

文・圖／鍾坤輝、何恭算

也許您曾經上過山，觀看過雄偉巍峨的峽谷峭壁；也許您曾經造訪秀麗的海岸，讚嘆造物者的巧奪天工；多數人都會被這岩石所構成的壯麗美景所吸引，甚至撿拾一些美麗的石頭回去紀念，不過您是否曾經想過這些石頭是怎麼形成的？這些看起來不怎麼起眼的岩石，可能蘊含著地球壯麗奇景的形成及其演化的奧秘嗎？讓我們一起進入微觀的岩石世界去一探究竟。

一、岩石野外觀察與採集工作

想要進一步了解地球的形成和演化，就必須實地去接觸地球，也就是到野外去觀察及收集一切有關的地質資料，稱為野外工作（Field work）。在地球表面所看到的固體是岩石和土壤，構成這兩種物質的基本顆粒都具有一定的化學和物理性質，這就是礦物，換句話說岩石和土壤都是礦物的集合體。

常見的岩石有火成岩、變質岩和沉積岩等三大類（圖1~3），是組成地殼的主要物質，在野外主要依據岩理（Texture）和礦物種類來鑑定岩石。其中岩理表示礦物顆粒間的關係：包括大小、形狀及排列方式，可以指示岩石形成時的自然環境與可能成因。所以在野外實地觀察紀錄後，將需深入了解的岩石標本進行採樣（注意必須是未經風化的新鮮岩石），帶回實驗室中利用各種儀器進行分析與研究，其中一種方法是將樣本製作成岩石薄片（thin section），然後放在偏光顯微鏡下觀察其形態、構造及礦物組成等性質，並可利用礦物的光學特性來幫助礦物類別的鑑定。

二、實驗室薄片製作

岩石為了要在偏光顯微鏡下觀察，首先必須夠「薄」，薄到光線可以穿透標本，一般的標準薄片厚度為 $30\ \mu\text{m}$ ，相當於0.003公分。由於光線透過礦物時的速度因種類

偏光顯微鏡下的岩石世界



圖1. 台東市富岡小野柳沉積岩互層堆積



圖2. 澎湖桶盤嶼柱狀玄武岩



圖3. 中橫天祥慈母橋附近大理岩與綠色片岩形成的小褶曲

的不同而異，因此，我們可以利用礦物本身的光學特性，作為礦物鑑定的一項重要依據。

實驗室製作薄片除了靠靈巧的雙手外，還需要依賴精密的儀器作輔助，才能達到既快又好的效果。以下就介紹實驗室製作薄片的幾個步驟：

1. 切割：將野外所採集的岩石標本，先選取新鮮未風化部分，再用鑽石鋸片切成符合玻片的適當大小。由於鑽石是目前硬度最高的物質，為了切出各種硬度不同的岩樣標本，實驗室中鋸片和研磨用磨盤均鍍上鑽石。

2. 磨平：把切好的岩樣標本與要膠著的玻片，分別以#600~#1000的碳化矽粉末（Silicon carbide powder）研磨，使岩樣切面成為光

滑之平面。檢查切面是否平整光滑，可將岩樣面向光源，觀察其反射是否良好來判斷。

3. 上膠：將處理完成的岩樣以環氧基樹脂（Epoxy）黏著於毛玻璃上，注意上膠前需將接觸面以酒精清潔，且在上膠時岩樣與玻璃之間不能有氣泡產生，以免影響切片時的黏著強度。上膠後置於固定平台（Bonding jig）上，並以50℃低溫烘烤約6~8小時，以便固結、硬化。

4. 切片：待膠硬化後將標本置於薄片切割機（Petro-thin）上切割並磨成100~150 μm 的厚度，因為切割機轉速過快，所以無法切磨成太薄的標本。

5. 研磨：以測微器定出標本厚度，再把100~150 μm 厚之岩樣標本利用真空原理固定在真空吸盤

上，然後直接在薄片研磨盤（Lapping plate）上研磨至標準厚度30 μm 。

6. 拋光：標本若要做微探成分分析，則需將薄片分別用0.3~0.05 μm 的鋁粉拋光液進行拋光。

由於岩石具剛性，所以上述製作過程是將標本先固定在玻片上再切薄，此與生物切片先切薄後，再固定於玻片上的程序剛好相反。

三、偏光顯微鏡下的觀察

我們都知道要觀察物質的細微結構必須透過顯微鏡，一般的顯微鏡構造較簡單，在鏡台下利用反射鏡凝聚光線並反射到觀察物內，再以不同放大倍率的目鏡和物鏡經對焦後便可清晰觀察標本。但偏光顯微鏡就複雜多了，在其鏡台下有一偏光鏡（polarizer）和一個聚光鏡（condenser），鏡台以上的鏡筒裡還有一個上偏光鏡（analyzer）。簡單來說由於光波的震動方向與其前進方向垂直，利用偏光鏡可使普通光線變成單一震動方向的光線，就是所謂的偏光。利用偏光透過岩石薄片就可以觀察到礦物內部細微結構，並藉由礦物的各種光學特性，作為鑑定礦物所屬種類的重要依據。

在偏光顯微鏡下可觀察到礦物的晶形或集合體（如粒狀、針狀、放射狀、板狀、纖維狀...）、解理的發達與否、單偏光下礦物的顏色和多色性（旋轉鏡台所產生的顏色變化）、折射率的大小，以及對某組解理的消光角和單光軸、雙光軸等干涉像等特性。透過顯微鏡不僅可以看到岩石的細微構造，在偏光鏡下的礦物（特別是交叉偏光）猶如另一個彩色世界，瑰麗多變，是一般人不容易接觸的領域，圖4~11即是在偏光顯微鏡下各種不同種類的岩石薄片，也許在驚艷之餘，下次出去野外時，就能對自然大地多一分親切的了解與關懷。

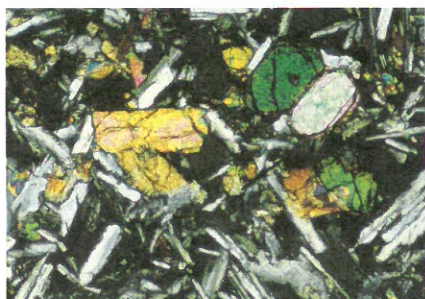


圖4. 玄武岩為基性岩漿噴發所成的熔岩流凝固而成。圖中白色長條狀礦物為斜長石，綠色和橙色柱狀礦物為斜輝石（ $2.74 \times 1.78\ \text{mm}$ ）。

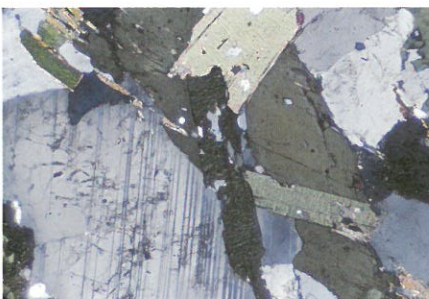


圖6. 花崗岩屬於粗粒的侵入火成岩，以石英、長石和雲母為主要礦物。圖中呈黑白相間條紋構造（又稱聚片雙晶結構）的礦物為斜長石，彩色礦物多為黑雲母（ $4.38 \times 2.85\ \text{mm}$ ）。



圖5. 安山岩係由基質與斑晶共同構成。照片中央呈灰色者為斜長石斑晶，因晶體成長時，成分發生改變，所以具有環帶狀構造（ $4.38 \times 2.85\ \text{mm}$ ）。

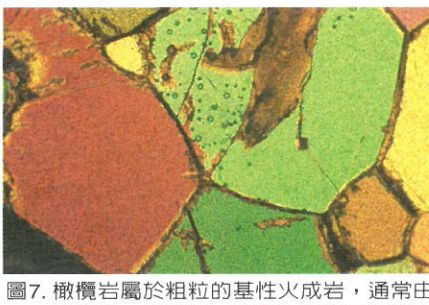


圖7. 橄欖岩屬於粗粒的基性火成岩，通常由橄欖石、直輝石、斜輝石和尖晶石或石榴子石所組成。圖中橄欖石呈約120°的三連結點分布情形（ $2.74 \times 1.78\ \text{mm}$ ）。

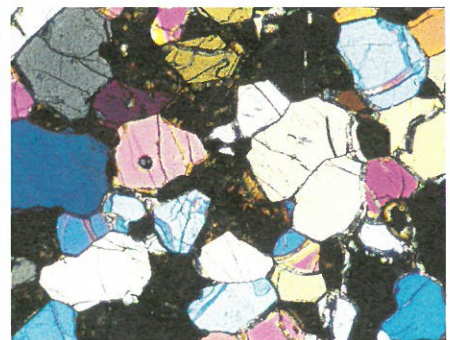


圖8. 輝石岩內的主要組成礦物包括彩色的斜輝石和黑色的石榴子石（ $4.38 \times 2.85\ \text{mm}$ ）。

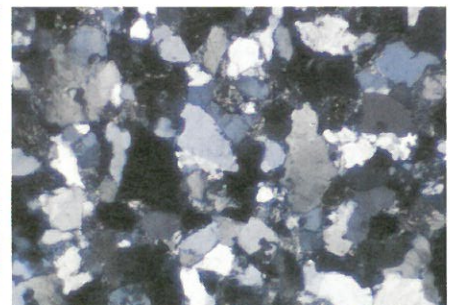


圖9. 砂岩為常見的一種沉積岩，主要由石英和長石等淡色礦物所組成，偶而也可發現少量的岩屑（ $4.38 \times 2.85\ \text{mm}$ ）。

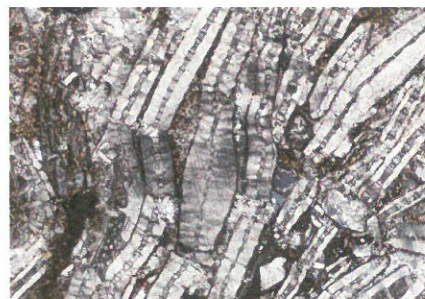


圖10. 生物礁石灰岩（Reef limestone）是由珊瑚、有孔蟲、貝殼、藻類等生物遺骸堆積而成。圖中多數呈長條狀者為大型有孔蟲，左側則可發現珊瑚遺骸（ $4.38 \times 2.85\ \text{mm}$ ）。

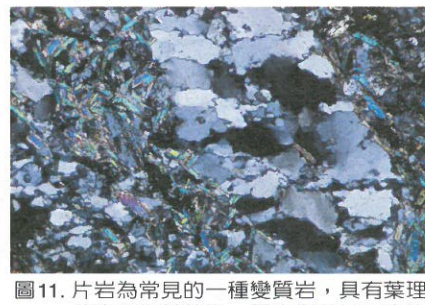


圖11. 片岩為常見的一種變質岩，具有葉理狀岩理為其特徵。圖中彩色細長條片狀白雲母平行排列，白色至淡灰色粒狀石英則呈透鏡狀聚集（ $2.19 \times 1.43\ \text{mm}$ ）。