

講 話

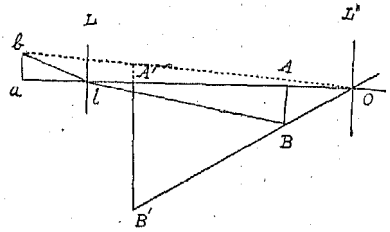
岩石學用顯微鏡の使用法(二)

二、鑛物顯微鏡

小 川 琢 治

鑛物顯微鏡は岩石及び鑛物の薄片を透過光により廓大し、その斷面の上下に挿入したるニコル氏偏光器を通過する間に結晶の偏光性の起す現象を検する目的で造られてゐる。構造は普通顯微鏡と同一の照明器(C)を鏡臺の下に裝置し反射鏡(M)から來る光線はCに於て凸レンズにより少しく收斂されて鏡臺の圓孔上に置いた斷面を透過し、鏡臺の平面に垂直の方向に在る鏡筒の下端に裝置したる接物鏡(O)にて廓大されて、鏡筒の内部で結晶の形像は反對の位置になつて焦點を結ぶ。上端に裝置した接眼鏡は此の形像をそのまゝ更に廓大して視るから、その廓大力は兩鏡の廓大力の乗積に等しい。之を圖解すれば第一圖の示す如く、 ab なる長さの實體が接物鏡Lにより廓大されて AB となり、上下の顛倒した位置に影像を作り、接眼鏡Lにて之を $A'B'$ の位置に視ることになる。Lの廓大力は $abl \propto ABl$ の兩三角形の $ab \propto AB$ の長さの比即ち AB/ab 又は $A'l/al$ と示し得られる。接眼鏡の廓大力(接數)も之と同じく $A'B'/AB$ 又は $A'O/AO$ と示し得られ、顯微鏡の廓大力Gは

第一圖



となる。此の下の四の數量の中 a, AO の二數が他の二數に對して小さい程倍數が大きくなる。故に廓大力は接物鏡焦點の長さに反比例し、レンズの焦點距離の長短數種が第一に必要で、接眼鏡の廓大力の大小異つたもの二三と組合せて所要の廓大力の階級を一通り揃へることが出来る。常用廓大力(ライヘルツ社)は左の如き所が必要である。

接物鏡の左側數字は數學的開放度 Numerical Aperture のいひ、組合せたレンズの等價焦點距離 M Equivalent focal distance とは單一の凸レンズに平行光線の結ぶ焦點距離と同じ意味を有し、廓大倍數の高いもの程實物の距離が短く

岩石學用顯微鏡の使用法

(接物鏡左側數字は數學的開放 Numerical Aperture)

接眼鏡	接物鏡	0	1	3	5	7a	9
I 五〇倍耗	四〇耗	一	三〇耗	一八・五耗	五・二	三・二	二・〇
II 四〇	一四	二〇	〇・一七	〇・三五	〇・七七	〇・八八	〇・九五
III 三〇	一八	二五	六〇	一九〇	三三五	四九五	
IV 二五	二一	三〇	七五	二三五	四〇〇	五八五	
V 二〇	二八	四〇	九五	三一〇	五四〇	八〇〇	
	四〇	五五	一三〇	四三〇	七五〇	一一〇〇	

なるのである。

大抵顯微鏡には接物接眼兩鏡を組合せる上の表を添えてゐるが、顯微鏡寫眞などを撮影する時には視野の眞の直徑と寫した圖の直徑の比であつて、此の倍數そのものでない。故に豫め視野の直徑を知り寫つた直徑を之で除して得た數で示さねばならぬ譯である。此の測定は硝子板上に一耗を百分した細線を刻んだ微尺硝子板 Object-micrometer を鏡臺に置き、接物鏡にて直徑の長さを讀み、寫した圓の直徑を此の長さで除すればよい。低い倍數は耗又はその二分一まで刻んだ普通の尺度を鏡臺に置き、視野の直徑を測ることも出来るが、それは精密ではない。

造岩礦物を平行光線で見るときに常に用ゐるのは五番(五耗)までの接物鏡で足りるが、長石の干涉像を收斂光で見るときには七a番(三・二耗)か九番(二耗)が必要である。又た結晶粒が非常に小さいか複屈折が弱い、薄片が薄い時に干涉像を判然と視んとするには更に強力な接物鏡が必要となる。

火山岩の石基中に出る長石の微晶の如きは九番でも尙ほ不十分であることがある。此の時には水浸接物鏡 Water immersion Objective 又は均浸接物鏡 Homogene imm. obj. が大に役立つのである。

是は鏡臺の下に裝置した集光器の凸レンズの光線が物體を通過して開く角度の大小に關係し、集光器と載物硝子板 Object-glass との間及び貫物の上を被ふた硝子の薄板(〇・一五耗以内)即ち覆硝子 Cover-glass と接物鏡との間の空氣の層を通過する時に屈折率の差異の爲め面から斜に出る光線の一部が全反射を成し、物體を通過した光線の一部分しか接物鏡に入らぬ。水($n=1.333$)又はセダー油($n=1.515$)を兩硝子板と上下兩レンズとの間にたらし、空氣と置き換ふれば、大部分の光が接物鏡

に入るから、視野がそれだけ明るくなり、強度の廓大に對して微細な物體を判然と見得るのみならず、此の時に特別の集光器を使用するから、干涉圈の輪の辛うじて見える位の結晶の輪が數多く見える様になる。故にフーケ氏の方法により等分線光軸に直角なる斷面に於ける消光角を利用する長石の識別法には時としてその必要が起る。又た光學性の一として屢記載された赤色光線と堇色の分散の仕方 $2N_c$ を見るにも必要である譯である。

岩石學用顯微鏡の接眼鏡に前後と左右の方向に互に直角に交つた細い十字線が上下のレンズ間に挿入され、上レンズの筒を少し上下に動かして近視又は遠視の眼に判然と見える様になつてゐる。此の方向は後に述べるニホルの指動方向に一致し、結晶と上又は下のニホルとの振動方向が一致する時に起る光學性を認知する坐標として必要である。

又た十字線の代りに微尺を刻んだ硝子板を挿入した微尺接物鏡 Micrometer-ocular といふ裝置もあつて、視野に現はれる結晶の大きさを測るに用ゐられ、又た收歛光で見た干涉像の雙曲線の頂點間の距離を測り、光軸角 $2E$ 及び $2V$ を算出するに役立つ。故に五番又は七番の接物鏡と共に此の接眼鏡が必要である。

油浸接物鏡を用ゐる時には補整接眼鏡 Compensation-ocular を使用して光の収差を完全に正す必要がある。

岩石學用顯微鏡構造の生物學用器械と尤も異なる點の一はその鏡台 Stage に在る。鏡台の形狀は圓板を成し、鏡筒の中心を通ずる垂直軸に對して直角を成した水平の位置に在つて、此の軸を中心と

して回轉し得ることになり、圓周を三六〇度、大形ではその分類まで度盛りを施し、且つ游尺により度の若干の分數を読み得る。故に接眼鏡の十字線に一致する結晶のある線がどれだけ回轉した位置にでも來らしめ、その回轉角を測ることが出来る。

鏡台上には縦横に直角に交はる方向に一耗に割つた尺を刻み、載物硝子板の縦横の邊の位置を此の目盛りで読み置けば、或る特殊の晶體を一度見た後に再び原位置に近い處へ來らしめる便がある。此の目盛りの外に別に微尺螺旋により直角の方向に移動せしむる裝置もあつて、之を機械鏡台 *Mechanical stage* と呼び、造り附けたものゝ外に取り外し得るものもある。此の裝置は游尺により十分一耗まで読み得るから、之を移動して結晶の兩邊の間の距離を測ることが出来る。

鏡台の下には同じく鏡筒の中心線の延長の方向に弱い凸レンズの集光器とニッコール柱を裝置した圓筒が附着して、右側にある正切螺旋によつて上下の方向に移動し得る。此の外に收斂光線を生ずるに必要な強度の集光器を添えて取り外し得る様にしてある。

此のニッコールの下端に光彩絞 *Iris-diaphragm* が附いてゐれば結晶を照らす光線の量を加減して屈折率の大小を測るに便である。

下ニッコールに入る光線を前又は横の何れの方向から來る光線をも受け得る爲めに、その下に別に二の回轉軸を有する反射鏡が附屬し、是も上下に移動し得る様になつてゐる。その一面は凹鏡で一面は平面になつて、近い光線に前者、畫の散光には後者を使用すればよく、集光器を使用するに當つては前者の位置を載物硝子板の上面に焦點が集まる様に注意せねばならぬ。

集光器及びニコルの取り着け方に種々の型があるが、其の中ライヘルト社製の鏡臺下部は横に回轉して全くニコルを刎ねのけて普通光で見得ることになつてゐるから、複色性を二色接眼鏡で見ると頗る便である。

鏡臺は鏡筒を支持する腕部の下端に固着し、兩者共に馬蹄形の臺の上に直立した脚部の上端に接する。廉價小型の器械では鏡筒の腕部は此の脚部と一體を成し、之に鏡臺が固着し、器械を垂直の位置から傾けることが出来ない。中型(ライヘルト社第三號の如き)以上では鏡臺は腕部に固着し共に脚部に對し直角となるまで後方に屈曲し得るから、長時間使用しても疲勞が少くてよい。無器用に見えても、脚部と馬蹄部は成るべく重いのが鏡臺の回轉に當り横に動かぬ。軽い華奢な形のはグラ付いて不愉快である。

腕部と脚部との接續は左右の方向に通つて軸により回轉し、之を締めて任意の位置に固定する爲めに抗桿が附いてゐる。

腕部と鏡筒との間には軌鐵の形の鏡筒附屬物が腕部の縦溝に嵌まり、溝内で齒輪で滑動し、左右に出た齒輪の軸端の輪を取手として之を回轉すれば上下の運動が起る。中型以上の器械では細微の運動を第二の水平又は垂直の螺旋でなし得る様になつてゐる。

鏡筒は接眼鏡の嵌まる上端に鋸が突出し、必要の場合にその上に上ニコルを載せ得る様になり、此の部分は太い胴筒 Body tube にはまり、此の部分だけ引き伸し得ることが双曲線の距離により光軸角を測定する時に必要である。胴筒の左右に縦走する細長い窓が明いて内筒が露はれ、此の部

分にベルトラン氏レンズが水平の横孔内にはまり左右に移動し得る様に裝置され、干渉像を見る時には此のレンズを筒内に挿入し、平常は之を外すのである。

胴筒の下部に第二の縦孔があつて筒内ニコルは此處に挿入される。行をかへよ胴筒の下端に接物鏡を取り附ける部分にも前後と左右の方向に對して四十五度の方向に石膏板及び石英楔を挿入する孔がある。此の下部と胴筒との接續部に前と右に胴筒に直立した小さい螺旋を穿ち、之により接物鏡の中心を通る軸線の方角を少し前後左右に偏せて鏡筒の眞中心に調攝することになつてゐる。

接物鏡を取りつけるには下部の雌螺旋の溝に接物鏡の上端の雄螺旋を捻ぢ込む舊型の裝置は殆んど跡を絶ち、挟み Clutch で挟む新型が流行し、此の方が便利で弱い廓大力のレンズから順次取り換へて倍數の高いレンズを使用するに手早く出来る。舊型器械ならば毎回取り付ける時に螺旋の溝に斜に捻ぢ込んで破損をせぬ様に十分注意せねばならぬ。

此の挟みの部分の不出來なのは鏡筒の垂直軸が少しづつ變化し、中心に在つた結晶が鏡台を回轉すれば横に偏つて仕舞ふので、測角が出来なくなる不便がある上に、五番七番の接物鏡をはめた時に結晶が全く視野の外に脱出し、收斂光で干渉像の回轉に因る變化を見ることが出来なくなる。此の時に調攝せねばならぬ様では手數の面倒なる爲めに收斂光使用が怠り勝になり得る。取り着け方の最も完全なのは「ライツ」社の挟みであるが、ライヘルツ社の簡單な挟みに挟み金と接物鏡の上端の環に黒點の符號を鐫り適合する位置を示したもので、此の位置に合はせば、回轉に當り視野が狂はぬので、極めて手輕くて便利である。

筒内ニコルは九〇度だけ回轉し得る裝置あるものでもないものがあるが、中型以下の之なきものでも餘り不便を感じぬ。

ペルトラン・レンズ Bertrand's lens は接眼鏡の下に一定距離に置かれ、接眼鏡を挿入したまゝで干渉像を見る時に使用され、之なしには微尺接眼鏡で光軸角を測定することが出來ぬ。尙ほ之に附帶した絞りが必要で、フュース社製のは之なき爲め判然たる干渉像が現はれない。ライツ社製の光彩絞りは最も完全な裝置であるが、ライヘルト社の直徑約二耗の圓孔ある圓板をレンズの上に重ねた型で極めて明瞭なる干渉像を見得るから必しも光彩絞りでなくとも十分目的を達し得る。此の圓板絞りは容易に出來るからフュース社の如き型のペルトラン氏レンズの上に嵌め込めば大抵實用に差支ない。

此のペルトラン氏レンズの絞りの有無は甚だ些細な問題の様であるが、從來日本の岩石研究に當り收斂光に依る觀察を等閑に附する傾向の認められるのは主として此の裝置が不完全なる爲め、接眼鏡を外づして見るラゾー氏の方法しか行ひ難かつたに職由すると思はれ、決して輕視し難いのである。

偏光性結晶は直交ニコルの間に於て光波の干渉により或る色の光は消失し或る色の光のみが通過するので偏光色又は干渉色 Polarization or Interference Colour を生ずる。是は結晶の體色 Body colour と無關係に光波長と結晶の厚さ及び屈折率に關係して變化するもので、結晶斷面に含まれた三つの對稱面の位置と關係して、斷面内のに於て互に直交する α , β , γ の兩方向が上下ニコルの振動方

向に一致する時に限り、下ニコルの振動方向のみの偏光線が上ニコルに入る時に全く遮断されるから、視野が全く暗黒となり、此の断面の位置を、該結晶の消光位 Direction of Extinction と呼ぶ。此の兩方向の屈折率の大小を判別する爲めには補色器 Compensator として石膏板 Gypsum plate 及び石英楔 Quartz wedge を使用する。此の兩補色器は收斂光で結晶の正負を検する時にも使用され、又た $1/4$ 雲母板 Quarter undulation mica plate も後の目的に使用される。何れも接物鏡の上に穿つた水平の間隙に挿入される。此の三者は補色器として最も普通に使用され、岩石學用顯微鏡の附屬品として缺く可らざるものである。その使用法は後に詳かに述べる。

此の他偏光色の變り方を利用して偏光性を認知し、又た消光位を決定するにベルトラン氏十字接眼鏡の外にブラブエー、プレチナ、カルデロン等諸氏の接眼鏡に複屈折礦物晶片を裝置したものがあつた。此等は何れも上載ニコルを用ゐて見ねばならぬ。ビオー、クライン石英板 Biot-Klein's quartz plate だけは石膏板石英楔と同じく接物鏡と筒内ニコルの中間に挿入するから上載ニコルの必要がなくて使用に便利である。

此等は何れも定性的補整器に屬し、断面の複屈折即ち $n_g - n_p$ の大きさを測定するには、最も簡單なるはフェドロフ氏雲母楔 Fedoroff's mica wedge で、 $1/4\lambda$ の雲母薄片十六枚を梯尺に重ね、その厚さの差異を複屈折の尺度として干渉色の消える位置から之を決定するのである。

バビネ氏補整器 Babinet's compensator は二枚の石英楔の一方が固定し一方だけが滑動する裝置で、そのズリ方を微尺で讀み、偏光色の消失して暗黒となる位置により複屈折を算出するのである。

此の場合には断面の厚さが知れて初めて計算が出来る。従つて薄片を取り出して直接に測球器 Spherometer で測定するか又は顯微鏡筒を上下する微尺螺旋により測定する方法によりその厚さを知ることが必要である。

以上岩石學用顯微鏡の一般的裝置とその使用の目的を略述した所からこの器械の概念は得られたと信ずる。器械を所有される讀者は此の記載により尙ほ十分に理會され難い所をデューハンセン氏岩石學研究法 Johansen's Manual of Petrographic Method の如き詳細なる説明を參考される第一歩となると信ずる。

我々の屢受ける質問は岩石の研究に必要な顯微鏡の種類とその價格である。是は頗る難問であるが、一般にいへば前に屢擧げたライヘルト社中型 M. III と同型の屈曲し得る鏡台で、焦點距離三耗内外の接物鏡が附屬した器械は最も普通に各會社で製作し、ライツ、フュース、キンケル等の輸入する所は何れも大同小異といふべく、何れの社の製品にも一長一短は免れぬが、使い慣れたならば此の型は最も手頃である。大抵時價七百圓許で一通りの裝置は揃ふ。大型の千圓以上の顯微鏡は精細な研究に必要であるが、一般には之を使用し疲らすことは惜しい。岩石學研究室に一台以上を備へるに及ばぬと信ずる。

其よりも小型屈折率 Refractometer (フュース社製、約六十圓)、單色光器 Monochromator (全社製約三百圓)、等を加へ、前に掲げた普通以外の數種の附屬品を加へ千二三百圓の範圍で研究の目的は大體達せられる。