

嘉義市第37屆中小學科學展覽會作品說明書

# 探尋雷公的眼淚—武界、觸口、茂林地區龍紋石的分布及特性調查



武界採集龍紋石



觸口採集龍紋石



茂林採集龍紋石



新發表-  
觸口八掌溪的貝化龍紋石

科別：地球科學科

組別：國小組

作品名稱：探尋雷公的眼淚—武界、觸口、茂林地區龍紋石的分布及  
特性調查

關鍵詞：武界龍紋石、觸口、茂林

編號：

中華民國一〇八年三月十九日

# 目 錄

摘要.....	1
壹、研究動機.....	1
貳、研究目的.....	1
參、研究設備及器材.....	2
肆、研究過程與方法.....	2
研究一：探討武界龍紋石的分布與特色.....	6
研究二：探討觸口、澧水一帶龍紋石的分布與特色.....	6
研究三：探討茂林龍紋石的分布與特色.....	8
研究四：武界、觸口與澧水、茂林三地龍紋石的基本特性測量.....	10
研究五：龍紋石晶型顆粒大小的結晶模擬實驗.....	12
伍、研究結果與討論.....	14
陸、結論.....	29
柒、參考資料及其他.....	30

# 摘 要

本研究透過資料蒐集、訪談與實地採集，再經由科學驗證之方式，深入了解武界、觸口與澧水、茂林三地龍紋石的分布與特性。

從龍紋石的研究中我們發現到：武界主要採集區域在武界壩、一線天，其金沙龍紋石質地優良；觸口的主要採集區在地久橋下，往前約 10 公尺處，有較多的砂質龍紋石，部分是貝化龍紋石；澧水採集區在澧水溪溫泉下游約 4-5 公里處，此處大部分是貝化龍紋石，較緻密且好磨製；而茂林的採集區以多納部落溫泉溪為主，較易檢到白龍紋石，有較大的角金龍紋石。

嘉義的八掌河流域，一直以來是熱門的化石採集點，本研究率先發表嘉義具有特色的貝化龍紋石，期望透過本研究能讓大家看到嘉義的美，更讓家鄉人對土地有一份認同感並珍惜愛護家園。

## 壹、研究動機

上次參加科展，我們研究了武界龍紋石，對龍紋石做了系列探討以及特性的辨識，在訪談的過程裡，我們感染到龍紋石專家守浪老師對龍紋石的滿滿熱情，與組員們一起克服困難與檢到龍紋石喜悅的成就感，都讓我們難以忘懷。

龍紋石的主題與本學期自然課程的岩石與礦物單元內容相關，我們決定繼續深入研究這美麗的石頭，而在資料蒐集、採集的過程裡，我們發現龍紋石的分布除了在南投武界、高雄茂林外，連我們的故鄉嘉義觸口、澧水一帶也有呢！因此，我們延續對龍紋石與故鄉土地的熱愛，將龍紋石的採集地點範圍擴大，探討武界、觸口與澧水、茂林三地龍紋石的分布，以及這三個地點採集出的龍紋石特色做比較，拼湊出龍紋石在臺灣更清晰的圖像。

\*作品相關性：

1. 康軒六上 第七冊 第三單元 大地的奧秘
2. 康軒六上 第七冊 第一單元 天氣的變化
3. 康軒五上 第五冊 第四單元 力與運動
4. 康軒五下 第六冊 第二單元 燃燒與生鏽
5. 康軒六下 第八冊 第三單元 生物與環境

## 貳、研究目的

研究一：探討武界龍紋石的分布與特色

研究二：探討觸口、澧水一帶龍紋石的分布與特色

研究三：探討茂林龍紋石的分布與特色

研究四：武界、觸口與澧水、茂林三地龍紋石的基本特性測量

研究五：龍紋石晶型顆粒大小的結晶模擬實驗

## 參、研究設備與器材

相機、夾鏈袋、便條紙、塑膠袋、鑿石器、鋼釘、龍紋石、顯微鏡、塑膠針筒、電子秤、酒精、燒杯、影印放大尺、固定架、滴管、透明細玻璃管、自製體積測量刻度放大器、各型號砂紙、砂輪機、拋光機、拋光膏、鑽石磨片、手持電鑽、雙面膠帶、天然樟腦粉(Camphor Powder)15g、氯化銨(Ammonium Chloride)3.75g、硝酸鉀(Potassium Nitrate) 3.75 g、蒸餾水49.5ml、乙醇 95%( Ethyl Alcohol / Ethanol) 60ml、燒杯、攪拌棒、手套 1 個、含蓋可密封玻璃瓶 3 個。

## 肆、研究過程與方法

### 一、文獻資料的蒐集

#### (一) 基本資料

根據我們上一篇科展作品<台灣國寶龍紋石—武界龍紋石的材質及特性辨識>的龍紋石定義：龍紋石是一種板岩或頁岩中侵入多種金屬與石英岩而構成的岩石，呈現出金、玉、石共生的樣貌；而岩石表面形成特殊紋路，就像雷神落下的鋼鐵般眼淚，再經人間千百年淬煉成龍紋圖樣般，因此又有「雷公的眼淚」之稱。

臺灣歷經一九九九年的九二一浩劫，礦脈斷裂，原石難以取得，使得原本產量銳減，也更顯龍紋石的珍貴價值；而龍紋石主要可在臺灣的濁水溪和荖濃溪以及濁口溪河床找到，它會隨著大水的沖刷，從高山上被帶下來，因此，在河床中翻找龍紋石是常見取得龍紋石方式。

表一 龍紋石的基本性質描述

項 目	說 明
名稱由來	金、玉、石共生的樣貌且礦體呈現龍麟紋樣，因此被稱為龍紋石；亦像雷神落下的鋼鐵般眼淚，因此又有「雷公的眼淚」之稱。
別名	愚人金、雷公的眼淚、幸運石。
顏色	金黃色(未氧化)。
密度	龍紋石所含的黃鐵礦俗稱愚人金，金黃色，金屬光澤，它的比重只有 5.02。
硬度	龍紋石的平均硬度比石英(摩氏硬度表，指數 7)還軟，約 5.5 – 6。
成分	礦體成分約為鐵 50.12%、硫 49.64%，經由專家化驗其生成金屬，內含有包括金、銅、鐵、鋅等成分。
晶形	等軸晶系，常呈立方體、五角十二面體或八面體晶形。
解理	無。
斷口	參差不規則狀。
條痕	條痕即磨成粉末的顏色，為黑色。

#### (二) 科展

##### 1. 全國科展

我們查詢歷屆全國科展的作品，以龍紋石、地區(武界、八掌溪、觸口、澆水、茂林)為關鍵字或有關地質方面的研究文章做搜尋，並無發現以龍紋石為對象的資料，因此將同類之研究較有相關者的作品做整理，希冀能站在巨人肩膀上，並對我們的研究有所裨益，茲將資料列於下表：

表二：全國科展歷屆作品文獻搜尋表

屆別/組/科別	名稱	研究對象	研究方法	研究目的	研究結果
第 56 屆 國中組 地球科學科	搶救台灣國 寶石—螺溪 石的辨識及 其特性之研 究	螺溪石與其 他溪石	1.利用兩礦物互相 刻劃方式得知硬 度，並利用排水法 測量密度。 2.觀察不同溪石水 珠蒸發、擴散速 率。 3.利用宣紙進行墨 液吸附實驗。 4. image J 分析墨 液的成色。 5.墨液凝固點的 觀察。	1.探討螺溪石與 其他溪石基本特 性、顆粒與針銼 的差異。 2.探討螺溪石與 其他溪石在水分 擴散、蒸發速度、 墨液色層、墨液 凝固點上的差異。	1.螺溪石岩性屬頁 岩，部分為輕度 變質泥質板岩， 螺溪石礦體組成 排列為片狀，其 粉末為白色，組 成礦物的顆粒與 磷酸鈣之針銼分 布均勻、緻密， 所以易下墨與發 墨。 2.片狀層隙能涵 養水分，質地細 緻吸水度低與水 滴與空氣接觸面 積小、因此有儲 水不耗之特性。
第 51 屆 國中組 地球科學科	走訪「八掌 溪觸口斷層 現象之地層 位態變化與 牽引褶皺」 之研究	八掌溪 觸口 褶皺	1.現場考察 2.室內模擬實驗	1.研究八掌溪觸 口段河水的侵蝕 作用。 2.研究六重溪岩 層岩性與化石。 3.研判觸口斷層 走向及局部斷層 的改向。 4.製作研究模 型，幫助地質分 析。	1.河水下切侵蝕 因上部河床堆積 ，和現今溪流差 距約十公尺，岩 壁光滑度可了解 沖刷挾帶的泥沙 。 2.六重溪岩層由 砂質泥岩組成， 粉末細，易受水 流侵蝕，層理不 明顯，需礫石層 研判位態。主要 化石有貝類，螺 類和有孔蟲。 3.斷層在此處有 大轉彎，十分凌 亂，具不同緊密 褶曲，斷層轉彎 力量來自左右， 則上下力量方向 不同。 4.六重溪為一斷 層且斷層發生時 間較地層形成時 間晚。
第 56 屆 國中組 地球科學科	凡走過必留 下痕跡	竹山地區地 形演育與活 動構造，針對 竹山河階與 構造之相關 性做研究	1.河階構造議題 2.文獻收集整理 3.擬定相關研究 方式： a.分析地形演化 b.釐清河階構造 相關問題 c.繪製河階、斷 層數化檔 d.測量河階與活 動構造 e.擬定野外實 察路線 4.研究結果整 理 5.討論竹山地區 河階流向與地形 演化趨勢 6.結果討論與 未來改進方向	(1)竹山地區地 形面、河階對比 與活動構造調查 。 (2)撓曲崖與活 動構造關係 (3) 竹山地區高位河 階對比探討。 (4)回推竹山地 區古環境之地形 演育。	一、野外調查河 階對比結果：河 階對比方式採用 陳于高(1988)4 之方式，由最低 位河階當成 FT1 依此類推上去， 初步認定此區低 位河階共 9 階， 高位河階 6 階， 此區之河階總數 共 74 個。前人 研究 LT3 面約為 9 萬年，若竹山 能用此數據對比 ，則代表 9 萬年 前濁水溪的流域 面積大，而在 FT 2 時，濁水溪流 域面積再度到達 高峰。 二、數值地形 (DTM)分析結果 ：發現凡有被斷 層切過的河階， 階面大都出現撓 曲現象，則無撓 曲現象發生。 三、野外調查河 流遷徙狀況 四、低位河階與 街尾圳古流路方 向分析結果：證 明街尾圳是從西 向東逐漸遷移， 可證明北邊先抬 升而依次向東南 遷移。

## 2. 原住民雲端科展

查詢原住民雲端科展，發現有一件作品是與龍紋石為研究對象，即是第九屆佳作作品，以下是其作品資料整理： 表三：原住民雲端科展作品文獻搜尋表

屆別/組	名稱	研究對象	研究方法	研究目的	研究結果
第九屆原住民雲端科展國中組	尋找龍紋石破天驚	龍紋石	1.透過文獻史料的蒐集與專家及族人的專訪。 2.比較與市售硯台、墨液進行比較，透過科學的實驗與觀，對龍紋石進行更深入的研究。	1.探討龍紋石名稱的由來。 2.探討龍紋石的分布區域及周圍地貌與地層。 3.探討如何有效的辨識及採集龍紋石。 4.探討龍紋石與其他溪石的基本岩性是否有差異。 5.探討龍紋石硯台墨液與市售硯台墨液及市售墨汁是否有所差異。	1.龍紋石的圍岩為硬頁岩，並與玉髓及金屬礦物共生。 2.龍紋石的 岩石組成以片狀硬頁岩為主，並有整塊結晶金屬或小片凌亂分布於硬頁岩中，及沁黃色或乳白色玉髓夾在其中。 3.其墨液實驗，實驗顯示較市售硯台容易下墨與發墨，色澤也較黑，易被宣紙吸附，在溫度約 3°C 左右會結冰，屬觀賞石硯台。

## 二、專家訪談

在許多臉書的龍紋石社團裡，我們訪問了團員多且更新頻繁的龍紋石交流社社團石友吉男，他有為數不少的白龍紋石，據說是南部石友致贈，他說這白龍紋石非常漂亮，雕琢成各種造型十分有趣。

另外針對各地區龍紋石的差異性，在訪談龍紋石藝師朱文輝老師時，他提到：龍紋石的差異取決於四點，分別是板岩的硬度、玉質部、金屬的密度、氧化量；而茂林區的板岩在臺灣來說質地優良，部落的溫泉溪是他常撿拾採集的地點。

## 三、地層概況

以下整理<台灣國寶龍紋石—武界龍紋石的材質及特性辨識>、維基百科、嘉義縣地質與化石介紹(一)、尋找龍紋石破天驚的文章中，揭示了武界、觸口、茂林一帶的地質特性：

表四 武界、觸口、茂林一帶的地質特性

地點	武界-位於南投縣	觸口-位於嘉義縣	茂林-位於高雄縣
地質特性	根據何春蓀與劉桓吉文章中我們得知，臺灣西部山麓地帶係第三紀(上新世及中新世的合稱)為未變質的碎屑沉積岩之連續沉積為主，在脊樑的山脈的西斜面的廬山層，其年代為中新世及包含一部分漸新世地層，是受輕度變質的硬泥岩至厚層黑色至深灰色板岩為主，板岩劈理相當發達。濁水溪因挾帶大量上游的泥砂與板岩碎屑，所以流水混濁，因此而得名；上游板岩出露地區河床寬廣，厚層變質砂岩出露的地區因抗蝕力強，則常形成峽谷，如：武界壩即建築在峽谷區	觸口海拔高度約 280 公尺，有八掌溪流貫全村，且經觸口形成 90 度急彎，為八掌溪自山區離開，開始流入平原之谷口所在。全村地質由南莊層、六重溪層與沖積層構成，分別在村治南方與西北方有出現臺地，由以八掌溪北岸形成番路臺地最大，屬臺地堆積層。嘉義縣自阿里山公園至觸口村牛埔一帶，因地質環境特殊，阿里山地區的地層，經中央地質調查所調查結果，包括達邦層、南莊層、桂竹林層(大窩細砂岩段)等。	(一) 根據本地鄉誌記載，茂林區境內地層變化不大，東南方近屏縣霧台鄉與縣延平鄉交界處屬於始新世之畢祿山層，其餘大部分中廬各地層依序及岩性說明如下： 1. 畢祿山層(新高層)--本地層屬第三紀亞變質岩系之始新世，岩層以深灰色板為主偶夾雜少量硬頁岩與千枚岩並含有層狀或凸鏡之變質砂岩，板劈理發育良好，風化後多呈黃灰色及黃褐色，易剝離分裂。 2. 廬山層--本地層屬第三紀亞變質岩系之中新世，僅少量分布於

<p>的變質砂岩上。</p> <p>而<u>武界</u>以南的地區，分別有<u>栗栖溪</u>、<u>卡社溪</u>等支流由東向西匯入<u>濁水溪</u>，其中<u>栗栖溪</u>切穿北北東走向的厚層砂岩，形成近乎垂直的陡峭峽谷，當地人稱為「一線天」。</p> <p>本區以北重要的水利工程為<u>武界水庫</u>，於2006年臺灣電力公司興建新<u>武界</u>引水隧道工程，引水隧道係連接原有的<u>武界水庫</u>，將上游<u>濁水溪</u>及其支流<u>栗栖溪</u>的水引至<u>日月潭</u>。可以在<u>武界</u>聚落南方2公里處，看到河床上方架有綠色拱橋的水管橫跨<u>濁水溪</u>兩岸，將水由東向西運至新<u>武界</u>引水隧道。<u>武界壩</u>以南的<u>濁水溪</u>河谷缺少來自上游的河水，因此水流量小，加上大量岩壁崩塌，於是沉積物大量堆積於河谷內，致使河床漸趨平緩，成為當地遊憩戲水的聖地。</p> <p><u>濁水溪</u>與<u>栗栖溪</u>河床中，易發現板岩表面存有聚集並凸出表面的黃鐵礦，有的紋路像龍又像鳳，於是當地人稱為「龍紋石」。其打磨後，因金屬色澤的圖紋，具有觀賞價值，常有遊客為此來撿拾。</p>	<p>1.達邦層：露出於石鼓盤站，路標二十五公里附近八掌溪河床，以深灰色頁岩為主，夾少量薄層砂岩、泥質砂岩及砂岩與頁岩互層。</p> <p>2.南莊層：露出於阿里山站至公田村(江某溪)路上，主要岩石為灰色的砂岩與頁岩，夾有發育不良的煤層，在公田村附近含有厚的石灰岩層，常有崩潰的落石，傾入八掌溪溪谷。觸口水泥公司以本層岩石為主要材料。</p> <p>3.桂竹林層〔大窩細砂岩段〕：露出於觸口村至牛埔村約五、六公里八掌溪的河道兩側。主要岩石為泥質砂岩，夾薄層頁岩風化後，常呈塊狀剝落層面，常有流痕，含有豐富貝類化石，為臺灣研究化石的大寶庫。</p> <p>根據師範大學胡忠恆教授著《臺灣貝類化石誌》的資料記載，番路鄉牛埔村地層修正為六重溪層，地質年代大約為上新世。</p>	<p>利嘉溪下游右岸之主要斷層以南地區，主要由深灰至黑板岩、硬頁千枚及或色變質所組成。茂林區境內地質條件多屬於黏板區，主要是由黏板岩組成並夾雜黝黑石英砂岩或硬頁岩，地層則屬水長流。</p> <p>(二) 脊樑山脈地質區：盧板岩帶潮州層</p> <p>潮州層標準剖面位於屏東縣鎮方的脊樑山脈，分布於高雄市濁口溪-台東縣太麻里溪一線以南，至屏枋山-台東縣安朔溪的區域。岩性以板岩或硬頁岩夾薄層變質沙岩為主，偶夾厚層變質沙岩，地層出現許多崩移構造。</p>
---	---	---

由以上資料，我們可以知道武界地質受輕度變質的硬泥岩、變質頁岩、板岩為主，而武界壩建築在峽谷區的變質砂岩上與當地的一線天，都是採集龍紋石的好地方；往南到嘉義採集地，我們發現嘉義觸口一帶的地質以砂岩與頁岩為主或互層，而觸口至牛埔約五、六公里處的八掌溪河道兩側兼有豐富的貝類化石(參考走訪「八掌溪觸口斷層現象之地層位態變化與牽引褶皺」之研究，牛埔村經修正為六重溪層，此層以砂質泥岩組成，粉末細，易受水流侵蝕，層理不明顯)；而茂林區域則以硬頁岩、變質砂岩、黑板岩為主。

武界、茂林二地，都是行家龍紋石的採集地，因居住在嘉義地區，對於石頭、化石的熱愛，本組組員曾在觸口化石採集時，發現觸口也有著龍紋石的存在，也曾在途經的中崙澗水溪溫泉處發現龍紋石，讓我們更深入的踏入三地龍紋石特性的探尋。

地層	生物地層	磁地層	嘉義	玉井	古亭坑	嶺口
新世	晚期 NN20 早期 NN19 上帶 NN22 下帶 NN21	Matuyama Brunhes	六雙層 二重溪層 崁下寮層	玉井頁岩 鏡面砂岩	六雙層 二重溪層 上層古亭坑層	嶺口礫岩
上新世	晚期 NN18 早期 NN16 NN15 NN13	N21 N19	六重溪層 澗水溪層 鳥嘴層	北寮頁岩 竹頭崎層 茅埔頁岩 陰寮層 鹽水坑頁岩	下部古亭坑層	南勢崙砂岩 蓋子寮頁岩
中新世	晚期 NN12 NN11 NN10 NN7	Gaus N18 N17 N13	中崙層	碧恩山砂岩 長枝坑層 紅花子層 三畏頁岩	木槽層	烏山層

表五 台灣西南部地層對比  
台灣西南部地層對比(林殿順, 1991 及其引用之文獻)。

#### 四、本研究主題探討

##### 研究一：探討武界龍紋石的分布與特色

本組分別於 2017-2018 年間共 4 次前往武界採集龍紋石，茲將上次研究報告的採集結果再簡明扼要說明，以期與其他地區的龍紋石採集能互為比較並歸結出特性。

##### 一、戶外採集

確定採集地點：南投武界的武界壩、一線天。

規畫採集日期時間：2017 年 10 月 9 日~10 月 10 日、2017 年 11 月 13 日、  
2018 年 8 月 4 日、2018 年 8 月 26 日。

規畫採集路線圖：如圖 1-1。

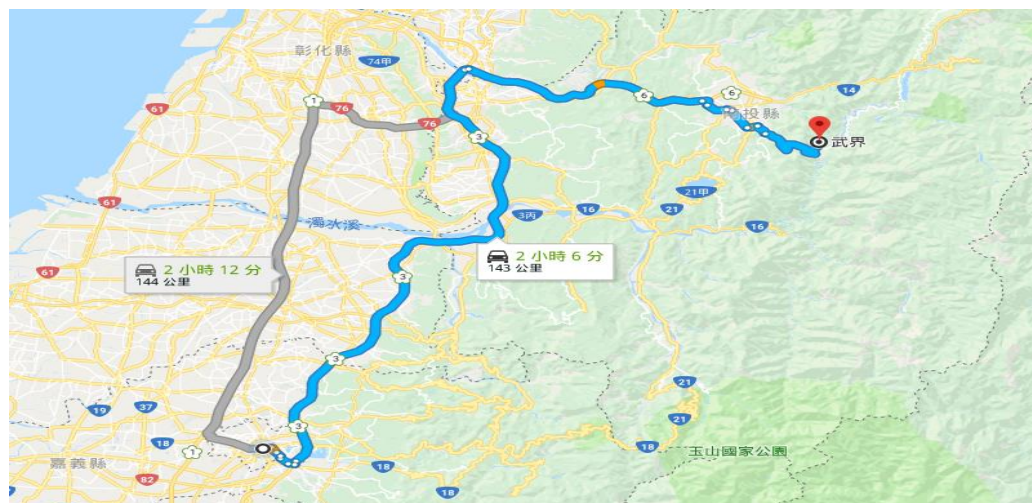


圖 1-1 武界的採集路線圖

##### (一) 武界的地質

武界地質受輕度變質的硬泥岩、變質頁岩、板岩為主；採集區域以武界壩跟一線天為主，而武界壩建築在峽谷區兩側的變質砂岩上，一線天最窄處約七公尺，是由栗栖溪切穿北北東走向的厚層砂岩。

##### 二、研究問題

1. 實際了解龍紋石會如何分布在河床中。
2. 實際了解龍紋石的礦脈及當地岩層的分布情形。
3. 實際了解武界龍紋石的特色。

##### 三、研究步驟

1. 現場與守浪老師討論採集地點及天氣狀況是否適合進行採集。
2. 規畫採集區，下河床開始採集。
3. 在採集過程中，用便條紙和夾鏈袋做記錄（若太大顆可用鋼釘在石頭上做記錄）。
4. 比較各個採集區，採集到龍紋石的差異與探討。
5. 最後將採集到的龍紋石做特性之探討。

##### 研究二：探討觸口、澗水一帶龍紋石的分布與特色

##### 一、觸口龍紋石的採集

##### (一) 戶外採集

##### 1. 事前準備

- (1) 確定採集地點：嘉義縣觸口村天長地久的地久橋下，往前約 10 公尺處。
- (2) 規畫採集日期時間：2018 年 10 月 31 日。



- (3) 規畫採集路線圖：如圖 2-1。
- (4) 交通工具：兩輛汽車
- (5) 當地嚮導：2 位指導老師
- (6) 準備物品：相機、溯溪鞋、水壺、乾糧、帽子、外套、夾鏈袋、便條紙、塑膠袋、備用衣服、鑿石器、筆、鋼釘。



圖 2-1 觸口採集路線圖

## (二) 研究問題

1. 實際了解觸口一帶的地質與岩層分布概況。
2. 實際了解龍紋石在觸口一帶的礦脈。
3. 實際了解觸口龍紋石的特色。

## (三) 研究步驟

1. 資料收集與閱讀。
2. 規畫採集區，下河床開始採集。
3. 在採集過程中，用便條紙和夾鏈袋做記錄(若太大顆可用鋼釘在石頭上做記錄)。
4. 最後將採集到的龍紋石做特性之探討。

## 二、澗水龍紋石的採集

### (一) 戶外採集

#### 1. 事前準備

- (1) 確定採集地點：嘉義縣中崙的澗水溪溫泉下游約 4-5 公里處。
- (2) 規畫採集日期時間：2018 年 11 月 7 日。
- (3) 規畫採集路線圖：如圖 2-2。
- (4) 交通工具：兩輛汽車
- (5) 當地嚮導：2 位指導老師
- (6) 準備物品：相機、溯溪鞋、水壺、乾糧、帽子、外套、夾鏈袋、便條紙、塑膠袋、備用衣服、鑿石器、筆、鋼釘。



圖 2-2 澗水的採集路線圖

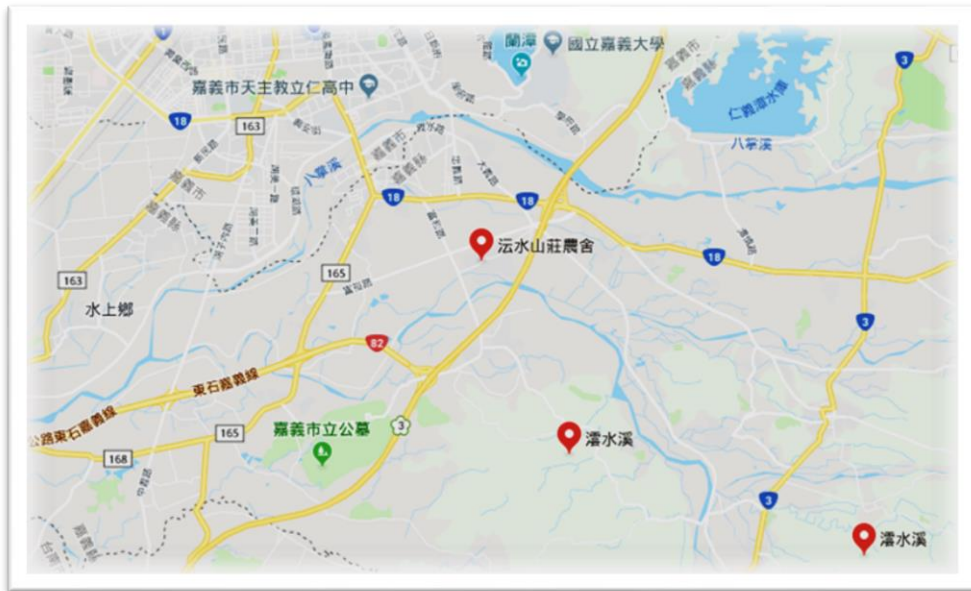


圖 2-3 八掌溪支流澗水溪

## (二) 研究問題

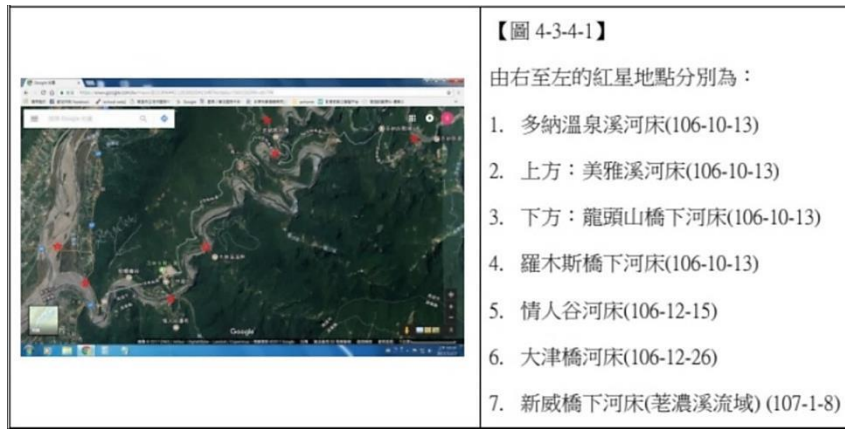
1. 實際了解澗水一帶的地質與岩層分布概況。
2. 實際了解龍紋石在澗水一帶的礦脈。
3. 實際了解澗水龍紋石的特色。

## (三) 研究步驟

1. 資料收集與閱讀。
2. 規畫採集區，下河床開始採集。
3. 在採集過程中，用便條紙和夾鏈袋做記錄(若太大顆可用鋼釘在石頭上做記錄)。
4. 最後將採集到的龍紋石做特性之探討。

### 研究三：探討茂林龍紋石的分布與特色

茂林地區地點的選取，根據「尋找龍紋石破天驚」一文提到濁口溪七個河床皆可以採集到龍紋石(如圖 3-1)，但以多納溫泉溪(河床位濁口溪支流，昔日溫泉勝地)，所採得之龍紋石樣式最佳；因此，本組以茂林多納的部落溫泉溪為主要採集地點。



【圖 4-3-4-1】

由右至左的紅星地點分別為：

1. 多納溫泉溪河床(106-10-13)
2. 上方：美雅溪河床(106-10-13)
3. 下方：龍頭山橋下河床(106-10-13)
4. 羅木斯橋下河床(106-10-13)
5. 情人谷河床(106-12-15)
6. 大津橋河床(106-12-26)
7. 新威橋下河床(老濃溪流域) (107-1-8)

圖 3-1 濁口溪所處的龍紋石採集區域(資料來源：尋找龍紋石破天驚)

## 一、戶外採集

### (一) 事前準備

1. 確定採集地點：高雄茂林多納部落溫泉溪。
2. 規畫採集日期時間：2018 年 11 月 30 日。
3. 規畫採集路線圖：如圖 3-2。
4. 交通工具：五輛汽車
5. 當地嚮導：2 位指導老師
6. 準備物品：相機、溯溪鞋、水壺、乾糧、帽子、外套、夾鏈袋、便條紙、塑膠袋、備用衣服、鑿石器、筆、鋼釘。

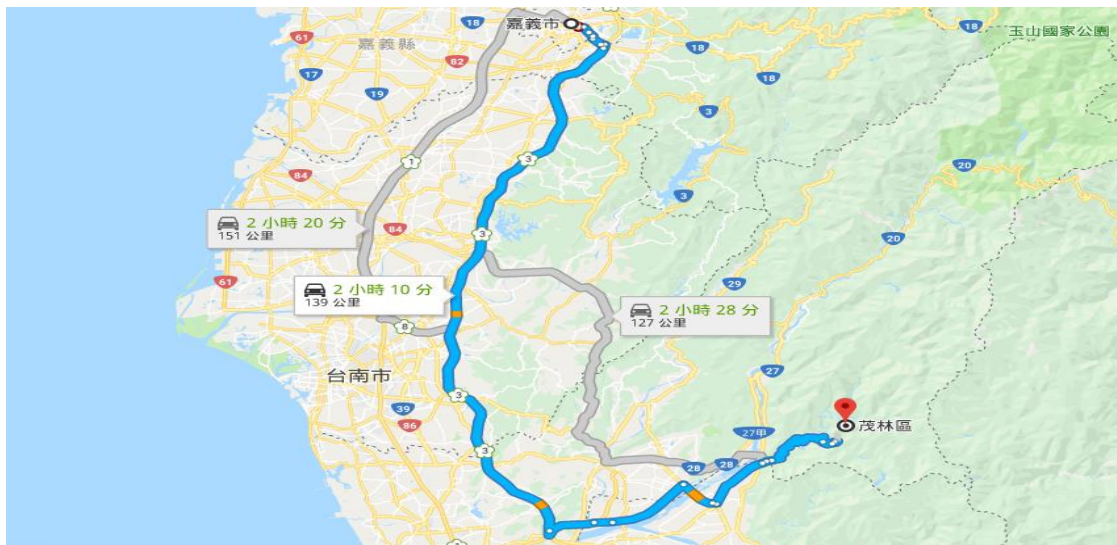


圖 3-2 茂林的採集路線圖

## 二、研究問題

1. 實際了解茂林一帶的地質與岩層分布概況。
2. 實際了解龍紋石在茂林一帶的礦脈。
3. 實際了解茂林龍紋石的特色。

## 三、研究步驟

1. 資料收集與閱讀。
2. 規畫採集區，下河床開始採集。
3. 在採集過程中，用便條紙和夾鏈袋做記錄(若太大顆可用鋼釘在石頭上做記錄)。
4. 最後將採集到的龍紋石做特性之探討。

#### 研究四：武界、觸口與澆水、茂林三地龍紋石的基本特性測量

我們想知道為什麼大石頭後面或縫隙，容易找得到龍紋石，所以我們測量龍紋石的質量、體積、密度，並與一般石頭來做比較；另外我們也了解武界、觸口與澆水、茂林三地龍紋石的密度是否有差異。

##### 一、密度實驗

(一) 準備材料：針筒(無針)、橡皮擦、透明細塑膠管、電子秤(可測到小數點後兩位)、固定架、放大影印尺、經過篩選可放進針筒的小顆龍紋石、滴管、酒精。

(二) 研究問題：

1. 了解為什麼大石頭後面或縫隙，容易找得到龍紋石呢？
2. 各地區龍紋石密度差異為何？

(三) 實驗步驟：

1. 質量：

(1) 用電子秤量出龍紋石的質量。

2. 體積：(自製體積測量刻度放大器，如圖 4-1；體積的測量步驟，如圖 4-2)

(2) 針筒裡加入 10 毫升的酒精(酒精較無氣泡發生的情形，所以測量體積改用酒精，而不是水)。

(3) 將測量好質量的龍紋石，放入量好 10 毫升酒精的塑膠針筒內。

(4) 將活塞壓下，排出空氣，減少誤差。

(5) 利用 1 克水的體積是 1 立方公分，在電子秤上先量透明細塑膠管重量，利用在電子秤上操作再加入 1 克水到試管中，之後量取透明細塑膠管中 1 克水長度為 11.30 公分，利用放大影印尺 113%，即放大尺上 100 小刻度的細塑膠管容量為 1 立方公分，也就是 1 小刻度的容積是 0.01 毫升，所以可以準確測得不規則物體體積到小數點第二位，提高體積測量的準確性。

(6) 量體積：先將未放入龍紋石的塑膠針筒活塞下緣壓到切齊 10 毫升時，細塑膠管中水位上升的位置在活塞柄上做黑色記號線，後取下活塞並放入龍紋石後，再將活塞下壓切齊到整數的刻度，記下細塑膠管中水位上升的放大尺刻度後，換算出測量體積。

3. 密度：

(7) 將測量出的質量與體積相除，即可算出該物體的密度。

		
1. 未加水前細塑膠管為 2.86g	2. 加入 1g 水後總重量為 3.86g	3. 利用直尺測量 1g 水在細塑膠管中的長度為 11.30cm




		
<p>4. 將直尺放大影印 113% 倍</p>	<p>5. 做成 100 小刻度的長度為 11.3 公分的量尺，即可利用細塑膠管測量 <math>1\text{cm}^3</math> 內的液體體積</p>	<p>6. 自製完成「體積測量刻度放大器」</p>

圖 4-1 自製體積測量刻度放大器







		
<p>1. 用電子秤秤龍紋石的質量</p>	<p>2. 針筒裡加入 10 毫升的酒精</p>	<p>3. 將活塞下緣壓至對齊 10 毫升刻度，排出空氣，減少誤差，量出細塑膠管的計算基準點，在活塞柄畫上黑線記號</p>
		
<p>4. 將質量測量好的龍紋石放入測量好的酒精內</p>	<p>5. 量體積：先將活塞下緣，壓到對齊針筒刻度到整數的位置，如上圖活塞下緣是對齊 11 毫升，所以減 10 毫升是 1 毫升</p>	<p>6. 再加上細塑膠管中上升的水位是 26.0 個最小刻度數，除以 100 是 0.260，所以該龍紋石體積為 <math>1+0.260=1.260</math>(毫升)</p>

圖 4-2 體積的測量步驟

## 二、滴稀鹽酸實驗

(一) 準備材料：淺盤子、實驗用的龍紋石數顆、稀鹽酸、相機、紙、筆。

(二) 研究問題：

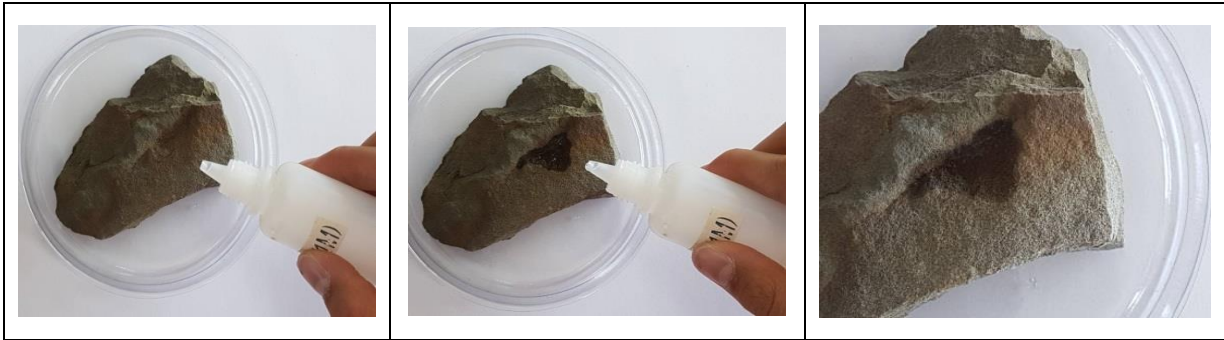
1. 了解哪些是含有碳酸鈣成分的貝化龍紋石。

(三) 實驗步驟：

1. 八掌溪錐螺金沙龍紋石加稀鹽酸



2. 八掌溪砂質龍紋石加稀鹽酸



3. 淺水扇貝化石金沙龍紋石加稀鹽酸



4. 多納一般龍紋石加稀鹽酸



圖 4-3 滴稀鹽酸實驗

#### 研究五：龍紋石晶型顆粒大小的結晶模擬實驗

龍紋石是經地熱、火山運動及長時間受高壓而形成的礦石，從採集的龍紋石中我們發現龍紋石的結晶顆粒大小各有不同，因此，我們進行結晶模擬實驗，仿岩漿熱液藉以探討龍紋石結晶大小、結晶速度、形成位置三者之間的關係。


一、準備材料：天然樟腦粉 15 克、氯化銨 3.75 克、硝酸鉀 3.75 克、蒸餾水 49.5 克、95% 酒精 60 毫升、燒杯、溫度計、玻璃缸。

二、研究問題：

1. 了解龍紋石結晶大小和溫度的關係。

- 2.了解龍紋石結晶速度和溫度的關係。
- 3.了解龍紋石位置和結晶顆粒大小的關係。

三、實驗步驟：

		
<p>1.準備量測材料。</p>	<p>2.量好全部的材料</p>	<p>3.分別在燒杯內加入氯化銨、硝酸鉀與蒸餾水，攪拌均勻</p>
		
<p>4.將步驟 3 的材料放置隔水加熱，並加入天然樟腦粉、酒精，攪拌使其均勻溶解。</p>	<p>5.材料皆均勻溶解。</p>	<p>6.將材料平均裝進瓶子內。</p>
		
<p>7.完成結晶瓶的製作。</p>	<p>8.將結晶瓶加熱溶解一陣子，使其實驗的初始溫度一致。</p>	<p>9.將模擬高、中、低溫的結晶瓶分別放入不同水溫的環境裡。</p>
		
<p>10.五分鐘測量一次各環境水溫</p>	<p>11.觀察細微的結晶變化。</p>	<p>12.完成結晶模擬實驗。</p>

的變化，測量到結晶完全下沉為止。		(右至左：高溫、常溫、低溫)
圖 5-1 結晶模擬實驗步驟		

## 伍、研究結果與討論

### 研究一：探討武界龍紋石的分布與特色

#### 一、研究結果

##### (一) 武界龍紋石易採集地段

1. 在武界大壩附近的凹岸後段大石頭區，於大石頭側面、後方易檢到中、小型的龍紋石。
2. 凸岸後段區易檢到中、大型的龍紋石。
3. 龍紋石因流速變化減弱易在大石頭和大石頭的縫隙中或後方的位置找到。

##### (二) 採集要點

1. 採集以揀選油亮的紅褐色、礦體大且完整的龍紋石為主。
2. 金黃、橘金色的立方結晶的金沙龍紋石，也是最佳選擇。

##### (三) 龍紋石的採集結果

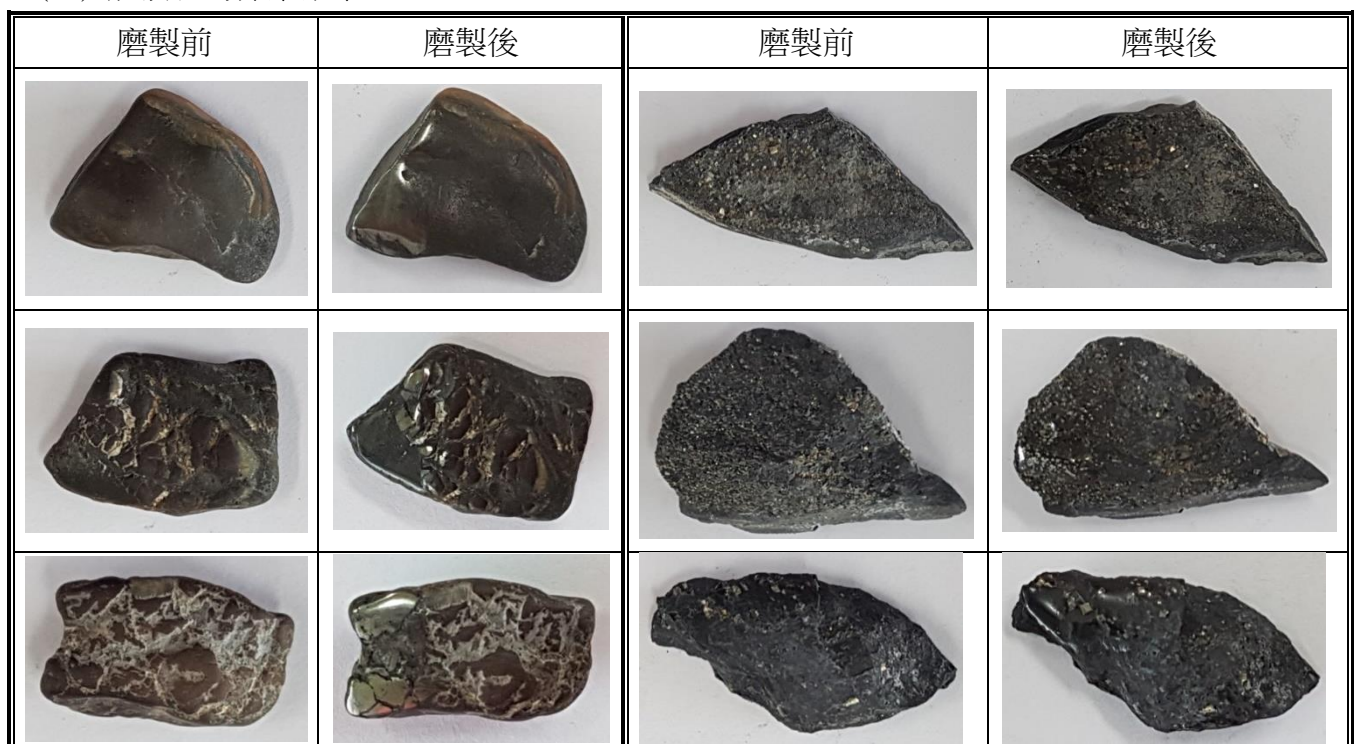


圖 6-1 武界龍紋石的磨製前、後對照圖

#### 二、討論

1. 要檢龍紋石，首先要先能認識龍紋石的外觀特徵，帶油亮的紅褐色、暗紅褐色或青灰色的礦體為佳，或是直接可辨識的土金黃色多晶形和金黃或橘金色的立方結晶的金沙龍紋石為。
2. 最好就在離礦區不遠的流域來檢，因為越往下游會有越多的雜石加入而稀釋了龍紋石的發現律。
3. 若是有很多人知道檢的地方，最好能在下過大雨後或洩洪去檢，但要確認安全性。
4. 在不同區段會有不一樣的檢法，在下過大雨後或洩洪去檢時，可以在在凸岸的後段易



撿到中、大型的龍紋石。在凹岸的後段大石頭區的大石頭側面、後方易撿到中、小型的龍紋石。

5. 要挑揀好質地的龍紋石來打磨做成飾品時，要先挑帶油亮的紅褐色、礦體大且完整的龍紋石，或是金黃、橘金色的立方結晶的金沙龍紋石，打磨後的光亮效果較好。
6. 龍紋石一般是抗磁性的，不會被磁鐵吸引，但當被加熱過後硫會解離出來，而硫和氧作用成二氧化硫飄散，剩下鐵或氧化鐵而有自由磁域，就可以被磁化而被磁鐵吸引。

## 研究二：探討觸口、澗水一帶龍紋石的分布與特色

### 一、研究結果

#### (一) 觸口：

##### 1. 龍紋石採集過程

		
<p>地久橋下</p>	<p>徒步地久橋下</p>	<p>前進採集區 1</p>
		
<p>前進採集區 2</p>	<p>前進採集區 3</p>	<p>沿途看到的貝類化石</p>
		
<p>錐螺化石</p>	<p>貝化龍紋石</p>	<p>海膽化石</p>













		
<p>觸口易找到的錐螺化石</p>	<p>布滿大石頭 1</p>	<p>布滿大石頭 2</p>
		
<p>回程發現到完整的螺類化石</p>	<p>用條痕板辨識出龍紋石</p>	<p>條痕非黑色，顯示不含黃鐵礦</p>
		
<p>條痕是黑色，顯示含黃鐵礦</p>	<p>龍紋石</p>	<p>在大石頭後方的貝類龍紋石</p>
		
<p>岩壁上的龍紋石(礦脈處)</p>	<p>另一端地久橋下的大岩塊</p>	<p>大岩塊上有龍紋石</p>
<p>圖 7-1 觸口採集過程圖</p>		

2. 地質與岩層分布概況

		
<p>被擠壓成垂直走向的岩層。</p>	<p>發現岩層上有銹斑(氧化物)的礦體，可能就是龍紋石。</p>	<p>被擠壓的橫向輕度摺皺之岩層，這是變質地帶。</p>
		
<p>受擠壓的變質岩層</p>	<p>岩層上的龍蛋龍紋石(表面有鏽斑，條痕是黑色)</p>	<p>從岩層採集下的龍紋石</p>
<p>圖 7-2 觸口地質與岩層分布概況圖</p>		








3. 採集後經處理的龍紋石

八掌溪砂質龍紋石(龍蛋)		
		
<p>原礦體--正面</p>	<p>原礦體--正面</p>	<p>成品--正面</p>
		

磨製後--背面	磨製後--背面	成品--背面
八掌溪砂質龍紋石		
		
原礦體--正面	原礦體--正面	原礦體--正面放大圖
八掌溪砂質泥岩龍紋石		八掌溪輕度變質貝化龍紋石
		
八掌溪貝化龍紋石		
		
原礦體--正面	成品--正面	放大圖--正面
		
原礦體--背面	成品--背面	放大--背面
圖 7-3 八掌溪的龍紋石		











(二) 澗水：

1. 龍紋石採集過程暨地質與岩層分布概況

		
<p>澗水溪</p>	<p>澗水溪岩石堆積現況</p>	<p>澗水貝化龍紋石 1</p>
		
<p>澗水貝化龍紋石 2</p>	<p>澗水貝化龍紋石 3</p>	<p>澗水貝化龍紋石 4</p>
		
<p>澗水貝化龍紋石 5</p>	<p>中崙五號橋附近的台三線路邊 鏽紅山壁上所採集的礦體(氧化 嚴重-未敲擊下來)</p>	<p>中崙五號橋附近的台三線路邊 鏽紅山壁上所採集的礦體(氧化 嚴重-已敲擊下來)</p>
		

澗水溪上游中崙五號橋下的貝化龍紋石	澗水溪上游中崙五號橋下的貝化龍紋石	澗水溪上游中崙五號橋下的貝化龍紋石
圖 7-4 澗水採集過程圖暨地質與岩層分布概況圖		

2. 採集後經處理的龍紋石

澗水化石金沙龍紋石-1		
		
原礦體--正面	原礦體--背面	原礦體--側面
		
成品--正面	成品--正面	成品--背面
澗水化石金沙龍紋石-2		
		
原礦體--正面	原礦體--背面	成品--正面
澗水化石金沙龍紋石-3		
		
原礦體--正面	原礦體--背面	成品--正面

澗水貝化輕度變質龍紋石		
		
原礦體--裁切	成品--正面	成品--背面
澗水貝化變質龍紋石		
		
原礦體--正面	原礦體--背面	原礦--側面
		
成品--正面	成品--背面	成品--背面放大照
澗水貝化金塊龍紋石		
		
原礦體--正面	成品--正面	成品--背面

圖 7-5 澗水的龍紋石

## 二、討論

### (一) 觸口

1. 在採集的過程中，可以從岩層或石頭上的鏽蝕處，去判斷是否是龍紋石，亦可再進一步利用條痕板來辨識是否有黃鐵礦的成分，若礦體含有黃鐵礦，條痕應會留下黑

色粉末。也可以利用稀鹽酸，來測試是否有石灰岩的成分(研究四)，若有石灰岩的成分，石頭上會冒二氧化碳氣泡，即是貝化、化石龍紋石。

2. 觸口一帶可採集到的龍紋石種類有：砂質龍紋石(龍蛋)、砂質龍紋石、金沙龍紋石、輕度變質貝化龍紋石、貝化龍紋石。以砂質龍紋石最多，化石金沙龍紋石、貝化龍塊較少。
3. 觸口一帶因地層關係，擁有許多貝類化石，我們除了採集到貝化的龍紋石，亦撿拾了不少漂亮的貝類化石、錐螺化石、海膽化石。
4. 在觸口的主要採集區域，我們發現岩壁上有被擠壓的岩層，岩層褶皺處有鏽斑(氧化物)，經條痕板測試是為黃鐵礦，此主要採集區龍紋石的礦脈在這斜向岩層內。
5. 在磨製觸口八掌溪的龍紋石時，我們發現在觸口除了化石龍紋石外，其他質地的龍紋石很難磨出鏡面的樣貌，尤其以砂質龍紋石最困難；因砂岩旁會有孔隙，容易氧化，所以砂岩礦體少有好的龍紋石，另發現貝化龍紋石，在化石晶體上所佔比例少，需切割加工較繁複。

## (二) 澆水

1. 澆水一帶可採集到的龍紋石種類有：化石金沙龍紋石、貝化輕度變質龍紋石、貝化變質龍紋石、貝化金塊龍紋石。
2. 在澆水溪上游中崙五號橋下，找到的龍紋石種類都不大一樣，可以採集到較多貝化龍紋石。
3. 根據表五的「台灣西南部地層對比」，我們可以發現觸口地處六重溪層，地質年代屬於上新世；而澆水地處中崙層地質年代屬於其下層的中新世。所以，也可以合理推論出為何我們所採集的龍紋石，澆水的貝化龍紋石質地較觸口緻密。
4. 根據〈臺灣溫泉露頭資源網〉的資料顯示，澆水的中崙溫泉出露岩性是屬於中新世至上新世之中崙層的頁岩、砂質頁岩及泥岩；又嘉義縣中埔鄉景觀綱要計畫的網頁中提到灣潭、石礮、東興、澆水以及三層村等因為化石地層，皆有化石出土，出產化石以貝類為主。

因我們採集的地點靠近中崙澆水溪溫泉，此溫泉位於八掌溪支流澆水溪的上游山壁上，爬梳以上資料我們可以得知澆水採集的龍紋石多數具有貝化特性。

5. 我們可以知道，觸口和澆水一帶的岩層由砂質泥岩組成，粉末細，易受水流侵蝕，層理不明顯，岩壁較光滑，因此這一帶的龍紋石質地較不緻密。
















## 研究三：探討茂林龍紋石的分布與特色

### 一、研究結果

#### 1. 龍紋石採集過程














		
發現白龍紋石	發現氧化體的金沙龍紋石	發現鐵丸
		
數顆小龍紋石	繼續前往撿拾	散布大石塊的河床
		
岩壁上有鏽斑，可能有龍紋石	被擠壓垂直的岩壁	龍紋石
		
大石塊後面可以撿到龍紋石	大石塊後面撿到的龍紋石	大岩塊上的龍紋石 1
		
岩壁上也能敲下水晶	龍紋石	岩塊上的龍紋石

		
岩壁上有鏽斑，發現龍紋石	白龍紋石	繼續往鬼斧神工一線天峽谷
圖 8-1 茂林採集過程圖		

## 2. 地質與岩層分布概況

		
傾斜的岩壁	傾斜有斷裂面的岩壁	鬼斧神工外水流橫切的岩層 1
		
鬼斧神工外水流橫切的岩層 2	鬼斧神工內水流橫切的岩層 1	鬼斧神工內水流橫切的岩層 2
圖 8-2 茂林地質與岩層分布概況圖		

## 3. 採集後經處理的龍紋石

茂林角金龍紋石		
		
茂林金沙龍紋石(0.1-0.2cm 角金)	茂林白龍紋石	


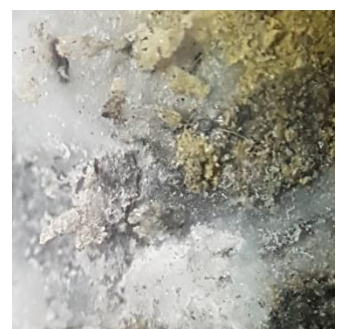
		
金沙白龍紋石		
		
原礦體--正面	原礦體--背面	成品 1
		
成品 2	成品 3	成品 4
一般龍紋石		
		
磨製前、磨製後 1	磨製前、磨製後 2	磨製前、磨製後 3

圖 8-3 茂林的龍紋石

## 二、討論

1. 茂林有比較多的白龍紋石，也有比較大的角金。
2. 茂林區域採集下的一般龍紋石，大多較武界不緻密，打磨後放置一陣子會有白色針狀物產生，易掉落崩解下來(用顯微晶發現白色鹽類結晶物及黃色硫化物)，如加水會溶解；一般採集者會將採集回來的龍紋石，放置半年左右，確定沒有產生白色的氧化物並造成龍紋石



崩裂，才進行龍紋石飾品加工。

#### 研究四：武界、觸口與澗水、茂林三地龍紋石的基本特性測量

##### 一、研究結果

##### (一) 密度測量

表六 龍紋石密度表

武界龍紋石			
龍紋石編號	質量 (g)	體積 (cm <sup>3</sup> )	密度 (g/cm <sup>3</sup> )
1.	6.14	1.750	3.51
2.	3.38	1.040	3.25
3.	2.91	0.700	4.16
4.	10.16	2.620	3.88
5.	5.01	1.355	3.70
6.	4.71	1.255	3.75
7.	6.42	2.075	3.09
8.	7.79	1.860	4.19
9.	5.12	1.260	4.06
10.	2.74	0.745	3.68
平均	5.44	1.466	3.73
觸口與澗水龍紋石			
八掌溪貝化金砂龍紋石			
龍紋石編號	質量 (g)	體積 (cm <sup>3</sup> )	密度 (g/cm <sup>3</sup> )
1.	7.19	2.150	3.34
2.	5.92	2.100	2.82
3.	16.78	5.125	3.27
平均	9.96	3.125	3.14
八掌溪金砂龍紋石			
1.	9.35	3.280	2.85
2.	7.52	2.585	2.91
3.	8.58	2.800	3.06
平均	8.48	2.888	2.94
八掌溪貝化龍紋石			
1.	7.26	2.255	3.22
2.	9.20	2.810	3.27
3.	5.17	1.540	3.36
平均	7.21	2.202	3.28
八掌溪龍蛋			
1.	8.51	2.570	3.31
2.	10.11	3.320	3.05
3.	6.73	1.820	3.70
平均	8.45	2.570	3.35

八掌溪錐螺金沙龍紋石			
1.	7.70	2.105	3.66
2.	8.24	2.520	3.27
3.	8.09	1.740	4.65
平均	8.01	2.122	3.86
澗水一般龍紋石			
1.	9.16	3.310	2.77
2.	9.06	3.280	2.46
3.	10.40	3.215	3.24
平均	9.54	3.270	2.82
澗水貝化金塊龍紋石			
1.	2.66	0.820	3.24
2.	2.95	0.865	3.41
3.	3.82	1.010	3.78
平均	3.14	0.898	3.48
茂林龍紋石			
一般龍紋石			
龍紋石編號	質量 (g)	體積 (cm <sup>3</sup> )	密度 (g/cm <sup>3</sup> )
1.	4.23	1.300	3.25
2.	5.58	1.600	3.49
3.	9.12	2.680	3.40
4.	8.15	2.315	3.52
5.	6.61	2.305	2.87
6.	3.59	1.000	3.59
7.	9.91	2.505	3.96
8.	4.55	1.165	3.91
9.	14.78	3.500	4.22
平均	7.39	2.041	3.58
茂林白龍紋			
1.	7.75	2.400	3.23
2.	3.91	1.250	3.13
3.	14.58	4.235	3.45
平均	8.75	2.628	3.27
一般石頭			
一般石頭編號	質量 (g)	體積 (cm <sup>3</sup> )	密度 (g/cm <sup>3</sup> )
1.	5.51	1.975	2.79
2.	4.32	1.480	2.92
3.	6.42	2.280	2.82
平均	5.42	1.912	2.84

(二) 滴稀鹽酸檢測碳酸鈣成分

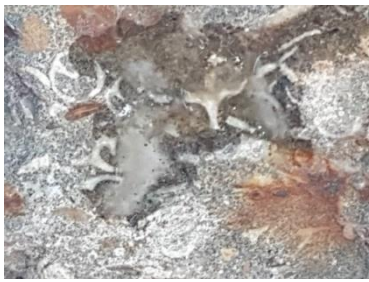



冒出二氧化碳氣泡		沒有冒出二氧化碳氣泡	
八掌溪錐螺金沙龍紋石	澆水扇貝化石金沙龍紋石	八掌溪砂質龍紋石	多納一般龍紋石
			

圖 9-1 滴稀鹽酸檢測碳酸鈣成分

二、討論

1. 含較少量黃鐵礦的龍紋石密度越接近一般石頭。
2. 在八掌溪的龍紋石裡，錐螺金沙龍紋石、澆水的貝化石塊龍紋石，因石質緻密含金量高，所以密度較大。
3. 不同種類的龍紋石，在密度的測量上我們發現離礦脈越遠的龍紋石，其密度越大，因為離礦脈越遠的龍紋石，礦體外部的石質容易因搬運碰撞而崩落，留下純度較高的礦體，所以密度較大。
4. 八掌溪錐螺金沙龍紋石、澆水扇貝化石金沙龍紋石，因是貝化石含有碳酸鈣的成分，因此用稀鹽酸檢測會冒出二氧化碳氣泡；而八掌溪砂質龍紋石、多納一般龍紋石不含碳酸鈣成分，所以不會冒出二氧化碳氣泡。

研究五：龍紋石晶型顆粒大小的結晶模擬實驗

一、研究結果

表七 結晶模擬實驗結果

仿岩漿熱液溫度 實驗項目	高溫水(°C)	常溫水(°C)	低溫水(°C)
起始溫度	70	24	1
結晶溫度	28	27	9
結晶所花的時間	135 分鐘	29 分鐘	1 秒

表八 模擬環境的水溫變化與結晶溫度記錄

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
仿岩漿熱液溫度														
高溫水(°C)	55	51	48	47	45	44	41	40	38.5	37	36.5	36	35	34
常溫水(°C)	24.5	25	25.5	26	26.5	27								
低溫水(°C)	9													
次數	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
仿岩漿熱液溫度														
高溫水(°C)	34	33	32.5	32	31	31	31	31	30	29.8	29.8	28	28(結晶)	
常溫水(°C)														
低溫水(°C)														



## 二、討論

1. 熱液的外在環境溫度愈高，結晶速度愈慢，但結晶顆粒較大；熱液的外在環境溫度適中(常溫)，結晶速度適中，結晶顆粒大小一般；熱液的外在環境溫度愈低(低溫)，結晶速度愈快，結晶顆粒細小，下沉慢。
2. 每顆龍紋石的結晶顆粒大小會有所不同，是因為溫度的不同，在熱液冷卻時，上層岩因冷卻較快，所以結晶顆粒小；中間岩因冷卻較上層岩慢，所以結晶顆粒中；下層岩因冷卻最慢，所以結晶顆粒大。

## 陸、結論

1. 在武界大壩附近的凹岸後段大石頭區，於大石頭側面、後方易檢到中、小型的龍紋石，而凸岸後段區易檢到中、大型的龍紋石；採集以揀選油亮的紅褐色、礦體大且完整的龍紋石，或是金黃、橘金色的立方結晶的金沙龍紋石為佳。
2. 觸口一帶因地層關係，擁有許多貝類化石，亦可採集到的龍紋石，以砂質龍紋石較多，化石金沙龍紋石、貝化金塊較少。
3. 觸口區域採集的龍紋石以砂質龍紋石為主，質地較不亮，鏽點較多；如要採集貝化龍紋石則需要先尋找到貝類化石再觀察有無參雜龍紋石的褐色氧化鏽斑的礦體，一般貝化龍紋石都大於 30 公分，龍紋石礦體也較分散，所以要採集到質地較好的貝化龍紋石實屬不易。
4. 在觸口的主要採集區域，我們發現岩壁上有被擠壓傾斜的岩層，岩層褶皺處有鏽斑(氧化物)，經條痕板測試為黑色是為黃鐵礦，為此次主要採集區龍紋石的礦脈所在。
5. 在磨製觸口八掌溪的龍紋石時，我們發現在觸口除了石質較細緻的化石龍紋石外，砂質龍紋石很難磨出光滑的鏡面樣貌；因砂岩本身孔隙較多，故龍紋石礦體容易氧化，所以砂岩質地的龍紋石少有佳品，另發現貝化龍紋石，其龍紋石礦體所佔比例少，因此切割加工較繁複，不易處理。
6. 在澧水溪上游中崙五號橋下，找到的龍紋石種類都不大一樣，可以採集到較多貝化的化石龍紋石，亦有少許質地較佳的化石金沙龍紋石。
7. 茂林有比較多的白龍紋石，也發現比較大的角金龍紋石，大的約有一公分左右，在武界則未見如此大的角金龍紋石。
8. 茂林區域採集下的一般龍紋石，大多較武界不緻密，打磨後放置一陣子易有白色針狀物產生，易使石質崩裂壞損(用顯微晶發現白色鹽類結晶物及黃色硫化物)
9. 不同種類的龍紋石，在密度的測量上我們發現離礦脈越遠的龍紋石，其密度越大，因為離

礦脈越遠的龍紋石，礦體外部的石質容易因搬運碰撞而崩落，留下純度較高的礦體，所以密度較大。

10. 在模擬結晶的實驗裡，驗證了採集到的龍紋石的結晶顆粒為什麼會有大小不同，是因為結晶時的環境溫度降溫快慢所致，降溫慢的有較長的時間結成較大的晶體顆粒；降溫快的結晶時間短，晶體顆粒較細小分布較廣。

未來研究建議：

1. 龍紋石不同礦脈溪流之龍紋石異同比較之探討，例如：屏東三地門、宜蘭溪的玫瑰龍紋石。
2. 龍紋石不同礦脈勘查後探討比對地質年代。

## 柒、參考資料及其他

1. 歐佈諾伙(2017)。尋找龍紋石破天驚(2017)。2018年10月12日。取自 <http://yabit.et.nthu.edu.tw/2017yabit/award/9/2017013.pdf>
2. 鐘央大學地球科學系沉積地質野外實習(2015/12/26~27)。2018年10月16日。取自 <file:///C:/Users/user/Downloads/%E6%B2%84%E6%B0%B4%20%E5%85%AD%E9%87%8D.pdf>
3. 雷公的眼淚----龍紋石。老夫的石頭記。2018年10月16日。取自 <http://blog.xuite.net/rock4729/twblog/129021146-%E9%9B%B7%E5%85%AC%E7%9A%84%E7%9C%BC%E6%B7%9A----%E9%BE%8D%E7%B4%8B%E7%9F%B3>
4. 武界壩。維基百科。2018年10月18日。取自 <https://zh.wikipedia.org/zh-hans/%E6%AD%A6%E7%95%8C%E5%A3%A9>
5. 嘉義縣地質與化石介紹(一)。臺灣雅石文史工作室。2019年1月21日。取自 <http://folkmit.pixnet.net/blog/post/17655751-%E5%98%89%E7%BE%A9%E7%B8%A3%E5%9C%B0%E8%B3%AA%E8%88%87%E5%8C%96%E7%9F%B3%E4%BB%8B%E7%B4%B9%E3%80%88%E4%B8%80%E3%80%89>
6. 臺灣溫泉露頭資源網。2019年1月22日。取自 <http://210.69.81.175/SpringFront/Outcrops?image=true&springsName=%E4%B8%AD%E5%B4%99&gotoId=73>
7. 嘉義縣中埔鄉景觀綱要計畫。2019年2月20日。取自 <http://jhongpu.cyhg.gov.tw/landscape/02.html>
8. 吳樂群、王源(1989)。台灣嘉義地區澗水溪剖面上中新統至下更新統之沉積環境。地質9卷，1期，15-44頁。臺北市：國立台灣大學地質學系。
9. 何春蓀(1986)。臺灣地質概論——臺灣地質說明書。臺北市：經濟部中央地調所。
10. 台灣國寶龍紋石—武界龍紋石的材質及特性辨識(2018)。嘉義市36屆中小學科展作品。
11. 劉桓吉(1991)。台灣雪山山脈濁水溪地區地質構造之研究。國立台灣大學地質科學研究所碩士論文。