

「地質情報展2011みと」における キッチン火山実験 「小麦粉噴火による火山の成長」のレシピ^o

大石雅之¹⁾・松島喜雄¹⁾・田中明子¹⁾・西来邦章¹⁾

1. はじめに

私たちが「地質情報展 2011 年みと」（茨城県水戸市、堀原運動公園武道館）で実演したキッチン火山実験「小麦粉溶岩で火山を作ろう」は、火山が何度も噴火を繰り返して山体を成長させる様子を理解することができるアナログ実験である。ここでは、そのやり方と、そこからどんなことが学習できるのかについて紹介する。実際には、ここで紹介した手順は、行う人それぞれの環境や実験の目的に応じて改良しつつ、自由研究、理科教育の教材、各種イベントでの実演、専門家のアナログ実験など、幅広い場面で活用されることが望まれる。

日本列島では地震・火山・風水害といった多くの自然災害が発生している。これらから身を守るためには、地学についての一定の知識を誰もが持っていることが望ましい。しかし、最近では高校を始めとする学校教育で地学に関連する科目を受講するチャンスが激減している。またダイナミックかつ複雑で、さらに地球内部で起こっている自然現象を、教科書を読むだけで理解することは難しい。そこで、例えば台所周りにあるような身近な素材や道具を使って火山噴火などの現象を再現する、いわゆる「キッチン火山実験」は、さまざまな地学現象のイメージを持つことに非常に役立つと期待される。

このことから近年では、火山学会における公開講座「火山学者と火山をつくろう」や各種防災シンポジウム等のイベントにおいて「キッチン火山実験」の実演が盛んに行われるようになってきた。林（2006）や大石ほか（2011）など、出版物でその楽しみ方や方法を紹介しているものも見られる。

私たち地質調査総合センター内の火山関連の研究者を中心とした有志は、最近の地質情報展（例えば、及川ほか、2009；西来ほか、2010）や産業技術総合研究所一般公開において、小麦粉を溶岩に見立てて流し、火山を成長させ

ていく実験や、ゼラチンを使ったマグマの地下での動き方の再現実験（高田、2006）、空中に火山灰が舞い上がって風により流されていく現象を、砂や小石、自転車ポンプ、扇風機を使って再現する実験など、さまざまな実演を行ってきた（例えば、及川、2006；古川ほか、2010）。これらは、おもな対象としている子供たちに毎回好評である。参加者に火山の知識を身につけて欲しいのはもちろんであるが、それ以前に、実験を楽しく行って、火山そのものに関心を持ってもらえるだけでも十分実験の目的を達成していると考えている。

2. やってみる

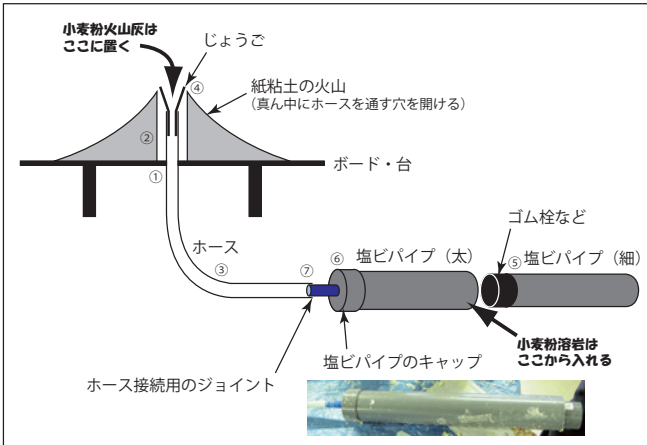
ここで紹介する、小麦粉を用いた火山体の成長実験は、小麦粉をエタノールで溶いたものを溶岩流として流し、それを繰り返すことで火山体が大きく成長していくことを再現するものである。昨年までは山の上から小麦粉溶岩を垂らして流していたが、今回はより自然現象に近づけるため、地下からピストンとチューブで小麦粉溶岩を送り出して、噴出するようにした。また、火山噴火は大きく分けて溶岩の流出と、爆発的な噴火による噴煙の上昇および火山灰の降下とがある。そこで、小麦粉を火山灰に見立てて火口近くに配し、ピストンで空気を送り込むことで小麦粉火山灰が噴煙柱として持ち上がり、やがて降下してくる現象を再現することにした。以下にそのやり方、すなわち「レシピ」を紹介する。

<用意するもの>

材料として必要なものは、ボード（台）、紙粘土、直径がわずかに異なる塩ビパイプ 2 種類（長さ 50 cm 程度、直径 7～8cm 程度のものと、それより長さが 10 cm 程度長く、かつ直径がわずかに小さいもの）、塩ビパイプのキャップ、ゴム栓（塩ビパイプの大きい方の内径と同じ直

1) 産総研 地質情報研究部門

キーワード：キッチン火山実験、火山噴火、地質情報展、小麦粉、溶岩流、火山灰



第1図 小麦粉溶岩実験の装置のしくみ。

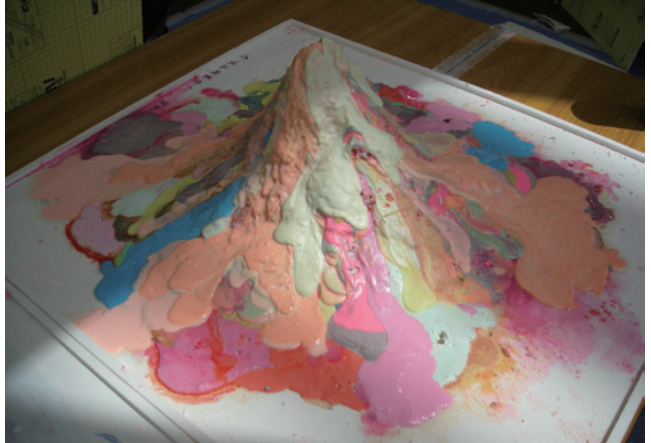


写真1 小麦粉溶岩によって作られた火山（地質情報展2009おかやまにて）。

径), チューブやホースをつなぐプラスチックの部品, 透明なチューブ (直径 1 cm 程度で長さは 1 m 程度), じょうご (チューブをつなげることができ, 口の広がりか 3 cm 程度のもの), 小麦粉, エタノールである。これらは, ホームセンター等でより使い勝手のよいものを選んで用いてもよい。

必要な道具については, おおむね家庭にあるものだが, 塩化ビニールを接着できる接着剤が必要である。塩ビパイプの切断は, 購入するホームセンターでできることが多い。

<装置の作り方>

一連の装置は, 環境に応じてその素材や大きさを調整するとよい。以下は, 私たちが実際に作成した装置の例である (第 1 図参照)。

- 1) ボードに, チューブを通すための穴を開け, その上には, 紙粘土でなだらかな山を作っておく (第 1 図の ①)。山頂からボードに開けた穴まで, 管状に穴を開ける (第 1 図の ②)。
- 2) チューブをボードの下から山頂まで通し (第 1 図の ③), 山頂には, じょうごをつけておく (第 1 図の ④)。
- 3) ピストンは, 直径の小さな塩ビパイプの一方の先にゴムをつけ (第 1 図の ⑤), 大きな塩ビパイプの中に入れて作る。大きな塩ビパイプの片側に, 穴を開けてチューブのジョイント部品をつけたキャップをする (第 1 図の ⑥)。チューブのジョイント部品をキャップにつける時は, 強度を十分に確保する。

- 4) ピストンをチューブに接続する (第 1 図の ⑦)。

<実験のやり方>

- 1) 小麦粉溶岩は, 小麦粉にエタノールを混ぜて作る。なるべくサラサラに作り, ダマも十分になくす。硬さは, もんじゃ焼きの粉程度にサラサラでよい。気温や湿度によって配合する分量は変わるが, 小麦粉とエタノールの割合は 4 : 6 から 3 : 7 程度である。配合した小麦粉溶岩に, プラモデル用塗料などで色をつけると, 後で火山体を切断して断面を観察するとき, 地層の縞々が再現されている様子が分かる。ただし塗料によっては小麦粉溶岩に均質に混ざらないものもあるので, 試行が必要である。
- 2) 小麦粉溶岩を作ったら, ピストンの出口 (チューブ側) を下に向け, 反対側からこぼれないように小麦粉溶岩を入れる。チューブに自然に小麦粉溶岩が流れ, 火口近くまで送り出されたら, 準備完了である。
- 3) ピストンをゆっくり押し, 小麦粉溶岩を押し出す。ピストンが重いことがあるが, ゆっくりと力を入れて押し, ピストン内の小麦粉溶岩はすべて出し切るようにする。すると, 火口から溶岩が流れ出す (写真 1)。チューブが透明であれば, どこまで小麦粉溶岩が進んだのかが分かる。
- 4) ひとつおりの小麦粉溶岩を押し出した後は, ピストンをやや素早く何度も往復させると, やがてピストン内に残った小麦粉溶岩が噴水のしぶきのように飛び散る。力の加減をしないと, しぶきが思わぬ遠くまで飛び散

ることがある。

- 5) 何回か実験を行ったら、チューブ内に水を流し込み、ピストンで水を何度か往復させることで、チューブ内を洗浄する。
- 6) 爆発的噴火による火山灰の降下を再現するには、溶いていない小麦粉を火口に載せ、ピストンで空気を一気に送り込むと、小麦粉が一気に持ち上がって噴煙を作る（写真2）。小麦粉を火口に載せる時、じょうごや火口周辺が乾いていることが望ましい。
- 7) 山が成長していくのにしたがって、火口のじょうごも少しずつ持ち上げるとよい。

<注意すること>

小麦粉溶岩が噴水のしぶきのように出るときは、装置の大きさにもよるが、半径数mの範囲、高さも約1mほどまで飛び散ることがある。また小麦粉火山灰は小麦粉溶岩よりもさらに高く、広く飛び散り、長時間舞い続ける。したがって、実験はなるべく野外で行い、室内で行う際には十分な汚れの対策を行う。服装は汚れてもよいものにし、雨具や軍手、防護メガネ、マスクを使うとよい。また、小麦粉溶岩は体に付着しただけでは基本的に無害であるが、エタノールを使用するので、十分に換気を行うとともに、揮発性成分を吸い込まないように気をつける。小麦粉溶岩にあまり顔を近づけ過ぎると、蒸発したエタノールを吸ってしまうからである。キッチン火山学ではしばしば、実験に用いた素材（食材）をおいしく食べることを追求した実験もあるが、本実験では、小麦粉にエタノールや塗料を混ぜているので、口に入れられないよう十分に注意する。

3. この実験が教えてくれること

この実験では、噴火現象や、噴火によって出てくる「噴出物」のさまざまな特徴を再現することができる。実際の火山では、マグマの粘り気が、噴火のタイプや噴出物の特徴に影響する。この実験でも、小麦粉溶岩の粘り気を変えると、噴出した溶岩の流れ方が変わる。つまり、粘り気が少ないと、溶岩流は速く、遠くまで流れ、その厚さは薄い。粘り気が強いと、あまり遠くまで流れない。なかにはほとんど流れないで火口の近くに丘を作るだけの場合もある。例えば雲仙岳や昭和新山のような「溶岩ドーム」である。

「実験のやり方」の4)でも紹介したとおり、一度小麦粉溶岩を流した後、やや素早くピストンの押し引きを何度も繰り返すと、チューブの中に入り込んだ空気がピストン



写真2 小麦粉火山灰の爆発噴火。

内に残った小麦粉溶岩を巻き込んで流出するため、溶岩の流出は間欠的になってしぶきを飛び散らせる。これは実際の火山噴火ではストロンボリ式噴火と呼ばれる、溶岩が噴泉のように飛び散る噴火で、例えば1986年の伊豆大島噴火でも起こった現象に類似している。噴火のタイプの名前にもなったイタリアのストロンボリ火山では、夜間のマグマのしぶきが地中海の灯台のようであることで有名である。当初、実験の準備段階でこのような現象の再現は想定していなかったが、実験を行う過程で模擬できることが分かった。シンプルな道具で異なった噴火現象を再現できることは大変興味深い。

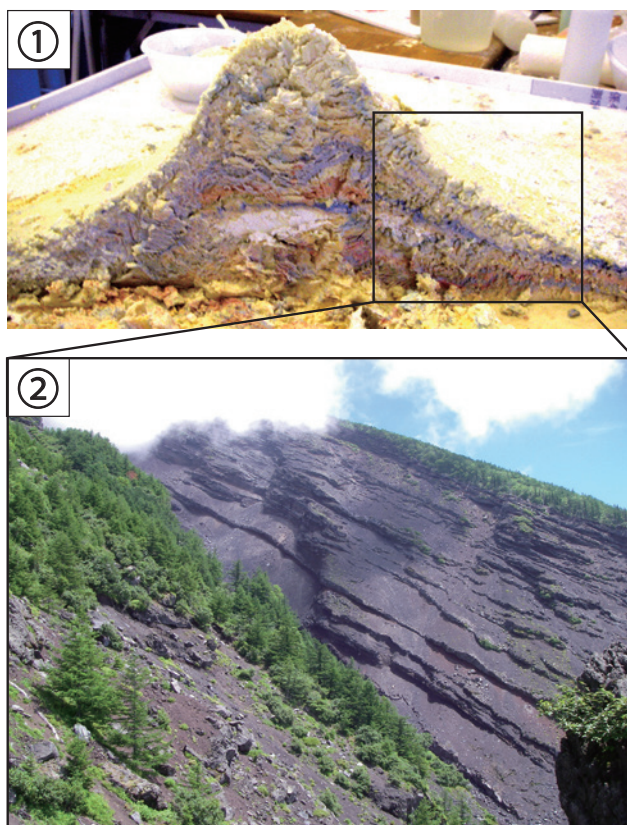
また、爆発を起こして噴煙柱を上空に上げ、そこから噴石や軽石、細かい火山灰を広い範囲に拡散させ、地面に降らせる噴火と、比較的静かに溶岩を流出させる噴火の両方をやってみると、火山噴火の際にその噴火のタイプによってどのような危険があるか、またその範囲はどれくらいか、といったことを理解することができる。例えば、爆発的噴

火は広範囲に火山灰が降ってくるなどの影響をもたらす一方、溶岩流の噴火では、噴出物が流れる範囲が局地的であることが分かる。しぶきの噴水である「ストロンボリ式噴火」では、マグマのしぶきは爆発的噴火に比べて火口近くの狭い範囲に落ちてくるのが分かる。

噴火による「噴出物」も、実物の特徴を再現していることがある。溶岩流では、粘り気が強いとその表面に「しわ」ができることが多いが、小麦粉溶岩でも、粘り気しだいでは「しわ」が再現できる。爆発的噴火では、重い噴石・岩塊は火口の近くに弾道を描いて落下し、細かい火山灰ほど風で遠くまで運ばれる。小麦粉火山灰でも、「ダム」が放物線を描いて火口近くに着弾している様子を見ることが出来る。小麦粉だけでなく、少し潰したパン粉などを混ぜると、粒の重さ、大きさによって運ばれる距離が変わることを、よりうまく再現できるかもしれない。実験を行う場所に風があると、火山灰は風下に向かって拡散することも知ることが出来る。環境が許せば、扇風機等でごく弱い気流を作って上空の風を再現し、火山灰がどのように流れていくかを観察するのもおもしろい。

噴火を繰り返すと、同じ場所から繰り返し噴出物を出すので、火山がしだいに大きくなっていく。かなり大きくなったら、火山体を切断してみよう。すると、火山の内部には縞々の模様ができていることが分かる(第2図の①)。小麦粉溶岩流を着色していると、特にはっきり見ることが出来る。実際の火山も、谷の掘れている所などでその内部を見ると、縞々の地層を見ることが出来る(第2図の②)。過去に何度も噴火をして、その噴出物が積み重なって火山が成長していることを理解することができるだろう。地質情報展の最後に、火山を割って見せることを予告すると、非常に高い関心を示す参加者が多く、実際に美しい地層構造ができあがっているのを見ると、盛んにカメラに収めていた。

このようなアナログ実験では、実験の面白さは伝わるが、それが実際の火山噴火現象の何を再現しているのか、そしてそこからどのようなことを学習することができるのかについては、伝わらないことも多い。そこで、私たちが地質情報展でこの実験を行った際には、実際の噴火の写真や溶岩・軽石・火山灰試料などを用いて、アナログ実験によって観察できる現象を実際の火山噴火現象と直感的に対応付けることができるように説明・展示を行った。参加者として最も多かった小学生は、最初は小麦粉の溶岩や火山灰を噴出させることだけを楽しんでいた。これだけでも、火山噴火のダイナミックさを無意識のうちにでも感じていたと



第2図 ①できあがった火山体内部の、縞々の「地層」と、②実際の火山の地層切断面(富士山大沢崩れ。対岸の谷壁の標高差は写真右下で約80 m)。

思われるが、何度も繰り返し訪ねてくる「リピーター」がしだいに増え、彼らはやがて実際の噴火の写真や動画、実物の溶岩や軽石の展示に関心を持つようになった。

この実験の難点は、装置が全体として大きいことと、小麦粉が広範囲に飛び散ることである。小麦粉は比較的無害であり、かつ入手もしやすく扱いも難しくない。また流体の状態によって斜面の途中で止まる様子も再現できる。このため現時点では最良の実験材料のひとつと考えている。ただし細かい小麦粉火山灰は実験後の清掃が大変である。小麦粉溶岩は、完全に固まってから剥がして取り除くとよい。溶岩流に見立てる粘性流体としては、チョコレート(ガナッシュクリーム)、カカオバター、シャンプーなど、さまざまなものがキッチン火山実験で用いられているが、ここで紹介したエタノールで溶いた小麦粉は、エタノールが揮発することによって、比較的早く固化する。このことは、限られた実験時間で噴火を繰り返し発生させ、火山体を大きく成長させていくのに好都合である。

また、装置を小規模化することで、実験をより身近に行うことができるようになる。そのために、小型の既製のピ

ストーンを探すなどの改良を行うとよいと思われる。

文 献

- 古川竜太・及川輝樹・荻津 達・宝田晋治・高田 亮・下司信夫（2010）2009年7月25日地質標本館前で発生した火砕流「的」現象. 地質ニュース, no. 671, 13-14.
- 林 信太郎（2006）世界一おいしい火山の本ーチョコやココアで噴火実験. 小峰書店, 127p.
- 西来邦章・下司信夫・宝田晋治（2010）地質情報展2009 おかやま「キッチン火山実験」ー小麦粉溶岩で火山を作ろうー. 地質ニュース, no. 672, 31-34.
- 及川輝樹（2006）火山弾とポップコーン. 地質ニュース, no. 627, 14-17.
- 及川輝樹・古川竜太・下司信夫（2009）地質情報展2008 あきた 秋田の活火山ー火山 その噴火の驚異とめぐみー. 地質ニュース, no. 658, 25-26.
- 大石雅之・久利美和・常松佳恵（2011）身近な素材でおいしく火山を知るーキッチン火山実験. RikaTan（理科の探検）, 2011年2月号, 58-62.
- 高田 亮（2006）「マグマの上昇と噴火」のアナログ実験:地球がゼラチンにマグマが油に. 地質ニュース, no. 627, 7-12.

OISHI Masayuki, MATSUSHIMA Nobuo, TANAKA Akiko, and NISHIKI Kuniaki (2012) Recipe of kitchen volcanic experiment of flour volcanoes as a demonstrational tool, in the Geoscience Exhibition in Mito 2011.

（受付：2012年2月13日）