である 2006 年のメラピ火山の活動は、4 月末に新しい溶岩ドームが出現し、5 月初め

にドームが崩れて火砕流が発生した。噴火活動中 (2006 年 4 月～8 月)、火砕流の流れる方向は、5 月はもっぱら南西方面だったが、6 月から 7 月になって南～南東方面に変化した。この火砕流の方向が変化したのと溶岩噴出率の増大は、メラピ火山の南 30km にある人口 300 万人の都市ジョクジャカルタの南南東 20km の地域を襲った 5 月 27 日の M6.4 の地震と関係しているように思える。

2006 年の噴火は、いくつかの理由から危機管理に問題を投げかけた。第一の理由として、それまで数十年間火砕流の流下方向は主に西と南西方向だったため、火砕流の方向の変化によって、それまでそうした破壊的な流れを経験していない方面の人々に影響を与えた。火山活動が変動したことで噴火活動の長さは、市当局が避難決定の材料にする警戒レベルの決定を困難にした。また正しい公式情報のバランスをとるのに時間がかかった。情報が少なすぎると、人々に危険を理解させないことになる。逆に、過剰な情報は受け取る側の情報理解が不十分となり、不必要な避難をもたらす。地震の発生がこうした問題に新たに難問を加えた。それまで影響のなかった地域へ火砕流の矛先を変化させただけでなく、メラピ火山周辺からジョクジャカルタへ避難した住民に新たに地震によるリスクを負わせることになった。こうした出来事は地質的に複雑な地域における自然災害のリスク管理の難しさを示している。

### 21a-O-05

火山と航空: ジャカルタ事故から 25 年間で学んだ教訓と今後学ぶべき教訓

Andrew C. Tupper<sup>1</sup>, Gordon E. Jackson<sup>1</sup>, Rebecca K. Patrick<sup>1</sup>

1. Bureau of Meteorology /Australia

e-mail: A.Tupper@bom.gov.au

1982 年に起きたほとんど災害と云ってよいような、火山灰によるブリティッシュ・エアウェイズ機のエンジン・トラブル以来、火山灰による航空機事故はいくつかあり、そのほとんどが人命を危険にさらした。しかし、「幸運」と適切な警告によって、幸い被害者を出さずにすんできた。国際航空火山観測機関 (IAVW) は、国連の 2 つの特別組織、国際民間航空機関 (ICAO) と世界気象機関 (WMO) の支援を受け、また、非公式に組織された火山学関係者の協力を得て、発展してきた。上記の「幸運」の側面には、火山学関係者の観測がなければ伝えられなかった重要な情報の事例や、また気象関係機関の情報と整備された機関により適切に対応された事例、航空業界に無視されればうまいかなかった事例が含まれている。本講演では、これらの事例を紹介する。

公式的でゆっくりとしたものであったが、各方面のコンセンサスを得ながらのプロセスを経て、IAVW はグローバルな噴煙警報システムを確実に緒手続きを踏みながら整備されてきた。初期段階においては、a) 観測所から航空機への噴火情報提供のためのフォーマットの開発、b) 航空業界から特定観測所に対する噴火情報経費の支払いのための協定、c) 航空機に

対する警報伝送のための定期的な試験, d) 整合性のある文書及び図表による警報フォーマットの国際的な標準化, が行われた。現在問題となっているのは, IAVW の全パートナーの24時間体制の構築である。現在は, 火山学者と航空業界のタイム・スケジュールのミスマッチもあり, 情報共有が, 組織的ではなく, むしろ人的ネットワークとその場しのぎの調整に依存している。

その上で, IAVW は, チェックリストとフローチャートを活用した意思決定体制を組み入れるべきであり, そうすることによって, 一貫性のある, 再生可能な結果を生み出し, 大きな噴火があった場合の機関間の公式な事後分析が行えるようになる。

## 21a-O-06

メキシコ, コリマ火山における火山活動の進展とジャーナリストの役割: 住民のリスク認識を把握することの必要性

Juan C. Gavilanes-Ruiz<sup>1</sup>, Alicia Cuevas-Muniz<sup>2</sup>, Nick Varley<sup>2</sup>, Gemma Gwynne<sup>2</sup>, John Stevenson<sup>2</sup>, Elia Serratos-Chavez<sup>3</sup>, Ricardo Saucedo-Giron<sup>4</sup>, Anaid Perez-Perez<sup>5</sup>, Mary Aboukhalil<sup>6</sup>, Abel Cortes-Cortes<sup>7</sup>

1. Centro Universitario de Investigaciones en Ciencias del Ambiente, Universidad de Colima / MEXICO

2. Facultad de Ciencias, Universidad de Colima / MEXICO

3. Facultad de Letras y Comunicacion, Escuela de Periodismo, Universidad de Colima / MEXICO

4. Instituto de Geologia, Facultad de Ingenieria, Universidad Autonoma de San Luis Potosi / MEXICO

5. Facultad de Geografia, Universidad Autonoma del Estado de Mexico / MEXICO

6. Department of Earth Sciences, University College London / UK

7. Observatorio Volcanologico, Universidad de Colima/MEXICO

e-mail:gavilan@ucol.mx

コリマ火山は 1998 年以降 4 回の静かな噴火活動を経て徐々に活動を強め, 2003 年以降は毎日のようにブルカノ式爆発を起こしている。2005 年, 噴火の規模はいっそう増し, 多くの火砕流を発生, そのうちの 2 回は火山から 5km 以上離れた場所まで火砕流が達し, それは 1913 年のプリニー式噴火以来最大のものとなった。1955 年には少なくとも 23 名の命を奪った火山泥流災害のリスクも火山周辺地域を襲い, 過去数年間に様々なインフラに被害を与えた。火山から 15km 以内の周辺地区には 5000 名からなる小さな村落がいくつかあり, 1997 年以降その住民と隣接地域住民の関係について 6 つの調査が実施された。調査の結果はリスク認識の点で注目されるものであった。人々は火山の存在を認識している結果となっているが, そのリスクを認識させる要因はほとんどの場合, 社会文化的, 歴史的, 政治的な要因の組み合わせだった。ジャーナリストがより正確に状況を伝えることを妨げる制約もある。他の地域での経験を教訓にすべきである。

## 21a-O-07

火山災害時の報道のあり方

谷原 和憲<sup>1</sup>

1. 日本テレビ放送網/日本

e-mail:tanihara@ntv.co.jp

火山が噴火, あるいはその恐れが専門家から指摘された場合, テレビ報道の主な要素は, その火山の「いまの状態」「今度の活動の見通し」そして「近隣住民はどうするのが良いか」となる。具体的な報道の仕方として, 「いまの状態」はテレビカメラの生映像と気象庁等の観測データの紹介, 「見通し」は気象庁・火山研究者の会見・インタビューなど, そして「住民の対応」は科学的知見に基づく地元自治体の対策の取材などとなる。このうち「住民の対応」をめぐるのは, 専門家の「見通し」に沿って推移している時は, ハザードマップなどに基づく「準備された対応」となるが, ひとつでも予期せぬイベントが起こると「危機管理的な緊急対応」の報道に急転回する。このような急転回は, 避難を含めて住民の生活をかなり制約することになり, 住民がその事情を理解できるような情報提供が不可欠となる。このために, 火山の専門家, 地元自治体, そして報道機関の三者は, どのような連携・役割分担をすべきなのか? 雲仙普賢岳・有珠山・三宅島の3つの噴火災害事例をもとに, 噴火災害時の情報発信と報道が「住民の生命を守るために」どう変化したかを紹介する。

## 21a-O-08

2000 年三宅島噴火: 全島避難(2000 年 9 月)から帰島(2005 年 2 月)まで

笹井 洋一<sup>1</sup>

1. 東京都総合防災部/日本

e-mail:yosasai@zag.att.ne.jp

三宅島においては, 2000 年 6 月 26 日の火山活動開始以来新カルデラが形成され, 8 月 18 日最大噴火, 29 日低温火砕流の発生により, 9 月上旬全島民避難に至った。9 月以降大規模な噴火は皆無であったが, 大量の SO<sub>2</sub> ガス放出が続いたため, 約 3800 人・2000 世帯の住民が 4 年半島外避難を強いられた。東京都は公営住宅を無料で提供し, 国の援助の下で様々な支援を行った。2000 年 9 月頃には数万〜10 万トン/日であった放出量は指数関数的に減少し, 2002 年に入って帰島に向けた本格的準備が開始された。しかし 2002 年 9 月頃から放出量は 5000 トンから 1 万トンで横ばいになった。2004 年 7 月になって, 火山ガスへの十分な安全対策を取った上で, ガスが現状のままでも帰島するという方針が打ち出された。2005 年 2 月に避難勧告が解除され, 2883 人・1721 世帯の住民が帰島した。三宅島では島の東側と南西側に, SO<sub>2</sub> 濃度がかなり高く居住に適さない地域がある。三宅村は条例により, この高濃度地区での居住を禁止し, 火山ガス濃度レベルに

応じた注意報・警報を出して、屋内への退避から避難移動までを含む住民の対応行動を定めている。帰島後3年を経て、火山ガスを直接の原因とする病人は発生していない。

## 21a-O-09

### 2000 年有珠山噴火と危機管理

#### 関 克己<sup>1</sup>

1. 国土交通省 河川局 / 日本

e-mail:seki-k84kf@mlit.go.jp

2000 年 3 月 31 日に有珠山が23年ぶりに噴火した。噴火に対し政府は阪神淡路大震災の厳しい教訓を踏まえて整備された法制度や組織体制を動員し災害対策にあたった。火山性地震という噴火の前兆がとらえられ、噴火の前に体制がとられたこと、平素から地域住民と火山の研究者との連携による有珠山噴火への事前対応が図られていた事等から最大時 16,000 人にも及ぶ避難がなされたが幸いにも噴火による直接的な人的被害は皆無であった。

有珠山 2000 年噴火対策は日本の防災の発展において大きなエポックをなすものとなった。これは、政府等の新たな体制が実践で試され一定の成果を上げることができたことによる。とりわけ初めて設置された政府の現地対策本部が地方自治体と連携し大きな役割を果たし得たことにある。また、対策に関し各種の情報機器やシステムが導入され、情報化時代の災害対策が始まったこと、噴火の状況に応じた危険度・安全度を考慮した地域区分である「カテゴリー」の考え方を導入し、避難あるいは一時立ち入りの措置を機動的かつ弾力的に運用し、避難と生活の両立を目指したこと等に特徴がある。

## 21a-O-10

### 噴火時等の避難体制に係る火山防災対策について

#### 池内 幸司<sup>1</sup>、横田 崇<sup>2</sup>

1. 内閣府 / 日本

2. 気象庁 / 日本

e-mail:daisuke.hasebe@cao.go.jp

内閣府及び気象庁等では、「火山情報等に対応した火山防災対策検討会」を平成18年11月から開催し、より効果的な火山防災体制を構築するための火山情報と避難体制のあり方について検討を行っている。

この検討を踏まえ、平成19年3月に「噴火時等の避難体制に係る火山防災対策のあり方(仮称) 骨子」をとりまとめた。骨子では、噴火警戒レベルの導入などの火山情報の改善に加え、関係市町村や都道府県のみならず関係機関等からなる協議会や合同本部等の連携体制を構築することの必要性が示されたほか、平時から火山現象に対応した避難計画の策定や、学校や地域における防災教育など住民等への啓発活動の重

要性が提言された。避難計画の策定にあたっては、あらかじめ、ハザードマップや噴火シナリオを策定し、具体的な避難対象地域、避難時期、避難場所等及びそれらと噴火警戒レベルとの関係を検討した上で策定することが必要である。

平成19年度は、これらについてさらに具体的な検討を行い、各火山地域でより効果的な火山防災体制を構築するための「噴火時等の避難体制に係る火山防災対策のあり方(仮称)」をとりまとめる予定である。

## 21a-O-11

### 2006 年大型台風「レミン」によるマヨン火山泥流

ANTONIA BORNAS<sup>1</sup>, Carmencita B. Arpa<sup>1</sup>, Ma., Arturo S Daag<sup>1</sup>, Perla J Delos Reyes<sup>1</sup>, Eduardo P Laguerta<sup>1</sup>, Patrick R Raymond<sup>1</sup>, Ma. Hannah T Mirabueno<sup>1</sup>, Jeffrey S. Perez<sup>1</sup>, Renato U Solidum Jr<sup>1</sup>

1. Philippine Institute of Volcanology and Seismology (PHIVOLCS)

e-mail:maritonvb@yahoo.com; kazan.onna@gmail.com

2006 年 11 月 30 日、マヨン火山を通過した大型台風レミン(ドゥリアン)は12時間で466mmの降雨量を記録し、破壊的な火山泥流と洪水を引き起こし、南側の河川を氾濫させた。目撃者によれば、14 時、最初の泥流が下流に位置したコミュニティに流れ込み、10 分から 20 分くらで飲み尽くされ、17 時まで続いたという。泥流は2~3パルスで、色の濃いスラリー状の岩石の流れを特徴とし、ごろごろと流れ、硫黄のにおいを放ち、土石流というべきものであった。5つの町の約29のバランゲイが堆積物や岩石、洪水で破壊され、海に押し流され、少なくとも1200人犠牲者、1400人の負傷者を出し、数百世帯が破壊された。

予備的な調査によれば、泥流は、火砕床の頂上近くの壁が雨で決壊しておこり、斜面に堆積していたそれまでの堆積物も動かした。一挙に火山泥流が流れ出し、またそれが集中的な流出となったことで、10~20mの規模で流れ込み、中流の河川には横60mに及んだ。あるケースでは(ブエアンパダンの扇状地(Buyan-Padang fan))、その流れが人口密集地区を襲い悲惨なまでにその地域を引き裂いた。対照的に2000年~2001年の南東斜面で起きたより大きな浸食性のある火砕流の堆積物は、2006年に発生した6.4km長の溶岩流で封印され、その地区での泥流発生を抑制された。

泥流の堆積物は標高100mから200mの地点で扇状に広がり、幅1km厚さ4mほどになった。これらは大量の浮遊物(半径2mまでの)、材木、豪雨を含んで固まった泥流ユニットからなる。暫定的な堆積物調査は少なくとも3つの泥流があったという目撃者の証言と一致している。

我々は現在レミン泥流の追加的な調査を行い、扇状地の地形的変化、将来のマヨン火山の泥流とその危険性についてとりまとめを行っている。

## 21a-O-12

## 台風「レミン」からマヨン火山泥流までの民間の防災準備と対応

Cedric, D Daep<sup>1</sup>

1. Provincial Disaster Coordinating Council, Albay Province, Philippines

e-mail:cedricdaep@yahoo.com

アルバイ州は、2006年、4件の台風と1件の火山噴火にみまわれた。最悪だったのは、台風レミンで、マヨン火山からの土石流による604名の死者、419名の行方不明者、1465名の負傷者を出したものであった。電力、水道、インフラなどのライフラインも大きな被害を受けた。

2万4000世帯の人々に対して事前に避難勧告を出したが緊急の対応がほとんどできなかった。避難失敗の理由は、事前の避難勧告と避難に際するアドバイスが伝えられる現地ラジオ放送を支える電力供給の問題だった。犠牲者はそれまで台風の影響を受けたことがなかった。また、多くの避難センターが破壊された。また出された警報は風の強さに対するもので、雨量に関する警報は出されていなかった。州と自治体の間の通信システムは十分だったが、自治体とバラングイ(地方自治体の最小単位)との間、そしてバラングイと個人の間は十分でなかった。

降雨量が非常に大きかったために、火山泥流危険地域を除く、地滑り、決壊、洪水にもろい地域の人々は早期に避難し、死者はでなかった。

設置された州災害対策本部により迅速な協力がなされた。政府、民間、国際NGOからの緊急支援サービスも迅速だった。緊急情報管理を任された組織が1つだけだったことから、災害対策活動は非常によく管理され、活動の重複は報告されていない。

通信システムと通信方法に支えられた早期警報システムと早期避難システム及び手続きを備えたコミュニティを整備することが重要である。

### 21a-O-13

#### 2007年3月18日のルアペフ山火口湖の決壊による火山泥流に対する組織的な対応:決壊前の予測と連携対応

Julia S. Becker<sup>1</sup>, Graham S. Leonard<sup>1</sup>, Douglas Paton<sup>2</sup>, David M. Johnston<sup>3</sup>, Petra Buerget<sup>4</sup>

1. GNS Science, P.O. Box 30368, Lower Hutt, New Zealand

2. University of Tasmania, School of Psychology, Bag 1-342, Launceston, Australia

3. Massey University, School of Psychology, Wellington Campus, New Zealand

4. Massey University, Palmerston North, New Zealand

e-mail:j.becker@gns.cri.nz

1995年から1996年にかけてのニュージーランドのルアペフ山の一連の噴火によって火口湖が干上がり、湖の縁にテフラのバリアが堆積した。噴火後の11年間でこのテフラのバリア

が水をせき止めるダムとなり自然のレベルまで火口湖に再び水が満たされた。しかしバリアはやがて決壊し、火山泥流がワングエフ川流域に流れ落ち、下流の住民やインフラに被害を与えるだろうと予測されていた。

大きな火山泥流の可能性が認識されていたため、住民とインフラに対する泥流のリスクを減少させる計画が立てられていた。火山泥流の発生を検知するために、東ルアペフ・ラハール警戒システム(ERLAWs)が設けられ、当局が警報及び泥流自体に対して効果的に対応できるように計画が策定された。計画作りには多くの関係者が参加し、対応期間中の各局の役割と責任を決めるために、北部及び南部ルアペフ・ラハール対策計画が策定された。作成された計画には火山泥流への対策に当たる組織による毎年の訓練も追加された。

大きな火山泥流の可能性が高かったために、発生の一年前に各機関の代表に対してインタビューが行われ、計画された対策を明確にしていた。火山泥流は2007年3月18日に起きたが、その後の一ヶ月の間に渡り、同じ人々に対してインタビューを行い、現実の対応を検証した。それにより、火山対策に関する機関内及び機関間のマネジメントについてシステムティックな分析が行われた。本発表では、火山泥流の流出前後のインタビュー結果を比較することによって、火山危機に対する有効な当局の反応となった要因(例えば、情報管理、意志決定、機関間の協力)を検証した結果を紹介し、この分析から、複雑な火山の被害を管理する能力を高める訓練と組織間の連携を議論する。

### 21a-O-14

#### モンセラート島スープリエールヒルズ火山における12年の火山活動とその観測:火山プロセスの理解と災害コミュニケーションの実現

Vicky HARDS<sup>1</sup>

1. British Geological Survey/United Kingdom

e-mail:vicky@mvo.ms

過去12年間におけるスープリエールヒルズ火山の噴火は世界で最もよく研究されたものの1つである。安山岩の溶岩ドームの成長と崩壊の循環的サイクルには、3回の溶岩流出段階が含まれている。各段階がそれぞれ異なった特徴をもち、そのため過去の活動は必ずしもその後の参考にはならなかった。モンセラート火山観測所の役割には、火山活動の状況と関連する災害とその危険性について当局に客観的なアドバイスをすることも含まれている。観測は最新の方法で行われ、地震観測ネットワークは24時間体制の警報システムとリンクしている。しかし火山プロセスについてはまだ明らかになっていないことが多く、また不確実性も高い。2007年5月末、溶岩ドームは208m<sup>3</sup>に留まり、2番目に大きなものであった。溶岩の成長は、4月初めには止まり、活動は低くなったように見えた。このことはリスクが大きく減少したことを意味するものの、主な広報の内容は危険がまだ去っていないというものだった。ドームはもはや活発には成長してはいなかったが、部分的に溶解している大きな溶岩の固まりが崩壊し、あるいは爆発する可能

性が残っていた。ドームに圧力がかかり、横方向へのプラストの可能性に注意をしていた。知事は島の安全に全責任を持っており、コミュニティから圧力が政治家を通じてかかっているが、最終的に焦点となっているのは科学者である。12 年が経ち、モンセラート島民は彼らを、火山の「専門家」と呼ぶようになった。最悪のケースというものは起きず、そして人間の記憶はそう長くは続かないので、危機管理は次第に難しくなり、また科学的なアドバイスの信頼も小さくなっていくのが常である。

## 21a-O-15

### 途上国における予測不可能な火山の対策

Steve J. Saunders<sup>1</sup>, Herman Patia<sup>1</sup>, Felix Taranu<sup>1</sup>, Jonathon Kuduon<sup>1</sup>, James Cowlyn<sup>2</sup>, Yuichi Nishimura<sup>3</sup>

1. Rabaul Volcano Observatory, Papua New Guinea

2. Graduate Volunteer, UK.

3. Hokkaido University, Japan

e-mail:hguria@global.net.pg

近接した観測が行われていたにも係わらず、2006 年 10 月 7 日のタブルブル火山は予期せず噴火した。これはタブルブル火山として歴史上最大規模のものだった。噴煙は高さ 18km まで達し、厚さ 1cm の降灰が南方と南西方面 50km に及んだ。トウモロコシの約 25% がだめになり、局部的に津波が発生し、大量の火山泥流が流れ、スコリアや軽石が落下した。少なくとも 0.2km<sup>3</sup> が 6 時間もかからずに噴出した。二酸化硫黄の噴煙ははるか東の南アメリカにも達した。1994 年の噴火と同様に、はっきりとした中期また短期の前触れはなかった。小規模なブルカノ式噴火活動が断続的に続くなか、大爆発につながる唯一の兆候といえば、2005 年 1 月に始まった隆起ぐらいだった。カルデラの中心部で約 14cm の隆起があった。噴火時には、衝撃波が 7km 以上離れた窓ガラスを割り、噴火自体が唯一の警報となった。火口の中心から 1.5km も離れていないマツピットの人々はすぐに避難を開始し、他の影響の可能性のある地域の人々も自発的に避難し始めた。地域の企業と州災害対策局も自発的な避難を促進し、またラバウル火山観測所 (RVO) はすぐに警報を発し、航空部門、州、国そして国際機関に流した。このように、パプア・ニューギニアの火山においては、観測上の限界あるいは短期的噴火前兆の検知の困難性を鑑み、RVO における警報プログラム及び戦略は、地方自治体が緊急に対応できるような情報を提供することにウェイトを置いている。

## 21a-O-16

### パプアニューギニア、ガルブナ山 2005 年の噴火に対する緊急措置

Herman Patia<sup>1</sup>, Ima Itikarai<sup>1</sup>, Steve Saunders<sup>1</sup>, Felix Taranu<sup>1</sup>

1. Rabaul Volcano Observatory, Papua New Guinea

e-mail:hguria@global.net.pg

パプアニューギニア西ニューブリテン州にあるガルブナ火山は 2005 年 10 月、1800 年間の眠りから覚めて噴火した。西ニューブリテン州防災局 (WNBPDO) の係官は、ラバウル火山観測所 (RVO) の科学者と連携して噴火に対する緊急対策で協力した。RVO には後に噴火観測支援のために米国地質調査所 (USGS) による火山災害援助プログラム (VDAP) のチームが加わった。噴火は数日しか続かない短いものだった。噴火の始まりの段階で、WNBPDO は避難行動を指揮した。ここでは、民間企業が輸送手段を提供し協力した。人々は火山から 10km 離れた 2 つの地区に避難した。同じ西ニューブリテン州にあるパゴ山が 2002 年に噴火したときと同じ措置だった。技術的なアドバイスは当初 RVO によって行われ、後に USGS の VDAP チームが支援した。その中には、ガルブナ火山の現状、警戒レベル、今後数ヶ月ないし数年に起きうるシナリオなどの情報提供が含まれた。この情報は WNBPDO、企業、そして教会や赤十字のような非政府組織でも利用できるようにした。同時に、WNBPDO に支援された科学者たちが人々への注意喚起と啓発活動を実施し、またラジオ局でも放送にあたった。注意喚起計画には火山のハザードの種類、ガルブナのハザードマップ、避難計画が含まれた。ガルブナ火山噴火に対する対応は WNBPDO、地方自治体、企業、NGO の間の協力を反映したローテクの成功事例だった。その成功は 2002 年のパゴ山噴火で得た経験に負うところが大きい。

## 21a-P-01

### 予防的避難、ガレラス火山の活動がもたらす厳しい現実

Dario A Gomez<sup>1</sup>

1. Pasto Municipality, Local Committee for Prevention and Attention of Disasters

e-mail:djdari71@hotmail.com

ガレラス火山はコロンビアで最も活発な火山のひとつであると考えられており、1990 年代には国際火山学地球内部化学協会 (IAVCEI) から特定火山 (decade volcano) に認定されている。ガレラス火山は 10 年間明らかに沈静化していたが、2004 年 6 月末に新たな活動が再開したことが判明した。火砕流が到達するおそれがあることから、火山災害危険度の高い地域に居住する人々はパスト市長から発せられた避難命令に対し注意を払わなければならなかった。この地域に居住する人口の約 60% (約 3, 200 人) が一時避難所への避難を決意した。それ以外の住民たちは、避難命令に対して不審感を抱き、また、自分たちの生活自身を投影し、願望や希望を意味するすべてのものを後に残して退去することができず留まっている。市長が先導する市の防災警戒システムは、一時避難所での滞在中に避難住民の要望を満たすために、その地域社会と連携して多大な努力を払っているが、多くの人々にとって、避難所での睡眠は、たとえ小さくともプライベートな空間に囲まれている自宅と同じようにはいれない。彼らは、ガ

レラス山は自分たちに害を及ぼさない最良の友人であり人々の守り神であると考えており、少なくとも関係当局の視点からの考えとは大きくかけ離れている。関係当局は危険区域の住民 5,400 名の安全を確保するために誠実に自らの責任を果たそうとしている。その目的のため、この問題の真の解決策として、再定住プロジェクトの設計とその資金の確保に現在焦点が置かれている。一方で、危険な時間に危険な場所にいることは死につながることになるので、関係当局は避難指示に従わない人々に噴火が発生する前に避難の必要性を納得させるべく努力を続けている。

## 21a-P-02

### コロンビア、ナリニョ県のカラス火山の噴火による被害状況の管理

Lina Dorado<sup>1</sup>

1. Regional Committee for prevention and disaster Government Nariño, Colombia

e-mail: dorado.lina@gmail.com

ナリニョ県に位置するカラス火山はコロンビアでもっとも活発な火山である。この 17 年間にわたる着実な警戒のため、2004 年から 2006 年のカラス火山の噴火発生は大きな惨事につながらなかったが、多くの人々が火山周辺に移住してきているため、年々災害のリスクは大きくなっている。そのため、災害に対する脆弱性が増大し、特に、火砕流の流出の危険性が高まり、活動レベルが III から II 「数日内あるいは数週間内に噴火する」と切り替えられた。すぐに、パスト市、ナリニョ市、フロリダ市の市長は、危険地域の住民すべてに避難勧告を行った。これは、全部で 7935 名が避難することを意味した。彼らの避難生活は 7 ヶ月にわたり、その 7 ヶ月間に地方政府は大きな経済資源を費やした。噴火は 7 月 12 日に起こった。人的また物的な被害はなかったが、それによりカラス火山の危険地域にいた人々を避難させたことによる長期的な危機管理が問題となった。避難させることにも地方政府は大変苦労したが、噴火まで余裕のない避難は人々の生命を救えないと考えたからであった。コロンビアの歴史上初めて、実際の災害発生前に避難命令が出されたのである。2005 年 11 月 15 日、命令第 4106 号により、中央政府はナリニョ地域全体にあたるパスト市、ナリニョ市、フロリダ市について災害状況を公表した。

## 21a-P-03

### 急激な大量の水噴出に伴うウイラ火山の泥流

Bernardo Pulgarin<sup>1</sup>, Carlos Cardona<sup>1</sup>, Marta Calvache<sup>1</sup>,  
Andrew Lockhart<sup>2</sup>, Randy White<sup>2</sup>

1. INGEOMINAS / Colombia

2. USGS / USA

e-mail: ablock@usgs.gov

コロンビア、ウイラ火山の小さな (VEI=1-2) 水蒸気噴火は 2007 年 2 月 9 日と 4 月 18 日に起こった。2 月 19 日の噴火は深さ 3m の小さな泥流を発生させ、10km 下流のパエス川に流れ及んだ。いくつか世帯が家畜と農地に被害を受けた。4 月 18 日の噴火では、遙かに大きく深さ 10m の泥流がパエス川とシンボラ川流域に 100km 以上にわたって流れ込んだ。4 月の泥流による人命の被害はなかった。それは、INGEOMINAS によって地震計で前兆が捉えられ、現地の緊急対策担当者へ迅速な連絡があり、数千人の避難が功を奏したためである。

水蒸気噴火の際に噴出した大量の水によって火山泥流が起きたことをデータがはっきり示している。2 つの火山泥流は噴火から数分以内に 20~25km 下流で観測された。噴火直後のそれぞれの泥流の速度とは、想定した速度と一致している。その後の上空観測では、雪や氷を溶かす可能性のある高温の火砕物は確認されなかったが、それぞれの噴火が長さ 1~2km の裂け目を作り出し、その裂け目から水が噴出していることを確認した。火山は急勾配で火口がないことから、水が流れ出すまでに地形的に水が蓄積されていた可能性はないように見えた。

予兆がほとんどない比較的小さな噴火における水の噴出による大規模な火山泥流で大きな被害をもたらしたことは、歴史的にほとんど前例がない。地下水や泉の水量変化は火山で一般的にみられ、マグマの貫入に関連している。ウイラ火山のイベントは通常の地下水の作用よりもはるかに規模が大きかったように思う。我々はこうした大量の噴水のメカニズムとこの現象の意味を解明していきたい。

## 21a-P-04

### コロンビア、ウイラ火山の危機管理

Adriana AGUDELO<sup>1</sup>, Marta CALVACHE<sup>2</sup>

1. Observatorio Vulcanológico y Sismológico - Popayan, INGEOMINAS/Colombia

2. Subdirección de Amenazas Geológicas, INGEOMINAS, COLOMBIA

e-mail: aagudelo@ingeominas.gov.co

500 年以上の休眠期間を経て、コロンビアの南西に位置するウイラ火山は 2 回の小さな噴火を起こした。その 1 つはパエス川とシンボラ川へ流れ込む  $75 \times 10^6 \text{ m}^3$  大の火山泥流を発生させ、120km 以上離れたマグダレーナ川まで達した。しかしこの泥流で死者、負傷者、行方不明者はでなかった。

コロンビア地質鉱山調査所 (INGEOMINAS) は、火山観測と火山の被害評価を行う科学研究機関である。国家災害予防システム (SNPAD) がこの緊急事態で早々に活用された。そこには、それを設立した全ての研究機関が参加し、INGEOMINAS もそのうちのひとつであった。

研究機関、自治体、住民組織、コミュニティの間で緊急計画の準備を進めた 2 ヶ月後、準備状況は完璧とは言いがたかったものの、新たな噴火が起こった際には優れた結果をもたらした。最初の警報は午後 6 時 10 分に出され、2 回目が午後 10 時頃、そして噴火があった午前 2 時 58 分に 3 回目の警報が

出された。最初の警報から9時間後である。

ウイラ火山の危機管理の成功は次の点によるだろう。1. INGEOMINAS が, SNPAD に適切にタイミングの良い警報を連絡し, そこからコミュニティに伝えられた。2. 「コール・チェーン」の間, クロス・チェックがあった。3. パエス川流域の町のほとんどが 1994 年の火山泥流(人々は「なだれ」と呼んでいる)で被害を受けていたため, 火山泥流に対する正しい認識があった。4. 1994 年の火山泥流発生のおと, その地域と小さな村の住民が高い場所に移住し, 被害の可能性を小さくしていた。

しかし, 道路や橋のインフラは大きな被害を受け, 3 つの橋と 19 の歩道橋が破壊された。

## 21a-P-05

### 2006 年トゥングラワ火山噴火における観測と警報

Hugo A. Yepes<sup>1</sup>, Patricio A. Ramon<sup>1</sup>, Diego Barba<sup>1</sup>, Santiago Arellano<sup>1</sup>, Pablo A. Samaniego<sup>1</sup>, Minard L. Hall<sup>1</sup>, Patricia A. Mothes<sup>1</sup>, Alexandra Alvarado<sup>1</sup>, Jean-Luc Lepenne<sup>2</sup>, Hiroyuki Kumagai<sup>3</sup>, David R. Rivero<sup>1</sup>

1. Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional / Ecuador

2. Institut de Recherche pour le Développement, Laboratoire Magmas et Volcans, Clermont-Ferrand / France

3. National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Tsukuba / Japan

e-mail:hyepes@igepn.edu.ec

火山活動の兆候を示しつつも静かだった 7 年間の沈黙を破り, トゥングラワ火山は 2006 年 7 月 14 日(VEI=2)と 8 月 16 日(VEI=3)に噴火し, 2 回の火砕流(PF)を発生した。1988 年から続けてきた地球物理研究所(IG)の観測システムと 1999 年に火山近くに設置されたトゥングラワ火山観測所により, IG の科学者は 7 年間を通じて, 火山活動の行方について当局住民に知らせることができており, 7 月と 8 月の大噴火前に中央と地方の政府及び住民に対して早期の警戒を呼びかけることに成功した。丸1年小さな活動が見られた後, 2005 年末からは, トゥングラワ火山の観測データは新たなマグマの注入の可能性をはっきりと示すようになっていた。2006 年 5 月 12 日, IG は特別報告を関係当局に提出し, トゥングラワ火山の活動が勢いを増しているため, 様々な状況にいたる可能性がある中で最悪の場合には火山近くの居住地域を火砕流が襲う可能性もあると知らせた。7 月初めまでに, トゥングラワ火山は 1 日数百回もの轟音を伴う乾いた爆発を発生させ, 北面上方の隆起が顕著になり, 1 日あたり 2000 トン規模の二酸化硫黄を噴出した。そして 4 日間の比較的落ち着いた期間後, 3 時間ほどの顕著な大微動を起こして, 最初の火砕流が発生した。8 月の火砕流を起こした噴火でも, これほどははっきりではなかったが同じような震動のパターンがあった。両方のケースにおいて, とりわけ日本の国際協力で最近設置された BB 地震観測点の情報に基づき, IG はそれぞれ噴火前の 3 時間前と 10 時間前に早期の警報を発していた。3000 世帯近くが家屋を失っ

たが, 火砕流の犠牲者は, 8 月の噴火において避難命令に従わなかった 6 名だけであった。

## 21a-P-06

### 2006 年トゥングラワ火山噴火, 早期警報を発表した科学者の経験

Patricio A. Ramon<sup>1</sup>, Hugo A. Yepes<sup>1</sup>

1. Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional / Ecuador

e-mail:pramon@igepn.edu.ec

2006 年, トゥングラワ火山は 2 つの大規模な噴火を起こした。7 月 14 日(VEI=2)と 8 月 16 日(VEI=3)である。IG の観測システムとトゥングラワ火山観測所の観測から, IG の科学者は 80 年の休止期間を経て 1998 年に新たな活動が始まったことを確認した。その後 6 年(2000 年~2005 年)にわたり, 静穏期の活動レベルを当局に知らせ, 2006 年の激変前に早期の警報を出すことに成功した。7 月の噴火では, 21 回の火砕流が北面, 北西, 西面の 8 つの異なった経路に流れるのが観測され, 17 時 33 分(現地時間)に激変の段階が始まった。IG の科学者は 17 時 45 分に当局に早期警報を伝達し, 北側と西側に住む住民はすぐに避難を開始した。最大規模の火砕流は 19 時 32 分ごろ発生したが, これによる死者はでなかった。より大きかった 8 月の噴火は, 北, 北西, 西, 南西の 17 の経路で, 数十回の火砕流を流出させた。IG の科学者は 9 時 30 分に当局に早期警報を伝達し, 北西と西側の住民が昼頃に避難, また南西の住民は夕方までに避難した。しかし, 北側の観光都市バニョスの一部住民は退去を拒否し, 警告に従わなかった。最初の小さな火砕流は 17 時頃に始まり, 最大のものは真夜中ごろ起きた。全部で 31 の火砕流が地震計で記録された。そして, 南西麓では, 火砕流が避難勧告を聞かなかった 6 名の命を飲み込んだ。IG の科学者がどのように, またいつ警報を出す決定をしたのか, 当局がどのようにそれを伝達したか, 当局や住民が警報にどう反応したのかなど, 今回の経験を, 本発表において順を追って示していきたい。

## 21a-P-07

### 1998 年~2007 年のエクアドル火山危機:準備のなき社会と対策なき当局:得られた教訓

Theofilos Toulkeridis<sup>1</sup>

1. Center of Geology, Volcanology and Geodynamics, Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador

e-mail:theofilost@usfq.edu.ec

エクアドルは北アンデス火山帯の一部に位置し, 17 の活火山がある。1998 年以来, これらの火山は異なった規模の噴火活動を起こし, インフラや社会・経済活動に大きな被害をもたらし, 不幸なことに, いくつかは惨事につながった。エクアドルにおいては, 危機管理は最近まで身近な問題ではなかった。

そのため、火山監視の経験が乏しく地震データやその他のデータ・ベースもない政府の危機管理は、住民の信頼を得るのに十分でなく、それは、大きな経済的損失につながり、また事前投資も不足しており、実際にいくつかの火山の危険区域が決められていなかったため部分的な避難も不十分であった。こうした過去の対策不足を反省し、今後活発化する火山活動に備え、選挙で新任された政府は、エクアドルの火山対策を強化するいくつかの方策を決定した。まず国の防災局は、火山のデータを取得しその分析を行うために、自らで火山監視を行うことにした。そして、人による意志決定を経ない警戒システム、つまり、火山泥流に対する早期警報システムや活火山近くの緩衝施設の建設(砂防ダムなど)である。さらに重要なステップとして、人々への恒常的な防災教育、特に子供たちへの防災教育、そして、最も難しいステップであるハイリスク地域の人々の移転である。最後のステップは経済的損失の補償の一部として移転先の新居あるいは農場への融資が含まれる。過去の失敗がエクアドルの火山防災対策の新政策をもたらし、CGVG-USFG の科学者が行政当局と共にこの計画を進めているが、それがどのように進むのかは今後にかかっている。

## 21a-P-08

2006 年 3 月から 4 月までのペルー、ウビナス火山の噴火活動

Marco Rivera<sup>1</sup>, Jersy Marino<sup>1</sup>, Nicole C. Lautze<sup>2</sup>, Lourdes Cacya<sup>1</sup>, Vicentina Cruz<sup>1</sup>, Jean-Claude Thouret<sup>3</sup>

1. Instituto Geologico Minero y Metalurgico [INGEMMET], Peru
  2. U.S. Geological Survey/USA
  3. Laboratoire Magmas et Volcans, Universite Blaise-Pascal et CNRS/France
- e-mail:nlautze@usgs.gov

ウビナス火山はペルー南部の活火山のうちでも歴史的に最も活発な噴火活動をしている火山とされている。16 世紀以来 24 回の大きな噴煙活動を起こしてきた。火山近くの 6 つの町には約 5000 人が住んでいる。2006 年 3 月の噴火活動は、8 ヶ月にわたる噴煙の増加を予兆として始まった。3 月 27 日に弱い噴火が起き、ケラピ村(火山の南東 4km に位置)に火山灰を降らした。4 月 14 日に起きた最初の顕著な噴火は火山頂上から 800m までの高さに達する灰色の火山灰を吹き出した。19 日、直径 60m の灼熱の溶岩が山頂火口内で観測され、20 日 10 時 50 分、火口縁上 3km までガスと灰を吹き出す噴火が起こった。4 月 14 日から 23 日までの噴出物は、熱水で変質した岩塊と火山灰からなり、カルデラ縁では直径 70cm 大のものが含まれた。

5 月から 7 月まで、月 2~3 回の大きな噴火があり、断続的にガスを放出した。火山灰は 3km から 4km 上空に達し、周辺 40km に広がった。8 月と 9 月にもそれぞれ 1 回の大きな噴火があったが、その噴煙の高さや火山灰の範囲はやや小さくなった。11 月から 2007 年 3 月半ばにかけて、火口上 500m 程

度のガス放出となって活動を弱めていった。2007 年 3 月 29 日から 4 月まで活動が再開し、2km 上空まで再び噴煙を上げている。

噴火によって撒き散らかった火山灰は、細粒で灰色をしたもので、カルデラ内で厚さ 10cm まで、6km 離れた場所では 2cm 積もった。この火山灰は火山周辺 100km<sup>2</sup> の住民、食料、水道そしてトウモロコシ畑に影響が及んでいる。

## 21a-P-09

ペルー南部ウビナス山の 2006 年~2007 年火山活動に対する科学的社会的対応

Nicole Lautze<sup>1</sup>, Marco Rivera<sup>2</sup>, Jersy Marino<sup>2</sup>, Lourdes Cacya<sup>2</sup>, Vicentina Cruz<sup>2</sup>, Jean-Claude Thouret<sup>3</sup>

1. U.S. Geological Survey
  2. Instituto Geologico Minero y Metalurgico [INGEMMET]/Peru
  3. Laboratoire Magmas et Volcans, Universite Blaise-Pascal et CNRS/France
- e-mail:nlautze@usgs.gov

ウビナス火山はペルー南部(南緯 16 度 22 分、西経 70 度 54 分、標高 5672m)モケグア地方にある成層火山である。噴火活動は 2006 年 3 月 27 日に始まり、多量のガス噴出は約 8 ヶ月続いた。火山ガスを放出する活動は現在も続き、断続的にブルカノ式噴火が発生し、火口から周辺 2km に渡り 40cm 大までの岩塊を噴出している。火山灰は火口上空 4km まで立ち上り、周辺 80km まで降り落ちている。

最初の噴火により火山灰が火山から 7km 先まで降り、4 月、モケグア地域防災委員会(CRDMC)はケラピ村(火山から 4km 以内)の住民 150 人以上をアナスカパ村へ避難させる命令を出した(避難 I、火山から 8km 以内規制)。4 月から 5 月に火山活動が活発化したことで、合同科学委員会(地質鉱山金属研究所(INGEMMET)、ペルー地球物理観測所(IGP)、アレキア・サン・アウグスティン国立大学(IG-UNSA)のメンバーから構成)は、CRDMC に対して警告レベルを引き上げ、ウビナス火山から 12km の範囲内にある 5 つの村に所定の避難計画を実施するよう勧告した。CRDMC は避難命令を出し、6 月 9 日~11 日までの間に、約 1000 人がカカゲンにある避難所に退避した(避難 II、火山から 20km 以内規制)。火山活動は続くなか、カカゲンへの避難から 8 ヶ月後には、避難民の 85% が元の場所に帰還した。困難な生活環境と生産能力の欠如が理由であった。本発表では、この火山活動の経過を、科学的・社会的対応に焦点を絞って紹介する。

## 21a-P-10

メキシコシティにおける火山ハザード

Ana Lillian Martin<sup>1</sup>, Mauro Valdes<sup>1</sup>, Fabiola Mendiola

1. Instituto de Geofisica, Universidad Nacional Autonoma de Mexico / Mexico

e-mail:analil@geofisica.unam.mx

ポポカテペトル火山は、メキシコの政治的・経済的中心であり 2000 万人以上の人々が暮らすメキシコシティの 60 km 東方にある火山で、1994 年 12 月以来噴火を続けている。こうした小規模噴火の中には、市内に灰を降らせ、空港を 1 度は数時間にわたり、2 度目は数分間閉鎖する原因になった。1997 年 6 月 30 日と 2003 年 7 月 19 日の噴火は、それぞれ高さ 8 km と 5 km の噴煙を上げ(海拔 13, 500 m 及び 10, 500 m)、降灰は、交通渋滞や通信障害を引き起こし、汚染を増大させた。粒度分析では灰が微粒子であったことを示し、呼吸器系の影響が指摘されたが、散発的であって量も少ないことから、影響は回復可能であった。同市の大気中の火山性エアロゾル(エアロゾルの光学的深さ)は、UNAM の太陽光度計でも検出された。近年で最大の 2001 年 1 月 22 日の噴火の噴煙(高さ 18 km)は東方へ向かったため、その際はメキシコシティに影響は及ばなかった。ポポカテペトルからのプリニー式噴火は、およそ 1, 000-3, 000 年周期で起こる。この種の噴火が起これば、10 cm を超える軽石が市全体を覆う可能性がある。メキシコシティにおけるもう 1 つの火山ハザードは、単成火山に関するものである。過去 2, 000 年の間に少なくとも 2 つの火山がメキシコシティ付近で噴火し、いずれも広範囲に及ぶ玄武岩質のパホエホエ溶岩流とアア溶岩流を生じ、これが川を堰き止め、地域住民の建物を覆った。この領域で新たな活動があれば、局所的な地震活動の増大や火山灰の影響があるであろう。

## 21a-P-11

火山危機時の避難管理のためのソフトウェア・ツールの開発とスペイン・カナリア諸島テネリフェ・テイデ火山近傍イコッド渓谷の避難に対する適用

Jose M. Marrero<sup>1</sup>, Angeles Llinares<sup>2</sup>, Ramon Ortiz<sup>1</sup>

1. Dep. Volcanologia CSIC Spain

2. Consejeria Educacion Gobierno Canarias, Spain

e-mail:ramon@mncn.csic.es

2004 年のテネリフェ火山帯の活発化に伴い、観測網の強化、イベントツリーの作成、予想される噴火の影響シナリオが必要になった。この火山の最後の噴火は 1909 年で、爆発的な噴火は 2000 年も前だが、過去 20 年間、この地域における人口やインフラが増加し、危険度も大きくなっていった。観測データからは、テイデ・ピコ・ヴィエホ火山で準プリニー式噴火(VEI = 4)が起こるかもしれないことを示していた。火山の北麓イコッド渓谷には 3 万 5000 人が住んでおり、そのような噴火があれば大きな影響を受ける可能性があった。火山のダイナミクスの特徴から、もし火山現象に正確な対応を目指すならば、渓谷全体の事前避難が必要となると考えられた。そこで我々は、このプロセスをシミュレーションし、避難のための時間と適切なルートの評価ができるアプリケーションの開発に取り組んでいる。このツールは、人口、インフラ、道路網、デジタルエレベーションモデル、噴火シナリオについてのデータ・ベースを含む地理情報システム(GIS)に統合されることになっている。

このツールには、危険度と被害をどの時点で評価するかも加えられている。影響を受ける地域は、決まり切った線引きではなく、傾斜や人口分布、複雑な道路網上でマークされて表示される。このため、このシミュレーションを利用することで避難プロセスの最終的な管理を改善することに利用できる。このシミュレーターは住民行動の特徴とガイドラインも考慮し、地震、火山灰、気象現象による道路の強度、さらに利用可能な移動手段の特性も追加されている。シミュレーションの結果は、避難に適切な時期、道路網における戦略的に重要な場所、住民がとり残される地区を考慮するのに役立つ。

## 21a-P-12

パガン島の避難住民: 避難 25 年後の自然災害の認識度

Daisy Wheeler<sup>1</sup>, Chris E. Gregg<sup>2</sup>, Frank A. Trusdell<sup>3</sup>

1. Unaffiliated/USA

2. East Tennessee State University/USA

3. USGS Hawaiian Volcano Observatory/USA

e-mail:maisyday\_7@yahoo.com

北マリアナ諸島にあるパガン山の 1981 年 5 月 15 日の噴火では、パガン島の住民 54 名がすべて避難した。48km<sup>2</sup> のその島に住んでいた住民は噴火までの数ヶ月の火山活動の活発化を体験した唯一の証人であった。火山灰噴火が始まってから 2 日後、航行中の日本の貨物船に乗って 320km 南にあるサイパン島へ移送された。パガン島から避難して 25 年になるが、避難住民は依然として政府から帰還を認められていない。1981 年以降、何度も噴火があったが、2006 年 12 月の低レベルの噴火活動以前では、1993 年の噴火が大きな活動だった。ハワイ、フィリピン、香港間、日本、サイパン、グアム、オーストラリア、ニュージーランド間の民間航空機は北マリアナ諸島の火山上空を通過しているため、北部諸島の火山の脅威は第一に航空輸送に対してとなっている。北マリアナ諸島政府は、現在、北部諸島への住民の再定住化とパガン島のボゾラン採掘について現在検討している。

2006 年 6 月、サイパン島で住民 64 名に対して調査が行われた。1981 年に避難してきた住民全員がこの調査に参加し、避難、移住、自然災害の受け止め方について回答した。避難民ではないサイパン島の住民についても、避難民との経験と彼ら自身の自然災害の受け止め方に関する調査に回答した。本火山会議においてこの結果について発表する。

## 21a-P-13

2004 年から 2007 年までの米国海外災害援助(OFDA)と世界における火山災害援助プログラム(VDAP)から学ぶ教訓

Gari C. Mayberry<sup>1</sup>, John S. Pallister<sup>2</sup>

1. Office of U.S. Foreign Disaster Assistance and U.S. Geological Survey/ USA

2. U.S. Geological Survey Cascades Volcano Observatory/ USA

米国国際開発庁 (USAID) は、海外における災害復興を支援し、その下部組織の海外災害援助室 (OFDA) が災害発生後すぐに人的な支援を行っている。1986 年からは、OFDA は USGS の火山災害援助計画 (VDAP) に資金提供している。VDAP は危機対応、能力開発、技術訓練、危機アセスメントによって人的貢献をし、途上国を支援する計画である。20 年以上にわたり、VDAP は 24 の大きな災害に対応し、12 カ国で能力開発を行い、数万人の生命、数億に及ぶ財産の救済のに貢献してきた。VDAP の対策は受け入れ国の能力が高まるにつれて進化してきたが、作業のペースは変わらない。過去 4 年間を見ると、VDAP は 44 の能力開発計画に取り組み、12 の災害に対応してきた。

2004 年から 2007 年まで、OFDA は多くの被害をもたらした単発噴火や複雑な噴火災害に対応してきた。例えば、エチオピアのドゥバブにおける活動は数千人を救った (2005 年 10 月)。OFDA は緊急医療の対策も行っている。エルサルバドルの同時災害—台風スタンによる水害とサンタアンナの噴火—は数百万人に影響を及ぼした (2005 年 10 月) が、VDAP は助言と観測装置設置により SNET を支援した。インドネシアのメラピ火山噴火 (2006 年 5 月から 7 月) では M6.3 の地震も加わり、100 万人の人々に影響を与えた。OFDA は緊急支援物資を提供し、VDAP からチームを派遣した。インドネシアの CVGHM は噴火を予測し人命を救った。エクアドルのトゥングラワ火山の噴火 (2006 年 8 月) は数千人に影響を及ぼしたが、VDAP は地球物理研究所 (IG) の対策を支援するために観測機器と観測結果のモデル化を提供した。IG は正確に噴火を予測し、数千人を救った。そして、数百年ぶりに活動が始まったコロンビアのウイラ火山では、VDAP は INGEOMINAS に支援を送り、火山泥流を正確に予測し、これもまた数千人を救っている。

教訓としては、あらかじめ準備して対策レベルを縮小することについての評価や、人命救済のための技術的なアドバイスの重要性があげられる。最近の噴火予測の成功は、途上国の観測能力の向上と技術支援のための長期的な投資効果を反映している。

## 21a-P-14

変わらぬ焦点: 低確率・大被害の火山噴火に対する備え

Cynthia A. Gardner<sup>1</sup>, Steve C. Bailey

1. USGS, Cascades Volcano Observatory/USA

2. Pierce County Department of Emergency Management/USA

e-mail: cgardner@usgs.gov

準備することが火山対策の成否に大きく関わるため、科学者は、火山噴火の開始に先立ち、災害対策を受け持つ公的機関や組織と連絡し協力するように求められる。大きな被害をもたらす可能性をもつものの発生確率が小さい火山噴火の場合、重要なことは、火山の長い休止期間にどのように準備を進めておくかということである。

ベーカー山からラッセン山に及ぶカスケード山脈の米国側部分では、100 年間に平均 2~4 回の噴火があり、危険な噴火を警報するほどではないにせよ、科学的な観測を必要とする火山性異常が数多くある。対策当局は、はるかに頻度の多い自然災害や人的災害を後に回して、これら低頻度の火山災害のために少ない人的なまた財政的な資源をやりくりしなければならない。したがって、科学者はこれら低頻度の災害の結果が甚大なものとなることを示すことによって当局の注意を喚起する必要がある。それには火山噴火の歴史と被害を十分に理解させなければならない。また科学者も、被害を軽減させるための緊急対応策を明らかにできなければならない。

そのため、USGS のカスケード火山観測所の科学者は連邦、州、部族、及び地区の人々と協力し、9 つの主要なセンターで火山活動が起こった場合に協力する協力計画を策定してきた。この計画の主要な要素には、(1) 機関の責任の明確化、(2) 通信手段の確立、(3) 少なくとも年 1 回は対面での会議を開催すること、(4) 定期的な計画の予行演習、が含まれている。しかし毎年の会議という控えめな目標さえ十分に実現されていない。これは概ね、地方政府に強力なパートナーがいないこと、そして、地域の関与がほとんどないために起こっている。

## 21a-P-15

パプア・ニューギニアのラミントン火山における 1951 年と 2007 年の災害管理条件の相対評価: 「スコアカード」方法論の事例研究

R. Wally Johnson<sup>1</sup>, Kila Mulina<sup>2</sup>, Jonathan Kuduon<sup>2</sup>, Herman Patia<sup>2</sup>

1. Pacific and Asian History Division, Australian National University

2. Rabaul Volcanological Observatory, Papua New Guinea

e-mail: wallyjohnson@grapevine.com.au

過去の火山災害における対処法について、歴史的に発掘し、比較することは、今日の災害管理戦略の進捗を評価するために有益である。1951 年 1 月 21 日のラミントン火山の噴火災害では、主にヒガツル、サンガラの集落とその隣村出身の約 3,000 名の人々が火砕サージで命を落としたが、この災害に関して、未発掘であった様々な情報についての調査が行われつつある。噴火の科学的な側面については G.A.M. テイラーによって 1958 年に BMR 会報第 38 号として公表され、この有名な火山学的報告書によって多くのことが知られているが、1951 年における災害管理をめぐる問題については、今日入手できる情報は非常に少ない。例えば、ラミントン山が火山であるという「埋もれた」情報は存在していたものの、この地域の人々はこの山が火山であることさえ知らず、初期警告兆候は当局機関に無視された。火山における減災 (M) と準備 (P) の戦略は 1951 年には存在しなかったが、救出 (R) 段階でのオーストラリア植民地当局の災害に対する反応は迅速で効果的であった。復旧段階 (R) もまた、概ね計画的でうまく機能していた。この災害管理スペクトルの 4 つの段階 (MPRR) について、ここに提案する簡単なスコアカード・アプローチを使って、今日のラミントン火山の状況に関連して評価を行った。これは、

他の火山地帯でも有効な相対評価法と考えられる。今日のラミントン地域では、高齢者は少なく、ほとんどの人々は1951年の噴火を覚えていない。また、人口増加によって1951年以来活動を休止しているこの火山周辺の災害リスクの高い場所への定住を余儀なくされている。しかしながらラミントン地域の一部の地区では意識向上活動が展開されており、火山に設置された地震計と傾斜計のデータはHF無線によって700km離れたラバウルにある火山観測所に直接伝送されている。

## 21a-P-16

### ロコン火山の東麓の小さな町、カスカセン：インドネシア北スラウェシトモホン市

Muhamad Hendrasto<sup>1</sup>

1. Centre of Volcanology and Geological Hazard Mitigation / Indonesia

e-mail: totok@vsi.esdm.go.id

トモホン市の小さな町カスカセンはロコン火山の活動火口から東方4~5kmにある。ロコン火山(北緯1度21分、東経124度47分)は、インドネシアでも最も活発な火山のひとつであり、インドネシア北スラウェシ州ミナハサ地区トモホン市に位置している。最初の活動が古エンブング山を造り、ロコン火山群は鮮新世に形成された。その後活動は南側に移動し、約700年前にロコン火山を形成した。その活動の最後に岩栓が頂上に形成された。1750年、新エンブング山ができた。活動は1800年の終わりまで続いた。1829年にロコン山とエンブング山の間の山の背で側噴火がおこり、現在活動するクレターを作った。通常8年~64年の静穏期間を挟んで活動期は1年~4年の周期で活動を繰り返している。ロコン火山の活動はガスと灰の噴出で始まり、マグマ噴火へと続く。時には火砕流を伴うこともある。最近の噴火は2001年2月~4月と、2003年2月~4月に起きている。火山灰は火山上空400~1500mの高さに達し、火口から3~4km離れたいくつかの村に降り注いだ。静穏期は、ロコン火山では、硫気・噴気活動があるだけであり、白煙の最高高度はトンパルアンの火口上空150m程度である。ロコン火山の観測と火山周辺住民の防災準備はきわめて重要である。

## 21a-P-17

効果的な警報システム：ニュージーランド、2007年3月18日のルアペフ火山火口湖決壊による火山泥流に対する対策モデル

Graham S. Leonard<sup>1</sup>, Harry Keys<sup>2</sup>, Colin Lawrence<sup>2</sup>, Douglas Paton<sup>3</sup>, Julia Becker<sup>1</sup>, David M. Johnston<sup>1</sup>

1. GNS Science /New Zealand

2. Department of Conservation, Turangi /New Zealand

3. School of Psychology, University of Tasmania /Australia

e-mail: g.leonard@gns.cri.nz

1995年から1996年のルアペフ火山の噴火後の火山泥流の可能性に、人々の大きな関心が集まっていた。流出は2007年3月18日午前11時21分におきた。1953年に起きた同様の火山泥流はニュージーランド最悪の被害をもたらしたが、両方とも火口湖の出口にできたテフラが原因であった。テフラ・バリアの背後で湖水の水位が危険な高さまで達してから、それは決壊した。2007年のこのイベントまでに東ルアペフ・ラホール警戒システム(ERLAWs)が設置されていた。バリア近くにも2つの地震計(ジオフォン)、さらに火山の上方側面二カ所にも2つ据えられた。バリアが存在する間は、ワイセセンサーも設置されていた。自動送信により事態の変化が伝えられれば、緊急対策がとられることになっていた。このシステムの有効性は情報の受け取る人々の行動にかかっており、それと工学的なデータと組みあわせて、適切な対策を講じることが重要だった。そこで、我々の補完的な社会学的研究は、有効な対応に必要な、機関間の細部計画とそれを実施する能力に焦点が絞られた。そして我々のチームは、すべての警報システム段階について現実的な計画を文書化することを勧告した。それは、意志決定、対応の役割分担、メッセージの内容、メッセージの周知先リスト、そして機関内・機関間のコミュニケーションの書式を含むものであった。

「有効な警報システム」モデルは他の研究とこの計画をあわせたものから生み出され、(1)早期警報ハードウェアと一般への周知、(2)有効なシステム設計、(3)議論、コミュニケーション、協力関係、(4)教育と取り決め、(5)定期的な訓練とブラインド・テストを必要とする。システムの有効性は、絶えず進歩する自然科学と工学的な警報システム科学によって支えられるこれら5つのステップによって、定期的かつ定量的に評価されなければならない。このモデルは2007年の火山泥流イベントに適し、また警報システムは広く有効であると考えられる。そのため、1953年のときよりも大きな火山泥流で、対象住民が増加していたにもかかわらず、被害を食い止めることができた。このモデルはまた、他の複雑な火山危機に対する複数機関の対策計画に一つの模範となるはずである。

## 21a-P-18

南西太平洋、バヌアツの2005年アンバエ山噴火におけるコミュニティの緊急管理

Shane J Cronin<sup>1</sup>, Karoly Nemeth<sup>1</sup>, Jonathan N Procter<sup>1</sup>, Douglas T Charley<sup>2</sup>, Morris J Harrison<sup>2</sup>, Esline Garaebiti<sup>2</sup>, Brad J Scott<sup>3</sup>, Steve Sherburn<sup>3</sup>, Philipson Bani<sup>4</sup>, Michel Lardy<sup>4</sup>

1. Institute of Natural Resources, Massey University, Palmerston North, New Zealand

2. Department of Geology, Mines and Water Resources, Port Vila, Vanuatu

3. GNS Science, Wairakei Research Centre, Private Bag 2000, Taupo, New Zealand

4. Institut de Recherche pour le Developpement, BP A5 98848, Noumea, Cedex, Nouvell Caledonie

e-mail:s.j.cronin@massey.ac.nz

コミュニティベースの緊急管理と自立性はグローバルに求められる目標である。特に外部からの救援がすぐには可能でない火山諸島では重要である。我々がここで提出するケーススタディは、参加型アプローチを通じて2002年から2004年に開発された村レベルと島レベルのコミュニティ計画をバヌアツのアンバエ島で起きた最近の噴火の事例に当てはめて検証するものである。頂上のカルデラにできた火口湖（標高1400m）でのスルツェイ型の噴火は、90年間の眠りを経て2005年11月末に始まった。火山泥流の恐ろしさが過去の噴火の口承により認識されており、島レベルでの災害対策委員会が自発的に形成されていた。噴火活動の開始から2日後、公式の警戒レベルが変更されたのを受け、この委員会によって、想定泥流経路から住民が避難するように命令が出され、4週間以上にわたって避難民の管理が行われた。この非常に効率的なプロセスによって、現地の資源（交通、食料、避難所、スタッフ）のすべてが動員されたため、コストが非常に小さくすみ、また外部からの支援も最小です。島レベルの委員会と個々の村・部族の間の協力は、潜在的な政治的な対立があるケースでのみうまくいかなかったただけである。振り返ってみると、噴火による火山泥流の被害は小さかった。しかし過去の出来事の恐ろしさは、当時から長い時間を経ているものの、「事前」の避難を促すものであった。ただし火山活動が大きくなっていれば、中央政府に管理をゆだねる計画が整っていなかったため、地方政府の管理では十分でなかっただろう。さらに地方での管理の実効性は、中央政府当局や海外からの限られた援助によって低下した。またアンバエの地域的な利害を持った政府役人のボランティアグループが関わることは適切な手続きを混乱させ、さらにセンセーショナルな報道に傾く地方と国際のメディアもまた、島レベルの組織に圧力をかけることになった。

## 21a-P-19

### 火山災害時の火山監視と情報—2000年有珠山と三宅島—

山里 平<sup>1</sup>

1. 気象庁気象研究所/日本

e-mail:yamasato@mri-jma.go.jp

2000年有珠山及び三宅島の噴火における火山活動監視と情報提供の概要を報告する。

有珠山では、火山性地震の多発を受け気象庁が緊急火山情報を発表し、地方自治体により避難指示が発令されて最初の噴火を迎えた。噴火開始後は、火山噴火予知連絡会の毎日の活動評価をもとに、避難区域を火砕流エネルギーコーンモデル(山元, 2001)によって3つのカテゴリーにゾーン分けし、自衛隊ヘリに搭乗した火山学者の目視監視、気象庁による地震計や空振計等による監視のもと、一時帰宅等のオペレーションが行われた。そして異常時には無線を用いて中止命令が下される体制がとられた。

三宅島では群発地震開始1時間後に気象庁は緊急火山

情報を発表し、避難指示が発令された。避難指示は一旦解除されたが、山頂直下の火山性地震の多発による火山観測情報を受けて、山頂域への立ち入りが禁止され最初の山頂噴火を迎え、大規模噴火、低温火砕流、火山噴火予知連絡会のコメントを受けて全島避難となった。全島避難後は、有珠山と同様、島内を3つのカテゴリーにゾーン分けし泥流対策等の応急対策が進められたが、これは、有珠山同様気象庁の火山活動監視下で行われた。

## 21a-P-20

### 新しい火山レベル

横田 崇<sup>1</sup>

1. 気象庁地震火山部火山課/日本

e-mail:yokotat@met.kishou.go.jp

火山災害の軽減のために、気象庁は全国の活火山を24時間体制で監視している。また必要に応じ、火山活動の状況を火山情報として発表している。

火山の活動状況をわかりやすく提供するために、気象庁は2003年11月から火山活動度レベルを発表してきた。しかしながら、このレベルは噴火規模に基づいたものであり、実際の防災対応との関連が必ずしも明確ではなかった。このため、気象庁は火山活動度レベルを以下のように改善し、各火山への導入を開始する。

- ・噴火規模ではなく、防災対応を踏まえて区分する。
- ・従前のレベル0とレベル1は、具体的な防災対応の観点からは同じであるため、レベル1に統合し、新しいレベルは1から5の数字で表す。
- ・各レベルは、取られるべき対応に応じたキーワードに関連づけられる。

新しいレベルを各火山に導入する前には、実際の避難計画の策定について、地元自治体と協議することが重要である。気象庁では今後30以上の火山についてこの新しいレベルを導入する計画である。

この新しいレベルは火山周辺の住民のためのものであり、航空向けではない。航空の安全のためには(航空カラーコードとして知られる)別のレベルを導入する予定である。

## 21a-P-21

### 噴火シナリオと火山情報等に基づく噴火時の避難体制構築～北海道駒ヶ岳における実践例～

菅野 智之<sup>1</sup>, 伏谷 祐二<sup>1</sup>, 志賀 透<sup>1</sup>, 谷口 正実<sup>1</sup>, 重野 伸昭<sup>1</sup>, 飯野 英樹<sup>1</sup>, 及川 太美夫<sup>1</sup>, 柿下 毅<sup>1</sup>

1. 札幌管区気象台/日本

e-mail:tkanno@met.kishou.go.jp

北海道駒ヶ岳は日本でも有数の活動的な火山である。1640年の噴火では岩屑なだれにより噴火湾に津波が発生し700

名余が犠牲となり、1694 年、1856 年、1929 年にはプリニー式の大噴火が発生して周辺に多量の軽石や火山灰を降らせ、火砕流も伴った。

北海道内の火山に関する観測・監視と防災情報の発表を担当する札幌管区気象台火山監視・情報センターでは、北海道駒ヶ岳の活動が活発で噴火した際の影響が大きく、前兆現象が発現してから大噴火に至るまでの時間的猶予が少ないという特徴から、観測体制の強化を図るとともに、有識者の協力を得て過去の火山活動履歴等に基づき噴火シナリオを作成し、早め早めの住民避難等を実現すべく駒ヶ岳火山防災会議協議会(事務局:森町)と連携して、火山情報をトリガーとした噴火シナリオに基づくきめ細かい防災対応を定めた防災計画を運用している。

現在、気象庁では噴火規模等を元にした火山活動度レベルを見直し、必要な防災対応の程度を示す新しいレベルの運用準備を進めており、年内には北海道駒ヶ岳へ導入の予定である。現行の防災計画との親和性も高く、より分かりやすい防災情報の提供ができるものと期待される。

## 21a-P-22

### 住民の視点でみた火山噴火災害の危機管理の比較～特に組織間の連携に重点を置いて

中橋 徹也<sup>1</sup>, 小山 真人<sup>2</sup>, 吉川 肇子<sup>3</sup>

1. 特定非営利活動法人東京いのちのポータルサイト/日本
  2. 静岡大学教育学部/日本
  3. 慶応大学商学部/日本
- e-mail:washbear@ruby.plala.or.jp

最近の30年間に日本国内の火山噴火ならびに噴火危機における危機対応から個別に対応のポイントを抽出、このポイントで各々の対応を比較して、火山噴火災害時の減災対応を一般化するフレームをつくり、住民の立場から減災対応のあり方を提案した。対象とした噴火は、1977 年有珠山噴火、1983 年三宅島噴火、1986-87 年伊豆大島三原山噴火、1990-96 年雲仙普賢岳噴火、1997-2002 年岩手山噴火危機、2000 年有珠山噴火、2000-05 年三宅島噴火、2004 年浅間山噴火である。分析は、対応を合理性、組織、個人の3つの観点で分析し、ポイントの抽出を行う多重遠近法を用いた。その結果、フレームの構成は、科学情報の一元化、災害情報への変換、観測体制の強化、判断の分離と連携、都道府県の関与、科学情報の翻訳機能、住民への対応、メディア対応・広報、行政システムの変容、主体間の関係、減災コーディネート、社会への喚起システム、予知・警報・実施システムの連結、住民からの減災行動、の14項目からなる。8つの噴火の減災対応を比較するとそれぞれの対応の特徴がとらえられ、その成否に共通点があることがわかった。

2-1b

## 21b-O-01

### 長期的火山災害評価の課題

Charles Connor<sup>1</sup>, Tadahide Ui<sup>2</sup>, Steven Sparks<sup>3</sup>

1. Department of Geology, University of South Florida /USA
  2. Crisis & Environment Management Policy Institute /Japan
  3. Department of Earth Sciences, University of Bristol /UK
- e-mail:cconnor@cas.usf.edu

火山学者たちは、原子力発電所、高レベル放射性廃棄物処理場などの重要施設、ダムプロジェクト、および、莫大な社会投資に依存し、そのため地質的リスクが非常に低い地域に立地することが要求されるその他のプロジェクトについての災害評価を行なうことをますます強く求めている。多くの原子力施設については、許容できる災害レベルは年間  $1 \times 10^8$  から  $1 \times 10^6$  であると見なされている。そのような低い災害率の評価は、火山学的解釈および確率論的火山評価に大きな重荷を負わせている。利害は大きい。多くの原子力施設が稼動中であり、火山災害またはリスクを適切に特徴づけることなく火山活動がアクティブな地域に建設された原子力施設の中には閉鎖されたものもある。これらには次のようなものがある:フィリピン、バタアン半島にあった閉鎖された原子力発電所、ここは関係科学者の団体(Union of Concerned Scientists)によって火山活動からのリスクがとくに大きいとされた。第三紀の玄武岩質火山野地域内に建設されたアルメニアの原子力発電所。ドイツのムルハイム・カーリッヒ発電所。この施設はアイフェル火山地域内の潜在的な地質災害のため一度も操業していない。現在、米国のユッカ山、およびインドネシアのムリア地区といった場所で計画されている施設に対して火山災害の潜在的な可能性に関して、調査が進められている。こういったタイプの施設の建設は世界で行なわれており、このような施設の破壊は、地域全体、またはおそらく世界的な影響をもつため、国際火山学コミュニティがガイドラインを作成し、そのような災害評価において用いられる科学的方法を厳しく吟味することが間違いなく必要である。長期的火山災害評価におけるいくつかの課題には次のようなものがある。長い休止期にある火山の噴火の確率を推定するための一貫した方法の開発の必要性、比較的火山活動が低い地域への空間的・時間的確率モデルの応用における不確実性の定量化の必要性、および非常に稀またはエネルギーの大きな噴火の特徴づけに数値シミュレータを用いる場合の、モデルの検証と確認に対する強力な要件などである。

## 21b-O-02

### 噴火エネルギー放出傾向に基づく火山災害の定量的推定

Servando De la Cruz-Reyna<sup>1</sup>, Ana T. Mendoza-Rosas<sup>2</sup>

1. Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México /Mexico
2. Posgrado Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México /Mexico

e-mai:sdelacrr@geofisica.unam.mx

火山災害とは、潜在的に破壊的な噴火発生の可能性と定義される。この可能性は、火山においては、過去の噴火を分析し、噴火の効果がエネルギー（マグニチュード）およびエネルギー放出の程度（強度）に比例すると仮定して推定することができる。VEI (Newhall および Self, 1982)は、両方のパラメータを使用して噴火を性格づける。我々はこの、各 VEI カテゴリーにおける噴火による予想年間エネルギー放出量という観点から、火山災害の定義の拡張を紹介する。このコンセプトは、火山の大規模集合は十分に長い時間間隔にわたると各 VEI カテゴリーにおいて同量のエネルギーを放出するという平均特性に基づいている。すなわち、一群の火山は、多数の比較的小さな火山が少数の比較的大きな火山とほぼ同じ量のエネルギーを放出する形で噴火を生じるということである(De la Cruz-Reyna, 1991)。噴火によって放出されるエネルギーの年率を  $\log(EmKm)=bM+a$  とする。ここで  $Em$  は VEI マグニチュードクラス  $M$  における噴火による放出エネルギーであり、 $Km$  はそのような噴火の発生率である。パラメータ  $a$  および  $b$  は個々の火山の噴火履歴に依存する。傾き  $b$  は、その火山がエネルギーを放出する好ましい方法を決定する。すなわち、比較的小規模の（負の傾き）噴火、または比較的大規模の（正の傾き）噴火によるかを決定する。パラメータ  $a$  はその火山のエネルギーポテンシャルを決定する。この方法は、コリマ、シトラペトル、ボポカテペトルというメキシコの3つの火山に応用され、歴史的および地質的噴火データからのパラメータを計算している。コリマ山は最大のエネルギーポテンシャルを有しているが、その  $b$  値は小さな負の傾向を有しており、この火山が頻繁な、比較的小さな噴火によって、より大きなエネルギーを放出する傾向があることを示唆している。ボポカテペトル火山およびシトラペトル火山はコリマ火山よりも小さなエネルギーポテンシャルを示しているが、ほとんど平坦な勾配が、いかなるサイズの噴火によっても放出されるエネルギーが均一である傾向を示している。

## 21b-O-03

火山活動の時空分布特性と付随する地形・地質学的、地球物理学的諸現象に基づく将来的な火山活動場の評価の方法論

近藤 浩文<sup>1</sup>, 安藤 一郎<sup>2</sup>

1. 電力中央研究所/日本
  2. 原子力発電環境整備機構/日本
- e-mail:kondo@criepi.denken.or.jp

高レベル地層処分に係わる処分地の選定にあたっては、マグマの貫入・噴出による施設・廃棄体の直接的な破壊を避ける観点から、将来的な火山活動の起こり得る場を特定して除外する必要がある。決定論・経験論的見地からは、①処分候補地周辺の既存の火山におけるマグマの影響評価、②処分候補地における新規火山の発生可能性評価の、2種類のスケールの評価が必要である。近年、日本列島において、火山

活動の時空分布の偏在・集中の傾向と、それに付随する地形・地質学的、地球物理学的諸現象との対応関係が解明されて来た。例えば、東北日本におけるケーススタディーの結果によれば、将来的な火山活動の場を特定するためには、数100 万年の持続性を有する諸現象（火山活動の時空分布の傾向・規則性、火山活動の集中を示唆する地殻変動、マントル内の高温領域の偏在性等）に基づくモデルを想定し、関連する指標を組合せて評価することが重要であることが明らかとなった。ここでは、最近明らかにされてきた日本列島における火山活動の時空分布の規則性・偏在性と付随する諸現象との対応関係、およびそれらに基づく将来的な火山活動場の評価の方法論について紹介する。

## 21b-O-04

長期的火山災害評価のための確率論的モデル

Olivier Jaquet<sup>1</sup>, Christian Lantuejoul

1. Colenco Power Engineering Ltd /Switzerland
  2. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris /France
- e-mai:olivier.jaquet@colenco.ch

重要施設の立地選択に関する何百年から何十万年という時間尺度での社会的要求の高まりにより、長期的火山災害が重要性を帯びてきている。リスクアセスメントのためのインプットとしての長期的火山災害は、支配的な不確実性源となっている。不確実性は主に、非線形の火山プロセスに関する不完全な知識、火山噴火の分布および強度の空間的・時間的ばらつき、ならびに限られた情報量に関連している。こういった理由から、火山災害の推定は確率的形式論に基づいている。日本における最近の地層処分場の開発努力は、不確実性の特徴づけを改善するための特定の確率論的モデル開発を促進した。このモデルの理論的基盤とコンセプトを紹介し、日本の第四紀火山のデータベースのサブセット、この場合には本州北部の第四紀の東日本火山弧を用いて、方法論的例証が行なわれる。

## 21b-O-05

火山分布データベースを用いた長期的火山災害評価

Sue H. Mahony<sup>1</sup>, R.S.J. Sparks<sup>1</sup>, Laura J. Connor<sup>2</sup>, Chuck B. Connor<sup>2</sup>

1. Department of Earth Sciences, University of Bristol /UK
  2. Department of Geology, University of South Florida /USA
- e-mail:sue.mahony@bris.ac.uk

めったに起こらないがマグニチュードの大きい噴火から社会を守り、原子力施設などの重要施設を火山活動の可能性が低い場所に設置するために、ずっと将来までの火山活動を予測する必要性がますます増大している。我々は、火山データベースを基に、将来の火山活動のリスクと、付随する災害の

長期的予測のための方法を開発している。これらのデータベースは過去の火山活動に関する空間的、時間的情報を含んだものである。将来の火山活動とリスクを予測するための火山データベースの分析には 3 つの明らかな問題点がある。まず、すべての火山が当該データベースに含まれているかどうかはわからない。第 2 に、標準化された「火山」の定義は存在しないため、単一の火山とみなす基準が複数出てくることもある。最後に、火山がいつ活動を停止するか、またいつ始まるのかを評価する基準および証拠を見つけなければならないという問題がある。本研究では、ある定義に基づいて決めた 31 火山のデータベースを用いて、日本の本州、東北地方の 2 次元確率面を作成した。そこで、各データセット(日本の第四紀火山カタログ委員会, 1999)からのデータ)について順モデリングを行い、それらの予測能力を観察、比較することが可能である。データセットが異なると今後 100 万年以内に新たな火山が形成される確率にどのような影響が及ぶかを観察する「試験地」が東北全体から選ばれた。試験地 3 が最も大きな確率のばらつきを示し、0.025 から 0.22 の範囲であった。作成された確率表面は、異なるデータセットごとにばらつきがある。火山クラスターの近くの試験地は将来の火山活動の確率が比較的高い傾向があったが、火山が体積および近隣への距離によってグループ分けされた場合など、例外もあった。火山のグループ化の方法の中には、強いクラスターの傾向を示すものがあり、より信頼性の高い予測を行なうことができる。順モデリングは、噴出火山の形成がうまく予測できることを示した。

## 21b-O-06

### フィリピン、ルソン島のバタアン(Bataan)原子力発電所の火山災害評価

Alain C.M. Volentik<sup>1</sup>, Charles B. Connor<sup>1</sup>, Laura J. Connor<sup>1</sup>, Costanza Bonadonna<sup>2</sup>, Christopher G. Newhall<sup>2</sup>

1. Dept. of Geology, University of South Florida /USA
  2. CERG, Universite de Geneve /Switzerland
  3. Earth and Space Sciences, University of Washington /USA
- e-mail:avolenti@mail.usf.edu

活火山地域に建つ原子力施設には、大規模災害を防止するための特別な災害評価が必要とされている。一例として、ナティブ山(Mount Natib)の西 14 km、ピナツボ山の南約 50 km にある、バタアン原子力発電所(BNPP, フィリピン、ルソン島)のための包括的災害評価を紹介する。この原子力施設は、1991 年に、近くのピナツボ山のプリニー式噴火によって約 10-15 cm の火山灰に覆われた。また、完新世から後期更新世の主として安山岩質の成層火山であるナティブ火山の活動再開で影響を受ける可能性もある。その結果として我々は、火砕物密度流、岩屑なだれ、およびテフラ累積の可能性についての火山災害評価をまとめた。

近くのナティブ山からの火砕物密度流および岩屑なだれの災害評価は、その発生源におけるこれらの流れの潜在エネルギーに基づいて、運搬線に沿ったこれらの流れの潜在的到達距離(runout)を推定するエネルギーコーンモデルに基づいている。

達距離(runout)を推定するエネルギーコーンモデルに基づいている。

BNPP におけるテフラ累積の可能性は、拡散-移流数値モデル TEPHRA を使用して、ピナツボ火山とナティブ火山の両方からのテフラ拡散と堆積の確率的解析に基づいて評価した。ピナツボ火山の爆発的火山噴火シナリオは 1991 年のプリニー式噴火(VEI =6)という最高潮の噴火に呼応している。ナティブ火山に関しては、噴火柱の高さが 14 km から 40 km の範囲内の噴火をランダムにサンプル抽出している。これは、上限が VEI=3 から VEI=7 にほぼ呼応し、噴火継続時間は 1 時間から 6 時間で、総噴火物質  $1.5 \times 10^{10}$  から  $6 \times 10^{12}$  kg を生じる。風のデータは 2006 年および最悪シナリオの NOAA 再解析データからランダムにサンプル抽出され、風はこの原子力施設に直接向かって吹いていると設定している。

## 21b-O-07

### 確率的火山噴火評価によるアジア太平洋地域における国際開発支援

Alanna L Simpson<sup>1</sup>, R. Wally Johnson<sup>2</sup>, Lee Siebert<sup>3</sup>

1. Risk & Impact Analysis Group, Geoscience Australia /Australia
  2. Pacific and Asian History Division, Australian National University /Australia
  3. Global Volcanism Program, Smithsonian Institution /USA
- e-mail:alanna.simpson@ga.gov.au

アジア太平洋地域の約 2 億人の人は、完新世火山の 50 km 以内に住んでいる。さらに、1800 年以来世界で最大の火山噴火の 3 分の 1 がこの地域で発生しており、インドネシアだけでも、過去 200 年の間に 13 万人の命が火山災害のために失われている。開発と経済成長の長期的持続可能性を保証する上で災害リスク低減が重要であることが、オーストラリア国際開発庁内でますます認識されるようになり、アジア太平洋地域での自然災害評価を促している。このプロジェクトの重要部分の一つは、オーストラリア国際開発庁がこの地域における大規模な火山噴火の潜在的影響を理解し、それによって災害軽減、災害への備え、および緊急事態対応の改善を支援することを目指している。このプロセスの一部には、大規模噴火一すなわち、火山爆発指数(VEI)が 4 以上の噴火一による災害が最も高い地域の特定が関わっている。我々が採ったアプローチには、大きな噴火の頻度を計算し、大きな噴火の再発期間が短いほど、災害が大きいくことを受け入れることが関わっていた。再現期間は、スミソニアン研究所の世界火山プログラム(Global Volcanism Program)が提供する噴火データを使用した「頻度-マグニチュード」プロットから計算された。これらの再現期間は、絶対最大値を表している。さらに、この地域の火山のおよそ半数が、噴火の年代記録がなく、存在する噴火記録もほとんどの場合たった 400 年前に始まっており、質の良い記録はこの 180 年についてあるのみである。にもかかわらず、噴火記録の不完全さはこの地域全体にわたって類似しているため、相対的な災害を決定することは可能である。おそらく、驚くべきことではないが、インドネシアは大きな噴火

が最も頻繁に発生している国であり、これに、パプアニューギニア、バヌアツ、フィリピンが続いている。さらに、東ジャワを含むいくつかの地方が高災害地帯として指定されている。

## 21b-O-08

### イタリアの静まることのないカンピ・フレグレイ・カルデラにおける火山災害評価

Giovanni Orsi<sup>1</sup>, Mauro A. Di Vito<sup>1</sup>, Francesco Dell'Erba<sup>1</sup>, Michaela Quaglini<sup>1</sup>, Warner Marzocchi<sup>2</sup>, Laura Sandri<sup>2</sup>, Jacopo Selva<sup>2</sup>

1. Ist. Nazion. Geofis. Vulcanol. - Osservatorio Vesuviano /Italy

2. Ist. Nazion. Geofis. Vulcanol. - Bologna /Italy

e-mail:orsi@ov.ingv.it

静まることのないカンピ・フレグレイ・カルデラのための火山災害評価は、層序学的、火山学的、構造的、岩石学的の各データ、および統計的分析を用いて行なわれてきた。過去 1 万 5000 年の間に起こった 70 回の噴火のうち、爆発的でない噴火は 4 回のみであったが、次の噴火が爆発的ではないという可能性を除外することはできない。過去の爆発的噴火は、低、中、高のマグニチュードの噴火に分類される。将来の爆発的噴火は、引張応力レジームの下にあるカルデラ床の北東部分で起こる可能性が高い。進行中の変形が岩石の機械的破壊を生じさせるからである。西側部分でも、1538 年に起こった最後の噴火のように、2 つの断層系が交差する場所で噴火口が開く可能性がある。噴火はおそらく、マグマ噴火と、降下テフラ、および希薄で激しい火砕流の生成を伴う水蒸気マグマ噴火との間を行ったり来たりするであろう。この地域のゾーニングを予想される火山災害との関連において行なうために、我々はハザードマップを作成した。このハザードマップでは、新しい噴火口が開く可能性がさまざまである地域、降下堆積物のさまざまな負荷による影響を受ける可能性のある地域、火砕流が流れ込む可能性がある地域の範囲が示されている。噴火口が開く可能性のある地域は、現在進行中のこのカルデラの変形、およびクリティカル・エレメントの統計的分析を基に決定されている。降下物のハザードマップを作成するために、我々は過去 5,000 年の、降下堆積物層の堆積の頻度、および降下テフラによる土地への負荷の頻度、および堆積物の拡散軸の方向、ならびにさまざまなタイプのルーフ構造についての崩壊限界負荷を用いた。火砕流ハザードマップは、過去 5,000 年間の火砕流堆積物の地域分布と頻度に基づいて作成された。

## 21b-O-09

### 大規模な爆発的火山噴火の再発率

Natalia Deligne<sup>1</sup>, Stuart G Coles<sup>2</sup>, Stephen RJ Sparks<sup>3</sup>

1. California Institute of Technology /USA

2. Dipartimento di Scienze Statistiche, Universita di Padova /Italy

3. Dept. Earth Sciences, Bristol University /UK  
e-mail:steve.sparks@bristol.ac.uk

完新世の大規模な爆発的火山噴火の全世界的なデータベースを構築し、極値統計を使って分析を行い、規模(マグニチュード)と頻度の関係を推算した。このデータベースの対象となっているのはマグニチュード 4 以上の爆発的噴火で、マグニチュードは  $\log_{10} M = 7$  ( $M$  は噴出マグマ質量(単位 kg))としている。これらデータの特徴として記録漏れが挙げられ、センシング法(censoring method)を使って記録漏れの度合いを推算した。報告漏れの増加は 2000 年前まで遡り、2000 年から 10,000 年まで、同じレベルで推移しており、マグニチュード 6 を超える爆発的噴火が記録されている確率は、20%前後に過ぎない。1750 年から現在までと、1900 年から現在までの限定的な期間のデータを分析すると、記録漏れの影響は極小化するが、これらの期間だけでは短すぎ、マグニチュード 6 を超える爆発的噴火の再発期間を確実に予測することができないことがわかった。完新世のデータを、記録漏れによる偏りを修正した後に分析すると、マグニチュード 7 までの規模(マグニチュード)と頻度の関係をきちんと把握することができる。この結果は、分析で用いる限界マグニチュードによって変わってくる。限界値が高くなれば、大規模な噴火の分析結果を向上させることができる反面、不確実性も増す。これら 2 つの相反する影響の適正な折り合い点を踏まえると、限界値はマグニチュード 5.5 となる。大きな規模(マグニチュード 8 超)に適したモデルを外挿すると、分析結果が地質データと整合しなくなる。モデルから予想される上限は、このモデルの不確定要素を考慮しても、マグニチュード 8 未満である。爆発的噴火の上限は最低マグニチュード 9.2 で、マグニチュード 8.1 超の再発期間は少なくとも 800,000 年に 1 度であると推算される(Mason 他, Bull. Volcanol, 66, 735~748, 2004 年)。このような分析結果が出たのは、マグニチュード 7 を超える爆発的噴火を引き起こすメカニズムが異なるためであると解釈される。マグニチュード 7 以上前後の爆発的噴火が起きると、カルデラが形成される。マグニチュード 7 を超えた場合における、規模(マグニチュード)と頻度の関係の物理的説明としては、頻繁な噴火における規模の限界値を超えたマグマ溜りの形成との関連性が考えられる(Jellinek and DePaolo, Bull. Volcanol, 65, 363~381, 2003)。

## 21b-O-10

### カルデラ生成噴火の準備過程の解明への第一歩

鍵山 恒臣<sup>1</sup>, 森田 裕一<sup>2</sup>

1. 京都大学理学研究科/日本

2. 東京大学地震研究所/日本

e-mail:kagiyama@aso.vgs.kyoto-u.ac.jp

カルデラ生成噴火などの休止期の長い火山噴火をどのように迎えるかは、住民、行政、火山研究者すべてにとって、大きな問題である。火山研究者は、噴火履歴を調査することで、過去に何が起き、同じことが将来起きればどのようなインパクト

が与えられるかを想像することができる。また、十分な監視を行えば噴火を直前に予測することは可能であろう。しかし、我々は数百年あるいは数千年にわたって監視を続けなければいけない。これは非現実的である。このため日本ではカルデラ生成噴火は予知の対象外であった。著者らは、検討を重ねた結果、休止期の長い噴火は、マグマが地表まで上昇することなく地下に滞留するイベントを繰り返す中で、新たに深部から供給されてきたマグマが滞留マグマにぶつかることによって起きるという仮説を立てた。この仮説に従うならば、休止期の長い噴火を行う火山の地下にはマグマが滞留しているはずである。また、地下深部から供給されるマグマがどこで停止するか、なぜ停止するかを知ることも重要である。休止期の長い噴火の準備過程を理解する第1歩は、なす術がないと諦めるのではなく、上記の問題を明らかにしていくことと考える。

## 21b-O-11

### 開発途上国のカルデラ関連災害およびリスクアセスメントにおける課題

Sandra G. Catane<sup>1</sup>, Tadahide Ui<sup>2</sup>

1. National Institute of Geological Sciences, University of the Philippines /Philippines
  2. Crisis & Environment Management Policy Institute /Japan
- e-mail:sgcatane@gmail.com

人口 1200 万人を抱えるマニラ首都圏は、主に、この大都市からそれぞれ 20 km, 60 km の地点にあるラグナとタールという 2 つのカルデラの噴火による厚い火山性堆積物の上にある。これらのカルデラからの火砕流堆積物およびその二次堆積物は、マニラ首都圏、とくにマニラ市、パシグ市、マンダレーヨ市、マカティ市、およびケソン市におけるほとんど全ての建造物およびインフラストラクチャの基盤となっている。この若い、実質的に外観が損なわれていない堆積物は、非溶結ないし弱溶結であり、安山岩-デイサイトの組成(54-62% SiO<sub>2</sub>)をもっている。テレサ・スコリア流(< 27 ka)およびビナンゴナン軽石質火砕流(27-29 ka)は、ラグナカルデラで最も若い噴火ユニットを構成している。

過去 10 年間に起こったカルデラ周囲および火山島で記録された断続的な群発地震は、タールを世界の活動的なカルデラのリストに載せることになった。最も新しいカルデラ噴火は、年代値 5-6 ka のサンボン・スコリア流の発生を特徴とした。活火山であるタール火山島の、歴史に残るさらに大きな噴火のいくつかによる降灰がこの大都市に堆積していることが観察され、そのため、マニラ首都圏へのさらに爆発的な噴火による重大な脅威となっている。

カルデラの上に位置する大都市についての災害およびリスク評価は依然として大きな課題である。まず、ラグナおよびタールのカルデラの噴火活動についてはほとんど知られておらず、大規模噴火の潜在的影響に関する包括的評価はまだ行われていない。第2に、カルデラ性噴火の前兆現象はまだ明確に立証されていない。第3に、精密な年代測定および地球化学的対比を行なうための研究プログラム実施には費用がかか

る。このような研究を支援する資金を募ることは正当化が難しいことが判明した。このような噴火の影響を軽減するためにできることはほとんどないというのが一般的な認識だからである。

## 21b-O-12

### 複数のマグマ体を噴出する流紋岩質噴火: カルデラ火山の観測と火山災害の考え方

Victoria C. Smith<sup>1</sup>, Phil Shane<sup>2</sup>, Ian A. Nairn<sup>3</sup>, Darren M. Gravley<sup>2</sup>

1. Department of Earth Sciences, University of Bristol /U.K.
2. School of Geography, Geology, and Environmental Science, University of Auckland /New Zealand
3. 45 Summit Rd, Rotorua RD5 and GNS Science, Wairakei, New Zealand

e-mail:Victoria.Smith@bristol.ac.uk

タウポ火山帯は、千年に一度といった頻度で噴火する、地球上で最も頻繁に活動を起こす珪長質火山地域である。タウポ火山帯からの多くの流紋岩質噴火は、複数の、明確に組成の異なるマグマ体を噴出する。北アメリカのカルデラにおける最近の研究でも、いくつかの噴火が、数多くの、化学的に異なるマグマ体を噴出していることが示唆されている(例: Grunder 1997; Heumann 他, 2002; Simon 他., 2007)。従来は、珪長質堆積物における組成の異質性は、地殻中に長く滞在している間に化学組成の上下変化を生じた大きなマグマ溜まりから噴出することによるとされていた。組成の多様性を別々のそれぞれ均質なバッチに関連づけるという解釈は、物理学的火山学の詳細な理解と近年の分析技術の進歩によって可能になった。マイクロ分析的技術が、マグマの履歴に対するユニークな考え方をもたらした。

複数のマグマ体は、同じ噴出口から(例: ロトルア(Rotorua)噴火; シミス他, 2004)、最長 20 km までの噴出口ゾーンに沿って(例: ロトマ(Rotoma)およびファカタネ(Whakatane)噴火; Smith 他, 2006)、あるいは隣り合った(間隔 30 km)カルデラから(オハクリ(Ohakuri)およびママク火砕流, Gravley 他, 2007)噴火する可能性がある。このことは災害と観測にとって重大な成り行きをもたらす。いったんこれらのバッチの一つが噴火すれば、その地殻内の応力と圧力状態の変化につながり、必ずしも噴火することはなかったであろうその他のバッチの壁が割れて噴火の原因となる可能性があると思われるからである。

Gravley et al. (2007) *GSA Bull* 119:18-30. Heumann et al. (2002) *Geochim Cosmochim Acta* 66:1821-1837. Simon et al. (2007) *Geochim Cosmochim Acta*. Smith et al. (2004) *J. Geol. Soc. Lond* 161:757-772. Smith et al. (2006) *Bull Volcanol* 69:57-88. Streck および Grunder (1997) *J. Petrol* 38:133-163

## 21b-O-13

### ニュージーランドのオークランドにおける長期的火山災害お

## よびリスク評価

Jan M. Lindsay<sup>1</sup>, Catherine Molloy<sup>1</sup>, Phil Shane<sup>1</sup>

1. The University of Auckland / New Zealand

e-mail: j.lindsay@auckland.ac.nz

ニュージーランド最大の都市オークランド(人口 130 万人)は、少量のプレート内玄武岩フィールドの上に直接乗っている。この玄武岩フィールドにおける活動は、過去 25 万年の間に約 50 の散在する噴火口から発生している。最も最近の噴火は 800 年から 600 年前にランギットという小さな盾状火山を生じた。過去の火山現象は、火山活動が再開すれば新しい火山が生まれるであろうと示唆している。将来の噴火は比較的小規模であると予想されるが、オークランド市がもつ高い物理的・経済的脆弱性を考えれば、それに伴うリスクは非常に高い。オークランドはまた、北島中央部にある大きな安山岩-流紋岩火山からの降下火山灰の影響も受けやすい。事実、過去 5 万年の間に、遠くの噴火が、ローカル噴火の少なくとも 4 倍の頻度でオークランドに影響を与えている。

湖底堆積物中のテフラの記録は、過去 5 万年の間に平均して少なくとも 2500 年に 1 回、ローカル噴火によるかなりの降灰を明らかにしている。しかし、このフィールドにおける活動は規則的でなく、むしろ、火山群が噴火し、次いで長い休止期があったことを示す証拠が強力になってきている。さらに、いくつかの火山は、単成のイベントよりもむしろ、(タイムブレイクで隔てられた)複合的活動エピソードを示している。起こりそうな噴火スタイルはよく知られているが、最も若い火山であるランギット山は、岩石組成、噴火の型および大きさが従来とは異なっており、このフィールドでのマグマ活動が変化している可能性を示唆している。将来のマグマ上昇速度は、前兆となる短期間(数時間から数日)の地震活動に対応して、急速であることが予想される。

したがって、長期的災害の評価は困難な作業である。にもかかわらず、オークランドはローカル噴火の緊急対応計画を有しており、これは 2008 年の全国シミュレーション訓練の間に試験され、修正されることになっている。監視ネットワークは孔井型の地震計を含むように拡張中であり、すべての関係機関相互のコミュニケーションと協力により、オークランドがどのような将来の火山活動にも対応できる体制を確実に整えることができる。

### 21b-O-14

250 年近く前にサトウキビ畑で誕生したホルヘジョ(Jorullo)火山(メキシコ)の再評価

Claus Siebe<sup>1</sup>, Victor Hugo Garduno-Monroy<sup>2</sup>, Juan Carlos Mora-Chaparro<sup>1</sup>, Marie-Noelle Guilbaud<sup>1</sup>, Gabriel Valdes<sup>3</sup>, Sergio Salinas-Sanchez<sup>1</sup>, Mari Sumita<sup>4</sup>, Hans-Ulrich Schmincke<sup>4</sup>, Elisabeth Widom<sup>5</sup>

1. Departamento de Vulcanologia, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Coyoacán / México
2. Departamento de Geología y Mineralogía / México

3. Unidad Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero / México
4. -GEOMAR, Leibniz Institut fuer Meereskunde, Universitaet Kiel / Germany
5. Dept. of Geology, Miami University / U.S.A.  
e-mail: csiebe@geofisica.unam.mx

一群のスコリア丘と溶岩流であるホルヘジョ火山は、1759 年 9 月 29 日、メキシコ横断火山帯(TMVB)の西部にあるミチョアカン州の、あるサトウキビ農場の敷地で生まれた。噴火は 1774 年に、主に溶岩流と降下テフラに覆われた >50 km<sup>2</sup> の荒地を残して終わった。来たる 2009 年は、メキシコにある 2 つの単成火山の歴史時代の噴火のうち古いほうのこの火山の誕生 250 周年にあたる。これに関連して、TMVB は 3,000 以上の第四紀単成スコリア丘とその溶岩流で構成されており、これは世界にみても珍しいことである。したがって、メキシコで将来単成火山噴火が繰り返されることはほとんど確実である。この強力な事実は、メキシコにおける単成噴火(monogenetic eruptions)の開始とスタイルについて知識を深めることの必要性を強調している。ホルヘジョの噴火記念日は、この噴火について、近隣の住民に対する致死的影響、環境への影響の現代科学的研究を行ない、また、とくに、一般大衆の認識を促すためのまたとない機会となっている。2009 年の間に、ホルヘジョ火山は歴史的、社会的に重要な自然景観の保護を目指した UNESCO のプログラムのもとで、「ジオパーク」と宣言されるかもしれない。祝典の一部として、学会およびそれに伴う文化イベントが、爆発的火山活動の性質、災害、リスクに関して、より多くの人を啓蒙し情報を与える手段として機能することになるであろう。この目的のために、我々はホルヘジョ噴火の詳細な火山学的研究を開始した。発表する最初の研究結果には、地質図、噴出物層序と歴史文献に見出される目撃証言との対比、約 50 の化学分析(主成分、微量成分の Sr, Nd, Pb, Re および Os 同位体を含む)、および溶岩およびテフラの噴出量の測定が含まれることになる。

### 21b-O-15

火山活動履歴のない地域における火山リスクアセスメント。カタラン火山帯オロット(Olot)(スペイン北東部ジロナ)の事例

Joan Martí<sup>1</sup>, Ramon Ortiz<sup>2</sup>, Alicia Felpeto<sup>3</sup>, Antonio Ordoñez<sup>1</sup>, Adelina Geyer<sup>1</sup>, Llorenç Planagomà<sup>4</sup>

1. Institute of Earth Sciences, CSIC / Spain
2. National Museum of Natural Sciences, CSIC / Spain
3. National Geographical Institute / Spain
4. TOSCA-Parc Natural de la Zona Volcànica de a Garrotxa / Spain  
e-mail: joan.marti@ija.csic.es

我々はデータおよび最近の(歴史的)噴火のないことが火山災害およびその結果としてのリスクが存在しないと考えることにつながる可能性のある地域で、火山リスクを評価しようとする場合に起こる問題に注意を喚起したいと思う。我々は、カ

タラン火山帯 (CVZ) に含まれる第四紀の玄武岩質火山地域であるオロットの事例を検討する。スペイン北東部に位置する CVZ は、過去 1200 万年間活動的であり、ヨーロッパ地溝システムに関連がある。この火山活動はその規模と量において重要であり、いくつかの噴火が完新世に起こっているという事実にもかかわらず、西ヨーロッパおよび中央ヨーロッパのその他の部分における同時代のアルカリ火山活動と比較してほとんど知られていない。オロットの火山地域は、噴石丘およびスコリア丘、溶岩流、タフリング、タフコーン、ならびにマールを含む、50 以上の単成火山で構成されている。マグマ噴火は、小さなものから激しいストロンボリ式噴火までさまざまである。水蒸気マグマ活動は、時折、大規模な火砕サージおよび爆発角礫岩を生じ、多くの場合、ストロンボリ式火山活動と関連があるように思われる。この火山活動の年代はあまり限定されていないが、層序学的関係および 2, 3 の放射性年代測定から過去 30 万年間に渡る期間を示唆しており、最も新しい噴火は 2, 3 千年前に起こったとされている。この地域で最も最近発生した噴火と同じタイプの噴火による影響を受ける可能性のある、オロット地区およびその周辺の社会経済の発展の重要性、および、空港を含む多数のインフラストラクチャを考慮すると、火山の脅威が潜在的問題であることを受け入れることが推奨される。事実、もし我々が米国における火山の脅威を評価するために USGS が用いているのと同じプロトコルをオロットに応用するならば、火山リスクは中等度である。この地域の噴火口開口および災害アセスメントの空間的確率分析に基づき、我々は、この地域の噴火の短期的・長期的影響を例証する噴火シナリオを作成し、新たな噴火の確率が非常に低いか、またはゼロであることすらあると想定される火山地帯に対するリスクアセスメントの実施が意味するところを論じる。

## 21b-P-01

### 日本列島における火山の寿命－火山活動可能性の合理的な評価のために－

伝法谷 宣洋<sup>1</sup>, 武田 智吉<sup>2</sup>, 酒井 俊朗<sup>2</sup>

1. 電源開発(株)/日本

2. 東京電力(株)/日本

e-mail:nob\_demboya@jpower.co.jp

長期的な供用期間を有する施設の計画及び建設にあたっては、火山噴火現象を含む自然現象による影響を評価する必要がある。気象庁は活火山として 108 の火山を認定している。活火山の定義は、1) 過去 1 万年前以降に噴火したもの、2) 現在噴気活動が活発なもの、とされている。施設に対する火山の影響の合理的な評価という観点から、日本列島の火山の寿命について検討した。調査対象としたのは、主に、1) 日本の第四紀火山カタログ(第四紀火山カタログ委員会編, 1999)、2) 日本の第四紀火山(産総研地質調査総合センター, 2006)である。調査の結果、以下の結論が得られた。年代データを有する 306 火山グループと 577 火山体のうち、全体の 92% にあたる 282 火山グループは、第四紀に活動を開始している。火山グループの平均的な寿命は 40 万年弱であり、約 200 万年と

いう第四紀の期間長に比較して有意に短い。火山グループの平均的な活動休止期間は 20 万年弱である。従って、日本列島においては、火山の影響の合理的な評価の対象は第四紀の火山とすべきである。本研究は、9 電力会社、日本原子力発電(株)、電源開発(株)の共同により行われた。

## 21b-P-02

### 噴出率と山体崩壊・マグマ温度・化学組成における長期的変化との時期的相関

土志田 潔<sup>1</sup>, 田島 靖久<sup>2</sup>, 大石 雅之<sup>2</sup>

1. 電力中央研究所/日本

2. 日本工営(株)/日本

e-mail:toshida@criepi.denken.or.jp

マグマが岩脈として貫入し、地殻内を移動する現象の評価は、火山活動の長期的な影響評価における重要な課題である。火山活動の影響評価は噴出物の分布に基づき行われることから、マグマの地殻内移動特性についても、地表の地質情報に基づき、火山活動全体の変化の一部として位置付け、評価する手法を開発する必要がある。

そこで、様々な沈み込み帯に位置する火山を対象に、噴出物の層序、年代、体積、化学組成の経時変化を整理し、火山活動の長期的な変化において噴出率の変化と時期的相関を有する以下の項目を見出した。

(a) 山体崩壊や火口の拡大時期と、長期噴出率が増加する時期との対応。

(b) デイサイトマグマの温度が上昇する時期と長期噴出率が増加する時期との対応。

(c) マグマの化学組成が、珪長質に変化する時期と長期噴出率が増加する時期との対応、および、苦鉄質に変化する時期と長期噴出率が低下する時期との対応。

これらの火山活動の長期的な変化における時期的相関と、マグマの移動が起こりやすい範囲や、マグマが遠方まで移動し易い方位に関する地質情報を組み合わせ、マグマの地殻内移動を評価するための調査・評価手順を構築した。

## 21b-P-03

### GISによる九州・山口地方の単成火山データベース

稲倉 寛仁<sup>1</sup>, 西園 幸久<sup>1</sup>, 近藤 浩文<sup>2</sup>, 安藤 一郎<sup>3</sup>, 田中 和広<sup>4</sup>

1. 西日本技術開発株式会社/日本

2. 電力中央研究所/日本

3. 原子力発電環境整備機構/日本

4. 山口大学理工学研究科/日本

e-mail:h-inakura@wjec.co.jp

地層処分における長期的な安定性評価に係わる基礎データの 1 つとして、火山の過去の活動範囲(マグマの到達範囲)

やマグマ供給系を把握することが重要である。

これまでにいくつかのデータベースが構築されているが、これらは対象が主に第四紀火山であり、第四紀以前から活動を継続する単成火山群に対しては、個々の情報が不十分な点が多い。また、西南日本の背弧側には、単成火山群が多く分布し、これらの個々の単成火山は、噴火のたびごとに火口が移動し、一定の範囲に散らばって分布するという特徴がある。

以上のことを踏まえ、単成火山が比較的多く分布し、それらの活動に多様性が認められる九州・山口地方を対象に、単成火山に特化したデータベースを GIS で作成した。紹介するデータベースは、単成火山の位置、活動年代、組成、文献といったような情報や基盤地質情報、地球物理学的情報と測地学的情報を格納している。閲覧には、ESRI 社の ArcGIS もしくは ArcReader を用いる。

今後さらにデータを蓄積することにより、単成火山群の時空分布特性に関する基本情報を把握するとともに、将来的な活動の持続性や拡がりの評価に役立つことが期待される。

## 21b-P-04

### アジア太平洋地域における降下テフラへの住民の遭遇の研究

Susanna Jenkins<sup>1</sup>, Russell Blong<sup>1</sup>, John McAneney<sup>1</sup>, Keping Chen<sup>1</sup>

1. Risk Frontiers, Macquarie University /Australia  
e-mail:sjenkins@els.mq.edu.au

地球人口の増加につれ、火山災害への遭遇の機会も増加している。アジア太平洋地域を調査するにおいて、本研究は、降下テフラへの住民の遭遇を計算しランク付けするために確率論的方法を用いている。テフラ放出-拡散モデルである ASHFALL は、将来起こる可能性のあるさまざまな噴火シナリオについて、この地域にある各火山からのテフラの足跡をシミュレートする。スミソニアン研究所による未発表の史料を用いて、起こりそうな噴火のシナリオを作成する。あり得そうな風速および高さを伴う風向きのプロファイルは NCEP/NCAR のグローバル再分析プロジェクトのデータから決定する。遭遇は、人口密度、および、地元および遠くの火山の両方からの降下テフラの影響から推定される。降下テフラの影響は、テフラの厚さ、予想される死亡者数、負傷者数、避難者数などの定量的変数から推定される。以前の諸研究とは対照的に、本研究は広範な推定噴火シナリオを用いており、テフラの影響の空間的ばらつきを組み入れることにより、火山からの脅威とともに、潜在的に複数の火山源からの都市への脅威を計算する。都市部と火山は、遭遇を決定する異なったさまざまな方法に対するこの研究結果の感度を評価するために、別々にランク付けされる。

## 21b-P-05

### ニカラグアのコンセプション火山におけるテフラ降下災害の

### 評価: TEPHRA2 を用いた数値モデリング

J. Armando Saballos<sup>1</sup>, Mikel Diez<sup>1</sup>, Charles Connor<sup>1</sup>

1. University Of South Florida / USA  
e-mail:asaballos@mail.usf.edu

コンセプション火山は、過去 120 年間で、ニカラグアで 2 番目に最も活動的な火山であった。この火山は、現在 4 万人以上の人口を有する、ニカラグア湖のオメペテ島の北西側にあり、過去 50 年間に多くの VEI = 2 の噴火が発生し、テフラの影響を受けた 2 つの村の住民が最終的に避難することになった。主だった町々はこの火山の半径 14 km 以内にあり、火山灰および軽度の火山ガスによる影響を繰返し受けてきた。同島民の多くはほとんど完全に農業活動に依存しているため、火山灰放出が長く続く大規模な火山噴火は島の経済を崩壊させる可能性がある。TEPHRA2 のコードを用いて、我々は、近い将来発生が予想されるコンセプション火山からの降下テフラについて、VEI = 3 および 4 に関連するいくつかのシナリオを作成した。TEPHRA2 は、成層した大気(地上からの高さによる風向風速の違い)での火山性粒子の拡散・運搬・堆積、噴出柱における粒子拡散時間、および、粒子降下に沿ったレイノルズ数の変化を含む沈降速度について記述した移流-拡散モデルである。このモデルはまた、地形についても説明している。ニカラグアの自然災害防止・軽減プログラムに関わるこの島の当局および民間防衛組織は、このモデル・シナリオを提供されることになる。このモデル化の努力はコンセプション火山の潜在的火山危機の間の意思決定プロセスを強化することになるであろう。

## 21b-P-06

### 火山災害評価の統計学的方法: メキシコの 3 つの高リスク火山への応用

Ana\_Teresa Mendoza-Rosas<sup>1</sup>, Servando De la Cruz-Reyna<sup>2</sup>

1. Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofisica, Universidad Nacional Autonoma de Mexico /Mexico  
2. Instituto de Geofisica, Universidad Nacional Autonoma de Mexico /Mexico  
e-mail:ateresa@geofisica.unam.mx

火山噴火時系列の統計学的分析は、火山リスクの正確な評価において重要なステップである。さらに大きなデータ母集団を有する低マグニチュードの噴火推移の研究は通常、従来の方法と統計、すなわち 2 項式分布またはポアソン分布を用いて行なうことができる。残念なことに、これらのシリーズは通常、有史時代の記録に限定される。比較的小規模な噴火は長期にわたって残存する堆積物を残さないからである。一方、大規模噴火の地学的記録は通常不完全であり、その発生日時およびマグニチュードは不確実である可能性がある。さらに、噴火発生率は時とともに変化する、すなわち一定していない可能性がある。したがって、時間に依存したプロセス、または、

ほとんどデータのない稀もしくは極端なイベントを含むシーケンスは、非同次ボアソン過程分析または極値理論といった特別かつ特定の分析方法を必要とする。この研究では、歴史と地学データ系列をリンクした、火山噴火災害のより正確な数値を計算する目的で、このようなタイプのプロセス分析のための一般的な方法が提案されている。これは次の 4 つのステップで行なわれる。第 1 に、休止期間と噴火マグニチュードシリーズの探求的分析が行なわれ、地質学的噴火データで歴史的噴火時系列を補い、それによってデータ母集団を拡大する。第 2 に、連続する噴火分布の間のレスポンスタイムについてワイブル分析が行なわれる。第 3 に、強度関数と同様に、噴火発生データが一般化したパレート分布とともに非同次ボアソン過程を用いて分析される。最後に、これらの結果を従来のボアソン分布および 2 項式分布から得られた結果と比較する。次に、メキシコの 3 つの複成活火山、すなわち、コリマ火山、ポポカテペトル火山、シタルテペトル火山の災害または噴火可能性がこの方法を用いて計算され、その他の方法で得られた結果と比較される。

## 21b-P-07

### 単純統計法による岩屑なだれの災害評価

Benjamin Bernard<sup>1</sup>, Benjamin van Wyk de Vries<sup>1</sup>

1. Laboratoire Magmas et Volcans, CNRS /France

e-mail:b.bernard@opgc.univ-bpclermont.fr

17 世紀以来、火山の山体崩壊 (SC) および岩屑なだれ (DA) により、直接的、間接的に世界中で約 2 万人が死亡している。我々は、数少ない火山の基底上の高さ、平均火山体勾配、および周囲の地形等のデータに基づく単純モデルを用いて、ほとんど研究されていない火山について、DA 災害の頻度および影響地域の簡易推定法を提唱する。我々は文献データを解析して、その結果を事例研究に応用した。

SC の平均的再来期間は、火山の構造と明らかに関係があり、それは火山の形状に表れる。我々は、高勾配の火山 ( $>30^\circ$ )、馬蹄形カルデラをもつ、または明らかな地形学的境界線上に立つ山体は、数百年から 2, 3 千年ごとに山体崩壊を起こす可能性があるかと判断した。これとは対照的に、低勾配の火山 ( $<20^\circ$ ) または平坦な基層上に立つ山体は数千年から 2, 3 万年ごとに SC を起こす可能性が高い。

SC の当初体積 ( $V_i$ ) は、当該火山の基底上の高さ ( $H_c$ ) と相関関係があり、 $V_i$  は堆積物体積 ( $V_d$ ) の約 80% であるため、 $H_c/V_d^{1/3} \sim 1.3$  であることを我々は見出した。表面の DA (A) は  $V_d$  および周囲の地形と関連している。ほとんど平坦な、開いた地形については、 $A/V_d^{2/3}$  の比率は 60 であり、閉塞地形の 20 から周囲が急傾斜の地形 ( $>5\%$ ) の 200 にまでわたっている。 $V_d$  から、 $L/H$  比 (岩屑なだれ到達距離/落下高さ) を推定することも可能である。 $V_d < 1 \text{ km}^3$  では  $L/H < 7.5$ 、また、 $V_d > 10 \text{ km}^3$  では  $L/H > 15$  である。 $H_c$  とおおよその地形を知ることにより、中程度の大きさの SC によって影響を受ける地表を推定することができる。

この基礎的モデルは単純に大きな地域に応用することができ、

マグマ放出率、火山履歴、テクトニック環境といった追加的情報によって改善することができる。これはより強力な災害評価のための有用な第一歩と枠組みを提供する。

## 21b-P-08

### 9 世紀に東西日本境界付近で連動した噴火と地震

津久井 雅志<sup>1</sup>, 中野 俊<sup>2</sup>, 齋藤 公一<sup>3</sup>

1. 千葉大学理学研究科/日本

2. 産総研・地質情報研究部門/日本

3. 千葉大学自然科学研究科

e-mail:tsukui@faculty.chiba-u.jp

日本には 1500 年におよぶ文書記録が残されており、歴史時代の噴火・地震を解明するのに大きく役立っている。著者らは地質調査のほかに遺跡の発掘の調査記録や文字史料を加えて噴火・地震履歴の再検討を行なっている。

その結果、9 世紀 (平安時代前期) には富士山、伊豆大島、三宅島、新島で複数回大きな噴火があったほか、神津島、新潟焼山、鳥海山でも噴火があった。八ヶ岳では岩なだれに続いて洪水が千曲川を流下した。また、糸魚川静岡構造線活断層系 (西暦 841 ないし 762 年)、長野断層系 (887 年)、越後平野 (863 年)、庄内平野 (850 年)、秋田付近 (830 年) と南海トラフ (887 年) で M7~M8 の地震活動があった可能性が高いことを資料から確認した。

これらは東日本と西日本の境界 800km 以上に沿って連動した噴火と地震活動とみられ、アムールプレート東縁沿い (日本海東縁—信濃川—糸魚川静岡構造線—南海トラフ) および富士山・伊豆弧諸火山における東西圧縮の表現であると解釈できる。20 世紀半ば以降の噴火地震発生状況は、9 世紀の推移と類似していることが指摘できる。

## 21b-P-09

### 地質学および岩石学的手法による長期噴火予測: 樽前山および北海道駒ヶ岳の例

中川 光弘<sup>1</sup>, 古川 竜太<sup>2</sup>, 高橋 良<sup>3</sup>

1. 北海道大学理学研究院地球惑星システム科学分野/日本

2. 産総研/日本

3. 北海道立地質研究所/日本

e-mail:mnakagawa@mail.sci.hokudai.ac.jp

詳細な噴火履歴とマグマ供給系の時間変遷から、南西北海道の樽前山および北海道駒ヶ岳の長期噴火予測を議論した。これらの火山は 17 世紀から噴火を繰り返している。地質学的調査により、長期にわたる噴火年代と累積噴出物量の関係を示した階段図を作成した。その結果、これらの火山では噴火活動期と休止期を繰り返しており、最初に大噴火があり、その後には中小噴火が散発する噴火活動期が数百年間続き、その後には数千年間の休止期がある。更にそれぞれの活

動期の噴出物量には上限があるらしい。このことからそれぞれの火山ではマグマ供給率はほぼ一定で、休止期の間にマグマが蓄積し、それを活動期で放出しているであろう。階段図からは、両火山とも既に十分な量のマグマを放出していると考えられる。次に岩石学的手法によりマグマ供給系の構造と、その時間変遷を検討した。最初の大噴火では大量のフェルシックマグマにマフィックマグマの貫入が起こり、その結果、成層マグマ溜りが形成されている。その後の中小噴火はその成層マグマ溜りからもたらされている。これらの噴火の間に、主要なマグマであるフェルシックマグマは樽前山では枯渇し、駒ヶ岳では冷却して 50%ほどの結晶を含むようになっている。これらの情報から、両火山の現状はともに噴火活動期の末期であると判断できる。両火山では本格的マグマに近い将来に起こる可能性は低く、まもなく休止期に入ると予測できる。

## 21b-P-10

### 火山噴火に伴う津波と津波堆積物

西村 裕一<sup>1</sup>

1. 北海道大学地震火山研究観測センター／日本

e-mail: yns@mail.sci.hokudai.ac.jp

2004 年スマトラ沖地震津波でも明らかのように、津波は大きな災害を引き起こす。繰り返し間隔が長い津波のリスクを正しく評価するためには、過去に起きた津波の発生時期や遡上過程を調べるしかなく、その最も重要な情報源として津波堆積物がある。雲仙眉山の崩壊に伴う津波を含め、津波が火山噴火に伴って発生した例も少なくない。火山性津波の事例は、これまでに 42 の火山で計 63 例が報告されている。この 63 の火山性津波事例のうち、物的証拠である津波堆積物が調べられていたのは 8 例しかない。それらは、マナグア火山(ニカラグア)の噴火(3000-6000 B.P.)、サントリーニ火山(ギリシャ)の噴火(3500 B.P.)、アニアクチュク火山(アラスカ)の噴火(3500 B.P.)、北海道駒ヶ岳の噴火(1640 年)、クラカトア火山(インドネシア)の噴火(1883 年)、ブルカン火山(ラバウル、パプアニューギニア)の噴火(1994 年)、カリムスキー火山(カムチャッカ)の噴火(1996 年)、タブルブル火山(ラバウル)の噴火(2006 年)である。津波堆積物は、火山近傍では地震による津波の堆積物と異なり、砂浜の構成物と海岸や海域に降下した軽石や火山灰とが混合した Pumiceous sand から成ることがある。Pumiceous sand 層は、津波が陸上を遡上する過程で堆積したもので、層厚や構成物の水平および鉛直分布が特徴的な堆積物である。また、この特徴は直後に降り積もった火山灰や軽石に覆われてよく保存されていることが多い。テフラと津波堆積物の層序を調べることで、複雑な噴火過程のどの段階で津波が発生したのかわかる。上の 8 例には、津波が噴火の初期、最中、最終期のそれぞれで発生したケースが含まれている。火山噴火による津波堆積物は、このように豊富な情報を含む堆積物であり、過去の火山性津波事例を理解し、将来の危険性を把握する上で有用である。

## 21b-P-11

### 噴気の分析から推定するマグマ性ガスの CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O 比と台湾大屯火山における意味合い

大場 武<sup>1</sup>, 澤 毅<sup>1</sup>, 平 徳泰<sup>1</sup>, 楊 燦堯<sup>2</sup>, 李 曉芬<sup>2</sup>, 藍 徳芳<sup>2</sup>, 大和田 道子<sup>3</sup>, 森川 徳敏<sup>3</sup>, 風早 康平<sup>3</sup>

1. 東京工業大学火山流体研究センター／日本

2. 国立台湾大学理学部地球科学科／台湾

3. 産業技術総合研究所地質情報研究部門深部流体RG／日本

e-mail: ohba@ksvo.titech.ac.jp

歴史噴火のない火山の噴火予測は火山災害防止の視点から重要である。H<sub>2</sub>O と CO<sub>2</sub> はマグマに溶存する主要な揮発性成分であり、その濃度は、マグマ噴火のポテンシャルと関係する。CO<sub>2</sub> は H<sub>2</sub>O に比較してマグマに対する溶解度が小さく、そのために、マグマが脱ガスする際に、H<sub>2</sub>O に比較して、マグマから相対的に早く失われる。よって、マグマから発散するガスの CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O 比は、マグマ噴火のポテンシャルと関係していると期待できる。マグマ性ガスの CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O が高いことは、マグマが脱ガスの初期段階であるか、あるいはマグマチャンバーがより深部のマグマソースから CO<sub>2</sub> に富んだマグマの供給を継続的に受けていることを意味する。本研究では、噴気の H<sub>2</sub>O の δ<sup>18</sup>O と <sup>36</sup>Ar/H<sub>2</sub>O 比の相関と、δ<sup>18</sup>O と CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O 比の相関を比較することにより、マグマから発散するガスの CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O 比を推定する。この手法を台湾大屯火山に適用したところ、CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O 比は 0.03 で、日本の草津白根山、箱根山で推定された 0.006 に比べて高く、大屯火山のマグマが CO<sub>2</sub> に富む、と示唆された。

## 21b-P-12

### 台湾の首都台北近くの大屯火山群における最も最近の噴火: 台北堆積盆地における本質火山灰層からの推定

Chang-Hwa Chen<sup>1</sup>, Chao-Chung Lin<sup>2</sup>

1. Inst. Earth Sciences, Academia Sinica / Taiwan

2. Central Geol. Sur., MOEA / Taiwan

e-mail: china@earth.sinica.edu.tw

首都台北では 250 万人以上の人々が台湾北部の大屯火山群(TVG)とともに生活している。さらに、このうち 5 分の 1 が TVG 丘陵のふもとに住んでいる。TVG が活動を再開すれば、火砕流および/または火山泥流(ラハール)が山腹を流れ下る可能性がある。これらの人口密度の高い地域においては、人命に対するばかりでなく地域経済に対する重大な災害が起こるに違いない。効果的かつ信頼できる火山災害軽減策が絶対的に必要である。しかし、火山は非常に複雑なシステムであり、災害軽減は、信頼できるデータベースに基づいた数多くの技術の応用によらなければ達成できない。TVG の最も最近の噴火をいかに理解するかは、将来の噴火活動予知のために非常に重要なヒントとなる。TVG 地域における年間 5,000mm 以上の大雨は、表面の大規模な侵食と風化作用をも

たらず可能性がある。これにより、当初の噴火記録の保存が不完全になった。台湾経済省の地質調査センターは、過去 10 年間に台北盆地の地表下の地質調査を行なうために、20 以上の坑井ボーリングを行った。これらの連続したコアのサンプルは、過去 10 万年間に同盆地において火山灰が堆積したかどうかを調査するための最良の材料となった。上記の目的のために、クアントゥ(Kuantu)坑井(KT-1)と士林(Shihlin)坑井(SL-1)のコアトップから 20 cm ほどの標本が採取された。合計して 350 以上の標本が試験された。まず、後期更新世の松山(Sunshan)の形成において、化学組成と軽石の形態が全く同一の本質火山灰が SL-1 および KT-1 のコアでそれぞれ明らかにされた。コア標本の放射性炭素(C-14)年代測定によれば、この両方のコアにおけるテフラ層の年代はおおよそ 1 万 8600 C-14 年前であると推定された。噴火イベントのこの新しい調査結果は、おおよそ 20 万年とされていた以前の理解よりもずっと若い。コアで発見されたこの降下火山灰堆積物は、過去 2 万年の間に TVG において火山活動の再発があったことを直接的に示すものであった。この新たな発見は、台湾の北東沖における海底噴火の 3 つの歴史的記録と良く一致している。そこで、我々は、メトロポリタン台北周辺および台湾北部における火山災害軽減プログラムの検討を強く推奨するものである。

## 21b-P-13

### 台湾北部の大屯火山群における長期的地震監視

Konstantinos I Konstantinou<sup>1</sup>, Cheng-Horng Lin<sup>2</sup>

1. Institute of Geophysics, National Central University /Taiwan
  2. Institute of Earth Sciences, Academia Sinica /Taiwan
- e-mail:kkonst@ncu.edu.tw

大屯火山群(TVG)は、台湾の北端にあり、首都台北、および 2 つの原子力発電所近くに位置している。有史以来活動の記録がないため、活火山ではないとして分類されてきたが、より最近の研究では TVG が過去 2 万年の間に活動を起こした可能性があると考えられている。2003 年 5 月、TVG 地域における地震監視プロジェクトが、3 成分から成る 8 箇所の地震観測点を設置することによって始まった。この観測点のうちいくつかは短期センサーおよび広帯域センサーの両方を備えている。3 年間の観察期間中、この地の地震活動は主に、主としてローカルマグニチュード 2 未満の、単発的地震、または間欠的バーストという形をとる群発地震のいずれかとして発生した高周波地震から成っていた。混合周波の地震も、まれにはあったが、同時期に表れた。長尾地震および単色型微動という形態での低周波地震が多く、ステーションで記録され、それらの減衰特性を分析した後、これらは火山灰を含んだガスで満たされた割れ目の振動を表していると結論付けられた。さらに、広帯域センサーによって傾斜変動が記録されたが、これはおそらく七星山(TVG 地域の最高峰)の変形を示していると思われる。異常な地震活動は、マグニチュード(ML)3.5 の地震が発生し、次いで多くの余震が起こった 2006 年 4 月 24 日にも記録された。現在、地球物理学的、測地学的、地球化学

的を組み合わせた長期的監視が行なわれており、TVG におけるマグマシステムの状態のさらに徹底的な評価が可能になることが期待される。

## 21b-P-14

### 西ジャワのチェルマイ火山周辺の高人口密度地域における、将来の災害としての水蒸気-マグマ噴火

Rudy Dalimin<sup>1</sup>, E. K. Abdurachman<sup>1</sup>

1. Centre for Volcanology and Geological Hazard Mitigation /Indonesia
- e-mail:rudal@vsi.esdm.go.id

チェルマイ(Ceremai)火山(海拔 3,078 m)はこの地域で最も近い大きな市であるチルボン(Cirebon)の南西約 25 km に位置する。これはインドネシアの西ジャワにおける A 型の成層活火山である。この火山は、高人口密度の 3 つの主要な町、すなわち、クニンガン、チルボン、およびマジャレンカに周囲を囲まれ、その山腹の周りには何百という村落がある。20 世紀における最も最近の活動で水蒸気噴火と言われている火山活動は 1938 年に起こった。

それ以前の噴出物は、中央クレーターおよび山腹の噴火口の両方から生じたマグマおよび水蒸気-マグマ性噴火によるものである。中央クレーターは、二次的プロセスとして、火砕流、降下火砕物および噴石、溶岩流およびラハール(火山泥流)を生じているが、一方、山腹の噴火口は、溶岩流、火砕丘(タフリング)およびマールを生じている。

山腹の噴火口のほとんどは溶岩流を生じているが、さらに離れたより穏やかで平坦な平原地域では、噴火は火砕丘に伴うマールを形成する傾向がある。証拠として、火砕丘に伴うこの種のマールは、19 世紀に、チルボンの約 7.5 km 南にあるセトゥパトック(Setu Patok)と呼ばれる人口密度の高い地域で出来た。

おそらくこの地域の地質構造が、最も近い活火山であるチェルマイ周辺に火砕丘かタフリング、溶岩流およびマールを作るいくつかの山腹噴火を引き起こす最大の原因となっている。

この地域を通るバリビス(Baribis)断層の活性化がチェルマイ火山の噴火の引き金を引き、将来、現在非常に人口密度の高いいくつかの近隣町村において側火山、マール、タフリングの形成をもたらす可能性がある。

## 21b-P-15

### バヌアツの継続的にガスを放出し続ける火山における火山ガスおよび火山灰放出による地元住民の曝露リスク

Steven G Clegg<sup>1</sup>, Jim M Harrison<sup>2</sup>, Esline Garaebiti<sup>2</sup>, Kelby E. Hicks<sup>3</sup>, Alan A. Monek<sup>4</sup>, Anna J. Coulbeck<sup>4</sup>

1. American Military University /USA
2. Vanuatu Dept. Geology Mines Water Resources /Vanuatu

3. University College London/ U.K.
  4. Volcan, Inc. /U.S.A.
  5. University of Hawaii at Manoa /U.S.A.
- e-mail: steven.clegg@volcan.org

2005 年以来、アンブリム火山およびヤスル火山(バヌアツ)における火山性二酸化硫黄の広範な測定が、ミニチュア紫外線相関分光計「FLYSPEC」を使用して行われている。こういった測定は、バヌアツにある継続してガスを放出し続ける多数の火山の、現地住民に対する曝露リスクに対する理解をさらに深めるために用いられている。火山性  $\text{SO}_2$  の放出データは、気象および地理的データに加えて、分析され、地理情報システム(GIS)において火山ガスおよび火山灰ハザードマップとしてまとめられている。これらの分析は、バヌアツ地質・鉱山・水資源省(DGMWR)が火山災害軽減計画において使用するためのツール開発の一部である。

## 21b-P-16

水蒸気プリニー活動、中央メキシコのホコティラン火山における、以前には認識されていなかった活動

Sergio Salinas<sup>1</sup>, Claus Siebe<sup>1</sup>

1. Departamento de Vulcanologia, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México /México
- e-mail: serchsal@yahoo.com.mx

メキシコ横断火山帯の中央部に位置するホコティラン成層火山は、北部のトルカ谷の湖成堆積物平原にまで達する降下軽石およびそれに挟まる火砕流に加え、主として一連の溶岩流および溶岩ドームで構成されている。ホコティランにおける以前の諸研究では、9690±85 年前(Siebe 他, 1992)に遡る岩屑なだれ堆積物の存在が明らかになっている。地元住民はいまだにこの火山は活火山ではないと考えているが、最後の小規模噴火はたった 680±90 年前に起こっている。したがって、この火山は休火山でありあるが、現在は休息期にあると考えるべきである。このようなタイプの火山は、活動を再開すると、とくに危険が大きい。このような理由から、この火山の層序学的研究が再開された。我々の調査は、頂上から南西、北西、北東におよそ 5 km で最も良く露出した、後期更新世(放射性炭素年代測定の結果はまだ出ていない)の最高 7 m 厚さの水蒸気プリニー式噴火のシーケンスに焦点が当てられた。ここでは、高温および低温の火砕サージ堆積物がプリニー式降下軽石に挟まれている。これらの堆積物分布を示した地質図、および詳細な層序学的特徴づけ、およびその解釈が紹介される予定である。人口密度の高い地域でのこのような高マグニチュードの噴火の再発は壊滅的な影響を与える可能性がある。高温の火砕サージは、この火山のすぐ周囲にあるアトラコムルコ、ホコティラン、アクジラパンなどの町々の 133,000 人以上の住民に直接的な影響を与える可能性がある。さらに遠くの場合でも、風向きによっては、メキシコシティ(距離 80 km)やトルカ(距離 45 km)といった、さらに大きな市にも降灰をもたらす可能性があり、そうなれば重要なインフラ

ストラクチャや何百万という住民に影響を与えるであろう。潜在的災害軽減のための最初のステップでは、その多くがホコティランを火山と認識せず、単に「山」ととらえている地元住民の認識を高めるべきである。次のステップにはハザードマップの作成を含むべきである。

## 21b-P-17

メキシコ、コリマ火山における 1913 年のプリニー式噴火

Ricardo Saucedo<sup>1</sup>, Juan C. Gavilanes<sup>2</sup>, Jose L. Macias<sup>3</sup>, Jose L. Arce<sup>3</sup>, Jean C. Komorouski<sup>4</sup>

1. Inst. de Geología Universidad Autónoma de San Luis Potosí /Mexico
  2. Universidad de Colima /Mexico
  3. Universidad Nacional Autónoma de México /Mexico
  4. Institute de Physique du Globe de Paris /France
- e-mail: rgriron@uaslp.mx

コリマ火山は、メキシコ横断火山帯(MVB)の西側部分に位置する。南北に連なるコリマ火山群(CVC)で最も若い活火山である。コリマ火山の最も最近の噴火は 1913 年 1 月 20 日に起こり、プリニー式噴煙柱を生じた。1913 年の堆積物について行われた新しい研究は、この噴火が南南西の溪谷に向かってメラビ型火砕流(到達距離 4 km)を発生させた火山噴火で始まったことを示している。噴火は、スープリエール型火砕流(到達距離 9.5 km)を発生させた、より頻繁な爆発を伴って続いた。噴火の最盛期には、何回かの火砕流(火山灰、軽石、スコリア)およびそれに伴う火砕サージが発生した。火砕流は火山周辺の 13-15 km にまで達した。この段階では高さ 25 km のプリニー式噴煙柱が立ち、数時間継続した。火山物質は北東方向に 720 km 以上運ばれ、165,000 km<sup>2</sup>の面積を覆った。1913 年の噴火の体積は約 1.9 km<sup>3</sup> (0.7 km<sup>3</sup> DRE)であると見直された。コリマ火山の将来の噴火は、同火山の半径 30 km 以内にある牧場、市町村に住む 25 万人以上の人々を危険にさらすことになるであろう。

## 21b-P-18

イタリアのカンピ・フレグレイにおける短期および長期噴火予測のためのベイジアン・イベントツリー(Bayesian Event Tree)(BET\_EF)

J Jacopo Selva<sup>1</sup>, Warner Marzocchi<sup>1</sup>, Giovanni Orsi<sup>2</sup>, Mauro di Vito<sup>2</sup>, Laura Sandri<sup>1</sup>, Michaela Quaglini<sup>2</sup>, Antonio Costa<sup>2</sup>

1. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Bologna /Italy
  2. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Vesuviano, Napoli /Italy
- e-mail: selva@bo.ingv.it

我々は、カンピ・フレグレイ・カルデラにおける、短期的・長期的噴火予測のためのベイズ・イベントツリー法(BET\_EF)の導入を紹介する。この分析は、イタリア防災局(Italian Civil Protection)が資金提供する、DPC\_V3.2 カンピ・フレグレイ・プロジェクトの枠組みの中で行なわれている。過去のデータ、物理学および火山学的モデル、専門家の意見および観測情報を統合して一つのツールの入力情報とし、我々が関心をもつ可能性のあるすべての起こりうるイベントの短期的(火山危機管理に有用)および長期的(土地利用計画に有用)な確率を推定する。このコードはまた、偶然的不確実性と認識論的不確実性の両方を明示的に評価する。とくに、我々は、起こりうるさまざまな規模の噴火および噴火口の場所を明らかにして、カンピ・フレグレイにおける降灰による長期的火山災害評価を提示し、考えられる噴火のさまざまな規模と噴火口の位置、および観測方法と当該火山の状態により、時の経過にともなってこの推定がどのように変化するかを説明する。

## 21b-P-19

### インドネシアのスンダ弧にあるジャワ島およびその周辺における第四紀カルデラ

Lucas Donny SETIJADJI<sup>1</sup>, Koichiro WATANABE<sup>1</sup>

1. Dept. Earth Resources Eng. Kyushu Univ. /Japan,  
e-mail:lucas@mine.kyushu-u.ac.jp

人口密度の高いインドネシアのジャワ島にとって、火山災害は大きな脅威である。この地にある50の第四紀の火山の中で、いくつかの火山は人類の歴史の中で最も致命的な火山災害を引き起こしたとして知られている。カルデラを形成するようなスーパー噴火は最も破壊的なもので、したがって、カルデラの研究は長期的な火山災害軽減に重要な貢献をする。我々の研究では、いくつかの完新世のカルデラが存在することを提示する。すなわち、クラカタウ、サンドシー、ングベル(Ngebel)湖、ラウング(Raung)およびカワ・イジェン(Kawah Ijen)の各カルデラ、および、おそらくは西ジャワ沖のパナイタン・カルデラである。更新世のカルデラも存在する。すなわち、ダナウ、スンダ、パンカラン(Pangkalan)、ゲゲルハラン(Geger Halang)、ディエング(Dieng)、ングディサリ(Ngadisari)、テンゲル(Tengger)および イジェン(Ijen) カルデラである。カルデラ形成噴火はジャワ火山弧の全ての部分で発生している。ただし、地殻の組成は、西部における大陸性から東部の海洋性までさまざまである。クラカタウおよびパナイタンは例外的に活動的な地殻伸長域内にあるが、その他のカルデラは地域の圧縮構造の中にある。ディエング(Dieng)カルデラは、第三紀以来の火山弧の背弧方向への移動傾向から第四紀の海溝方向への移動に移行する期間の最中に形成された。カルデラの初生マグマは、原始的な玄武岩よりも進化した組成を示しており、珪酸成分を最高72%(通常の火山ではSiO<sub>2</sub>はわずか63%)まで上昇させる結晶分化作用を経る。東ジャワのングベル(Ngebel)湖および テンゲル(Tengger)カルデラは、その珪長質マグマ源としてマントルよりもむしろ玄武岩親マグマを表している可能性のある高いSr/Y比を有している。第四紀の

カルデラは低い<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr値を示しているが、これは地殻の影響が大きいことを示唆している。クラカタウ、ディエング(Dieng)、テンゲル(Tengger)および イジェン(Ijen)からの証拠は、ある火山でいったんスーパー噴火がおこれば、次のスーパー噴火が起こる可能性が高いことを示唆している。長期的火山災害軽減に対してのこれらの研究結果をどう解釈するかを論じる。

## 21b-P-20

### 巨大噴火の発生とそれに伴う災害

鎌田 桂子<sup>1</sup>

1. 神戸大学大学院理学研究科 / 日本  
e-mail:kamata@kobe-u.ac.jp

日本には第四紀のカルデラ火山が約30存在し、2割はその中に活火山がある。カルデラを形成する火山噴火は巨大噴火(石黒はその著作の中で破局的噴火と呼んだ)と呼ばれ、火山爆発指数6以上で、10<sup>6</sup>km<sup>3</sup>以上のマグマを噴出する噴火をさす。日本では1万年に1度くらいの割合でカルデラが形成されている。日本中に影響を与えるような噴火は、主に九州に発生源があるものが多い。7300年前に鹿児島島の南の海底で起きた噴火は、プリニー式噴煙柱を噴き上げ、その後、幸屋火砕流と呼ばれる大規模火砕流が発生した。その火砕流は海を渡り、九州本土まで流れ込み、当時南九州一帯に栄えていた縄文式土器時代の人々の暮らしを一掃した。大規模火砕流は文明をも滅ぼす程の大災害である。同様の噴火は2.8万年前に北部鹿児島湾の始良カルデラ形成による噴火や中部九州阿蘇カルデラでも発生し、上空高く舞い上がった火山灰は日本列島を縦断し、ほぼ全域を覆った。大規模な噴火に伴って放出された火山ガスは全地球規模の異常気象をもたらした。対流圏や地表の温度低下を招く。巨大噴火は噴出物が到達する地域のみならず、全地球的な規模での影響をもたらす噴火である。

## 21b-P-21

### 始良火砕物中の揮発性物質の起源:なぜ、如何にして破局的噴火は起こったか?

沢田 順弘<sup>1</sup>, 松田 優子<sup>2</sup>, 三瓶 良和<sup>1</sup>, 瀬戸 浩二<sup>3</sup>, 今泉 光智哲<sup>1</sup>, 小林 哲夫<sup>4</sup>

1. 島根大学総合理工学部/日本  
2. 豊北高校/日本  
3. 島根大学汽水域研究センター/日本  
4. 鹿児島大学理学部/日本  
e-mail:sawada@riko.shimane-u.ac.jp

火砕物斑晶中の固体包有物としてはガラス、F 燐灰石、S-Fe 物、炭質物(一部で高濃度のBを含む)、コランダムが存在。斑晶のδ<sup>13</sup>C値は-24~-31‰。これらの諸特徴は海成の堆

積物を特徴づけるものであり、マグマには基盤の四十帯堆積岩の関与が著しいと推定。四十帯泥質岩について接触変成度と C, N, S 濃度変化を予察的に調べると次のような傾向が認められる(三瓶ほか, 2004; 田中, 2005 も参考)。低変成度から堇青石ホルンフェルスにかけて、C 濃度はあまり変化しない(平均値 0.55 から 0.50wt%) が、S は 0.48wt% から 0.17wt% へと減少。堇青石ホルンフェルスからミグマタイトにかけて、C 濃度は 0.55 から 0.10wt% へ、S は 0.17wt% から 0.02wt% へといずれも激減。

大限降下軽石斑晶のガラス包有物中の F と SO<sub>3</sub> 含有量は、層位的に下位では最大濃度はそれぞれ 0.10wt%, 0.04wt%, 中位では 0.16wt%, 0.04wt% だが、上位では 0.22wt%, 0.20wt% と高濃度である。上位の斑晶中のガラス包有物の F と S 量は高濃度であるにもかかわらず、発泡しているものが卓越する。

揮発性物質は堆積岩からマグマへ供給され、蓄積されているが、その濃度がマグマ溜まり下部においても飽和溶解度を超え、最終的に突沸を起こしたために破局的噴火が起こった可能性が高い。

## 21b-P-22

### 中国における火山の活動状況および分類に関する予備的調査

Hanjing Hong<sup>1</sup>, Hui Liu<sup>1</sup>

1. Institute of Geology, China Earthquake Administration /China  
e-mail: honghj052@163.com

本論文では、活火山の諸例に基づいて、さまざまなステージにおける火山の活動状況を要約し、考えられる機構について論じる。マグマ供給から噴火までの活火山の物理的状態は、3 つの相(段階)に分けることができる。すなわち、マグマ供給、火道形成、および不安定化と噴火である。

中国における火山の脅威は 7 つのレベルに分けることができる。すなわち、安全、注意、待機、警告、脅威、災害、災害である。従って、この論文では、活動状態、推測される主要な機構とその基礎的物理が論じられる。

危険レベルの火山に基づき、中国大陸における火山活動は 4 種類に分類することができる。すなわち、(1) 活動期にあるもの。活動プロセスにある長白山(Changbaishan)火山など。(2) 潜在的活動段階にあるという証拠のあるもの。騰冲(Tengchong)火山など。噴火の潜在的脅威はあるが、休止段階の後期にとどまっている。(3) 噴火の潜在可能性がある程度あるもの。五大連池(Wudalianchi)、鏡泊湖(Jingpohu)、海口(Haikou)火山など。地球物理学的、地球化学的兆候が静穏期レベルにある。(4) 現在まで状況が明らかでないもの。阿尔山(Aer Shan)、二克山(ErKe Shan)、小古里河(Xiaogulihe)、烏蘭哈達(Wulanhada)、科洛(Keluo)、吐魯番(Turpan)、西天山(West Tianshan)、阿什(Ashi)、および可可西里(Kekexili)。

## 21b-P-23

### メキシコ火山帯の活動中の陥没カルデラで起こりうる火山ハザードについて

Gerardo J. Aguirre-Diaz<sup>1</sup>

1. Centro de Geociencias, UNAM /Mexico

e-mail: ger@geociencias.unam.mx

メキシコ火山帯(MVB)で報告されている複数の陥没カルデラは、形成された時代が後期中新世(およそ 7 Ma)から第四紀(およそ 0.1 Ma)まで、大きさも最大が 30 km、最小が 5 km 未満と、ばらつきが見られる。大型(10 km~30 km)のものは、巨大な火砕流発生が関係する陥没などによって生じ、半円形であるのに対して、最も小型なもの(5 km 未満)は、小さな火砕流を噴出した成層火山の噴火と山体崩壊にともない山頂部に出来た。文献から、大型(直径 10 km 超)の陥没カルデラは活動期間が 1 Ma ほどであるとするのが一般的な見方となっている。例えば、イエローストーンのカルデラは、陥没を引き起こす最後の噴火があったのが 600 Ka 前後であるが、いまだに火山活動が続き、深刻な火山リスクをもたらしていると考えられる。したがって、メキシコ火山帯にある、第四紀のカルデラ 3 ヶ所は、その陥没と、引き金となった火砕流の噴出が 500 Ka 以内であることから、現在もまだ活動が続いているとみなす必要がある。3 ヶ所とは、100 Ka のターラ凝灰岩のあるラ・プリマベラ、大きな火砕流堆積物の報告はないが、300 Ka~140 Ka の溶岩ドームが関連する火砕流と関わりのあるロス・アスフレと、460 Ka のシャルティパン凝灰岩ならびに 100 Ka のサラゴサ凝灰岩があり、入れ子構造の複合カルデラのロス・ウメロス - エル・ポトレロである。ラ・プリマベラ・カルデラは、最後の溶岩ドーム活動からわずか 30 Ka しか経っていない。ロス・アスフレもやはり火山砕屑物を最後に噴出したのは 30 Ka で、複合カルデラのロス・ウメロス - エル・ポトレロに至っては最後の活動が 20 Ka である。これらカルデラの中心部はいずれも人口密集地に近接しているか、その中にあり、とりわけラ・プリマベラは、300 万人ほどの人口を抱えるグアダハラ市の隣に位置する。これらのカルデラは、現在までのところ火山活動の兆候を示していないとはいえ、実際に地熱発電所として活用されるか、あるいはそれが可能なほど活発な噴気活動と高熱流量が見られることから、長期的に火山災害を引き起こす可能性があると考えなければならない。

## 21b-P-24

### 都市化と火山災害: メキシコ、グアダハラ市の事例

Roberto Hernandez<sup>1</sup>, German Ramirez<sup>2</sup>, Camilo Yanez<sup>1</sup>, Saul Venegas<sup>2</sup>

1. Instituto Politecnico Nacional, ESIA-Ticomán, Ciencias de la Tierra / Mexico

2. Com. Fed. de Elect., Gerencia de Proy. Geotermoelectricos / Mexico

e-mail: rohezu@gmail.com

グアダラハラは、産業、経済、文化、観光の諸活動が活発な、メキシコで2番目に大きい、重要な市である。海拔1567メートルのアテマハック谷にあるグアダラハラ・メトロポリタン地区は、人口400万人、面積1,412 km<sup>2</sup>をもつ。同市に近接して、更新世のラ・プリマベラ・カルデラ群がある。このカルデラ群は、直径11-13 kmで、このカルデラのますます近くに住むようになっている人々への地質災害源となっている。メキシコ横断火山帯 (TMVB)の西部に位置し、主に地熱発電の目的で広範に研究されてきた。火山およびマグマの進化、地表下構造およびその下のマグマ溜りの理解のために、このカルデラの広範な地学的、地球化学的、地球物理学的研究が行われている。

海拔1,550から2,200 mの環状分布したコメンダイト溶岩ドーム、安山岩、石質凝灰岩、および流紋岩で構成される第三紀の火山シーケンスを薄く覆う湖成堆積物と河成堆積物が間に入った非溶結および溶結した火砕流堆積物で構成される。基盤はおそらく中新世のカウ関緑岩の貫入体である。グアダラハラ市は、火山砕屑物と、いくらかの緩やかな丘のある平原をもつ火山平原上にある。

火山活動の再発の可能性は遠い先のことではなく、住民や産業・経済活動への影響は壊滅的であろう。この理由から、カルデラの火山活動と地震の観測、およびこの地域に現在住んでいる住民への適切な情報提供が必要である。連邦電力委員会が火山学的研究を行っており、地震の連続観測を行なって火山噴火のハザードマップ作成、および地方自治体によるこの地域の管理を行っている。

## 21b-P-25

### コロンビア南東部における未知のアルカリ火山現象の拡大

Carlos A. Borrero<sup>1</sup>, Hardany Castillo<sup>1</sup>, Cesar Ossa<sup>1</sup>

1. Department of Geological Sciences, Caldas University, Manizales, Colombia, S.A.

e-mail:borrero\_c@yahoo.com

北部アンデス火山帯(NVZ)では最近、コロンビアとエクアドルの一部にわたる、北緯2°から南緯1°の、主弧の東に位置する、広範囲のアルカリ背弧が形成された。コロンビア南部では、ウイラ県およびブトゥマヨ県北西部にあるアッパー・マグダレナ谷において新第三紀の火山噴出物が露出し、溶岩流および火砕流堆積物、ならびに2つの小さな複合火山に関連する、単成火砕丘およびリングを特徴とする。この火山活動はおそらく、800万年前に始まった、マルペロ平断層とあいまった、カーネギー・リッジのコロンビア海溝との衝突の結果である(Borrero および Castillo, 2006)。この衝突により、沈み込んだナスカ・プレート中にスラブ・ウィンドウが形成されることになった(Borrero, 2006)。主コロンビア第三紀弧(北部火山帯)の東に位置するこの背弧の火成活動は、古い侵食された火山体と、とくにサンアグスティン町およびピタリト町周辺の良く保存された最近の火山体を有する約3,200 km<sup>2</sup>の地域を占めている。コロンビアのこの地域には、およそ30万人の住民と石油工業に影響を与えられると思われる、新たな火山噴出口の形成という

長期的リスクがある。この地域の火山活動は、主弧の大きな成層火山と比べて過小評価されているが、火山活動は依然として続いており、その良い例は、この火山現象が、13世紀から14世紀?にサンアグスティン地方周辺の異なったさまざまな集落で起こったアグスティン文化の完全な消滅の主要な要因として人類学者たちが提唱する「気候変動」と関連がある可能性があることである。この文化は火山噴出物を用いて造られた大型の石彫によって世界的に知られている。

2-2

## 22-O-01

### 雲仙普賢岳の平成噴火と火山災害対策

池谷 浩<sup>1</sup>

1. (財)砂防・地すべり技術センター

e-mail:ikeya@stc.or.jp

1990年に噴火した雲仙普賢岳の火山災害は長期間土石流や火砕流という火山現象を発生させ、44名の人命を奪い2511棟の住家を破壊した。これらの火山災害のさらなる拡大を防止し、安全で安心して生活できる地域を創出するため新たに開発した防災技術を駆使し、地域住民と行政、研究者が一体となって防災対策を実施した。特に避難のための火山災害予想区域図の作成と被害防止のための応急工事に始まった国や長崎県による火山砂防事業はその後多様な火山現象に対応できる対策であること、短期間にその効果が出現すること及び作業者の安全を確保することを念頭に実施された。その結果、長期間にわたる数多くの土石流や火砕流の発生による被害を最小限にとどめ、安全で安心して生活できる場が復元され地域の復興もなされた。その点では雲仙普賢岳の火山砂防事業は高く評価される場所である。火山災害で社会基盤が破壊される事例が近年世界各地で見られるようになってきている。これら火山災害の減災・防災対策の一つのモデルとして島原における火山災害対策、特に災害原因のほとんどを占める土砂の移動に伴う災害(土砂災害)対応を主に具体的な防災対策を紹介する。

## 22-O-02

### 火山灰被覆が侵食と土砂流出に及ぼす影響

下川 悦郎<sup>1</sup>

1. 鹿児島大学農学部/日本

e-mail:sabos@agri.kagoshima-u.ac.jp

火山の噴火は火山とその周辺域の水文・侵食環境を激変させる。このような火山噴火に伴って生じる水文・侵食現象については、有珠火山、桜島火山(日本)、セントヘレンズ火山(米国)、メラピ火山(インドネシア)、雲仙火山(日本)など多くの

火山で調査研究が行われてきた。それによると、土砂生産・流出は噴火に伴って激増するが、火山活動が終息すると時間とともに次第に減衰する。しかし、1972 以来活動を継続している桜島では長期にわたって山腹の侵食が進み、多量の土砂が生産され流出している。1991 年から 1995 年まで火砕流噴火を繰り返した雲仙火山では、山腹は火砕流起源の堆積物で厚く覆われ、流域の水文・侵食環境は激変した。これに伴って土石流が頻発し、流域の地形は大きく変化した。本論では、桜島火山や雲仙火山、メラピ火山を中心にして、火山噴火に伴って生じる水文・侵食環境の変化とそれに伴う土砂生産・流出過程の特徴について考察する。

## 22-O-03

### タカナ複合火山体から生じるタパチュラ(メキシコ・チアパス州)の火山泥流 および雨による洪水

Hugo F Murcia<sup>1</sup>, Jose Luis Macias<sup>1</sup>

1. Instituto de Geofisica, UNAM  
e-mail: macias@geofisica.unam.mx

タカナ複合火山体(TVC)は、メキシコとグアテマラの国境に位置し、周囲に、メキシコ側のタパチュラ市やグアテマラ側のタカナ市をはじめ多数の町がある。TVCは過去200,000年をかけて形成され、チチュフ(Chichuj)、タカナ、ラス・アルディージャスおよびサンアントニオの4座の火山からなる。タカナ火山とサンアントニオ火山は、この40,000年の間に何度か爆発的噴火を起こしている。これらの噴火から生じた火山砕屑物のほとんどは、火山体の西側にあるコアタン(Coatan)川と東側にあるスチアテ(Suchiate)川の沿岸に運ばれ、堆積している。いずれの川も太平洋に注いでいた。コアタン(Coatan)川沿岸の火山砕屑性堆積物が、全長13kmの沖積扇状地を形成し、その上にタパチュラ市(住民180,000人)が作られた。2005年10月にハリケーン・スタンがもたらした記録的な豪雨によって何箇所かで地滑りが起きたことで、コアタン(Coatan)川の流送土砂量と侵食力がさらに増した。この洪水で、タパチュラ市では4本の橋、線路および10の近隣区域、2,000戸の家屋が損壊するなど、100,000人の住民が被害を受ける、過去最悪の天災に見舞われた。また洪水が沖積扇状地の一部を侵食したことで、その層序学的記録が明らかになり、過去25,000年の間に、少なくとも10層の火山砕屑性堆積層が形成されたことがわかった(C14法でも裏づけされている)。上層部は、過去680±45年BPの間に土砂流によって運ばれてきた、少なくとも10層の堆積物で構成されている。注目すべきは、これらのうち7層は、2005年を含め過去100年間に堆積された点である。目撃者の証言から明らかのように、2005年のスタンよりも規模の大きな洪水もあったが、コアタン(Coatan)川周辺の都市開発が30年前に開始されたタパチュラでは、以前の洪水では被害をまったく受けていない。

## 22-O-04

### マヨン火山(フィリピン)における最適な土石流対策および地すべり対策

Jerry A. Fano<sup>1</sup>

1. Department of Public Works and Highways - Flood Control and Sabo Engineering Center, Philippines  
e-mail: jerry\_fano@yahoo.com

環太平洋火山帯ならびにアジア太平洋台風常襲地帯(Asia-Pacific Typhoon Belt)にあるフィリピンは、雨季に大量の雨が降るため、非常に土砂災害を受けやすい上に、山岳地帯が国の大部分を占め、活火山22座を含む、220座もの火山があり、断層も数多く存在し地震も起こりやすい。交通の便や経済的な理由から、集落が山腹の不安定な斜面や、沖積扇状地、氾濫原、三角州などにあり、住民の命と財産が危険に晒されている。最近、大きな被害をもたらしたのは、2006年11月に台風「ドゥリアン」がフィリピン東部に上陸した時の、マヨン火山周辺で起きた土石流と地すべりで、財産が破壊され、1,000名近い住民の命が奪われた。

フィリピン政府は、災害対策に2方向のアプローチを採用し、構造物による対策と構造的によらない対策を策定して、国防省(Department of National Defense - DND)国軍災害委員会(Office of the Civil Defense - OCD)の傘下に国家災害対策会議(National Disaster Coordinating Council - NDCC)を設置することによって、災害に対する準備体制と対策プログラムの整備を図ってきた。

構造物による対策としては、堤防、護岸工事、貯水池、調整池、砂防施設、水路・運河の整備、護岸堤防、擁壁および放水路など、災害による影響への対策に用いられる最も従来型のアプローチであり、その効果が証明されている工学的対応の採用が挙げられる。洪水対策および土砂災害対策に対する総合的なアプローチとして、構造的によらない支援を適切に行うためには、効果的な予測システム、監視システムならびに警報システムの整備が欠かせない。災害対応チームを対象に人材育成ワークショップを実施するとともに、これらチームに緊急時の有効な対応に必要な設備・装置を提供することで、人命と財産の両方に対する脅威を著しく低減できる。水害や土砂災害の増加によって、政府は土石流および泥流の災害による影響を軽減する対策の緊急性と重要性を認識している。

## 22-O-05

### メラピ火山の災害対策:社会資本保全の戦略策定

Hariyono Utomo<sup>1</sup>, Tadahiro Kanno<sup>2</sup>, Tomoyuki Noro<sup>2</sup>, A. Lesto Prabhancana Kusumo<sup>3</sup>

1. Sabo Technical Centre, Ministry of Public Works /Indonesia  
2. JICA /Indonesia  
3. Balerante Main Observatory Post /Indonesia  
e-mail: yon\_2000@yahoo.com

現在のメラピ火山の活動は今までよりも長く、1 年以上も噴火を続けている。2006 年 6 月 8 日と 6 月 14 日から 15 日にかけて起きた規模の大きな噴火によって、ゲンドル川を中心とする火山周辺のインフラが被害を受けた。火山から 8 km 以内のメラピ南部区域を火山砕屑物が、そして、18 km 以内の区域を雨による火山泥流が襲った。水資源、公園およびその他の一部施設がメラピ火山活動による被害を受けている。メラピ南部における火山噴出物は 700 万立方メートルを越えると推算され、ゲンドル川に 300 万立方メートル、ウォロ(Woro)川に 200 万立方メートル、クラサク(Krasak)川とボヨン(Boyong)川に 150 万立方メートルが流れ込んだと推測される。いくつかの砂防ダムが容量をオーバーしており、今後、洪水の流速の問題がさらに増えることになる。砂防ダムならびに普通のダムの新設と河川の標準化など、ハザード、危険度および災害を軽減する対策が現在、進められている。災害警報地区の観測および分析によって、危険度とハザードの頻度と結果を予測することができる。衛星画像と気象衛星データは火砕流に伴う熱雲、火山灰、火山泥流の方向と被災地の予想に役立つ。また、現地観測と分析に基づいた壊滅の可能性から住民とインフラを守る主な対応策として、潜在的危険度、ハザードおよび災害のマップを作成する。マップ作成、観測および分析の結果は戦略の策定につながる。双方向の無線通信は、一般住民に状況を知らせる、重要な支援システムの 1 つである。この通信は、災害が起きた時の避難の調整を含む、対策と対応計画を知らせる早期警告システムの一部となる。すべての情報は、リスク軽減プログラムとして、政府、地域社会および一般住民に提供される。政府、地域社会および一般住民は、自らのインフラと財産を守るためのイニシアチブおよび戦略を作る。

## 22-O-06

### 2007 年 3 月 18 日のルアペフ火山泥流-ハザード評価およびリスク緩和のための 1995-2007 年からの教訓

Harry J Keys<sup>1</sup>

1. Department of Conservation, New Zealand

e-mail:hkeys@doc.govt.nz

火山灰堤の崩壊が原因の中程度に大きな火山泥流が、その誘因となった状況が最初に認識されてから 11 年 4 か月後に発生した。この期間は、非常事態管理者、その他の諸機関および政府がハザードやリスクについて学び、対策に向けた計画および準備を行い、さらに総合的な非常事態対応計画を実践する上で十分であった。科学的な理解が前進的かつ有意義に発展し、その期間の大半において、広範囲に渡る諸機関やメディアの早期関与が、度重なる会議と併せて奨励された。このことは知識の伝達や更新を促進し、機関相互の関係を発展させ、非常事態対応コミュニティ(など)の教育に役立ち、また困難で、時には物議を醸すこともある軽減策の選択の前に、軽減戦略を展開するための討論の場を提供した。

軽減策の選択に関する決定は、主として、頻繁に起こり大規模な場合もある、過去および将来の火山泥流の被災地となる低地における、一般市民の安全と長期的な有用性の最大

化を基本とした。こうした決定においては、政治的要素も大いにあったが、同時に国立公園や世界遺産の環境における選択肢の適合性、ならびに実用性も考慮した。火山泥流が発生するまでに時間はほとんど制限されていなかったため、決定は論理的手順を踏んで下し、また公式・非公式のリスク評価を利用した。音響センサーを基本とする最高技術の警報システムが、米国地質調査所出身の専門家の情報を利用して設置された。最悪のケースの火山泥流を予測するためのモデリングに従い、幹線道路やその他の脆弱なインフラストラクチャ、ならびに周辺の水系を保護するための砂防構造物が建設され、主要な道路橋は高架化および強化された。各対応機関は独自の非常事態対応計画を策定し、その計画は後に統合され、3 年ないし 4 年間に渡り実践された。計画実行の成功には、決意とあらかじめ計画された支援が必要であった。3 月 18 日の対応はスムーズに進んだ。

## 22-O-07

### 噴火後の河床上昇が社会資本に与える潜在的影響

Thomas C. Pierson<sup>1</sup>

1. Cascades Volcano Observatory, U.S. Geological Survey/USA

e-mail:tpierson@usgs.gov

火山山麓と周辺地域において噴火ならびに非噴火過程とともに、侵食されやすい大量の火砕物からなる土砂を堆積せしめる。火砕流や岩屑なだれ、火山泥流は、このような火山の流域源頭部に土砂をとくに効果的に集める。雨水や雪解け水によって流送される土砂量が、河川の輸送能力を超えると、それに対応して流路は広がり、河床が上昇し、流路変動を起こし、そして下流数十から数百 km にわたって周期的に地形を変える。このような影響は、下流域では噴火後数年間は見られないかもしれないが、何十年間もの間、続く可能性がある。18 世紀末の溶岩ドーム形成をともなったフッド山(米国)の噴火や、1991 年のピナツボ火山(フィリピン)の爆発的噴火によって生じた堆積物に対する流路の応答は、河川の土砂堆積現象の潜在的な規模と時期の直接的な根拠となる。フッド山の下流 61 km から 87 km では 10 年間に、河成堆積物だけで、川底が 20 m 近くも上昇し、河川が噴火前のレベルに開析されるまでに 1 世紀近くを要した。景観を威圧するほど大量の土砂が生じたピナツボ火山から流れる河川では、通常の河成堆積物に、何百もの小規模泥流による堆積物が加わり、河床上昇を加速させた。火山の 10 km から 40 km 下流の河川では、噴火後 2 年間、河床が 40 m も上昇し、側岸の侵食速度が毎分 3 m にも達した。下流の影響は極めて大きく、町全体が埋積して破壊され、主要な橋が流され、閉塞された支流は周期的に天然のダムの決壊による洪水を起こし、何百平方キロもの農地は低地の排水網の寸断によって逆流洪水を起こし、地域の道路網が通行不能となった。初期の火山災害は一般的に、減災計画や危険区域の住民への警報でも十分に予想されているが、噴火後(もしくは岩屑なだれの後)に起きる流路の埋積による、時間が経ってからの、長く続く遠方での影響は通例見落とされる。

## 22-O-08

### レーニア山(米国ワシントン州)の火山泥流ハザードに対する脆弱性の地域差

Nathan J Wood<sup>1</sup>

1. Western Geographic Science Center, U.S. Geological Survey,  
Vancouver, Washington, U.S.A  
e-mail:nwood@usgs.gov

1980 年のセントヘレンズ山の噴火で明らかになったように、火山は米国太平洋側北西部の地域社会にとって多大なる脅威となっている。レーニア山の過去の噴火は、セントヘレンズ山のそれに比べると頻度が少なく、爆発力も小さいとはいえ、火山泥流堆積物が広がる南ピュージェットサウンドの低地で都市化が進む現在、レーニア山は地域の人命と財産にとってきわめて大きな脅威である。レーニア山下流における火山泥流ハザードは、10 年以上も前に USGS が確認し、訴えてきた。レーニア山下流の火山泥流災害警戒区域における取り組みと対応は、地域社会によって著しく異なり、これがその脆弱性を決める(ここでは、脆弱性を社会、経済およびインフラの各システムの、エクスポージャー、センシティブティおよび回復力と定義する)。緊急事態管理および土地利用業者と政策立案者が有効な管理を行い、願わくば地元のリスクを軽減するためには、脆弱性の地域差を把握、理解ならびに伝えることが不可欠である。

地域社会の脆弱性評価が、ハザード評価、警報システムおよび教育・啓発の取り組みをどのように補完できるかを説明するために、ワシントン州ピアース郡内の対象となった都市の、レーニア山火山泥流ハザードに対する脆弱性の違いについての事例研究を発表する。土地利用、土地被覆、人口ならびに人口統計、文化的資産、経済的資産および重要なインフラに関する情報を含め、この区域のハザードシナリオと社会経済的特徴を統合するよう地理情報システム(GIS)ツールを使用した。地域の脆弱性の区域別の傾向と外れ値を調べるため統計的分析を行った。その結果、火山泥流に対するエクスポージャーとセンシティブティは、ピアース郡でレーニア山下流に位置し火山泥流の堆積した土地にある 18 都市の中でも、ばらつきが見られることがわかった。

## 22-O-09

### 数値シミュレーションによるエトナ火山での溶岩流災害の図示化

Ciro Del Negro<sup>1</sup>, Alessia Cirauda<sup>1</sup>, Annamaria Vicari<sup>1</sup>

1. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia -Sezione di Catania / Italy  
e-mail:vicari@ct.ingv.it

エトナ山での MAGFLOW セルオートマトン・モデルを利用

して溶岩流の災害危険度を評価した。このモデルは、溶岩流の流路ならびに溶岩流が定置する経過をシミュレーションするために開発された。溶岩流のレオロジーと冷却過程の影響も MAGFLOW では考慮している。この MAGFLOW モデルは、エトナ山における溶岩流侵入のハザードマップの編集作成において活用している様々な手法の中核をなしている。ハザードマップは、一連の初期データ(過去の噴火記録)に基づき、火山システムのもつ様々なパラメータを有効な変動の範囲内で、溶岩流シミュレーションを数多く行うことで作成した。火口開口の確率が最も高く、溶岩流侵入の可能性のある地域を特定して、带状区分域を暫定的に設定した。更に、過去の噴火から得られた知識に基づいて、シミュレーション・モデルで参照すべきパラメータの値を推定した。これらから MAGFLOW を活用することで、それぞれの溶岩流侵入地域ごとに、その地域に設定したサンプル地点によって、溶岩流侵入の可能性のある地域を推定した。最後のステップとして、溶岩流のシミュレーションを基に計算を行って、対象とする地域での溶岩流の流入確率を確定した。この結果から得られたハザードマップは、今後の火山活動で影響を受けると考えられる地域が表示されるので、将来危険がある可能性の地域に住む住民は、日常生活をどうすべきかを自らで判断していく上で非常に役に立つことになる。また、このような影響評価は、火山に活動化の兆候がでた際に、(1)長期的な土地利用、(2)緊急時の効果的対応、の立案において非常に重要である。

## 22-O-10

### 火山噴火災害脆弱性とリスクのマッピングによる準備体制の強化

Catherine J Lowe<sup>1</sup>, Muki Haklay<sup>2</sup>, Paul Longley<sup>3</sup>,  
William J McGuire<sup>1</sup>, Richard E A Robertson<sup>4</sup>

1. Benfield UCL Hazard Research Centre, University College London, England  
2. Department of Geomatic Engineering, University College London, England  
3. Department of Geography, University College London, England  
4. Seismic Research Unit, University of the West Indies, Trinidad  
e-mail:c.lowe@ucl.ac.uk

危険度評価や監視体制の改善にも関わらず、火山災害の頻度は増加しつつある。多くの住民と社会基盤とが火山災害の危険に曝されていて、被災者の数と経済的な損失も増加している。将来の噴火脅威に晒されている人口集中地域での活火山の危険度評価は、その住民の状況を考慮したうえで、災害への脆弱性と危険度との分析をともなわなければ、その価値は限定的なものとなる。ここでは、東カリブ海の 2 つの島(セントビンセント島とドミニカ島)について、災害脆弱性と危険度のマップ作成をする手法の開発を目的として、現時点で入手可能なデータを用い、かつ関係者のニーズを踏まえて、実施した予備的現地調査の結果を発表する。この調査では半構造化面接とアンケート調査を通して、様々な関係者(緊

急事態対策担当責任者、企画・計画立案担当者、支援・救援機関)の協力によって、こうした人々が危険度と災害脆弱性をどのように定義しているかを把握するとともに、災害脆弱性と危険度のマップにはどのような要素を盛り込むことを望んでいるのかを把握することが鍵となる。もう一つは、どのようなデータが災害脆弱性として選択された要素の代表となりうるのかを把握し、災害脆弱性指数としてハザードデータと組み合わせることで、要素の定量化を行う手法の開発をすすめることである。この情報源となり得るデータとしては、社会経済的および人口統計的な要素について、現地の人口調査資料に加えて、土地利用特性に関してのリモートセンシングデータである。これらすべてのデータを GIS に取り込むことによって、火山災害脆弱性とリスクのマッピングと分析の迅速化を関係者にもたらすことで、火山活動に際しては、開始前や活動中であっても、十分な情報を得た上での判断を下すためのツールとして、利用する者に提供されることになる。

## 22-O-11

### 火山防災マップ、地域防災計画、および火山災害危険度評価からみたわが国の火山災害減災対策の現況

中村 洋一<sup>1</sup>, 福島 一欽<sup>1</sup>, 金星海<sup>1</sup>, 鶴川 元雄<sup>2</sup>, 佐藤 照子<sup>2</sup>

1. 宇都宮大学教育学部 / 日本

1. 宇都宮大学教育学部 / 日本

1. 宇都宮大学教育学部 / 日本

2. 防災科学技術研究所 / 日本

2. 防災科学技術研究所 / 日本

e-mail: ynakamu@cc.utsunomiya-u.ac.jp

わが国 108 活火山の 33 活火山約 60 地域で火山防災マップが作成された。作成時期は、1990 年以前の北海道駒ヶ岳など 2 火山、1991 年雲仙岳噴火以降の 9 火山、2000 年有珠と三宅島噴火以降の 22 火山で、噴火活動が防災対策の契機となっている。内容は初期では学術専門的で、近年は住民が理解し易いものとなり、改訂版ほど特色あるマップである。防災基本計画を中央防災会議が、地域防災計画を各自自治体が策定することになっている(災害対策基本法, 1961)。現在、活火山近隣県 25 で地域防災計画の火山災害対策編を作成したのは 5 で、他は一般災害対策編などに記載し、特に記述していないものもある。

活火山地域では、対象火山の噴火や災害(火山特性)、地形や気象(自然特性)、社会インフラなど(社会特性)、観測と防災体制(防災特性)を評価開示するとよい。しかしこれまで災害危険度評価を実施公表した自治体はない。火山噴火の効果的軽減方策には、噴火イベント確率樹とリアルタイムハザードマップ作成が有効である。そのためには基本的な防災システムとインフラを整備し、その情報を開示し、かつ平時の防災訓練実施で検証することが前提となる。

## 22-O-12

### ベスビオの村落における損害影響シナリオと噴火対策

Giulio Zuccaro<sup>1</sup>

1. Study Centre PLINIVS - LUPT, University of Naples "Federico II"

e-mail: zuccaro@unina.it

本論文では、EU の支援を受けた 5 か国 9 研究機関による国際的なプロジェクトである EXPLORIS (Explosive Eruption Risk and Decision Support, 爆発的噴火の危険度と決断についての支援)の活動として行われた研究の一部を報告する。このプロジェクトの主要な目的の 1 つは、ある特定の強度をもつ火山噴火による累積的損害の影響についてのシナリオ予測の妥当性を評価できるツールを開発することであった。この開発を行うための課題の最初のステップに焦点に当て、その際の複雑さと、最終的な結果とともに発生している数々の側面をモデル化するための実現可能な道筋について紹介する。ここでは、火山噴火というものは、互いに特徴を関連させつつ、複数の災害現象となる事象が、異なる時間と場所とで発生していくと想定している。ここで紹介するモデルでは、特定の噴火強度、サブプリニアン I 程度、に調整している。噴火強度をサブプリニアン I に選んだのは、カンパーニア州のベスビオ山が将来噴火した際に被害を受けると想定されるベスビオ村落のため、イタリア国市民保護局(Department of the Civil Protection)が策定した市民保護計画(Civil Protection Plan)を参照したためである。ベスビオ山が噴火した際の、影響を受ける地域での建物の累積損傷のイベント 3 と脆弱性関数とを用いて、地理情報システムに統合化されたこのモデルでは、人間と構造物が受ける段階的な影響を、最終的なシナリオまで管理することができるツールとして開発している。この結果は、市民保護計画(Civil Protection Plan)の策定、あるいは緊急事態が発生した際に有益である。この研究では、適用できる噴火減災対策について調査しており、このモデルを使って被害を削減するための被害緩和対策への感度(sensitivity)についても紹介する。

## 22-O-13

### タラナキ/エグモント火山からの降灰に対する、ニュージーランド北島西部における送電施設への危害分析

Ian. R Chapman<sup>1</sup>, Mark Bebbington<sup>2</sup>, Shane. J Cronin<sup>1</sup>, Micheal. B Turner<sup>1</sup>

1. Institute of Natural Resources, Massey University, Palmerston North / New Zealand

2. Institute of Information Sciences and Technology, Massey University, Palmerston North / New Zealand

e-mail: chappys@xtra.co.nz

タラナキは、商業レベルで炭化水素生成物(石油、コンデンセート、天然ガスおよび関連製品)を生産するニュージーランドで唯一の地域である。ここで生産を継続できるか否かは、地元の発電および送電体制にかかっている。この地方はまた、炭化水素生成物を燃料とする主要な発電施設のある場所で、

北部の工業地域への電力供給に影響を与える主要な送電線や変電所も抱えている。安山岩質成層火山である2,518 mのタナキ(エグモント)山が位置するのも北島の西海岸である。湖沼の火山灰層を分析して、長期的な火山噴火履歴を推定し、確率論に基づいてタナキ山の降灰の予測をまとめた。降灰が送電に影響を与えることを(ニュージーランドも含めて)履歴が証明していることを踏まえ、新しい火山災害情報では、非常に重要な電力施設の要素を降灰の確率的危険度評価に加えることをはじめて可能にした。この危険度評価は、現在の風向パターンを用い、送電網、ガス生産施設、変電所、発電施設など主要な工業用地を含む重要な現場に的を絞って行った。33 キロボルトの送電網の場合、降灰の限界厚さは、湿性の場合に1 mm、乾性の場合では2 mmで、これを超えると絶縁体に「ショート」と「トラッキング」が生じ、これが、フラッシュオーバーにつながり、現地または全国的な停電を引き起こしかねない。特定したすべての重要な地点においては今後50年間にわたって、1 mmの灰による影響を受ける確率は10%未満であったが(50年間の平均は16%, 1年間の平均確率は0.42%), 火山の東側にある発電施設と変電所は影響を受ける確率が最も高かった(1 mmの灰が、50年間で25%, 1年間平均が0.6%)。

## 22-O-14

### ニュージーランドの排水網および電気通信インフラへの火山灰の潜在的影響

Scott T Barnard<sup>1</sup>, James W Cole<sup>1</sup>, David M Johnston<sup>2</sup>

1. Department of Geological Sciences, University of Canterbury, New Zealand

2. GNS Science, New Zealand

e-mail: stb16@student.canterbury.ac.nz

火山灰が排水網に深刻な影響を与えることはめったにない。これは、噴火で大量(5mm弱)の火山灰が都市部に堆積されたことがほとんどなかったためである。そのため、都市部の排水/雨水排水システムに大量の火山灰が混入した場合に関する検証はほとんど行われてこなかった。おびただしい量の灰が排水網に入り込んだ注目すべき事例としては、1980年のセントヘレンズ火山噴火でのヤキマ市が挙げられる。処理施設で沈砂除去のふりいが振動を受け、パイプが詰まり、ポンプに大きな負担がかかり、大量(通常の15倍)の固形物を動かすことができなくなった。だが、この種の影響を他のシステムは被ったことがなかったのであろうか? ニュージーランド最大の都市オークランドは、降灰の原因となる数々の火山に囲まれ、しかも共用の雨水排水/排水網を使用している。そのため、オークランドに降灰があれば、排水網に灰が混入する可能性はきわめて高く、そうなれば揚水所が破損するか、機能しなくなり、さらに大きな損害を処理施設に与える恐れがある。今回の発表では、ニュージーランドにおけるこの種の損害の可能性を把握することを目的に最近行った実験について紹介する。また、別のライフラインである、電気通信インフラも取り上げる。火山灰は電話線に降下するだけでなく、電話交換

所に間接的に(例えば、停電によって)、もしくは、電話交換所の建物、小規模な電話交換ボックスや携帯電話の交換器に被害を及ぼすことで直接的に影響を与える可能性がある。交換所は空調用の空気取り入れ口を除き、密閉性が高い場合が多い。この調査では、降灰があった状況における空調装置の性能と、降灰中にこれら装置が灰を吸入した場合の潜在的な影響を調べる。

## 22-O-15

### 火山砂防計画における想定現象の累積頻度に基づく評価

安養寺 信夫<sup>1</sup>, 石井 靖雄<sup>2</sup>, 酒井 敦章<sup>1</sup>

1. (財)砂防・地すべり技術センター/日本

2. 国土交通省富士砂防事務所/日本

e-mail: nobanyoji@stc.or.jp

噴火間隔が長く噴火現象を再現期間で評価することが困難な火山砂防計画の検討に際して、発生規模の累加頻度を用いて計画対象現象の評価を試みた。富士山では約3,200年間に確認された噴火は計110回で、多様な現象が発生している。火山砂防計画のハード対策で処理対象とすることが可能な現象を、溶岩流、融雪型火山泥流と降灰斜面からの土石流として、規模別累積頻度からカバー率70%を目標とした計画対象規模の設定方法を示した。カバー率70%を占めるのは、溶岩流では $18 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ DRI}$ 、降灰は $10 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ DRI}$ である。ハード対策を検討したところ、融雪型火山泥流と土石流では被害防止が図れることが判明した。

## 22-P-01

### オリサバ(シトラルテペトル)火山(メキシコ)の南側山腹における豪雨にともなう火山泥流および洪水の危険性

Sergio R. Rodriguez<sup>1</sup>, Ignacio Mora-Gonzalez<sup>2</sup>, Jose L. Murrieta-Hernandez<sup>2</sup>

1. Departamento de Geologia Regional, Instituto de Geologia, Universidad Nacional Autonoma de Mexico

2. Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana

e-mail: srre@sevidor.unam.mx

シトラルテペトルとも呼ばれるオリサバ山(海拔5,675m)は、メキシコ東部に位置する、急峻な円錐形をした活火山で、山頂は常に雪に覆われている。オリサバ山(PO)は、メキシコのアルチプラノ高原とメキシコ湾のコスタルプレーン(Coastal Plains)を隔てるように南北に連なる火山脈の南端にある。この防壁のような地形に、海からの湿った気流がぶつかって、雨季に集中豪雨をもたらす。この火山は、斜面が急な南側と東側の中腹を中心に、いたるところ網目状に川が流れている。ガリーに沿って、有史以前と有史後の火山泥流および洪水の堆積物を見ることができる。最近では、2003年6月5日に災害が起きている。豪雨の後、激流が堆積物とともに河川の

流域を襲った。この洪水流による被害は甚大で、とりわけ低地ではノガレス市とメンドーサ市の一部が冠水している。また、洪水によりガス管が破裂したことが、壊滅的な被害につながった。山腹上部の火山砕屑堆積物は、土石流と火山泥流を生む大きな潜在的要因である。堆積物の粒度特性は、川筋に沿って変わる。細粒(0 phi 未満)は粗い粒子(0 phi 以上)と分かれ、都市部の氾濫原に非粘性の堆積物を形成した。オリサバ、ノガレス、シウダド・メンドーサを結ぶ区域には、500,000人の住民が暮らしていると推算される。この区域にはまた、石油とガスのパイプライン、高圧電線、高速道路および鉄道からなる複合インフラがある。これらの理由から、将来、災害が生じた時にその影響を軽減するために、ハザードと危険度の調査を行うことは非常に重要である。

## 22-P-02

### 火山ハザードマップへの地形分類および地形情報の利活用

Mamoru Koarai<sup>1</sup>

1. Geographical Survey Institute /Japan

e-mail:koarai@gsi.go.jp

大縮尺のハザードマップが災害軽減には不可欠である。そのため、「土地条件図」、「地形分類図」の効果的な利用が求められている。これらの地図は、空中写真判読の手法で大縮尺に地形分類することにより、その土地の持つ自然条件を表したものである。地形発達史的な視点で捉えることにより、その土地の持つ災害特性を理解することに役立つ。

本発表では、著者はハザードマップに表現されている火山災害想定範囲と「火山土地条件図」に記載されている地形分類との関係を説明する。火山土地条件図は近年ベクトルデータで作成されているので、GISを使って容易に他の地理情報と重ね合わせ解析を行うことが出来る。本研究では、磐梯火山と安達太良火山を対象に、GISを使って火山土地条件図のベクターデータとハザードマップの想定災害範囲を重ね合わせ、地形分類と火山災害との関係を解析した。

加えて、火山災害の評価には地形情報も重要である。本研究では、様々なグリッドサイズのDEMを使った地形解析の結果と、地形分類やハザードマップの想定災害範囲との関係も考察する。

## 22-P-03

### 2006年のメラピ火山噴火がインドネシア、ジョグジャカルタ地方の農業および社会資本に与えた影響

Grant Kaye<sup>1</sup>, Thomas\_M Wilson<sup>1</sup>, David\_M Johnston<sup>2</sup>, Sutikno Bronto<sup>3</sup>, Jim\_W Cole<sup>1</sup>, Andrew King<sup>2</sup>

1. Natural Hazard Research Centre, University of Canterbury /New Zealand

2. GNS Science /New Zealand

3. Geophysical Research and Development Centre, Bandung

/Indonesia

e-mail:g.kaye@gns.cri.nz

本ポスターは、ジャワ島中部に位置するメラピ火山の2006年の噴火がジョグジャカルタの農業および社会資本に与えた影響の現地調査の結果をまとめたものである。カンタベリー大学の自然災害研究センター(Natural Hazards Research Centre), GNSサイエンス、ニュージーランドの地震委員会および防災・緊急事態管理省(Ministry of Civil Defence and Emergency Management)の代表者から構成される現地調査チームは、2006年6月22日から7月5日までの期間、現地を訪れた。農業および社会資本への影響に加え、2006年の噴火の火山学的記述と、避難や危機管理を含めたインドネシアの対応に関する考察もこのポスターにまとめている。多くの農家がメラピ火山付近にあることなどから、あらゆる産業の中で農業が最も大きな被害を受けた。作物の被害状況は、降下火砕物の厚さと、作物の種類および成熟度によって異なっていた。一部の地域では最大で100%の作物が失われた。降下火砕物に覆われた飼料を食べたため、牛に体重の激減が見られた。一方、全体的に見て、社会資本への影響は少なかった。ライフライン設備やその他の社会資本は予想を上回る回復力を示したが、これはおそらく噴火の起きた時期が乾季で、雨が降らなかったためと思われる。メラピ山の南向き斜面上部には噴出物が堆積しており、その下の氾濫原は依然として、大雨時の火山泥流の脅威にさらされている。規模が比較的小さかったにもかかわらず、2006年のメラピ山の爆発は2名の死者を出し、ブブン／カリアデン(Bebeng/Kaliadem)村の大半を破壊して何万人もの住民の避難を余儀なくし、地域農業に深刻な影響を及ぼした。最後に、今回の調査結果からニュージーランドが得るべき教訓について検討する。

## 22-P-04

### ニュージーランドにおける火山灰降下ハザードに対する農業の脆弱性予測:リスクスケーププログラムでの被害率の改善に向けて

Thomas\_M Wilson<sup>1</sup>, Grant Kaye<sup>1</sup>, Jim Cousins<sup>2</sup>

1. Natural Hazard Research Centre, University of Canterbury /New Zealand

2. GNS Science /New Zealand

e-mail:tmw42@student.canterbury.ac.nz

このポスター発表では、ニュージーランドの牧畜、園芸、林業の各農業部門が、火山灰降下による被害を受けた際の被害率(脆弱性関数)を、その強度変化別に予測して示している。脆弱性関数は、1)既存の脆弱性予測に関する文献からの検討、2)ニュージーランドの農業専門家および火山ハザード専門家との協議に基づく新たな関数の開発、および、3)インドネシアのメラピ火山の2006年噴火した時に農業が受けた影響の現地調査の結果(Kaye et al., this conference),を組み合わせて参照することで導入している。生産損失(牛乳など、農家が製造した有価商品の損失)と資産損失(搾乳小屋など、販

売用ではない農家の資産)には、異なる関数を与えている。この差異は、ニュージーランド農業での生産回復力が、生産のどの部分での構成要素によるかによって異なるためである。各農業部門での季節による脆弱性変動は、農産物の降灰に対する脆弱性の判断で重要な要素となることが確認された。そこでここで用いる関数では、各部門の季節に応じた加重をして規定している。タラナキ/エグモント火山からの降灰が発生した際のシナリオを理論的な例として、これらの脆弱性関数がどのように規定されて適用されるかを紹介する。

## 22-P-05

### LAHARZ を用いたビジャリカ火山西側山腹の火山泥流災害危険区域区分

Angelo Castruccio<sup>1</sup>, Jorge Clavero<sup>2</sup>

1. Universidad de Chile / Chile

2. SERNAGEOMIN, Servicio Nacional de Geología y Minería / Chile  
e-mail:acastruc@ing.uchile.cl

ビジャリカ火山はチリの南部アンデス火山帯に位置する成層火山で、有史後、南アメリカで最も活動の活発な火山の 1 つに挙げられる。この火山に関わる主な危険性の 1 つに、噴火中に氷／雪が突然融解することがきっかけとなって生じる火山泥流がある。そのため、火山泥流災害危険区域の指定は、緊急時対策および土地利用の企画立案に欠かせない。LAHARZ は USGS が開発したソフトウェアで、9 座の火山における 27 件の火山泥流に関するデータから、半経験的方法で火山泥流に襲われる区域を予測する。このモデルの欠点として、キャリブレーションで、限られた数の火山しか用いられない上に、様々な種類の(規模に大きなばらつきがあり、粘性と非粘性が混在している)火山泥流が区別することなく使われていることが挙げられる。そのため、他の火山には当てはまらない可能性があり、また、火山泥流が起きている間に 1 パルスしか起きないと仮定するなど、いくつかの単純化もなされている。1971 年の噴火の火山泥流がもたらした同火山西側山腹の堆積物は非粘性で、体積が  $5 \sim 10 \times 10^6 \text{ m}^3$  台と推算される。この特徴を持つ火山泥流の断面積と、調査した堆積物の断面のデータは、LAHARZ の予測値を大幅に下回るため、モデルの試験用として新たな断面積の係数が選ばれた。その結果、モデルが現地調査のデータに近くなり、また、DEM の解像度に対する感度も増したことがわかった。感度が増すことで、同じ火山泥流での多様なパルスの堆積によって生じる地形の変化のシミュレーションも向上すると思われる。

## 22-P-06

### 火山灰の物理特性と堆積範囲を考慮した泥流発生予測モデル

栗原 淳一<sup>1</sup>, 山越 隆雄<sup>2</sup>, 田方 智<sup>3</sup>, 田村 圭司<sup>2</sup>

1. 長野県土木部砂防課

2. 土木研究所/日本

3. (株)日本工営/日本

e-mail:yamak226@pwri.go.jp

火山噴火後の降雨に起因して二次的に発生する泥流は、人命と様々な社会・経済的な損失をもたらす。このような泥流災害を軽減するためには、噴火後ただちに泥流発生危険度を評価することが重要である。泥流発生危険度を評価することは、応急対策工の立案に資するとともに、正確なハザードマップの作成と警戒避難体制の整備に役立ち、火山災害に遭遇した都市の被害を最小にすることにつながる。これまでの事例では、火山灰が厚く堆積するほど、泥流が発生し易いことが報告されており、火山灰の性質と堆積範囲を考慮することが、泥流の発生危険度を把握する上で大変重要であることがわかっている。本研究では、火山灰の物理特性と堆積範囲を考慮した泥流発生予測モデルを開発した。ここでは、このモデルを 2000 年三宅島噴火の事例に適用した結果を示す。三宅島では、噴火後に水や土砂の流出を観測した。このデータを使って、モデル計算の結果を検証した。このモデルの特徴は、すべてのパラメータを土質試験、地形計測結果等から決定可能であることである。そのため、泥流の発生を待たずにパラメータの設定が可能であることから、事前に調査さえできれば、原理的には噴火後に最初に発生する泥流であっても予測することができる。三宅島での検証の結果、適切に火山灰の堆積範囲と土質パラメータを与えることができれば、本モデルは流域出口での流量を予測することが可能であることが示された。ただし、火山灰の土質パラメータと堆積範囲の把握には、現状では、試験または調査に時間を要することから、今後、さらに技術開発が必要である。

## 22-P-07

### GIS を用いた総合型火山ハザードマップの試作

永村 恭介<sup>1</sup>

1. 筑波大学生命環境科学研究科/日本

e-mail:eikyo300zx@hotmail.co.jp

火山災害は火砕流や土石流など様々な災害が同時期に発生するため、その対応は複雑になる。そして、その減災ためには火山に関する情報や、避難所などの人文的な情報など多くの情報を管理し、適切に用いなければならない。しかしながら、従来の火山ハザードマップは、学術型、行政活用型、住民公表型といったように、使用者や用途によって別個のものが作成され、各種情報を一元的に管理しているものとは言えない。また、紙媒体であるため、扱うことができる情報量に制限がある。そこで GIS(地理情報システム)を用いて統合的な火山ハザードマップを試作した。GIS は地理的位置を元に様々な情報を管理できるばかりでなく、管理されたデータを必要に応じて適切な形(表現)で利用することができる。あるいは GIS の分析機能を用いて、防災計画等における意思決定に援用することができる。さらに、デジタル媒体の特徴を活かし、住民への配布や情報のアップデートなどが容易にできるといったメリ

とも考えられる。本報告は試作した火山ハザードマップから今後の利用について幾ばくかの展望を述べたものである。

## 22-P-08

### 北海道・十勝岳 1926 火山泥流の氾濫域での流下状況

南里 智之<sup>1</sup>, 山田 孝<sup>1</sup>

1. 北海道大学大学院農学院 / 日本

e-mail: nanri@for.agr.hokudai.ac.jp

北海道中央部の十勝岳では、1926 年の噴火に伴って火山泥流が発生・流下し、その結果 144 人もの犠牲者がでる大災害となった。本研究は、1926 火山泥流の主流路である富良野川の下流氾濫域での流下状況を、火山泥流体験者の目撃情報と現地に残る堆積物の調査をもとに明らかにしたものである。

泥流は先頭付近にピークがある一山型のハイドロ波形で、泥流の主流の流下時間は上流地区で 20~30 分程度と推測された。また、流下時・直後の泥流は暖かく、泥流密度は  $1.6 \sim 1.7 \text{ g/cm}^3$  と大きい値を示した。最も速度が大きく ( $11 \sim 17 \text{ m/s}$ )、流動深が大きい ( $4 \sim 6 \text{ m}$ ) 上流地区で家屋被災率が最も高く、家が丸ごと土台から壊されている。この地区下流で泥流は 2 方向に分流したが、西側に比べて東側の流れの方が高速度で家屋被災率が高く、西側では全壊家屋はなかった。このように、1926 火山泥流は下流氾濫域において一様な流れではなく、上流側と下流側、東側と西側で異なった流下状況を呈していたことが明らかになった。

## 22-P-09

### 火砕流シェルターの伝熱による被災実態と改良手法

山田 孝<sup>1</sup>

1. 北海道大学大学院農学院 / 日本

e-mail: t-yamada@for.agr.hokudai.ac.jp

火砕流災害の回避手法の一つとして、シェルターの活用が考えられる。火砕流シェルターが火砕流本体部に埋塞した場合の室内への伝熱特性と安全確保のための改善点について調べた。まず、2006 年 6 月 14 日にインドネシア国メラピ火山で発生した火砕流シェルター災害の実態を調査した。ついで、シェルター室内への伝熱プロセスを、一次元定常、非定常、二次元定常の伝熱解析により検討した。減熱対策として、シェルターのゲート構造の改良に着目し、ゲート熱橋部の断熱化、ゲート素材の変更、断熱材をゲート内部の空洞部に充填するなどの効果を調べた。現行のシェルター構造では、温度  $350^\circ\text{C}$  の火砕流本体部に埋没した場合、シェルター室内の定常温度は  $\sim$  体温を大きく超過し、安全を確保できない結果となった。今回の調査の限りでは、ゲート内部にセルロースファイバーを充填することが、シェルター室内の定常温度を体温より低くさせるための最も効果の高い減熱方法であ

った。ただし、最高  $800^\circ\text{C}$  の火砕流本体部にシェルターが埋没した場合、その充填厚は、ゲート二基(現行数)では、一基あたり 80cm 以上、ゲート三基では、一基あたり 50cm 以上は必要である。

## 22-P-10

### 2007 年 3 月 18 日に、ニュージーランド・ルアペフ火山で発生した泥流のハイドログラフの場所的变化特性

山田 孝<sup>1</sup>, 丸谷 知己<sup>1</sup>, Vern Manville<sup>2</sup>

1. 北海道大学大学院農学院 / 日本

2. Institute of Geological and Nuclear Sciences/New Zealand

e-mail: t-yamada@for.agr.hokudai.ac.jp

泥流の運動実態とメカニズムを明らかにするうえで、そのハイドログラフがどのように変化したかを明らかにすることは重要な基礎的課題である。

2007 年 3 月 18 日に、ニュージーランドのルアペフ火山の火口湖決壊によって発生した泥流を対象として、演者らが設置した自動連続撮影カメラにより撮影された画像、ニュージーランド関係機関によって撮影された画像、現地のテレビ会社などによって撮影された泥流の流下状況に関するビデオ映像の収集を行った。

それらの映像資料の解析から、各流下地点でのハイドログラフを作成し、それらの変化実態を明らかにした。次いで、泥流の流動深と流速との関係、マニングの抵抗則を適用した場合の粗度係数と流速係数の変化傾向、河床勾配、河道幅などの地形的な要因をもとに、ハイドログラフの変化特性について考察した。

## 22-P-11

### Web 版日本の火山ハザードマップ集

佐藤 照子<sup>1</sup>, 堀田 弥生<sup>1</sup>, 鶴川 元雄<sup>1</sup>, 中村 洋一<sup>2</sup>, 荒牧 重雄<sup>2</sup>

1. 防災科学技術研究所 / 日本

2. 日本火山学会 火山防災委員会 / 日本

e-mail: sato.sun@bosai.go.jp

日本火山学会火山防災委員会ハザードマップ小委員会と防災科学技術研究所の協力により「日本の火山ハザードマップ集(DVD 版)」が 2006 年に出版された。これは、活火山の防災に従事する行政や業務担当者、あるいは研究者に火山防災のための基礎資料として資するためであった。そして、今、より広範な関係者に利用してもらうために、また常に最新版の火山ハザードマップ集を提供するために、「Web 版火山ハザードマップ集 "Hyperbase of Volcanic Hazard Maps in Japan"」がインターネット上に公開された。この Hyperbase では、1983 年から現在までに日本において行政が住民への配布目的で刊行した火山ハザードマップと解説

資料の旧版から新版まで、ほとんど全てを提供している。その数はハザードマップ 116 種、解説資料 74 種にのぼる。この Hyperbase では、それぞれの資料に 2 種類の画像ファイルを提供している。すなわち、ディスプレイ用の低解像度のものと、原寸印刷用の高解像度データとである。前者は誰でも自由にダウンロードできるが、高解像度については簡単な氏名等の登録後にデータを利用できるようにしている。アクセス数であるが、2006 年 5 月に公開されてから 1 年間に約 12,000 件あった。なお、高解像度のデータ公開はこれから公開される予定である。

この Web 版 Hyperbase は、質、量ともに進展する可能性を秘め、例えば、公開当初に比べ、資料数も増加している。また、火山防災に関わる様々な情報と相互にリンクを張るなど、質的な向上も期待できる。今後、関係者の協力により持続的にこの Hyperbase をさらに強化して行く予定である。

## 22-P-12

### デジタルマップの格子間隔の違いが溶岩流シミュレーション結果におよぼす影響について

山下 伸太郎<sup>1</sup>、片嶋 啓介<sup>1</sup>、石峯 康浩<sup>2</sup>、鶴川 元雄<sup>2</sup>、宮地 直道<sup>3</sup>

1. 住鉦コンサルタント株式会社砂防・防災部

2. 防災科学技術研究所火山防災研究部

3. 日本大学文理学部

e-mail: Yamashita.Shintaro@sumicon.co.jp

溶岩流シミュレーションを実施するためには、地形を数値化したデジタルマップが必要となる。これまで、溶岩流シミュレーションを実施する場合、地形モデルのメッシュ間隔は経験的に決定されてきた。本来、平衡斜面や平面など単純な幾何学的な地形条件であれば、メッシュ間隔の差異は計算結果に大きく影響しない。しかし、富士山ハザードマップ検討委員会(2004)において、溶岩流シミュレーションでは、メッシュ間隔が異なると流下範囲に差が生じることが指摘されている。

そこで本研究では、デジタルマップの格子間隔の違いが溶岩流シミュレーション結果におよぼす影響を定量に評価するため、富士山のデジタルマップを用いて、デジタルマップのメッシュ間隔および溶岩流の規模を変化させた溶岩流シミュレーション計算を実施し、地形特性、メッシュ間隔、溶岩流の規模の相互関係を考察した。その結果、メッシュ間隔が広いほど溶岩流の到達距離が短く、流下幅は広くなる傾向があることがわかった。そして、デジタルマップの基図上で溶岩流の流下経路となる大局的な谷地形の谷幅が狭くなるほど、この傾向がより顕著になることがわかった。

## 22-P-13

### 砂防工事安全確保のための溶岩ドーム監視体制について

松井 宗広<sup>1</sup>、近藤 浩一<sup>1</sup>、秦 耕二<sup>2</sup>、石坪 昭二<sup>2</sup>

1. 財団法人 砂防・地すべり技術センター

2. 国土交通省九州地方整備局雲仙復興事務所

e-mail: matsui@stc.or.jp

雲仙普賢岳は、平成 2 年 11 月に始まった噴火災害から 17 年が経過し、着実に復興の道を歩んでいる。噴火活動は、平成 8 年 6 月に終息宣言がされたものの、斜面頂部には現在もなお約 1 億立方メートルの溶岩ドームが不安定な状態で分布している。現在、砂防工事は下流側から進められてきており、今後、溶岩ドームにより近づいた場所で砂防工事が行われる予定である。今後、砂防工事を実施していくにあたって、溶岩ドームが崩落した場合、砂防工事予定域に到達することが予測され、作業員に危険を及ぼす可能性がある。このようなことから国土交通省雲仙復興事務所は、工事の安全性向上のため、光波測距による溶岩ドームの変位計測や、振動センサーを用いた落石検知を行っている。光波測距による変位計測は、溶岩ドームに反射プリズムを 8 基設置し、2 地点からの観測所から観測を実施している。測定距離は、約 2,500～3,800m である。観測に用いている光波測量器は TSP1201(ライカ製)であり、計測精度は計測距離×3ppm である。観測による全体的な溶岩ドームの変位傾向としては、年平均で計測距離が約 10cm 短くなる結果が得られている。この傾向から、溶岩ドーム全体は斜面下方に向かって移動していると推察され、斜面下方では圧縮力が生じ、局所的に溶岩ドームが不安定化し、崩壊する危険性が考えられる。また、振動センサーの検知性能を確認するための、現地試験では 8.6t の岩石が 1.5m の高さから落下した場合、約 1km の地点まで検知可能であることが判った。今後、継続的に観測を続け安全に工事を進めていくことが重要である。

## 22-P-14

### リスクスケープ: ニュージーランドにおける火山災害危険度評価のための新しいツール

Grant Kaye<sup>1</sup>、Jim W. Cole<sup>1</sup>、Andrew King<sup>2</sup>、David Johnston<sup>2</sup>

1. Natural Hazard Research Centre, Department of Geology, University of Canterbury, Christchurch / New Zealand

2. GNS Science, Lower Hutt / New Zealand

e-mail: g.kaye@gns.cri.nz

新しいソフトウェア・リスクスケープの火山災害リスク評価コンポーネントの試作を紹介する。これは HAZUS と同様のプログラムで、ニュージーランドにおける自然災害の危険度評価を行うために、GNS サイエンスと水・大気国立研究所とで共同開発されたものである。リスクスケープの使用法については、ニュージーランドのロトルア地区と米国カリフォルニア州のマンモス湖での火山災害によるリスクを算出するモデルへの適用で紹介する。リスクスケープでは、予め設定しておいたり、あるいはユーザが作成しておいたイベントシナリオによって発生する一連の自然災害で推定される被害の定量値を、登録データベース上に付記していく。ある指定場所において被害を

与える火山現象の災害強度を決定するためには、災害モデルがユーザによって選択される。一例としては、ユーザが ASHFALL プログラム (Hurst and Smith, 2004) によって得られた火山灰の厚さが、リスクスケープ・ソフトウェア上でモデル化される。他の例としては、火山泥流の氾濫域については、LAHARZ プログラム (Iverson and Schilling, 1998) によって一連の流量を予め算出しておくことで、リスクスケープでは推定氾濫域がポリゴン図形として利用できる。災害モデルで災害強度を設定すれば、それぞれの災害および登録クラスに固有の脆弱性関数が、選択された登録項目 (建物、橋、送電線など) に適用されて、それらの損害率が算出される。それぞれのモデルで、一連の災害強度の発生する再現期間を確率的に決定することで、相対的リスクを確率フレームワーク内で定量化ができる。リスクスケープでは、GIS と同様のインターフェースによって、表や地図として結果を出力することで、エンドユーザは自分の地域での火山災害に起因するリスクをより詳細に地図ベースで把握できるようになる。これによって、火山災害リスクの高い地域での病院などの重要な社会基盤の新たな建設計画を抑止するといった、土地利用計画の改善が可能となる。

## 22-P-15

### 火山島における降灰および火砕物の問題

Henry Gaudru<sup>1</sup>, Lim Leng Leng

1. SVE, volcanic risk mitigation dpt., Geneva Switzerland

2. Dpt. mathematical research, Taiwan University

e-mail:hgaudrusve@compuserve.com

噴火は、人命を奪い財産を破壊する様々な災害を生むことで知られる。歴史的に見ても、例えば、1815 年のタンボラ (インドネシア)、1883 年のクラカタウ (インドネシア)、そして 1947 年～1948 年と 1970 年のヘクラ (アイスランド) などの火山島で起きた数多くの噴火にともない、厚く広範囲に及ぶ降灰が生じている。火山島が受ける影響は、島の規模が小さいほど大きい。すべての噴火現象に共通して見られるのが降灰である。噴火にともなう噴出物量と噴火継続時間や強度などによって、降灰による影響は大きく異なる。これらの影響のどれか 1 つであつても火山の噴火中ないしは噴火後に支障と不便をもたらすが、規模の小さな火山島で噴火活動が起きると、問題はさらに拡大する。そのため、新たな技術的ツールを使って、火山島を対象とした予防策の策定ならびに一般住民の意識啓発を図る必要がある。ここ何年かの間で、GIS と火山砕屑物の拡散の数値モデルが、火山地域の危険度評価の便利な手段となってきた。地理情報システム (GIS) は、数多くの学際的プロジェクトが活用することができ、活火山のある島の GIS 型ハザードマップ作成手法の確立に役立つ。このシステムを使えば、効率的にハザードマップを作成でき、一般的な地質データ、地理データおよび気象データ (地形、土地被覆や卓越風) から潜在的な影響を示し、また災害対策と島の開発計画の参考にすることができる。一方、数値モデルは、輸送方

式 (移流拡散方程式) で、考えられる火山灰の運搬と堆積を表し、風の鉛直分布、乱流拡散および粒子の沈降をモデル化する上で役立つと思われる。GIS によるマップ作成とともに、すでにある複数の分野の科学的データに数値的モデルを適用すれば、非常に有益な専門的アドバイスを火山島の当局および住民に行うことができる。GIS によるマップ作成に加えて、降灰の範囲の数量化を行うことで、将来噴火が生じた時に影響を受ける地域を特定することも可能である。GIS と数値モデルを併用すれば、空間的に関連したプロジェクトにおいて、火山島の降灰分布と自然環境ならびに社会基盤の重要な要因に、火山災害予想区域を重ね合わせることによって、活火山との安全かつ賢明な共存に必要な整備、準備ならびに災害対策の決定を行うための、他に類を見ないデータを提供できる。数値モデル、GIS および科学的データを組み合わせた統合プログラムによって、専門的な情報を当局に提供することができると考えられる。この全般的なアプローチはリスク軽減の鍵を握り、また、行政が島の早期警告、緊急事態管理および土地利用の企画立案を評価する時に参考となる。

## 22-P-16

### 2 年間にわたる急速な脱ガスによる植生への影響のフォローアップ: トゥリアルバ火山 (コスタリカ)

Eliecer Duarte<sup>1</sup>, Erick Fernandez<sup>1</sup>, Wendy Saenz<sup>1</sup>, Maria Martinez<sup>1</sup>

1. Observatorio Vulcanologico y Sismologico de Costa Rica

e-mail:eduarte@una.ac.cr

トゥリアルバ火山 (3,340 m) は、中央アメリカ火山弧 (Mesoamerican Volcanic Arc) の南端に位置する。山頂部分には、3 つの噴火口が北東から西南にかけて並んでいる。2005 年中旬以降、大規模なガス放出が起り、西側噴火口周辺の低木や低層植物の茂みなどの植生に深刻な影響を及ぼしている。2006 年 8 月に、主要な樹種の急速な燃焼と枯死が、国内社会および国際社会に報告された。大半の低層植物と小型植物の茂みが急速に消滅したことで、植物相と動物相の間の脆いバランスに直接的な影響が及んだ。2007 年 2 月までに、飛行機による調査でガスの影響を受ける面積の増加が観測され、また深刻な影響を受けていると文書で報告されている。写真を見ればわかるように、在来種と外来種で影響に違いがある。生息環境が火山活動による深刻な影響を受けた関係で、コヨーテ群集でも行動の障害が報告された。山頂部分に生息する他の種では、より多くの変化が確認されている。また、コヨーテによる環境圧および影響が火山周辺の低地に住む入植者に及ぶことが予想される。ポスターを見ると、ガスが拡散し物理的に不安定な地域の様子や、植生と植物相が大きな影響を受けている地域の状況がよくわかると思われる。低地の耕作地において、湿性あるいは乾性の酸性降下物がどのような役割を果たしたかを調べるため、少なくとも 1 件の調査が現在進められている。ジャガイモ畑と草原は、質的に影響を受けている。この影響が大きくなると、酪農と農業への依存度が高い地域経済にも響きかねない。この調査の暫

定結果を少なくとも1つ紹介する。

## 22-P-17

### ポアス火山(コスタリカ)からの火山放出物による大気中腐食: 社会基盤への経済的影響予測

Erick Fernandez<sup>1</sup>, Katiana Calderon<sup>2</sup>, Juan F. Alvarez<sup>2</sup>, Eduardo Malavassi<sup>1</sup>, Eliecer Duarte<sup>1</sup>

1. OVSICORI-UNA Universidad Nacional, Costa Rica  
2. Escuela de Ciencia e Ingenieria de los Materiales. Instituto Tecnologico de Costa Rica  
e-mail: eduarte@una.ac.cr

ポアス火山が原因の急速な環境の酸性化による腐食を、18ヵ月間にわたって定性的かつ定量的に調査した。この調査では、金属性物質を定期的に大気にさらし、その記録を取った。急速な腐食によって物質の物理的性質が悪影響を受けるといことは、酸性の媒介物が存在することを示唆しており、酸性の媒介物は卓越風の風向きで、ガスが流れる経路沿いにある住宅区域にまで達する可能性もある。腐食の調査がなされ、この問題に対処するための教育を国民が受けている国では、経済的損失を予測値の最高20%まで縮減できることが確認されている。経済的損失が、国民総生産の1.5%から3.5%に上る恐れもある。火山放出物は、腐食性化学物質である二酸化硫黄SO<sub>2</sub>、塩酸HClやフッ化水素HFなどの含有量が多い。火山地域における腐食速度の調査についての情報は極めて少なく、火口周辺における腐食速度の調査にいたっては、まれにしか行われていない。大気の状態は、酸素濃度、大気湿度と大気汚染物質(SO<sub>2</sub>、塩NaCl、窒素酸化物NO<sub>x</sub>など)の濃度によって変わる。大気中腐食は、電気化学的メカニズムによってコントロールされている。大気が乾燥した状態では、金属の腐食はごくわずかしは見られないが、これと対照的に、金属の表面に湿気を与えると、腐食が顕著になる。電気化学的機構は、金属が乾いているように見える、きわめて薄い水分層(数ナノメートル)か、あるいは、金属が湿っているように見える、厚さが数マイクロメートルの水膜が形成されることで可能になる。その金属性物質の種類によって、相対湿度が60%から80%になった後に腐食が生じ、大気が汚染されると腐食速度が増す。今回は、2001年通年と2002年の数ヵ月間、ポアス火山の噴火口の周縁近くで実施した腐食速度調査の定性結果ならびに定量結果に加え、今後、低炭素鋼、ステンレス鋼(316鋼)、銅、アルミニウムおよび亜鉛メッキ鋼といった金属物質を対象に腐食速度調査を行い、定量結果を得るための手法を紹介する。さらに、写真を用いた説明も行う。

## 22-P-18

### TDLおよびガスチャンバーによるローマ県のガス・ハザード評価

MariaLuisa Carapezza<sup>1</sup>, Franco Barberi<sup>2</sup>, Jose

Barrancos<sup>3</sup>, Christian Fisher<sup>4</sup>, Nemesio Perez<sup>3</sup>, Massimo Ranaldi<sup>2</sup>, Tullio Ricci<sup>2</sup>, Luca Tarchini<sup>2</sup>, Konradin Weber<sup>4</sup>

1. Ist. Naz. Geofis. Vulcanol, Roma 1, Rome/Italy  
2. Dip. Sci. Geol., Univ. Roma Tre, Rome/Italy  
3. ITER, Tenerife/Spain  
4. Env. Measur. Tech., Univ. Appl. Sci., Dusseldorf/Germany  
e-mail: carapezza@ingv.it

ローマ市は、北にサバティーニ(Sabatini)、南にアルバンヒルズ(Alban Hills)という、それぞれ4座からなる複合火山体をいただいている。いずれの火山地帯も内部からガスを大量に放出する区域があり、過去20年間、住民や動物に何度か被害を与えてきた。放出されるガスの成分で最も含有率が高いのはCO<sub>2</sub>(最大で98%)で、これにH<sub>2</sub>S(1~2%)とN<sub>2</sub>が続く。サバティーニ火山体では、カルダーラ・ディ・マンツィアーナ(Caldara di Manziana)の陥没がガス放出の最大の要因である。ここでは、0.15 km<sup>2</sup>の面積から1日当たり約160トンのCO<sub>2</sub>(拡散性と粘着性の両方)の放出が測定されている。アルバニ山(Colli Albani)はローマの南東周辺部にまで広がっており、この山から放出されるガスの主な警戒区域はカバ・ディ・セルチ(Cava dei Selci)とソルフォラタ・ディ・ポメツィア(Solfiorata di Pomezia)である。カバ・ディ・セルチは、同名の村の近郊にある。過去7年間、土壌(6,000 m<sup>2</sup>)から放出される拡散性のCO<sub>2</sub>の量は1日当たり25トンから5トンの間で推移している。対象となる村の大気中(1m)のCO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Sの量を継続的にモニターした結果、いずれのガスも、TWAとSTELの許容限度を頻繁に超えていることがわかった。ソルフォラタ・ディ・ポメツィアでは、1.9ヘクタールの面積から、推算で1日当たり44トンの拡散性CO<sub>2</sub>と0.5トンのH<sub>2</sub>Sが放出される。2007年に、これら3ヵ所の脱ガス現場におけるガスの総放出量を推算するため、複数の手法を用いた2つの調査が実施されている。これらの調査では、ガスチャンバーがある土壌から放出されるCO<sub>2</sub>と硫化水素の量と、パブリックプールから放出されるガスの量を計測するとともに、TDLの複数のプロファイルを使ってCO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Sの空気中の濃度を調べた。この結果から、これら地域のガス・ハザードが高いことが確認できる。とくに風があまり吹かなくなる夕方と夜間には、H<sub>2</sub>Sが致死濃度にたびたび達する反面、CO<sub>2</sub>は高い水準ながら、許容値である。

## 22-P-19

### ニュージーランドの火山中心周辺に暮らす住民の脆弱性

Kirsten K. Finnis<sup>1</sup>, David M. Johnston<sup>1</sup>

1. Joint Centre for Disaster Research, Massey University, New Zealand  
e-mail: k.k.finnis@massey.ac.nz

ホワイトアイランド、オカタイナ、タウポ、ルアペフ、およびタラナキの主要な5火山の中心から特定の半径にある地域での、個人もしくは地域社会の脆弱性に係わる一連の変数についてのデータを、過去15年間にわたって収集した。この調査の

目的は、時間の経過にともなう、どのような脆弱性の変化があるのかを調べるとともに、最大の寄与要因を特定することである。ニュージーランドで火山周辺に暮らす住民の脆弱性は増加しているのか、あるいは低下しているのか、そしてそれは人口の一般的变化によるものなのか、あるいは特定の要因があるのだろうか。調査対象となった脆弱性変数は、通常の人口、15歳未満の子供、65歳を超える高齢者、少数民族、教育関連、住居数、および有給雇用数である。4種類の人口調査のデータをGISによって分析して、それぞれの火山中心から様々な距離(10 km, 25 km, 50 km, 100 km, および 200 km)で離れた地点において、各人口調査年(1986年, 1991年, 1996年, 2001年)の間の増減率を変数別に示す一連のマップを作成した。この分析による調査結果は、各自治体および緊急事態管理担当者が公教育、福祉、ならびに復興の企画立案を行う際の支援となり得る。

## 22-P-20

ニュージーランドにおける農村給水体制の火山灰に対する脆弱性

Thomas M. Wilson<sup>1</sup>, Carol Stewart<sup>2</sup>, Jim W. Cole<sup>1</sup>, David M. Johnston<sup>3</sup>, Shane J. Cronin<sup>4</sup>

1. Natural Hazard Research Centre, University of Canterbury, New Zealand

2. Private Consultant, Wellington, New Zealand

3. Joint Centre for Disaster Research, GNS Science, Lower Hutt and School of Psychology, Massey University, New Zealand

4. Volcanic Risk Solutions, Institute of Natural Resources, Massey University, New Zealand

e-mail:tmw42@student.canterbury.ac.nz

火山灰は破壊的火山噴火の放出物の中で最も広範に拡散し、比較的小規模な噴火であっても火山から何百キロも離れた場所に降下する。少量の火山灰の降下であっても、給水を妨げる恐れがあることが確認されている。しかし、この分野の調査はほとんどが都市環境に焦点を当てたもので、比較的規模の大きな上下水システムおよび雨水排水システムに重点を置いたものが少なくない。概して、火山灰が農村の給水に与える影響にはほとんど注目されなかった。現代の農場の水需要は幅が広く、家庭用水に加えて、家畜用水、灌漑、洗浄などが含まれるが、様々な面において火山ハザードに対し脆弱である。このポスターは、先ごろ調査を行い、ニュージーランドの農村における給水体制の、火山灰に対する脆弱性を調べた結果を示したものである。この調査の対象となったのは、ホークスベイ、タウポ、ワイカトおよびタラナキの各地方の酪農農家、養羊農家、肉牛飼養農家、ぶどう園および果樹園である。下記の分野に重点を置いた。・各地方の水源の評価(表面水と地下水の相対的比率)と最需要期、・給水システム、貯水システムおよび配水システムの脆弱な箇所(取水構造物、オープンポンドおよび家畜用水用の容器)、・灰と水の人工混合物を使った、排水ポンプなど農機具の灰混入に対する脆弱性について、・農場の種類別および地方別の最需要期(季節

的な脆弱性)、・ニュージーランド国内と世界の一次生産用水質ガイドラインを使った、降灰汚染リスクが認められる水質特性の特定(例えば、pH および濁度)・簡単なモデルを用いた、降灰が水質に与える影響の予測この調査結果を踏まえて、降灰の前後ならびに最中の対策を策定する。

## 22-P-21

2007年3月18日に発生したルアペフ火山ラハールの河川への影響

丸谷 知己<sup>1</sup>, 山田 孝<sup>1</sup>, 真板 秀二<sup>2</sup>, 木村 正信<sup>3</sup>, マンビル ベーノン<sup>4</sup>, トラストラム ノエル<sup>4</sup>

1. 北海道大学大学院/日本

1. 北海道大学大学院/日本

2. 筑波大学大学院/日本

3. 岐阜大学大学院/日本

4. ニュージーランド地質・核研究所

e-mail:marut@for.agr.hokudai.ac.jp

2007年3月18日にニュージーランド北島ルアペフ火山で発生したラハールの動態を流下経路に沿って観測した。ルアペフ火山の火口湖決壊によって発生した1200万m<sup>3</sup>のラハールは、山腹東斜面を流下し山麓扇状地で氾濫し、さらに国道1号線に沿って流下し、国道49号線と交差した後に収斂してワングエフ川の地溝帯を抜けて海まで達した。発生源から70kmの地溝帯中流部に位置するコリアーズ橋において、ラハールの水位と土砂濃度を計測した。また発生後直ちに、河道横断面の測量とラハールによる河畔域の破壊状況を計測した。その結果、ラハールは段波を形成して流下し、コリアーズ橋では、段波先端部が到達した後わずか30分で4mの水位に達し、段波の通過後数時間で水位は逡減した。また、ラハールはピーク流量時に採水装置が停止するほどの高濃度の流体であった。ラハールの濃度成分は、扇状地上流で大・中・小礫成分が60%、発生源から39km下流のタンギワイ橋で粗砂、細・中礫で80%、70km下流で細砂から中砂が約80%と徐々に細粒化していた。河畔域では、草本植物は泥に覆われてすべて倒伏したが、木本植物は直径と生育位置に応じて選択的に折損または倒伏していた。

## 22-P-22

チリにおける細粒火山灰の輸送と堆積に関わる火山灰降下ハザード:数値的モデリングによる考察

Alvaro Amigo<sup>1</sup>, I. Matt Watson<sup>1</sup>

1. Department of Earth Sciences, University of Bristol / United Kingdom

2. Geological and Mining Engineering, Michigan Technological University / United States

e-mail:Alvaro.Amigo@bristol.ac.uk

アンデス山麓の地質構造区分モデルによって、完新世の広域的火山活動を地域区分することができた。アンデス山脈のチリにある部分だけに限って見ると、中部(南緯18度~27度)、南部(南緯33度~46度)、およびオーストラル(南緯49度~56度)の火山帯があり、それぞれの火山帯には有史時代(およそ18世紀から19世紀まで)に噴火活動をしている火山が、それぞれ13, 27, および4火山ある。チリの人口のおよそ90%が、南緯33度から42度に集中していることは注意しておくべきことである。これらの区分のすべてにおいて爆発的噴火が発生しているが、降下火山灰ハザードの研究は限定的にし行われてなかった。緯度と経度(南緯18度~56度、全長4,000km以上)によって大気循環が大きく変わるため、火山灰の拡散、輸送および堆積に一定のパターンではない。今回の研究では、遠方まで飛散して有害な火山灰蓄積をもたらすのはどのような噴火と大気循環状況においてかを、チリの各都市ならびにチリ国境に近いアルゼンチンとボリビアの各都市で評価することで、プリニー式の噴火のもつ潜在的影響を調査した。処理された気象データは移流拡散モデル(advection-diffusion model, TEPHRA)を用いて、細粒火山灰の輸送と地表累積量については粒子軌道計算を用いて解析した。噴火のパラメータは、各地域にある利用可能な記録から選定した。また、季節的および経年的な変動についても調査考察した。

## 22-P-23

### 砂防ダムの利用に関するムラピ山(インドネシア)の訓話

Gert Lube<sup>1</sup>, Shane Cronin<sup>1</sup>

1. Volcanic Risk Solutions, Massey University / New Zealand  
e-mail: g.lube@massey.ac.nz

砂防ダムは、火山活動ならびにそれ以外の地球物学的な重力流による破壊から人命ならびに財産を守るために、村落に近い谷の中に建設されることが少なくない。これらのダムは通常、谷の特定の区間に安定をもたらすが、火山泥流が運んできた岩屑などをその背後に蓄積させる恐れがある。水道管網や道路を含む別のインフラストラクチャを助けるために使われることも少なくない。また、その背後地で捕捉されている堆積物を採取し、建設用骨材に使うことで地元経済にもメリットをもたらすことができる。

一方、このような施設によって及ぼされる可能性のある悪影響として、流路を狭い「隘路」にし、また、ダム施設のある場所で川床を最大で10m(場合によってはそれ以上)も上昇させてしまうなどが挙げられる。いずれの影響も……偏流を招く可能性が高い高エネルギー流などに対して……河川の疎通能力を低下させる。今回、インドネシアのメラピ火山の南側山腹に位置するゲンドル(Gendol)川のケーススタディを紹介する。この川では最近、砂防ダムが建設され、河床が10m弱上昇した。また、ダム背後と上流数百メートルにわたる堆積物の埋積で、河床の縦断勾配が緩和された。2006年6月14日の12時と14時45分に溶岩ドームが部分的に複数箇所崩壊し、大きな火砕流が2度発生した。最初の火砕流はちょうど砂防ダムの所(4.5 km)で止まったが、2度目の火砕流は、源流か

ら7.5 km先にある最も大きな渓谷に最大径30mの角礫岩を堆積させた。2カ所の主な現場では、最大規模の火砕流が堤防を乗り越えた結果、堤防から最大で300m離れた地点まで、大量の角礫岩が運ばれた。最初の流出が起きたのは、流路が急カーブしている場所で、火砕流は当初、源流からおおよそ3kmの、人の住んでいない地域にある深い渓谷に進入していた。最も破壊的であった2度目の火砕流は、砂防ダム施設(源流から約4.5 km)を直撃し、砂防ダム上流100m地点で氾濫し、ここからカリアダム集落に流出し、2名の命を奪い、観測所、数戸の家屋や観光施設を破壊した。最も大量で大規模な氾濫堆積物の氾濫開始点は、カリアダムの砂防ダムのある場所だが、この原因が、初期の火砕流と噴火前の堆積で、砂防ダム背後の流路がふさがれていたことであるのは明らかと言える。これら火砕流堆積物の堆積学的な特性を、火砕流流下方向主軸と現地の地形・地質との関連から紹介するとともに、この種の火砕流が渓谷の外に出ることを最も容易に可能にする条件を幾何学的に解説する。この事例は、水系沿いのあらゆる場所に暮らす住民の生命を守る砂防ダムの有効性に影を落とす。この事例で現地が被った影響には、砂防ダム施設がもたらした急速な堆積と流路の変更が大きく作用している。

## 22-P-24

### シアトル・タコマ国際空港およびアンカレッジ国際空港における火山灰降下に対する準備体制ならびに対応

Christina Neal<sup>1</sup>, Michael Henderson<sup>2</sup>, James Jagulli<sup>2</sup>, Johanna Forkner<sup>3</sup>

1. U.S. Geological Survey, Alaska Science Center, Alaska Volcano Observatory, USA

2. Ted Stevens International Airport/USA

3. Seattle-Tacoma International Airport/USA

e-mail: tneal@usgs.gov

空港というものは、火山灰降下に対して特に脆弱である重要な社会資本の要素である。ほんのわずかな降灰であっても、業務が完全に制限され、地上の航空機に損傷を与え、換気、給水、電気などのシステムの維持に支障をきたす恐れがある。灰の除去は、費用がかかり、また、乾性した細粒火山灰の、研磨性と舞いやすい性質を増幅させない専門技術が必要とする。米国で複数の火山からの降灰リスクにさらされているのは、アラスカ州アンカレッジのテッド・スティーブンス国際空港(TSIA)とワシントン州のシアトル・タコマ国際空港(SEATAC)の2カ所である。最近では、2006年のオーガスティン火山の噴火でTSIAが火山灰の降下を受ける危機に直面した。また、1992年にはスパー山の噴火で、夏の忙しい旅行シーズン中に、アンカレッジ空港が20時間も閉鎖された。一方、SEATACは、セントヘレンズ山が現在、活動中であるため、降灰に対する準備体制を強化する状況が続いている。

いずれの施設も、事前の計画、必要な資源、緊急対応および火山灰の除去を詳しく定めた緊急対応計画を整備してきた。これらの計画に関する要点は、適切な保護装置および洗浄装置を準備すること、火山灰の取り扱いおよび処分、従業員

の安全およびスケジュール管理と、航空機の洗浄である。どちらの空港も火山が噴火し、降灰の可能性がある場合に、州もしくはその他の政府当局からの連絡ルートを確認に了解している。また航空交通への支障を最小限にとどめ、被害緩和のため事前に必要とされる行動を支援するよう、航空交通管制との通信プロトコルも整備されている。米国では降灰が起きることはめったになく、ほとんどの従業員がこの現象を実際に経験していない。そのため、火山学の専門家から意見やアドバイスを聞くことに加え、計画の頻繁な見直しならびに災害対応指導體制の強化を図ることを勧める。降灰に対する準備体制を整えることで、緊急対応計画と、地震や化学物質の流出など、その他の自然災害ならびに人災への対応への強化も可能となる。

## 22-P-25

### 火山危険度評価: 危険性と社会的脆弱性統合分析

Sara. L. Hayes<sup>1</sup>

1. School of Earth, Ocean & Environmental Sciences, Univ. of Plymouth /UK

e-mail:sara.hayes@plymouth.ac.uk

技術の進歩と環境現象に対する科学的知識の進展にも関わらず、自然災害による損失は増えているように見える。証拠を見ると原因は、深刻な自然災害の著しい増加によるものではなく、人間の脆弱化にあることが示唆される。つまり、人口の増加や貧困などの社会的圧力により極端な環境条件のリスクにさらされる人が増えるということである。現行の減災方策の多くは、火山災害の根底にある物理的プロセスに焦点を当てる反面、リスクの人為的要素や、これら要素が減災や緊急対応計画の策定に及ぼす影響を完全には考慮しない傾向にある。大半の管理戦略では、危険度地図を使用し、ある特定の強度の噴火にとまらう潜在的な危険性の分布についての情報を提供することに重点が置かれる。ところが、これらのマップには人口統計情報がごくわずかしき記載されておらず、社会経済的情報にいたってはほとんど盛り込まれておらず、地理情報システム (GIS) とリモートセンシングも限定的にしか利用されていない。火山リスク管理には、物理的ハザードと社会経済的な脆弱性の両方の評価を統合する、新しい概念のアプローチが求められる。今回の研究の目的は、GIS を使って米国のレーニア山とエクアドルのトゥングラワ火山の火山危険度地図を作成するための、このような学際的アプローチを開発することである。この開発は既存の文献および最新の火山ハザードマップを参考に、今回のケーススタディの対象となる 2 座の火山の地球物理学的特徴を探ることで進める。社会経済的に見て対照的なこの 2 つの地域を対象に、主な関係者にアンケートおよび半構造的面接を行い、人間の脆弱性を形作る社会的、文化的小および行動学的な要因を探る。この方法論的アプローチは、すでにトゥングラワ火山周辺地域で行った現地調査で採用している。また、減災と緊急対策を組み合わせた、このような手法をその他の自然災害および人的災害の管理に適用できるかどうかについても検討する。

## 22-P-26

### 火山噴火シナリオに基づく時系列ハザードマップの作成

安養寺 信夫<sup>1</sup>, 石原 和弘<sup>2</sup>, 武士 俊也<sup>3</sup>, 酒井 敦章<sup>1</sup>

1. (財)砂防・地すべり技術センター/日本

2. 京都大学防災研究所/日本

3. 国土交通省大隅河川国道事務所/日本

e-mail:nobanyoji@stc.or.jp

多様な噴火履歴をもつ火山では噴火現象や規模の予測が難しく、一律の防災対策だけでは噴火の推移に対応しきれない場面がある。解決法の一つとして噴火履歴調査に基づく噴火シナリオと、それに対応した防災対策ドリルを桜島において検討した。桜島の噴火は、数 100 年の休止期を挟んで発生する大規模噴火と、数 10 年間継続する断続的で中小規模のブルカノ式噴火に区分される。そのパターンから 13 通りのシナリオを設定して、それぞれの噴火推移に対するハザード想定と危険度マップを作成し、時系列で生起する災害の進展を示した。代表的な大規模噴火シナリオは、前兆現象から噴火切迫期を経て、噴石や降灰を伴う爆発的噴火が始まり、数時間後には火砕流発生、さらに数ヶ月継続する側火口からの溶岩流である。鹿児島県や鹿児島市では大規模噴火を想定した防災対策計画が詳しく立案している。噴火シナリオ、時系列ハザードマップを用いることにより、多様な噴火推移に的確に対応することが可能になる。総合的な火山防災対策を進めるために、関係各機関が噴火シナリオに基づく共通のルールによって防災対策に備えるべきである。

## 22-P-027

### 富士山噴火に伴う地域社会への影響と火山砂防計画について

石井 靖雄<sup>1</sup>, 石原 慶一<sup>1</sup>, 土屋 郁夫<sup>1</sup>, 安養寺 信夫<sup>2</sup>, 酒井 敦章<sup>2</sup>

1. 国土交通省富士砂防事務所/日本

2. 砂防・地すべり技術センター/日本

e-mail:ishihara-k85aa@cbr.mlit.go.jp

富士山の火山噴火に伴って発生する様々な災害現象が地域に及ぼす影響は、噴火履歴調査結果に基づく現象ごとの規模想定によって予想する。具体的には溶岩流などの力学的運動特性を反映させたモデルを用いた数値シミュレーションを実施し、建物などの資産データをオーバーレイして被害金額を見積もった。大規模溶岩流約 7 億 m<sup>3</sup> 3DRE が発生した場合、流下方向によって異なるが予想被害額は数千億〜2 兆円程度で、主要道路の途絶による間接的経済被害は 1 千億円程度、約 60 万人以上の住民や多くの工場、観光産業、日本の主要交通網などに大きな影響を与えることが明らかにされた。このような被害を軽減するために、富士砂防事務所

は火山砂防計画を検討している。砂防施設の配置による溶岩流、火山泥流、土石流の一部またはほとんどを捕捉し、下流への流量を減少させ、山麓部における氾濫面積の減少を図ることによって家屋等の直接的被害軽減や、市街地への到達時間を遅らせることによる住民らの避難時間の確保などによる防災対応を検討している。

2-3

23-O-01

ハワイにおける溶岩流災害の緩和策とその歴史

Jim Kauahikaua<sup>1</sup>, Frank Trusdell<sup>1</sup>

1. USGS Hawaiian Volcano Observatory, Hawai'i, USA  
e-mail:jimk@usgs.gov

ハワイでは 1912 年にトーマス・ジャガーがハワイ火山観測所を創設して以来、溶岩流による災害を緩和する多くの試みがなされている。ジャガー自身は溶岩流の方向制御や市や町に障壁を構築することを強く提唱していた。この構想はハワイ島最大の港町ヒロを守る有望な手段として 1980 年代に前向きに検討されたが、ハワイ島民間防衛局は、現在これを実現可能な戦略とは考えていない。1970 年代および 1980 年代には、相対的に危険地域を識別するために、ハワイ島に 9 区域、マウイ島に 5 区域の溶岩流による危険区域が定性的に定められた。そのマップには、新たに開発を行う場合に、危険な区域から離れた場所で計画することを促す目的があった。これらの危険区域は過去に溶岩流に覆われた比率に基づいていた。そのマップは事実上開発計画者からは無視されていたが、1992 年に公表された最新版のマップは、住宅所有者に対する保険料率と約款を決定するのに保険会社や住宅ローン会社により幅広く利用された。我々は現在、新しい年代値を入れた溶岩流ごとの最新の地質図を使用して、ハワイ島における溶岩流災害の確率論にもとづく予測図の製作作業を進めている。そのアルゴリズムでは、徐々に正確性が低下していく古い溶岩流の表示の補正を試みている。予備段階での結果は有望である。確率評価は複数の災害が発生しうる環境において、溶岩流災害と他の災害との直接的な比較を可能にするだろう。

23-O-02

土地利用と非常事態対応計画：セント・ヘレンズ山から得た教訓

Peter Frenzen<sup>1</sup>

1. USDA Forest Service, Mount St. Helens National Volcanic Monument/USA  
e-mail:pfrenzen@fs.fed.us

2004 年 10 月のセント・ヘレンズ山の火山活動の再開は、18 年に及ぶ休眠期に終止符を打ち、非常事態対応計画の最初の真の試金石となった。その計画は、1980 年 5 月 18 日の破壊的な噴火を受けて確立されたものである。24 時間の実況中継、そして史跡ビジターセンターやビューポイントに集まった数千人の来訪者は、連邦、州、および地方の関係当局者たちに重要な問題を提起した。科学者、土地管理者、法執行機関当局者間の緊密な連携と複数の行政機関による統一された指揮の下での事故指令システムの実施が、非常事態対応計画の取組みの成功における主な要因であった。

2004 年噴火の際の来訪者の適切な避難と、半径 5 km, 8 km, および 11km に緊急封鎖区域の実施は、1980 年の噴火を受けて連邦政府がセント・ヘレンズ山周辺の私有地や借地を取得したことで大幅に円滑化した。火山災害予測図は、セント・ヘレンズ国立火山史跡計画に取り入れられ、道路や施設は直接の危険区域外や山体に続く谷よりも高い位置にある尾根の頂上に設置された。ビジターセンターの屋根は火山灰降下と降雨を合わせた重量を支えられるように設計された。土地利用および施設計画は、生命や財産に対する潜在的危険性を大幅に軽減し、2004 年噴火時には、非常事態管理者は急速に進行していく噴火イベントや市民及び報道機関の対応に直面したが、このときの状況はかなり楽であった。セント・ヘレンズ山の例は、複数行政機関による対応計画の首尾よく適用と、火山近郊での公共インフラや観光開発の適切な配置のための火山災害予測図の活用について、説得力がある事例といえる。

23-O-03

土地利用計画を通じた火山リスクの緩和：それはひとつの選択肢か？

David M Johnston<sup>1</sup>, Wendy Saunders<sup>2</sup>, Julia Becker<sup>2</sup>, Graham Leonard<sup>2</sup>

1. Joint Centre for Disaster Research, Massey University, New Zealand  
2. GNS Science, New Zealand  
e-mail:david.johnston@gns.cri.nz

土地利用計画は頻繁に議論される話題であるが、危険度の高い世界有数の火山周辺であってもそれが実施されることはめったにない。人々の避難や(可能であれば)輸送可能な資産の撤去は別として、破壊的な火山災害を防ぐために、既存施設を利用する災害緩和策は、ほとんど、あるいは全くないのが現状である。しかしながら危険度の高い火山地域で永久構造物の建築を制限すれば、費用は安く抑えられ、効果的な被害緩和政策になる。火山災害リスク緩和のための土地利用計画の活用方法について、1) ニュージーランドにおける火山災害、2) 米国のレーニア山周辺に拡大する居住人口、3) エクアドルのコトパシ火山周辺の地域社会、という 3 つの事例研究に照らして議論する。増え続ける火山リスクの原因は、貧困、増大する人口、短期的経済発展、地方・中央の政治、および地域社会のリスク認識の欠如など、複雑に関わり合う社会的、政治的、経済的要因に帰することができる。これらの障

害の克服は絶え間ない挑戦であり、土地利用計画は成長する地域社会が抱えるリスクを軽減するための主要な支援策である。

## 23-O-04

### 東京・首都圏におけるテフラ降下の確率論的にみた危険性と その結果

Christina R Magill<sup>1</sup>, Miho Yoshimura<sup>2</sup>, Naomichi Miyaji<sup>3</sup>, Hiroshi Machida<sup>4</sup>, Kazuo Takahashi<sup>5</sup>, Kimiro Meguro<sup>2</sup>, K John McAneney<sup>1</sup>, Takashi Mikajiri<sup>6</sup>, Masako Ikeda<sup>6</sup>

1. Risk Frontiers, Division of Environmental and Life Sciences, Macquarie University /Australia
  2. International Centre for Urban Safety Engineering, Institute of Industrial Science, University of Tokyo /Japan
  3. Department of Geosystem Sciences, College of Humanities and Sciences, Nihon University /Japan
  4. Professor Emeritus, Tokyo Metropolitan University /Japan
  5. Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Nagasaki University /Japan
  6. Tokio Marine & Nichido Risk Consulting Co. Ltd. /Japan
- e-mail:cmagill@els.mq.edu.au

1707年の富士山宝永大噴火の再発は東京・首都圏に深刻な経済的打撃をもたらし、日本や世界経済にもその効果が波及すると思われる。しかしこのような事象が起きる確率はどのくらいなのか？可能性のあるシナリオに対して東京は備えるべきなのか？我々は首都圏の火山に対する、確率論的にみた危険性と損失モデルの開発の初期段階について提示する。

このモデルはテフラの確率論にもとづく拡散シミュレーションと脆弱性に関する研究を組み合わせたものであり、さまざまな空間分解能に対して、公開情報の入力を可能としている。それぞれのモデルが作動すると、相応する確率および損失統計により何万件ものシナリオが生み出される。

富士山および箱根火山のテフラ降下の危険性は並列コンピュータ技術を使ってシミュレートされている。宝永の大噴火をはじめ、よく研究された噴火イベントの地質データを使って詳細なモデル較正が実施されている。気象条件を表すパラメータは無作為に抽出され、そして火山学的なパラメータは、過去の活動の範囲や近年の噴火傾向を記述するように、また予測不可能性を説明するように様々に設定されている。

我々は1991年の雲仙火山の噴火、および鹿児島市と垂水市に影響を与え続けている現在の桜島火山からのテフラ降下を含め、過去の火山活動事象の影響を検討している。また首都圏の建物の広範な調査を実施し、建物の状態、屋根の構造、および地面からの開口部高さなどのデータを収集した。これらにより、テフラ降下や土石流に対する脆弱性に関して地理学的に地域を分類することが可能になるであろう。

## 23-O-05

### 平成12年有珠山噴火災害復興計画における土地利用

山中 漠<sup>1</sup>

1. 壮瞥町役場総務課 / 日本
- e-mail:tanabe.toshiya@town.sobetsu.hokkaido.jp

有珠山は1663年以降、9回の噴火が記録されており、20世紀には4回目噴火している。2000年の噴火は、極めて小さな活動だったが、火山と人の居住域が近接していることから被害は甚大で、防災拠点(消防本部)を含め公共施設が被災した。

20年から50年を周期として繰り返される有珠山周辺では、次の噴火に備える減災まちづくりが重要である。2001年に北海道と周辺市町が定めた「噴火災害復興計画」では、ハザードマップ情報を基に、土地利用計画を定め、1977年噴火以後の課題であった小学校や病院等が、より安全な地域へと移された。

有珠山周辺で行われている、火山と共生する街づくりを紹介する。

## 23-O-06

### 噴火災害と土地の嵩上げによる集落再建

木村 拓郎<sup>1</sup>

1. (株)社会安全研究所 / 日本
- e-mail:kimutaku@e-riss.co.jp

長崎県島原市の安中三角地帯は、雲仙普賢岳の噴火に伴う土石流によって集落の大半が埋没した。このため個人による復興は不可能となり、地域の住民は、恒久的な安全性と環境などを考慮して、地域を全面的に嵩上げすることにした。しかし、この復興は既存の公共事業ではできないことから、前例のない事業手法が採用された。その結果、住民が熱望した集落再生は予定どおり実現した。今回は、その事業手法と教訓を紹介する。

## 23-O-07

### わが国における被災者支援

山中 茂樹<sup>1</sup>

1. 関西学院大学災害復興制度研究所/日本
- e-mail:s-yamanaka@kwansei.ac.jp

わが国の自然災害からの復興は、長らく都市復興であり、被災者の復興は自力再建が原則とされてきた。ことに住宅は典型的な私有財産であり、公的支援にはなじまないとして、地震保険への加入が督促される程度であった。ところが、雲仙普賢岳噴火災害、さらには阪神・淡路大震災で高齢化時代における災害復興の難しさが浮き彫りとなった。住宅を自力再

建できないお年寄りらは、市街地から遠く離れた仮設住宅や復興公営住宅への入居を余儀なくされ、コミュニティから切り離された結果、孤独死や痴呆化、アルコール依存症の増大などが社会問題化した。このため、住宅の再建なくして地域の復興はないという、被災地の声が大きくなり、被災自治体や市民組織の運動が高まって1998年、被災者生活再建支援法として結実。さらに2004年には同法に居住安定支援制度が加わり、一定の成果は挙がるようにはなった。しかし、同法が依然、住宅本体への支援はできない仕組みになっていることや生業支援の手だてが少ないことなどから、巨大災害の時代を迎え、被災者支援システムの枠組みを構築していくことが急務とされている。

## 23-P-01

### アイスランド南部ウェストマン諸島、ヘイマエイでの土地利用と計画

Armann Hoskuldsson<sup>1</sup>, Thorvaldur Thordarsson

1. Institute of Earth Sciences, University of Iceland

2. University of Edinburgh

e-mail: armh@hi.is

1973年1月、アイスランド南部ウェストマン諸島のヘイマエイ島で噴火が始まった。ヘイマエイ島は、諸島最大の面積をもち、唯一人が住んでいた島である。噴火は、漁業で栄える村の約3分の1に及ぶ広い地域で始まった。このときの災害の規模は、近年のアイスランドでは見られないものだったが、一方で、それは火山を有する国が自然に対して十分に注意を払うべきということをまさに示した噴火であったといえる。約6ヶ月続いた噴火により、島の東半分はほとんど溶岩流で覆われ、島の面積は2km<sup>2</sup>ほど広がった。噴火の直後は、新たな溶岩が海水と接触することにより水蒸気を発生していたため、新しい土地は熱資源として利用された。しかしこの活動は約20年で終わり、それ以降は新しくできた土地と溶岩はほとんど注目されなくなった。その約20年間、新たな溶岩で覆われた地域に対する正式な利用計画がなかったことから、島民はゴミの廃棄と砂利採掘にその地域を利用するようになった。この数年間では新たな計画が採用され、新しい溶岩がレクリエーション地域や工業地域、砂利採掘地域などに分割された。噴火後しばらくはほとんど見向きもされなかった新しい土地であるが、新しい土地の評価が島民の間に生まれたのである。しかし、島の徹底的な危険度の分析も行わなければならない。

## 23-P-02

### 火山災害に対する土地利用計画の問題と機会：ニュージーランドの事例研究

Julia S. Becker<sup>1</sup>, Wendy S.A. Saunders<sup>1</sup>, David M. Johnston<sup>2</sup>, Graham S. Leonard<sup>1</sup>

1. GNS Science, P.O. Box 30368, Lower Hutt, New Zealand

2. Massey University, School of Psychology, Wellington Campus, New Zealand

e-mail: j.becker@gns.cri.nz

ニュージーランドにはおびただしい数の活火山が存在する。例えば、オークランド市の真下に広がる玄武岩質の火山地域、北島の安山岩質の円錐火山、北島中央に位置する非常に破壊的な流紋岩質カルデラ群などである。結果として、ニュージーランドは火砕流、火砕サージ、火山泥流、岩屑なだれ、溶岩流、および降灰などのさまざまな火山災害に見舞われる。北島周辺地域のマッピングは、多くの火山がもたらす危険を識別するために役立っており、これらの危険情報は災害予測図という形で示されている（例えば、オカティナ火山、ルアペフ火山、タラナキ火山などがある）。市や町の多くは、識別された火山災害地域に沿っていたり、その近くに位置している。都市部の中には火山噴火の影響（例えば、降灰や火山泥流）を緩和すべく、土地利用計画をかなり上手に導入している所もある。それ以外の市や町は壊滅的な被害（例えば火砕流による被害）を免れないおそれがある。このような事象に備えた計画を立てることは困難であろうが、それでも土地利用技術を使用することで何らかの成果が得られると考えられる。

したがって、ニュージーランドでは火山災害を緩和するための土地利用計画イニシアティブを採用する機会が依然として残されている。火山災害予測エリアが特定されている場合には（例えば、マッピングを通じて）、土地利用による緩和措置には下記の事項が含まれる。

- 災害予測エリアにおける新しい開発の全面的回避
- 火山災害予測エリアの居住人口を最小限に抑えるための低密度の開発-既存の開発エリアでのさらなる土地分譲の制限または最小限化
- 危険地域外での主要施設の設置
- 降灰の影響を最小限に食い止めるための良好な都市計画
- 噴火後の火山岩屑処理のための計画
- 他の土地利用復旧時の計画
- （例えば、警報、避難等を通じて）残存している危険性を緩和するための土地利用計画と危機管理対策との連結

この発表では、ニュージーランドの火山地形、およびそこに存在する火山が引き起こす危険とリスクについて論じる。次に、いくつかの事例研究にもとづき、このような環境での火山災害に対応するために導入された土地利用を通じた災害緩和策について議論する。最後に、火山災害対策のための土地利用計画に関連する問題について議論し、許容リスクという概念の検討、他の自然災害と比較したときの火山特有の問題への対策の優先化、そして、火山災害に対する計画が広く受け入れられるためにはどのような障害を克服する必要があるかについて検討する。

## 23-P-03

### 長期化・大規模化した雲仙噴火災害に学ぶ都市施設の整備に関する研究

高橋 和雄<sup>1</sup>

1. 長崎大学工学部/日本

e-mail:takahasi@civil.nagasaki-u.ac.jp

長期化・大規模化した雲仙岳の火山活動は商工業、農業などの地域経済に深刻な影響を与えた。島原地域において、長期化した火山災害に対応できる都市施設を整備することはきわめて重要である。道路、鉄道、電力、上水道、電気通信、都市ガスの管理者は火山噴火の危険性を認識して、施設を防御するための対策を検討した。また、実際に土石流や火砕流が施設を襲った後には、緊急対策や恒久対策を立案した。

この報告では、雲仙火山災害に対する都市の社会基盤システムの緊急防御対策、被害、応急対策及び恒久復興対策と社会的影響をまとめるとともに、検討をしている。また、都市の社会基盤を改善する対策に関する地域のニーズを知るための調査もなされ、解決すべき課題や教訓がまとめられている。研究の結果として、噴火災害から都市施設を守るためには、都市施設の配置や火山地域での災害に対する事前対策が重要であることを示した。

## 23-P-04

### 雲仙噴火以降の地形変化と植物活性度変化との関係

黒木 貴一<sup>1</sup>, 磯 望<sup>2</sup>, 後藤 健介<sup>3</sup>

1. 福岡教育大学教育学部/日本

2. 西南学院大学人間科学部/日本

3. 長崎大学熱帯医学研究所/日本

e-mail:kuroki10@fukuoka-edu.ac.jp

本研究では、雲仙を対象に 1)空中写真による火山活動の影響範囲の判読, 2)地形図による標高変化の分析, 3)人工衛星データによる植物活性度変化の分析, を通じて火山活動の影響と植生変化との関係を明らかにする。それをポスターで発表する。

雲仙噴火活動により周辺の森林や農地は破壊され山は荒廃した。火山活動の影響範囲は、20km<sup>2</sup>以上に及ぶ。そこは厚い火砕流被覆域、薄い火砕流被覆域、倒木域、枯死域、土石流域、ガリ、降灰域、溶岩ドームに区分できる。溶岩ドーム形成、火砕流と土石流の堆積により多くの場所で標高が上昇した。一方、侵食が強まり標高が低下した場所も見られる。植物活性度の低下する1988年から1996年までと、植物活性度の回復する1996年から2001年までの活性度の変化地図を作成した。両地図を重ね合わせ、1988年から2001年までの植物活性度の変化域を9区分した。この区分は火山活動の影響範囲の区分と近似し、斜面方位あるいは標高の変化とも関連が見られる。このように植物活性度変化と地形との関連は、その流域における長期的な土地利用計画の参考になると考える。

## 23-P-05

### 富士山における雪代災害

後藤 聡<sup>1</sup>, Agustian Yanyan<sup>1</sup>

1. 山梨大学 大学院医学工学総合研究部/日本

e-mail:goto@yamanashi.ac.jp

富士山の表層はスコリアと呼ばれる黒い火山礫や溶岩等から成っている。富士山に積雪があると表層のスコリア地盤の間隙の水が凍り、その後積雪量が増加する。しかし、富士山は太平洋側に位置するため急な気温上昇が起きる場合があり、気温が急上昇すると雪が融けはじめる。さらに降雨があると、表層のスコリア地盤には凍土面があり、雨水や融雪水はスコリア地面に浸透せずに、凍土面上を降雨が流れ始める。その時にまわりの雪やスコリアをまき込んだ雪泥流が発生する。雪泥流は、土砂、巨礫、木等をまきこんで土石流に発達することがある。積雪時の急な気温上昇および降雨により雪代が発生する可能性が高いが、そのメカニズムを実際に検証した例はこれまでにほとんど報告されていない。2004年12月5日未明～早朝にかけて、富士山有料道路(スバルライン)および富士宮市大沢川を中心に雪代が原因による土石流が発生した。また2007年3月25日において、富士山の静岡県側で大規模な雪代が発生した。これらの災害について報告する。さらに、スコリアの低拘束圧時の三軸圧縮試験を実施して、スコリアの変形強度特性について考察する。

3-1

## 31-O-01

### 行政・科学者・住民・メディアの連携による火山リスク軽減策…有珠山での努力継続を省みて

岡田 弘<sup>1</sup>

1. 環境防災総合政策研究機構北海道/日本

e-mail:hokada@npo-cemi.com

1977年有珠山噴火では、地元行政と科学者の関係は良好とはいえ多くの困難があった。ハザードマップ拒絶が続いた。ルイス山などの災害で、科学者達は社会支援の役に気づいた。雲仙岳で地域社会は火砕流の怖さに気づいた。ハザードマップは役立つのか、何時間前に噴火を教えてもらえるのか、観光業者達も観測所を訪れ始めた。奥尻の津波災害や、1995年の国際ワークショップやハザードマップ全戸配布、また多くの文化的な活動の中で、壮瞥町を中心に、次期噴火への人的ネットワークが築かれた。地域社会での連携の効果は、2000年噴火における実績となった。噴火を前提とした、新たな街づくりと、火山を学び親しむ取り組みが現在も継続している。

## 31-O-02

### カンピ・フレグレイ地域(南イタリア)における火山リスク認識

Franco Barberi<sup>1</sup>, Matthew S. Davis<sup>2</sup>, Roberto Isaia<sup>3</sup>,  
Rosella Nave<sup>3</sup>, Tullio Ricci<sup>1</sup>

1. Dip. Sc. Geol., Univ. Roma Tre / Italy

2. Psychology Dept., Dominican Univ. of California/USA

3. INGV Osservatorio Vesuviano Napoli /Italy

Dip. Sc. Geol., Univ. Roma Tre / Italy

e-mail:rosella@ov.ingv.it

ナポリの都市の一部を含んでいるカンピ・フレグレイは、1538 年に最後に噴火した。しかし 1969-72 年、そして再び 1982-84 年に強力な隆起に関連した 2 回の地震危機が発生しており、ポッツオーリの街に住民避難を行わせた。1984 年以降、火山非常事態計画の策定が進行中であり、2000 年に市民保護当局者は居住者を噴火の前に避難させる必要があるレッドゾーンを規定した。カンピ・フレグレイ地域内に住んでいる住民の火山リスク認識を評価するための最初の研究は、2006 年夏に完了した。46 項目からなるアンケートが総学生、親、および大人の一般市民からなる 1,161 人のサンプルによって記入された。結果は、カンピ・フレグレイのほとんどの居住者がベスピオによってさらされている火山の脅威を認識している一方で、同地域のより地元性の高い火山の危険には通じていないことを示した。回答者はまた、地震と地面の変形は噴火現象よりも深刻な脅威であると記した。極めて重要なのは、サンプルの 17%しか非常事態計画を認識しておらず、65%が噴火によって生じる影響について十分な情報を得ていないと答えたことである。さらに、より強力な地域意識をもつ居住者は、潜在的な噴火に対処する科学者や政府当局者の能力により大きな信頼を表した。この研究は、地方自治体関係者、科学的コミュニティおよび市民などの間の強い協力関係において遂行されるリスク軽減戦略の計画策定と行動を改善するための有用なツールと見なされている。

### 31-O-03

ガレラスおよびネバド・デル・ウイラ火山の噴火による火山危機管理についてのコロンビアの経験

Marta Calvache<sup>1</sup>

1. Subdireccion de Amenazas Geologicas, INGEOMINAS, COLOMBIA

e-mail:mcalvache@ingominas.gov.co

この 3 年間に、コロンビアは 2 つの火山の噴火に見舞われた。ガレラスは 2004 年 8 月と 11 月、2005 年 11 月、および 2006 年 7 月に噴火し、ネバド・デル・ウイラ火山は 2007 年 2 月と 4 月に噴火した。どちらの火山危機においても、災害の防止と注意に関する国家システムが危機管理の状況の前面に立った。このシステムは、火山の再活性化の間に異なるすべての局面をカバーするために協調して作業する諸機関間チームとして計画されている。この報告の目的は、これらの危機発生および危機発生以前の期間における火山の監視と危険度評価の責任機関としてのコロンビア火山観測所の経験を共

有することにある。

ガレラス火山では、3 度にわたって約 8,000 人が避難を命じられたが、ほとんどの住民の反応は非常に少なかった。それらのうち 2 度の避難では、噴火が起こったが、深刻な結果を生じるものではなかった。ネバド・デル・ウイラ火山の活動は、2 度にわたる約 2,000 人の避難の原因となった。そのいずれの場合も噴火が発生して、パエスおよびシムボラ川流域に火山泥流を起こさせた。2 月の噴火では、流域の最上流部のみに影響を及ぼした小規模な火山泥流が生じたが、4 月の 2 度目の噴火は 19 の横断歩道と 3 本の橋を破壊し、約 120 km を移動してコロンビア川の主流まで達したが、死者も負傷者も出なかった。

火山の危険と活動が異なっていたとはいえ、住民の対応は両方のケースで全く異なっていた。異なっていたのは避難への対応、加えて他の場所に移転されるという考え方への反応であった。コミュニティ内での危険およびリスクの認知は、火山危機に加え、社会組織および政治的見解を管理する作業を容易にするか否かの主な局面の 1 つなのである。

### 31-O-04

「火砕流」という語がいかにして市民の間に定着したか

荒牧 重雄<sup>1</sup>

1. 山梨県環境科学研究所 / 日本

e-mail:aramaki.shigeo@fine.ocn.ne.jp

雲仙普賢岳の噴火の際、1991 年 6 月 3 日に起きた火砕流による 43 名の死亡事故は、「火砕流」という、まったく新しい言葉を日本国民の間に定着させた。1977 年有珠山の噴火の際にも火砕流発生の可能性は現場の研究者の間では憂慮されていたが、防災担当者の間では「火砕流」という発言に反対する声が大きかった。火砕流の概念はあまりにも衝撃的であり、発生の確実性は不明であったので、研究者の間でも、私を含めて発言を躊躇するものが多かった。雲仙噴火の際には、火砕流の発生が研究者の間で確認された時も、公表には疑問の声があった。私は「小規模」という語を加えれば、衝撃をやわらげられだろうと提案し、そのように公表された。しかし、悲劇の後、「小規模」という形容詞がついたために、危険性が過小に見られたとの批判が出た。強調すべき点は、5 月 25 日にはじめて「火砕流」という語が公表された直後に、マスコミ各社は速やかに「火砕流とはどのような現象か」の解説をニュースで流した。火砕流の生々しい空撮ビデオの効果にも助けられて、また 6 月 3 日の悲劇によりさらに効果的に、「火砕流」という概念は、この事件以後、市民の間に定着した。

### 31-O-05

2006 年アラスカ州クック湾オーガスティン火山の噴火時におけるアラスカ火山観測所の情報管理システム

Jennifer N. Adleman<sup>1</sup>, Seth F. Snedigar<sup>2</sup>

1. USGS Alaska Science Center, Alaska Volcano Observatory / USA
  2. Alaska Division of Geological and Geophysical Surveys, Alaska Volcano Observatory / USA
- e-mail:jadleman@usgs.gov

アラスカ火山観測所 (AVO) は、米国地質調査所、アラスカ州立大学フェアバンクス校地球物理学研究所、アラスカ州地質地球物理調査所の共同運営機関である。オーガスティンの噴火時における AVO のパートナー間の、そして一般および非常事態対応者との情報フローは、AVO のウェブサイト、電子メール、ファックス、会合、および電話を通して実現された。内部用の AVO ウェブサイトは、アンカレッジとフェアバンクスの全 AVO オフィスに、大量のモニタリング情報への高信頼度・高速のアクセスを提供した。一般用の AVO ウェブサイトでは、一部のリアルタイムのデータセットが1時間ごとに更新され、多くの非常事態対応者、民間人、および航空・気象学の専門家が、自宅や勤務先にいながらにして、ほぼリアルタイムで噴火の状況を把握することができた。AVO のオペレーションセンター(Ops)は、情報の収集と発信を行うとともに、メディアのインタビューに対応する中核となった。Ops は、2006 年 1 月 10 日から 5 月 19 日まで、オーガスティン火山の監視活動のハブになった。23 人の AVO 職員と他の USGS 火山観測所からの 12 人の追加の科学者が Ops のスタッフを務めた。3 つの全ての協力機関において、電話や電子メールでの問い合わせに対する包括的、均一的かつタイムリーな対応を行うために、AVO のスタッフは厳しく吟味したリソースをバインダーに編集して各 Ops 室内電話の側に置き、内部用の AVO ウェブサイトを通じて利用可能なようにした。内部用 AVO ウェブサイトの観測ログによって、ユーザーは衛星経路から地震活動までのどのような情報についても、検索可能なデータベースに入力することができた。その上、Ops に勤務する人員は、内部用ウェブサイトの書式を利用して、活動についてのタイムリーな要約を直接ウェブに掲示し、サイトが常に最新の状態になるようにした。ウェブサイトと Ops は、2006 年のオーガスティン噴火時に AVO の情報管理システムの屋台骨となり、観測所内の最新情報への迅速で容易なアクセスを、非常事態の管理者と一般の人々に提供した。

### 31-O-06

#### 報道機関と連携した岩手山噴火危機対応

齋藤 徳美<sup>1</sup>, 土井 宣夫<sup>2</sup>

1. 岩手大学 / 日本
  2. 岩手県総務部総合防災室 / 日本
- e-mail:saito@iwate-u.ac.jp

1998年に火山性地震が頻発し、噴火の可能性が指摘された岩手山では、研究者・行政機関・報道機関・住民が連携して地域の安全を守る「減災の4角錐」体制が模索され実践された。その活動を通じて、情報の源である研究者、行政関係者と地域へ情報発信する報道関係者との信頼関係の醸成が重要であることが改めて認識された。

岩手では、火山知識のない記者への個別の説明、新聞社・テレビ局での社内研修、公的な委員会の公開や詳細な記者レクなどを通じて、報道関係者の火山や防災への認識を深める努力が繰り返し行われた。また、研究者や防災関係者が個人の資格で集う「岩手ネットワークシステム(INS)岩手山火山防災検討会」での火山観測情報の徹底的な公開や報道関係者からの提言などを通じて、研究者、防災関係者との信頼関係が築かれた。そして、地域の安全に役立つかが情報の価値を決定する基準、との共通認識が培われ、火山活動や防災対策の正確で迅速な情報が地域に発信されることとなった。

行政関係者と同様に報道関係者も異動する中で、地域の安全を守る認識をいかに継続して持ち続けるかが課題である。」

### 31-O-07

#### ニュージーランドの全災害に関する防災対応: 火山危機管理に向けた協力と相互的支援

Jo Horrocks<sup>1</sup>, Graham S. Leonard<sup>2</sup>, Peter Wood<sup>1</sup>, David M. Johnston<sup>2</sup>, Richard Smith<sup>1</sup>

1. Ministry of Civil Defence & Emergency Management, New Zealand
  2. GNS Science, New Zealand
- e-mail:jo.horrocks@dia.govt.nz

ニュージーランドの火山災害は、2002 年防災対応法の下で管理される。同法および関連する防災計画は、防災対応省(MCDEM)、より広範囲にわたる「全政府的」対応、および地方の防災対応(CDEM)グループの活動を規定する。災害は軽減、準備、対応および復旧の表題の下で管理されており、ニュージーランドは防災対策の計画策定に、主に「機能的な」全災害型アプローチを意図的に採用している。これは、例えば警報や避難勧告の発動が可能な種類の危険事態(例えば火山、津波、山火事、テロリズム)のすべてにわたって転用可能な警報・避難対応手順を意味する。あるハザードに特有の詳細を、機能計画内のハザード別表題の下に網羅することが可能であり、いくつかのケースではハザード別の不測事態対応計画が策定されている。

災害の発生は、一連の国および国際機関によって探知される。火山災害監視は、GNSサイエンスによって運営され、震災委員会によって中核的な資金拠出が行われるジオネットプロジェクトの管轄下にある。火山警報はジオネットからMCDEMにもたらされ、次に国家警報システムを通じて地方のCDEMグループに送られる。CDEMグループは、地方、地区および市の議会、また、警察、消防および医療を含めた救急サービス、さらにライフライン施設の運営担当者から構成される。MCDEMの任務は、CDEMに災害に対応するための手引きと資源を提供することである。

すべてのレベル(国、地域、地方)で、CDEM当局、研究機関、メディア、および市民グループ間における危機対応を計画および実行するための協力は、災害の効果的な管理を達成する上で不可欠である。例えば、最近(2006年)のテレビお

およびラジオネットワークとの国家協力協定は、地域および地方レベルでの準備を補完する。災害の間に行動しなければならない機関のための計画策定は、「準備と対応」活動に分類される一方で、これらの機関を CDEM 構造を通して災害の軽減および復旧計画プロセスに関与させることにより、国家にとってははるかに強固で包括的なリスク削減戦略を作成することができた。

### 31-O-08

#### アンデスにおける地球科学知識の防災行動への転換: MAP: GAC の経験

Jorge Munoz<sup>1</sup>, Leonardo Cari<sup>1</sup>, Viviana Portales<sup>2</sup>, Ines Segura<sup>2</sup>, Lionel Fidel<sup>3</sup>, Victor Carlotto<sup>3</sup>, Jersy Marino<sup>3</sup>, Luisa Macedo<sup>3</sup>, Rosario Quispe<sup>4</sup>, Raul Luna<sup>4</sup>, Ana Arguedas<sup>5</sup>, Catherine Hickson<sup>6</sup>, Mike Ellerbeck<sup>6</sup>, Fernando Munoz Carmona<sup>7</sup>

1. SERNAGEOMIN, Chile

2. Ilustre Municipalidad de Puerto Octay, Chile

3. INGEMMET, Peru

4. PREDES, Peru

5. INDECI, Arequipa Peru

6. Geological Survey of Canada, Canada

7 Consultant Community Communication PMA GCA

e-mail:chickson@nrcan.gc.ca

地球科学研究機関と、特に火山観測所が直面する課題の 1 つは、彼らが生み出す知識の防災行動への転換である。1985 年のコロンビア・ルイス火山の悲劇的な噴火のような過去の経験は、データ伝播の標準的な手段だけに依存することが防災の成功を制限することを示した。さらに、科学者と科学研究機関は、意思決定過程を特徴付ける政略に満ちた雰囲気から頻繁に(しばしば意図的に)引き離される。関与を怠ることで、科学者と科学研究機関は、「科学を行動に変える」、そして地球科学知識が持つ社会的意味合いを示すという決定的な局面に参加することができなかった。多国籍のアンデス山脈プロジェクト:アンデス山脈地域の地球科学(MAP: GAC)は、アルゼンチン、ボリビア、カナダ、チリ、コロンビア、エクアドル、ペルー、およびベネズエラの国内地球科学機関との連携により、カナダ国際開発局によって提案されて資金提供されているイニシアチブである。MAP: GAC は、地球科学の研究機関が防災と危機管理に科学知識を割り当て応用するのに必要な資源の制約とプロセスを学んで、よりよく理解する機会を提供している。チリとペルーの活火山の近くに居住する地域住民は、各々の地質調査所、当局、およびその他の民間ならびに政府組織と交流(コミュニケーション)してリソースを共有し、防災のために火山学的、人的および社会的知識を生成、移転し、割り当て、応用している。結果として両国において地域組織が強化された。非常事態計画が提案されて、実施され、現在では長期の教育的戦略がしかるべく機能している。

### 31-O-09

#### 三宅島 2000 年噴火とウェブジャーナリズム

千葉 達朗<sup>1</sup>

1. アジア航測株式会社/日本

e-mail:ta.chiba@ajiko.co.jp

インターネットの電子掲示板は、利用者が誰でも自由に書き込める N:n の即時情報交換を可能とするものであり、火山防災に役立つと考えられている。

2000 年 6 月に始まった三宅島噴火は、約 20 年周期で発生してきた山腹割れ目噴火と異なり、島の中央部に直径 2km 深さ 450m のカルデラを形成しながら、マグマ水蒸気爆発を繰り返す展開となった。島内の広範囲に細粒火山灰が堆積し、雨のたびに土石流が発生した。噴火は徐々に収まるという予想を裏切り、逆に規模が大きくなり、島民の不安も大きくなっていった。

電子掲示板「ある火山学者のひとりごと」は、火山研究者同士の情報交換板であったが、三宅島噴火が始まったところから、島民と火山研究者の情報交換も行われるようになった。噴火が激しくなるとともに書き込みが増え、やがて全国の市民も巻き込んだ大きな社会現象となった。最も多かった 8 月 29 日の書き込みは 250 件で、アクセスは約 10 万件に達した。島民からの情報は、マスメディアを経由していない詳細なものであった。掲示板上的議論は激しく、大噴火の危険性を訴え、島外避難を呼びかけるコンセンサスが生まれた。

8 月 29 日の火砕流発生のおわずか 2 時間後に決定的な写真が掲載され、島外避難の決断材料となった。掲示板には、激しい感情表現やデマなども書き込まれたが、管理者の断固たる削除によって掲示板は機能し続け、ジャーナリズムとして火山防災に寄与したと評価を受けた。

### 31-O-10

#### エクアドルのトゥングラワ火山における持続可能なリスク軽減を達成するための科学的および社会的構成要素の結合

Hugo A. Yepes<sup>1</sup>, Edgardo Bartomoli<sup>2</sup>, Pablo A. Samaniego<sup>1</sup>, Patricia A. Mothes<sup>1</sup>, Patricio A. Ramon<sup>1</sup>, Diego Barba<sup>1</sup>, Santiago Arellano<sup>1</sup>, David R. Rivero<sup>1</sup>, Daniel Andrade<sup>1</sup>

1. Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional / Ecuador

2. Catholic Relief Services CRS, Quito / Ecuador

e-mail:hyepes@igepn.edu.ec

トゥングラワの噴火は現在 8 年目に入っており、IGEPN(エクアドル地球物理研究所)による火山の 24 時間体制の監視は一度も中断したことがなく、このゾーンにおける IG 科学者のフルタイムの存在が途絶えたこともない。科学者の仕事は通常監視と当局への技術的援助に限定されると見られるが、数年の歳月を経て、科学者と地域の間にはそれとは異なる関係

が発展してきた。「トウングラワに影響を受けた地域:活火山近傍での生活のリスク緩和」を意味する DIPECHO-CRS-CAFOD プロジェクトは、地元の人々による、確実な地域社会に根ざしたリスク軽減を進展させようと試みた。この過程を通じて、リスクを抱える農村地域は、火山噴火の影響、危険ゾーン、安全地帯、および自前の防御手段を知るようになった。グアダルルーペの地方火山観測所に本拠地を置く地球物理学研究所の研究員はこの過程における重要な当事者となり、農村住民の洞察に耳を傾けるとともに、火山についての情報を地元の人々に伝達し共有した。トウングラワとそのリスクについての認知の共有を通して、この過程は住民と科学者間で活発になった。IGEPN は多数の非公式の夜会合を開き、地域のほとんどのメンバーが参加するようになり、地域で多くの信頼を勝ち得た。この経験は、住民が早期警戒システムを備える必要性を実感し、それによって科学的情報がとても貴重なものであると理解するのに役に立った。住民の理解は、VEI 2 および 3 の噴火に先立つ 2006 年 7 月と 8 月に試された。地方自治体と住民は、科学者から火山の脅威についてのアドバイスを聞き、高危険ゾーンから効率よく避難し、生命の損失を防いだのである。このような成功は、科学者が地域のためにではなく、地域とともに仕事をしたので可能になった。科学者と地域が緊密に作業するという考え方、同じ場所に火山科学者が常にいることと地域への同化、それに加えて当局の同化は、エクアドルのリスク管理の新しいモデルを生み出した。

### 31-O-11

#### 米国ワシントン州ピアス郡における火山リスクを削減するための鍵となった協力的コミュニケーションの努力

Jody Woodcock<sup>1</sup>

1. Pierce County Department of Emergency Management, Pierce County/Washington  
e-mail:jwoodco@co.pierce.wa.us

有名な映画のせりふが一言ですべてを語っている、「ここで問題になっているのは、コミュニケーションの不足なのだ」。何度も繰り返し語られてきた教訓である。問題はしばしば「縄張り」である。複数の機関が協力的なやり方で働くために縄張りを乗り越えるのは非常に困難なことになり得る。ピアス郡では 10 年以上前に、レーニア火山の火山リスクに共同で対処するために、様々な機関、管轄官庁、科学者、および地域住民をひとつにまとめた作業グループが形成された。この作業グループのリーダーとして、ピアス郡危機管理局は、火山危機と他の危険の際に効果的な対応をするために、協力、相互支援、およびコミュニケーションに依拠した種々のプロジェクトを実施してきた。こうした取り組みの 1 つの PCWARN は、ポケットベル、携帯電話、および電子メールを利用して、ほんの数分間で数多くの利用者に情報を広める警戒および警報メカニズムである。もう 1 つは ACU 1000 と呼ばれるもので、(周波数にかかわらず)無線、電話、そして携帯電話が同時にシームレスに作動することを可能にする、より専門的なアプリケーションである。ごく最近、我々はあらかじめ指定された地理的エリア内の

各家庭および会社に電話連絡をする、インテリキヤストと呼ばれる驚くほど効果的なシステムを採用した。何万件もの電話をたった数分でかけることが可能である。同システムは、最近の災害発生時に有効であることが証明されており、市民からの反応は圧倒的に肯定的だった。協力的パズルの最後の 1 ピースは、たとえ電話が利用できない場合でも、直ちに地方のメディアと連絡を取ることを可能にする、危機コミュニケーションウェブサイトである。これらの取り組みは、より従来の警戒および警報ツールと、プログラムを真に成功に導くのに重要な現在進行中の地域教育を補完する。ピアス郡は、各地方当局との共同作業におけるリーダーと見なされており、我々は一体となって、我が郡の市民を保護する上で大きな前進を遂げた。

### 31-P-01

#### 火山環境 - リスク要因のある観光地

Patricia J Erfurt<sup>1</sup>

1. James Cook University - Australia  
e-mail:saratoga@bigpond.net.au

火山環境 - リスク要因のある観光地？火山観光は、18 世紀にはすでに「グランドツアー(ヨーロッパ大陸巡遊旅行)」に組み込まれていたなど、ヨーロッパ諸国において長い歴史を誇り、何世紀にもわたって広く親しまれてきた。火山の観察は当時、流行の娯楽であるばかりでなく、教育ならびに精神的成長にも役立つと考えられていた。旅行やリクリエーションは今日でも、温泉や間欠泉など他では見られない景観が楽しめる火山国立公園と密接に結びついていることが少なくない。世界の多くの火山環境は、極限環境に分類される反面、その地域の名所として、観光収入に多大なる貢献をしている。問題の度合いとリスク要因のレベルは、旅行業者が用意するツアーによって異なる。観光客の間で最も人気が高いのは、真っ赤に熱した溶岩流、ストロンボリ式噴火や割れ目噴火である。火山環境は保護区内にある場合が多く、世界遺産に登録されているものもある。「10 年火山」群は、活動の活発化で、噴火の真っ只中に多くの観光客を呼び込むことができるとの期待から、とりわけ人気が高い。火山環境におけるハザードならびにリスク管理という作業は、潜在的な危険性の度合いが活火山によって異なり、そのためハザードの種類も異なってくる可能性があるため、極めて難しい。緊急時には、僻地にあること、峻険な地形および厳しい気象条件がさらに厄介な問題を引き起こす場合が少なくない。火山環境を訪れる観光客が、インターネットやガイドブックなどの情報源から、個々の目的地に関する情報を十分に得ようとしているのか、といった疑問が当然のことながら生じる。緊急時のガイドラインや指導は、必ずしもすべての場所で整備されていないかもしれない。火山環境が潜在的に持つ危険性に対する意識を高めるためには、どのような対応をすればよいのか？火山を訪れる観光客は、事故をどのようにして未然に防ぐかと、緊急時の担当者・担当機関を事前に把握しておく必要がある。僻地では情報の伝達に支障が生じ、悲惨な結果を招くことになりかねない。本ポスターで、人気の高い火山と地元の観光事業の事例を紹介

介する。

### 31-P-02

#### 住民意識 - 都市におけるリスク削減の予備的要素

Henry Gaudru<sup>1</sup>

1. SVE-UNISDR, Volcanic Risk Mitigation, Geneva, Switzerland

e-mail:hgaudrusve@compuserve.com

災害削減についての住民意識と広範囲にわたる理解の創出は、リスク管理戦略の主要な要素でなければならない。住民意識があれば、火山の危険性とそれに対する脆弱性を軽減することが可能な既存の解決策についての知識がもたらされる。特に都市に関し、リスク削減の手段として、すべての関係者が、自らが直面すると予想される危険のにんしきがあることが肝要である。国、地方および都市の当局は、潜在的な危険性について住民に知らせるという基本的な責任を負っている。しかし、住民意識を養うには、社会におけるその他の多くの部門が情報の普及に携わらなければならない。都市にとって、リスクに関する情報と専門家育成のための教育は極めて重要である。したがって、プログラムを成功に導くには、その中に専門家と市民の組織、ならびに国と地方の関係当局が組み込まなければならない。しかし、住民意識に関するプログラムの目的は、一般の人々に火山の危険性やリスクを伝えて理解させることに制限すべきではなく、都市の住民に対しても、さらされている潜在的なリスクの削減のための活動に積極的に関与するように動機付けを行うことも必要である。火山危機が生じた場合にはメディアも重要な役割を担うことになるが、それは、経験から、現在のツールとガイドラインが十分なものではなく、ある意味、世界中で得られた知見についての情報交換が十分されていないと考えられるからである。

### 31-P-03

#### 1991 年 6 月 3 日雲仙普賢岳の火砕流による人的被害

杉本 伸一<sup>1</sup>

1. 島原市役所災害対策課 / 日本

e-mail:shinichi-s@city.shimabara.lg.jp

1990 年 11 月 17 日、雲仙普賢岳山頂近くで発生した小規模な水蒸気爆発は、4 年以上にわたる噴火活動の始まりを告げるものであった。この噴火活動は、連続的な溶岩ドームの成長と、溶岩ドームの部分的な崩壊により発生した火砕流が特徴である。1991 年 6 月 3 日午後 4 時 08 分に発生した火砕流は、消防団員や地元住民、火山学者、報道関係者など 43 名の尊い人命を奪い、近年では日本で最悪の火山災害となり、火砕流の知名度が向上するきっかけとなった。

火砕流や土石流は主に火山の東斜面を流れ下り多くの建物を破壊し、火山噴火による災害は、麓住民や周辺地域に深刻な被害をもたらした。その被害総額は 2300 億円にも達した。

火砕流や土石流から人命を守るために設定された警戒区域により、避難した人々は島原市と深江町をあわせて最大で 1 万 1 千人にも及んだ。

1991 年 6 月 3 日の火砕流における人的被害の状況について述べるとともに、火砕流に遭遇したが生存した人たちの証言などをもとにして、生死を分けた条件及び避難行動について考察を加え、火山防災上の教訓を引だし今後の減災を考える。

### 31-P-04

#### ベスビオの住民における火山リスクの認知

Matthew S. Davis<sup>1</sup>, Franco Barberi<sup>2</sup>, Roberto Isaia<sup>3</sup>, Rosella Nave<sup>3</sup>, Tullio Ricci<sup>2</sup>

1. Psychology Dept., Dominican Univ. of California / USA

2. Dip. Sc. Geol., Univ. Roma Tre / Italy

3. INGV Osservatorio Vesuviano, Napoli / Italy

e-mail:disasterman1958@aol.com

2003 年に行われたベスビオ付近での火山の危険性に関するリスクについての市民の認知に対する研究の後を受けて、2006 年 5 月～7 月に行われた現在の研究は、ナポリ都市圏の、学生、親、および一般市民のより大きく、より多様なサンプルを扱っている。調査票は、火山に最も近く、火砕流の危険にさらされており、550,000 人の居住者が噴火危機の際には避難を余儀なくされるエリアであるレッドゾーン内の 18 の町の学校と公共の場で配布された。加えて調査票は、イエローゾーン(降下火砕物の潜在的な危険性にさらされているエリア)内にある 3 つの町およびナポリ近隣地でも配布された。合計 2,655 件の調査回答が回収され、回答率は 74%であった。結果は、住民がリスクについて現実的な見解を抱いていることを示した。すなわち、住民は噴火が起こりうるものであって、町や個人に深刻な結果をもたらすおそれがあると考えており、その脅威について懸念している。しかし、他の社会的、経済的、および安全保障関連の問題のほうが、ベスビオよりも顕著な問題と見なされていた。研究は避難計画についての知識の広範囲にわたる不足と、計画の成功とそのような危機に対処する当局者の能力に対する信頼の不足も露呈させた。また回答者は、火山の脅威から自分たちを保護するための自らの能力に関して自らを有効に働かせる能力が低いレベルにあることもはっきりと示した。これらの結果から、一般の人々の知識、信頼、および自らを有効に働かせる能力を改善し、それによって、未来の火山非常事態に向けた集団と個人の準備状況を改善するために、科学者、政府当局、および市民間のより大きな協力に係わる公共教育に対して、より統合的なアプローチが必要とされていることが明らかである。この研究の示唆するものについての議論には、2006 年 10 月にベスビオで実施された一般市民保護訓練の結果も含まれることになる。

### 31-P-05

## 雲仙・普賢岳噴火災害報道の教訓 マスコミの立場から

植田 禎子<sup>1</sup>

1. テレビ長崎報道部/日本

e-mail:tsuchida@ktn.co.jp

雲仙・普賢岳噴火災害の特徴の1つに、取材する側のマスコミ自身からも犠牲者を出したことが挙げられる。1991年6月3日の火砕流でなくなった43人のうち、マスコミ関係者は取材スタッフを乗せたタクシー運転手も含めると20人と約半数を占める。マスコミは火砕流の危険性を十分に認識し、伝えていたのか？私自身が当時現場で取材に当たった立場から、危険を警告する研究者の意図や行政の対応を、マスコミがどう受け止め報道したかを検証する。またこの災害では、過熱報道(スクープ合戦)を背景に、報道のモラルも厳しく問われた。消防団員の殉死について、マスコミは大きな責任を負っているという考え方は今も現地に根強くある。携わったマスコミの一員として災害時の研究者・行政・マスコミ・住民のあるべき連携について考える。

### 31-P-06

#### ジオネット:ニュージーランドの強固な火山監視システム

Bradley J Scott<sup>1</sup>, Steven Sherburn<sup>1</sup>, Tony W Hurst<sup>2</sup>, Craig Miller<sup>1</sup>

1. GNS Sciences, Wairakei, New Zealand

2. GNS Sciences, Avalon, New Zealand

e-mail:b.scott@gns.cri.nz

ジオネットは、ニュージーランドの地震、火山、山くずれ、および津波災害への迅速な対応と調査研究のために、リアルタイムの監視とデータ収集を提供する。地震委員会と GNSサイエンスとの共同作業である。2001年3月に、地震委員会はジオネットプロジェクトを開始して、必要とされる長期の資金提供の60%を満たすのに十分であるように、10年間にわたって1年当たり500万ニュージーランドドルを提供するつもりであると発表した。最初の3年間における主な焦点は、強い動きと弱い動きを記録する国家地震監視システムの向上、データコミュニケーションリンクの追加、データ管理業務の近代化、火山-地震ネットワークの向上、および火山監視、山くずれ対応、および地球ひずみ監視のための新しいイニシアチブの導入であった。2004年10月に完了したジオネットの国際戦略の見直しにより、当のプロジェクトが最良の国際基準を満たしており、公共の利益に対して貴重な貢献を果たしているとの結論が出された。この見直しにより追加の投資が推奨され、2005年6月2日に地震委員会はジオネットが推奨された仕様で構成および運営されることを保証するために、資金提供額を1年につき800万ニュージーランドドルに増加する意向を発表した。追加の資金提供は、非常事態へ対応するニュージーランドの迅速さと能力を改善する。火山監視は、ジオネットプロジェクトの出現によりはるかに強固で、完成されたものになった。監視は現在、3次元センサーとデジタル通信、マイクロホン、継続的

な GPS サイト、ミニ DOAS ガス監視、COSPEC、ライコーおよびイントラスキャンナによる空中気体監視、ほぼリアルタイムのデータ処理、およびウェブページ表示を用いたすべての活火山の火山-地震ネットワークを含んでいる。この強化された強固なデータ収集は、国家民間防衛計画と結び付き、火山警戒および警報をもたらす。

### 31-P-07

#### 危機 GIS: 米国における火山噴火への準備と対応

David W. Ramsey<sup>1</sup>, Joel E. Robinson<sup>2</sup>, Steve P. Schilling<sup>1</sup>, Janet R. Schaeffer<sup>3</sup>, Frank A. Trusdell<sup>4</sup>, Julia P. Griswold<sup>1</sup>, Scott E. Graham<sup>1</sup>

1. USGS, Cascades Volcano Observatory /United States

2. USGS, Menlo Park /United States

3. DGGG, Alaska Volcano Observatory /United States

4. USGS, Hawaiian Volcano Observatory /United States

United States

United States

e-mail:dramsey@usgs.gov

米国地質調査所(USGS)の火山危険プログラム(VHP)は、同国のリスクが高い火山を監視して、責任官庁と影響を受ける住民に対して潜在的な火山災害についてのタイムリーな警告を出すことを託されている。地理情報システム(GIS)技術は、VHPの監視と対応能力の主要な構成要素である。GISは、火山危険度と潜在的な危険区域を図示した電子および紙上地図として、そこに、火山特性の地表面・容積における変化を視覚化および分析の情報を示したり、地質図上に加えたり、監視機器の位置、タイプ、および仕様のリストが表現される。したがって、米国の火山情報について詳細に設計され、構築されているGISは、火山災害についてのタイムリーな分析と伝達が最も重要とされる危機発生時になくしてはならないものである。VHP GISの専門家は、米国内で火山危機が発生した場合に必要なとされるあらゆる場所についてのデータ分析および視覚化のための空間情報を、早急かつ信頼できる形で提供することを保証する。「危機 GIS」計画を開発した。同計画は、主として、大量のデータセットを記憶し、大量の属性データテーブルを取り扱い、効率的かつ簡易な方法で新規のデータセットの付加を受け入れ、データセットの容易な更新を可能にし、編成・管理・保守が容易で、米国中のさまざまな場所に配置されているVHS GISのスペシャリストによる危機対応に利用できるGISデータベースの構築を行うものである。現在、危機 GIS計画は、米国の火山での将来における災害発生に備えるために、またワシントン州セント・ヘレンズ山、ハワイ州キラウエア火山、アラスカ州オーガスティン火山、および北マリアナ諸島(米国自治領)アナタハン火山で継続中の噴火に対応するために、実装されている。対応ツールとして、危機 GISは、火山の危険度を視覚化および分析して、官僚、メディア、そして一般の国民に、火山災害によってさらされる脅威について迅速に伝達するVHPの能力を強化している。

### 31-P-08

#### 早期警報システムによる火山予測の解釈・利用のための新しい概念的・方法論的アプローチの開発

Carina Fearnley<sup>1</sup>, Gail Davies<sup>2</sup>, William McGuire<sup>1</sup>, John Twigg<sup>1</sup>

1. Benfield UCL Hazard Research Centre, University College London, UK

2. Department of Geography, University College London, UK  
e-mail: c.fearnley@ucl.ac.uk

火山の危険度予測に関する科学的な理解とテクノロジーが進歩したにもかかわらず、近年のかなりの数にのぼる災害によって、生命の損失につながるような早期警戒システム(EWS)の弱点や欠陥が浮き彫りにされてきた。その例として、コロンビアのルイス山(1985年)やモントセラトのスープリエールヒルズ(1995年、継続中)がある。火山予測および警戒システムは有効であるが、早期警報システムの構造的な弱点、つまり、手続きやインフラの不備、科学者と地域間での知識の統合および共有、および効果的な伝達手段の不足のため、発展が遅れている。それでもなお、我々は効果的な早期警報システムを通じて火山のリスクを管理する能力について、これらの様々なダイナミクスの相対的な影響について、十分には理解していない。従来の火山災害管理システムは、情報処理と伝播に関して直線的な手続きによるモデルを採用している。しかし、火山ハザードの多様性と関連する社会経済的な多様性を考慮すると、このようなモデルは利用する上で最も効果的な方法論とは言えないかもしれない。

本研究は、火山予測および早期警報システムを一連の対話や交渉と見なすような、新しい概念的・方法論的アプローチを採用する。早期警戒／災害管理システムにおける様々なユーザーグループ間の交流を分析すれば、概して、これらのグループの知識文化がどのように形成され、伝えられるかということ、また、グループ間の対話または交渉の過程を理解する上で助けとなる。本研究の目的は、火山ハザードのタイプや地元住民の脆弱性に関連するリスクに照らして、火山予測と早期警報システム開発の相互作用を比較研究によって調査することである。このプロセスの中で、科学および災害管理の組織的構造や文化、そして現地の政治的および社会経済的背景における差異がもたらす影響と有効性について検討する。その結果は、火山予測および早期警報システムのプロセスを研究することを可能とし、それによってすべての利害関係者間のより効率的かつ効果的なコミュニケーションを支え、将来の火山危機発生時における生命の損失と社会経済的損害の緩和に寄与する修正を促すものと期待される。

### 31-P-09

#### 火山危険ゾーンの科学、リスク、および政策決定

Jennifer Horan<sup>1</sup>, Stephen Meinhold<sup>1</sup>

1. University of North Carolina Wilmington/USA

e-mail: horanj@uncw.edu

火山の大災害の回避には、優れた科学と適切な社会政策が関わる。火山危険ゾーンに住む住民の数は増えており、リスク削減を社会政策のますます重要な目標にしている。科学コミュニティは、火山の危険についてますます詳細で具体的な情報を政策立案者と非常事態管理者に提供している。しかし彼らは、それに耳を傾け、地域リスクを削減するために行動しているだろうか？ この論文は、トゥングラワ火山の周辺にいる科学者、政策立案者、および非政府組織が起り得る火山噴火についてどのように理解して、準備を行っているかを研究することによって、火山の科学と公共政策との交差を探索する。我々は、政策および科学ネットワークに関する文献から派生した仮説を試験し、どのようにして火山活動の発生を首尾よく管理すべきかについて考えるための枠組みを開発する。我々のアプローチは現地インタビューと二次的なデータ分析を活用するものであり、その結果は他の火山危険ゾーンに対して一般化することが可能である。

### 31-P-10

#### 火山噴火対応のための危機管理シナリオ・シミュレーションの開発

中橋 徹也<sup>1</sup>, 吉川 肇子<sup>2</sup>, 伊藤 英之<sup>3</sup>, 小山 真人<sup>4</sup>, 林 信太郎<sup>5</sup>, 前嶋 美紀<sup>6</sup>

1. 特定非営利活動法人東京いのちのポータルサイト

2. 慶応大学商学部/日本

3. 国土技術政策総合研究所/日本

4. 静岡大学教育学部/日本

5. 秋田大学教育文化学部/日本

6. まえちゃんねつと/日本

e-mail: washbear@ruby.plala.or.jp

危機管理シナリオ・シミュレーションは、筆者らが火山噴火災害時にとるべき危機対応を検討するために、行政職員や火山学者用に開発した状況付与型のシナリオ・シミュレーションである。その特徴として、通常のシナリオ・シミュレーションが情報を時系列に付加して対応を検討するのに対して、現れる危機ごとに一定時間情報と課題が出され、限られた時間内で議論する形式をとっており、危機管理システムの構成の検討にも使える。シミュレーションは、1) 提示される文字情報を元に、参加者が解決すべき課題をグループで討論、2) 結果を発表して振り返る、を1セッションとし、3~4セッションで実施される。参加者の役割は富士山に隣接する市の防災担当責任者という設定とした。解決すべき課題は、火山噴火対応に対する科学的判断のみでなく、メディア対応、住民対応など広く防災対応の議論ができるように配慮した。これまでに行政職員107名の防災訓練と、行政関係者、メディア関係者、火山学者25名の試行実験、ならびに政府関係者15名の試行実験と3回実施、3回とも参加者の評価は好意的であり、このシナリオ・シミ

ユレーションの有効性を確認できたといえる。

### 31-P-11

#### 科学者と地域住民との交流:トングラワ火山危機のケース

Soraya Hosni<sup>1</sup>

1. EHESS, Laboratoire d'Anthropologie Sociale,  
Collège de France,  
in Paris France,  
e-mail: Soraya.Hosni@gmail.com

科学者と地方の住民とのコミュニケーションは多くの場合困難なものであり、非常事態においては目に見えて増大する。実際、危機の最中に、ストレスのたまった若い研究者を管理し、メディアと情報を共有することは、観測を普段よりも更に難しいものにする可能性がある。このため、私が実験室における日々の活動に加え、民族誌学的方法を用いて、火山ネットワークにおける科学者とすべての当事者との間の交流を研究することを目標としている。このような研究により、コミュニケーションの不足に対する新たな知見が得られる。エクアドルではほぼ複数の火山が活動しており、住民の保護のために、また研究者、民間防衛組織、ボランティア、教会、軍隊、政府、ジャーナリスト等の間の協力関係のために、真の政策が必要とされることを意味する。トングラワ火山危機は、2006年の夏に興味深いケーススタディを提供してくれたが、警戒は永続的なものであり、当該町村に居住する何千人もの住民への潜在的な危険性は、今日でもいまだに問題となっている。火山ネットワークの当事者に関する人類学的アプローチによって、火山の付近で生活する人々どうしのより良いコミュニケーションのために答えを見つけることができるものと考えられる。

### 31-P-12

#### 北海道火山防災サミット

本田 康隆<sup>1</sup>, 山村 路子<sup>1</sup>, 北海道火山防災サミット実行委員会事務局<sup>2</sup>

1. 環境防災総合政策研究機構/日本  
2. 環境防災総合政策研究機構北海道支部気付  
e-mail: y-honda@npo-cemi.com

北海道には日本全体のおよそ5分の1に相当する活火山がある。日本で最初に「火山防災マップ」を配布した北海道駒ヶ岳をはじめとして、多様な火山災害の軽減に取り組んできた。この成果を北海道全体に普及するため、北海道の各地域がこれまでの火山災害の課題や教訓を共有し、さらに行政、研究者、マスメディア、住民が普段から顔の見える関係を築き、横断的な連携を図ることが重要である。

そのため2005年から、国や地方自治体、報道関係者を含む民間企業など火山防災に関係する機関が集い「北海道火山防災サミット」を開催している。2006年には、樽前山、有珠

山など4つの活火山を有する北海道胆振地域で開催した。

このサミットでは、地域住民、特に次の世代を担う子どもたちを主役にしたプログラムを企画し、親子で火山に触れ・学ぶことで活火山に対する理解を深め、将来の噴火に備える地域防災力の向上を目指した。サミットの最後に、地元の高校生によって短いミュージカルが公演され、胆振地方の13の地方自治体の市町長が豊かで安全なまちづくりを目指して、火山とともに生きることを宣言した。

### 31-P-13

#### リスクに直面する研究者、管理者および一般の人々: 協力と相互支援のための相互理解

Mabel Padlog<sup>1</sup>, Bertha Marquez-Azua<sup>2</sup>

1. Universidad de Guadalajara, Mexico  
e-mail: mpadlog@cencar.udg.mx

我々が学会を行うために集まるたびに、少なくとも1人の参加者が火山災害に関連のある自分たち自身の分野、あるいは他分野における研究の結果について知識を深める必要性について語る。一つには、学会が開かれるたびに、膨大な量の新知識と何百もの学術的な著作と論文が誕生するが、我々がそのすべてを読むことなど望むべくもない。もう一つには、それは我々が自らに知識を吸収したり、火山災害の防止と軽減に対する多くの貢献について理解したり、さらには精通したりすることを強いることはできないということを意味する。こうした膨大な研究の集成をまとめるために、私はニュージーランド(2001年)、ハワイ(2003年)、そしてキト(2006年)で行なわれた過去3度のCOVの研究成果を再検証した。私はそれらの各々を、その参加者が属している分野、専門的背景、出身国、そして会議で示されたテーマに従って分類した。私はこの初めてのアプローチによって、特に社会科学のなんらかの分野に関わる貢献について研究した。この第2段階では、各プレゼンテーションの内容をさらに分類して、異なった学問分野にまたがる研究から学際的な成果の代替物を見い出そうと努めた。この新しい認識論的レベルは、十分な情報を入手し、準備体制を整えている科学および一般のコミュニティーにとって、火山学者、当局(連邦、州、地方または地区)、非常事態管理者、社会学者、および火山の近くに住んでいる住民の間のコミュニケーションが重要であると考えられるほとんどの科学者によって主張されてきたものである。ここで、私は人類学、教育、コミュニケーション、社会学、社会心理学、社会福祉事業、歴史、経済学、および政治学に焦点を合わせた貢献の概略を示すつもりである。このようなプレゼンテーションは、我々の研究結果が共有され、リスクに直面した地域のために使用されるように、我々全員がより容易に遭遇できる経路を示すであろう。

### 31-P-14

#### ツチダダイアグラムとミマツダイアグラム—有珠山における科

## 学的貢献と減災活用

植田 能樹<sup>1</sup>, 三松 三朗<sup>2</sup>, 岡田 純<sup>3</sup>, 佐藤 重理<sup>4</sup>, 岡田 弘<sup>5</sup>

1. 元伊達高校教諭 / 日本
  2. 三松正夫記念館 / 日本
  3. 北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター / 日本
  4. 室蘭民報社伊達支局 / 日本
  5. 環境防災総合政策研究機構 / 日本
- e-mail:jokada@mail.sci.hokudai.ac.jp

有珠山の20世紀4回のドーム形成活動は火山学者によってよく研究されているが、火山観測や減災文化構築には地元住民による大きな貢献もあった。壮瞥町の郵便局長三松正夫氏による「ミマツダイアグラム」は1944-1945年の昭和山ドーム生成の克明な記録であり、学術的にも大変貴重である。オリジナルのスケッチや日記を含む多くの記録や観測資料は現在「三松正夫記念館」(壮瞥町)に保存・展示されている。同記念館は、2000年噴火に向けた、住民、行政、科学者、マスメディア間の連携の促進基地として減災文化構築に大きな貢献を果たしてきた。一方、1977-82年の有珠新山潜在ドーム形成活動に対して同様の試みがある。その一つが伊達高校教諭植田能樹氏による「ツチダマツシタダイアグラム」である。これは南南東8kmに位置する伊達高校校舎からの頻繁なセオドライトによる測角観測とそれに基づく膨大なスケッチ記録(196枚)であり、最近の数値標高モデルによる研究結果(Okada, 2007)と整合的である。これらのダイアグラムは地域社会を支えるツールとして防災講座や子供スクールなど学問と文化の両面で活用されることが望まれる。

## 31-P-15

協力についてのケーススタディ: ニュージーランドの「我々の火山: オークランド」イニシアチブ

Graham S. Leonard<sup>1</sup>, Jamie Richards<sup>2</sup>, Jane Olsen<sup>3</sup>, Jim Stephens<sup>4</sup>, Jan Lindsay<sup>5</sup>, David Johnston<sup>6</sup>, Hugh Cowan<sup>7</sup>

1. GNS Science / New Zealand
  2. Auckland City Council / New Zealand
  3. Auckland Regional Council / New Zealand
  4. Auckland Civil Defence Emergency Management Group / New Zealand
  5. University of Auckland / New Zealand
  6. Joint Centre for Disaster Research, GNS Science-Massey University / New Zealand
  7. Earthquake Commission / New Zealand
- e-mail:g.leonard@gns.cri.nz

オークランドはニュージーランドで最大かつ最速の発展を遂げている都市部であり、活動が活発化する可能性がある玄武岩質火山域の上に開発されてきた。「我々の火山: オークラ

ンド」(AIOV)は、オークランド火山群(AVF)に関する利害関係を有するすべてのグループと組織間の協力を促進するために、オークランド大学とGNSサイエンスの科学者によって2006年に設立されたイニシアチブである。利害関係には、調査研究、危機管理、および土地利用計画が含まれる。AIOVのビジョンは、関係する人材を確保して調査研究のギャップを特定すること、およびプロジェクトのさがりげとなり、資金を投入することができるような強力な基盤、AVFに利害関係を有するすべての人のために情報交換のパイプ役を果たすことができるような、強力な基盤を開発することである。

第一回目の会議は、オークランドと関係がある19の非常事態管理団体、地方自治体、中央政府、および研究機関からの代表者を集めて、2006年10月9日に開催された。当のグループはいかなる関係者に対しても開かれており、より広いオークランドのコミュニティと活発に情報を共有することを意図している。オークランドが火山の真上にある都市であることによるリスクについての国民意識を構築して、維持することは、有史上噴火活動が一度もなかったことから、困難である。しかし、ヨーロッパの植民地としての歴史は200年未満と非常に短く、最後の噴火(約700年前)はマオリ植民地の歴史のまさに始まりに近い頃であったと思われる。

当のグループを通して現在情報を共有している研究プロジェクトは、マール火山の掘削、マグマ系の特徴付け、地球物理学的特徴付け、地殻およびマントルの地震特性、火道配置のモデル作成、火山現象に対する構造的制御、噴火の前兆、オークランド火山-地震ネットワーク、地面掘孔の地震計実験、AVF噴火の潜在的影響と結果についての把握、確率論的テフラ散乱および損失モデルの作成、地域の回復力と準備、噴火対応の計画策定、警戒システムと一般への通告機構、火山周辺における理解と計画策定、オークランドの火山遺産のより大規模な保護、およびオークランドの電気・ガスなどの都市施設設置に関わる人々による火山影響研究作業に焦点を当てている。

## 31-P-16

樽前山における初動対応計画の検討

加村 邦茂<sup>1</sup>, 樽前山火山活動時における初動対応検討会<sup>2</sup>

1. 特定非営利活動法人 環境防災総合政策研究機構/日本
  2. 特定非営利活動法人 環境防災総合政策研究機構気付/日本
- e-mail:kamura@npo-cemi.com

樽前山は日本の中で最も活動的な活火山の一つである。樽前山の噴火活動は、1909年に溶岩ドームが新たに形成されて以来、山麓に被害をもたらすような規模の噴火等の目立った活動はない。しかし、樽前山の噴火活動が活発化した場合、北海道最大の工業都市や空港、北海道内の物流の動脈である鉄道や道路に与える影響は大きく、発生は稀であるが最悪のシナリオでは周辺の十数万人にも及ぶ住民の避難など大きな課題が山積みとなっている。

これらの課題については、地元自治体を中心となって組織されている協議会機関のほか、北海道や国の機関などが連携して2005年から「樽前山火山活動時における初動対応検

討会」を設置し、種々の検討を進めている。これまでの検討会では、各機関の防災対応計画の現状と課題について共有すると共に、火山活動時の対応計画検討の基礎となる「樽前山火山噴火シナリオ」を決定した。今後は実効性のある行動計画を策定するために、噴火シナリオを基本とした図上訓練等を通して各機関の対応内容や連携計画等について検討していく予定である。

## 3-2

## 32-O-01

## 火山教育とリスク伝達：科学者の観点からの意見

Fernando MUNOZ CARMONA<sup>1</sup>

1. Consultant Chandler AZ USA

e-mail:femuca2002@yahoo.com

火山教育とリスク伝達は、リスク軽減戦略を検討する際に言及されることが多い。科学者がこれらのテーマを理解し展開する方法は、その世界観を反映するものである。伝達と教育がしばしば、リスク管理問題の「解決」に利用される、一方向性の「道具」として見なされる、そういう世界観である。

「専門家の」知識が伝達戦略を介して問題の解決に利用される(例えばリスクに対する「誤った」認識)場合、リスク伝達はリスク教育と同義となる。専門家は、受け手側の「知識不足」を解消するべく、伝達・教育キャンペーンを打ち出す。伝達キャンペーンあるいは専ら暴露や流布に依拠する戦略と、火山リスク管理手順にしばしば見受けられる教育キャンペーンは、驚くほど似ている。いずれの場合も、一旦暴露や流布のプロセスに接した「知識不足」の個人あるいは組織は、火山ハザードやそのハザードに関連する脆弱性に対する自らの行動を変化及び向上させるであろうという推定が、根底にあるように思われる。

残念ながら、これは常に当てはまるとは限らない。多くの場合、教育書あるいは伝達キャンペーンは、高リスクの火山地域の住民を抑制してはこなかった。生み出された知識(この場合、科学者や専門家によるもの)の間には、伝達が介在する重要な因子や過程が存在し、行動の変化あるいは行為は、生み出された知識を以って意図されるものである。これらの因子や過程を特定するには、情報を通知あるいは流布する手段としてだけでなく、取り巻く現実を変換する手段としても、伝達を理解する必要がある。同様に、教育は長期的な形成過程としてだけでなく、直接の結果を伴う変換過程としても見なされる必要がある。いずれの場合も、利用可能な知識や資源に基づき、伝達過程と教育過程は、専門家、実務家、そして地域社会全般の参加を以って提案及び実行される。

## 32-O-02

## メッセージベース説明(message-based interpretation)を通じ

## た効果的な伝達

Todd Cullings<sup>1</sup>, Peter Frenzen<sup>1</sup>

1. USDA Forest Service, Mount St. Helens National Volcanic Monument

e-mail:pfrenzen@fs.fed.us

火山ハザードに関する情報伝達やアウトリーチは、メッセージベースによる説明(MBI)の利用を通じて拡大可能である。火山の訪問者は、情報を処理し、それぞれ様々な新たなアイデアと関わりを持つ。ある人は、学習目的で火山公園や博物館を訪れるだろう。そのような人には、彼らの知性にアピールしなければならない。また、ある人は活火山のパワーを感じるために公園を訪れるだろう。そのような人の感情にアピールしなければならない。効果的な伝達のためには、多様な解釈技法を盛り込んだツールキットを建設的に活用する必要がある。その中には、比喩や、ユーモアのある、あるいは示唆に富む小道具、個人的な体験談を含め、多様な説明技法を盛り込まれる必要がある。効果的なMBI説明者は、そのツールキットに手を伸ばし、適切な技法を選択し、聴衆との知的あるいは感情的なつながりを作るため、それを利用する能力を持つ必要がある。

複雑な科学の概念を、多様な聴衆にとって有意義なものとするとは、やりがいがある仕事である！メッセージベースによる説明(MBI)には、テクニカルな情報を、聴衆に取って意味のあるストーリーや、聴衆の心に結び付きつつ彼らの多様な経験や学習スタイルに訴えかける、そういう概念に翻訳することが関わってくる。MBIの基礎を成す三原則は、目的の明瞭性、効果的な体系化、そして説得力のあるメッセージの発信である。明確に定義されたメッセージの利用は、大量の情報を独創的に選択し、純化し、楽しく示唆に富むプログラムへ変換するための枠組みをもたらすものである。効果的なMBIの提示とは、上手く体系化され、また導入部、次第に移り変わり関連付けられる内容の本体、そして単独の統一的メッセージを支持する内容を統合し再び取り上げる結論、これらを一体化するものである。聴衆との心理的あるいは知的なつながりを強化することにより、MBIによる説明は効果的な伝達を可能にするだけでなく、それはMBI説明者にとって喜びにもなるのである！

## 32-O-03

## ロスト・イン・トランスレーション：カリブ海東部における火山リスクの伝達

Sian Crosweller<sup>1</sup>, Jenni Barclay<sup>1</sup>, Peter Simmons<sup>1</sup>, Richard Robertson<sup>2</sup>, Irene Lorenzoni<sup>1</sup>

1. School of Environmental Sciences, University of East Anglia, Norwich, UK

2. Seismic Research Unit, University of the West Indies, St Augustine, Trinidad, W.I.

e-mail:s.crosweller@uea.ac.uk

火山に係るリスクについての情報伝達は、政府や、地震研究ユニット(SRU)及び赤十字の地元科学チームを含む多数の情報源から、カリブ海地域で継続的に行われてきた。しかし、伝達活動の総合的な実効性について、メッセージが狙い通り理解されているかどうか立証する目的での評価は全く為されていない。本書では、「メンタルモデル」アプローチを利用して当地域で実施された作業を論ずるが、これは火山ハザードに対する人々の理解度や、これらのモデルにおける相違点に応じて情報をどのように適合させる必要があるかについて、判断を試みるものである。

対照的な2つの島が選択された:即ち最近火山の噴火を経験した島(セントビンセント)と、そうした経験の全くない島(ドミニカ)である。最初のシーズンでは、前述の伝達者や、火山噴火の高リスク地域の地元住民とのインタビューが行われた。データ分析で分かったのは、科学者や地元当局に対する一般市民の信頼度は高いにもかかわらず、誤解されている面が多々あり、それが非常事態の際に問題のある行動反応の原因になりかねない、ということである。こうした誤解の例としては、灰は噴火の前兆である;警告期間は数週間から数か月間であろう;火砕流ではなく「熱水」だけが河川流域を下ってくる;海水温が上昇する又は海が荒れる可能性があるため、噴火の間は危険である、といったことが挙げられるが、そうすると船で避難する場合、大きな問題となるおそれがある。

鍵となる様々なメンタルモデルの普及率は、次のフィールドシーズンの間に定量的なアンケートを用いて推定された。フォーカスグループに対するインタビューも実施され、流通している既存のアウトリーチ材料の長所・短所について討議した。この研究の成果は今回の会議で発表され、さらに今後のアウトリーチ活動の改善に活かすため、SRU や地元の災害対策当局へフィードバックされる。

## 32-O-04

メラピの事例研究:バレンテ主観測所における地域社会ベースの火山災害予防 システムとしての適用可能な総合管理技術

A.Lesto Prabhancana Kusumo<sup>1</sup>, Hariyono Utomo<sup>2</sup>, Tomoyuki Noro<sup>3</sup>

1. Balerante Main Observation Post /Indonesia

2. Sabo Technical Centre, Ministry of Public Works /Indonesia

3. JICA /Indonesia

e-mail:lesto\_kusumo@yahoo.com

ジョグジャカルタは、地質学的ハザード(火山災害、地震、津波)と気候的ハザード(台風、嵐、気候変動)など2通りの潜在的災害(ハザード)の影響を受けてきた。事前災害予防措置では、潜在的なリスク、ハザード、災害を観察及び分析するための周辺機器として衛星画像、気象衛星データ、地震計インタープリタ、インターネット、降水量測定、高倍率双眼鏡、デジタルカメラや双方向通信など、適用可能な技術を利用する。この周辺機器はバレンテ主観測所(地域社会が1年前に設置した独立的観測所)が運用している。この観測所はメラピを

終日監視・観察する。終日の監視・観察に基づき、我々はメラピの活動と地震活動の相関関係、並びにメラピの活動と気象活動の相関関係、及びその他の相関関係を計算した。全ての相関関係が、潜在的なリスク、ハザード、災害を判断するためのツールとしてのリスク管理分析と併せて、計数及び処理された。例えば、メラピの噴火の際、メラピ周辺の全ての独立的観測所が気象条件について双方向通信を通じて報告し、全般的な状況、風向き、温度、圧力についての衛星によるリアルタイムの気象監視結果と照合する。早期情報はメラピ周辺住民のための予防策として、全ての独立的観測所へ配信される。地震とメラピの活動の間での反応時間測定は、噴火の可能性の計算に用いられる。気象活動は、降雨による火山泥流を引き起こす可能性のある、メラピ周辺の降雨の可能性を判断するため、終日監視される。潜在的ハザードマップには、メラピ周辺住民向けの早期情報提供及び行動と対応計画準備のための、1つの重要なプログラムがある。地域社会の貢献と関与には、バレンテへの情報提供及び報告に有効な双方向通信機器の利用が有効である。メラピに関する教育にこの通信を利用し、気候や地震に関する情報が提供・配信され、災害発生時の管理及び対応方法を他の地域が理解することができた(事前災害措置)。

## 32-O-05

コスタリカにおける活火山周辺の観光。意識高揚とハザード軽減の機会

Eliecer Duarte<sup>1</sup>, Erick Fernandez<sup>1</sup>

1. Observatorio Vulcanologico y Sismologico de Costa Rica

e-mail:eduarte@una.ac.cr

コスタリカは最近4年間毎年、平均160万人の旅行者を受け入れてきた。この数字のうち、訪問者の60%は少なくとも1箇所の火山を訪れたと言明した。この数字は、好まれる目的地としての海岸や山地の訪問に言及した者の数を上回る状況が続いている。北西から南西にかけて旅行者が訪れた活火山が5つあり、即ちリンコン・デ・ラ・ビエハ、アレナル、ポアス、イラス、トゥリアルバの5つである。これらの活火山は全て(OVSICORI-UNA(ナショナル大学-コスタリカ火山地震観測所)が監視している)旅行者が訪問しているが、旅行者数が他より多いものもある。例えばアレナルやポアスである。こうした訪問数の差の説明となる理由はいくつかあり、即ちアクセス性、近接性、火山活動のレベルである。アレナルはセントラル・バレーから車で3時間ほどの場所にある。ひなびた場所にあり天候上の制約があるにも関わらず、アレナルは訪問者が最も多い場所の1つで、その周辺では多様なアクティビティが行われている。近年の最も顕著な話題として訪問者の増加が挙げられ、その多くはツアーガイドが知らずに提供した違法なツアーを行っていた。この事実にも関わらず、また致命的な事件や致命的なまではいかない事件が数件起こった後でも、訪問者の大部分は、地元の入植者や旅行会社を敏感にさせる重要な役割を果たす。彼らの単なる存在や、訪問してそのような自然の要素に感服するに当たっての投資は、国民がそれ

を保護し尊重するための措置を講ずるに値するものである。そうした意識は、新しい通信技術と相まって、火山の周辺で準備のできた多様な情報提供者を火山研究者に提供するものである。継続的な活動や過去の事象に関する記述は、これらの入植者や、観測所への訪問者及びツアーガイドによって非公式に記録及び伝達される。入植者や観光事業者はこの活火山から利益を得ているため、ツアーガイドは彼らが顧客へ提供する情報をさらに意識し、これは一般市民も知るところとなり、火山周辺の入植者がより多くの、より優れた情報を得られるようになる。他方、ポアス火山は平均的にアレナルと同程度の数の訪問者を受け入れている。とは言え、急激には情報提供者の効果は表れない。それは地域社会が離れた場所にあることや、頂上が見えないことが原因である。この場合、OVSICORI はパークレンジャー、旅行者、ツアーガイドから寄せられる情報に頼る。これら 2 つの事例は、前述の他の活火山からの比較事例と併せ、今回の発表で見直される。パークレンジャー、地元住民、旅行者、市民防衛局職員の間での今後の包括的な取り組みが、より良い非公式な観察・情報技能をもたらし、より公式な火山監視任務に役立つものとなるであろうと考えられている。

## 32-O-06

### 火山教育への博物館の役割

#### 池辺 伸一郎<sup>1</sup>

1. 財団法人阿蘇火山博物館 久木文化財団／日本  
e-mail:ikebe-shinichiro@asomuse.jp

私たちは火山から多くの恵みを享受しているとともに、災害も経験している。また、活火山は数年から数十年(時には数百年)の時間間隔を持って活動を繰り返す。

この噴火サイクルは人間の感覚からすればかなり長いことから、その情報が世代間で十分伝えられないケースが多く、特に子どもたちに対して火山に関する十分な情報は与えられていない。子どもたちが通う学校においても、暮らしに密着した部分の学習時間は十分ではない。

このようななか、博物館などの社会教育施設が火山教育に果たす役割は重要である。火山を理解することは、自然の営みと同時にその地の文化を理解することでもある。そして、そのことは火山災害の軽減にもつながる。

阿蘇火山博物館においては、従来から主に学校の子どもたちを対象に、テレビ会議システムを利用したネットワーク授業や周辺のフィールドなどをおとした普及活動を実施してきた。近年では、熊本市内 38 の中学校に対し、阿蘇における教育キャンプの際に博物館を活用するよう働きかけを行っている。講演ではそのような博物館活動の状況を紹介し、火山教育活動に対する博物館の役割の重要性について考える。

## 32-O-07

### 雲仙岳災害記念館における火山学習の取り組みについて

#### 吉田 大祐<sup>1</sup>

1. 雲仙岳災害記念館 / 日本  
e-mail:yoshida@udmh.or.jp

雲仙岳災害記念館の設置趣旨として、雲仙普賢岳噴火災害の脅威や教訓の伝承と自然災害に対する防災意識の継承、「平成新山フィールドミュージアム」の中核施設として、火山に関する総合的な学習機能を担うという役割がある。

当館ではこれまでに、親子で一緒に参加し火山や防災について学習する「平成新山がんばランド親子火山教室」を開催し、キッチン火山の実験や普賢岳登山等を通して子ども達が火山や自然現象についてわかりやすく学習し、防災意識の高揚と火山と共生していくための知恵を育む事を目的とし実践してきた。

参加者の子ども達は、16年前に起こった雲仙普賢岳噴火災害のことを直接知らないのに、火砕流や土石流のことにとても興味深く耳を傾ける。また一緒に参加された保護者からは噴火災害当時のことを思い出し、あらためて火山や防災について考えるいい機会であったとの声も聞かれた。

今後も、当館では引き続き火山や自然現象、また噴火災害の伝承を目的としたいろいろなイベント・学習会を開催し、火山についての正しい知識や防災意識の高揚に向けての様々な情報発信と火山教育の中核施設としての役割を果たしていきたい。

## 32-O-08

### ブルカノ火山とストロンボリ火山(イタリアのエオリア諸島)のリスクを緩和するための国立地球物理学・火山学研究所(INGV)における教育活動

#### MariaLuisa Carapezza<sup>1</sup>, Caterina Piccione<sup>2</sup>, Lucia Pruiti<sup>3</sup>

1. Ist. Naz. Geofis. Vulcanol., Roma 1, Rome/Italy  
2. Ist. Naz. Geofis. Vulcanol., Amm. Centr., Rome/Italy  
3. Ist. Naz. Geofis. Vulcanol., Catania/Italy  
e-mail:carapezza@ingv.it

ブルカノとストロンボリは、エオリア諸島で最も活発な活火山である。ブルカノは1888-90年の噴火以来、静穏期にあるが、最近数十年において、ガス噴出量の増大や火口の噴気孔の温度の上昇、さらにマグマガス成分の増加になど、数回の危機を経た。ストロンボリは恒久的に穏やかな爆発活動が特徴であるが、大規模な爆発、溶岩流出、あるいは突然の爆発が起こることもある(2001年10月:旅行者1名死亡;2002年12月:溶岩流出、山腹崩壊により生じた津波;2003年4月:突然の爆発、ジノストラ村への火山岩塊の落下;2007年2月-3月:溶岩流出及び突然の活動)。どちらの島も名高い観光地で、夏の間は1島当たり人口が10,000人から15,000人に膨れ上がるため、リスクが増大する(冬場はほんの数百名)。教育活動によってリスクを軽減すべく、国立地球物理学・火山学研究所(INGV)と国家市民保護局や地元当局の協力により、

各島に火山情報センターが設置された(ブルカノでは1990年以降, ストロンボリでは1997年以降)。訪問者は、火山ハザード、火山監視システム、噴火対策計画に関する情報を受け取る。過去と現在の火山活動が展示室で解説され、そこではストロンボリ、ブルカノ、エトナの活動中の火口のリアルタイムの画像を、地震や地球化学的なモニタリングシグナルとあわせて、専用のモニタで見ることができる。頂上の火口区域までの登山希望者には、リスクを最小限に抑えるための指示を与えるよう、特別に配慮される。冊子やポスターは無料で配布されている。夏の間、イタリアの様々な大学で火山学を学ぶ学生が、上級研究者の調整により、ビジターセンターでの旅行者教育／情報提供活動に参加する。

## 32-O-09

### 火山教育とエコミュージアム

福島 大輔<sup>1</sup>

1. 桜島ミュージアム/日本

e-mail:fuku@sakurajima.gr.jp

自然災害は地域ごとに特色があり、その地域のリスクに合った対策が重要である。地域をまるごと博物館と考え現地で本物を保存・展示・解説するというエコミュージアムのコンセプトは、その地域の自然や災害の特色を伝えるという防災にとって極めて重要な役割を果たすことが可能である。桜島ミュージアムでは、これまで桜島全体を博物館と考え現地で本物を見ながら解説するエコツアーを実践しているほか、講演会の実施や学校教育のサポートも行っている。講演会は一般に面白くないと思われており参加率は低いが、意識の高い参加者に対しての教育効果は高い。一方、エコツアーなどの体験型イベントは参加率が高くリピーターも多い。「今回だけ」「特別に」などのフレーズに良く反応する傾向があり、イベント告知の仕方によって参加者数は激変する。また、直接的に火山について解説するよりも、身近なテーマと火山とのつながりを間接的に伝える方が効果的である。大人には知的好奇心に訴える解説型のプログラムが有効であるが、子供には不向きである。「つくる」「さわる」「さがす」などの活動を取り入れた体験型プログラムの方が子供には人気が高く効果的である。

## 32-O-10

### 火山教育と学校

寺井 邦久<sup>1</sup>

1. 長崎県教育センター/日本

e-mail:teraikunihisa@gmail.com

小学校では、「土地は、火山や地震で変化すること。」を学習する。児童は興味・関心により「火山」か「地震」のどちらかを選択する。中学校では、代表的な火山を2～3取り上げる。例えば、雲仙、桜島、伊豆大島である。火山の形は溶岩の粘り

けで決まるが、温度や化学組成には触れない。教科書には火成岩として、流紋岩、安山岩、玄武岩、花こう岩、閃緑岩、はんれい岩が掲載されている。授業ではそのうち、火山岩と深成岩をそれぞれ一つずつ扱う。ほとんどの教科書では花こう岩と安山岩の2種類だけである。また、それらの岩石を作る造岩鉱物として、石英、長石、黒雲母、角閃石、輝石、かんらん石に触れる。高等学校では、全国の約20%の学校で地学が開講されているが、大学入試センター試験での地学の利用者数は55万人中25,000人程度で、全体の4%に過ぎない。高等学校では地球科学の普及は期待できない。日本人の火山の常識は中学校までで決まる。このため、社会教育では流紋岩、安山岩、玄武岩の基礎から説明し、デイサイトが理解できるようにしている。また実物を見せる努力をしている。

## 32-O-11

### ニュージーランドにおけるバーチャル火山旅行: 火山の背景にある科学に学童を感動させること

Jan M. Lindsay<sup>1</sup>, Audrie McKenzie<sup>2</sup>

1. The University of Auckland, New Zealand

2. LEARNZ Project, Heurisko Ltd, New Zealand

e-mail:j.lindsay@auckland.ac.nz

従来、学童が携わる火山関連のアウトリーチ活動は、印刷資料、科学者による学校訪問／講演、ビデオ、そして稀に観測所や火山の視察という内容であった。火山での直接学習経験、あるいは火山学者との個人交流に代わるものはない一方、これは費用、物流、あるいは火山活動の活発化(による火山学者の多忙化)といった理由で不可能なことが多い。オークランドでの地域社会回復に関する研究では、従来のアウトリーチ手法(パンフレットなど)はあまり成功を収めておらず、地域社会の関与と動機付けのための、もっと革新的な戦略が必要であることを示した。徐々に、教育活動の中で学童に手を差し伸べる手段の1つとして、インターネットが活用されつつある。我々は、確立されたインターネット教育プログラムに適応あるいは便乗することが、多数の(数千もの)若者をいっぺんに関与させ動機付ける可能性を秘めた、有用で低コストのアウトリーチ戦略を提供し得るものであると提言する。

LEARNZ は政府が支援するオンライン教育プログラムであるが、これは10年間に渡り、学童向けにニュージーランドの火山へのバーチャル現地旅行を実行してきた。このカリキュラムへの連携と低額の登録費用のおかげで、高レベルの理解が確保される。典型的に、1回の旅行に50から120のクラスが参加する。このバーチャル旅行には、背景に関する読み物や、生徒と「専門家」(火山学者など)同士の生の音声会議、日々提供されるビデオクリップ、コンペティション、インターネット討論、教室活動、教師と生徒のフィードバックが行われ、これらは全て「LEARNZ 先生」によって円滑に行われる。

LEARNZ 現地旅行は、現在は特に意識高揚や対策強化を狙いとする公的なアウトリーチ活動の一環ではないものの、今後のキャンペーンが既存の(又は同様の)プログラムへ組み入れられる可能性は大いにある。ニュージーランドの中学生は、

幼稚園や小学校で過度に学んできたために(having been overexposed), かえって火山や火山ハザードに関心をもちにくいことが多い。LEARNZ は、火山の科学に焦点を当てることによって、また生徒に馴染みがあり且つ楽しめる技術の活用によって、あらゆる年代の児童を熱中させることに多大な成功を収めた。

## 32-O-12

### 総合的で複合的なハザード教育課程: イタリアのリスク教育(EDURISK)プロジェクト

Rosella Nave<sup>1</sup>, Romano Camassi<sup>2</sup>, Massimo Crescimbeni<sup>3</sup>

1. INGV Osservatorio Vesuviano Napoli /Italy

2. INGV Bologna /Italy

3. INGV Roma /Italy

e-mail:rosella@ov.ingv.it

自然リスク緩和方法の研究における自然リスク評価とその更なるステップは、教育とアウトリーチ活動に重要かつ独特の役割を与える。火山は人々が好む科学的問題の1つであり、それらに関する情報の要求は、情報と教育の協調が求められる活火山地域では、特に多くしかも切迫するものである。EDURISKはイタリア市民保護局と国立地球物理学・火山学研究所(INGV)が資金提供する教育プロジェクトで、小学校から高校まで63の学校が、ハザード学習やリスク関連の心理面のマネジメントに対する総合的なアプローチの開発と試験に関与する。教師の編成活動、電子学習のためのウェブ設計や教師支援、教育資料の作成はEDURISK教育プログラムの異なる段階として実行されるが、これは特有の地域的な環境特性に依存するものでもあった。とりわけ興味深かったのは、西暦79年の噴火で破壊された有名なローマの町、エルコラーノにある小学校で試験的に行われた地震や火山を扱う複合ハザードアプローチである。ベスビオ火山地域の特有の自然の特徴、関連するハザード、さらに地震や火山のリスクに関連付けられる心理面が、エルコラーノの教師に提案されたEDURISK教育課程で展開された主なテーマであった。6歳から11歳の生徒が、地震あるいはベスビオ火山の噴火に対する不安について研究するほか、自分の両親や居住地域、過去に住んでいた町からの記憶を引き出すよう促された。最後のEDURISK経験は、2007年5月にエルコラーノの学校で開催された、「皆倒れる(All Fall Down)」という革新的な教育展示の立案であった。この展示は、本質的に、子供が地震や火山についてもっと色々、楽しく学習できるよういくつかの「ゲーム機」や実験で構成される。

## 32-O-13

### 「世界一おいしい火山の本」と学校における火山教育

林 信太郎<sup>1</sup>

1. 秋田大学教育文化学部/日本

e-mail:hayashi@ipc.akita-u.ac.jp

講演者は2006年12月、火山についての知識を普及し、火山災害を軽減するために「世界一おいしい火山の本」を出版した。この本では、キッチン火山実験を使いながら火山や噴火について中学生にわかりやすく紹介されている。この本は「親しみやすい」「わかりやすい」ことを目標に書かれている。この本は好調な売れ行きを示し、現在4万部を販売している。この本の執筆の動機は、中学生に火山の知識を普及することによって日本の火山災害を軽減すること、日本の中学生教師に火山の知識を持ってもらうことにある。

この本の元となったのは、講演者の出前授業体験である。現在まで70クラス2000人の日本人中学生に対して出前授業を行った。この中で顧客研究を行った成果がこの本に反映されている。火山大きさを教えるためにカメラをつかったり、カルデラについて教えるためにココアとコンデンスミルクのカルデラ実験を行った。講演ではこれらの顧客研究の成果について発表する。

## 32-P-01

### カリブ海における火山ハザード伝達の実効性: セントビンセントの事例研究

Melanie J. Duncan<sup>1</sup>, Catherine J. Lowe<sup>2</sup>, Tom Mitchell<sup>3</sup>, Richard E. A. Robertson<sup>4</sup>

1. University College London /United Kingdom

2. Benfield UCL Hazard Research Centre, London /United Kingdom

3. Climate Change and Disasters Group, Institute of Development Studies, University of Sussex /United Kingdom

4. Seismic Research Unit, University of the West Indies /Trinidad

e-mail:melanie\_duncan@hotmail.co.uk

火山の監視システムの向上にも関わらず、噴火は生活と財産に大きな影響を与え続けている。その結果、火山ハザードの性質を効果的に伝達することが、噴火に起因する脅威に対する意識を高める上で不可欠である。地図は火山ハザードの伝達によく利用されるが、火山ハザードによるリスクを流布するその媒体の実効性が検討されたという話はほとんど聞かない。さらに、ハザードに関する情報を人々が実際に受け取るソースの所在や、実際のところ、この情報を流布するための現状の手法が、利害関係者がこの情報を受け取る際に好むと思われる最適な経路であるかどうかについては、ほとんど関心が向けられてこなかった。

カリブ海における火山ハザードの性質に関する情報は、主としてあちこちの学術雑誌や科学論文に見られ、これらは大抵、この情報を最も必要とする脆弱な地域の人々は入手できない形態のものである。火山ハザードアトラスは、この情報を吸収し、それを災害対策、計画立案、火山ハザードの緩和、公共教育におけるツールとして利用するためのさらに便利な素材へと転換するための手段として作成された。今回の研究では、セントビンセントにおける火山ハザード情報を伝達する

際、この火山ハザードアトラスの実効性を検証するため、定量的手法と定性的手法を用いる。この研究の論理的根拠は、火山ハザード伝達ツールが利用者のニーズに適合させることを追求するため、今後のプロジェクトに向けた改善に関する知見を得ることである。

## 32-P-02

### 米国レーニア山周辺の火山泥流リスクに関する地域社会の理解

David M Johnston<sup>1</sup>, Matt Davis<sup>3</sup>, Julia Becker<sup>2</sup>, Jenny Anderson<sup>4</sup>, Barbara Nelson<sup>5</sup>

1. Joint Centre for Disaster Research, Massey University, New Zealand

2. GNS Science, New Zealand

3. Dominican University of California, USA

4. Orting High School, USA

5. Pierce County Emergency Management, USA

e-mail: david.johnston@gns.cri.nz

レーニア山は米国ワシントン州にある大きな活火山である。レーニア山では多様な火山ハザードが地域に脅威を与えている一方、レーニア山の山頂を覆う雪や氷は、他のカスケード火山群を全て合わせたものより多く、火山泥流のハザードをさらに深刻化している。下流域の地域社会に対する火山泥流のハザードやその影響を緩和すべく、数々の措置が講じられてきた。そうした緩和措置の一例として、自動火山泥流検知システムが挙げられ、これは火山泥流が発生した際に警報を発するものである。さらに、USGS(米国地質調査所)、地元の教育者、危機管理者が、学校教育プログラムに参加している。その目的は火山ハザード、避難ルートやその他の適切な対応措置について、住民や訪問者に情報提供することである。このポスターは、リスクを抱えるいくつかの地域社会で行われた、2006年の地域社会意識調査の結果の概要を示すものである。回答者の大多数(82%)は、自分の地域で警報システムが整備されていることを知っている。避難について、回答者の56%が、自分の地域における公式の避難ルートは、警報が出された際に適切な避難手段を提供しないと述べた。さらに、45%が、公式の計画で概要が示されたものとは異なる避難ルートの利用を検討したと述べた。これまでのところ、代替ルートを検討した最も一般的な理由は、公式の非難ルートの利用を試みる場合の交通渋滞、パニック、混雑に対する不安である。学校に通う子供を持つ住民のうち27%は、自分の子供の学校が避難計画を立てているかどうか知らず、またそうした計画を知っていた者のうち、この計画への信頼を表明している者は35%に過ぎない。重要な発見は、これらの個人のうち約40%が、火山泥流警報が出された場合、自分の子供を学校に留まらせず、迎えに行くであろうと述べたという点である。この調査の結果は、今後の非常事態管理計画、警報システムの試験及び訓練、公共教育イニシアチブにおいて対処を要する、数々の重要な問題を明確にするものである。

## 32-P-03

### 地域特性に対応した火山防災知識周知方法の比較

鴨志田 毅<sup>1</sup>, 安養寺 信夫<sup>2</sup>, 林 信太郎<sup>3</sup>, 伊藤 英之<sup>4</sup>

1. 住鉱コンサルタント(株) / 日本

2. (財)砂防・地すべり技術センター / 日本

3. 秋田大学教育文化学部 / 日本

4. 国土技術政策総合研究所 / 日本

e-mail: kamoshida.takeshi@sumicon.co.jp

火山防災対策を適切に進めるための一方法として、活火山周辺地域での住民や訪問客への持続的な周知啓発の必要性が認識されている。特に、噴火間隔が長い静穏な火山の周辺地域では、つぎの3課題が挙げられる。

1) 活火山の麓に暮らしていることの再認識。2) 活火山から日常的に享受する多くの恵みと相反する、破壊的火山災害の可能性との共存。3) 火山噴火時の災害種類と、生命や生活への影響範囲や程度の認知、対処方法を知る。

これらの課題に対し、専門知識をもたない幅広い年齢層への伝え方について、火山周辺の地域特性を活かした方法を実践的に検討した。事例とした鳥海山、鶴見岳、浅間山はそれぞれ異なる地域性をもっている。これらを考慮した火山防災知識の広報活動や、作成した教材等について対比しながら紹介する。

鳥海山の広報活動に対する住民へのアンケート調査から、回答者356名のうち約77%が「火山防災マップは有効」と回答し、手法の有効性が確認された。このような取り組みの継続的実施が必要であるが、経費、人材の確保など多くの課題が残されている。

## 32-P-04

### インドネシアにおける地球物理学的ハザードに対する文化的対応

Katherine H.M Donovan<sup>1</sup>

1. School of Earth, Ocean and Environmental Science, University of Plymouth/England

e-mail: katherine.donovan@plymouth.ac.uk

インドネシアで近年起こった自然災害は、危機管理のありかたを、改善され、予防的で、文化的に繊細なものにする必要性を浮き彫りにした。2006年のジャワ島のメラピ山における火山性の危機は、火山ハザードの認識や危機管理において文化が果たす役割を今回調査するきっかけとなった。このプロジェクトの狙いは、ハザードに関する土着の知識を、より優れた災害管理シナリオへと構築することや、リスクを抱える集団に地域社会ベースのリスク意識を提供することである。データ収集方法には、地域社会ベースのハザードマップ作成やフォーカスグループなど、参加型の社会科学研究方式が含まれる。これはリスクを抱える地域の文化的価値を損なうことなく、

教育上の変化を促進するボトムアップの研究アプローチを提供するものである。地域社会ベースのハザードマップは、より従来の遠隔測定型でフィールドベースのジオハザードマップと統合される。その結果生み出されるリソースは、一層理解しやすいハザードマップを作成し、また多様な民族が住む火山地域向けの、文化的に受け入れられ、より効果的な危機管理を発展させるための基礎を形成するものとなる。そのデータもまた、インドネシアの火山に対する教育的アウトリーチ・プログラムを立案するための基盤を提供し、これはリスクを抱える地元住民の土着信仰を変えてしまうことなく、成功を収めている。ジャワ島のメラピ山とバリ島のアグング山、これら2か所のフィールドエリアが選ばれたが、これらはいずれも噴火がまだ人々の記憶に残る活火山地域であり、多様な文化を持っているからである。その上、火山の側で生活する住民は最近、自らの土着信仰を背景に、火山活動が活発化した際の避難を拒否した。これらの現場はインドネシアの宗教、文化、地球物理学的な違いの典型例であり、火山ハザードやその他の地球物理学的ハザードに対する人々の反応を制御する、土着信仰を調査する必要性を典型的に示している。

### 32-P-05

#### 火山防災における協働の場づくり ―火山噴火を想定した図上訓練の実施及び普及の推進方策について―

胡 哲新<sup>1</sup>、伊藤 豊治<sup>1</sup>、齋藤

1. 財団法人 消防科学総合センター

e-mail: hu@isad.or.jp

火山噴火などの大規模災害時に、地方自治体に求められる役割は非常に大きい。しかし、火山災害の発生は稀であり、経験を積むことが難しい。また、2〜3年の人事異動という現状から、発災後に迅速かつ適切な対応は難しい。

この問題を解決するためには、噴火時の状況を模擬的に再現し、その中でとるべき行動や、行うべき判断などを検討できる訓練が必要となる。また、行政による災害対応の補完として、地域住民による自助、共助を促す防災訓練も重要となる。

これらの取り組みには、図上訓練と呼ばれる手法が特に有効と思われる。しかし、訓練方法や、企画に必要な被害想定などにおけるノウハウ不足の理由から、この種の訓練の実施は困難な現状にある。図上訓練の専門機関、火山防災の専門家、そして地域住民などの協働により、火山噴火を想定した図上訓練の推進が必要不可欠となる。

本研究では、那須岳火山噴火を想定した図上訓練において、図上訓練の専門機関、町役場・火山専門家及び地域住民の協働による訓練の企画・実施の過程を紹介し、市町村や住民の立場から、その効果を検証するとともに、火山噴火を想定した図上訓練の実施及び普及の推進方策について考察を行った。

### 32-P-06

#### 日本火山の会：火山と親しむためのインターネットコミュニティ

竹内 晋吾<sup>1</sup>

1. 日本火山の会／日本

e-mail: takeshin@hkg.odn.ne.jp

日本火山の会はインターネットの中で2001年に誕生し、以来、火山と日常的に親しむためのコミュニティをつくっている。火山の会は専門家を含む一般市民から構成され、火山に関心を持つすべての人に開かれている。日常的なコミュニケーションはメイリングリスト(ML)で行われ、時と場所を問わず誰でもコミュニケーションに参加できる。MLでは、世界の火山活動、最新火山学研究、火山への旅行記、火山に関するイベントやエンターテインメントといった情報が交わされている。またWEBサイト(<http://kazan-net.jp/>)を通じて、新しい火山ファンを獲得するための情報発信も行っている。ネットでの活動以外にもイベントや火山での観察会を開催し、メンバー同士の直接交流の機会も設けている。

火山の会が果たす重要な役割として、学会には入りにくい一般市民でも参加できる、火山への関心を共有するコミュニティであることが挙げられる。またMLを通じ、火山の話題に毎日触れることで、火山の存在を身近でないものから身近なものに変化させ、火山のふるまいや火山災害への正しい理解を促進できるであろう。

### 32-P-07

#### 米国における火山ハザード教育向けの降灰地図ポスター

Christina Neal<sup>1</sup>, Kristi Wallace<sup>1</sup>, Jennifer Adleman<sup>1</sup>

1. U.S. Geological Survey, Alaska Science Center, Alaska Volcano Observatory

e-mail: tneal@usgs.gov

降灰は、火山噴火の際に発生する一次的な火山ハザードの内、最も広範囲に拡散するものである。しかし、降灰の影響は、噴火や物理的存在としての灰を(より一般的に知られている暖炉の灰とは全くちがう)見たことがなければ想像が難しい。結果として、降灰の警告に対し過剰反応する人もいる。あるいはハザード無視し、適切な予防策を講じ損ねる場合もある。こうした点に対処する一助とすべく、我々は最も軽い微粉の火山灰から重大で損害を与えるほどの充満に至るまで、降灰のイメージを表す図解式降灰地図を作成中である。我々は概してビューフォートの風力モデルや風浪階級尺度に沿っているが、これは風力や波の作用の増大につれ次第に厳しくなる海面状況の写真でしばしば表現されるものである。空の状況や視認性のほか、典型的な地域社会における建築物などの馴染みのある要素に対する影響について説明するための、降灰中及び降灰後の様子の画像も包含される。加えて、我々は気象庁、米国地質調査所など米国の諸当局が出す正式な火山灰降灰警告の文面を改善するための、より正確な表現方法や防災ガイダンスの方法を開発中である。この地図は、インター

ネットで利用可能な, <http://volcanoes.usgs.gov/ash> や <http://www.ivhnn.org> など既存の優れたガイダンスや, 米国西部で入手可能なその他の情報源を参考としている。

### 32-P-08

#### 科学から教育への道程の誘導: 課題と解決策

Stacey M. Edwards<sup>1</sup>, Richard E.A. Robertson

1. The University of the West Indies, Seismic Research Unit/Trinidad & Tobago

e-mail: [staceyedwards@uwiseismic.com](mailto:staceyedwards@uwiseismic.com)

ウェストインディーズ大学地震研究ユニット(SRU)は東カリブ海の英語圏の島々において地震ならびに火山活動のモニタリングを行っている。1952年の創設以来, 同ユニットは, これら島々の政府を対象に, 影響を受ける可能性のあるジオハザードについての信頼できる科学的助言を行うことを主たる目的としてきた。同ユニットのこの主要な任務を進める上で情報の伝達および一般市民の教育が重要な役割を果たすことを科学者らは前から認識していたものの, 正式な教育ならびに啓蒙・普及戦略が導入されたのは2001年になってからのことである。対象となる地域でのジオハザード教育において同ユニットの果たす役割の明確化が模索されるなかで, 人的資源ならびに財源の不足, 地域のハザードに対する意識向上に取り組む他機関との取組みの重複や, その地域で最も有効な情報伝達ツールはどれかに関する情報の不足など, いくつかの課題が浮上してきた。本ポスターでは, ジオハザード教育における自らの新たな役割を構築するなかで同ユニットが直面している課題と, これら課題の一部を克服するために用いられた戦略を取り上げている。

### 32-P-09

#### 有珠山における子供講座などの30年間にわたる文化的活動について

岡田 弘<sup>1</sup>, 三松 三朗<sup>4</sup>, 佐藤 つとむ<sup>3</sup>, 蛭名 雄一<sup>2</sup>, 田鍋 敏也<sup>6</sup>, 岡田 純<sup>5</sup>

1. 壮瞥町役場防災アドバイザー／日本

2. 壮瞥町教育委員会／日本

3. 壮瞥町滝の町／日本

4. 三松正夫記念館／日本

5. 北海道大学地震火山研究観測センター／日本

6. 壮瞥町役場／日本

e-mail: [hokada@npo-cemi.com](mailto:hokada@npo-cemi.com)

30年前の1977年有珠山噴火で危険な行動をとってしまったことに対する反省から, 有珠山のふもとの壮瞥町が中心になり, さまざまな文化的な取り組みが続けられてきた。はじめのきっかけは, 1982年の壮瞥町成人大学講座(延べ9回)で, 翌年からは子供郷土史講座が現在まで続けられている。子供

郷土史講座の目的は, 町の歴史を学ぶことであるが, わが町の活火山である有珠山の2回のフィールドプログラム(昭和南山および有珠山頂部の登山会)が含まれている。今までに人口3500人ほどの町で, 延べ約800名の子供たちが参加しており, 2000年噴火で防災対策に活躍した人材も出ている。火山防災への大きな転機は, 1995年の国際ワークショップであり, 同時に全国火山子供交流会も行われた。ハザードマップが地域で活用されるようになった2000年噴火までの5年間には, 隣の虻田町でもさまざまな取り組みがなされるようになっていた。2000年噴火での検証を含めて論ずる。

### 32-P-10

#### ハワイ火山観測所による市民へのアウトリーチ及び教育

Tim R. Orr<sup>1</sup>, Darcy Bevens<sup>2</sup>

1. USGS, Hawaiian Volcano Observatory, USA

2. Center for the Study of Active Volcanoes, University of Hawaii-Hilo, USA

e-mail: [torr@usgs.gov](mailto:torr@usgs.gov)

ハワイの住民は, キラウエアの長期噴火(1983年以降)と一緒に生活に慣れてしまい, この火山や潜在的にさらに破壊的な近隣のマウナロアがもたらすハザードを忘れるかもしれない。ハワイ火山観測所(HVO)は, 地震と火山のハザードを一般市民に絶えず知らせるという課題を抱えている。ハザードに対する意識を持たせるため, HVOは地域社会での説明, インターネット, 国立公園局, ハワイ州市民防衛局, ニュースメディアを通じて情報を流布する。HVOのウェブサイト(<http://hvo.wr.usgs.gov>)では, 日々の最新情報, 火山・地震活動やハザードに関する最新の地図, プウ・オ・オ(Pu'u 'O'o)やマウナロアの頂上のウェブカメラ映像を提供している。自動作成される地図は, 数分以内に, 地震の位置やマグニチュードが示される。HVO職員はさらに, 地元の新聞に毎週「火山の観察(Volcano Watch)」というコラムを書いている。公共教育におけるHVOのパートナーの1つに, ハワイ大学ヒロ校の活火山研究センター(CSAV)がある。1990年以降, CSAVはハワイでの自然ハザードについて説明するセミナー, 教師研修ワークショップ, ビデオプログラムを開催している。1997年に創設された協力的補助金は, 学校や地域団体への訪問を計画する自然ハザードアウトリーチ調整官へ資金を提供するものである。

2006年10月15日にハワイ州を揺るがした地震(M6.7及び6.0)は, ハザードに関する一般市民の意識を拡大させる絶好の機会を, HVOとCSAVにもたらした。ハワイ島北部が震源地であったため, 多くの住民がマウナロアあるいはフアラライの噴火が迫っていることを恐れた。ウェブサイトは即座に更新され, 報道機関向けの報道発表やインタビューが準備された。HVOとCSAVは一般市民からの質問をうまく処理し, ビデオと写真を使って民家, 公共機関, 事業所への損害を文書にまとめ, 地震震動図のコピーを島中に配布した。地震の原因や, 地震対策に向けた戦略について話すため, 学校や地域を訪問したことが, 特に被害が最も大きかった場所で効を奏したこ

とが分かった。

### 32-P-11

#### 十勝岳における地域の防災意識向上を目指した多様な広報活動

甲岡 宏次<sup>1</sup>, 反町 雄二<sup>2</sup>, 大友 淳一<sup>2</sup>, 岡田 弘<sup>3</sup>, 和田 恵治<sup>4</sup>, 吉田 真理夫<sup>5</sup>

1. 国土交通省北海道開発局旭川開発建設部 / 日本

2. NPO法人砂防広報センター / 日本

3. NPO法人環境防災総合政策研究機構 / 日本

4. 北海道教育大学旭川校 / 日本

5. 株式会社ダイヤコンサルタント / 日本

e-mail:ootomo@sabopc.or.jp

十勝岳では、1926 年の噴火による火山泥流が山麓に大きな被害をもたらした。最後の主要噴火から 18 年が経過しており、地域の防災意識を高めることが重要である。旭川開発建設部では、砂防施設や監視機器の整備に加えて、関係機関と協力した多様な広報活動を進めている。本発表では、現地体験学習用資料の作成や小中学校向け防災学習教室の実施状況を中心に、活動内容を報告する。体験学習用資料は、地元住民が噴火経験を次世代に伝えることを補助するとともに、観光客がこの地域の火山活動と防災の取り組みを理解することを目的として作成している。泥流災害の痕跡、火山地形や山麓の動植物、火山砂防施設などについて効率的に見学できる構成となっており、地元で開催する見学ツアーで使用しながらグレードアップを図っている。また、防災学習教室では「十勝岳の噴火・恵み、火山砂防施設の種類と目的」に関して、学識者による解説と3D映像の上映による授業を行っており、噴火現象の多様性や砂防施設に関する児童・生徒たちの認識が高まっている。今後も、地域の防災意識向上のため、広報活動を継続することが重要である。

### 32-P-12

#### 行政・住民・科学者による火山防災教育・普及啓発活動。上富良野町による実践例

伊藤 英之<sup>1</sup>, 吉田 真理夫<sup>2</sup>, 原田 憲邦<sup>3</sup>, 吉田 真也<sup>4</sup>

1. 国土技術政策総合研究所 / 日本

2. ダイヤコンサルタント / 日本

3. 旭川土木現業所富良野出張所 / 日本

4. 砂防・地すべり技術センター / 日本

e-mail:itou-h92ta@nilim.go.jp

「火山を知る」ことは減災に有効な手段の一つである。十勝岳では 20 世紀に 3 回の主要な噴火が発生し、多くの教訓が残された。特に 1926 年噴火では大規模な融雪泥流により、144 名の死者を出しており、小説の題材にも取り上げられている。

最新のマグマ噴火である 1988-89 年噴火ではこれらの教訓を踏まえて先手の危機管理がなされた。1987 年にはハザードマップが作成され、市民に配布された。火山活動が活発化したとき、泥流発生に備えてモニタリングシステムの導入や、緊急的に泥流対策ダムが設置された。

噴火活動終了後も防災施設の建設が進み、モニタリングシステムも随時更新されている。また、噴火活動中に始まった住民参加の避難訓練は現在も継続している。一方、時間とともに住民の災害経験は風化することから、継続的な普及啓発教育も実施されている。旭川土木現業所は毎年、「親と子の火山砂防見学会」を実施し、砂防施設の見学やダムサイトにおけるゲームなどを行い、火山砂防に対する理解を深めるイベントを実施している。また、ハザードマップの更新や各種パンフレットを作成している。役場では旭川土木現業所と協力し、各種講演会を開催している。本発表では、十勝岳周辺における火山防災教育の現状について報告を行う。

### 32-P-13

#### ニュージーランドのトンガリロ火山群における一般市民の意識及び教育：一時離散する住民のためのリスク管理の指針となる社会科学

Graham S. Leonard<sup>1</sup>, Maureen Coomer<sup>1</sup>, Brad Scott<sup>1</sup>, Richard T. Smith<sup>2</sup>, Harry Keys<sup>3</sup>, Nicki Hughes<sup>3</sup>, David M. Johnston<sup>1</sup>

1. GNS Science / New Zealand

2. Ministry of Civil Defense Emergency Management / New Zealand

3. Department of Conservation, Turangi / New Zealand

e-mail:g.leonard@gns.cri.nz

トンガリロ火山群(TVC)は、ニュージーランドで最も人気のある日帰りハイキング場所の 1 つ、トンガリロ・クロッシングを擁する。近年の最も活発な TVC の火口はナウルホエ火山で、これは、最後に噴火したのは 1975 年で、降灰、火砕流、ブロック溶岩流が発生した。1975 年以降は静かであるが、以前はニュージーランドで歴史的に最も頻度の高い活火山火口であった。テ・マリ(Te Mari)火口群も、短いヨーロッパ人の歴史(200 年未満)の中では活発である。

トンガリロ国立公園の中に位置し、TVC の裾には恒久的な集落はない。しかしながら、火山リスク管理は、極めて一時的にリスクにさらされる旅行者集団によって複雑化している。このクロッシングは、旅行者をナウルホエの急な山腹やその他の完新世火口を直接通過させる。人々は活動中の火山円錐丘でキャンプすることはできないが、下方の TVC の山腹には 3 箇所の宿泊小屋がある。TVC は集中監視されているが、ハイカーに対し妨げとなる噴火を 17 km に及ぶ進路に沿って公式に通知することはほぼ不可能である。「ブルースカイ」(Blue-Sky)噴火も起こり得る。

自然の噴火警告のサインと自主的な避難行動を強調するため、公共の火山ハザードマップが作成されている。ベースラインの一般市民意識調査で分かったことは、ほとんどのハイカ

一が(1)火山性の事象が切迫している場合、「当局が」警告すると確信していたが、噴火が起こっても噴火に自分で対処すると考えていた。(2)視覚的(文章でなく)なハザード情報が、経路の途中及び旅行者施設の両方で提供されることを望んでいた、ということである。また、モントセラトにおける同様の研究(K. ヘインズの私信, 2004 年)と対照的に、回答者の大多数(60%)が、注釈付きの航空斜写真よりマップビューを見る方が解釈しやすいと考えていた。訪問者は大抵、標識やパンフレット上の進路のマップビューを見ており、概して「地図」を読む傾向にある。この研究がなければ、我々はモンセラトの所見に依拠し、リスク管理戦略の指針となる社会科学の必要性を強調していたであろう。さらなる調査が、地図に関する一般市民の意識変化の尺度となるであろう。

### 32-P-14

#### 「リブラ」: 火山噴火の不確実性について教えるためのボードゲーム

林 信太郎<sup>1</sup>

1. 秋田大学 / 日本

e-mail: hayashi@ipc.akita-u.ac.jp

火山噴火は不確実である。それを教えることは火山災害教育の一つの重要な目的であり、また、難しい目標でもある。講演者は、体験的に火山災害の不確実性を学ぶためのゲームである「リブラ」を開発した。「リブラ」は、ピナツポ噴火の一ヶ月前に作られたような火山確率樹に基づいて作成されたゲームである。「リブラ」は、簡略化されたハザードマップをゲームボードとするゲームである。火山の状態はカードで表現され、火山活動の状態の変化はサイコロの目とカードによって決定される。また、避難者は、ボード上のコマとして表されている。プレイヤーは、これらの避難者を移動させることによって、噴火から避難者を守る。ただし、避難にはコストがかかる。ゲームのプレイヤーはこのゲームを繰り返すことで、確率樹に表現された噴火の推移の不確実性について体感するとともに、噴火の警戒避難の難しさも体験することとなる。

### 32-P-15

#### 「めざせ一流！われら阿蘇の研究者」プロジェクト ～火山地域にくらす子どもたちの学習～

吉川 美由紀<sup>1</sup>, 池辺 伸一郎<sup>1</sup>, 溝口 千花<sup>1</sup>, 須藤 靖明<sup>1</sup>

1. 阿蘇火山博物館 / 日本

e-mail: miyuki@asomuse.jp

熊本県阿蘇火山地域には火山の生み出す景観・湧水・石材といった資源が豊富にある。また、活火山としての阿蘇は災害も生み出す。様々な火山学的資料に恵まれた阿蘇火山地域だが、小学生たちはそれを意識することは少ない。こうした阿蘇の火山学的資料について、子どもたちが自発的に研究活

動を行うことで、火山や阿蘇に対する関心・興味を芽生えさせることを目的とし、我々は 2005 年 12 月より「めざせ一流！われら阿蘇の研究者」と名づけた地域研究(学習)プロジェクトを実践している。

プロジェクトは阿蘇火山博物館と阿蘇地域の小学校(南阿蘇村立立野小学校・阿蘇市立碧水小学校・阿蘇市立宮地小学校)の連携事業として実施される。各小学校毎に地域に関係した研究テーマを設け、研究スケジュールを作成し、子どもたちはスケジュールに沿って数ヶ月から半年近く研究活動を行う。研究成果は 10 月 11 月ごろにシンポジウムなどで披露される。彼らの研究は未解決の部分が多くあるため、我々のほか、阿蘇地域および熊本県の火山研究者および民俗学者ら有識者によるサポートがなされる。

本発表では、プロジェクトの詳細、子どもたちの学習効果、プロジェクト実施に伴う問題点などを紹介する。

### 32-P-16

#### アラスカの火山教育キット: 州規模での科学教育を通じた火山ハザードに対する意識形成

Jennifer N. Adleman<sup>1</sup>

1. USGS Alaska Science Center, Alaska Volcano Observatory / USA

e-mail: jadleman@usgs.gov

火山活動に起因する地域社会へのリスクを軽減するための取り組みの一環として、アラスカ火山観測所(AVO)は、科学の教師と協力して、アラスカの火山について生徒に教えている。この取り組みの一環として、AVO は「火山科学キットの構築」という課程を提供し、この課程は 2006 年秋に USGS のアラスカ科学センターを通じてアラスカパシフィック大学で開催された。10 週に渡る 30 時間の課程が中学校レベルの科学教師向けに行われ、経歴を推進する 2 つの専門的能力開発履修単位が与えられた。参加者は、持続可能な、地域に特化した、アラスカ科学基準に準拠した、中学校レベルの火山教育キット向けのレッスンの開発をはじめた。このキットで提示されたレッスンの例として、次のものが挙げられる: プレート・テクトニクス; アラスカの火山地形; 火山と大気; アラスカの火山の構造; アラスカの火山は揺れ動く!; アラスカの火山とあなた; アラスカの活動的火山(Dynamic Volcanoes)の経歴及びモニター。このキットは、2007-2008 学年度の初めに利用可能となる。これは教室での利用向けに教育者による点検を受けるよう、州全域の様々な施設や情報センターに所蔵される。

### 32-P-17

#### 衛星画像立体表示システム SiPSE を用いた火山防災の学校教育

坂本 昌弥<sup>1</sup>, 木下 紀正<sup>2</sup>, 富岡 乃夫也<sup>3</sup>, 戸越 浩嗣<sup>4</sup>

1. 鹿児島玉龍高校 / 日本

2. 鹿児島大学産学官連携推進機構 / 日本

3. 鹿児島市学習情報センター / 日本

4. 川辺町立大丸小学校 / 日本

e-mail:kisei@rdc.kagoshima-u.ac.jp

衛星画像立体表示のためのランドサット衛星データのセットとデータビューアのシステムを、2000年9月にSiPSEホームページとしてインターネットで公開した。その時のデータ提供の範囲は主に九州であったが、2001年には日本全土をカバーするに到った。データセットには衛星画像データと結合して50mメッシュ数値地図に基づく数値標高データが組み込まれている。SiPSEデータビューアを用いて自分のパソコンで3D衛星画像をフライトシミュレータの様に操作できる。立体表示のための衛星画像は、真色表示と自然色表示および単バンド表示から選択する。特に、TMバンド4の近赤外データは、水域の識別や植生状態・土地の起伏の検討に有用であり、地上や航空機からの近赤外撮影写真と比較できる。活火山や活動を停止している火山の地形と植生を理解するのにSiPSEの動画表示や静止画出力は役に立つ。高校生を対象とした桜島火山防災授業において、火山周辺の地理的状況を理解するのにこのシステムは大変有効であることが確かめられた。

このシステムの日本語ウェブサイトは

<http://sipse.edu.kagoshima-u.ac.jp/sipse/>

であるが、概略は英文で次の所に表示している。

<http://sipse.edu.kagoshima-u.ac.jp/sipse/sipse-e/index-e.html>

## 32-P-18

### 火山リスク教育のための教師ガイド。スペイン市民防衛局

Angeles Llinares<sup>1</sup>, Ramon Ortiz<sup>2</sup>

1. Consejería de Educacion, Gobierno de Canarias, Spain

2. Dep. Vulcanologia CSIC, Spain

e-mail:ramon@mncn.csic.es

スペイン市民防衛局は、小・中学校向けの火山リスク教育のための教師ガイドを編集した。この教育パッケージは、火山危機管理における国際防災10年(IDNDR)、及び先般の欧州火山リスク研究プロジェクトの目標を反映している。その内容には、火山及び火山噴火の性質、火山リスク、火山非常事態の際の市民防衛行動及び警報システム、自動防護措置、火山危機の際の心理的サポート、小・中学校向けの教育ガイドに関する背景情報の解説が盛り込まれている。また教師が教室で利用する資料や、生徒向けのポスター、CD、玩具、再生可能なアクティビティシートが含まれる。

## 32-P-19

### 樽前山副読本

宇井 忠英<sup>1</sup>, 樽前山環境防災教育検討部会<sup>2</sup>

1. 環境防災総合政策研究機構/日本

2. 環境防災総合政策研究機構気付/日本

e-mail:ui@npo-cemi.com

樽前山は日本の中で最も活動的な活火山の一つである。山麓には北海道最大の工業都市と空港があり、北海道内の物流の動脈である鉄道や道路も通っている。1909年に溶岩ドームを新たに作る噴火をして以来、山麓に被害をもたらすような規模の噴火は起こっていないため、地元住民や行政機関は火山噴火と災害に関して適切な認識を持っていない。1994年に防災マップが作られ住民に配布されたが、特に火山災害に関する啓発活動は行われていなかった。

2004年以降、幾つかの防災啓発に関する取り組みが開始された。その一つが小中学生向けの副読本の編集とその活用である。北海道開発局の支援を受けて樽前山環境防災教育検討部会を作り、地元の教員と共に編集作業を開始した。2007年春に中学生向けの副読本の印刷原稿が完成した。A4版90頁でその構成は、第1章北海道ができるまで、第2章樽前山の生い立ち、第3章樽前山の自然、第4章樽前山が噴火したら、第5章資料編、そしてフィールドトリップガイドとなっている。現在は副読本を用いたモデル授業を計画すると共に、引き続き小学生向けの副読本を編集 중이다。

## 32-P-20

### 地震火山こどもサマースクール9年、私たち地元の次世代に何が伝わったか

坂元 優太<sup>1</sup>, 清水 芳恵<sup>2</sup>, 中川 和之<sup>3</sup>, 小山 真人<sup>4</sup>

1. 筑陽学園中学高等学校/日本

2. 日本女子大学/日本

3. 時事通信社/日本

4. 静岡大学/日本

e-mail:yutachan@mail1.dnet.gr.jp

日本地震学会と日本火山学会は、日本各地の地震や火山に関係する場所で、1999年からほぼ毎年、「地震火山こどもサマースクール」を開催し、これまでに10歳から18歳までの延べ355人が参加している。研究や実践の最前線にいる専門家が、子どもの視点で地震や火山のしくみや本質を直接語り、災害と不可分の関係にある自然の恵みを伝えることが目的だ。プログラムの進め方は、子どもたちの好奇心を刺激するゲームや実験、対話型で行っている。

火山のふもとに育った坂元、清水の2人は、このスクールに参加し、幼い頃から見てきた有珠山や大島・三原山の目に見えない部分を学んだ。体験することによって考えを広げられるようになり、どのように火山ができて、人々にどう愛されてきたのかも知ることができた。噴火から逃げるだけの火山防災でなく、火山と向き合って生きていこうと考えるようになった。自分の将来を考える際にも大きな影響を受けた。火山や地震の恐ろしさだけではなく、もたらす豊かさや科学的な面白さを知る次世代を育てるために、現在はスタッフとして参画している2人が考える地震や火山教育のあり方について、参加した子どもたちを代表するつもりで報告する。

## 32-P-21

### 火山と隣り合わせの生活:レーニア山(ワシントン州)に対する学生および教師の理解を深めるための教育プログラム

Carolyn Driedger<sup>1</sup>, Anne Doherty<sup>2</sup>

1. U.S. Geological Survey, Cascades Volcano Observatory

2. National Park Service

e-mail:driedger@usgs.gov

2007 年は、10 年以上に渡る米国地質調査所(USGS)と国立公園局(NPS)の間の教育プログラム協力を特徴付ける年である。このパートナーシップは、レーニア山の形成史とハザードについて、教師と生徒に教育素材、教育、フィールド体験を提供するために着想された。このプログラムの3つの要素には、教師ワークショップ、教育カリキュラム、そして学校でのグループ計画立案向けの教育が含まれる。教師ワークショップはUSGS 及び NPS の職員により年 1 回準備、実施され、また経験を積んだ教師の支援を受けた。レーニア山の火山としての歴史やハザードに関する 4 日間のワークショップは、主催機関が資金を提供し、無料で参加できる。教師は参加に対する継続的な教育履修単位を受領し、将来は学位(graduate credits)を受けることができるようになる。ワークショップは毎年大体 15 名から 20 名の教師を集め、数年先まで予約で埋まっている。「火山と隣り合わせの生活」と題した探求をベースとしたカリキュラムは、科学者、教師、公園の解説職員によって、中学生向けに開発された。これはカスケードの火山活動の原因、性質、恵み、ハザードを取り上げている。このカリキュラムは、家庭と地域社会での対策を強化することにより、火山ハザードに関する自分の知識を応用するという課題を生徒に与える。2006 年 6 月、レーニア山国立公園は新しい教育センターを開設した。公園職員が、持続可能性や環境に優しい建設の見本となるよう設計・施工した。公園教育センターは、2 つの教室やその他のアメニティが特徴である。同センターは最近、一教室用に火山教育のための壁画を設置するための補助金を受けた。訪問する生徒や教師は、火山、その産物とハザード、そしてエコロジーについて学習できる。多様な評価結果は、レーニア山の火山ハザードに関する地域社会の意識が高まっていることを示すものである。現世代と将来世代への教育は、この美しくも強大な火山の将来の噴火活動を理解し、またそれに備える上で極めて重要である。

## 32-P-22

### 有珠山噴火後の樹林再生に関する教育プログラム

吉井 厚志<sup>1</sup>, 岡村 俊邦<sup>2</sup>

1. (独) 土木研究所 寒地土木研究所 / 日本

2. 北海道工業大学/日本

e-mail:art-yoshii@ceri.go.jp

2000 年に噴火を経験した有珠山周辺では、次の噴火に備え

て火山防災について子供達へと語り継ぐ努力が進められている。この地域の小中学校では火山防災副読本が作られ、それに基づいた授業も行われるようになった。

しかし、住居や学校が破壊された地域の子供達は、被害や避難の経験が心の負担にもなっている恐れがあり、授業にも注意が必要であった。

一方で、教師達からは火山噴火により破壊された地域の樹林再生の研究について、授業に採り入れたいとの要望があった。再生というテーマは、火山噴火後の復興を目指す象徴的なものであり、子供達の希望にも繋がるよう期待されている。この研究は、自然で多様で地域にあった樹林を確実に作る技術開発にも生きている。

有珠山の噴火で移転した洞爺湖温泉小学校では、このような背景から 2004 年から緑の再生に関する授業が始まった。これは防災教育と環境教育を組み合わせたプログラムとして継続されている。

また、この授業で育てられた樹木の苗は、泥流被害を受けた地域に建設された広大な遊砂地の緑化にも使われるようになった。

## 32-P-23

### 雲仙火山が持つ教材としての可能性 ~中学校における総合的な学習の時間での活用~

土橋 潤二<sup>1</sup>

1. 長崎大学大学院/日本

e-mail:junji\_junji@yahoo.co.jp

雲仙火山は島原半島の形成に重要な役割を果たしてきたと同時に、島原半島に住む人々に様々な被害を与えてきた。最近ではまだまだ記憶に新しい平成噴火により多くの災害を受けた。しかし、そのような中にありながらも普賢岳や平成新山などの雲仙火山は学校での授業ではあまり取り上げられず、島原半島に住みながらもその地形的特徴、火山についての知識、平成噴火の災害の様子や、復旧・復興の様子、などを知らない人が多い。また、火山に関する学習書籍などは多く存在するが、雲仙火山がメインにされているものは少なく、雲仙火山に関する総合的な資料や授業報告も多くはない。そこで本研究では、雲仙火山を一つの教材とみなし、火山学習、地域学習のための教材研究を行なった。また、中学校における総合的な学習の時間で活用することができるよう、学習内容の開発・選択を行い、それらを授業のなかでどのように位置づけ、どのような学習指導を行なっていくことがよいか考察を行なった。また、考察を行なう際に、筆者が長崎大学附属中学校で行なった、総合学習における火山に関する授業でのアンケート結果をもとに、中学生の実態を考慮に入れた上で行なった。

## 32-P-24

### 富士山と酒匂川

大脇 良夫<sup>1</sup>, 関口 康弘<sup>1</sup>, 小林 秀樹<sup>1</sup>, 佐久間 俊治<sup>1</sup>, 井上 三男<sup>1</sup>, 藤平 初江<sup>1</sup>, 関口 明美<sup>1</sup>, 松尾 公就<sup>1</sup>, 市川 銘雄<sup>1</sup>, 久保田 和男<sup>1</sup>, 小林 富幸<sup>1</sup>, 瀬戸 良雄<sup>1</sup>, 高杉 金次郎<sup>1</sup>, 露木 順一<sup>1</sup>, 茂木 哲夫<sup>1</sup>, 山田 勲男<sup>1</sup>, 山田 行雄<sup>1</sup>

1. 足柄歴史再発見クラブ/日本

e-mail:ajisai@town.kaisei.kanagawa.jp

1. 富士山は日本の本州のほぼ中央に位置する。この辺は、ユーラシア、フィリピン海および北米の3プレートが境界を接しており、地底でマントル対流に起因する地震、火山、造山運動が起きるところである。約10000年前、それまであった古い火山の中から大量の溶岩が流れ出て、富士山が形成された。その後大きな噴火が繰り返されたが、2200年前の大規模なテフラの噴出を最後に、山頂火口からのマグマ噴出は見られず、すべて側火口からの噴火である。

2. 富士山は1707年12月16日、大噴火を起こし、2週間にわたって大量のテフラを吐き出した。それは、偏西風に乗って東へ向かい、すぐ近く(須走;スパンリ)では4m、足柄平野で平均約50cm、約100km東の東京・千葉でも4~8cmの厚さにまで積もった。足柄上地方では、降り積もった大量の灰のため、人々は、長い間苦しむことになった。

① 農作物を育てるために、古い畑の土と積もった灰とを少しずつ順番に上下逆転させる「天地返し:テンチガエシ」を考え出して実行した。人力だけによる気が遠くなるような作業だった。

② 大雨のたびに大量の灰が山間部などから流れ出して川底を高くし、そのためにやっと修復した堤防がまた崩される、ということが繰り返された。1711年の洪水では、酒匂川の流れが大きく変わってしまい、新たに川筋となった6か村の一部の人々は、近くの丘の上に土地を割り当てられて、避難生活を送ることを余儀なくされた(図6)。ほとんどの人がもとの土地へ帰ったのは、150年後といわれている。

③ 1726、大岡越前守に任命された田中丘隅は要(カナメ)となる場所の堤防(東西の文命堤)を修復した。そして治水の神といわれた、中国の4000年前の「夏(カ)」の初代皇帝「禹(ウ)、別名文命(ブンメイ)」をまつお宮を建て、その堤防を「文命東堤」、「文命西堤」と名づけた。

そして石碑には

イ、堤防に、桃・李(スモモ)・梨・栗を植えなさい。

ロ、毎年お祭りをしなさい。その際、みんな石を持ってきなさい(洪水対策に用いる「玉石」)。

ハ、こうしたことのために、幕府は東西合せて120両の資金を出す。

これらのことを石碑に刻して千年にわたって伝える。

と刻んだ

3. 富士山宝永噴火300年に当たり、われわれは以下の活動を行ってきた。

① 子ども達と先生への働きかけ

イ、小学校向け社会科副読本「富士山と酒匂川」(100ページ)の作成と学校配布。

ロ、この冊子による「夏休みなんでも相談室」の開催(生徒向けと先生向け)。

ハ、この冊子の公共図書館への配布。

② 保護者(父母)や各地域への働きかけ

町・自治会・老人会・地域グループなど主催講演会

③ 地域全体への働きかけ

有名劇団による「富士山と酒匂川—足柄平野の苦難とそれを乗り越えてきた人々」の劇化とVTR化。

## 32-P-25

### 市民や生徒と学ぶ阿武火山群の不思議

永尾 隆志<sup>1</sup>, 福田 靖子<sup>2</sup>, 樋口 尚樹<sup>3</sup>, 山下 智之, 藤田 尚子<sup>5</sup>, 火除 崇<sup>6</sup>, 前田 美砂緒<sup>7</sup>

1. 山口大学大学院理工学研究科/日本

2. 萩市教育委員会/日本

3. 萩博物館/日本

4. 萩東中学校/日本

5. 椿東小学校/日本

6. 阿武中学校/日本

e-mail:tnagao@yamaguchi-u.ac.jp

阿武火山群は、山口県萩市とその周辺に分布する活火山である。私たちは、この火山群のすばらしさを市民や子供達に伝えるために2002年から様々な活動を行ってきた。山口県立山口博物館でテーマ展「山口の火山」を開催し、展示とともに講演や野外見学会を行った。また「山口の火山」という小冊子も出版した。ホームページも開設し山口県内の小学生を中心に利用されている。その後、萩市の萩博物館の新築にともない阿武火山群を紹介する展示が常設されている。萩市の小学校や中学校で簡単な実験を取り入れた出前授業を行ってきた。その際、多くの市民の協力をいただいた。また、萩市の「科学の祭典」でも子供参加型のワークショップをおこなっている。また、科学技術振興機構の支援を受けて「萩の火山と星こどもサマースクール」、「萩の自然こどもサマースクール」を開催し野外見学と実験で阿武火山群のふしぎを学ぶ取り組みを行った。さらに、小学6年生と中学1年生で火山を学ぶので、無駄をなくし系統的な学習ができるように「萩の火山学習カリキュラム」をつくり実施している。現在、道路工事で現れた降下火山灰の地層を保存するために山口県と協議している。

## 32-P-26

### 学校教育を通じたリスクの軽減

Jennifer Anderson<sup>1</sup>

1. Orting School District, Pierce County, Washington, USA

e-mail:AndersonJ@orting.wednet.edu

火山災害が起きても、市民の大部分は備えができていない。オーティングは、米国ワシントン州のレーニア山の真北に位置

する谷の中の小さな町である。そこは火山泥流がレーニア山の北西の側面を下ると、最初に被害を受ける町である。オーテイングに居を構える数千名の人々の避難時間は 40 分しかない。オーテイングと谷では、広範囲で住宅が増加している。危機管理調整担当者は、地域社会の中で市民が直面すると予想されるハザードについて情報を提供している。オーテイング高校の教育プログラムを通じ、生徒はテクニクな地質過程と同様、その過程がもたらすハザードについて学ぶ。非常事態対策訓練をカリキュラムに組み入れることは、生徒にとっても親にとっても有益である。生徒が学習の有益さを理解しないことが実に多い。彼らは「何故これを知る必要があるのか」と疑問に思うのである。このプログラムでは、生徒が様々なハザードについて学び、次いでレーニア山に焦点を当てるのだが、それはこの山がオーテイング／プヤラップ低地に特有の最大のハザードだからである。彼らに期待されるのは、火山の過程を学び、いかに備える必要があるか理解し、そして実際の準備に取り組むことである。彼らは NPO や政府の危機対策ウェブサイトへアクセスして情報を入手する。生徒は両親と協力して、学校、市、郡の計画と整合的な家庭での非常事態対応計画を練る。この活動は、これまでのところ評判は上々である。多くの家庭が現在、レーニア山に起因する事象はもちろん、他の自然災害にも備えられるよう協力している。オーテイングのテクニクカリキュラムの主要な便益の 1 つは、生徒が責任ある見聞の広い大人になるための一助となることである。さらに重要なのは、生徒が幼いうちから、地球科学を理解し災害に対する事前計画を立てることの重要性を学び、その結果、災害が起こる前にリスクを緩和するということである。

### 32-P-27

#### 桜島における火山岩観察会の実践報告

津根 明<sup>1</sup>

1. 特定非営利活動法人桜島ミュージアム/日本

e-mail:tsune@sakurajima.gr.jp

2007 年 2 月 18 日、桜島西部の溶岩なごさ遊歩道(鹿児島市桜島横山町)にて火山岩をテーマにした自然観察会「桜島を 6 倍楽しむ方法」を実施した。大正溶岩の上に整備された遊歩道を海岸沿いに散策しながら解説する約 2 時間の火山体験プログラムで、科学的な興味関心を高めることを目的に企画した。

溶岩なごさ遊歩道には数多くの火山岩を学ぶ天然の教材があり、本プログラムはこれらを活かしている。この地域に分布する溶岩は海に浸かって急冷したために、冷却摂理や偽枕状溶岩など特徴的な構造を見ることが出来る。また、海岸沿いには砕けて小さくなった溶岩や漂着した軽石が沢山あり、その石はよく円磨されているので、手にもって観察するには最適である。縞状軽石や灰色を呈した軽石も探せばあるので、マグマの上昇と混合についても解説できる。観察会ではこれらの材料をもとに、参加者に能動的に観察してもらうように配慮した。

当日は 20 名の参加があり、大変満足度の高いアンケート結

果が得られた。今後も継続して観察会を実施し、室内実験をプログラムに組み込んだ効果、少人数実施による効果等について調査する予定である。

### 32-P-28

#### 2000 年有珠山噴火の教訓～火山平穏期の防災啓発活動の成果 壮瞥町の実例～

三松 三朗<sup>1</sup>

1. 三松正夫記念館/日本

e-mail:m.museum@peach.plala.or.jp

有珠山周辺に生活する人々は 1663 年以来、30～50 年に一度、9 回の噴火を体験してきた。が、江戸時代四回の火砕流を伴う危険な噴火について、現在を生きる人々に殆ど語り継がれる事なもなかった。20 世紀前半二回の噴火は人口希薄な山麓噴火で、1910 年噴火では温泉湧出、1944 年噴火では新山誕生という観光資産の創出となり、戦後復興・高度経済成長の流れに載り、火山領域内に高密度土地利用を進め、災害環境を進化させてしまった。

火山防災意識が限りなくゼロに近い状態の 1977 年 8 月 7 日、前兆地震開始から僅か 32 時間後、先の噴火から 32 年目、142 年振りに成層圏に達する噴煙柱を上げる中規模山頂噴火を開始。地域住民は甚大な社会的・経済的被害を被った。にもかかわらず 47 日にして防災的助言・警告に耳を貸さずに観光再開避難解除に踏み切った。結果的に土石流犠牲 3 名を出したにも係わらず「住民パワーで火山に勝った」意識を残した。

壮瞥町では、終息後冷静に分析し、事実は幸運の連続・紙一重の危機回避であった事を認識し、地域が「火山の恵みに生きる」以上そのマイナス面も理解し、備えの心を持ち、防災は不可能でも「減災」は可能、火山との共生を目標に防災啓発活動が続け、2000 年噴火を迎えた。その成果は…

### 32-P-29

#### 2000 年有珠山噴火に関する企画展示

定池 祐季<sup>1</sup>

1. 環境防災総合政策研究機構・北海道大学大学院文学研究科 / 日本

e-mail:sadaike@npo-cemi.com

2000 年 3 月 31 日、有珠山が噴火を開始した。この噴火では、研究者、マスコミ、行政と住民の連携によって噴火前の住民避難が実現し、人的被害はなかった。

2006 年夏、北海道大学総合博物館で企画展「2000 年有珠山噴火―生きる山と生きる―」が開催された。この展示は筆者ら北海道大学大学院文学研究科の院生が中心となり、時間軸に沿った 3 テーマの中で、人々の行動や生活、想いなどを紹介した。避難所を再現したコーナーは来館者の目を惹き、

靴を脱いで畳に上がり、食事のメニューをのぞき込む、記念撮影をするといった姿が多く見られた。また、地域住民の有珠山への想いを紹介したコーナーでは、地域の人々は有珠山に親しみを持っており、有珠山は安全な火山であると考えられていることが、来場者に驚きを与えていた。

この企画展は、文化人類学や社会学を専門とする学生達が自然災害を展示の題材としたことや、有珠山の噴火に影響を受けた地域の「人々」に注目した展示シナリオ、火山遺構を活用したエコミュージアムなど、現在の取り組みも紹介した点が特色であり、火山研究者や防災関係者などに好評を博した。この展示は 2008 年春から約一年間、日本国内を巡回する予定である。

### 32-P-30

#### レーニア山・富士山姉妹山カリキュラムプロジェクト及び教師交流プログラム

Anne Doherty<sup>1</sup>, Edwin Bernbaum<sup>2</sup>

1. Mount Rainier National Park, National Park Service/USA

2. The Mountain Institute/USA

e-mail:anne\_doherty@nps.gov

レーニア山と富士山、これらの火山の間には姉妹山としての長い歴史上のつながりがある。レーニア山国立公園(MRNP)は、早稲田大学富士山クラブ及び日本自然環境ボランティア協会と関係がある。1999 年、MRNP と山岳協会(The Mountain Institute: TMI)の聖なる山プログラム(Sacred Mountains Program)が、将来のレーニア山研究所、パイロットセミナー、職員研修、教師ワークショップに向けて、展示、ブックマーク、姉妹火山同士のコンサルテーションを含んだ、共同の教育、アウトリーチ、解説プロジェクトに関する協力の下で開始された。2002 年、TMI は同公園との協力について、国立公園局太平洋岸西部地域協力関係達成賞(National Park Service Pacific West Region Partnership Achievement Award)を授与された。2005 年、同公園は MRNP 及び TMI 職員向けの、「山岳の地理学と文化」教師ワークショップを実施するための、「教室としての国立公園」補助金を受け、日本の大学院生を夏期教育インターンとして迎え入れた。教師はレーニア山と富士山の両火山の自然及び文化リソース、MRNP 及び TMI の研究教育プログラム、世界の聖なる山について学んだ。レーニア山・富士山姉妹山カリキュラムプロジェクト及び教師交流プログラムは、こうした既存の関係や材料を基礎にして構築されることとなる。このプロジェクトには、日米両国の教師が両火山の自然・文化上の価値を生徒に紹介し、また相互の国の歴史、文化、地理、環境問題について学ぶための「レンズ」として、富士山とレーニア山を活用するための、包括的・学際的なカリキュラムの開発が含まれる。このカリキュラムを利用し、我々はレーニア山と富士山の双方で教師交流ワークショップを実施する予定で、各ワークショップでは日米両国の教師に同数ずつの席を用意する。我々は、これが国立公園局の 100 周年記念プロジェクトとなることを期待する。\* MRNP と TMI は共同で、2007 年秋に始まる米日財団補助金を申請中で、こ

の補助金の状況については火山都市国際会議島原大会(COV5)までに分かる見通しである。

### 32-P-31

#### 阿蘇火山の自然と文化をテーマとしたフィールド・ミュージアム活動の実践

山口 久臣<sup>1</sup>

1. 特定非営利活動法人阿蘇ミュージアム/日本

e-mail:boss@ioe-j.com

NPO 法人阿蘇ミュージアムは、阿蘇における 21 世紀型のミュージアム活動の研究・実践を目指し 2004 年に設立された。阿蘇火山博物館を拠点の一つとして、阿蘇の自然と文化に関する基礎的な調査研究に加え、教育普及、情報の収集と発信、火山に関する防災とリスク・マネジメントに関わる研究、阿蘇をテーマにしたツーリズムの提案などを主な活動とする。

博物館・ミュージアム活動もこれまでの調査・研究、資料類の収集、展示、保存といった基本的な活動に、施設・展示をコアスペースとして周囲の自然や地域を広く捉えるフィールド・ミュージアム活動、自然学校活動を強く加味しつつ、多価値化、多様化の時代を迎えている。我々は更にそれらを新たな地域づくりの手法の一つとも考え、観光の新たな戦略としてのエコツーリズムの阿蘇火山版としての「阿蘇火山ツーリズム」の展開により、高品質・良質の火山観光地「阿蘇」づくりに寄与して行きたいと考えている。

そのために欠かせない調査研究やプログラム作り、人材育成についての具体的な事例や将来像を紹介する。

### 32-P-32

#### 霧島火山砂防開放講座「霧島火山さばう探検隊」

井村 隆介<sup>1</sup>, えびの高原ボランティアレンジャーの会<sup>2</sup>, 国土交通省宮崎河川国道事務所<sup>3</sup>

1. 鹿児島大学理学部/日本

2. えびの高原ボランティアレンジャーの会/日本

3. 国土交通省宮崎河川国道事務所/日本

e-mail:imura@sci.kagoshima-u.ac.jp

国土交通省宮崎河川国道事務所では 2005 年から、霧島火山砂防開放講座を行っている。それは、霧島火山地帯の現地見学を行うとともに、火山の恩恵から土砂災害まで様々な視点で火山を学び、私たちの暮らしと砂防とのかわりについて理解してもらうために一般の人向けに行われる。講座は、毎年ミヤマキリシマの咲く春と紅葉の秋の 2 回ずつ開かれてきた。参加費は無料で、小学生から大人まで毎回 20 人くらいが参加してきた。

現地見学では、火山学者が地形や露頭を見ながら、霧島火山の噴火史や噴火のメカニズムについて解説するとともに、生物学者がそこにある動物や植物がつくる生態系についてガ

イドする。それによって参加者は、霧島火山の自然が噴火による破壊と再生によって成り立っていることを理解することができる。そして、噴火による土砂災害を最小限とするための砂防と人の生活について学ぶ。

地球科学的な面だけから火山学を学ぶのではなく、自然全体を観察する中に火山学を取り入れており、参加者の火山への理解度はとても高い。毎回好評で、参加者の中には繰り返し参加しているものも多い。今後も同様の講座を続けていく必要がある。

### 3-3

#### 33-O-01

##### 歴史噴火に学ぶ火山と人間社会との共存

伊藤 和明<sup>1</sup>

1. 防災情報機構／日本

e-mail:kaz-itoh@horae.dti.ne.jp

日本列島には108の活火山があり、歴史時代にもしばしば大噴火を起こして、周辺社会に大きな影響をもたらしてきた。1707年の富士山噴火では、大量の噴出物が多くの集落を埋めた。噴火後も、農作物がとれず、住民は飢餓に直面した。さらに、大量の火山噴出物が、長期にわたり水害をもたらした。1783年浅間山の噴火では、火砕流と岩屑なだれが1村を埋没、そのあと大洪水が発生し、流域の村々を破壊した。1888年磐梯山の噴火では、水蒸気爆発によって山体が大崩壊を起こし、岩屑なだれが麓の集落を埋め、477人の犠牲者がでた。このような過去の大噴火による災害は、当時の社会に大きな衝撃を与え、その結果、地域の復興までの道のりは険しく、長年月を要した。日本では、火山周辺の土地利用、とりわけ観光開発が積極的に進められている。したがって、これらの地域では、火山を資源とした地域の活性化と、将来の噴火に備えた「火山災害に強い地域づくり」をいかに構築していくかが問われている。過去の噴火のさい、どのような災害が発生したかを参考にして、日本の主要火山については、ハザードマップづくりが進められてきた。しかし、それらを現実の防災にどのように生かすかは、火山周辺の自治体や住民の意識にかかっている。過去を知ることは、将来に備えるための出発点なのである。

#### 33-O-02

##### 民話、伝説、神話の中に伝えられる火山

大場 司<sup>1</sup>

1. 東北大学大学院理学研究科/日本

e-mail:ohbatu@mail.tains.tohoku.ac.jp

世界には火山と関係する物語が多い。昔の人々にとって、災

害をもたらす火山噴火は超自然的、奇怪なもので、怪物のように恐ろしい現象であり、神、女神、竜、巨人などに擬人化し物語として残したのである。日本にも火山にまつわる伝承、伝説、神話が多く残されている。ダイダラボッチは各地に伝わる巨人伝説であり、噴煙を擬人化したものだろう。ヤマタノオロチ神話など、五、八、九頭の凶暴な竜の物語が各地に伝えられるが、特に火山周辺では噴火を描いた竜伝説もある。八郎太郎の伝説は、まぎれもなく噴火を伝える竜伝説である。この物語は十和田火山10世紀噴火をよく描写している。プリニー式噴火は八郎太郎と南祖坊との戦い、火砕流は八郎太郎の敗走、一時住んだ湖からネズミにより追い出される場面はラホールを表現している。この噴火災害は1000年にわたり伝説として語り継がれている。しかし一見すると噴火の描写と思われる物語でも、全く無関係のものもある。例えば山形の米塚・糠塚山の民話は火砕丘の成長と崩壊を思わせるが、これらは火山ではない。おそらく、別の火山噴火の話がこの地域まで広まり、その地方の山の話として定着したのだろう。

#### 33-O-03

##### 口述伝承に基づく火山噴火の解釈における落とし穴:紀元後1452年～53年の「クワエ大噴火(Kuwa'e Event)」(バヌアツ)

Karoly Nemeth<sup>1</sup>, Shane J. Cronin<sup>1</sup>, Douglas T. Charley<sup>2</sup>

1. Massey University, Palmerston North, New Zealand

2. DGMWR, Port Vila, Vanuatu

e-mail:k.nemeth@massey.ac.nz

15世紀半ばに発生した気候を変動させる主要な噴火と過去1万年で4番目に大規模な噴火であると推測されるクワエカルデラを関連づける一連の研究を通じて循環論法が展開された。口述伝承では、トンゴア、エピ(Epi)、トンガリキがかつて「クワエ」大陸("Kuwa'e" landmass)を形成していたが、悲劇的な噴火によって崩壊し、多くの死者や住民のその地域からの脱出を引き起こしたことを伝えている。言語証拠、系統、および伝説は15世紀半ばにおける大噴火を支持しているが、激しく大規模な噴火を支持する地質学的証拠は未だに見つかっていない。エピ(Epi)とトンゴア間の大規模な海底カルデラ(12×6 km)は明らかにクワエの噴火した場所であるが、口述伝承では別の場所だと伝えている。この悲劇から保存された居住跡を特定すべくポンペイと類似した方法で1960年代と1970年代に広範な目的を持った考古学研究が実施された。しかしながら、近接する地域における全ての人間の集落範囲にはほとんど、或いは全く火山の影響が見られなかった。これに加えて、エファテ島南部70kmにある主要な居住跡での最新の考古学的作業では、依然としてクワエ噴火によるテフラの証拠が見つからない。当初、「大規模な」クワエ噴火の結果であるとされ、人間の居住地で発見された明らかな軽石の堆積物は実際には第四紀初期または鮮新世の間に再堆積した物である。クワエカルデラ縁近くにあるトンゴアでは、カルデラ縁に向かって石質砕屑岩が次第に集中している軽石堆積物が存在する。また石質に富んだラグ角礫岩はカルデラの北にあるエピ島南部の低地でも追跡することができる。以前報

告された広範に分散する溶結凝灰岩は、岩脈貫入、シル貫入、同時に起きた玄武岩の溶岩噴泉を含むさまざまな局所的な溶結のプロセスを経て形成された溶結火山砕屑堆積物であると推測されている。残っている地表堆積物の特徴と分布は、ひとつの巨大な噴火ではなく数件の噴火が発生したことを示し、これらの噴火の規模や強度が低度から中度であったようだ。口述伝承から得られた結論と地質学的データの矛盾は、過去の文化的な「悲劇的結末」や気候に対して想定可能な地球規模影響におよぶ結論に達する前にあらゆる証拠に対する健全な批判的分析が必要であることを浮き彫りにしている。

### 33-O-04

#### 5～6世紀における榛名火山の噴火と人々への影響

早田 勉<sup>1</sup>

1. 火山灰考古学研究所/日本

e-mail:inst-tephra@white.plala.or.jp

関東地方北西部に位置する榛名火山では、古墳時代の5～6世紀に3度の噴火活動が発生した。最初の5世紀の有馬火山灰(Hr-AA)の噴火は小規模であった。しかしながら、その後6世紀初頭に発生した渋川テフラ(Hr-S)の噴火は大規模で、榛名火山東麓一帯に壊滅的な被害をもたらした。6世紀中葉に噴出した伊香保テフラ(Hr-I)に覆われた考古遺跡についての、火山学と考古学の共同研究により、Hr-Sの噴火活動のみならず、噴火災害や当時の人々による復興の詳細な過程が明らかにされつつある。

大災害をもたらしたHr-Sの噴火については、雲仙普賢岳の平成の噴火との共通点が多い。この噴火では、最初に水蒸気マグマ爆発が発生して、湿った火山灰の降灰による田畠などの埋没が起きた。まもなく、溶岩ドームの成長と破壊によると思われる火砕流が繰り返し発生するようになり、その途中で軽石も噴出した。火砕流は高温の火砕サージを伴い、東麓の集落の建物を倒壊焼失させ、流走域の木々をなぎ倒した。さらに火山泥流も発生し、東麓一帯だけでなく下流域をも襲った。

ただ、テフラの堆積が比較的薄かった地域の人々の対応は迅速で、テフラ堆積後数10年のうちには、田畠を復旧させたり、火砕サージで荒廃した場所を田畠や牧に利用していた。

### 33-O-05

#### アイスランド南東エーライパヨクト山、1362年の噴火とヘラッド地区の被害

Armann Hoskuldsson<sup>1</sup>, Thorvaldur Thordarson

1. Institute of Earth Sciences, University of Iceland

2. University of Edinburgh

e-mail:armh@hi.is

1362年に起きたエーライパヨクト山の噴火は、アイスランドの歴史上最大で、10km<sup>3</sup>の総噴出量を持つ流紋岩マグマのプリニー式噴火であった。噴火による火山灰はアイスランド北東部方面に流れ、島の約4分の1を覆った。火山灰のほとんどが海に堆積し、その体積面積は数万km<sup>2</sup>にもなると推定され、欧州の泥炭層にも見つかった。火口付近の研究からは、噴火初期に噴煙が火口の上で成長した時、いくつかの火砕流と火砕サージが発生したことを示している。エーライパヨクト山は氷河に覆われており、それを通して火山性砕屑物の脱出が起こることになる。その結果、いくつかの氷河湖決壊洪水が発生し、火山の傾斜面を火山性の噴出物が流れ落ち周辺肥沃な台地に達した。1362年6月初めの噴火は数世紀間の休止後に発生した。噴火前は、アイルランド南東のヘラッド地域は約400人の住民が住む、繁栄していた地域だった。噴火の時の言い伝えではその地域の住民は一人も生き残らなかったと述べている。噴火で破壊された農場の発掘調査では、壁石がテフラ堆積の前に崩壊していたことから噴火前に地震がその地域を襲ったことを示している。発掘された限りの2農場では噴火後に利用できるものが剥奪されていた。これは、破壊を免れた住民がいたかもしれないという考えを与えるが、火砕流と火砕サージ堆積物はそれがあり得ないシナリオであることを示しており、噴火直後に剥奪されたのかもしれない。

### 33-O-06

#### 火山噴火罹災地の文化・自然環境の復元

青柳 正規<sup>1</sup>, 本村 凌二<sup>2</sup>, 鷹野 光行<sup>3</sup>, 馬場 章<sup>6</sup>, 亀井 宏行<sup>4</sup>, 池内 克史<sup>6</sup>, 藤井 敏嗣<sup>5</sup>, 米田 穰<sup>1</sup>, 武内 和彦<sup>1</sup>, 小口 高<sup>1</sup>

1. 国立西洋美術館/日本

2. 東京大学大学院総合文化研究科/日本

3. お茶の水女子大学文教育学部/日本

4. 東京工業大学大学院情報理工学研究科/日本

5. 東京大学地震研究所/日本

6. 東京大学大学院情報学環/日本

7. 東京大学大学院農学生命科学研究科/日本

8. 東京大学空間情報科学研究センター/日本

9. 東京大学大学院新領域創成科学研究科/日本

e-mail:msnryg@attglobal.net

我々の研究目的は、火山噴火による罹災地の文化環境と自然環境を復元することにある。火山噴火罹災地は、一般にある時代の文化環境・自然環境が噴火堆積物によってサンドイッチ状に密封されたきわめて良好な保存状態にある。この特殊な保存状態は文化環境および自然環境に関する各種情報が濃密に集積されている「空間」であり、人文・社会・自然科学の研究手法と研究手法を活用して過去の文化・自然環境を復元する最良の対象である。この目的を達成するためのモデル研究として、南イタリアのヴェスヴィオ山、鹿児島県開聞岳、群馬県榛名山・浅間山などの噴火によって埋没した遺跡を研究し、各罹災地の個別の特性と共通の要素を解明するこ

とを目指している。そして、採集した情報の分析解析を文化・自然環境の復元という研究目的のために統合化と融合化を図ることにより、学融合・文理融合の新たな研究領域の構築を行い、将来の火山噴火罹災地における文化・自然環境を復元する際の研究モデルおよび復元モデルを提示したい。

### 33-O-07

#### マナグア地域(ニカラグア)の大部分に影響を及ぼした完新世後期 4 大爆発的噴火

H.-U. Schmincke<sup>1</sup>, S. Kutterolf<sup>1</sup>, A. Freundt<sup>1</sup>, W. Perez<sup>1</sup>, J. Rausch<sup>1</sup>, W. Strauch<sup>2</sup>

1. SFB 574, IFM-GEOMAR, Univ. Kiel /Germany

2. INETER, Managua /Nicaragua

e-mail:h-u.schmincke@t-online.de

完新世後期にあいついで発生した 4 大爆発的噴火は現在のマナグア地域に影響を及ぼした。(1) マグマ水蒸気噴火の麓であるアカウアル・アシンカ(AcahualAcinca) 郊外にある凹地についた足跡の表面はマサヤ山の Triple Layer(今から 2, 100 年前, 玄武岩質安山岩, DRE(溶岩相当密度)4.2 km<sup>3</sup>)と対比される。最大幅 5.7 m で 15~16 人の二足歩行の足跡の列は, そのほとんどが子どもたちの足跡である中心グループと, 10 代の若者, 女性, および男性の足跡で, 足の長さや歩幅が異なる 2 つの周辺グループで構成されている。その足跡の表面はぬかるんでいた。これらの人々はおそらく 10 km 南にあるマサヤ火山の強烈な噴火から身を守るため, あるいは避難ポートを求めてマナグア湖岸の近くへと足早に歩いたのであろう。(2) その上位にあるかんらん石を含む軽石火山礫と水中破碎岩はチルテペの噴火(今から 1, 900 年前, 石英安山岩, DRE 14.4 km<sup>3</sup>)に対比され, その噴出物は今日のニカラグアで最も重要なライフライン地域を覆った。(3) この凹地にあるマサヤ凝灰岩(今からおおよそ 1, 500 年~1, 800 年前, 玄武岩質安山岩, DRE 6.6 km<sup>3</sup>)は巨大な安山岩質角礫岩(デブライト)である。猛烈なベースサージがこの地域一体に影響を及ぼした。今日このような噴火が発生すれば, マナグアを含むこの地域は一帯は壊滅的状況に追い込まれるであろう。(4) この凹地ではおそらく存在しないだろうが, 最近見つかったネハパ・マールの噴出物(今から約 1, 000 年~1, 500 年前, かんらん石玄武岩, DRE>1 km<sup>3</sup>)はマナグア西部を覆った。海洋コアで最近発見された苦鉄質テフラは, おそらくネハパ・マールの噴火によるものであろうと考えられ, さらに大きな DRE を示すことになる。そのほとんどが地表に初めて現れたもので, 本質物質に富み, 良く成層した緻密な火山礫岩と火山灰の層は厚さ約 10m を上回る。これに覆われるウスルタン技法(Usulután technique)の陶器はメソアメリカ先住民のチャロテガ・ニカラオ文明と関連しており, 噴出物の上の陶器はオメテペの人々関連があるだろう。

### 33-O-08

#### 1926年十勝岳噴火の被害と上富良野の復興過程

一瀬 啓恵<sup>1</sup>

1. 室蘭工業大学

e-mail:cze15657@nifty.com

1926年の十勝岳噴火は, 泥流の発生により上富良野や美瑛, 中富良野に甚大な被害をもたらした。死者・行方不明者は144人, 負傷者は19人にのぼり, 女性と子供が犠牲者の6割以上を占めた。特に上富良野は最も被害を受け, 田畑や建物, 道路や橋梁が破壊され, 鉄道や通信も不通となった。このため村の復興はほとんど不可能であるとさえいわれた。

しかし上富良野では, 災害直後から村民たちが救護活動に従事し, 近隣町村の青年団や在郷軍人分会が道路の復旧や流木の除去などをボランティアで手伝った。ただし復旧の過程で, 鉄道の再開や通信の回復が優先されたため, 救護活動が一時的に混乱した。

当時国内では, 将来の人口増加による食料不足が懸念されており, その解決策として北海道への移民増加とそれによる農業の発展に期待が集まっていた。このため上富良野の復興は, 北海道の拓殖政策を推進するうえで重要な意味を持つと位置づけられ, 政府は北海道庁の予算案を受け入れ, 復興事業の予算を決定した。しかし上富良野の村民のなかには, 復興事業に関わる負債を村全体で負担しなければならないことに不満をもつ人もおり, 村民どうしの対立を生んだ。

### 33-O-09

#### 火山山麓に暮らす者の役割~次世代に伝える~

三松 三朗<sup>1</sup>

1. 三松正夫記念館/日本

e-mail:m.museum@peach.plala.or.jp

1943年12月末, 北海道有珠火山一帯で地震が頻発, 来るべきものが来たと察知し行動を起こした一人の男が居た。東山麓に位置する壮瞥という寒村の郵便局長「三松正夫」である。彼は1910年有珠山噴火を体験, 世界初の活動中火山の現地観測に来訪の大森房吉東京大学教授のお手伝いをした。大森房吉の口から語られた「22歳の君は今後数回の有珠噴火を体験する。噴火は其処に生活する者にとっては災難であるが, 火山を科学する者にとっては絶好のチャンス。その時, 出来るだけ多くの事を読み取り, それを将来とも避けられない噴火災害の軽減に役立てる, それが其処に居合わせた者の責務である」という言葉を胸に刻んでいた。

年が開けて有珠山の活動は活発化するが, 第二次世界大戦激化の中, この天変地異を「極秘」とする軍部の意向, 戦争に役立つ調査研究優先で現地に来られない科学者。千載一遇のチャンスを逃すべきでないとして三松正夫は素人ながら, 主観を交えず, 諸現象を記録し続け, 麦畑が変じて火山になるというドラマのシナリオを残した。こうした資料を分析する時, 将来の火山活動の経過予測に役立つのは勿論, 噴火に背を向けず, 真っ正面から見つめるという彼の行動そのものが, そ

の後の地域の防災意識構築に潜在的に影響したと信ずる。

### 33-O-10

#### 火山噴火の経済的影響—交通障害・観光被害・風評被害—

関谷 直也<sup>1</sup>

1. 東洋大学社会学部/日本  
e-mail:naoya@soc.toyo.ac.jp

火山を有する土地は温泉街や登山、マリンスポーツなども含め観光地を有する場合が多く、観光が主たる産業であることが多い。ゆえに、火山噴火災害においては、住民が避難を終え、家に戻ってもその土地の産業の復興までには相当な期間を有する場合が多々ある。観光業を中心に、火山周辺の被害が及んでいない場所でも経済的被害は大きい。これらは、俗に風評被害と呼ばれる。その土地に息づく人々にとって、自分の生業を平常通り営めないという精神的苦痛・不安は、時に身体的な苦痛よりも大きい場合もある。かつ地域再生にとって重大なボトルネックともなる。本報告では、第一に、一般的に火山噴火後の経済的影響についてその心理的原因・社会的原因を探り、社会経済的影響の様相を概観する。第二に、政府の富士山噴火ハザードマップ策定時に行った製造業・観光業への調査などをもとに、特に降灰を中心に、噴火の中長期的な社会経済的影響と防災対策との連関を考える。

### 33-O-11

#### 噴火災害における社会心理的諸問題

中村 功<sup>1</sup>

1. 東洋大学/日本  
e-mail:HGC01602@nifty.com

本発表では次のような問題を検討します。

1. 避難について  
災害時には、専門家の持つ危機感が行政や住民に伝わらず、避難が遅れるということがあります。そこには「正常化の偏見」(normalcy bias)という心理作用があります。
2. ハザードマップ  
適切な避難のためにはどのようなことがハザードマップに求められるのかを考えます。
3. 情報と避難計画富士山の例を中心に火山情報と連動した避難計画の試みについて紹介します。
4. パニックや流言災害前にパニックが発生することはほとんどありませんが、いったん一度災害が発生すると、人々は心理的に敏感になり、流言が発生し、ときには避難騒ぎが起きることもあります。
5. 避難生活避難生活で発生する諸問題について検討します。

### 33-P-01

#### ポンペイ学としての「心性の考古学」

本村 凌二<sup>1</sup>、松本 宣郎<sup>2</sup>、樋脇 博敏<sup>3</sup>、高田 康成<sup>1</sup>、池上 俊一<sup>1</sup>

1. 東京大学大学院総合文化研究科/日本  
2. 東北大学大学院文学研究科/日本  
3. 東京女子大学文学部/日本  
e-mail:iwaki@l.u-tokyo.ac.jp

ポンペイの発掘による成果は考古学や歴史学のなかで生かされてきたのだろうか。調査が進んだわりには、その整理がきちんとされてきたとは言えない面がある。もちろんそれには膨大な費用がかかり、資金調達が追いつかないこともあるかもしれない。だが、それほど費用をかけなくても、問題設定の仕方では成果をもたらすこともある。古代都市が保存度のいい状態で残存するというのは奇跡に近い幸運なのである。そこに立てば、古代の人々の息づかいさえも聴こえてくる気になる。それを文献・碑文史料とつぎあわせていけば、人々の内面世界にまで立ち入って分析することができるかもしれない。ポンペイではどんな小さな家にもでも神棚らしきものを置いていた空間が観察される。それは Lares(家の守護神)を祭る祭壇(Lararium)であり、発見された総数は 408 にも及ぶ。キケロも「先祖から伝えられた Lares の礼拝を疎んじてはならない」(Leg., 2, 27)と主張している。われわれは古代人の精神を掘りおこすという「心性の考古学」の立場から、信仰心に目を向けなければならない。そうしなければ、古代人の内面世界を解読することはできないのである。

### 33-P-02

#### 南部イタリアにおけるローマ時代遺跡の発掘調査

青柳 正規<sup>1</sup>、アンジェレッリ クラウディア<sup>2</sup>、松山 聡<sup>3</sup>、岩城 克洋<sup>4</sup>、松田 陽<sup>5</sup>、向井 朋生<sup>6</sup>

1. 国立西洋美術館/日本  
2. ローマ大学「ラ・サピエンツァ」文学・哲学部/イタリア  
3. 東京大学大学院人文社会系研究科/日本  
4. 東京大学大学院総合文化研究科/日本  
5. ロンドン大学UCLカレッジ考古学研究所/イギリス  
6. プロヴァンス大学中世地中海考古学研究所/フランス  
e-mail:msnryg@attglobal.net

ヴェスヴィオ山北麓に位置する当遺跡は、1930 年代初めに発見され、同半ばに何度か小規模な発掘が行われたが、諸事情により調査は継続されることはなく埋め戻された。その後およそ 70 年を経て、2001 年に東京大学を中心とする学際的発掘調査団が結成され、2002 年より発掘調査が開始され、現在に至っている。調査の目的は、火山噴火罹災に伴う生活および自然環境の変化を復元することであり、考古学のみならず、火山学、歴史学、地理学、古植物学、情報科学など分野を異にする研究者が参集し、広く学際的な研究を展開してい

る。これまでの火山学的研究によって、遺跡は、西暦472年の噴火に由来する堆積物によって埋没したことが解明されており、考古学的な所見とあわせると、創建から数世紀の間はその威容を保っていたことが明らかになった。また、建築物の規模やそのモニュメンタル性からみて、少なくとも古代ローマにおける最高クラスの家系によって創建されたものであることもほぼ確実となった。一方、発掘が実施された範囲は、未だ遺跡のごく一部でしかないと推定され、古代ローマ社会の一端の復元に向けて一層の調査の進展が望まれている。

### 33-P-03

#### ヴェズヴィオ火山埋没遺跡の三次元モデリング — ソンマ遺跡・ポンペイ遺跡 —

小野 晋太郎<sup>1</sup>, 森本 哲郎<sup>2</sup>, 高松 淳<sup>1</sup>, 阪野 貴彦<sup>1</sup>, 大石 岳史<sup>1</sup>, 影澤 政隆<sup>3</sup>, 池内 克史<sup>3</sup>

1. 東京大学生産技術研究所

2. 東京大学 情報理工学系研究科

3. 東京大学 大学院情報学環

e-mail: onoshin@cvt.iis.u-tokyo.ac.jp

紀元79年の伊ヴェズヴィオ山噴火により埋没したソンマ、ポンペイ遺跡周辺の三次元モデリングと、その活用効果について報告する。

計測技術・計算機性能の発展や、我々の開発してきたデータ処理手法により、実シーンを計測し、その仮想現実CGモデルを構築することが簡単に行えるようになりつつある。これにより、常に消失の危機にある貴重な文化遺産を計算機上に保存し、さらにネットワークを通じて発信することができるほか、CGの特性を活かした視点・物体位置・色などの変更により美術史的な考察にも活用が可能である。

ソンマ遺跡は日本の青柳グループらが発掘・修復を進めており、アウグストゥスの別荘とみられる邸宅の一部や男女の像などが出土している。ここでは毎年の作業状況や出土物をモデル化し、構造物の修復効果確認や、ばらばらになって発見された像の仮想接合などを行った。

観光地として知られるポンペイ遺跡には美しい壁画が随所に残っている。ここでは同遺跡の2つの建造物に対して形状計測および光学計測を行い、計測結果による水平断面図と文献図面の比較や、夕日やたいまつなど様々な照明条件下における壁画の見え再現を行った。

### 33-P-04

#### ヴェズヴィオ火山北麓のローマ遺跡埋没過程

藤井 敏嗣<sup>1</sup>, 新堀 賢志<sup>2</sup>, 金子 隆之<sup>1</sup>, 長井 雅史<sup>3</sup>, 吉本 充宏<sup>4</sup>, 安田 敦<sup>1</sup>, 中田 節也<sup>1</sup>

1. 東京大学地震研究所

2. 特定非営利活動法人 環境防災総合政策研究機構

3. 日本大学文理学部

4. 北海道大学大学院理学研究院

e-mail: fujii@eri.u-tokyo.ac.jp

イタリア、ヴェズヴィオ火山北麓のソンマヴェスヴィアナにおける遺跡発掘現場では高さ10mにおよぶ火山砕屑岩の立体的な断面観察が可能となった。遺跡を埋める堆積物は5つのグループに区分される。遺跡の建物を直接覆う最下位のグループは、降下火山灰、サージ堆積物、泥流堆積物からなる。この層準から回収された炭化木片の炭素同位体年代は約1500年前を示し、本質火山岩片は紀元472年噴火の化学組成範囲と一致し、ポンペイを襲った紀元79年噴火噴出物とは異なる。最上部の層準の本質火山岩片は紀元1631年噴火噴出物と同定される。両層準に挟まれる3グループは各々降下火山灰やその二次堆積物からなる。このような堆積物の特徴から、件のローマ遺跡の埋没過程は以下のものであったことが推察される。紀元472年の噴火が始まった時点で、建物は一部崩壊していた。この建物が数十cmの厚さの降下火山灰層でおおわれて間もなく、何回かの土石流によって遺跡は約5mの厚さで埋め立てられた。遺跡の残りの部分はその後の少なくとも4回以上のヴェズヴィオ火山の噴火噴出物で更に埋設され、最終的に紀元1631年噴火で現在の地表面まで埋め立てられた。

### 33-P-05

#### イタリア・ヴェズビオ火山およびフィリピン・ピナツボ火山における流域地形と堆積物の研究

小口 高<sup>1</sup>, 片岡 香子<sup>2</sup>, 林 舟<sup>1</sup>, デローズドナルド<sup>1</sup>, 森島 清<sup>3</sup>, 青木 賢人<sup>4</sup>, 小松 吾郎<sup>5</sup>

1. 東京大学空間情報科学研究センター / 日本

2. 湯大学災害復興科学センター / 日本

3. 江戸川大学社会学部 / 日本

4. 金沢大学文学部 / 日本

5. ダヌンチオ大学国際惑星科学学科 / イタリア

e-mail: oguchi@csis.u-tokyo.ac.jp

火山の水系は一般に放射状であり、流域は多様な方向を向いている。流域の地形・地質の特徴は同一ではなく、個々の流域が独自の水文学的性質を持ち、水資源や洪水・土砂災害の分布や居住などの人間活動に影響を与えている。したがって、流域の自然地理学的特徴の分析は、火山地域の考古学と関連する。このような視点から、本研究ではヴェズビオ火山とピナツボ火山の流域を研究した。両火山は過去に大規模な噴火を起こしており、それが地表の環境に強い影響を与えている。デジタル標高モデル(DEM)とGISを用いて両火山の主要な流域を抽出し、流域の地形計測を行った。また、火山の地質図をデジタル化した。これらのデータを用いて流域間の比較を行ったところ、いくつかの興味深い知見が得られた。たとえば現在発掘中のソンマ・ヴェスビアーナの遺跡(「アウグストゥスの別荘」)は、流域の構造からみて上流域からの水供給が多いと考えられる場所に位置している。また、いくつかの流域において河川堆積物の分布と特徴を野外で調査した

ところ、過去の水と土砂の流出が火山噴火、噴火による植生破壊、およびその後の植生の回復と関連していることが判明した。

### 33-P-06

#### 火山噴火罹災地から見た自然環境の復元

武内 和彦<sup>1</sup>, 杉山 信男<sup>1</sup>, 鹿野 陽子<sup>1</sup>, エミリア アッレヴァート<sup>2</sup>, ガエターノ ディ・パスクワーレ<sup>2</sup>, 杉山 浩平<sup>1</sup>

1. 東京大学大学院 農学生命科学研究科

2. ナポリ大学 農学部 / イタリア

e-mail: cohe@yhc.att.ne.jp

本研究の対象地は、罹災当時の環境やランドスケープを理解する貴重な手がかりが火山噴出物によってパッキング状態で比較的良好に保存されている事例である。罹災当時存在していた植物の花粉や炭化した種子等が数多く出土することを期待できるのである。これらの試料を発掘によって獲得し、種の同定・種の系統を明らかにすることにより、過去の自然環境の復元に着手している。この試みは、現地の今後の地域計画や農業振興に資することにもめざして取り組まれているものである。研究対象地の遺跡からは、これまでに紀元4世紀から5世紀にかけての炭化した木材や炭化した種子 (*Pinus pinea*, *Castanea sativa*, *Abies alba*, *Quercus tipo sempreverde*, *Quercus tipo caducifoglie* 等) を検出している。こうした出土事例の解析を蓄積することが、遺跡および遺跡を取り巻くランドスケープの復元へとつながる。また、DNA の抽出が可能な試料が出土した場合には、現代の植物との系統を関連付けることが可能となる。

### 33-P-07

#### 開聞岳の西暦 874 年の噴火罹災遺跡の物理探査

亀井 宏行<sup>1</sup>, 渡邊 眞紀子<sup>2</sup>, 阿児 雄之<sup>1</sup>, 井上 弦<sup>2</sup>, 古川 桂<sup>3</sup>, 指宿市教育委員会<sup>4</sup>

1. 東京工業大学大学院情報理工学研究科

2. 東京工業大学大学院総合理工学研究科

3. 東京工業大学大学院社会理工学研究科

4. 指宿市教育委員会/日本

e-mail: kamei@archaeo.cs.titech.ac.jp

鹿児島県指宿市にある開聞岳は、874 年 3 月 25 日に大規模な噴火をした。この噴火の噴出物は現指宿市全域に降下し、その堆積は紫色を呈し亀の甲羅のように固いことから「紫コラ」と呼ばれている。この紫コラ直下に埋没している遺跡群は、噴火直前の生活痕がよく保存されているので、当時の生活の復元、噴火災害の影響評価などの研究対象としては好都合である。本研究では物理探査を用いて噴火罹災遺構を探索し罹災状況や回復過程を明らかにする事を目指しており、本報では現在までに調査した紫コラ直下の3カ所の遺跡につい

て報告する。開聞岳北西 12.5km にある敷領遺跡では、地中レーダ探査により大規模な水田遺構が発見された。発掘調査からは、耕作の状況や収量の情報を得る事ができた。開聞岳北方 2km と近い開聞中学校の校庭では、地中レーダ探査と電気探査により、罹災により移設された旧枚聞神社の存否の確認を行った。開聞岳東方 4.5km にある慶固遺跡では、厚い紫コラに覆われた畠跡を発見した。開聞岳にこれだけ近いところの耕作遺構は新発見である。本研究は平成 16-21 年度文科省科研費 (No.16089206) (代表: 亀井宏行) による。

### 33-P-08

#### 開聞岳の9世紀の噴火で罹災した遺跡の調査

鷹野 光行<sup>1</sup>, 新田 栄治<sup>2</sup>

1. お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科

2. 鹿児島大学法文学部

e-mail: takano.mitsuyuki@ocha.ac.jp

鷹野を代表者とする「わが国における火山噴火罹災地における生活文化環境の復元」の研究グループは鹿児島県指宿市をフィールドとして、指宿市立考古博物館・指宿市教育委員会の協力の下に同市敷領遺跡の発掘調査をおこなった。発掘調査に先立って、東京工業大学の亀井宏行教授の研究室によってレーダー探査がおこなった結果、地表下約1mの面で、874年3月25日夜噴出の火山灰、当地方では紫コラと通称しているが、これに覆われた水田の畦が検出された。この結果にしたがって1枚の水田を納める発掘区を設定し発掘したが、ほぼレーダー探査の結果通りの形と範囲に畦が検出された。西側の畦が5.5m、東側約7m、南側約9mの台形をなし、面積は約56㎡であった。台風のため水田は一旦水没したが、水の引いたあと株跡の窪みが明らかになり、明らかに窪みとみなされるところに竹串を立てて数えたところ470カ所あった。これからこの水田の収穫量を推定したところ、現代の水田との比較によりこの水田1枚からは約15kgの収穫があることになり、高い生産性を有する水田であったことがわかった。

### 33-P-09

#### 火砕流噴火後に起きた大規模決壊洪水流: 地形と堆積物の証拠, ラハール災害

片岡 香子<sup>1</sup>, マンヴィル ヴァーン<sup>2</sup>, ト部 厚志<sup>1</sup>, 梶山 敦司<sup>3</sup>

1. 新潟大学災害復興科学センター

2. GNS Science, Wairakai 研究センター/ニュージーランド

3. (株)建設技術研究所

e-mail: kataoka@gs.niigata-u.ac.jp

福島県只見川流域に位置する沼沢火山は、最近では紀元前 3400 年頃に火砕流噴火 (沼沢湖噴火) を起こしたことで知られる。福島県只見川・新潟県阿賀野川流域に広域に分布

する沼沢湖噴火起源のラハール堆積物の堆積相解析とそれから形成された地形の解析を行った結果、火砕流堆積物による既存河川の埋積と、せき止め湖の形成、そこからの決壊洪水の可能性を示唆するような地質・地形的特徴が明らかとなった。また、火砕流堆積物の現存地形とその高度から判断したときのせき止めの最大標高、決壊部分の地形などをもとに、せき止め湖の水量や、決壊洪水の流量などの見積もりを試みた。その結果、越流決壊を起こしたときのピーク流量は、最大で20000から30000立方メートル毎秒を超えた可能性がある。阿賀野川下流域の縄文遺跡はこの洪水堆積物で埋積されている例が多い。それらのほとんどは、火砕流や火砕物降下の直接的影響をあまり受けていないことが地層から判断でき、噴火後に突然大規模な洪水流が押し寄せて、集落を飲み込んだと考えられ、当時の人々にとっては大規模な火山土砂災害が発生したといえる。

### 33-P-10

#### 弥生時代における伊豆諸島の集落と火山噴火の関係

杉山 浩平<sup>1</sup>、斎藤 公一<sup>2</sup>、新堀 賢志<sup>3</sup>、植田 雄己<sup>4</sup>、島の考古学研究会

1. 東京大学大学院 農学生命科学研究科
  2. 千葉大学 自然科学研究科
  3. 環境防災総合政策研究機構
  4. 駒澤大学大学院 人文科学研究科
- e-mail:cohe@yhc.att.ne.jp

活火山を多く有する伊豆諸島には、縄文時代以来多くの集落が営まれてきた。それは、豊富な海洋資源の獲得と神津島で産出される黒曜石の獲得が目的であったと考えられる。弥生時代中期の三宅島の集落(大里東遺跡・坊田遺跡)は、神津島産黒曜石の独占的流通に従事していたと考えられる。そして、これらの遺跡が消滅した弥生時代中期後葉以降、関東地方から東海地方における神津島産黒曜石の流通量は減少した。特に坊田遺跡は、火山噴出物(平山スコリア:約2000年前の噴火)で覆われており、集落の廃絶の背景には、火山噴火による居住環境の変動が推測された。この点について考古学と火山学と共同調査を神津島や新島に近い三宅島の伊豆岬で行った。その結果、平山スコリア層の直下の土壌に流紋岩質テフラ(軽石型火山ガラス・黒曜岩片)がわずかに検出された。これらのテフラの起源は新島・神津島と推測される。つまり、弥生時代中期に伊豆諸島中部で連続的に小規模な噴火による居住環境の変化のため、三宅島のヒトは継続的な居住を断念し、結果として黒曜石の流通量が減少したと考えられる。

### 33-P-11

#### 伊豆三宅島火山における噴火中の泥流で流された弥生時代集落と埋没過程

新堀 賢志<sup>1</sup>、植田 雄己<sup>2</sup>、杉山 浩平<sup>3</sup>、齋藤 幸一<sup>4</sup>

1. 特定非営利活動法人 環境防災総合政策研究機構 / 日本
  2. 駒澤大学 / 日本
  3. 東京大学 / 日本
  4. 千葉大学 / 日本
- e-mail:ken-9@jade.dti.ne.jp

噴火で埋没した古代遺跡を調査することは、過去にどのような噴火があったかを明らかにするだけでなく、人工物への噴火の影響や当時の社会環境についても多くの情報を与えてくれる。本研究は、伊豆諸島の一つである三宅島火山を対象に、噴火とその後の泥流に見舞われた弥生時代のココモノコシ遺跡を火山学・考古学の両見地から調査した。遺跡は島の南側海岸部に位置し、約2200年前のカルデラ形成噴火(八丁平噴火)による一連の堆積物中にあることが知られている。噴火後期には泥流も発生した。これまでの考古学的な調査により弥生時代中期の土器や獣骨・魚骨が、火山性堆積物に挟まれることは報告されていたが、遺物に含まれる堆積物の成因は諸説あり解決されていなかった。しかし、今回考古学と火山学の共同調査により、それらの遺物は泥流層にのみ含まれることが解明された。したがって、弥生時代の集落は、ココモノコシ遺跡のある海岸部より内陸側に位置し、噴火後の泥流で流されて堆積したものであることが解った。また、堆積物の層序と泥流の構造から、泥流の発生要因および遺物の流走過程についても解ったことを報告する。

### 33-P-12

#### 平家物語の中の霧島火山の噴火記事

井村 隆介<sup>1</sup>

1. 鹿児島大学理学部/日本
- e-mail:imura@sci.kagoshima-u.ac.jp

「平家物語」は日本でもっとも有名な古典文学作品のひとつである。「平家物語」には、10を超える異本が存在している。そのうちの「長門本」と呼ばれるものの中に、霧島火山の噴火を示すと考えられる記述がある。「平家物語」の中の記述を史実として扱うことができないことは、文学者や歴史学者の間では常識となっているが、本報告では、この記述について火山学的に考察した結果を示す。

「長門本」の中の噴火の記述は、これまで霧島火山の945年の噴火を示すものと解釈されてきた。しかし、「長門本」の中の記事を詳しく検討すると、「長門本」中の霧島火山の噴火記事には、年代の根拠がないことが明らかとなった。一方、噴火の記述は信憑性が高く、噴火を目撃した「長門本」の作者が「溶岩流出を伴う」霧島火山の噴火を、歴史上の出来事と関連付けて「平家物語」に盛り込んだと解釈できることがわかった。地質学的な証拠と照らし合わせると、この「長門本」の中の記述は、13世紀中ごろの御鉢火山の噴火を記述したものである可能性が高い。このことは、これまで確定していなかった、「平家物語」の成立年代にも制約条件を与えることになる。

### 33-P-13

#### 火山罹災地絵図資料アーカイブシステム

馬場 章<sup>1</sup>, 吉田 正高<sup>1</sup>, 福重 旨乃<sup>1</sup>, 玉井 建也<sup>2</sup>, 木下 はるか<sup>2</sup>

1. 東京大学大学院情報学環

2. 早稲田大学大学院文学研究科

e-mail: fshinon@withe.ne.jp

日本有数の活火山である浅間山の天明3年(1783)の大噴火の際には、多くの絵図資料が作成された。本研究では、浅間山噴火にかかわる絵図を統合的に分析し、罹災地における被害の拡大状況と地域社会の再構築過程を解明する。

本研究では、資料調査により得られた画像資料のデジタルデータを文化資源統合デジタルアーカイブ・システムに格納し、画像データを地域別・時系列に正序することで、絵図資料を統合的に把握することが出来る。本アーカイブ・システムには、東京大学地震研究所・東京大学史料編纂所・三井文庫・群馬県立歴史博物館・群馬県立文書館等が所蔵する浅間山噴火にかかわる絵図資料の画像データがアーカイブ化されている。

これにより、従来の自然災害の実態把握に留まっていた研究とは異なり、罹災者及び噴火の情報を得た人々、噴火の情報を後世になって得た人々が有した災害に対するイメージ像の構築が可能となる。噴火被害に対する地理的な距離感や精神的な距離感、時間的な距離感をこのアーカイブ・システムにより補正し、人々が持つ一見「不正確」ともいえる災害に対するイメージの「乱立」を体系的に把握することができる。

### 33-P-14

#### 天明三年浅間山噴火災害の石造物にみる災害の受容

大浦 瑞代<sup>1</sup>

1. お茶の水女子大学

e-mail: mizuyo2003@yahoo.co.jp

天明三年(1783年)の浅間山噴火は、広範囲に多大な被害をもたらした。特に吾妻川沿いでは、多くの人・馬・家屋などが泥流に押し流され、集落や田畑が泥に埋まった。

この噴火災害に関連する石造物は多く、文献調査や現地調査によって判明するだけでも120基以上存在する。そのうち60パーセント以上が、吾妻川沿いの市町村に所在している。石造物の銘年は30パーセントほどが天明三～四年で、回忌年に造立されたものが多い。銘文から読み取れる石造物の意味合いは、犠牲となった人や馬を弔う墓碑や供養碑、災害の事実を後世に伝える記念碑、救済者への謝恩碑や顕彰碑、などである。これらのなかには、県や市区町村の文化財に指定されたり、教育委員会などによって解説板が設置されたりするものもある。

現在、1年に1度地域住民が参加して犠牲者の供養をおこな

っている場所を7カ所確認できる。そこには必ず、二百回忌(1982年)以降新たに造立された石造物が存在する。これは、過去の噴火災害を地域の歴史として未来へ伝える営みと捉えることができる。

### 33-P-15

#### 火山噴火時の火山学者と災害復興チーム間の意志伝達向上による恩恵は？農地の事例

Sylviane L. G. Lebon<sup>1</sup>, Freysteinn Sigmundsson<sup>1</sup>

1. Nordic Volcanological Center, Institute of Earth Sciences, Askja, Sturlugata 7, Reykjavik, Iceland

e-mail: syl11@hi.is

火山性土壌は長期にわたって肥沃さの水準が高いことで知られており、その結果、多くの活火山がその周辺を農地で取り囲まれている。しかし火山活動の産物が土壌の物理的、化学的特性を著しく変化させることから、新たな噴火の発生時にそれらが地元農家の家畜に好ましくない影響を及ぼすおそれもある。必要な復興作業の評価は火山活動の危機管理と追跡調査後の明確な段階として活動の終息後に時々実施される傾向がある。火山活動を監視する火山学者と他の科学者たちは一般的に噴出物組成、分布パターンはもとより、二次分布(例、火山泥流)の予想モデルを含む火山噴出物に関する膨大な量のデータを所有している。しかしながら事例研究では、このデータが復興作業に関与する人々に直接利用されていないことが時々あり、また調査が実施される場所では、その目的のために収集された新しい一連のデータに基づいて復興作業が実施されている。噴火を監視する科学者が収集した情報の活用を導き出す意志伝達の向上は、ひいてはコストの削減や土地の用途を農業に戻す作業の評価効率を飛躍的に向上させることができるだろう。そのうえ、火山噴火とその被害の発生に近い時間枠の中で復興要請が行われることから、意志伝達向上により、より迅速な復興資金調達の確保が促されるだろう。また一般的に農民たちは自らの土地が使用不可能な間は非常に財源に乏しく、緊急食糧支援に依存するようになる。災害と復興の時間のずれが少なくなれば、統合的接近によって危機管理に必要な費用を削減することができると考えられる。

### 33-P-16

#### 噴火対話: エクアドルにおける社会火山学

Hugh Tuffen<sup>1</sup>, Martin Pedersen<sup>2</sup>, Nina Mueller<sup>2</sup>, Brian Wynne<sup>2</sup>, Paul Oldham<sup>2</sup>, Gonzalo Araoz<sup>3</sup>, Noel Cass<sup>4</sup>, Harry Pinkerton<sup>1</sup>, Zoe Young<sup>5</sup>

1. Lancaster University, UK

2. Centre for Economic and Social Aspects of Genomics, Lancaster University, UK

3. Centre for Health Research and Practice Development, St Martin's

College, Carlisle, UK

4. Department of Geography, Lancaster University, UK

5. Freelance journalist and film-maker, London, UK

e-mail:h.tuffen@lancaster.ac.uk

エクアドルを本拠としてランカスター大学が主導してきた噴火対話(Erupting Conversations)は、専門分野を超えた調査プロジェクトであり、新しい分野である「社会火山学」を発展させるために、社会科学方法論と火山学研究(volcanological studies)の統合を図るものである

エクアドルにあるトゥングラウなどの活火山は、予測不可能な自然の力と自然についての信仰や知恵を持ち回復力のある地域社会、危険な噴火活動の予知をしようとしている試みている科学者、あるいは、危険の潜む場所へ好んで冒険をしてみようという欧米の旅行者たちを惹きつける観光地開発を目論む経済的圧力がぶつかりあう場を提供している。これらの要因の組み合わせは、地域社会内の社会的関係や自然との伝統的なつながりが厳しく試される環境を生み出している(Lane et al., 2004)。

これに平行して、自由市場の原理が辺鄙な地域での天然資源採取を加速しており、それによって地元住民の生活に根本的な変化がもたらされている。それはしばしば経済と社会政治的複雑性の侵略的世界の抑圧をすでに受けた地域社会において、深刻な内部分割をしばしば誘発し、それが自らの依存性を求める一方で有意義な参加を否定している。伝統的生活様式と文化的慣行の変化は受け継がれていく知識の喪失とともに進行し、そのような慣行を通じて過ぎ去る。

火山に関しては、切迫した噴火を知らせるさまざまな兆候のみならず、今まさに起こっている急速な気候変動がもたらす窮状において、環境の激変の不変的なリスクをどのように認識し、これに対処し、どのような生活を営むかについて特に興味深い知識が与えられている。エクアドルでは、これらの調査領域は噴火するトゥングラウア火山における最新の火山研究に集束している。噴火対話活動により、研究者、市民団体の活動家、および地元住民代表が一緒になり、将来の研究の疑問や話題を探索や確立ができる。

Lane LR, Tobin GA, Whiteford LM (2004) Volcanic hazard or economic destitution: hard choices in Banos, Ecuador. *Global Environmental Change B*, 5:23-34

### 33-P-17

#### アレナル火山の噴火 40 周年

Eliecer Duarte<sup>1</sup>, Erick Fernandez<sup>1</sup>

1. Volcanological and Seismological Observatory

e-mail:eduarte@una.ac.cr

来年の2008年7月にアレナル火山の復活を記念する式典が行われる見通しである。1968年7月29日、コスタリカのアレナル火山が500年近い眠りから覚め激しく噴火した。この噴火で約90名の命が重要な牧草地や農地とともに奪われた。家畜、家屋、および道路が数分のうちになぎ倒された。その再

活性化以来、この火山は他の二次的活動とともに爆発、噴出岩、ガスなどの異なった噴火様式を呈している。この火山の周辺住民は1968年には少なかったものの、今日、この地域は急速な人口増加を経験している。地元内外に密着した観光事業請負人たちによる単一の共同体が旅行者を誘致し、火山のふもとには1日あたり数千人の観光客を維持している。そのうえホテルや温泉が情報の乏しい旅行者たちにサービスやインフラを提供している。3つ元からあった町がその地域に含まれている。40年も前を思い出すのはとても困難なことに思われる。それにもかかわらず、我々の観測所スタッフはアレナル火山復活の犠牲者を思い出すための舞台を設定したい。COV5(火山都市国際会議島原大会)は自国の火山から得た類似の経験を積極的に交換する国際的パートナー探しに着手する素晴らしい会議になるであろう。アレナル火山の友好団体が招かれ、異なった方法でこの記念式典に貢献する見通しである。火山のふもとの人々や諸団体もこの記念式典を意義あるものにするためよう努めてくれるでしょう。国内および国際的な取組みは最終的に我々の組織に貢献可能な学問的、財政的資源を具体的にしめすことができるでしょう。この地域の誰もがアレナル火山の噴火とエネルギーを忘れないようにするために事前に活動が十分に計画されるであろう。ほぼ40年に及ぶ無休の活動は研究者たちに莫大な量の研究結果、文書、および地域社会や他の利害関係者との情報共有の機会を提供している。旅行者、地元民、および第三者はアレナル周辺で最も発展した地域社会でありフォルツナにおいて、あらゆる種類の活動への参加と関与を求められる見通しである。包括的なキャンペーンにはとりわけ社会的、文化的活動、公的行為、科学的展示会、さまざまな聴衆参加型の会議等が含まれるべきである。政府機関、民間企業、および地元民と共にOVSICORI-UNA(コスタリカ国立ナショナル大学火山地震観測所)は2007年火山都市国際会議の全ての参加者から、最近のコスタリカの歴史における暗い過去をよりよく回顧し、これを新しい世代への実りある教訓に変える方法についての提案を受け取るであろう。記念式典の運営組織の詳細とアレナルを過去40年間の活動において特に目立った噴火事件のポスターを発表する予定である。

### 33-P-18

#### 火山大変動の克服:1991年のピナツポ山噴火に直面したフィリピンのアエタ族

Jean-Christophe Gaillard<sup>1</sup>, Christopher Gomez<sup>2</sup>

1. UMR 5194 Pacte - CNRS

2. UMR 8591 Laboratoire de Géographie Physique - CNRS

e-mail:jean-christophe.gaillard@ujf-grenoble.fr

1991年、5世紀に及ぶ眠りの後に激しく息を吹き返したピナツポ山の噴火は20世紀で2番目に大きな規模の火山噴火であったと考えられている。噴火当時、この火山の斜面には小柄で非常に色が黒く縮れ毛を特徴とし、根菜作物や他の野菜の栽培、狩猟や漁労、および周囲に生息する植物や野生の果物の採取などで生計を立てる先住民族のアエタ族が数

世紀にわたって住んでいた。このポスターではアエタ族がピナツボ山の噴火を克服した方法を回復力という視点から報告する。回復力のある社会とは、災害前の社会構造を維持するか、あるいは、生き残りを賭けた最低限かそれよりも大きな変化を受け入れるかによって、火山噴火が引き起こした被害を克服できる社会である。この研究はピナツボ山の東側山腹にあり、かつてのクラーク・アメリカン社の施設の近くにあるパッシングおよびサコピア川流域内に位置する集落に焦点を置いている。この研究は1999年7月と2000年6月に実施された広範な野外調査と2001年6月から9月に実施された追加の現地調査によるものである。この研究はピナツボ山に住むアエタ族の回復能力が4つの要因、すなわち危険の本質、災害前の社会文化的背景と集落の回復能力、地理的環境、および当局の再建方針に依存することを示唆している。しかしながら、これらの要因は時間と空間において、またある災害と別の災害においても大幅に変化する。伝統的社会が火山噴火被害を克服する能力をより適切に予想するために、その地域的変化を理解することが重要である。

比較が行われる。

- ・ ニュージーランド農村部水供給の火山災害に対する脆弱性についての研究からの発見
- ・ 農場の脆弱性分析(すなわち、脆弱性における季節効果)
- ・ 模範的火山危機における家畜の模範的避難のモデル化研究の結果
- ・ 地域社会の要求分析とどのような支援をより効果的かを含む農村地域社会の回復力
- ・ 情報へのアクセスと、迅速性かつ効率性を必要とする場所で如何に最良の情報を得るか。

### 33-P-19

#### 爆発的火山噴火からの農業復興

Thomas M. Wilson<sup>1</sup>, Jim W. Cole<sup>1</sup>, Shane J. Cronin<sup>2</sup>,  
David M. Johnston<sup>3</sup>, Carol Stewart<sup>4</sup>

1. Natural Hazard Research Centre, University of Canterbury, New Zealand

2. Volcanic Risk Solutions, Institute of Natural Resources, Massey University, New Zealand

3. Joint Centre for Disaster Research, GNS Science, Lower Hutt and School of Psychology, Massey University, New Zealand

4. Private Consultant, Wellington, New Zealand

e-mail:tmw42@student.canterbury.ac.nz

火山灰は爆発的火山噴火の際に最も広範囲に分散する放出物であり、比較的小規模な爆発性噴火であっても火山から数百キロ離れた場所へと分散し、一般的に農地に影響を及ぼしている。1995年または1996年にニュージーランドのルアペフ火山が噴火した後に起こったように、たとえ少量であっても火山灰降下が農業の営みを妨げうという認識が定着している。しかしながら、火山災害の農業への全般的影響は十分に把握されておらず、危機管理当局や農業関係当局がどのような情報を伝達すべきかについては、しばしば大きな不確実性がある。

この研究では、中規模の爆発性噴火がニュージーランドの牧草地、土壌、水の供給、および農場経営の実践を含む農業部門に及ぼすおそれのある影響を評価する。それは下記の事項が含まれる。

- ・ 牧草地と土壌に降下する様々な厚さの火山灰によって引き起こされる被害を含む、温室および圃場試験での予察的結果、および、異なった復興技術の効率性(温帯農業に焦点を置く)
- ・ 2006年のメラピ山噴火が熱帯農業に及ぼす影響について

著 者 索 引

- Group -

|                                                                         |       |          |
|-------------------------------------------------------------------------|-------|----------|
| Ebino Highlands Volunteer Group                                         | ..... | 32-P-32  |
| Editorial Board for Supplementary Readers on Tarumae Volcano            | ..... | 32-P-19  |
| Executive Committee for Volcanic Disaster Prevention Summit in Hokkaido | ..... | 31-P-12  |
| Ibusuki-City Education Board                                            | ..... | 33-P-07  |
| IGEPN staff                                                             | ..... | 12-P-58  |
| MLIT                                                                    | ..... | 32-P-32  |
| Review Committee for Initial Response of Tarumae Volcanic Activity      | ..... | 31-P-16  |
| The joint group for the exploration of volcano structure, Japan         | ..... | 11-P-71  |
| The Miyazaki Office of River and National Highway                       | ..... | 32-P-32  |
| The Society of Volcanological and Archeology in Ilands                  | ..... | 33-P-10  |
| Volcanic Risk Survey-Italian Civil Protection Department                | ..... | 21a-O-03 |

- A -

|                          |       |                                                  |
|--------------------------|-------|--------------------------------------------------|
| Abdurachman, E. K.       | ..... | 21b-P-14                                         |
| Abo, Makoto              | ..... | 11-P-53                                          |
| Aboukhalil, Mary         | ..... | 21a-O-06                                         |
| Adleman, Jennifer N.     | ..... | <b>31-O-05*</b> ,<br>32-P-07,<br><b>32-P-16*</b> |
| Aguayo, Alejandra        | ..... | 12-P-34                                          |
| Agudelo, Adriana         | ..... | 12-P-08,<br>12-P-09,<br><b>21a-P-04*</b>         |
| Aguirre-Díaz, Gerardo J. | ..... | <b>21b-P-23*</b>                                 |
| Agustan, Daud Mohd E.    | ..... | 11-P-87                                          |
| Agustian, Yanyan         | ..... | 23-P-05                                          |
| Aizawa, Koki             | ..... | 11-P-77                                          |
| Akiba, Suminori          | ..... | 13-O-11                                          |
| Akimasa, Takako          | ..... | 11-P-05                                          |
| Ako, Takayuki            | ..... | 33-P-07                                          |
| Albersheim, Steven       | ..... | 12-O-15                                          |
| Allen, Sharon R.         | ..... | 11-P-155                                         |
| Allevato, Emilla         | ..... | 33-P-06                                          |
| Almberg, Leslie D.       | ..... | <b>11-P-54*</b>                                  |
| Aloisi, Marco            | ..... | 11-P-143                                         |
| Alvarado, Alexandra      | ..... | 21a-P-05                                         |
| Alvarado, Guillermo E.   | ..... | 11-P-39                                          |
| Alvarez, Juan F.         | ..... | 22-P-17                                          |
| Amigo, Alvaro            | ..... | <b>22-P-22*</b>                                  |
| Amita, Kazuhiro          | ..... | 12-P-54                                          |
| Amma-Miyasaka, Mizuho    | ..... | 11-P-100                                         |
| Anderson, Jennifer       | ..... | 32-P-02,<br><b>32-P-26*</b>                      |
| Anderson, Kyle R.        | ..... | <b>11-O-25*</b>                                  |

|                           |       |                                                               |
|---------------------------|-------|---------------------------------------------------------------|
| Ando, Ichiro              | ..... | 21b-O-03,<br>21b-P-03                                         |
| Ando, Shinobu             | ..... | 12-P-21,<br><b>12-P-74*</b> ,<br>12-P-76                      |
| Andrade, Daniel           | ..... | 31-O-10                                                       |
| Andreastuti, Supriyati D. | ..... | <b>21a-O-04*</b>                                              |
| Andronico, Daniele        | ..... | 13-O-14                                                       |
| Angelelli, Claudia        | ..... | 33-P-02                                                       |
| Annen, Catherine          | ..... | 11-P-64                                                       |
| Annerud, Carolyn          | ..... | 13-O-15                                                       |
| Anyoji, Nobuo             | ..... | <b>22-O-15*</b> ,<br><b>22-P-26*</b> ,<br>22-P-27,<br>32-P-03 |
| Aoki, Tatsuto             | ..... | 33-P-05                                                       |
| Aoki, Yosuke              | ..... | 11-P-72                                                       |
| Aoyagi, Masanori          | ..... | <b>33-O-06*</b> ,<br><b>33-P-02*</b>                          |
| Aoyama, Hiroshi           | ..... | <b>12-P-22*</b>                                               |
| Arai, Ken-ichi            | ..... | 11-P-147                                                      |
| Arai, Shoji               | ..... | 11-P-24                                                       |
| Aramaki, Shigeo           | ..... | <b>Conference lecture</b> ,<br>22-P-11,<br><b>31-O-04*</b>    |
| Araoz, Gonzalo            | ..... | 33-P-16                                                       |
| Arce, Jose Luis           | ..... | 11-O-07,<br>21b-P-17                                          |
| Arekkao, Santiago         | ..... | 12-P-58                                                       |
| Arellano, Santiago        | ..... | 21a-P-05,<br>31-O-10                                          |
| Arguedas, Ana             | ..... | 31-O-08                                                       |
| Arioka, Mai               | ..... | 11-P-36                                                       |
| Armienta, Aurora          | ..... | <b>12-P-34*</b>                                               |
| Arpa, Carmencita B.       | ..... | 21a-O-11                                                      |
| Aspinall, Willy           | ..... | 13-O-14                                                       |
| Austin, Joanna M.         | ..... | 11-P-149                                                      |
| Avolio, Maria V.          | ..... | 11-P-112                                                      |
| Aydar, Erkan              | ..... | 11-P-56,<br>11-P-57,<br>11-P-58                               |

- B -

|                    |       |                               |
|--------------------|-------|-------------------------------|
| Baba, Akira        | ..... | 33-O-06,<br><b>33-P-13*</b>   |
| Bachmann, Olivier  | ..... | 11-P-116                      |
| Bailey, Steve C.   | ..... | 21a-P-14                      |
| Baloga, Stephen M. | ..... | 11-O-23,<br>11-P-111          |
| Baloloy, Alejo V.  | ..... | 12-P-43                       |
| Ban, Masao         | ..... | <b>11-P-126*</b>              |
| Bandomo, Zuleyka   | ..... | 12-P-36,<br>12-P-47           |
| Bani, Philipson    | ..... | <b>11-P-42*</b> ,<br>21a-P-18 |
| Bannno, Atsuhiko   | ..... | 33-P-03                       |
| Barba, Diego       | ..... | 21a-P-05,<br>31-O-10          |
| Barbato, David     | ..... | 11-P-135                      |

|                        |                                                                      |                          |                                                                                      |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Barberi, Franco        | 12-O-11*,<br>13-O-05,<br>22-P-18,<br>31-O-02,<br>31-P-04             | Buergelt, Petra          | 21a-O-13                                                                             |
| Barclay, Jenni         | 32-O-03                                                              | Buettner, Ralf           | 11-O-16                                                                              |
| Barnard, Scott T.      | 22-O-14*                                                             | Burton, Mike             | 11-P-50                                                                              |
| Barrancos, Jose        | 12-P-39,<br>12-P-40,<br>12-P-41,<br>12-P-42*,<br>12-P-47,<br>22-P-18 | Bustillos, Jorge         | 12-O-07                                                                              |
| Barros, Inocencio      | 12-P-36,<br>12-P-47                                                  | - C -                    |                                                                                      |
| Barsanti, Michele      | 11-P-135                                                             | Cabral, Jeremias         | 12-P-36,<br>12-P-47                                                                  |
| Barsotti, Sara         | 13-O-14                                                              | Cacya, Lourdes           | 21a-P-08,<br>21a-P-09                                                                |
| Bartomioli, Edgardo    | 31-O-10                                                              | Calderon, Katiana        | 22-P-17                                                                              |
| Bass, Henry            | 12-P-81                                                              | Calkins, Julie           | 13-P-01*                                                                             |
| Baxter, Peter J.       | 13-O-01*,<br>13-O-05,<br>13-O-14                                     | Calvache V., Marta Lucia | 12-P-08,<br>12-P-09,<br>12-P-61*,<br>21a-P-03,<br>21a-P-04,<br>31-O-03*,<br>12-P-60* |
| Bebbington, Mark       | 22-O-13                                                              | Calvari, Sonia           | 11-P-107,<br>12-O-12*,<br>12-P-78*                                                   |
| Becker, Julia S.       | 21a-O-13*,<br>21a-P-17,<br>23-O-03,<br>23-P-02*,<br>32-P-02          | Calvo, David             | 12-P-36,<br>12-P-40,<br>12-P-47                                                      |
| Bergantz, George       | 11-O-14*                                                             | Camacho, Juan T.         | 12-P-69*                                                                             |
| Bernard, Benjamin      | 11-P-40*,<br>21b-P-07*                                               | Camass, Romano           | 32-O-12                                                                              |
| Bernardo, Ernesto      | 12-O-13                                                              | Capaccioni, Bruno        | 12-P-45                                                                              |
| Bernbaum, Edwin        | 32-P-30                                                              | Caputo, Antonio          | 12-P-07                                                                              |
| Bevens, Darcy          | 32-P-10                                                              | Caputo, Teresa           | 12-P-07                                                                              |
| Blond, Jennifer S. Le  | 13-O-13,<br>13-P-04*                                                 | Carapezza, Maria Luisa   | 13-O-05*,<br>22-P-18*,<br>32-O-08*                                                   |
| Blong, Russell         | 21b-P-04                                                             | Cardaci, Chiara          | 21a-O-03*                                                                            |
| Blundy, Jon            | 11-O-07                                                              | Cardona, Carlos          | 12-P-08*,<br>12-P-09*,<br>21a-P-03                                                   |
| Boichu, Marie          | 11-P-45*                                                             | Carey, Rebecca J.        | 11-P-131*                                                                            |
| Bonaccorso, Alessandro | 11-P-143*                                                            | Cari, Leonardo           | 31-O-08                                                                              |
| Bonadonna, Costanza    | 11-O-19*,<br>21b-O-06                                                | Carlo, Paola Del         | 13-O-14                                                                              |
| Bonforte, Alessandro   | 11-P-143                                                             | Carlotto, Victor         | 31-O-08                                                                              |
| Bornas, Antonia        | 21a-O-11*                                                            | Carmona, Fernando Munoz  | 31-O-08                                                                              |
| Borrero, Carlos A.     | 21b-P-25*                                                            | Carn, Simon A.           | 11-P-42,<br>12-O-18*,<br>13-O-06*                                                    |
| Boschi, Enzo           | 11-P-107,<br>12-O-12                                                 | Caron, Benoit            | 11-P-35                                                                              |
| Boudon, Georges        | 11-P-45                                                              | Cass, Noel               | 33-P-16                                                                              |
| Bouquet, Thomas        | 13-O-07                                                              | Castillo, Hardany        | 21b-P-25                                                                             |
| Bozzano, Francesca     | 11-P-142                                                             | Castruccio, Angelo       | 22-P-05*                                                                             |
| Branney, Michael J.    | 11-P-37                                                              | Catane, Sandra G.        | 21b-O-11*                                                                            |
| Brenna, Marco          | 11-P-01*                                                             | Cayol, Valerie           | 11-P-158                                                                             |
| Briole, Pierre         | 11-P-158*                                                            | Ceniceros, Nora E.       | 12-P-34                                                                              |
| Brito, Marianela       | 12-P-36,<br>12-P-40*                                                 | Cervelli, Daniel P.      | 12-O-09                                                                              |
| Briz, Sussana          | 12-P-42                                                              | Cesare, Walter De        | 12-P-07                                                                              |
| Bronto, Sutikno        | 22-P-03                                                              | Chakraborty, Pinaki      | 11-P-149                                                                             |
| Brooks, Benjamin       | 11-P-111                                                             | Chapman, Ian R.          | 22-O-13*                                                                             |
| Brown, Larry           | 11-O-13                                                              | Charbonnier, Sylvain J.  | 11-O-17*,<br>11-P-29                                                                 |
| Brown, Richy J.        | 11-P-105                                                             | Charley, Douglas T.      | 21a-P-18,<br>33-O-03                                                                 |
| Buccianti, Antonella   | 12-P-45                                                              | Chen, Chang-Hwa          | 21b-P-12*                                                                            |

|                         |                                                                                                                            |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Chen, Keping            | 21b-P-04                                                                                                                   |
| Chiba, Hitoshi          | 11-P-08                                                                                                                    |
| Chiba, Tatsuro          | <b>31-O-09*</b>                                                                                                            |
| Chikasawa, Sin          | 12-P-74                                                                                                                    |
| Chirico, Giuseppe D.    | 11-O-24                                                                                                                    |
| Chouet, Bernard A.      | 11-P-69,<br>12-P-81                                                                                                        |
| Churei, Masaaki         | 11-P-74,<br>12-P-21,<br><b>12-P-32*</b>                                                                                    |
| Cirauda, Alessia        | 11-P-108,<br>11-P-109,<br>22-O-09                                                                                          |
| Clarke, Amanda          | 11-O-06,<br>11-O-13                                                                                                        |
| Clavero, Jorge          | 11-P-64,<br>22-P-05                                                                                                        |
| Clegg, Steven G.        | <b>21b-P-15*</b>                                                                                                           |
| Cole, James W.          | <b>11-O-04*</b> ,<br>11-P-99,<br>22-O-14,<br>22-P-03,<br>22-P-14,<br>22-P-20,<br>33-P-19                                   |
| Cole, Susan E.          | 11-P-65,<br><b>11-P-67*</b>                                                                                                |
| Coles, Stuart G.        | 21b-O-09                                                                                                                   |
| Coltelli, Mauro         | 12-O-13                                                                                                                    |
| Connor, Charles B.      | 12-P-75,<br><b>21b-O-01*</b> ,<br>21b-O-05,<br>21b-O-06,<br>21b-P-05                                                       |
| Connor, Laura J.        | 21b-O-05,<br>21b-O-06                                                                                                      |
| Coomer, Maureen         | 32-P-13                                                                                                                    |
| Cordon Jr., Juan M.     | 12-P-31                                                                                                                    |
| Cordonnier, Benoit      | 11-O-21                                                                                                                    |
| Corpuz, Ernesto         | 12-P-79                                                                                                                    |
| Cortes-Cortes, Abel     | 21a-O-06                                                                                                                   |
| Cortez, Gloria Patricia | 12-P-71                                                                                                                    |
| Costa, Antonio          | <b>11-P-113*</b> ,<br>12-P-67,<br>21b-P-18                                                                                 |
| Coulbeck, Anna J.       | 21b-P-15                                                                                                                   |
| Cousins, Jim            | 22-P-04                                                                                                                    |
| Cowan, Hugh             | 31-P-15                                                                                                                    |
| Cowlyn, James           | 21a-O-15                                                                                                                   |
| Crescimbene, Massimo    | 32-O-12                                                                                                                    |
| Cressey, Gordon         | 13-P-04                                                                                                                    |
| Crisci, Gino M.         | 11-P-112                                                                                                                   |
| Cronin, Shane J.        | 11-O-22,<br><b>11-P-65*</b> ,<br>11-P-67,<br><b>21a-P-18*</b> ,<br>22-O-13,<br>22-P-20,<br>22-P-23,<br>33-O-03,<br>33-P-19 |
| Crossweller, Sian       | <b>32-O-03*</b>                                                                                                            |

|                            |                                                                                            |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cruz, Olivia               | 12-P-34                                                                                    |
| Cruz, Vicentina            | <b>12-P-51*</b> ,<br>21a-P-08,<br>21a-P-09                                                 |
| Cruz-Reyna, Servando De la | <b>21b-O-02*</b> ,<br>21b-P-06                                                             |
| Cuevas-Muniz, Alicia       | 21a-O-06                                                                                   |
| Cullings, Todd             | 32-O-02                                                                                    |
| Curciotti, Raffaele        | 12-P-07                                                                                    |
| Currenti, Gilda M.         | <b>11-P-146*</b> ,<br>12-P-30                                                              |
| <b>- D -</b>               |                                                                                            |
| Daag, Ma. Arturo S.        | 21a-O-11                                                                                   |
| Daep, Cedric D.            | <b>21a-O-12*</b>                                                                           |
| Daita, Yasushi             | 12-P-13                                                                                    |
| Daliman, Rudy              | <b>21b-P-14*</b>                                                                           |
| Dallai, Luigi              | 11-P-129                                                                                   |
| D'Ambrosio, Donato         | 11-P-112                                                                                   |
| Danhara, Toru              | 11-P-102                                                                                   |
| D'Auria, Luca              | 11-P-69,<br>12-P-07                                                                        |
| Davies, Gail               | 31-P-08                                                                                    |
| Davila-Harris, Pablo       | <b>11-P-37*</b>                                                                            |
| Davis, Matthew S.          | 31-O-02,<br><b>31-P-04*</b> ,<br>32-P-02                                                   |
| Deligne, Natalia           | 21b-O-09                                                                                   |
| Dell'Erba, Francesco       | 21b-O-08                                                                                   |
| Dellino, Pierfrancesco     | 11-O-16                                                                                    |
| Delmelle, Pierre           | 13-P-01                                                                                    |
| Demboya, Nobuhiro          | <b>21b-P-01*</b>                                                                           |
| Diez, Mikel                | 21b-P-05                                                                                   |
| Dingwell, Donald B.        | 11-O-11,<br><b>11-O-21*</b> ,<br>11-P-16,<br><b>11-P-114*</b>                              |
| Dionis, Samara             | 12-P-39,<br>12-P-42                                                                        |
| Dobasi, Junji              | <b>32-P-23*</b>                                                                            |
| Dockery, Douglas           | 13-P-03                                                                                    |
| Doherty, Anne              | 32-P-21,<br><b>32-P-30*</b>                                                                |
| Doi, Nobuo                 | 21a-O-01,<br>31-O-06                                                                       |
| Dolfi, Daniela             | 11-P-127                                                                                   |
| Donovan, Katherine H. M.   | <b>32-P-04*</b>                                                                            |
| Dorado, Lina               | <b>21a-P-02*</b>                                                                           |
| Doyle, Louise R.           | <b>11-P-151*</b>                                                                           |
| Dragoni, Michele           | 11-P-108                                                                                   |
| Driedger, Carolyn          | <b>32-P-21*</b>                                                                            |
| Duarte, Eliecer            | 12-P-46,<br><b>22-P-16*</b> ,<br><b>22-P-17*</b> ,<br><b>32-O-05*</b> ,<br><b>33-P-17*</b> |
| Dufek, Josef               | 11-O-14                                                                                    |
| Duncan, Melanie J.         | <b>32-P-01*</b>                                                                            |
| Dzurisin, Daniel           | 11-P-153,<br><b>12-O-16*</b>                                                               |

**- E -**

|                       |                                                           |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------|
| Ebina, Yu-ichi        | 32-P-09                                                   |
| Edens, Harald         | 12-O-06                                                   |
| Edmonds, Marie        | <b>11-O-09*</b>                                           |
| Edwards, Stacey M.    | <b>32-P-08*</b>                                           |
| Ehara, Sachio         | 11-P-22                                                   |
| Eichelberger, John C. | 11-P-54                                                   |
| Eimura, Kyosuke       | <b>22-P-07*</b>                                           |
| Elias, Tamar          | 13-P-03                                                   |
| Ellerbeck, Mike       | 31-O-08                                                   |
| Elsworth, Derek       | 11-O-13                                                   |
| Enomoto, Mari         | <b>11-P-91*</b> ,<br>11-P-92                              |
| Erfurt, Patricia J.   | <b>31-P-01*</b>                                           |
| Ersoy, Orkun          | <b>11-P-56*</b> ,<br><b>11-P-57*</b> ,<br><b>11-P-58*</b> |
| Esposito, Antonietta  | 12-P-07                                                   |
| Evans, Keith          | 12-O-18                                                   |
| Evans, William C.     | 12-P-49                                                   |
| Ewert, John W.        | <b>12-O-01*</b>                                           |

**- F -**

|                       |                                                         |
|-----------------------|---------------------------------------------------------|
| Fagents, Sarah A.     | <b>11-O-23*</b> ,<br>11-P-111                           |
| Fan, Qicheng          | 11-P-51                                                 |
| Fang, Lihua           | 12-P-04                                                 |
| Fano, Jerry A.        | <b>22-O-04*</b>                                         |
| Favalli, Massimiliano | <b>11-O-24*</b>                                         |
| Fearnley, Carina      | <b>31-P-08*</b>                                         |
| Fee, David            | 12-O-07,<br><b>12-P-80*</b> ,<br>12-P-81                |
| Felpeto, Alicia       | 21b-O-15                                                |
| Feo, Valerie De       | <b>11-P-64*</b>                                         |
| Fernandez, Erick      | 12-P-46,<br>22-P-16,<br>22-P-17,<br>32-O-05,<br>33-P-17 |
| Fernandez, Isabel     | 12-P-42                                                 |
| Fidel, Lionel         | 31-O-08                                                 |
| Finnis, Kirsten K.    | <b>22-P-19*</b>                                         |
| Fisher, Christian     | 22-P-18                                                 |
| Flores, Gustavo A.    | 12-P-72                                                 |
| Folch, Arnau          | <b>12-P-67*</b>                                         |
| Forjaz, Victor H.     | 11-P-137                                                |
| Forkner, Johanna      | 22-P-24                                                 |
| Fort, Monique         | 11-P-93                                                 |
| Foster, James         | 11-P-111                                                |
| França, Zilda T.      | <b>11-P-137*</b>                                        |
| Freda, Carmela        | <b>11-P-127*</b> ,<br>11-P-129                          |
| Frenzen, Peter        | <b>23-O-02*</b> ,<br><b>32-O-02*</b>                    |
| Freundt, A.           | 33-O-07                                                 |
| Freymueller, Jeff T.  | 12-O-02                                                 |
| Frioriksson, Thrainn  | 12-P-37                                                 |
| Frischknecht, Corine  | 11-P-64                                                 |
| Froger, Jean-Luc      | 11-P-158                                                |

|                      |                                                                             |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Fuentes, Wilhelmo de | 12-P-36                                                                     |
| Fuhs, Cynthia        | 12-O-16                                                                     |
| Fujihira, Hatsue     | 32-P-24                                                                     |
| Fujii, Toshitsugu    | 33-O-06,<br><b>33-P-04*</b>                                                 |
| Fujimaki, Hirokazu   | 11-P-121                                                                    |
| Fujimitsu, Yasuhiro  | 11-P-22                                                                     |
| Fujino, Keiko        | 11-P-44                                                                     |
| Fujita, Eisuke       | 11-P-84,<br>11-P-85,<br>12-O-09,<br>12-P-14,<br>12-P-63,<br><b>12-P-83*</b> |
| Fujita, Hiroko       | <b>13-O-02*</b>                                                             |
| Fujita, Naoko        | 32-P-25                                                                     |
| Fujita, Shingo       | 11-P-91,<br>11-P-92                                                         |
| Fujiwara, Kenji      | 11-P-74                                                                     |
| Fujiwara, Yoshiaki   | 12-O-08                                                                     |
| Fukuda, Yoshio       | 32-P-25                                                                     |
| Fukui, Keiichi       | <b>11-P-73*</b> ,<br>11-P-74,<br>12-P-21,<br>12-P-76                        |
| Fukui, Takashi       | 11-P-66                                                                     |
| Fukuju, Shino        | 33-P-13                                                                     |
| Fukuoka, Koichiro    | 11-P-22                                                                     |
| Fukuoka, Takaaki     | 11-P-136,<br>11-P-138                                                       |
| Fukushima, Daisuke   | <b>32-O-09*</b>                                                             |
| Fukushima, Kazuyoshi | 22-O-11                                                                     |
| Fukushima, Masayo    | 11-P-10                                                                     |
| Fukushima, Yo        | 11-P-158                                                                    |
| Fukushima, Yusuke    | 11-P-27                                                                     |
| Fukuzumi, Takahiro   | 12-P-79                                                                     |
| Furukawa, Kuniyuki   | 11-P-138                                                                    |
| Furukawa, Ryuta      | 21b-P-09                                                                    |
| Fushiya, Yuji        | 21a-P-21                                                                    |

**- G -**

|                            |                                                     |
|----------------------------|-----------------------------------------------------|
| Gaeta, Mario               | 11-P-127,<br><b>11-P-129*</b>                       |
| Galillard, Jean-Christophe | <b>33-P-18*</b>                                     |
| Galle, Bo                  | 12-P-41,<br>12-P-42                                 |
| Gambino, Salvatore         | 11-P-143                                            |
| Garaebiti, Esline          | 21a-P-18,<br>21b-P-15                               |
| Garces, Milton A.          | 11-P-69,<br>12-O-07,<br>12-P-80,<br><b>12-P-81*</b> |
| Garcia, Alicia             | <b>12-P-56*</b>                                     |
| Gardner, Cynthia A.        | <b>21a-P-14*</b>                                    |
| Garduno-Monroy, Victor     | 21b-O-14                                            |
| Hugo                       |                                                     |
| Gaudru, Henry              | <b>22-P-15*</b> ,<br><b>31-P-02*</b>                |
| Gavilanes-Ruiz, Juan C.    | <b>21a-O-06*</b> ,<br>21b-P-17                      |

|                          |                                                   |                       |                                                                                                                           |
|--------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gee, Mary                | 11-P-01                                           | Harrison, Jim M.      | 21a-P-18,<br>21b-P-15                                                                                                     |
| Gertisser, Ralf          | 11-O-17,<br><b>11-P-29*</b>                       | Hase, Hideaki         | <b>12-P-27*</b> ,<br>12-P-31,<br>12-P-33                                                                                  |
| Geshi, Nobuo             | 11-P-30,<br>11-P-58                               | Hasebe, Noriko        | <b>11-P-24*</b>                                                                                                           |
| Geyer, Adelina           | 21b-O-15                                          | Hasenaka, Toshiaki    | 11-P-136,<br>11-P-138,<br><b>11-P-140*</b> ,<br>12-P-66                                                                   |
| Giaccio, Biagio          | 11-P-35                                           | Hashimoto, Takeshi    | 11-P-15,<br><b>11-P-23*</b> ,<br>11-P-53,<br>11-P-77,<br>11-P-79,<br>12-P-27                                              |
| Giordano, Daniele        | 11-P-114                                          | Hata, Kouji           | 22-P-13                                                                                                                   |
| Gislason, Gestur         | 12-P-37                                           | Hatae, Kenji          | 11-P-03                                                                                                                   |
| Giudice, Salvatore       | 12-P-29,<br>12-P-30                               | Hayashi, Shintaro     | 31-P-10,<br><b>32-O-13*</b> ,<br>32-P-03,<br><b>32-P-14*</b>                                                              |
| Giudicepietro, Flora     | <b>12-P-07*</b>                                   | Hayashi, Yoshinari    | 11-P-125                                                                                                                  |
| Golpak, Victor           | 13-O-15                                           | Hayes, Sara L.        | <b>22-P-25*</b>                                                                                                           |
| Gomes, Alberto Mota      | 12-P-36,<br>12-P-47                               | Hedlin, Michael A. H. | 11-P-69,<br>12-P-81                                                                                                       |
| Gomez, Angel             | 12-P-34                                           | Henderson, Michael    | 22-P-24                                                                                                                   |
| Gomez, Christopher       | <b>11-P-26*</b> ,<br><b>11-P-93*</b> ,<br>33-P-18 | Hendrasto, Muhamad    | 12-P-26,<br>12-P-87,<br><b>21a-P-16*</b>                                                                                  |
| Gomez, Dario A.          | <b>21a-P-01*</b>                                  | Hernandez, Pedro A.   | <b>12-P-35*</b> ,<br>12-P-36,<br><b>12-P-37*</b> ,<br>12-P-38,<br>12-P-39,<br>12-P-40,<br>12-P-41,<br>12-P-42,<br>12-P-47 |
| Gomez M, Diego Mauricio  | 12-P-61,<br>12-P-60                               | Hernandez, Roberto    | <b>21b-P-24*</b>                                                                                                          |
| Gordee, Sarah M.         | <b>11-P-155*</b>                                  | Hernandez, Teofilo    | 12-P-34                                                                                                                   |
| Goto, Akio               | 12-P-83,<br>12-P-86                               | Hess, Kai-Uwe         | 11-O-21                                                                                                                   |
| Goto, Kazuhiko           | 12-P-19                                           | Hetzer, Claus         | 12-P-81                                                                                                                   |
| Goto, Kensuke            | 23-P-04                                           | Heumann, Georg        | 11-P-55                                                                                                                   |
| Goto, Satoshi            | <b>23-P-05*</b>                                   | Hicks, Kelby E.       | 21b-P-15                                                                                                                  |
| Goto, Yoshihiko          | 11-O-12,<br><b>11-P-02*</b>                       | Hickson, Catherine J. | <b>13-P-02*</b> ,<br><b>31-O-08*</b>                                                                                      |
| Gourgaud, Alain          | 11-P-56,<br>11-P-57,<br>11-P-58                   | Hidaka, Masataka      | 12-P-83                                                                                                                   |
| Graham, Scott E.         | 31-P-07                                           | Hidayat, Dannie       | 11-O-13,<br>11-P-31,<br>11-P-34                                                                                           |
| Granados, Hugo Delgado   | <b>11-P-95*</b>                                   | Higuchi, Kenta        | 13-O-11                                                                                                                   |
| Grattan, John P.         | 13-P-05                                           | Higuchi, Naoki        | 32-P-25                                                                                                                   |
| Gravley, Darren M.       | 21b-O-12                                          | Hiihori, Kenji        | 33-P-10                                                                                                                   |
| Greco, Filippo           | 12-P-29                                           | Hincks, Thea          | 13-O-14                                                                                                                   |
| Gregg, Chris E.          | 21a-P-12                                          | Hirabayashi, Jun-ichi | 11-P-46,<br>11-P-47,<br>12-P-16,<br>12-P-50,<br>12-P-53,<br>12-P-87,<br>13-O-10,<br>13-P-06                               |
| Griswold, Julia P.       | 31-P-07                                           |                       |                                                                                                                           |
| Guffanti, Marianne       | <b>12-O-15*</b>                                   |                       |                                                                                                                           |
| Guglielmino, Francesco   | 11-P-143                                          |                       |                                                                                                                           |
| Guilbaud, Marie-Noelle   | 21b-O-14                                          |                       |                                                                                                                           |
| Gwynne, Gemma            | 21a-O-06                                          |                       |                                                                                                                           |
| <b>- H -</b>             |                                                   |                       |                                                                                                                           |
| Hadisantono, Rudy D.     | 11-P-97                                           |                       |                                                                                                                           |
| Haklay, Muki             | 22-O-10                                           |                       |                                                                                                                           |
| Hall, Minard L.          | 21a-P-05                                          |                       |                                                                                                                           |
| Hamaguchi, Hiroyuki      | <b>12-P-88*</b>                                   |                       |                                                                                                                           |
| Hamasaki, Satoshi        | <b>11-P-11*</b>                                   |                       |                                                                                                                           |
| Hamilton, Christopher W. | <b>11-P-111*</b>                                  |                       |                                                                                                                           |
| Handa, Hiroko            | 11-P-17,<br>11-P-52                               |                       |                                                                                                                           |
| Haque, Md Mansorul       | 12-P-89                                           |                       |                                                                                                                           |
| Harada, Makoto           | 12-P-31                                           |                       |                                                                                                                           |
| Harada, Masatake         | 12-P-13                                           |                       |                                                                                                                           |
| Harada, Norikuni         | 32-P-12                                           |                       |                                                                                                                           |
| Hards, Vicky             | 11-O-13,<br><b>21a-O-14*</b>                      |                       |                                                                                                                           |

|                     |                                                                                                  |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hirano, Shuichiro   | 12-P-19                                                                                          |
| Hirao, Akihiko      | 12-P-18                                                                                          |
| Hirofumi, Shihō     | 11-P-126                                                                                         |
| Hiwaki, Hiroto      | 33-P-01                                                                                          |
| Hiyoke, Takeshi     | 32-P-25                                                                                          |
| Hoblitt, Richard    | 12-P-80                                                                                          |
| Hoblitt, Rick       | 12-P-81                                                                                          |
| Hodgson, Katy A.    | 11-P-68                                                                                          |
| Holliday, Charles   | 12-O-15                                                                                          |
| Honda, Ryo          | 12-P-12*,<br>12-P-13                                                                             |
| Honda, Yasutaka     | 31-P-12*                                                                                         |
| Hong, Hanjing       | 11-P-60,<br>21b-P-22*                                                                            |
| Horan, Jennifer     | 31-P-09*                                                                                         |
| Horikawa, Yoshiyuki | 11-P-25*                                                                                         |
| Horrocks, Jo        | 31-O-07*                                                                                         |
| Horwell, Claire J.  | 13-O-13*,<br>13-P-04                                                                             |
| Hoshizumi, Hideo    | 11-P-02,<br>11-P-04,<br>11-P-11,<br>11-P-90,<br>11-P-106*                                        |
| Hoskuldsson, Armann | 23-P-01*,<br>33-O-05*                                                                            |
| Hosni, Soraya       | 31-P-11*                                                                                         |
| Hotta, Yayoi        | 22-P-11                                                                                          |
| Houghton, Bruce F.  | 11-O-01*,<br>11-O-23,<br>11-P-131                                                                |
| Hu, Zhexin          | 32-P-05*                                                                                         |
| Hughes, Nicki       | 32-P-13                                                                                          |
| Hulme, Samuel       | 11-P-111                                                                                         |
| Hurst, Anthony W.   | 11-P-62,<br>11-P-63*,<br>31-P-06                                                                 |
| <b>- I -</b>        |                                                                                                  |
| Iagulli, James      | 22-P-24                                                                                          |
| Ibrahim, Issa       | 12-P-49*                                                                                         |
| Ichihara, Mie       | 12-P-86                                                                                          |
| Ichikawa, Sekio     | 32-P-24                                                                                          |
| Ichinose, Norie     | 33-O-08*                                                                                         |
| Ida, Yoshiaki       | 12-P-11,<br>12-P-14                                                                              |
| Iguchi, Masato      | 11-O-03,<br>11-P-70,<br>11-P-82,<br>11-P-148,<br>11-P-152,<br>11-P-154,<br>11-P-156,<br>12-P-87* |
| Iino, Naoko         | 12-P-79,<br>13-O-07,<br>21a-P-21                                                                 |
| Ikebe, Shinichiro   | 32-O-06*,<br>32-P-15                                                                             |
| Ikeda, Masako       | 23-O-04                                                                                          |
| Ikeda, Masamichi    | 11-P-117                                                                                         |

|                       |                                    |
|-----------------------|------------------------------------|
| Ikegami, Shunichi     | 33-P-01                            |
| Ikeuchi, Katsushi     | 33-O-06,<br>33-P-03                |
| Ikeuchi, Koji         | 21a-O-10*                          |
| Ikeya, Hirosh         | 22-O-01*                           |
| Ilyinskaya, Evjenia   | 12-P-37                            |
| Imaizumi, Michiaki    | 21b-P-21                           |
| Imamura, Fumihiko     | 11-O-20                            |
| Imura, Ryusuke        | 32-P-32*,<br>33-P-12*              |
| Inagaki, Yuka         | 11-P-24                            |
| Inakura, Hirohito     | 21b-P-03*                          |
| Inamura, Akihiko      | 11-P-13,<br>11-P-52                |
| Inoue, Hiroyuki       | 11-P-90,<br>12-P-27,<br>12-P-54    |
| Inoue, Mitsuo         | 32-P-24*                           |
| Inoue, Yuzuru         | 33-P-07                            |
| Isaia, Roberto        | 31-O-02,<br>31-P-04                |
| Ishibashi, Hidemi     | 11-P-139*                          |
| Ishibashi, Jun-ichiro | 11-P-44                            |
| Ishido, Tsuneo        | 12-P-33                            |
| Ishihara, Hajime      | 13-O-08*                           |
| Ishihara, Kazuhiro    | 11-P-10,<br>12-P-28,<br>22-P-26    |
| Ishihara, Keiichi     | 22-P-27                            |
| Ishihara, Takashi     | 11-P-24                            |
| Ishii, Yasuo          | 22-O-15,<br>22-P-27*               |
| Ishikawa, Keita       | 11-P-87*                           |
| Ishikawa, Naoto       | 11-P-12,<br>11-P-156               |
| Ishikawa, Toru        | 11-P-157*                          |
| Ishimine, Yasuhiro    | 13-P-08*,<br>22-P-12               |
| Ishitubo, Syouji      | 22-P-13                            |
| Iso, Nozomi           | 23-P-04                            |
| Itasaka, Naoko        | 12-P-06*                           |
| Itaya, Tetsumaru      | 11-P-102                           |
| Itikarai, Ima         | 11-P-88*,<br>12-P-62*,<br>21a-O-16 |
| Ito, Hiroshi          | 12-P-13                            |
| Ito, Takashi          | 11-P-150                           |
| Ito, Takeo            | 11-P-125                           |
| Itoh, Hideyuki        | 31-P-10,<br>32-P-03,<br>32-P-12*   |
| Itoh, Jun'ichi        | 11-P-43,<br>11-P-52,<br>11-P-94*   |
| Itoh, Kazuaki         | 33-O-01*                           |
| Itou, Toyoharu        | 32-P-05                            |
| Ivarsson, Gretar      | 12-P-37                            |
| Iwaki, Katsuhiko      | 33-P-02                            |
| Iwamoto, Emiko        | 11-P-132                           |

**- J -**

|                     |       |                                                                                                                                                                                         |                     |       |                                                                               |
|---------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Jackson, Dave       | ..... | 12-O-16                                                                                                                                                                                 | Kanno, Tomoyuki     | ..... | <b>21a-P-21*</b>                                                              |
| Jackson, Gordon E.  | ..... | 12-O-14,<br>21a-O-05                                                                                                                                                                    | Kano, Kazuhiko      | ..... | <b>11-O-18*</b> ,<br>11-P-30                                                  |
| James, Mike R.      | ..... | 12-O-17                                                                                                                                                                                 | Kano, Yoko          | ..... | <b>33-P-06*</b>                                                               |
| Janin, Myriam       | ..... | 11-P-93                                                                                                                                                                                 | Kasereka, Mahinda   | ..... | 12-P-88                                                                       |
| Jaquet, Olivier     | ..... | <b>21b-O-04*</b>                                                                                                                                                                        | Kataoka, Kyoko S.   | ..... | 11-P-68,<br>33-P-05,<br><b>33-P-09*</b>                                       |
| Jenkins, Susanna    | ..... | <b>11-P-62*</b> ,<br><b>21b-P-04*</b>                                                                                                                                                   | Katashima, Keisuke  | ..... | 22-P-12                                                                       |
| Jin, Xinghai        | ..... | 22-O-11                                                                                                                                                                                 | Kato, Koji          | ..... | 12-P-21                                                                       |
| Johnson, Jeffrey    | ..... | 12-P-73                                                                                                                                                                                 | Katsube, Yuichi     | ..... | 11-P-53                                                                       |
| Johnson, Masembe    | ..... | 11-P-101                                                                                                                                                                                | Katsui, Yoshio      | ..... | 11-P-98                                                                       |
| Johnson, Wally R.   | ..... | <b>21a-P-15*</b> ,<br>21b-O-07                                                                                                                                                          | Kauahikaua, James   | ..... | 12-P-81,<br><b>23-O-01*</b>                                                   |
| Johnston, David M.  | ..... | 21a-O-13,<br>21a-P-17,<br>22-O-14,<br>22-P-03,<br>22-P-14,<br>22-P-19,<br>22-P-20,<br><b>23-O-03*</b> ,<br>23-P-02,<br>31-O-07,<br>31-P-15,<br><b>32-P-02*</b> ,<br>32-P-13,<br>33-P-19 | Kavanagh, Janine L. | ..... | <b>11-P-105*</b>                                                              |
| Johnston, William   | ..... | 11-O-13                                                                                                                                                                                 | Kawai, Satoshi      | ..... | 13-O-12                                                                       |
| Jolie, Egbert       | ..... | 12-P-37                                                                                                                                                                                 | Kawakatsu, Hitoshi  | ..... | 11-P-86                                                                       |
| Jolly, Art          | ..... | 12-P-82                                                                                                                                                                                 | Kaye, Grant         | ..... | <b>22-P-03*</b> ,<br>22-P-04,<br><b>22-P-14*</b>                              |
| - K -               |       |                                                                                                                                                                                         | Kazahaya, Kohei     | ..... | 11-P-13,<br>11-P-17,<br>11-P-47,<br>11-P-52,<br><b>12-P-53*</b> ,<br>21b-P-11 |
| Kagesawa, Hiroaki   | ..... | 12-P-53                                                                                                                                                                                 | Kazahaya, Ryunosuke | ..... | <b>11-P-47*</b>                                                               |
| Kagesawa, Masataka  | ..... | 33-P-03                                                                                                                                                                                 | Kaziya, Akimi       | ..... | 12-P-74                                                                       |
| Kagiya, Tsuneomi    | ..... | 11-P-10,<br><b>11-P-15*</b> ,<br>11-P-77,<br>11-P-79,<br>11-P-90,<br>12-P-54,<br><b>21b-O-10*</b>                                                                                       | Kennett, Brian      | ..... | 11-P-88                                                                       |
| Kai, Reiko          | ..... | 11-P-87                                                                                                                                                                                 | Kervyn, Francois    | ..... | 13-O-06                                                                       |
| Kajihara, Kousuke   | ..... | 12-P-05                                                                                                                                                                                 | Keys, Harry J.      | ..... | <b>12-O-21*</b> ,<br>21a-P-17,<br><b>22-O-06*</b> ,<br>32-P-13                |
| Kajiyama, Atsushi   | ..... | 33-P-09                                                                                                                                                                                 | Kidong, Bae         | ..... | 11-P-102                                                                      |
| Kakishita, Tsuyoshi | ..... | 21a-P-21                                                                                                                                                                                | Kieffer, Susan W.   | ..... | 11-P-149                                                                      |
| Kakubuchi, Susumu   | ..... | 11-P-117,<br><b>11-P-132*</b>                                                                                                                                                           | Kikawada, Yoshikazu | ..... | <b>13-O-12*</b>                                                               |
| Kamei, Hiroyuki     | ..... | 33-O-06,<br><b>33-P-07*</b>                                                                                                                                                             | Kikkawa, Toshiko    | ..... | 21a-P-22,<br>31-P-10                                                          |
| Kamoshida, Takeshi  | ..... | <b>32-P-03*</b>                                                                                                                                                                         | Kimata, Fumiaki     | ..... | 11-P-87,<br>11-P-125,<br>12-P-10                                              |
| Kamura, Kunishige   | ..... | <b>31-P-16*</b>                                                                                                                                                                         | Kimura, Masanobu    | ..... | 22-P-21                                                                       |
| Kanagaki, Chikara   | ..... | 12-P-79,<br>13-O-07                                                                                                                                                                     | Kimura, Takuro      | ..... | <b>23-O-06*</b>                                                               |
| Kanashima, Satoshi  | ..... | 11-P-86                                                                                                                                                                                 | King, Andrew        | ..... | 22-P-03,<br>22-P-14                                                           |
| Kanda, Wataru       | ..... | 11-P-10,<br>11-P-15,<br>11-P-77                                                                                                                                                         | Kinoshita, Haruka   | ..... | 33-P-13                                                                       |
| Kaneko, Katsuya     | ..... | 12-P-86                                                                                                                                                                                 | Kinoshita, Kisei    | ..... | <b>12-P-79*</b> ,<br><b>13-O-07*</b> ,<br><b>32-P-17*</b>                     |
| Kaneko, Takayuki    | ..... | <b>12-P-77*</b> ,<br>33-P-04                                                                                                                                                            | Kirk, Caroline A.   | ..... | 13-P-04                                                                       |
| Kanno, Tadahiyo     | ..... | 22-O-05                                                                                                                                                                                 | Kitada, Naoto       | ..... | 11-P-10                                                                       |
|                     |       |                                                                                                                                                                                         | Kitagawa, Sadayuki  | ..... | 11-P-73,<br>12-P-76*                                                          |
|                     |       |                                                                                                                                                                                         | Kitamura, Shigeru   | ..... | <b>11-P-61*</b>                                                               |
|                     |       |                                                                                                                                                                                         | Kitaoka, Koichi     | ..... | 11-P-13                                                                       |
|                     |       |                                                                                                                                                                                         | Kiyokawa, Shoichi   | ..... | 11-P-49                                                                       |
|                     |       |                                                                                                                                                                                         | Kling, George W.    | ..... | 12-P-49                                                                       |
|                     |       |                                                                                                                                                                                         | Koarai, Mamoru      | ..... | <b>22-P-02*</b>                                                               |
|                     |       |                                                                                                                                                                                         | Kobayashi, Hideki   | ..... | <b>32-P-24*</b>                                                               |

|                               |                                                                   |                       |                                                                                                             |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kobayashi, Shigeki            | 11-P-91,<br><b>11-P-92*</b>                                       | - L -                 |                                                                                                             |
| Kobayashi, Tetsuo             | <b>11-P-28*</b> ,<br>11-P-33,<br>11-P-85,<br>11-P-99,<br>21b-P-21 | Lago, Marceliano      | 11-P-137                                                                                                    |
| Kobayashi, Tomokazu           | <b>12-P-14*</b>                                                   | Laguerta, Eduardo P.  | 12-P-79,<br>21a-O-11                                                                                        |
| Kobayashi, Tomiyuki           | 32-P-24                                                           | LaHusen, Rick A.      | 12-O-02                                                                                                     |
| Kobayashi, Yosuke             | <b>13-O-11*</b>                                                   | Lan, Tefang F.        | 21b-P-11                                                                                                    |
| Kodama, Shinsuke              | 11-P-36                                                           | Lantuejoul, Christian | 21b-O-04                                                                                                    |
| Kogawa, Katsura               | 33-P-07                                                           | Lardy, Michel         | 11-P-42,<br>21a-P-18                                                                                        |
| Koge, Shoichiro               | 11-P-49                                                           | Lautze, Nicole C.     | <b>21a-P-08*</b> ,<br><b>21a-P-09*</b>                                                                      |
| Kohno, Yuhki                  | <b>11-P-07*</b> ,<br>12-P-18,<br>12-P-85                          | Lavallee, Yan         | 11-O-21                                                                                                     |
| Kojima, Hideki                | 11-P-87                                                           | Lavigne, Franck       | 11-P-26,<br>11-P-93                                                                                         |
| Komatsu, Goro                 | 33-P-05                                                           | Lawrence, Colin       | 12-O-21,<br>21a-P-17                                                                                        |
| Komiyama, Toshiko             | 32-P-24                                                           | Lebon, Sylviane L. G. | <b>33-P-15*</b>                                                                                             |
| Komori, Shogo                 | <b>11-P-90*</b>                                                   | Lee, Hsiao F.         | 21b-P-11                                                                                                    |
| Komorouski, Jean C.           | 21b-P-17                                                          | Lee, Jong Ik          | 11-P-122                                                                                                    |
| Kondo, Hirofumi               | <b>21b-O-03*</b> ,<br>21b-P-03                                    | Lees, Jonathan M.     | <b>11-P-84*</b>                                                                                             |
| Kondo, Kochi                  | 22-P-13                                                           | Leng, Lim Leng        | 22-P-15                                                                                                     |
| Kono, Tadashi                 | 11-P-13                                                           | Leonard, Graham S.    | 21a-O-13,<br><b>21a-P-17*</b> ,<br>23-O-03,<br>23-P-02,<br>31-O-07,<br><b>31-P-15*</b> ,<br><b>32-P-13*</b> |
| Konstantinou, Konstantinos I. | 12-P-02,<br><b>21b-P-13*</b>                                      | Lepennec, Jean-Luc    | 21a-P-05                                                                                                    |
| Kooka, Hirotosugu             | 32-P-11                                                           | Lespinnasse, Nicolas  | 11-P-26                                                                                                     |
| Kori, Morihiko                | 11-P-30                                                           | Leyrit, Herve         | 11-P-40                                                                                                     |
| Koyama, Masato                | 21a-P-22,<br>31-P-10,<br>32-P-20<br>11-P-77                       | Li, Ni                | <b>11-P-51*</b>                                                                                             |
| Koyama, Takao                 | 12-O-06                                                           | Lin, Chao-Chung       | 21b-P-12                                                                                                    |
| Krehbiel, Paul R.             | <b>12-P-26*</b>                                                   | Lin, Cheng-Horng      | <b>12-P-02*</b> ,<br>21b-P-13                                                                               |
| Kriswati, Estu                | 12-O-18                                                           | Lin, Zhou             | 33-P-05                                                                                                     |
| Krotkov, Nick A.              | 12-O-18                                                           | Linde, Alan           | 11-O-13                                                                                                     |
| Krueger, Arlin J.             | 11-P-08                                                           | Lindsay, Jan M.       | <b>21b-O-13*</b> ,<br>31-P-15,<br><b>32-O-11*</b>                                                           |
| Kubo, Yumi                    | 32-P-24                                                           | Litt, Thomas          | 11-P-55                                                                                                     |
| Kubota, Kazuo                 | <b>11-P-96*</b>                                                   | Liu, Hui              | 11-P-60,<br>21b-P-22                                                                                        |
| Kudo, Takashi                 | 12-P-62,<br>21a-O-15,<br>21a-P-15                                 | Llewellyn, Edward W.  | <b>11-O-5*</b>                                                                                              |
| Kuduon, Jonathan              | 11-O-11,<br>11-P-16                                               | Llinares, Angeles     | 21a-P-11,<br>32-P-18                                                                                        |
| Kueppers, Ulrich              | 21a-P-05                                                          | Lockhart, Andrew      | 12-P-08,<br>12-P-09,<br><b>21a-P-03*</b>                                                                    |
| Kumagai, Hiroyuki             | 13-P-03                                                           | Lodato, Luigi         | 11-P-107,<br>12-O-12                                                                                        |
| Kunimoto, June                | 12-P-86                                                           | Londono, John Makario | <b>12-P-71*</b>                                                                                             |
| Kuri, Miwa                    | 11-P-106                                                          | Longley, Paul         | 22-O-10                                                                                                     |
| Kurihara, Arata               | 22-P-06                                                           | Longo, Antonella      | 11-P-135                                                                                                    |
| Kurihara, Jun'nichi           | 11-P-02,<br>11-P-05,<br>11-P-11                                   | Lorenzoni, Irene      | 32-O-03                                                                                                     |
| Kurokawa, Masaru              | <b>23-P-04*</b>                                                   | Lowe, Catherine J.    | <b>22-O-10*</b> ,<br>32-P-01                                                                                |
| Kuroki, Takahito              | <b>11-P-122*</b> ,<br>12-P-49                                     | Lu, Zhong             | 12-O-16                                                                                                     |
| Kusakabe, Minoru              | 22-O-05,<br><b>32-O-04*</b>                                       | Lube, Gert            | 11-P-65,<br><b>22-P-23*</b>                                                                                 |
| Kusumo, A. Lesto              | 33-O-07                                                           |                       |                                                                                                             |
| Prabhancana                   | 12-O-16                                                           |                       |                                                                                                             |
| Kutterolf, S.                 | 11-P-118                                                          |                       |                                                                                                             |
| Kwoun, Oh-Ig                  |                                                                   |                       |                                                                                                             |
| Kyriakopoulos, Konstantinos   |                                                                   |                       |                                                                                                             |

LuGuern, Francois J. .... 11-P-13  
Luna, Raul .... 31-O-08  
Lupiano, Valeria .... 11-P-112

**- M -**

Macedo, Luisa .... 31-O-08  
Macedo, Orlando .... **12-P-57\***  
Macedonio, Giovanni .... 11-P-113,  
12-P-67  
Macfarlane, David G. .... **12-O-17\***  
Machida, Hiroshi .... 23-O-04  
Macias, Jose Luis .... 21b-P-17,  
**22-O-03\***  
Maeda, Misao .... 32-P-25  
Maejima, Yoshinori .... 31-P-10  
Maekawa, Tokumitsu .... 12-P-28  
Maeno, Fukashi .... **11-O-20\***,  
12-P-86  
Magill, Christina R. .... 11-P-62,  
**23-O-04\***  
Mahony, Sue H. .... **21b-O-05\***  
Maita, Hideji .... 22-P-21  
Major, Jon J. .... **11-P-153\***  
Makino, Kuniaki .... 11-P-123  
Malavassi, Eduardo .... 22-P-17  
Malin, Peter .... 11-O-13  
Malone, Stephen D. .... 12-O-09  
Mannen, Kazutaka .... **11-P-150\***  
Manville, Vernon .... **11-O-22\***,  
11-O-23,  
**11-P-68\***,  
11-P-67,  
22-P-10,  
22-P-21,  
33-P-09  
Marino, Jersy .... 21a-P-08,  
21a-P-09,  
31-O-08  
Marquez-Azua, Bertha .... **12-P-24\***,  
31-P-13  
Marrero, Jose M. .... 21a-P-11  
Marrero, Rayco .... **12-P-38\***,  
12-P-40  
Marsella, Maria .... 12-O-13  
Marso, Jeffrey .... 12-P-08,  
12-P-09  
Marti, Joan .... **21b-O-15\***  
Martin, Ana Lillian .... **21a-P-10\***  
Martin J., Wooster .... 12-P-77  
Martinez, Maria .... 22-P-16  
Martini, Marcello .... 12-P-07  
Martino, Salvatore .... 11-P-142  
Marutani, Tomomi .... 22-P-10,  
**22-P-21\***  
Marzocchi, Warner .... 12-O-09,  
**12-O-10\***,  
21b-O-08,  
21b-P-18  
Masias, Pablo .... 12-P-51  
Matoza, Robin S. .... **11-P-69\***,  
12-P-80,

12-P-81  
Matsubara, Shoji .... 12-O-19  
Matsuda, Akira .... 33-P-02  
Matsuda, Yuko .... 21b-P-21  
Matsufuji, Kazuto .... 11-P-102  
Matsui, Emi .... 12-P-05  
Matsui, Munehiro .... **22-P-13\***  
Matsumoto, Akikazu .... 11-P-106  
Matsumoto, Mitsuo .... **11-P-124\***  
Matsumoto, Norie .... 33-P-01  
Matsumoto, Satoshi .... 11-P-07,  
**11-P-14\***,  
11-P-20,  
11-P-21,  
11-P-80,  
12-P-85  
Matsuo, Kiminari .... 32-P-24  
Matsuoka, Kazuhide .... **11-P-121\***  
Matsushima, Nobuo .... **11-P-41\***,  
12-P-33  
Matsushima, Takeshi .... 11-P-07,  
11-P-10,  
11-P-20,  
**12-P-18\***,  
12-P-85  
Matsushita, Eiji .... **13-O-03\***  
Matsuwo, Norimichi .... 11-P-14  
Matsuyama, Satoshi .... 33-P-02  
Mattia, Mario .... 11-P-143  
Mattioli, Glen S. .... **11-O-13\***  
Mawatari, Hideo .... 12-P-54  
Mayberry, Gari C. .... **21a-P-13\***  
Mazzarini, Francesco .... 11-O-24  
McAneney, K John .... 11-P-62,  
21b-P-04,  
23-O-04  
McCarthy, Emily .... **11-P-48\***  
McCormack, David .... 12-P-81  
McGee, Ken A. .... 12-O-02  
McGuire, William J. .... 22-O-10,  
31-P-08  
McKenzie, Audrie .... 32-O-11  
McMillan, Hilary K. .... 11-P-65,  
11-P-67  
McNutt, Stephen R. .... 12-O-06  
McPhie, Jocelyn .... 11-P-155  
Meguro, Kimiro .... 23-O-04  
Meilano, Irwan .... 11-P-87  
Meinhold, Stephen .... 31-P-09  
Mele, Daniela .... 11-O-16,  
11-P-35  
Melendez, Christyanne .... 11-O-15,  
**11-P-09\***  
Melian, Gladys .... **12-P-36\***,  
12-P-38,  
12-P-39,  
12-P-40,  
12-P-41,  
12-P-47  
Melo, Sonia .... 12-P-36,  
12-P-47

|                            |                                                                  |                             |                                                                                                       |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mendez, Ricardo A.         | 12-P-71                                                          | Morikawa, Noritoshi         | <b>11-P-13*</b> ,<br>11-P-17,<br>11-P-52,<br>21b-P-11                                                 |
| Mendiola, Fabiola          | 21a-P-10                                                         |                             |                                                                                                       |
| Mendoza-Rosas, Ana Teresa  | 21b-O-02,<br><b>21b-P-06*</b>                                    | Morimoto, Tetsuro           | 33-P-03                                                                                               |
| Metaxian, Jean-Philippe    | 12-P-57                                                          | Morinaga, Maiko             | 11-P-140                                                                                              |
| Metrich, Nicole            | 11-P-51                                                          | Morishima, Wataru           | 33-P-05                                                                                               |
| Michnowicz, Sabina A.      | <b>13-P-05*</b>                                                  | Morishita, Yuichi           | 11-P-11,<br>11-P-43                                                                                   |
| Mikajiri, Takashi          | 23-O-04                                                          |                             |                                                                                                       |
| Miki, Daisuke              | 11-P-10                                                          | Morita, Yuichi              | 11-P-72,<br>12-O-05,<br>21b-O-10                                                                      |
| Miller, Craig              | 31-P-06                                                          |                             |                                                                                                       |
| Mimatsu, Saburo            | 31-P-14,<br>32-P-09,<br><b>32-P-28*</b> ,<br><b>33-O-09*</b>     | Motegi, Tetsuo              | 32-P-24                                                                                               |
|                            |                                                                  | Mothes, Patricia A.         | 12-P-58,<br>12-P-75,<br>21a-P-05,<br>31-O-10                                                          |
| Miner, Tom                 | <b>21a-O-02*</b>                                                 |                             |                                                                                                       |
| Ming, Yuehong              | <b>12-P-03*</b> ,<br>12-P-04                                     | Motomura, Ryoji             | 33-O-06,<br><b>33-P-01*</b>                                                                           |
| Mirabuen, Ma. Hannah T.    | 11-P-28,<br><b>11-P-99*</b> ,<br>21a-O-11                        | Motomura, Yoshinobu         | 11-P-03                                                                                               |
|                            |                                                                  | Mueller, Nina               | 33-P-16                                                                                               |
| Mishina, Masaaki           | 11-P-77                                                          | Mukai, Tomoo                | 33-P-02                                                                                               |
| Misiti, Valeria            | 11-P-127                                                         | Mukoyama, Sakae             | 11-P-76,<br>11-P-83,<br>12-P-68                                                                       |
| Mitangala, Prudence        | 13-O-06                                                          |                             |                                                                                                       |
| Mitchell, Tom              | 32-P-01                                                          | Mulina, Kila                | 21a-P-15                                                                                              |
| Miura, Daisuke             | 11-P-145,<br><b>11-P-147*</b>                                    | Mulukutla, Gopal            | 11-P-120                                                                                              |
|                            |                                                                  | Munekane, Hiroshi           | 11-P-15                                                                                               |
| Miura, Kotaro              | 11-P-126                                                         | Munoz, Jorge                | 31-O-08                                                                                               |
| Miwa, Takahiro             | 11-P-133,<br><b>11-P-148*</b>                                    | Munoz-Carmona, Fernando     | <b>32-O-01*</b>                                                                                       |
|                            |                                                                  | Murakami, Makoto            | <b>11-P-75*</b>                                                                                       |
| Miyabuchi, Yasuo           | <b>11-P-38*</b>                                                  | Murase, Masayuki            | 11-P-87,<br><b>11-P-125*</b>                                                                          |
| Miyagi, Isoji              | 11-P-43                                                          |                             |                                                                                                       |
| Miyaji, Naomichi           | 22-P-12,<br>23-O-04                                              | Murcia, Hugo F.             | 22-O-03                                                                                               |
| Miyake, Yasuyuki           | 11-P-66,<br>11-P-83,<br><b>11-P-123*</b>                         | Murrieta-Hernandez, Jose L. | 22-P-01                                                                                               |
|                            |                                                                  |                             |                                                                                                       |
| Miyamachi, Hiroki          | 12-P-28                                                          | <b>- N -</b>                |                                                                                                       |
| Miyashita, Makoto          | 12-P-53                                                          | Nagai, Daisuke              | <b>11-P-19*</b>                                                                                       |
| Miyoshi, Masaya            | 11-P-136,<br><b>11-P-138*</b> ,<br>11-P-140                      | Nagai, Masashi              | 33-P-04                                                                                               |
|                            |                                                                  | Nagao, Keisuke              | 11-P-122                                                                                              |
| Mizoguchi, Chika           | 32-P-15                                                          | Nagao, Takashi              | 11-P-25,<br><b>11-P-117*</b> ,<br><b>32-P-25*</b>                                                     |
| Mollo, Silvio              | 11-P-127                                                         |                             |                                                                                                       |
| Molloy, Catherine          | 21b-O-13                                                         | Nagao, Toshiyasu            | 12-P-31                                                                                               |
| Monek, Alan A.             | 21b-P-15                                                         | Nagaoka, Shinji             | <b>11-P-102*</b> ,<br>12-P-66                                                                         |
| Montes, Isaac A. Farraz    | 11-P-95                                                          |                             |                                                                                                       |
| Mora-Chaparro, Juan Carlos | 21b-O-14                                                         | Nagata, Naomi               | 11-P-76                                                                                               |
| Mora-Gonzalez, Ignacio     | 22-P-01                                                          | Nairn, Ian A.               | 11-P-68,<br>11-P-151,<br>21b-O-12                                                                     |
| Moran, Seth C.             | <b>12-O-02*</b> ,<br>12-P-81                                     |                             |                                                                                                       |
|                            |                                                                  | Nakada, Setsuya             | <b>11-O-12*</b> ,<br>11-P-02,<br>11-P-05,<br>11-P-11,<br>11-P-18,<br>11-P-72,<br>11-P-144,<br>33-P-04 |
| Morgenstern, Mara S.       | <b>11-P-149*</b>                                                 |                             |                                                                                                       |
| Mori, Hitoshi Y.           | <b>12-P-25*</b>                                                  | Nakagawa, Kazuyuki          | 32-P-20                                                                                               |
| Mori, Takehiko             | 11-P-46,<br><b>12-P-50*</b> ,<br>12-P-53                         | Nakagawa, Mitsuhiro         | 11-P-100,<br><b>21b-P-09*</b>                                                                         |
|                            |                                                                  |                             |                                                                                                       |
| Mori, Toshiya              | 11-P-47,<br><b>11-P-50*</b> ,<br>12-P-35,<br>12-P-48,<br>12-P-53 |                             |                                                                                                       |
|                            |                                                                  |                             |                                                                                                       |
| Mori, Yasushi              | 12-P-66                                                          |                             |                                                                                                       |

|                         |       |                                                                                                  |                     |       |                                                                           |
|-------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------|
| Nakahashi, Tetsuya      | ..... | <b>21a-P-22*</b> ,<br><b>31-P-10*</b>                                                            | Nishizono, Yukihisa | ..... | 21b-P-03                                                                  |
| Nakajima, Yukinori      | ..... | <b>12-O-19*</b>                                                                                  | Nitta, Eiji         | ..... | 33-P-08                                                                   |
| Nakama, Atsuko          | ..... | 11-P-52                                                                                          | Nodera, Tomoyasu    | ..... | <b>12-P-48*</b>                                                           |
| Nakamichi, Haruhisa     | ..... | <b>12-P-10*</b>                                                                                  | Nogami, Kenji       | ..... | 11-P-46,<br>12-P-16,<br>12-P-50,<br><b>13-O-10*</b> ,<br><b>13-P-06*</b>  |
| Nakamura, Hideaki       | ..... | 11-P-139                                                                                         | Noguchi, Satoshi    | ..... | <b>11-P-18*</b>                                                           |
| Nakamura, Isao          | ..... | <b>33-O-11*</b>                                                                                  | Nolasco, Dacil      | ..... | 12-P-40                                                                   |
| Nakamura, Michihiko     | ..... | 11-P-128                                                                                         | Noro, Tomoyuki      | ..... | 22-O-05,<br>32-O-04                                                       |
| Nakamura, Rosuke        | ..... | 11-P-36                                                                                          | Notsu, Kenji        | ..... | 12-P-35,<br>12-P-48                                                       |
| Nakamura, Takuji        | ..... | <b>11-P-53*</b>                                                                                  | Nunokawa, Yoshihide | ..... | 11-P-110                                                                  |
| Nakamura, Toshio        | ..... | 11-P-17                                                                                          |                     |       |                                                                           |
| Nakamura, Touchy        | ..... | 12-O-19                                                                                          |                     |       |                                                                           |
| Nakamura, Yoichi        | ..... | 11-P-110,<br><b>22-O-11*</b> ,<br>22-P-11                                                        |                     |       |                                                                           |
| Nakamura, Yugo          | ..... | <b>11-P-59*</b>                                                                                  |                     |       |                                                                           |
| Nakano, Shun            | ..... | 21b-P-08                                                                                         | <b>- O -</b>        |       |                                                                           |
| Nakano, Tsukasa         | ..... | 11-P-36,<br>11-P-128                                                                             | Ochiai, Tatsuya     | ..... | 11-P-147                                                                  |
| Nakao, Shigeru          | ..... | <b>12-P-19*</b>                                                                                  | Odai, Masanobu      | ..... | 12-P-74                                                                   |
| Nakaoka, Reina          | ..... | <b>11-P-32*</b>                                                                                  | Odbert, Henry M.    | ..... | 12-O-17                                                                   |
| Nakaseama, Miwako       | ..... | <b>11-P-44*</b>                                                                                  | Ogawa, Yasuo        | ..... | 12-P-16,<br><b>11-P-77*</b>                                               |
| Nakatsuka, Tadashi      | ..... | 11-P-10                                                                                          | Oguchi, Takashi     | ..... | 33-O-06,<br><b>33-P-05*</b>                                               |
| Nanri, Tomoyuki         | ..... | <b>22-P-08*</b>                                                                                  | Oguri, Kazumasa     | ..... | 11-P-49                                                                   |
| Napoli, Rosalba         | ..... | 12-P-29,<br>12-P-30                                                                              | Ohba, Takeshi       | ..... | <b>11-P-46*</b> ,<br>11-P-122,<br>12-P-49,<br><b>21b-P-11*</b>            |
| Narvaez M., Lourdes     | ..... | 12-P-60,<br>12-P-61                                                                              | Ohba, Tsukasa       | ..... | <b>11-P-115*</b> ,<br><b>33-O-02*</b>                                     |
| Nave, Rosella           | ..... | <b>31-O-02*</b> ,<br>31-P-04,<br><b>32-O-12*</b>                                                 | Ohizumi, Tsuyoshi   | ..... | 12-P-49                                                                   |
| Neal, Christina         | ..... | <b>22-P-24*</b> ,<br><b>32-P-07*</b>                                                             | Ohkura, Takahiro    | ..... | 11-P-86,<br><b>12-P-23*</b> ,<br>12-P-54                                  |
| Negro, Ciro Del         | ..... | 11-P-108,<br>11-P-109,<br>11-P-146,<br><b>12-P-29*</b> ,<br><b>12-P-30*</b> ,<br><b>22-O-09*</b> | Ohminato, Takao     | ..... | <b>11-P-78*</b> ,<br>12-P-14                                              |
| Nelson, Barbara         | ..... | 32-P-02                                                                                          | Ohsawa, Norihito    | ..... | <b>11-P-27*</b>                                                           |
| Nemeth, Karoly          | ..... | 21a-P-18,<br><b>33-O-03*</b>                                                                     | Ohsawa, Shinji      | ..... | 11-P-13,<br>12-P-54                                                       |
| Neri, Augusto           | ..... | 11-O-06,<br><b>13-O-14*</b>                                                                      | Ohta, Kauzuya       | ..... | <b>Conference<br/>lecture</b>                                             |
| Neuberg, Jurgen         | ..... | 11-O-13                                                                                          | Ohwada, Michiko     | ..... | 11-P-13,<br>11-P-17,<br><b>11-P-52*</b> ,<br>12-P-53,<br>21b-P-11         |
| Newhall, Christopher G. | ..... | 11-P-99,<br>12-O-09,<br><b>12-P-52*</b> ,<br>21b-O-06                                            | Oi, Takao           | ..... | 13-O-12                                                                   |
| Nicholson, I.           | ..... | 13-P-02                                                                                          | Oikawa, Jun         | ..... | <b>12-P-11*</b> ,<br>12-P-23                                              |
| Niida, Kiyooki          | ..... | 11-P-98                                                                                          | Oikawa, Tamio       | ..... | 21a-P-21                                                                  |
| Niihori, Kenji          | ..... | 33-P-04,<br><b>33-P-11*</b>                                                                      | Oikawa, Teruki      | ..... | <b>11-P-66*</b>                                                           |
| Ninomiya, Tomomi        | ..... | <b>11-P-49*</b>                                                                                  | Oishi, Masayuki     | ..... | 21b-P-02                                                                  |
| Nishi, Yuji             | ..... | 12-P-33                                                                                          | Oishi, Takeshi      | ..... | 33-P-03                                                                   |
| Nishida, Yasunori       | ..... | 12-P-27                                                                                          | Okada, Hiromu       | ..... | 12-P-84,<br><b>31-O-01*</b> ,<br>31-P-14,<br><b>32-P-09*</b> ,<br>32-P-11 |
| Nishijima, Jun          | ..... | 11-P-22                                                                                          |                     |       |                                                                           |
| Nishiki, Kuniaki        | ..... | <b>11-P-104*</b> ,<br>11-P-123                                                                   |                     |       |                                                                           |
| Nishimura, Yuichi       | ..... | 21a-O-15,<br><b>21b-P-10*</b>                                                                    | Okada, Jun          | ..... | <b>12-P-84*</b> ,<br>31-P-14,<br>32-P-09                                  |

|                        |                                                                  |                         |                                                                                                                              |
|------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Okamoto, Shinya        | 11-P-38                                                          | Papale, Paolo           | 11-O-24,<br><b>11-P-135*</b>                                                                                                 |
| Okamura, Toshikuni     | 32-P-22                                                          | Pareschi, Maria Teresa  | 11-O-24                                                                                                                      |
| Okubo, Ayako           | <b>11-P-10*</b>                                                  | Paris, Raphael          | <b>11-P-103*</b>                                                                                                             |
| Okubo, Makoto          | 12-P-10                                                          | Parithusta, Rizkita     | <b>11-P-80*</b>                                                                                                              |
| Okumura, Satoshi       | <b>11-P-128*</b>                                                 | Park, Sung Hyun         | 11-P-122                                                                                                                     |
| Okuyama, Satoshi       | 11-P-75                                                          | Pasquale, Gaetano Di    | 33-P-06                                                                                                                      |
| Oldham, Paul           | 33-P-16                                                          | Paterne, Martine        | 11-P-35                                                                                                                      |
| Olsen, Jane            | 31-P-15                                                          | Patia, Herman           | 21a-O-15,<br><b>21a-O-16*</b> ,<br>21a-P-15                                                                                  |
| Ongaro, Tomaso Esposti | <b>11-O-06*</b>                                                  | Paton, Douglas          | 21a-O-13,<br>21a-P-17                                                                                                        |
| Onishi, Masazumi       | 11-P-14                                                          | Patra, A.               | 11-P-34                                                                                                                      |
| Onizawa, Shin'ya       | <b>12-P-33*</b> ,<br>12-P-53                                     | Patrick, Rebecca K.     | 12-O-14,<br>21a-O-05                                                                                                         |
| Ono, Sintaro           | <b>33-P-03*</b>                                                  | Pearson, Sophie         | <b>12-P-75*</b>                                                                                                              |
| Ootomo, Junichi        | <b>32-P-11*</b>                                                  | Pedersen, Martin        | 33-P-16                                                                                                                      |
| Oppenheimer, Clive     | 11-P-42,<br>11-P-107,<br>13-P-04                                 | Peluso, Rosario         | 12-P-07                                                                                                                      |
| Orazi, Massimo         | 12-P-07                                                          | Pennec, Jean-Luc Le     | 12-P-58                                                                                                                      |
| Ordonez, Antonio       | 21b-O-15                                                         | Perez, Jeffrey S.       | 21a-O-11                                                                                                                     |
| Ordonez, Milton        | <b>12-P-17*</b>                                                  | Perez, Nemesio M.       | 12-P-35,<br>12-P-36,<br>12-P-37,<br>12-P-38,<br>12-P-39,<br>12-P-40,<br>12-P-41,<br>12-P-42,<br><b>12-P-47*</b> ,<br>22-P-18 |
| Orr, Tim R.            | 12-P-80,<br>12-P-81,<br><b>32-P-10*</b>                          | Perez, W.               | 33-O-07                                                                                                                      |
| Orsi, Giovanni         | <b>21b-O-08*</b> ,<br>21b-P-18                                   | Perez-Perez, Anaid      | 21a-O-06                                                                                                                     |
| Ortega E., Adriana     | 12-P-60,<br>12-P-61                                              | Perinelli, Cristina     | 11-P-129                                                                                                                     |
| Ortiz, Ramon           | 12-P-56,<br><b>21a-P-11*</b> ,<br>21b-O-15,<br><b>32-P-18*</b>   | Petersen, Tanja         | <b>12-P-01*</b>                                                                                                              |
| Oshima, Hiromitsu      | 12-P-22                                                          | Piccione, Caterina      | 32-O-08                                                                                                                      |
| Ossa, Cesar            | 21b-P-25                                                         | Pierson, Thomas C.      | <b>22-O-07*</b>                                                                                                              |
| Ossaka, Joyo           | 13-O-10                                                          | Pinkerton, Harry        | 12-O-17,<br>33-P-16                                                                                                          |
| Oura, Mizuyo           | <b>33-P-14*</b>                                                  | Pitman, E. B.           | 11-P-34                                                                                                                      |
| Owaki, Yoshio          | 32-P-24                                                          | Planagoma, Llorena      | 21b-O-15                                                                                                                     |
| Ozawa, Taku            | 11-P-85,<br><b>11-P-89*</b>                                      | Plinduo, Julius         | <b>13-O-15*</b>                                                                                                              |
| <b>- P -</b>           |                                                                  | Poland, Michael P.      | 11-P-153,<br>12-O-02                                                                                                         |
| Paciello, Antonella    | 11-P-142                                                         | Ponce V., Patricia      | 12-P-60,<br>12-P-61                                                                                                          |
| Padilla, German        | 12-P-36,<br><b>12-P-39*</b> ,<br>12-P-40,<br>12-P-42,<br>12-P-47 | Portales, Viviana       | 31-O-08                                                                                                                      |
| Padlog, Mabel          | 12-P-24,<br><b>31-P-13*</b>                                      | Power, John A.          | 12-O-02                                                                                                                      |
| Padron, Eleazar        | 12-P-36,<br>12-P-39,<br>12-P-40,<br><b>12-P-41*</b>              | Procter, Jonathan N.    | 21a-P-18                                                                                                                     |
| Palacios, Pablo        | 12-P-58,<br>12-P-59,<br>12-P-81                                  | Proietti, Cristina      | <b>12-O-13*</b>                                                                                                              |
| Palano, Mimmo          | 11-P-143                                                         | Proussevitch, Alexander | <b>11-P-120*</b>                                                                                                             |
| Palladino, Danilo M.   | <b>11-P-118*</b> ,<br>11-P-141,<br>11-P-142                      | Pruiti, Lucia           | 32-O-08                                                                                                                      |
| Pallister, John S.     | 21a-P-13                                                         | Puglisi, Giuseppe       | 11-P-143                                                                                                                     |
| Pan, Xiaodong          | 11-P-60                                                          | Pulgarin, Bernardo      | 12-P-08,<br>12-P-09,<br>21a-P-03                                                                                             |
| <b>- Q -</b>           |                                                                  | Quaglino, Michaela      | 21b-O-08,<br>21b-P-18                                                                                                        |
|                        |                                                                  | Quideleur, Xavier       | 11-P-93                                                                                                                      |

|                            |       |                                                                   |
|----------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------|
| Quispe, Rosario            | ..... | 31-O-08                                                           |
| <b>- R -</b>               |       |                                                                   |
| Ramirez, German            | ..... | 21b-P-24                                                          |
| Ramon, Patricio A.         | ..... | 12-O-07,<br>21a-P-05,<br><b>21a-P-06*</b> ,<br>31-O-10<br>12-P-57 |
| Ramos, Domingo             | ..... | <b>31-P-07*</b>                                                   |
| Ramsey, David W.           | ..... | 22-P-18                                                           |
| Ranaldi, Massimo           | ..... | <b>12-O-04*</b>                                                   |
| Ratdomopurbo, Antonius     | ..... | 33-O-07                                                           |
| Rausch, J.                 | ..... | 11-P-88                                                           |
| Rawlinson, Nicholas        | ..... | 13-P-03                                                           |
| Ray, John                  | ..... | 21a-O-11                                                          |
| Raymond, Patrick R.        | ..... | <b>12-P-44*</b>                                                   |
| Reiter, Eric               | ..... | 12-P-73                                                           |
| Reyes, Gabriel             | ..... | 21a-O-11                                                          |
| Reyes, Perla J Delos       | ..... | 12-P-34                                                           |
| Reyna, Servando De la Cruz | ..... | 31-O-02,<br>31-P-04                                               |
| Ricci, Tullio              | ..... | 31-P-15                                                           |
| Richards, Jamie            | ..... | 11-P-09                                                           |
| Riggs, Nancy               | ..... | 12-P-07                                                           |
| Riocciolino, Patrizia      | ..... | 12-O-06                                                           |
| Rison, William             | ..... | 21a-P-08,<br>21a-P-09                                             |
| Rivera, Marco              | ..... | 21a-P-05,<br>31-O-10                                              |
| Rivero, David R.           | ..... | 11-P-95                                                           |
| Roberge, Julie             | ..... | 12-O-17                                                           |
| Robertson, Duncan A.       | ..... | 22-O-10,<br>32-O-03,<br>32-P-01,<br>32-P-08                       |
| Robertson, Richard E. A.   | ..... | 31-P-07                                                           |
| Robinson, Joel E.          | ..... | 11-P-129                                                          |
| Rocco, Tommaso Di          | ..... | <b>22-P-01*</b>                                                   |
| Rodriguez, Sergio R.       | ..... | <b>12-O-03*</b>                                                   |
| Roman, Diana C.            | ..... | <b>11-P-112*</b>                                                  |
| Rongo, Rocco               | ..... | 12-P-26                                                           |
| Rosadi, Umar               | ..... | 33-P-05                                                           |
| Rose, Ronald De            | ..... | 12-O-11                                                           |
| Rosi, Mauro                | ..... | <b>12-P-72*</b>                                                   |
| Rovere, Elizabeth I.       | ..... | 11-P-114                                                          |
| Russell, J. Kelly          | ..... | 13-P-02                                                           |
| Rust, A. C.                | ..... |                                                                   |
| <b>- S -</b>               |       |                                                                   |
| Saba, Mizue                | ..... | 12-P-27                                                           |
| Saballos, J. Armando       | ..... | <b>21b-P-05*</b>                                                  |
| Sabit, Julio P.            | ..... | 12-P-31                                                           |
| Saccorotti, Gilberto       | ..... | 11-P-135                                                          |
| Sacks, Selwyn              | ..... | 11-O-13                                                           |
| Sadaike, Yuki              | ..... | <b>32-P-29*</b>                                                   |
| Sadikin, Nurlia            | ..... | <b>11-P-70*</b>                                                   |
| Saenz, Wendy               | ..... | 22-P-16                                                           |
| Sagiya, Takeshi            | ..... | 11-P-125                                                          |
| Sahagian, Dork             | ..... | 11-P-120                                                          |

|                         |       |                                                                        |
|-------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------|
| Saibi, Hakim            | ..... | <b>11-P-22*</b>                                                        |
| Saiga, Atsushi          | ..... | <b>11-P-20*</b> ,<br>12-P-85                                           |
| Saito, Genji            | ..... | <b>11-P-43*</b>                                                        |
| Saito, Koichiro         | ..... | 21b-P-08,<br>33-P-10,<br>33-P-11                                       |
| Saito, Masataka         | ..... | 11-P-139                                                               |
| Saito, Takeshi          | ..... | <b>11-P-12*</b> ,<br>11-P-79,<br><b>11-P-156*</b> ,<br><b>12-P-54*</b> |
| Saito, Tokumi           | ..... | <b>21a-O-01*</b> ,<br><b>31-O-06*</b>                                  |
| Saitou, Yasushi         | ..... | 32-P-05                                                                |
| Sakagami, Masayuki      | ..... | <b>11-P-83*</b> ,<br>11-P-123                                          |
| Sakaguchi, Hironori     | ..... | <b>12-P-15*</b> ,<br>12-P-54                                           |
| Sakai, Kikuko           | ..... | 11-P-98                                                                |
| Sakai, Nobuaki          | ..... | 22-O-15,<br>22-P-26,<br>22-P-27                                        |
| Sakai, Takayuki         | ..... | 11-P-73,<br><b>11-P-74*</b> ,<br>12-O-08,<br>12-P-21                   |
| Sakai, Toshiaki         | ..... | 21b-P-01                                                               |
| Sakai, Toyosaburo       | ..... | 11-P-110                                                               |
| Sakamoto, Masaya        | ..... | 13-O-07,<br>32-P-17                                                    |
| Sakamoto, Yuta          | ..... | <b>32-P-20*</b>                                                        |
| Sakuma, Naoki           | ..... | 12-P-74                                                                |
| Sakuma, Sumio           | ..... | 11-O-12,<br>11-P-02                                                    |
| Sakuma, Toshiharu       | ..... | <b>32-P-24*</b>                                                        |
| Sakuyama, Toru          | ..... | 11-P-102                                                               |
| Salinas-Sanchez, Sergio | ..... | 21b-O-14,<br><b>21b-P-16*</b>                                          |
| Samaniego, Pablo A.     | ..... | 12-P-58,<br>21a-P-05,<br>31-O-10                                       |
| Sammonds, Peter         | ..... | 11-O-08                                                                |
| Sampei, Yoshikazu       | ..... | 21b-P-21                                                               |
| Sandri, Laura           | ..... | 12-O-10,<br>21b-O-08,<br>21b-P-18                                      |
| Sanford, Ward           | ..... | 12-P-75                                                                |
| Sano, Takashi           | ..... | 11-P-136,<br>11-P-138                                                  |
| Sano, Yuji              | ..... | 11-P-121                                                               |
| Santacoloma, Cristian   | ..... | 12-P-08,<br>12-P-09                                                    |
| Santacroce, Roberto     | ..... | 11-P-35                                                                |
| Santana, Guillermo      | ..... | 12-P-42                                                                |
| Saquilon, Celestino S.  | ..... | <b>12-P-43*</b>                                                        |
| Sarah, Nalwoga          | ..... | <b>11-P-101*</b>                                                       |
| Sasahara, Noboru        | ..... | <b>12-P-55*</b>                                                        |
| Sasai, Yoichi           | ..... | <b>12-P-31*</b> ,<br><b>21a-O-08*</b>                                  |

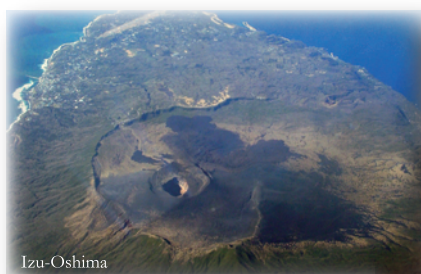
|                        |                                                                       |                         |                                                                                                                                                     |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sasaki, Hisashi        | 11-P-76*,<br>11-P-83,<br>11-P-96,<br><b>12-P-68*</b>                  | Sen, Erdal              | 11-P-56                                                                                                                                             |
| Sasaki, Satoshi        | 11-P-79                                                               | Serratos-Chavez, Elia   | 21a-O-06                                                                                                                                            |
| Satake, Hiroshi        | 12-P-49                                                               | Servranckx, Rene        | 12-P-81                                                                                                                                             |
| Sato, Eiichi           | <b>11-P-119*</b>                                                      | Setijadji, Lucas Donny  | <b>12-O-20*,<br/>21b-P-19*</b>                                                                                                                      |
| Sato, Hikaru           | 11-P-126                                                              | Seto, Koji              | 21b-P-21                                                                                                                                            |
| Sato, Hiroaki          | 11-P-119,<br>11-P-139                                                 | Seto, Yoshio            | 32-P-24                                                                                                                                             |
| Sato, Shigenori        | 31-P-14                                                               | Shalev, Eylon           | 11-O-13                                                                                                                                             |
| Sato, Teruko           | 22-O-11,<br><b>22-P-11*</b>                                           | Shane, Phil A.          | 11-P-151,<br>21b-O-12,<br>21b-O-13                                                                                                                  |
| Sato, Tsutomu          | 32-P-09                                                               | Sherburn, Steven        | 31-P-06,<br><b>12-P-82*,<br/>21a-P-18</b>                                                                                                           |
| Sato, Yousuke          | 11-P-53                                                               | Shiga, Toru             | 21a-P-21                                                                                                                                            |
| Sato, Yudai            | 11-O-18                                                               | Shigeno, Nobuaki        | 21a-P-21                                                                                                                                            |
| Saucedo-Giron, Ricardo | 21a-O-06,<br><b>21b-P-17*</b>                                         | Shimada, Masanobu       | 12-O-19                                                                                                                                             |
| Saunders, Steve J.     | <b>21a-O-15*,<br/>21a-O-16</b>                                        | Shimano, Taketo         | 11-P-02,<br>11-P-152*,<br>12-P-86                                                                                                                   |
| Saunders, Wendy S. A.  | 23-O-03,<br>23-P-02                                                   | Shimizu, Hiroshi        | 11-O-12,<br>11-P-04,<br>11-P-07,<br>11-P-10,<br>11-P-14,<br>11-P-20,<br>11-P-21,<br>12-P-05,<br>12-P-06,<br>12-P-18,<br>12-P-28,<br><b>12-P-85*</b> |
| Sawa, Takeshi          | 21b-P-11                                                              | Shimizu, Yoshie         | 32-P-20                                                                                                                                             |
| Sawada, Yoshihiro      | 12-P-15,<br><b>21b-P-21*</b>                                          | Shimobayashi, Norimasa  | 12-P-54                                                                                                                                             |
| Sawyer, Georgina M.    | 13-O-06                                                               | Shimokawa, Etsuro       | <b>22-O-02*</b>                                                                                                                                     |
| Scandone, Roberto      | 12-O-11                                                               | Shimono, Madoka         | <b>11-P-136*,<br/>11-P-138</b>                                                                                                                      |
| Scandura, Danila       | 11-P-146                                                              | Shinmura, Taro          | 11-P-138                                                                                                                                            |
| Scarlato, Piergiorgio  | 11-P-127,<br>11-P-129                                                 | Shinohara, Hiroshi      | <b>11-O-10*,<br/>11-P-17,<br/>11-P-43</b>                                                                                                           |
| Scarpato, Giovanni     | 12-P-07                                                               | Shuto, Tomoaki          | 12-P-53                                                                                                                                             |
| Schaeffer, Janet R.    | 31-P-07                                                               | Siani, Giuseppe         | 11-P-35                                                                                                                                             |
| Scheu, Bettina         | <b>11-O-11*,<br/>11-P-16*</b>                                         | Sicali, Antonino        | 12-P-29,<br>12-P-30                                                                                                                                 |
| Schilling, Steve P.    | 31-P-07,<br>11-P-153,<br>12-O-09,<br>12-P-09                          | Siebe, Claus            | <b>21b-O-14*,<br/>21b-P-16</b>                                                                                                                      |
| Schmidt, David A.      | 12-O-02                                                               | Siebert, Lee            | <b>11-P-39*,<br/>21b-O-07</b>                                                                                                                       |
| Schmincke, Hans-Ulrich | 11-P-55,<br>21b-O-14,<br><b>33-O-07*</b>                              | Sigmundsson, Freysteinn | 33-P-15                                                                                                                                             |
| Schneider, David J.    | 12-O-01,<br>12-O-02                                                   | Silva P., Betty         | 12-P-60,<br>12-P-61                                                                                                                                 |
| Schnyder, Cedric       | <b>11-P-116*</b>                                                      | Simej, Silvia           | 11-P-118                                                                                                                                            |
| Schwandner, Florian M. | <b>12-O-09*</b>                                                       | Simmons, Peter          | 32-O-03                                                                                                                                             |
| Scott, Bradley J.      | <b>12-P-64*,<br/>12-P-82,<br/>21a-P-18,<br/>31-P-06*,<br/>32-P-13</b> | Simpson, Alanna L.      | <b>21b-O-07*</b>                                                                                                                                    |
| Segall, Paul           | 11-O-25                                                               | Sinadinovski, Cvetan    | 11-P-88                                                                                                                                             |
| Segura, Ines           | 31-O-08                                                               | Sincioco, Jaime S.      | 12-P-31                                                                                                                                             |
| Seki, Katsumi          | <b>21a-O-09*</b>                                                      | Smith, Richard T.       | 31-O-07,<br>32-P-13                                                                                                                                 |
| Sekiguchi, Akemi       | 32-P-24                                                               | Smith, Rosie            | 11-O-08                                                                                                                                             |
| Sekiguchi, Yasuhiro    | 32-P-24                                                               | Smith, Victoria C.      | <b>11-O-07*,<br/>21b-O-12*</b>                                                                                                                      |
| Sekiguchi, Yuko        | <b>12-P-66*</b>                                                       |                         |                                                                                                                                                     |
| Sekiya, Naoya          | <b>33-O-10*</b>                                                       |                         |                                                                                                                                                     |
| Selva, Jacopo          | 12-O-09,<br>12-O-10,<br>21b-O-08,<br><b>21b-P-18*</b>                 |                         |                                                                                                                                                     |

|                       |       |                    |                       |       |                   |
|-----------------------|-------|--------------------|-----------------------|-------|-------------------|
| Snedigar, Seth F.     | ..... | 31-O-05            | Suto, Shigeru         | ..... | <b>13-P-07*</b>   |
| Soda, Tsutomu         | ..... | <b>33-O-04*</b>    | Suto, Yasuaki         | ..... | 11-P-86           |
| Soga, Tomohiko        | ..... | 11-P-76            | Sutton, A. Jeff       | ..... | <b>13-P-03*</b>   |
| Solidum Jr, Renato U. | ..... | 21a-O-11           | Suzuki, Yuki          | ..... | <b>11-P-144*</b>  |
| Sonnessa, Alberico    | ..... | 12-O-13            | Suzuki-Kamata, Keiko  | ..... | 11-P-01,          |
| Sorimach, Yuji        | ..... | 32-P-11            |                       |       | <b>11-P-30*</b> , |
| Sottili, Gianluca     | ..... | <b>11-P-141*</b> , |                       |       | 11-P-32,          |
|                       |       | <b>11-P-142*</b>   |                       |       | 11-P-157,         |
| Souriot, Thierry      | ..... | 11-P-158           |                       |       | <b>21b-P-20*</b>  |
| Soya, Tatsunori       | ..... | 11-P-98            | Swanson, Grace        | ..... | 12-O-15,          |
| Spampinato, Letizia   | ..... | <b>11-P-107*</b> , |                       |       | 12-P-81           |
|                       |       | 12-O-12            |                       |       |                   |
| Sparks, Stephen R. J. | ..... | 11-O-13,           | <b>- T -</b>          |       |                   |
|                       |       | 11-P-105,          | Taddeucci, Jacopo     | ..... | 11-P-141          |
|                       |       | 21b-O-01,          | Tagata, Satoshi       | ..... | 22-P-06           |
|                       |       | 21b-O-05,          | Taguchi, Sachihiro    | ..... | <b>11-P-08*</b>   |
|                       |       | <b>21b-O-09*</b>   | Taipe, Edu            | ..... | 12-P-57           |
| Spataro, William      | ..... | 11-P-112           | Taira, Noriyasu       | ..... | 21b-P-11          |
| Speed, J.             | ..... | 13-P-02            | Tajima, Yasuhisa      | ..... | 21b-P-02          |
| Spieler, Olivier      | ..... | 11-O-11,           | Takada, Yasunari      | ..... | 33-P-01           |
|                       |       | 11-P-16            | Takagi, Akimichi      | ..... | 11-P-73,          |
| Spurgeon, T. C.       | ..... | 13-P-02            |                       |       | 11-P-74,          |
| Srigutomo, Wahyu      | ..... | 11-P-15,           |                       |       | <b>12-P-21*</b> , |
|                       |       | 11-P-90            |                       |       | 12-P-76,          |
| Staudacher, Thomas    | ..... | 11-P-158           |                       |       | <b>13-O-04*</b> , |
| Steffke, Andrea       | ..... | 12-O-07,           |                       |       | <b>13-P-09*</b>   |
|                       |       | 12-P-81            | Takagi, Noriaki       | ..... | <b>11-P-86*</b>   |
| Stephens, Gabunga     | ..... | 11-P-101           | Takahashi, Hiroaki    | ..... | <b>12-P-20*</b>   |
| Stephens, Jim         | ..... | 31-P-15            | Takahashi, Hiroshi A. | ..... | 11-P-13,          |
| Stevenson, John       | ..... | 12-P-73,           |                       |       | <b>11-P-17*</b> , |
|                       |       | 21a-O-06           |                       |       | 11-P-52           |
| Stewart, Carol        | ..... | 22-P-20,           | Takahashi, Kazuo      | ..... | 23-O-04,          |
|                       |       | 33-P-19            |                       |       | <b>23-P-03*</b>   |
| Storey, Michael       | ..... | 11-P-37            | Takahashi, Kou        | ..... | 11-P-123          |
| Strauch, Wilfried     | ..... | 12-P-39,           | Takahashi, Masaaki    | ..... | 11-P-52           |
|                       |       | 12-P-42,           | Takahashi, Ryo        | ..... | 11-P-100,         |
|                       |       | 12-P-75,           |                       |       | 21b-P-09          |
|                       |       | 33-O-07            | Takakura, Shinichi    | ..... | 12-P-33           |
| Streett, Davida       | ..... | 12-P-81            | Takamatsu, Jun        | ..... | 33-P-03           |
| Stroker, Kelly        | ..... | 12-O-09            | Takano, Mitsuyuki     | ..... | 33-O-06,          |
| Su, Wei               | ..... | 12-P-04            |                       |       | <b>33-P-08*</b>   |
| Sudo, Yasuaki         | ..... | 12-P-15,           | Takarada, Shinji      | ..... | <b>11-O-15*</b> , |
|                       |       | 12-P-28,           |                       |       | 11-P-09,          |
|                       |       | 12-P-54,           |                       |       | <b>11-P-36*</b>   |
|                       |       | 32-P-15            | Takasaki, Kenji       | ..... | 12-P-77           |
| Sugimoto, Naohiro     | ..... | 11-P-53            | Takasugi, Kinjiro     | ..... | 32-P-24           |
| Sugimoto, Shin'ichi   | ..... | <b>31-P-03*</b>    | Takayama, Tetsuro     | ..... | 11-P-10           |
| Sugimoto, Takeshi     | ..... | 11-P-02,           | Takeda, Tomoyoshi     | ..... | 21b-P-01          |
|                       |       | <b>11-P-04*</b> ,  | Takeshita, Yoshihiro  | ..... | <b>11-P-110*</b>  |
|                       |       | <b>11-P-05*</b> ,  | Takeuchi, Kazuhiko    | ..... | 33-O-06,          |
|                       |       | 11-P-156,          |                       |       | 33-P-06           |
|                       |       | 12-P-54            | Takeuchi, Shingo      | ..... | 11-P-43,          |
| Sugiyama, Cohe        | ..... | 33-P-06,           |                       |       | <b>32-P-06*</b>   |
|                       |       | <b>33-P-10*</b> ,  | Tallarico, Andrea     | ..... | 11-P-108          |
|                       |       | 33-P-11            | Tam, Elizabeth        | ..... | 13-P-03           |
| Sugiyama, Nobuo       | ..... | 33-P-06            | Tamai, Tatsuya        | ..... | 33-P-13           |
| Sulpizio, Roberto     | ..... | <b>11-O-16*</b> ,  | Tameguri, Takeshi     | ..... | 11-O-03,          |
|                       |       | <b>11-P-35*</b>    |                       |       | <b>11-P-82*</b> , |
| Sumita, Mari          | ..... | <b>11-P-55*</b> ,  |                       |       | 11-P-154          |
|                       |       | 21b-O-14           | Tamura, Keiji         | ..... | 22-P-06           |
| Sun, Qian             | ..... | 11-P-51            | Tamura, Yoshiaki      | ..... | 12-P-19           |
| Surono,               | ..... | 12-P-87            |                       |       |                   |

|                        |       |                   |                    |       |                   |
|------------------------|-------|-------------------|--------------------|-------|-------------------|
| Tanabe, Toshiya        | ..... | 32-P-09           | Trusdell, Frank A. | ..... | 23-O-01,          |
| Tanada, Toshikazu      | ..... | 12-P-12,          |                    |       | 21a-P-12,         |
|                        |       | <b>12-P-13*</b>   |                    |       | 31-P-07           |
| Tanaka, Kazuhiro       | ..... | 21b-P-03          | Trustrum, Noel     | ..... | 22-P-21           |
| Tanaka, Michihisa      | ..... | 11-P-147          | Tsanev, Vichko     | ..... | 11-P-42           |
| Tanaka, Minoru         | ..... | 12-P-19           | Tsuchida, Satoshi  | ..... | 12-P-79           |
| Tanaka, Toshiyuki      | ..... | 11-P-87           | Tsuchida, Teiko    | ..... | <b>31-P-05*</b>   |
| Tanaka, Yoshikazu      | ..... | 11-P-10,          | Tsuchida, Yoshiki  | ..... | <b>31-P-14*</b>   |
|                        |       | 11-P-15,          | Tsuchiya, Ikuo     | ..... | 22-P-27           |
|                        |       | 11-P-81,          | Tsuchiyama, Akira  | ..... | 11-P-30,          |
|                        |       | 11-P-90           |                    |       | 11-P-128          |
| Taniguchi, Hiromitsu   | ..... | 11-O-20,          | Tsuda, Toshitaka   | ..... | 11-P-53           |
|                        |       | <b>12-P-86*</b>   | Tsugane, Tatsuro   | ..... | 11-P-123          |
| Taniguchi, Masami      | ..... | 21a-P-21          | Tsukamoto, Hitoshi | ..... | 11-P-52           |
| Tanihara, Kazunori     | ..... | 21a-O-07          | Tsukui, Masashi    | ..... | <b>21b-P-08*</b>  |
| Tanyileke, Gregory     | ..... | 12-P-49           | Tsune, Akira       | ..... | <b>11-P-134*,</b> |
| Taranu, Felix          | ..... | 12-P-62,          |                    |       | <b>32-P-27*</b>   |
|                        |       | 21a-O-15,         | Tsutsui, Masaaki   | ..... | <b>11-P-33*</b>   |
|                        |       | 21a-O-16          | Tsutsui, Tomoki    | ..... | <b>11-P-71*,</b>  |
| Tarraga, Marta         | ..... | 12-P-56           |                    |       | <b>11-P-72*</b>   |
| Tassi, Franco          | ..... | <b>12-P-45*,</b>  | Tsuyuki, Junichi   | ..... | 32-P-24           |
|                        |       | <b>12-P-46*</b>   | Tuffen, Hugh       | ..... | <b>11-O-08*,</b>  |
| Terada, Akihiko        | ..... | 11-P-53,          |                    |       | <b>33-P-16*</b>   |
|                        |       | <b>11-P-79*,</b>  | Tupper, Andrew C.  | ..... | <b>12-O-14*,</b>  |
|                        |       | 11-P-90,          |                    |       | <b>21a-O-05*</b>  |
|                        |       | 12-P-54           | Turner, Micheal B. | ..... | 22-O-13           |
| Terai, Kunihisa        | ..... | <b>11-P-06*,</b>  | Twigg, John        | ..... | 31-P-08           |
|                        |       | <b>32-O-10*</b>   | Tytgat, Guy        | ..... | 12-O-06           |
| Teruo, Yamawaki        | ..... | <b>12-P-16*</b>   |                    |       |                   |
| Thomas, Ronald J.      | ..... | <b>12-O-06*</b>   | - U -              |       |                   |
| Thordarson, Thorvaldur | ..... | 11-P-131,         | Uchida, Kazuya     | ..... | 12-P-28           |
|                        |       | 23-P-01,          | Ueda, Hideki       | ..... | 11-P-85,          |
|                        |       | 33-O-05           |                    |       | 11-P-89,          |
| Thorhallsson, Andri    | ..... | 12-P-37           |                    |       | 12-O-09,          |
| Thouret, Jean-Claude   | ..... | 11-P-65,          |                    |       | <b>12-P-63*</b>   |
|                        |       | 21a-P-08,         | Ueda, Yoshihiro    | ..... | 12-P-53           |
|                        |       | 21a-P-09          | Ueda, Yuki         | ..... | 33-P-10,          |
| Tiepolo, Massimo       | ..... | 11-P-129          |                    |       | 33-P-11           |
| Tinard, Pierre         | ..... | 11-P-158          | Uehira, Kenji      | ..... | 11-P-14,          |
| Togoshi, Hirotsugu     | ..... | 32-P-17           |                    |       | 11-P-20,          |
| Tokonami, Shinji       | ..... | 13-O-11           |                    |       | 12-P-85           |
| Tomioka, Nobuya        | ..... | 32-P-17           | Ueki, Sadato       | ..... | <b>12-P-28*</b>   |
| Tomiya, Akihiko        | ..... | 11-P-43,          | Uesugi, Kentaro    | ..... | 11-P-128          |
|                        |       | <b>11-P-98*,</b>  | Ui, Tadahide       | ..... | 21b-O-01,         |
|                        |       | <b>11-P-130*</b>  |                    |       | 21b-O-11,         |
| Tommasi, Paolo         | ..... | 12-O-13           |                    |       | <b>32-P-19*</b>   |
| Toramaru, Atsushi      | ..... | 11-P-18,          | Ukawa, Motoo       | ..... | 11-P-84,          |
|                        |       | 11-P-124,         |                    |       | <b>11-P-85*,</b>  |
|                        |       | <b>11-P-133*,</b> |                    |       | 11-P-89,          |
|                        |       | 11-P-148          |                    |       | 12-P-63,          |
| Torii, Masayuki        | ..... | 11-P-156          |                    |       | 22-O-11,          |
| Torres C., Roberto A.  | ..... | 12-P-61,          |                    |       | 22-P-11,          |
|                        |       | 12-P-60           |                    |       | 22-P-12           |
| Toshida, Kiyoshi       | ..... | 11-P-147,         | Umakoshi, Kodo     | ..... | 11-P-20,          |
|                        |       | <b>21b-P-02*</b>  |                    |       | <b>12-P-05*,</b>  |
| Toshiya, Takeshi       | ..... | 22-P-26           |                    |       | 12-P-06           |
| Toulkeridis, Theofilos | ..... | 12-P-41,          | Umino, Susumu      | ..... | 12-P-83           |
|                        |       | <b>21a-P-07*</b>  | Urabe, Atsushi     | ..... | 33-P-09           |
| Toutain, Jean Paul     | ..... | 12-P-51,          | Urai, Minoru       | ..... | <b>12-P-70*</b>   |
|                        |       | 12-P-31           | Utada, Hisashi     | ..... | 11-P-15           |
| Triastuty, Hetty       | ..... | <b>11-O-03*</b>   |                    |       |                   |
| Troncoso, Lilana       | ..... | 12-P-58           |                    |       |                   |

|                            |                                                                              |                          |                                                                       |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Uto, Koza                  | 11-P-02,<br>11-P-106                                                         | Watanabe, Michihisa      | 11-P-102                                                              |
| Utomo, Hariyono            | <b>22-O-05*</b> ,<br>32-O-04                                                 | Watanabe, Toshiki        | 12-P-10                                                               |
| Utsugi, Mitsuru            | 11-P-10,<br>11-P-15,<br><b>11-P-81*</b> ,<br>11-P-90,<br>12-P-27,<br>12-P-54 | Watson, I. Matt          | 22-P-22                                                               |
|                            |                                                                              | Watson, Matthew          | 11-P-48                                                               |
| <b>- V -</b>               |                                                                              | Weertman, Bruce          | 12-O-09                                                               |
| Valdes, Gabriel            | 21b-O-14                                                                     | Werner, Cindy            | 12-O-02                                                               |
| Valdes, Mauro              | 21a-P-10                                                                     | Wheeler, Daisy           | <b>21a-P-12*</b>                                                      |
| Valentine, Greg A.         | 11-P-141                                                                     | White, Randall           | 12-P-08,<br>12-P-52                                                   |
| Vallance, James W.         | 11-P-39                                                                      | White, Randy A.          | 12-O-02,<br>21a-P-03                                                  |
| Varley, Nick               | <b>12-P-73*</b> ,<br>21a-O-06                                                | Widiwijayanti, Christina | 11-O-06,<br>11-O-13,<br>11-P-31,<br>11-P-34                           |
| Vaselli, Orlando           | 12-P-45,<br>12-P-46                                                          | Widom, Elizabeth         | 11-P-137,<br>21b-O-14                                                 |
| Vassalli, Melissa          | 11-P-135                                                                     | Williams, Pyiko          | 11-O-13                                                               |
| Venegas, Saul              | 21b-P-24                                                                     | Williamson, Ben J.       | 13-O-13                                                               |
| Venezky, Dina Y.           | 12-O-09                                                                      | Wilson, Thomas M.        | 22-P-03,<br><b>22-P-04*</b> ,<br><b>33-P-19*</b> ,<br><b>22-P-20*</b> |
| Ventura, Guido             | 11-P-141                                                                     | Woo, Gordon              | 12-O-10                                                               |
| Vicari, Annamaria          | <b>11-P-108*</b> ,<br><b>11-P-109*</b> ,<br>22-O-09                          | Wood, Nathan J.          | <b>22-O-08*</b>                                                       |
| Vila, Josep                | 12-P-56                                                                      | Wood, Peter              | 31-O-07                                                               |
| Villacorte, Edgardo U.     | 12-P-31                                                                      | Woodcock, Jody           | <b>31-O-11*</b>                                                       |
| Villemant, Benoit          | 11-P-45                                                                      | Wright, Tom              | 11-P-50                                                               |
| Vito, Mauro A. Di          | 11-P-35,<br>21b-O-08,<br>21b-P-18                                            | Wu, Jianping             | 12-P-03,<br><b>12-P-04*</b>                                           |
| Voight, Barry              | 11-O-06,<br>11-O-13,<br><b>11-P-31*</b> ,<br><b>11-P-34*</b>                 | Wulf, Sabine             | 11-P-35                                                               |
| Volentik, Alain C. M.      | <b>21b-O-06*</b>                                                             | Wynne, Brian             | 33-P-16                                                               |
| Volpe, Luigi La            | 11-O-16                                                                      | <b>- X -</b>             |                                                                       |
| Vries, Benjamin van Wyk de | 11-P-39,<br>11-P-40,<br>21b-P-07                                             | Xu, Jiandong             | <b>12-P-65*</b>                                                       |
| <b>- W -</b>               |                                                                              | <b>- Y -</b>             |                                                                       |
| Wada, Keiji                | 32-P-11                                                                      | Yakaya, Yusuke           | 11-P-77                                                               |
| Wada, Yutaka               | <b>11-P-145*</b>                                                             | Yakiwara, Hiroshi        | 11-P-82,<br>12-P-19                                                   |
| Wadge, Geoff               | 12-O-17                                                                      | Yamada, Akiko            | 11-P-75                                                               |
| Wafula, Mifundu            | 12-P-88                                                                      | Yamada, Isao             | 12-P-86                                                               |
| Waite, Gregory             | 12-P-81                                                                      | Yamada, Makoto           | 12-P-54                                                               |
| Wallace, Kristi            | 32-P-07                                                                      | Yamada, Mamoru           | 12-P-10                                                               |
| Wang, Weilai               | 12-P-04                                                                      | Yamada, Norio            | 32-P-24                                                               |
| Watanabe, Atsushi          | <b>11-P-21*</b> ,<br>12-P-85                                                 | Yamada, Takashi          | 22-P-08,<br><b>22-P-09*</b> ,<br><b>22-P-10*</b> ,<br>22-P-21         |
| Watanabe, Hidefumi         | 11-P-125,<br><b>12-O-05*</b> ,<br>12-P-28                                    | Yamada, Yukio            | 32-P-24                                                               |
| Watanabe, Kazunori         | 11-P-03,<br>11-P-38                                                          | Yamaguchi, Hisaomi       | <b>32-P-31*</b>                                                       |
| Watanabe, Koichiro         | <b>11-P-03*</b> ,<br>21b-P-19                                                | Yamaguchi, Kosei         | 11-P-49                                                               |
| Watanabe, Makiko           | 33-P-07                                                                      | Yamaguchi, Tomoya        | 11-P-75                                                               |
|                            |                                                                              | Yamakoshi, Takao         | <b>22-P-06*</b>                                                       |
|                            |                                                                              | Yamamoto, Eiji           | 12-P-63                                                               |
|                            |                                                                              | Yamamoto, Hirokazu       | 11-P-36                                                               |
|                            |                                                                              | Yamamoto, Junji          | 11-P-121                                                              |
|                            |                                                                              | Yamamoto, Mare           | 11-P-86                                                               |
|                            |                                                                              | Yamamoto, Naotaka        | 11-P-36                                                               |
|                            |                                                                              | Yamamoto, Tetsuya        | 11-P-73,                                                              |

|                      |                                                                                        |                    |          |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------|
|                      | 11-P-74                                                                                | Zhao, Dapeng       | 11-O-02* |
| Yamamura, Michiko    | 31-P-12                                                                                | Zhu, Lupei         | 12-P-03  |
| Yamanaka, Kiyoshi    | 23-O-05*                                                                               | Zimanowski, Bernd  | 11-O-16  |
| Yamanaka, Shigeki    | 23-O-07*                                                                               | Zlotnicki, Jacques | 12-P-31  |
| Yamanaka, Takushi    | 11-P-03                                                                                | Zuccaro, Giulio    | 22-O-12* |
| Yamanaka, Toshiro    | 11-P-44                                                                                |                    |          |
| Yamasaki, Hiroki     | 11-P-132                                                                               |                    |          |
| Yamasato, Hitoshi    | 12-O-08*,<br>12-P-21,<br>12-P-53,<br>21a-P-19*                                         |                    |          |
| Yamashita, Shintaro  | 22-P-12*                                                                               |                    |          |
| Yamashita, Toshiyuki | 32-P-25                                                                                |                    |          |
| Yamazaki, Akira      | 12-P-32                                                                                |                    |          |
| Yamazaki, Fumito     | 12-P-10                                                                                |                    |          |
| Yanez, Camilo        | 21b-P-24                                                                               |                    |          |
| Yang, Kai            | 12-O-18                                                                                |                    |          |
| Yang, Tsanyao F.     | 21b-P-11                                                                               |                    |          |
| Yano, Eiji           | 13-O-09*                                                                               |                    |          |
| Yasuda, Atsushi      | 12-P-77,<br>33-P-04                                                                    |                    |          |
| Yasuhara, Masaya     | 11-P-13,<br>11-P-52                                                                    |                    |          |
| Yepes, Hugo A.       | 12-O-07*,<br>12-P-58*,<br>12-P-59*,<br>12-P-81,<br>21a-P-05*,<br>21a-P-06,<br>31-O-10* |                    |          |
| Yokoo, Akihiko       | 11-P-154*                                                                              |                    |          |
| Yokota, Takashi      | 21a-O-10,<br>21a-P-20*                                                                 |                    |          |
| Yoneda, Minoru       | 33-O-06                                                                                |                    |          |
| Yoshida, Daisuke     | 32-O-07*                                                                               |                    |          |
| Yoshida, Mario       | 32-P-11,<br>32-P-12                                                                    |                    |          |
| Yoshida, Masataka    | 33-P-13                                                                                |                    |          |
| Yoshida, Shinya      | 32-P-12                                                                                |                    |          |
| Yoshida, Yutaka      | 12-P-49                                                                                |                    |          |
| Yoshii, Soichiro     | 11-P-08                                                                                |                    |          |
| Yoshii, Atsushi      | 32-P-22*                                                                               |                    |          |
| Yoshikawa, Miyuki    | 12-P-54,<br>32-P-15*                                                                   |                    |          |
| Yoshikawa, Shin      | 12-P-54                                                                                |                    |          |
| Yoshimoto, Mitsuhiro | 11-P-02,<br>11-P-100*,<br>33-P-04                                                      |                    |          |
| Yoshimura, Miho      | 23-O-04                                                                                |                    |          |
| Yoshinaga, Shinji    | 13-O-11                                                                                |                    |          |
| Young, Peter         | 12-P-75                                                                                |                    |          |
| Young, Simon         | 11-O-13                                                                                |                    |          |
| Young, Zoe           | 33-P-16                                                                                |                    |          |
| Yukutake, Yohei      | 12-P-13                                                                                |                    |          |
| Yusa, Yuki           | 11-P-13                                                                                |                    |          |
| <b>- Z -</b>         |                                                                                        |                    |          |
| Zaennudin, Akhmad    | 11-P-97*                                                                               |                    |          |
| Zanchetta, Giovanni  | 11-P-35                                                                                |                    |          |
| Zandonade, Paulo     | 11-P-149                                                                               |                    |          |
| Zhang, Bingliang     | 11-P-60*                                                                               |                    |          |



Izu-Oshima



Kaimondake



Unzen



Volcanological Society of Japan



The City of Shimabara



International Association of  
Volcanology and Chemistry  
of the Earth's Interior



Faculty of Sciences,  
Kyushu University



Earthquake Research Institute,  
The University of Tokyo



国土交通省  
Ministry of Land, Infrastructure and Transport



Nagasaki Prefecture



The City of Unzen



The City of  
Minamishimabara



Mount Unzen  
Disaster Memorial  
Foundation