

# 火山灰中の鉱物同定のための鉱物標本セットの中学校理科授業への導入

武藤正典<sup>1</sup>・石橋信弘<sup>2</sup>・林優子<sup>3</sup>・香川雅子<sup>4</sup>・勝田長貴<sup>4</sup>・川上紳一<sup>3</sup>

<sup>1</sup>岐阜市教育委員会・岐阜市教育研究所

<sup>2</sup>岐阜県教育委員会・飛騨教育事務所

<sup>3</sup>岐阜聖徳学園大学・教育学部

<sup>4</sup>岐阜大学・教育学部

## Introduction of a set of mineral samples for identification of minerals in volcanic ashes in the science classes of junior high schools

Masanori Muto<sup>1</sup>, Nobuhiro Ishibashi<sup>2</sup>, Yuko Hayashi<sup>3</sup>, Masako Kagawa<sup>4</sup>, Nagayoshi Katsuta<sup>4</sup>,  
Shin-ichi Kawakami<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Gifu City Reseach Center of Education, Gifu, 501-3133, Japan*

<sup>2</sup>*Gifu Prefectural Board of Education Hida Office, Takayama, 506-8688, Japan*

<sup>3</sup>*Faculty of Education, Gifu Shotoku Gakuen University, Gifu, 501-6194, Japan*

<sup>4</sup>*Faculty of Education, Gifu University, Gifu, 501-1193, Japan*

### 要旨

中学校理科の単元「大地のつくりと変化」のなかで、火山灰を採取して洗浄し、プレパラートを製作して火山灰中の鉱物を調べる実験が位置づけられている。火山灰中の鉱物を同定する資料として教科書に火山灰中の鉱物粒子を撮影した写真が掲載されているが、こうした資料だけで火山灰中の鉱物を同定することには困難が伴う。本研究では、火山灰層や火山起源の海浜堆積物(砂鉄)を採取し、鉱物ごとに分離した火山灰鉱物標本セットを製作し、岐阜県内のすべての公立中学校への配布を目指している。本論文では、火山灰鉱物標本セットの製作と岐阜市内の中学校への先行配布を受けて、授業での活用例について報告する。火山灰中の鉱物の種類や含まれる比率をマグマの性質や火山の形と関係づけるには、教材として用いる火山灰に関するさらなる検討が必要である。

キーワード：火山灰、高山軽石層、砂鉄、鉱物、標本、中学校

## 1. はじめに

中学校学習指導要領解説一理科編では、中学校第1学年の単元「大地の成り立ちと変化」に関する記述の中で、「火山噴出物については、溶岩や軽石、火山灰などの色や形状を比較しながら観察させ、その結果をマグマの性質と関連付けて考察させる。その際、異なる火山の火山灰について、例えば、実体顕微鏡を用いてその中に含まれる火山ガラスや鉱物の色、形などを比較しながら調べさせる」と記述されている。これを踏まえて、これまでの多くの授業実践では、複数の火山灰を用意し観察することを通し

て、火山灰は色や形が異なる何種類かの粒からできていることに気付き、その粒を「鉱物」ということを理解したり、「火山灰によって含まれる鉱物の種類や割合が違う」ことを見だし、火山の形や溶岩の色と関係付けて考えさせたりしてきた。

岩石や鉱物に関する学習では、岩石が鉱物の集合体であることを理解させることが大きな目標であるが、偏光顕微鏡を用いた観察は、プレパラートの製作、偏光顕微鏡の確保、岩石の光学的性質や偏光顕微鏡のしくみに関する教師の知識が不十分であることなどの課題があり、実体顕微鏡を用いた火山灰の

観察が広く行われてきた。

双眼実体顕微鏡を用いて火山灰を観察し、各粒子が鉱物なのか鉱物ではないのか、また鉱物ならばどの鉱物なのかを判別することは容易ではなかった。そもそも、かんらん石、輝石などの多くの鉱物は固溶体であり、主要な陽イオンが作る酸化物であるMgO、FeO、CaOの比率に大きな変化があり、その比率によって色調に多様性がみられるので、実体顕微鏡での観察では識別が困難である。さらに、長石や黒雲母は風化の程度によって色調が変化していることもあるので、産地や時代の異なる火山灰の比較では、同じ鉱物であるのに、見かけが大きく異なる事例があることも判別を困難にしている。こうしたなかで、教科書等に示されている写真は、典型的な鉱物標本の一例であり、それらと授業で使う火山灰中の鉱物の見かけや特徴がびたりと一致することはまずないので、生徒の同定作業における判別の指標にならない。

一方、火山灰層は鍵層として地層の年代測定に役立つことから、専門家による研究も盛んで、町田・新井(2003)や町田(2016)などの専門書では、国内の多くの火山灰が記載されているが、想定されている読者は中学校の教員対象ではなく、授業改善に直接役立つようなものではない。こうしたなかで、教員の中には、自らフィールドで火山灰を採集して、火山灰中の鉱物を分離し、授業に活用している例がある(小郡中理科部研究グループ, 1987; 小川, 2016; 浜多ほか, 2018)。その一方で、適切な火山灰の確保やプレパラートの製作方法でも課題があることから、土佐ほか(2012)は、河川砂の教材化を試みている。しかし、中学校によっては、授業で使う火山灰標本や鉱物を見分けるための火山灰中に産する鉱物標本を確保して、生徒にじっくり観察させるような環境は整っていないのではないかと考えられる。

本研究では、実体顕微鏡下で同定しやすい鉱物を用いて鉱物標本作製し、火山灰を観察する際に比較観察させることで、鉱物の同定における難易度を下げることを目指して、岐阜県内の全公立中学校に配布し、全県的に火山灰の観察の授業を充実させようというものである。教材化した鉱物は、地質時代の火山灰を洗浄して土壌と鉱物粒子を分離したあと、ピンセットや磁石を使って鉱物を分離した。製作した火山灰標本セットは、岐阜市の中学校に先行的に配布して授業実践で活用できるようにした。すでに火山灰鉱物標本セットを配布した中学校では、今後

どのように授業で活用していくのが、課題である。そこで、本論文では、火山灰標本セットの製作および県内の中学校への配布状況および活用事例について報告する。

## 2. 「火山灰鉱物標本セット」について

岐阜県高山市周辺の分布する約30万年前の高山軽石層(田村・鈴木, 2001)に、典型的ともいえる石英、長石、黒雲母、角閃石が含まれている。飛騨地区の教員の間ではこの火山灰層は有名であり、教材として活用させてきた。2017年に高山市で開催された岐阜県中学校理科教育研究会大会において、参加した教員にこの火山灰が配布された。この火山灰を実体顕微鏡下で観察したところ、石英、長石、黒雲母の同定が容易であることから、火山灰中の鉱物を種類ごとに分類した鉱物標本セットが作れるという認識に至った。高山軽石層の火山灰は高山市上野地区の地主の方に協力していただき、大量に入手可能となり、本研究を構想した。高山軽石層にはみられない輝石と磁鉄鉱については、鹿児島県志布志湾の砂鉄を篩い分けしたものが、磁鉄鉱80%と紫蘇輝石20%の比率で混ざっていることがわかり、これらを弱い磁石を用いて分離することで大量に確保できた。かんらん石については火山灰中にわずかしかな産しないため、アリゾナ州サンカルロス産ダナイトを粉碎して、かんらん石からなる鉱物片を取り出し、鉱物の種類としては全部で7種類と、それらを混合した標本からなる火山灰鉱物標本セット(図1)を製作した。

高山軽石層は土壌化が進んでいるため、鉱物を多く含む層準で試料採集をしたあと、水でよく洗って土壌分を取り除き、超音波洗浄し乾燥させ、篩で粒子をそろえたものをピンセットで一粒ずつ拾い分けしている。アリゾナ産のダナイトには、輝石も含まれるため、かんらん石の粒子をピンセットで拾って分離した。

7種類の鉱物「石英」「長石」「黒雲母」「角閃石」「輝石」「かんらん石」「磁鉄鉱」と、それら7種類の鉱物をすべて混ぜ合わせたものを、それぞれクリアケース(アズワン、スチロール透明角型ケース)に入れ、鉱物標本「火山灰鉱物標本セット」とした。クリアケースに入れることで、そのまま双眼実体顕微鏡等で観察が可能となり、火山灰に含まれる鉱物を同定する際に、比較観察が容易になる。また、火山灰鉱物標本セットの鉱物を撮影した資料(図2)には、小笠原諸島父島産の輝石(古銅輝石)の写真も掲載し、化学組成によって同じ鉱物でも色が違う

ことを示した。



図1. 火山灰鉱物標本セット。



図2. 火山灰鉱物標本セット中の鉱物を撮影して作った資料。

間位置付けた。授業実践は、2019年2月に、岐阜市立長良中学校で行った。

単位時間のねらい等	
第1時	<p>&lt;ねらい&gt; 御嶽山の火山灰を観察し、火山灰はマグマが冷えてきた粒からできており、特に結晶化したものを「鉱物」ということ知る。〔知識・理解〕 ⇒「火山灰鉱物セット」を実体顕微鏡で見ながら「鉱物」の種類について学習する。</p>
第2時	<p>&lt;ねらい&gt; 雲仙普賢岳と三原山の火山灰の色が違うことに疑問をもち、それぞれの火山灰を比較しながら鉱物を観察することを通して、含まれる鉱物の種類や割合が違うことに気付き、マグマの性質が異なるため、雲仙普賢岳の火山灰は無色鉱物が多いため色が白っぽく、三原山の火山灰は有色鉱物が多いため色が黒っぽいことを見いだすことができる。〔科学的な思考・表現〕 ⇒雲仙普賢岳と三原山の火山灰を「火山灰鉱物セット」の鉱物と比較観察し、鉱物の種類や割合の違いに気付かせる。</p>

### 3. 指導計画

火山灰については、小学校第6学年の単元「大地のつくりと変化」においても学習しており、鉱物を火山活動で生じた粒子として観察した経験や、火山灰からできた地層があるという知識を身に付けている。

これらの学習を踏まえた時、中学校では、まず「火山灰は“鉱物”からできていること」を理解することが重要である。それが、火成岩にかかわる学習にもつながる。また、複数の火山灰を「鉱物」を視点としながら比較することで、組成の違いに気付き、その結果をマグマの性質と関係付けて考察したり、火山灰の固有性が「かぎ層」としての役割を果たすことを理解したりすることができる。よって、まずは火山の噴火様式や火山体の形の違いについて、御嶽山や三原山を取り上げて学んだ後、火山噴出物に関わる学習の最初に、火山灰についての学習を2時

### 4. 授業実践

#### (1) 第1時について

第1時では、火山の形とマグマの性質との関わりについて学んだ際に取り上げた御嶽山の火山灰を提示し、火山灰がどのような粒からできているのか、小学校での学習を振り返りながら課題化を図った。御嶽山は2014年に水蒸気爆発を起こして、多くの人的被害がでており、岐阜県にある活火山の一つとして生徒には、身近な事象であるため、教材として意図的に取り上げた。そして、実際に「椀がけ法」で火山灰を観察した。

観察の結果、生徒から「白色や黒っぽい粒もある。」「他にも、茶色の粒や灰色をした少し大きめの粒があり、形も色々だ。」と、得られた事実が明らかとなった。そして、マグマが冷えてできた粒が集まっているのが火山灰であることを、全体交流を通して明らかにした後、単位時間の役割を踏まえて教

師が意図的に説明を行うことにした。なぜなら、鉱物やその種類についての知識は、生徒が見いだすものではなく、教師が導きながら理解をする学習内容だからである。

特に、鉱物の種類については、これまで教科書の写真を用いてきたが、ここで火山灰鉱物標本セットを用いた。班ごとに配付し、クリアケースに入っている鉱物を双眼実体顕微鏡で観察させながら、順に鉱物を紹介した。生徒は、名称を知るとともに、

「あつ、この鉱物、御嶽山の火山灰にもあった。長石って言うんだね。」というつぶやきがあったため、このような鉱物の同定につながる発言を価値付けるとともに、火山灰に含まれる鉱物の種類、さらに無色鉱物や有色鉱物について確認をした。



図3. 実体顕微鏡で火山灰中の鉱物を観察する生徒。

次に、火山灰鉱物標本セットで、火山灰中にみられる鉱物の特徴を一種類ずつ観察したあと、御嶽山の火山灰中の粒子について振り返させたところ、生徒から「御嶽山の火山灰には、灰色の少し大きい粒がたくさん含まれていたけれど、鉱物セットと比べて同じ特徴を持つ鉱物がなかった。この粒は何なのだろうか」と疑問が投げかけられた。

それは、本実践で用いた御嶽山の火山灰が水蒸気爆発によって噴出したものであり、類質岩片をたくさん含んでいたためである。ここで、その粒が何なのか生徒に考えさせることも場合によっては必要になるが、本時においては、そのための足場が生徒にはないため、教師が噴火のモデル図を示しながら、水蒸気爆発によって火山体を構成していた過去の火山噴出物が粉碎されて火山灰になったことを説明した。火山灰中の鉱物をマグマの性質と関係づけて考察するには、マグマが冷えてできた火山灰を観察す

る必要があることを本時のまとめとした。

## (2) 第2時について

第2時は、第1時の学習を生かしながら、雲仙普賢岳と三原山の火山灰の特徴の違いを、鉱物を視点としながら考える時間である。いずれもマグマの活動をともなって噴出した火山灰である。

### ① 事象提示

最初に、雲仙普賢岳と三原山の火山灰を提示する。2種類の火山灰を ICT 機器で拡大提示して全員が見えるようにしたり、各班に火山灰を配付して実際に観察させたりする中で、色や形の違いに気付かせた。気付いたことを全体で交流する中で、生徒は、「両方とも火山灰だけど、色が違う。」

「火山の形について学習したときに見た溶岩と同じで、雲仙普賢岳の火山灰の色は白っぽい、三原山の火山灰の色は黒っぽい。」

など、色の違いに気づき、多くの生徒が疑問をもった。

### ②課題化

そこで、雲仙普賢岳と三原山の火山灰が違うという事実を全体で確認し、「雲仙普賢岳と三原山の火山灰の色が違うのはどうしてだろうか。」と課題化を図った。

### ③予想の立案

課題を設定した後、生徒は予想を立て始めた。ここで足場となるのが、前時の学習である。生徒は、火山灰は複数の鉱物から成ることを学んでいるため、その既習事項を生かして、

「前の学習から、火山灰の正体は鉱物だった。だから、含まれる鉱物の種類が違うと思う。」

「鉱物の種類だけでなく、含まれる鉱物の割合が違うから色が変わるのではないかと思う。」

「雲仙普賢岳の火山灰の色が白っぽいのは無色鉱物が多く、三原山の火山灰の色が黒っぽいのは有色鉱物が多いのからではないか。」

など、根拠のある予想を立てることができた。

### ④観察

ここまでの見通しの中で、「鉱物」に着目することが課題解決への糸口であることをすべての生徒が認識しているからこそ、予想の最後には「早く洗って双眼実体顕微鏡で見てみたい。」という声があがった。よって、雲仙普賢岳と三原山の火山灰を蒸発皿に入れ、水で洗った後、双眼実体顕微鏡で観察した。

観察の際には、各グループに3台の双眼実体顕微鏡を準備し、雲仙普賢岳、三原山、鉾物セットの3種類が同時に観察できる環境を作った。鉾物の同定に困った際には、鉾物セットの鉾物と比較するよう教師が促したり、どの鉾物にも該当しない場合は岩片であることを一緒に確認したりしながら、生徒一人一人が適切に観察を行うことができるよう配慮した。

## ⑤考察

そして、観察から得られた事実を明らかにし、火山灰の色の違いについて考察し、全体で交流した。「雲仙普賢岳には、灰色の小さな岩片たくさん含まれていた。きっと、三原山のように溶岩が流れるような噴火ではなく、ビデオで見たような火砕流など爆発するような噴火によって周りの岩石まで出てきたんだ。」

「雲仙普賢岳の火山灰には、石英や長石、角閃石がたくさん含まれていたけれど、三原山の火山灰には、長石や角閃石だけでなく、輝石やかんらん石も含まれていた。」

「雲仙普賢岳の火山灰の半分以上が、石英や長石で、角閃石は少しだけだった。でも、三原山の火山灰には、角閃石や輝石、かんらん石がたくさん含まれていて、長石は少しで石英は一つもなかった。」  
「これらの事実から、雲仙普賢岳と三原山の火山灰に含まれる鉾物の種類や割合が違うと言える。雲仙普賢岳の火山灰には、石英や長石といった無色鉾物が多く、三原山の火山灰には、角閃石や輝石、かんらん石といった有色鉾物が多いため、雲仙普賢岳は灰色で、三原山は黒っぽい色をしていることがわかった。」

「火山の形はマグマの粘り気によって決まることを前に学習したけれど、マグマの性質が異なると、含まれる鉾物の種類や割合も異なって、火山灰の色も異なるんだ。」

など、事実を確認し、その事実を基にした考察を交流する中で、本時のねらいに迫ることができた。含まれる鉾物の種類の違いだけでなく、長石や角閃石など同じ鉾物でも含まれる割合が違い、結果として有色鉾物と無色鉾物の割合も異なる事実気付いたことが確かな考察につながった。また、全体交流の冒頭で生徒が発言したように、岩片など鉾物以外についても生徒自身が判断をし、噴火の様子とつなげて考察することができた。

## ⑥終末事象

終末事象として、第1時に観察した御嶽山の火山灰を提示し、雲仙普賢岳や三原山の火山灰と比べると、より白色である理由を考えさせると、本時の学びを深めた。

## 5. 議論

### (1) アンケート結果から

学習後のアンケートにおいて、「鉾物の種類を判断したとき、役に立ったのは何ですか。」と質問したところ、「前時の学習：5.3%」「教科書の写真：2.6%」「火山灰鉾物セット：92.1%」という結果になった。また、その理由を記述させたところ、「無色鉾物と有色鉾物くらいは分かるけれど、特に有色鉾物が区別できなかったとき、火山灰鉾物セットと比べてみることで、どの鉾物かをはっきりさせることができた。」「クリアケースに入っていることで簡単に比べることができる。」「色だけでなく、鉾物の形も色々で、教科書の写真のような形にはなっていなかった。だから、火山灰鉾物セットを見ることで、同じ鉾物でも色々な形になっている（割れたりして？）ことが分かったので、色と形から鉾物を比べることで区別することができた。」と述べている生徒が複数いた。よって、鉾物セットの鉾物と、雲仙普賢岳と三原山の火山灰を直接比較することが、鉾物の同定に大きく役立っていることが分かった。

### (2) 地学教育における教材の確保の意義

新しい学習指導要領では、児童・生徒に主体的な学習を促すなかで、興味・関心を高め、さらに学びたいという意欲を喚起するような指導が重視されるようになっている。地学分野の事物・現象は野外学習が重要であるが、その実施にはさまざまな制約がある。岩石や鉾物の標本は、実感を伴った理解を図る手立てとして重要であり、実際に鉾物に触れた児童・生徒からは、鉾物の美しさを知って感動したといった感想が多く出るという報告がある（大場・古川、2003；土佐ほか、2017）。

さらに、火山灰中の鉾物を同定することを踏まえて、火山噴火様式や火山の形との関連性を追究させるには、鉾物の同定のスキルを育成させる必要がある。火山灰中の鉾物の種類やその見かけの形態は、同じ鉾物であっても変化に富むので、鉾物の判別に



は困難を伴う。しかし、いろいろな鉱物をじっくり観察していくことで、目が慣れてくると、鉱物ごとの質感がわかってきて、経験的に鉱物を見分けることができるようになる。そのためには、鉱物ごとに分離された鉱物標本を観察することが第一歩となる。

実際に、火山灰中の鉱物のなかで、角閃石と輝石を見分けることや、新鮮な火山灰では石英と長石の見分けが困難な事例は多いので、せめて有色鉱物と無色鉱物の比率に焦点を当てて、観察させるような指導が現実的である可能性がある。

### (3) 火山灰学習における留意点

いろいろな火山の噴火で噴出した火山灰が教材用に利用されているが、2014年の御嶽山の水蒸気爆発のような例では、新しいマグマの活動で生成した火山灰はほとんどなく、マグマの熱によって地下水が急激に蒸発して爆発を起こす水蒸気爆発で山体を構成していた岩石が粉碎して飛び散った火山灰が降り積っており、こうした火山灰中には鉱物は少なく、岩片 (lithic fragment) であることが多い。桜島や霧島の火山灰にもかなりの割合で岩片が含まれていることが多い。中学校の理科の教科書では、鉱物以外に岩片が含まれることが扱われていないため、岩片を鉱物と誤同定する場合がある。また、桜島や霧島の火山灰中に黒雲母が含まれるといった生徒の発言もみられる事例がある。火山灰の観察では、岩片が含まれること、岩片と鉱物の違いを徹底させるような指導の工夫も必要である。

今回授業で用いた三原山の火山灰 (噴出物) については、含まれる鉱物は斜長石、輝石、磁鉄鉱である (森本・小坂, 1951; 中野・山元, 1987)。また、雲仙普賢岳の火山灰には、斜長石、角閃石、黒雲母、石英、磁鉄鉱が含まれている (中田・本村, 1997)。これに対し、生徒の発言では、三原山の火山灰中に、角閃石やかんらん石が含まれているという発言がみられたが、角閃石については輝石と、かんらん石については火山ガラスと混同した可能性がある。今回は、典型的な火山灰層から鉱物を分離して、火山灰好物標本セットを作成したが、探究学習で使用する火山灰についても事前にどのような鉱物が含まれているかを明らかにしたうえで、生徒が誤同定しないように、火山灰を採集した火山に関する情報を提供するとともに、標本セット中の鉱物と形態が似た火山灰を採集して教材化するなど、さらなる教材研究が必要である。

今回用いた三原山と雲仙普賢岳の火山灰について、生徒は、火山灰の色と含まれている鉱物の種類や割合について考察している。実際の火山灰の色については、鉱物の種類ではなく、岩片の色による可能性があり、火山灰の色と鉱物の種類や割合をマグマの性質と関係づけて考察できるかは、用いる教材に依存するので、火山学的に意味のある考察を促すには、用いる火山灰を適切なものを選ぶ必要がある。

## 6. おわりに

本実践の有効性を確認できたため、「火山灰鉱物セット」と合わせて、岐阜市教育委員会が作成した「火山灰鉱物セット活用の手引き」を配付し、活用を促した。生徒の学びを支援する教材の作成と、その学びを支える教師の手引きを一体として活用することで、理科の本質に迫る指導力の向上につながることを考える。火山灰鉱物標本セットを活用した授業実践を試行したが、生徒の誤同定を無くすことには限界がある。さらなる授業改善を行って、火山灰中の鉱物の種類や比率をマグマの性質や火山の形に関係づけるには、観察する火山灰についても適切なものを採集して教材化する必要がある。

謝辞. 本研究の一部は日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究 (C)「探究的な学びで見方・考え方を育み問題解決を促す理科教育に関する研究」(研究代表者: 川上紳一, 課題番号 18K02965) を使用した。ここに記して深謝する。

### 文献

- 浜多嘉太・三好雅也・藤井純子 (2018) 福井県坂井市三国町の海岸に分布するガラス質凝灰岩の教材化, 福井大学教育実践研究, 43, 89-96.
- 町田瑞男 (2016) 火山灰中の鉱物検索・鑑定図鑑 - プレパラートの不思議, 第四紀文献センター, 237 p.
- 町田洋・新井房夫 (2003) 新編火山灰アトラス, 東京大学出版会, 366p.
- 森本良平・小坂丈予 (1951) 伊豆大島三原山の岩石, 地学雑誌, 60, no. 3, 136-140.
- 中野俊・山元孝広 (1987) 伊豆大島火山 1986 年噴出物の主要化学組成, 地質調査月報, 38, no11, 631-647.

- 中田節也・木村慶信（1997）雲仙普賢岳のマグマ溜りと斑晶・暗色包有物の起源，42（特集号），S167-S174.
- 小郡中理科部研究グループ（1987）小郡町内の火山灰層 - 身近な自然の教材化 - 地学教育と科学運動，16，43-50.
- 大場孝信・古川瞳（2003）火山灰を利用した実践教育，上越教育大学研究紀要，23，No. 1，267-274.
- 小川政之（2016）実体顕微鏡による火山灰中の鉱物の観察，地学教育と科学運動，75，91-94.
- 田村糸子・鈴木毅彦（2001）中期更新世広域テフラ Ng-1 と飛騨地域に分布する高山軽石層との対比，第四紀研究，40，295-305.
- 土佐純一・白井輝・吉川和男（2012）河川砂の教材化とその実践例 - 特にプレパラート作成法の工夫について - ，群馬大学教育実践研究（別冊），第30号，1-8.