

礦物界中的千層派——雲母家族

文・圖 / 何恭算、鍾坤煌

雲母(Mica)是雲母族礦物的統稱，這類礦物最大的共通點就是有一組完全解理(Cleavage)，所以我們很容易將它一片片剝離開來（圖1）。所謂解理就是晶體受到外力會沿著某一結晶面呈平整狀裂開的現象，而裂開的晶面稱為解理面。因此，解理面乃是晶體中鍵結較弱的結晶面。



圖1. 白雲母具有一組完全解理，白色共生礦物為長石。（張介宇攝）

雲母之所以會形成片狀，這與它的晶體結構有關。在雲母的晶體結構中，矽氧四面體是以3個氧原子互相共用的現象，因而造成矽氧四面體的薄片或薄層，而鉀、鎂、鐵等陽離子則充填在四面體薄層之間（圖2）。由於矽氧四面體的內鍵結力很強，相形之下，薄層與薄層之間僅靠陽離子的離子鍵來連結，因其鍵結力很弱，雲母便很容易沿著層面剝離開來。薄片狀的「千層派」，便成了雲母家族共同的特點。

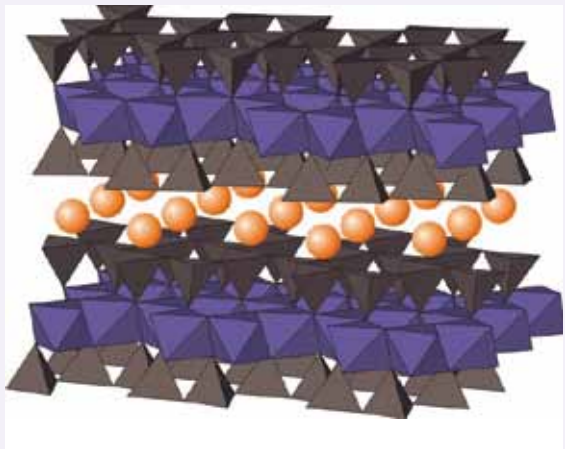


圖2. 白雲母的晶體結構示意圖，中央圓球代表鉀離子。（洪誌樞繪）

家族的重要成員

雲母家族依其成分的差異，可分為白雲母(Muscovite)、黑雲母(Biotite)及鉍雲母(Lepidolite)3個亞族，一般為人所熟悉的礦物種類，包括白雲母、黑雲母、金雲母(Phlogopite)和鉍雲母等。其中白雲母的成分常被其他離子所取代而形成一些變種（或稱亞種），例如：綠色的鉻雲母(Fuchsite)便是鉻離子取代部分鋁的位置；如果成分中矽與鋁的比值超過3時，又稱為多矽白雲母(Phengite)。細小鱗片狀且呈絲絹光澤的白雲母，則被稱之為絹雲母(Sericite)。

從雲母礦物的化學式中，不難看出彼此成分的差異。白雲母($KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$)富含鉀；金雲母($KMg_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$)除了鉀元素外，也含有不少鎂；黑雲母($K(Mg, Fe)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$)的化學成分與金雲母相似，但成分中少量的鎂被鐵所置換，而且鎂與鐵的比例小於2：1；而鉍雲母($K(Li, Al)_{2-3}(AlSi_3O_{10})(O, OH, F)_2$)最大的特色，

便是含有多量的鉍。雲母在($(Si, Al)_4O_{10}$)結構中因近乎六方對稱，使得晶體常具有假六方的片狀、板狀或短柱狀（圖3），而被誤判為六方晶系。事實上，上述幾種雲母均屬單斜晶系。



圖3. 假六方板狀白雲母（張介宇攝）

特殊的物理性質

雲母的質地很軟，摩氏硬度在2～3.5左右。比重一般落在2.7到3之間，其中黑雲母會隨含鐵離子的多寡而有較大幅度的變異，鐵離子含量多者，比重可達3.4。其顏色也隨化學成分的變化而有所不同，通常鐵含量增多，顏色會變深。雲母的化學性質相當穩定，可以抗強酸和強鹼，具耐腐蝕性；耐熱性也很好，通常在600℃以下，能維持一定的物理性能。雲母也有良好的防水防潮性，並且能抗各種射線輻射等特殊性能。

此外，雲母還具有優良的絕緣性質。礦物對電流的傳導能力，稱之為礦物的導電性。在絕緣體礦物的能帶中，因能量間隔很大，使得電流難以通過而不能導電。雲母的體積電阻率和表面電阻率都很高，因此，它是極佳的絕緣材料。

探訪雲母之家

雲母族礦物在地表分布很廣泛，能在岩漿作用、沉積作用和變質作用條件下形成，是常見的造岩礦物。其中又以偉晶花崗岩、花崗岩、輝長岩、長英質的熔岩流和斑岩、片岩和片麻岩等變質岩出露最多。在偉晶花崗岩中經常出現巨大晶體，並與長石、電氣石、水晶、綠柱石、黃玉等礦物共生。此外，雲母抗風化能力強，所以也常出現在碎屑沉積物或沉積岩裡。

在臺灣地區，雲母主要分布在中央山脈東斜面的混合岩和結晶片岩中、宜蘭南澳至東澳的偉晶花崗岩中，以及基隆火山群的石英安山岩中。尤其在本島東北海岸和南部橫貫公路啞口一向陽一帶，更是重要的雲母礦床分布區。

學術與經濟上的多元價值

雲母在地質研究上，扮演重要的角色，「提供年代線索」為其學術價值之一。我們都知道「時間」是探討地球演化歷史的重要關鍵，它不僅揭露某種地質事件在何時發生？也提供發生速率或演化速率等訊息。雲母因富含鉀，也含有一定量的鉍（註：鉍的化學性質和鉀很相近，大部分含鉀礦物都含有鉍），所以常被選用鉀-氬、氬-氬或鉍-鋇法定年的材料。研究學者曾透過雲母的鉀-氬定年，得知基隆火山群約在100萬年前噴發；利用雲母進行鉍-鋇定年，探討臺灣第三紀以前基盤岩中，片麻岩體的熱變質歷史；利用黑雲母-石榴子石的地溫計，推估臺灣東部源頭山片麻岩體曾經受到3次以上的變質結晶作用，都是幾個典型的例子。

白雲母的英文名稱Muscovite是源自Muscovy Glass，係指「俄羅斯的玻璃」。因為白雲母的



圖4. 向陽礦業公司絹雲母採礦場



圖5. 向陽礦業公司浮選廠之浮選槽



圖6. 浮選廠之脫水泥餅機，後方白色袋裝為絹雲母分級產品。

薄片不但是透明無色，還具有彈性。古代俄羅斯人喜歡用大片白雲母，作為窗戶上的玻璃來使用。時至今日，雲母已成為重要的非金屬礦產，在工業上應用相當廣泛且附加價值高。舉凡在電子或電器工業上，作為絕緣和耐熱材料；細碎的雲母片，被應用在織品、油漆、塑料、建材上，作為添加填料；雲母粉則可製造壁紙或化妝品，以及油料之潤滑劑之用。此外，雲母因富含鉀元素也被應用在土壤改良、防治病蟲害等方面。

臺灣目前唯一開採雲母礦的產區是位於臺東縣海端鄉向陽與屯古嶺一帶，礦區為向陽礦業公司所有，主要生產絹雲母，預估可開採量達1,500萬公噸。場區可分為採礦場（圖4）與浮選場兩區，絹雲母礦漿採用管線直接輸送到浮選場（圖5、6），節能又環保。目前該公司已開發出奈米等級雲母系列產品，例如：可應用在抗紫外線外套、陽傘、發熱衣等功能性紡織品，以及阻氣、阻水及防鏽等塗料材料上。另一方面，利用絹雲母複合材料所製作之導熱散熱工程塑料，更可應用在節能減碳之LED照明燈具的散熱外殼中。因其散熱效率佳，且成本相對低廉，經濟部礦務局去(2012)年發布新聞稿中指出，「絹雲母是臺灣未來綠能產業的重要礦物」，可見它被賦予極高的經濟價值。

結語

雲母族礦物是地殼中分布較廣的造岩礦物，也是經濟發展不可或缺的基礎礦產。隨著科學技術的進展，雲母礦因具有優越的物化特性而被廣泛利用。事實上，大地有無窮的寶藏，如何在經濟發展與環境保護兼顧下，更有效的開發使用，乃是人類今後要面對的重要課題。