



特定非営利活動法人
日本火山学会 主催 第22回公開講座



日本火山学会 第22回公開講座
親子で噴火実験「噴火から身を守ろう！」テキスト

発行：特定非営利活動法人 日本火山学会

発行日：2015年9月25日

編集・執筆：林 信太郎 増淵 佳子 石崎 泰男

レイアウト・デザイン：岩淵 美歩

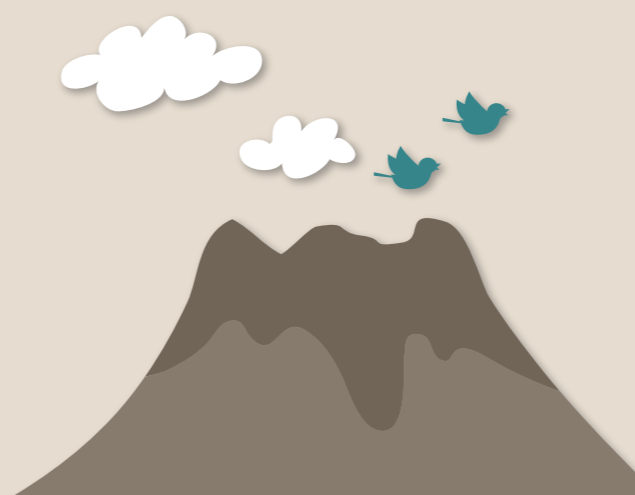
*この企画は、文部科学省の平成27年度科学研究費補助金(研究成果公開促進費)「研究成果公開発表(B) (課題番号15HP0013)」の助成を受けて実施しています。

日時：2015年 **9/27** (日) 13:30 ~ 15:30

場所：富山大学理学部 A239 実験室

(〒930-8555 富山県富山市五福 3190)

共催 サイエンスフェスティバル実行委員会
富山大学「理工ジョイントフェスタ」実行委員会
国立大学法人 富山大学理学部 富山大学工学部



2014年9月27日の御嶽山の噴火で犠牲になられた方々のご冥福をお祈り申し上げます。

はじめに

みなさんは、火山についてどんなイメージをもっていますか？「火山噴火はこわい」「災害をおこして困る」と思っている方もいるかもしれません。たしかに火山は噴火すると危険です。でも、火山には美しい風景があり、おいしい水があり、そして日本人の大好きな温泉があります。火山は噴火をしていないときには、ほんとうにすばらしいところなのです。

2014年9月27日御嶽山で火山の噴火が起きました。60人以上の登山者がこの噴火でなくなりました。過去数十年間でもっとも大きな火山災害となってしまったのです。

富山県にも立山という活火山があります。この火山には、御嶽山の2014年噴火と同じような「水蒸気噴火」のあとがあります。江戸時代には噴火したということが昔の人によって書かれています。ということは立山でも御嶽山と同じような噴火が起こりうるということです。しかし、幸いそれはめったに起こることはありません。

というわけで、活火山としての立山を楽しむためには「イザ！」というときに備えておく必要があります。火山についてよく知っているとこわさは少なくなりますし、噴火の危険から身を守るのにも役立ちます。

そのために、今回の親子実験では、立山とはどんな火山で、どのようにしてできてきたのかを実験しながら、楽しく知っていただこうと思います。次に、火山の爆発で飛んでくる石—噴石—からの身の守り方について、みなさんに考えていただこうと思います。

それでは、みなさん楽しみながら「イザ！」に備えて、火山についてくわしくなりましょう！

なお、立山火山の正式名称は、弥陀ヶ原火山ですが、立山火山という名前の方が有名です。

このパンフレットでは知っている人の多い立山火山という呼び名のほうを使います。

親子で噴火実験
噴火から身を守ろう！目次

はじめに 1ページ

火山のきほん 2ページ

立山の歴史 4ページ

御嶽山2014年の噴火 7ページ

実験のレシピ 9ページ

噴火に突然出会ったら 10ページ

火山のきほん

ウォーミングアップとして、火山のきほんを少しだけ説明します。

山には2種類あります

日本にはいろいろな山があります。いろいろあるのですが、おもなでき方はたった二つ。もりあがってできた山と火山の二つです。

➡ もりあがってできた山

日本のまわりには4枚ものプレートがひしめいています。これらは基本的に日本列島をぎゅうぎゅうとおしています。その力でもりあがってできた山が日本にはたくさんあります。北アルプスとか南アルプスはその代表的な例です。このような山は、ふつうにどこにでもあります。

➡ 火山

火山にもいろいろありますが、いちばん多いタイプは同じところからなんども噴火して溶岩などが積みかさなってできた火山です。立山もそのなかま。日本を代表する火山の富士山もそうですし、鹿児島県の桜島も北海道の北海道駒ヶ岳もそんな山です。このような火山は数万年から数十万年もの長いあいだ、何千回も噴火をくりかえします。そのたびにでてきた溶岩や火山灰がうすく層をかさねて火山は大きくなっていきます。たくさんの層がかさなっているようすは、バームクーヘンのようです。



火山はたくさんの層(溶岩など)がかさなっていてできる。(東北地方の鳥海山)

マグマ

マグマはどろどろにとけた「石」で1000度くらいあり、ものすごく熱いものです。マグマは冷えて固まると石になってしまいます。では、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。例えば立山の場合ですと地下数10キロメートルの深さにある岩石が溶けてできます。もとの石は「カンラン岩」という石でこれがほんの少し溶けることでマグマのもとができます。



マグマがかたまってきた石。立山の溶岩。

マグマたまり

マグマは深いところですが、だんだんと地面に向かってあがってきます。とちゅう、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。深さ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。

マグマが爆発する理由

マグマの中にはできたときからガス(水蒸気や二酸化炭素など)が溶けこんでいます。これらのガスが泡になるとマグマは爆発するのです。みなさん、メントスコーラってしていますか? コーラにメントスを入れると中のコーラが泡になってビューッと吹きだしてきます。これがマグマの爆発そっくりです。マグマの場合は地面にむかって上がってくるときに泡ができます。この泡がたくさんたまとコーラのようにビューッと吹きだして大爆発になるのです。



メントスコーラ実験。マグマが爆発するときにはこれとそっくりなことがおこる。

軽石と火山灰

火山が爆発しますとマグマはしぶきになって、でてきます。そのマグマのしぶきの中には泡がたくさん入っています。そのまま冷えて固まって石になると軽石ができあがります。泡だらけで固まりますので、たいへん軽い石です。そのまま「軽石」と呼ばれています。石なのに水に浮く変な石です。マグマのしぶきのごまかいものは火山灰になります。「灰」と名前はつきませんが、燃えてできたものではなく、岩石の細かい粒です。



軽石。手に持つと、とても軽い。石なのに水に浮くことが多い。称名滝火砕流中の軽石。

火砕流

火砕流は、マグマが爆発したときにおこる激しい爆発の一種です。空中にふきだし、しぶきになったマグマが下になだれ落ちてくるのです。これはたいへん恐ろしい噴火です。なにしろ、火山の上から数百度もの熱い軽石と火山灰とガスがなだれのように流れてくるのです。その速さは自動車かそれ以上の速さ。走って逃げたって逃げきれません。火砕流のとおり道の植物や動物はすべて焼けてしまいます。でもご安心ください。立山火山でこのような熱い火砕流がおこったのははるか10万年前の話で、近い将来には起きることとはなさそうです。



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 充宏 主任研究員)

水蒸気噴火

火山ではマグマが爆発するほかに、水蒸気爆発あるいは水蒸気噴火と呼ばれる噴火があります。これはなかなか説明しにくいのですが、マグマによってあたためられたうんと熱い水(熱水と言います。100度よりもっと温度が高い水です)が、圧力が下がることによってドカンと爆発するような噴火。わかりやすく説明するのはほんとうにむずかしいですね。このタイプの噴火はほとんどが小さいものです。小さくても爆発地点の近くにいる人々にはたいへんおそろしいものです。御嶽山2014年の噴火はこのタイプの噴火です。将来の立山の噴火がいつ起きるかはわかりませんが、きっとこのタイプの噴火が起こります。

噴石

ドカンと火山で爆発が起きるとそのまわりの岩がふきとばされます。これが噴石です。いろいろな大きさの石が、高速で飛んでくるので、火口の近くにいるととても危険です。

立山の歴史

立山ってどんな火山?

立山は火山でしょうか? 火山、と思う人は「はい」と、火山ではないと思う人は「いいえ」と答えてください。皆さんの答えはどちらかな?

実は「はい」と答えた人、「いいえ」と答えた人、どちらも正解なのです。

立山の中の「弥陀ヶ原」や「地獄谷」は火山の噴火によって作られた地形です。というわけで、「はい」と答えた人はみごとに正解です。

私たちが「立山」とよぶ山(雄山、大汝山、富士ノ折立)は、実は火山ではありません。「花こう岩」という白い岩が見えています。というわけで、「いいえ」と答えた人、とてもみごとに正解です。

立山のできかたをイラストでかいてみました。立山のできる前は、ごつごつした山だけがありました(①)。これは普通の山で、花こう岩という白い岩でできています。

立山はこうやってできた!



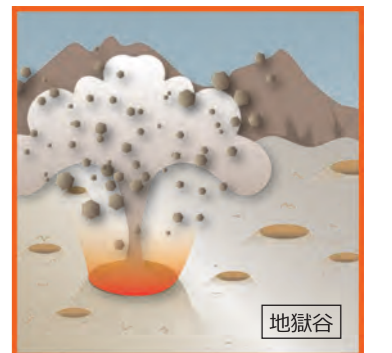
①立山火山ができる前。ごつごつした山があった。



②火砕流発生。



③10万年前の火砕流によってデコボコは埋められ平らな地形ができた。このほかに溶岩も流れている。



④4万年から現在まで。ときどき水蒸気噴火が起きて火口ができた。

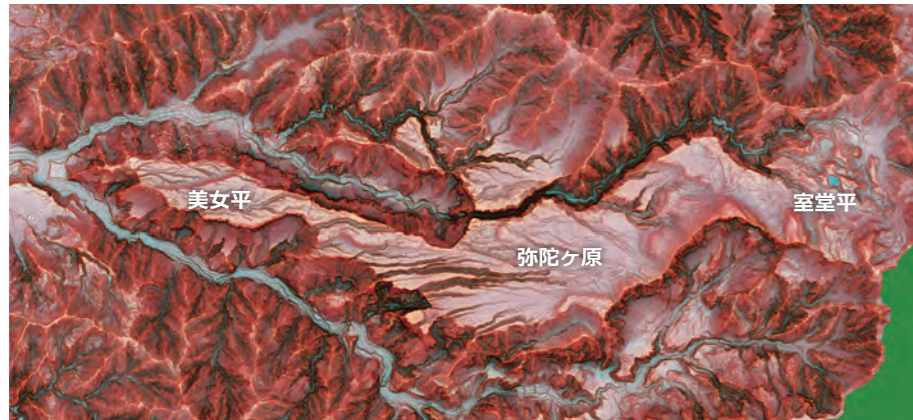


立山の写真: 室堂平からみたパノラマ写真。写真の左が東方向で右端が南西方向。写真左側の高い山は盛りあがってできたふつうの山。写真右側のなだらかな山と手前のたいらなところが立山火山。

写真でほんもの立山を見てみましょう。左がわのゴツゴツした山並みはもりあがって山になった岩石(花こう岩)からできているところ、右側のなだらかな山と手前の平らなところは火山の石からなる部分ですね。立山は、富士山のような大きな1つの火山ではありません。これまでできた火山のほとんどは崩れてしまったり、水の力でけずられてしまったりして、もとの形がなくなったところが多いのです。今ではもとの火山の一部だけしかのこっていません。

立山連峰は劔岳に代表されるけわしい岩山でできていますが、その中で約20万年前立山火山が噴火をはじめました。立山火山は、いろいろな地形を作っています。溶岩をドロドロっと流したり、「火砕流」を流したりして、それらが積み重なり火山は大きくなってきました。

たてやま だいら な
立山には、「～平」と名づけられたところがいくつかあります。「室堂平」をはじめとし、「美女平」「下ノ小平」「上ノ小平」「天狗平」があります。



立山火山の赤色立体地形図。(航空レーザー測量データ、国土交通省北陸地方整備局立山砂防事務所提供；赤色立体地図、アジア航測株式会社 千葉達朗)

これらの場所は、名前
のとおり、とても平らで
す。剣岳あたりのとがっ
た山とはだいぶちがいま
すね。この平らなところ
は、立山火山(弥陀ヶ原
火山)の大爆発で作られ
ました。約10万年前のこ
とです(②)。

この時の噴火では、「火砕流」が流れだしました。ものすごく、大きな噴火が起こったのです。たくさんの軽石や火山灰がそのとき出てきました。その量は東京ドームをマスにしてはかると7000杯くらい(8.5立方キロメートル)。これらの軽石や火山灰は、凸凹だった地形をうめて、すっかり平らにならしてしまいました(③)。

同様に、「弥陀ヶ原」や「五色ヶ原」も火砕流によって作られた平らな大地です。この時に火口からできた火砕流は、厚いところでは約500メートルもあります。東京タワーがたてにすっぽりうまってしまう厚さです。

そのときたまった火砕流の軽石や火山灰を称名滝で見ることができます。ここでは、たまった軽石や火山灰が川の方でけずられ縦にスパッと切れているので、「～平」の中身を見ることができるのです。下の方に厚さ約450メートルのがっちり固まった火砕流の軽石や火山灰(火砕流は熱いのでこのようにガチガチに固まることがあります。これを「溶結」といいます)がみえます。上の方には、9～4万年前に噴火した厚さ約50メートルの溶岩を見ることができます。称名滝の上の方の溶岩と下の方の固まった火砕流は、かたさや割れやすさがちがっています。はなれたところからながめると火砕流と溶岩のさかい目がよくわかります。このように、立山は活動をはじめてから4万年前までは、マグマが火山からでてきては、火砕流や溶岩になるという火山活動(マグマ噴火)を続けてきました(軽石や火山灰についてはこのパンフレットの3ページを見てください)。

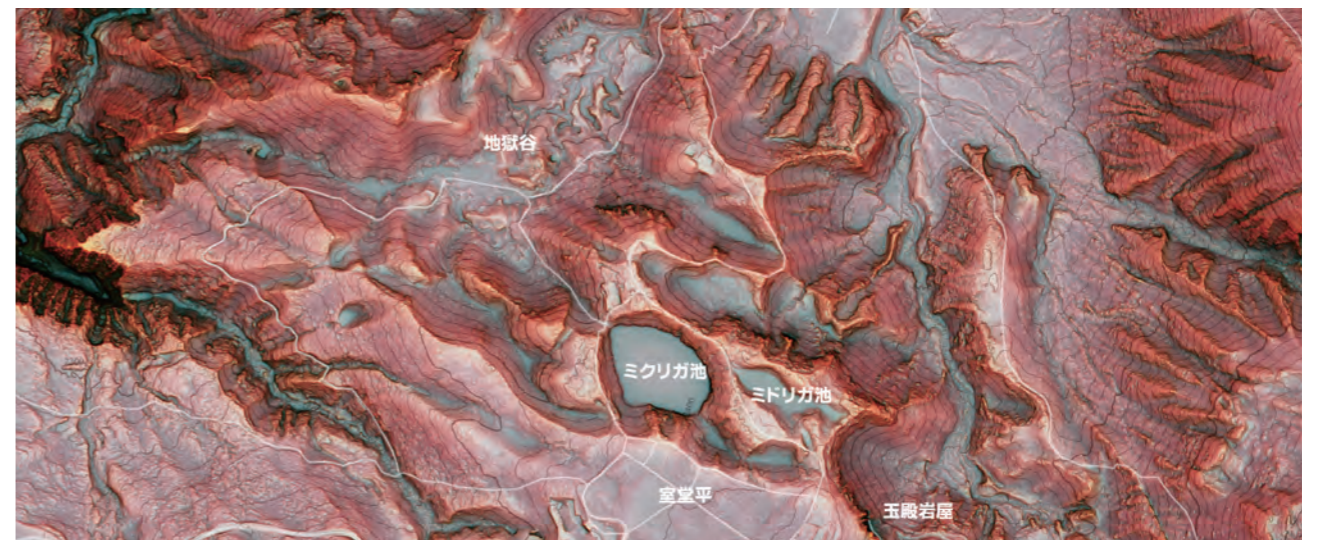


称名滝

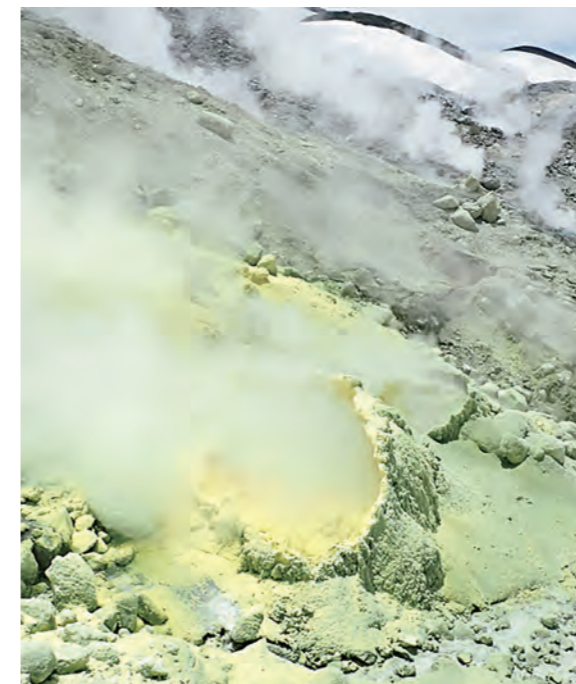
4万年前からは、噴火のスタイルが変わってきました。マグマ噴火から水蒸気噴火にかわったのです。水蒸気噴火とは、御嶽山で去年(2014年)起きたような噴火です。噴火するところも地獄谷のあたりにかわりました。地獄谷には「ミクリガ池」や「ミドリガ池」などの湖があります。これらは、水蒸気噴火によってドカンと地面が吹き飛ばされてできた火口です(④)。そこに水がたまって湖になったのです。また、地獄谷という場所も、水蒸気噴火によってできた谷です。地獄谷周辺では、水蒸気噴火の火口が何十個も見つかっています。



ミクリガ池。大変美しい湖である。水蒸気噴火の大爆発によってできあがった。



立山火山地獄谷の赤色立体地形図。(国土交通省北陸地方整備局立山砂防事務所提供)



地獄谷の噴気活動。

この火口はすべて爆発でできていますので、ここで何十回も爆発が起こったことがわかります。もっとも最近の噴火は江戸時代(1836年)に起こりました。

地獄谷では、現在も火山ガスや温泉がふき出しています。火山のエネルギーを感じられるところですね。ただし、地獄谷は、2012年から、立入禁止になっています。火山ガス中の有毒成分が多くなっているため、中に入るととても危険です。

立山火山はこのように長い間噴火をくり返してきました。活火山ですので、いつかまた必ず噴火することはまちがいありません。火山について知って、次の噴火にそなえましょう。

2014年9月27日(今から1年前です) 午前11時52分御嶽山で噴火がはじまりました。この噴火で、63名もの方が犠牲となりました。この噴火ではいったい何が起こったのでしょうか？

はじめに御嶽山の頂上のすぐ下にある地獄谷という火口で「ドカン」と爆発が起こりました。これはたいへん大きな爆発でした。爆弾を何十発も同時に爆発させたのと同じエネルギーを持っていたのです。

この爆発でたくさんの石や岩が飛び散りました。これが「噴石」です。そのスピードは新幹線ほどもあったと言います。プロ野球のピッチャーの投げる球はたいへん速くて、もしその球にぶつかったら大ケガをするでしょう。ところが、この時の噴石はその倍も速かったのです。ぶつかったらたいへんなことになりすよね。しかもそれは角ばっていて重い石だったので。人間に当たったらひとたまりもありません。同時に火山灰もふきだして「火砕流」というものになりました(この火砕流はあまり熱くないのでそれほどの危険性はありません)。

では、噴石の写真をいくつかお見せしましょう。噴石はたいへんなスピードで飛んできますので、山小屋の壁にたくさんの穴があいてしまいました。中には壁につきささったままの噴石もあります。噴石には大きなものから小さいものまであります。大きな噴石は山小屋の屋根をこわしてしまい、もう少しで小屋の中に噴石が飛びこむところでしたが、なんとか噴石を食い止めることができました。どのようにしたら、噴石から逃れて助かることができるかは、このパンフレットの最後の方に書いておきます。



頂上からみおろした地獄谷の火口群。火口は少し低い位置にあった。



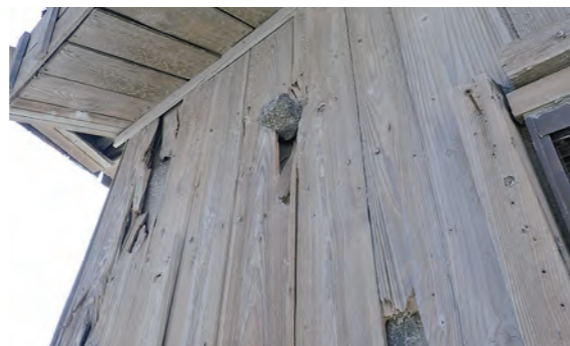
御嶽山の噴石。



山小屋の壁にあいたたくさんの穴は噴石がぶつかったあと。



いろいろな大きさの噴石。水蒸気噴火ではこのようにいろいろな大きさの噴石が飛んでくる。



壁につきささった噴石。



山小屋の屋根をこわした噴石。なんとか噴石を山小屋の屋根が食い止めた。



噴石実験。紙ねんどの噴石を空気のかでとばしている。

このような噴火は立山でも起こる可能性があります。でも、実はめったにそのような噴火が起こることはありません。このような噴火に合う危険性はどのくらいあるのでしょうか？

立山での水蒸気噴火が100年に一度起こるとしましょう(たぶんそれよりも少ないと思います)。御嶽山2014年の噴火のように噴火を予知することができずに突然噴火が始まるのは2回の噴火のうち1回とします。もちろん予知できた場合は火口にちかづく人はいないでしょうから被害はないと思います。また、火口ちかくにいる時間は1時間とします。このように考えて計算すると175万回登山すると1度は御嶽山のような噴火にあうという計算になります。これはどのくらいの数なのでしょう？ ちょっと数字が大きすぎてピンときませんね。

ここにたくさんの米があったとします。5キログラム入りのお米が7袋と半分くらい(全部で38.5キログラム)用意します。この中には175万粒のお米がはいっています。この中に一粒だけ印をつけたお米をまぜておきます。



たくさんの白い米粒の中にある赤く印をつけた米粒。

さて、ここで目をつぶりましょう。そして、このたくさんのお米の中から一粒だけお米を取り出すのです。何色のお米がとれましたか？ きつと印の付いていない白い米だと思います。何十回くり返しても白い米しか取れないでしょう。

立山に登ってとつぜん噴火にあう可能性は、このたくさんのお米の中から、偶然赤い印のついた米を取り出してしまふ可能性と同じくらいなのです。

飛行機はときどき事故を起こします。300万回飛ぶと一度くらい事故が起きるのです。でも、飛行機は便利なので飛行機を使う人もいますし、飛行機を決して使わない人もいます。火山の噴火もそれと同じです。めったにおきない噴火を気にせずに登山の楽しみを大事にする人もいますし(私はこちらのタイプです)、危険はゼロではないので登らないと決めてしまう人もいます(私はみなさん一人一人の判断で決めることです。ただ、活火山を登山するときにはとつぜん噴火にそなえてヘルメットをかぶりましょう。それでは、突然噴火に出会ったらどうするかは、一番最後のページに書いておきますね。

※7ページの写真・8ページ左上の写真：火山噴火予知連絡会御嶽山総合観測班地質チーム提供

実験のレシピ

今回の実験教室では二つの実験を行いました。そのうちの一つの火砕流実験をもっとかんたんにして、家でもできるようにしました。

お風呂で実験、火砕流！

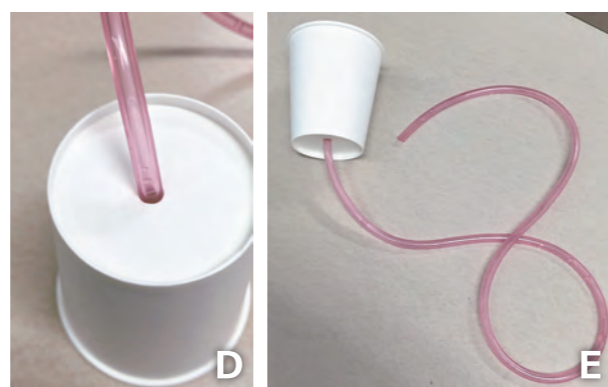
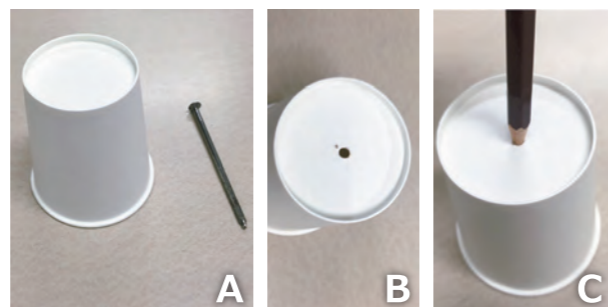
注意

あぶないので、必ず大人といっしょに実験してください

用意するもの：

- ・バスロマン スキンケア-ミルクプロテイン
- ・紙コップ
- ・くぎ
- ・えんぴつ
- ・金魚用のエアホース(5ミリくらいの太さのホースならばなんでも良い)

- ① 紙コップの底にくぎで穴をあけます(A・B)。
- ② その穴を鉛筆で広げます。ホースが少しきつめに通るくらいの太さの穴にします(C)。
- ③ ホースを紙コップにつけます。ホースを指でふさいで、水がもれなければ完成です(D・E)。
- ④ バスロマン30gを150ccの水に溶かします(これが入浴するときの1回分です)。
- ⑤ ホースの先をお風呂の底に持って行き、口を上に向けけます。水の上に出してある紙コップの中に④の水に溶かしたバスロマンを入れると、ホースの先から吹き出します(F)。
- ⑥ 吹き出したバスロマンがほんものの火砕流そっくりに流れて広がっていく様子を観察しましょう。



実験のようす。お風呂でやる場合は、ホースを風呂の底につけて口を上に向けてやります。

大人の方へ

この実験は大人の方の手伝いがないとできません。子どもだけで実験すると、風呂への転落等の事故が考えられ危険です。必ず大人がつきそって下さい。

なお、今回の火砕流実験は、笠間ほか(2001)のチョークを用いた水槽火砕流実験を改変して使用しています。実際の噴火は大気中で発生しますが、この実験では大気かわりに水を用い、噴煙の代わりにチョークの粉を混ぜた水を使います。詳しくは、<http://www.age.ac/~chigakuk/zasshi/64-1.pdf> を参照してください。

噴火に突然出会ったら

突然噴火に出会った場合、とるべき行動は次の二つのうちどちらかです。

かく
隠れる

に
逃げる

➡ 隠れる

岩や山小屋に隠れましょう。噴石が見えてからまわりに落ちてくるまで10秒は時間があるはず。とっさに岩の影に隠れましょう(写真)。シェルターがあったらその中が安全ですが、阿蘇火山など限られた火山にしかそれはありません。岩の影に隠れた場合、ほとんど真上から噴石が落ちてくることもありますので、リュックで頭を守りましょう。



噴石から身を守るには。モデルはほんものの火山学者。

➡ 逃げる

噴火はずっと続くわけではありません。噴火と噴火のあいまを見はからってすばやく逃げることで身を守れます。数百メートル離れるだけで、噴石の危険性はかなり少なくなります。この場合、前も後ろも見ながら走って逃げましょう。前を見なければ転んでしまい大ケガをします。後ろを見て噴石が飛んでこないかどうか確かめる必要もあります。半身になって走り前も後ろも気をつけながら逃げるというむずかしいことをするのは、噴石が飛んできたなら、すぐにどこかに隠れます。

この二つのうちどちらの行動をとるかはそのときの状況でかわってきます。冷静に考えてどちらの行動をとるか考える必要があります。こればかりはみなさん自身で考えていただくにはなりません。

この「隠れる」「逃げる」という忍者のような行動をすることによって噴石にぶつかる危険性が減るのはたしかです。もちろん、100%安全というわけではありません。

また、活火山に登山するときには、ヘルメットをかぶって行きましょう。もともと登山というのは危険をとまらぬレクリエーションです。頭を打ってケガをすることは、ふつうの山のふつうの登山でもありえます。ですから、噴火のあるなしにかかわらず登山のときにはヘルメットをかぶることにしましょう。

ほかにも活火山に登山するときには気をつけなければいけないことはいろいろあります。日本火山学会のパンフレットも参考にしてください。