

簡易偏光顕微鏡ユニットの製作と薄片観察

2018年12月16日(日) 大阪教育大学天王寺キャンパス

岡本 義雄 (yossi.okamoto@gmail.com)

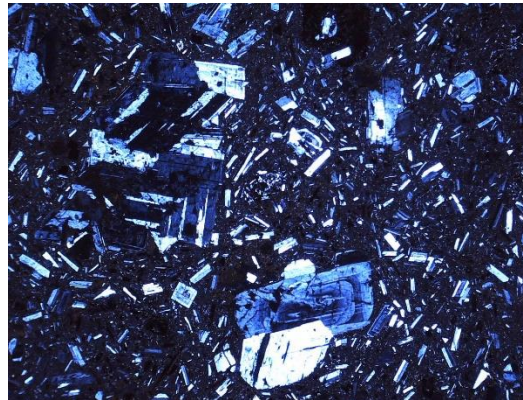
<http://yossi-okamoto.net/>

§ 火成岩の薄片観察

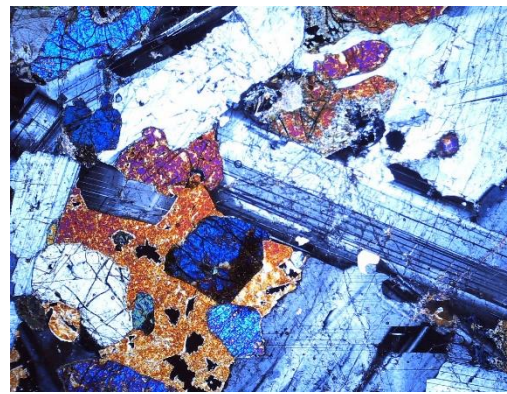
<主な留意点>

組織：斑状組織 (porphyritic, Aphanitic) か等粒状 (equigranular, phaneritic) か

斑状組織：斑晶 (phenocryst) + 石基 (groundmass)



安山岩 (大山)



斑れい岩 (潮岬)

個々の鉱物の形や輪郭について、

鉱物の晶出順序 (自形, 半自形, 他形)

右の斑れい岩の橄欖石は自形ないし半自形, それに対して, 間を埋める斜長石は他形をしている。

これはおそらくマグマからの晶出順序を示している。

鉱物のへき開 (上記斑れい岩の斜長石)



次に鉱物の光学的性質

消光角：クロスニコルで、鉱物の明るさが消える角度

干渉色：クロスニコルで、鉱物につく色

屈折率：オープンニコルで、鉱物が浮き上がって見えるかどうか。

多色性：オープンニコルで、鉱物を回転させたときに、色合いが変化する。

他に、専門的にはコノスコープ像とか検板による検定とかがある。

あと、注意する鉱物の特徴として、

双晶 (twin)：斜長石に顕著。縞模様の交替して明暗が変化。異なる結晶種

累帯構造 (Zonal Structure)：斜長石にしばしばみられる。斑晶の輝石などにもみられることがある。→結晶の晶出とマグマの反応により、結晶の化学組成が異なる成長をとげる。

反応縁 (Reaction Rim)：同様にマグマと結晶の表面での反応により、結晶表面に異なった組成や、異なった鉱物が成長したり、置換されたりする。

主な造岩鉱物の見え方の特徴

石英 (Quartz)：干渉色は灰色で双晶や、劈開がない。深成岩では他形となることが多い。

カリ長石 (K-feldspar)：干渉色は灰色で、パーサイト構造 (正長石と曹長石が低温で分離した細かい縞模様) がみられることがある。花こう岩ではしばしば外観がピンク色や赤い色に染まることもある。

斜長石 (Plagioclase)：双晶や累帯構造を示すことが多い。左の安山岩の斑晶を参照。また斑れい岩も同様。ほとんどすべての火成岩に含まれる。マグマの塩基性と酸性で、An分 (Ca) と Ab分 (Na) が相互に移行する (固溶体という)。

黒雲母 (Biotite)：一方向の劈開が顕著。その劈開線に直消光する。オープンニコルで多色性が顕著。褐色～淡緑色。

普通角閃石 (Hornblende)：屈折率が長石より高い。オープンニコルで多色性が顕著。

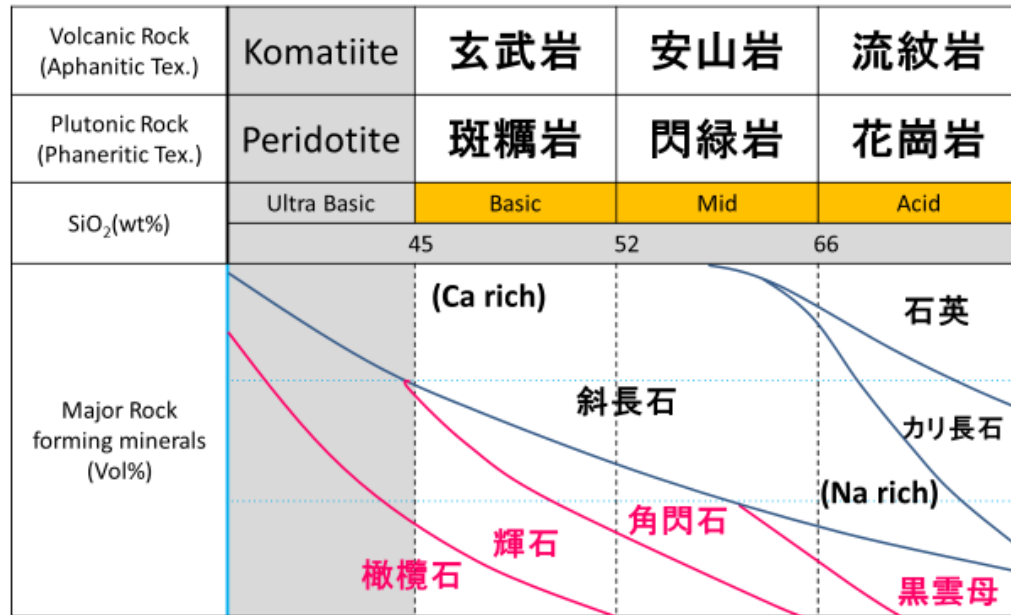
輝石 (Pyroxene)：屈折率が高い。斜方輝石は直消光。単斜輝石は斜消光。干渉色が高い。

橄欖石 (Olivine)：屈折率がふつうの造岩鉱物の中では一番高い。劈開はやや乏しい。この点で輝石と区別可能。干渉色がどきつい。

※ 輝石と角閃石の区別は難しい場合が多い。筆者もいつも苦勞している。

<薄片クイズ>

火成岩分類表 (Y.Okamoto2018)



§ 岩石薄片製作

<薄片製作の準備物>

- ・岩石サンプル（ハンマーで薄く割るか、岩石カッターで切断した Tip）
- ・研磨剤（カーボランダムとアラシダム）#は篩（ふるい）のインチあたりの目の数、大きい数ほど粉が細かい。
（モノタロウで入手可）500 g 各 1500 円から 2000 円程度
#120, #300, #800（以上カーボランダム、黒色の粉）
#1500~2000（アラシダム、白色の粉）少し高いので、カーボランダムでも可

- ・スライドガラス：松浪硝子工業 偏光顕微鏡用スライドガラス 鉍物用 水縁磨 t1.3 100 枚入、(Amazon で 1307 円)
- ・カバーガラス：松浪硝子工業 NEO カバーガラス 24×32 mm No.1 200 枚入 (Amazon2786 円)
- ・紫外線硬化型接着剤：レジソ液 UV クラフトレジソ液 65g 【さらさらタイプ】 (Amazon で 999 円, 百均のものでも使用可)
- ・マニキュア除去剤（アセトン含有のもの）百均で購入

- ・鉄板（6mm）
- ・厚板ガラス板（8mm）3枚.
- ・台所用包丁研ぎ機（あれば便利、通販で1万円弱）
- ・ガラス板を載せる新聞紙
- ・水を供給する容器

<薄片製作のコツ>

もっとも難かしい点：岩石の切断（岩石カッターが必要）、薄い Tip 作成での代替
岩石カッターが借りれる場合は、できるだけ薄く切る。

研磨（摺り）：鉄板で#120, ガラス貼り付け前：岩石カッターのノコ目を取る。ガラス貼り付け後：0.5mm 厚くらいまで減らす。

※特別に指定のない場合は研磨粉はカーボランダムの工業用を用いる（緑色の高価なものもあるが、黒い通常の工業用で OK. モノタロウで入手可）、また必ず適度な水を足して、水と研磨粉の混合状態で摺る。

※各磨きの行程で、絶対に番数の異なる研磨粉が混じることを防ぐ。できれば専用のガラス板を用いた方がよい！

この間に、ガラス貼り付けののち切断後には、包丁研ぎ機の砥石での研磨が入る。
（ガラス貼り付け前ではこの過程は省略）
砥石の端をうまく使って、0.2mm 程度まで減らす。これにはかなり習熟が必要。

ガラス板（筆者の場合）：粗摺り#300, 中摺り#800, 仕上げ摺り#1500
岩石が透けて光が入る状態まで摺る。

※この番数は少々違って構わない。専門家は仕上げズリを#2000 以上で行うようであるが教材用であれば上記で十分。

※ かつては、スライドガラスへの接着にレーキサイドセメント、カバーガラスの接着にカナダバルサムを用いていたが、接着剤を溶かすためのアルコールランプなどの準備が大変なのと、接着時の泡の処理が難しいため、現在では専門家もほぼ本教材で用いるような接着剤を用いているようである。

<手順>

1. まず、岩石 Tip の片面をスライドガラスに貼り付けるための研磨。

研磨（摺り）は岩石切断後、まず片面を鉄板→ガラス板で上記番数で研磨。この際の時間は下記を参考に。この際、指をスライドガラスの横に置くと、知らない間に指の表面を削ってしまい、血が出てきてとても痛むので要注意。

#120 は鉄板を用いる。岩石カッターのノコ目が取れるまで（正味数分から5分程度）。
#300 以降はガラス板。前の#120 の粗い砂目が取れるまで（筆者の場合タイマーで計って、正味3分半）
#800 も同様に3分半
#1500 も同様に3分半

※摺りの際には、岩石表面が平面で磨かれるよう（丸くならないよう）に特に注意する。

2. スライドガラスへの接着

これで、乾かしてから、ホットプレートなどで少し加熱（2液混合接着剤が流れやすくなるため）。

2液混合接着剤（筆者は水に強いと言われるボンドEを使用）を適量取り出し、紙の上でつまようじなどで、すばやくよく混ぜる。混ぜあわせが不完全だと、切断時や研磨時に剥がれやすくなる。

磨いた面にさきほどの混ぜた接着剤を適量取り、スライドガラスの表面にゴミがないことを確認して貼り付ける。この際、泡が入りやすいので、ガラスの中央を押さえて石を少し動かし、周囲に泡を追い出す。これが重要！

泡を追い出したら、水平な新聞紙の上などで静かに接着する。ただしこの際に岩石が動きやすいので、動いてガラスからはみ出していないかを時々チェックする。

またスライドガラスには余白に、必ずどんな種類の岩石かを油性マジックで書いておく。さらにできれば元の岩石と比較写真を撮っておく。これが大事。何種類も岩石を処理する場合には、どの石が元の石かわからなくなる。

3. スライドガラス貼付け後の切断

岩石カッターで、0.5～1mm厚に切断。しかしこれも熟練が必要。カッターが利用できない場合は鉄板で、所定の薄さになるまで研磨。この場合はさらに粗い#80程度を用いてもよい。

4. 最終研磨（仕上がりは0.02～0.03mmの厚さ）

最初に鉄板#120か、包丁研ぎ機で0.2～0.3mm程度にまで摺る（裏側から光が透けるまで）。これを次の#300で、光が十分透けて、周囲が丸くなり始めるまで根気よく摺る。この段階で十分に薄くするとあとの行程が楽。また片減りすることが大抵なので、光を透かせてどこが厚いかを見て、その厚い方に指をかけて摺る。ガラス板で一箇所固定せず、広い範囲をまんべんなく摺る。水の量は研磨剤を適宜継ぎ足す。

この状態で偏光顕微鏡を見ると、石英、長石の干渉色が黄色になっている。石英や長石にもっとどぎつい色がついているときは厚すぎ。

次に#800で、石英、長石の干渉色が灰色になるまで摺る。片減りしていたり、周囲から丸くなることが多いので注意する。上記薄さ（0.03mmくらい）になってくると、油断するとあっという間に石がなくなる（接着剤だけが残っている！）ことがあるので本当に注意しすぎるくらい注意してください！！偏光顕微鏡で厚さをチェックしながら進めることが肝心。

石英、長石が灰色（黄色みがなくなる）になったら#800を終了。

あとは#1500で力を入れずに、数分摺って#800番の粗い目を取れば終了。新聞紙の上で乾かす。

この段階でも、周囲が余り丸くならず所定の薄さに研磨できている薄片を作られている方はもはや、この種の研修の講師を十分につとめられるレベル！！

5. カバーガラスの接着

岩石表面のゴミ、特に糸くずなどを指の表面できれいに払う。

UV硬化型接着剤（さらさらタイプ）を2滴、石の長辺の方向の真ん中に少し間を開けて滴下。すばやくカバーガラスをかけるが、カバーガラスは薄いので割らないように、また手を切らないように注意。カバーガラスの中央部を押さえて、上下左右に動かし、周囲に接着剤を伸ばし、石全体に接着剤が行き渡るようにしたら終了。カバーガラスの端まで接着剤を伸ばすには少しコツがいる。最初は少し足らなくても仕方ない。このとき余った接着剤がカバーガラスからはみ出すので、指につけないように注意。はみ出した接着剤はつまようじなどで適宜取り除くが、接着後にアセトンで取り除けるので、とりあえず簡単な清掃でよい。

これを、日光に当てるか、UVランプに当てると数分で硬化する。蛍光灯を近づけてもよい。十分に硬化後、アセトン（マニキュア除去剤）をティッシュペーパーに含ませてカバーガラスの表面や周囲についた接着剤を清掃する。

紙のラベルを貼って完成。

※ このあたりの技術は筆者Webサイト (<http://yossi-okamoto.net/>) でコツなどを、写真で順次、説明予定です。

参考書：

和書：薄片でよくわかる岩石図鑑/チームG編，誠文堂新光社，2014，2600円

（地質調査所の薄片製作の専門家チームによる本で、特に薄片製作に詳しい。紙やすりを用いた簡単な薄片製作法も載っているが、薄片の写真そのものはやや少ない）

岩石薄片図鑑/青木正博，誠文堂新光社，2017，2400円

（上記に比べて、とてもきれいな鑑賞用としても見れる薄片の写真が多い。ただし薄片製作の話は載っていない）

Webs上の鉱物薄片観察指南サイト（広島大学）

http://domi.hiroshima-u.ac.jp/rf_minerals/index.html

鉱物の違いによる薄片の見え方の違いが詳しく解説されている。おすすめ。

早稲田大学の薄片製作Webテキスト

<http://www.aoni.waseda.jp/mhayashi/薄片テキスト2018.pdf>

（かなり専門的な内容であるが、接着や研磨に詳しい）

洋書：Atlas of Igneous Rocks and their Textures/W.S.MacKenzieほか，Pearson Education，1982

PDFとして幾つかのサイトからダウンロードできる：

http://www.doganaydal.com/nesneler/kutuphanekitaplar/ATLAS_OF_IGNEOUS_ROCK.PDF

など。（この本は、大変種類の岩石薄片の写真があり、また鉱物の記載も専門的で、火成岩の組織や岩石薄片の観察をより詳しく勉強したい方にはおすすめの本。英語なのが惜しい）

また下記も岩石の産状を含めて参考になる。

A practical guide for the igneous rocks of the Carpathian-Pannonian region

<http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/APracticalGuideForTheIgneousRocks/book.pdf>

顕微鏡写真と火成岩の組織については、

https://minerva.union.edu/hollochkc/ig_petrology/ig_textures.html

偏光顕微鏡の構造と鉱物の鑑定については

http://www.minsocam.org/msa/openaccess_publications/Thin_Section_Microscopy.pdf
が詳しい。

都城 (1975) 「岩石学 II」より

https://home.hiroshima-u.ac.jp/mfukuok/er/ES_C_K1.html

オフィティック (ophitic) とは、ドレライトあるいは輝緑岩によく見られる組織で、斜長石の細長い自形の結晶と結晶との間を、大きい他形のオーゾイトがうずめているものをいう。

ドレライト状 (doleritic) または輝緑岩状 (diabasic) とよぶこともある。

インターグラニューラー (intergranular) とは、完晶質玄武岩によくみられる組織で、斜長石の細長い自形の結晶と結晶との間を、それよりずっと粒の細かいオーゾイトの集合がうずめているものをいう。

インターサータル (intersertal) とは、インターグラニューラーによく似ているが、斜長石の間をうずめている物質がオーゾイトだけではなくて、カンラン石、不透明鉱物、ガラスなどさまざまなものである組織をさす言葉である。

ポイキリティック (poikilitic, poecilitic) とは、勝手な方向にむかった小さい結晶が、それより大きい他の鉱物の結晶に含まれている組織をいう。

トラキティック (trachytic) とは、細粒の短冊状の長石が互いにほぼ平行に配列しているような組織をいう。斑晶がある場合は、それをよけるようにうねって配列している。粗面岩、粗面安山岩に特徴的な組織である。

流状 (fluidal) とは、結晶が互いにほぼ平行に配列している組織で、マグマの流動によって生ずる。流紋岩やデイサイトなどにしばしば見られる。

グラフィック (graphic) とは、石英とアルカリ長石のくさび形文字状の片が多数いりくんでいて、ある範囲にある石英片、ある範囲にある長石片が、それぞれ同時に消光するような組織をいう。これは石英と長石が同時に結晶してできるので、共融点における結晶作用の結果だとよく解せられる。(石英と長石よりほかの鉱物についても用いられることがある。) 石英と長石のグラフィック組織はカコウ岩やペグマタイトによくみられる。ペグマタイトでは、石英片や長石片が大きく、肉眼でよく見えることがある。そこで顕微鏡下でだけ見えるように小さいスケールのグラフィック組織であることを強調するときには、マイクログラフィック (micrographic) という。

スフェルリティック (spherulitic)。針状あるいは長柱状の石英や長石が一点から放射するように集まってつく球のような形の塊まりを**スフェルライト** (spherulite) という。そういうスフェルライトを多数含む岩石は、スフェルリティックな組織をもつという。これは結晶度の悪い、ガラスの残っているような岩石によくみられる。顕微鏡下でだけ認められるような小さいスケールのスフェルリティック組織を、マイクロスフェルリティック (microspherulitic)

という。

グラノフィリック (granophyric) とは、グラフィックおよびスフェルリティックな組織の全体を表わす語である。