

特定非営利活動法人 日本火山学会
第16回 公開講座

火山学者と火山を作るぞ!!

in 箱根・小田原

テキスト



特定非営利活動法人 日本火山学会

このテキストの目的

皆さんは、火山についてどういうことを知っていますか？ 噴火すると怖い。そう思っている人は多いと思います。もちろん噴火すると危ないし怖いのですが、どうして危ないのかと言うことがわかれば、ちょっとは怖さが減ると思います。それに、火山の噴火って、じつは結構面白いのです。

日本火山学会は火山のことについて色々なことを研究する人々の集まりですが、この10年ほど、ほぼ毎年、火山のすばらしさ、おもしろさについて、一般の皆さんにお伝えするための試みを行ってきました。

今回は、ホンモノの火山学者と、小学生以上の一般の方々が一緒に食材や身の回りにあるものを使ってミニ火山と一緒に作る実験をすることにしました。作るミニ火山はニセモノですが、ホンモノに色々似ています。その似ているところを探りながら、火山の色々なおもしろさを一緒に発見しようというわけです。

このテキストは、この催しでつくる「ミニ火山」の作り方と、楽しみ方をまとめたものですが、実験に参加していないひとでも、読んで楽しんだり、書いてあることを元に自分でも実験出来るように編集したつもりです。

皆さんがこのテキストを見て、「火山って面白いなあ」と思っていたら、きっかけになると、大変うれしく思います。

このテキストの目的	1
ウォーミングアップ	
(1) 火山とマグマ	2
(2) 火山噴出物のいろいろ	4
噴火実験をしよう！	5
第1部 キッチン火山博士を目指そう	6
実験1 麩をつかった火山噴火実験	7
実験2 ココアとコンデンスミルクによるカルデラ実験	11
実験3 チョコプリンで作る成層火山	13
第2部 ワイルドに火山を作ろう	15
コラム 火山の噴出物と火山の形	16
実験4 溶岩の粘り気と火山の形	17
実験5 スコリア丘とタフリング	19
実験6 成層火山	21
実験7 人生いろいろ火山いろいろ	24
超早わかり「箱根火山」	26

ウォーミングアップ (1)

1 火山って何？

「火山」と聞いて、みなさんが思いつくのはなんですか？ たぶん実際に見たことはないけれど、溶岩が流れ出したり、火山灰をまき散らしたりするところだということは、人から聞いたり、テレビで見たりしているので、頭に思い浮かぶのではないのでしょうか？ 皆さんの中には「マグマ」という言葉を知っている人もいるかも知れませんね。それでは、マグマと、溶岩は何が違うのでしょうか？ 実験を始める前に、こうした言葉を整理してみましょう。

2 マグマとは石が溶けたものである！

マグマとはなんですか？ ドロドロと流れる、まっ赤なものというのは、知っていますか？ 実はマグマが固まるとすぐに石になってしまいます。マグマの温度は1000℃くらいですが、冷えてしまうと熱くはありませんので安心して下さい。つまり、マグマはドロドロに溶けた石のことをいいます。でも、一つだけ注意。マグマというのは「地下にある」ドロドロに溶けた石のことをいいます。おなじドロドロに溶けた石でも、地上に出てきたら別の名前と呼ばれます。

3 マグマが固まって出来た石を火山岩という！

皆さんの身の回りには、ぜんぶ火山から出てきた石か、というとそんなことはありません。火山からでてきた石、つまりもともとはマグマだった石と、そうでない石があります。マグマが火山から出てきて固まった石のことを「火山岩」と呼びます。中学生になると、火山岩には、玄武岩、安山岩、流紋岩などという種類の岩石があることを教わります。ちなみに、箱根は火山なので、箱根の石はほとんど火山岩です。また箱根は色々な種類の火山岩を噴出していますが、かなりの部分が安山岩という種類の石です。



4 火山噴火で出てくるもの

火山噴火で出てくるものをひっくるめて「火山噴出物」あるいは単に「噴出物」といいますが、これは2種類に分けられます。火口から静かに流れ出したマグマがそのまま固まった「溶岩」と、爆発によってしぶきになったマグマが固まった「火山砕屑物」（むずかしそうな言葉ですみません）の2つです。標本でみるとすぐわかりますが、溶岩は大きな岩の固まりで、「火山砕屑物」は砕けて破片状になった岩です（大きさはいろいろあります）。火山砕屑物は、長くて言いにくいので、略して火砕物ということもあります。なお、火山噴出物が地上に出てくる出口のことを「火口」と言います。

5 火山はなんで爆発するのか？

火山が爆発する話はみなさん聞いたことがありますよね。火山は、近くにいたら命がなくなるようなそんな大爆発を起こすことがあります。大爆発の場合ですと火口から1 km以上離れていても生命をうしなう危険があります。

火山爆発の原因はマグマにとけこんでいるガスです。みなさんのよく知っているコーラ。これを思いだしてもらおうと良いと思います。コーラの中にはガスがとけこんでいます。コーラを入れたコップからは泡がでてきますが、これはとけこんでいたガスが泡になったものです。マグマは高温ですが、同じようにガスがとけこんでいます。コーラも良く振ってから栓を抜くと、なかから激しくコーラが吹き出します。良く振ると、溶けていたガスが一気に泡になってふくらむからです。同様に、マグマの中のガスが一気に泡になってしまおうと、マグマがふくらんで大爆発になってしまうのです。



火山噴出物は、大きく分けて火山砕屑物と溶岩の2種類に分けられるという話をしましたが、もう少し詳しく見てみましょう。

火山砕屑物は大きさや形をもとに、火山灰、軽石、火山弾などと分類がされています。火山砕屑物には大きな共通点があります。例えば軽石をよく見ると、中にたくさんの穴が開いています。これは軽石がまだマグマだったときに、マグマの中に溶けていたガスが、泡となった跡です。火山灰や火山弾にも軽石と同様、たくさんの穴が開いています。

かる いし
軽石

溶岩もいろいろな分類されています。分類の一つは溶岩の全体の形です。溶岩が出てきたとき流れやすいと、遠くまで流れる「溶岩流」となります。一方、流れにくい溶岩の場合、出てきたところの近くで大きな塊を作ります。この塊のことを「溶岩ドーム」と言います。

ようがん うんせん へいせいしんざん
溶岩ドーム (雲仙・平成新山)

溶岩流には、表面がのっぺりとしていてホイホイ歩くことができる、パホイホイ溶岩と、表面がガサガサしていてとても歩きにくいアア溶岩があります。これはハワイに昔から住んでいた人々が使っていた分類ですが、現在では世界中の火山学者が使う専門用語になっています。

ようがん いず おおしま ねん ようがん
アア溶岩 (伊豆大島1986年C溶岩)ようがん とう
パホイホイ溶岩 (ハワイ島)

ふん か じっ けん 噴火実験をしよう！

マグマと火山噴出物、火山爆発について一通り勉強をしたので、さっそく噴火実験をして火山を作ってみましょう。といっても、ドロドロに溶けたマグマを使って大きな火山を作るような実験するわけにはいきません。みのまわりにある材料を使って、マグマや火山噴出物に見立てて、ミニ火山を作ります。

火山をつくる材料にはいろいろありますが、今回は食材を中心とした「キッチン火山博士を目指そう」コースと、食べられないものを材料にした「ワイルドに火山を作ろう」コースの2つを用意しました。それぞれのコースを教えてください二人の先生を紹介します。

か ざん たん とう キッチン火山担当

はやし しん た ろ う
林 信太郎 先生

SHINTAROU HAYASHI

1956年北海道・樽前火山のふもとで生まれる。現在、秋田大学教育文化学部地学研究教室教授。火山学者として国内外の火山を多数調査研究。そのかたわら、秋田大学附属小学校などで、火山噴火の実験授業をしている。火山実験には食材を用いるのが得意。実験後に食べるのも得意。著書に「世界一おいしい火山の本」（小峰書店）など

か ざん たん とう ワイルド火山担当

かさま とも ひ ろ
笠間 友博 先生

TOMOHIRO KASAMA

1958年神奈川県・湘南で生まれる。現在、神奈川県立生命の星・地球博物館主任研究員。もともと地質に興味を持っていたが、大学では化学を専攻。卒業後、県立高校で理科を教えながら、県内の火山灰を精力的に調査。火山実験にはリアルさを追求し、県内の小・中学校・高校で多数の出前授業を実施してきた。趣味のスポーツキャスティングは全国有数の腕前。

かざん はかせ めざ

キッチン火山博士を目指そう！

キッチン火山博士ってなに？

キッチンとは、そう。お母さんが料理をするあのキッチンですね。火山はもちろん真っ赤なマグマを流したり爆発したりするあの火山です。キッチン火山博士とは「キッチンにある道具や材料で火山噴火を実験してしまう人のこと」です。今日はキッチンにあるさまざまな道具や材料を使って実験しちゃいます。まるで、料理をしているようですが、これは火山噴火の実験です。巨大噴火を想像しながら実験してください。今日の実験が終わるころにはみなさんもキッチン火山博士になっていることでしょう。



実験 1

麩を使った火山噴火実験

みなさん。「麩」って知っていますか？おみそしるに入れる軽いふわふわとしたものです。知らない人は家に帰ったらお母さんに聞いてください。麩はとても火山灰実験に都合が良いのです。あなただけで軽いので軽石に似ていますし、細かくすると火山灰そっくりになります。この麩を使って実験をしましょう。火山の大爆発があると空高く「噴煙柱」があがります。火山灰や軽石と火山ガスが、黒い雲の柱のように、そしてわきあがるように空に上がっていきます。時には数十キロメートルの高さにまであがるのです。日本の上空では西風がふいています。西風は、西から東の方にむかってふく風ですので、軽石や火山灰は風に流されて東の方に飛んでいきます。軽石や火山灰が降ってくると困ることがたくさんあります。何10cmもつむると、家が倒れたり屋根が落ちたりすることがありますし、目に入ると痛い。うえに、肺に吸いこむと健康に良くありません。火山灰がどうやって火山から飛んでくるのか実験でたしかめましょう。

この実験に使うものは簡単ですので、自由研究に良いと思います。



ひだり ゆうだいほんもの ふんか いす
(左) 雄大な本物の噴火(伊豆大島1986年噴火)。噴煙はまっすぐ上がった後、西風に乗ってひがしがわながうえむらひろみち東側に流れている(上村博道さん撮影)。

みぎ
(右) スーパーで売っている麩。
ゆうだい
あんまり雄大ではない。



ようい
＜用意するもの＞

1. 自転車チューブ実験装置
2. 細かくすりつぶした麩
3. 黒い画用紙 (20枚くらい)
4. 扇風機

じてんしゃ じっけんそうち ざいりょう
[自転車チューブ実験装置の材料]

この装置は、火山模型と空気圧縮装置の2つの部分から出来ています。

火山模型部分：

1. ペットボトル (500mlか1500mlで、アクリル管が注ぎ口に収まるもの)
2. アクリル管 (φ21×φ18)
3. L字管 (TS-L 16)、ビニールテープ
4. 瞬間接着剤
5. 油絵のボード
6. 紙粘土 (あるいは普通の粘土)
7. 茶こし (網の部分)

空気圧縮装置部分：

8. 自転車チューブ
9. ホフマン式ピンチコック (大型)
10. 自転車の空気入れ
11. 大型のクリップ

かざん もけい ぶぶん つく かた
【火山模型部分の作り方】



1. アクリル管を20cmと3cmに切り分け、その両端にビニールテープを一巻き巻く。



2. 3cmに切りとったアクリル管の片方に、丸く切り取った茶こしの網を貼り付ける。



3. ペットボトル (500ml) の上部をじょうごのような形に切断し、切り口をビニールテープで覆う。



4. L字管の両端に1の管と2の管を取り付け、接着剤で隙間を密閉する。2の管には3を差し込み隙間を接着剤で密閉する。



5. L字管の周りに紙粘土を付けて、油絵のボードの中心に接着する。



6. 3の残りのペットボトルの切り口をビニールテープで覆う。



7. 5の上から6をかぶせる。こうすることで使用する粘土の量を少なくすることが出来る。



8. 7の上から木粉粘土を貼り付けて、火山を作る。木を粘土で作って飾り付けてもグー。

【空気圧縮装置部分の作り方】



1. 自転車チューブのバルブから15cm地点を切断する。



2. 切り取った自転車チューブの短い方を、空気が漏れないようにホフマン式ピンチコックで固定する。



3. 長い方のチューブの内側にペットボトルの蓋を加工した物を取り付ける。



4. チューブを火山から出ているアクリル管につなげる。



5. 自転車チューブのバルブに空気入れをつなげて完成！

<実験の方法>

1. 実験台の上に、黒い画用紙20枚くらいをしき
ます。台が黒い場合はそのまま実験できます。
2. 噴火実験装置を台の上のはしの方に設置します。
3. 扇風機を実験装置の後方約2～4 mの位置にお
き、微風にします。
4. 噴火口の上部に風がくるよう位置の微調整を
行います。
5. 自転車チューブのバルブから80cmのところを
M字に織りこみ、クリップで留めます（右図a）。
6. 麩をすりつぶしたもの（右図b）を火口に入
れます。
7. クリップで留めたところを手で押さえながら
自転車のチューブに空気を入れます。ポンピン
グの回数は使用する空気入れにより異なるため、
噴煙が2 mほど飛び上がるように調整します。
8. チューブに十分空気が入ったらM字に織り込
んだところを手で押さえながらクリップを外し、
カウントダウンの後、手を離します
9. 実験は一瞬で終わります。火山灰が黒い紙の
上に落ちますので、粒の大きさやたまりかたを
観察します。



a. 自転車チューブの途中でクリップで留めているところ。チューブの折りたたみ方に着目。



b. 麩はすりこぎでつぶせる。色々な大きさの粒が出来るようにつぶすとよい。袋に入れてから手でたたいて細かくしてもよい。

注意

噴火実験の時、麩が時速60kmで飛び出てきます。模型の火口は絶対にのぞきこまないように。

ココアとコンデンスミルク によるカルデラ実験

あかこ ましゅうこ しこつこ どうやこ たざわこ にほん ゆうめい かんこうち なか
阿寒湖、摩周湖、支笏湖、洞爺湖、田沢湖など、日本の有名な観光地の中にはたくさんの
カルデラ湖があります。カルデラとは、巨大噴火によってできた巨大なへこみで、中に水が
たまるとカルデラ湖になります。箱根の場合は、水は余りたまっていませんがへこんだ地形
ははっきりわかります。

カルデラの小型のものは2～5 km、巨大なものと直径数十kmになります。巨大噴火に
よって一気に地下のマグマが地上に放出されてしまうとマグマだまりの上が落ちこんでカル
デラが出来ます。あまりにも大きな現象でイメージしにくいので、10万分の1（つまり1 km
が実験の1 cm）のモデルをつくりました。マグマのかわりにコンデンスミルク、地盤のかわ
りにココアの粉を使います。



ひだり どうや みずうみ どうやこ
(左) 洞爺カルデラ。湖は洞爺湖で、カル
デラのほとんどが湖になっている。



みぎ かんぼつ
(右) 陥没した「ココアカルデラ」。

ようい
<用意するもの>

1. アクリル板 (15cm×15cm、大きさ約7mmのあなを真ん中にあける；固い丈夫な板ならば何でも良い)
2. アクリル板をのせる台
3. アルミホイル (15cm×3cmくらい)
4. 茶こし
5. スプーン (2個)
6. マグカップ
7. 水あめ
8. コンデンスミルク (使う量は20ccくらい)
9. ココア (「バンホーテン」の製品がよい)



a. アルミホイルの輪

じっけん ほうほう
<実験の方法>

1. アルミホイルを幅1cm×長さ10cmくらいのリボン状にし、両端を水あめで接着して輪を作ります (右図a)。のりしろは、1cm以上とってください。
2. 1.で作った輪を、穴をあけたアクリル板に水あめでぴったりとはりつけます。アクリル板の穴にはティッシュで栓をします (右図b)。マグカップを台の真下に置いてください。
3. アルミホイルの輪の中に、コンデンスミルクをいれマグマだまりを作ります (右図c)。
4. 3.の上にココアの地盤を作ります。地盤を積み上げアルミホイルの輪の上に1cmくらいココアが、積みかさなったら、準備完了です。
5. ティッシュを抜くと10数秒でカルデラができあがります。マグマ代わりのコンデンスミルクは下に落ちますのでマグカップで受け止めます。実験後、ココアまじりのコンデンスミルクにお湯を入れるとおいしいドリンクになります。



b. アルミホイルの輪をセットしたところ



c. コンデンスミルクのマグマだまりを作る



d. ココアを上からかけて地盤を作ります

火山はなぜ高くなるのでしょうか？それは、何千回もの噴火によって次第に高くなって行くからです。この実験では、数回の噴火実験で、火山が高くなって行く様子を観察します。使うモデル溶岩は、茨城大学理工学研究科藤縄研究室の中谷咲子さん、及川敦美さん、伊藤太久さん、須藤雄介さんが発明したチョコプリン溶岩です。溶岩が固まる様子や、溶岩が積み重なる様子が分かります。

＜用意するもの＞

[チョコプリン溶岩100ml分]

1. チョコレート50ml分
2. 牛乳50ml
3. ゼラチン6g
4. 注射器
5. ボウル大・小1つずつ
6. 泡だて器(小さめのもの)
7. 電子レンジ
8. ビーカー
9. お湯

[成層火山実験用]

10. 穴のあいたアクリル板
(穴の大きさは2mmくらい；
丈夫な板なら何でも良い)
11. 三脚 (アクリル板をのせられる
ものであれば何でも良い)
12. 注射器 (針なしのもの)



何回もの噴火によって日本一の高さになった富士山



何枚もの溶岩流が見える富士山の断面 (宝永火口)

<実験の方法>

1. チョコレートを細かくきざんでおきます。
 2. 分量の牛乳をビーカーに入れ、電子レンジで約1分加熱します。
(沸騰するまで。吹きこぼれに注意)。
 3. 熱いうちに、分量のゼラチンをいれ、完全に溶かします。
 4. 分量のチョコレートを量り、小さいほうのボウルに入れます。
 5. チョコレートの入ったボウルにゼラチン入りの牛乳を入れ、チョコレートを溶かします。
 6. 完全に溶けたら、人肌くらいになるまで冷ます。水で冷ましたり、ドライヤーのクールモードで風をかけます。これでチョコレートプリンマグマのできあがりです。
 7. チョコレートプリンマグマを注射器で吸い、アクリル板の下からしぼりだします。溶岩が固まったら、チョコプリン溶岩にツマヨウジで穴をあけ、次の溶岩を噴出させます。ホワイトチョコと普通のチョコをミックスしてその配合をかえながら実験すると溶岩の積みかさなりかたがわかっておもしろいですよ。
- * チョコレートプリン溶岩が固まってしまったら、湯せんすると溶けます。



(上) 完成したチョコプリン成層火山
 (左) 本物の成層火山でみられる溶岩流。
 にていると思いませんか？

か ざん つく ワイルドに火山を作ろう!!!!

この実験では、火山実験専用^{かざんじっけんせんよう}に開発^{かいはつ}した実験台^{じっけんだい}（図1）を用いて、様々な^{さまざま}タイプの火山^{かざん}の成長^{せいちょう}を再現^{さいげん}します。実験台^{じっけんだい}の上^{うへ}が地面^{じめん}、その下^{した}は地下^{ちか}と考^{かんが}えてください。台中央^{だいちゅうおう}の穴^{あな}は火口^{かこう}で、その回り^{まわ}の丸い部品^{まるぶひん}はカルデラ^{つか}を作るための陥没^{つくだ}円盤^{かんぼつえんぱん}です。下の図1中のAのネジ^{なかに}を使って下^{つか}げると、Bの蛇腹^{じゃばら}が下^さがり地下^{ちか}に空洞^{くうどう}ができ、火山体^{かざんたい}を落^おとし込^こむことができ、カルデラ^{つか}がつかれます。

実験^{じっけん}自体^{じたい}はこの実験台^{じっけんだい}がないと出来^{でき}ないというわけ^{わけ}ではありません。工夫^{くふう}次第^{じだい}で同様^{どうよう}の実験^{じっけん}が出来^{でき}ますので、このテキスト^{さんこう}を参考^{じさく}に自作^{じやく}してみるのも良^よいですね。



ず じっけんそうち せんけい じっけんそうち うら
図1 実験装置（a、全景；b、実験装置の裏；c、カルデラ用の陥没円盤）

実験^{じっけん}では火口^{かこう}から火山灰^{かざんばい}と溶岩^{ようがん}を噴出^{ふんしゅつ}させていきます。火山灰^{かざんばい}としては色砂^{いろすな}を使い、これをエアダスター^{あいうだすたー}のガス^{ちから}で噴^ふき飛^とばします。このガス^{ばくはつ}は爆発^{ひきおこ}を引き起^{おこ}す火山ガス^{かざん}に相当^{そうとう}します。溶岩^{ようがん}は凝固^{ぎゅうこしよ}処理^{りざい}剤^{くわ}を加^{はいしよく}えた廃食用^{ようゆ}油^{つか}を使^{おん}います。温度^{おんど}は60~63℃で、噴出^{ふんしゅつ}後^ご約30秒^{やくびよう}で固^{かた}まります。ただし、実^{じっさい}際^{さい}の溶岩^{ようがん}は1000℃前後^{ぜんご}の温度^{おんど}があります。

これらの砂^{すな}と油^{あぶら}は、ペットボトル^{すな}（砂）と洗^{せんじょう}浄^{じょう}ビン^{ようき}容器^{あぶら}（油）に入れ、図1中のC^いにねじ込^ずみます。これらはマグマ溜^なまりに相当^{そうさ}します。そして、図2のような操^{ふんか}作^さで噴火^{ふんか}させます。



ず じっけんそうさ
図2 実験操作

- a) 油^{あぶら}（溶岩^{ようがん}）の操^{そうさ}作^さは、ゆっくり容^{よう}器^きを押^おします。1回^{かい}の装^{そう}着^{ちやく}で油^{あぶら}はすうかいながかた数^{すうかい}回^{なが}流^{かた}しては固^{かた}められます。
- b) 砂^{すな}（火山灰^{かざんばい}）の操^{そうさ}作^さは、ノズル^{すな}をあきくさしてガス^{ふんしゃ}を噴射^{すな}します。砂^{すな}も数^{すうかい}回^{ふんしゅつ}噴出^{しゅつ}させることができます。

か ざん ふんしゅつ ぶつ か ざん かたち
火山の噴出物と火山の形

火山には、主に火山灰（火砕物）できている火山もあれば、主に溶岩できている火山、また両方からできている火山もあります。溶岩は粘りけの違いで山体の形状は大きく変化し、火山灰も粒度や噴出の仕方によって山体に影響を与えます。また、大きな噴火ではカルデラという円形の大きなくぼ地をつくったり、何かの原因で山体がある方向に大きく崩れると馬蹄形のカルデラが形成されます。火山の規模も1回の噴火で形成される小型の単成火山から、何度も噴火を繰り返して成長する大型の複成火山があります。実験では、これら色々な種類の火山を作ることができます。

おも か さいぶつ で き か ざん あ そ こめづか
主に火砕物で出来ている火山（阿蘇・米塚）



おも ようがん で き か ざん
主に溶岩で出来ている火山



か さいぶつ ようがん りょうほう で き か ざん
火砕物と溶岩の両方で出来ている火山



じっ けん
実験4

よう がん ねば け か ざん かたち
溶岩の粘り気と火山の形

a. 溶岩ドーム (粘り気の高い溶岩がつくる火山)
油をさらさらの状態 (60~63℃) で容器に入れ冷やします。水につければ5分程度で冷え固まりますが、容器の表面側から固まるので、ある程度固まったら棒でかき混ぜると、粘り気を調整できます。粘り気を調整したら押し出して完成です (図3)。溶岩ドームは基本的に単成火山なので1回押し出すだけで完成となります。



図3 単成火山として作った溶岩ドーム

応用編として、複成火山として溶岩ドームの集合体をつくりながら、火山灰を降らせる爆発的噴火や火砕流を砂で噴出させると図4、5のようになります。これもすぐできます。

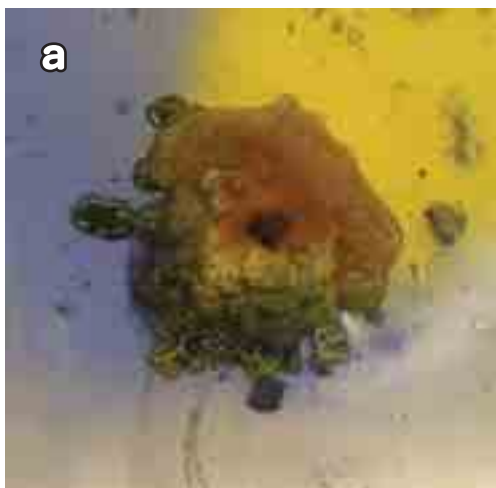


図4 複成火山として作った溶岩ドーム (bはその断面)

火口は1つで、砂の噴出をまじえながら、溶岩ドームを数個重ねました。黄色の砂は火砕流堆積物をイメージしました。最後に赤い砂を噴出させた爆裂火口が中央に見えます。学芸員実習生の作品です。



図5 複成火山として作った溶岩ドーム
中高一貫校科学部が作りしました。大胆にこのくらいの溶岩ドームもつくれますよ。

b. 盾状火山（粘り気の低い溶岩がつくる火山）

今回は、油をさらさらの状態のまま流しては固めるという操作を続けます。図6は70回溶岩を流してつくりました。流れやすい溶岩は薄く広がります。したがって、溶岩ドームと比べると大きさにかなりの違いがあります。

応用編として、火山灰の噴出を砂で行う（油と交互や油2回に1回などの割合で）と、非常に美しく溶岩流の層構造を見ることができます（図7）。

なお、油を流しすぎると、洪水玄武岩のようになってしまい、作製途中で油が台からあふれ出してしまうので注意してください。



図6 油だけでつくった盾状火山
aはその全景、bは、その部分でパホイホイ溶岩に似た構造がみえます。



図7 砂の噴出を混ぜた盾状火山
中学1年生が授業中につくりました。油はやや流し過ぎで、洪水玄武岩状に台からあふれればかりですが、盾状火山の特徴は見て取れます。

注意

1. 油はゴム手袋をして持ってください。噴火させる時に強く押すと油がはねます。ゆっくり慎重に押しましょう。油は火口と縁の中間ぐらいを目安に流しましょう。流しすぎると台からあふれます。
2. 砂の噴火は軍手と、ゴーグル、必要に応じてマスクをしてください。ノズルの差込口から逆流することがあるので、手でノズル先を押さえてください。
3. エアダスターは、休ませながら使ってください。出し続けると凍りつき、ガスが出なくなります。
4. 油噴出後、砂の噴出の前に、火道へ付属パイプを下へ1回通すとつまりにくくなります。



実験で使う防具（ゴーグル・マスク・ゴム手袋・軍手）

スコリア丘とタフリング

a. スコリア丘・タフリングとは？

スコリア丘とは、一旦空中に舞い上がったスコリアや火山灰、火山弾などが火口の近くに落下して出来ます。茶碗を伏せたような整った形をしており、伊豆の大室山や阿蘇の米塚などが有名です。ストロンボリ式噴火という低粘性のマグマがしぶきを間欠的に上げるような噴火でよく形成され、ほとんどが単成火山です。

タフリングはスコリア丘とにっていますが、スコリア丘よりは斜面の傾斜が穏やかで、広いすそ野になります。でき方もスコリア丘とにっていますが、タフリングのほうは海水や地下水などの水とマグマが反応して起きる爆発的な噴火で出来ます。



スコリア丘 (アイスランド・ヘイマエイ島)



タフリング (ハワイ・ダイヤモンドヘッド)

b. 作り方

実験装置では砂のみの噴火で火山を作ります。砂の色を変えながら作ると良いでしょう。10回くらい噴火させるとすり鉢状の大きな火口を持つ山体が出来ます (図7、8)。



図7 砂の噴出でつくったスコリア丘

a) : ストロンボリ式噴火をイメージした間欠的な砂の噴火です。ガスの勢いを調整して低い噴煙をつくり、砂を火口周辺につもらせます。

b) : 完成品 (15回砂の色を変えてつくりました)。火口側斜面は砂が容器へ落ち込み、成層構造が見えています。学芸員実習生の作品です。



図8 砂の噴出でつくったタフリング

a) : マグマ水蒸気爆発のイメージした噴火です。陥没円盤を下げて噴煙が広がるようにしました。

b) : 完成品（12回砂の色を変えました。下位の堆積物を巻き込んで噴出したので砂の色が混ざっています。

がくげいいんじっしゅうせい さくひん
学芸員実習生の作品です。

b. 【応用編】スコリア丘と溶岩流・溶岩ドーム

スコリア丘の噴火では噴火の最後に溶岩流が流れ出ることが良くあります。スコリア丘から溶岩が流れ出るとスコリア丘が溶岩流の上に浮いて流され、壊れる場合もあります。しかし、この実験では砂が油より重いので、スコリア丘を流し去ることは難しいです（図9）。

スコリア丘の上に溶岩ドームが出来るといえるかどうかはよくわかりませんが、北海道の樽前火山では、軽石で出来た火砕丘の上に溶岩ドームが形成されたことがあります。なお、火砕丘とは、火砕物で出来た小型の火山のことで、スコリア丘も火砕丘の一種です（図10）。



図9 溶岩流とスコリア丘

こうこう ねんせい じゅぎょうちゅう
高校1年生が授業中につくっているところです。

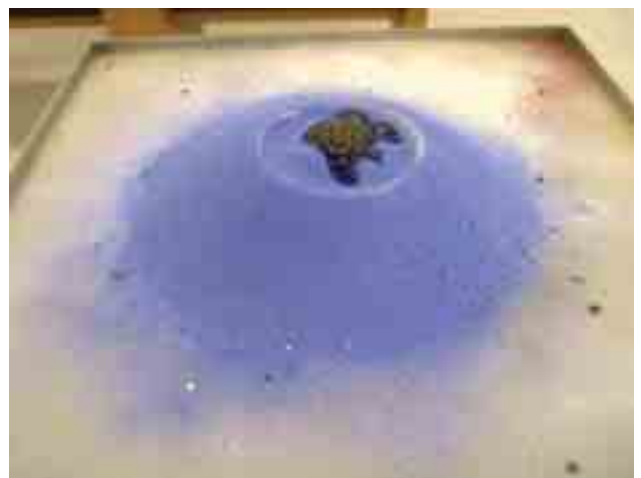


図10 巨大火砕丘と溶岩ドーム

たるまえ かざん
樽前火山をイメージして、学芸員実習生が
つくりました。

じっけん 実験6

せいそう か ざん 成層火山

a. 成層火山とは？

成層火山とは、一つの火口から繰り返し溶岩や火山灰が噴出して、円錐形に成長した火山のことを言います。富士山は成層火山の代表選手といえますが、実験ではどのような成層火山が出来るのでしょうか？

成層火山を作るには、さらさらな油と砂を交互に噴火させます。出来た火山をカットして内部を観察するときに、きれいに見えるよう、噴火させる砂の色を順次変えます。成層火山は小学生5、6年生でも頭の中に富士山型のイメージがあるので、授業では、このタイプの火山づくりが主体になります。ただし、山体形成には少なくとも30～40分の時間、砂の交換回数で20回以上は必要です。

噴火回数を重ねるにつれ、砂、油の堆積場所にかたよりがなくなり円錐形に近づきます。砂が多く山体に積ると火口付近がスコリア丘に似た直線の斜面になって行きます（図11a）。逆に溶岩流が多いと成長が遅くなりますが、裾野が広がり曲線的な斜面の部分が多くなります（図11b）。溶岩流の流下範囲も山体の形状に影響し、短いと曲線的かつ急な斜面のやせたイメージの火山になり（図11c）、長いと終いには台からあふれてしましますが、逆に太ったなだらかなイメージの火山となります（図11d）。



図11 さまざまな円錐形成層火山（どれも博物館講座で小学生が保護者をつくった作品です）

a):砂がやや多めのタイプ、 b):油がやや多めのタイプ、 c):油の流下距離が短かめのタイプと断面
d):油の流下距離が長めのタイプ（台からあふれたので四隅を切って溝をつくりました）

b. 低粘性の溶岩で出来る成層火山

油の量をやや多めにするると図11よりも低い成層火山（図12）になります。さらに多くすると盾状火山のイメージとなります。図13は中央部にカルデラをつくり、伊豆大島をイメージしました。カルデラの中の噴煙を上げている火山は三原山（図14）のつもりです。



図12 低粘性の溶岩流主体の成層火山
小学校6年生が授業中につくりました。



図13 噴煙を上げる三原山火口
学芸員実習生の作品です。



図14 伊豆大島三原山
黒い部分は1986年噴火の溶岩流です。

ミニ火山の巨大化に挑戦！



生命の星・地球博物館ミュージアフェスタ2009年では高さの限界に挑戦すべく同じ材料で、実験台のみ広げて富士山つくりをしました。8時間の製作時間の後、高さ18cm、裾野の広がり1mの富士山ができました（左上図）。油と砂は各125回交換しました。100回を過ぎたあたりから、山頂が高くなりすぎたために、山頂まで到達する溶岩の量が減り、子ども達の力では裾野まで達しにくくなり、山頂周辺が急傾斜となっていました。使用している250mlの洗浄ビンの油量ではそろそろ限界という感じでした。一方、砂の噴出に関しては問題はありませんでした。実験終了後、切断してみると見事な地層が見えました（左下図）。

d. 高粘性の溶岩で出来る成層火山

玄武岩質の溶岩を主に噴出する成層火山は、広い裾野をひきますが、これより粘性が高い安山岩質の溶岩を出す成層火山は、厚い溶岩流が積み重なって裾野がほとんど無いもっこりとした山を作ります。

こうした安山岩質の成層火山を再現するには、油の粘性を少し上げます。油を少し冷やし、容器側の冷えた部分と中央部のさらさらの部分とを混合し、冷えすぎた場合は新しい油に入れ替えます。このような操作で同じような粘性を再現できますので、目標の粘性に合わせてください。①や②とは異なり、手作りの焼き物のような個性豊かな山体をつくりま

作品例の図15aはほとんど溶岩ドームに近いような粘性で油を噴出させました。さらに図15b、15cと順次油の粘性が下がるように調整してつくりました。

箱根はこうした安山岩質の成層火山の代表例です（図16）。



図15 高粘性の溶岩流主体の成層火山

c→b→aの順に油の粘性は上がります。

博物館講座で小学生が保護者と一緒につくりました。



図16 箱根駒ヶ岳（右）と箱根神山（左）

ともに厚い安山岩質溶岩流が重なってできた成層火山で、山頂部には溶岩ドームがあります。

じっけん
実験7

じんせい
人生いろいろ、
かざん
火山いろいろ

火山はずっと成長し続けるわけではありません。大噴火によってカルデラが出来たり、地震や水蒸気爆発によって大きく崩れることがあります。火口の位置もずっと一定なわけではありません。こうした崩壊や火口の移動が複雑な火山の地形を作っているのです。こうした複雑な火山の歴史を、ミニ火山でも再現してみましょう。

かんぼつ つく
a. 陥没カルデラを作る

陥没カルデラは陥没円盤を下げます(図17)が、油の層があると自然には落ちません。この場合は陥没させる場所を崩し落とします。陥没円盤を使わずに切り取ってしまってもかまいません(図18)。



図17 乾燥土でつくったカルデラ
土の山を陥没円盤の上で手で作ってから、陥没円盤を下げました。同心円状の割れ目ができています。



図18 カルデラをもつ成層火山
壁面に成層構造が見えます。

はこね かざん つく
箱根火山を作る！



生命の星・地球博物館2008年特別展「箱根火山～いま証される噴火の歴史」では、新しい箱根火山研究に基づき、大きな実験台に48の火口を設け、64時間かけて来館者2520人が参加して箱根火山をつくりました。約22000分の1スケールで、垂直方向は約1.5倍に強調してあります。カルデラや海岸線、早川の谷はパレットナイフなどで削ってつくりました(左図)。

b. 馬蹄形カルデラを作る

馬蹄形カルデラとは、馬の蹄のようにU字型をしたカルデラのことをいいます。このカルデラは、山体崩壊と言って、地震や水蒸気爆発によって成層火山のかなりの部分が崩れて出来ます。山体崩壊は非常にまれにしか起こりませんが、火山の一生という長い期間で見るとさほど珍しい現象ではなく、多くの火山で過去に山体崩壊があった証拠が見つっています。実験では再現できないので横に崩して作ります（図19a）。

山体崩壊した後も火山は成長を続けることがあります。崩壊の跡をすっかり埋め尽くして、火山の地形を見ても崩壊の証拠がよくわからなくなってしまうこともあります。富士山も過去に山体崩壊をしたことが山麓の地質を調べることでわかっていますが、富士山本体をよくみても、その証拠を見つけることは出来ません。



図19 大崩壊を修復した成層火山

aは、一度成層火山を崩壊させたところ。その後崩壊したところから噴火を続けると、成長して崩壊がわからなくなる（b）。cはbを切断したところ。崩壊前に形成されていた部分には白と青の砂、崩壊後に形成された部分には、それらに黄色の砂が含まれます。

博物館講座で小学生が保護者と一緒に作りました。



c. 火口の位置をずらす。

ほとんどの火山では、火口は1つではなく、時代ごとに火口の位置が移動していきます。実験台の火口用の穴は1つですが、つくった火山を横にずらすことで、2つ並んだ火山が出来ます（図20）。



図20 新期山体と古期山体

砂に覆われているのが古い火山、油の溶岩流が光っているのが新しい火山のイメージです。

博物館講座で小学生が保護者と一緒に作りました。

超早わかり「箱根火山」

この講座で学んだ知識を元に、箱根火山の成り立ちについて手短かに見てみましょう。

0. 箱根火山の形

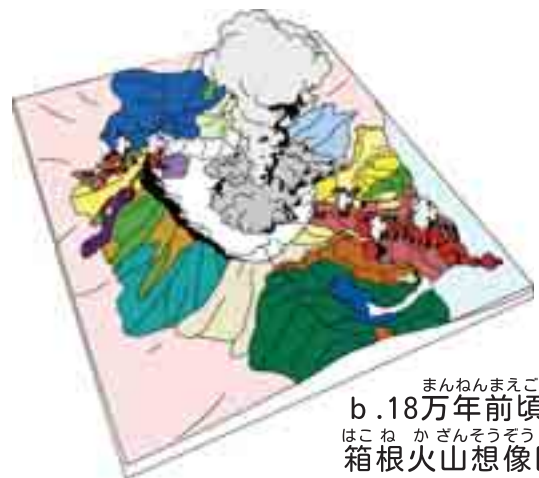
箱根火山は大ざっぱに見るとCの字の形をした山々と、その中にぽこぽこある山々にわけることができます（裏表紙）。このうちCの字の形をした山々をひくくめて古期外輪山と言います。そして、中にあるぽこぽことした山々は中央火口丘群と言います。これらはいつどのように出来たのでしょうか。



a. 28万年前頃の箱根火山想像図

1. 古期外輪山が出来る

古期外輪山は今から65～25万年前頃にできた成層火山の集合体で、このとき出た溶岩は粘りけの低い溶岩でした（右図a）。古期外輪山が作られている頃、中央火口丘群はまだ出来ていませんでした。



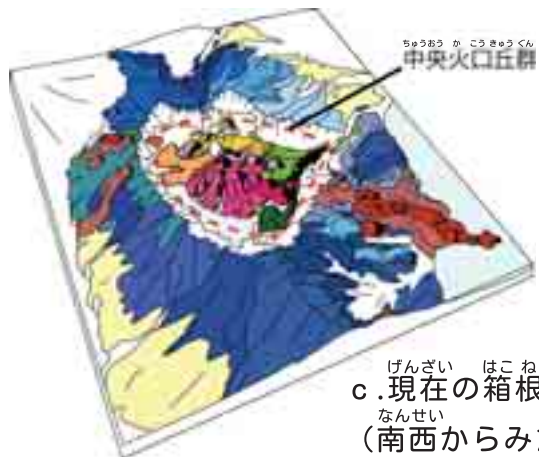
b. 18万年前頃の箱根火山想像図

2. カルデラが出来る

その後、25万年前頃から6万年前頃にかけて、たくさんの大きな噴火が発生して、カルデラが出来ました（右図b）。古期外輪山がC字型になったのはこの頃です。

3. 中央火口丘群が出来る

13万年前以降、カルデラの中で、たくさんの山々が出来ました。このとき噴出した溶岩は粘りけが高めの溶岩で、厚い溶岩からなる成層火山や溶岩ドームをたくさん作りしました（右図c）。



c. 現在の箱根火山（南西からみたところ）

4. 芦ノ湖が出来る

約3000年前、溶岩ドームが神山の北にむくむくと入ってきて、神山が壊れて崩壊しました（山体崩壊）。崩壊したときの土砂は現在の仙石原を埋め、そこを流れていた早川を堰き止めて、芦ノ湖が出来ました。このときの溶岩ドームは現在の冠ヶ岳です（右図d）。



d. 長尾峠から見た仙石原と神山

【参考文献・右図a～cの出典】 「国立公園地質リーフレット1箱根火山」（日本地質学会国立公園地質リーフレット編集委員会編）

箱根火山・どうやって出来たかわかるかな？



※ 中央火口丘群は8～6万年頃を境にそれより古いのが前期、新しいのが後期に分類されています

特定非営利活動法人日本火山学会 第16回公開講座

火山学者と火山を作ろう！ in 箱根・小田原 テキスト

執筆：笠間友博・林信太郎・萬年一剛

編集：萬年一剛

協力：上村博道

印刷：株式会社あしがら印刷