

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

國小-地球科學科

科 別：地 球 科 學 科

組 別：國 小 組

作品名稱：大社觀音山石膏發現之旅

關 鍵 詞：海百合化石、石膏、結晶

編 號：080505

學校名稱：

高雄市楠梓區援中國民小學

作者姓名：

張棋涵

指導老師：

吳錦松、洪國棟



大社觀音山石膏發現之旅

摘要

本研究從在高雄大社觀音山發現不知名結晶物體，經過觀察、實驗、參考文獻、比對和推測得知，發現的物體是石膏，而不是海百合化石。

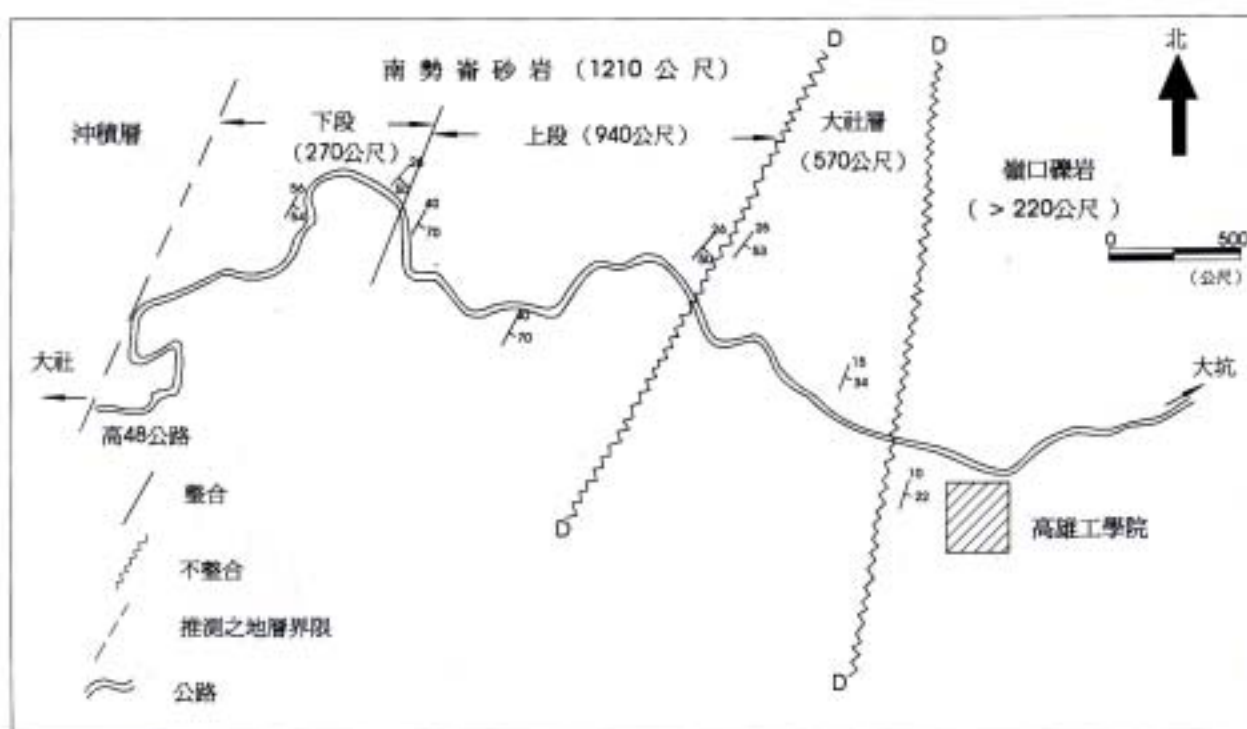
經顯微鏡觀察結晶實驗所得的石膏晶體，發現與標本有相似的平行條紋結構和晶體發育情況。

探討石膏形成原因，是由出土處緊鄰的岩層密佈貝類化石提供石膏成份中「鈣」的來源；另於附近也發現氧化鐵、硫磺，研判它們分別是由河水中的黃鐵礦、硫化氫風化產生，這過程同時提供了石膏（硫酸鈣）的成份「硫酸根離子或硫酸氫根離子」的來源；硫酸氫根離子或硫酸根離子和鈣離子化合成硫酸鈣溶液；推測當時觀音山地區出現高溫、少雨的氣候，使硫酸鈣溶液過飽和而結晶成石膏。而晶體出土處的古環境、古氣候仍有待進一步探討。

關鍵詞：海百合化石、石膏、結晶

一、研究動機：(這篇研究報告原是我的暑假作業，再經深入研究的結果。研究時間 90.08~91.05)

一天早上，爸媽心血來潮，帶我去觀音山（如圖一）^[5]尋幽訪勝，無意中發現地上有閃閃發亮的東西，後來在附近的山坡上又陸陸續續發現到更多、更大的（如照片一），把滾下山坡的撿拾起來，拼湊後就像一朵花（如照片二）或像花梗（如照片三）一樣的晶體，形狀有點像我小時候在甲仙化石館所看到的海百合化石（如照片四，右方化石），這真是太有趣了，莫非它們真的就是海百合化石？我們發現『寶』了嗎？我想研究一下怎麼在這個不起眼的地方能找到這種神奇的東西。



圖一 高雄工學院地層剖面路線圖 (5)

二、研究目的：

- (一) 它真的是海百合化石嗎？
- (二) 它的成份是什麼？到底是什麼礦物？
- (三) 它為什麼會在這裡出現？

三、研究器材：

- (一) 燒石膏粉、石膏粉、硫酸銅
- (二) 燒杯、攪拌棒、天秤、酒精燈、刮勺、溫度計、稀鹽酸
- (三) Nikon FM2 相機 Nikon60 mm鏡頭 柯達 ASA400 彩色底片
- (四) GPS12 衛星定位儀、量角器
- (五) 「高雄」地質圖、大都會高雄地圖
- (六) 傾斜儀、榔頭
- (七) 10X 放大鏡、立體顯微鏡
- (八) 方解石、石膏標本



照片一



照片二

四、初步研究

- (一) **野外採標本**：把標本浸水、洗刷，按發現時的狀況、邊緣形狀黏合，並拍照，如照片二、三、五~十六。
- (二) **初步鑑定，是否為方解石及海百合**：由照片二、三、五~十六來看，我以為它們是海百合結晶成方解石，因此要確定它**是不是方解石？它是不是海百合化石？**
 - 1. 查化石和礦物的書^{[6][8][11]}，把標本與各參考用書內的圖做比對。
 - 2. 上網查海百合化石的資料^[13]，將圖和標本做比對。
 - 3. 測試標本的硬度，如果是方解石的話，硬度是 3，會比一元硬幣軟，比指甲硬。
 - 4. 滴稀鹽酸在較醜的標本上，看會不會劇烈起泡？如果有劇烈起泡（是 CO_2 的氣泡，如下式）才是方解石。



照片三



照片四



照片五



照片六



照片七



照片八



照片九



照片十



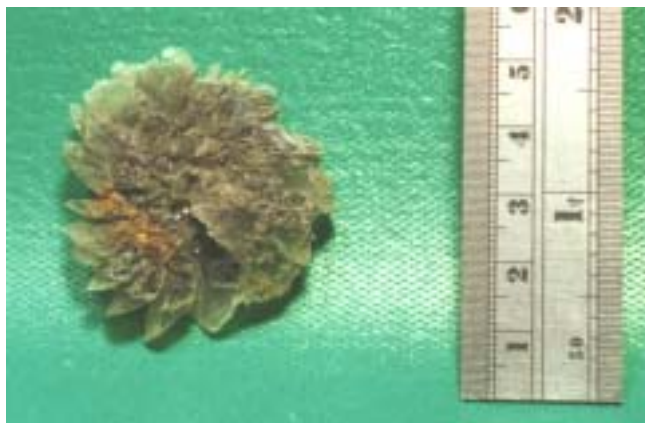
照片十一



照片十二



照片十三



照片十四



照片十五



照片十六（是照片十五的背面）

五、研究結果與討論

（一） 標本像海百合化石：

對照“古生物學教程”^[4]，海百合的介紹圖，發現和我們所撿到的標本有點像，有的標本像海百合從上面被正面壓著沉積（如照片八、九、十、十三、十四），有的像從側面被壓沉積（如照片一～三、七、八、十一、十二、十五、十六）。

大多數海百合生存在 5 億年到 2 億 2 千 5 百萬年前，石蓮在 2 億 2 千 5 百萬年~1 億 9 千 5 百萬年前，現今海洋也有 700 多種海百合存在，其中以關節海百合較多^[4]，不過我的標本不像書中所畫的關節海百合，那麼，我的**標本還是海百合化石嗎？**

（二） 比對文獻，標本應是石膏：

偶然的從“地球科學園地”雜誌^[7]，看到“恆春縱谷之旅”的圖（如圖二），和我

的標本(照片十三)長得這麼相像,可是圖旁的說明介紹它是**石膏**!

查“岩石與礦物圖鑑”^[3],方解石和石膏的圖(如圖三),**我覺得標本比較像石膏**(照片五~八、十、十三、十四)。



圖二



圖三

有幾顆標本(照片五~十、十二、十五、十六)和“MANUAL OF MINERALOGY”^[11] FIGS. 10.36 Gypsum crystals 的石膏圖(圖四)一樣。

翻到“化石圖鑑”^[6]的海百合圖(如圖五),看看我的標本,再看看書上的圖片,我覺得標本並不像海百合,而比較像石膏。



圖四



圖五：海百合化石

(三) 網路資訊傾向石膏：

從網路(如圖六、七,石膏的圖)^[12]來



圖六



圖七

看,我的標本(照片五、六、九~十一、十四)還是比

較像石膏。

難道我的標本是海百合結晶成石膏嗎？

我必須再度以礦物的物理性質來確定它是不是石膏？

（四）物理、化學實驗都傾向石膏：

1. 硬度試驗：以一元硬幣刻劃標本，標本受傷了；再以指甲刻劃標本，標本也受傷，所以它的硬度大約是 2（滑石硬度 1，石膏硬度 2，方解石硬度 3）。
2. 化學實驗：滴稀鹽酸的試驗：標本不起泡，顯示不是方解石。
3. 光學試驗：把方解石晶體放在直線上，一條線變成兩條線，方解石有雙折射性^[9]；但我的標本放在直線上，一條線沒有變成兩條線，沒有雙折射性。

從上述硬度與滴稀鹽酸和折射實驗、跟書與網路上的圖對照，我可以確定：它不是方解石，而是石膏。接下來要確定它是不是海百合結晶成石膏？

（五）不是海百合化石：

把標本和書與網路上的許多海百合化石圖仔細比對後，越來越發現它的形狀與海百合化石有很大的差異；更何況，標本出土處再三以衛星定位儀測定位置、並以傾斜儀來測量岩層走向與傾斜，走向（平均約 N40 ° E）、傾斜（平均約 ES48 °），對照「高雄」地質圖後，確定該處岩層是上新世（約 200 萬年前）的南勢崙砂岩層（表一）^[10]，因此那裡應該不會有約 1 億 9 千 5 百萬年前的石蓮海百合化石，那我的標本更不可能由海百合結晶成石膏囉！由此可知，它純粹是石膏的晶體！

臺灣西部麓山帶第三紀及更新世地層對比表（出自臺灣地質概論）⁽¹⁾

時代	區域	臺灣北部	臺灣中北部	臺灣中部	臺灣中南部	臺灣南部		臺灣最南部
		基隆、臺北、桃園	新竹、苗栗	臺中、彰化、南投	嘉義、臺南	臺南、高雄	高雄、屏東	恆春半島
第三紀 上新世	上新世	旗山山層 (觀音山層)	透霄(楊梅)層	旗山山層	六雙層 二重溪層 崑山層	玉井頁岩	六雙層 六龜層	恆春石灰岩
		卓蘭層	卓蘭層	卓蘭層	六龜溪層 店水溪層	北寮頁岩 竹頭崎層	〈狹義〉 古手坑層	萬巒山層
		錦水頁岩	錦水頁岩	錦水頁岩			南勢南砂岩	
	中新世	二重層	桂竹林層	成祥砂岩	海山層 中港層	茅埔頁岩 崑崙山層	古手坑層	墾丁層
		大港層		十六母頁岩		鹽水坑頁岩	燕子窩頁岩	樂水層 (砂岩為主)
		南莊(五堵)層		麟刀山砂岩	糖寮山層	糖寮山層	烏山層	
	中新世	南莊(五堵)層	上福基砂岩 東坑層	南莊層	南莊層	長板坑層 紅花子層 三民頁岩		長樂層 (頁岩及砂岩為主)
		南港砂岩 南港層	觀音山砂岩 打鹿頁岩 北寮砂岩	水裡坑層	達邦層			
		淡古層	出磺坑層					
第四紀	更新世	石碇層	出磺坑層	大坑層				
		野柳層	碧山頁岩 淡水層					
第四紀	全新世	五福山層	敦子坑層	粗坑層				

(六) 結晶實驗：

石膏的成份是含水的硫酸鈣，化學式為 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ⁽⁸⁾⁽¹¹⁾，於是我嘗試複製結晶過程。

起先，誤買回“燒石膏粉”，做下列步驟的實驗，結果燒石膏粉完全沉澱於燒杯底部，看不出晶體的形狀，就像用來畫畫的石膏模型。查書後才知道，“燒石膏粉”和“石膏粉”不同，應該買“石膏粉”才對。實驗過程如下：

1. 把石膏粉調成 250ml 過飽和溶液。

- (1) 以逆滲透的水，先燒開，分別將開水倒入兩個燒杯，每個燒杯 250ml，用酒精燈加熱使水溫不下降，總共加入 1g 的石膏粉，但杯底還剩下一些未溶解的，所以 250ml 的開水所能溶解的石膏粉不到 1g，可見燒杯內已經是過飽和溶液了。
- (2) 把 250ml 逆滲透水燒到 50℃，只能加入約 0.5g，而杯底還剩下一些未溶解的，由此可知石膏粉的溶解度非常低（1% 以下）。

使用熱水來做溶液的說明：根據“礦物學”^[11]書上寫：『石膏沉積時海水溫度

多在 42 以下』，所以推理要溶石膏粉用的水溫應該高於 42 ，因此用 100 和 50 的水。

2. 兩杯中的一杯用打了 12 個洞（以打孔機打的）的描圖紙加蓋，使溶液能蒸發，但蒸發速率減慢，希望結出來的晶體大一點，以便於觀察。



照片十七



照片十八

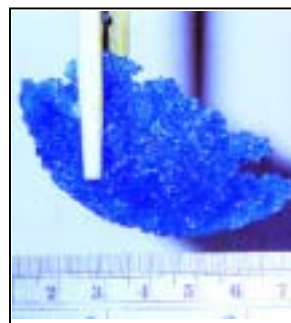


照片十九

因為石膏粉的溶解度非常低，表示溶液的濃度也很低，濃度如此低的溶液要結晶到像我們所發現的晶體那麼大，其溶液的量必定需要非常多。

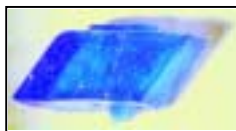
因為石膏溶液濃度是那麼低，預期要結晶出可觀察的晶體需要較長的時間，所以補做硫酸銅結晶實驗，以便觀察結晶的過程，希望能藉此了解石膏結晶的狀況，步驟如上，但是令我驚訝的是：250ml 的常溫水（24.9 ）竟然能溶 60g 的硫酸銅顆粒，硫酸銅溶液的濃度比石膏溶液高多了，猜測結出晶體的時間可以縮短。結果：4 月 14 日重做實驗。

第 36 天時，不加蓋的硫酸銅那杯，杯底結晶出像照片二十，一樣的許多漂亮水藍色晶體（最大的晶體長 0.8 cm、寬 0.5 cm）外，其他都還沒有顆粒出現。



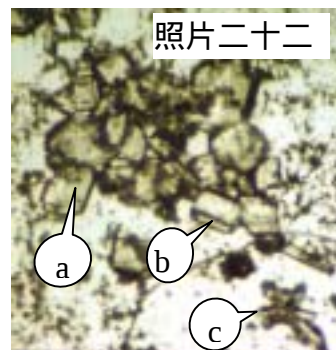
照片二十
(第 36 天時用顯微鏡觀察的硫酸銅結晶)

至第 57 天時，硫酸銅結晶如照片二十一，（最大的晶體長 0.8 cm、



照片二十一（第 57 天時用顯微鏡觀察的硫酸銅單晶）

寬 0.6 cm）。石膏溶液的沉澱，仔細觀察，迷你的顆粒閃閃發亮，我認為應該是石膏的晶體，用顯微鏡觀察，如照片二十二、二十三，果然是一個個可愛的石膏晶體，表面有平行條紋（照片二十二中 a、b 處）；很多細細長長的長方形晶體（照片二十二中 c 處、照片二十三中 d、e 處）；幾個晶體呈放射狀集在一起（照片二十二中 c 處）；和標本



很像（照片二十三中 f 處）。

（七）石膏標本的觀察

1. 肉眼觀察

（1）觀察照片十一的晶體，其角度如照片二十四，

雙晶夾角 110° ，晶面夾角 155° 、 105°

（2）很多晶體上面背著橫七豎八大大小小的晶

體，好像在背小孩，很好玩，如照片七~十、

十二、十四~十六。

（3）也有很多晶體彎彎的，排列成像扇

形、像花、像生物，如照片一、二、七、十、十四，讓我誤以為是化石。

（4）更有的晶體長得像石蕊花，如照片五、六；像菊花，如照片十三；而照片七、八、十四也長得像其他的花。

平常聽到石膏，會聯想到畫畫時用的

石膏像、受傷的腿敷的石膏，『石膏』這個名詞聽起來多麼平凡，可是它竟然這麼美！真是讓我大開眼界！

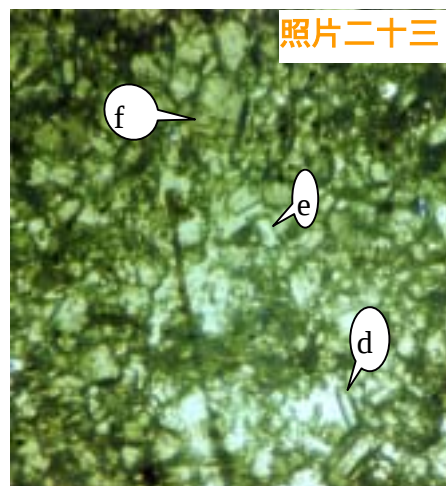
（5）有的像燕尾，如照片九、十一。

因為我對於石膏多樣化的晶形感到好奇，所以，請教專家後得知：如照片一、二、九、十、十三、十四的晶體形狀稱為樹枝狀，礦物如果結晶成樹枝狀，代表是高濃度溶液經快速結晶形成；結晶速度較慢的才會有明顯的晶體呈現；晶體之所以會彎曲，是因為它沿著泥岩裂縫生長，裂縫彎曲，晶體自然就長成彎的；而上面的許多小晶體是後來附著於上面繼續結晶的，他們還沒長大；像燕尾的是雙晶（晶體形狀有對稱的），石膏經常結晶成雙晶。

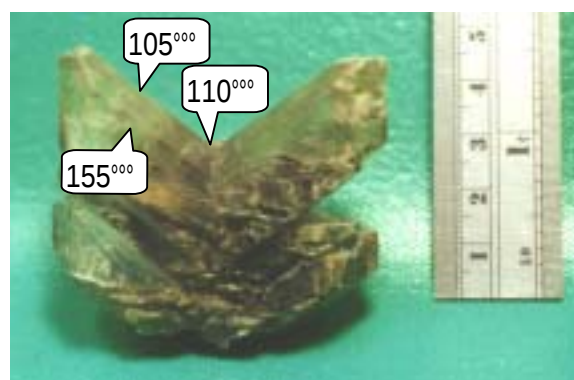
2. 放大鏡觀察

每個標本至少有一個晶面佈滿平行凹槽；其他晶面有平行細紋；像花埂的（如照片三）裡面有橫紋；裡面灰灰的可能是泥沙被包在晶體裡面。

3. 顯微鏡觀察



照片二十三



照片二十四

選擇有平行細紋、凹槽和內部像羽毛的標本，以顯微鏡觀察紋路，並拍照如照片二十五~二十八：

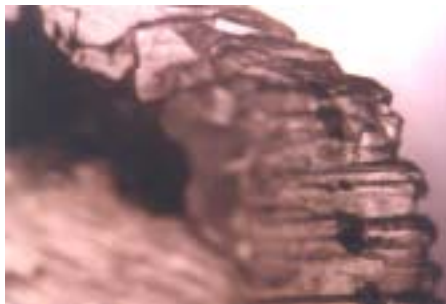
由顯微鏡看出，其實那些平行細紋都是一片片極細、極薄的小晶體平行堆疊形成的（照片二十五、二十六）；而凹槽是由較大一點的晶體堆疊形成（照



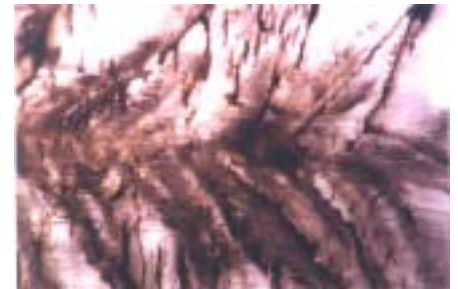
照片二十五



照片二十六



照片二十七



照片二十八

片二十七)；像燕尾的雙晶裡，像羽毛的部分，在顯微鏡下也能看出是一片片極細、極薄的小晶體平行堆疊形成的（照片二十八）；**由此了解這些石膏是一層一層結晶堆疊組成。**

（八）石膏產狀觀察

石
膏
出
現
位
置
多
在
裂
縫



照片二十九



照片三十



照片三十一

處，像扇形的垂直於裂縫（照片二十九~三十一），像花埂的平行於裂縫（照片二十九、三十一、三十二）。石膏尖端都朝向左邊（東邊），因為東邊在上，西邊是下面，所以石膏是向上生長的。看多了以後，也可以從石膏的尖端朝向哪一邊來判斷，岩層的上下關係。

(九) 這些石膏為何會出現在這裡？

回到產地，觀察出土石膏的岩層，發現有三、四條不淺的雨蝕溝（照片三十三），



◀ 照片三十二 ▲ 照片三十三



照片三十四 滾落下來的石膏碎片（黃色圓圈內）在陽光下閃閃發亮。

這顯示它的岩性很脆弱。搓搓顆粒感覺有點粉粉的，代表當時沉積環境的水流速度緩慢。

東邊幾個岩層中也有石膏，但數量少、形體小，分佈也較零星，我猜越往東的地層越年輕，越往西則越老。因為我推想：越大的晶體需要越長的時間來結晶。

出土處西邊緊鄰的岩層密佈貝類化石；東邊也有，但比較少，所以我猜石膏成分中「鈣」的來源可能就是這些貝殼。那麼「硫酸根離子」來自哪裡呢？

鈣離子和碳酸根

離子
結合
容易，要
和硫酸根
離子
結合

不易，必須有很多的硫，才會有硫酸根離子，硫的來源呢？



照片三十五



照片三十六



照片三十七(照片三十六的近照)

在出土處東邊約十公尺的山壁，發現有一小灘水流下來（照片三十五），流經之處有黃色沉澱物（照片三十六、三十七），靠近一聞，有硫磺特有的氣味。是不是這個**岩層中含硫**，下雨時，雨水滲進岩層中，溶解了岩層中所含的硫，含硫的溶液從岩壁裂縫流出？**硫和雨水或地下水化合成硫酸根離子，再滲到下面的岩層後，和鈣化合，結晶成石膏**？可是化學老師說：「『**硫**』是很穩定的元素，不容易溶於水。必須燃燒和氧化合為**二氧化硫**，**二氧化硫再溶於水，才形成硫酸根離子**」。所以「硫」不可能直接和水化合，但我們不能因此確定那一灘水的成分中有沒有硫酸根離子？**如果還有時間，我會去取一些水來做化驗。**

硫的燃點是 270°C ^[8]，可是大自然環境中有那麼高的溫度嗎？難道這些含硫的岩層曾經在地下，且深於 9 km（請看本小段後附的〔註〕），讓硫自然的和氧化合嗎？可是那麼深的地層中哪來那麼多氧？

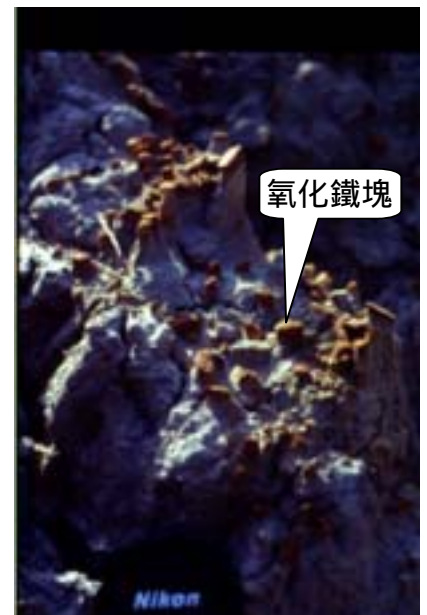
〔註〕：地溫梯度 $30^{\circ}\text{C} / \text{km}$

我們在附近也發現非常多黃褐色的氧化鐵塊（照片三十八、三十九），化學老師說：

「黃鐵礦（ FeS ）是很不穩定的，容易變成氧化鐵（ Fe_2O_3 ）」。
「礦物學（下）」一書



照片三十八



照片三十九

中介紹的**石膏產狀**^[4]有八種情況，在此摘錄適合這裡的如下：

1. 用厚沉積層的方式，和石灰岩、紅頁岩、砂岩、泥灰岩、與黏土岩層互生；亦發生在硬石膏和岩層的下
面；或重結晶成脈狀。**這也是海水和鹽湖蒸發時，一種最早沉澱出來的鹽類，其沉積時的海水溫度，多在 42°C 以下。**
2. 發生在鹽丘（Salt Domes）的蓋岩（Cap Rock）之內，**和硬石膏、硫磺與岩鹽共生。**
3. 發生在黃鐵礦脈的露頭處，**由黃鐵礦脈風化所產生的硫酸，作用在石灰岩上面而形成。**

從葉、謝（1995）^{〔9〕}中，表內所列：『上新世晚期的南勢崙砂岩層石膏中硫酸根離子的 $\sigma^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ 值（請看本小段後附的〔註〕）平均+5.7%，比來自海水的+20%小多了』，結論中又說明：『硫同位素分析結果顯示這些石膏不可能是上新世及第四紀海相蒸發岩，而是由主要為淡水的溶液中沉澱而來。該淡水可能是河水。這些石膏之硫酸根來源可能是由頁岩中所含之黃鐵礦風化而來。』“統計數字會說話”，所以，從「礦物學（下）」一書中摘錄的第一種石膏產狀就不適合了，也就是**我所發現的石膏不可能是由海水蒸發而來，可能是由河水的溶液中沉澱而來。**

〔註〕： $\sigma^{34}\text{S}_{\text{CDT}} = \{ [(^{34}\text{S} / ^{32}\text{S})_{\text{sample}}] / [(^{34}\text{S} / ^{32}\text{S})_{\text{CDT}}] - 1 \} \times 10^3$ ；CDT = Canyon Diablo troilite, FeS, 隕質鐵石。

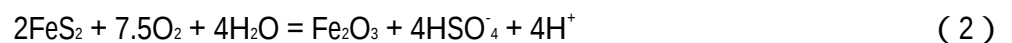
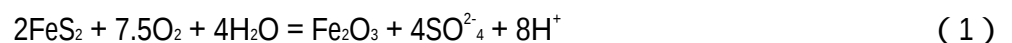
接下來我們必須確定這附近岩層的上下關係，由傾斜儀（照片四十）測量出來的岩層走向（平均約 $\text{N}40^\circ \text{E}$ ）與傾斜（平均約 $\text{ES}48^\circ$ ）數據得知，東邊的岩層在上，所以越往東越年輕（由附近某個岩層中顆粒大小的排列情形判斷：這裡的地層沒有倒轉），正如我所猜測的。



照片四十

我原先在出土處東邊岩層發現有氧化鐵塊，**氧化鐵塊是不是黃鐵礦風化而成，產生硫酸根離子的呢？那麼黃鐵礦又是經由什麼過程而風化成硫酸根離子的呢？東邊岩層出現的硫磺、含硫磺的水流，跟石膏又有什麼關係？跟硫酸根離子之間有什麼關係？**

從“礦床地球化學”^{〔13〕}一書中，找到幾個化學式，可以大致解決我的疑惑。



〔說明〕：

FeS_2 - 黃鐵礦； Fe_2O_3 - 赤鐵礦； SO_4^{2-} - 硫酸根離子；

HSO_4^- - 硫酸氫根離子； H_2S - 硫化氫，

由（1）（2）式可得知：黃鐵礦跟水與氧化合產生硫酸根離子和氧化鐵。

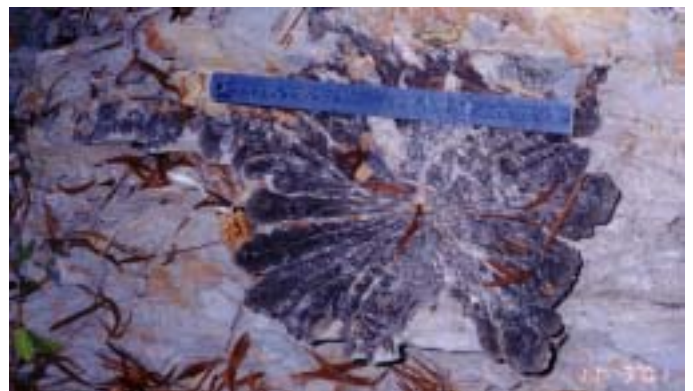
由(3)(4)式可得知：硫化氫氧化產生硫的固體和硫酸氫根離子，〔在葉、謝(1995)中有提到這附近的石膏可能是從淡水的溶液中沉澱而來〕，而且我聽說河水中會有硫化氫。由此我大概了解了，這裡出現的氧化鐵、硫磺、貝類化石和石膏與河水之間的關係：**氧化鐵來自河水中的黃鐵礦氧化形成，同時產生硫酸根離子、硫酸氫根離子；河水中的硫化氫氧化產生固體硫磺和硫酸氫根離子；這些硫酸根離子和鈣離子化合成硫酸鈣沉澱，硫酸氫根離子和鈣離子化合成硫酸鈣溶液，再沉澱結晶成石膏。**

出土處西邊緊鄰的石灰岩層，正好是在出土石膏岩層的下面，剛好吻合「礦物學(下)」一書中介紹的第三種石膏產狀⁽⁸⁾。

「葉、謝(1995)^[9]中介紹：『天然水的硫酸根離子(SO_4^{2-})及鈣離子(Ca^{++})之濃度都遠低於海水，因而需要更強烈的濃縮，才会有石膏的形成。因此，石膏的存在可能表示該地區曾出現溫度高而雨量少的氣候，亦即有特殊古環境的含意在。』」所以**石膏形成時，這裡可能出現高溫且少雨的氣候，使得硫酸鈣溶液過飽和而結晶成石膏。**

根據“礦床地球化學”^[2]一書所寫的：「許多礦床的形成是與流體的作用分不開的，沒有流體，就沒有礦床，流體能帶來成礦物質。以一條寬1m，長100m的石英脈而言，由於矽在熱液中的溶解度是很有限的，要沉澱出這條石英脈的流體量，將是該石英脈體積的幾萬倍到幾十萬倍，根據現有資料，流體的平均遷移速率，累積這麼多的流體量，將需要幾萬年至幾百萬年的時間，只有礦質的持續供給，或多次繼承疊加，才可能形成超大礦

床。」產地最大的石膏(如照片四十一)，形狀像菊花的部分，直徑約30cm，厚度平均約1cm，如果石膏的結晶速率和石英⁽²⁾一樣的話，我粗略的估算，要形成這麼大的花石膏約要有70000公升的硫酸鈣溶液，或許需時數萬~數



照片四十一

百萬年時間才結晶形成。既然來源是河水，現在該地沒有河水經過，所以我猜：石膏不再生，我建議：石膏產地必須受到保護。

六、結論

- (一) 從滴稀鹽酸、試硬度、比對書與網路中的圖...等各種方法，確定大社觀音山上閃閃發亮的物體是石膏。
- (二) 用衛星定位儀測定位置，以傾斜儀來測量岩層走向與傾斜，對照「高雄」地質圖後，得知該處岩層是上新世（約 200 萬年前）的南勢崙砂岩層，所以那裡應該不會有 1 億 9 千 5 百萬年前的海百合化石，因此確定它純是石膏的晶體，而非海百合變成的化石。
- (三) 用肉眼對石膏標本的觀察與測量，得知雙晶夾角 110° ，晶面夾角 155° 、 105° ；有的晶體長得像生物、像燕尾、像花；樹枝狀的代表高濃度溶液經快速結晶形成；彎曲的，是因它沿著泥岩的彎曲裂縫生長造成。
- (四) 由放大鏡觀察出：每個標本至少有一個晶面佈滿平行細紋或凹槽；裡面灰灰的可能是泥沙被包在晶體裡面。
- (五) 用立體顯微鏡觀察到這些石膏的結晶，是一層一層堆疊組成的。
- (六) 由石膏產狀觀察，花狀晶體垂直於裂縫生長，梗狀晶體平行於裂縫生長。
- (七) 從出土石膏的岩層顆粒微細，猜測當時沉積環境的水流速度緩慢。
- (八) 由出土處西邊緊鄰的岩層密佈貝類化石，猜測石膏成分中「鈣」的來源可能就是這些貝殼。
- (九) 查文獻了解：產地旁出現的氧化鐵、硫磺、貝類化石和石膏與河水之間的關係，氧化鐵來自河水中的黃鐵礦風化形成，同時產生硫酸根離子、硫酸氫根離子；河水中的硫化氫氧化產生固體硫磺和硫酸氫根離子；這些硫酸根離子和鈣離子化合成硫酸鈣沉澱，硫酸氫根離子和鈣離子化合成硫酸鈣溶液，推測當時觀音山地區出現高溫且少雨的氣候，使得硫酸鈣溶液過飽和而結晶成石膏。

七、檢討

由於訂購石膏粉後，商人遲遲不送來，直到 4 月中旬才打聽到，原來石膏粉在中藥店買得到，買回之後，從 4/10 實驗到今天，截至報告列印前（6/15），在硫酸銅結晶實驗方面，只有不加蓋的，在杯底有像照片二十、二十一的許多漂亮水藍色硫酸銅晶體（最

大的晶體長 0.8 cm、寬 0.6 cm)；在石膏結晶實驗方面，不加蓋的，在杯底有像照片二十二、二十三的微小石膏晶體，因為晶體顆粒太小，而且會互相黏在一起，所以在放大鏡下量不出來，必須找到有刻度的顯微鏡來量。其他有加蓋的都還沒有顆粒出現，應該是時間還不夠長吧，我將繼續觀察紀錄。

八、展望

沒想到普普通通的一個礦物『石膏』，竟然有這麼多的知識在內，下次將繼續探討本次研究還沒做到的：「石膏形成的年代，及產地的古環境與古氣候變化」，以了解大石膏出現的高雄大社地區約 200 萬年前的古環境和古氣候。

九、參考資料

- [1] 毛松霖 等編著，“高中物質科學地球科學篇(上)教師手冊”，台中，大同資訊企業股份有限公司，p. 159，民國 89 年 7 月
- [2] 中國科學院礦床地球化學開放研究實驗室 著，“礦床地球化學”，第一次印刷，北京，地質出版社，pp. 108~109、pp. 426~427、p. 439，1997 年 5 月
- [3] 朱靜江 譯，克里斯·佩倫特 著，“岩石與礦物圖鑑”，三刷，台北，貓頭鷹出版社，pp. 110~111，pp. 232~233，p. 238，民國 87 年 2 月
- [4] 何心一，徐桂榮 等編，“古生物學教程”，第一次印刷，北京，地質出版社，pp. 275~288，1987 年 5 月
- [5] 陳華玟、謝凱旋、何信昌 著，“台灣地質圖說明書，圖幅第六十一號，高雄”，經濟部中央地質調查所，p. 9，民國 87 年 3 月
- [6] 陳星 譯，Cyril Walker，David Ward 合著，“化石圖鑑”，二刷，台北，貓頭鷹出版社，pp. 166~170，民國 86 年 7 月。
- [7] 許倩華，陳杏秋 編輯，民國 89 年 7 月，“恆春縱谷之旅”，地球科學園地第十六期，地球科學文教基金會發行，pp. 2~4
- [8] 梁繼文 著，“礦物學(下)”，再版，台北，五南圖書出版公司，pp. 919~929，pp. 977~982，pp. 987~997，民國 77 年 10 月
- [9] 葉學文、謝凱旋，民國 84 年 12 月，“台南、高雄地區上新世及更新世地層中石膏之硫同位素研究：初步結果”，經濟部中央地質調查所彙刊，第十號，pp. 135~144
- [10] 劉德慶 主編，“高級中學基礎地球科學”，修訂版，台南，南一書局，p. 39，民國

90 年 8 月

[11] Cornelis Klein and Cornelius S. Hurlbut, Jr., "MANUAL OF MINERALOGY", 20th ed., New York, JOHN WILEY & SONS, Inc., pp.350~353, 1985

[12] www.ezgo.com.tw/lee1836/index.html

[13] www.fossilshk/sea_life_image/sea_life_large/c16cu.jpg

十、附錄

(一) 石膏結晶實驗紀錄

結 果 結 晶	溶 液	a. 100 的 (240ml)		b. 50 的 (240ml)		c. 100 的 (240ml 急速冷卻)
		加蓋(加入 1 克)	不加蓋(加入 0.5 克)	加蓋(加入 0.25 克)	不加蓋(加入 0.25 克)	不加蓋(加入 1 克)
沉澱或 晶體出現		第 32 天 有沉澱, 溶液剩 150ml。	第 32 天 有沉澱, 溶液剩 90ml。	第 32 天 有沉澱, 溶液剩 180ml。	第 32 天 有沉澱, 溶液剩 100ml。	
沉澱或 晶體出現			第 36 天 剩 40ml	第 36 天 剩 80ml		第 36 天, 底部有沉澱, 杯壁有一層層、一圈圈的、很薄很薄的沉澱, 感覺很像放大鏡下觀察到的石膏晶體上之細細平行紋路。(溶液剩 50ml)
第 36 天, 全部都主要在杯底沉澱, 杯壁的沉澱非常非常薄, 但是都有一層層的現象, 其中只加 0.25 克的沉澱最薄。						
沉澱或 晶體出現		第 58 天, 水剩下 100ml, 杯底有漩渦狀沉澱。	第 58 天, 乾乾的, 沒有水, 水蒸發完了; 杯底有漩渦狀沉澱, 以顯微鏡觀察出來, 那是石膏的「結晶」(如照片二十二)	第 58 天, 水剩下 150ml, 杯底沒有任何沉澱, 杯壁有一圈一圈很薄的沉澱物。	第 58 天, 水剩下約 25ml, 水面有一層薄薄的東西(好像是灰塵), 杯底有一個很小且長條形的顆粒, 就像鹽或味精一樣, 是「結晶」。	第 58 天, 沒有任何水剩下; 杯底有明顯的漩渦狀沉澱, 以顯微鏡觀察出來, 那是石膏的「結晶」(如照片二十三)

(二) 硫酸銅結晶實驗紀錄 (4 月 14 日起, 250ml, 常溫 24.9 , 硫酸銅 60 克)

分 類 結 晶	加蓋	不加蓋
晶體出現		第 15 天, 晶體出現在杯壁。
晶體出現 或成長	第 28 天, 溶液剩 220ml, 晶體出現在杯壁。	第 28 天, 溶液剩 140ml, 晶體出現在杯底, 總大小長約 3 cm, 寬約 1.7 cm, 厚約 0.4 cm。
晶體成長	第 36 天, 溶液剩 200ml, 杯壁 4 小堆薄薄的晶體, 最大的一堆長約 0.3 cm, 寬約 0.2 cm。	第 36 天, 溶液剩 120ml, 晶體出現在杯底, 最大的晶體長約 0.8 cm、寬約 0.5 cm。(如照片二十)
晶體成長	第 45 天, 溶液剩 182ml, 在杯壁上長出總長約 9 cm, 寬約 1 cm 很薄的晶體。	第 45 天, 溶液剩 98ml, 多出另一小片晶體。
晶體成長	第 58 天, 溶液剩 166ml, 在杯壁上長出總長約 17 cm, 寬約 2~3 cm, 很薄的晶體。	第 58 天, 溶液剩 50ml, 整個燒杯的杯壁都有薄薄的晶體; 杯底的晶體較厚, 總長約 9 cm, 寬約 4 cm, 厚約 2 cm; 最大的單晶長約 0.8 cm, 寬約 0.6 cm (如照片二十一)。