

偏光観察台での薄片観察

佐脇 貴幸¹⁾

1. はじめに

私たちの身の周りでは、様々な岩石がいろいろな目的に使われています。例えば、道路や建物床面の敷石、壁面の飾り石、庭石、墓石、石垣、鉄道のバラスト、彫刻など、その利用法はあまりにも多く数え上げ切れません。逆に言えば、あまりにも普遍的過ぎて、一般の人にとっては、よほどの巨岩・奇岩・美岩でない限り、身の周りにある岩石そのものに対して、改めて科学的興味を持つことはほとんどないかもしれません。

でも、実は身の周りに使われている岩石のほとんどは、人間社会が形成されるどころか、ヒトという生物が地球上に現れる遙か昔にできたものです。ヒトが出現したのは(諸説ありますが)数100万年前と考えられているのに対し、例えば、産総研つくばセンターからほど近いところに産する筑波山の花崗岩は6,500万年～6,800万年前(宮崎, 2016)に形成されたもので、ヒトの出現よりも10倍以上古い歴史を持っています。さらには、大陸地域であれば数億年～10億年以上前に形成された岩石も珍しくありません。そして、それらの岩石は、私たちが暮らす大地に関する過去の情報を、それぞれの内に持っています。その過去の情報を探り、岩石がどのようにして形成されてきたか、さらには私たちが暮らす大地(地球)がどのようにして形成されてきたかを研究する地質学の中の一領域が「岩石学」です。

小論では、その岩石学の端緒を理解していただくためのアウトリーチ活動のツールの一つとして、「偏光観察台を使っての薄片観察」について紹介します。このようなツールが、いろいろな地質学関係のアウトリーチ活動において、岩石・鉱物を楽しく観察するということの一助になれば幸いです。

2. 岩石学と薄片

まず、岩石とは何か、岩石学ではそれをどう研究するか、ということをおさらいしましょう。

岩石は、様々な鉱物が集合して形成されています。例え

ば、敷石や墓石などでおなじみの花崗岩は、ご飯にゴマをふったような見かけをしていますが、これは、石英・長石などの無色鉱物の間に黒雲母・角閃石などの有色鉱物が含まれているためです(第1図)。

このように、様々な鉱物が集まって岩石という塊を作っているというのは、見方を変えるといろいろな人々が集まって人間社会が構成されているのとよく似ています。それを端的に指摘したのが、キリスト教社会運動家の賀川豊彦(1888-1960)で、彼は「岩石学は鉱物の社会学である」と述べています(黒田・諏訪, 1983, p. 1; 諏訪, 2018, p. iii-vi)。人間社会とは、個々の人間が積み重ねてきた経済、文化、政治などにかかわる活動・歴史の総体であり、社会学とは、人間の心理・行動、統計データなどの面から、その社会について分析し解釈するものです。一方、岩石学では、岩石を構成する鉱物の観察・分析から、その岩石の履歴さらには地球の歴史を明らかにしていきます。このような岩石学の研究を進めていくためには、岩石を構



第1図 典型的な花崗岩(真壁石)

1) 産総研 地質調査総合センター 地質情報基盤センター

キーワード: アウトリーチ, 体験型学習, 薄片, 偏光板, 干渉色

成する鉱物同士の関係性や、その物理化学的性状を解き明かすことが最も重要となりますが、そのためにまず必要とされるのが、薄片と偏光顕微鏡です。

普段見ている岩石は、普通はどう見ても不透明なものです。どんどん薄くしていくと、やがて光が透過するようになります。その性質を理解したうえで、岩石カッター、研磨材と研磨機・研磨台などを用い、岩石を厚さ 30 μm 前後まで薄く擦り磨き上げたのが薄片です。岩石学では、偏光顕微鏡で薄片を観察し、鉱物の同定や岩石組織の観察・記載を行うことが非常に重要です。厚さ 30 μm というレベルまで薄くした岩石の薄片を偏光顕微鏡で観察すれば、色鮮やかな干渉色をまとった「鉱物たちの表情」が見られます。その表情から、岩石を構成する鉱物同士の関係性が非常にはっきり見えてきて、岩石がどこで生まれ、どのような履歴をたどってきたのかを解釈するための情報が得られるのです。

鉱物は、人間と違って、自ら喋ったり史料を書き残したりはしてくれませんので、そういう情報を得るために薄片という媒体を使って、人間側から「対話」を持ち掛けることになるわけです。そういった「対話」を通して、鉱物同士の関係性を生き生きとした文学に昇華した例として、高橋(2020)は、宮沢賢治の作品「檜の木大学士の野宿」を紹介しています。なお、高橋(2020)では、岩石学で用いられる偏光顕微鏡の原理の説明、薄片の観察からわかることなどについても平易に解説していますので、本稿と併せてそちらもご覧ください。また、薄片の作製方法の詳細および地質標本館での薄片の展示物については、地質調査総合センター地質情報基盤センター地質標本館室地質試料調製グループのページ (<https://unit.aist.go.jp/gsc/mus/mus-gsp/index.html> 閲覧日: 2020年5月28日)で、さらに偏光に関しては、例えば産総研のキッズページ内の「偏光で遊ぼう(偏光万華鏡?)」(https://www.aist.go.jp/science_town/dream_lab/01/ 閲覧日: 2020年6月4日)で詳しく紹介していますので、そちらもご覧ください。

3. 薄片を観察するために

さてここで、岩石学を含む地質学を学んだ方にとっては、「偏光顕微鏡で薄片を見るのは当たり前じゃない?」と思われるでしょう。しかし、研究現場から離れて、状況の異なる様々なイベント会場でのアウトリーチ活動において偏光顕微鏡を使うことは、実はいろいろな制約があります。

微細な鉱物や岩石組織を観察し、岩石学の研究を進める

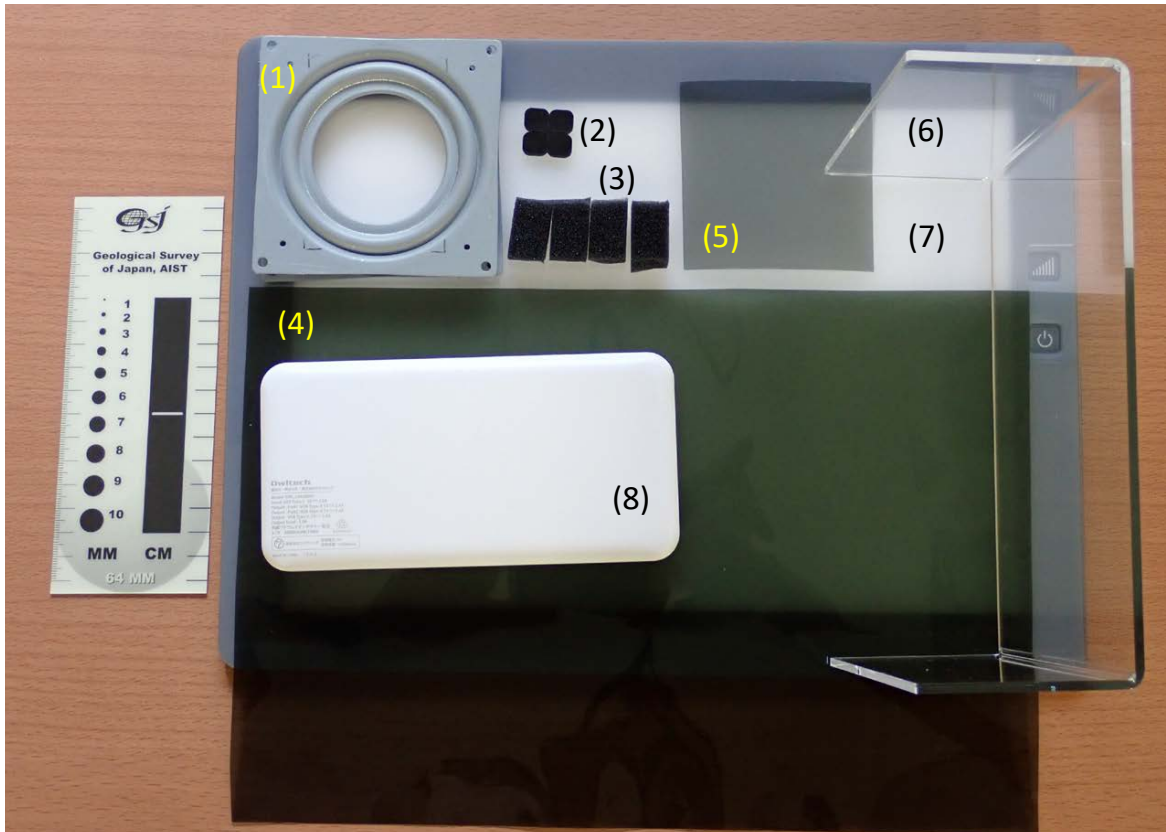
ためには顕微鏡は必須ですが、そのために用いる顕微鏡は精密機器であり、例えば落下による衝撃によりレンズをはじめとする光学系が破損したり歪んだりすれば一大事で、もう使い物になりません。したがって、実験室での研究のために据え置きにしている分には良いのですが、実験室外の様々なイベント会場で顕微鏡を使おうとすると、その運搬および設置には大変気を使います。また、顕微鏡での観察は、観察者が一人であることを前提としますので、イベント参加者の人に顕微鏡の視野内に見えている鉱物や岩石組織のことを説明するときには、その視野の中のこのあたりの鉱物が何々、この組織が何々ということを一いち言葉で説明せざるを得ず、すぐにわかってもらいにくいところがあります。それを解消するために、例えば顕微鏡に接続したカメラを通して、薄片の様子をモニターに映し出して観察する方法もありますが、そうならばさらにカメラ、モニターといった装置が増え、イベント会場内での追加スペース・電源の確保も問題となってしまいます。最近、比較的low価格で小型モニターを備えたデジタル顕微鏡も販売されるようになってきましたが、薄片観察に必要な、透過型で回転ステージ(載物台)を備えている偏光顕微鏡はまだないようなので、複数人で同時に薄片観察するにはやはり一工夫必要となります。

これらのことを踏まえると、様々なイベント会場においては、詳細な鉱物の産状観察することよりも、まず一般の方々に岩石に対する科学的興味を持ってもらうことを主目的とし、代表的な鉱物の見え方や面白い岩石の組織を、簡便にかつ楽しみながら観察してもらうことを重点に置いた、軽量、コンパクトな道具を用意することが良いと思われます。

4. 偏光観察台

上記のような手軽な薄片観察を目的とし、省スペースで、4~5名程度(一家族単位を想定)の方々に一度に薄片の面白さを伝えられる装置として、「偏光観察台」なるものを考案しました。「偏光観察台」としたのは、顕微鏡と違って鉱物を拡大して見ることはできないからです。この偏光観察台の試作品については、2019年の産総研福島再生可能エネルギー研究所一般公開、地質情報展2019やまぐちにおいて使用しましたが、その際の経験をもとに今回紹介する偏光観察台としました。

第2図に示しているのは、偏光観察台に使う(1)回転盤、(2)クッション材、(3)隙間埋めテープ、(4)大型偏光シート、(5)小型偏光板、(6)コの字型アクリル台、(7)



第2図 偏光観察台の用具一式

- (1) 回転盤, (2) クッション材, (3) 隙間埋めテープ(短く切ったもの), (4) 大型偏光シート, (5) 小型偏光板, (6) コの字型アクリル台, (7) LED トレース台, (8) モバイルバッテリー

LED トレース台, (8) モバイルバッテリーです。また, 第3図に示しているのは(9) 大型薄片です。なお, 小論を読まれた方(特に岩石学に関わるアウトリーチ活動を考えておられる方)が偏光観察台を利用される場合の参考とするために, 以下には物品の仕様, 価格, 準備の際に気を付けておくべきこと, さらに説明の仕方等についても記しておきます。

(1) 回転盤

2枚の金属板の間にベアリングが入っており, 自由に水平回転できるものです。サイズは外形が10 cm × 10 cm, 中央の穴が開いている部分の直径が55 mm, 耐荷重は8 kg 程度のものです。ホームセンターやネット販売では1個1,000円程度で売っています。後述する大型薄片を観察することを想定し, 中央の穴のサイズが大きいものをあえて選んでいます。

第2図に示したのは, 重いものを載せない回転台(例えば小型テレビ回転台, 中華テーブル台など)のために作られているものですが, これより大きいサイズで耐荷重が大きいもの(座椅子用, 数10 kg 以上)では回転盤の重量もぐっと重くなり, イベントでは気軽に使いにくくなります。

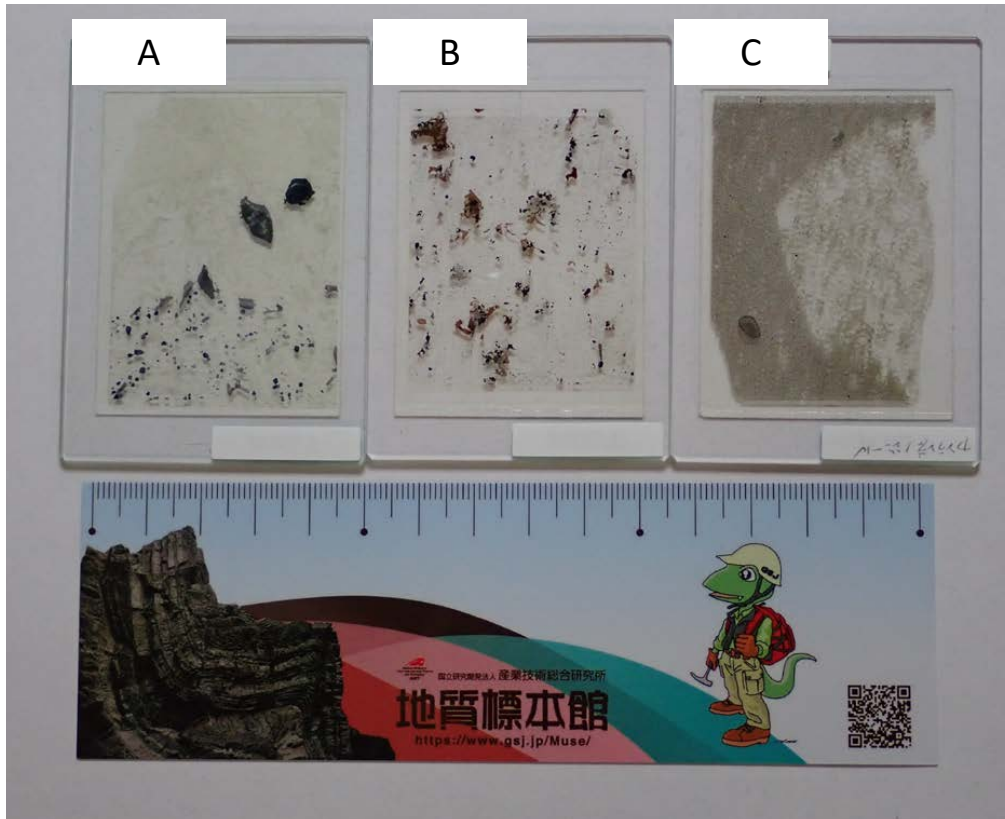
また, けがを防ぐために, 金属板の縁辺部のバリ, 四つ角の尖りなどに気を付け, 必要に応じてやすりをかけて滑らかにしておくか何らかの保護カバーをつける必要があります。さらに, 薄片観察中には, 金属板の回転により小さな子供が指を挟んで怪我をしないよう注意する必要があります。

(2) クッション材

第2図に示したのは, もともとCD-ROMの保管ケースに付属していた滑り止めのクッション材でしたが, それを流用しました。回転盤を回した時の固定, およびLED トレース台の表面の保護のために付けます。この写真のものは4つの小片の集合体で, 一つ一つの大きさは10 mm × 10 mm 程度, 厚さは2~3 mm 程度で, 片面が接着面となっているため, 回転盤に貼り付けるのが容易です。

(3) 隙間埋めテープ

ご家庭でもよく使う, 引き戸などの隙間を埋めるための, 接着テープ付きのクッション材です。回転盤上には, 後述する大型薄片を置きますが, 回転盤を回転したときにそれが動かないように軽く保持するためのものです。(2)のクッション材が多数あれば, それを流用してもよいと思い



第3図 用意した大型薄片
A:電気石を含むペグマタイト, B:ラルピカイト, C:橄欖岩ノジュールを含む玄武岩(第4図のもの)。

ます。

(4) 大型偏光シート

ここに示しているのはA4サイズ、厚さ0.2～0.3 mm のものです。ネット販売では1,200円程度です。

(5) 小型偏光板

ここに示したのはサイズ8 cm × 8 cm、厚さは0.2 mm 程度のもので、ネット販売では、10枚入りのものが1,000円程度です。(4)の大型偏光シートが用意できない時あるいは使いにくい時に使います。

(6) コの字型アクリル台

店頭で物品を展示するための台ですが、ここでは上記の大型偏光シートを置くための台として使います。縦18～20 cm × 横10～15 cmで、下の隙間の高さが10 cm以下のものがよいでしょう。ネット販売では500円程度です。

(7) LED トレース台

昔はトレース台といえば蛍光灯を使ったものばかりでしたが、これに代わって現在では、薄く小型・軽量で持ち運びが容易、かつ長時間使っても熱くならないLEDトレース台が普及しています。これを観察用光源として使います。A4用紙サイズで価格は数千円～1万数千円程度で

購入できますが、機種を選ぶ際にはできるだけ「明るい」ものを選ぶようにします。薄片の観察に使う偏光板は光に対するフィルターでもありますので、トレース台の光源が暗くは薄片の干渉色のきれいさが分からないことになりかねないためです。

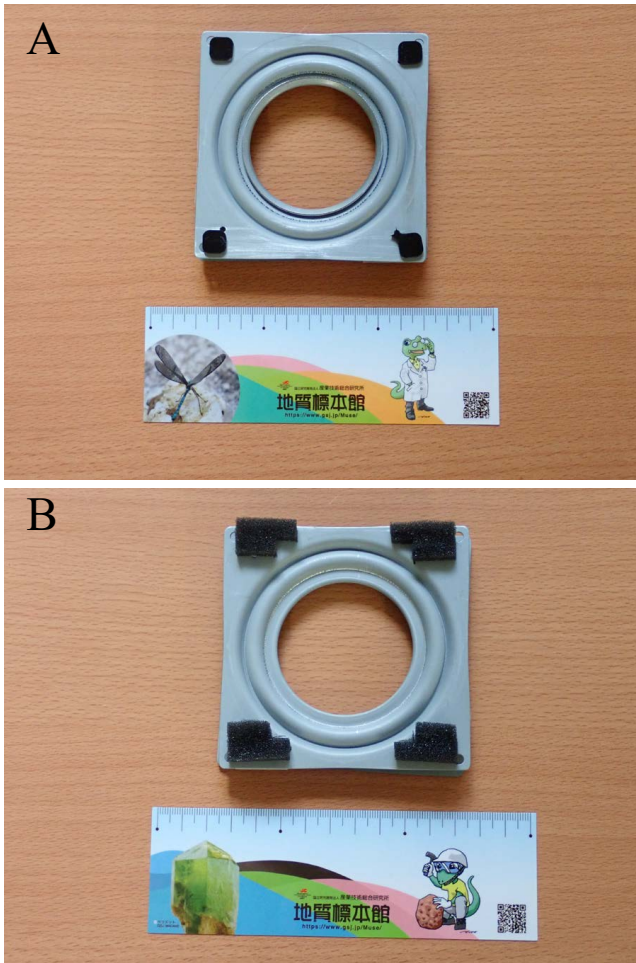
(8) モバイルバッテリー

イベント会場によっては電源が近くにないこともありまので、LEDトレース台用の補助電源としてモバイルバッテリーを用意しました。

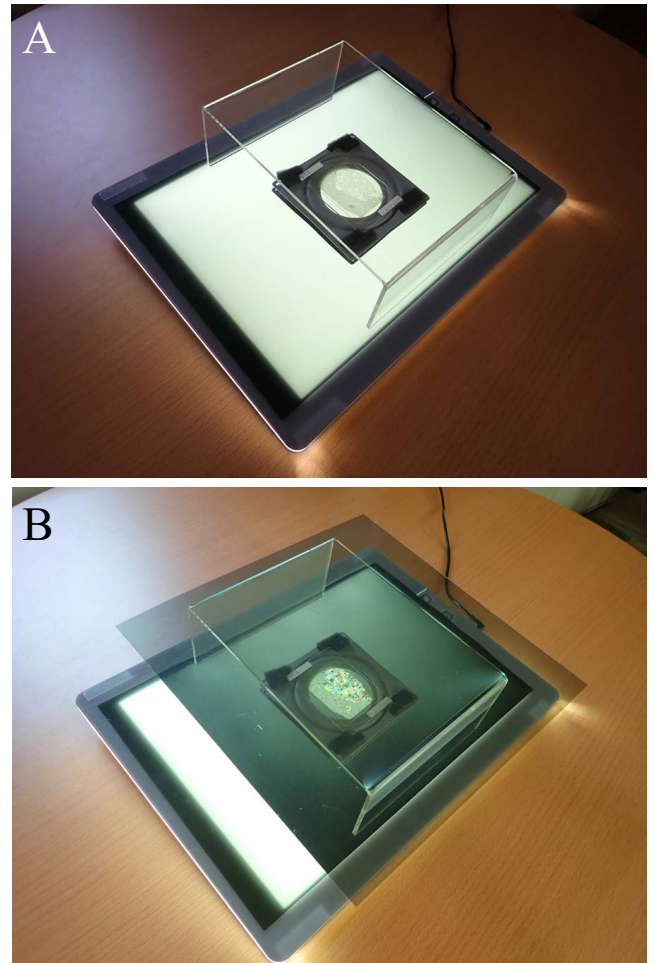
(9) 大型薄片

この偏光観察台では、機器を通して薄片を間接的に見るよりも、できるだけ肉眼で薄片を直接的に見てもらうことを意図しています。そのため、あまり細かすぎる鉱物からなる岩石では何を見ているのかよくわかりませんし、無色鉱物ばかりでは干渉色も白黒で、派手さ・きれいさの点では若干劣るので、できるだけ粗粒で、有色鉱物や炭酸塩鉱物が多く含まれている岩石を使う方が適していると考えられます。

第3図には、この観察台に合わせて特別に作製した粗粒な岩石の大型薄片(スライドガラスサイズ:78～80 mm × 55 mm)を示します。大型薄片にしたのは、肉眼



第4図 回転盤の準備
A：クッション材を貼り付けた下面，B：隙間埋めテープを貼り付けた上面（薄片を置く側）



第5図 偏光観察台のセッティング状況。薄片が載せてある状態。
A：偏光シート1枚の時（単ニコル状態），B：2枚目の偏光シートをかぶせたとき（直交ニコル状態）

でも鉱物粒や岩石の組織・特徴がよりはっきりわかるように、ということを用意したためです。ここに示したのは、電気石を含むペグマタイト、ラルビカイト、橄欖岩ノジュールを含む玄武岩です。

また、回転盤の上面にステージ代わりの大判のスライドガラスを置き、その上に粗粒な岩石の通常サイズの薄片（スライドガラスサイズ：48 mm × 28 mm）を複数枚用意して並べ、岩石同士の組織の違いを比較観察するという方法もあります。

さて、ここからは具体的な作業と説明手順に移りますが、以上の器具を用いて以下のように準備します。

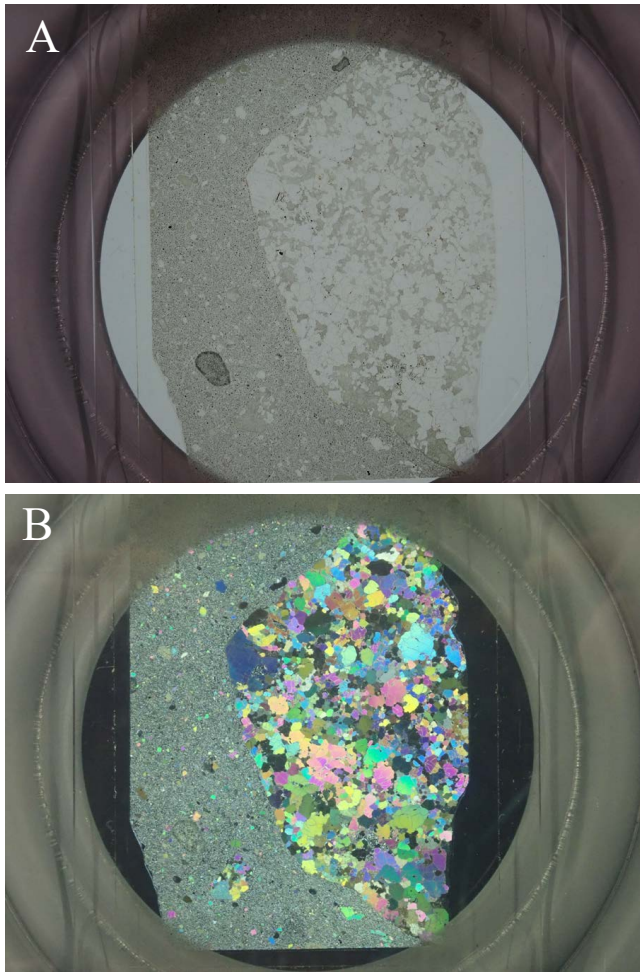
(1) 回転盤の片面の四隅に、回転台の支え（足）となるクッション材を貼り付けます（第4図A）。なお、前述の大型偏光シートが用意できないときには、小型偏光板の四隅を少し切り落とし、保護シートをはがして、このクッション材の間にメンディングテープで貼り付ける作業が必要になります。

(2) クッション材の反対側の面に、大型薄片の大きさに合わせて隙間埋めテープを貼り付けます（第4図B）。

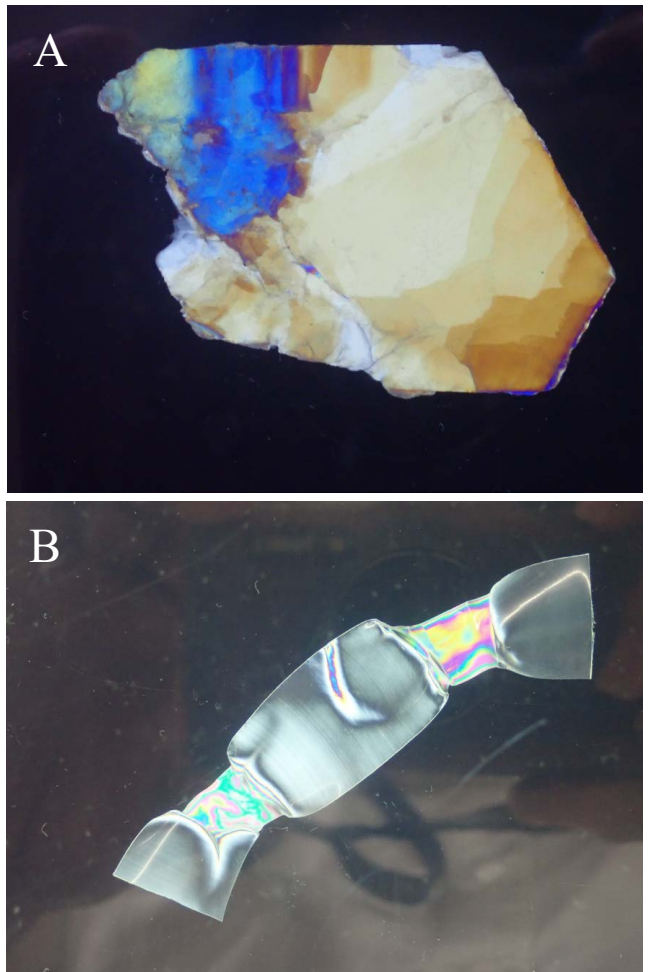
(3) LEDトレース台上に大型偏光シート（ここではトレース台に合わせてA4サイズ）、次に回転盤を載せます。なお、大型偏光シートが用意できないときには、小型偏光板を貼り付けた回転盤を載せます。

(4) その上にアクリル台をかぶせるように置き、さらにもう一枚の大型偏光シートを置きます。この時、トレース台上の偏光シートに対して直交関係（視野が真っ暗）になっている必要があります。第5図には、そのセッティングの外観を示します。

準備を終えたら、イベント会場では以下の順に説明します。まず、薄片と、そのもととなった岩石を見せて、岩石を30 μmまで薄くすると、こんな具合に透明になることを説明したのち、回転盤の上に薄片を置きます。この時、アクリル台の上には偏光シートはまだ置きません（第6図A）。次に、偏光シートを置くかどうか？と問い



第6図 薄片の観察
A：偏光シート1枚の時(単ニコル状態)，B：2枚目の偏光シートをかぶせたととき(直交ニコル状態)



第7図 薄片以外の観察
A：白雲母片，B：引き延ばしたビニール片

かけながら偏光シートをアクリル台にかぶせると、突然それまで色のなかった薄片が様々な干渉色で彩られ(第6図B)、イベント参加者はまず驚くと思います。次に、回転盤を回すと干渉色の変化が見られます。スマートフォンやデジカメの接写機能を使えば、その変化の様子を拡大して観察し、記録することもできます。このような「動き」があることが、さらにイベント参加者の興味を引き付けると思います。そのほか、例えば白雲母のかげらや引き延ばしたビニール片などでも、鮮やかな干渉色が楽しめます(第7図)。

このような、見た目が割と単純そうな道具だけで変化に富んだ面白いものが見られることを知っていただくことで、より自然科学への興味をひきやすくなるものと思います。また、この実演に合わせて、第1章、第2章に記したような、岩石学という学問の存在、研究手法(薄片の作り方等)、岩石の中の鉱物同士の関係、それからわかる岩石の形成過程などを説明することが重要な点となります。

さらに効果的なのは、この薄片観察の前に偏光万華鏡の工作(高橋, 2020)を行い、次に「実はこの偏光万華鏡の原理が岩石の研究を進めるために大事である」ことを話したうえで、上記の偏光観察台で薄片を見せる、という進め方です。この場合は、参加者が各々偏光板の入ったコップを持っているので、アクリル台とその上の大型偏光シートを使わないで、コップを通して回転盤上の薄片の様子を見ても行うこともできます。また、干渉色を生み出す複屈折がどのようなものかを体験してもらうために、方解石を使って文字を見ても行うというオプションもあります(第8図)。このような体験学習を通して、偏光板万華鏡から岩石組織、さらには日ごろ何気なく見ている岩石がどのようなものなのか、という一連の流れで説明することで、一般の方に縁遠かった岩石学、さらには身近な地球の歴史に関心を持っていただく一助になると考えています。

薄片の手軽な観察方法については、これまでも地学の教育現場でいろいろと工夫されてきました。例えば、薄片



第8図 方解石の複屈折. 方解石の下の字が二重に見える。

観察用ホルダーの製作(杉山, 2008, 2010), デジタルカメラ, スキャナー, スライド映写機などの利用(山下ほか, 2019), 簡易偏光顕微鏡の製作(國光, 1978; 三輪, 1999), 生物顕微鏡への機能付加(鹿江, 2000; 佐々木・吉川, 2008; 鬼木, 2016)などがあります。また, 必ずしも薄片を対象とするわけではありませんが, 松丸(1998), 佐野・萩谷(2002), 高橋(2020)などに紹介されている偏光板での観察手法も, 非常に効果的です。さらに, 最近ではウェブ上で薄片の観察を模擬できるようにもなってきました。例えば, 岐阜大学教育学部のデジタル偏光顕微鏡(http://www.ha.shotoku.ac.jp/~kawa/KYO/CHISITSU/dezital_henkoh/index.html 閲覧日: 2020年6月9日)や, SCOPin Rock (<https://microscope.fumipo-theta.com/> 閲覧日: 2020年6月9日)などが公開されてきています。これらの手法と並び, 小論の偏光観察台も, 様々な体験学習の場で利用されれば幸いです。

5. 終わりに

今回示したような軽量・コンパクトな装置一式で, 精密で重量のある顕微鏡を代替でき, フットワーク良くイベント出展に臨むことができるのは, 出展する方としては運搬・設営準備が大幅に軽減化されるというメリットがあります。今年(2020年)は昨年度の出展実績を踏まえて, 解説の仕方を含めてより良い内容にしようと思いましたが, 残念ながら新型コロナウイルス蔓延に対する感染防止のために, 人が集まるイベントがほとんど中止となっており, 私たちとしても地質学の研究成果を広げる場がなく

なっていました。いつかまた, 大人も子供も集まって, 地質学にかかわる体験型イベントを楽しみ学べる時が来ることを祈っています。

謝辞: 回転盤, トレース台の利用については, 産総研地質調査総合センター地質情報研究部門の高橋雅紀博士に示唆をいただきました。大型薄片については, 地質情報基盤センター地質試料調製グループの皆さんに作成していただきました。また, 薄片用の岩石試料のうち, 電気石ペグマタイトおよび橄欖岩ノジュールについては, それぞれ元産総研職員の笹田政克博士, 名古屋大学の故鈴木和博名誉教授からいただいたものです。以上のご助力いただきました皆様に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 國光正宏(1978) 自作偏光顕微鏡とその利用. 東レ理科教育賞受賞作(高校地学)理科教育賞. (https://www.toray-sf.or.jp/awards/education/pdf/s53_06.pdf 閲覧日: 2020年6月9日)
- 黒田吉益・諏訪兼位(1983) 偏光顕微鏡と岩石鉱物(第2版). 共立出版, 東京, 343p.
- 松丸敏和(1998) 観察センター誌上教室 10. 光のオブジェを作ろう ―偏光板を利用した実験と観察―. 国立科学博物館ニュース, no. 357, 29-30.
- 三輪伸央(1999) 生徒が作れる簡易偏光顕微鏡の利用. 東レ理科教育賞受賞作(高校地学)奨励作. (https://www.toray-sf.or.jp/awards/education/pdf/h12_16

- pdf 閲覧日：2020年6月9日)
- 宮崎一博 (2016) 筑波山 —地下12kmにあったマグマの溜まり場—。地質標本館2016年夏の特別展「あの山この山どんな山？」—「山の日」制定記念 日本の山の地質—。地質調査総合センター, 28p.
- 鬼木哲人 (2016) 岩石薄片作製を取り入れた火成岩の学習 —簡便化された岩石薄片と偏光顕微鏡の作製およびマグマづくりを通して—。教育実践研究, no. 26, 91-96.
- 佐野晋一・萩谷 宏 (2002) ハンディサイズの偏光板を利用した鉱物観察実習の展開例。福井県立恐竜博物館紀要, 1, 134-139.
- 佐々木 孝・吉川和男 (2008) 回転機能を有する簡易偏光顕微鏡の作成 —生徒用生物顕微鏡を偏光顕微鏡に—。群馬大学教育実践研究, no. 25, 67-75.
- 鹿江宏明 (2000) 簡易型偏光装置の製作とその教材化。東レ理科教育賞受賞作 (中学第2分野, 地学的領域) 佳作。 (https://www.toray-sf.or.jp/awards/education/pdf/h12_08.pdf 閲覧日：2020年6月9日)
- 杉山了三 (2008) 地域を生かした生徒自作標本による岩石・鉱物学習。東レ理科教育賞受賞作 (高校地学) 文部科学大臣賞。 (https://www.toray-sf.or.jp/awards/education/pdf/h20_01.pdf 閲覧日：2020年6月9日)
- 杉山了三 (2010) 地学教育における実験とその重要性。地質ニュース, no. 669, 27-36.
- 諏訪兼位 (2018) 岩石はどうしてできたか。岩波科学ライブラリー 269, 岩波書店, 東京, 136p.
- 高橋雅紀 (2020) サイエンスの舞台裏 —石が語る, 石と語る—。GSJ地質ニュース, 9, 42-49.
- 山下浩之・川出新一・山口珠美 (2019) 岩石薄片の作成と観察を取り入れた学習プログラムの開発と実践。神奈川県立博物館研究報告, no. 48, 131-150.
-
- SAWAKI Takayuki (2020) Thin section watching on a turntable with a couple of polarizers in outreach activities.
-
- (受付：2020年6月15日)