高　校　地　学

岩石標本の簡便な偏光観察法

世田谷学園 中学校高等学校／東京都　　宮 本　光 一 朗*

（業績分担者）筑波大学附属駒場中・高等学校　　小　林　則　彦**

目　的

岩石薄片標本の偏光顕微鏡観察は、鉱物の結晶としての性質を利用して、鉱物あるいはそれらを含む岩石の分類を可能にするものである[1)]。一方、教育の現場では、地味な観察や分類に終始しがちな岩石学の分野の中で、美しい画像が突然現われ、回転させると色鮮やかな変化を見せる姿に心を奪われることもあるなど、貴重なアクセントになるという面も見逃せない。

しかし、この観察には高価な偏光顕微鏡（または拡大鏡）が必要であり、顕微鏡である故に個々に覗かなければ観察できないことから、これらを生徒数分あるいは数人に一台の数を揃えることを考えると、授業で扱うにはハードルが高い問題点があった。

そこで近年注目されているのは、GIGA スクール構想で今や一人一台持ちとなったタブレット端末や、中高生にも普及するスマートフォンを活用した新たな偏光観察法である。

スマートディバイスを用いる製品は既に市場に何点か見受けられるが、①（偏光顕微鏡ほどではないが）高価であり班の数だけ揃えるのは予算の面から大変である、②専用のスライドガラスが必要で汎用の岩石薄片標本では観察できない、③高倍率過ぎて視野が狭すぎるため組織の観察に適さない、④レンズが小さいため画面にケラレ（黒い影）が現われる、⑤ステージの回転ができないため鉱物や岩石の同定に使いづらい、などといった問題点があった。

こうした問題点を解消するため、❶材料費 1,000 円以内、❷汎用の岩石薄片標本が使用可、❸15～数十倍の適切倍率で観察でき、❹ケラレなく画面いっぱいに画像表示可能、❺偏光板の位置を固定した状態でステージを回転させて観察可能、といった特徴を持つ簡便な偏光観察法を開発し、授業実践をおこなった。

概　要

本手法で開発した観察装置は特殊な道具は用いず、一般的な均一価格店や理科教具店で入手可能なものを組み合わせて、ローコスト且つ簡単に製作できる。

一つの特徴として、蓋付きのシャーレを用いて岩石薄片標本を回転できるようにした。これによって偏光板の直交と開放の状態が外部から正しく認識できるようになり、岩石薄片の観察において偏光板がどのような役割を果たしているかが明白になった。

そしてタブレット端末を用いて装置を組み立てれば、顕微鏡の接眼レンズから覗くのとは比べものにならないほど大きな画面に薄片の画像が表示されることから、グループで観察できる点も大きなメリットであり、そのままシャッターを押せば容易に静止画として記録に残せる点も便利である。

そこで、本観察手法を用いて、班単位で岩石薄片の観察および名称の同定をおこない、撮影した画像から深成岩の色指数を計算する実習授業をおこなった。合わせてその授業実践の取り組みについても記述する。

教材・教具の製作方法

Ⅰ．道具・材料

- iPad やスマートフォンなどのスマートディバイス
- 倍率 15 倍程度のクリップ式顕微鏡レンズ（写真 1）
- トレーサー、トレースボードなどの光源（写真 2）
  ➡トレースボードの LED のドットが透けて見えてしまう場合は、写真 3 のようにトレーシングペーパーを貼ると均一で綺麗な光源になる。
- 厚さ 0.2 mm 程度の偏光シート（5×5 cm）2 枚
- ガラス製蓋付きシャーレ（ϕ7 cm 程度）2 セット
- 厚紙など工作用紙、メンディングテープ
- 岩石薄片標本（数種）
- 半透明の格子点 png 画像ファイル（作成法は後述）

写真 1　クリップ式顕微鏡レンズ（100 円ショップ セリアにて購入）

*みやもと　こういちろう　　世田谷学園 中学校高等学校　　教諭　〒154-0005　東京都世田谷区三宿 1-16-31

☎(03) 3411-8661　E-mail miyamoto@setagayagakuen.ac.jp

**こばやし　のりひこ　　筑波大学附属駒場中・高等学校　教諭

写真２　トレースボード（100円ショップ ダイソーにて購入）
注：USB 電源タップは別途必要

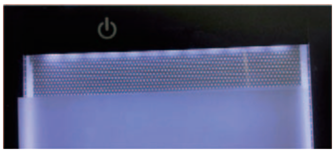

写真３　トレースボードの加工（オプション）
上部：未加工でドットが透けて見えている
下部：トレーシングペーパーを貼った状態

Ⅱ．製作・準備

1．岩石薄片観察装置の製作と観察方法

偏光顕微鏡と同じように岩石薄片標本を観察するためには、薄片を２枚の偏光シートで挟み込むこと、そして偏光シートの向きが固定されたままステージにあたる部分が回転可能である必要がある。そこで図１のように、ステージの役割として蓋付きシャーレを用いることにした。以下の手順で製作する。

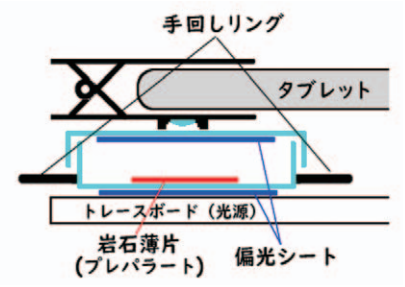

図１　横から見た観察装置の模式図

①トレースボードの表面に１枚目の偏光シートをメンディングテープで貼り付ける（写真４上方）。このとき、セロファンなどテープの種類によっては観察の際に複屈折が起きてしまう可能性があるため注意する。

②ガラス製の蓋付きシャーレを用意する。シャーレの本体側に、シャーレと同じ径の穴を持つドーナッツ状に切った厚紙をテープで貼り付け固定し、手回しリングとする（写真４右）。これが回転できるステージの役割を担う。

③シャーレの蓋を二つ用意する。片方の蓋は開放ニコル用なので何も細工しない（写真４左）。もう一つの蓋の内側には２枚目の偏光シートを貼り付ける（写真４中央）。シャーレの内径によっては５cm 角の偏光シートがうまく収まらない場合があるが、その際は偏光シートの四隅を丸く切り落とすとよい。

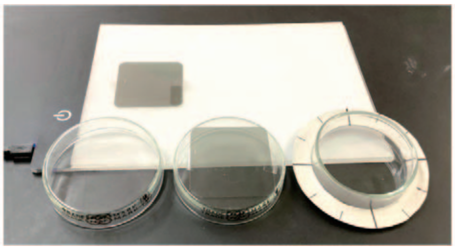

写真４　シャーレの用意と加工
上方：偏光シートを貼ったトレースボード
左：無加工のシャーレの蓋（開放ニコル用）
中央：内側に偏光シートを貼ったシャーレの蓋
右：手回しリングを付けたシャーレの本体

④トレースボードに貼った偏光シートの上に手回しリングをつけたシャーレ本体を置き、中に岩石薄片を入れる。偏光シートを貼った蓋を被せれば直交ニコル、無加工の蓋を用いれば開放ニコルを表現できる（写真５）。顕微鏡レンズを付けたタブレット端末を蓋の上に置き、蓋側を押さえたまま手回しリングを回すことで薄片を回転させ、カメラアプリで観察をする。

写真５　開放ニコルでの観察

このとき、シャーレの高さが高すぎると薄片にカメラのピントが合わない場合がある。その際は一般的な用途のスライドガラスを何枚か用意し、シャーレ内の薄片の下に重ねることで薄片をレンズに近づけるとうまくピントが合うことが多い（ガラス製シャーレ、スライドガラス共に非晶質なので複屈折を起こさず、偏光観察には影響を与えない）。

2．色指数を計算するために：背景色を透過した半透明の格子点 png 画像ファイルの作成

(1) 画像ファイルの作成

撮影した岩石薄片標本の写真から色指数を求めるために、背景色を透過した半透明の格子点の png 画像ファイルを作成しておく。png 画像は jpeg などの画像形式と異なり、半透明のグラフィックを保存できる。

作成の手順は図２の通りである。

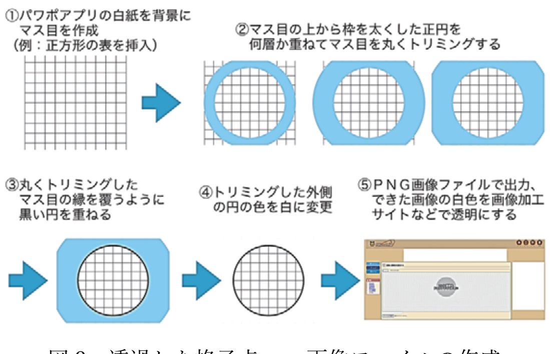

図２　透過した格子点 png 画像ファイルの作成

①Microsoft PowerPoint や Keynote などのアプリを用い、白紙を背景に正方形のマス目を作る。
②マス目の上から正円を何重か重ねて配置し、マス目を丸くトリミングする。
③丸くトリミングしたマス目の縁（外周）を覆うように黒い円を置いて縁取りする。
④先ほどトリミングした外周の正円の色を白色に変更する。
⑤出来た画像を png 画像ファイル形式で保存し、ブラウザ上で透過画像を作成できる画像加工サイトなどを用いて白色を透明に加工する。
すると、格子点だけに色のついた状態の半透明の png 画像が作成できる。生徒には、この半透明の格子点の画像ファイル（図 3）を事前に配布しておく。

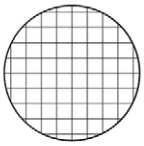
図 3　透過した格子点

（2）色指数の計算法

生徒は、Google スライドや Microsoft PowerPoint などの画像を重ねて表示できるアプリを開き、そこに撮影した岩石薄片標本の写真を貼る。その岩石の写真の上から、半透明の格子点の png 画像を重ねて貼り付け、格子点と有色鉱物が交わっている箇所を数えることで色指数を計算する（図 4）。

実際に閃緑岩の写真で計算してみると、図 4 右の格子点は全部で 69 個あり、そのうち有色鉱物と重なっているのは 29 箇所と判断できるので、

$$\frac{29}{69} \times 100 \approx 42$$

のように計算でき、色指数は約 42 となる。

図 4　色指数の計算法

学習指導方法

Ⅰ．授業での実践

本校の高校一年生「理数探究基礎」の授業内において、本観察手法を用いて岩石薄片標本の観察をおこなった。実践は合わせて 2 時間の授業計画で実施した。（なお、本校は一人一台の iPad を所持している）。

1．一時間目：偏光の仕組みや、岩石や鉱物についての事前学習

高等学校「地学基礎」で扱われる 3 種類の岩石（火成岩、堆積岩、変成岩）について、岩石の性質や産状を学習した。特に、偏光板の仕組みや、複屈折、岩石組織の違い、開放・直交ニコルでの見え方の差、有色鉱物と無色鉱物の判別方法（干渉色、多色性など）、色指数の計算方法を重点的に説明した。

2．二時間目：岩石薄片標本の観察実習

実験室で 1 班 4 人編成に分かれて岩石薄片標本の観察をおこなった。今回用意した薄片は、火成岩 4 枚（玄武岩、安山岩、斑糲岩［はんれい岩］、閃緑岩）、堆積岩 1 枚（石灰岩）、そして名称不明の岩石 3 枚（花崗岩［かこう岩］、流紋岩、結晶質石灰岩）である。生徒たちには今回の偏光観察を通して名称不明の薄片 3 枚（写真 6）の名称を同定してもらうとともに、その中に 1 枚だけ入っている深成岩（花崗岩）の色指数を計算させた。

実習（写真 7）は次のような流れで実施した。
①全ての岩石薄片について、開放ニコルと直交ニコルの両方で観察をした。その際、顕微鏡レンズの倍率が 15 倍なので、両ニコルの写真を 15 倍と 30 倍でそれぞれ撮影した。（使用した iPad のカメラアプリを 2 倍ズームにすると 15×2＝30 倍で観察したことになる）。
②地学図表や教科書などを手掛かりに、写真に写る鉱物を特定し、班員で岩石の種類の違いや組織の違いを議論した。最終的に、名称不明の薄片 3 枚の名前を決定した。
③深成岩（花崗岩）と予想される岩石薄片の写真に、事前に配布済みの半透明の格子点 png 画像を上から貼り付け、色指数を計算した。
④ここまでの観察結果をワークシートに書き込み、MetaMoJi ClassRoom アプリ上で提出した。

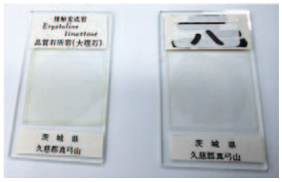
写真 6　名称不明の岩石薄片
＊左の薄片のラベルを黒塗りした。

写真 7　実習の様子

Ⅱ．実践の結果

筆者が iPad で撮影した斑糲岩の薄片の観察例を掲載する（図 5）。全て同じ方向から撮影をしたので上下左右で見比べるとその見え方の違いがはっきりとわかる。大きなケラレやボケも発生していない。

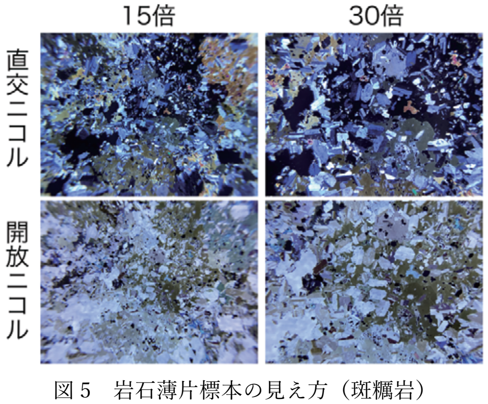

図 5　岩石薄片標本の見え方（斑糲岩）

二時間目の観察実習では、まず生徒たちは各々のiPadでそれぞれ薄片を観察し、思い思いに写真を撮影していた。一通り撮影と観察所見のメモが終わったら、班員同士で火成岩の組織の違いや含まれる有色鉱物の量の違いを確認、相談していた。

その後、撮影した薄片の写真を見せ合いながら、図表や教科書などを参考にしつつ、名称不明の岩石薄片の同定に挑戦していた。その際、3 枚の中に深成岩が 1 枚だけ含まれるとヒントを出しておいた。

深成岩（花崗岩）が特定できた班は、半透明の格子点 png 画像を使って色指数を計算していた。

ある班が提出したワークシートを掲載する（図 6)。この班は名称不明の薄片 3 枚の推定が正確に出来ており、且つ花崗岩の色指数も約 21 と無難に計算できている。他の班も、総じて名称の推定、色指数の計算ともに適切に出来ている班が多かった。

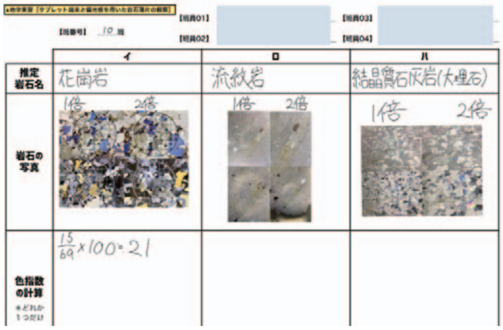

図 6　提出されたワークシートの一部

実践効果

高等学校「地学基礎」の教科書や指導書に、岩石薄片標本の観察実習は必ずと言っていいほど掲載されており、大学入学共通テストでの出題も頻出している。その一方で学校現場では、前述した様々な制約から岩石薄片の偏光観察を満足に実施できていないところも多いという話を聞く。

また、火成岩の学習における色指数の計算は、多くの教科書や参考書において、模式的な火成岩の薄片のスケッチ図を用いて計算をおこなっている。

しかし今回の実践では、実際に自分たちが撮影した薄片の写真の上から格子点を重ねることにより、色指数の計算法を身を持って学習することができる。その計算の精度や、そもそも色指数を火成岩の分類の手掛かりとして記載していることについては若干の議論の余地があるものの、紙面上の計算だけではなく、実際に体験することの教育的な価値は大きいと思われる。

さらに、従来の偏光観察法では、装置のどこに偏光板が入っているかが分かりづらく、偏光観察の原理がブラックボックス化してしまっていたが、本手法では偏光板（偏光シート）がどのような役割を果たしているかが一目瞭然であり、偏光観察の原理が明確に分かるようになっている。

今回授業を実施した高校一年生たちは中学二年次にも岩石薄片標本の観察をおこなっている。その際は生物顕微鏡に偏光レンズのアダプタを取り付けて個人単位で薄片を観察したが、その時のことを思い出してもらい、授業の最後にアンケートをとった。

アンケートの項目は、中学二年次の偏光観察と比較しての本実習の評価、自由記述の感想等である。実習の評価は“面白かった”、“普通”、“面白くなかった”の段階的評価であるが、集計した結果は 9 割以上が好意的な評価であった。以下に生徒の自由記述からいくつかの意見を抜粋する。

「中二のときはスケッチをして終わりだったが今回は自分たちで判別するのが面白かった」「二年生のときは一人で岩石を見るという感じだったが今回はみんなで協力するという形式だったため楽しみながら実験できた」など、グループワークの特性が活かされていたと評価するものや、「iPadでできるのは良いと思った」「実際に偏光板があるとどうなるのかが実感できた」「手軽にできるのは良い点だと思う」といった従来手法と比較して評価する意見があった。

このように、岩石分野における授業において本観察手法を取り入れることによって、紙面や机上での表面的理解だけではなく、より体感的に理解力の向上をはかることができ、生徒も楽しく有意義な学習ができたものと思われる。

その他補遺事項

半透明の格子点 png 画像ファイルなどは、筆者に電子メールを頂ければ提供可能である。

謝　辞

本観察手法の開発に際して、先駆的に岩石薄片標本のディジタル観察に取り組まれていた慶應義塾高等学校地学科の先生方の実習方法から着想を得ました（松本直記，杉山浩一郎，杵島正洋：宇宙地球科学実習書，慶應義塾高等学校地学教室（2023))。ここに感謝申し上げます。

参考文献

1)　磯﨑行雄，川勝均，佐藤薫ほか 42 名：高等学校地学基礎，新興出版社啓林館（2021).