

# アナログ実験で火山と遊ぼう

高田 亮<sup>1)</sup>

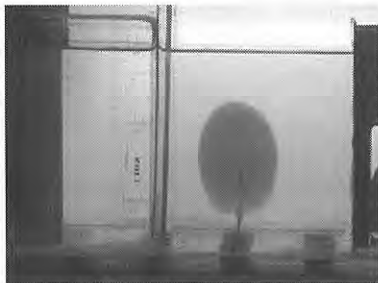
地質標本館特別展「富士山 現在・過去・未来」で、アナログ実験のデモンストレーションを行いました。目的は、参加者が単純化した火山の仕組みを、手足を動かして理解してもらうことです。地下のこと、昔のこと、将来のことは直接見えません。アナログ実験でこれらのイメージを作ってもらいました。参加者のアイデアでいろんな条件をセットして実験ができます。

## 1. マグマの移動から噴火へ

マグマがクラック(割れ目)状の火道すなわち岩脈として浮力で上昇して割れ目から噴火をすることを理解する実験です。富士山体下のマグマは岩脈として上昇すると考えられています。宝永火口壁にはたくさん岩脈が貫入しているのが見えます。火山体にはたくさんの割れ目噴火が起こっています。岩脈の上昇を捕らえるべく地殻変動の観測も行っています。そこでこの実験の意味があります。ゼラチンを使った岩脈貫入の実験は、ハワイのリフトゾー

ンの成因を説明するために、Fiske and Jackson (1972)により行われました。その後、より一般的な岩脈の移動現象に利用されています(Takada, 1990など)。

ゼラチンという食材を地球の岩石に見立てます。弾性体で脆性破壊する材質です。実際に地下のマグマの動きは見えませんが、本実験では透明なので、すべてのプロセスが見えます。今回の実験は、静水圧下で行われました。詳しい方法はTakada (1990)を参考にしてください。発展的応用例として応力をかける実験も行われています。まず、20cmの亚克力容器にゼラチンを固め、容器の底から、注射器を使って赤く着色したシリコン油を注入します。マグマに見立てた液体注入です。針の方向でクラックの方向を制御できます。クラックはすぐできることがわかります。注入した液体の圧力による丸い円盤状のクラックがはじめにできます。サイズが大きくなると浮力の効果が大きくなり、しゃもじのように平べったく、断面でしずく状のクラックが成長する様子が見えます(第1図)。クラックが上昇し



上昇中のシリコン油で満たされたクラック



割れ目からの噴出

第1図 マグマの移動から噴火へのアナログ実験。ゼラチンにシリコン油を注入して岩脈を上昇させます。最後に割れ目噴火が起こります。

1) 産総研 地球科学情報研究部門

キーワード: アナログ実験, 岩脈, 割れ目噴火, 溶岩流, 降下火山灰, 富士山



第2図 マグマの移動から噴火へのアナログ実験の様子(須藤 茂氏撮影)。

表面近くに到達すると、表面は変形します。まさに地殻変動が観測されます。最後は、割れ目噴火が起きます。噴火は急激に立ち上がり、指数関数的に液体柱の高さは減衰します(第1図)。浮力がある液体の場合は、みな噴出しクラックは閉じてしまいます。

本番の実験では、液体注入時に力があることや針を扱うために、大人にシリコン油を注入してもらいました。クラックが上昇している間に、富士山の地下でのイメージを持ってもらうために、富士山の模型を上に乗せて、マグマの移動のプロセスを説明しました(第2図)。この段階が長すぎたせいか我慢ができない子供もいました。その中で容器を揺すりだす子供もいました。この発想はおもしろいと思いました。ゼラチンの表面が乾燥して固くなり噴火の時期が遅れたため、いざ噴火のときは歓声が上がりました。しかし、一瞬だったので見逃してしまった人もいたようです。

20cmの容器は、多くの人に、すべてのプロセスを見てもらうには適当な大きさでした。しかし、ゼラチンを固める前準備や後かたづけに手間がかかるのが難点でした。迫りに欠けるが容器を小型にすることもできます。手軽に小中学生が楽しむためにペットボトルで行われたこともありました(世界子どもサミット実行委員会, 2001)。

## 2. 溶岩流

溶岩流、火砕流、泥流、岩屑なだれなどのいわゆる「ながれもの」の中で、流れて固まる溶岩流を



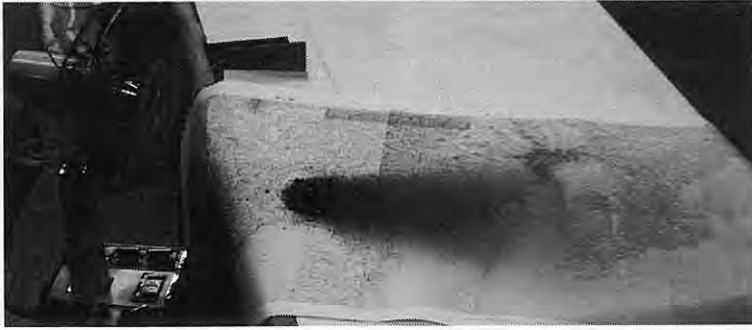
第3図 溶岩流のアナログ実験。溶かしたろうを立体模型に流して固まった溶岩流。流量や流す場所、地形の効果がよくわかります。

取り上げました。「ろう」を溶岩流に見立て、全噴出量、噴出率の変化、噴出場所、地形の効果を理解してもらうために、富士山の立体模型の上に流すはじめての試みでした。平板にワックスを流すアナログ実験はHallworth *et al.* (1987)に報告されています。

赤いろうそくを溶かして「ろう」の液体を用意します。このとき「ろう」の蒸発したにおいがきついで換気に気をつけました。立体模型は、高さと水平スケールの比が1対1、5万分の1の縮尺のトラストシステム社製のものを使用しました。実験する人は、「ろう」の全量と流量、落とす場所を自分で決めることができます。これにより、様々な溶岩流をつくることができます(第3図)。少量の「ろう」では遠方へは流れません。すぐに固まります。多量の「ろう」



第4図 溶岩流のアナログ実験の様子(須藤 茂氏撮影)。



第5図 降下スコリアと火山灰のアナログ実験。左の扇風機から風を送り、20万分の1の地形図の富士山付近の上空20cmで岩石の粉をまきます。すると、岩石の粉は、地図の関東地方にまでふるい分けられ広がります。

を流すと遠方まで流れます。流量を減らすと途中で固まり、また流量を増やすと前の固まった「ろう」の溶岩流をよけて新たな流れができます。山頂から落とす場合や、割れ目噴火を想定して、「ろう」を落とす場所を線状にしたりできます。地形の効果を楽しむこともできます。「ろう」は谷状の地形を流れ、裾野で広がります。尾根で「ろう」をたらずと両側に流れることもあります。

実際の実験では、実験をやりたい子供がどんどん手を挙げてきました。アルミ箔でつくったロートを流したい場所へもっていき、そこでスプーンからロートに流す作業をしてもらいました。しかし、溶かした「ろう」は高温のため、火傷しないように、作業を手伝うことになりました(第4図)。子供は楽しんでくれましたが、短時間で、溶岩流の流れのしくみを理解してもらえたのか、やや疑問です。

立体模型は93cm×70cmの大きさがあり、実際には十分迫力がありました。しかし、今回使用した立体模型は、強度が十分でないために実際はでこぼこしたりゆがんだりしており、特に標高の低い裾野では、思ったようにロウが流れないことが起こりました。また、「ろう」の重さのために、薄い模型の樹脂がへこみ「ろう」がたまるような現象も起こりました。また、1回ごとに模型を使い捨てるわけにも行かないので、前の実験の「ろう」が付着した模型を、何回も利用しました。

### 3. 降下スコリア、火山灰

宝永1707年の噴火のような爆発的噴火が富士山で起こったら、スコリアや火山灰はどのように遠方

に運ばれ、どんな粒度のものがどれくらいの厚さで降下堆積するのだろうかという問題を理解してもらう目的で考案しました。

実験のセットは簡単です。粉碎した様々な粒度の岩石の粉を、扇風機の風により飛ばします。風下側には、岩石の粉が拡散しながら飛び、粒度に応じて落下速度が異なるため、ふるい分けが行われます。富士山の場合を想定したので、20万分の1地形図を富士山から関東までひろげ、この上で実験を行いました。富士山付近には荒い粉が積み上がり、そこから遠ざかるにつれ粒度は細かくなり、厚さは薄くなる火山灰の分布パターンがきれいに見えます(第5図)。粉碎したスコリアの粒度分布に対応した岩石の粉の粒度分布、噴煙柱の高度に対応した岩石の粉をまく高さ、上空の風の向きと高さに対応した扇風機の風の向きと強さなどは、実験をするときに制御できます。室内実験なので、扇風機の風の強さや粉をまく高さなどについて、20万分



第6図 降下スコリアと火山灰のアナログ実験の様子(須藤 茂氏撮影)。

の1の地形図で富士山から関東までの範囲に岩石の粉が広がるような範囲を、あらかじめ知っておかないと、粉が飛びすぎたりします。1回の実験が終わると、机の上を掃除すればすぐに次の実験が始められます。

実験では、子供に岩石の粉をまく高さや風向きを変えた例をやってもらいました。火山を知っている人は、岩石の粉の分布を見てなるほどと思ったようですが、一般の人、特に降下した火山灰を見たことがない人は、ぴんとこなかったかもしれません(第6図)。栃木県の人が、自分のところが大丈夫か結果だけを聞いてきました。どうも、風向きとか噴煙柱の高度の初期条件の違いを理解してもらうのはむずかしかったようでした。

#### 4. 最後に

実験は7月26日に2回、11時からと13時から行いました。1回のサイクルで40分程度の時間がかかりました。個々の実験では、こちらの意図を十分に説明できなかった気がします。小学生から大人までを同時に理解させようというのが無理なのかもしれません。せっかく標本館に来てもらっても、パネルだけでは、Webで見るのと一緒なので、パネル標本館になってしまいます。標本館に来て、何か体験してもらう仕掛けが重要であると感じまし

た。本物を見て考える、頭だけでなく手足を動かしてもらおう、そのためには、こうしたアナログ実験が、手軽にできることが必要です。世の中では計算機を利用した数値計算が主流で、噴火災害予測図などには重要な役割を果たします。しかし、科学の基礎としての自然の仕組みを理解すること、火山になじんでもらうことに対しては、アナログ実験は、重要な手段とあらためて感じました。

**謝辞：**地質標本館の方々や今回の特別展示企画に参加したの方々には実験の準備、部屋の用意から後かたづけ、実験中の手伝いなどをしていただきました。この場を借りて御礼を申し上げます。

#### 引用文献

- Fiske, R.S. and Jackson, E. D. (1972) : Orientation and growth of Hawaiian volcanic rifts: Effects of regional structure and gravitational stress. *Proc. R. Soc. London, Ser. A*, vol.329, 299-326.
- Hallworth, M., Huppert, H. and Sparks, S. S. (1987) : A laboratory simulation of basaltic lava flows. *Modern Geology*, vol. 11, 93-107.
- Takada, A. (1990) : Experimental study on propagation of liquid-filled crack in gelatin: Shape and velocity in hydrostatic condition. *J. Geophys. Res.*, vol.95, 8471-8481.
- 世界こどもサミット実行委員会 (2001) : 日本地震学会ニュースレター, vol.13, no.3, 60-61.

---

TAKADA Akira (2003) : Let's enjoy a volcano using analog experiments.

---

<受付：2003年8月29日>