

研究論文

マグマの粘りけと火山の形状実験
—教科書におけるマグマと火山の形の取り扱い—

山崎 寛己^{*1} ・ 角縁 進^{*2}

Magma Stickiness and Volcanic Shape Experiment
— Treatment of magma and volcano shapes in the textbooks —
Hiroki YAMASAKI and Susumu KAKUBUCHI

【要約】火山の噴火の仕組みは、地下深くにあるマグマが地表付近まで上昇し、液体であるマグマに溶け込んでいる水などの揮発性成分が発泡する事で生じる。中学校一年生の教科書にはマグマの粘りけと火山の形との関係として、マグマの粘りけが強いと急な斜面をした盛り上がった形の火山ができ、マグマの粘りけが弱いとなだらかな火山ができるとしてあり、様々なモデル実験が提示してある。

本研究では火山の噴火の仕組みを踏まえたより良いモデル実験を提案し、その実践を行った。

【キーワード】 マグマの粘りけ、火山の形状、モデル実験、中学校教科書

1. はじめに

中学校学習指導要領（文部科学省，2018）が平成29年に改訂された。この理由の一つに、「課題の把握（発見），課題の探究（追究），課題の解決という探究の過程を通じた学習活動を行い，それぞれの過程において，資質・能力が育成されるよう指導の改善を図ることが必要である。そして，このような探究の過程全体を生徒が主体的に遂行できるようにすることを目指すとともに，生徒が常に知的好奇心を持って身の回りの自然の事物・現象に関わるようになることや，その中で得た気付きから疑問を形成し，課題として設定することができるようになることを重視すべきである。」と挙げられている（文部科学省，2018）。地学分野はその対象とする現象が，時間的・空間的に我々の日常とかけ離れたスケールであり，生徒たちにイメージさせたり興味を持たせたりすることが難しい分野である。そのため，抽象的な科学理論や直接観察できない事物・現象などを理解するためにモデル実験を行うことが多い。

本研究では中学校第1学年の「大地の成り立ちと変化」の単元の中で扱う「火山」の学習に注目した。この学習は火山の形，活動の様子およびその噴出物を調べ，それらを地下のマグマの性質と関連づけて捉えることが目的の一つとなっている（文部科学省，2018）。マグマの粘性と火山体の形状に関する学習は，マグマの粘性が火山の噴火様式と形成される火山体の形状に影響を及ぼしていることを理解させる。多くの学校では教科書やビデオ教材で説明することが多いが，やはり生徒に関心をもって理解させるためにはモデル実験を用いた学習活動が有効だと思われる。

中学校で一般的な授業内に行う実験は，教科書に掲載されているものを基にすることが多い。そこで第2章で各教科書に提示されているモデル実験を検証し，第3章でより良いモデル実験の提案をする。最後の第4章では中学校でこのモデル実験で授業を行った実践結果を示し，その効果を検証する。

^{*1} 唐津市立第一中学校 ^{*2} 佐賀大学教育学部

2. 現行教科書の記述について

まずは火山の噴火の仕組みについて、各教科書会社の記述を調べた。中学校学習指導要領では噴火の仕組みを教えるようになってはいないが、説明として『新版 理科の世界 1』（大日本図書株式会社，2015）や『自然の探求 中学校理科 1』（教育出版株式会社，2018），『新編 新しい科学 1』（東京書籍株式会社，2015）では、「火山の噴火は炭酸飲料が噴き出す仕組みに似ている」というような書き方がなされている（図 1）。火山の噴火は、深いところにあるマグマには、水や二酸化炭素などの気体になる成分が溶け込んでおり、地下のマグマが上昇して浅いところにくると、とけきれなくなった気体成分が気泡として出始め、噴火が起こることが、炭酸飲料の発泡する仕組みと似ているということである。



図 1 火山の噴火の仕組みの図

a : 『新版 理科の世界 1』大日本図書株式会社（2015）；b : 『自然の探求 中学校理科 1』教育出版株式会社（2018）

次にマグマの粘りけと火山の形状に関する各教科書会社の記述を調べた。『新版 理科の世界 1』（大日本図書株式会社，2015）の取り扱いでは、“やってみよう”という興味関心を高める活動としてホットケーキミックスの粉に水を加えて作成した粘りけの違う 2 種類のものを用意し、工作用紙の下からそれを押し出したものを提示してある（図 2）。ホットケーキミックスという身近なものを題材にしてあり、準備も簡単であることが特徴であり、“キッチン火山学”という名称で火山学会等でアウトリーチとして行われているものである。この実験では、下から押し出すことによって溶岩の流れ方や、で

やってみようねばりけのちがいとできる火山の形との関係を調べてみよう

- 1 50 g のホットケーキミックスに水を 30 mL 加えたもの（ア）と 20 mL 加えたもの（イ）のねばりけのちがう 2 種類のものを用意する。
- 2 生クリーム用のしぼり口をつけたポリエチレンの袋にホットケーキミックスを入れ、工作用紙の中心にあけた穴に下から差しこむ。
- 3 工作用紙の下からア、イのホットケーキミックス（溶岩）をそれぞれ押し出す。

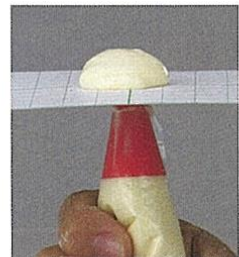


図 2 ねばりけのちがいと火山の形（『新版 理科の世界 1』大日本図書株式会社，2015）

きる火山の形状の違いが観察でき、マグマの粘性で火山の形状の関係を説明するには分かりやすい教材といえるだろう。

『未来へ広がるサイエンス 1』(啓林館株式会社, 2018) では、紙粘土でつくった同じ形の火山のモデルを2つ用意し、山頂から注射器に入れた粘りけのちがうスライムを押し出して、形の違いを比較する実験が紹介されている(図3)。これはスライムを溶岩に見立て、その粘性によって溶岩の流れやすさが観察でき、火山の形状を説明できる教材となっている。

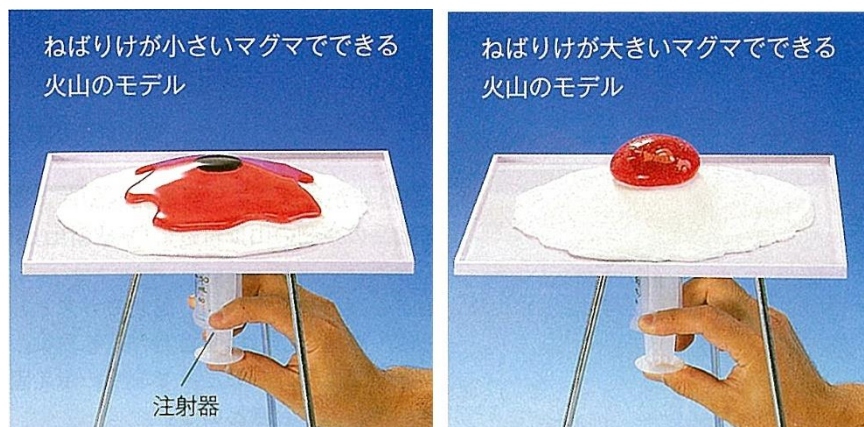


図3 ねばりけのちがいによってできる形の違いを調べるモデル実験
『未来へ広がるサイエンス 1』啓林館株式会社 (2018)



図4 ねばりけと流れ方のちがい
『中学校 科学 1』学校図書株式会社 (2018)

『中学校 科学 1』(学校図書株式会社, 2018) では水で溶いた小麦粉を角度がついた板において流れを見るものである。水が多いと流れやすく、水が少ないと固まって流れずに溶岩ドームのような形状を作ることが記されてある(図4)。マグマの粘性で溶岩流の流れやすさを考えるには適している教材である。

『自然の探求 中学校理科 1』(教育出版株式会社, 2018) では水の量を変えた石こうを使った実験で、形の違いからマグマの粘りけと火山の形を説明できるような実験になっている(図5)。『新編 新しい科学 1』(東京書籍株式会社, 2015) でも、同様に石こうを下から押し出し、形の違いを見る実験になっている(図6)。石こうは手に入りやすいことと固まりやすい性質で火山の形状とマグマの粘性の関係を理解する実験には利用しやすい教材といえそうだ。

図7 マグマのねばりけのちがいと火山の形について調べるモデル実験

- 1 セッコウを二つのビーカーに同じ量だけ入れる。
- 2 一方のビーカーには多量の水を入れ、もう一方のビーカーにはその半分の水を入れてよくかき混ぜる。
- 3 それぞれを、ペトリ皿にゆっくりとたらし、どのように固まるか観察する。

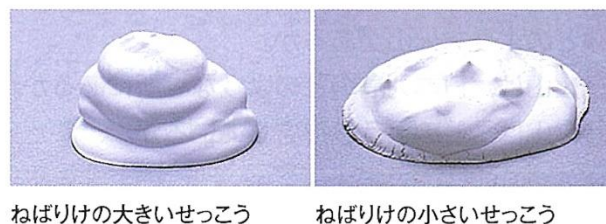


図5 マグマの粘りけの違いと火山の形について調べるモデル実験
『自然の探求 中学校理科 1』教育出版株式会社 (2018)



図6 石こうのねばりけによる形の違いを調べる実験
『新編 新しい科学 1』東京書籍株式会社 (2015)

以上のように日本で出版されている5社の教科書のマグマの粘性と火山の形状のモデル実験を調べてみたが、どの実験でも身近で比較的手に入りやすい材料を使ってあり、実験の手間もあまりかからないように思える。しかし、佐賀県内の中学校理科教員を対象に取ったアンケート(山崎ほか, 2018)

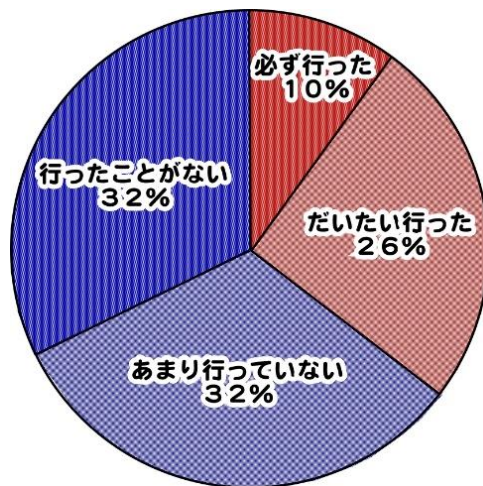


図7 「マグマのねばりけ実験」の実施
アンケート結果 (山崎ほか, 2019)

で『粘りけの違いとできる火山の形との関係性を調べるモデル実験を行ったか』という設問では、「必ず行った」「だいたい行った」が合わせて36%であるのに対し、「あまり行っていない」「行かなかった」が64%となっており、佐賀県内の中学校の約1/3の学校しかモデル実験を実施していないという結果が出ている(図7)。

モデル実験を行わない理由として、「生徒が火山を身近に感じたことがないため、形の話をしていても関心がない。」「粘りけの実験をしようとしたが、火山の形をうまく作れなかった(予備実験で断念)」「モデルの後始末。」「時間に余裕がなく、実験観察の時間をとることが難しい。ねばりけと火山の形を教えるとき、実験をしたほうがよかったと思った。子どもがわかりにくそうだった。」「溶岩などの火山噴出物を観させてもいまいち反応が薄い。」「マグマと粘りけとマグマのモデル実験はなかなかうまくいかない」などの意見があった。

この単元は1年生の3学期の授業のため時間確保が難しく、実験をしても生徒の関心が得られにくいため、モデル実験を敬遠している実態が見えてくる。すなわち、火山の形状モデルの実験をすべきで、そのためには生徒に興味を持たせるような効果的でかつ、実験の材料が身近なものでできる教材が現在求められていると考えられる。

3. マグマの粘性と火山体の形状に対するモデル実験の提案

マグマの粘性と火山体の形状に関するモデル実験として、境(2004)は歯科用印象材を使用した学習教材を開発した。西来ほか(2010)や大石ほか(2012)では小麦粉をエタノールに溶くことで小麦粉溶岩を作製し、マグマの粘性と溶岩の流れ方・噴火様式の違いを示す実験を紹介してある。また日向ほか(2017)は、スライムを用いたマグマの粘性と火山体の形状に関する実験を行っている。いず

れの教材もマグマの粘性と火山体の形状を学習するには優れたモデル実験である。

しかし、歯科用印象剤については材料費が比較的高額であるためと、容易に入手できないなどの問題があり、小麦粉溶岩については大量のエタノールを使用することでの安全面への影響が問題となる。また、スライム溶岩に関しては、安全で安価な材料で、短時間で実験準備・後片付けができ、マグマの粘性と火山の形状を見るには適した教材であるが、溶岩流の様子や火山の噴火の様子はわからない。

これらの点を踏まえ、本研究では教科書でも取り上げられている「炭酸飲料が火山の噴火に似ている」という点に注目した。これまでの実験では、大地に見立てた穴からマグマを手で絞り出すようにして溶岩の流れを表現していたが、実際の火山の噴火と同じように気体の発泡を使って溶岩の流れを再現できないかと考えた。また、実際の教育現場でも使えるように身近で手に入りやすいものを使い、できるだけ安価に手に入る材料で簡単に作れるもの考えた。

次に、今回の実験で使用する実験器具を示す。準備するものは100円ショップで購入した発泡スチロールの板に、重曹、ドレッシングシェイカー、朱色の墨汁、PVA洗濯のり、油粘土と、ホームセンターで購入した工作用石こうである(図8)。以下、基本的な実験の手順を示す(図9)。



図8 マグマの粘性と火山体の形状実験に使う道具

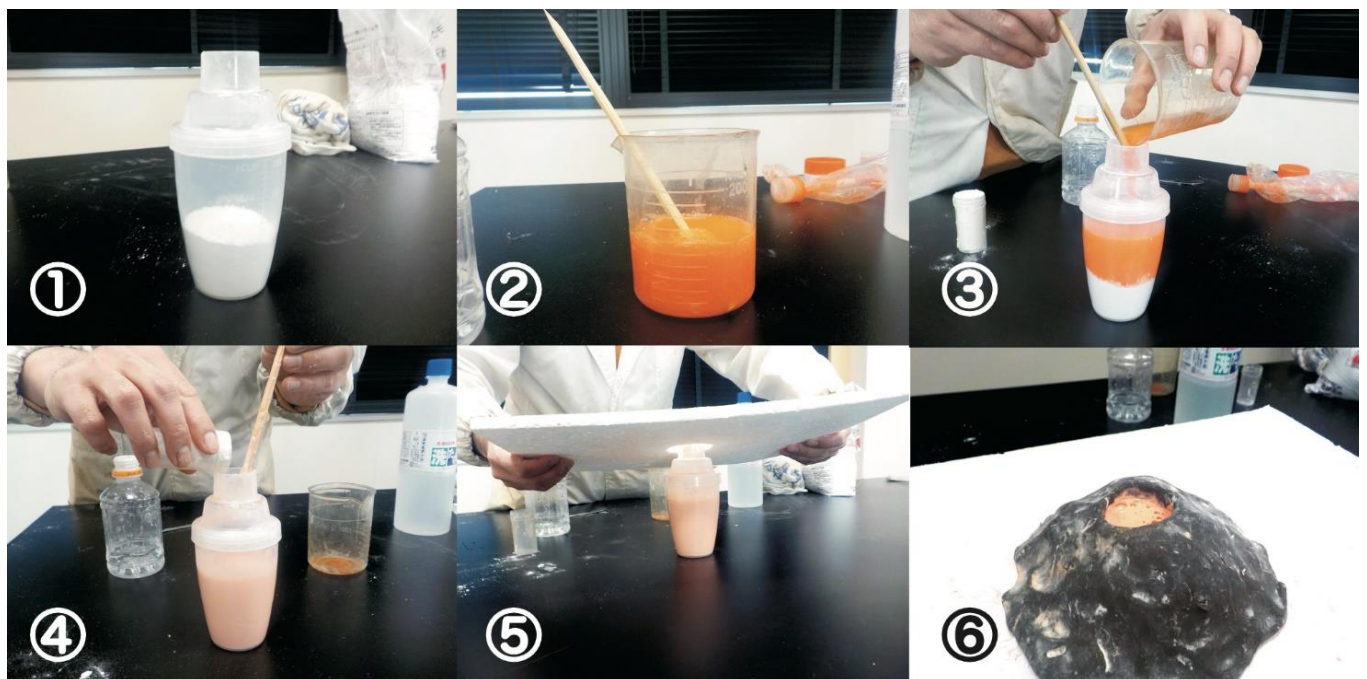


図9 マグマの粘性と火山体の形状実験の手順

- ①石膏をドレッシングシェイカーに 40g 測っている。
- ②ビーカーに水と洗濯のりと朱色の墨汁数滴入れ混ぜる。
- ③石膏の入ったドレッシングシェイカーに水と洗濯のりの混合液を入れ、石膏の粉が均一になるように割り箸などでよくかき混ぜる。
- ④重曹 25 g を加え、10～20 回ほどかき混ぜる。
- ⑤ドレッシングシェイカーに大地に見立てた発泡スチロールの板と、火山に見立てた油粘土をかぶせる。
- ⑥しばらく待ち、溶岩が流れる様子を観察する。

この実験が従来の方法よりも優れている面は、重曹が発泡することで溶岩が噴き出すところにある。従来のやり方では手で押し出すやり方が一般的であるが、この実験では気体の発泡というより火山の噴火の仕組みに近い形で観察できる。何より、溶岩が噴出する様子が面白く、生徒の興味を高めることになる。また、この実験では水と洗濯のりの割合を変えることによってマグマの粘性の変化し、噴き出す溶岩の様子や火山の形状が変わる。次に、水と洗濯のりの割合を変えて実験を行った。

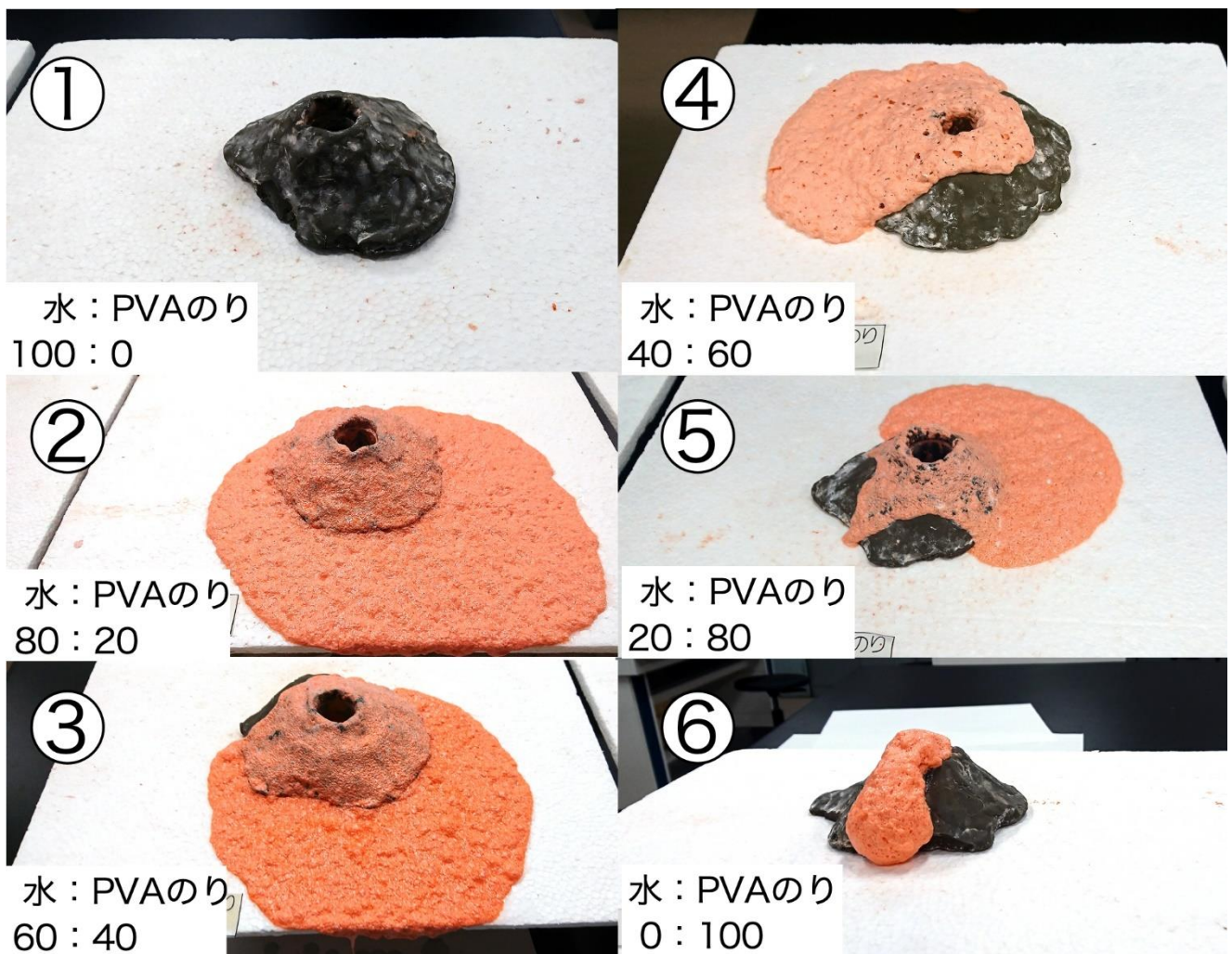


図 10 水と PVA 洗濯のりの割合を変えて実験した結果

・水と洗濯のりの割合を変えたマグマの粘性と火山体の形状に関する実験の検証

マグマの粘性と火山体の形状に関する実験として水と PVA 洗濯のりの割合を変えて実験を試みた。ドレッシングシェイカーに石膏をいずれも 40g 測り取り、水:PVA 洗濯のりの割合を①100:0, ②80:20, ③60:40, ④40:60, ⑤20:80, ⑥0:100 の 6 パターンで実験した。重曹の量はいずれも 25g, 攪拌回数は 15 回混ぜることにした。結果は以下のようになった。

①100:0 だと粘性がなく、気体がすぐに抜けてしまい、溶岩が噴出しないで終わった(図 10①)。

②80:20 の割合では溶岩が噴出し、かなり広がっているのがわかる(図 10②)。

③60:40 でも同様に広がっている(図 10③)。多少の広がり方の差はあるが、②80:20 と③60:40 では顕著な差が見られなかった。

④40:60 では最初は盛り上がり出てきたが、時間がたつと徐々に広がってきた(図 10④)。

⑤20:80 でも同様に最初は盛り上がり出てきたが、最後は薄く広がった(図 10⑤)。広がり方は水の割合が多いほど広がりやすい。

⑥0:100 では粘性が強く、時間がたってもこもこした形をとっていた(図 10⑥)。

この実験から、中学校のマグマの粘性と火山の形状を調べる実験には、ねばりけの弱い溶岩で盾状火山をつくるものとして水 80~60ml, 洗濯のり 20~40ml の割合が薄く広がり、ねばりけの強い溶岩ドームのような形状をとる火山としては洗濯のりのみ(水 0:100)のものが実験として適していることが明らかとなった。

また、溶岩流の色を高温で流れるときの色ではなく、固まったときの色を考えて、墨汁(黒色)で実験をやってみるのも良いかもしれないが、溶岩流の流れを見るのには朱色のほうがよりリアルである。また、溶岩は地面から噴き出した設定で、粘土の山を使わずにやると、山があるときよりも広がらず(図 11), 分かりにくい場合があるので、粘土の山はあったほうが良いと思われる。



図 11 水:PVA 洗濯のり 80:20(左)の溶岩と、水:PVA 洗濯のり 0:100(右)の溶岩モデル

4. 火山の形状実験の実践方法と学習効果

次に生徒への、事前アンケート→授業実践→事後アンケートで、生徒の解答や行動、考え方にどのような変化があったのかを調べ、本報告の火山の形状実験の学習効果について考察した。

(1) 調査方法

対象は佐賀県唐津市の D 中学校 1 年生 4 クラス 128 名であり、授業実施日は 2019 年 1 月 15 日～18 日にかけて各クラス 2 時間ずつ授業を行った。

まずは、事前アンケートの結果と生徒の特性である（表 1）。

表 1 事前アンケートの結果

事前アンケートの結果

① 理科の授業は楽しいですか。

楽しい 20.3% まあまあ楽しい 57.8% あまり楽しくない 15.6% 楽しくない 6.3%

② ①で答えた理由を教えてください。

実験や観察が楽しい 56.3% いろいろなことを学べる 21.9% テストが分かれると嬉しい 21.1%
授業が楽しい 16.4% 勉強になる 14.8% 調べ学習が楽しい 8.6% 将来役に立つ 8.6%
語句を覚えるのが苦手 33.6% 授業がわからない 14.1% 実験が嫌い、苦手 7.0%

③ 知っている火山の名前を書いてください。（記述；複数回答可）

富士山 54.7% 桜島 30.5% 阿蘇山 39.1% 雲仙普賢岳 3.1% 御嶽山 1.6%
三宅山 1.6% 霧島岳 0.8% 箱根山 0.8% エトナ山 0.8% キラウエア 0.8%
チャイテン山 0.8% エベレスト 0.8% 鏡山 0.8% わからない・無回答 25.8%

④ 火山の被害に対する取り組みとして知っていることを書いて下さい。（記述；複数回答可）

防災グッズをそろえる 1.6% ボランティア 8.9% 避難訓練 9.4% 募金 4.7%
自衛隊、レスキュー隊など 2.3% 火山噴火のデータをとる 0.8% わからない・無回答 67.2%

この学年の特徴として、落ち着きがあまりなく、全体が授業に集中できる時間が短い。理科の学力も高くなく、業者の学力テストでは 50 点満点で県平均を 10 点以上下回っている。このような状況なので、理科を苦手と感じている生徒が多く、理科の楽しさを見いだせていない生徒も多い。ただし、半数以上の生徒は実験や観察を楽しみにしており、活動することは好きな生徒が多いようである。



図 12 火山の噴火の仕組みを炭酸飲料の気泡と関連付ける実験の様子

事前アンケートによると、火山に関する知識も乏しく、富士山や阿蘇山、桜島以外の火山はほとんど知らないようである。また、佐賀県に活火山がないためか、火山被害に対する取り組みに対する知識もなく、わからない・無回答率が 67.2%とおおよそ 2/3 以上の生徒が考えがないことがわかる。

このような状況なので、授業の目標としてまずは、理科の実験を楽しみ、興味を持ってもらうことを第一とする。そのうえで、火山の噴火の仕組みを理解したり、火山の形や噴火の様子の違いはマグマの粘りけであるということと、マグマの粘

りけが強い火山やマグマの粘りけが弱い火山にはどのようなものがあるかの知識の定着を図りたいと考えた。

1 時間目は火山学習の導入で、パワーポイントで火山についての基礎知識を説明し、火山の噴火の仕組みを炭酸飲料の発泡と関連付ける実験（図12）を行い、理科の実験の楽しさを感じてもらおうと考えた。また、火山弾などや火山れきなどの火山噴出物を準備し、実際に手に触れて観察させることで、火山に対して興味を持ってもらおうと考えた。溶岩流の実験はこの2時間目であり、以下次のような流れで授業を行った（表2）。

表2 学習計画と授業略案

過程	形態	学習活動	教師の支援活動	教材等
つかむ	C	①前時の学習内容の復習 火山噴出物について振り返る。 ②本時の課題について知る。	○パワーポイントを使って、これまでの学習内容を振り返らせる。	・ワークシート ・電子黒板
		火山の形は何によって決まってくるのだろうか？		
考える・深める	P	③昭和新山とマウナロアの映像を見て、火山の形が違うのはなぜか考える。 予想される答え ・ マグマの成分が違う。 ・ 噴火の様子が違う。	○机間巡視を行い、予想が書けていない生徒へ言葉かけを行う。 ○グループワークにおける役割分担を確認させ、それぞれが役割意識をもって参加するように促す。	・ワークシート ・ワークシート ・モデル実験装置
	G・C	④個人で考えた実験の結果予想をグループ内で出し合い、意見交換を行う。 ⑤ <u>マグマ噴出のモデル実験を行い、結果を記録する。</u>	○PVA 洗濯のりの実験装置を用意し、盾状と鐘状火山の粘り気の違いに着目させる。	
	G C	⑥グループで、最初の予想と実験結果を照らし合わせ、現象の解明を行う。 ⑦話し合った結果を発表し、他のグループの意見と比較する。	○結果の考察のヒントとして、マグマの粘り気と火山の噴火に着目させる。	
確かめる	C	⑧ワークシートに記入し、火山の形についてまとめる。	○他の班の意見を参考にして火山の形、噴火の様子、マグマの粘り気について着目させる。	・ワークシート

a) 導入

昭和新山やハワイのマウナロア、富士山や桜島などいろいろな火山を見せ、何のちがいが火山の形を決めるのかのめあてを提示した(図 13)。そして、ハワイの溶岩流の映像を見せ、噴火のちがいが火山の形との関連があるのかの疑問を投げかけた。



図 13 導入で火山の説明を受ける様子(左)と火山の形状実験で溶岩の流れを観察している生徒(右)

b) 展開

生徒は個人の予想を行い、グループで意見交換を行った。そして、溶岩流の実験方法を講師が説明するとともに、実験前に配布したワークシート(図 14)に示した。今回は各グループ 4~5 人で構成し、計 8 グループで実験を行った。各グループには、石膏 40g を入れたドレッシングシェイカー、割り箸、重曹 25g、大地に見立てた発泡スチロールの板、油粘土で作った山を準備し、教卓から見て左側の 4 つの班にはハワイのマウナロア火山のマグマに見立てたもの(PVA 洗濯のり 10ml+水 90ml に朱色の墨汁を加えたもの)を配布し、もう 4 つの班には雲仙普賢岳のマグマに見立てたもの(PVA 洗濯のり 100ml に朱色の墨汁を加えたもの)を配布した。そして、隣の班同士の溶岩の流れ方を観察し、違いを比べられるようにした。

c) まとめ

ワークシートに実験の溶岩の流れる様子を観察し、スケッチをさせ、裏のまとめの問題を解かせた。スケッチは自分たちの班の溶岩を見て書くようにし、まとめの問題を解くときは、隣の班の溶岩と見比べながら考えるよう指示をした。多くの生徒がマグマの粘性のちがいが溶岩の流れ方や火山の形のちがいになることを言及していた。ただし、今回の実験では 50 分授業の予定が 45 分授業であったため、ワークシートの十分な確かめまでをできなかったことが悔やまれる。

単元4 大地の変化 (1年 組 号 氏名)

P. 209~212 火山② (学習日 月 日 曜)

めあて

mission1 マグマの粘りけのちがいでできる火山の形との関係を調べてみよう


実験

準備

- PVA洗剤のり100ml または 水90ml+PVA洗剤のり10ml
- 石こう40g • 重そう25g

方法

- ①石こうをドレッシングシェイカーに40g測っている。
- ②ピーカーにPVA洗剤のり100ml水90ml+PVA洗剤のり10mlと朱色の墨汁数滴いれ混ぜる。
- ③石こうの入ったドレッシングシェイカーに水と洗剤のり混合液を入れ、石こうの粉が均一になるようによくかき混ぜる。
- ④重そう25gを加え、10~20回ほどかき混ぜ、ドレッシングシェイカーに大地に見立てた発泡スチロールの板を、火山に見立てた油粘土をかき混ぜ、溶岩が流れる様子を観察する。



◎溶岩が流れる様子を観察し、スケッチしよう!

スケッチ

気づいたこと

単元4 大地の変化 (1年 組 号 氏名)

(学習日 月 日 曜)

mission2 噴火のようすや火山の形のちがいは何によるものか?まとめよう (P210~)

	平らな形 (盾状火山)	円錐形の形 (成層火山)	おわんをふせたような火山 (溶岩ドーム)
火山の形			
代表的な火山名			
マグマのなほりけ	←→		
噴火のようす			
火山噴出物の色	←→		

問) 火山の形や噴火のようすはマグマの何と関係があるか?

memo

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

図14 マグマの粘性と火山体の形状実験の授業で使ったワークシート

(2) 学習効果

授業を受けて1週間後に「事後アンケート」という形で授業の感想と定着度を確認した(表3)。理科の授業に関しては多くの生徒が「楽しかった」「まあ楽しかった」を選んでいる。特に「授業が楽しい」の割合は事前アンケートでは20%ほどが事後には59.2%と授業に楽しみをもって取り組めた生徒の割合が3倍近くにもなっている。また、「あまり楽しくない」「楽しくない」も事前アンケートでは合わせて21.9%もあったのが、事後では合わせて2.5%となり、多くの生徒が普段の授業よりも楽しんで授業に取り組めたようである。教科担任の先生からも、普段授業で実験に取り組まない生徒も積極的に準備や片付けに取り組み、発言をしていたということもうかがえた。このことから、この教材は生徒に火山や理科の授業に対し興味・関心を持たせるにはとても有効な教材といえる。また、火山の名前を記入する欄も、授業前(1人平均1.3)から授業後(1人平均3.5)に増えており、火山の種類も興味をもって理解できたことがわかる。普段は約1/3くらいの生徒が記述問題に取り組まず、無回答をするということを聞いていることから、これは十分な進歩といえる。

ただし、火山の噴火の原理をしっかりと説明できた生徒が24.2%と、炭酸飲料を使つての噴火の実験は生徒の興味をつかむのにはとても有効だが、楽しさが原理の理解に必ずしもつながっていない生徒もいるため、もう一度復習し、知識の定着を図ることが必要である。

同様に、火山の噴火と形状実験でも“火山の噴火の様子や形のちがいは何のちがいによるものか”という問いに関して「マグマの粘りけ」と正答を答えたのが46.7%と高くなく、ワークシートの発問を“火山の形や噴火の様子はマグマの何と関係があるか”と多少変えてしまったのが原因でもあろうが、実験後の知識の定着にしっかりと振り返りをする時間をしっかりと確保することが重要であると考えられる。

知識の定着という課題は浮き彫りになったが、生徒の興味関心を高める効果は十分にあったといえるし、授業のワークシートの記入率も普段より高く、学習効果はあると言えるだろう。

表3 事後アンケートの結果

事後アンケートの結果

① 理科の授業はどうでしたか。

楽しい 59.2% まあまあ楽しい 1.7% 普通 16.7% あまり楽しい 0.8%
 楽しくない 1.7%

② ①で答えた理由を教えてください。(記述式)

(全体的に)実験や観察が楽しい 26.7% 炭酸飲料の噴火実験が楽しい、興味がある 28.3%
 火山の噴火の実験が楽しい、興味があった 32.5% とても勉強になるため 12.5%
 動画が分かりやすい 3.3% ワークシートが分かりやすい 0.8% 先生が面白い 1.7%
 火山に興味をもてた 0.8% 無回答 5.8%

③ 知っている火山の名前を書いてください。(記述；複数回答可)

富士山 75.8% 桜島 59.2% 阿蘇山 50.8% 雲仙普賢岳 25.0% 御嶽山 2.5%
 三宅山 2.5% 霧島岳 0.8% 箱根山 0.8% 昭和新山 28.3% キラウエア 8.8%
 マウナロア 14.2% 口永良部島 1.7% 浅間山 1.7% エベレスト 2.5%
 榛名山 1.7% 西之島 1.7% わからない 28.3% 無回答 20.8%

④ 火山の噴火はなぜ起こるか(記述)

気泡が膨張する、発泡するなど 24.2% マグマの上昇によってなど 13.3%
 マグマが溜まる 1.7% 二酸化炭素が出てくる 0.8%
 マグマの温度が上がる 0.8% 地震によって 0.8% 爆発する 4.2%
 異常気象によって 0.8% 神々の怒り 1.7% わからない、無回答 49.1%

⑤ 火山の噴火の様子や形のちがいは何のちがいによるものか

マグマのねばりけ 46.7% マグマの温度のちがい 5.0% 噴火の仕方のちがい 4.2%
 山の形、地形によるもの 5.8% 気候による 0.8% 溶岩が固まる 0.8%
 火山次第 0.8% わからない 15.8% 無回答 20.8%

4 火山の噴火はなぜ起こるかわかりますか。

水が溶けたマグマが上昇して、水が気泡となって出て、その
 気泡がぼうちょうしたため

4 火山の噴火はなぜ起こるかわかりますか。

水が溶けたマグマが上昇して、水が気泡とな、て出てくる。
 (ぼうちょう)
 そして、気泡が膨張し、噴火がおこる。

図15 火山の噴火はなぜ起こるかの生徒の解答例

5. 石膏と PVA 洗濯のりを使った火山の形状実験の教材としての可能性と注意点

上述のように、石膏と PVA 洗濯のりを使った火山の形状実験はマグマの粘性と火山体の形状の関係を学習するのに生徒はとても興味・関心を示す教材としてとても有効であると考えられる。さらに、重曹を使うことによって気体の発泡によって溶岩流を噴出する様子は、実際の火山で気体が気泡になることによって噴火する様子と酷似しており、手で押し出す従来の実験よりも分かりやすい。何より、この実験で溶岩が流れる様子には生徒は感動を覚えることが多く、地学分野では貴重な生徒実習型の実験になる。

ただし、今回の実験で注意することがある。1 つ目は水温である。冬場の寒い日に水道から出したばかりの水で実験すると反応に時間がかかる場合がある。その場合は重曹の量を少し多めにしておくか、汲み置きの水を使えばいい。ぬるま湯を使用してもよいが、温度が高すぎると逆に反応が激しすぎることもあり、注意が必要である。実験の適温は $15^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$ が適温である。2 つ目は片付け方である。石膏を使用するのでそのまま流すと配水管が詰まる恐れがある。大きいゴミ袋を用意して捨てやすいようにし、洗うときはお湯を使うと汚れが取れやすい。時間がたてば固まって片づけにくくなるので注意が必要である。また、実験の時にハワイのマウナロア火山のような盾状火山型の粘性の低い溶岩が反応が早く流れやすくなっており、雲仙のような溶岩ドームをつくる粘性の高い溶岩のほうが

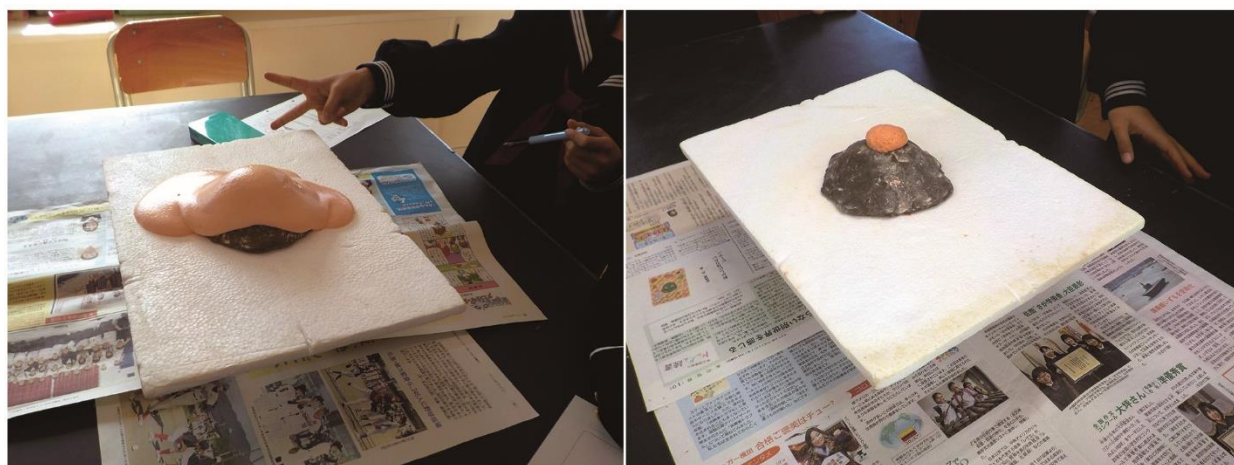


図 16 生徒が作成した粘性の低い溶岩のモデル(左)と粘性の高い溶岩のモデル(右)

流れにくい(図 16)。そのために、雲仙のような溶岩ドームをつくるものが噴火をなかなかしないのでおだやかな噴火と考える生徒もあり、補足説明が必要である。

6. まとめ

本研究では、石膏と PVA 洗濯のりを使った火山の形状実験の有用性や注意点など、教材としての可能性について検討することができた。実験の効果と留意点を以下に示す。

- 1) 石膏と PVA 洗濯のりを使った火山の形状実験は百元ショップやスーパーセンターなどの材料で安価に準備ができる。
- 2) 気体の発泡により溶岩が噴出するのは、実際の火山の噴火の原理と酷似しており、生徒が原理を理解する手助けになる。
- 3) 火山の噴火の様子に関しては、電子黒板等で実際の噴火の映像を見せ補足説明することによって実験結果との理解が深まる。

謝辞

唐津第一中学校の添田康平教諭には、実験の準備などさまざまな協力をいただいた。また、佐賀県唐津市の公立 D 中学校の教職員の皆様には特別授業を行うにあたってさまざまなご理解をいただいた。なおこの研究は「産業・理科教育教員派遣研修事業」の助成を受けて行った。

以上の皆様に謝意を示します。

参考文献

- 大日本図書株式会社（2015）新版理科の世界 1. 大日本図書株式会社, 285pp.
- 学校図書株式会社（2018）中学校科学 1. 学校図書株式会社, 296pp.
- 日向宏伸・佐藤鋭一（2017）マグマの粘性と火山帯の形状に関する教育実践：スライムを用いたかんたん実験とその学習効果, 地学教育 第 69 巻第 4 号, 185-198.
- 啓林館株式会社（2018）未来へひろがるサイエンス 1. 啓林館株式会社 260pp.
- 教育出版株式会社（2018）自然の探求 中学校理科 1. 教育出版株式会社, 277pp.
- 文部科学省（2018）中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説 理科編, 文部科学省.
- 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」—小麦粉溶岩で火山をつくろう！—, 地学ニュース, 672, 31-34.
- 大石雅之・松島喜雄・田中明子・西来邦章（2012）「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」レシピ. GSP 地質ニュース, 1, 115-119.
- 境智洋（2004）歯科用印象材を活用した火山モデルの開発と実践. 北海道立理科教育センター研究紀要, 16, 65-71.
- 東京書籍株式会社（2018）新編新しい科学 1. 東京書籍株式会社, 270pp.
- 山崎寛己・角縁進（2019）中学校理科教育の「地球」を柱とする領域の実験・観察の現状：佐賀県公立学校の実態調査から, 地学教育と科学運動（投稿中）

（2019 年 2 月 8 日 受理）