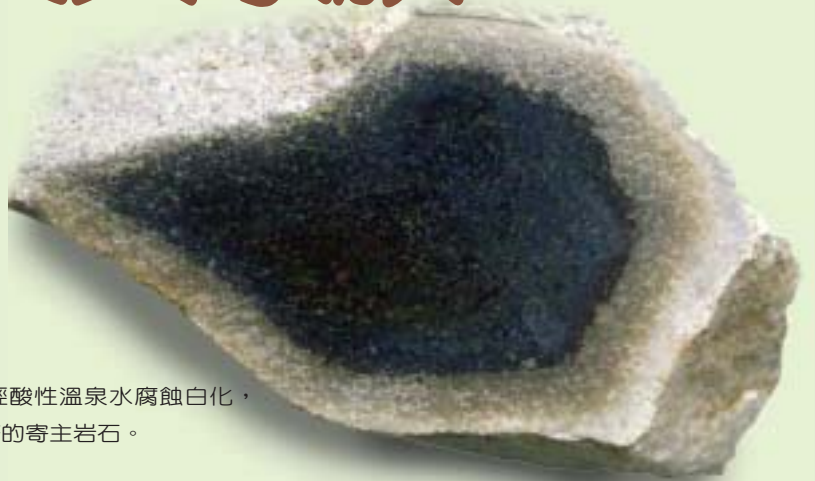


■ 莊文星 任職於國立自然科學博物館
專長礦物岩石學、地球化學等地質科學。

珍惜臺灣之寶

◎文 莊文星

北投石及其家族



- 灰黑色的安山岩經酸性溫泉水腐蝕白化，為北投石沉澱附著的寄主岩石。

北投石的家—北投溪

北投石原產於臺北市北投區的一條小溪—北投溪。北投溪水源自於地熱谷溫泉，距地熱谷口以下100到400公尺間的河床，為北投石的主要分布帶。此段溪中水淺微溫，溪底布滿安山岩或粗粒白砂岩的礫石。原灰黑色安山岩經酸性溫泉浸泡，漸呈白化；在礫石表面及岩石間隙裂縫中有黃色至白色之沉澱物附著，膠結成一層層的皮殼。沉澱皮殼之最外層附著有半透明至乳白色之密集菱形小晶體，厚約0.5至1公分，這便是著名的北投石。

一般而言，白化安山岩較白色泥質膠結之粗砂岩或礫岩岩性堅硬，不易因滾動撞擊碎裂而易為沉澱物附著，乃成為北投石的寄主岩石。北投石常見於溪旁小瀑布下之洞穴邊緣，北投溪瀧乃湯溫泉浴室前節節下降的河段，為北投石生長的大本營。在瀑布流水沖激飛濺下，所成長之北投石結晶都具有較佳的外形與質地。唯近年來河床屢經整治挖掘，大量污水注入，水質大大改變，北投石礦物已不復沈澱結晶，往昔良好大顆粒結晶已十分罕見，僅在岩石表面留下一些磨損的殘破皮殼。而數十年來的溫泉區開發，污水、垃圾流入溪中，也污染了原有的北投石。

地熱谷

新北投地熱谷(舊名地獄谷)位於新北投公園東北方約1公里。從臺北火車站搭乘捷運淡水線，經由北投轉乘至新北投站下車，步出捷運站，往前望去就可看到新北投公園，沿著北投公園旁的中山路或光明路前進，經過溫泉博物館，不久就可抵達煙霧迷濛的地熱谷公園。地熱谷為一盆狀窪地，可能為一蒸氣爆裂口遺跡。底部有多處溫泉湧出，有硫氣味，熱氣瀰漫。冒出溫泉口水溫達98℃，其它部分多在60~70℃。局部地區岩石表面有黃色之硫黃與黃鉀鐵礬沈澱結晶。窪地由溫泉匯合地表水成一淺水潭，池水從西南側缺口流出注入北投溪。池底沙、礫表面多附著有由溫泉沉澱之粉狀或皮殼狀之物質或黃、白色等之藻類著生。沉澱析出之礦物有石膏、明礬石、黃鉀鐵礬、硫黃、雄黃等。此處溫泉屬酸性硫化物泉。



● 地熱谷水塘中的岩石表面，常有黃色硫黃與黃鉀鐵礬附著沈澱。



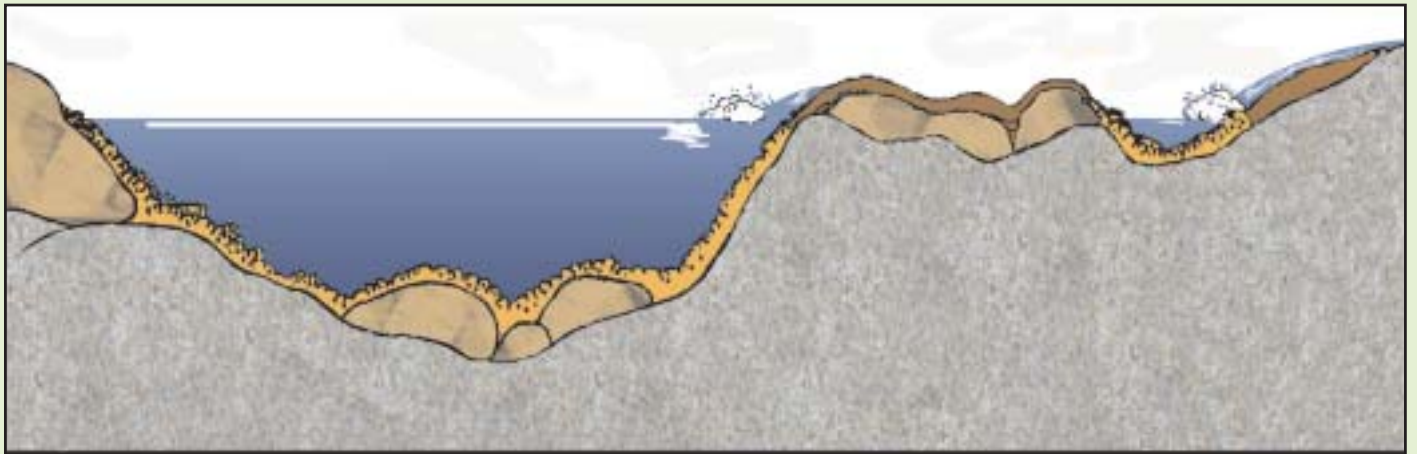
● 被油污染之北投石。

北投石的生成

北投石的生成與鐘乳石的形成方式類似，鐘乳石的形成是因為石灰岩洞含有碳酸鈣，碳酸鈣由洞頂滴下來時，水分蒸發，礦物質被沉澱下來而

慢慢形成；北投石的沉澱則是來自於地熱谷的溫泉的水源，流經北投溪寬約三、四公尺，水深約50公分的河床，河道中有數道小瀑布（日本人稱為「瀧」），沿途加入地表水，在河水流動的過程中，水溫逐漸下降，有一些水分揮發掉，尤其是經過溪瀧時，壓力減少，北投石就一點一滴的沉澱下來了。

北投石沉澱在何處呢？主要是河床中的安山岩礫石。北投石由菱形的細小晶體密集而成，呈乳白色至淡褐色。晶體顆粒數毫米，通常寄存於北投溪河床上礫石的表層及間隙中，這些礫石大多為安山岩，少數為集塊岩或砂岩礫石。礫石表面常有黃色至白色的沉澱物附著或充填，例如黃褐色



● 北投石的生成示意圖（編輯小組繪製）。

● 河床上的礫石 ● 矽質沈澱物 ● 北投石 ● 河床

的黃鉀鐵礬，以及硫黃、褐鐵礦與石膏等，形成一層層的皮殼，而北投石就存於皮殼之最外層。

依據推測，礫石表面的沉澱物中，黃鉀鐵礬極有可能具有觸媒的作用，它會先將礫石膠結起來，使北投石容易附著其上。

北投石的化學成份

北投石為重晶石（ BaSO_4 ）家族的成員之一，鉛部分取代鋇，為硫酸鉛和硫酸鋇的化合物，屬於鉛質重晶石，其化學成份如下表：

此外北投石中尚含稀有稀土元

成分(重量%)	岩樣	1	2	3	4	5	6
PbO		21.96	19.38	20.23	21.27	17.88	22.62
BaO		32.04	42.27	35.72	33.11	47.20	42.13
SO ₃		30.81	31.70	31.76	31.05	31.06	31.61
Al ₂ O ₃		0.88	0.48	0.19	2.13	0.41	微量
Fe ₂ O ₃		3.93	0.43	3.17	3.04	0.41	微量
CaO		0.51	0.17	0.40	0.60	0.05	微量
MgO		1.04	0.28	0.02	0.16	0.04	-
SrO		0.93	微量	1.10	1.95	未測	微量
La ₂ O ₃		-	-	0.75	0.30	-	-
Na ₂ O		0.53	1.53	0.30	0.53	未測	微量
SiO ₂		1.27	0.97	6.92	-	未測	-
P ₂ O ₅		0.01	-	-	0.01	0.15	-
H ₂ O		2.53	-	1.12	0.16	-	微量
總量		96.44	97.21	101.68	94.31	96.79	96.36
PbSO ₄ : BaSO ₄ (莫爾比)		32:68	24:76	29:71	30:70	21:79	26:74

● 資料來源：*1,2,3 and 4 取自張鳳棲(1961)

*5 取自Hamaguchi et al.(1962)

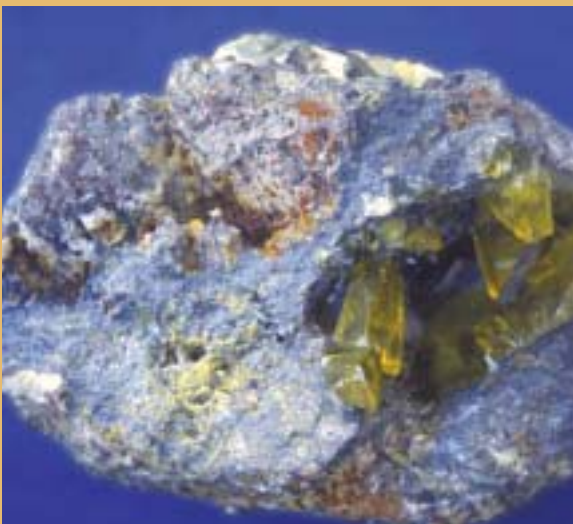
*6 根據陳慶宗、余樹楨(1984)

北投石的家族——重晶石家族

重晶石 (BaSO_4) 比重4.5，比重大(約為石英的1.7倍)，依其為比重大的結晶礦物，命名為「重晶石」，為提取鋇的原料，磨成細粉拌水可作為鑽探泥漿的加重劑。成分中的鋇 (Ba) 可由化學性質相似的鋇、鉛或鈣元素取代，當鋇完全為鋇所取代所成的礦物稱為天青石 (SrSO_4)；而鉛完全取代鋇所成礦物則稱為鉛礬或硫酸鉛 (PbSO_4)。而由重晶石—鉛礬—天青石三個端成分所構成的三角形範圍，組成了重晶石的礦物家族。鋇的離子半徑大於鉛的，因此重晶石族中鉛取代愈多之礦物其結晶體也愈小；而於X-光繞射圖中，同一組結晶面繞射峰出現的 2θ 角度也愈大，故就重晶石、北投石與鉛礬之同一晶面組於X-光繞射圖出現之順序，由大到小依次為重晶石 (BaSO_4)—北投石 (Ba, PbSO_4)—鉛礬 (PbSO_4)。



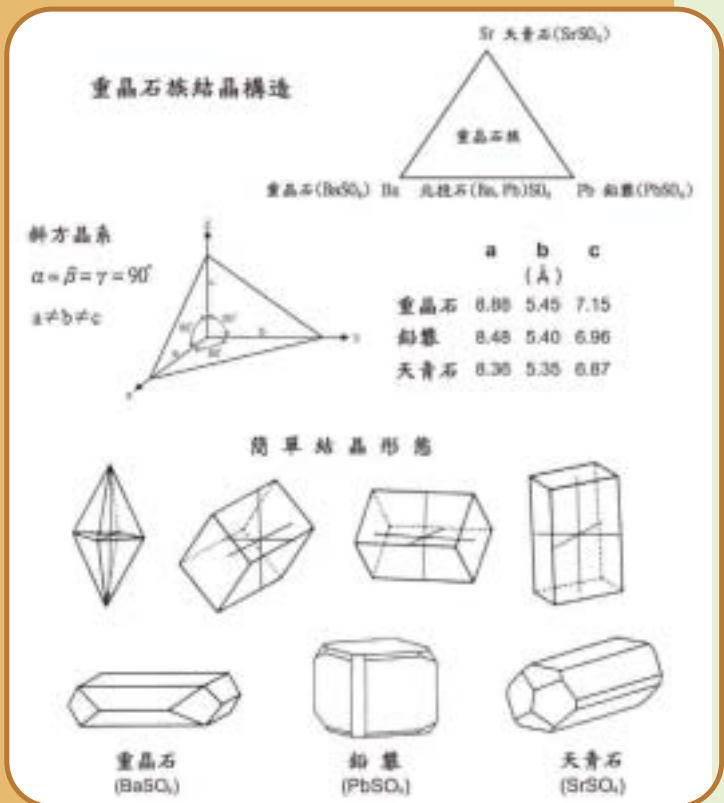
● 天青石，產地馬達斯加。



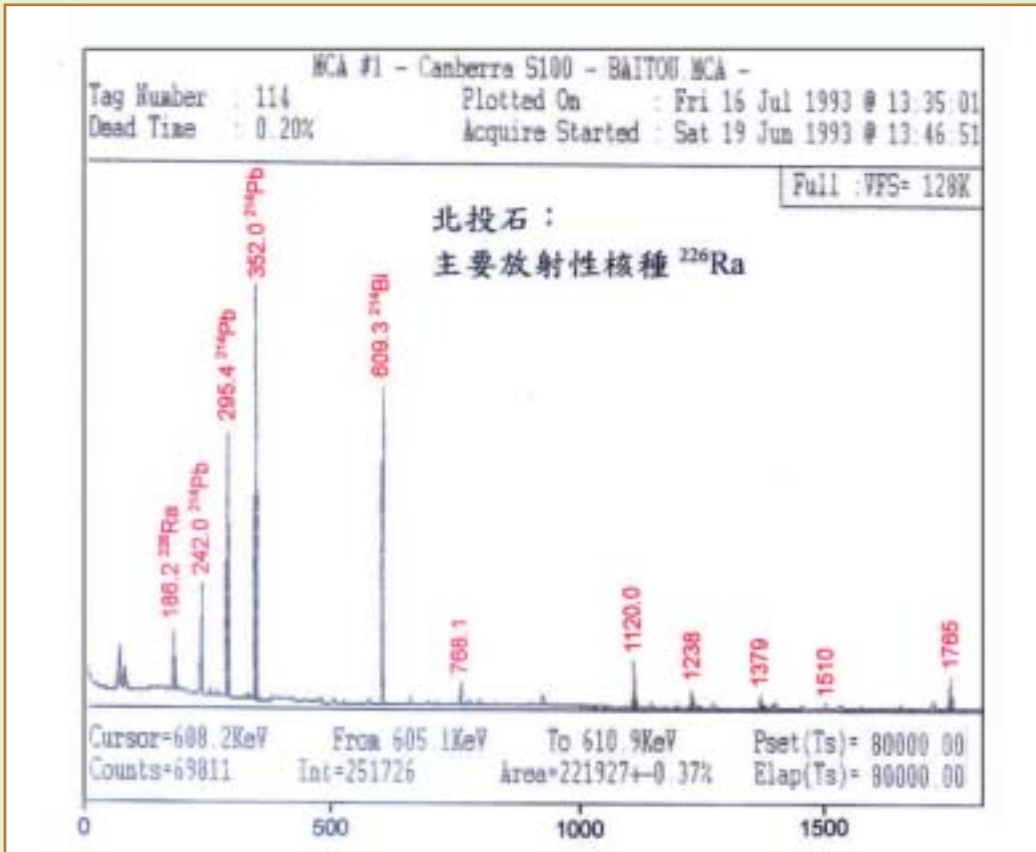
● 鉛礬，產地摩洛哥。



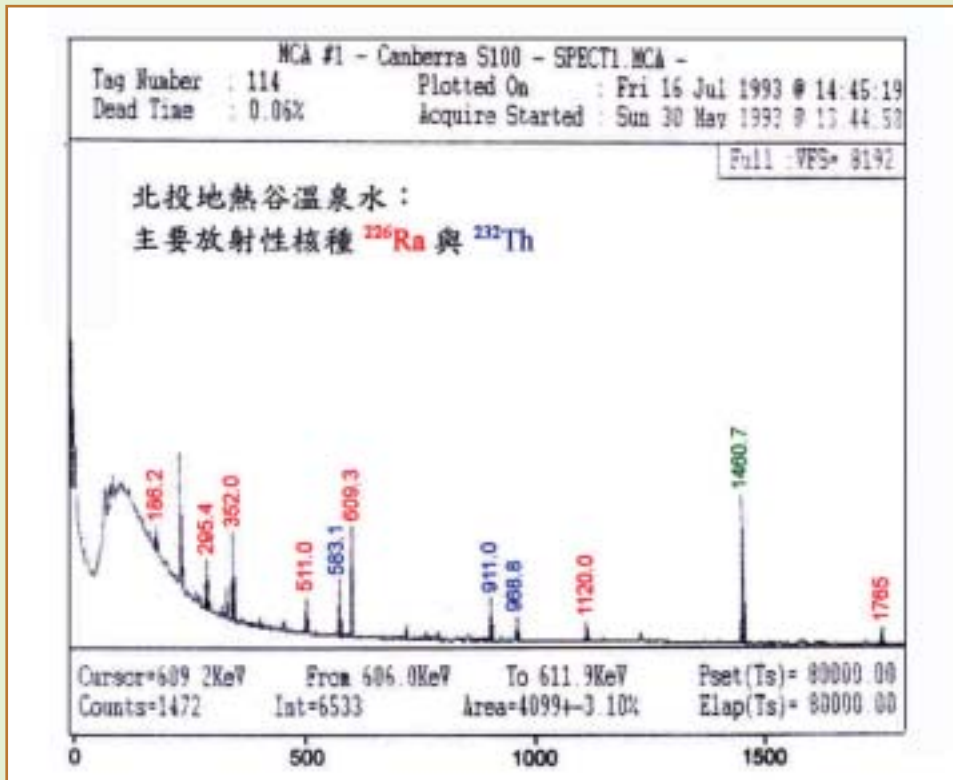
● 重晶石，產地摩洛哥。



● 北投石近親——重晶石礦物家族。



● 北投石多頻道能譜圖。



● 北投地熱谷溫泉水多頻道能譜圖，顯示主要含放射性核種 ^{226}Ra 與 ^{232}Th 。

衰變系列的子產物，經由一系列的放射性衰變，最後成穩定的鉛-206。

北投石之近親—— 硫酸鹽礦物家族

北投石為重晶石（ BaSO_4 ）家族的成員之一，而它們又都屬於硫酸鹽礦物這個大家族。自然界中硫酸鹽礦物有近二百種，主要為在地表生成或熱液後期的產物。硫酸鹽礦物中，如石膏、硬石膏、重晶石、明礬石、芒硝、瀉利鹽等都是重要的工業或化工原料。

硫酸鹽中的硫以高價態（ S^{6+} ）出現，與氧形成硫酸根離子（ SO_4^{2-} ）。與硫酸根結合的陽離子有鎂（Mg）、鈣（Ca）、銻（Sr）、鋇（Ba）、鉛（Pb）、鋅（Zn）、銅（Cu）、鐵（Fe）、錳（Mn）、鋁（Al）、鈉（Na）、和鉀（K）等。 SO_4^{2-} 呈四面體形，

離子半徑很大，因此只有與大離子半徑的二價陽離子Ba、Sr、Pb結合，才形成穩定的結構。如果與離子半徑小的二價陽離子如 Ca^{2+} 、 Fe^{2+} 等結合，往往在陽離子外面存有一層水分子，以形成含水硫酸鹽。

硫酸鹽礦物對稱程度較低，主要屬單斜和斜方晶系，部分為三方晶系。顏色取決於陽離子的種類，一般為灰白色、無色，含Cu、Fe時則往往呈藍色或綠色。具玻璃光澤，透明至半透明；硬度小，通常小於3.5，含結晶水時硬度更低，甚至降至1~2。

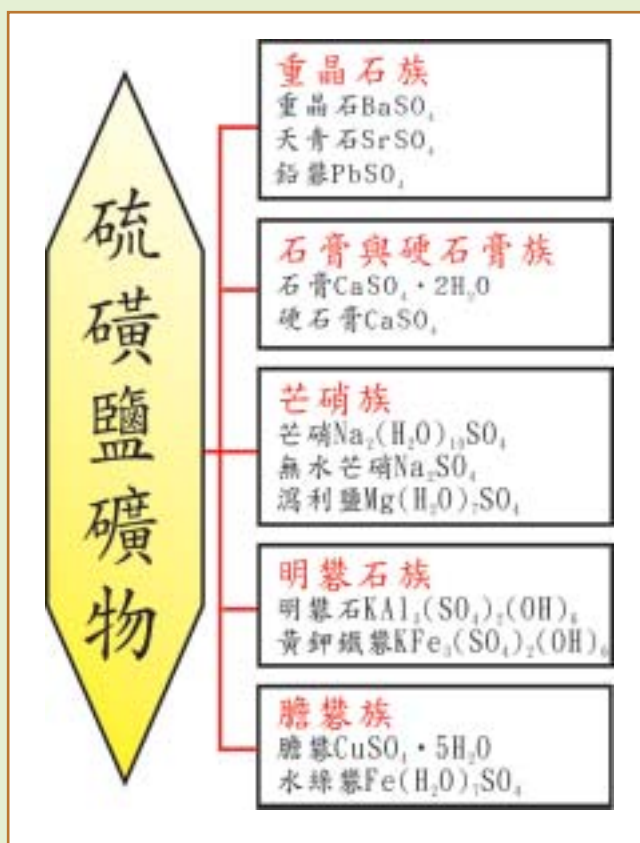
硫酸鹽主要為化學性沉積，沙漠鹽湖因蒸發作用而形成之岩石有石膏、硬石膏、岩鹽與碳酸鹽，其沉澱順序首先為鈣、鎂等碳酸鹽岩之白雲石與石灰石等；繼之者為硫酸鹽岩；最後形成氯化物之鹽岩。而硫酸鹽化合物，其元素析出的順序大致為Ca、



● 沙漠大鹽湖（青海茶卡鹽湖）除盛產鹽外，亦產出石灰石（ CaCO_3 ）、白雲石〔 $\text{Mg, Ca} \text{CO}_3$ 〕、石膏與芒硝等礦產資源。

(Ba、Sr)、Mg、Na、K的硫酸鹽。封閉的古海洋，岩鹽、硬石膏為最常與石膏相伴產生的礦物。由野外觀察與結晶試驗顯示海水在30°C以下蒸發時可以形成石膏，而硬石膏之沉澱是在30°C以上之溫度下蒸發而成。石膏在各地質時代之沉積岩中常有之，且有若干厚度甚大者，常與石灰岩和頁岩相伴。如同地有岩鹽產生者，則石膏常在岩鹽之下。石膏有時為凸鏡體，夾於沉積岩中。熱液階段後期也有硫酸鹽礦物的產出。有些金屬硫化物經氯化可形成該金屬的含水硫酸鹽之礬類礦物。

根據陽離子大小、對稱程度、含水分子或含其它陰離子等，可將硫酸鹽礦物劃分為五大家族：重晶石族、石膏或硬石膏族、芒硝族、明礬石族及膽礬石族。



● 硫酸鹽礦物的分類。

臺灣之硫酸鹽礦物

臺灣產之硫酸鹽礦物種類雖然不少，但大都結晶顆粒細小；具有較佳外觀者有重晶石、北投石、石膏、膽礬與明礬石等。大部分硫酸鹽礦物為地表生成或熱液後期的產物，常與金屬礦床有著密切關係。例如產於金瓜石金、銅礦之重晶石以簇晶產出，常植生於石英、黃鐵礦等硫化礦物上。礦脈中，通常位於上部產出之重晶石較下部者結晶顆粒大，量亦有增加的趨勢。

臺灣硫酸鹽礦物除源自於大自然外，尚有部分推測與近期工業發展有密切關係，如臺灣西南部麓山帶第四紀沉積岩中常見石膏之沉澱物，根據中央研究院地球科學研究所硫同位素分析，考其硫之來源與熱液礦床為源自海水者大不相同，推測可能與高屏地區工業污染硫酸廢氣（酸雨）有關。由降水之硫酸根離子與岩石或土壤中的鈣離子結合，因地下水面的起伏變化、毛細作用引導潛移集中於地表岩石顆粒間隙，旱季時蒸發導致水中 Ca^{2+} 與 SO_4^{2-} 濃度過高，而於土壤、岩石表面或裂隙中，由陰、陽離子結合沉澱結晶，形成波狀或花瓣狀結晶。



● 明礬石，產地臺灣金瓜石。



● 重晶石，產於金瓜石、瑞芳之金、銅礦床中，以簇晶產出。



● 膽礬，產於金瓜石金、銅礦床中，為一種次生礦物。



● 北投石。



● 玫瑰花型石膏。