

日本火山学会 主催 第24回公開講座

親子で
火山実験

マagma
をつくらう!

カルデラ
をつくらう!

日時：2017年(平成29年) 9/24(日) 13:00 ~ 16:00

場所：熊本大学工学部 2号館講義室

(〒860-8555 熊本市中央区黒髪2丁目39番1号 黒髪南地区)





火山のきほん

マグマ

マグマはどろどろに溶けた「石」で1000℃くらいあり、ものすごく熱いものです。マグマは冷えてかたまると石になってしまいます。マグマはどこでできたのでしょうか？

マグマは地下深くでできます。もとの石は、かんらん岩という石でこれがすこし溶けることでマグマのもとができます。

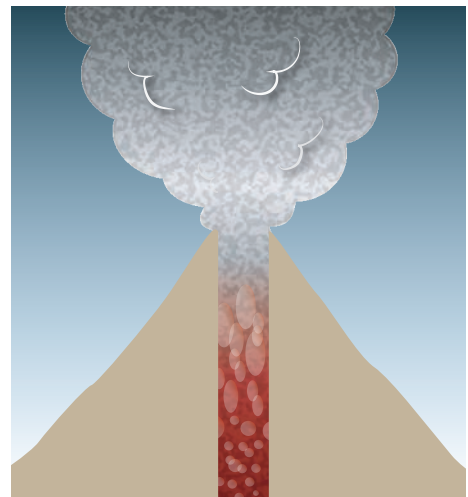
マグマだまり

マグマは深いところですが、だんだんと地面にむかってあがってきます。途中、マグマがたくさんたまる場所ができます。それがマグマだまりです。30キロメートルとか15キロメートルなど、火山によってその深さはいろいろです。阿蘇山の場合は、約6キロメートルより深いところにあると考えられています。

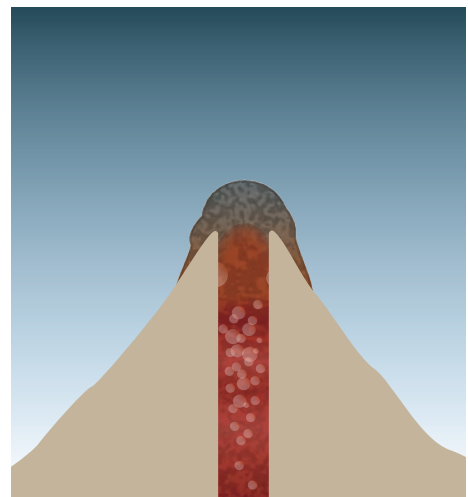
爆発的な噴火と穏やかな噴火

火山の噴火には、2種類あります。ドカンと噴火する「爆発的な噴火」と火口から溶岩流を流すような「穏やかな噴火」があります。爆発がおきるとマグマはちぎれてしぶきになってしまいます。しぶきはすぐに固まり火山灰や軽石などの「火砕物」というものになります。火山灰はこまかくちぎれて砂のようになったマグマの破片ですし、軽石は泡だらけのままかたまつたマグマの破片です。爆発的な噴火になるか、穏やかな噴火になるかは、マグマの中に溶けこんでいるガス(水蒸気や二酸化炭素など)がどのようにマグマから抜け出すかで決まってきます。マグマが火道とよばれる通り道を上がってくる間に、マグマの中に溶けているガスがふくらんで泡がでます。この泡がたくさん出るとマグマがしぶきになって、ちぎれたマグマの破片が火口とよばれる出口から外へ飛び出します。これはコーラにメントスを入れた時ととてもよく似ています。これが爆発的な噴火です。穏やかな噴火は、マグマの中に溶け込んでい

るガスが、地面に上がってくる時に抜け出してしまうことで気が抜けた状態になったものです。泡ができないので、マグマがどろどろと溶岩の状態が出てくることになります。



爆発的な噴火



穏やかな噴火

火山灰と火山ガスの雲

火山がドカンとはげしく爆発すると、もくもくと上空に上がっていく雲の柱ができます。これを噴煙柱といいます。噴煙柱はとても高く上がります。場合によっては、30キロメートルを超す高さに上がることもあるのです。噴煙柱の中には熱いガスや火山灰(そして軽石)がはいっています。熱いガスが入っているため、周りの空気よりも軽くなり、上空高く昇っていきます。

火砕流

火砕流とはどんなものですか？

火砕流は熱いガスや火山灰(そして軽石)が、その重さによって、なだれのように流れてくるものです。「熱いガスや火山灰(そして軽石)」というときほどの噴煙柱と中身は同じです。まわりの空気よりも重くなって、噴煙が下に流れ落ちてくると火砕流になるのです。こここのところは実験で見てもらいましょう(9ページ)。なだれ落ちてきた噴煙が高速で横に広がっていくのがわかります。

火砕流は、あらゆる火山現象の中でもっとも危険です。でも、映像で見るととても「地味」です(注)。

火砕流はなぜあぶないのでしょうか？

第一に火砕流はあまりにも熱くて、それが通りすぎたあとには虫一匹生き残りません。火砕流の雲の中は300℃以上の高温なのです。これはローストビーフを焼くよりももっと高い温度です。

第二にこの雲はものすごい速度で流れ下ってきます。サニブラウン選手でもウサイン・ボルト選手でも火砕流にはかたんに追いつかれてしまいます。火砕流は自動車や新幹線のように速いからです。

もし、火砕流が起ころうな時には、あらかじめ火山から十分に離れておく必要がありますね。



火砕流。 インドネシア、シナブン火山2014年の火砕流(撮影: 富士山科学研究所 吉本充弘 主任研究員)

注: 火砕流の映像はぜひ YouTubeなどでみてください。「火砕流、雲仙」で検索しましょう。

カルデラ

阿蘇火山の9万年前の噴火のような巨大な噴火が起きると地面に大きなへこみができます。たくさんのマグマが一気にアワだって爆発し、火山灰や軽石になってふきだすと、数十キロメートル先まで、何十メートルもの熱い火山灰や軽石でうめつくされます。

このような巨大噴火では、ものすごくたくさんのマグマが出てきます。さきほどお話ししたようにマグマはアワだって軽石や火山灰になって出てきます。その量は、どのくらいでしょう。

みなさんの学校にはプールはありますか？ プールに火山灰や軽石をいれるとしましょう。ものすごい量の火山灰や軽石を入れることになりませぬ。トラックで何十回も運んでこなければならぬくらいです(注)。

では、ここで、このプール1杯分の軽石や火山灰を1000杯分まとめて山にして積んだところを頭に思い浮かべてみてください。「大きな山」ができますね。

では、その大きな山を1000個集めて「もっと大きな山」をつくらせるところを思い浮かべてください。

さらに、その「もっと大きな山」を1000個集めてほしいのです。もう想像することはほとんどできませんね。おそらく巨大な山ができあがります。

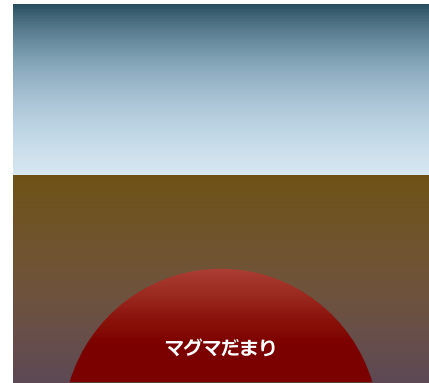
で、さいごにその巨大な山を二つ頭の中で想像してください。

この二つの山をあわせたものが、超巨大噴火で出てきた火山灰や軽石の量なのです。つまり小学校のプールで1000×1000×1000×2杯分、つまり20億杯分の軽石や火山灰が、1回の噴火で出てきてしまったのです。

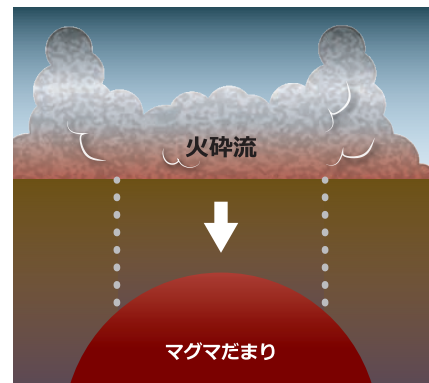
火山灰や軽石は、もともとはマグマでした。これだけの大量のマグマが噴火して出てくるとどうなるのでしょうか？

マグマはもともと地下にありました(おそらく地下数キロメートルのところ)。マグマが抜けてしまうとその上の地面は、その分だけへこんでしまいます。地面には直径が10数キロメートルもあるような大きなへこんだ土地ができます。これが、カルデラなのです。阿蘇カルデラもこのようにしてできたのです。

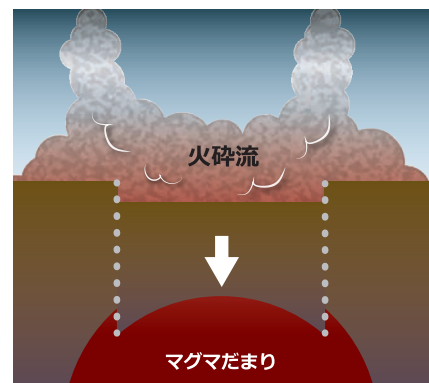
注: 小学校のプールを約300立方メートルとして計算しました。



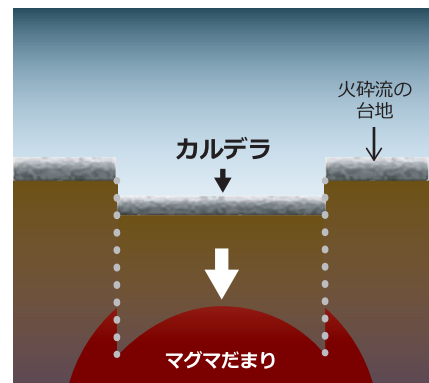
① 噴火前の状態。地下にマグマだまりがあります。



② 噴火で火砕流が発生。カルデラができ始めます。



③ 噴火が進行し、どんどん地面がへこんでいきます。



④ カルデラの完成。火砕流の中の火山灰や軽石がカルデラのまわりにたまりませぬ。これが火砕流台地です。



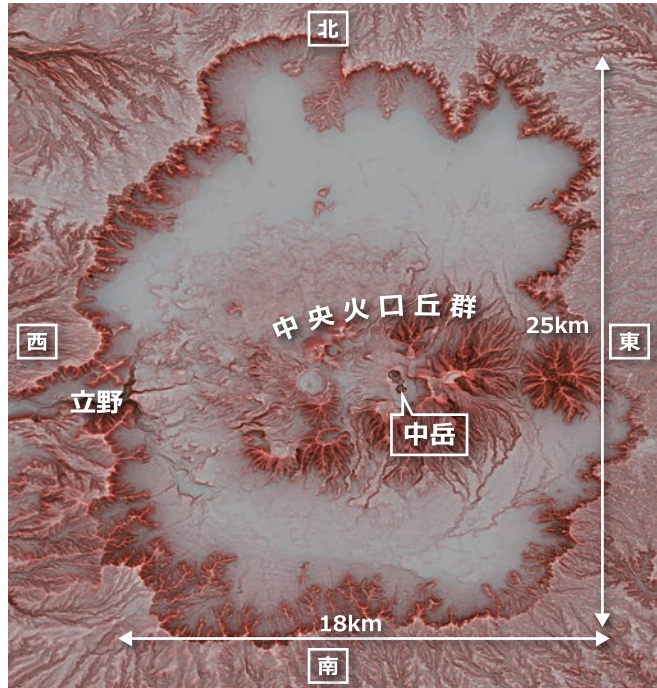
阿蘇ってどんな火山？

阿蘇は日本で二番目に大きいカルデラをもつ火山です。その大きさは、東西約18km、南北約25kmで、福岡ドームが6000個入るほどの大きさです。ちなみに、日本で一番大きいカルデラは、北海道の屈斜路カルデラで、26km×20kmくらいです。世界で一番大きいカルデラは、インドネシアのトバカルデラで、100km×30kmくらいあります。

阿蘇カルデラの縁どりの部分は急な崖になっているので、とてもはっきりしています。カルデラの縁どりをつくっている山のことを、「外輪山」と呼びます。外輪山西側の立野のあたりには、大きな切れ目があり、渓谷になっています。このカルデラの切れ目を「火口瀬」と呼びます。阿蘇に降った雨の水は、火口瀬を流れてゆきます。多くのカルデラ火山には湖がありますが、阿蘇カルデラには現在湖がありません。火口瀬から水が出てゆくの、水がたまる湖ができないのです。

阿蘇カルデラの真ん中をみると、たくさんの火山が集まっていることがわかります。カルデラの真ん中(中央)で群れをなすように集まっているこれらの火山のことを「中央火口丘群」と呼びます。時々噴火する中岳は、この中央火口丘群のうちのひとつです。熊本で一番高い火山である高岳(標高1592m、ヒゴクニ=肥後国でおぼえやすいですね)も、中央火口丘群のうちのひとつです。

ニュースなどではよく「阿蘇山」や「阿蘇火山」と呼ばれたりしますが、実は阿蘇という名前の独立した山はありません。外輪山や中央火口丘群などをまとめて、「阿蘇山」や「阿蘇火山」と呼ぶのです。



阿蘇火山の赤色立体地形図(アジア航測株式会社)。
この地図の作成に当たっては、国土地理院長の了承を得て、同院発行の数値地図 50m メッシュ(標高)、数値地図 5m メッシュ(標高)及び基盤地図情報を使用した。(承認番号 平 22業使、第 278 号)

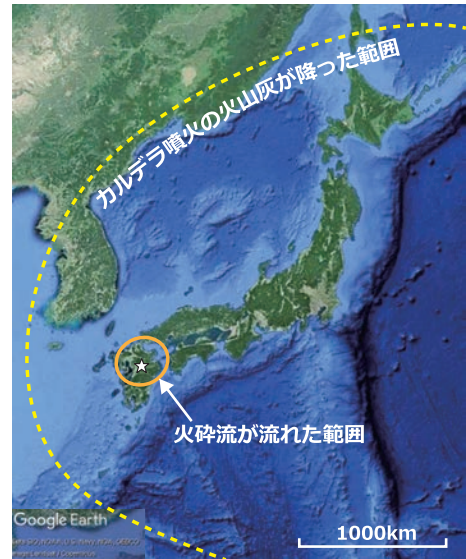


カルデラ北西の外輪山からみた中央火口丘群。この場所からみえる主な火山は、根子岳、高岳、中岳、往生岳、杵島岳、米塚、烏帽子岳など。特に、阿蘇の代表的な5つの火山(根子岳、高岳、中岳、杵島岳、烏帽子岳)のことを、「阿蘇五岳」とよぶ。

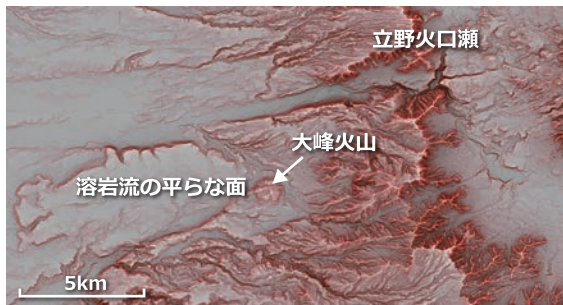


あそかざんな 阿蘇火山の成り立ち

わたしたちに美しい景色を見せてくれる阿蘇ですが、その成り立ちはとても激しいものです。約27万年前から約9万年前の間に、阿蘇でとてつもなく大きな噴火が4回繰り返しました。あまりにも大きな噴火だったので、発生した火砕流は海を渡って山口県まで流れてゆきました。この時に降り積もった火山灰は北海道でも見つかっていて、その厚さは約15cmあります。つまり、噴出物が日本列島をほとんど全部おおってしまうような巨大な噴火だったということです。それだけ巨大な噴火を起こしたということは、噴火の前には地下に大量のマグマが溜まっていたということになります。その大量のマグマが噴火で一気に出ていってしまうと、マグマが溜まっていた場所(マグマ溜り)はほとんど空っぽになってしまいます。地下が空っぽになると、地表では陥没(くぼんで沈むこと)が起こります。阿蘇カルデラの地形の原形は、この陥没によってできたのです。



阿蘇カルデラの巨大噴火で発生した火砕流と火山灰がとどいた範囲



大峰火山と溶岩流がつくった台地

巨大な噴火が繰り返し発生してカルデラができ、ゆく間に、カルデラの外側でも噴火が発生していました。カルデラの西の外側にある大峰火山は、4回目の大噴火の直前に活動した火山です。大峰火山は溶岩を流して、平らな面をもつ台地をつくりました。この溶岩がつくった平らな地形は、現在熊本空港として活用されています。



あそなかだけかざんかつどう 阿蘇中岳の火山活動

カルデラができた後も、地下からマグマが湧き出し続け、カルデラの中に中央火口丘群ができました。その中で現在活発な火山は中岳です。中岳には複数の火口があり、その中の第一火口が時々噴火します。火山活動がおさまっている時は火口内に湯だまりができますが、活発になってくるとお湯が干上がり、土砂を噴き出すようになります。さらに活発になると、真っ赤なマグマを吹き出す「ストロンボリ式噴火」となります。



火山活動の活発化によって変わる中岳第一火口の様子

その1. マグマをつくろう

今回の実験教室で行った『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。

注意

大きな炎が上がり、たくさん火の粉が飛ぶとても危険な実験です。周りに可燃物のない屋外で、理科の先生といっしょに実験してください。火傷には十分気を付けましょう。

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グラム
- ・融剤(四ホウ酸ナトリウム 100グラム(ホウ砂でもOK)、炭酸ナトリウム 50グラム(重曹でもOK))
- ・実験用トング(今回使用したものはステンレス製、全長46cm)
- ・水、消火器



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台として使えます。

- ① 2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。
- ④ ①②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に融けて真っ赤な溶岩ができます(C)。



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(D)。
- ⑪ 山のふもとに池を掘り、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)。

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。溶岩が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。ガラスはすれどく割れます。手でさわらず、割りばしなどを使って片付けましょう。



山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す。



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割れています。



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、研究者の人に実験してもらい、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 —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>

その2. カルデラをつくろう

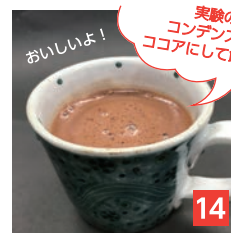
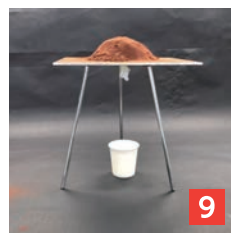
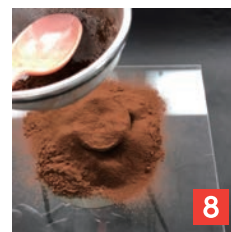
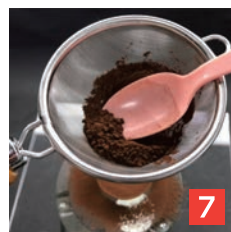
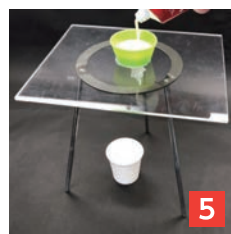
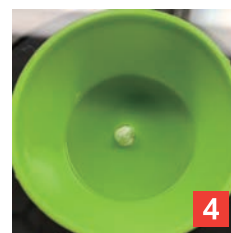
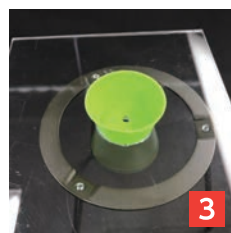
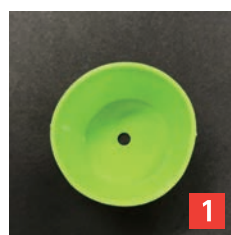
地下のマグマが噴火ででていくと、大きなへこみができカルデラになることを実感しよう。



用意するもの

- | | |
|---------------|------------|
| ・アクリル板 | ・紙コップ |
| ・三脚(何か台になるもの) | ・コンデンスミルク |
| ・お弁当用のシリコンカップ | ・ココア(純ココア) |
| ・茶こし | ・お湯 |
| ・スプーン | |

- ① アクリル板の中心に5ミリくらいの丸い穴を開けたものを用意する。(アクリル板がなければ丈夫な下敷きでも良い。)
- ② お弁当用のシリコンカップにもほぼ同じ大きさの穴を開ける(写真1)。
- ③ 三脚(あるいは何か台になるもの)を、テーブルに置く。
- ④ アクリル板にコンデンスミルクをつかって、シリコンカップをつける(写真2)。この時、穴の位置が同じようになるように位置に気をつける(写真3)。穴の空いている部分にティッシュをつめ(写真4)、コンデンスミルクがこぼれないようにする。
- ⑤ シリコンカップにコンデンスミルクをいっぱいになるまで入れる(写真56)。
- ⑥ シリコンカップとコンデンスミルクが完全に見えなくなるまで、ココアをかける。これで実験準備完了(写真789)。
- ⑦ シリコンカップのティッシュをぬき、コンデンスミルクを下に抜く。紙コップでコンデンスミルクをうける。ココアの山の上にカルデラができるのを観察する(写真10111213)。
- ⑧ 後片付け。ココアは何度も実験で使えるので、再利用する。コンデンスミルクはカップに移し、ココアを混ぜ、お湯を入れてココアにする(写真14)。



実験のあと、コンデンスミルクはココアにして飲んじゃおう
おいしいよ!

その3. 入浴剤で火砕流実験

9万年前に阿蘇からふきだした巨大火砕流を水そうの中で再現しよう。

本実験は、笠間ほか(2011)のチョーク水槽実験の材料を入浴剤に変えて開発したものです。



用意するもの

・入浴剤(バスロマン ミルクプロテイン)

・絵の具

・火山模型

・水そう

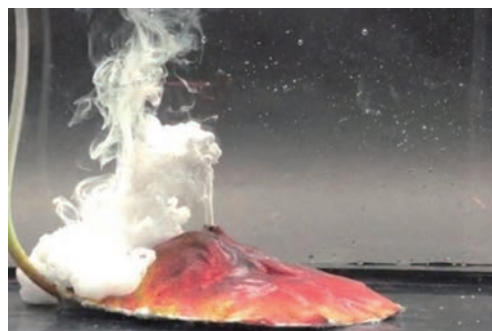
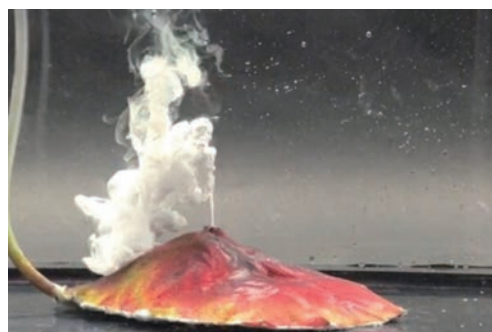
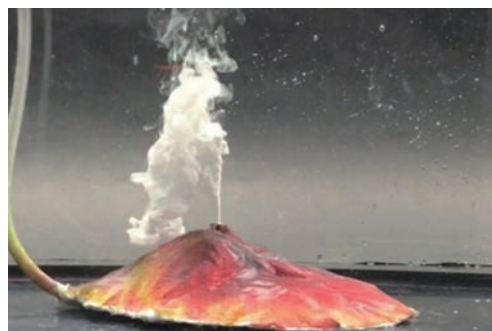
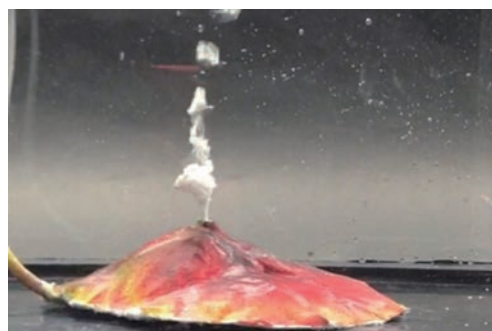
* 幅35cm × 高さ25cm × 奥行き20cm くらいの

ものが扱いやすい

・紙コップ

・スプーン

- ① 火砕流のもとをつくる。紙コップに小さじ2杯の入浴剤と小さじ12杯の水を入れスプーンでよくかきまぜる。ここに少しだけ絵の具を入れて好きな色をつける。
- ② 水そうに水をいれる。8分目ほど入れる。
- ③ 火山模型のチューブに紙コップをつける。紙コップの底に穴をあけ、鉛筆の先で穴を広げる。チューブとぴったりの大きさになったら(きつめが良い)チューブを紙コップの下からさしこむ。チューブが、紙コップのなかに5ミリくらい飛び出した状態にする。
- ④ 火山模型本体を水そうの真ん中に沈める。
- ⑤ 紙コップに、①の火砕流のもとをいれる。コップを高く上げると噴火が始まる。
- ⑥ 噴煙が上にのぼったかと思うと、すぐに下に降りてきて火砕流のように流れる様子を観察する。
- ⑦ 実験後、火山模型を水そうからとりだし、乾燥しておく。



- いろいろな入浴剤で火砕流をつくるとおもしろい。ソフレを使うとどンドン上上がり、「噴煙柱」のようになる。
- 入浴剤の濃さを変えて実験してみるのもおもしろい。
- お風呂で実験する時は、かならず大人といっしょにやること。
- お風呂で実験する場合は、絵の具は使わない。火砕流の素はおおめに つくる。また、火山模型をつくらなくても、紙コップとチューブだけで実験できる。



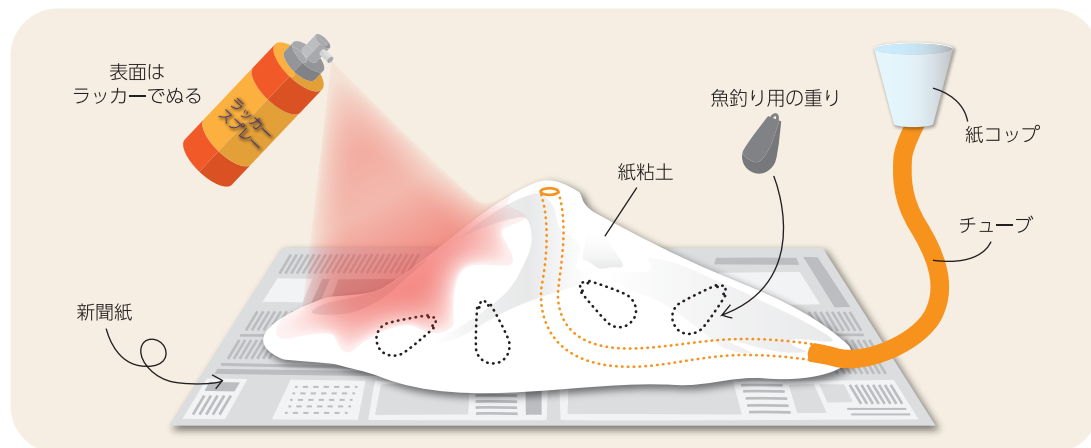
火山模型のつくり方

実験に使う火山模型の作り方を説明します。材料はホームセンターで手に入ります。

用意するもの

- ・紙粘土(重いもの: 500g)
- ・チューブ(70cm)
- ・魚釣り用の重り(50gくらいのものを4個)
- ・ラッカースプレー(色付き)
- ・古新聞

- ① 紙粘土で火山の形を作る。(ただし、カルデラができる前、阿蘇には小さな火山しかありませんでした)
- ② 火山の一部を大きく割って中にチューブを入れる。チューブの先は火山模型の上のところからまっすぐ上に向くようにする。また、中でチューブがつぶれないように、気をつけて粘土の中に入れてセットする。
- ③ 火山模型の中に釣りの重り4個を埋めこむ。形をととのえる。
- ④ 1週間ほどかわかす。(いそぐときは油粘土で作っても良い)
- ⑤ ラッカースプレーを模型にかける。何度かに分けて火山らしい色合いにする。また、火山模型の下側にもスプレーをかける。スプレーは家の外でかけ、壁などにつけないように気をつける。新聞紙をしいておくと良い。
- ⑥ ラッカーがかわいたら完成。





もくじ

火山のきほん	1ページ
阿蘇ってどんな火山?	4ページ
阿蘇火山の成り立ち / 阿蘇中岳の火山活動	5ページ
実験のレシピ その1 マグマをつくろう	6ページ
実験のレシピ その2 カルデラをつくろう	8ページ
実験のレシピ その3 入浴剤で火砕流実験	9ページ

日本火山学会 第24回公開講座

親子で火山実験 ～マグマをつくろう！カルデラをつくろう！～ テキスト

発行：特定非営利活動法人 日本火山学会

発行日：2017年(平成29年)9月24日

編集・執筆：三好 雅也 林 信太郎 大倉 敬宏

レイアウト・デザイン：岩淵 美歩

*この企画は、文部科学省の平成29年度科学研究費補助金研究成果公開促進費(課題番号17HP0009)の助成を受けて実施しています。