

地域の自然に関する科学的知見を教材化して 児童の郷土愛を醸成する試み — 「霊山の古火山を復元する」授業実践 —

中野 英之・林 孝亮*・柴田 清**・渡辺 光男***

Development of Educational Program Fostering Students' Local Patriotism Based
on Geological Research Reports
— An Educational Practice Named “Restore the Paleo-Volcano of Ryozen” —

Hideyuki NAKANO, Kosuke HAYASHI*, Kiyoshi SHIBATA**, and Teruo WATANABE***

Accepted December 16, 2015

抄録：児童生徒の郷土愛の醸成は教育現場における大きな課題の一つである。本研究では、伊達市霊山町の小学校の児童を対象に、郷土の大地に親しみを持ってもらうことを目的として、地元の霊山の古火山を復元するモデル実験を開発した。モデル実験では、寒天を用いて火山体を形成し、その侵食過程を再現することにより、火山岩頸や侵食されずに残った山塊を再現するものである。開発した教材を用いて教育実践を行ったところ、開発した教材は、児童の霊山地域の地史に対する理解と、郷土の大地に対する興味・関心を深めることができた。

索引語：土地のつくり、古火山、火道、モデル実験、郷土愛、寒天水溶液

Abstract: Fostering students' local patriotism is a major issue in the field of education. In this study, we developed a model experiment in which students reconstructed the old Ryozen volcano based on a geological research reports with the goal of encouraging students to take interest in the Ryozen region. In this model experiment, a model of the old Ryozen volcano was made from a hot agar solution. Next, the erosion process of the mountain was simulated. Students observed the volcanic neck and the vent after gelling. Finally, students discussed the local evolution of the earth. This program was effective in helping students understand the relation between the land of the Ryozen region and the old Ryozen volcano.

Key Words: structure of ground, paleo-volcano, volcanic vent, model experiment, local patriotism, agar solution

* 京都教育大学大学院教育学研究科

** 伊達市立大石小学校

*** グローバル教育企画福島

1. はじめに

著者の中野と林が所属している京都教育大学理科教育研究室では、2011年3月11日の東日本大震災とそれに伴う東京電力福島第一原子力発電所事故以降、福島県で復興支援活動を行っている。著者らは特に、福島県伊達市の小学校で、理科教育の支援を活動の柱として行っている。2006年12月に改訂された教育基本法の第2条では郷土愛の醸成に関する内容が教育の目標として追加された。また、現行学習指導要領においても、小学校・中学校の道徳で、児童・生徒の郷土愛を醸成することが求められている（文部科学省，2008a）ことなどから、今日の学校教育において、郷土愛の醸成は重点的な課題といえる。一方、現行学習指導要領の理科では、小学校から高等学校まで、郷土愛の醸成に関する記述はなされていないが、いずれの校種においても地域の実態や特性を生かした学習活動を展開することが重視されている（文部科学省，2008b,c,d;2009）。したがって、理科の授業を行うにあたっては、学習を通して郷土に親しみや誇りを持てるような配慮が必要である。

本研究の実践校である福島県伊達市立大石小学校では、「地域から学び、地域の良さを知り、地域の強みを生かし、よりよい地域を創っていこう」という意欲を育てる」という視点から、児童の郷土愛を醸成することが学校経営ビジョンの中で示されている。復興教育を推進する上でも、児童の郷土愛を醸成することは極めて重要である。著者らは理科教育が児童の郷土愛の醸成のために出来ることは何かを問い続け、児童が郷土の大地に興味を持てるような地学教材を開発することが重要であると気づいた。

最新の地質学の研究では各地域の地質学的特徴が明らかになり、中には地域住民の誰も知らないように思われる意外性をもった興味深い研究結果もある。後述するように、地元で親しまれている山が、実は火山岩頸であったというような事実（八島，1958，1959）はその一例である。理科教育の場において、これら意外性のある科学的知見を児童・生徒に直感的にわかりやすく提示し直すことは、理科教員の大きな役割である。そのことにより、児童が郷土の大地に親しみや興味関心を持ってもらうことが可能ではないかと考えた。

もちろん、郷土の大地のつくりを知るだけで、郷土愛が醸成されるとは一概には言えないだろう。郷土愛は、児童が地域の自然や文化の素晴らしさを継承することや、地域が抱える課題を解決するために地域の将来を担う一個人として自身ができることを考えるなどして初めて醸成できるものだと考える。郷土の自然について理解を深め、興味関心や親しみを持つことは、郷土愛の醸成の前提条件であり、郷土の大地のつくりを理科の授業で学習することは大きな意義があるだろう。秦（1991）も、地域の自然を学習素材とすることは、毎日見ているはずの自然の姿の中に意外な事実を発見し、興味を深めたり、普段から持ち続けていた疑問が解けて感激したりすることができると主張している。また、秦（1991）は同時に、このような地域の自然とのかかわりは地域の自然への愛着を生み出し、地域への理解と愛着の基盤を形成していくに違いないと主張している。

著者らは、最新の科学的知見を題材に、地元の古火山の成り立ちをテーマにした教材開発を行い、開発した教材を用いて福島県伊達市立大石小学校で教育実践を行った。本稿では開発した教材と、教育実践による教育効果について報告する。

2. 実践校周辺の地質学的特徴

実践校の伊達市立大石小学校は、阿武隈山地北部の伊達市と相馬市にまたがる地域のシンボルの存在の霊山（りょうぜん：標高 825 m）の麓に位置している（図 1）。霊山は約 2200 ～ 1500 万年前の火山活動において基盤岩である花崗岩を貫いて形成された火山性堆積物である霊山層が、侵食を逃れて現在まで残った山体の一部である。霊山層は福島市東縁から宮城県丸森町、福島県相馬市に至るまで広く分布している。霊山層は中心噴火による火砕流とそれに続く溶岩から成る下層部、主に小規模な裂け目噴出によるカンラン石玄武岩から成る中部層、輝石安山岩や玄武岩から成る上部層の三層に分けられる（地学団体研究会，1996）。

本邦の新第三紀層に、霊山古火山の火道や、火山の主体が侵食作用により失われた後も、火道を満たした溶岩や火砕岩が侵食に抵抗して塔状の岩体として残った地形である火山岩頸（地学団体研究会，1996）を確認することは不可能に近いと考えられていた（八島，1976）。しかし、代皇山火山岩頸の発見（八島，1958）を契機に、玉野火道、古城山火道などの火道や火山岩類が相次いで発見され（八島，1959; 八島，1976），霊山層の下層部の火山岩類はこれらの火道群よりもたらされたことが明らかになった（八島，1959）。代皇山付近は著しい侵食を受けて基盤が露出し（八島，1958），火山性堆積物は殆ど現存していない。また、山元（1996）は、霊山東部の詳細な調査により、従来の霊山層は不整合を挟んで二分され、下位のものを天明山火山岩類、上位のものを霊山層と再定義した。更に、山元（1996）は、火道の発見には至っていないものの、霊山の東側の霊山層の岩相変化が、霊山付近からの単純な距離変化で示せることを根拠に、火道の位置を霊山の南西側付近と推定している（図 2）。霊山西部に見られる霊山層下部層と天明山火山岩類の関係については明らかになっていない。霊山古火山を完全に復元するためには、更なる厳密な層序関係や噴火年代の絞り込みが必要である。しかし、実践校周辺では、位置の異なる複数の火山より火山性堆積物が堆積し、その後の侵食に耐えて残った山体が霊山として、それらの火道の一つが火山岩頸として代皇山に観察されることは明らかである。

こうした科学的知見を地域住民が知っているのかどうかという点に興味を持ち、著者の一人である中野が地域住民に聞き取り調査を行ったところ、霊山がかつての火山であったことは地域住民の中でもあまり知られておらず、加えて代皇山が霊山の旧火道の一つであったことなどは地元では全く知られていないということが分かった。このような地域住民の誰もが知らない意外性のある科学的知見を理科の授業で取り入れることができれば、児童の郷土の大地についての興味・関心も深まるのではないかと考えた。本研究では、これらの霊山古火山に関する先行研究の成果を教材化することを試みた。



図1 図1 霊山層の分布と各火道および実践校の位置関係
20万分の1日本シームレス地質図
(<https://gbank.gsj.jp/seamless/>, 2015年7月6日参照)をもとに作成



図2 図2の地質断面図 (A～Eを東西線上に投影したもの。八島(1959)を一部改変))

3. 「霊山の古火山を復元する」モデル実験教材の開発

霊山古火山に関する先行研究の成果を教材化するにあたって、前述の科学的知見を児童も理解しや

すいよう、モデル実験を開発し、それを用いて学習できるようにすることを試みた。本実践の対象は小学生であるため、地学領域におけるモデル実験の導入は慎重であるべきである。しかし、以下の理由により本実践ではモデル実験を導入することにした；①モデル実験により3次元的に古火山形成から侵食の過程を児童に示す方が視覚的に分かりやすいと判断したこと、②児童自身もモデル実験に参加することにより、実感を伴った理解につながると判断したこと、③モデル実験を通して、児童と教員のコミュニケーションの深化が図れると判断したこと。具体的には、マグマの噴出により火山が形成する様子に加え、霊山古火山が侵食によっていくつかの山塊に分断される様子や、古火山の火道が火山岩頸として残る過程をモデル実験で再現した。モデル実験で再現する事象は、2章で示した地質現象をモデル実験で再現するものである。しかし、開発するモデル実験ではマグマの噴出源を1箇所に固定するため、実際の噴出源は複数個あることについては口頭で説明を行う。

開発したモデル実験を用いた教育実践により、児童が霊山古火山の噴火様式と現在の霊山が形作られる過程を視覚的に理解し、郷土の自然への興味・関心へつなげることを教材開発の目的とした。本章では、開発したモデル実験教材について紹介する。

(1) マグマのモデル物質の探索

① モデル物質の要件

モデル実験教材の開発にあたって、マグマのモデル物質は以下の1)～8)の8つの要件を満足する必要があると考えた。

- 1) 噴出を何度も繰り返すことができる
- 2) 室温で数十秒で固化する
- 3) 固化した山体をカッターナイフで垂直方向に切断し火道を観察できる
- 4) 固化した溶岩の一部を取り除くことにより、古火山の侵食の様子や山塊・火山岩頸の形成を再現できる
- 5) 安全性が確保されている
- 6) 材料が安価である
- 7) 材料が入手しやすい
- 8) 準備・後片付けが容易である

1) に関しては、古火山の形成を再現するためには、マグマ噴火を複数回繰り返して火山の形を作る必要がある。また、そのためには一度の噴火で噴出したマグマが固まった状態で次の噴火を起こす必要がある。よって2)の通り、マグマのモデル物質の固化は実験室内で短時間で繰り返すことができるよう、室温で数十秒で固化する物質が理想である。

さらに、山体の断面をカッターナイフで切り、火山にはマグマの通り道である火道が存在することを観察できるようにしたいと考えた。そのためにもマグマのモデル物質は固化するもので、なおかつカッターナイフで切断できる硬さの物質でなければならない。また、火道が火山岩頸として形が残る過程や、古火山が侵食によりいくつかの山塊に分断される過程を、このモデル実験教材で再現したいと考えた。よって、4)の通り固化した溶岩の火口の周辺を取り除くことにより、古火山の侵食・風化の様子や山塊・火山岩頸の形成を再現することができるモデル物質が理想である。

また、教材は学校現場で実践しやすいよう、5)～8)の通り安全性の確保や実験材料の価格、入手のし易さ、準備・後片付けの簡単さも求められる。

表 1 先行研究で使用されたモデル物質の本実践の目的に対する適合性

	① 噴火の繰り返し	② 室温で数十秒で固化	③ 火道の観察	④ 侵食の再現	⑤ 安全性	⑥ 材料の価格	⑦ 材料の入手のし易さ	⑧ 準備・後片付けの簡単さ
寒天	○	○	○	○	○	○	○	○
石膏	×	×	×	×	○	○	○	○
小麦粉	×	×	×	×	○	○	○	○
スライム	×	×	×	×	○	○	△	○
ホットケーキミックス	×	×	×	×	○	○	○	○
食用廃油	○	○	○	○	△	○	○	×
チョコレートプリン	○	×	○	○	○	○	○	○
歯科用印象材	○	○	○	○	○	△	△	○

○：要件を満たす，△：要件をやや満たさない，×：要件を満たさない

② 先行研究の分析

上記のモデル実験を再現することのできるモデル物質を探索するために、先行研究の実験について予備実験を行い検討した。中学校1年の理科「大地の変化」の単元の火山に関する学習では、各社の教科書において様々な物質をマグマのモデルとした噴火実験が掲載されている。その例として、東京書籍や教育出版では石膏がマグマのモデルとして実験に使用されているのをはじめ（岡村ほか，2011；細矢ほか，2011），学校図書では小麦粉（霜田ほか，2011），啓林館ではスライム（吉川ほか，2011），大日本図書ではホットケーキミックス（有馬ほか，2011）がマグマのモデル物質として実験に使用されている。これらの実験は、マグマの粘性による噴火の様子や火山の形状を調べることを目的としたものである。これらに使用されているモデル物質は固化しない、もしくは固化に大変時間がかかるものが用いられているため、山体にカッターナイフで切り込みを入れることができず、火道の確認や古火山の侵食の様子を再現することはできなかった。よって、各教科書に掲載された実験は、本研究で行うモデル実験での使用には不適であることが分かった。

先行研究ではその他に、マグマのモデル物質に食用廃油を用いた実験（笠間ほか，2010）や、チョコレートとゼラチンと牛乳を混ぜたチョコレートプリンを用いた実験（笠間ほか，2009），歯科用印象材を用いた実験（境，2004）が開発されている。これらの研究で用いられたマグマのモデル物質は、噴出後に固化し、形成した山体の断面をカッターナイフなどで切断することができるので、火道の確認や古火山の侵食の様子を再現することが可能であった。しかし、食用廃油を用いた実験は廃油の処理など後片付けが困難であったほか、実験者の衣服などに飛び散り、汚れが取れなくなってしまうことがあった。また、火気厳禁であるなど安全上の課題もある。チョコレートプリンは凝固温度が低いために固化に多くの時間を要したことから、45分の授業時間内に実験を終えることが難しい。歯科用印象材を用いた実験は数分で固化したが、やや高価な点が課題として挙げられる。先行研究で使用されたマグマのモデル物質は、本研究目的の使用には課題があることが分かった（表1）。

③ 寒天を用いたモデル実験教材の開発

本研究では、先に挙げた 8 つの要件を満たすためのマグマのモデル物質として、寒天とゼラチンを候補として検討した。寒天は、テングサなどを原料とした炭水化物である。一方、ゼラチンは動物の皮膚や骨、腱などの結合組織のコラーゲンを原料としたタンパク質を主成分とするものである。先行研究ではゼラチンにチョコレートと牛乳を混ぜたチョコレートプリンをマグマのモデル物質とした実験があるが、ゼラチンのみを用いた実験は開発されていない。寒天とゼラチンはいずれも吸水・加熱して冷やすとゼリー化する性質がある。いずれのゼリーもカッターナイフで簡単に切り込みを入れることが可能なため、断面の火道を観察できるほか、ゼリーの一部を取り除くことにより、古火山の侵食の様子を再現できると考えた。著者の大学の近隣の大手スーパーマーケットでは、粉寒天が 16 g 189 円で、粉ゼラチンが 30 g 194 円で販売されており、いずれも安価で手に入れることができる。また、準備や後片付けも廃油よりも簡単であり、安全性も確保されている。

寒天の凝固濃度は 0.5 ～ 2.0%，ゼリーの融解温度は 77.7 ～ 81.3℃，凝固温度は 28 ～ 35℃である。一方、ゼラチンの凝固濃度は 3 ～ 4%，ゼリーの融解温度は 23.5 ～ 25℃，凝固温度は 8 ～ 10.5℃である (646 食品成分表編集委員会, 2008)。したがって、寒天はゼラチンよりも広い範囲の温度でゼリー状の性質を維持できる。さらに寒天はゼラチンより凝固温度も高いため、室温で短時間に固化することができる。したがって、寒天が本研究の目的に最も適していると考え、マグマのモデル物質として採用した。なお、寒天の濃度については、試行を行ったところ、2.0% 寒天水溶液を使用すると粘度が大きくなり、山体を形成しやすくなることが分かったので、2.0% の濃度を採用することにした。

(2) 実験方法及び結果

開発したモデル実験教材の材料を表 2 に示す。寒天粉はスーパーマーケットで販売されているものを使用した。A 4 プラスチックケースは、底面の中央に直径 4 mm の穴を空け、4 つの側面のうち、面積が小さい 1 面を切断した。そのプラスチックケースにふるい (メッシュ径 1 mm) で粒径を整えた真砂土 2.3 kg を敷き詰めた。敷き詰めた真砂土の厚さは 4 cm である。真砂土は水たまりができない程度に霧吹きで全体を湿らせた。この真砂土を花崗岩の基盤に見立て、その上にマグマのモデル物質を噴出させ、火山を形成させることにした。

表 2 モデル実験の材料

寒天粉
水
霧吹き
A 4 プラスチックケース (60 × 260 × 347 mm)
真砂土 (2.3 kg)
注射器 (口径 4 mm, 容量 24 mL)
鍋
カセットコンロ
三脚
水性絵の具 (赤色)
カッターナイフ

マグマのモデル物質は、水 300 mL に寒天粉 6.12 g を溶かして 2.0% 寒天水溶液を作り、中火で沸騰させることにより作成した。このとき寒天水溶液には、地質調査総合センター発行の地質図（久保ほか, 2003）で示されている霊山層の赤色と対応させるために、赤色の水性絵の具を少量加えた。2.0% 寒天水溶液を使用すると粘度が大きくなり、山体を形成しやすくなる。沸騰後に火を止め、鍋を冷水につけ 70 °C 程度まで冷ました後、プラスチック製の注射器に 20 mL 吸入した。真砂土を敷き詰めたプラスチックケースを三脚の上に載せ、プラスチックケースの底面の穴に注射器を差し込み（図 3）、マグマに見立てた寒天水溶液を注入すると、真砂土の上に寒天水溶液が放射状に噴出し、30 秒程度で寒天が固化した。寒天水溶液が固化した後、再び寒天水溶液を注射器で注入し、これを 10 回程度繰り返すことにより、山体が形成された（図 4）。

火山を垂直方向に真砂土ごと切断すると、寒天で満ちた火道が確認できた（図 5）。さらに火道部分以外の部分が、侵食作用により失われる様子を火口の周りの寒天を取り除き、残った部分を分割することで再現することで、侵食によって元の火山が火山岩頸が形成される様子を再現することができた（図 6）そして、このような噴火がいたるところで起こり、侵食に耐えて残った山塊が霊山であることを説明する。

寒天水溶液が実験台にこぼれた場合も時間が経つと寒天が固化し、油性の成分を含んでいないため台拭きで簡単に拭き取ることができたことなど、後片付けも容易であった。よって、開発したモデル実験教材は先に挙げた 8 つの要件をすべて満たすことができた。



図 3 真砂土を敷き詰めたプラスチックケースに寒天水溶液を注入する様子

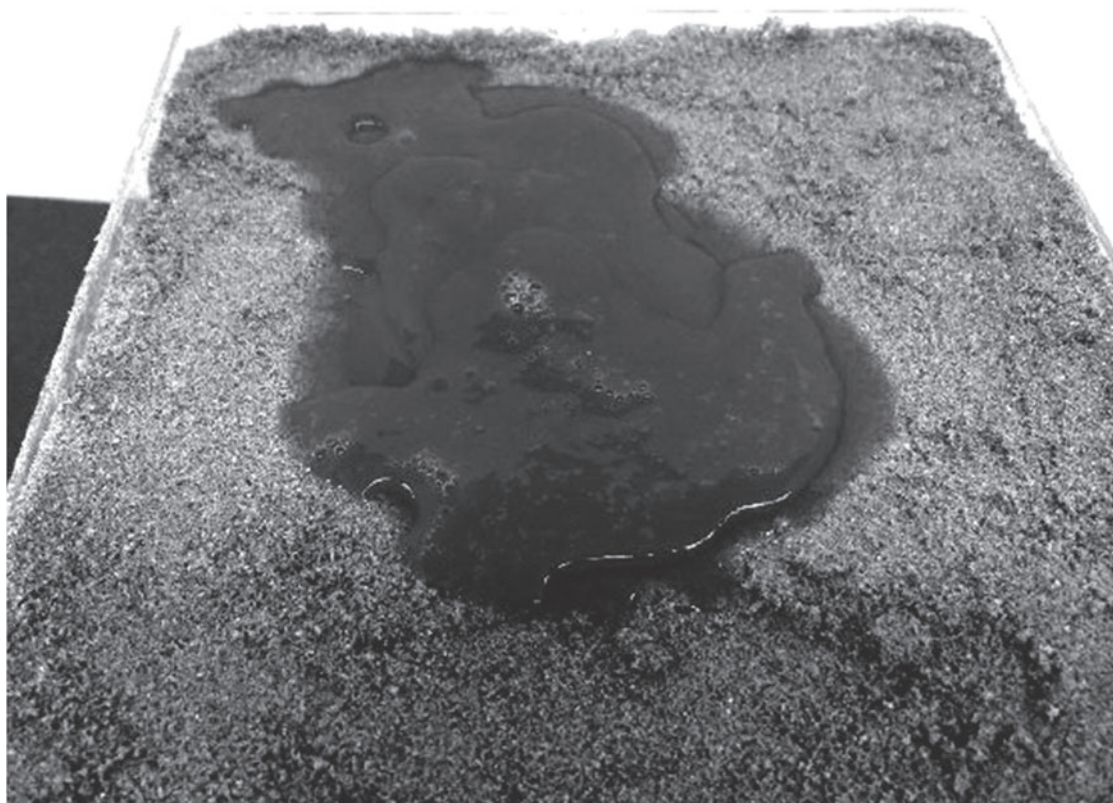


図4 寒天水溶液が噴出することによって形成された火山のモデル

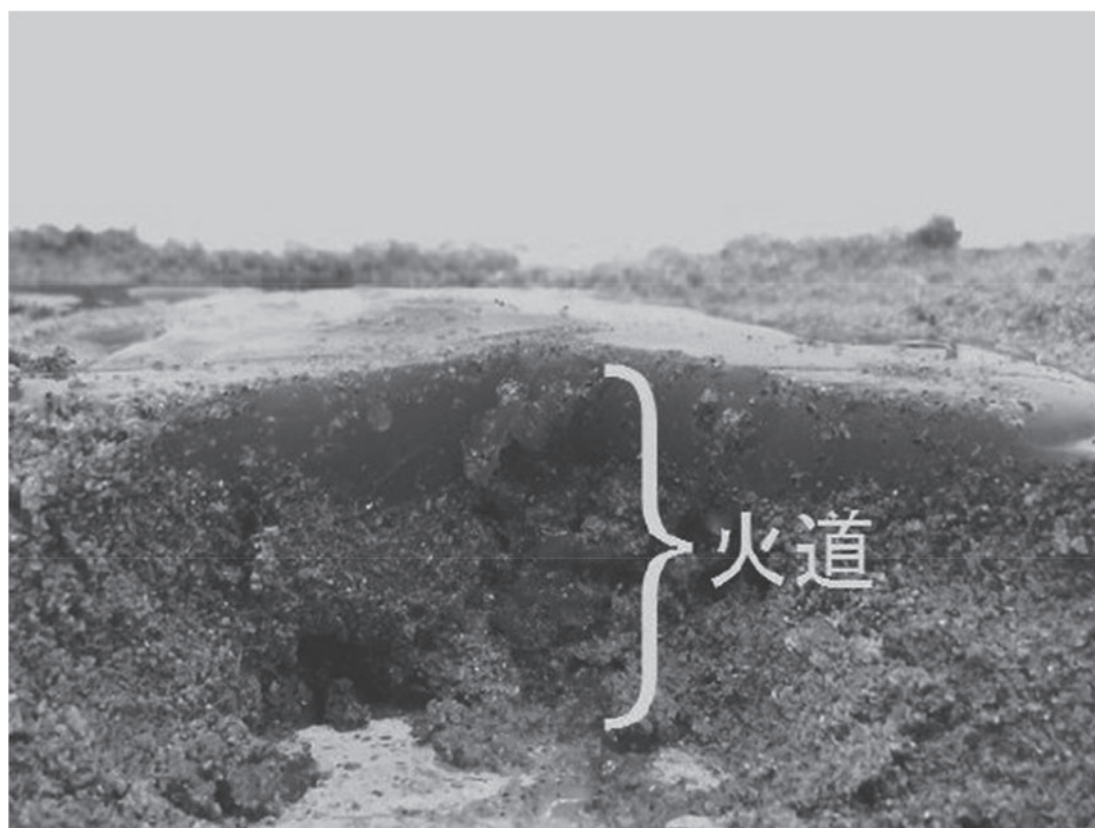


図5 火山の地下につながる火道の様子



図6 火山岩頸や山塊の形成の再現

4. 教育実践

2014年9月4日に、伊達市立大石小学校6年の児童5名を対象に、「大地のつくりと変化」の単元内で「霊山の古火山を復元する」と題した授業実践を行った。前時までに、5年生で学習した流水の3つの働き（侵食・運搬・堆積）の復習や、地層のでき方、火山についての学習を計4時間行っている（表3）。実践校周辺は火成作用と風化・侵食作用が卓越した地域であるので、花こう岩、玄武岩などの火成岩やマグマ、風化作用や真砂など、地元の大地の成り立ちを理解するために必要な事項は小学校での学習内容を超えるものであっても説明することにした。これらの用語を説明する上での留意点としては、単に用語を説明するだけでなく、花こう岩が風化して真砂となるなど、それぞれの用語どうしのつながりが理解できるような指導を行った。本実践は、これらの「大地のつくりと変化」の通常の学習の後に、既習事項を活用した「理解深化課題」（市川，2008）と位置付けて扱った。

（1）授業のねらい

前述のように、実践校近くに存在する代皇山が地元のシンボリックな山を形成した火山性堆積物を供給した旧火口の一つであったことを児童は知らない。本実践では、既習内容の活用やモデル実験を通して霊山の成り立ちを理解することができること、実践を通して郷土の大地に対する興味・関心を深めることができることをねらいとしている。

(2) 授業の流れ

本実践の授業の流れを表3に示す。授業の初めには、霊山について共通認識を図るため、児童に霊山の歴史や自然について知っていることを発表してもらった。実際に「サルが住んでいる」、「カモシカが住んでいる」、「森林が広がっている」、「北畠頼家が霊山城を建てた」などといった霊山の自然環境や歴史文化に関する事項が挙げられた。また、児童は前時に霊山はマグマが冷え固まってできた溶岩から成るということを学習している。このため、「マグマが噴出してできた」という意見も児童から挙げられた。この意見を踏まえて、マグマの噴出による火山の成り立ちの学習を、開発したモデル実験教材を用いて行った。

表3 授業の流れ (45分)

事前学習(各自)

「土地のつくりと変化」の単元について、教科書を読んで予習を行う。

9/2	小5「流れる水のはたらき」の復習(0.5時間) 堆積実験装置(中野, 2014)を用いて、土砂の侵食・運搬・堆積作用を確認する。
	地層のできかた(1.5時間) 地層のはぎ取り標本を用いて、地層のでき方について学習する。 礫・砂・泥の堆積物と堆積岩(礫岩・砂岩・泥岩)の関係
9/3	七輪(下岡ほか, 2011)を用いたマグマの生成実験(1時間) 花こう岩とマサ土、風化作用について 霊山でみつかると火成岩(花こう岩、玄武岩)と堆積岩の関係
	火山のできかた(1時間)

9/4 本時	霊山の古火山を復元する(1時間)		
	時間	学習活動と内容	指導上の留意点・支援 準備物
	導入 (5分)	霊山の自然や文化について知っていることを挙げていこう ○霊山に関して知っていることを発表し、全員で共有する。	・マグマが冷え固まってできた岩でできているという意見が出るよう、前時までの学習の振り返りをする。
	展開① (15分)	寒天マグマを使って火山を作ってみよう ○寒天を用いた火山の形成実験を行う。熱した寒天水溶液を注射器で、真砂土に注入する作業を児童が交代で行う。	・勢いよく注射器を押すと、寒天水溶液が飛び出し火傷する恐れがあるため、予め手本を見せて指導した上で児童に実験させる。
	展開② (20分)	現在の霊山はどうやってできたのだろうか？ ○霊山・富士山・阿蘇山・吾妻山・キラウエア山の写真を比較し、霊山とその他の山の違いを考える。 ○現在の霊山にはなぜ火口がないのかディスカッションする。 ○寒天で作った火山で現在の霊山や代皇山ができた過程を再現する。	・前時までに学習した流水の働きを踏まえて予測できるよう、前時までの学習の復習を行う。
	まとめ (5分)	本時の学習の振り返りを行う。	

評価規準: ①霊山や代皇山の成り立ちをモデル実験を通して理解することができる。
②郷土の大地に対する興味・関心を深めることができる。

9/5	東京サイエンス社「化石100点セット」を用いた化石の学習(1時間)
-----	-----------------------------------

実験は著者が手順等を指示しながらも、可能な限り児童が操作を行った。注射器で寒天水溶液をプラスチックケースの穴に注入する際、勢いよく注射器を押すと寒天水溶液が飛び出し火傷する恐れがあるため、1回目は著者が手本を見せ、2回目以降は児童に注射器を渡し、マグマの噴出の過程を再現させた。5人の児童が1人2回ずつ注射器で寒天水溶液を注入する動作を行い、火山の形が形成された。どの児童も大変楽しい様子でこの作業を行っていた（図7）。火山の断面を真砂の部分を含めて切断することで、火道も観察することができた。火道という用語は小学校理科では学習しないが、本実践では児童に教えた。



図7 授業実践の様子

a 演示実験で寒天水溶液を噴出させている様子



b 児童が寒天水溶液を噴出させている様子

次に、霊山を正面から撮影した写真と霊山の航空写真、及び富士山、阿蘇山、吾妻山、キラウエア山の写真を載せたカラー刷りのプリントを児童に配布した。児童にこれらの写真を見て、霊山とそれ以外の4つの火山の違いを考えさせた。すると児童は、霊山には火口がないことにすぐに気が付いた。そこで著者は、霊山は噴出したマグマが冷え固まってできたので、火口はどこかにあるはずだと児童に問いかけた。ここから理解深化課題の学習活動として、これまでの「大地のつくりと変化」の学習を活用して、火口はどこにあるのかを児童に話し合い活動を通して予想させた。児童たちは、前時までに学習した内容を振り返り、流水の働き of 3要素を挙げ、流水の侵食により火山が分断され、霊山と別の場所に火口があることを予想することができた。

その後、再びモデル実験に戻り、火口の周りの寒天を取り除き、残った部分を分割することで、侵食によって元の火山が火山岩頸といくつかの山塊に分かれ、このような噴火がいろいろな場所で起こり、侵食に耐えて残った山塊の一つの山が霊山であることをモデル実験で再現しながら説明した。火山岩頸という用語は小学校理科では学習しないため、本実践では「火道周辺の山体よりも強固であるため、侵食作用を受けても残りやすく、それが地表に現れたもの」という表現をした。本実践の授業場所である大石小学校の理科室のベランダから900 m先に代皇山が見えており、代皇山も火山岩頸の一つであることも合わせて説明すると、児童は大変驚いた様子であった。同時に、著者の林が空撮用ラジコンマルチコプター「DJI Phantom 2」を用いて撮影した空撮動画を、児童に霊山、代皇山、大石小学校の位置関係を確認させることを目的として見せた(図8)。この動画は実践校の校庭からマルチコプターを真上に約50 m飛ばし、旋回をさせながら、霊山と代皇山を撮影したものである。なお、平成27年9月の航空法の改正により教育機関敷地内での飛行は、現在制限されている。

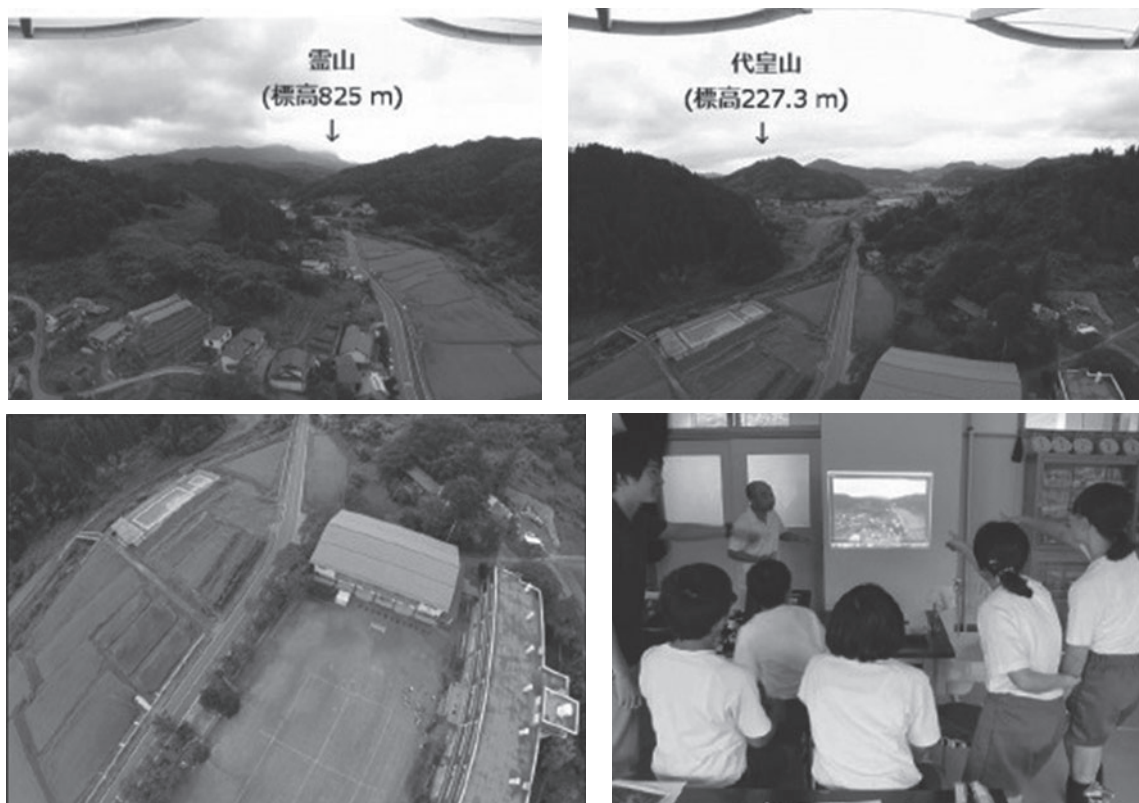


図8 空撮用ラジコンマルチコプター「DJI Phantom 2」を用いて撮影した
空撮 405 動画の3コマ及び動画を見る児童の様子

(3) 児童の感想文の分析

授業後、受講した5人の児童に400字程度の自由記述で、「今日の授業を受けて、初めて知ったことや感想を書いてください」という設問で感想文を書いてもらった。

児童の感想文の記述を抽出し、授業実践の2点のねらいに従って「知識理解に関する記述」、「モデル実験教材に関する記述」、「郷土の大地への興味・関心、防災への心がけ」に関する記述の3つに分類した(表4)。知識理解に関する記述はさらに、「古火山の形成に関して」、「古火山の侵食による火山岩頸・山塊の形成に関して」、「その他」に分類し、感情を表す文に下線を引いた。古火山の形成に関しては5人中4人の児童が、古火山の侵食による火山岩頸・山塊の形成に関しては5人全員の児童が感想文に学習した内容に関して記述していた。特に、大きな火山があった場所が削られて大石小学校の校区があることや、大石小学校近くの代皇山が火道の跡だということに関して、驚いたという記述が多くみられた。一方で、児童Eのように霊山と代皇山が一つの山であったと考えている児童も見られた。一つの噴火口から寒天を繰り返し噴出させるモデル実験を行ったためにそのような誤解を生じた可能性が考えられる。誤解を与えないように、噴火はいろいろな火口から起こったことを再確認するなど、より丁寧な説明が必要であった。

モデル実験教材に関しても、5人中3人の児童が火山の出来方や火道の様子が分かりやすかったという旨の記述をしていた。1人の児童からは家でも実験をやりたいとの意欲的な記述もあった。さらに、5人中3人が郷土の大地への興味・関心についての記述があり、霊山についてより考えることができたといった記述のほか、代皇山や霊山に登ってみたい、福島市の方の山も調べてみたいといった旨の意欲的な記述が見られた。以上のように、当初想定していた授業のねらいである、既習内容の活用やモデル実験を通して霊山の成り立ちを理解することができること、実践を通して郷土の大地に対する興味・関心を深めることができることについては、概ねその目的を達成することができた。モデル実験教材を通じた学習が、毎日見慣れた地域の自然の意外性を児童に伝えることができ、その意外性による驚きの感情が地域の自然について興味を深め、より考えるきっかけを与えることができた。

表 4 児童の感想

文章は児童の記述のままのものである。また、下線は著者によるものである。

		児童 A	児童 B	児童 C	児童 D	児童 E
知識理解に関する記述	古火山の形成に関して	マグマがだんだんたまり、そこがかたまつて山ができる	今日の授業を受けて初めて知ったことは、 <u>霊山は大きな火山の一部だったということ</u> です		まずマグマがあふれゲンプ岩ができます。	地中からマグマが出てきて、それが大きな山になることを知りました もともと、 <u>霊山と代皇山がくっついていて</u> ことを初めて知りました
	古火山の侵食による火山岩類・山塊の形成に関して	霊山の山の火道は、代皇山なのが分かりました 霊山はゲンプ岩というものがしん食され、ここがあると分かり、 <u>とてもびっくりしました</u>	大きな山が侵食されていくつかの山になり、その火道が今の代皇山と知っておどろきました 私たちの今住んでいるところも昔は火山だと知ってびっくりしました	ここがはじめは一つの火山で、けずれていくつかの山になったのが <u>すごいと思いました</u> 火山の火口が大石小学校に近い代皇山だ <u>とは思いませんでした</u>	そのゲンプ岩が侵食し、 <u>霊山</u> ができたそうです 大石小学校はカコウ岩（マサ）の上に立っています	しんしょく、うんばん、たい積をして山が分かれたことがはじめてしりました 富士山・阿蘇山・吾妻山・キラウエア山には火口があるけど、 <u>霊山にはないことを知っておどろきました</u>
	その他	私たちが住んでいる所は、マサというものがある				
モデル実験教材に関する記述			寒天を使った実験も、分かりやすく、火山のでき方や、火山の断面はどうなっているのかがかんたんに分かってよかったです 実験が楽しくって、覚えやすかったです	土からでてきた寒天がかたまつて、どんどんつみかさなつて山になつていくのがすごかったです マサを半分にきつてみると火道に寒天がたまっているのが <u>すごいと思いました</u>	霊山がどのようにできたが、実験でよく分かりました 断面を見てみると、しっかりと火道ができていることが分かりました。	
郷土の大地への興味・関心、防災への心がけ		代皇山は、私の家のすぐ近くにあると、分かったので、こんど、登ってみたいです		代皇山や霊山の山に登ってみたいです 福島市の方の山もしらべてみたいです	今度、お家でもやりたい！！と思いました 火山、霊山のことをより考えることができました	

5. おわりに

本研究では、伊達市霊山町の小学校の児童を対象に、郷土の大地に親しみを持ってもらうことを目的として、地元の霊山の古火山を復元するモデル実験を開発した。開発した教材を用いて教育実践を行ったところ、開発した教材は、児童の霊山地域の地史に対する理解と、郷土の大地に対する興味・関心を深めることができた。

今後に向けては、寒天を用いたモデル実験教材の改良を行う。特に、今回は真砂土を敷き詰めたA4プラスチックケースを実験用の三脚に載せていたが、実験中ケースがずれることで力のモーメントが釣り合わなくなり、ケースがひっくり返ることがまれにあった。ケースの底面の4隅に直接足を取り付けるなど、三脚に代わるものを検討していきたい。また今回はマグマのモデル物質に寒天を用いたことにより、マグマの噴出による火山の形成や、侵食による山塊や火山岩頸の形成を再現できたほか、約30秒という短時間でのマグマのモデル物質の固化を可能とした。今後は固化時間の更なる短縮化を可能とするマグマのモデル物質の探索も行っていきたい。霊山は修験道の拠点という歴史を持ち、神秘性を持った山でもある。それをモデル化することで、畏敬の念が失われる「愛着」「思い入れ」もあるかもしれない。こうしたことも視野に入れてより地元を受け入れられる教材開発の検討も今後は行っていきたい。

謝辞：伊達市立大石小学校の内山博行校長には、同校で授業実践を行う機会を与えて頂きました。また、京都教育大学教育学部の高橋大地君には教育実践において補助をして頂きました。本研究の一部は、科学研究費補助金（課題番号：25350199）の助成を受けて実施したものです。これらのご支援に謝意を表します。

引用文献：

- 有馬朗人ほか（2011）：理科の世界1年．大日本図書，東京，207.
- 秦明德（1991）：地域の身近な自然を生かした理科指導の在り方；地学的領域．理科の教育 40, 12-15.
- 細矢治夫ほか（2011）：自然の探究中学校理科1．教育出版，東京，170.
- 市川伸一（2008）：「教えて考えさせる授業」を創る．図書文化，東京，190p.
- 笠間友博・林信太郎・萬年一剛（2009）：火山学者と火山を作ろう！ in 箱根・小田原テキスト．日本火山学会，東京，24p.
- 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.
- 久保和也・柳沢幸夫・山元孝広・駒澤正夫・広島俊男・須藤定久（2003）：20万分の1地質図幅・福島．地質調査総合センター，つくば，2p.
- 文部科学省（2008a）：小学校学習指導要領解説道徳編．東洋館出版社，東京，145p.
- 文部科学省（2008b）：小学校学習指導要領解説理科編．東洋館出版社，東京，105p.
- 文部科学省（2008c）：中学校学習指導要領解説道徳編．東洋館出版社，東京，151p.

- 文部科学省（2008d）：中学校学習指導要領解説理科編．東洋館出版社，東京，149p.
- 文部科学省（2009）：高等学校学習指導要領解説理科編．東洋館出版社，東京，231p.
- 岡村定矩ほか（2011）：新しい科学 1 年，東京書籍，東京，190.
- 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，no. 16, 65-71.
- 646 食品成分表編集委員会（2008）：646 食品成分表．一橋出版，東京，57.
- 霜田光一ほか（2011）：中学校科学 1．学校図書，東京，191.
- 地学団体研究会（1996）：新版地学辞典．地学団体研究会新版地学事典編集委員会（編），平凡社，東京，230.
- 八島隆一（1958）：福島県霊山村の代皇山火山岩類．岩石鉱物鉱床学会誌，42, 64-70.
- 八島隆一（1959）：第三紀霊山層中の火道群．地質学雑誌，65, 725-735.
- 八島隆一（1976）：霊山層中の火山岩類と火道－古火山の復元－．福島大学教育学部理科報告，no. 26, 65－72.
- 山元孝広（1996）：東北日本，霊山地域の中新世火山岩の層序と噴火様式．地質学雑誌，102, 730-750.
- 吉川弘之ほか（2011）：未来へひろがるサイエンス 1．啓林館，大阪，56.