



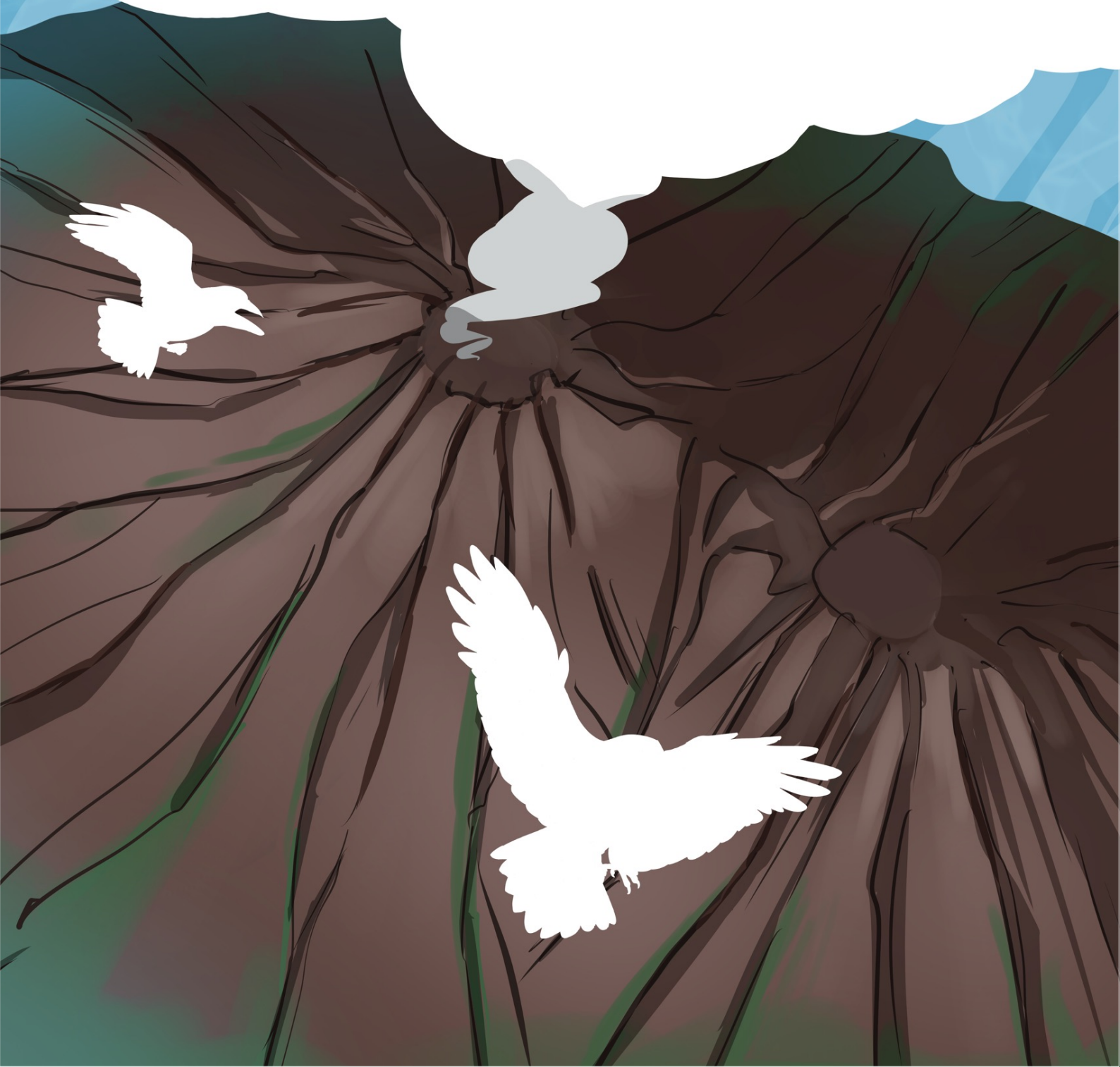
第30回公開講座
特定非営利活動法人 日本火山学会 主催

親子で火山実験

桜島のいろいろな噴火をみてみよう！

日時：2023年10月21日 13:00～16:00

会場：桜島フェリーターミナル コミュニティスペース
溶岩なぎさ公園





桜島ってどんな火山？

桜島の不思議

桜島は鹿児島県の本土中央にある標高が1,117メートルの火山です。北岳と南岳の2つの頂上があります。70年近く噴火を繰り返している世界で最も活動的な火山の1つです。桜島は元々は名前の通り「島」でしたが、1914年の大噴火（大正噴火）で流れ出た溶岩によって海が埋め立てられて大隅半島と陸続きとなりました。この噴火は、私たちが普段目にする噴火の1万倍も大きな噴火でした。桜島は、このような大噴火を何回もおこしていることが分かっています。桜島はどんな火山なのか、その不思議にせまってみましょう。

錦江湾の北側部分（湾奥部）を作った巨大噴火

今からおよそ3万年前、今の錦江湾の奥部で1914年の大噴火に比べてさらに数100倍大きな噴火が起こりました。この巨大噴火で軽石が積もって出来たのがシラス台地です。周辺部は最大で100メートル以上も埋まったほどでした。大地には大きな穴が空き、今の錦江湾の北側部分（湾奥部）の形が出来ました。火山の噴火で出来た大きな穴をカルデラと言い、この噴火でできた穴は始良カルデラと呼ばれます。大きな穴に水が入り込んできて、とても深い海が出来ました。これが今の錦江湾奥部で、現在は豊かな海の生態系を支えています。



図1 城山から見た桜島火山。桜島の周りを錦江湾が囲んでいます。



図2 桜島と大隅半島が繋がった様子。溶岩で海峡が埋め立てられました。（山口鎌次さん撮影）



図4 巨大噴火でできた大きな穴が豊かな海を作りました。



図5 シラスでできた崖の様子。軽石が100メートル以上降り積もりました。下に人が立っています。



図3 1914年の大噴火（大正噴火）の様子。桜島全体から噴煙が上がっています。（山口鎌次さん撮影）

桜島の成り立ち

今から2万6千年前に巨大噴火でできた大きな穴の南の縁に新しく火山が出来ました。これが、桜島の最初の活動です。大噴火では、火山灰だけではなく軽石や溶岩が出てきます。桜島では、このような大噴火が今まで17回おこった事が分かっています。北岳はおよそ5千年前まで活動していました。北岳の大噴火は5千年前まで続きました。そして、およそ4千5百年前になると、南岳の活動がはじまりました。南岳の活動は今も続いています。

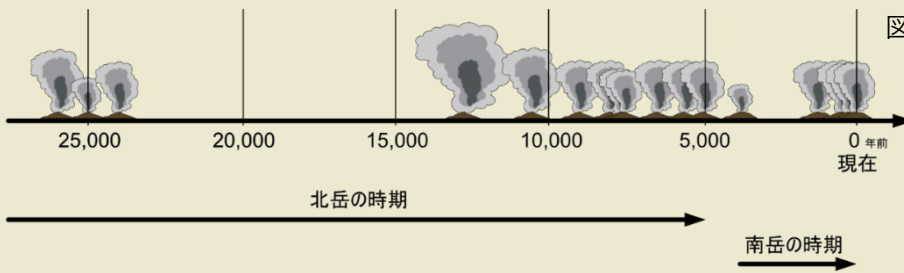


図6 鹿児島市吉野周辺で見られる軽石の層。大噴火では、火山灰だけではなく軽石がたくさん出ます。17回の大噴火で何度も軽石が周辺を覆いました。

図7 桜島の大噴火の歴史。これまでに17回の大噴火を繰り返しました。2万6千年前から5千年前までは北岳が、4千6百年前から現在までは南岳が活動しています。1914年噴火(大正噴火)はそのうちの1つです。

桜島と人々の暮らし

桜島には縄文時代から人々が暮らしていた事が分かっています。そして、現在はおおよそ3千4百人の人々が暮らしています。これほど活発な活火山の近くにどうして人々は暮らしてきたのでしょうか？火山の噴火でできた錦江湾奥部は、200m以上の深さを持ち、およそ千種類の魚やイルカの群れが生息しています。これほど豊かで波が穏やかな内湾を持つ海で私たちは古くから漁業を行ってきました。また、桜島は溶岩や軽石、火山灰などでできています。水はけが良いのが特徴です。この特徴を活かして、桜島では香り高く甘みの強い「桜島小みかん」や、大ぶりで旨味の強い「桜島大根」などの農作物が伝統的に作られてきました。この様な桜島の恵みを受けて、私たちは豊かに暮らしているのでしょう。

まとめ

およそ3万年前に始良カルデラが巨大な噴火をして錦江湾が誕生しました。そして、およそ2万6千年前には桜島が誕生しました。その後、今も活動している南岳が活動を始め、今も私たちの身近に豊かな錦江湾や桜島があります。私たちは厳しい噴火の災害にあいながらも、豊かな自然を活かして暮らしています。



図8 桜島小みかんの収穫の様子。火山でできた大地の特徴を活かして豊作を迎えました。

桜島火山における観測

1 日本の火山観測の始まりと多様な観測

日本における火山観測は、1888年磐梯山噴火後に帝国大学（現在の東京大学）の関谷清景が地震計を持ち込んで地震観測を始めたのが始まりです。日本においては19世紀の終わり頃から20世紀の始めにかけて各地の気象台に地震計が設置され、日本の地震観測が始まりました。その間に、1910年（明治43年）有珠山噴火に前駆する地震が札幌の測候所の地震計によって記録されました。そして、1914年（大正3年）桜島噴火においては鹿児島測候所の地震計によって噴火の数日前から起こっていた地震と噴火最中に起こったマグニチュード7.1の桜島地震が記録されました。このように、火山の観測は地震観測から始まったと言えます。また、桜島の大正噴火の前後においては鹿児島湾沿いの道路沿いの測量結果から噴火によって地盤が沈降していたことが明らかになりました。これは、噴火によってマグマ溜まりの収縮を示唆する観測結果を得た世界で最初の研究でした。その後、地震および地盤変動の観測は火山観測の基本となりました。

一方、火山現象は多様なため地震や地盤変動だけでなく多様な観測を火山で行います。例えば、火口周辺は高温であり火山ガスが放出しています。そのため、熱やガスの観測が行われています。また、地下水や岩石の熔融を把握するために電磁気観測が行われています。さらに、噴火時に発生するインフラサウンド（超低周波音）といった音波の観測も行われています。

2 桜島における黎明期の火山観測

桜島の火山観測において主要な役割を果たしているのは京都大学防災研究所の桜島火山観測所です。桜島火山観測所は1960年12月に設立され、1962年10月末に最初の観測所本館（ハルタ山）が開所しました。ハルタ山は南岳山頂火口から北西に3 kmのところにあります。

この時の地震観測は観測所から電線を2 km延長して3箇所にて行われ、煤書きにて地震が記録されました。そのため、動物や落雷による断線などが頻繁に起こり、その都度修復をしていたようです。

また、ハルタ山には機械式地震計（図10）と微気圧計（図11）が設置され、60年経過した現在でも稼働しています。

3 桜島における火山観測網の整備の歴史

1974年に始まった火山噴火予知計画によって、火山観測網の整備が行われました。

これにより桜島の山頂を取り囲むように地震観測点が整備され、データが観測所に集約され、地震の震源決定が行われるようになりました。そして、データ収録と震源決定の自動化を図るための計算機の導入を契機として、ハルタ山から現在の場所に桜島火山観測所が1978年に移転されました。この頃である1970年代後半から1980年代にかけては桜島の南岳の噴火が頻発し、大量の火山灰が火口から放出され、桜島に堆積するようになりました。そのため、降雨後に土石流災害が頻発しました。そのため、砂防および治山の工事が始まりました。その影響で、地震観測はノイズに悩まされることになりました。

そこで、桜島では深さ100–300mの観測井（ボアホール）が掘削され、地震計と傾斜計の設置が行われました。これが現在の桜島の火山観測網の原形となっています（図12）。



図10 ハルタ山に設置されている機械式上下動地震計（佐々式）。煤書きにて地震波形が記録される。



図11 ハルタ山に設置されている微気圧計（志田式）。煤書きにて気圧変化が記録される。

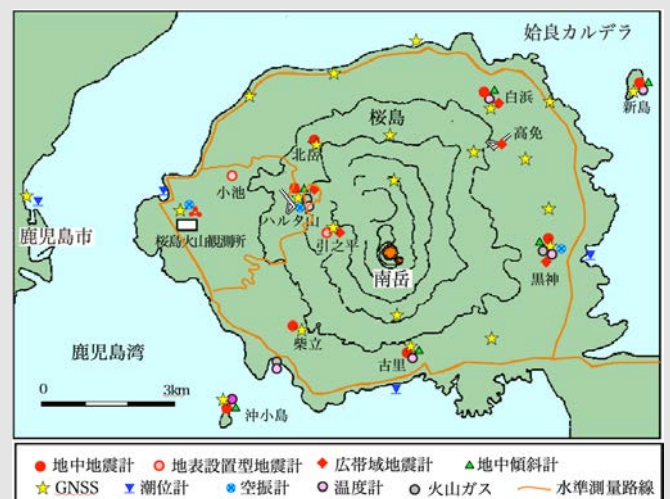


図12. 桜島の火山観測網

4 坑道による地盤変動の高感度観測

高感度かつ高精度で地盤変動を連続して測る機器として水管傾斜計と伸縮計があります。これらの機器は高感度かつ高精度ゆえに温度変化の影響を受けやすく、それゆえに地盤変動の測定のためには妨げとなります。

この問題を解決する方法は地中深くに水管傾斜計や伸縮計を入れることです。そのために建設されたのが観測坑道（トンネル）で、その長さは200メートルを超えます（図13）。観測坑道の内部の温度は設置した土地の年平均気温程度で保たれており、桜島では約19℃です。桜島では1985年にハルタ山に観測坑道が完成し、水管傾斜計、伸縮計、地震計が設置されました。この場所はハルタ山の観測所の真下にあたります（図12）。これらの機器によって、南岳の爆発（爆発的噴火）の70%にて前駆する火口方向の隆起を示す傾斜と伸長ひずみが観測されるようになりました。その後、2006年には南岳火口から南南東へ2 kmの距離にて観測坑道が完成しました。爆発に前駆する地盤変動が観測されることを利用して砂防作業の安全確保のために国土交通省が建設しました。そして、2016年に南岳山頂火口から北東に4 kmのところの高免に3箇所目の観測坑道が完成しました（図12）。これにより山頂を取り囲む観測坑道の配置が完成しました。3箇所目の観測坑道は、今後想定される桜島大正噴火クラスの大規模噴火に前駆して桜島北方から桜島に入ってくるマグマの移動をいち早く検知するために役に立てられます。

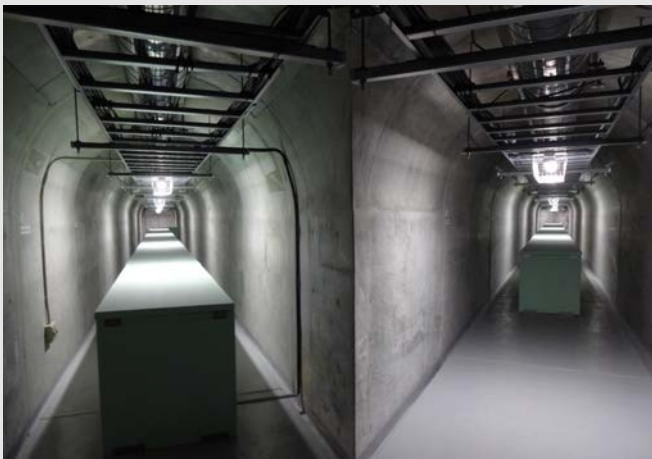


図13 観測坑道の内部の様子



図14 XバンドMPレーダー

5 桜島における多様な観測機器

火山観測は多種多様であると述べましたが、桜島はそれを明確に示している火山です。前述の地震観測と地盤変動観測に重きを置いていますが、これら以外にさまざまな観測も同時に行っています。連続的に行っている観測は以下の通りです。

- ①GNSSや潮位による地盤変動観測
 - ②XバンドMPレーダー、ライダーを用いた噴煙のリモートセンシング
 - ③火山ガスや温泉ガスの成分別観測
 - ④可視および熱カメラによる噴煙観測
 - ⑤マイクロフォンを用いたインフラサウンド観測
 - ⑥光学式ディスドロメータによる地上降灰量の観測。
- また、毎年同じ時期に以下のキャンペーン観測を行っています。
- ⑦水準測量、稠密GNSS測量
 - ⑧相対重力計、絶対重力による精密重力測定
 - ⑨人工地震および地球電磁気学的測定による火山体内部構造の決定

上記の観測は、多くの他の火山においても行われているものも多いです。しかし、桜島ならではの観測はレーザー（図14）、ライダー（図15）と光学式ディスドロメータ（図16）による観測です。これらは頻りに噴火している桜島だからこそできる観測で、噴火を遠隔もしくは火口から離れた地上でほぼリアルタイムで観測するという特徴があります。そのため、危険な火口に近づかず済むわけです。これらによって、噴火をリアルタイムで測るということに挑戦する研究が進められています。



図15 桜島火山観測所のライダー



図16 光学式ディスドロメータ



火山が噴火すると何が起きる？

火山が噴火すると、さまざまなことが起こります。下の図は、火山の噴火でどんなことが起きるのか代表的な現象を簡単にあらわしたものです。それぞれの出来事について簡単に説明しましょう。

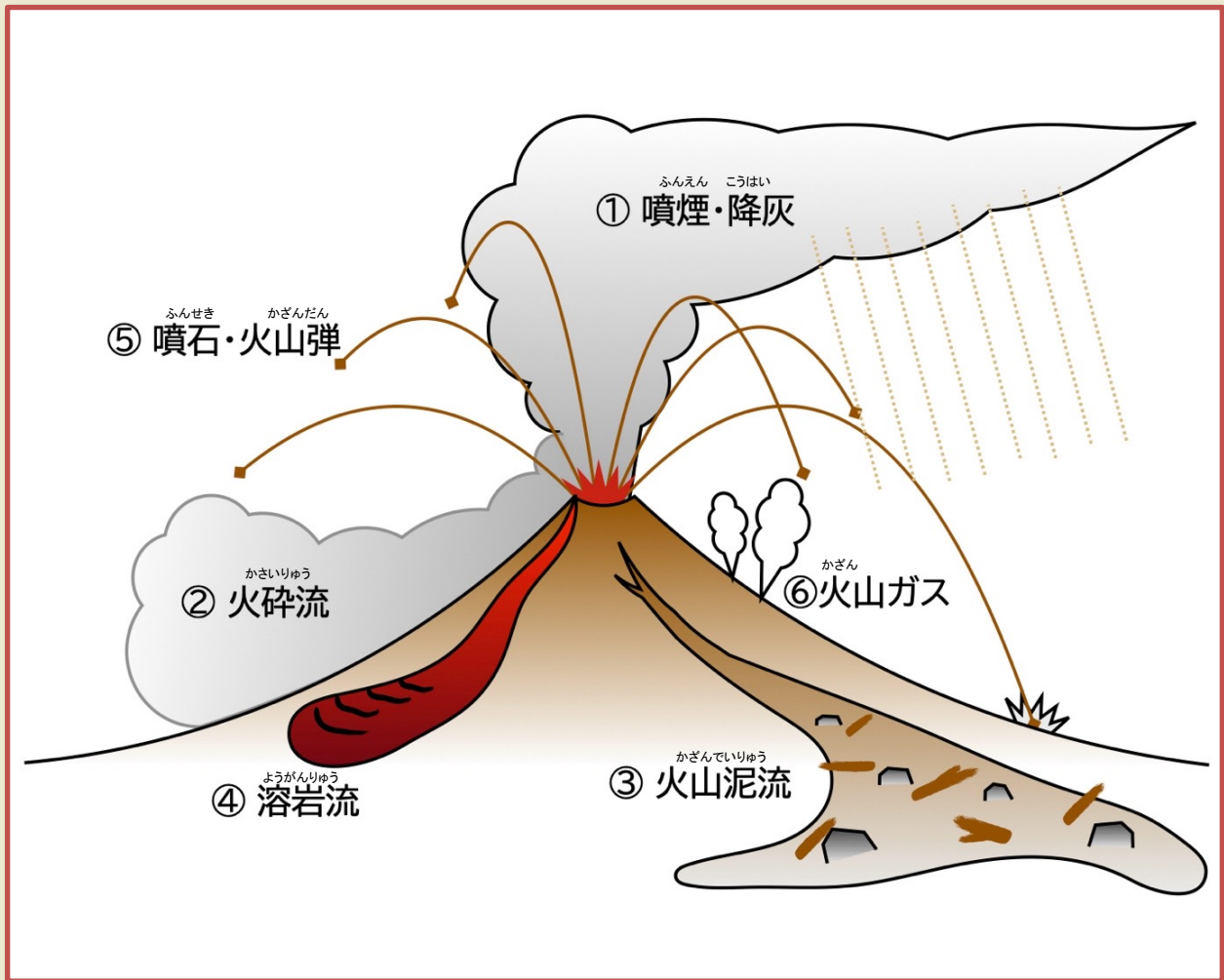


図9：火山の噴火ともなって起きる現象（全てではありません）

1. 噴煙と降灰

噴煙の正体は、噴火で出てきたマグマや山を作っていた岩石などが細かく砕かれた「火山灰」や、水蒸気や二酸化炭素などの「火山ガス」です。火山灰は、噴火の勢いやマグマの熱によって空高く噴き上げられ、上空の風によって風下に運ばれます。そして、空から火山灰が降ってくることを降灰と呼んでいます。降灰の量が多いと、農作物が傷ついたり枯れたりするといった悪影響もあります。また、人が直接吸い込んだり目に入ったりすると、肺や目を傷つけるので注意が必要です。

2. 火砕流

噴煙が空に吹き上がらず、火山灰やガスや岩塊が山の斜面を下ったり、山麓に広がったりする現象です。何百度もあるような火砕流が時速100kmを超える速さで襲ってくることもありますので、走って逃げることは不可能です。大きな噴火では数10kmも広がったり、少し高くなっている場所でも乗り越えて広がったりしますので、噴火が始まったら遠くに避難することが必要です。火山の災害の中でも最も注意が必要な危険な現象です。

3. 火山泥流

火山に積もっている火山灰や岩が、雨による水に削られ、その水と一緒に流れ下る現象です。また山頂近くの積雪が火砕流や溶岩流で溶けて、泥流を起こすこともあります。さらに雨や雪がなくても噴火とともに地下水が噴出して泥流となることもあります。沢に沿って流下するため、高いところに逃げる必要があります。時には100km以上離れた場所まで到達することもあるので、噴火している火山から遠くにある街でも油断は禁物です。

4. 溶岩流

噴火で地上に出てきたマグマが、流れるものを溶岩流といいます。テレビなどで、真っ赤な溶岩流が川のように流れる映像を見たことがあるかもしれません。しかし、溶岩流の中には一見するとゴツゴツした岩が、人が歩くよりもゆっくりと進んでいくようなものもあります。どちらも走って逃げるのが可能なので、慌てることはありません。

5. 噴石や火山弾

噴火の勢いで、地面を作っている岩石が破壊されて飛ばされたり、マグマの一部がちぎれて飛んできたりします。噴火で飛ばされる岩石のことを全てまとめて火山岩塊や噴石と呼び、その中でもマグマの一部がちぎれて飛んでくるものを火山弾と呼んでいます。

6. 火山ガス

マグマの中に含まれる気体成分をまとめて火山ガスと呼んでいます。水蒸気や二酸化炭素をはじめ、二酸化硫黄や硫化水素といった有毒ガスが含まれることもしばしばあります。火口から離れていても、谷や窪地のような場所に溜まっていることがあるので、風のないときには注意が必要です。

桜島では、どんな現象が起きやすいのか、過去の噴火から調べてみましょう。



ふんえんじっけん

モクモク噴煙実験

火山が噴火するときの噴煙の広がり方や、火砕流の様子について実験で観察しよう。

【用意するもの】

- ・ 厚さ3mmの亚克力板(25cm×60cm) 2枚
- ・ 火山の形に切り抜いた厚さ5mmのスチロール板
- ・ φ9mmの灯油用ホース
- ・ C型クランプ×6～8個
- ・ φ6mmのビニルチューブ
- ・ φ5mmの穴開けポンチ
- ・ ペットボトルの上半分
- ・ 超強力亚克力フォーム透明両面テープ
- ・ 入浴剤（ソフレ、バスロマンミルクプロテイン）
- ・ 紙コップ
- ・ スプーン

【準備】

① 1枚の亚克力板に、火山の形に切り抜いたスチロール板を、両面テープで貼り付ける。この時、火山の下部は亚克力板の端から10mm程はなしておく（図17）。

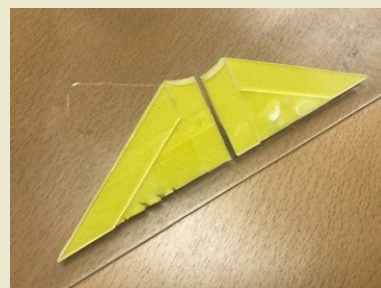


図17

② 灯油用ホースの真ん中に、ポンチで5mmの穴をあけ、ビニルチューブを通し、2cm程出しておく（図18）。また、ペットボトルのふたに5mmの穴をあけ、ビニルチューブの反対側を通し、5mm程出しておく。



図18

③ 火山を貼り付けた亚克力板の周囲に沿って灯油用ホースを置く。その時、火山の真ん中に2cm程出したビニルチューブをはさむようにする（図19）。

④ もう一枚の亚克力板で、ビニルチューブをはさみ、周囲8カ所をC型クランプで止める。うす型水そうの完成(図20)。

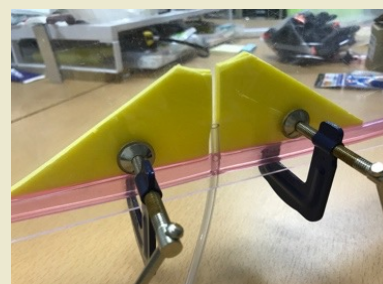


図19

⑤ 噴煙のもとをつくる。紙コップにスプーン2杯のソフレとスプーン4杯の水を入れ、よくかき混ぜる。

⑥ 火砕流のもとをつくる。紙コップにスプーン1杯のバスロマンとスプーン6杯の水を入れ、よくかき混ぜる。

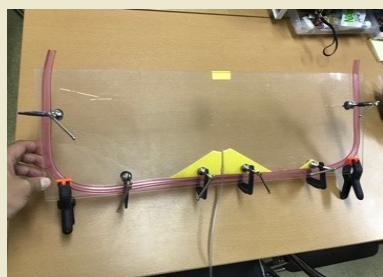


図20

⑦ 水そうに水を入れる。この時、ペットボトルを持ち上げておかないと、水がもれるので注意する。

【実験】

⑧ ペットボトルに⑤の噴煙のもとを入れる。コップを高く上げると噴火が始まる(図21)。

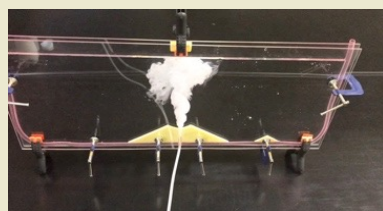


図21

⑨ 噴煙がどんどん上がり、噴煙柱のようになる様子や、空で広がる様子を観察する(図22)。

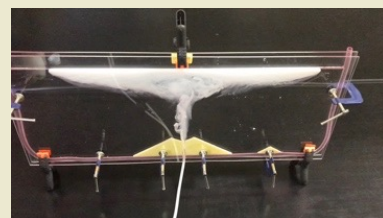


図22

⑩ 次にペットボトルに⑥の火砕流のもとを入れ、同じように噴火させる。

⑪ 噴煙が上がった後、すぐに下に降りてきて火砕流のように流れるので、その様子を観察する(図23)。

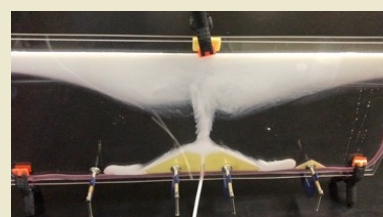


図23

【観察のポイント】

- ・ 火砕流になる噴火では、噴煙柱が崩れていく様子を見てみよう。
- ・ 火口原(火口のまわりの低くなっている場所)から火砕流があふれる様子を見てみよう。
- ・ 山の斜面を火砕流が下っていく様子を見てみよう。
- ・ とよりの小山を火砕流が乗り越える様子を見てみよう。



ドッカン爆発実験



図24 2022年1月28日の噴火の写真。※火山岩塊がこの噴火で観測されました。

桜島は爆発的な噴火をする火山です(図24)。爆発的な噴火とは、マグマや火山の岩石の破片が飛び出してくるような噴火のことです。爆発的な噴火が起こると、大きな岩や小さな火山灰が飛び出してきた、ときには人々が住む町まで到達することもあります。このため、桜島にはシェルターと呼ばれる退避壕が島内のいたるところにあります。爆発的な噴火によって岩石はどのように飛ぶのでしょうか？これを実験でたしかめてみましょう！

ドッカン爆発実験(図25)はトラッシュカノ実験とも呼ばれます。「トラッシュ・カン」とは英語でゴミを入れるポリバケツのことを、「カノン」は大砲を意味します。トラッシュカノはそれらをつなげた「ゴミ箱の大砲」という意味です。



図25 ドッカン爆発実験の撮影中

ポリバケツを火山の噴火口に見立て、その中に岩石に見立てたボールをいっぱい詰めておきます。そこへ、爆発を起こすペットボトルを入れます。ペットボトルにはちっ素の液体を入れておきます。液体のちっ素は -173°C ですが、常温では気体になります。ちっ素が液体から気体になるとき、おおよそ700倍にふくらみます。ふくらむときにペットボトルの中は圧力が高まり、ペットボトルが圧力に耐えられなくなると爆発します(図26)。ちっ素を入れたペットボトルが爆発し、ポリバケツの中のボールが飛び散る様子を観察しましょう。

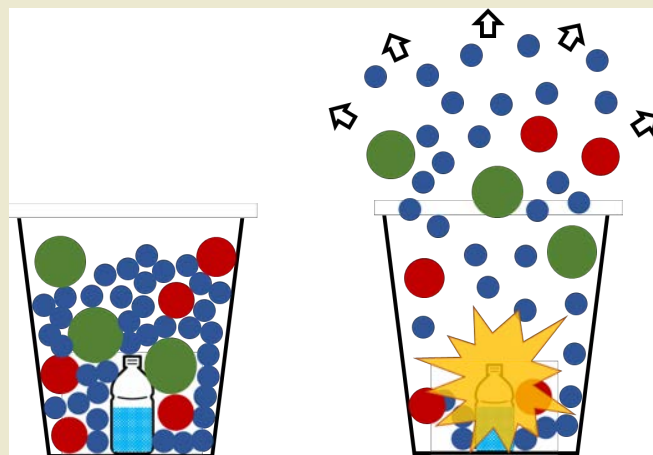


図26 ペットボトルが膨張して爆発を起こす仕組み
(猿田周朔さん作成)

【実験方法】

- ・ポリバケツに土のう袋、その上にたくさんのカラーボールをつめる
- ・ペットボトルの線のところまで液体ちっ素を入れる
- ・ペットボトルのふたをしっかりと閉める
- ・ペットボトルをさかさまにしてカラーボールの入ったポリバケツのまんなかに入れて入れる
- ・ポリバケツから10メートル以上離れる
- ・10分くらい待つ

(注) この実験は危ないので、ご家庭ではやらないでください。

実験を2台以上のカメラで撮影すると、ボールの動いた軌道を縦、横、高さの3次元で求めることができます(図27)。

【用意するもの】

- ・ 1.5 L のペットボトル 1つ
(あらかじめ、半分くらいの所に線を引いておく)
- ・ カラーボール たくさん
- ・ 土のう袋
- ・ ポリバケツ

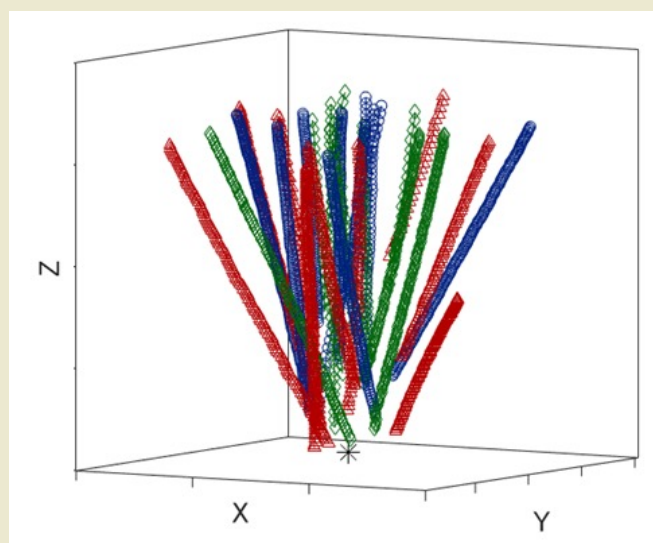


図27 ボールの軌跡を3次元のグラフで表したもののあらわ
(猿田周朔さん作成)



アツアツ溶岩実験

今回の実験教室で行う『七輪をつかってマグマをつくる実験』のやり方を紹介します。

用意するもの

- ・七輪 2個
- ・工具 (ペンチ, 金属ヤスリ, ノコギリ)
- ・木炭 (備長炭ではないもの), 着火剤, 火ばさみ
- ・送風機 (ドライヤーまたはハンディブローワー)
- ・ステンレス製容器
- ・融かしたい砂 50 g
- ・融剤 (四ホウ酸ナトリウム 100 g (ホウ砂でもOK), 炭酸ナトリウム 50 g (重曹でもOK))
- ・実験用トング (ステンレス製, 全長46 cm)
- ・水, 消火器



図28 2つの七輪を組み合わせて作った実験装置。切り落とした七輪の底は送風機のだい台として使えます。

- ①2つの七輪のうち、1つの底の部分をノコギリで切り落とします。
- ②ステンレス製容器がちょうどはまるように、七輪の穴をひろげます。金属ヤスリなどを使って穴の大きさを調整します。
- ③加工していない七輪に着火剤と木炭を入れます。木炭はなるべくつめてたくさん入れます。
- ④①②で作った穴あき七輪を上下ひっくり返して③の七輪の上に重ねます (A)。
- ⑤穴あき七輪の中にも木炭をつめて入れます。
- ⑥完成した装置のてっぺんに、砂と融剤を入れたステンレス製容器を置きます。
- ⑦着火して送風機で風を送ります。
- ⑧約5分後、ステンレス製容器内の砂と融剤が融け始めている様子が確認できます (Bの白矢印)。
- ⑨約15分後、ステンレス製容器内の砂と融剤が完全(かんに)融けて真っ赤な溶岩ができます (C)。

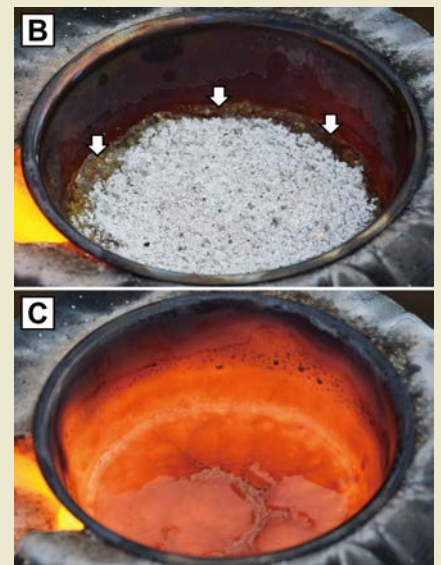


図29 実験のようす。真っ赤な溶岩がステンレス製容器の中で対流するようすが観察できます。

- ⑩実験用トングでステンレス製容器のふちをつかみ、砂山の頂上からゆっくり流します。
- ⑪山のふもとの池に溶岩が流れ込み、水が一瞬にしてふっとうします (E)。
- ⑫冷え固まった溶岩は、ピカピカとしたつや (ガラス光沢) をもっています。溶岩は急に冷え固まるとガラスになります (F)。

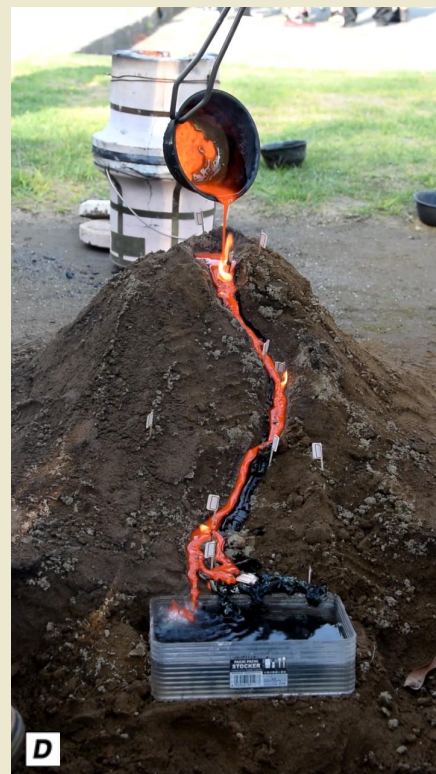


図30 やまの斜面を流れる溶岩。谷の形に沿って流れます。谷につまようじなどをたてておくと、溶岩とふれてもえまます。

注意：高温（約1000℃）の溶岩を扱うとても危険な作業です。必ず理科の先生や研究者の人に作業してもらい、見学するようにしてください。溶岩の入った容器が落下すると、溶岩が飛び散ります。見学する人は実験装置に近づきすぎないようにしましょう。作業する人は、耐熱手袋を着けて実験用トングを使いましょう。火傷には十分気を付けてください。ガラスはすどくわれまます。手でさわらず、割りばしなどを使ってかたづけましょう。



図31 池に流れ込んだ溶岩が水を一瞬にしてふっとうさせるようす。溶岩は水に冷やされて細かくわれています。

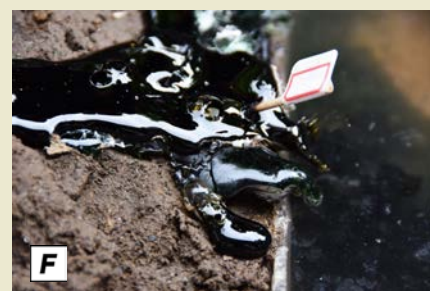


図32 溶岩が急に冷え固まってできたガラス。

大人の方へ

火山実験の中でも最も危険な実験のひとつです。なぜなら、マグマのもつ「熱」を実感するための実験だからです。身近な材料を使って実験ができるようにしてありますが、ご家庭での実験は火災につながる恐れがあり危険です。学校の理科の先生や、研究者の人に実験をもらい、見学するようにしてください。

一般向けの詳しい説明は、「季刊 理科の探検 2015冬号 ー今だから知りたい！地震と火山のキホン」の86～89ページに書いてあります（著者：三好雅也）。以下のWebページからバックナンバーを購入できます。<http://www.rikatan.com/wiki.cgi?page=backnumber>



桜島の溶岩を見に行こう！

溶岩なぎさ遊歩道へ

公園の足湯から奥に行くと、海岸沿いに遊歩道が続いています。この遊歩道では、大正噴火の溶岩流を観察することができます。遊歩道を歩きながら、溶岩を観察したり、直接さわってみたりしながら、溶岩の特徴を調べてみましょう。



図33 溶岩なぎさ遊歩道入口。全長は約3kmある。



図34 遊歩道から見ることのできる大正溶岩の断面。



図35 直接さわって溶岩のをじっくり観察しましょう。足元には鋭いトゲのある植物があるので注意が必要です。

海岸で石や生き物の観察をしよう

遊歩道から海岸におりることができるところがあります。せっかくですので、海岸におりてみましょう。ここでは溶岩の観察はもちろんですが、いろいろな色の軽石も見つけることができます。ぜひ探してみましょ。また、磯の生き物たちにも会えますよ。



図36 海岸にみられる溶岩の様子。上の丸枠：4色の軽石？ 下の丸枠：見つけることのできる磯の生き物たち

こんなところにも溶岩が！

ビジターセンターの周りの歩道や、フェリーターミナルの壁を見てみましょう。実は歩道や壁の石材には桜島の溶岩が使われています。溶岩の特徴がよくわかりますので、実際にさわって観察してみましょう。他にも溶岩が使われている場所がないか、探してみるのも楽しいかもしれませんね。



図37 歩道や壁に使われている桜島の溶岩。

もくじ

- 1-2 桜島ってどんな火山？
- 3-4 大人向けコラム：桜島の火山観測
- 5-6 火山が噴火すると何が起きるの？
- 7-8 モクモク噴煙実験
- 9-10 ドッカン爆発実験
- 11-12 アツアツ溶岩実験
- 13-14 桜島の溶岩を見に行こう！

日本火山学会 第30回公開講座

【親子で火山実験】

「桜島のいろんな噴火をみてみよう！」テキスト

発行：特定非営利活動法人 日本火山学会

発行日：2023年(令和5年)10月21日

編集・執筆：横山光、常松佳恵、三好雅也、中道治久、吉瀬毅

レイアウト・デザイン：和田七海