福井大学リポジトリ
UNIVERSITY OF FUKUI REPOSITORY

マグマ生成実験を活用した理科授業：附属義務教育学校における実践

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2018-06-29 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 三好, 雅也, 浜多, 嘉太, 藤井, 純子, 松本, 拓也 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10098/10449

福井大学教育実践研究　2017，第42号，pp.29－35

実践論文

マグマ生成実験を活用した理科授業：附属義務教育学校における実践

福井大学教育学部　三　好　雅　也
福井大学大学院教育学研究科　浜　多　嘉　太
福井大学教育学部　藤　井　純　子
福井大学教育学部附属義務教育学校　松　本　拓　也

中学校理科単元「大地の変化」の学習において，学習者がマグマの熱を実感しながら火山および火山活動に関する理解を深めることを目指し，著者らは七輪マグマ実験を導入した授業を考案・実施した．授業の内容は，砂の溶融過程，赤熱した溶岩，斜面を流下する溶岩などの観察と，放射温度計を用いた溶岩の温度測定である．この授業を，福井大学教育学部附属義務教育学校において117名の生徒を対象に実施した．授業後に得られた感想文は，多くの生徒がマグマの熱を実感し，特に溶岩を噴出する火山活動について理解を深めたことを示した．

キーワード：地学教育，マグマ，火山，溶岩流，中等教育

1. はじめに

学習者がマグマの熱を実感しながら火山および火山活動について学ぶための実験として，七輪を用いたマグマ生成実験（以下，七輪マグマ実験と略記）が開発され，教育実践に用いられてきている（下岡ほか，2011，2014；三好，2015）．火山噴火の機構やマグマ物性の再現実験としては，歯科用印象材，スライム，チョコレート，小麦粉，廃油など様々な材料を代用したモデル実験がこれまでに考案・実践されてきた（多和田ほか，2009；岡田・澁江，2009；林，2006；西来ほか，2010；笠間ほか，2010 など）．七輪マグマ実験には，赤熱した溶岩の色や温度を再現可能であるという，従来のモデル実験にはなかった利点がある．また，下岡ほか（2014）は，七輪マグマ実験装置を用いた教育実践は，活火山が存在しない地域においても，学習者の火山活動に対する興味・関心を引き出す上で有用であると報告している．

小中学校で火山について学習する単元は，小学校６年生理科「土地のつくりと変化」，および中学校１年生理科「大地の変化」である（文部科学省，2008）．前者では「火山活動による地層の形成」について学び，後者では「マグマ・火山活動・火山岩」など，より深い内容について学習する．著者らが居住する福井県には活火山が存在しないため，県内の小中学生にとって火山は身近ではなく，彼らが火山および火山活動について実感を伴って学習することは困難な場合が多い．しかしながら，小中学校の段階において火山に関する理解を深めることは，世界有数の火山国である日本に住む者として重要であるといえよう．

上記の背景を踏まえ，著者らは今回「七輪マグマ実験」を導入した中学校理科授業を考案し，実践した．授業の目標は，生徒がマグマの熱を実感しながら火山および火山活動について理解を深めることである．本論では，この実践の効果について述べる．

2. 実験装置の概要

七輪マグマ実験装置の作成方法の詳細は，下岡ほか（2011），三好（2015）に記されている．市販の七輪を２個用意し，片方の七輪底部を切断後，上下逆にして他方の七輪に重ねることで装置本体を作成する．装置内部に市販の着火剤と木炭を詰め込むようにして入れ，装置頂部に砂試料（＋融剤）を入れたステンレス容器を設置する．今回使用した砂は，富士火山の剣丸尾溶岩（玄武岩）である．着火後に下部七輪の送風口から強風を送ることで，砂試料（＋融剤）が溶融状態に至る高温を達成する．下岡ほか（2011），三好（2015）では，七輪送風口から強風を送る装置としてドライヤーを用いているが，今回の実践では送風機（ハンディブロワー）を代用した．生成した溶岩を流す際，下岡ほか（2011）では水槽付きスロープを，三好（2015）では砂山を用いている．今回はこれら２つを組み合せ，斜面先端に浅い水槽を設置した砂山（30 × 100cm 程度）を用いた．砂山を用いることにより，斜面に可燃物を設置し，それらが溶岩流と接触して燃える様子を観察することが可能となる．また，砂山の斜面に溝を作ることで溶岩の流路をある程度制御できると同時に，生徒が「溶岩は低地を流れる」ということを学習できる．今回の実践では，生徒に小さな旗（可燃物）を作って砂山斜面に立てさせた（後述）．下岡ほか（2011）と同様に，斜面先端に水槽を設置することにより，溶岩が水槽の水を瞬時に沸騰させる様子を観察することが可能となる．このことに加え，溶岩が旗を燃

やす様子を観察することで，生徒に溶岩が高温であることをさらに印象付けることができると考えた．

3. 授業の概要および流れ

本授業は，著者のうち三好・藤井が所属する福井大学教育学部と，松本が所属する同学部附属義務教育学校との連携により実施された．対象は附属義務教育学校 8 年生（中学校 2 年生に相当）117 名（A 組 37 名, B 組 40 名, C 組 40 名）であった．2017 年 4 月 25 日に，各クラス一時限で授業を実施した. 大まかな授業の流れを表1に示す．

授業開始前に，講師（三好）および補助スタッフ（浜多・藤井）で七輪マグマ実験装置を組み立て，予め木炭

表1．授業の大まかな流れ

時間経過	講師・補助スタッフの活動（それぞれ○･●で示す）	生徒の活動
	○●実験装置の組み立て・火起こし・砂山の準備．	
開始数分前		屋外の授業実施場所に集合．
開始	○実験の導入： 「火山国・日本に住む自分達が火山についてよく知ることは重要」 「溶岩をつくって観察しよう（色・温度・流れる様子）」	講師の説明を聴く
3 分	○七輪マグマ実験装置の説明． ステンレス容器内の砂（＋融剤）の温度測定．	実験装置の周囲で講師の説明を聴く．
5 分	●送風機で送風開始（加熱開始）． 児童が装置に近付きすぎないよう注視．	
	○「色々なものの温度クイズ」を実施． 適宜ステンレス容器内の砂の溶融過程を確認し，温度測定．	クイズに答える（自由に発言する）． 温度計の値を読み，他者と共有する．
	○砂が完全に融けたことを確認し，温度測定．以下を指示： 「溶岩の色・対流する様子の観察」	温度計の値を読み，他者と共有する． 溶岩の色・対流の様子を観察する．
	○溶岩を砂山に流す．以下を質問を交え確認・説明： 「溶岩流は水と同様に低地を選択的に流れる」 「溶岩流が冷え固まると舌状の地形をつくる」 「溶岩は急に冷え固まるとガラスになる」 「溶岩流は水を瞬時に沸騰させるほど高温」	砂山を流れる溶岩を観察する． 冷却固化した溶岩を観察しながら 講師の説明を聴く．
25 分	●送風機で送風開始（2 回目の加熱開始）． 児童が装置に近付きすぎないよう注視．	
	○溶岩流による災害，ブラックサンドビーチ（ハワイ島） について写真を提示しながら解説．	講師の説明を聴く．
	●シールと爪楊枝を生徒に配布． ○以下を指示． 「シールと爪楊枝で各自旗を作成し，溶岩の流路を予想して 砂山に旗を立てよう」	溶岩の流路を予想する 旗を作り，砂山に立てる．
	○砂が完全に融けたことを確認し，温度測定． 溶岩を砂山に流す．以下を質問を交え確認・説明： 「砂山の低地に立てた旗が溶岩流と触れて燃えた」 「2 回目の溶岩流は 1 回目とは流路がやや異なる」	温度計の値を読み，他者と共有する． 溶岩の色・対流の様子を観察する． 溶岩の流れる様子を観察し，自分の 旗がどうなったのかを確認する． 講師の質問に答えながら確認し， 説明を聴く．
45 分	○以下を質問を交え確認・説明： 「マグマの温度」 「溶岩流から逃れるためには地形的に高い場所へ移動する」	講師の説明を聴く．
50 分 （終了）		

に着火しておいた．場合によっては木炭の着火に 10 分間以上を費やし，授業時間を大幅に圧迫する可能性があるためである．斜面先端に浅い水槽を設置した砂山についても，授業開始前に作成した．授業開始の数分前には，理科教員（松本）が引率し，実施場所（校舎軒下スペース）に生徒が集合した．

まず実験への導入として「火山国・日本に住む自分達が火山についてよく知ることは重要である」ということを説明した．さらに，赤熱した溶岩をその目で実際に見た経験があるか否かを問いかけ，挙手がないことを確認した上で，実験の内容（溶岩を生成し，色・温度・流れる様子を観察する）を伝えた．次に，七輪マグマ実験装置の概要を説明した．この時，生徒の好奇心を刺激する目的で，実験装置の完成に至るまでの過程や，開発の苦労話等を含めた．この時点までに要した時間は約 5 分間である．

送風開始前に，ステンレス容器内の砂（＋融剤）の温度を放射温度計で測定した．数名の生徒が放射温度計に表示された数値を読み，周囲の者に伝えることによって全体で情報共有した．ステンレス容器を実験装置頂部に設置し，補助スタッフが送風機による送風を開始した（加熱開始）．その数分後には炎が上がり，火の粉が盛んに飛び始めたため，生徒が実験装置に近付きすぎないよう注意を要した．加熱開始から約 1 分後，砂とステンレス容器の境界部に融けた部分が見え始め，融剤の発泡によって砂表面が動く様子が観察された（図1A）．その約 5 分後には融けて見える部分の面積が拡大し，砂表面の動きが大きくなった（図1B）．実験開始から約 7 分後に砂が完全に融け（図1C），約 11 分後には赤熱する溶岩が生成された（図1D）．ステンレス容器内の溶岩がゆっくり対流する様子も観察された．砂の溶融に要した時間は，下岡ほか（2011），三好（2015）の報告と同等かやや短い程度である．実験開始から溶岩生成までの約 11 分間に，「色々なものの温度クイズ」を実施した（例：水の沸点；ピザを焼く際の窯内；タバコの火；太陽表面など）．このクイズの目的は，生徒が待ち時間中に実験に飽きるのを防ぐこと，様々な物の温度を示すことで生徒に「溶岩の温度を知りたい」という意欲を持たせることである．クイズ出題の合間（約 3 分間おき）に放射温度計による砂の温度測定を複数回行い，時間経過に伴う砂の温度上昇を全員で確認した．また，砂が完全に溶融した時点においても放射温度計による温度測定を行い，生成した溶岩が約 1000℃であることを全員で確認した．

ステンレス容器内の溶岩を観察後，砂山の斜面を流れる溶岩の観察を行った．溶岩がどのような地形を流れるか，砂山斜面の先に設置した浅い水槽に溶岩が流れ込んだ場合に，溶岩と水がそれぞれどうなるかを観察するよう指示した．その後，砂山山頂から溶岩を流し，溶岩流が谷部を流れることを確認した．水槽に突入した溶岩が水冷破砕し，水が瞬時に沸騰したこと，溶岩が急冷してガラスが生成されたことについても確認した．実験結果の確認･共有および冷却した溶岩（ガラス）の観察中に，補助スタッフが実験装置に木炭を充填し，2 回目の実験に備えた．

図1．砂の溶融によるマグマ生成過程

2 回目の実験開始（送風開始）前にも，初回同様にステンレス容器内の砂（＋融剤）の温度を放射温度計で測定し，全員で共有した．2 回目の実験開始から溶岩生成までの約 11 分間に，溶岩流による災害の実例（ハワイ島キラウエア火山 1986 年噴火によるカラパナ集落の被害）およびブラックサンドビーチ（ハワイ島）の砂の成因について，A3 判写真を示しながら説明した．1 回目の実験観察を踏まえ，溶岩噴出による災害（住宅地に流入した結果生じた実害）と，恩恵（溶岩の水冷破砕で生じた黒色ガラス質岩片による砂浜の形成）の実例を生徒に伝えるためである．これらの説明の後，生徒にラベルシールと爪楊枝を配布し，それらを用いて各自で旗を作るように指示した．さらに，山頂から 2 回目の噴火が生じた場合，どの場所を溶岩が流れるか考え，旗を立てるように指示した．旗を立てる場所については，自分が安全と思う場所，あるいは危険と思う場所のどちらでも良いとした．また，水槽に流れ込んだ溶岩と水がそれぞれどうなるかについても再度観察するよう指示した．上記の説明および作業の合間（約 3 分間おき）にも，放射温度計による砂の温度測定を複数回行い，時間経過に伴う砂の温度上昇と，生成した溶岩の温度（約 1000℃）を全員で確認した．

その後，砂山の山頂から溶岩を流し，溶岩流が 1 枚目の溶岩を避けながら，やや流路を変えて谷部を流れることを確認した．また，山頂火口や谷部に立てられた旗は溶岩流に飲まれて燃えたことについても確認した．

実験終了後（約 45 分間経過），改めて結果（溶岩の色・温度・流れる様子）について全体で確認・共有し，「もしも登山中に溶岩流噴出に遭遇した場合には地形的に高い場所へ移動する」ということを説明した．この説明に要した時間は約 5 分間である．

4. 授業中の生徒達の様子

3 クラスに共通して，授業全体を通じ生徒の良い反応が得られた．特に反応が大きかった場面は，砂（＋融剤）が完全に融けて赤熱した溶岩となった場面（図1D），溶岩が砂山斜面を流下して生徒が立てた旗を燃やした場面（図2A），溶岩が水槽中に流入して水を瞬時に沸騰させた場面（図2B），生成した溶岩の温度測定結果が約 1000℃であることを確認した場面（図2C）であった．赤熱した溶岩を観察した際には，「赤い！」「本当に全部融けた！」「きれい！」といった発言があった．溶岩流を観察した際には，「自分の旗が燃えた！」「(水が) 沸騰している！」といった発言があった．「色々なものの温度クイズ」（図2D）では自由に発言可能としたため，「100℃！」「300℃！」といった積極的な発言があり，正解を伝えた際には「そんなに熱いのか」「思ったより熱くないな」「当たった！」といった発言があった．上記のとおり，実験の雰囲気は概ね盛況であった．

図2．（A）溶岩流が砂山に立てられた旗を燃やす様子．（B）溶岩流が水槽の水を瞬時に蒸発させた場面．
（C）放射温度計で生成した溶岩の温度を測定する様子．（D）色々なものの温度クイズの場面．

5. 生徒達の感想からみた本実践の効果

七輪マグマ実験を導入した授業に対する生徒の反応を知るため，授業後に３クラスの全員に感想文を書いてもらった．提示した課題は「マグマをつくる実験を見て，初めて知ったこと，学んだこと，おどろいたこと，理解が深まったことなど，感想を自由に書いてください．特に印象に残った場面のイラストでも OK です．」であり，自由記述とした．生徒から得られた感想文は概ね肯定的な内容であった．これら感想文のうち，代表的なものを内容に基づき三大別（溶岩について・温度について・その他）し，表２に示した．

表２のうち，溶岩についての感想文の多くは，赤熱し

表2．授業に対する生徒達の感想文

項目	クラス	記述内容
溶岩について	A	・ドロドロのマグマが水に入るとシュワシュワと沈んでいくのをみていて，とてもおどろきました． ・溶岩が流れてくると，冷たいものに触れると固まってしまったり，黒くなったりして，驚いたことがたくさんありました． ・写真で見てるだけだと「こんな感じか」と思うだけだけど，生で見ると，本当にねばりけあるんだとか感じることができておもしろかったです． ・マグマは途中で障害物があるとさけて通っていくことが分かりました． ・マグマの流れ方は１パターンだけだと思っていたけれど，ふん火をくりかえすごとに流れ方が変わっていくのがとてもおもしろかったです． ・旗を立てて実験をしたので，流れ方がとても分かりやすかった！！
	B	・マグマができて，赤くなっているところを見たときはこれがマグマなのかと感動しました． ・マグマを急冷するとガラスになる，ということを初めて知りました． ・マグマは地面が低いところに流れていくことが分かりました． ・マグマの流れるスピードはもっと遅いかと思っていたけど案外速かったです．
	C	・できたばっかのマグマを水に入れると冷えて固まるのは知っていましたが，実際に見てみると自然のすごさを改めて感じました． ・マグマが「溶岩」となり，地表を流れていく様を見ていると，自然の危険さを実感しました． ・溶岩はもっとドロドロしているかと思っていたが，案外サラサラ (見た感じ) で，見ていてなにか楽しかった．二酸化ケイ素が少なかったから？ ・冷えて固まった溶岩が緑っぽくて光っていて，このことを初めて知ってもっと火山のことを知りたいと思いました． ・2 回目は，少し違うところも流れていて，3 回流すとどう流れるのか考えてみたいです．
温度について	A	・クイズで，たばこや，イナズマなどの温度を聞いて，すごくおどろきました． ・溶岩は冷えてもしばらくは 200℃前後あるのだというのもわかりました．
	B	・マグマや溶岩の具体的な温度は知らなかったので，おもしろかったです． ・作っていくときに最初は白い粉だったのがだんだん黒っぽくなっていって，最終的には，赤くどろどろして，1000℃を超える高温になりました． ・見ると自分が思っていたよりも黒く，温度が高くて，すごくおどろきました． ・火で熱すると 1055℃もあることにびっくりしました．山から流して数分経っても 300℃を超えていたのでとてもすごいと思いました．
	C	・実際に熱してマグマをつくるのをみて，ふつうの粉に見えるものが熱されて真っ赤になり 1000℃以上になるのにおどろきました． ・今回のマグマの実験でマグマはおよそ 1000℃もあることがわかりました．そして，そのマグマが水に入ると固まり水が一しゅんでふっとうして 64°(お風呂の温度？) になることがわかりました．
その他	A	・ハワイに行ったことがありましたが、キラウェア山に行ったことがなくて、いつかキラウェア山で今日の現象をみたいと思いました。 ・時間と電力を節約するための風そく機を使う所や特に七りんも 2 つ重ね、入る炭も 2 倍にするというところの発想がおもしろいと感じました。 ・「何が何でも実験を完成させてやる」というような熱意を感じた。
	B	・マグマは噴火した時にしか見れないと思っていたが，溶岩を熱することでマグマにもどすという発想は，すばらしいと思う．反対から考えることも大切なのだと思った． ・福井県は災害の中でも火山活動の災害とはあまり関わりがないと思っています．でも，日本は火山大国だから，火山の活動が少し身近に感じました． ・もし，火山が噴火して自分の身が危なかったら，今日学んだことを生かして，高いところにひなんしようと思います． ・結晶をつくるには，どのくらいの時間をかけたらいいのでしょうか．というか，結晶が出るほどゆっくり冷やすことが可能なのですか？ ・何の薬品でとけやすくしたのか，知りたい．
	C	・普段できないことをする授業なので，好き心がわきたち，楽しく学ぶことができました． ・教科書を読むだけではなく，実際に見てみることで，流れ方，冷えた後などについて新しい発見を見つけることができました．

た溶岩を初めて直接観察したことで得た感動，マグマの粘性の実感，溶岩流の流路や急冷（水冷）によるガラス生成に対する興味・関心を示すものであった．また，溶岩流が危険なものであることを実感した旨の感想文もみとめられた．これらの感想文は，七輪マグマ実験を導入した授業が多くの生徒のマグマ･火山噴火に関する興味･関心を引き出す上で効果があったことを示している．また，砂山に立てた自分の旗が溶岩流と接して燃える様子を観察することで，複数回溶岩が流れた際の流路変更について理解を深めることができたようである．

温度に関する感想文には，溶岩の温度を知って驚いたという内容の記述が多くみられた．「1000℃」など，具体的な測定値が記された感想文が複数みとめられた．赤熱がみられなくなり，冷え切った様に見えた溶岩（ガラス）がしばらく数百℃の温度を保持していたこと，水が瞬時に沸騰したことにも驚いたようである．これらの感想文は，実験中に実施した放射温度計による温度測定が，生徒がマグマの熱を実感する上で重要な役割を果たしたことを示している．また，溶岩以外の物の温度に関心を持った感想文も複数みられたことから，色々なものの温度クイズは，生徒の注意を「温度」に向けさせる上で有効であったと考えられる．

上記以外（その他）には，七輪マグマ実験装置自体や使用した融剤等に関心を持ったという内容の感想文が複数みられた．従って，ほとんどの生徒が初めて目にする実験装置ではあったが，彼らの大部分が本実験の原理を理解できたものと考えられる．また，冒頭で話した装置開発の経緯が生徒の好奇心を刺激したのかもしれない．「徐冷することで結晶を晶出させることは可能か」という疑問を示す感想文は，生徒が既習事項と今回の実験を結び付け，当該分野への関心を高めたことを示唆する．「福井県には活火山が存在しないが，火山活動を身近に感じた」という感想文がみられたことは特筆すべきことであり，活火山の存在しない地域においても，本実験が学習者の火山に対する興味・関心を引き出す上で有効であることが示された．この結果は，下岡ほか（2014）の報告と調和的である．

表２の感想文の内容を反映して，生徒が描いたイラストの大部分は溶岩流に関するものであった（図3）．ステンレス容器から流れ出た溶岩が旗を立てた砂山を流下する様子（図3A），溶岩流に触れた旗が燃える様子，溶岩流が障害物を避けて流れる様子（図3B），溶岩の流入により水槽の水が沸騰する様子（図3C）などが描かれており，これらの詳細なイラストは，観察中における生徒の高い集中力を示唆するものと考えられる．また，今回の実験で赤熱した溶岩が流れる場面が生徒に強く印象付けられたことを示している．

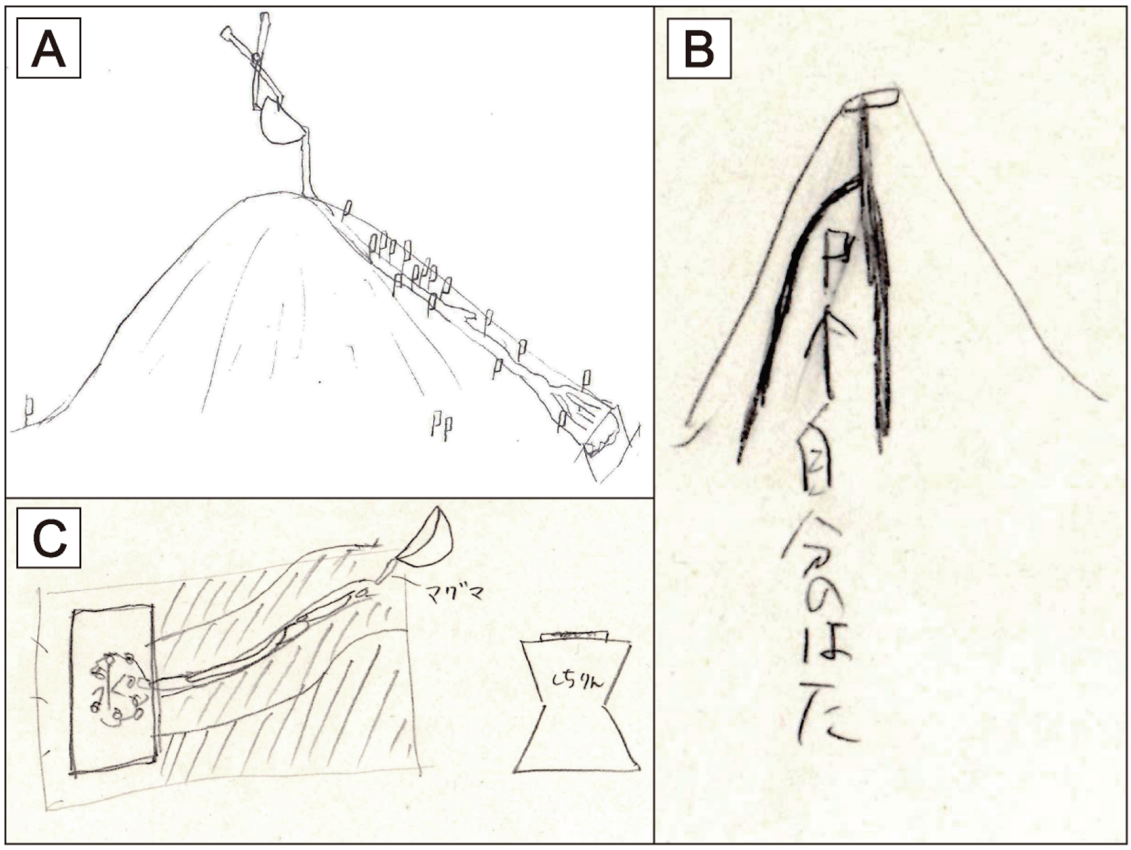

図3．生徒が描いた印象に残った場面のイラストの例．

6. まとめ

生徒がマグマの熱を実感しながら火山および火山活動に興味・関心を持ち，理解を深めることを目標に，福井大学附属義務教育学校において七輪マグマ実験を導入した授業を実施した．本実践に対する生徒からの感想文の内容（表2）は，彼らが赤熱した溶岩の観察や放射温度計による温度測定，溶岩流と水との接触の観察を通じ，マグマの熱を実感したことを示した．また，砂山斜面を流れた2枚の溶岩流を観察したことで，溶岩の流路と地形の関係について理解を深めたことを示唆している．さらに，活火山の有無に依らず，学習者がマグマの熱を実感しながら火山の学習をする上で，七輪マグマ実験が効果を有する（下岡ほか，2014）ことが，本実践結果からも示された．安全上の理由から，今回の実践で生徒自身が作業を行った場面は砂山に旗を立てる部分のみであった．生徒が主体的に実験に取り組む場面を増加させることは，七輪マグマ実験を活用した授業における今後の課題である．

本実践は，福井大学教育学部と同大学附属義務教育学校との連携により実施された．地学分野における連携として，これまでに野外観察会等が実施されてきたが，七輪マグマ実験を導入した理科授業は初の試みであった．生徒からは全体として良い反応が得られたため，今回新たに良い連携の形を一つ作り出せたといえよう．

謝辞

本研究は，2017年度科学研究費若手研究B（No. 17K12931）「ジオパークにおけるマグマ生成実験を活用した地学教育手法の開発」（研究代表者：三好雅也）の一環として実施された．福井大学教育学部地学教室の山本博文教授には，教育実践を行うにあたり終始激励を賜った．福井大学教育学部附属義務教育学校の理科教員である木下慶之教諭，加藤学教諭には，教育学部と附属義務教育学校との連携についてご提案いただき，本実験を実施する上で最適な場所および日程を確保していただいた．匿名査読者からのコメントは，本論を改善する上で有意義であった．以上の方々に厚く御礼申し上げる．

引用文献

林信太郎（2006）世界一おいしい火山の本―チョコやココアで噴火実験―．小峰書店，東京，127p.

笠間友博・平田大二・新井田秀一・山下浩之・石浜佐栄子（2010）食用廃油を使用した複成火山作製実験の開発．地学教育，63，163-179.

笠間友博・平田大二・新井田秀一・山下浩之・石浜佐栄子（2011）水槽実験を活用した小学生向け火山学習プログラム．地学教育，64，1-12.

三好雅也（2015）溶岩をつくって流す実験．特集「今だから知りたい！地震と火山のキホン」，季刊理科の探検，18，86-89.

文部科学省（2008）小学校学習指導要領解説理科編．大日本図書，東京，105p.

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作ろう！―．地質ニュース，672，31-34.

岡田浩一・澁江靖弘（2009）スライムの粘性率の測定と溶岩の粘性と火山の形に関するモデル実験．地学教育，62，185-193.

下岡順直・三好雅也・馬渡秀夫・吉川慎・山本順司・渡辺克裕・齋藤武士・杉本健・山田誠・三好まどか・竹村恵二（2011）七輪でマグマをつくる―身近なものを用いてマグマ形成過程を観察する―．地学教育，64，53-69.

下岡順直・本庄眞・渡辺克裕・河原真菜・山本順司・三好雅也・中野英之・平賀章三・竹村恵二（2014）火山を主眼とする環境学習の有効性と課題―活動する火山が在る地域と無い地域での実践比較―．環境教育，24-2，85-91.

多和田有紗・武藤正典・東條文治・川上紳一（2009）火山噴火現象と地層のでき方を関連づける実験教材の開発と中学校での授業実践による予察的評価．岐阜大学教育学部研究報告（自然科学），33，17-24.

Application of magma-formation experiments to geoscience class in Junior High School attached to the Faculty of Education in University of Fukui

Masaya MIYOSHI, Kabuto HAMADA, Junko FUJII, Takuya MATSUMOTO

Keywords：Geoscience education, Magma, Volcano, Lava flow, Secondary education