

2019年
6月号NEWS
LETTERIEVG ニュースレター
Vol.6 No.2

[特集]

産総研つくばセンター 2019年一般公開における展示の紹介

産総研では、広く一般の方々に我々の日頃の研究成果に接して頂くために、毎年夏休みの土曜日につくばセンターの一般公開を開催しています。本年度は7月20日（土）に開催の予定です。一般公開では、研究者が成果を分かりやすく説明すると同時に、来場された方々に実際に簡単な実験を体験して頂く企画も行われます。一般公開では、当研究部門からも以下にご紹介するように5つの体験デモを出展する予定です。地震や火山について楽しみながら学ぶことのできる良い機会ですので、ご来場頂ければ幸いです。一般公開の全容については、



産総研ホームページ (<https://www.aist.go.jp/tsukuba/ja/pr/2019/>) をご覧下さい。

1. チャレンジコーナー 「地震が起きるようすを目の前で見よう」の見どころ

本コーナーは岩石の破壊実験を通して、ミニ地震の発生を目で見て、音で聞いて、岩石を壊すための力の変化を感じ、地震とは地下深くの岩石の破壊の衝撃が波になって地表を揺らす現象であると、体感的に理解していただくことを目的としています。実験では岩石や岩石に似た性質を持つコンクリートブロックを試料に、手漕ぎポンプで力を加えて壊します。ご希望の方には実際に手押しポンプを漕いで試料に力をかけていただきます。力を加えていくと内部で小さな破壊とそれに伴うミニ地震が発生します。これらミニ地震をセンサーで検知して波を

Contents

- 01 特集 産総研つくばセンター 2019年一般公開における展示の紹介
- 05 新人研究紹介 比抵抗構造調査に基づいた“噴気と温泉水”の研究…… 関 香織
- 08 2019年度新人紹介
- 09 外部委員会活動報告 2019年4月～5月

モニターに表示するとともに、ミニ地震の発生のために短いブザー音でお知らせしています。破壊が進むにつれてブザー音が頻繁に鳴る様子を体験してください。また、今年は地下の岩盤の変形を精密に計測する装置（ひずみ計）のデモ実験を新たに行います。硬い岩石に少し触れるだけでおこる、わずかな変形を検出できるその感度に驚くこと間違いなしです。

例年の傾向で、開催日午前中は来場者も比較的に少なく、すいております。この時間帯にお越しの来場者には破壊実験をじっくり取り組んでいただけるのですが、午後、特に2時以降は来場者も多くなり、行列ができてしまいます。じっくりと実験に取り組みたい方は午前中お早めにお越しいただくのがおすすめです。

実験はB会場・第7事業所1階ロビーにて行います。皆様のお越しをお待ちしております。

(文責：地震テクトニクス研究グループ 高橋美紀 Bart Verberne, 地震地下水研究グループ 板場智史, 地圏資源環境研究部門 地圏メカニクス研究グループ 北村真奈美)



過去の一般公開での様子。ミニ地震を検知したセンサーの波形をモニターに映しています。どんなふうに岩石が壊れるか、みなさん興味津々です。

2. チャレンジコーナー 「地面のゆれの大きさを測ろう！」の見どころ

同じ地震でも、はかる場所によってゆれの大きさやゆれ方は異なります。震源の近くや、やわらかい地盤の上では大きくゆれるはずですが、本当でしょうか？この実験では自分で小さな地震を起こして、実際に確認してみましょう。

一つ目の実験は、地面を木槌でたたいて地震を起こす実験です。地震といってもとても小さなものですが、本物の地震計を使えばゆれをとらえることができます。たたく場所のすぐそばと少し離れたところに置いた地震計ではどれくらいゆれの大きさが異なるのか、画面上で見比べてみましょう。元気な人は、地震計のそばでジャンプしてみてもかまいません。飛び方によって地震計の記録が異なることもわかります。

二つ目の実験は、木製のかたい地盤とスポンジ製のやわらかい地盤の模型を同時にゆらす実験です(写真)。かたい地盤とやわらかい地盤はどちらがゆれやすいのか、特製の模型のハンドルを回して確かめてみましょう。それぞれの地盤の上には振動計を付けてありますから、ゆれの大きさだけでなくゆれ方の違いもわかるかもしれません。ガタガタゆれるのか、ユサユサゆれるのか、振動計の波形を見比べてみましょう。

どちらの実験もB会場前の広場で休みなく行っています。ぜひお立ち寄りください。

(文責：地震地下水研究グループ 落 唯史)



装置の台の下についている白色のハンドルを回すと、木製とスポンジ製の地盤を同時に揺らすことができます。

3. チャレンジコーナー 「噴火にチャレンジ!」 の見どころ

世界には約1500の活火山があり、毎年世界のどこかで火山の噴火があります。日本では、最近では御嶽山で2014年に水蒸気噴火があり、63名の犠牲者がでています。1792年の雲仙では眉山の崩壊で、津波が発生し15,000名の犠牲者がでています。火山災害の犠牲者を最小限にするためには、火山の噴火がどのようにして起こるのかを理解することが大切です。しかし、火山の地下にあるマグマだまりからどのようにして、マグマが上昇し、地表にでてくるのか、そのプロセスを直接観察することは難しいのが現状です。そこで、今回のチャレンジコーナーでは、身近な材料を使った噴火実験をいくつか用意しました。産総研が開発した「シースルー火山」では、ペットボトルとビニール袋、重曹、クエン酸、台所洗剤を使った実験を行います。火山の噴火では、“発泡”が重要です。重曹とクエン酸を混ぜることで、炭酸の泡が発生し、ペットボトルの蓋に開けた穴から勢いよく吹き出します。重曹、クエン酸、洗剤の量のちょっとした違いで、高さ5メートル以上の爆発的な噴火になることもありますし、溶岩のようにゆっくりと流れ下る穏やかな噴火になることもあります。また、ポン菓子装置を使った発泡実験や、ゼラチンを使ったマグマの上昇実験、小麦粉を使ったカルデラ陥没実験、実際の噴火の映像、顕微鏡によるきれいな火山灰の観察コーナーも用意しています。夏休みの自由研究の題材にも役立つ



2018年のシースルー火山の噴火実験の様子。うまく噴火させられるかな？

つかも知れません。お土産も用意していますので、ぜひ地質標本館前のB会場にお越しください。

(文責：大規模噴火研究グループ 宝田晋治)

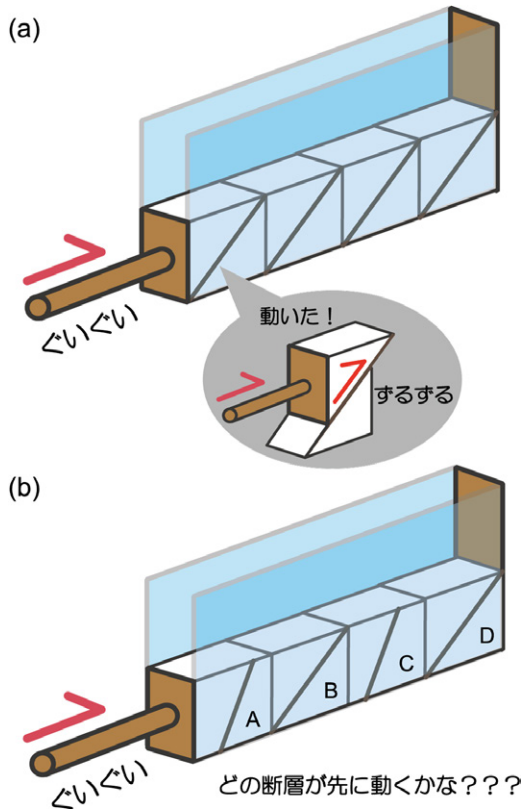
4. チャレンジコーナー 「模型実験で断層の動きを観察してみよう」の見どころ

私たちは、模型を使って、断層面の姿勢の違いが断層の動きやすさに影響する様子を観察するアナログ実験を企画しています。実際に模型を横から押してみることによって、「どんな姿勢の断層がどのように動くのか」、を来客者の皆さんに体験していただくのがこのブースでの目的です。

断層面の姿勢、とくに傾斜が変化することで、断層の動きやすさが変化します(この動きやすさのことを「スリップテンデンス」と言います)。そこで、地下の断層面の傾斜の違いが断層の動きやすさに影響を与えることを視覚的に理解しやすいように、色々な角度で二つに切ったキューブ状の発砲スチロールを透明ケースに敷き詰めた模型を作成します。そして、この模型をある方向から押した時に傾斜が緩い断層が動きやすく、傾斜が急な断層が動きにくいことを、来客者の皆さんに実感していただくというのがねらいです。また、傾斜が急な断層でも、断層面に「潤滑剤」を塗ることで簡単に断層が活動しやすくなる様子も体験していただく予定です。

私たちが日常生活をしている日本列島の地下には、多くの断層が存在します。現在活動をしている断層は「活断層」として地表で観察できることもあります。地下に、どんな傾斜の断層が存在すると、活動しやすいのか、もしくは活動しにくいのか、を今回の模型で触れることが出来ます。私たちのグループでは、断層面に働く力(応力)や断層の傾斜を調べて、断層の活動しやすさを研究しています。一般公開当日では、模型を動かしながら、断層の活動のしやすさについて来客者の皆さんとお話できればと考えています。

(文責：地質変動研究グループ 大坪 誠)



模型実験のイメージ。(a) 45°の傾斜をもつ断層を想定した模型の例。横から「ぐいぐい」と押すと断層が逆断層として「ずるずる」と動きます。(b) 傾斜を変えた場合の例。この場合はどの断層が先に動くでしょうか？

5. サイエンスコーナー「地震を見る！地震を聴く！」の見どころ

本コーナーのテーマは、地震のデータを画像や動画にする「可視化」と音にする「可聴化」です。

可視化パートでは、我々が住む関東地方の下にある断層やプレートの姿を地震の分布という形でご覧いただきます。3次元動画と3Dプリンタを使って作った震源模型をご用意いたしました（写真参照）。そのほか、2016年熊本地震や2014年長野県北部の地震に伴う小さい地震の分布も動画でご覧いただきます。

可聴化パートでは、2011年東北地方太平洋沖地震の際に記録された地震波形データを音と動画にしたものを視聴していただきます。これは4年前から出展しているもので、定番になってきました。ちょっと音を聴いていただくと、日本全国への地震波の広がりを感じていただけます。隠れた別の地震も見つかるかもしれません。

（文責：地震テクトニクス研究グループ 内出崇彦）



3Dプリンタを使って作成した九州地方から関東地方にかけての立体震源模型。

関 香織 (マグマ活動研究グループ)

はじめに

日本の国土面積は、世界の0.25%であるのに対し、活火山は世界の約7%も存在する、日本は“火山大国”です。そのため最近では令和となった5月1日以降、吾妻山や箱根山の噴火警戒レベルが2へ引き上げられたり、阿蘇山では5月17日から20日まで噴煙があがったりなど、火山に関連したニュースを見る機会も多くありました。そんな火山大国日本であるが故に、私も大好きな“温泉”がたくさん存在しています。そんな火山と温泉、そして温泉を作る火山ガスに関する私の研究を紹介させていただきます。

火山の噴出物である“噴気と温泉”

そもそも“温泉”とは何を指すのでしょうか。日本の法律上では、昭和23年に制定された“温泉法”により、温泉が定義されています。そこでは、温泉源から採取される際の温度が25℃以上、または、ある定められた物質の19項目（例えば、ガス性のものを除いた溶存物質、水素イオンや硫黄など）のうち、いずれか一つが規定量以上含まれていれば、“温泉”と定義されます。温泉は、温度やpH・化学成分などにより特徴付けられ、これらは、脱衣場等に掲示されている、源泉名や温泉の成分が記載された“温泉分析書”で確認することができます。

温泉は、化学成分やpH等の特徴から決められる“泉質”と呼ばれる分類がなされており、例えば、単純温泉や塩化物泉などは、よく見られる泉質のひとつです。しかし、これらは温泉の起源について、言及していません。それでは、温泉はどのように地下で生成されるのでしょうか。

温泉の形成に必要な要素は、温泉の定義からもわかるとは思いますが、“水”と“熱”と“物質”です。

火山には、高温のマグマが存在し、火山ガスを放出しています。これらが主に、熱や物質をもたらし、循環する天水に溶け込んで、温泉を形成し、“火山性温泉”として分類されます。日本に多くの火山があるということは、それだけ多くの火山性温泉が存在するという事です。

2019年4月号の新人研究紹介では、南祐介さんが“火山”と“水”のはなし」というタイトルで、それら2つが関係する“水蒸気噴火”という現象を紹介しました。水蒸気噴火は、国内外で数多く発生しているにも拘らず、そのメカニズムは未だ十分には理解されていません。南さんは、水蒸気噴火という現象を、その固形噴出物から研究しています。しかし、火山が地下から運んでくる物質は、火山灰や溶岩だけではなく、温泉水やその元となる火山ガスもあります。私は、温泉水や火山ガスを採取し、水蒸気噴火が発生する場と考えられている、火山体浅部に存在する“熱水系”を研究しています。

立山地獄谷の研究

立山火山（弥陀ヶ原）は、飛騨山脈の北部に位置する活火山です。弥陀ヶ原は、令和元年5月30日14時より、噴火警戒レベルの運用が開始されました。弥陀ヶ原で想定されている火口は、現在も噴気・温泉活動が活発な“地獄谷”と呼ばれている場所です（写真1）。地獄谷は、4万年前以降、繰り返し発生した水蒸気噴火により形成されたと考えられています（原山ほか、2000）。地獄谷は、年間100万人を超える観光客や登山者で賑わう立山・黒部アルペンルートの要所である室堂ターミナルから1kmも離れておらず、ひとたび水蒸気噴火が発生すれば、その被害は甚大になってしまうかもしれません。

噴気や温泉は、固形の火山灰等の噴出物と違い、定常的に火山が放出している物質であるため、定期的に採取し、分析することができます(写真2)。私は2014年から2018年まで、年に1度のペースで、温泉水・噴気を採取・分析をしてきました(図1)。地下深くに存在するマグマ溜りから放出された火山ガスは、地下水と混合したり、気液分離したりなど、様々なプロセスを経て、地表にガスとして噴出したり、または一部は温泉となって湧出します。熱水や粘土は電気が流れやすく、岩石は電気が流れにくい性質を持つので、火山の地下構造を調べるために、地下の電気の流れ易さの分布を明らかにする、比抵抗構造調査がしばしば行われます。図2は、地獄谷を南西-北東に横断する比抵抗構造の断面図です(Seki et al., 2016)。地獄谷の直下には、比抵抗値の小さい領域(図2中の赤色部分)が広がり、



写真1 地獄谷とその噴気地帯(2017年9月撮影)。



写真2 地獄谷で噴気を採取する様子(2018年8月撮影)。チタン性のパイプを噴気孔の中に差し込んで、噴気を採取します。噴気孔周囲には硫黄が析出して小さな煙突状になっています。

熱水や粘土の存在が示唆されるため、地獄谷の熱水系は深さ約500mまで発達していることがわかります。

これに対し噴気や温泉水の化学成分や同位体比を分析すると、熱水系でどのようなことが起きているのか、読み解くことができます。図3は、地獄谷の噴気の化学組成のうち、HCl, CO₂, そしてSO₂とH₂Sを足し合わせた硫黄成分(Stotal)の相対比を表した三角図です。狭い地獄谷の中で採取した噴気でも、その化学組成は大きく違っている試料があります。例えば、HClが多く含まれる噴気(J1)もあれば、HClをほとんど含まない噴気も見られま

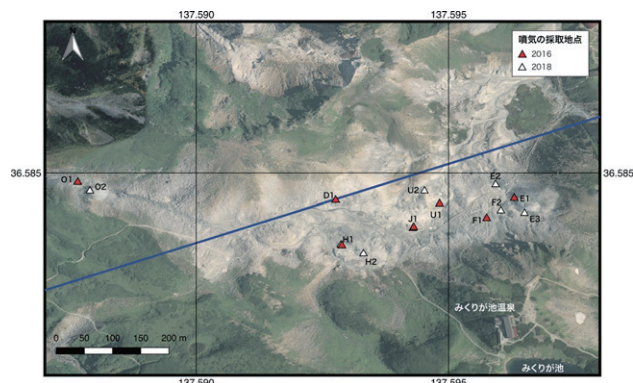


図1 地獄谷の噴気の採取地点。国土地理院の航空写真を使用し、QGISで作成した。図中の青い線は、図2中の比抵抗構造の断面図の一部を示しています。地獄谷の中は、多くの名前がついており、例えばJ1あたりの噴気地帯は“鍛冶屋地獄”、H1-H2あたりの地獄は百姓地獄と呼ばれています。

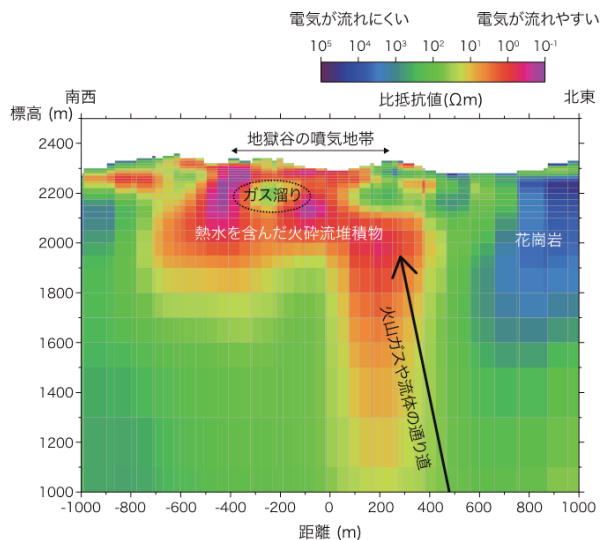


図2 地獄谷の比抵抗構造(Seki et al., 2016を一部改変)。

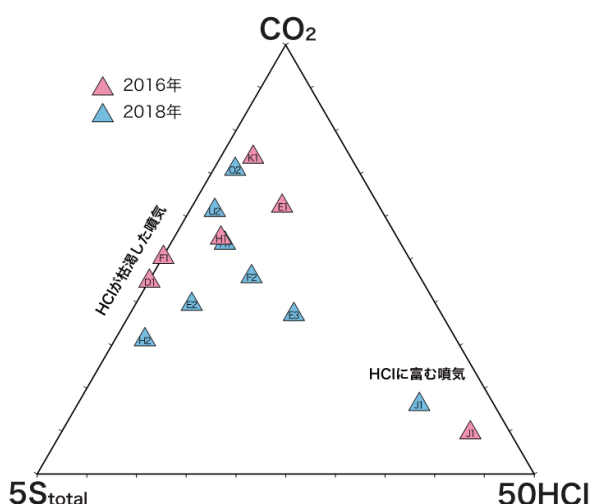


図3 噴気のCO₂-S_{total}-HClの相対比. Seki et al. (2018)のデータを一部引用した。

す。HClは水に溶けやすい特徴や、高温で気液分離すると気相に多く分配される特徴があります。また、HClやSO₂は、マグマから供給される、代表的な火山ガスのマグマ性成分です。試料採取を行った5年間の温泉水のCl⁻、SO₄²⁻濃度の変化を見てみると、J1の噴気を採取した近傍から湧出する温泉は、Cl⁻濃度が大きく変化していることがわかりました(Seki et al., 2019)。この変化は、気液分離した際の温度の変化が原因で、地獄谷のJ1の噴気の地下に、気液分離した気相の部分、つまりガスが溜るポケットのようなものが存在することが示唆されます。

ガスは電気抵抗が大きいので、岩石中にガスが含まれると比抵抗値が大きくなります。図2中の比抵抗値が一部大きくなっている部分は、ガスが溜まっている領域と考えられるので、比抵抗構造からもガス溜りの存在が示唆されます。人工衛星を用いて地面までの距離を測定し、地表面の小さな変動を捉えることができるInSAR解析により、地獄谷では2007年から2010年の期間に、年間最大4cmの膨張が観測されました(Kobayashi, 2018)。この膨張源は、J1の噴気が採取された地点の直下、深さ50mほどの場所で、比抵抗構造で推定されたガス溜りの上端に位置していました。水蒸気噴火は、

地下浅所で水が急激に相転移し、周囲の岩石などを吹き飛ばし発生する噴火なので(例えば、及川ほか, 2018)、地下浅所に存在している水の温度や圧力の状態を知ることは、水蒸気噴火に至る準備過程を評価する上で重要な指標になります。このガスの溜りの変化を注意深くモニタリングすることが、水蒸気噴火の予知に繋がると考え、今後も温泉水や噴気を採取し、火山活動の変化を追っていく予定です。

この様に火山ガスから生じている地獄谷の温泉も、地獄谷周辺の山小屋で実際に入浴することが可能です。火山活動が活発であるため、地獄谷の遊歩道は現在、立ち入り禁止になっていますが、周囲の登山道から地獄谷を観察することができます。訪れる際は、火山ガス等に十分注意する必要がありますが、立山火山の美しい山々と、活発な地獄谷の噴気地帯は、火山活動を身近に感じさせる眺めです。以前に、啓発資料“立山地獄谷 地熱活動のひみつを探る”を作成しており(立山地獄谷地熱流体研究グループ編, 2016; 引用文献欄にリンク先あり)、大人から子供まで、立山火山について学ぶことができる資料が公開されています。私の研究成果等も含まれているので、訪れる際はぜひご活用ください。

おわりに

今回の新人研究紹介では、火山の温泉水とそれを作る火山ガスに関する研究を、特に立山地獄谷を例に述べました。硫黄くさい温泉水も、火山の地下深くのマグマからもたらされた火山ガスによって作られたらと思うと、わくわくしませんか。これから温泉に入る際は、ぜひ温泉分析書を見て、どのような特徴の温泉で、火山を起源に持つのかどうか、地球と火山の活動に思いを馳せてはどうでしょうか。きっと温泉に入るのがもっと楽しくなるかと思います。

引用文献

及川輝樹, 大場 司, 藤縄明彦, 佐々木 寿 (2018) 水蒸気噴火の地質学的研究, 地質学雑誌, 124:4, 231-250.

立山地獄谷地熱流体研究グループ編 (2016) 啓発資料「立山地獄谷 地熱活動のひみつを探る」, <http://www.tatecal.or.jp/tatecal/stuff/tanbo/tateyama-jigokudani.html>

原山 智, 高橋 浩, 中野 俊, 荻谷愛彦, 駒澤正夫 (2000) 立山地域の地質 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 218p.

Kobayashi, T. (2018) Locally distributed ground deformation in an area of potential phreatic eruption, Midagahara volcano, Japan, detected by single-look-based InSAR time series analysis, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 357, 213-223.

Seki, K., Kanda, W., Tanbo, T., Ohba, T., Ogawa, Y., Takakura, S., Nogami, K., Ushioda, M., Suzuki, A., Saito, Z., Matsunaga, Y. (2016) Resistivity structure and geochemistry of the Jigokudani Valley hydrothermal system, Mt. Tateyama, Japan, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 325, 15-26.

Seki, K., Ohba, T., Aoyama, S., Ueno, Y., Sumino, H., Kanda, W., Yaguchi, M., Tanbo, T. (2019) Variations in thermal state revealed by the geochemistry of fumarolic gases and hot-spring waters of the Tateyama volcanic hydrothermal system, Japan, *Bulletin of Volcanology*, 81: 8.

2019年度 新人紹介

マグマ活動研究グループ

中谷貴之 Takayuki Nakatani

2019年5月よりマグマ活動研究グループに配属されました中谷貴之です。2016年に東北大学で博士号を取得後、2年半ポスドクとして東北大学で研究を続け、今回産総研にプロジェクト型研究員として採用されました。



これまでの、主に固体圧の高温高压発生装置を用いて、地下30-60kmの前弧マントル相当の圧力条件下で、蛇紋岩化実験を行ってきました。蛇紋岩化とは、マントル岩石を構成するかんらん石や輝石が、700℃以下の低温条件下で水流体と反応し、蛇紋石などの含水鉱物を形成する加水反応のことを指します。蛇紋石は12-13 wt%の水を結晶構造中に含むため、沈み込み帯における水循環様式を大きく左右するとともに、その特異な物性から、物理観測結

果の解釈をするうえでも重要だと考えられています。今まで、海洋底相当の低圧条件下で蛇紋岩化実験が数多く行われてきましたが、沈み込み帯深部に相当する高圧条件の実験は、蛇紋岩の脱水実験に限られ、蛇紋岩を作る加水反応実験は行われてきませんでした。そこで私は、高圧下で蛇紋岩化実験を行い、蛇紋岩化が進行する速度や反応の素過程を制約することで、今まで考慮されてこなかった反応のカイネティクスを組みこんだ沈み込み帯前弧域の水循環モデルや地震波トモグラフィデータの解釈を提案してきました。

産総研では、ガス圧式の高温高压発生装置を用いて、過去にカルデラ噴火を起こした火山のマグマだまりの物理化学条件の推定を目指します。偉大な先人たちの知恵が詰まったマグマの実験を通じて、実験技術を磨き、新たな研究にチャレンジしたいと考えております。皆様、どうぞよろしく願いいたします。

外部委員会等 活動報告 (2019年4月～5月)

2019年4月5日

南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会、地震防災対策強化地域判定会（松本（則）、板場出席 / 気象庁）

各機関の最近1ヶ月の観測データを持ち寄り、南海トラフ沿いの地震に関する地殻活動モニタリングの評価検討を行った。

2019年4月9日

地震調査委員会（宮下、岡村出席 / 文科省）
3月の地震活動の評価

2019年4月11日

地震調査委員会長期評価部会活断層分科会（近藤出席 / 文科省）

中日本地域の活断層評価等について

2019年4月19日

東京都環境影響評価審議会第二部会（宮越出席 / 都庁）

2019年4月26日

東京都環境影響評価審議会総会（宮越出席 / 都庁）

2019年5月13日

地震調査委員会長期評価部会活断層分科会（近藤出席 / 文科省）

中日本地域の活断層評価等について

2019年5月13日

南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会、地震防災対策強化地域判定会（松本（則）、板場出席 / 気象庁）

各機関の最近1ヶ月の観測データを持ち寄り、南海トラフ沿いの地震に関する地殻活動モニタリングの評価検討を行った。

2019年5月16日

東京都環境影響評価審議会第二部会（宮越出席 / 都庁）

2019年5月17日

東京都環境影響評価審議会総会（宮越出席 / 都庁）

2019年5月29日

東京都環境影響評価審議会総会（宮越出席 / 新宿NSビル会議室）

IEVG ニュースレター Vol.6 No.2 (通巻32号)

2019年6月発行

発行・編集 国立研究開発法人 産業技術総合研究所
活断層・火山研究部門
編集担当 黒坂朗子

問い合わせ 〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1 中央第7

Tel: 029-861-3691 Fax: 029-861-3803

URL <https://unit.aist.go.jp/ievg/index.html>