

[理 科]

岩石薄片作製を取り入れた火成岩の学習

ー簡便化された岩石薄片と偏光顕微鏡の作製及びマグマづくりを通してー

鬼木 哲人*

1 はじめに

中学校学習指導要領では第1学年の「火山活動と火成岩」において、「火山の形、活動の様子及びその噴出物を調べ、それらを地下のマグマの性質と関連付けてとらえるとともに、火山岩と深成岩の観察を行い、それらの組織の違いを成因と関連付けてとらえること」とされている。そのため、代表的な火山岩と深成岩を用いて組織の違いを観察する。

しかし、火山岩と深成岩を肉眼で観察しただけでは、組織の違いに気づくことは困難である。東京書籍が平成24～25年に教員を対象に実施した中学校理科定着度調査においても、火成岩の組成と成因の指導上の問題として「斑状組織と等粒状組織の理解が低く、間違いが多い」、「実際の岩石標本と教科書のイラストにギャップがある」などがあげられている。また、本単元学習前の生徒に対し、火山岩（花崗岩：鉱物の大きさは3mm程度）と深成岩（はんれい岩：斑晶の大きさは2mm程度）を見せ「どちらの方が大きい粒が集まってできているか。」と質問したところ、正解率は6割（13人中8人が正解）であった。このことから肉眼での観察だけでは組織の違いが分かりにくいと言える。

そこで、本研究では組織のつくりが観察しやすい岩石薄片を生徒一人一人に作製させ、その薄片を観察することにより組織の違いを生徒自ら発見し、理解できる授業の実践を行う。資料画像を見るのではなく実際に薄片を作って観察することで、斑状組織と等粒状組織の違いを実感することができる。また、市販の岩石プレパラートは10枚で3万円弱と大変高価である。そのため、簡便化された岩石薄片と偏光顕微鏡の作製を提案することにより、生徒一人一人が岩石薄片を作り、それらを観察できるようにしたい。また、火成岩の学習に関連してマグマをつくることで火成岩への興味・関心を高め、酸性岩と塩基性岩の粘性の違いを直接観察し、理解できるようにしたい。

2 方法

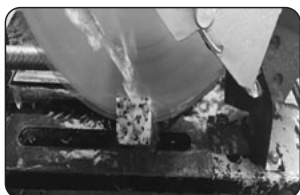
(1) 岩石薄片の作製

岩石切断機と研磨機はともに数十万円と高額である。そこで岩石切断機の代用品として卓上スライドソー[新興製作所VSC-165]（7,000円程度）にダイヤモンドカッター[IWOOD#99550]（3,000円程度）を装着したものを使用し、研磨には耐水研磨紙を用いた。耐水研磨紙での研磨を眞崎ら（2011）は耐水研磨紙の耐久性の点において経済的課題があり、チップが厚くなると薄片作成に相当の時間を必要とするなどの課題があるとして合成砥石で研磨を行っている。しかし砥石も多くなると高額である。そこで、使う耐水研磨紙の量を減らすため、岩石を1mm以下の厚さに切断した。通常は岩石が割れないように厚さ2～3mmに切断するが、はんれい岩、花崗岩、流紋岩、閃緑岩、安山岩は厚さ1mm以下でも割れずに切断でき、研磨中にも割れなかった。また、スライドガラスへ接着する岩石チップの表面は切断時に滑ら



1 岩石試料の準備

- ・花崗岩には御影石、安山岩には鉄平石を使用。
- ・はんれい岩を観察する場合は、黒御影を使用。



2 岩石チップ作成

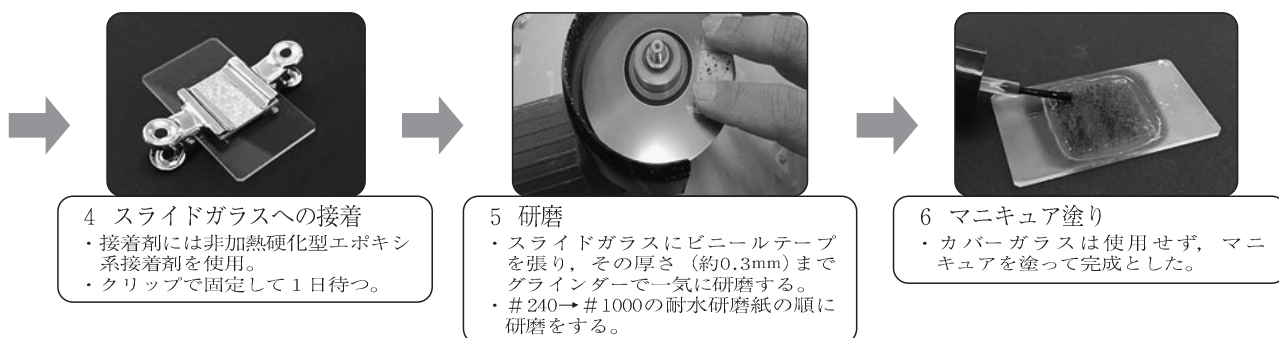
- ・切断の際は粉塵が舞うことと、ダイヤモンドカッターの刃の温度上昇による磨耗を防ぐため水をかけながら行う。
- ・切断後、グラインダーで20mm×20mmの大きさに整える。



3 面づくり

- ・#1000の耐水研磨紙で磨く。
- ・滑らないように岩石チップを両面テープで指に貼り、耐水研磨紙も動かないようにセロハンテープで机に固定する。
- ・霧吹きで少量の水を研磨紙に付ける。

* 上越市立安塚中学校



かになるため、#1000の耐水研磨紙での研磨のみとした。そして、スライドガラスに接着した岩石チップの粗研磨にはダイヤモンドディスク[龍宝丸#1041](700円程度)を装着したグラインダー[新興製作所SDG-100G](3,000円程度)を使用し、厚さ0.3mmまで教師が事前に研磨するようにした。これにより使用する耐水研磨紙は#240と#1000が各々1枚で済む。耐水研磨紙はインターネット販売で1枚30円弱で購入できる。上記の図が作業手順である。

(2) 偏光顕微鏡の作製

偏光顕微鏡は高価であり、十万から百数十万円程度する。そこでなるべく安価に作製するために、生物顕微鏡に偏光顕微鏡の機能を付加することにした。まず、偏光顕微鏡は偏光板1枚を通して薄片を見ること(平行ニコル)と偏光板2枚を通して薄片を見ること(直交ニコル)ができなければならない。さらに、多色性や干渉色を観察し鉱物を同定するために薄片を回転させる回転ステージが必要となる。先行研究では東レ理科教育賞受賞作品の國光氏(昭和53年受賞)(図1)や、三輪氏(平成12年受賞)(図2)の自作の偏光顕微鏡がある。しかし、作成に多くの費用と時間を費やさなければならず、授業に取り入れるには困難である。これらの先行研究をうけ、佐々木ら(2008)がシャーレを用いて簡単に安価に回転機能を有する簡易偏光顕微鏡を作製している。この偏光顕微鏡は、偏光顕微鏡としての機能は十分であるが、ペトリ皿を回転させるときにがたつきを軽減するための調整が必要であること、薄片を固定しないためステージ回転中に薄片が移動してしまうこと、また、偏光顕微鏡としての十分な機能は総合倍率28倍までであること、ステージが何度回転したかが分かりにくいことなどの改善の余地がある。そこで、本研究では安価にかつ先行研究の欠点を改善した簡易偏光顕微鏡を作成した(図3)。以下、回転ステージ、偏光板、回転ステージのセンタリングに分けて説明をする。

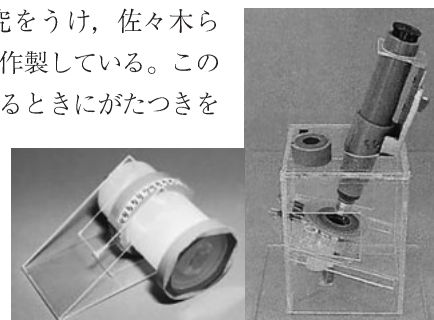


図1 國光氏の作品 図2 三輪氏の作品
(東レホームページより引用)

① 回転ステージの作成

回転機能をCDケースに入ったCDを回すことで可能にした。CDケースの中心部分は光を通すように穴を開け、片側の端にはCDを指で回せるようにくぼみを作った(図4)。CDには何度回転させたかが分かるようにCD用のラベルシールに円分度器を印刷して貼った。また、プレパラートを固定できるようにクリップを2つ付けた(図5)。CD、CDケース、CDラベル、偏光シート、クリップを含め1台あたり50円程度で作製できる。

② 偏光板の装着

1枚目の偏光シートは接眼レンズの内部に装着した(図6)。ほとんどの接眼レンズはねじ式で2つの部品に分かれる。そこに丸く切った偏光シートを装着した。倍率の異なる接眼レンズが複数付属している顕微鏡では、普段使用しない接眼レンズに偏光シートを装着したままにすると準備時間を減らすことができる。

2枚目の偏光板は回転ステージとして使っているCDケースの底に貼り付けた(図7)。宇留野ら(1982)はステージの下のしぼりの穴の1つに偏光シートを貼っている。これは、偏光シートが付いていない絞りの穴に変えることで直交ニコルから平行ニコルに変えることができ、生物顕微鏡として使用する際も偏光シートが付いていない穴を使用すればよいからである。しかし、虹彩絞りの顕微鏡ではこのようにできない。そこで、CDケースの底に偏光シートを貼り付けた。回転ステージを生物顕微鏡のステージに付けるときには、偏光シートよりも厚い両面テープを使って貼り付けた。平行ニコルにする場合は偏光シートが入っていない接眼レンズを使用する。

③ センタリングについて

回転ステージの中心が顕微鏡の視野の中心と一致していないと、ステージを回転させたときに観察したい場所が視界から外れてしまう。そのためセンタリングが必要になる。最初に回転ステージに点を書いたスライドガラスをセットし、

接眼レンズを覗きながらその点がある場所で回転するようにCD上のスライドガラスの位置を調節する。その後、接眼レンズを覗きながら点が視野の中心になるように顕微鏡のステージに回転ステージを取り付ける。センタリングは高倍率でする方がより正確にできる。40倍の倍率でセンタリングを行うのであれば1台1分ほどで調整できる。



図3 作製した簡易偏光顕微鏡

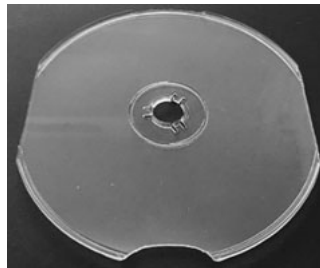


図4 加工したCDケース



図5 目盛とクリップをつけたCD

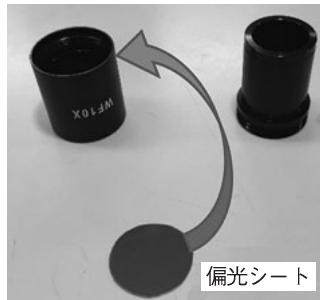


図6 接眼レンズへの偏光シートの装着

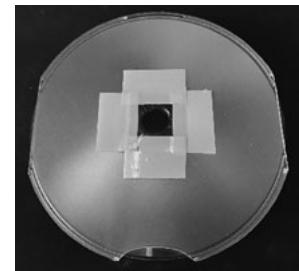


図7 CDケースへの偏光シートの装着

(3) マグマづくり

下岡ら (2011) が七輪でマグマをつくる実践を行っている。七輪を二つ使い、一つは半分に切断してひっくり返してもう一つの七輪の上に重ね、ステンレス線でステンレス容器を固定してそこに岩石試料を入れて加熱している。下岡らの実践ではマグマをつくるだけであったが、本研究では2種類の火成岩を溶融させ、マグマの粘性の違いを観察できるようにした。そのため、マグマの性質に融剤（同量の炭酸水素ナトリウムとホウ砂を混ぜたもの）があまり影響しないようにできるだけ融剤の使用量を減らした。生徒に加熱する前の岩石を見せるときにも融剤の量が多いとはんれい岩であっても白く見えてしまう。下岡らは岩石試料と融剤の質量比をおよそ1:3にしているが、本研究ではおよそ3:2にした。そのため、炉をより高温にすることが必要になった。そこでまず、耐火レンガを並べて炉を作り、その上に半分に切った七輪をひっくり返して置き、底の方を蓋として使った

(図8)。これにより炭が入る量が増え、また、蓋をすることで炉の中を長時間高温にでき、試料が十分融解する。高温になるため、鉄線（径3mm）も溶断してしまうので、細長いレンガを中心に設置し、その上につぼを置いた。蓋をするため火の粉は飛びにくい、蓋を取ったり、通気口から様子を見たりするときには保護眼鏡を着用するなど注意が必要である。炭にはオガ備長炭を使用した。酸素の供給のために、レンガを削って穴をあけ、ドライヤーで「弱 (set)」の強さで送風した。マグマの粘性の違いが分かりやすいように、試料には花崗岩とはんれい岩を使用した。岩石試料は2mm程度に砕き、40gをるつぼ（容量50ml）に入れ、そこに融剤25gを加えてかき混ぜた。試料は加熱から20分ほどで完全に溶融する（図9）。授業では10分間だけの加熱により、十分実験できる程度まで溶融できた。



図8 使用した炉 図9 作りだしたマグマ

3 実践

(1) 岩石薄片の作製

薄片づくりには深成岩としてはんれい岩、火山岩として安山岩を使った。生徒に身近な火成岩は花崗岩であるが、花崗岩中の石英が他の鉱物より硬度が高く、研磨にかかる



図10 岩石薄片を研磨する様子

時間や費用が多くなるため、はんれい岩を使用した。また、有色鉱物を多く含み、黒っぽいはんれい岩の方が研磨していくと段々と光を通していくため、どのくらい薄く研磨できているかが分かりやすかった。

生徒は薄片が完成し、光が通るほど薄くなった薄片を見てうれしそうであった。そして、偏光顕微鏡で見える鉱物の形や集まり方、美しい色に驚いていた。観察時に偏光顕微鏡で見たときの鉱物それぞれの特徴を示し、鉱物の同定まで行った。図11、図12は生徒が偏光顕微鏡で観察した岩石薄片の様子である。

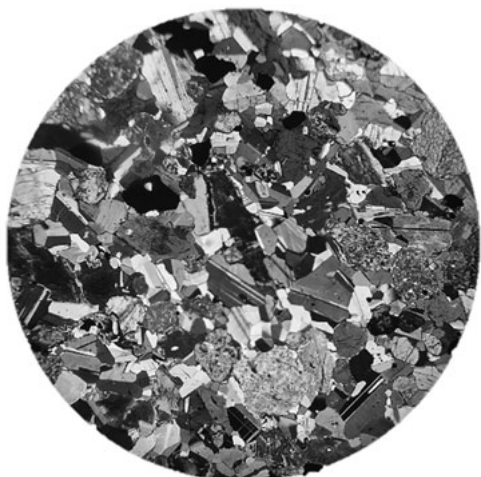


図11 生徒が偏光顕微鏡で観察したはんれい岩

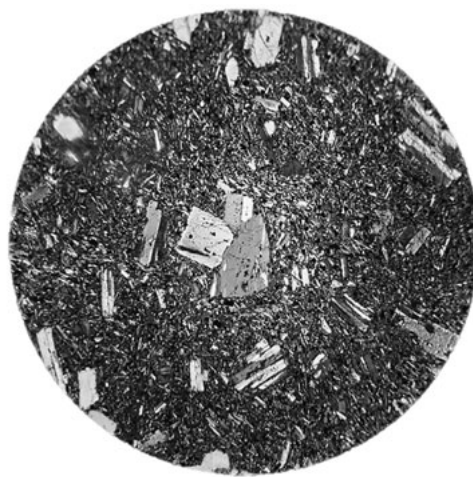


図12 生徒が偏光顕微鏡で観察した安山岩

(2) マグマづくりの実験を行った授業

火山の形を学習する授業の始めに代表的な盾状火山、成層火山、鐘状火山を紹介し、なぜ火山の形が異なるのか考えさせた。生徒の考えは、「噴火で出てきたマグマの量が異なるから」、「噴火の回数が異なるから」、「最初は形が一緒で風化により形が変わったから」などであった。そこで噴火の様子の違いとそれぞれの山の火成岩を見せた。火成岩の色の違いから生徒は「マグマのどろどろ具合が違うのではないか」という予想に至った。そこでマグマの性質に違いがあるか調べるためにマグマづくりを行うことにした。花崗岩とはんれい岩を融解させ、同時に斜面（角度30°）に流し、マグマの様子を観察した。花こう岩が融けたマグマは粘性が高く、るつぽから少し流れ出るだけであった。はんれい岩が融けたマグマは粘性が低く、勢いよくるつぽから流れ出した（図13）。実験はすべて教師が演示した。マグマは高温であることや凝固後ガラス質になるため、触らぬように生徒に厳重に注意した。また、急冷によって割れて飛ぶ危険性もあることから、最初はやや離れて観察させた。

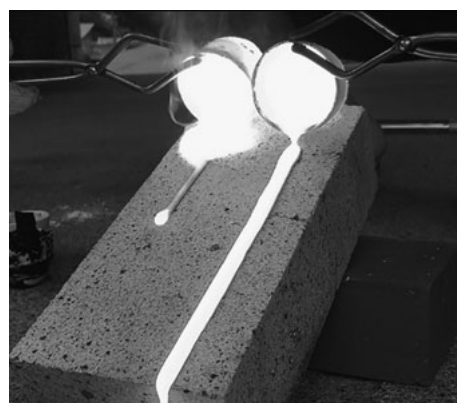


図13 マグマの粘性による性質の違い
左：花崗岩 右：はんれい岩

4 考察

(1) 岩石薄片の作製について

岩石薄片の作製時間について、眞崎ら（2011）は砥石を用いることで作製時間が短縮されるとして、面作りから完成までを3時間で行っている。本研究の岩石薄片作製実習のタイムテーブルは以下のとおりである（表1）。

表1 岩石薄片作製実習のタイムテーブル

時間	内容（2枚作製）
10分	岩石チップの面づくり（＃1000の耐水研磨紙）
5分	岩石チップのライドガラスへの接着
30分	岩石薄片の研磨（＃240の耐水研磨紙）
10分	岩石薄片の研磨（＃1000の耐水研磨紙）
5分	マニキュア塗り

表1のタイムテーブルは、はんれい岩と安山岩の2種類の岩石薄片を生徒が作製した時の平均時間である。作製時間は合計で60分であった。この作製時間であれば十分授業に取り入れることのできる実習であると考えられる。作業の早い生徒は＃240での研磨からマニキュア塗りを30分で終わらせた。研磨時間が短いのは教師がグラインダーで厚さ0.3mmほどまで研磨しているためである。1枚につき3分ほど時間がかかり、生徒が

多いほどこの作業に時間がかかってしまう。時間と予算にゆとりがあれば#80の耐水研磨紙を使用してもう10分ほど研磨時間を確保すれば、この作業は必要なくなる。

(2) 偏光顕微鏡の性能について

偏光顕微鏡については薄片を十分に観察できる性能となった。倍率100倍でステージを回転させても観察したい場所が視野からはずれることはなく、高倍率でも使用可能な偏光顕微鏡になった(図14~16)。作製に必要な費用も抑えることができたが、回転ステージの取り付けに少し手間がかかった。センタリングは簡単にできたが、生物顕微鏡のステージにあるクリップを外し、回転ステージを装着するため、台数が増えると作業に時間がかかってしまう。他校でも実践しやすいようにするには、クリップを残したまま回転ステージを装着できる方法を考える必要がある。



図14 倍率40倍での安山岩の観察

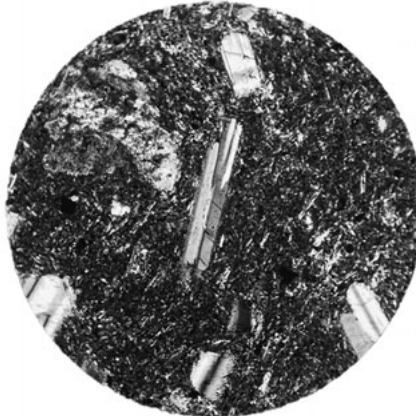


図15 倍率100倍での安山岩の観察



図16 倍率100倍で回転ステージを180°回転して観察

(3) 授業実践について

① 岩石薄片作製の教育的効果

火山岩と深成岩を肉眼で観察したときと岩石薄片を観察したときのワークシートの記述内容を比較し、岩石薄片の作製が生徒の火成岩の組織の違いの理解に有効だったかを調べた(図17)。

	岩石を肉眼で観察したときのスケッチ	岩石薄片を偏光顕微鏡で観察したときのスケッチ
火山岩 (安山岩)		
深成岩 (はんれい岩)		

図17 肉眼での観察と岩石薄片の観察での生徒のスケッチの比較

鉱物の大きさと、集まり方に着目して観察させた。肉眼での観察でも着目するポイントを与えたため、生徒は深成岩の鉱物が大きく、火山岩の鉱物が小さいことにすぐに気付いた。しかし、生徒のスケッチを見ると深成岩では大きい鉱物がところどころに含まれている様子のスケッチがほとんどで、斑状組織のようになっており、等粒状組織を描いた生徒はいなかった。火山岩においても小さな鉱物が集まっている様子のスケッチがほとんどで、斑晶を描く生徒はいな

かった。一方、岩石薄片を観察したときは確実に等粒状組織と斑状組織をスケッチすることができた。また、生徒が気付いたそれぞれの火成岩の特徴の記述では、深成岩は「隙間なく大きい鉱物が集まっている」、火山岩は「粒みたいな小さいものと、大きな鉱物がある」などがあった。記述内容からも生徒にとって岩石薄片を観察した方が肉眼による観察より深成岩と火山岩の組織の違いを理解しやすいことが分かる。

岩石薄片づくりによって岩石への興味・関心が高まったかを単元の学習前と後に質問紙を用いて調べた。

表2 学習前と後での岩石への興味・関心

Q 岩石に対して興味はありますか？	学習前	A 15%	B 38%	C 32%	D 15%
	学習後	A 54%	B 6%	C 0%	D 0%

(A：そう思う B：どちらかといえばそう思う C：どちらかといえばそう思わない D：そう思わない)

学習前には岩石に興味なかった生徒も学習後には全員が興味をもっていた(表2)。薄片づくりが楽しかったかという質問に対して9割(13人中12人)の生徒が楽しかったと答えていることから、単なる石に見える火成岩が様々な鉱物が集まってできていることに自作の岩石薄片から気付いたことが生徒の岩石への興味を高めたと考えられる。

② マグマづくり

マグマづくりでの生徒の授業の感想は、「黒っぽい溶岩と白っぽい溶岩では粘り気が違い、そのことで火山の形が変わることが分かった」、「岩石が溶けてマグマになるのがすごく、わくわくして楽しかった」、「流れている様子を見ることができて粘り気の違いが分かりやすかった」などであった。実験の1週間後、3か月後に溶岩の色と粘性の関係について確認のテストを行った。1週間後の正解率は100%(13人中13人)、3か月後の正解率は92%(13人中12人)であった。実際に溶岩の色と粘性の関係を見ることで理解が深まり、知識も定着したと考えられる。

火成岩の色の違いによってマグマになった時の粘性も異なることを見せることができ、粘性の違いから火山の形が異なると仮説を立て、粘性の異なる石膏でモデルの火山を作る実験へとつなげることができた。マグマづくりは火山の形の違いを考察する上で有意義な実験となったと考えられる。

5 結論

岩石薄片づくりを通して、自ら作製した薄片の観察によって深成岩と火山岩の組織の違いが生徒にとって非常に理解しやすくなるとともに、理科への興味・関心を高めることに大きな効果を上げることができた。作製に必要な経費は通常よりもかなり少なくすることができたが、どこの中学校でも実践できるようするにはさらに費用を減らす必要がある。作製時間は1時間程度に収まり、授業に十分取り入れることができる実習になったと考える。

また、自作の簡易偏光顕微鏡は偏光顕微鏡としての十分な機能を果たした。作製に少しの手間はかかるが、安価に作ることができるため、どこの中学校でも作製できる装置になった。

マグマづくりは生徒の興味・関心を引き出すだけでなく、火山の形の違いの要因を確実に理解させることのできる実験である。

引用・参考文献

- ・宇留野勝敏・福岡孝「生物顕微鏡を利用した偏光顕微鏡」地学団体研究会、1982年、50-53pp.
- ・国立研究開発法人産業技術総合研究所「<https://staff.aist.go.jp/takumi-sato/mainpage.htm>」(2015/09/06アクセス)
- ・國光正宏「自作偏光顕微鏡とその利用」、三輪伸央「生徒が作れる簡易偏光顕微鏡の利用」TORAY「<http://www.toray.co.jp/>」東レ理科教育賞受賞作一覧 高校地学(2015/09/03アクセス)
- ・佐々木孝、吉川和男「回転機能を有する簡易偏光顕微鏡の作成」群馬大学教育実践研究 25号、2008年、67-73pp.
- ・下岡順直、三好雅也、馬渡秀夫、吉川慎、山本順字、渡辺克裕、齋藤武士、杉本健、山田誠、三好まどか、竹村恵二「七輪でマグマをつくる」地学教育、2011年、第64巻、第3号、53-69pp.
- ・チームG「薄片でよくわかる岩石図鑑：含まれる鉱物や組織で種類を知る」誠文堂新光、2014年、220pp.
- ・東京書籍「学習内容の定着に関する調査・分析」中学校編、2014年、29pp.
- ・眞崎将太、白井輝、吉川和男「合成砥石を用いた岩石薄片の作成：学校現場における岩石薄片の簡便な作成方法」群馬大学教育実践研究 28号、2011年、39-46pp.
- ・文部科学省「中学校学習指要領解説理科編」2008年、67-69pp.