

中学校理科における火山噴火教材 ーキッチンサイエンスに基づくアナログ実験教材ー

自然科学系教育サブプログラム

柴田 大介

【指導教員】 岡本 和明 大朝 由美子 日比野 拓

【キーワード】 キッチン地球科学 実験教材 火山噴火 中学校教科書

1. TIMSS2019 に基づく中学校理科の現状

国際数学・理科教育動向調査 (TIMSS2019) ¹⁾ によると、理科の勉強が楽しいと答えた生徒の割合が、国際平均を大きく下回っている。理科の勉強が楽しいと答えた回答の割合も、小学生に比べ、中学生の割合のほうが低くなっている。学年が上がるにつれて、理科を楽しむことができているという現状があると考えられる。さらに、理科が得意だと答える児童生徒の割合も小学生に比べると、中学生は低いことが明らかである。

理科を楽しんでいると思って学習することができなければ、その他の質問にある「理科を勉強すると、日常生活に役立つ」といった項目や「理科を使うことが含まれる職業につきたい」という項目の肯定的回答が、国際平均よりも低くなるのは明らかである。

理科を楽しんでいると思うための工夫と実験・観察を通じて科学的に探究する学習を充実する必要がある。生徒に興味・関心をもってもらい、身近なもので行うことができる教材を考える必要がある。

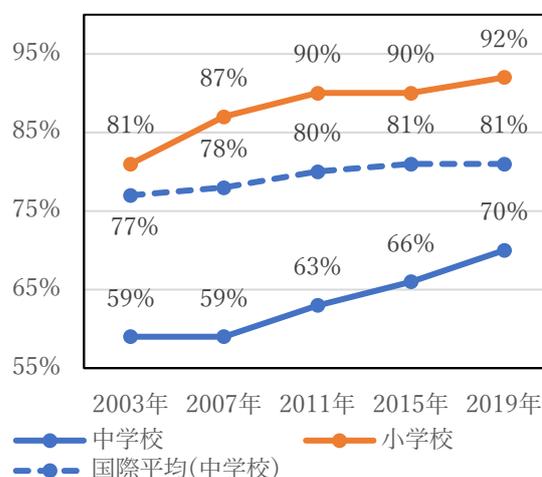


図1 「理科の勉強は楽しい」と答えた児童生徒の割合の推移

出典:国際数学・理科教育動向調査 (TIMSS2019) のポイント より一部改編

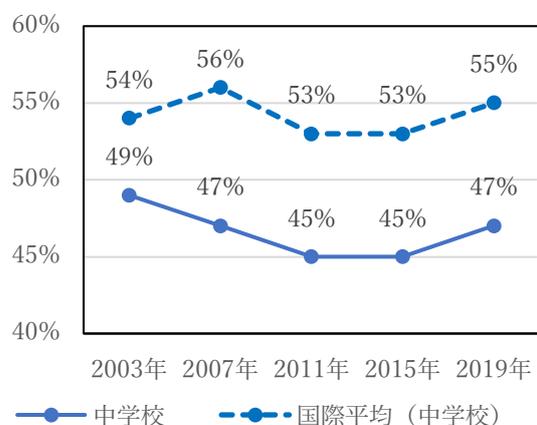


図2 「理科は得意だ」と答えた生徒の割合

の推移

出典：国際数学・理科教育動向調査 (TIMSS2019)
のポイント より一部改編

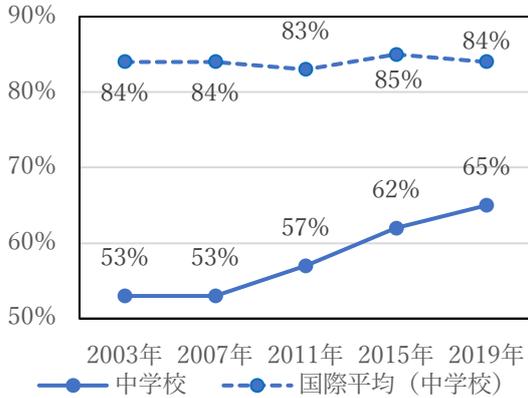


図3 「理科を勉強すると、日常生活に役立つ」と答えた生徒の割合の推移

出典：国際数学・理科教育動向調査 (TIMSS2019)
のポイント より一部改編

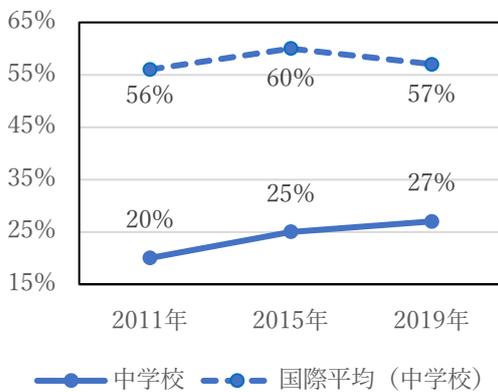


図4 「理科を使うことが含まれる職業につきたい」と答えた生徒の割合の推移

出典：国際数学・理科教育動向調査 (TIMSS2019)
のポイント より一部改編

2. 中学校理科におけるキッチン地球科学 理科実験では、食材を用いることがある。

例えば、「ジャガイモを用いたデンプンの有無の確認」や「炭酸水素ナトリウムの熱分解を活用したホットケーキやカルメ焼きづくり」などが挙げられる。これらは、一般の家庭の台所でも実施することが可能である。同時に食材、食品、調理を科学的に理解する「キッチンサイエンス」が実践できる。地球科学（地学）では、マグマ、マンテル対流などの岩石の融解や流動、断層や地震などの破壊現象などを、食材を使ってアナログ実験を行なっており、「キッチン地球科学」として確立されている。

「キッチン地球科学」に基づく理科実験の重要性は、視覚、触覚、聴覚以外の嗅覚や味覚を加え複数の感覚を使った実験ができることにある。視覚と触覚に嗅覚や味覚を加えた五感をできるだけ多く使った実験は、これまでの実験に比べて記憶に残りやすくなると思われる。

中学校理科において、これまで食材を使った実験がある学習単位では、キッチン（地球）科学の導入は容易である。身近な食材を用いることで、学校現場だけではなく家庭でも実験を行うことができるようになる。学びの場が学校以外の場に広がることで、今まで以上に学びを深められるのではないかと考えた。

しかし、新しく導入する教材が大掛かりなものになると、現場の教員の大きな負担になる。これらを踏まえ、教材の研究を行なった。

3. 現行教科書の記述について

現職の中学校理科教員を対象に、火山のモデル実験に関するアンケートを行った。回答件数は、14件であった。気になる点があったので見ていく。「单元の中で、粘り気の違いとそれによってできる火山の形との関係を調べ

るモデル実験を行っていますか。」という質問に、「必ず行った」・「だいたい行った」と答えた人は、5名であった。「あまり行っていない」・「行ったことがない」と答えたのは、9名であった。9名のうち4名は、まだ火山に関する単元を教えた経験がないということだった。

「必ず行った」・「だいたい行った」と答えた人が、どのような実験を行なったか回答してもらった。その中で、小麦粉やホットケーキミックスを使った実験が見られた。これは、教科書にあるように水の分量を変えて粘り気の違いを示すものである。また、実際の火山に似せるために食紅を用いて色付けするという工夫もあった。その他にも、ガラス管を加熱してガラス細工を行うというものも見られた。ガラスを加熱し、ガラスの粘り気を体験した後にマグマの組成や火成岩と関連させていく例もあった。その他にも石膏を用いた噴火実験モデルなどがあげられた。

「あまり行っていない」・「行ったことがない」と回答した人に、なぜ実験を行わなかったのかを聞いた。その中で実験をやらない理由が、大きく2つに分けられた。一つ目は、粘り気が小さいと形状をとどめにくいということは容易にイメージすることができるからということ。二つ目は、準備や後片付けの時間が取れないため実験を行わないということであった。その他にも、コロナ禍で実験が行えないという回答があった。実際に実験することができないため、その代用として実験している動画を見せたという回答もあった。

この分野は、第一学年の終わりの頃に実施されることが多く、実力テストのために実験などを行わず急いで進めてしまうこともアンケートから明らかになった。

実験を行なっていくためには、身近なもので容易に準備することができ、生徒の興味関心を引くことができる教材が求められている。

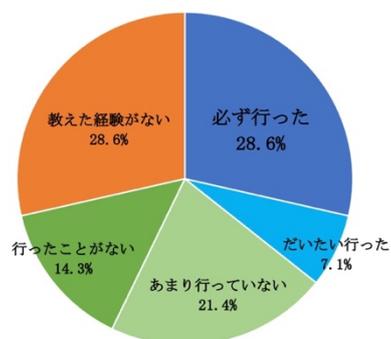


図5 「火山のモデル実験に関するアンケート」の結果

中学校の授業で扱う実験は、教科書に記載されているものを参考に行うことが多い。ものの粘り気の違いを調べる実験やマグマの粘り気の違いとそれによってできる火山の形との関係性を調べる実験は、どのようなものが行われているか各教科書会社の記述をみていく。

『中学校 科学1』(学校図書 令和2年検定)³⁾では、水でといた小麦粉を板にのせ、その流れ方の違いを見る。(図6)水を少なくすると粘り気が多い溶岩のように流れにくく、水を多くしゆるくすることで粘り気の少ない溶岩のように流れて広がりやすいことを示している。

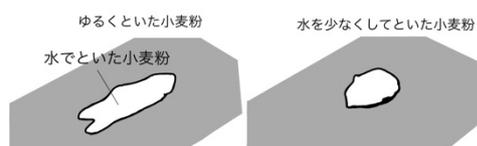


図6 水でといた小麦粉を板にのせ、その流れ方の違いを見る実験

『理科の世界1』(大日本図書 令和2年検定)³⁾では、興味・関心を高める活動の「やってみよう」という中で、ホットケーキミックスに水を加え、それを押し出すという活動を示している。(図7)ホットケーキミックス50gに水の量を、20mlと30ml加えたものをそれぞれ用意し、2種類の粘り気の違うものを用意する。それを絞り袋に入れ、中心に穴を空けた工作用紙の下から押し出し、粘り気と押し出してできた形の関係を考察する。

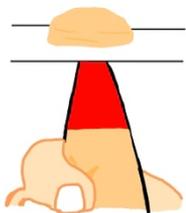


図7 ねばりけのちがいとできる火山の形との関係を調べる実験

『自然の探究 中学理科1』(教育出版 令和2年検定)⁴⁾では、石膏に入れる水の量を変え、ペトリ皿に垂らした時にどのように固まるかを調べる活動を示している。(図8)粘り気の違いが形状にどのような影響を与えるのかを、固まりやすい性質をもつ石膏を使い行なっている。

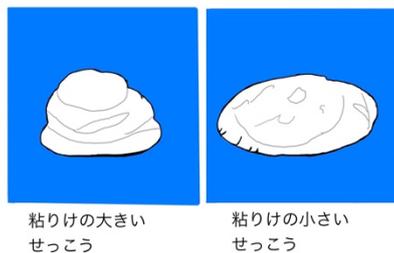


図8 マグマの粘り気と火山の形について調べる実験

『新しい科学1』(東京出版 令和2年検定)⁵⁾では、教育出版と同様に石膏を用いた活動

を示している。こちらは、袋に石膏と水をいれ混ぜ合わせ、発泡ポリスチレンの板の下から押し出している。(図9)教育出版の活動と違い、こちらは実際の火山のように下から石膏を押し出している。

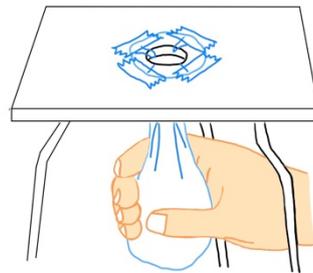


図9 石こうのねばりけによる形のちがいを調べる実験

『未来へ広がるサイエンス1』(啓林館 令和2年出版)⁶⁾では、二つの活動を掲示している。一つ目は、歯科で用いる型取り剤を用いる方法である。(図10)粘り気の違う型取り剤を用意し、それらをそれぞれポリ袋に入れ、中央に穴を空けた紙皿の下からゆっくり押し出し、その様子を観察する。固まった後に切って断面を観察するところまで記されている。二つ目の活動は、粘り気の違うスライムを用意し、注射器に入れて押し出すものである。(図11)紙粘土で作った火山のモデルの山頂から、注射器に入れたスライムを押し出し、その様子を観察する。それぞれの活動を通して、マグマの粘り気と火山の形がどのような関係にあるのかを考えさせる。

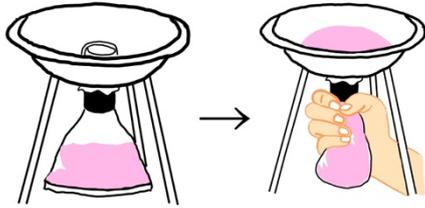


図 1 0 歯科で用いる型取り剤を用いた実験

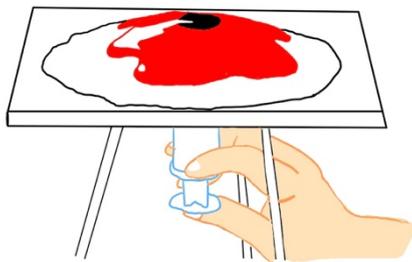


図 1 1 スライムを用いた実験

各教科書会社のマグマの粘性と火山の形状に関する実験について調べてみた。どの実験も、比較的簡単な手順で実験を行うことができるようになっている。

4. チョコレートを用いた火山噴火実験の提案

火山に関する学習は、中学校理科 1 年次の「地球」分野において単元「火山と地震」（火山活動と火成岩）、「自然の恵みと火山災害・地震災害」⁷⁾で行われる。火山噴火現象を室内で再現するには、アナログ実験が最適である。今回火山噴火教材として考えたものは、チョコレート火山である。『世界一おいしい火山の本』（林 著）⁸⁾で紹介されていたチョコレートを使った潜在溶岩ドーム実験を基に考えたものである。実際の火山と同じように粘性の違いや溶岩の代わりに用いるチョコレートの温度による火山の形状に着目してもらうための改良を行った。使う材料も、100円

均一シヨップなど手軽に手に入れることができるものを使うようにした。

火山の形は、火山をつくるマグマの粘性によって異なる。マグマの粘性が高いと溶岩は流れにくく、盛り上がった形になる。一方でマグマの粘性が低い場合、噴き出す溶岩は流れやすく傾斜が緩やかな火山の形になる。マグマの粘性の違いは、一般にマグマに含まれる二酸化ケイ素成分の割合と温度による。これを基に、チョコレートでマグマを再現し、火山噴火のモデル実験を行う。チョコレートを溶かす際の温度やチョコレートに加える生クリームを調節し、粘性の違いを示し、噴火の様子を比較する。噴火の様子を観察する時は、ココアパウダーを使ってココアの山を作る。その後、チョコレートを注入し、どのようにチョコレートがココアの山から出てくるか、またどのように流れるかを観察する。

チョコレートを用いた火山噴火実験 準備物

- ・チョコレート（コーティング用チョコレートのクーベルチョコレートだと溶ける時間が早く済む）
- ・ココアパウダー
- ・シリンジ（少なくとも 30ml 程度の容量のもの）
- ・PE チューブ（直径 6mm 程度で、シリンジに繋ぐことができるもの）
- ・アクリル版（A4 程度の大きさ）
- ・茶こし
- ・台になるもの（アクリル板をのせるため、三脚など）
- ・温度計（非接触型であると瞬時に測ることができるためおすすめ）
- ・ボウル 大小 1 つずつ（湯煎のお湯を入れ

る用とチョコを溶かす用)

実験手順

- ① アクリル板の中央に穴を開ける。
- ② 三脚台にアクリル板をのせ、セロハンテープで固定する。
- ③ アクリル板の上に茶漉しを使い、ココアパウダーをふるい山を作る。穴からココアパウダーが落ちないように、はじめは下から穴を指で塞いでおく。ある程度山ができる穴からこぼれなくなる。こぼれないところまで山ができたら指を離す。
- ④ チョコレートをボウルに入れ、湯煎し50℃を超えないように温度を上げチョコレートを溶かす。チョコレートが溶けたら湯煎から外し、チョコレートの温度を調節する。この時、温度を高くする(30℃程度)と粘り気が少なく、低い温度(22~25℃程度)にすると粘り気が大きいチョコレートにすることができる。
- ⑤ チョコレートが溶けたら(22~30℃程度)、シリンジでチョコレートを吸い込む。
- ⑥ シリンジにPEチューブを繋ぐ。
- ⑦ アクリル板の下から穴にチューブを繋ぎ、ゆっくりチョコレートを入力する。
- ⑧ チョコレートを注入したときの様子を観察する。
- ⑨ 注入し終わったら、穴からチューブを外しセロハンテープなどで穴を塞ぐ。チューブを抜いて、素早く穴を塞ぐ。

実際に行ったチョコレート火山実験の結果をみていく。この実験では、実際の火山の噴火のように溶岩が流れ出て、広がっていく様子を観察することができる。チョコレートが流れ出る際に、ココアの山に割れ目が入る。

(図1 2) チョコレートが流れ出る直前には、山の割れ目の一部が膨らみ、その後崩壊する様子を見ることができる。(図1 3) そしてそこからさらにチョコレートを流し込むと、溶岩に見立てたチョコレートが溢れ出す。流れ出したチョコレートは、斜面を降るにつれて広がっていく様子が観察できる。(図1 4) チョコレートを注入し終わり、しばらくおいてチョコレートが固まったところでココアの粉を取り除くことで、マグマの代わりであるチョコレートがココアの山の中をどのように通ってきたか(火道)を見ることができる。(図1 5)

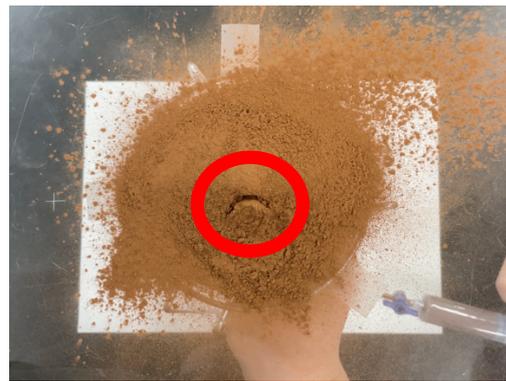


図1 2



図1 3



図 1 4



図 1 5

5. 今後に向けた改善点

今後に向けた改善点を挙げていく。

一つ目は、シリンジにチョコレートを詰める点である。粘り気を大きくするとどうしてもシリンジで吸い込む作業が大変になる。うまく吸い込むことができず時間がかかってしまうということがある。他にも温度を調節して、粘り気が小さいチョコレートを用意した場合でも吸い込むのに時間がかかり、チョコレートを押し出す時には温度が下がり、粘り気が大きくなっているということがある。溶かす前のチョコレートを細かく砕き、シリンジに詰め、シリンジの先端に栓をする。チョコレートを詰めたシリンジごと温めてチョコレートを溶かすという方法もある。この方法

だと、チョコレートを吸い込む手間や細かく温度調節をするという手間が省ける。しかし、溶かす時にチョコレートの粘り気を感じながら溶かすことができないため、粘り気の違いを感じるできないという欠点がある。

二つ目は、ココアパウダーで山を作ることに關してである。ココアパウダーを一箇所に置いておき、取りに来てもらう形式にした場合、山を作る時にココアパウダーが足りなくなった時にその都度取りに来てもらうという手間が増える。各班にココアパウダーと茶こしを用意しようとするすると各班分用意する手間や片付けの手間が増えるということがある。そこで 100 円均一ショップで販売されている「小麦粉ふりふりストッカー」を活用すると、ココアパウダーをふりかけて山を作る作業や片付けが簡単になるのではないかと考えた。茶こしとココアパウダーを保存するための容器としての二つの役割を果たすことができるため、準備や片付けの手間を減らせるのではないかと考える。

三つ目は、アクリル板の穴を塞ぐことに關してである。ココアの山を作るときやチョコレートを注入し終わった後に毎回穴を塞ぐというのはとても煩わしい作業である。そこで、シリコン製マットを使うことで、アクリル板の穴を指で塞いでから粉を振る、チョコレートの注入が終わった後に急いで穴を塞ぐということを減らせるのではないかと考えた。シリコン製マットの中央に十字の切れ込みを入れ、チューブを差し込めるようにする。差し込むまでは、シリコン製マットが蓋の役割を果たし、ココアパウダーが落ちてこない。チョコレートを注入し終わった後にチューブを引き抜いてもシリコン製マットが再び蓋になるためチョコレートが落ちてこない。

6. 学びを広げるための動画学習教材

今回行ったチョコレートを用いた火山の実験の後に、動画学習教材を活用することで更なる学びの発展につながると考える。動画学習教材としては、無償で利用することができるものとしてNHK for school⁹⁾がある。NHK for schoolでは、各教科ごとにコンテンツを閲覧することができる。さらに、小・中学校学習指導要領の教科、学年、単元ごとに教材を選択することができる。使うことのできる動画学習教材は、活動の直前や直後、単元の最後にまとめとして用いることがメインとなっている。一人一台端末環境が実現され始めているため、児童生徒が自分自身で動画を閲覧することは可能であると考えられる。一人一台端末環境が実現されていない場合でも、プロジェクターなどを使い、全体に動画を見せることは可能である。これらの動画学習教材を活用することで、自分で行った火チョコレート山の実験と実際の火山の映像を比較することができる。

7. 今後の展望

今回のチョコレート火山では、マグマの粘り気に注目して実験を行った。実際の火山のように溶岩の色にも着目した実験を行なっていきたい。また、噴火も一度だけでなく何度も噴火をさせた場合にどのようなことになるかということを再現できるようにする。今回の実験で再現することができたのは、山が割れて、溶岩が流れ出るといったところまでであった。実際の火山のように溶岩以外の火山噴出物（火山ガス、火山弾、火山灰など）もチョコレート火山の噴火の時に噴き出されるようにしていきたい。

参考文献

- 1) 国立教育政策研究所, 国際数学・理科教育動向調査 (TIMSS2019) のポイント, <https://www.nier.go.jp/timss/2019/point.pdf> (最終閲覧日: 2023/01/11)
- 2) 文部科学省検定済教科書 中学校科学1, 学校図書株式会社, 令和2年3月検定済, 196
- 3) 文部科学省検定済教科書 理科の世界1, 大日本図書株式会社, 令和2年3月検定済, 205
- 4) 文部科学省検定済教科書 自然の探究中学理科1, 教育出版株式会社, 令和2年3月検定済, 181
- 5) 文部科学省検定済教科書 新しい科学1, 東京書籍株式会社, 令和2年3月検定済, 201
- 6) 文部科学省検定済教科書 未来へひろがるサイエンス1, 啓林館株式会社, 令和2年3月検定済, 92-93
- 7) 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, 80-85
- 8) 林信太郎 (2006) 「チョコやココアで噴火実験 世界一おいしい火山の本」, 小峰書店
- 9) NHK, NHK for School, 理科のページ, <https://www.nhk.or.jp/school/rika/> (最終閲覧: 2023年1月27日)
- 10) 高柳慎一郎・早川由紀夫 (2007) おいしい火山実験, 群馬大学教育実践研究
- 11) 内田麻理香 (2009) キッチンサイエンス: 料理を題材とした科学の興味の喚起, 日本科学教育学会年会論文集
- 12) 山崎寛己・角縁進 (2019) 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-, 佐賀大学大学院学校教育学研究科紀要