

## 岩石薄片を用いた地学分野の教育実践と 光硬化樹脂による迅速作製法

坂本 桜（長崎大学教育学部中学校教育コース理科専攻）

隅田祥光（長崎大学教育学部）

### 1. はじめに

中学校の理科では火成岩における深成岩と火山岩のつくりの違い、堆積岩における礫岩、砂岩、泥岩、凝灰岩、石灰岩、チャートのような違いについて学習する（例えば、有馬ほか 2021）。授業では岩石の表面をルーペなどで観察しながらこれらの岩石のつくりの違いやようすの違いをとらえさせ、岩石のでき方や分類の仕方の考察につなげていくことが求められている。しかし初めて岩石を観察する生徒にとって表面観察のみでこれらの岩石のつくりやようすの違いを明確にとらえ考察へとつなげていくことは困難であろう。

そもそも地質や岩石の専門家が表面観察のみで岩石のつくりやようすの違いをとらえ、岩石名やでき方について説明することができるのは、さまざまな岩石や地層の野外観察に加えて、それらの偏光顕微鏡による薄片（プレパラート）観察を日常的に行っているからである。生徒たちには岩石の表面観察に加えて偏光板とルーペを用いた簡易的な偏光顕微鏡観察（オープンニコルやクロスニコル）での薄片観察をさせることで、より明確に岩石のつくりの違いやようすの違いをとらえさせ、岩石のでき方や分類についての考察へと導くことが可能と思われるが、大きな問題点は学校現場で観察用の岩石薄片を取り揃えることができないことであろう。

隅田ほか（2019）は、長崎大学教育学部で開催されたサイエンスワールドにおける薄片観察の教育実践について報告したが、これは小中学校の児童や生徒を対象としたものであった。そこで 2021 年 7 月 17 日（土）に開催された長崎大学教育学部オープンキャンパスにおいて「偏光顕微鏡を用いての薄片観察」を行い高等学校の生徒を対象とした岩石薄片を用いた地学分野の教育実践を行った。また学校現場においてより手軽に岩石薄片を取り揃えていくための手段としての光硬化樹脂による岩石薄片の迅速作製法を実践した。本論ではこれらについて報告する。

### 2. 岩石薄片観察の教育実践

#### 2.1. 教育指導要領における取り扱い

平成 29 年度告示の中学校学習指導要領解説理科編（文部科学省 2017）では、

生徒自身が観察や実験を中心とした探究の過程を通じて課題を解決させ、新たな課題を発見する経験を提供すること、すなわち「主体的な学び」「対話的な学び」「深い学び」の3つの視点から学習経過を質的に改善していくことが必要と明記されている。さらに科学的に探究する活動、すなわち科学的な思考力、判断力、表現力等の育成がより一層重視していくことなど、中学校での理科は科学（Science）の基礎教育の場としての明確な位置付けがなされている。

地質分野における観察と言えば身近な地層や岩石の観察が挙げられる。その中で火成岩については火山岩と深成岩があり、観察を通して共通点や相違点があること、そしてそれらがそれぞれの成因と深く関わっていることを考察させていくことが求められている。さらに高等学校指導要領（文部科学省 2018）においても、中学校に続いて観察や実験を行い科学的に探究する力を養うことが明記され、火成岩については偏光顕微鏡での組織や構成鉱物の観察結果に基づいた火成岩の分類を行い、火成岩を生成するマグマの多様性について学習することが「地学」の内容で明記されている。このように岩石薄片を用いた偏光顕微鏡観察は、学習指導要領における中学校や高等学校の理科の目標と一致するところにあり、生徒の科学的興味や思考力を養う教材としての役割を十分に果たすことができる。

## 2.2. 実践のねらい

長崎大学教育学部のオープンキャンパスで来校する高校生を対象に、次の①～⑥をねらいとした偏光顕微鏡を用いた薄片観察を地学実験室内で行った。①高等学校ではあまり取り扱われることのない偏光顕微鏡を用いた薄片観察を行うことで地質分野に興味を持ってもらう。②高校で地学を履修している生徒だけでなく履修していない生徒にも地学の面白さを知ってもらう。③中学校で学習した火成岩についての学習内容の復習や補足を行う。④観察を通して教科書でしか見たことがない内容を自身の目で見ることの感動を伝える。⑤理科の内容に関する理解度や知識の向上をさせる。⑥偏光顕微鏡による薄片観察など充実した地質分野の学習内容を有した長崎大学教育学部中学校教育コース理科専攻の魅力を伝える。

さらに火成岩を学習する上で、生徒にありがちな次の2つの疑問点についての理解を図ることをねらいとした観察や解説を行うこととした。

- 1) そもそも火山岩と深成岩は岩石の何を調べて区分しているのか？マグマの冷える速度？それともマグマが固まった深さ？さらに岩石のつくり？
- 2) 火山岩や深成岩は岩石の何を調べ玄武岩や安山岩、斑れい岩や花崗岩などに区分しているのか？教科書記されている構成鉱物の種類や量比に基づいた火成岩の分類表をどのように利用するのか？

### 2.3. 観察手法と内容

オープンキャンパスでは、次の①～④のブースを設け、①～④の順で薄片観察をしてもらうことにした。①偏光板・薄片・透過光源・ルーペ（10倍）を用いて偏光顕微鏡観察におけるクロスニコルとオープンニコルの原理について学習する。②火山岩と深成岩のクロスニコルによる観察からつくりの違いを識別する。そして、火山岩と深成岩のでき方の違いについて考察してもらい、必要に応じてその補足や解説を行う。③観察結果に基づいて、火山岩と深成岩の分類法について学習する。④実際に偏光顕微鏡を用いて岩石薄片の観察を行い、偏光顕微鏡の操作法について学習する（図1）。

ここで準備した岩石薄片は、市販（販売元不明）の流紋岩、輝石安山岩、玄武岩、黒雲母花崗岩、閃緑岩、斑れい岩、紅れん片岩、黒雲母片岩、砂岩、結晶質石灰岩である。さらに長崎県内で採取したデイスaito（島原市）、安山岩（長崎市金比羅山）、斑れい岩（野母半島）の岩石薄片も準備した。これらに加えて、（株）ニチカの火成岩標本を展示した。使用した偏光顕微鏡は佐賀大学教育学部から2013年に寄贈されたニコン製のS-Po型である。



図1 偏光顕微鏡を用いた岩石薄片の観察の様子

### 2.4. 当日の様子と生徒の反応

4つのブースに最大2人の生徒に観察してもらうことを想定していたが、実験室の外にまで行列が伸びるほどの生徒が来たため、適宜、空いているブースに入って観察してもらうことにした。また、火山岩と深成岩の観察のブースでは、火山岩のつくりについて、特に石基と斑晶を認識したうえでの斑状組織の

特徴や、その出来方について考察してもらったところ、多くの生徒が興味関心を持ちながら明確に考察結果を述べてくれた。

さらに、多くの生徒が中学校や高等学校の理科の授業で地質分野の観察実験の経験がなく、初めて目にした岩石薄片や偏光顕微鏡に対して大きな驚きや興味を示していた。おそらく身近な岩石を薄片にして、偏光顕微鏡で観察することで、色鮮やかな干渉色で特徴づけられる鉱物や、さまざまな岩石の細かなつくりを間近に観察できたからであろう。

### 3. 光硬化樹脂による岩石薄片の迅速作製法

#### 3.1. 背景と使用品

大学も含めた学校現場での授業として岩石薄片を作製する際の課題は、岩石切断機などの設備とともに岩石チップとスライドガラスの貼り付けに使用するエポキシ樹脂接着剤の硬化に数時間かかるため、実質的に2日間の授業時間を必要とすることである。通常、アラルダイト、セメダインスーパー（60分型）、コニシEセット（90分型）などの2液性の接着剤を使用するが、薄片作製に耐えることが可能な強度を得るためには6時間以上の硬化時間を必要とする。また、作業時間の短縮のために120℃以上の加熱で迅速に硬化するペトロポキシ（米国パールスペトロ・プロダクツ社製）を接着剤として使用する場合もあるが試料を十分に乾燥させないと加熱の際に気泡が発生しやすく、また加熱によって変質する粘土鉱物を含む試料には適さない。

このような状況を踏まえ（株）ニチカにより岩石薄片作製用の光硬化接着剤が販売され、国立科学博物館などの研究機関においてもこの光硬化接着剤を用いた薄片作製が実践され始めた。光硬化接着剤とは紫外線や可視光を照射することで硬化する樹脂のことで、ニチカが販売する接着剤の取り扱い説明書によると、硬化時間は重合用紫外線ランプ（紫外線効果装置ハンディ100）を用いた場合は距離5cmで約30秒、距離15cmで約60秒である。さらに加工に耐えるための硬化はこれらの10倍の時間をかけることが望ましい。外観は無色透明、硬化前の粘度は40mPa.s、硬化後の屈折率はnD1.52（アッペ屈折計25℃）である。

なお、この取り扱い説明書に書かれている重合用紫外線ランプは非常に高価なものであるため、ネイル工房で取り扱われているUV硬化ランプ（Zecca GEL NAIL LIGHT No.3）を利用した。この装置の最大照射光は48W、照射波長は365nm（従来のUVライトの波長）と405nm（従来のLEDライトの波長）の2種類である。また説明書には600秒以上の連続照射での使用は内部が熱くなり故障する可能性があるため注意が必要であると書かれている。



### 3.2. 試料と手順

長崎大学教育学部開講の地学実験 II の野外観察の授業において島原市秩父ヶ浦公園で採取した雲仙火山のデイサイトを用いて岩石薄片を作製した。中学校の理科において「デイサイト」という岩石名は取り扱われることがなく、安山岩に含まれるものとされ、高等学校の地学基礎において安山岩と流紋岩の中間的な火山岩として初めて取り扱われる。また、この島原地域に産するデイサイトは 2017 年に日本地質学会が選定した「長崎県の石」に指定されている。さらに雲仙火山は 1792 年（寛政 4 年）の噴火活動に伴う眉山の山体崩壊による大津波災害（いわゆる島原大変肥後大迷惑）、1991 年 6 月の雲仙普賢岳の大噴火に伴う火砕流災害など中学校の理科の「防災と自然災害」の中でしばしば取り上げられる題材でもある。すなわちこのデイサイトを身近な教材とする教育的意義は特に長崎県内においては非常に大きい。

島原のデイサイトは明瞭な斑状組織が発達し、新鮮そうに見えていたとしても有色鉱物の変質していたり、切断すると亀裂や空隙が多く脆くなったりしてしまうものが多い。そこで、可能な限りガラス質でやや優黒質で硬い試料を選んで薄片を作製した（図 2 a）。ここでは、まずマルトー製パワーカッター（MC-420）を用いて、数センチ角の薄片用の岩石チップを切り出した（図 2 b）。ドライヤーとホットプレートを用いて乾燥させたのち、表面に光硬化接着剤を 1～2 滴垂らし亀裂や空隙を接着剤で充填しチップを補強した（図 2 c）。チップをアクリル製の小型真空容器（アズワン、ミニ真空容器）に入れてポンプで減圧（真空引き）し、亀裂内に接着剤を十分に浸透させた。亀裂に浸透していくのを確認したのち、容器越しに UV 硬化ランプを 300 秒程度照射した（図 2 d）。試料を容器から取り出し、完全に接着剤が硬化させるために試料をランプに近接させ 300 秒程度 UV ライトを照射した。

次に、ダイヤモンドパッド（#600）、カーボランダム（#800）、アランダム（#1500）という順序で岩石チップの表面を研磨した（図 2 e）。なおダイヤモンドパッドはマルトーラップ（ML-110NT）に装着して使用、カーボランダム（#800）とアランダム（#1500）による研磨は鉄製の研磨板を利用した。

岩石チップを超音波洗浄機で洗浄したのち、ドライヤーとホットプレートを用いて表面を乾燥させ、岩石チップの表面に光硬化接着剤を 1～2 滴垂らした。スライドガラスと岩石チップをしっかりと気泡を取り除く作業を行いながら貼り合わせ、指でスライドガラスと岩石チップをしっかりと挟んだまま UV 硬化ランプの下に移動させ約 300 秒 UV ライトを照射した（図 2 f）。この作業でおおよそ接着剤は硬化しているが完全に接着剤が硬化させるために、よりランプに近接させスライドガラス面越しにさらに約 300 秒間 UV ライトを照射し続けた。

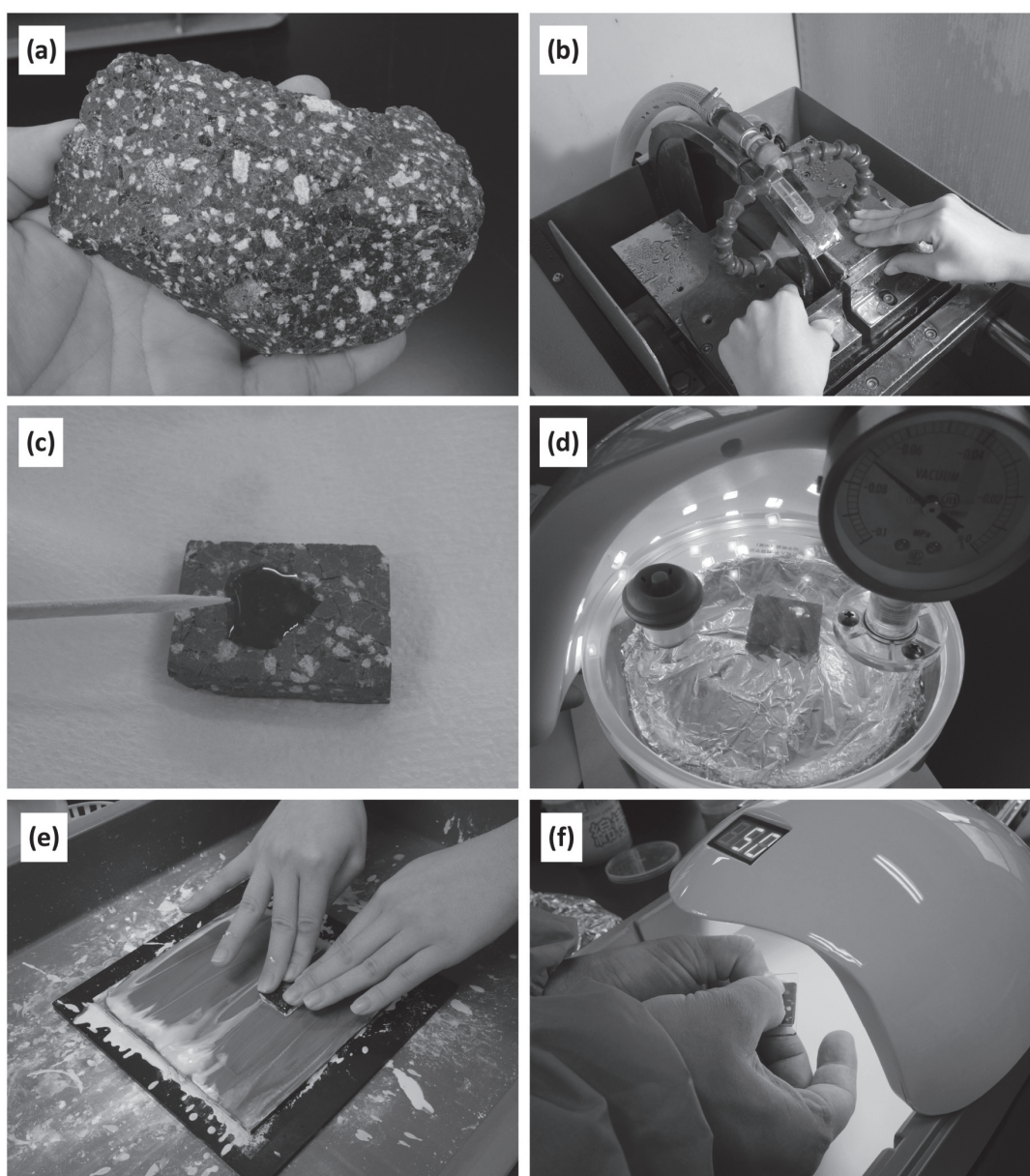


図2 スライドガラスへの貼り付けまでの手順

(a) 島原市秩父ヶ浦公園で採取したデイサイト。(b) 薄片用の岩石チップの切り出し。(c) 光硬化樹脂の塗布。(d) 真空容器内での樹脂浸透と UV ランプによる樹脂の硬化作業。(e) アランダムを用いた研磨作業。(f) スライドガラスに貼り付けた岩石チップの UV ランプによる樹脂の硬化作業。

スライドガラスへの貼り付け作業と接着剤の硬化作業を行ったのち、岩石チップをマルトー製の精密切断機（クリスタルカッターMC-1413 型）に装着し、約 1mm の厚さに薄く切断した（図 3 a）。そして、岩石表面をダイヤモンドパット（#600）（図 3 b）、カーボランダム（#800）、アランダム（#1500, #3000, #6000）の順で研磨し、最終的には偏光顕微鏡で斜長石と石英の干渉色を確認

しながら、偏光顕微鏡観察用の厚さ（0.03mm）まで薄く削っていった。そして最後にダイヤモンドペースト（ビューラー製，MetaDi Supreme, Poly, 1 $\mu$ m）を用いて表面研磨し（図 3 c），岩石薄片の完成とした（図 3 d）。なおダイヤモンドペーストによる研磨はマルトラップを利用した。また電子線マイクロアナライザー（EPMA）や走査電子顕微鏡（SEM）による観察や分析を行うことも想定しカバーガラスは装着させないこととした。

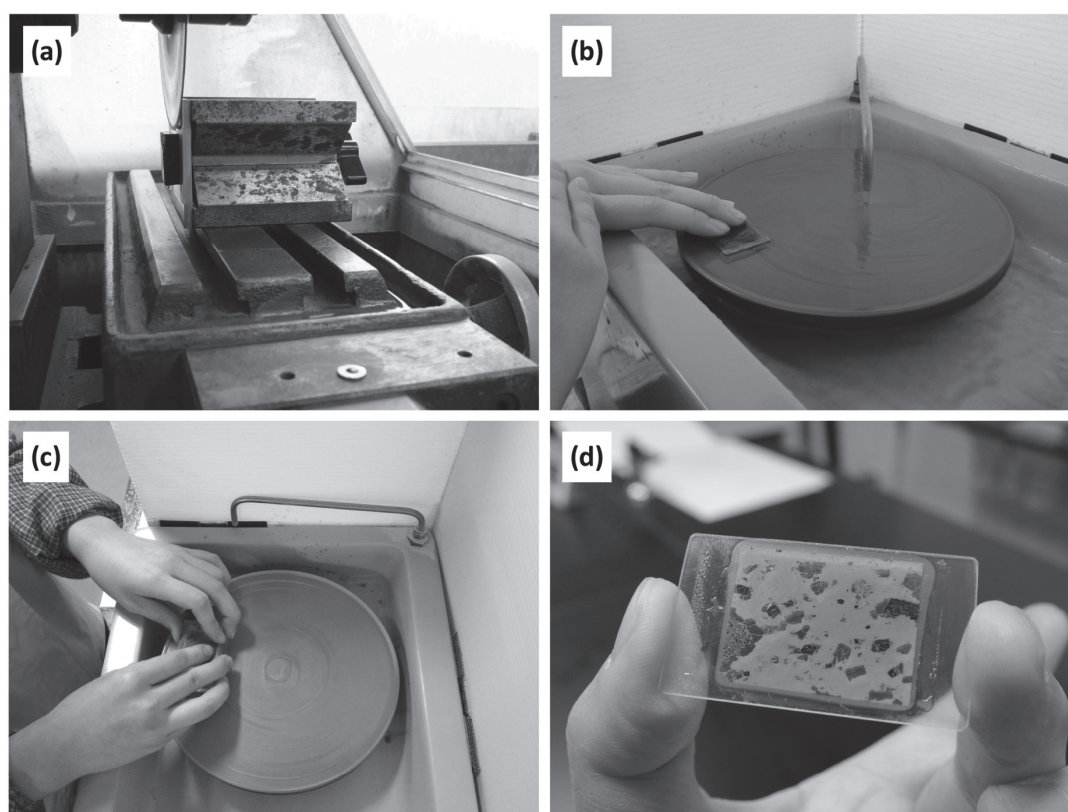


図 3 スライドガラスへの貼り付け以降の手順

(a) スライドガラスに貼り付けた岩石片の切断。(b) ダイヤモンドパット（#600）を用いた表面研磨。(c) ダイヤモンドペースト（1 $\mu$ m）を用いた最終研磨。(d) 完成した岩石薄片

### 3.3. 薄片撮影

長崎大学教育学部では青木（2017）の手法を参考に市販のレンズ交換式デジタルカメラ（キャノン製，EOS RP），マクロレンズ（キャノン製，MP-E 65mm F2.8），円偏光フィルター（カメラ用，型番不明）を用いて低倍率での薄片の写真撮影を行っている。カメラは LPL 製のコピースタンドにセットし，透過光源として，フジフィルムの LED ビューワープロ 4×5 を使用している（図 4 a）。カメラとパソコンは USB ケーブルで繋ぎ，EOS Utility のソフトを用いて撮影操作をパソコン上で行っている。斑状組織などの岩石組織を薄片写真で示す場合，偏光顕微鏡よりも低倍率での撮影は不可欠である。また，カメラを外



部モニターに HDMI ケーブルで出力すれば岩石組織を授業中に生徒に見せることも可能である。

この手法で撮影した島原地域のデイサイトの薄片写真を図 4 b と c に示す。これらの写真を用いることで、明瞭な斑状組織を示すことができるとともに、斑晶として含まれる無色鉱物の斜長石と石英を明瞭に見分けることができる。また有色鉱物の角閃石や黒雲母の自形や劈開を明瞭に観察することができる。

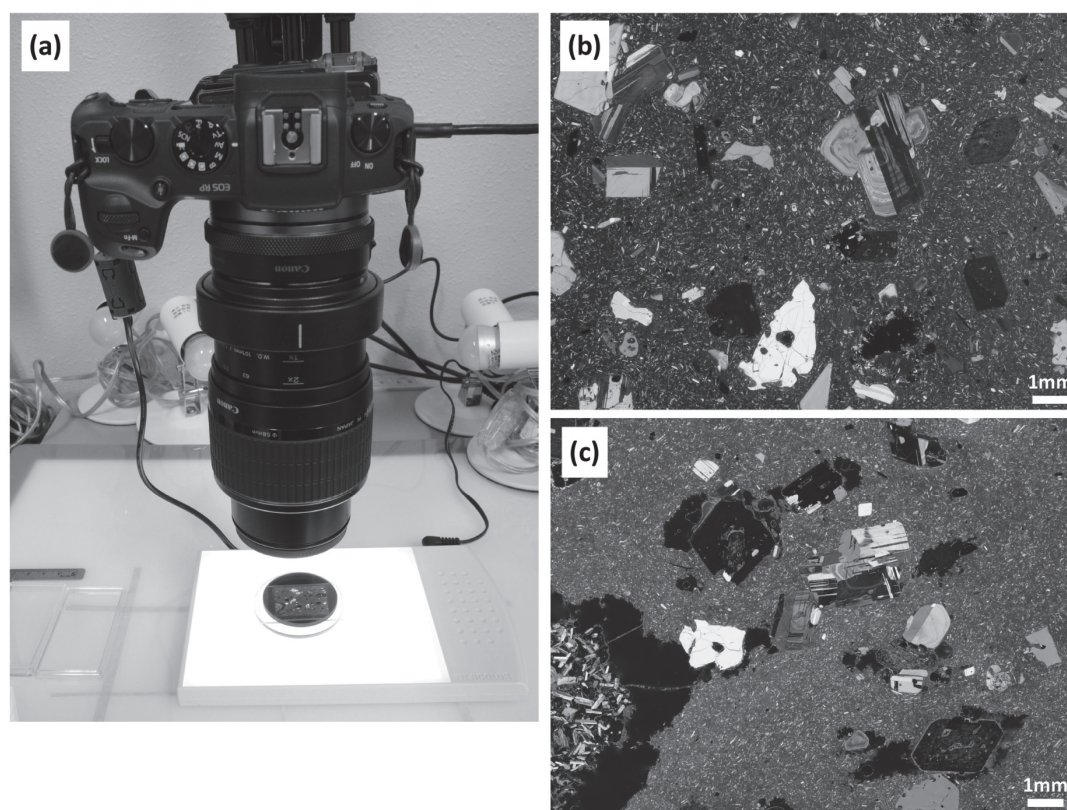


図 4 長崎大学教育学部における低倍率用の岩石薄片撮影システム (a) と光硬化接着剤を用いて作製したデイサイトの薄片写真 (b・c ; クロスニコル)。

#### 4. 今後の課題

中学校や高等学校での理科は指導要領において明確に科学の基礎教育の場として位置づけられ、生徒はここで科学とは何か、科学的な考え方や手法、科学の思考や論理の過程、さらに科学的倫理について学習していく。一方で、教員養成を担う長崎大学教育学部では、教科の内容に関わる授業よりも教育現場での実習（参加観察実習、蓄積型体験学習）を優先させ、教科の内容ではなく「教育的体験」に関する教育に重きが置かれている。学校現場での実習で教育課題を見出させ、大学での学びの中へとフィードバックさせることが理想ではあるが、多くの学生が教員免許を取得するための単なる授業としてこなしているというのが実情である。

さらに、理科の教師を目指す学生であっても、第一線の科学研究に初めて触



れるはずの卒業論文の研究活動において、すぐに学校現場で役に立つ教材開発をやりたがる学生、科学研究を始めても途中で目指すものが違うと投げ出す学生は教員養成を担う教育学部において全国的に多く見られるようである。学習指導要領に記されている理念、教員養成の現場の実情、小中高等学校の教育現場の実情、これらの3つ要素が上手く噛み合っていない、というのがまさに現状なのであろう。

理科教師を教育学部からしか排出できない長崎大学のような地方大学において、科学としての理科を生徒に指導することができない教師を排出し続けていけば、いずれその地方の理科教育や科学教育のレベルが低下し、大きな社会問題になることは言うまでもない。教育学部では、教職大学院の設置に始まり、大学間の共同教員養成課程の設置などの大きな改革が断行中であるが、長崎大学のような地方大学において、どのように科学としての理科を生徒に教えることができる人材を育成していくのか教育学部の改革の議論の中に含めて欲しいものである。

中学校の理科ではマグマには色々な粘性を持つものがありそれが火山の形に関わることを学習する。さらにマグマの粘性はマグマの種類の違いに起因し火山岩や深成岩に含まれる鉱物の種類からマグマの種類を区別することができることを考察させることが求められている。鉱物の種類は火山灰の観察実験で学習することではあるが具体的にどのように岩石中に鉱物が含まれているのか、この点を明確にリンクさせることによって、中学校理科における「火山活動と火成岩について」の単元をより理解させることが可能になるであろう。さらに、ここで生徒にとって身近な岩石を題材にすることができれば、自然や科学に対する興味関心がより高まり、生徒の学習意欲や探究活動につなげていくことができよう。

岩石薄片を用いた授業は、このような生徒の興味関心や深い理解に繋げていくことが可能であろうが、やはり問題は生徒にとって身近な岩石をいかに迅速に薄片にしていくことができるかであろう。ここでは、光硬化接着剤として(株)ニチカが販売しているものを使用した。価格は1.5万円程度で、使用保証期間は6ヶ月とされている。もう少し手頃な価格(2千円程度)の手芸工房のレジンを(水玉の結晶)を試してみたが、スライドガラスと岩石チップが研磨作業中に剥離し、岩石薄片の作製には不向きであることを確認した。ただ、脆弱試料の補強には利用可能であろう。特に真空デシケーターの中に試料を入れたまま樹脂を硬化できるのは大きな利点である。今後、いくつかの市販の光硬化接着剤を試しながら、より迅速で手軽に岩石薄片を作製していけるか模索していきたい。また、岩石薄片のオープンニコルやクロスニコルでの偏光顕微鏡観察については生物顕微鏡や実体鏡なども活用した方法もさらに模索していきたい。

## 謝 辞

本研究は科研費 21K02952(「科学探究的アプローチによる理科授業デザイン開発」, 基盤 C, 代表: 星野由雅) の助成を受けたものである。オープンキャンパスでは, 長崎大学教育学部中学校コース理科専攻の平尾文佳, 松川広樹, 山口拓海が協力した。光硬化接着剤を用いた薄片作製では, 長崎大学教育学部中学校コース理科専攻の中村彩野が協力した。国立科学博物館の堤之恭博士には(株)ニチカの光硬化接着剤についての情報を頂いた。以上の方々に記して感謝します。

## 引用文献

- 青木正博 2017『岩石薄片図鑑: 精細写真で読み解く鉱物組成と生い立ち』, 144p., 誠文堂新光社
- 有馬朗人ほか 70 名 2021『理科の世界 1』, 294p., 大日本図書
- 文部科学省 2017『中学校学習指導要領(平成 29 年公示)解説, 理科編(令和 3 年 8 月一部改訂)』, 184p., 文部科学省
- 文部科学省 2018『高等学校学習指導要領(平成 30 年告示)解説, 理科編, 理数編(令和 3 年 8 月一部改訂)』, 371p., 文部科学省
- 隅田祥光・森悠太郎・熊谷綾香・本木和幸・山口未歩・青山大樹 2019「溶岩流の再現実験と火成岩の観察の教材開発と教育実践」『長崎大学教育学部教育実践研究紀要』18: 241-249