

特集

硫黄島特集

- 2 硫黄島での火山観測研究の概要
- 4 硫黄島の火山観測網
- 6 硫黄島の地殻変動
- 8 硫黄島の火山形成史
- 10 硫黄島の地震活動の研究
- 12 硫黄島の最近の噴火活動
- 14 硫黄島におけるカルデラ火山の研究

研究最前線

- 16 火山と上手に暮らす口永良部島

実験速報

- 17 遮水シートによるため池堤体の耐震性検証

受賞報告

- 18 東日本旅客鉄道株式会社より感謝状をいただきました
- 18 大阪府河内長野市社会福祉協議会より感謝状をいただきました

行事開催報告

- 19 ぎゅっとぼうさい博！2018
- 19 第22回「震災対策技術展」横浜
- 20 第13回成果発表会を開催しました

硫黄島での火山観測研究の概要

火山島での観測50年



火山防災研究部門 部門長 棚田 俊收

はじめに

2018年、小笠原諸島は、米国から返還されて50周年という節目の年を迎えます。

その小笠原諸島に属する硫黄島は、太平洋戦争末期の激戦地であり、むせかえる地温の高い地下壕を拠点とした苦しい戦いの地であったことをご存知の方も多いかと思います。

今でも、硫黄島の地温は全体に高く、多くの噴気孔が点在しています。海岸には、熱水が湧き出しているところも多く、まさに島全体が火山そのものです。

そのため、島の居住者の安全確保と、将来の活動予測を行うためにも科学的な調査研究が必要です。

私たちの研究所は、返還当初から継続的に50年間火山調査に関わってきました。今回の「防災科研ニュース」では、火山観測や研究の取り組み内容を特集号として紹介します。

硫黄島の位置

日本には、111の活火山があり、硫黄島はそのうちの一つです。この火山島は、東京からほぼ南の方向に約1200km離れたところにあります(図1左)。

島は、北東-南西方向に約8.5km、北西-南東方向に約4.5kmのくさび形をしています。島の南西端には最高地点である標高169mの摺鉢山(すりばちやま)と、北東部には標高115m程度の元山(もとやま)と呼ばれる2つの火山で構成されています。この両火山の間には、標高70m以下の千鳥ヶ原(ちどりがはら)が広がっています(図1右)。

火山活動の状況

最近の火山活動としては、沿岸域で水蒸気噴火、泥噴出、海面変色などが複数回確認されています。体に感じない地震も多く、時には1日当たり100回を超えることもあります。

地殻変動も、1年で数十センチメートルから時には1メートル近く隆起する時期もありました。このような隆起量は、九州他で噴火した火山とは比べものにならないほどの高い値です。また、この隆起に伴う断層運動による道路のズレが、渡島するたびに大きくなっている場所もあります。

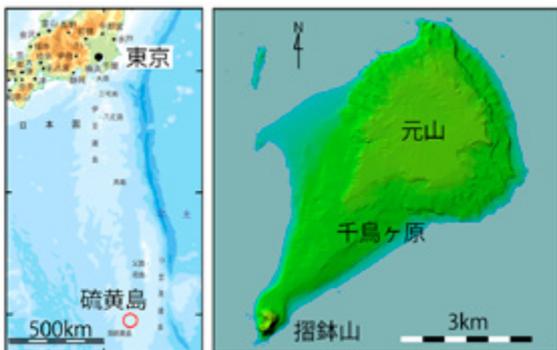


図1 硫黄島の位置(左)と島全体図(右)
作図には、国土地理院タイル
(<https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>)
を用いた。

火山観測の経緯と現状

硫黄島の科学調査をまとめた文献によりますと、返還直後、防衛庁（当時）は、隊員の安全を図り、異常隆起の実態を明らかにし、必要な火山対策を立てるために、国の関係機関による総合調査の実施を求めたと記されています。この要請に応じて、私たちの研究所を含む5機関からなる政府調査団が、1968年に地質や地震・噴気などの調査を実施しました。

その後、私たちの研究所は、1972年から同島用に開発した測定器による断層運動の計測、噴気や地温の定期的な測定を開始しました。これらの観測は、現在も硫黄島に駐留する海上自衛隊気象班に引き継がれています。

1976年から開始した地震観測は、1982年末に無線方式による地震観測網として整備され、自衛隊施設内で集中記録できるようになりました。2011年には、気象庁の衛星通信を使い、リアルタイムのデータが私たちの研究所や気象庁に届くようになりました。

地殻変動観測に関しては、全島をカバーするような光波及び水準測量を1976年以降ほぼ2年間隔で実施してきました。現在は、3地点によるGNSS（Global Navigation Satellite System）による連続観測と2年間隔で行われる全島でのGNSS測量とを組み合わせ、島内の地殻変動を把握しています。

島内居住者の安全のために

現在、防衛省と私たちの研究所との間では、「島内居住者の安全」と「火山噴火予知研究」という目的で、相互に支援するシステムが確立しています。例えば、自衛隊の協力無くしては、島へのアクセスや島内の移動ができないのはもちろんのこと、現地の断層変動や地温の測定、

目視による火山活動の状況把握などテレメータ観測では把握できない情報も提供していただいております。

一方、私たちは、火山災害と火山防災についての講演会を島内で開催し、硫黄島で検討しなければならない火山対策についてお話させていただいています。

また、年に1回、火山観測業務に携わる隊員の方々に対し、当研究所において、火山活動についての見識を高め、火山観測の方法や観測データの解読についての技能を取得することを目的とした講習会を実施しています。

「観測・予測・対策」の一体化

『特集 硫黄島の地学』の巻頭言で、当研究所の初代所長である和達清夫が「火山活動は今も続いているが、いつ自然ははげしい猛威を奮うか分からない。」、火山観測は「島で働く者の安全のためであるが、その観測結果はまた地学研究の貴重な資料である。」と述べ、防災対策と科学的研究の重要性を説いております。

私たちの研究所では、今後とも硫黄島での火山防災に貢献するために、「観測・予測・対策」を一体化させた研究を推進していく所存であります。

最後に、現地では未だ遺骨収集が行われています。私たちが渡島の際には、まず硫黄島戦没者の碑に立ち寄ってから、観測作業を始めていますが、改めてこの紙面を通して硫黄島で亡くなられた方々のご冥福をお祈りいたします。

参考文献

- 「特集 硫黄島の地学」、地学雑誌、94巻、6号、1985-1986。
(<https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jgeography/-char/ja/>)
- 「火山防災研究特集」、防災科学技術、No.64、1988。
(<http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nrcdp/nstcdp/index.html>)

硫黄島の火山観測網 日本最南端の火山観測点

地震津波火山ネットワークセンター 火山観測管理室長・火山防災研究部門 主任研究員 上田 英樹



はじめに

防災科研は、硫黄島の他、富士山や阿蘇山など国内の主要な活火山に観測点を設置して、火山観測を行っています。中でも硫黄島は、激しい地熱活動や地殻変動で知られています。非常に活発な火山活動のため観測点を維持するのが困難な火山ですが、防災科研は、火山噴火予測の研究と滞在者の安全に資するため、1982年に3つの常設の火山観測点を設置してから現在まで、30年以上観測を続けています。ここでは、硫黄島の火山観測網と、安定した観測のために防災科研が行っている保守点検作業についてご紹介します。

硫黄島の火山観測網

図1は、硫黄島の現在の火山観測点の位置を示しています。防災科研は、天山、眼鏡岩、摺鉢山の3か所に火山観測点を設置しています。観測点には地震計とGNSS（Global Navigation Satellite System / 全球測位衛星システム）が設置されており、地震活動と地殻変動の観測を行っています。防災科研の他に気象庁と国土地理院も観測点を設置しています。国土地理院は3か所にGNSS観測点、気象庁は地震計、空振計、遠望カメラ、GNSSを1か所ずつ設置しています。富士山などにある防災科研の標準的な火山観測点では、車の振動や気温の変化によるノイズを避けるため、深さ100～200mの井戸の底に地震計や傾斜計を設置しています。しかし、

硫黄島の場合は、地下があまりにも高温のため、地震計が壊れてしまいます。そのため、硫黄島では戦時中に使われていた地下壕に地震計を設置しています。また観測は、電力を太陽光発電で確保し、無線通信でデータを収集して行っています。以前は、現地でデータの回収を行っていましたが、2011年に気象庁が衛星通信設備を導入し、現在は、リアルタイムで防災科研までデータが送られるようになっています。

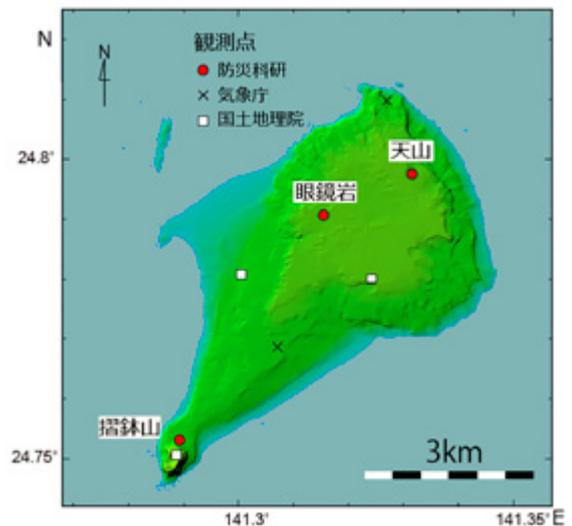


図1 硫黄島の火山観測点

火山観測点の保守点検作業

防災科研は、海上自衛隊の支援を受けて、協力会社とともに年に複数回、保守点検作業を行っています。地震計は、高温の地熱を避けて井戸ではなく地下壕に設置していますが、それ

でも眼鏡岩観測点の地下壕内の気温は60℃近くあります。さらに硫黄の結晶が地下壕の壁に噴き出しており、硫黄成分が溶けた雨水が地震計やケーブルを劣化させています(写真1)。また、本土から離れた場所にあるため、機器が故障しても、すぐに修理に行くことができません。その上、亜熱帯地域に位置するため、電力を得るための太陽光パネルが成長の著しい草木に覆われたり、台風によって被害を受けたりする場合があります。そのため、安定した観測を続けるには定期的な保守点検が欠かせません。



写真1 眼鏡岩観測点 (右下：地下壕内の地震計)

火山防災と研究への貢献

硫黄島での火山観測は、現地に滞在している人たちの安全に貢献しています。地震計のデータは、自衛隊の硫黄島航空基地でもリアルタイムで見ることができます。これまでの観測から、硫黄島の火山活動が活発化すると地震の数が増える傾向があることが分かっており、地震計のデータを見ることで火山活動の状態を随時把握することができます。

また、硫黄島は、気象庁が常時監視を行っている50の活火山の1つです。地震計のデータは、気象庁にもリアルタイムで送られ、24時間の火山監視が行われています。防災科研も硫黄島

での観測結果を気象庁の火山噴火予知連絡会に定期的に提出し、関係機関との情報共有に努めています。

硫黄島での火山観測から、水蒸気噴火の予測につながるデータ(本誌の「硫黄島の地震活動」参照)や、火山活動の解明につながるデータが得られています。硫黄島で発生する水蒸気噴火は、ごく小規模なものであるため、火口付近に近づかない限り危険はありません。しかし、他の火山では、水蒸気噴火が大きな被害につながる場合があります。硫黄島で発生する水蒸気噴火を調べることで、硫黄島だけでなく他の火山での水蒸気噴火の予測にも貢献することができます。また、硫黄島で観測されている間欠的な隆起活動は、他のカルデラ火山に共通した現象であることが分かっています。硫黄島のカルデラの構造や地殻変動を詳しく調べることで、世界中にあるカルデラ火山の理解の向上にも貢献することができると思っています。

おわりに

硫黄島は、防災科研が観測している活火山の中でも特に観測網の維持が困難な火山です。しかし火山観測は、滞在者の安全のために必要不可欠であり、また他の静穏な火山に比べて、非常に多くの貴重な研究データを得ることができます。防災科研は、今後とも観測網の維持を続け、滞在者の安全の向上と火山研究の発展に貢献していきたいと思っています。

本土からの物資の輸送や現地の保守作業では、防衛省の関係各位に多大なる支援をいただいております。この紙面をお借りして、厚く御礼申し上げます。

硫黄島の地殻変動 目で見えるほど大きな隆起

火山防災研究部門 主任研究員 小澤 拓



はじめに

硫黄島の火山活動には、世界で類を見ないほど大きな隆起を伴う地殻変動が生じるという特徴があります。そのような活発な隆起活動により、10年前には海岸付近に沈んでいた廃船が、陸に上がっているほどです。このような地殻変動の調査を目的として、防災科研は1976年から定期的に測量を実施してきました。さらに、最近では、全球測位衛星システム（GNSS）や人工衛星に搭載した合成開口レーダー（SAR）を用いることにより、地殻変動の時空間分布をより詳細に把握できるようになりました。ここでは、これまでの調査によって明らかになった、硫黄島の地殻変動の特徴について紹介します。

GNSSによる隆起の時間変化

硫黄島には、活発な隆起活動に起因する海岸段丘が発達しており、その調査から、硫黄島は20-30cm/yrの速度で隆起していると推定されています。この隆起速度は、世界中の火山で見られる隆起と比べて、きわめて速いと言えます。

最近では、様々な測地技術の利用が可能になり、より高い時間分解能で、地殻変動を把握できるようになりました。図1は、防災科研が硫黄島北部（元山）に設置したGNSSによって観測された上下変位を示します。2003年から2006年にかけて、おおそ一定の速度で進行する沈降が見られていましたが、2006年中頃に隆起に転じました。それ以降、隆起は消長を繰り返

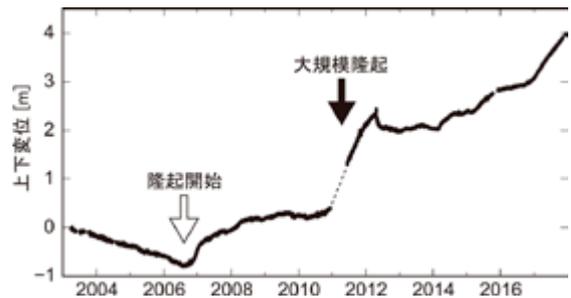


図1 GNSS（硫黄島天山観測点）によって観測された上下変位

返しながら継続しており、2006年から現在までの期間に、5m近い隆起が観測されています。2003年からの平均隆起速度はおおよそ30cm/yrと求まり、海岸段丘の調査から推定されている隆起速度とおおよそ一致します。しかし、実際には、隆起速度は一定ではありません。特に、2011年から2012年にかけては、急速に隆起が加速し、2mを超える隆起が観測されました。このような大規模隆起は数年に一度発生し、同時に地震活動の活発化や、時には、小規模な水蒸気爆発や沿岸部の変色水が観測される場合もありました。このように、大規模隆起は、火山活動の高まりとともに発生していると考えられます。

SARによる隆起の空間分布

地殻変動の理解においては、その空間分布を把握することも重要です。そのため、防災科研では、SARを用いた地殻変動調査も実施しています。SARは、人工衛星等からレーダー波を地表に向けて照射し、その後方散乱波を受信

して、地表レーダー画像を得ます。さらに、異なる時期に取得された地表レーダー画像と比較することにより、その期間に生じた地殻変動を、画像のように捉えることができます。図2は、2006年から2011年にかけて運用された陸域観測技術衛星「だいち」に搭載されたSAR（センサー名：PALSAR）のデータを解析して得られた地殻変動（おおそ上下成分）の分布を示します。島全域で隆起が見られますが、隆起量は島北部（元山）で大きいことがわかりました。ただし、マグマだまりの膨張に伴うようなドーム状の隆起分布ではなく、元山の縁辺部で隆起量が大きく、中心部で小さいような、すり鉢状の隆起分布が見られました。より細かな時間分解能で見ると、時期によって隆起が大きい場所が異なることも明らかになりました。さらには、西海岸付近に位置する阿蘇台断層においては、大規模隆起に伴ってずれが見られました。このように、硫黄島で生じる隆起の分布は、時空間的に複雑に変化することが明らかになりました。

重力測定による原因物質の推定

地表が隆起すれば、その地点における重力も変化します。その変化量は、その隆起をもたらした原因物質の密度によって異なります。防災科研では、隆起に伴う重力変化を調査するため、硫黄島における測量に合わせて、重力測定も実施してきました。2008年と2013年に実施した重力測定の結果、元山の東海岸付近において1mGalの重力の減少が求まりました。一般に、地球表面の重力はおおよそ981Gal (1Gal=1cm/s²) ですから、その約100万分の1の変化に相当します。他の地点における測定値も併せて隆起量と比較すると、1mの隆起量に対して、重力値はおおよそ0.25mGal減少することがわかりました。硫黄島の地下において、水平方向に無限

に広がる面に原因物質が貫入したという単純な仮定において、貫入した物質の密度を推定したところ、1.5g/cm³という値が求まりました。これは明らかに水やガスの密度よりも大きく、隆起にマグマが関与している可能性が強く示唆されます。

おわりに

硫黄島では、大規模かつ時空間的に複雑な地殻変動が生じています。このような地殻変動情報は、硫黄島の火山活動メカニズムを理解するための重要な手掛かりになります。防災科研は、硫黄島での地殻変動等に関するモニタリングを継続し、滞在者の安全の向上に貢献するとともに、火山活動の推移を高い確度で予測するための研究を進めてまいります。

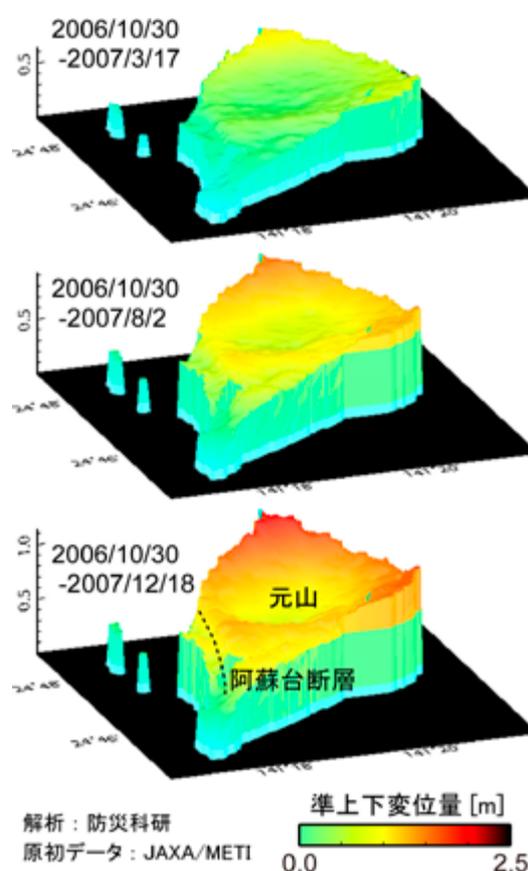


図2 SAR解析から求めた準上下変位の分布

硫黄島の火山形成史

世界有数の活動的カルデラ火山の経歴

火山防災研究部門 特別研究員 長井 雅史
 鹿児島大学 名誉教授・火山防災研究部門 客員研究員 小林 哲夫



はじめに

一般的に火山によって噴火のタイプや規模、頻度は異なると考えられていますが、では硫黄島はどのような噴火をする火山なののでしょうか？ それを知るためには過去に起きた噴火の履歴を地質調査によって推定することが必要です(図1)。ここでは今のところわかっている硫黄島火山の形成史について説明します(図2)。

カルデラの形成

硫黄島火山は海底部分を含めると富士山よりもやや大きな火山ですが、中腹よりも上の部分が切り取られた円錐台のような形をしています。これは中央部に直径10km程のカルデラ(火山活動でできた巨大なくぼみ)が存在することが原因です。過去の研究報告からカルデラの底は密度の小さい物質で満たされていることがわかっています。これは日本列島のほとんどの大型カルデラと同様に、短期間に大量のマグマが爆発的に噴出したことで地下のマグマだまりに空隙が生じ、それがつぶれて地表が陥没したことを示唆しています。しかし硫黄島火山は海に囲まれていますので、大規模火砕流堆積物などの巨大噴火の証拠はまだ掴めていません。カルデラの外輪山にあたる釜岩などを構成する岩石の形成年代は10万年前より少し新しいぐらいですので、巨大噴火があったとすればそれよりも新しい時期だったと考えられます。



図1 硫黄島の地質図

元山2700年前噴火

カルデラ内部は長らく海底のくぼ地として存在したので、砂や泥などが堆積したり、初期の後カルデラ噴火で水中溶岩流が噴出したりしていました。約2700年前に現在の元山のあたりで大規模な噴火活動が起きました。この噴火は複雑な経緯をたどりました。最初に爆発的な噴火で水中火砕流(火砕物重力流)が発生しました。爆発的マグマ噴火が浅海で起きたことにより、高温のマグマの破片と海水が一気に混じり合い、激しい水蒸気マグマ噴火になったと考えられます。次に一旦おとなしい噴火に転じて水

中溶岩流のパンケーキ状の火山体が形成されました。その東部が山体崩壊したのち、大規模な水蒸気マグマ噴火により再び水中火砕流が発生しカルデラ底一帯を埋め尽くしました。一連の噴火は短期間に終了したと考えられますが、現在わかっているだけで1km³を超える大量のマグマが噴出しており、カルデラ底はこの際に再沈降した可能性があります。

摺鉢山の形成

硫黄島南端部、カルデラの外に位置する摺鉢山は海拔170m、山頂に直径250m程の火口を持つ円錐形の火山です。中腹に厚い溶岩が露出し断崖を作っています。噴火年代はよくわかりませんが、休止期を挟んだ3回の噴火活動で形成されたと考えられます。1回目の噴火は浅海での水蒸気マグマ噴火で水中火砕流を生じました。2回目の噴火では浅海での水蒸気マグマ噴火ののち、厚い溶岩流が流出し海面上に島を形成しました。3回目の噴火では陸上で爆発的な水蒸気マグマ噴火とマグマのしぶきを吹きあげるストロンボリ式噴火を繰り返し山頂部の火砕丘を形成しました。これらの噴火は元山噴火よりもはるかに小規模だったと推定されます。

再生ドーム形成活動

摺鉢山の形成後、カルデラ中央部の元山の部分は次第に隆起し、ついに海面上に姿を現しました。現在の元山は海拔100～120mの台地(海成段丘)となっていますが、表面が平らなのは海の波による浸食作用の名残です。台地表面に付着している造礁サンゴの年代から、約800年前ないし500年前に海面上に現れたと推定されています。こうして元山が島になったことで、摺鉢山との間に砂州が発達するようになり千鳥ヶ原が形成されました。その後現在まで多少

の緩急を持ちつつも隆起を続けてきたと考えられています。隆起に伴い、はじめは元山の中央部に多数の断層が形成されましたが、現在ではむしろ周辺地域との間に多数の断層が形成されています。これは次第に隆起域が拡大したことを示唆していると考えられます。このようなカルデラ火山の中央部の隆起構造は“再生ドーム”と呼ばれます。これはカルデラの下の浅い場所にマグマが蓄積してカルデラの底の地盤を押し上げる現象です。硫黄島では活発な地熱活動や水蒸気噴火活動も伴っていますが、マグマの上昇・蓄積とともに莫大な熱と火山ガスを発散しているためです。

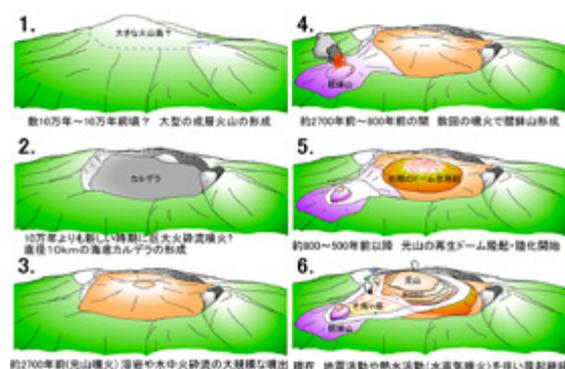


図2 硫黄島の火山形成史模式図

おわりに

以上のように、硫黄島火山ではここ数千年の間に大規模なマグマ噴火が生じていたことがわかりました。噴火様式が複雑に変化したことや、マグマと海水の接触による爆発性の増大も防災を考える上で重要な点です。しかし陸上で確認できる噴火の事例が少ないので、今後海底や地下に埋もれた噴出物を把握する調査が必要です。現在蓄積されつつあるマグマの性質については直接的に推定ができません。しかし、これまでの噴出物の岩石学的解析からマグマの性質の時系列的変遷を把握することで、ある程度推測できるようになる可能性があります。

硫黄島の地震活動の研究

激しい隆起や水蒸気噴火に伴う地震活動



地震津波火山ネットワークセンター 火山観測管理室長・火山防災研究部門 主任研究員 上田 英樹

はじめに

硫黄島では、火山活動に伴って多数の火山性地震が発生しています。島内での発生が確認されたものだけでも2017年は約1万3千回、1日当たり約36回の火山性地震が観測されました。しかし、硫黄島島内で発生する地震は、最大でもマグニチュード3程度であり、ほとんどが体に感じないごく小さい地震です（小笠原諸島近海で大きな地震が発生した場合は、硫黄島でも揺れを感じる場合があります）。ここでは、防災科研の火山観測によって分かってきた硫黄島の地震活動について、ご紹介します。

硫黄島の地震活動

図1の棒グラフは、1976年から2016年までの40年間の硫黄島の地震の数（日平均地震

数の月平均値）の推移を示しています。1982年に防災科研が火山観測点を設置するまでは、防衛省が設置した観測点のデータを使用しています。折れ線は、測量結果から分かった元山（硫黄島の東側）にある眼鏡岩観測点の上下変動です。防災科研による長期的な火山観測から、硫黄島のカルデラの中心である元山が大きく隆起するときに地震数が増えることが分かっています。その元山を囲むように硫黄島の西側と南側には、多数の活断層があります。元山が隆起するときに、活断層がずれることによって、主にこれらの地震活動は発生していると考えられます。このことから、地震の数の変化は、硫黄島の火山活動度を示す指標の1つとなっています。

水蒸気噴火に伴う地震活動

図2は、2012年に硫黄島の北海岸付近で発生した水蒸気噴火前後の地震数の推移です。噴火の直前に地震数が急激に増えていることが分かります。折れ線は、GNSS（Global Navigation Satellite System / 全球測位衛星システム）による眼鏡岩観測点の上下変動を表しています。地震活動の活発化と同時に元山も急激に隆起しています。一方、噴火が始まった後は、下がっています。これは、元山の地下に閉じ込められていた熱水が急に沸騰し、急膨張して岩盤を押し上げ、その熱水が噴き出して、水蒸気噴火が発生したことを示しています。このデータが得ら

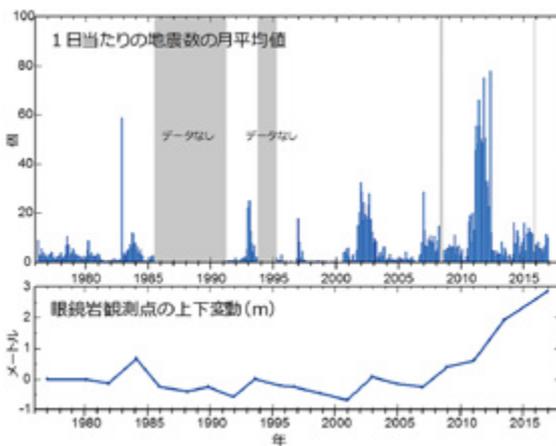


図1 (上) 硫黄島の日平均地震数の月平均値
(下) 測量による眼鏡岩観測点の上下変動
(単位はメートル)

れたことによって、水蒸気噴火のメカニズムを明らかにすることができました。また、鶯地獄やミリオンダラーホールなど、硫黄島で噴火を繰り返している火口での水蒸気噴火では、このような前兆的な地震活動は見られません。これは、地下の熱水が溜まっている場所が火口とすでにつながっているため、熱水が閉じ込められておらず、熱水の圧力が高まっても岩盤を押し上げることなく熱水が噴き出すためと考えています。このような特徴から、硫黄島で水蒸気噴火による被害を避けるためには、硫黄島で何度も噴火を繰り返している火口には近づかないことや、地震の数が急に増えたときには、海岸付近など噴火が起こりやすい地区には近づかないことが大切だということが分かります。

このように、防災科研が行ってきた火山観測によって、地震活動と水蒸気噴火の関係がわかりつつあります。

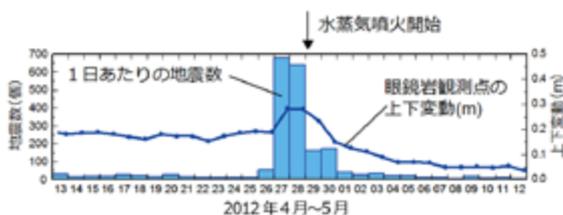


図2 2012年4月末に硫黄島の北海岸付近で発生した水蒸気噴火前後の地震数と眼鏡岩観測点で観測された上下変動

火山に特有の地震

硫黄島で発生する地震の多くは、われわれが日常で感じる地震と同様に、活断層の活動によって発生していると考えられます。しかし、それ以外にもマグマや熱水の活動による火山特有の地震も観測されています。

【調和型火山性微動】 0.5～1秒の周期の揺れが1～2分続く地震です。硫黄島の北東部付近で

観測されることが多く、地表付近の熱水活動に伴って発生していると考えています。

【低周波地震】 普通の地震よりも周期の長い地震です。原因は分かっていませんが、熱水活動やマグマの活動に伴って発生していると考えています。

【超低周波地震】 硫黄島で発生するマグニチュード3程度の地震には、必ず周期30秒程度の振動が含まれています。これは、地表付近で発生した普通の地震によって、地下にあるマグマ等の流体が揺さぶられて発生していると考えていますが、詳しいことは分かっていません。超低周波地震は、国内では阿蘇山や三宅島などでマグマの活動によって観測されることがあり、いずれも火山活動が非常に活発な状態になったときに観測されています。硫黄島に人が住むようになってから、硫黄島ではマグマを噴出する噴火は発生していませんが、地震活動や地殻変動から地下にあるマグマの存在は明らかになりつつあります。

おわりに

防災科研が長期間続けている火山観測から、硫黄島の地震活動は、火山活動と非常に深い関係があることが分かってきました。地震活動は、硫黄島の火山活動度を示す指標であるため、火山監視のための重要なデータになっています。また、地震活動を調べることで、硫黄島で発生する水蒸気噴火のメカニズムが明らかになり、水蒸気噴火の予測も可能になりつつあります。さらに、地震活動を調べることによって、マグマ噴火の予測にもつなげていきたいと考えています。

硫黄島の最近の噴火活動

日本で最も活発な水蒸気噴火地域

火山防災研究部門 特別研究員 長井 雅史
主任研究員 三輪 学央



はじめに

これまでの記事で述べたように、硫黄島では地震の群発活動や大規模な地殻の隆起現象、地熱地帯の発達など、多様な火山現象が起こっています。危険な噴火活動も例外ではなく人が定住するようになった19世紀末頃から度々噴火の記録が残っています。

硫黄島の噴火地点

硫黄島では図1にあるようにカルデラ内の多くの地点で噴火が起きていることがわかります。特に元山を取り巻く海岸地帯に多く発生し、第二次世界大戦以降では1957年、1967年、1969年、1982年、2001年に顕著な爆発的噴火活動がありました。近年の2012年以降は活発で、2016年まで毎年のように爆発や異常現象がありました。ミリオンダラーホール火口や

井戸ヶ浜火口のようにかつて噴火があった場所で再度噴火が発生する場合もあり、2015年の北ノ鼻のように新しく火口が開いた例もあります。2012年4月末の北ノ鼻沖～為八海岸のように海底で噴火が起きることもあります。また、1976年から活動を続ける阿蘇台陥没孔（鶯地獄）のように数十年間ほとんど定常的に熱水の噴出活動をつづけている火口もあります。珍しいところでは、2014年に人工の穴（元山の古いボーリング孔）を利用して熱泥が噴き出したことがありました。

噴火の規模

硫黄島での噴火記録は多いのですが、噴火の実態はあまり明らかではありません。噴火の規模が小さく、古い噴火では噴出物どころか火口地形さえ残されていないことが多いのです。しかし近年では噴火直後に調査をおこなうことができるようになりました。近年陸上で起きた噴火で最も大きかったミリオンダラーホール火口の例では、2012年～2015年までの間に何度か大きめの噴火を繰り返しました（図2）。全部で約15000m³の火山灰が噴出し、火口縁では最大で3m程の厚さに積まりました。噴石は220m先まで到達しました。火口の形態も噴火の進行に伴い変化しました。しばしば硫黄島では噴火後に地面が落ち込んで“陥没孔”が形成されますが、これは他の火山ではあまり見られない現象です。

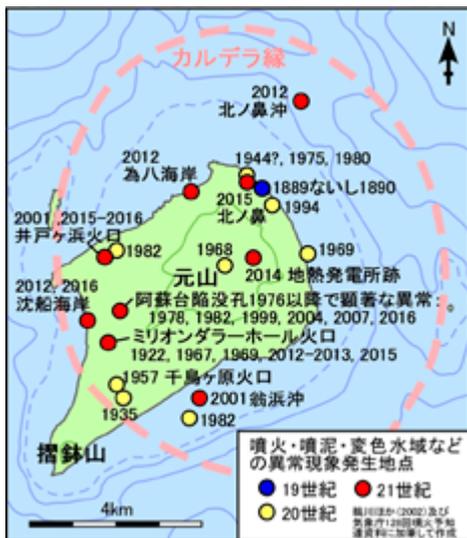


図1 硫黄島の噴火・異常現象発生地点

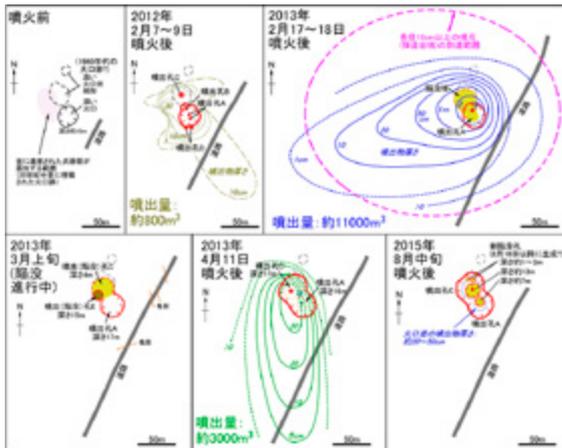


図2 ミリオンオンダラーホール火口2012年～2015年活動の際の火口形状変化と噴出物の分布

噴出物の特徴

火口によって多少の違いがありますが、噴出物は多くの場合湿った泥状の火山灰で、熱水変質鉱物と呼ばれる粘土鉱物や硫化鉱物を多く含んでいます。地下に火山ガス成分を含む大量の高温高压の熱水がある場合、周辺の岩石は変質してしまいます。噴火の際にそのような岩石が破壊されて噴出したのです。噴出物には火山ガラス粒子も含まれる場合があるのですが、これも詳細に観察すると様々な程度に変質していることから、やはり新しいマグマが急冷固化したものではなく、古い噴出物が爆発に巻き込まれたものと考えられます。

したがってこれらの噴火は熱水が主役の水蒸気噴火であったと考えられます。含まれる熱水変質鉱物の生成条件からみて、熱水の温度は最高でも300℃位ですから、夜間であってもマグマ噴火のような真っ赤な噴煙を見ることはできなかったでしょう。

噴火のメカニズム

それではこのような水蒸気噴火はなぜ起きるのでしょうか。これまで噴火が頻発した時期は硫黄島の地殻変動や地震活動が活発な時期であ

る傾向があります。それらの現象は地下の浅い場所にマグマが上昇してきたことで引き起こされていると考えられます。現在の硫黄島ではマグマはそこで停止しますが、マグマから分離した高温の火山ガスはさらに上昇していきます。

ごく浅い地下にまで上昇してきた火山ガスは海水や雨水由来の地下水と混ざった熱水となります。普段は上に載っている岩石の重さによる圧力と地下の熱水の圧力ががバランスしています。しかし火山ガスが急激に供給されたり、周りの岩石に割れ目が生じたりなどのきっかけで熱水より岩石の圧力のほうが小さくなってしまうと、熱水は急膨張して水蒸気となって激しく噴き出ます。これが水蒸気噴火です。噴火後に火口周辺が陥没することが多いのは、噴出した熱水のたまりがかなり浅いところにできていたことを示唆します。様々な場所で噴火が起きるのは、熱源となるマグマの上昇してくる領域が広く、かつ熱水の通路があちこちに作れるような軟弱な地質構造があることを示しています。このような活動様式には、硫黄島が破壊された岩石や柔らかい地層が地下に広く分布するカルデラ火山であることが反映されている可能性があります。

おわりに

硫黄島で起きる噴火は概して他の火山で起きた水蒸気噴火よりも小規模ですが、それでもそばで噴火が起きた場合には極めて危険であることは変わりありません。噴火発生の可能性が高い火口をあらかじめ絞れないという点も防災対策を進めるうえでやっかいな点です。噴火の発生予測や被害軽減のためには、稠密な観測網を敷いて、噴火につながるような異常発生をいち早く捉える努力が重要と考えられます。

硫黄島におけるカルデラ火山の研究 将来のカルデラ噴火の可能性を探る



鹿児島大学 名誉教授・火山防災研究部門 客員研究員 小林 哲夫

はじめに

硫黄島は伊豆小笠原弧の南端部に位置する小さな火山島ですが、海底からの高さが2000m以上の大きな火山の山頂部に相当します。そこには直径約10kmのほぼ水没したカルデラ地形が存在し、硫黄島はその中央部に存在する後カルデラ火山（中央火口丘）に相当します（図1）。

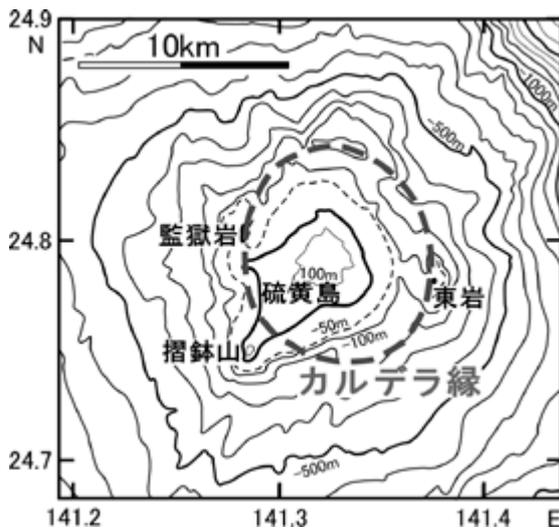


図1 硫黄島周辺の海底地形図（長井・小林、2015の図を一部修正）。破線はカルデラ縁。

硫黄島はカルデラ内に誕生した海底火山でしたが、その後のカルデラ底の上昇により海面上に姿を現しました。山頂部は波の侵食により平坦な地形となっていますが、島の周囲に発達する何段もの海岸段丘は、急激な地盤の上昇で形成されたものです。なお島の南西端に位置する摺鉢山は、カルデラ縁の外側の浅海に出現した

小規模な火山です。

硫黄島は歴史時代を通じて地盤の変動が激しいこと、および小規模な水蒸気爆発が多発することでも有名です。激しい地盤変動と頻発する水蒸気爆発が、地下のマグマとどのような関係にあるのか、このような状態は長期間継続するものなのか、あるいは破局的なカルデラ噴火へと向かうのかなど、噴火の多様性を考えるうえで貴重なデータを蓄積できる稀有な火山といえるでしょう。

他のカルデラ火山との比較

硫黄島のカルデラは、海底から聳える巨大な火山の山頂部に存在するという点では、ハワイ島や伊豆諸島のカルデラ火山と似ています。それらは膨大な量の玄武岩質マグマが噴出することにより、山頂部がピストン状に陥没して形成されたものであり、カルデラの直径も数km程度と小型です。しかし、硫黄島の岩石はアルカリ岩系に属する粗面岩～粗面安山岩であり、上記のカルデラ火山とはまったく異なる岩石です。またカルデラ径も約10kmであり、爆発的な噴火によって生じた大型の陥没カルデラと推定され、伊豆諸島のカルデラ火山とは成因が異なっています。

一方、九州の南方約40kmの沖合には、ほぼ水没した鬼界カルデラが存在します（図2）。カルデラ噴火が発生したのは7300年前であり、

大規模カルデラ噴火としては日本で最も新しいものです。噴出した火砕流は南九州の薩摩・大隅半島にまで到達しました。カルデラの大きさは硫黄島よりも大きく（東西23km）、そのカルデラ底には高度数百mに達する巨大なドーム状の地形が存在しています。この地形はカルデラ形成後に、その海底にマグマが貫入してできた潜在ドームと推定されます（小林ほか、2010）。硫黄島と似た形態ですが、大半が水没しているため、その表面における火山活動の状況等の詳細はわかっていません。

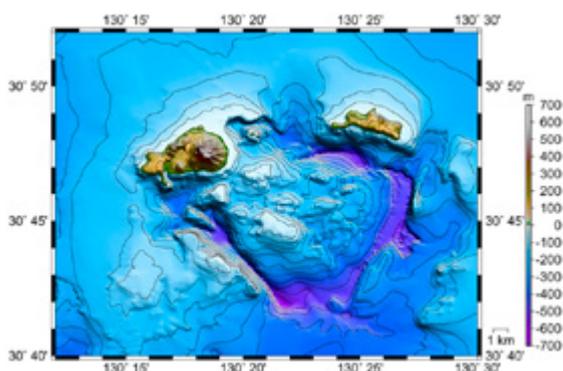


図2 鬼界カルデラの海底地形図（海上保安庁のHP）。薩摩硫黄島と竹島は、海上に残るカルデラ縁。その南側に水没したカルデラが存在している。

海外での類似例としては、イタリア、ナポリ市の西に位置するカンピフレグレイと呼ばれるカルデラ地域が挙げられます。このカルデラは3.5万年前と1.2万年前に発生した大規模な火砕流噴火で形成されたものです。カルデラの北半分は陸化しており、そこには先史時代から、地盤の上下変動があった証拠が残っています。

たとえば、現在の海岸に位置するポッツオリの遺跡の多くは水没していますが、空中に突出した神殿の石柱には穿孔貝が開けた穴の跡が観察できます（図3）。穿孔貝の痕跡は、かつてそのレベルが海面であった証拠であり、地盤変

動の変遷を想像することができます。最近でも、カルデラ内での地盤の上昇が観測されており、カルデラ噴火に推移するのではないかと注目されています。



図3 石柱の下半部には、穿孔貝がうがった穴により、暗灰色の帯のように見える部分があります（イタリア・ポッツオリの遺跡：小林哲夫撮影）。

解決すべき課題

硫黄島を掘削したボーリングデータでは、深部にマグマが固結した閃長岩が存在することがわかっています。同質の噴出岩片も存在しており、マグマ溜りの現状を考察できる貴重な試料です。しかしカルデラ噴火の噴出物はいまだ発見されていません。カルデラ噴火の実態を解明するためにも、カルデラ外の海底斜面における掘削などにより、カルデラ噴火の噴出物を実際に採取し、研究したいと思っています。

引用文献

- 海上保安庁 海洋情報部（2016）薩摩硫黄島。海域火山データベース。
 小林ほか（2010）大規模カルデラ噴火の前兆現象—鬼界カルデラと始良カルデラ—。京都大学防災研年報，第53号B，269-275。
 長井雅史・小林哲夫（2015）小笠原硫黄島の火山形成史。地学雑誌，124（1），65-99。

火山と上手に暮らす口永良部島 合言葉は「いつ起きても大丈夫！」



火山防災研究部門 部門長 棚田 俊收

全島民避難から帰島

口永良部島（くちのえらぶじま）は、世界遺産で有名な屋久島の北西約12kmにある火山島です。島の面積は山手線内側面積の半分程度で、152人の方々が暮らしています（平成22年国勢調査）。

この島の新岳で、おおよそ34年ぶりの噴火が2014年8月と2015年5月に起こりました。2015年の噴火では、噴火警戒レベルが5に引き上げられ、全島民が屋久島などに避難しました。避難指示は約1年1ヶ月後に解除され、約8割程度の住民が帰島したと当時の新聞は伝えています。

島民による手作り防災対策

住民帰島後、島では避難経路の標識や案内板の整備などの防災対策が進められています。その中で、手作り感あふれる防災対策を目にしたので、ここで紹介します。

口永良部島子ども会は、32cm×32cmの用紙を9つ折りにした手のひらサイズの印刷物「噴火を体験した島の子供たちと一緒に作った口永良部島自然災害マニュアル」を発行しました。

このマニュアルには、子供たちの目線で噴火を通して感じたことがつづられています。特に、「噴火からの時間の流れ」という節では、噴火・一時避難・離島・避難生活・帰島までの一連の出来事の体験や思いが語られ、そこから学んだことや気づいたことに対し、大人からのコメン

トが記されています。

防災ガイドBook付き観光パンフレット「口永良部島においでよ！」には、島で安心して過ごしてもらうために、火山だけではなく津波や地震などの話がまとめられています。副題の合言葉「いつ起きても大丈夫！」は、このパンフレットで使われています。

また、有志の方のご尽力で、YAMAP（ヤマップ）というアプリを通して、島内の立入禁止区域や避難経路、待避壕の位置がわかる地図をダウンロードできるようになりました。

観測点の復旧

私たちの観測点は、2度の噴火の影響を受け、現在観測を停止しています。できるだけ早く観測を復旧させ、火山と上手に暮らしていこうとする住民の方々に貢献していきたいと考えております。



ソーラーパネルによって観測強化された
口永良部島七釜観測点

遮水シートによるため池堤体の耐震性検証 遮水シート工法の安全性確認と普及に向けて

地震減災実験研究部門 主幹研究員 中澤 博志



遮水シート利用と研究の背景

全国には約20万か所の農業用ため池があり、約7割は江戸時代以前に築造されています。特に兵庫県は、約3.8万か所と全国一の数のため池を有していることから、改修工事が必要な箇所が多いのが現状です。ため池は、農業用水を蓄えておく施設ですが、ここで言う改修工事とは、主に漏水対策のことを指します。通常、刃金土（はがねど）という粘土を用い遮水する前刃金工法が主流となっていますが、兵庫県内では限定的に遮水シートを用いた工法を採用することがあります。しかし、遮水シート工法は耐震性に不明な点があるため、平成28年3月17～18日に、E-ディフェンスにおいて検証実験を行い、加振後に漏水がないことからその安全性を確認しました。

公開実験の概要

平成30年1月12日、遮水シート工法の更なる安全性を確認するため、兵庫県・神戸大学と共同でシート敷設方法の比較実験を引き続き実施しました。今回の実験断面は、図1と図2にそれぞれ示した通りです。図1は一般的な施工断面である階段状敷設、図2は直線状敷設としています。この公開実験では、一般見学者、兵庫県関係者、実験関係者およびプレス関係者等を含む合計168名の方々にご来場いただきました。実験では、一定間隔かつ一定振幅の正弦波により、最初に加速度430gal、最終的には加速度



図1 階段状敷設断面

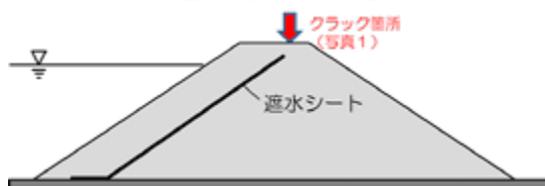


図2 直線状敷設断面



写真1 直線状敷設堤体における加振後の様子

520galで加振を行い、写真1に示す直線状敷設の堤体の損傷確認をもって、実験を終了しました。

実験速報と今後の展望

今回の実験では、430galで無被害、520galで両堤体にクラックが生じましたが、特に、図2に示す堤体には極めて大きなクラックが生じ、安定性の違いが現れました。しかし、漏水は無く、遮水シート自体は機能していることも確認できました。今回の成果に加え、平成28年の実験で得られた成果を含め、実験で確認した事実を睨みながら、遮水シート工法の耐震設計手法について検討していきたいと考えています。

受賞報告

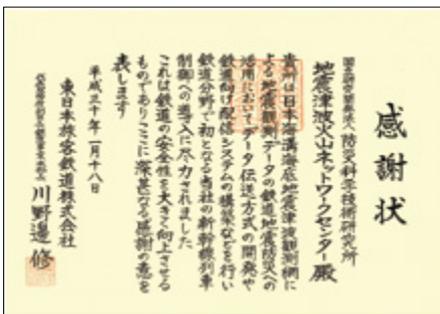
東日本旅客鉄道株式会社より感謝状をいただきました

地震津波火山ネットワークセンターが、陸海統合地震津波火山観測網「MOWLAS」(モウラス)の海底地震計データの鉄道地震防災への活用による鉄道の安全性向上への貢献に対して、東日本旅客鉄道株式会社 (JR 東日本) より感謝状をいただきました。

これは、日本海溝海底地震津波観測網 (S-net) による地震観測データの鉄道地震防災への活用において、データ伝送方式の開発や鉄道向け配信システムの構築などを行い、鉄道分野で初と

なる新幹線列車制御への導入に貢献し、鉄道の安全性を大きく向上させたことに対し、感謝状を贈呈いただいたものです。

地震津波火山ネットワークセンター青井真センター長は、「今回MOWLASのデータが社会基盤である鉄道の防災対策の向上に実際に貢献し、それに対して感謝状をいただけたことをありがたく思います。今後も我が国の防災力向上に向けて、MOWLASを活用した研究開発と成果の社会実装をさらに進めてまいります。」と語っています。



受賞報告

大阪府河内長野市社会福祉協議会より感謝状をいただきました

防災科研は、大阪府河内長野市災害ボランティアセンター (以下: 災害VC) の運営活動において、情報共有・管理業務の技術支援をしたことに対して、同市社会福祉協議会 (以下: 社協) より感謝状をいただきました。

同市では、2017年10月22日～23日、台風21号の影響で土砂災害が発生したことを受け、被災者の復旧支援活動を展開するための災害VCを設置しました。防災科研は、同センターにて、平時より研究開発してきたeコミュニティ・プラットフォームを基盤にした情報共有ポータルサイトとWebGISマップツールを立ち

上げ、被災者からのニーズと支援活動の情報管理を行いました。また、同市社協の通常業務である被災者の継続的なケアに今後も役立てられるよう、要支援者データベースを構築する試みも実施しました。

社会防災研究部門の水井良暢特別技術員は、「台風被害地域の『よりよい復旧・復興 (Build Back Better)』を祈念するとともに、災害時に役立てられる平時からの情報共有・運用の仕組みに関して、これからも協働型で研究開発をさらに積極的に進めてまいります。」と語っています。



災害ボランティアセンター



大判印刷マップ



運営者夕方ミーティング

ぎゅっとぼうさい博! 2018

平成30年1月27日(土)、池袋サンシャインシティにて、ぎゅっとぼうさい博! 2018が開催されました。

ぎゅっとぼうさい博!は、1日でぎゅっと防災・減災が身につく博覧会です。防災科研は昨年度に引き続き、今回も参加しました。

今回は、Dr.ナダレンジャーの自然災害科学実験ショーやEーディフェンスの実験VR体験

の他に、首都圏レジリエンスプロジェクトやレジリエント防災・減災研究推進センター、気象災害軽減イノベーションセンター、そして地域防災対策支援研究プロジェクトの取り組みについて紹介を行いました。

当日は、約4,800名の方にご来場いただき、文字どおりいろいろな防災に関する情報が紹介され、たいへん盛況な博覧会となりました。



展示会場の様子



Eーディフェンスの実験VR体験



シンポジウム会場の様子

第22回「震災対策技術展」横浜

平成30年2月8日(木)～9日(金)にパシフィコ横浜で第22回「震災対策技術展」横浜が開催されました。

防災科研はセミナーと展示会へのブース出展を行いました。

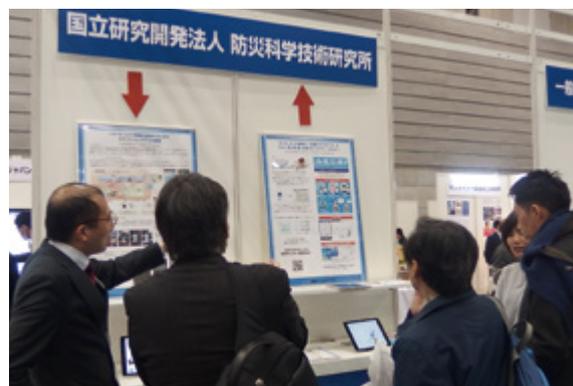
セミナーでは「レジリエンス・イノベーション2035」と題し、林春男理事長が講演を行い、多くの方が聴講されました。

ブース出展では、レジリエントな防災・減災機能の強化、気象災害軽減イノベーションセンター、地震ハザードステーションの取り組みやJ-SHIS、ふるりポ!等のアプリケーションを紹介しました。

2日間で18,657名の来場者を数え、多くの方に防災科研の取り組みを紹介をすることができました。



ブース出展の様子



J-SHIS、ふるりポ! 紹介の様子

第13回 成果発表会を開催しました

平成30年2月7日(水)、丸ビルホールにて、第13回成果発表会を開催しました。

関係省庁、民間企業、一般の方々など300名近くの方々にご参加をいただきました。

また、成果発表会には、文部科学省研究開発局 佐伯浩治局長らに列席いただきました。

講演前半は、気象災害を主なテーマとした「平成29年7月九州北部豪雨について」「2017年3月27日に栃木県那須町で発生した雪崩災害に関する調査研究」、今年度より新たに設置された「首都圏を中心としたレジリエンス総合プロジェクトの取組み」の3講演を行いました。

講演の間に行ったポスター発表は、総数72枚の展示があり、参加者と研究者で活発に話し合われる様子が見られました。

講演後半では、長年の研究成果が評価され、防災功労者内閣総理大臣表彰、文部科学大臣表彰の受賞につながった3名の受賞者により

「災害対応支援のための情報共有及び利活用基盤の開発」「地震防災のための共通情報基盤の構築を目指して」「首都圏の地震防災力の向上を目指して」の3講演を行いました。

参加者から質疑応答をいただくなど、各講演共に盛況に行われました。

なお、講演ポスター概要集は、webページよりご覧いただくことができます。

<http://www.bosai.go.jp/study/publish/>



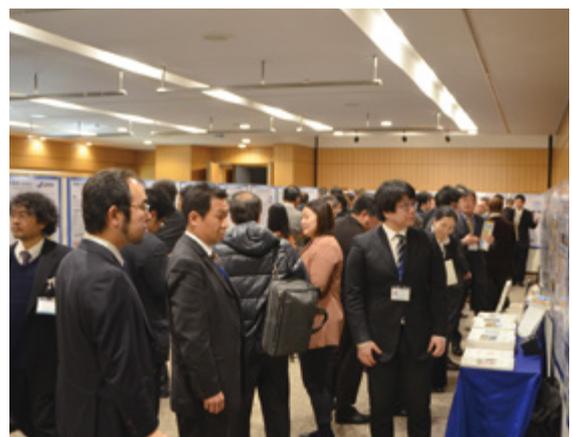
開会挨拶
林理事長



来賓挨拶
文部科学省 佐伯局長



講演の様子



ポスター発表の様子

編集・発行



国立研究開発法人 防災科学技術研究所

〒305-0006 茨城県つくば市天王台3-1 企画部広報課

TEL.029-863-7768 FAX.029-863-7699

URL : <http://www.bosai.go.jp/> e-mail : k-news@bosai.go.jp

発行日

2018年3月20日発行 ※防災科研ニュースはWebでもご覧いただけます。