

# 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

多和田有紗<sup>1,3</sup>・武藤正典<sup>2</sup>・東條文治<sup>1,4</sup>・川上紳一<sup>1</sup>

1：岐阜大学教育学部  
2：岐阜市立長良中学校

## Development of experimental tools simulating volcanic eruptions and formation of lava flows and ash beds and preliminary evaluation at the science classes of junior high school

Arisa Tawada<sup>1,3</sup>, Masanori Mutoh<sup>2</sup>, Bunji Tojo<sup>1,4</sup>, and Shin-ichi Kawakami<sup>1</sup>

1: Faculty of Education, Gifu University, Gifu, 501-1193, Japan

2. Nagara Junior High School, Nagara, Gifu 502-0056, Japan

### 要旨

中学校の理科第2分野「大地のつくりとその変化」において、火山活動と地層の形成について関連づけながら学習するために火山噴火モデル実験教材を開発し、その授業実践による評価を行った。開発した火山噴火モデル実験の特徴は、噴火口からの溶岩流と火山灰の噴出の両方を発生させることができるもので、繰り返し実験を行うことによって火山が成長していく様子を理解できる。また、火山活動と地層の形成について関連付けて理解する授業の導入で事象提示するための資料を得るため、伊豆大島、三宅島、ハワイにおいて火山地形や地質に関する調査を行って、デジタルコンテンツを開発した。授業実践後のアンケート調査の結果からは、火山噴火と地層の形成を関連づけて学習できたことが読み取れ、教材として有効であることが示唆された。

【キーワード】火山、シミュレーション、実験、中学校、理科教育、伊豆大島、歯科用印象材

### 1. はじめに

中学校の理科第2分野「大地のつくりとその変化」の単元の目標は、身近な地層、地形、岩石の観察などを通じて、地表にみられるさまざまな事象を大地の変化と関連づける見方や考え方を養うことである（文部科学省，1999）。この単元は、(1)地層の学習、(2)火山活動と火成岩、(3)地層と地球内部構造という3つの柱で単元指

導計画が立てられることが多い。(1)で学習する地層のでき方については、一般に流れる水の働きでできる地層と地層に含まれる化石に関する見方を養うものであり、(2)火山活動と火成岩との関わりは薄くなっており、独立した小単位として扱われることが多い。しかし、地学分野では、現象が複雑で複合していることが多いので、総合的な見方をもたないと自然事象の本質を深

3：(株)JALスカイ名古屋, JALSKY Nagoya, Co. Ltd.

4：名古屋芸術大学人間発達学部, School of human development, Nagoya University of Arts

く理解することは難しくなる。下野（1993）は、地学現象の学習を、アースシステム教育として位置づけて、総合的に学習することの重要性を訴えている。こうした授業を具体化するには、野外観察や実物標本の観察、地学現象を模擬した実験などを有効に取り入れることが重要である。これまで、「大地のつくりとその変化」の単元では、地域の地学教材を活用して、学習内容を体系的に扱った授業実践が多数ある（たとえば、山田ほか，2008）。こうした授業実践は、地域に適切な教材がある場合は野外観察などを効果的に取り入れて実践しており、生徒の興味や関心を高めるようなすぐれた授業実践が報告されている。

一方、野外観察が困難な場合でも適切なモデル実験で生徒の興味や関心を高めるような授業の展開が可能である。たとえば、火山の形とマグマの粘性、マグマの発泡現象、カルデラの形成といった現象については、身近な材料を活用したモデル実験が行われている（林，2006；早川・宮永，2008）。しかし、こうした実験は、個別のテーマとして扱われるにとどまっている場合が多く、単元指導計画において総合的な観点で位置づけることにより、より有効な活用の仕方を検討する余地が残されているといえよう。

本研究では、先行する地層学習を踏まえ、火山の活動と地層のできた方を関連づけることで、火山噴火という地球の変動とその物的証拠ともいえる火山灰層や溶岩流を関連付けて総合的に学ぶ授業を構想し、中学生を対象に授業実践を行って有効性を検証しようというものである。こうした授業を行うには、(1)火山噴火現象と対応させて地層や溶岩流のでき方を考えさせるための事象提示、(2)この事象提示を受けて生徒が主体的に行う実験教材を開発することが不可欠である。さらに、これらが当初の研究構想に照らして妥当なものであるかどうかについて、(3)生徒の学習状況をもとに分析することが必要になる。

これまで火山に関する学習では、マグマの粘性と火山の形を調べる実験が広く行われている。こうした実験では、粘性をもつ流体がよく使われるが、短時間で硬化する歯科用印象材を用い

ると、授業時間内に火山体や溶岩流の断面を切断して観察できるといったメリットがあることが示されている（桑井，2004；吉田・加藤，2005）。そこで、本研究でも歯科用印象材を用いた火山のモデル実験教材の開発を進めることにした。一方、事象提示に用いる火山噴火活動と地層のでき方に関する資料を確保するため、2005年に三宅島，2006年に伊豆大島，2007年にハワイ島とマウイ島で火山地形や火山地質に関する調査を行った。本研究では、伊豆大島をモデルにして、教材開発を行い、予察的授業実践を行ったので、報告する。

## 2. 火山噴火モデル

火山噴火のアナログ実験については、火山の火口から流出する溶岩流や火山灰の降下を模擬したものがいくつか報告されているが、これまでは溶岩流と火山灰の実験については別の実験として分けて行われている（桑井，2004；吉田・加藤，2005）。しかし、今回の研究の目的は火山活動と地層の形成を関連付けることにあり、溶岩流と火山灰それぞれが結果として地層に積み重なるということを強調したいので火山噴火モデルについて工夫を行った。今回開発した火山噴火モデルの特徴は、噴火口からの溶岩流と火山灰の噴出の両方を発生させることができる点である。溶岩流と火山灰の噴出の繰り返しによって、地層が積み重なって火山体が成長していくようすを再現できることが、火山活動と地層の形成を関連付ける上で必要である。

さらにアナログ実験と関連させて提示する火山の地層や火山現象に関する写真・ビデオ映像、岩石試料は、後述するように三宅島・伊豆大島・ハワイ諸島のものを使用した。これらの映像に合わせるため火山のアナログ実験の火山体模型は伊豆大島をモデルとして製作した。伊豆大島では、溶岩流と火山灰やスコリア噴出の両方の活動がみられ、火山体の成長がとらえやすいからである。

### (1) 火山体模型

開発した溶岩流と火山灰の噴出のアナログ実験は、1つの火口を持つ火山体模型上でそれぞれ

れ繰り返し行うことができる。まず伊豆大島を模擬した火山体模型を紙粘土で製作し、固まってから表面は地表に類似した色を塗り、さらにニス塗って火山体模型は繰り返し使用できるものにした(図1)。火山体模型の大きさは、30cm×30cmの箱に収まるようにし、流れ出した溶岩流や火山灰が周囲にあふれないようにアクリルの板で囲った。

### (2) 溶岩流キット

溶岩流の実験には歯科用アルギン酸塩印象材を用いた。粉末状の印象材を水に溶かすと粘性を示す流体となり、1分程度で硬化するので、火山のモデル実験に向いている。硬化後はゴムのような状態になり柔軟に変形させることができるので、モデルの火山体模型からの取り外しも容易にでき、切断して断面を見ることがもできる。授業における実験では絵の具で色をつけた水に印象材を溶かし、色を変えて溶岩流を繰り返し流出させることによって1回ごとの溶岩の識別も容易にできるようにした。

### (3) 火山灰キット

火山灰の実験については、ジオラマパウダーをペットボトルに入れ、側面からストローで空気を送り込み火口から噴出させる器具を作成し使用した。火山灰は溶岩流よりも広域におよぶため、モデルの火山体模型全体に降り積もらせることを考えると細粒の素材が適している。ジオラマパウダーも複数の色があり、噴出ごとの識別が可能となっている。

## 3. 火山に関するデジタルコンテンツの開発

火山噴火モデルを活用した探求活動を進めるには、このモデルを用いて何を探求するのか、実際の火山でみられる事象との関係性を明確に示す必要がある。そこで、2005年8月に三宅島、2006年11月に伊豆大島、2007年1月にハワイ諸島において、火山地形や溶岩流、火山灰層などの調査を行い、授業で活用できる画像やビデオ映像を取得した。

三宅島では、2000年から火山噴火が活発化しており、2005年になって島民の帰島、観光客の訪問などが可能になった。2005年8月の調査で

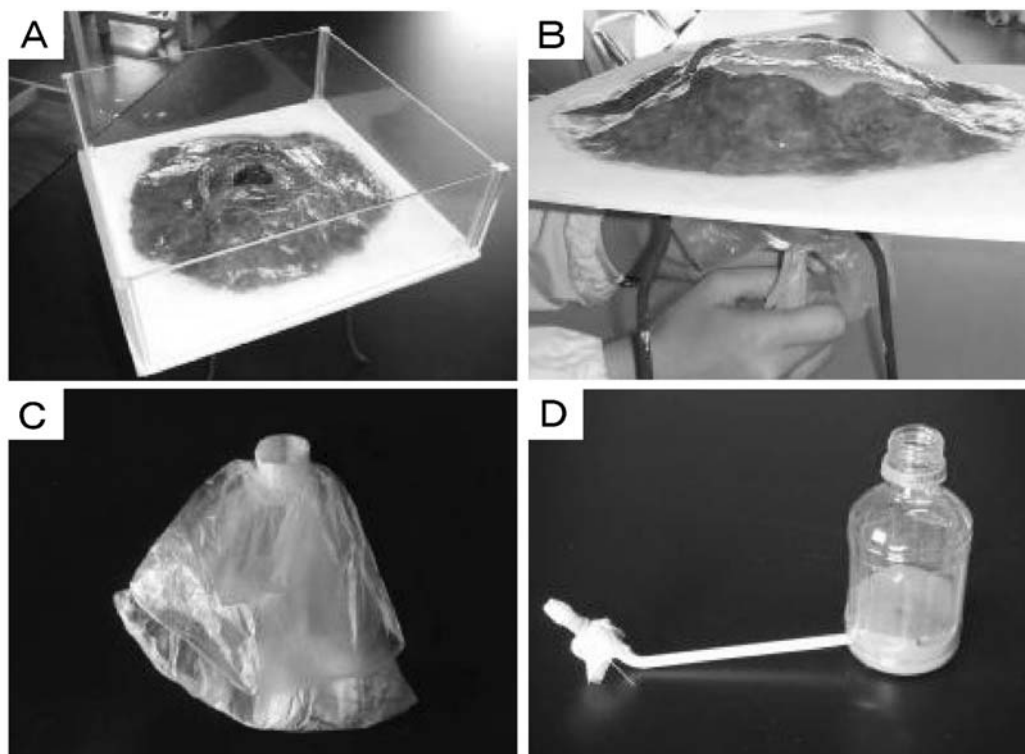


図1. 火山噴火モデル実験教材。

(A)伊豆大島をモデルとした火山体モデル、(B)三脚架台に載せた火山体モデル、(C)歯科用印象材で作ったマグマモデルをビニールに入れた溶岩流キット、(D)パウダーを入れたペットボトルとストローで作った火山灰キット。

は、三宅島阿古地区の溶岩流、新鼻海岸や三七山のスパターコーン、山腹の村営牧場などで調査を行った。阿古地区では、北西割れ目噴火口から流下した溶岩流が海岸に面した住宅地に流れ込んでいるようすなどを撮影した。新鼻海岸では、海岸で侵食を受けた発泡した溶岩塊を採集した。また、山腹の村営牧場跡では、2000年8月18日と29日の噴火堆積物を確認している。図2に三宅島のデジタルコンテンツの一部を示す。

2007年1月のハワイ島の調査では、キラウエア火山の火口と溶岩流、マウナロア火山の溶岩流、さらにマウイ島のハレマウマウ火口の調査を行っている。図3にハワイ諸島の火山についてのデジタルコンテンツの一部を示す。

2006年11月の伊豆大島の調査では、この火山を実験用のモデルにしたこともあり、山頂の三原山カルデラ内、北西山腹の割れ目噴火口の調査を行った。ここでは、山頂から繰り返し溶岩が流れ出したことに注目し、噴火の繰り返しを説明する場面で使用できる露頭や火山地形を撮影した。また、伊豆大島の南西部に位置する地

層大断面の露頭では、多数の火山灰層と谷状地形の部分に流下した溶岩流のようすを撮影した。図4に、伊豆大島についてのデジタルコンテンツの一部を示す。また、図5に伊豆大島の三原山における溶岩流の分布と年代を示す（一色，1984）。

これらの調査および、その他の日本の火山についての溶岩流や火山地形に関するデータを集めて、Web教材「理科教材データベース」に掲載している。

#### 4. 授業実践

今回開発した火山噴火のアナログモデル実験を取り入れた授業実践は、2006年1月に岐阜市立長良中学校で行った。単元「大地のつくりとその変化」は全20時間とし、火山活動と地層の形成をテーマにしたモデル実験は、地層と火山の学習を終えた第7時間目に当てた。したがって、生徒たちは地層のでき方や層序、堆積環境といった概念や火山体がマグマの粘性によって違うことや火成岩についてはすでに学習済みである。

本時の授業では、伊豆大島の地層大切断面

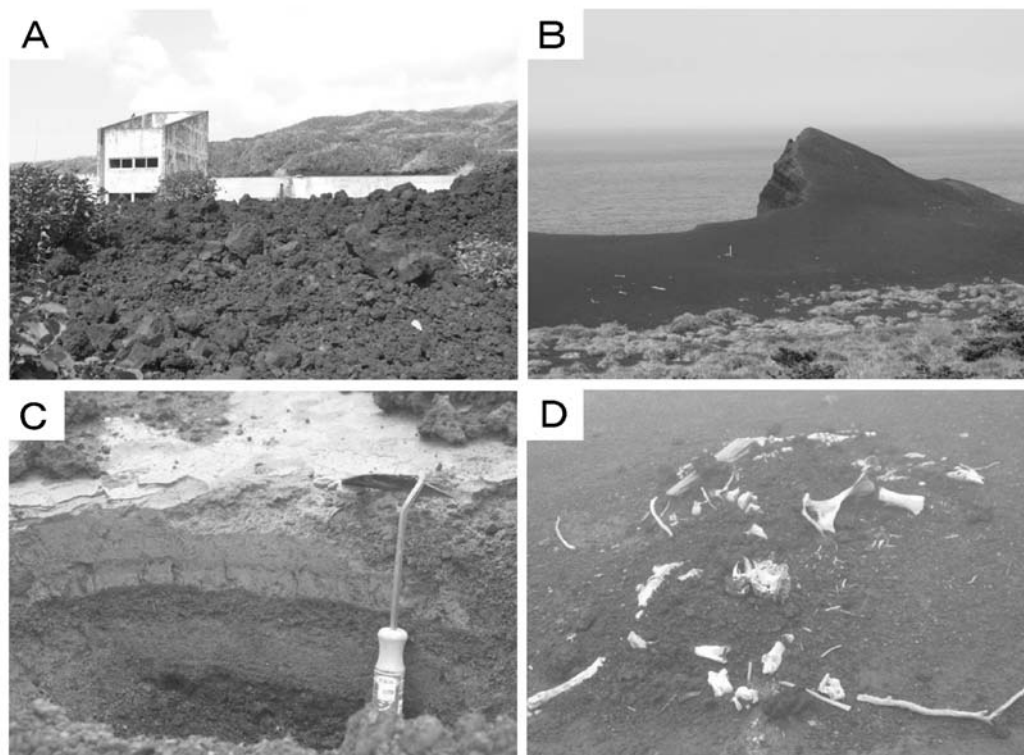


図2. 三宅島の火山に関するデジタルコンテンツの一部。  
 (A)阿古地区の溶岩流（1983年）、(B)新鼻海岸のスコリア丘（1983年）、(C)村営牧場跡地の火山灰層（2000年）、  
 (D)村営牧場でみられた噴火で死んだ牛の骨。



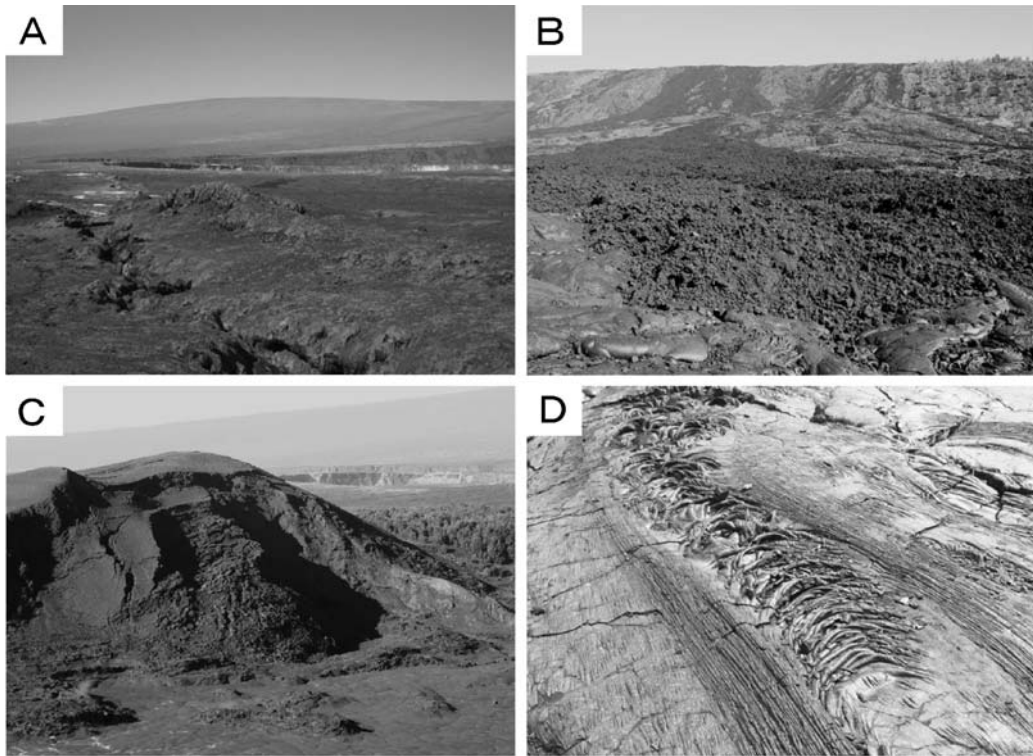


図3. ハワイ島の火山に関するデジタルコンテンツの例。  
(A)キラウエア火山の火口とマウナロア, (B)キラウエア火山イーストリフトゾーンから流出した溶岩流,  
(C)キラウエア・イキのスコリア丘, (D)パホイホイ溶岩の表面.

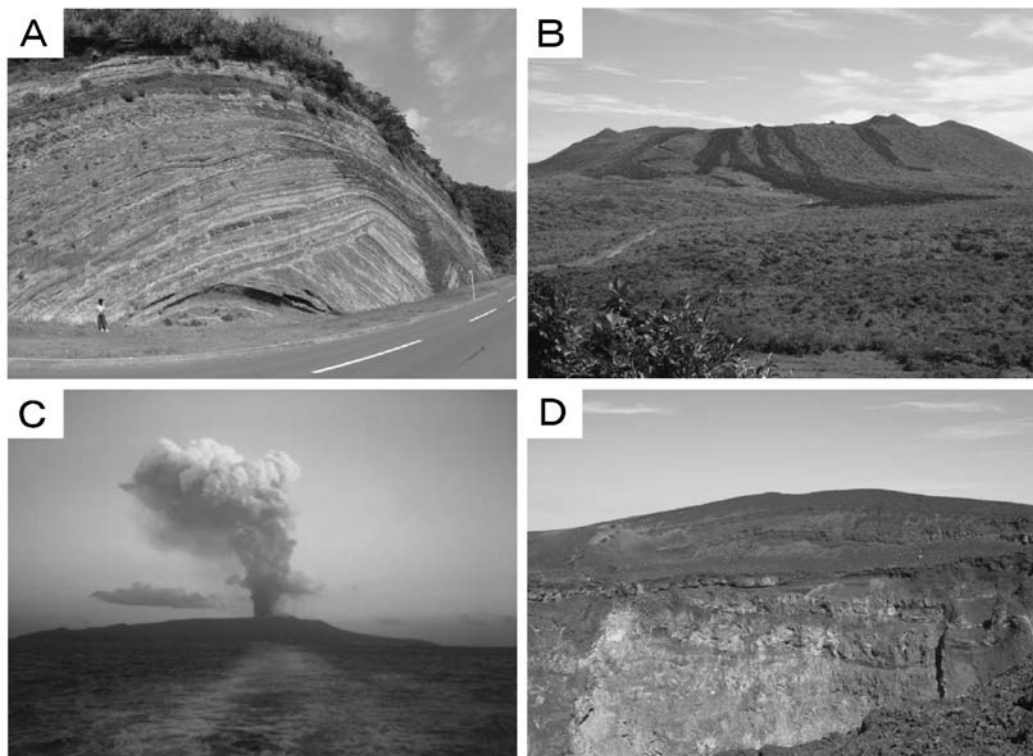


図4. 伊豆大島の火山に関するデジタルコンテンツの例。  
(A) 伊豆大島南西部の道路に面した地層大断面の露頭, (B)三原山カルデラ内の1986年の溶岩流,  
(C) 1986年の山頂噴火の噴煙, (D) 三原山火口の火口壁.

撮影した火山灰層を提示し、地層がどのようにできたかについて生徒たちの考えを発表させた。地層を構成しているものが火山灰やスコリアであることを三宅島で採取した火山灰やスコリア標本を与えて考えをまとめるヒントとした。生徒たちは火山灰やスコリアで地層ができていることから火山活動によって地層ができたという考えをもった。こうした考えを確認したあと、火山模型、溶岩流キット、火山灰キットを提示して、各グループで火山からの溶岩流の流出や火山灰の噴出を模擬する実験を行うよう促した(図6)。実験の仕方の説明は口頭で簡単にし、詳しくは実験方法を解説したプリントを配布した。グループごとに、溶岩流キット4個と火山灰キット4個を使って、溶岩流や火山灰の噴出を交互に行って、溶岩流や火山灰がどのように形

成されるかを調べていった。

約20分間にわたる実験活動のあと、実験で気づいたことを挙手で発表させ、わかったことをまとめた。また、実験結果を記録するカードに実験結果と気づいたことを記入させた。

実験後の発表では、次のような発言があった：

- (1) 溶岩流は毎回同じところを流れるとは限らない
- (2) 溶岩流は火口付近だけだが、火山灰は火口から遠いところにも堆積した
- (3) 溶岩流や火山灰で地層ができるのに、時間がかかっている
- (4) 溶岩流によって山が成長して大きくなった

こうした発言は、前時までの学習内容には含まれていないことがらである。(1)や(2)は、火山活動によってできる地層の空間スケールによる違いに気づいている。(3)は地学現象の時間スケールに関する発言である。また、(4)は火山の形成発達に関わる重要な概念を述べている。

## 5. 議論

### (1) 火山モデル実験のメリット

一般に地学分野の学習では野外観察が重視されているが、火山から離れた地域で生活する生徒たちには、火山活動がどのようなものか実感をもつことは難しい。写真やビデオ映像などの視聴による学習は有効であるが、空間的な広がりや時間スケールの長さを理解するには不十分である。今回導入した火山モデル実験は、火山の

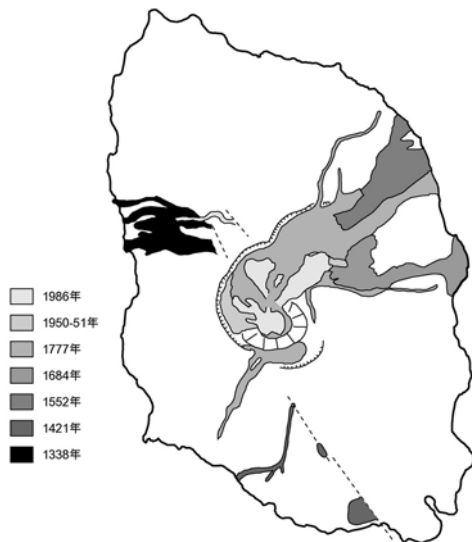


図5. 伊豆大島における歴史時代の溶岩流の分布(一色(1984)に基づく).

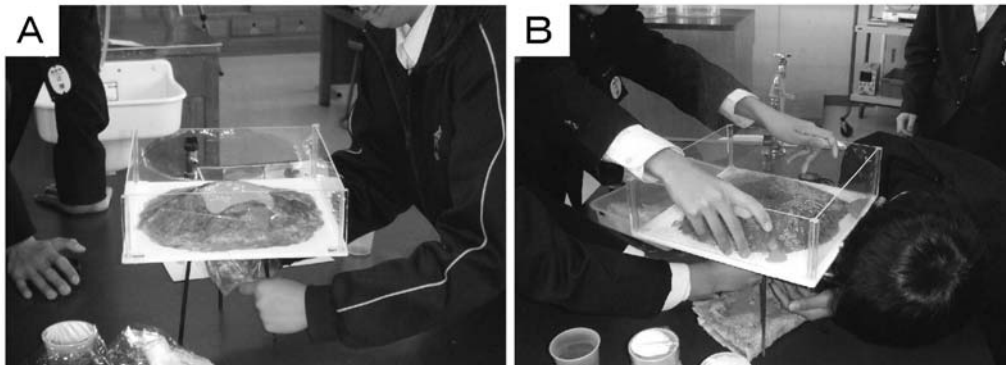


図6. 授業の様子。

(A) 溶岩流を流す実験を行う生徒。(B) 火山灰を吹き上げる実験を行う生徒。

ミニチュアモデルであり、溶岩の流れる様子、火山灰が舞って降下する様子を主体的に体験することで火山活動の空間的な広がりや地層の形成について考えを持つことができる。実際の火山の活動を模擬したモデルを作成しているため、生徒たちの実験・観察から自然の見方を発見することができるというメリットがある。こうしたメリットについては、生徒のアンケートに書かれた感想に表現されていた。

さらに今回の火山モデルでは、これまでは異なる実験で取り上げられることが多かった溶岩流と火山灰の噴出を一つの火山体の上で実験することによって、どちらも火成岩の地層を作る要素としてまとめて捉える事ができるようになっている。特に溶岩流だけでなく火山灰も取り扱うことは、実際の地層では多く見られる火山灰層の形成をモデル実験に取り込み、野外観察と整合的な理解を提供する上で効果的であった。さらに繰り返し溶岩流と火山灰を噴出させることで、火山体では溶岩流や火山灰の降下によって1枚の地層が作られ、それらが繰り返して何枚もの縞模様を持った厚い地層が形成するという地学現象の時間スケールの理解に向かうことができるようになった。授業後のアンケートをみると、約90%の生徒が火山活動と地層の形成を関連づけて考えることができたと答えており、本研究のねらいはおおよそ達成されたものと考えられる。

## (2) 授業実践から明らかになった課題

今回の授業実践では、溶岩流キット4回分、火山灰噴出キットを4回分の合計8回の実験キットを用意した。歯科用印象材は短時間で固まるが、1時間の授業のなかでこれだけの実験を繰り返すのは難しいので、それぞれ2回程度が妥当な回数であると考えられる。回数を減らしても、火山体からの溶岩流と火山灰の繰り返しによって地層が形成されるという重要な観点を見出すことができると考えられる。

また、火口から溶岩流を流す実験で、液体状の歯科用印象材がもれてしまうケースが何回かあり、火山モデルと溶岩流キットの接続の仕方について改良が必要であること、実験中に生徒

が火山灰として使用したジオラマパウダーを吸い込んでしまう危険もありうるので、口に入れても安全な粉末を使う方が好ましいことがわかった。

## (3) 授業アンケートの評価

授業後に今回行った実験について、生徒たちにアンケートを実施した。実験は分かりやすかったかという質問に対しては、すべての生徒が「とてもわかりやすかった」あるいは「まあまあわかった」と答えている。実験について興味をもったかについても97%の生徒が「とてももった」あるいは「少しもった」と答えており、おおむね良好な結果が得られている。ただ、火山についてもっと自主的に調べてみたいと思いましたかという質問については、30%しか肯定的な回答が得られなかった。これは生徒が生活する岐阜市周辺では火山に対してなじみが薄いことが関係しているものと考えられる。岐阜県には御岳山、乗鞍岳、焼岳、白山などの活火山がある。地域の地学現象をこの単元の導入で振り返ったり、1979年10月の御岳山の水蒸気爆発の新聞を提示するなどして、火山が学習者の生活に身近なものであるような指導が望まれる。

## 6. おわりに

中学校の理科第2分野「大地のつくりとその変化」において、火山活動と地層の形成について関連づけながら学習するために火山噴火モデル実験教材を開発し、その授業実践による評価を行った。開発した火山噴火モデル実験によって、噴火口からの溶岩流と火山灰の噴出の両方を発生させることができ、それらを繰り返し実験することによって火山が成長していく様子を理解できた。生徒たちは、この実験から火山の噴火と大地の発達に関する見方を学びとることができた。今後も本研究で開発した教材を活用した授業を展開していく予定である。

謝辞. 本研究は、文部科学省現代的教育ニーズ取組支援プログラム〈現代GP〉「教師のための遠隔大学院カリキュラムの開発」による支援を受けて、カリキュラム開発を行っている。また

本研究の実施には、文部科学省科学研究費補助金特定領域研究・新世紀型理数科系教育の展開研究・公募課題「生物・地学・環境教育におけるデジタルコンテンツの開発と初等中等教育現場での教育実践研究」(研究代表者・川上紳一、課題番号17011035)による補助金の一部を使用している。三宅島の調査においては、環境省富士箱根伊豆国立公園管理官事務所管理官の方から指導をいただいて調査を行った。ここに記して感謝いたします。

### 引用文献

- 早川由紀夫・宮永忠幸(2008)中学校理科で使う火山教材と野外観察の方法, 群馬大学教育学部紀要(自然科学), **56**, 85-95.
- 林信太郎(2006)世界一おいしい火山の本 - チョコココアで噴火実験, 小峰書店, 127p.
- 一色直記(1984)大島地域の地質, 地域地質研究報告(5万分の1図幅), p.133, 地質調査所.
- 桑井美彦(2004)火山についてのモデル実験. 理科の教育, **53**, No.621, 256-259.
- 文部科学省(1999)中学校学習指導要領解説 - 理科編 -, 東洋館出版.
- 下野洋(1993)地学リテラシーの育成, 地学教育, **46**, 149-159.
- 山田茂樹・下野洋・川上紳一(2008)理科と総合的な学習の時間を連携させて行う野外観察-科学リテラシーを高める指導法-, 岐阜大学教育学部教師教育研究, **第4号**, 311-324.
- 吉田勇・加藤尚裕(2005)火山の噴火モデル実験を利用した授業. 理科の教育, **54**, No.634, p. 320-323.
- (webサイト)  
理科教材データベース：  
<http://chigaku.ed.gifu-u.ac.jp/chigakuhp/html/kyo/index.html>