

環境学習としての七輪を用いた模擬マグマ生成実験の 事後アンケート集計

下岡 順直* 重藤 英一** 本松 静香**

キーワード：七輪、模擬マグマ生成実験、環境学習、事後アンケート

1. はじめに

近年、日本の火山活動が活発になった。2014年9月27日に発生した御嶽山の水蒸気爆発噴火では、63名の死傷者や行方不明者を出した。2015年には、箱根山大湧谷における火山性地震の増加や熊本県の阿蘇山中岳の噴火（9月14日）による入山規制、鹿児島県の口之永良部島における噴火（5月29日）による全島避難と続いている。これらのように、火山活動はニュースでたびたび取り上げられているため、火山噴火の危険性や日常生活を脅かす災害の発生状況は広く一般市民にも伝わりつつあると考える。しかし、火山噴火にともなう災害は、台風や豪雨災害よりも長期スパンでの避難生活を余儀なくされることも多く、災害に備えることの重要性を伝える教育活動が不可欠であろう。

火山噴火を対象とした環境学習を行うにあたって、筆者らは七輪や炭など身近な道具を使用してマグマを模擬的に生成し観察することができる教材（以下、七輪マグマ実験）を作成した（下岡ほか2011；三好2015）。七輪マグマ実験に必要な器具類と実験手順を図1に示す。この教材の利点は、マグマが高温の中で模擬的に生成されていく状況を可視的に観察することができ、溶融したマグマがみせる迫力を「自然現象のこわさ」も含めて体感することができる。筆者らは、これまでに七輪マグマ実験を複数の小学校や中学校、大学、生涯学習の場で繰り返し実演を行ってきた。小学校では、活火山が存在する地域と存在しない地域を対象とし、児童が「自分とのつながり」（本庄2013）のなかで火山噴火をどのように捉えられたかを比較した試みも行った（下岡ほか2014）。

七輪マグマ実験の実施後は、毎回受講者に事後アンケートをお願いしている。事後アンケートの内容は受講生を対象年齢によってそれぞれ異なるが、共通する項目を複数設定している。それらアンケートを集計し、受講者の

●教材器具準備一覧

品名	個数・量	概要や安全上の注意点など
七輪	2	片方の七輪の底を高速カッターなどで切断して、二つの七輪を重ねる
市販の木炭	一箱	備長炭よりも極細のもので十分高温になる
ドライヤー	1	送風量を調整して、加熱しすぎないように注意する
アルミホイル	1	ドライヤーを火の粉から保護する
ステンレス製容器	1	オーステナイト系ステンレススチールの容器を選択した方がよい
ステンレス線	1	三角架のように折り曲げる。ステンレス製容器のぐらつきを防ぐ
Na ₂ CO ₃	50 g	重曹 (NaHCO ₃) で代用可能
Na ₂ B ₄ O ₇	100 g	硼砂 (Na ₂ B ₄ O ₇ ・8H ₂ O) で代用可能
溶岩片	50 g	粉碎しておく
放射温度計	1	溶融していく過程の温度計測
はかり	1	秤量用
計量スプーン	1	秤量用
手袋	人数分	防熱性および耐熱性のものがよい
防護メガネ	人数分	赤外線を透過しないものがよい
火ばさみ	1	木炭やステンレス容器を扱うときに使用
トンダ	1	木炭やステンレス容器を扱うときに使用
木づち	1	木炭を細かくする
着火剤	1	木炭の火おこし用
水	1	やけどや延焼に備えるため
消化器	1	延焼に備えるため

●実験手順

- 七輪の一段目に木炭を入れて着火する。
- 着火を確認後、二段目の七輪を乗せてその中に木炭を挿入し、七輪の上にステンレス線の支えと試料を入れたステンレス製加熱容器を設置する。
- ステンレス製加熱容器には、岩石試料と融剤 Na₂CO₃ と Na₂B₄O₇ をあらかじめ入れて混ぜ合わせておく。（岩石試料、Na₂CO₃、Na₂B₄O₇の割合は、重量比でおよそ 1:1:2）
- ステンレス製加熱容器を二段目の七輪にのせた後、一段目の七輪の送風口から、ドライヤーを用いて送風する。
※1 このとき、ドライヤーを火の粉から保護するため、本体にアルミホイルなどを被せるとよい。
※2 ドライヤーが七輪の送風口から離れないように特に注意すること。
- マグマ状態になるまで観察する。岩石試料は 10～15 分程度で溶融する。
- ステンレス容器内におけるマグマの対流を観察させる。
- 生成したマグマを水槽付スロープの上に流し、マグマの流れる様子と、マグマと水の接触反応の様子を観察させる。

図1 七輪マグマ実験に必要な器具準備一覧と実験手順（下岡ほか2011より作成）

傾向や感想を分析することで、今後七輪マグマ実験を実施する際の改良する方策が得られるだろう。そのためには、アンケートデータを多く集めることは必須である。本稿では、筆者らがこれまでに得た事後アンケートを記録として集計しておく。

2. 七輪マグマ実験と事後アンケートの実施

七輪マグマ実験は、小学校で2校、中学校で1校、大学

* 立正大学地球環境科学部

** 福岡県嘉麻市立碓井中学校



図2 七輪マグマ実験の実施風景
(a: 小学校、b: 中学校、c: 大学、d: 生涯学習)

で1校（ただし、2014年度と2015年度）、生涯学習でも一度実施した（図2）。事後アンケートの集計結果（表1）ではそれぞれを、小学生1、小学生2、中学生、大学生1、大学生2、一般と示した。実施人数（n）は、表1に示してある。なお、小学生1は活火山が存在する地域を対象としており、その他は活火山が存在しない地域である。筆者らは、小学校では6年生理科の単元「大地のつくりと変化」に、中学校では理科第2分野単元「大地の成り立ちと変化」の項目に七輪マグマ実験を組み込んだ。小学校に

おける授業指導案は、下岡ほか（2011）を参照されたい。ここでは、中学校における授業指導案を一例として図3に示す。大学では、地学分野の基礎実習のなかで行った。一般は、「地球のなりたち」というテーマの中で実施した。大学の実習と一般については、授業案は作成していない。

実験後に実施した事後アンケートから共通項目である、1：溶けたマグマの温度は何度でしたか、2：マグマについて新しいこと（自分の知らなかったこと）を知ることができましたか、3：溶けた砂（マグマ）を見てどう思いましたか、4：七輪でマグマを作る実験についてどう思いましたか、の4項目（表1）の設問について集計を行った。

3. 事後アンケートの集計

表1に事後アンケートの集計結果を示す。現在は6例しかないため、より多くのデータが集まらなると年齢層ごとの傾向を詳細に分析することは難しい。ここでは、今後の実演方針の参考になりそうな2点について若干の考察を行う。

マグマの迫力を「自然現象のこわさ」も含めて体験できたかに関する設問については、どの年齢層においても

マグマの生成過程と溶岩の観察	
高崎市立権井中学校	
1 指導観	
○ 2011年3月11日の東日本大震災以降、学校現場では「釜石の奇跡」と言われる釜石市での防災教育が見直されている。環境教育でも東日本大震災が与えて課題に対して、環境教育の研究と実践に、何が期待され、何ができるのかを模索した。その結果、日本環境教育学会は、同日に起きた原子力発電所の事故を教訓として「福島原発事故は、差別・分断・数値による差別という、まさに水俣病が通った状況と極めて酷似していることから、公害教育や水俣のコミュニティ再生などに果たしてきた、環境教育の経験と教訓を生かす可能性も見えてきた。」とし「持続可能な社会の構築に主体的に参加する市民の育成が求められている。」との一定の結論を示した。	
九州は大きな地震災害はないものの、1991年43名の犠牲者を出した雲仙普賢岳（長崎）、2011年の新燃岳（鹿児島）の爆発などの火山災害があり、桜島（鹿児島）などの火山爆発は常態化している。また、本校のある筑豊地方は新生代にマグマの熱による石灰岩の熱変性、植物の炭化・乾留作用としての石炭がいたるところで見られる。	
本単元の学習を通じて、身のまわりにある小さな石灰岩、砂粒の生成から地球内部の構造とダイナミズム、地域の産業とのつながりを学ぶことは「持続可能な社会の構築に主体的に参加する市民の育成」という理科の目的にかなうものであろう。	
○ 1年生（男子19名、女子21名）は、全体的にまだ幼さを残す。理科の実験など具体的、直接的な教材には興味・関心を示す生徒が多いが、抽象力を要する数学的な能力が必要な学習は不得手である。さらに、全体としてキャンプ、海水浴などの自然体験が乏しく社会的視野も狭い。また、校区は田園地帯であるにもかかわらず、生徒らは日常の遊びは山、川での自然の中での活動はほぼ皆無であり自然に対して関心はあまり高くない。そのため、本授業を「火山」の学習の導入段階に設定し、できるだけ実際の溶岩や身近な岩石にふれさせる実験・観察を通して地球と自然科学のおもしろさ、自然探求のモチベーションの向上を目指した。	
2 単元の目的	
○ 「火山」の噴出物や溶岩の生成観察を通じて、火山、噴出物、マグマの性質の関連を考察させる。	
①【関心・意欲・関心】	
○ マグマ生成、地震の原因は地球内部のプレートの動きと関連していることを認識させ、日常生活と関連付けて、説明できる。	
②【科学的な思考・表現】	
○ 顕微鏡による鉱物観察を通じて火成岩と鉱物、組織の分類ができる。	
③【知識・理解、技能】	

時数	学習活動・内容	教師の支援・手立て	学習形態	評価
1限目(1h)	・「世界の火山」(ビデオ) ・溶岩、火山灰の観察	○火山活動は地球規模での活動であること、身近な火山の存在に気付かせ ○様々な噴出物と鉱物に気付かせる。	班/個	① ②
2限目(1h)	・「地殻の変動」(ビデオ) ・火成岩の観察	○マグマは地球のコア部が直接噴出するのではなく、地殻にあるマグマ溜りからやってくるであることを気付かせる。 ○火成岩には火山岩、深成岩があることに気付かせる。 ○身近にある土、砂の大部分は火成岩の風化によるものである。 ○身近にある土、砂何れくらいでマグマになるのか。	班/個	① ② ③
3限目(1h)	・マグマの形成過程の観察	○身近にある土、砂何れくらいでマグマになるのか。 ○マグマの冷え方の違いによる鉱物のでき方の違いを見る。	個	① ③

4 本時

(1) 日時: 2014年2月6日(木) 第5限 13:40~14:50(70分)

生徒: 1年生(男子19名、女子21名)

場所: 視聴覚教室、理科室前庭

(2) 目標 上記「火山の活動」の3限目参照

(3) 準備 七輪、木炭、送風機、ステンレス製容器、 Na_2CO_3 、 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 、岩石片、放射温度計、手袋、保護メガネ、水、消火器、火ばさみ

5 展開

学習活動・内容	教師の支援・手立て	形態	評価	配時
1 本時のめあてを確認する。	○目標をフタリに書かせる。			
2 岩石は何度で溶けるか。 (マグマの温度は何度か。)	校庭の砂や岩石はマグマになるか。	班	① ③	15分
3 鉱物と組成を観察する。 (1) 溶ける様子の予想。(色、粘性など) (2) 冷却方法の違いによる岩石の違いの予想。	○実験結果はどうなるか予測させる。 ○溶融過程をスケッチで記録させる。 ○生成物の比較 ○サンプルの火山岩、深成岩と今回のマグマで作った火成岩との比較で組織構造の違いに気付かせる。	班/個	① ③ ②	35分
4 レポートと実験のまとめ。 身近な火山(英彦山の火成岩)を使って、火山研究の意義を学ぶ。	○英彦山のスライドと北部九州の地質図 ○安山岩など岩石スライドによる組織、鉱物の説明	班/個	① ② ④	20分

図3 中学校理科第2分野単元「大地の成り立ちと変化」項目で実施した授業指導案例

表1 年齢層ごとの七輪マグマ実験の事後アンケート集計

質問項目	回答	活火山がある地域 小学生1 (n=30)	活火山がない地域 小学生2 (n=34)	活火山がない地域 中学生 (n=39)	活火山がない地域 大学生1 (n=21)	活火山がない地域 大学生2 (n=26)	活火山がない地域 一般 (n=22)
1	溶けたマグマの温度は何度でしたか？	記入 (約1,000℃など) (約1,000~1,260℃) 30 100% 記入 (2,000℃) 0 0% 無記入 0 0%	(約1,400℃) 33 100% 0 0% 1 100%	(約922~1,000℃) 38 97% 1 3% 0 0%	(約800~1,050℃) 20 95% 0 0% 1 5%	(約805~1,049℃) 26 100% 0 0% 0 0%	(約700~1,100℃) 22 100% 0 0% 0 0%
2	マグマについて新しいこと (自分の知らなかったこと) を知ることができましたか？	もっと知りたい 11 37% できた 19 63% できなかった 0 0% わからない 0 0%	22 65% 12 35% 0 0% 0 0%	11 28% 26 67% 1 3% 1 3%	6 29% 15 71% 0 0% 0 0%	8 31% 18 69% 0 0% 0 0%	4 18% 18 82% 0 0% 0 0%
3	溶けた砂 (マグマ) を見てどう思いましたか？ (複数回答)	おもしろかった 23 77% つまらなかった 0 0% 不思議だった 19 63% きれいだった 12 40% こわかった 3 10% わからない 0 0%	34 100% 0 0% 18 53% 6 18% 4 12% 0 0%	28 72% 2 5% 22 56% 8 21% 4 10% 0 0%	17 81% 0 0% 4 19% 11 52% 1 5% 0 0%	20 77% 0 0% 12 46% 18 69% 1 4% 0 0%	12 55% 0 0% 14 64% 2 9% 5 23% 0 0%
4	七輪でマグマを作る実験についてどう思いましたか？ (複数回答)	わくわくした 27 90% たいくつだった 0 0% 炎がこわかった 2 7% また見たい 21 70% その他 2 ^{1,2} 7%	26 76% 0 0% 4 12% 22 65% 0 0%	20 51% 1 3% 0 0% 27 69% 5 ^{1,2} 13%	17 81% 0 0% 2 10% 10 48% 4 ^{1,2} 19%	22 85% 2 ¹ 8% 2 8% 13 50% 3 ^{1,2} 12%	20 91% 0 0% 2 9% 1 5% 0 0%
その他のコメント		^{1,2} おもしろかった・やってみたい		^{1,2} 流したのも見なかった・おもしろかった・さむかった・やばかった		^{1,2} 楽しかった・不思議だった・飛んでくる灰が少し面倒だった・罐も立って欲しい	

実感していることが事後アンケート項目3回答「こわかった」と、項目4回答「炎がこわかった」の数字から確認できた。しかし、それらの回答率は0~23%と少数であることから、知識として理解した上で怖がるために、例えばマグマが模擬的に生成された際の温度を強調するなど、「自然現象のこわさ」の伝え方をより重視する必要があるだろう。

事後アンケート項目3では、溶けた砂を見て「不思議だった」と回答している受講生が存在した。これを年齢層ごとにみると、大学生を除く年齢層では50%以上であった(図4)。小中学生では、事前授業を行ったにもかかわらず、高温のマグマが生成されることは不思議だったようである。また、一般では生活知として火山噴火は知っているが、学問知として目の前で高温のマグマを作ってみせられたことが不思議だったようである。これらに対して、大学生の場合は、事前にマグマの溶融温度や結晶分化作用など火山に関する知識が入っていたことが、知

識としての理解につながった可能性が考えられる。このように、「自分とのつながり」のなかで学ぶためにも、七輪マグマ実験のみを行うのではなく、年齢層ごとに事前学習としていかに有効な情報を取捨選択して提供できるか、種々提案していく必要性を痛感している。例えば、小学生対象であれば温度概念の生活知と学問知の融合、大学生や生涯学習では二酸化珪素の含有割合におけるマグマ種類ごとの溶融温度の差などが挙げられるであろう。

これまでの実践をふまえて、減災を目的として火山噴火活動について、「自分とのつながり」の中で一般市民に問いかけ、自然環境への意識や感心を高めるために、七輪マグマ実験の活用がより波及することが必要だろう。

謝 辞

出前授業を実施するにあたって、彩の国いきがい大学熊谷学園の伊藤 栄所長、新井勝也専門員および熊谷市妻沼行政センター、明日香村立明日香小学校の本庄 眞氏や別府市立石垣小学校の渡辺克裕氏には実施場所などにおいて便宜をはかっていただいた。また、いきがい大学熊谷学園2015年度受講生や立正大学地球環境科学部環境システム学科の学生、嘉麻市碓井中学校の皆さんにも協力していただいた。李 盛源博士からいただいたコメントによって、本稿は改善された。記して感謝します。

参考文献

本庄 眞 (2013) 学校教育でできるプログラム, よくわかる環境教育 (水山光春 編), ミネルヴァ書房, 42-43.
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.
下岡順直・三好雅也・馬渡秀夫・吉川 慎・山本順司・渡辺

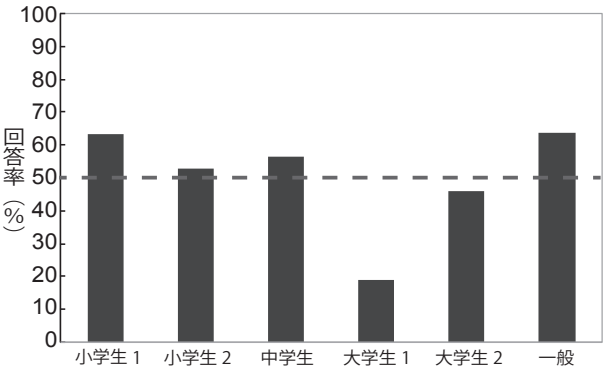


図4 事後アンケート項目3において、年齢層ごとの溶けた砂を見て「不思議だった」と回答した人数の割合

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，64-3，53-69.
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.

Possibility and Problem of Magma Formation Program as Environmental Education Read from Some Questionnaire

SHITAOKA Yorinao *, SHIGETO Eichi **, MOTOMATSU Shizuka **

* Department of Environment Systems, Risho University

** Usui Junior High School, Kama

Key words: portable clay cooking stove (Shichirin), magma formation program, environmental education,
questionnaire