



第27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

ママグマキッチン
— みんなで溶岩を作ろう! —

日時 2020年(令和2年)

10月11日(日) 13時30分～15時00分

開催方法：オンライン開催



マグマってなんだろう？

マグマはどろどろにとけた「石」です。1000℃
くらいもあり、ものすごく熱いものです。マグマは
冷えて固まると、とても固い石になってしまいます。

マグマはどこでできるの？

地球の中身は卵のようです。地球の中心の「卵
の黄身」にあたる部分には「核」とよばれるどろど
ろにとけた鉄のかたまりがあります。その外側の「白
身」の部分は「マントル」とよばれ、石でできてい
ます。さらに一番外側の「卵のカラ」の部分は「地殻」
といいます。「地球の殻」という意味ですね。

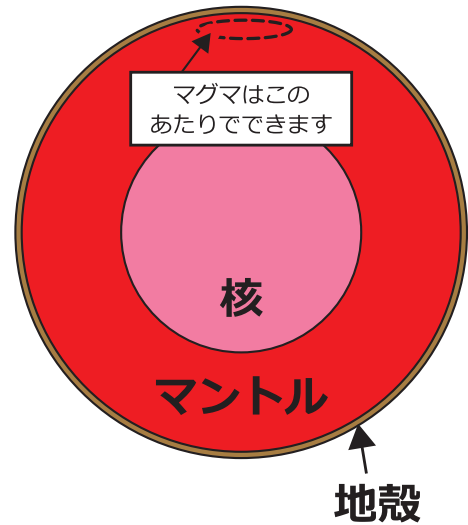
マントルは石なのですが、とても熱いのでゆっく
りと動くことができます。そうですね。みなさんの
好きなチョコレートを思い出してもらいましょう。
手であたためるとすぐにやわらかくなりますね。マ
ントルも熱いのでやわらかめの岩なのです。

マグマはこのマントルの中でできます。数十キロ
メートルという地球の中ではわりと浅いところで
できるのです。熱いマントルがちょっとだけとけると
マグマができます（右上の図）。

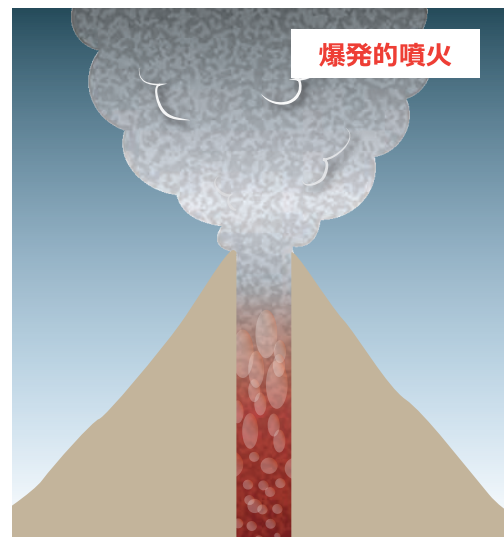
マグマはどうして上がってくるの？

マグマは同じところから何度もできます。そこ
にはマグマが固まった溶岩や火山灰がたくさん集
まって山を作ります。これが火山です。ですから、
火山に行くとマグマが固まった石をたくさん見るこ
とができます。

マグマがドカンと爆発すると、たくさんの軽石や
火山灰ができます。おだやかに噴火がおこるとだ
らと溶岩が流れ出します。今回はこの溶岩につい
ていろいろな実験をしてみます（右下の図）。



地球の中身は卵と似ている！



爆発的な噴火とおだやかな噴火

いろいろな溶岩

マグマにはいろいろなねばりけのものがあります。火口から流れ出した溶岩も同じようにいろいろなねばりけのものがあります。ねばりけの弱い溶岩はサラサラと流れていきます。ねばりけの強い溶岩は、ネバネバとなかなか流れません。

サラサラ系の溶岩は、日本では富士山（静岡県、山梨県）や三宅島（東京都）で見ることができます。ネバネバ系の溶岩は、十和田湖（秋田県、青森県）や有珠山（北海道）で見ることができます。サラサラ系の溶岩は、中濃ソースがお皿の上で流れるのと、そっくりな流れ方をします。ネバネバ系の溶岩は、お皿の上のマヨネーズのようにほとんど流れません。

さて、日本の火山でいちばん多いのはサラサラとネバネバの中間の溶岩です。御嶽山にもサラサラとネバネバの中間の溶岩があります。中濃ソースとマヨネーズを混ぜてつくったソースマヨネーズそっくりの流れ方をします。



サラサラ溶岩とネバネバ溶岩のモデル実験、サラサラ溶岩には中濃ソースを、ネバネバ溶岩にはマヨネーズを利用。真ん中にはサラサラ溶岩とネバネバ溶岩の中間の溶岩のモデル実験。ソースマヨネーズを利用。



サラサラ系の溶岩の代表、ハワイ島キラウエア火山の溶岩。



ネバネバ系の溶岩の代表、有珠火山(北海道)の昭和祈山。



ガサガサの溶岩のでき方

溶岩をよく見るとその表面はガサガサの岩でおおわれています。そうでないのはサラサラ系の溶岩の一部だけ。ほとんどの溶岩は、ガサガサになります。実際の溶岩を見てみましょう。大きな割れた岩がガサガサとつみ重なっているのがわかると思います（左上の図：岩手の溶岩の写真）。表面はガサガサでも中身は岩のかたまりになります（右上の図：御嶽山の溶岩の写真）。

溶岩は冷やされると岩になります。溶岩は表面から冷えていきますので、表面は岩になって、中はまだ熱くてどろどろしたままです。中の液体のマグマは、まだ流れますのでどんどん前に進んでいきます。そうすると石になっている溶岩の表面は引き延ばされて、ぱりぱりと割れていきます。このようにして表面がガサガサな岩でおおわれた溶岩ができあがります（左下の図）。

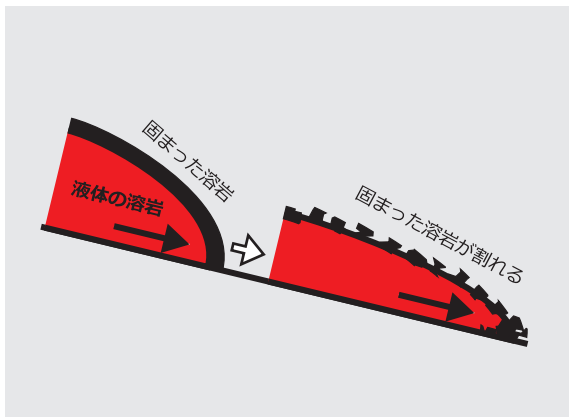
溶岩が流れると上についているガサガサの岩はどうなるでしょう？ 溶岩が流れるとき溶岩はキャタピラーのような動きをします。上の方が速く流れて、下の方はそれよりも遅いのです。流れは右の図のようになります。上になっている岩は溶岩の前の方からどんどん落ちていきます。そして、溶岩の下じきになるのです。こここのところの説明はむずかしいので実験で確かめましょう（右下の図）。



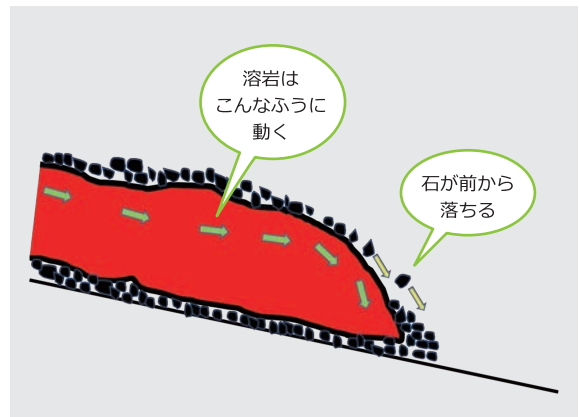
岩手山（岩手県）焼走り溶岩の表面。ガサガサした岩でおおわれている。
撮影：林 信太郎



御嶽山の古い溶岩の中心部の固いところ。この崖の下から上まで全部が一度の噴火で流れた溶岩だ。横に入っている割れ目は「板状節理」という。
撮影：國友 孝洋

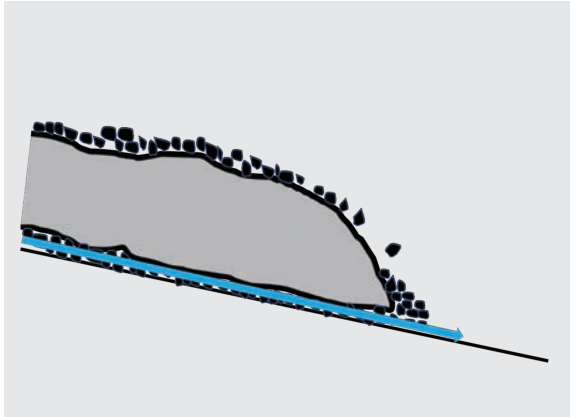


溶岩の固まった表面が割れていく様子。



溶岩の流れかたと表面のガサガサ部分。溶岩が流れるに従って表面のガサガサした岩が溶岩の前に落ちていく。

こうして、ガサガサの岩が下にあり、その上に溶岩のかたまり、さらにその上にガサガサの岩というサンドイッチのような溶岩ができあがります。溶岩のガサガサの部分は水が通りやすく、地下水が流れることが多いのです。火山にはこのような溶岩から出てくるわき水がよくあります(左上の図)(右上の図：わき水)。



溶岩の中の水の流れ方。溶岩の下のがさがさ部分を通ってきた水が湧き水として溶岩の先っぽからでてくる。



鳥海山元滝伏流水(秋田県) 溶岩から冷たいわき水が流れ出している。夏は涼しくて気持ちいい。
撮影：林 信太郎

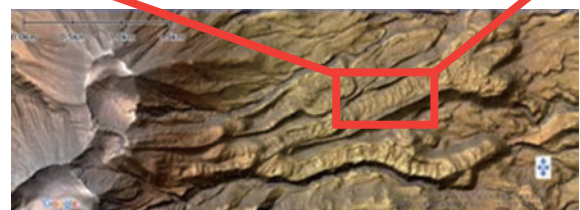
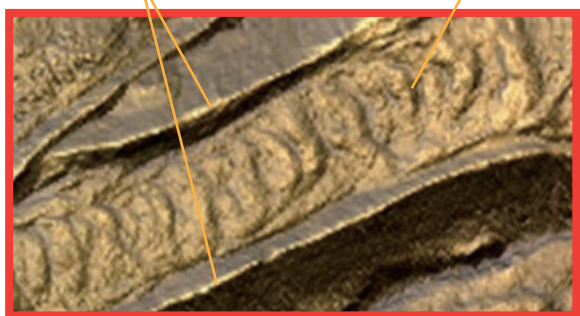
溶岩の形をくわしくみよう

溶岩はソースやマヨネーズが流れたような形をしています。でも、よく見るともっと細かい模様もついています。

右側の地図図を見てください。ソースマヨネーズと違って、堤防のような形と、シワのような形が見えるのがわかりますね。

溶岩の横の方に、溶岩の流れにそって、川の堤防のように続いているのが「溶岩堤防」と呼ばれる地形です。これがどうやってできるのか、今日の実験でたしかめてもらいます。

溶岩にシワが寄っている様子もわかります。冷えてかたまりかけた溶岩の表面の皮の部分にシワが寄っているのです。表面が冷えても中は流れ続けているとこんなシワができます。みなさんは、ココアを飲んだことがあるかな？ココアの表面にマクがはっているの見たことがありますよね。ココアが流れると、マクにシワが寄りますが、それと似ています。



御嶽山三ノ池溶岩の地形に見られる「溶岩じわ」と「溶岩堤防」
※iPhone版アプリ「スーパー地形」にて作成。
撮影：國友 孝洋



御嶽山ってどんな山？

御嶽山は長野県と岐阜県の県境にある日本で2番目に高い火山です。2014年9月27日、長野県と岐阜県の県境にある御嶽山の山頂付近でとつぜん噴火が発生し、たくさんの方が亡くなりました。みなさんも知っていることとおもいます。



御嶽山の位置図(黒三角は活火山を示す)



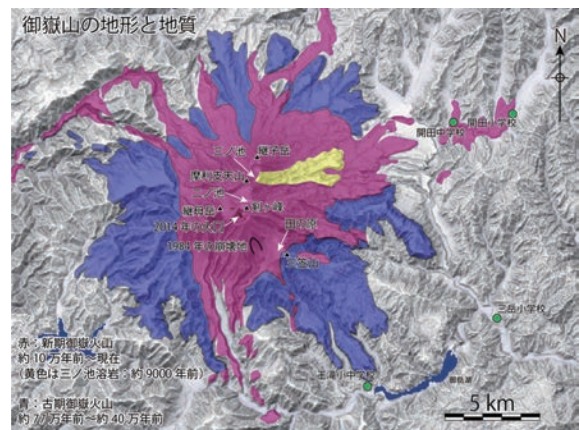
御嶽山の山頂付近の風景(2019年9月26日撮影) 雲にかくれている部分が摩利支天山で、その手前にある左側の池が二ノ池。

御嶽山では1979年にも2014年と同じくらいの噴火がありました。どちらも「水蒸気噴火」というマグマを出さない噴火です。最近の1万年間では、少なくとも3回、マグマを噴き出す噴火が発生したことがわかってきました。三ノ池から流れ出した溶岩(三ノ池溶岩)の噴火もその一つです。また、水蒸気噴火もたくさん発生しており、2014年と同じくらいかそれよりも大きな噴火が、百年～数百年に1回の割合で発生してきたようです。

御嶽山は一見1つの山に見えますが、実は古い火山と新しい火山が重なってできています。地形をよく見ると、大きな谷がたくさん刻まれた部分(青っぽい部分)と、そうでない部分(赤っぽい部分)にわかれます。山頂部を取り巻くように広い裾野をつくっている青っぽい部分は、約77万年前から40万年前の噴火でできた古い火山で古期御嶽火山と呼ばれます。主に山頂部をつくっている赤っぽい部分は約10万年前から活動を続ける新しい火山で新期御嶽火山と呼ばれます(右中の図 開田高原(東側)から望む御嶽山; 右下の図 御嶽山の地形・地質概略図)。



開田高原(東側)から望む御嶽山。雪をかぶった部分の一番左のピークが剣ヶ峰で、新期御嶽火山の最高峰。写真中央の平たい台地状の地形は三ノ池溶岩がつくる地形。撮影: 國友 孝洋



御嶽山の地形・地質概略図

御嶽山は、溶岩を流すおだやかな噴火から、軽石を噴出するような爆発的ではげしい噴火まで、さまざまな噴火を繰り返して成長した成層火山です。御嶽山の噴火の中でもっとも大規模で激しい噴火は、約10万年前に起きた噴火です。大量の軽石を一気に噴出し、東へ約40km離れた長野県伊那市では厚さ1.2mもの軽石層（御嶽第一軽石層）がつもりました。この噴火では直径数kmのカルデラ（噴火のできる巨大なくぼ地）ができたと考えられていますが、その後の噴火によって埋まってしまい跡形もありません。

噴火だけでなく1984年には長野県西部地震（M6.8）で大きく火山が崩れて（山体崩壊）、山の形が変わってしまいました。大量の土砂が流れ下り、下流の王滝川をせき止め、湖（自然湖）が誕生しました。約6万年前に発生した山体崩壊はずっと大きく、そのときの土砂（木曾川岩屑なだれ堆積物）は王滝川から木曾川に流れ込み、濃尾平野まで流れ下ったようです。これだけ大きな崩壊が発生したにも関わらず、現在の御嶽山に崩れた跡が見当たりません。その後の噴火によって埋まってしまったのでしょうか。

コラム：地質時代チバニアンと御嶽山

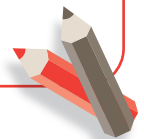
地球の46億年の歴史は、117に分けられ、それぞれ時代名（地質時代）がつけられています。2020年1月、日本の地名がはじめて地質時代の名前に使われることが決まりました。それが千葉県市原市の地層を基に名づけられた「チバニアン」（約77万年前～約13万年前）です。この地層の中に白尾火山灰層と呼ばれる白い火山灰が入っていました。これらの地層を調べると、「地球磁場の逆転」という重要な現象についていろいろなことがわかりました。そして、この火山灰層がチバニアンという時代を決めるのにとっても役だったのです。（写真：チバニアンの基になった地層）

じつは、白尾火山灰層は御嶽山からやってきたものです。御嶽山は約77万年前に大噴火を起こし、大量の火山灰や軽石を噴き出しました。

それらが風に乗って飛んできたのが、千葉県でみつかった白尾火山灰層なのです。白尾火山灰層が噴火した約77万年前は、御嶽山が噴火を始めたばかりなので、現在のように3000mを超す大きな山はまだなかったはずで



チバニアンの基になった地層（国本層：灰色の部分）と白尾火山灰層（白いうすい地層）の露頭（千葉県市原市の養老川沿いの崖）





2014年 御嶽山の噴火

2014年9月27日の午前11時52分頃、岐阜県と長野県の境にある標高3067mの御嶽山が突然噴火しました。この日はとても良い天気で、土曜日のお昼ということもあり大勢の人が山頂付近でつろいでいました。御嶽山は山頂まで片道3時間ほどで登ることができる山で、比較的気軽に登山することができる山として多くの人に親しまれていました。そこに突然火山灰と噴石が襲いかかったのです。山頂の南側にある地獄谷と呼ばれる場所から火山灰が雲のように湧き上がり、たくさんの石が勢いよく吹き出しました。大きなものは一抱えもあるような石だったようです。一月ほど前から山の下で小さな地震が起きていましたが、だれもこれだけの噴火になるとは思っていませんでした。

最初は湧き上がる火山灰を撮影していた人も、火山灰が急速に近づき、さらにたくさんの石が降ってくる、すぐに逃げなければいけないと気づきました。とっさに建物の中に逃げ込んだ人たちは助かりましたが、逃げ遅れた多くの人が命を落としました。58人が亡くなり、5人がまだ見つかっていません。写真は、噴火の翌々日にヘリコプターから撮影したものです。山頂付近からは水蒸気が吹き出し、たくさんの火山灰に覆われていることがわかります。



噴火翌々日の御嶽山山頂 2014年9月29日
撮影：山岡 耕春



マグマが固まった石をみよう！

ものすごく熱いマグマも冷えてしまえば普通の石になります。では、そのマグマが固まった石を見てみましょう。

平らな面を虫眼鏡でよく見てみましょう。小さな穴が空いていないかな？これがマグマが固まった石の中でも、火山にある石の特徴です。もともとマグマの中にはガスが入っています。このガスが泡になってでてきて、そのままその形に固まったのがこの穴です。

顕微鏡で良く見てみましょう。

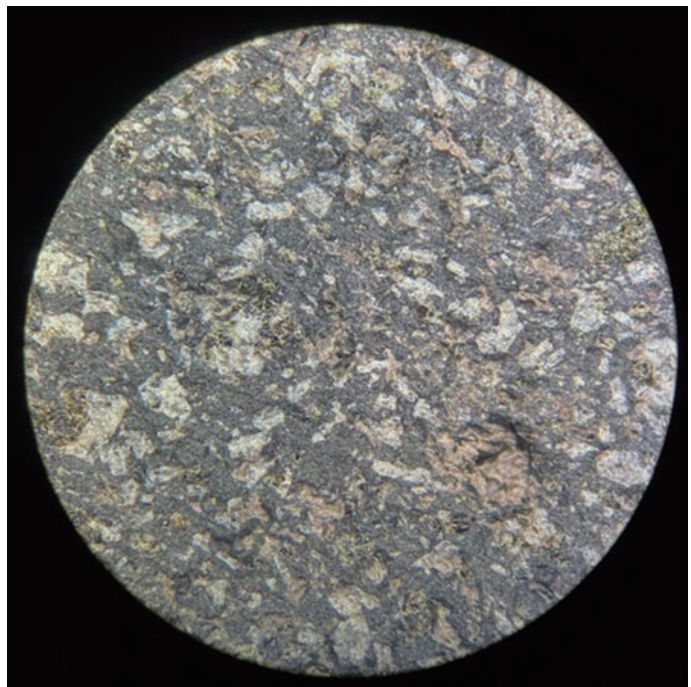
右下の写真のように見えると思います。黒いのは「輝石」という鉱物です。黒光りしていてなんだか迫力がありますね。白っぽいのは「しゃちょうせき」。まるで社長さんの石みたいでずいぶんえらそうな名前です。漢字で書くと「斜長石」。長石というごく普通にある鉱物の一種です。

そのまわりの黒っぽいというか灰色っぽいところをみると、細かくて虫眼鏡ではよくわかりません。顕微鏡で観察するとここには細かい結晶やガラスが入っています。この岩石がマグマだった時、この部分は液体だったと考えられています。

この岩石はマグマが冷えたものです。この岩石は「安山岩」と呼ばれる岩石です。灰色っぽくてあまり特徴がないのが特徴です。火山に行って灰色の岩石を見たら、それはほとんどまちがいに安山岩です。



御嶽山の安山岩の写真



御嶽山の安山岩の拡大写真



溶岩をマグマにもどそう!

今回の実験教室で行う『溶岩をマグマにもどす実験』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)。



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。

注意

高温(約1000℃)の溶岩を扱うと
 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。



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、研究者の人に実験をしてもらい、見学するようにしてください。

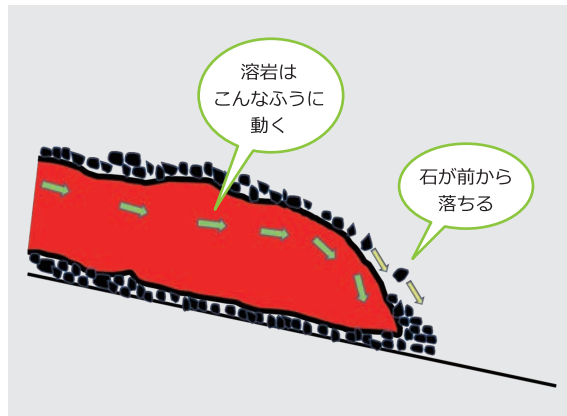
一般向けの詳しい説明は、「季刊 理科の探検 2015冬号 —今だから知りたい！地震と火山のキホン」の86～89ページに書いてあります(著者:三好雅也)。以下の Web ページからバックナンバーを購入できます。<http://www.rikatan.com/wiki.cgi?page=backnumber>



コンデンスミルクとココアで御嶽山の溶岩を作ろう！

さて、溶岩をマグマにもどす実験の後は、皆さん自身で溶岩を作ってもらおうことにしましょう。
本物のマグマは使えないので、ココアとコンデンスミルクを使って実験をします。

3ページでも使った右の図で説明しましょう。
この図は溶岩が流れている時の中の様子の絵です。真っ赤なところはまだ熱くてドロドロに流れている溶岩、表面は冷えてかたまり、割れてしまったガサガサの岩です。実験では、ドロドロの溶岩のかわりにコンデンスミルクを、ガサガサの岩のかわりにココアを使います。また、4ページで説明した溶岩堤防も作りますよ。



流れている溶岩の中の様子。中の方は高温でドロドロ流れているが、溶岩の表面はガサガサの岩に覆われている。溶岩が流れるに従って表面のガサガサした岩がどうなるか実験で調べよう。

実験の目標は2つ。

1つ目の目標

ココアやコンデンスミルクは本物の溶岩そっくりに流れるので、その様子を観察しよう。

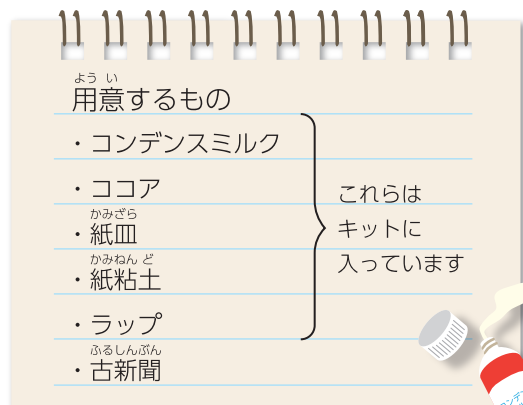
2つ目の目標

4ページで説明した「溶岩堤防」を再現しよう。

さあ、うまく実験できるかな？

実験レシピ

今度は、みなさん自身の手で、溶岩を作りましょう。実験は次のように行います。



御嶽山三ノ池溶岩の地形に見られる「溶岩堤防」。溶岩は手前から向こう側に流れている。 ※iPhone版アプリ「スーパー地形」にて作成した3Dモデル。4200mの上空から三ノ池溶岩を東に見下ろしている。

実験の手順

- ① 古新聞の上で、紙粘土の山を作ります。ゆるやかな山を作りましょう。幅は10センチ、高さは3センチくらい。形は火山を想像して自分で作ってみてください。噴火させる場所に、へこんだ地形(火口)を作っておきます。直径は2～3センチ。火口の片方はへこませて上から見て「U」の字の形になる様にします。
- ② 紙粘土の山にラップをかぶせます。火口の「U」の字の形のところをきれいに整えます。ここで手をきれいに洗います。
- ③ 紙皿にあたらしいラップをひろげます。その上に、さきほどラップで包んだ紙粘土の火山をのせます。ラップで、火山を包みます。おにぎりを包むときの様な感じで。これで、紙粘土の火山は二重にラップで包まれました。
- ④ 紙粘土火山を紙皿にのせます。さて、実験は、ここからがむずかしい。がんばろう！
- ⑤ 紙粘土をのせた紙皿の片側をラップの箱にのせます。のせて紙皿が傾いた状態でコンデンスミルクが火口からこぼれない様に、傾きや火口の形をととのえます。平らにするとコンデンスミルクが流れ出し、かたむけていると流れないという状態になるように火口の形を整えるのです。
- ⑥ 火山の模型を傾けたまま、コンデンスミルクを火口にいれます。
- ⑦ コンデンスミルクの上にココアをのせます。コンデンスミルクが全部隠れるくらいにのせてください。これで、実験準備は完了！
- ⑧ いよいよ実験。紙皿を平らにしてテーブルにお置きます。するとココアをのせたコンデンスミルクがほんものの溶岩そっくり流れ出しますので、ゆっくり観察しましょう。溶岩堤防はできたかな？



ラップをかけた紙粘土火山の頂上に「U」の字の火口を作ります(②)。



あたらしいラップでさらに紙粘土火山を包みます(③)。



こんな感じで、紙粘土火山は二重にラップで包まれています(④)。



紙皿の片側をラップの箱にのせ、「U」の字の火口が水平になる様にします。そしてコンデンスミルクを入れます(⑤・⑥)。



コンデンスミルクの上にココアをのせます(⑦)。



コンデンスミルクが見えないくらいココアをかぶせたら実験準備完了！(⑦)。



実験の様子。矢印のところに溶岩堤防ができていのがわかります。

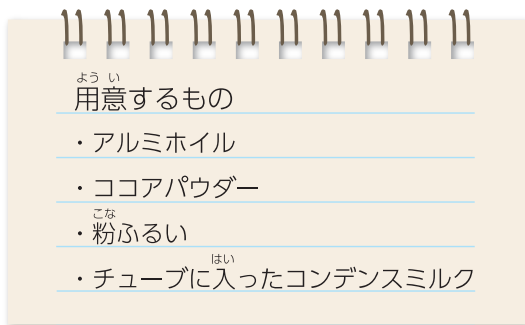
「溶岩じわ」を作ろう!

御獄山の三ノ池溶岩の表面には、よく見るとシワのような地形を観察することができます(右上の図)。

このような、シワのある地形はどうやってできるのでしょうか。実験をして考えてみましょう。



三ノ池溶岩の地形に見られる「溶岩じわ」。この溶岩は左から右に流れた。
※iPhone版アプリ「スーパー地形」を使用。



準備

- ① 粉ふるいを使って、2番目の図のようにアルミホイルの折り目に沿ってココアパウダーをうすく敷きます。
- ② ココアパウダーの上に、コンデンスミルクを細長く絞り出します(3番目の図)。
- ③ アルミホイルの両端を持って、左右に傾けながら、コンデンスミルクの表面にココアパウダーの膜がしっかりできるまでコーティングします(右下の図)。



アルミホイルの折り目にそって均等にふるう



コンデンスミルクは冷やしておいた方が良い

実験

コンデンスミルクをアルミホイルの折り目上で何度も往復させてみましょう。その時、流れる速さが途中で変わるよう、傾斜を変えるなどの工夫をしてみると、流れ方が変化する場所などで表面にシワができます(次のページの右上の図)。 ※コンデンスミルクは流れ出した溶岩を意味しています。表面のココアパウダーは冷えて固まった溶岩の表面です。



とにかくあせらずに、表面に膜を作る



かん さつ 観察のポイント

- シワの形と、流れる向きには関係があるかな。
- シワができる場所と、流れる速さの変化は関係があるかな。
- 実際の溶岩じわ(前のページの右上の図)とくらべてみよう。



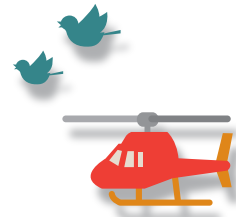
アルミホイルの形を変化させて、溶岩の流れ方を変化させてできた「溶岩じわ」

実験の記録 ～気づいたことを書いておこう～



もくじ

マグマってなんだろう？	1ページ
御嶽山ってどんな山？	5ページ
コラム「地質時代チバニアンと御嶽山」	
2014年御嶽山の噴火	7ページ
マグマが固まった石をみよう！	8ページ
溶岩をマグマにもどそう！	9ページ
コンデンスミルクとココアで御嶽山の溶岩を作ろう！	11ページ
「溶岩じわ」を作ろう！	13ページ



日本火山学会 第27回公開講座

【親子で火山実験】「マグマキッチンー みんなで溶岩を作ろう！」テキスト

発行：特定非営利活動法人 日本火山学会

発行日：2020年(令和2年)10月11日

編集・執筆：林 信太郎 金子 克哉 三好 雅也 竹下 欣宏 山岡 耕春 横山 光

レイアウト・デザイン：岩淵 美歩(エトカク)

*この企画は、文部科学省の令和元年度科学研究費補助金研究成果公開促進費(課題番号 20HP0010)の助成を受けて実施しています