

中華民國第四十三屆中小學科學展覽會參展作品專輯

高中組

地球科學科

科別：地球科學科

組別：高中組

作品名稱：揭開「龍珠石」的秘密

關鍵詞：結核、桂竹林層、頭嵛山層

編號：040505

學校名稱：

國立台中第二高級中學

作者姓名：

岳朝彥

指導老師：

葉婉儀



摘要

「龍珠石」一種天然形成的圓石，奇特而少見。它的形成背景是什麼？為何會這麼圓？它的組成是什麼？它形成的源頭在那裏？為何會形成珠石？珠石的出現和大地的變動有何關聯性？這些都是充滿著未知數，因此找出這些問題的解答，也就是我所要探討的主要目的。

壹、研究動機

在家中多年的剪報之中，曾有河床中出現圓石的記錄，報紙上曾以「石膽」或「九龍珠」稱之，當時只覺得奇特，但不以為意，因為常隨父親溯溪撿石的我，從沒有撿過這麼奇特的石頭，因此還懷疑「這是不是經過人為加工磨圓的石頭？」

經過九二一的劇變，台中大坑地區的地形上有著不小的變化，這時在頭汴坑溪上游的支流東坑溪河道中竟然出現了一些傳說中特殊的石頭，因此就暫以「龍珠石」來稱呼這些大大小小的圓石。在遍佈礫石的河道中，它為什麼那麼圓？是什麼原因造成這樣的結果？於是我找了自己的地科老師，想要尋找答案；老師看了後，也認為非常有意思，因此就開始了我們的研究。



81 年 5 月聯合報剪報資料

83 年 5 月聯合晚報剪報資料

91 年的新發

現的龍珠石比剪報的資料還要大

貳、研究目的

- 一、透過珠石的探究，尋找大區域岩層變動的證據，並可做為高一基礎地科「沈積岩與地球的歷史」的最佳課外實習教材。
- 二、由珠石的演化過程，及地質歷史的推導，瞭解這個地區的形成過程是地殼經過多次變動的結果，才有今日的好山好水，激發人們對大自然多一層關懷，也培養出愛河川，愛鄉土的情懷，共同來留住一處寶貴的地質景觀，不要來隨意破壞它，讓這珍貴的地形地質，能夠一直留傳下去。

參、研究設備及器材

傾斜儀、尺、筆記本、鐵錘、稀鹽酸、台灣中部十條地質實習考察路線沿線地質簡介、台中地區地形圖、相機、摩氏硬度盒、聯勤出版 1/2500，1/50000 地圖。

肆、方法與步驟

一、緣起：

(一)在一次的溪谷檢石時，在頭汴坑溪上游支流東坑溪中段發現第一顆龍珠石，當地河谷地形平坦多曲流，兩岸岩層呈單斜狀，林木茂密，砂岩顆粒較粗，結合不甚緊密，但厚層且傾斜的砂岩形成單斜構造的單面山，順向坡甚發達，因而常造成崩塌，河床中除崩塌物外，另有為數不少的鵝卵石，龍珠石就在鵝卵石堆中發現的。

當看到這顆石頭時，不免產生疑問包括：是不是人工製作的？從上游滾下來的？從附近的岩層崩落下來的？或是在原地被水流沖刷出來的？為何這麼圓？心中千頭萬緒，因此借由觀測來找尋問題的解答，並希望利用所獲得的資料整合後，對龍珠石的形成背景能夠有更深一層的認識。

(二)要認識一個地方的地形景觀，首先就是要先瞭解這個地區的地質背景，由地質分布的探討，才能對一個地方的地形背景有更深入的了解。根據何春蓀先生所編著的「台灣地質概論」的記錄，大坑地區的地質是西部麓山帶的沈積層，包含了台灣較新的地層(如圖所示)，由台中盆地的現代沖積層，至一江橋處桂竹林層出現，接下來較年輕的岩層往山中依序出現，包括了錦水頁岩、卓蘭層、頭嵙山層的香山砂岩段、頭嵙山層的礫石層、台地堆積層及現代沖積層。

桂竹林層與現代沖積層同地出現，表示這個地方一定有斷層線經過(這條斷層線經921大地震清楚的表現出來，證實應為車籠埔斷層)，接下來錦水頁岩、卓蘭層、頭嵙山層皆為整和依序排列，至於台地堆積層則和上述岩層有一明顯的不整合；而現代沖積層主要出現在現在的河道一帶。



發現珠石的河川地平整卓蘭層的露頭清楚



山壁岩層屬於頭嵙山香山砂岩段的巨厚砂岩



頭嵙山礫層形成壯觀的峭壁

各地層特色如下：

- 1、桂竹林層：形成時間為晚中新世至早期上新世間，本層以淺海相的砂岩和頁岩為代表。共分三岩段即上、中、下岩段。下岩段為關刀山砂岩段：由細至中粒之淡青灰色塊狀泥質砂岩組成，間夾少許深灰色頁岩及礫石條帶，砂岩常造成陡壁，且有時含有薄劣煤層及石灰質。中岩段為十六分頁岩段，主要由深灰色頁岩組成，局部為砂質頁岩，含有孔蟲、貝類化石甚豐，亦含少許蟹類化石。上岩段又稱為魚藤坪砂岩段，由淺灰至灰、細至中粒、中至厚層之砂岩組成，間夾砂、頁岩薄互層，砂岩常含泥質，並偶有煤塊出現。本區出現桂竹層的地方不多，一處在一江橋下游 600 公尺處，出現的範圍並不多，應屬於魚藤坪砂岩段(車籠埔斷層經過區)，另一處出現在河道上游礫岩層的上游處。
- 2、錦水頁岩：本層以深灰色頁岩為主，間夾薄層粉砂岩與泥岩以及凸鏡體砂岩層，且頁岩

具發育良好之洋蔥狀構造；惟淘選度較差。化石多且均屬海相生物，為上新世早期之沈積層。本區之錦水頁岩出現在一江橋附近之厚層頁岩，露頭處易形成球狀風化。

3、卓蘭層：卓蘭層為薄層砂頁岩互層與數十公尺之厚砂岩相間出現。本層的砂岩為黃褐色、青灰及灰白色細砂岩，其膠結物為泥質，膠結欠佳且壓密不足，因此結構疏鬆，砂岩小塊易以手指壓碎成砂土狀。具這種性質之岩層，在本區出現範圍頗大，由一江橋上游數百公尺至蝙蝠洞前方二公里之清涼寺一帶均有該岩層露頭可尋獲。

4、頭料山層：頭料山層主要包括礫岩與砂、頁岩二大岩類，礫岩為主者稱為火炎山相；而以砂、頁岩為主者，稱為香山相。頭料山層下層以砂頁岩為主的香山相，由淺灰至青灰色泥質砂岩、粉砂岩及砂岩、粉砂岩與頁岩互層、偶夾薄層礫岩所組成，砂岩由細粒至粗粒，主要包括混濁砂岩及亞混濁砂岩，膠結疏鬆，一般層理不顯著，交錯層及漣痕發達，並時含炭化漂木和海棲化石，偶含哺乳類化石碎片，化石密集帶有三、四層之多，在蝙蝠洞一帶出現的相當清楚。而上層則以火炎山礫岩層為主，間亦夾二至三層，厚二公尺左右之薄層砂、頁岩互層，礫岩粒徑約四公分至1公尺，其以10公分至30公分者佔大多數，形狀為稍尖銳之次橢圓形，與紅土台地堆積層之礫石多呈橢圓卵形者不同。頭料山層之礫岩大多淘選良好，惟膠結較鬆，膠結物多為粗砂或細礫，時常呈起伏大而複雜之惡地地形，大小柱狀尖峰簇立，狀似火焰，故常以火炎山謂之，在頭汴坑地區之礫岩層則因多處崖壁陡直，而以大峽谷稱之，礫石比重平均約為2.66。砂頁岩互層可測出呈 $17^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 向東南傾斜，且受到後期造山運動之影響，礫岩多見有一些不同組方向之規律裂隙，且岩質易破碎，此為火炎山礫岩之一大特性。



5、紅土台地堆積層：原為古河道出谷口的沖積扇地形，因河流的侵蝕再經地殼上升而成台地，由紅土、礫石、砂、泥等組成，其時代約當更新世中期。紅土呈深紅棕色，厚度約1~6公尺，為溫暖氣候下的產物，含黏土礦物和氧化鐵及含水氧化鋁等，本層所夾礫石主要為中粒砂岩構成，粒徑一般10~20公分，但有時達一公尺以上，以不整合覆蓋於頭料山層以及局部其他新第三紀地層之上，其厚度各地不一，本區大多出現在平頂山丘的下方，厚約4~5公尺，而尖狀或單斜狀的山丘上層則屬於岩層風化的黃棕壤為主。

6、階地堆積層：出露於南勢溪、五北里溪、大安溪及大甲溪等河流主支流之兩岸，為不含紅土之晚更新世至現代早期之礫石堆積物，由礫石、黏土、砂、粉砂等未固結混雜組成，礫石以第三紀岩屑質砂岩及石英砂岩為主，粒徑由幾公厘至二公尺左右。此一地層為地殼間歇上升而屢次改變河流侵蝕基準面形成，分別高出現有河面1至3公尺、8至12公尺，20至25公尺等，均不整合覆蓋於本區新第三紀或第四紀地層之上。新社台地有很清楚的階地地形。

7、沖積層：現代沖積層由未固結之礫石、砂及粉砂、黏土等組成，覆蓋於西南部濱海平原以及各河流主支流河床、大甲溪、大肚溪之河口沙洲上，其厚度各地不等。



由卓蘭層形成的單面山



桂竹林層和礫石層交界的斷層線



階地沖積層和下方青灰色岩層有一明顯的不整合

8、台灣西部麓山帶新生代地層露頭層序表：(取自台灣地質概論)

紀	世	層及段	岩性	年代
第四紀	全新世	沖積層	屬於現世堆積之沖積物分佈於河谷及其洪泛區和低地。由礫石、細砂及粘土等組成。	0 ↓
	更新世	紅土台地堆積層		1 萬年
	更新世	頭料山層	火炎山礫岩相	180 萬年
新第三紀	上新世		香山砂岩相	200 萬年 ▼ (大礫石及珠石沖出處)
	上新世	卓蘭層		
	上新世	錦水頁岩		
	中新世晚期 (三峽群)	魚藤坪砂岩		1200 萬年
		十六分頁岩		(估計龍珠石形成處)
		關刀山砂岩 南莊層	-----	← (本區出現範圍)
	中新世中期 (瑞芳群)	水裡坑層		
	中新世早期 (野柳群)	大坑層		
古第三紀	漸新世			2600 萬年
	始新世			3700 萬年
	古新世			5300 萬年
中生代白堊紀				6500 萬年

二、山中的河床由於流水侵蝕，應呈現 V 型谷地，為何河床卻如此平整？經觀察這種地形近乎為一種侵蝕基準面，即原先應為一水潭淤積的結果，找尋答案要從下游著手，果然在發現點下游 1 公里處找到一已被淤積的人工攔砂壩，堤壩兩邊高度差 8 公尺左右(如照片)，由此可見當初堤壩的建立，可能是為了蓄積水源及攔阻砂石，但上游的惡地地形對水土保持相當不利，加上 921 的劇變讓小水潭加速淤積，終於形成現在這樣的地形。由這個現象告訴我們，水庫的建立對河道上游而言，等於形成了一個侵蝕基準面，即湖面上的地區以侵蝕作用為主，而湖面下則以沈積作用為主，使上游的侵蝕力減弱，而沈積作用加強，減少了水庫的蓄水期限。



三、龍珠石的表面觀察：龍珠石的表面仔細觀察可見處處有擦撞的痕跡，有的凹洞不小，但整體看起來是很平均的圓形，表面由黏土、粉砂和碎雲母組合而成，外部呈黃色，有的表面呈褐色(鐵鏽色)，以同心圓狀向內漸變為青灰色，外部的膠結不強，愈往內部膠結愈強也愈硬，沒有層理構造，呈團塊結構，稱為「結核」更切合實際。

所謂結核，在沈積岩中經常可以發現，例如局部有不同成分的沈澱物呈現結瘤形狀、顏色、硬度和風化的特性都和四周的圍岩不同，大小從 1 公分至 1 公尺以上的直徑都有，結核的主要物質有，矽質、方解石，褐鐵礦等，並混雜了黏土、粉砂以及其它有機物質，這些物質主要來源是海水，貝殼集中處種類多且大多不完整，應為死後經海水沖刷集中形成，顯示當時為淺海的生活環境。



四、龍珠石的分析以及和附近岩層的成分分析：

編號	外觀	層理	重量(g)	體積(ml)	密度	加 HCl	硬度
1	圓(黃褐色)	無	75000	2757	2.72	強作用	3
2	圓(青灰)	無	2560	920	2.78	強作用	3
3	次圓(黃)	有	1060	410	2.58	無作用	2-3
4	圓(黃)	無	1010	382	2.64	弱反應	2-3
5	圓(黃)	無	960	355	2.70	強作用	2-3
6	圓(黃褐)	無	2710	1060	2.56	弱反應	2-3
7	次圓(褐)	塊狀	1050	392	2.68	含氧化鐵	3-4



珠石顆粒有大有小



大龍珠先量圓周再求直徑



用鹽酸試驗是否含有碳酸鈣：表層

較少，經用電鑽鑽開內部可測出作用相當強烈。

測量方式：

- 1、較小顆的珠石密度的測量：以排水法求取體積，再以秤來量取重量，將重量除以體積所得即為密度。
- 2、體積較大者密度的測量：量圓周再算出半徑，利用 $v = \frac{4}{3} \pi r^3$ 求出體積，再以秤量取重量，再求密度。
- 3、測量結果：密度較小者外殼較鬆軟，加鹽酸並不怎麼起作用，表示外層含鈣質不多，外層的顆粒較粗。而密度較大者組成顆粒比較細，加稀鹽酸時作用劇烈，表示含鈣質豐富。取一粒外表和鹽酸作用不強的珠石，用電鑽鑽至內部，用鹽酸再度檢驗，則可發現作用相當劇烈，因此可以確定這個地區找到的珠石應為碳酸鈣的膠結產物，外層鈣質較少處以黏土、粉砂、少量的矽質、鐵質膠結，結合力很強，經滾動摩擦易形成珠石，如果磨擦碰撞過於劇烈，易使表層破裂將內部碳酸鈣之結核撞出，形成較硬的珠石，不過這樣的珠石反而不易形成正圓。

五、龍珠石來自何處？在原地受水流侵蝕造成？由上游方向一路滾來？

- (一)龍珠石是在原地受水流侵蝕造成的：那珠石應該是固著在河床上，且會因長久受水流磨蝕，而呈現底部平整、上部圓滑的扁圓形，類似野柳的珠石或燭台石受到海水持續性的沖刷而形成之特徵。不過龍珠石在發現地並不是固著在河床上的，顯然此說值得懷疑。
- (二)龍珠石是由上游被沖刷下來的：經由岩性比對，龍珠石的源地應和礫石有關，但越往山裏岩層越年輕，為何會跑出年代久遠的龍珠石呢？很明顯的這裏一定有下列的地質構造，其一為向斜、另一個構造為逆斷層，這是地殼變動的明顯證據，也是我們找尋解答的重要關鍵。

六、龍珠石的圓形是怎麼造成的？

(一)流水的搬運力：一般影響搬運力大小的因素很多，我們著眼於流速、坡度、水量與搬運力大小的關係。

流水的搬運方式有：溶解、懸浮、跳動、滾動和滑動。其中礫石搬運的主要方式是跳動、滾動和滑動，我們試著估計使觀測區的礫石產生移動需要多大的流速。

應用基礎地科實驗活動「流水的力量有多大」的「雙對數圖」圖表可知：在理想狀況下，水深 1 公尺狀態下流速與可搬動的顆粒大小之間的關係圖，當流速在 10cm/sec 以下時流水的作用以沈積為主，當流速在 10~20cm/sec 時，可帶動直徑 0.001~2mm 的顆粒，流速大於 20cm/sec 時，流速與搬運粒徑則有下列關係

流速 v(cm/sec)	25	40	60	100	200	400	600	800	1000
礫的最大直徑 d(cm)	0.5	1.0	1.8	4.0	10	20	40	60	100

如果一次暴風雨引起的山洪暴發，河流流速可達 10m/s，則可帶起最大粒徑約為 100cm，在觀察區山壁上的礫石下層，顆粒大小平均約 1 公尺左右堆積約有十公尺厚；而上層的顆粒大小則約 10 公分左右，上下層高度差約 100 公尺，再上又有砂頁岩互層的台地堆積層，表示底層堆積時水量很大、流速約為 10m/s，是屬於由峽谷出谷口而形成的沖積扇堆積物。上層的水量較小、流速較慢約為 2 m/s，則應是屬於沖積氾濫平原，而砂頁岩的形成則是代表河流下流的堆積物，至於最底層的超大型的岩塊(如圖)相信是屬於一種崩落，或土石流所造成的結果，離母岩必定不遠。龍珠石就夾雜在這些平均粒徑 1 公尺的大礫石層中，同時在這超大型岩塊上，可發現貝殼的堆積層以及結核的出現，或許這就是我們要找的答案所在。(龍珠石和大礫石以及超大型岩塊的岩性很接近，表示龍珠石的形成源地就在這附近了。)



- (二)滾動時與河床、礫石間的磨擦：經由分析得知龍珠石的成分為粉砂、砂、黏土及雲母等，是由碳酸鈣所膠結形成的結核，其中心為貝殼或鈣質土聚集膠結而成，越外層鈣質(膠結質)越少，而以黏土質或鐵質為主，故膠結力較弱，且易受風化，所以當往下游滾動時，受到河床的阻力及礫石間的碰撞、磨擦，易產生層狀剝離(如圖)，由外而內一層層的剝離，故越下游顆粒越小，當外圍完全剝離時，可出露碳酸鈣結核，此結核很硬但不一定很圓(如圖)，這也就是為何下游 7 公里處，一江橋一帶少有龍珠石出現的原因之一。



表層因擦撞破裂，露出內層結合力
更強的結核，中心也更圓了。



圓石表面充滿著碰撞、磨擦的痕跡



結核中的結核

(三)曲流的影響：從發現地至大量大礫石層堆積處約為 8 公里，這中間河道形成 4 個曲流，此曲流地形對珠石的形成是否有影響？我設想曲流可讓滾動中的礫石改變運動的方向，讓受磨擦的地方可以均勻分布些，而形成比較圓的珠石，所以我假設如果河道是一直線，那所形成的礫石將會以橢圓形居多。但經過我們的實驗發現，其實在石頭滾動的過程，四周都會與其他石頭碰撞，本來就有修飾的作用在，曲流所帶來的功用並不大。所以我認為：其實圓不圓在形成結核時便已決定。



曲流使龍珠石形成均勻的圓



大珠石在石堆中因水流形成之旋渦不斷的侵蝕以及的侵蝕以及旁邊的礫石旋轉磨擦珠石。



具層理的砂岩也會被磨成圓形，但易從層面處剝離而成扁圓狀。

七、龍珠石源地的探討：

由發現地向上游(溯溪)約 3 公里處，經過 2 個曲流此時兩岸的景觀有了不小的變化原本具傾斜的砂頁岩互層使兩側形成鋸齒狀的山丘，轉成陡直的礫石層山壁，氣象萬千。此處的礫石層顆粒中等，直至 7 公里處可見在礫石層底部由硬砂岩所形成的山崖出現，河道中的礫石明顯變大，還有巨石崩落在河床上，在巨礫層中，以及在崩落的大岩塊上都可見到貝層和結核，貝層多為碎片堆積，應為死後經海水冲刷集結而成，至於結核成層出現應該為鈣質土或貝殼層狀堆積時受力擠壓，擠出圓形或凸鏡狀地形，固結時碳酸鈣膠結硬化形成的結核。



山壁露出大型礫石以及被沖出在河床的大礫石，龍珠石也夾雜在其中。



厚砂岩(桂竹林層)中間夾有圓形結核，應是珠石的形成處。



結核也會受壓被擠成扁平，可見在形成過程承受相當大的壓力。

至於結核出現的層次推論：依據龍珠石的外表被覆層屬均勻細粉砂岩所組成，新鮮面為淡青灰色，硬度尚不是非常硬(硬度 2 至 3)，由顏色及硬度來比較，應不會是來自於南庄層以下的岩層(因為這岩層的膠結良好，變得非常的硬)，最符合條件的只有像桂竹林層中的關刀山砂岩了。

經由上述的探測結果，龍珠石出現的條件應有下列幾項：

- 1、要有岩層含有結核且結核以外的岩層不能太硬，例如：桂竹林層出現的地區及其下游十幾公里範圍，就有機會找到。至於南庄層以下的岩層因膠結太好而不易有結核被侵蝕沖刷出來。
- 2、曾因地殼變動，這個地層被抬升翻動，變得脆弱而易裂，再被大水量的河流長時間的沖刷才有機會形成。

根據這些條件來看，我們大致可以估計後龍溪、烏溪有龍珠石的出現的地方大概在那裏，只是或多或少就非我們所能夠決定的了。



在山的底層所出露的崖壁
和桂竹林層的岩性很接近

伍、結論與推論

- 一、龍珠石的形成：形成龍珠石的環境推論，應是在第三紀中新世晚期，生物活動繁盛的淺海地區，海水作用易使海床形成大小不等的凹穴，當有殼生物死後經海水沖刷、聚集沈積於這些凹穴中因而使鈣質濃度增高，形成鈣質泥，再經由陸地流水帶來大量沙泥沈積，層層的沈積壓力增加，貝殼堆積成層而鈣質泥被擠壓成凸鏡狀或圓形凸起，再經膠結和固結形成所謂的「結核」。
- 二、龍珠石的定型：在多年後的某一天(上新世及更新世的變動期)，一個劇烈的地殼變動，地殼的扭曲形成褶皺，原本深埋地下的這個岩層被翻出地表，脆弱而崎嶇的表面被大量的水流沖刷，猶如土石流一樣，岩塊被帶離原地，經過滾動，摩擦，岩塊被磨去多稜的外表，結核的外部含 CaCO_3 的鈣質土較少，易被磨擦掉或被剝離，多稜龍珠石的外型終於出現。隨後河流的沖積持續進行著，由觀察區得知，愈上方的鵝卵石愈硬年代愈久，體積也愈小，代表內陸高度一直升高，侵蝕作用發生在內陸，而頭汴坑地區仍屬於沖積地形或氾濫平原的沈積地區，再經多年，水流漸小，沈積物質以小鵝卵石和砂泥互層出現，此時珠石已被壓在 100 多尺深的地下。
- 三、龍珠石的出現：又過了幾十萬年之後，地殼再度發生劇烈變動，整個氾濫平原區被擠成小山丘，原本侵蝕及沖積的河流也不見了，(大甲溪在馬鞍寮處的大轉彎，應該就是這個原因。)最後 1 百多萬年來不穩定的山丘，經過風吹雨淋的侵蝕，再度形成 V 型谷地，其間的小溪流不斷的切割惡地，終於塑造出在台中市附近的「大峽谷地形」，埋在 100 多公尺下的龍珠石被河水和雨水沖刷下終於重見天日，掉落在河床大小礫石間，隨著水量的大小，慢慢的往下游滾動，921 的大地震造成不小的崩落，又增加不少龍珠石混在其間，終於在幾年後來到了我的發現地點。至於在發現地點的下游 10 公里處「一江橋」礫石很多，也找到含有化石的石礫，卻找不到龍珠石，推想可能是經磨擦變形破裂了，或被其他同好收集了，當然被那人工攔砂壩攔去去路也可能是重要原因。

由一粒珠石的發現追溯它的形成背景，可以發覺到這是一個地質演化下的產物，讓人們看出在長時間的地質歷史中，地殼、氣候仍是不斷的在變動，由海底變成山脈，頗有「滄海桑田」之感，對於這麼珍貴的地質景觀，我們當然要好好保護它，讓它能夠永續留存，為後世做見證。

陸、參考資料及其他

- 一. 毛松霖 高中基礎地球科學學生實習手冊 康熙圖書網路股份有限公司 91 年出版
- 二. 何春蓀 台灣地質概論(台灣地質圖說明書) 中華民國經濟部中華民國 6402
- 三. 塗明寬、林朝宗、陳文政 台中大坑附近卓蘭層上部沈積環境之探討。經濟部中央地質調查所特刊第三號 7312
- 四. 台灣師大 台灣地質野外實習指導手冊台灣中部十條地質實習考察路線沿線地質簡介。7804
- 五. 中山自然科學大辭典 第六章礦物學
- 六. 方建能、田蓉禮、魏正岳、余炳盛合著 有趣的沈積構造 國立臺灣博物館 8912
- 七. 陳培源著 野外及礦業地質學 國立編譯館 7401
- 八. 石再添主編 台灣地理概論 臺灣中華書局印行 8412
- 九. 陳汝勤、莊文星著 岩石學 聯經 8409
- 十、野柳的瑰寶奇岩異石
[http：//www.nmns.edu.tw/New/PubLib/NewsLetter/163/10-2.htm](http://www.nmns.edu.tw/New/PubLib/NewsLetter/163/10-2.htm)
- 十一、林俊全 頭料山層 [http：//www.knet.com.tw/love/love-17.htm](http://www.knet.com.tw/love/love-17.htm)

評語

- 1 能單人獨立完成野外實察及報告，誠屬不易
- 2 對變因的掌控度尚待加強