

歯科用印象材を用いた火山噴火と地層の形成に関するモデル実験

—中学校理科「大地のつくりとその変化」での授業実践—

石原里佳¹・川上紳一²・多和田有紗^{2,3}

1：山県市立高富中学校

2：岐阜大学教育学部

Experimental study on volcanic eruptions, lava flows and pyroclastic deposits using the volcano model with dental impression material

—A practice in the science classes of junior high school—

Rika Ishihara¹, Shin-ichi Kawakami² and Arisa Tawada^{2,3}

1: Takatomi Junior High School, Yamagata, Gifu, 501-2114, Japan

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

要旨

中学校理科「大地のつくりとその変化」の単元において、火山活動と地層の関係づけるための教材開発を行い、授業実践による有効性の検証を行った。授業は、2008年2月に岐阜県山県市立高富中学校で行った。火山体キット、溶岩流キット、火山灰キットからなる火山噴火モデル実験器具は、多和田ほか（2007；2009）が開発したものをを用いている。溶岩流キットでは、速硬性のある歯科用印象材を使用した。授業の導入における実際の火山でみられる噴火現象と火山体でみられる地層の関連性に関する事象提示のため、伊豆大島、三宅島、ハワイ諸島などの現地ロケで開発したデジタル教材「理科教材データベース」を使用した。火山噴火モデルを用いた実験では、生徒の多くが実際の火山でみられる火山現象と類似の現象に気づき、カルデラの形成、火山体の成長、溶岩流と火山灰の空間分布の違いなどに気づいており、生徒たちの火山現象の探求活動を充実させる教材として有効であることが示された。

【キーワード】火山モデル, web教材, 実験, 歯科用印象材, 中学校

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。中学校における理科の教科書の内容をみると、(1)で学習する

地層のでき方については、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、(2)火山活動と火成岩との関わりは薄い。一方、火山の学習においては、火山の形を決めるものがマグマの粘性であることや、マグマが冷えて固まってできた岩石に関する扱いが大きく、火山体の構造については、溶岩や火山灰が成層してできたことを示すイラストがあるが、火山活動と地層の形成との関連性については、扱われていないものが多い。学習指導要

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

領によると、地学的な事象・現象は長大な時間と広大な空間の中で互いに関連を保ちながら変化してきたものであることを気づかせ、大地は変化するという考え方を育成することがねらいとなっており、大地のつくりの単元において、さまざまな事象・現象の関連性を重視した単元指導案については、検討の余地がある。

多和田ほか（2007, 2009）は、火山噴火活動と地層の形成の関連性に着目した授業実践のための教材開発と、予察的な授業実践を行っている。火山モデルについては、伊豆大島をモデルとし、歯科用印象材を用いて溶岩流、粉末状物質を用いて火山灰の噴出をシミュレーションしているが、生徒らの学習状況の評価に関しては実施時期が学期末に近かったこともあり十分ではなかった。

本研究は、多和田ほか（2007, 2009）の実践を改良し、火山活動によって形成された地層の観察を授業の導入での課題づくりとし、火山活動で噴出する火山灰や溶岩流の形成をアナログ実験することで、火山活動と火山の形状、山体の成長、ひいては地質現象の空間スケールや時間スケールについての概念を育成するような単元構造を組み立て、火山活動に関するモデル実験を中核とした授業を実践した。

近年、家庭の台所にある調理器具や食材を用いた簡単な火山のモデル実験が行われるようになってきている（たとえば、林, 2006）。溶かしたチョコレートによる溶岩流実験、ココアパウダーを用いたカルデラの形成実験、カルメ焼きを用いた軽石形成実験、コココーラをもちいたマグマの発泡実験などがあり、博物館の講座や火山学会のスペシャルセッションなどで、アウトリーチ活動が展開されている。これらのなかには、中学校の理科授業のなかで、生徒の探求活動を啓発する優良な実験が含まれている。

歯科用印象材をもちいた火山のモデル実験のための教材開発は、桑井（2004）や堤（2004）が行っている。吉田・加藤（2005）も火山噴火のモデル実験を行っているが、歯科用印象材は、成層火山のモデル実験の演示に使い、生徒に行わせる実験では小麦粉と水を混ぜた模擬マグマを用いている。本研究では、実際の火山地形や

溶岩流との対応関係を重視した教材開発を行い、中学校の授業において活用して生徒の学習過程を分析し、有効性を検証している点に特色がある。

2. 火山噴火モデル

火山噴火モデルは、火山の火口から流出する溶岩流や爆発的噴火によって広範囲に降下する火山灰を模擬するものである（多和田ほか, 2007, 2009）。溶岩流と、火山灰やスコリアの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伊豆大島をモデルにした。

まず、伊豆大島を模擬した火山体は、紙粘土で製作した。表面は地表に類似した色を塗り、ニスを塗ってモデルが傷まないようにした。モデルの大きさは、30センチ×30センチの箱に収まるようにし、流れ出した溶岩流や火山灰があふれないようにアクリルの板で囲った。



図1. ハワイ島マウナロア火山.



図2. キラウエア火山のイーストリフトゾーンから流出した溶岩流。パホイホイ溶岩とアア溶岩の活動が読み取れる。

溶岩流のモデルは、歯科用アルギン酸塩印象材を用いた。これは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。授業における実験では、溶岩流を繰り返し流出させるため、絵の具で色をつけた水に印象材を溶かして使用した。

火山灰のアナログ物質は、小麦粉をペットボトルにいれ、ストローで吹いて火口から噴出させるようにした。

3. web教材「理科教材データベース」の利用

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。本研究では、筆者らが開発したデジタルコンテンツ「理科教材データベース」に掲載されている伊豆大島の三原山火山、三宅島、ハワイ島キラウエア火山、マウナロア火山、マウイ島ハレマウマウ火山の画像やビデオ映像のなかから、授業の導入として適切なものを選んで使用している。

4. 授業実践

授業は山県市立高富中学校で2008年2月に行った。単元は全15時間とし、火山噴火モデルを用いた実験は、火山活動と地層の学習を終えた第9時に当てた。2006年度に多和田ら（2007、2009）が行った長良中学校の実践では、授業の導入から、実験器具の提示、グループごとの実験、実験のまとめを1時間のなかで行ったため、



図3. 溶岩流を流す実験を行う生徒たち。

実験と実験結果の観察に十分な時間がとれなかった。そこで、火山体モデルと歯科用印象材を用いた実験は、第2時の火山体とマグマの粘性の関係を調べる授業で、教師が演示実験を行い、そのときに扱い方を示した。

グループごとに火山のモデル実験を行わせる授業（第9時）では、「繰り返し火山活動が起こると、火山はどのように変化するだろうか」という課題とした。この課題への導入としては、ハワイのマウナロア火山の遠景画像（図1）や、キラウエア火山から流れ出した溶岩流地形（図2）を提示した。溶岩流地形の画像には、先行するパホイホイ溶岩が流れたあとに、粘性の高いアア溶岩が流出していることが読み取れるもので、溶岩流が繰り返し流れているという事実をつかませることに用いた。これらの画像から生徒たちからは、次のような発言があった：

- 山が平らである。
- 山に溶岩が流れたあとがある。
- 山の傾斜がゆるやかだから、マグマの粘りけが小さいと思う。
- 斜面に植物が少し生えているから、しばらくの間火山活動はなかったと思う。
- ねずみ色の丸いかんじの溶岩にはしわがある。
- 赤っぽい溶岩はあまり流れていない。
- 2種類の溶岩があるから、最低2回は噴火したと考えられる。

各グループの実験では、多和田ほか（2009）



図4. 火山灰の噴火実験を行う生徒たち。

が報告している長良中学校の実践と同様に、溶岩流と火山灰を繰り返し火口から噴出させる実験を起こった。実験の様子を図3、図4に示す。また生徒の実験ノートの記録例を図5に示す。生徒のノートの記録からは、次のようなことを気づいたことが読み取れた：

- 1回目は、斜面のみぞの部分に溶岩が流れる。2回目も、みぞをうめるように溶岩が流れる。3回目はみぞがなくなり、全体に溶岩が流れる。
- 2回目は1回目より遠くまで溶岩が流れた。
- 火口の近くは溶岩がうすくなる。
- だんだんと上から見たときの面積も増えている。
- 火口付近よりも、平地の方が溶岩が厚くなっていった。
- 傾斜のきつところには厚い溶岩の層はできない。傾斜のゆるい下の部分には厚い層ができる。
- 火山灰は広く、全体的にとんでいった。
- 火山灰は溶岩より遠くに飛ぶ。距離2倍以上。
- 火山灰は、噴火口付近に一番つもった。
- 火山灰は火口付近にはあまりつもらない。

また、生徒のいだいた疑問には、次のようなものがあつた：

- (1) 2回目の溶岩が噴出口をふさいでしまったため、3回目の溶岩が出ず、つまってしまった。実際につまってしまうことはあるのか。
- (2) 1回目の溶岩と、2回目の溶岩の間に3回目の溶岩が流れている。実際にこのようなことがおこるのか。

(1)については、山頂のカルデラの形成と関係している。伊豆大島の1986年の活動では、山頂のカルデラからマグマがあふれ出したが、マグマのレベルが下がると、火口の下には空洞ができ、やがて陥没して新しいカルデラが形成されている。この疑問については、カルデラの形成という現象に目を向けさせるきっかけとなる。一方、

(2)は、実際の火山活動では山腹噴火やシルの形成に対応するものである。こちらも、こうした現象で実際の火山で発生した事例を紹介することで、今回用いたモデルが本当の火山にきわめて近い現象を再現しているという実感をいだかせることができる。

5. 議論

(1) 火山モデル実験のメリット

本実践では、多和田ほか(2009)と同様、火山体における溶岩や地層の重なりに関する野外での観察と結びつけることを重視し、伊豆大島や三宅島、ハワイ諸島の火山の調査結果を踏まえている。また、溶岩流と火山灰の両方を取り入れることで、噴火のスタイルの違いによる噴出物の空間分布の違いを理解することができた。

今回導入したモデル実験器具は、火山のミニチュアモデルであり、カルデラの形成の必要性、山腹噴火、マグマの上昇による山体の隆起など、溶岩流や火山灰の噴出を模擬できることに特色がある。結果のところでも示したように、生徒たちの発言や実験ノートを読むと、教科書や参考書には書かれていない事象について気づいている。授業後の生徒の感想には、次のようなものがあつた：

- 1回、2回の噴火で溶岩が火山のみぞをうめていき、3回目で火山全体に溶岩が広がっていった。平地の方が溶岩があつくなっていったので、だんだん頂上の火口と平地につもる溶岩の高さが同じくらいになっていく。だから、火山は噴火をすると、どんどん斜面がなだらかになっていく
- 噴火の姿がとても本当の噴火に似ていてびっくりした。粘りけの小さいマグマなので速くサーッと流れていくかと思ったけど、ゆっくりと流れていくのでこれもびっくりした。30回やってみないとこの実験から思った。
- 実験をやってみて、火山の噴火の仕方や1, 2, 3回目によって溶岩の進み方や変化が分かり、実際の噴火に似た実験ができてうれしかったし、楽しかった。また、4, 5, 6回と噴火したらどうなるのかという火山

についての疑問や関心がでてきた。

- 火山灰は広範囲にとぶため、溶岩よりも遠くに落ちる。もし、火山の近くに家を建てるなら、風向きを考え、山がへこんでいない所を考えて建てなくてはいけないと思った。

こうした記述は、本実験を通じて、生徒たちが自分で気づき、文章に表現したものであり、自然の見方や考え方を培う手立てとしての実験の有効性が示唆される。

(2) 火山活動の時間スケールと侵食作用について

今回の授業実践では、溶岩流と火山灰について3回ずつの実験キットを用意した。生徒たちは、火山活動が継続すると、火山体が成長することを理解したが、噴火と噴火の時間間隔には視点を与えていない。噴火と噴火の時間間隔が十分に長い場合は、侵食作用によって新たな谷が形成され、溶岩は谷に沿って流れることになるが、今回の実践では、ハワイのマウナロアを事象提示に使ったため、火山活動による山体の成長と侵食による谷状地形の形成の関係については、考察されていない。

しかし、こうした状況は、ハワイ諸島の古い火山や活動度の低い日本の火山に慣れ親しんでいるものからすれば、現実とのずれが気になるかもしれない。侵食作用については、小学5年の単元「流れる水のはたらき」における学習があるが、中学校における単元「大地のつくりとその変化」では学習内容に含まれていない。限られた時間内に多くの事象を取り入れると、生徒たちはかえって混乱してしまうという恐れがあるが、火山の成長と崩壊という両方の作用で現在の火山の形ができているという認識をもたせることは、科学的概念形成を育むうえで重要な課題であると考えられる。

6. おわりに

中学校理科授業で、歯科用印象材と伊豆大島を模擬した火山体モデルを用いた火山噴火のモ

デル実験を行った。この実験は、実際の火山活動と類似の現象が多数みられるため、生徒たちの興味や関心を高める実験として有効であることが明らかになった。実験から考察する内容は、導入時の事象提示と深く関わっており、国内外の火山での野外調査やデジタルコンテンツの開発を平行して進めた。その結果、自然現象を提示することで探求課題を明確にさせ、火山噴火のモデル実験で火山に対する見方や考え方をつかむ授業実践を行うことができた。火山モデル実験の活用の仕方は、導入時における事象提示と密接に結びついており、今回の授業以外にもさまざまな活用の仕方がありうる。今後も授業で活用し、活用事例を蓄積していきたい。

謝辞。火山噴火実験キットの開発と、授業での活用について、議論していただいた長良中学校武藤正典教諭、および教材開発やデジタル教材の開発で協力していただいた、名古屋芸術大学東條文治講師に感謝いたします。

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, 127p.
- 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 (平成10年12月) 解説 - 理科編, 大日本図書, 164p.
- 多和田有紗・武藤正典・川上紳一・東條文治 (2007) 火山モデル実験をとりいれた中学校での授業実践: 地学現象の空間スケールや時間スケールを実感できる教材開発を通じて, 日本理科教育学会第57回全国大会要項, No.57, 159.
- 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.
- 堤 智洋 (2004) 歯科印象材を活用した火山モデルの開発と実践, 北海道理科教育センター研究報告, 65-71.
- 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, 320-323.