

中学理科の火山学習プログラム

宮 永 忠 幸*・早 川 由紀夫

群馬大学教育学部地学教室

*太田市立旭中学校から出向

(2006年9月13日受理)

A Volcano Study Program for Junior High School Students

Tadayuki MIYANAGA* and Yukio HAYAKAWA

Department of Earth Science, Faculty of Education, Gunma University,

Maebashi, Gunma 371-8510, Japan

*on leave from Ota Asahi Junior High School

(Accepted September 13, 2006)

概 要

学習指導要領が改訂されて指導内容の弾力的な扱いが許されるようになったにもかかわらず、積極的な見直しがなかなか実現しない現状がある。大部分の日本国民にとって、中学1年での火山学習が火山知識を体系的に獲得する最後の機会になっているから、いまの学習内容をすっきり見直す必要がある。こういった問題意識の下に、火山や噴火に関する事物・現象を正しく理解し、さらに、人間社会とどう関わっているか、自分が火山にどう対峙していくかを学ぶことができる火山学習プログラムを作成した。

火山学習プログラムは9時間の授業計画と、そこで使う教材からなる。中学1年生でも火山や噴火などの現象を感覚的に理解できるよう、映像資料・モデル実験・ウェブ教材を取り入れた。また、中学校で授業実践を行い、現場での活用に無理がなく、効果的に楽しい授業ができるよう改良したものである。

科学的視点だけでなく社会的視点にも立ってつくられたこの火山学習プログラムは、学校現場で実用可能な新しいタイプの学習プログラムである。

1. はじめに

2004年9月、浅間山が噴火した。この噴火に際し、気象庁は火山活動レベルを3とし、周辺市町

村は4km以内を警戒区域として立入を禁止した。しかし、4km以内に位置しながら開館している施設を訪れて落下した火山礫を見学する観光客や、「灰が目に入る」と言いながら降灰中にテニスをする観光客がいるという報告があった(まえちゃんねつと火山情報掲示板)。これらの実態を学校教育の見地から捉えたと、中学校での火山学習が果たすべき役割とその学習内容を抜本的に検討する必要があると考えられる。

2. 研究の動機

(1) 義務教育における火山学習の実態

学習指導要領(文部科学省、平成10年)によると、義務教育における火山の学習は、小学6年と中学1年・3年で行うことになっている。ただし教科書においては、中学3年「自然と人間生活」は災害についての調べ学習であり、第一分野の「科学技術と人間生活と」の選択扱いとなっている(「新しい科学2分野・教師用指導書」東京書籍)。表1は、学習指導要領から内容と扱いを抜き出して整理したものである。火山噴火そのものの学習は中学1年の「大地の変化」でのみで行われる。

平成15年12月、学習指導要領が一部改正されて、指導要領に示された範囲を超えた学習が認められた。にもかかわらず学校現場では、相変わらず教科書会社の提案した指導計画を元に学習カリキュラムを作成しているというのが実態である。また、発展的な学習内容として教科書会社が提供した資料に、火山噴火を取り上げた部分はない(東京書籍「教科書プラスシート-発展的な学習-」平成17年4月発行)。地学を専攻した理科教員は現場では少数だから、火山噴火という現象を発展的に教えられる状況にはない。

(2) 生徒にとっての火山学習

高等学校では、地学Iでプレートと関係して火山や地震を捉える授業があるが、教育課程の編成上、地学の授業を開設していない学校がほとんどであり、開設している学校でも選択制になっているなど、高校で火山について学習する生徒はほんの一握りであるというのがわが国の実態である。

したがって、中学1年での火山の学習がほとんどの日本人にとって最後の火山学習の機会となる。火山に関する日本国民の常識は、中学1年での学習で決まるといっても過言ではない。

以上の2点から、中学1年の火山学習の内容を見直して、火山と自分の関わりを深く考えることができる火山学習プログラムを作成することには意義があると考えた。

3. 火山学習プログラム作成の方針

次の方針にもとづいて火山学習プログラムを作成した。

- (1) 現場で授業実践が容易にできるように、指導計画を提示するだけでなく、使う教材も提供する。指導計画には、「時数」「テーマ」「指導内容」「教材・コンテンツ」を示し、授業者が学習プログラムの全体構成を把握しやすいようにする。

- (2) 時数をやみくもに増やして他の単元の授業計画を圧迫することがないようにする。検定済教科書「新しい科学」（東京書籍）の指導計画は、「大地の変化」に17～23時間を当てている。そのうち火山の学習をする第1章には4時間が配当されている。本プログラムでは、これに発展学習分から5時間を加えて合計9時間で火山の学習をする。
- (3) 火山噴火の特徴がよくわかる内容にする。本プログラムで教えようとする内容は、火山と噴火で実際に見られる事物・現象をもとに構成する。それらの事物・現象をどのように捉えれば良いかを示し、火山と噴火に対する適切な概念を構築することができるようにする。
- (4) 人間生活という視点からも火山の理解を深められるようにする。火山の噴火や火山で見られる地層・地形などを科学的に理解するだけでなく、自分自身がそれにどう対峙するか、人間生活や社会と火山と噴火がどのように関わっているかという視点を持たせる。そこから、正しい理解のもとに自然と関わりながら生きていこうとする態度を育てたい。
- (5) 事物・現象を感覚的に理解できるようにする。教室での授業では、いろいろな制約を受けながらの学習活動になる。たとえば、毎時間現地で学習することは困難である。そうした制約の中では、火山弾などの実物とともに、映像資料・モデル実験・ウェブ教材を用いることが効果的である。
- (6) 浅間山2004年噴火を取り上げる。遠くの有名な火山や昔の大きな噴火だけでなく、地域の火山や最近の噴火を取り上げることも重要である。その例として浅間山2004年噴火を取り上げて、地域教材をつくるときのモデルになるように意図した。

4. 火山学習プログラム指導計画

先にあげた方針に基づいて作成した指導計画を表1に示す。

「時数」……本プログラムの中の何時間目にあたるかを表す数字。「1時間」は、中学校で運用されている50分を単位とする。

「テーマ」……その回の授業で取り上げる主な事物・現象を見出し的に表したもの。

「教えた内容」……その回の授業の中で、生徒に教えた具体的な事柄。

「教材・コンテンツ」……その回の授業で用いる教材やコンテンツ。

表1 火山学習プログラム指導計画（全9時間）

時	テーマ	教 え たい 内 容	教 材
1	火山噴火とは	○噴火とは、マグマが地表に出てくる現象 ○マグマが地表に噴火すると、溶岩か火山灰になる。	○PP「小・中学生のための浅間噴火2004」○エアバズーカ○コーラ噴火○火砕流動画
2	火山噴出物とマグマ	○噴出物からマグマ中の鉱物結晶や揮発性成分の様子がわかる。	○火山灰○火山礫○パン皮火山弾 ○軽石○カルメ焼き演示実験
3	火山の形、溶岩の色、噴火の様	○噴出するマグマの粘りけの違いで火山の形が違う。溶岩ドームと溶岩流	○弁当パック火山模型○カシミール3D
4	子とマグマ	○噴火の様子は、マグマの性質や揮発性成分の振る舞いに関係がある。	○噴火動画・溶岩の写真○小麦粉火山噴火モデル
5	火山がつくる地形・地層と人間生活	○火砕流には勝てない。 ○カルデラは大量のマグマが火砕流となってあふれ出したあと、地表が陥没してできた。 ○火山はくずれやすい。 ○火山がつくった土地の上に人間の暮らしがある。	○火砕流動画 ○WEB紙芝居（阿蘇山）○カシミール3D ○山体崩壊動画○WEB紙芝居（浅間山） ○PP「火山がつくる土地と人間生活」○浅間山ぬりえ地質図
6	火成岩と鉱物	○花こう岩は、マグマが地下でそのままゆっくり冷えてできた。（等粒状組織） ○安山岩は、マグマが噴出したため急に冷えてできた。（斑状組織）石基の部分はガラス。	○岩石標本○岩石薄片
7		○火成岩の色は鉱物の種類と量でおおむね決まる	○火山灰中の鉱物観察○岩石薄片の顕微鏡像○鉱物写真
8	火山の災害と恵み	○小さな噴火はしょっちゅう起こるが、大きな噴火はめったに起こらない。 ○火山はふだんを眠って過ごす。 ○いったん噴火を始めると、それがいつまで続くか、どこまで大きく発展するか予想するのは難しい。	○PP「火山の災害と恵み」 ○NHK「10minBox」 ○生命に危険がおよぶ火山災害が起こった地域（早川、1993） ○ハザードマップ
9	火山について調べよう	○火山についての情報を、自分で得ることができる。	○インターネットによる調べ学習 ○ポータルサイト「火山の教室」

「時数」……本プログラムの中の何時間目にあたるかを表す数字。「1時間」は、中学校で運用されている50分を単位とする。

「テーマ」……その回の授業で取り上げる主な事物・現象を見出し的に表したものの。

「教えない内容」……その回の授業の中で、生徒に教えない具体的な事柄。

「教材」……その回の授業で用いる教材やコンテンツ。「PP」は、Microsoft Power Pointのこと。

5. 授業展開

毎時間の授業展開を、テーマ、ねらい、学習内容とともに以下に示す。

1 時間目

- ①テーマ 火山噴火とは
- ②ねらい 浅間山の2004年噴火を通して火山の噴火がどのようなものかを知り、噴火に伴う現象に興味を持たせる。
- ③学習内容 噴火とは、マグマが地表に出てくる現象である。マグマが地表に噴火すると、溶岩か火山灰になる。

④展開

主な学習活動	教材・資料	教師の支援と留意点
2004年の浅間山噴火について知る。 [浅間山の位置] [9月1日噴火でどのようなことが起こったか] [噴火で出てきたもの]	PP「小中学生のための浅間噴火2004」 ①伊勢崎市から見た浅間山 ②浅間山の位置 ③テレビ報道・空振 ・エアバズーカ空振モデル体験 ④火山弾（クレータ・火災） ⑤火山灰 ⑥農作物被害	資料をプレゼンテーション形式で提示する。 クイズ形式で群馬の火山名を知らせる。 空振を疑似体験させる。 火山弾・火山礫・火山灰に触れさせる。高温であったことを知らせる。 降灰分布を示し、火山灰が風で運ばれることに気づかせる。
噴火について理解する。 ワークシートに重要事項をまとめる。 [噴火とは] [噴出物の名称]	⑦噴火とは ・噴火モデル演示 ・減圧発泡モデル演示 ⑧大きさによる呼び分け	モデル実験によって、噴火が減圧によってマグマ内に生じた揮発性成分の圧力によることをイメージさせる。 大きさと運ばれ方が関係することを知らせる。
本時のまとめ 重要語句・概念の確認 [その後の浅間]	⑨浅間のその後 火映 ⑩火口底のようす	多くの情報のうち、基礎・基本となることをとらえさせる。 浅間山の現在の様子を知らせることで、火山の学習についての興味を持続させる

2 時間目

①テーマ 火山噴出物とマグマ

②ねらい パン皮火山弾、軽石、溶岩、火山灰を観察し、もとのマグマについて考察できる。

③学習内容 噴出物からマグマ中の鉱物結晶や揮発性成分の様子がわかる。

④展開

準備 カルメ焼き作作用具一式 パン皮火山弾 軽石 溶岩 溶岩薄片 火山灰 偏光顕微鏡
光源装置 スライドガラス カバーガラス デジタルカメラ (AV 出力用具)
テレビ又はプロジェクター

主な学習活動	教材・資料	教師の支援と留意点
<p>軽石やパン皮火山弾のでき方を考える。 〔カルメ焼きのでき方を見る〕 〔パン皮火山弾とカルメ焼きの似ているところに気づき、でき方を考える〕 〔軽石とカルメ焼きの似ているところに気づき、でき方を考える〕</p>	<p>パン皮火山弾 草津白根山 軽石 浅間山 1783 年噴火 カルメ焼きを演示</p> <p>各班に、火山礫、軽石、火山灰を配る。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・パン皮火山弾と軽石を生徒に見せ（触らせ）、「これから、パン皮火山弾と軽石をつくります。今日使うのは、マグマではなくて砂糖です。」と前置きをして作り始める。 ・パン皮火山弾の表面のひびは、マグマの表面が冷えて固まり、さらに膨らむことによってできたことに気づかせる。 ・軽石の多孔質は、マグマがふくらんでできたことに気づかせる。 ・軽石とパン皮火山弾を触ったりルーペで観察させ、時間があればスケッチさせる。
<p>溶岩や火山灰を観察する</p>	<p>溶岩薄片と火山灰プレパラートの偏光顕微鏡像 デジタルカメラの AV 出力を利用して、偏光顕微鏡像をテレビ画面に投影して生徒に示す。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・実演しながら、テレビ画面に映して見せる。 ・溶岩や火山灰には、鉱物が含まれていることを知らせ、これらがマグマ中にあったことを理解させる。
<p>噴出物とマグマの関係をワークシートにまとめる。</p>		

3 時間目

- ①テーマ 火山の形、溶岩の色、噴火の様子とマグマ（その1）
- ②ねらい 色々な資料をもとに、楽しく火山の形の違いをとらえる。
- ③学習内容 噴出するマグマの粘りけの違いで、火山の形が違う。溶岩ドームと溶岩流
- ④展開

準備 生徒：ネームペン黒と青又は赤の2本 文庫本1～2冊 はさみ 色鉛筆

教師：弁当パックのふた（生徒数×7～8枚） 等高線地図 セロテープ カシミール3D
写真

主な学習活動	教材・資料	教師の支援と留意点
山の形を写真や等高線で見える。	三宅島・桜島・昭和新山の ①写真資料（教科書） ②カシミール3D写真 ・周辺地形 ・鳥瞰図 ・等高線地図	<ul style="list-style-type: none"> ・教科書の写真の山がどこにあるのかカシミール3Dの周辺地形で確認する。 ・カシミール3Dの鳥瞰図を見せて、火山の形を立体的に捉えさせる。 ・等高線地図も対比させ、等高線が地形を表していることを想像させる。
弁当パック火山模型をつくる。 できあがった模型をもとに、火山の形を考える。	弁当パックのふた 等高線地図（三宅島・桜島・昭和新山・浅間山・富士山・雲仙普賢岳） カシミール3D写真・鳥瞰図	<ul style="list-style-type: none"> ・等高線地図が立体的な模型になることを告げてから、説明に入る。 ・弁当パック地形模型の作り方を説明する。 ・6つの火山のどれを作るか班で分担させてから作らせる。このときカシミール3D写真・鳥瞰図を参考にさせる。 ・できあがった山の形を比べ、「こんもりと盛りあがった形」「大円錐形火山」「うすく広がった形」のどれに当てはまるか検討させる。

4 時間目

- ①テーマ 火山の形、溶岩の色、噴火の様子とマグマ（その2）
- ②ねらい 火山噴火モデルや噴火動画を見て、マグマの性質（粘りけ）との関係を考える。
- ③学習内容 噴出するマグマの粘りけの違いで火山の形が違う。溶岩ドームと溶岩流。噴火の様子は、マグマの性質や揮発性成分の振る舞いに関係がある。
- ④展開

準備 小麦粉火山セット PP「火山の形と噴火の様子・溶岩（噴火動画と写真資料）」

主な学習活動	教材・資料	教師の支援と留意点
弁当パック火山模型から火山の形の特徴を読み取る。	弁当パック火山模型とカシミール3D写真を対応させることで、火山の形と見え方を対応させる。	<ul style="list-style-type: none"> ・雲仙・普賢岳は複数の溶岩ドームの集合だから山全体の形が円錐形に近い。地形を見て火山のでき方を知るためには熟練が必要であることを子供たちに教える。写真資料で、溶岩ドーム（平成新山）の部分を示す。
火山の形とマグマの粘りけの関係を考える。 ①小麦粉火山の演示実験を見る。 ②火山の形と火山の粘りけの関係をまとめる。 噴火の様子や溶岩の色と、マグマの性質や火山の形との関係を見る。 火山の形を類型化した図表に、噴火の様子、マグマの様子を書き加える。 噴火の様子と溶岩の様子がマグマの粘りけと関係があることをまとめる。	小麦粉火山噴火モデル PP「火山の形と噴火の様子・溶岩」 ①タイトル ②火山の形（写真資料） ③噴火の様子と溶岩（動画資料）	<ul style="list-style-type: none"> ・溶岩ドームと溶岩流と関連づける。 ・火山の形を類型化した図表を生徒に配り、説明をしながら記入させる。 ・溶岩ドームは小さく、盾状火山は圧倒的に大きい点も重要である。 ・火山の形ごとに噴火動画や溶岩の画像を火山の形と対応させながら見せる。 ・噴火の激しさは、揮発性成分の振る舞いに関係がる。圧力をため込むと爆発的な噴火になり、そうでないと穏やかな噴火になる。 ・参考に、溶岩の色やマグマの温度にふれても良い。

5 時間目

- ①テーマ 火山の作る地形・地層と人間生活
- ②ねらい 火山噴火がどのような地形の変化をもたらすかを知る。
- ③学習内容火砕流には勝てない。カルデラは、大量のマグマが火砕流となってあふれ出した後、地表が陥没してできた。火山はくずれやすい。火山が作った土地の上に人間の暮らしがある。
- ④授業展開

準備 生徒：色鉛筆

主な学習活動	教材・資料	教師の支援と留意点
<p>地形を変形させる火山活動を 知る。</p> <p>浅間山の過去の火山活動 によってできた地形を知 る。</p>	<p>山体崩壊、火砕流、ラハールの 動画</p> <ul style="list-style-type: none"> ・セントヘレンズ 1980 年噴 火の山体崩壊 ・雲仙普賢岳 1991 年噴火の 火砕流と土石流 <p>PP「火山がつくる土地と人間生 活」</p> <p>②浅間ではこんなこともあつ た。</p> <p>WEB 紙芝居地形編（浅間山）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・山体崩壊 ・火砕流 ・溶岩ドーム形成 <p>③ 1783 年噴火のつめあと</p> <p>④利根川沿いの鎌原土石なだれ 跡</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・火山は不安定で、特に大円錐形火山は崩 れやすい。 ・特に火砕流には勝てないことを強調す る。 <p>・浅間山で起こった過去の活動を説明す る。</p>
<p>過去の火山活動の跡を等 高線地図に表す。</p>	<p>④浅間山のすそ野</p> <p>⑤塗り絵地質図 (アニメーション機能を使って 着目している地形を強調し、作 業を支援する。)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・地層の上下と新旧の関係を確認する。 ・等高線地図と地形を対比させることで、 等高線の特徴が表す地形を捉えさせる。
<p>赤城山のすそ野の地形を 考える。</p>	<p>⑥赤城山のすそ野 赤城南面の地形（カシミール写 真）</p>	
<p>火山がつくった地形と人 間生活</p> <ul style="list-style-type: none"> ・火山のすそ野が人間の 暮らしに重要な役割を果 たしていることを知る。 	<p>⑦火山のすそ野と人間生活</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・火山が作った土地の上に人間の暮らしが ある。
<p>カルデラ地形のでき方を 考える。</p>	<p>⑧⑨⑩カルデラ ウェブ紙芝居地形編（阿蘇カル デラ）</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・カルデラは、大量のマグマが火砕流と なってあふれ出した後、地表が陥没してで きた。

6 時間目

①テーマ 火成岩

②ねらい 火山岩、深成岩の特徴を組織のつくりで区別し、それを岩石のでき方と結びつけて理解する。

③学習内容 花こう岩は、マグマが地下深くでそのままゆっくり冷えてできた(等粒状組織)。安山岩は、マグマが地表に噴出したため急に冷えてできた(斑状組織)。石基の部分はガラス。

④展開

準備 岩石標本と岩石薄片(安山岩、花崗岩、流紋岩、閃緑岩、玄武岩、はんれい岩)

ミョウバンの再結晶した溶液 偏光顕微鏡

主な学習活動	教材・資料	教師の支援と留意点
安山岩と花崗岩標本を見てスケッチする。肉眼やルーペで安山岩と花崗岩の特徴を捉えてスケッチさせる。	岩石標本(安山岩、花崗岩) 安山岩・花崗岩の産状	<ul style="list-style-type: none"> 安山岩の産状(赤城山・旧宮城村)と花崗岩の産状(旧勢多郡東村)の写真資料を説明する。 組織の違いに気づくよう、机間巡視をしながら助言する。
安山岩と花崗岩の偏光顕微鏡像をスケッチする。	岩石薄片 <ul style="list-style-type: none"> 安山岩 花崗岩 デジタルカメラのAV出力を利用して、偏光顕微鏡像をテレビに映して見せる。 デジタルカメラで撮影した画像をスケッチさせる。	観察で気づいたことを、偏光顕微鏡像と対応させる。 <ul style="list-style-type: none"> 安山岩に見られる粒は鉱物結晶であり、その他の部分はガラスである。 花崗岩は鉱物結晶の粒だけからなる。
冷える速さの違いと、結晶の大きさの関係を考える。組織の違いをもとに語句をまとめる。	冷える速さとミョウバン結晶の大きさの違いを準備しておいて、結果を見せる。	<ul style="list-style-type: none"> ゆっくり冷えることで結晶は大きくなることに気づかせ、斑状組織ができるには、何万年もの長い時間がかかることと結びつける。 冷える場所の違いと関連づける。 火成岩、火山岩、深成岩、斑状組織、等粒状組織、斑晶、石基、ガラス
他の火成岩を紹介し、火山岩と深成岩に分けてみる。	流紋岩 玄武岩 閃緑岩 はんれい岩	<ul style="list-style-type: none"> 見た目と偏光顕微鏡像から判断させる。

7 時間目

- ①テーマ 火成岩と鉱物
- ②ねらい 火成岩を作っている鉱物を知り、火成岩の色が鉱物の種類と量でおおむね決まること
がわかる。
- ③学習内容 火成岩の色は鉱物の種類と量でおおむね決まる
- ④展開

主な学習活動	教材・資料	教師の支援と留意点
火成岩の顕微鏡像を見る。	岩石薄片の偏光顕微鏡像	<ul style="list-style-type: none"> ・偏光顕微鏡像で、火成岩が鉱物でできていることを示し、今日は鉱物を取り出すことを説明する。
火山灰から鉱物を洗い出し、実体顕微鏡で観察する。	火山灰中の鉱物観察 <ul style="list-style-type: none"> ・三宅 2000 年噴火 ・上越火山灰 わんがけを実演して説明する。	<ul style="list-style-type: none"> ・生物顕微鏡のステージに斜め上からの光を当て、洗い出した鉱物画像をテレビ投影。 ・鉱物の同定に資料として使わせる。
花崗岩の破碎砂から鉱物を選び分ける。	花崗岩の破碎砂 鉄製乳鉢で花崗岩を砕き、生徒に配る。 紙の上でピンセットを使って、見ただ目で鉱物を選び分ける。	<ul style="list-style-type: none"> ・紙の上で石英・長石・黒雲母を選び分ける。 ・見つけた鉱物を、ワークシートやノートにセロテープで貼り付けても良い。
鉱物の種類と特徴をまとめる。		<ul style="list-style-type: none"> ・教科書の鉱物写真や説明をもとに、ワークシートの表を完成させる。
火成岩標本で、組織の違いや色合いの違いを見る。 火成岩と鉱物の関係をまとめる。	火成岩標本	<ul style="list-style-type: none"> ・同じ火山岩、深成岩であっても色合いに違いがあることに気づかせる。 ・火成岩と含まれる鉱物の種類や割合で火成岩の色が決まる。

8 時間目

①テーマ 火山の災害と恵み

②ねらい 火山の危険な面と有益な面を知り、自分がどのような態度で火山(自然)と接していったらよいかを考える。

③学習内容 小さな噴火はしょっちゅう起こるが、大きな噴火はめったに起こらない。火山はふだんを眠って過ごす。いったん噴火を始めると、それがいつまで続くか、どこまで大きく発展するか予想するのは難しい。

④展開

主な学習活動	教材・資料	教師の支援と留意点
火山災害の動画を見る。	PP「火山の災害と恵み」 ①タイトル ②火山の災害	・火砕流、溶岩流、ラハール、火山灰、火山礫
「浅間山防災マップ」を見て、メモしたことを確認する。 「生命に危険がおよぶ火山災害が起こった地域(早川、1993)」を見て、なぜ浅間から遠く離れたところでも災害が起きたのかを考える。	③防災マップ 「浅間山防災マップ」生徒に配布 ④生命に危険がおよぶ火山災害が起こった地域(早川、1993) 「生命に危険がおよぶ火山災害が起こった地域(早川、1993)」 生徒に配布	・生徒に配布して、ビデオで紹介された火山災害を確認させる ・火山災害は、火山の周辺で起こるだけでなく、下流まで土砂が運ばれたり堆積することで、命に関わる危険が広範囲に及ぶことを教える。
火山の危険な部分をどう理解したらよいか、今までのことをまとめる。	⑤火山の性質	・小さな噴火はしょっちゅう起こるが、大きな噴火はめったに起こらない。 ・火山はふだんを眠って過ごす。 ・いったん噴火を始めると、それがいつまで続くか、どこまで大きく発展するか予想するのはむずかしい。
ビデオ「資源としての火山」を見て、火山の恵みを、プリントに書き取る。	⑥火山の恵み NHK10min、ボックス 「資源としての火山」資源としての火山の姿を紹介した番組	・観光資源(鬼押出し、山の姿、湖、温泉)、地熱発電、地下資源(硫黄) 農地となる土壌
火山とのつきあい方を考える。	⑦写真資料 ・規制区域内でピクニック ・浅間炎の祭り ・火映写真	・危険を知った上で火山を楽しむ良さを知らせる。

9 時間目

- ①テーマ 火山について調べよう
- ②ねらい 火山についての有益な情報を、インターネットを利用して得ることができる。
- ③学習内容 火山についての情報を、自分で得ることができる。
- ④展開

主な学習活動	教材・資料	教師の支援と留意点
「まえちゃんねっと火山情報掲示板」を見る。 ポータルサイト「火山の教室」を見る。	「まえちゃんねっと火山情報掲示板」 http://vulcania.jp/bbs/ ポータルサイト「火山の教室」 http://vulcania.jp/school/index.html	火山についての情報交換や議論が日常的に行われていて、噴火が起こったときには、ここから情報を得る人も多い。 信頼できる情報について指摘する。 ・事実を示し、それに基づいた情報を発信している。 ・責任ある立場で情報を発信している。 中学生にもわかるサイトの例として紹介する。
自分の課題に沿ってインターネットを閲覧する。	①浅間山の今は、どうなっているのだろう。 ②火山ライブカメラをたくさん見る。 ③火山についての学習の参考になるサイトを探す。 ④火山の博物館や記念館のHPを探す。 ⑤噴火の写真や動画を探す。 ⑥きれいな鉱物をたくさん探す。	閲覧したホームページをプリントし、感想を添えて提出させる。

6. 代表的教材

この学習プログラムでは毎時間複数の教材を使用するが、そのなかからいくつか代表的なものを選んで以下に掲げる。

【教材1】エアバズーカ

筒内のゴム付きビニールを手で引いて離すと、空気塊が発射される。空気塊があたるとその圧力を感じることができ、噴火による空振の原理を説明するモデルとして用いる。

カーテンに当ててゆらしたり、2～3m先の生徒に当てることで、生徒に空振を体験させることができる。



図1 エアバズーカを用いた空振体験

【教材2】簡易真空実験器とサイダーを用いた減圧発泡（独自開発）

サイダーを簡易真空容器内に注ぎ、減圧ポンプを引くと、サイダー内から炭酸が発泡する様子が観察できる。マグマ内から揮発性成分が出てくるのは、マグマの上昇に伴って地殻からの圧力が減少するためであることを理解させるためのモデルとして利用できる。簡易真空容器は、漬物をつけたり食品を保存する調理器として市販されているものを用いた。

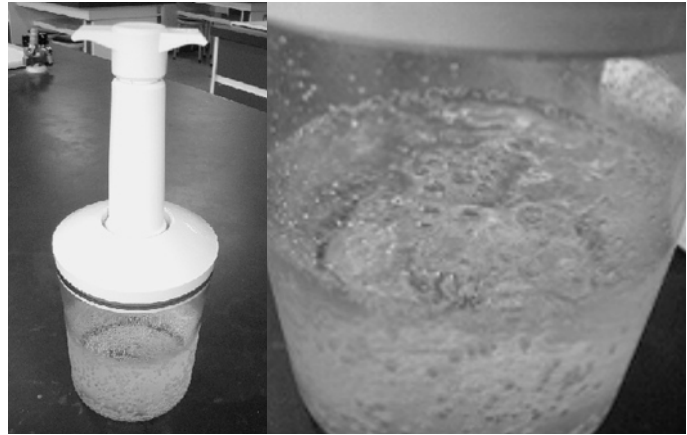


図2 減圧発泡モデル実験

コーラ噴火を振ることで炭酸の発泡を促したが、噴火は減圧によって揮発性成分の発泡が起こっている。この点を補うためにも、コーラの噴火モデル実験とセットで行うことが望ましいと考える。

また、コーラ噴火では、比較的多くの炭酸を含んでいて濃色で観察しやすいコーラを用いたが、溶液内から炭酸ガスが生じる様子を観察するには、無色透明なサイダーが適している。

【教材3】カルメ焼き

加熱して水飴状になった砂糖に卵白と練り合わせた重曹を入れてかき混ぜると、発生した炭酸ガスによって膨らむ。

先に冷え固まってできた被膜が膨張によって破られ、表面に亀裂が生じる過程が、パン皮火山弾の亀裂の生じる仕組みと同じである。

また、カルメ焼きを切ると、発泡によって生じた軽石のような多孔質構造が見られる。軽石にも見られるこの構造が、マグマ内に溶



図3 カルメ焼き

けていた揮発性成分の発泡によってできたことを容易に想像させてくれるモデル実験である。

ただし、カルメ焼きの膨張は炭酸水素ナトリウムの加熱分解で生じた二酸化炭素によるものであるのに対して、マグマの場合は揮発性成分（主に水）の減圧発泡によって生じた水蒸気である。前の授業のコーラ噴火・簡易真空器とサイダーのモデル実験と関連させると、この点を理解させやすい。

【教材4】カシミール3D

3D 地図ナビゲータソフト「カシミール 3D」(DAN 杉本) で作成。標高ごとに色を付けた画像や「カシバード」という機能で描く鳥瞰図を得ることができる。

図4はその基本画面で、数値地図をもとに描いた図に20万分の1地形図を重ねて表現している。左下のウィンドウはカシバード画面である。これを用いた教育実践は、すでに多くの報告がある。

このソフトで表現した画像(カシミール3D写真と呼ぶ)を印刷して生徒に配り、等高線地図からの地形の読み取りを助ける資料とした。

等高線は基本的な地形の表し方である。中学1年の社会で地形図について学習する。検定済教科書・社会科「中学生の地理」(帝国書院 H16.1.20)によると、等高線について①等高線は同じ高さのところを結んだ線である、②等高線を見ると土地の高さや起伏の様子がわかる、③等高線どうしの間隔で地表の傾斜の緩急がわかる、ことを学ぶ。また、単純な形に山を表す等高線と断面図を対応させた図や、地形図上の2点を結んだ直線の断面図を描き、その2点間の土地利用を読み取った資料を載せている。これをもとに、学校では、7月ころの授業で、実習用に作られた山を表した等高線から断面図を書き表す作業をしている。

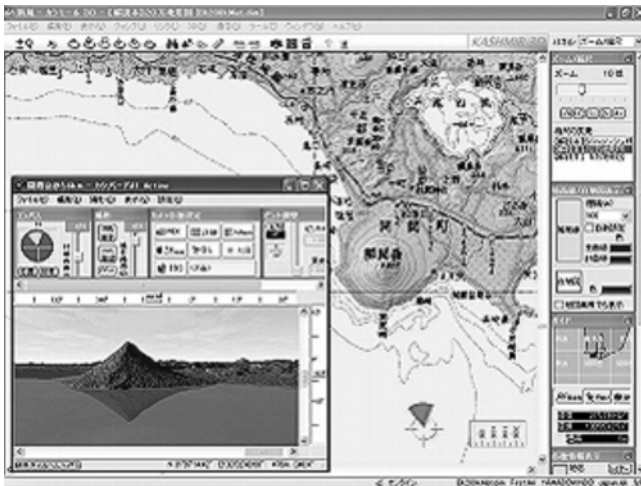
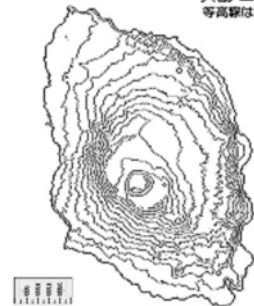


図4 カシミール3D画面



a

大島・三原山
等高線は50mごと



b



c

図5 等高線地図 桜島 (a)、大島・三原山 (b)、有珠山と昭和祈山 (c)

ほとんどの生徒はこの作業を通して、単純な形の山の高まりや傾斜の緩急をイメージできるようである。しかし、実際の地形図の入りくんだ等高線からは尾根や谷を読み取ることはむずかしい。そこに対応する航空写真を見せると、光の当たり方や植生などから地形をイメージできる。

カシミール 3D では、プラグインを使って等高線白地図を表示することができる。この白地図をペイントソフトで加工して作成したのが、図 5 である。カシミール 3D で作成した鳥瞰図や写真資料など対応させて、その等高線地図がどの山を表現したものか感覚的に理解させたい。

また、弁当パック地形模型を作ると土地の凹凸が視覚情報として直接的に得られるため、誰にとっても同じ立体イメージを持たせることができ、等高線に対する理解が一層深まる。

【教材 5】弁当パック火山模型

松村浩一（山口県防府市立華西中学校）の発案によるもので、透明な弁当パックのふたに標高ごとに等高線を描いて重ねた模型。地形が立体的に見える。堀・早川（2005）が、この教材を用いた授業実践の報告をした。

今回の授業では「新しい科学」（東京書籍）に取り上げられている昭和新山・桜島・大島の他に、浅間（地域教材）、雲仙普賢岳（火砕流で紹介）、富士山（大円錐火山の典型）を加え、全 6 種類から選んで作らせることにした。

弁当パック火山模型用等高線地図の作製あたり、火山の形の特徴がわかるように、水平方向に対する等高線の間隔の比をほぼ一定にした。また、堀・早川（2005）の等高線地図を改良し、標高記入欄をつくり、地名ラベル・水を青色で表現した。

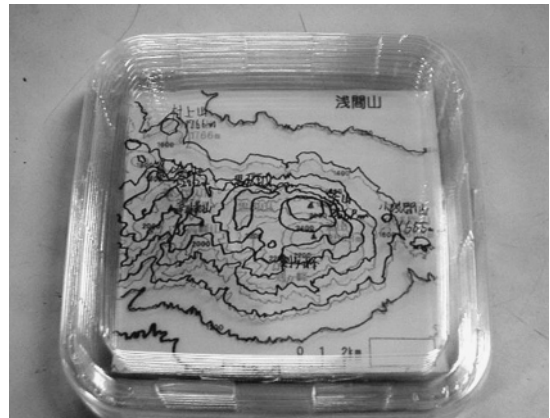


図 6 弁当パック火山模型（浅間山・生徒作品）

【教材 6】ウェブ紙芝居

「火山の教室」<http://vulcania.jp/school/contents/flash/cubic.shtml> で公開されている紙芝居形式のアニメーション。浅間山、阿蘇カルデラ、富士山の 3 つの火山の資料がある。それぞれ過去の噴火によってどのような地形の変化があったのかを視覚的に捉えることができる。

この教材は、教室で学習する上で障害となる時間的な問題（大きな噴火はたびたび起こらない。過去の噴火資料を生徒が調べたりまとめる時間的余裕がない。教師に教材を作成・準備する時間的余裕時間がない。）や空間的な問題（火山は教室に持ち込めない。校外学習を頻繁に行えない。）を解決する有効な教材であると考えられる。本実践では浅間山の PP「火山がつくる土地と人間生活」の中でリンクによって使用した。



図7 ウェブ紙芝居立体地形編 浅間山の画面
地形を変化させる火山活動の例として
① 2万4000年前の山体崩壊
② 溶岩ドーム形成
③ 平原・追分・吾妻火砕流
④ 鬼押出溶岩流出
⑤ 鎌原土石なだれを取り上げた。



図8 ウェブ紙芝居立体地形編 阿蘇カルデラの画面
① マグマが大量の火砕流となって噴出する
② マグマが無くなったあと、地表が陥没して凹地になった。

7. 授業実践

本プログラム開発にあたり、太田市立南中学校において、2005年2月に9時間にわたって授業実践を行った。本プログラムの素案を学校現場で実践し改訂することで、授業で実際に使えるものにするためである。

この授業実践では、観察者を置き、火山に対して適切な説明がなされているか、生徒に対して興味を持たせるような教材や資料であるか、生徒が感覚的に理解しているか、1時間の授業時間に対して内容や構成は適当かなどを生徒の反応を中心に観察し評価した。

表2 教材・資料と授業展開等についての評価所見

テーマ	評価所見
噴火の様子と噴出物	「PP 小中学生のための浅間噴火2004」 ○噴火動画に生徒は強い関心を示した。 ●噴出物を見せながらも、20分程度が望ましい。(今回は長くつくりすぎたので、後半は省略した。) ●溶岩流が紹介できなかった。 「エアバズーカ」 ○生徒が特に興味を示していた。 「コーラ噴火とサイダー減圧発泡」 ○噴火のメカニズムを反映したモデル実験であり、理解を十分助けた。 ○歓声上がるほど、生徒にアピールした。 ●教室内でやる実験として、さらに洗練する余地がある。
	○今までの火山の授業に比べ、興味・関心を持って取り組んでいたようである。 ●50分の中では少し盛りだくさんだったように感じる。
	「火山弾・軽石」 ○パン皮火山弾の表面のひび割れ、軽石の多孔質を十分理解させられた。(実物は説得力があった。)

火山噴出物とマグマ	<p>●スケッチは時間がかかっていた。</p> <p>「カルメ焼き」</p> <p>○パン皮火山弾のひび割れのできる課程を、生徒に想像させられた。</p> <p>○軽石の多孔質が、発泡によってできたことの理解を助けた。</p> <p>「偏光顕微鏡像」</p> <p>○溶岩中の鉱物や火山灰中の鉱物をきれいな印象を持って気づかせることができた。(「きれい！」という声があちこちから上がった。)</p> <p>○1分野で既習の「結晶」と関係づけて、鉱物を自然に理解させられた。</p> <p>○偏光顕微鏡は見る機会がないのでよかった。</p> <hr/> <p>●時間が不足したため、マグマとの関係を生徒に考えさせる時間がとれなかった。(鉱物の結晶がマグマの中に浮かんでいること、結晶以外のところがそのまま固まったものがガラスであること、噴出物を調べることで地下のマグマについて知ることができることをおさえて終わりにした。)</p>
火山の形、溶岩の色、噴火の様子とマグマ	<p>「弁当パック火山模型」</p> <p>○立体的に見えて、歓声上がるほど感動する教材である。</p> <p>○どの生徒も楽しんで取り組んでいた。</p> <p>●作り方の説明を聞いても、要領を得ない生徒が何人かいた。</p> <p>「カシミール 3D」</p> <p>○真上からの画像であるにもかかわらず、標高色で立体感を出しているの、よくわかったようだ。</p> <p>○鳥瞰図は教科書の写真資料とすぐに対応できるわかりやすいものである。</p> <p>○ソフトの機能が優れていて、感心を引いた。</p> <p>「等高線地図」</p> <p>●等高線地図だけでは、反応がなく、イメージが持てないようであった。(弁当パックを作る前)</p> <hr/> <p>●時間内に終わらない生徒が、1/3 ほどいて、次回までに完成させてくるという宿題になった。(カシミールや、材料配布、作り方の説明に時間がかかり、実質的な作成時間が 25 分ほどしかとれなかった。)</p> <p>・当然ながら、作業の早い子と遅い子の差が出てしまうので、できない子は宿題になるのも仕方がないことだ。</p> <hr/> <p>「小麦粉火山噴火モデル」</p> <p>○強い興味を持って、噴火モデル実験に見入っていた。噴火の瞬間は、歓声が上がった。</p> <p>○小麦粉 90g に、水 50ml と 100ml は、適度な粘性を生じさせている。</p> <p>●袋の上から小麦粉を触って、柔らかさの違いとして感じてしまったようである。(粘性の違いに気づかせるために直接触らせることにし、さらに、引きのばして見せて、「粘りけ」の違いを強調させる必要があった。)</p> <p>●噴出溶岩は、墨汁を入れる必要がない。(視覚的に汚く、触るのをためらう)</p> <p>「弁当パック火山模型とカシボード写真の対応」</p> <p>○大島、桜島は島地形なので対応が容易であったようである。</p> <p>●写す角度によっては、弁当パック火山模型と対応させづらい。</p> <p>「PP 溶岩の粘りけと火山の形・溶岩の色・噴火の様子」</p> <p>○噴火動画の印象の強さを感じた。</p> <p>●粘りけと噴火の激しさの関係が弱かった。</p> <hr/> <p>○噴火の動画や溶岩の写真、そして小麦粉(片栗粉?)を用いた粘りけの演示実験など次から次へと生徒が興味をひく内容であった。</p> <p>●溶岩ドームと盾状火山の大きさは圧倒的に違うので、形だけでなく大きさの違いも理解させたい。(キラウエアは、写真に写せないほど大きい)</p> <p>●マグマの粘りけと噴火の激しさを結びつけるには、盾状火山から見せた方がイメージが付きやすいだろう。</p> <p>●授業用のムービーを充実させる必要がある。(今後の課題)</p> <p>●前時でつくった火山の模型と関連させて考える活動が不十分であった。</p>

<p>火山がつくる地形・地層と人間生活</p>	<p>PP「火山がつくる土地と人間生活」 ●静止画だけでは余り興味を引きつけられず、生徒の注意が散漫になっていってしまった。 「ウェブ紙芝居」 ○一目でわかる利点があった。 ○アニメーション機能はインパクトがある。(山体崩壊) 「浅間の等高線地図に、過去の噴火の後を塗り分ける」 ●等高線の変化を見とれず、スクリーンに示されたところを特定するのに苦労していた。境界線をあらかじめ引いておくのと良いのではないか。 ○浅間の北の裾野で地質図を扱うのはいいかもしれない。ただし①生徒のレベルを考えると、区域を点線で示しておいて塗り絵をさせる。きれいに塗り分けられたことを満足する程度でいい。②紙芝居で地層の広がりを見せた上で、表面に現れている地層を時代の新しいものから塗る作業をしないと、地層の広がりを正しくとらえられない。 ●生徒の作業が予想以上に遅いことを考慮して計画するべきであった。</p>
<p>火成岩</p>	<p>「火成岩の観察」 ○産地の異なる同じ種類の岩石を提示したら、花崗岩と安山岩のグループに感覚的に分けられた。 ●火成岩のスケッチの要領が悪く、石の形にとらわれる生徒が多いので例を示すなど支援が必要である。 「偏光顕微鏡像」 ○偏光顕微鏡は、組織の違いを非常にわかりやすくした。 ○岩石が鉱物でできていることも、石基の部分が非晶質であることも、視覚的に捉えることができた。 ○スケッチがスムーズにできた。 ●結晶の成長と冷える速さの関係を理解する適切な教材があると良い。</p>
<p>火成岩と鉱物</p>	<p>「顕微鏡観察」 ○わんがけは、要領よく楽しく取り組んでいた。 ○顕微鏡を手にした生徒は意欲的に活動していた。 ●生徒が双眼実体顕微鏡の操作に慣れていないため、何を見つければよいかもわかって、どのようにすると見つかるかがわかっていなかった。 ●顕微鏡の数が不足している実態を考慮すべきである。 「鉱物写真」 ○「火山灰観察の手引き（地研研）」を、意欲的な生徒は有効に使っていた。 ○実験を中心にした授業で、生徒の活動は活発であった。(火成岩観察と同様に、全員の学習が成立するように、教材の数を準備するなどの改善の余地はある。) ●「鉱物が見えた」から「鉱物を同定する」は目標が高すぎるのだろうか。</p>
<p>火山の災害と恵み</p>	<p>「10min.ボックス、火山の災害・火山の恵み」 ○動画は生徒に受け入れられやすい。ビデオクリップにして1つ1つを示した方がもっと効果的だろう。 「防災マップ」 ○防災マップにまとめられている「火山災害」をみて、今までの学習を振り返ることができた。 ●「博物館でお弁当を食べている親子」について社会的な問題として議論するのは難しい。目標を「これは危ない」と感じることにして、生徒のレベルに合わせたらどうか。そして、火山（自然）を知るということが、意味のあることだと感じさせたい。 ○「生命に危険がおよぶ火山災害が起こった地域（早川、1993）」や「浅間地質図」「授業で知った噴火現象の理解」からリスクを読み取ることのほうが、「防災マップ」を使おうとすることよりも有意義だということを教えたい。</p>
<p>火山について</p>	<p>○意欲的に調べる姿が見られた。 ○火山についての学習の参考になるサイトの例として「火山の教室」を紹介したところ、自分でもアクセスした生徒がいて興味を示した。 ○火山について調べることで自分が意義のある経験である。</p>

調べよう

- 情報が多すぎて、サイトから何かを学び取ることを目標にするには、時間が足りない。
- 学校のインターネット接続環境に左右される要素が大きい。

破線の上は教材についての所見、破線の下は授業についての所見、また、○は長所を、●は短所を表す。

8. 成果と今後の課題

この授業実践全体を総括すると、本プログラムの長所として次のことがあげられると考える。

- (1) 実施授業数9時間は、他の単元の授業計画を圧迫することがなく適当である。
- (2) 教材や資料が豊富で、生徒が興味や関心をもって授業にのぞめる。
- (3) 火山についての教材や資料から、火山と噴火に対して適切なイメージがもてる。
- (4) 火山を、自然現象として捉えるだけでなく、人間生活と関わっていることを感じとることができる。
- (5) 火山の危険度を定量的に理解させることができる。

また、今後の課題として次のことがあげられる。

- (1) 9時間で消化するには内容や資料が多すぎるので、授業実践を通してさらに内容や資料を精選する必要がある。
- (2) 火山に対する生徒の認識がどのように育ったかを検証し、本学習プログラムを評価する。
- (3) 多くの学校現場で使われるようにするために、インターネットなどで公開して普及をはかる。
- (4) 現場の教師の批判を受けることで、改善・発展させる。

9. おわりに

学習指導要領の縛りが緩やかになり、教師が学習内容そのものを見直していくことが求められている。しかし、それがなかなか成されない実態がある。学校社会の中の理論や経験だけで考えていたのでは、授業や学習内容を変革することはむずかしい。今回のこの研究は、教育現場からいったん離れ、火山学や社会的な視点に立って作ったものである。本プログラムで学ぶことは社会で生きて使える知識であり、自然をどう理解して生きていったらよいかを示唆するものになると自負している。教育現場に、具体的な形でしかも現場に合った形でこの学習プログラムが提案できることは、大きな意義があると考えている。

本研究にあたり、多くの方々の協力をいただいた。早川研究室の皆さんはもとより、アドバイスをいただいた吉川研究室や群大地学教室・同期院生の皆さん、浅間山で出会えた「まえちゃんねつ」と縁の皆さん、授業に協力いただいた太田市立南中学校・旭中学校の職員・生徒の皆さんにこの場を借りて感謝申し上げます。

参考文献

〔論文・書籍〕

堀真季子・早川由紀夫（2005） 弁当パック立体模型を使った授業実践。群馬大学教育実践研究、22, 57-66

「教科書プラスシートー発展的な学習ー」東京書籍 平成 17 年 4 月発行

「小学校学習指導要領」文部科学省 平成 10 年 12 月告示 2004 年 1 月発行

「中学校学習指導要領」文部科学省 平成 10 年 12 月日告示 2004 年 1 月発行

「高等学校学習指導要領」文部科学省 平成 11 年 3 月告示 2004 年 1 月発行

「新しい科学」東京書籍 平成 14 年版

「中学生の地理」帝国書院 H16.1.20 発行

「火山灰分析の手引き 双眼実体顕微鏡による火山灰の砂粒分析法」地学団体研究会 1989.12.12 第 1 刷発行

〔WEB ページ〕

群馬県消防防災課 <http://www.pref.gunma.jp/hpm/ninaiteka/00039.html>

理科ネットワーク <http://www.rikanet.jst.go.jp/>

国土地理院 <http://www.gsi.go.jp/WNEW/PRESS-RELEASE/2004/1222.htm>

防災科学技術研究所 <http://www.bosai.go.jp>

フィールド火山学 <http://www.edu.gunma-u.ac.jp/~hayakawa/kazan/field>

もう失敗しません『カルメ焼き』 <http://www.ajiwai.com/otoko/make/karumeyaki.htm>

KASHMIR 3D <http://www.kashmir3d.com/>

北海道立理科教育センター <http://www.ricen.hokkaido-c.ed.jp>

ポータルサイト「火山の教室」 <http://vulcania.jp/school>

火山防災マップデータベース <http://www.gsj.jp/database/vhazard/>

まえちゃんねっと火山情報掲示板 <http://vulcania.jp/bbs/>