

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 地球科學科

探究精神獎

030510

穿越龍宮寶庫

學校名稱：彰化縣立彰泰國民中學

作者： 國二 鄭旭廷 國一 陳定梧 國一 王昱閔	指導老師： 楊麗靜
-----------------------------------	--------------

關鍵詞：沙錢、地層、古生物

摘要

西湖鄉金獅村龍洞溪附近出露的岩層，可以見到分佈非常密集的海膽化石，該岩層為更新世的頭嵎山層，屬於臺灣較年輕的地層，且位於通霄背斜軸與銅鑼向斜軸之間。根據野外調查發現這些海膽化石層大多介於泥岩層及其上部的粉砂岩層之間，並沿著岩層傾向北偏西 78 度傾角 2 度延伸分佈於河谷兩側。

透過分析發現，沉積物淘選度好，搬運距離近，海膽化石全是奇異掘沙錢，其受環境影響而有不同顏色，由露頭處估算，消失在河道上的海膽化石體積至少 53.37 立方公尺，另貝螺類化石也豐富。

綜合各項證據本研究認為研究區海膽化石密集處，其成因可能是氣溫上升與經風暴海水帶到海底沉積，再經地殼隆起而於陸地上，但因岩層沉積物膠結狀況差，顯示海膽化石未經深埋。

壹、前言

一、研究動機

見過海膽化石層嗎？海膽化石輕鬆入袋？老師分享海膽化石照片，海膽化石竟然多到不可思議，是在山壁而不是在海邊！心想：牠們怎麼了？到底發生了什麼事？集體死亡？為什麼海膽化石層往上傾斜而河流往下流？於是腦海裡的問號，觸動了我們強烈的好奇心，想探究這神秘的龍宮寶庫，海膽化石為何如此密集的分佈在這小丘陵上呢？



二、研究目的

- (一) 瞭解龍洞溪的化石與沉積環境
- (二) 瞭解化石與地層的關係
- (三) 瞭解如何尋找化石
- (四) 瞭解如何整理化石
- (五) 學習如何鑒定化石
- (六) 瞭解化石形成的條件與重要性

三、文獻回顧

(一) 臺灣的地殼變動

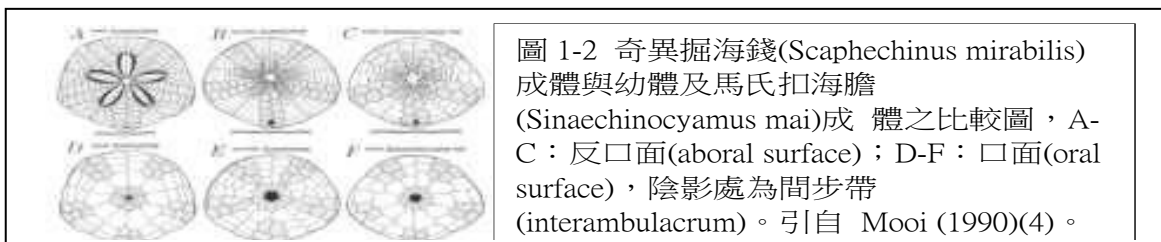
臺灣位於菲律賓海板塊與歐亞板塊的交界，菲律賓海板塊每年約以 7 公分的速率向西北方推擠著歐亞板塊。

臺灣島大約在一億四千萬年到六千五百萬年前歐亞板塊與古太平洋板塊運動造成板塊從海底冒出來。然後約在六千五百萬年前到一千萬年前板塊開始張裂了，而大陸華南一帶侵蝕下來的沉積物沉積在張裂的盆地中，形成今天臺灣島主要沉積岩來源，張裂同時產生了激烈的火山活動，澎湖群島在這時誕生了。再來則是在約一千萬年前到六百萬年前，板塊之間的擠壓趨向劇烈，菲律賓海板塊擠壓歐亞板塊，經歷最大規模的造山運動，約在六百萬年前到兩百萬年前產生臺灣島。

(二) 海膽化石

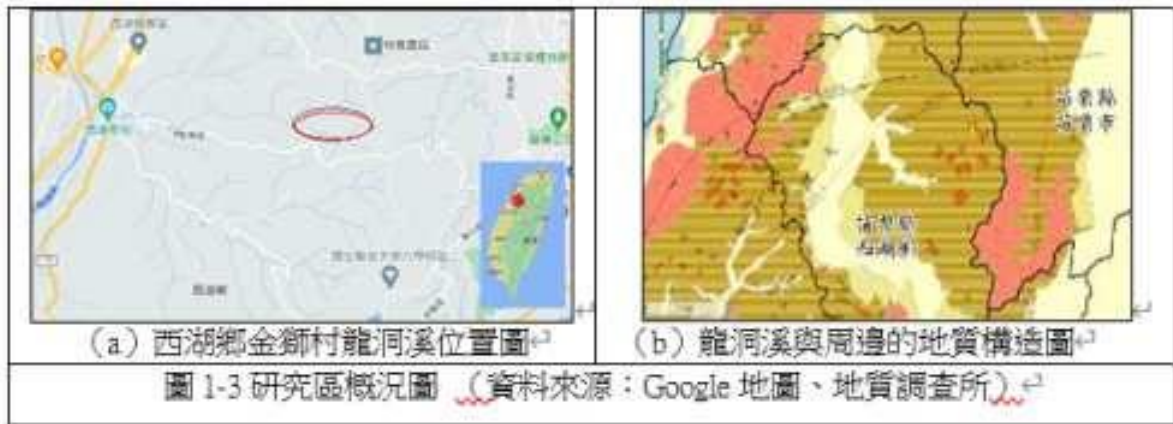
化石是古代生物的遺骸或遺跡，受到沉積物掩埋、石化作用後保留下來，透過石的研究可以瞭解生物的演化、地層沉積環境及地層的年代。

海膽以體軸來分類，主要分成五輻射對稱的正形海膽和兩側對稱的歪形海膽。正形海膽即我們常見的球型海膽：棲息於礁岩與泥沙等底質，歪形海膽包含了扁平的沙錢 (sand dollar) 與心型的海膽 (heart urchins)，沙錢屬棘皮動物門海膽綱真海膽亞綱楯形目蛛網海膽科，其因外形多呈圓盤狀，口在腹面中央，常有咀嚼器官，仿如一個銀幣，因而得名，其又稱海錢。生活範圍在潮間帶或潮下帶的沙灘表面或埋在沙內。



四、研究區域

本研究區（圖 1-3 (a)）位於西湖鄉金獅村龍洞溪，龍洞溪呈樹枝狀水系，龍洞溪匯流入西湖溪，往西則是沖積平原。研究區附近高度約 100 公尺，屬於小丘陵地形，研究區周圍有斧頭坑斷層、通霄背斜、銅鑼向斜、順向坡，附近出露岩層為頭嵙山層（圖 1-3 (b)）。



砂泥岩互層夾帶化石層的沉積地層，板塊擠壓抬升及受雨水侵蝕成峽谷，河床上可看到大石頭。(如圖 1-4 (a)、(b)、(c))



(一) 苗栗丘陵地質圖



(二) 臺灣地質區

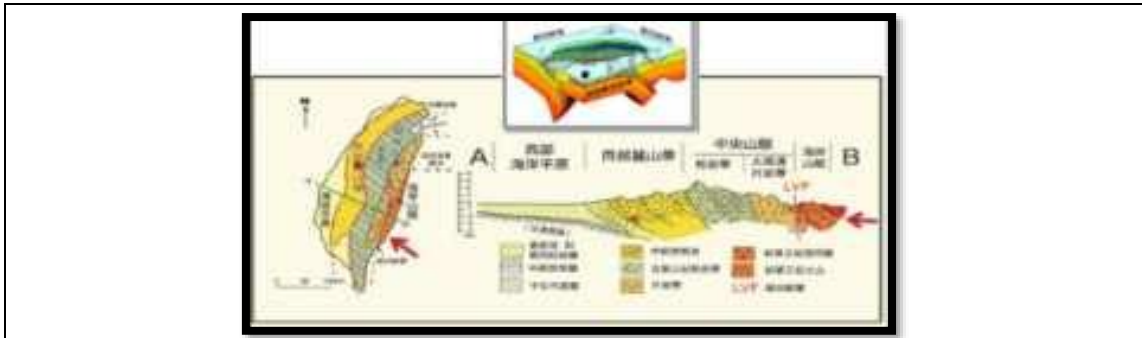


圖 1-6 臺灣地質區 (由東向西): 海岸山脈 (火山岩、沉積岩)、中央山脈 (變質岩)、西山麓 (沉積岩)、沖積平原。車籠埔斷層為西部麓山帶內褶皺與斷層中靠西側邊緣之一條，為由東南來的菲律賓板塊擠壓臺灣島之碰撞力所引發。

(三) 西部麓山帶上新世—更新世地層對比與各地層界線的絕對年代



圖 1-7 西部麓山帶上新世—更新世地層對比與各地層界線的絕對年代 (陳文山等, 2011)

(四) 岩層受到擠壓呈彎曲，向上拱起為背斜，向中心凹陷為向斜 (圖 1-8)；背斜頂部

受較大張力影響，岩石容易破碎與風化及侵蝕，向斜中心受到較大擠壓力，岩層較耐侵蝕。



圖 1-8 褶皺 (來源：維琪百科)

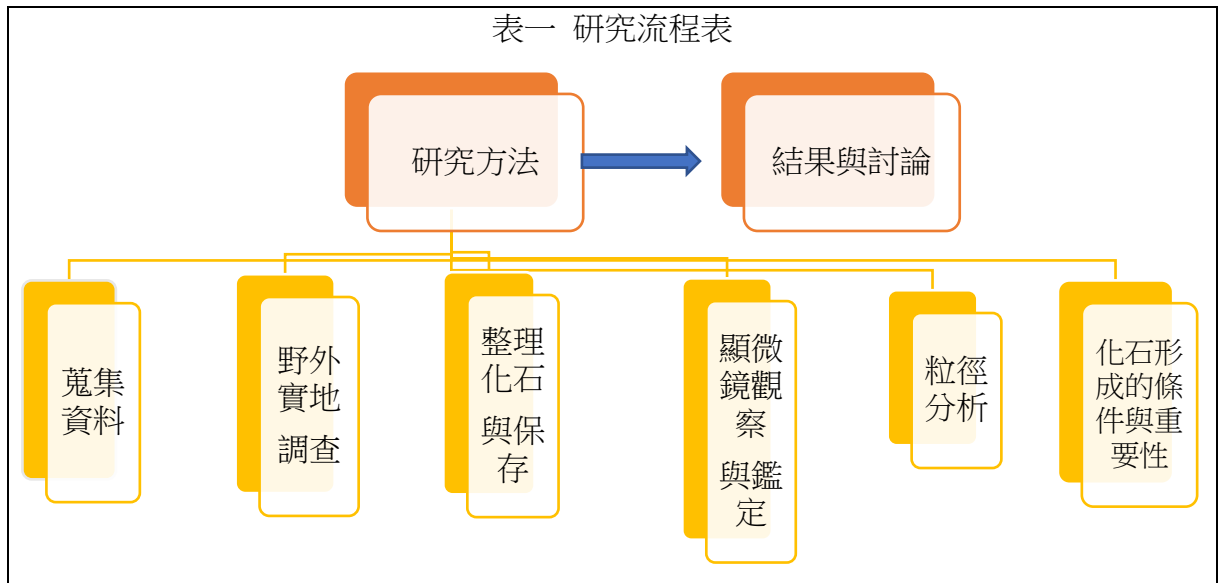
貳、研究設備及器材

手機 (內建傾斜儀)	雷射粒徑分析儀	實體顯微鏡	振動器	電腦
震盪儀/離心機	PH 計	筆記本、筆	方格紙	尺
地質圖/地質雲/谷歌地圖	截圖工具/小畫家	Word / excel	隨身碟	封口袋數個
小耙子	白膠/透明漆	酒精燈	培養皿	鍋子



圖 2 研究設備

參、研究方法



一、資料搜集

使用地質資料整合查詢系統與地質雲、Google 地圖等瞭解考察地點之相關地質資料。

二、野外實地調查

本研究於河床與崩塌處進行觀察與測量（圖 3-1 (a) (b)），且以傾斜儀量測岩層的走向與傾斜（圖 3-1 (c)），及檢測水質之酸鹼度（圖 3-1 (d)），並尋找化石（圖 3-1 (e) (f)）與採樣，採樣所得化石進行處理，方式與過程如下：



(一) 整理化石與保存

- 1.初步先將海膽化石在水中倆倆磨擦刷去表層砂土。(圖 3-2 (a))
- 2.再分別用銼刀(或破裂海膽化石的尖銳角)與刷子做細微清理與清洗(圖 3-2 (b)(c))。
- 3.觀察紋路清晰度(圖 3-2 (d))
 - (1) 有無浸泡鹽酸
 - (2) 相同濃度鹽酸浸泡不同時間
- 4.化石的保存:觀察白膠與噴漆在保存上,何者美觀效果較佳

實驗一 浸泡不同比例白膠水,觀察並紀錄與拍照白膠在海膽上的分佈情形

- (1) 配置不同白膠水比例(1:1、1:2、1:3、1:4、1:5)(圖 3-2 (e))
- (2) 分別浸泡 10 分鐘

實驗二 觀察透明漆(時間皆固定為 1 秒、力道固定)噴在海膽化石上的分佈情形並記錄與拍照(圖 3-2 (f))

- (1) 不同高度同角度:高度分別為 12 公分、17 公分、22 公分,角度為 90 度
- (2) 同高度不同角度:高度 17 公分,角度分別為 30 度、45 度、60 度、90 度
- (3) 是否墊高海膽化石
- (4) 不同表面積大小
- (5) 不同噴漆方式(左右及轉圈)



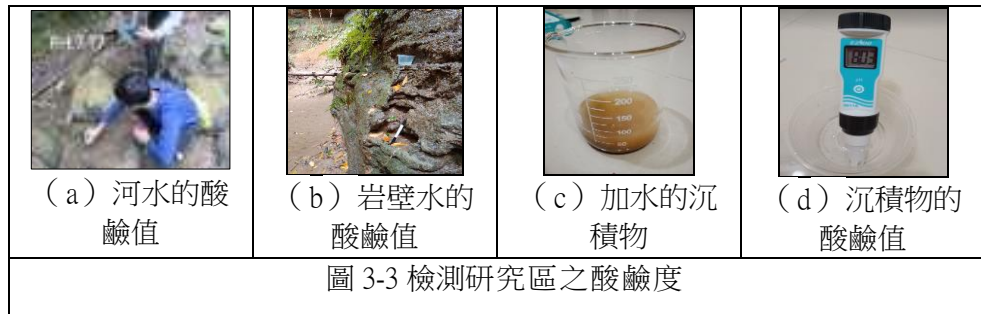
(二) 瞭解研究區之酸鹼度

水質酸化會加速化學風化的進行,本組想瞭解研究區的水質與沉積岩的酸鹼度,隨機採樣河水(如圖 3-3)與海膽化石層上下附近的沉積物分別進行分析酸鹼度,對研究區地景的影響。

實驗一：測量河水（圖 3-3（a））與岩壁上滴水（圖 3-3（b））的酸鹼度

實驗二：研究海膽化石層及上下沉積岩酸鹼度

分別採樣海膽化石層的上方、下方、海膽化石層與下方交界處的沉積岩，烘乾樣本後，再分別取 50 公克沉積物，加入 50ml 的水中浸泡一天，然後測酸鹼值。（圖 3-3（c）（d））



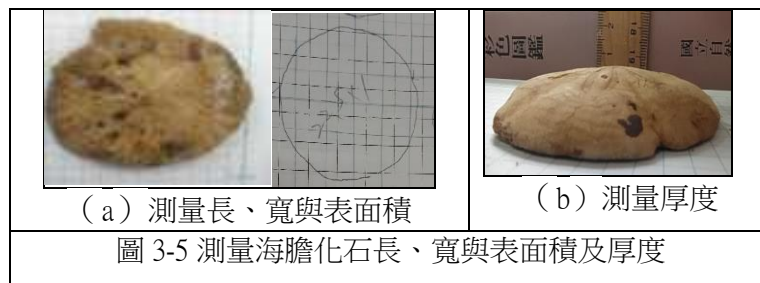
（三）研究海膽化石的硬度

硬度就是礦物抵抗磨損的能力，本組分別以指甲、1 元硬幣、10 元硬幣、石英、塑膠尺、方解石、美工刀、石英、滑石等在海膽化石上刻畫，並觀察與紀錄。（圖 3-4）



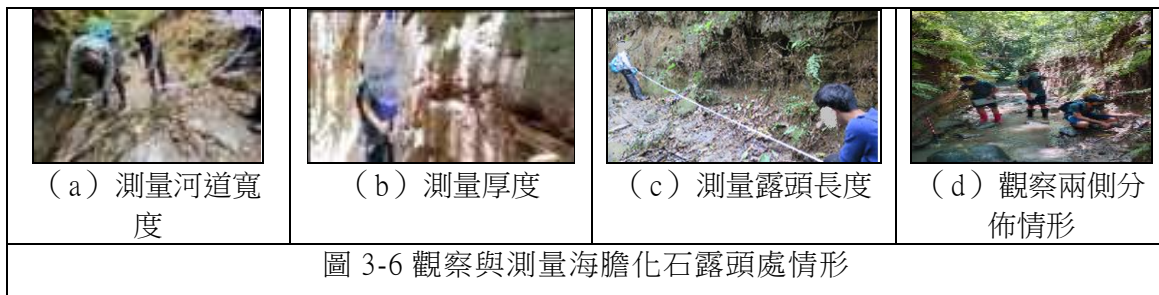
（四）海膽化石的厚度、表面積

使用自製透明方格紙（每格 0.5*0.5 公分）估算化石的、長、寬與表面積，並用尺測量其厚度。（圖 3-5（a）（b））



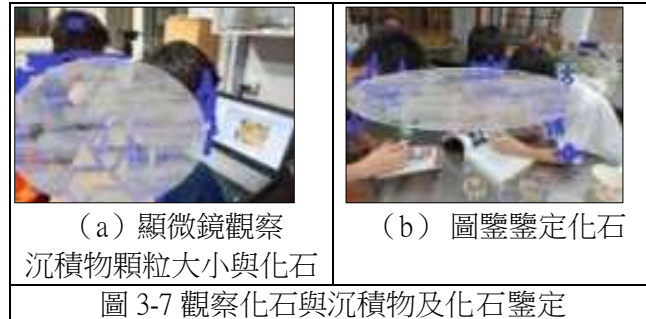
（五）觀察與測量海膽化石密集度

測量海膽化石露頭，河床兩側海膽化石露頭處之長度、厚度與河床寬度（圖 3-6）



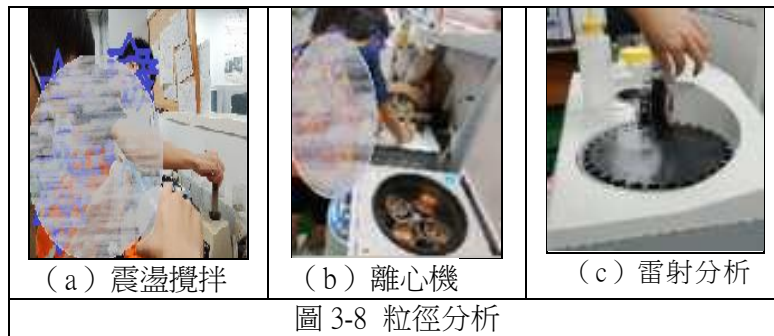
(六) 化石鑒定

野外採集所得標本，使用實體顯微鏡觀察（圖 3-7 (a)），觀察項目包括沉積物及夾雜於沉積物中細小的化石，所採集的化石，透過圖鑒進行比對（圖 3-7 (b)），鑒定化石的種類與名稱。



(七) 粒徑分析：

將野外隨機取樣的沉積物樣本，先烘乾後，然後於離心管中裝入適量之樣本（砂岩約 1 克、泥岩約 0.5 克），然後於離心管中加入 R.O.水到刻度 30ml 處，震盪後離心（4500 rpm 10 分鐘）（圖 3-2-4 (b) (c)）倒去上層清液並重複此步驟一次。其次加入六偏磷酸鈉（ $\text{Na}(\text{PO}_3)_6$ ）至 15ml 做為離散劑放入超音波震盪機震盪 30 分鐘後靜置一天使凝聚之沉積物顆粒分離，透過雷射粒徑分析儀測量粒徑大小。雷射粒徑分析儀系利用光散射原理測定懸浮在液體或乾粉中的沉積物粒徑分佈，透過測量散光角度分析散射強度圖中特定形狀所代表的細微性分佈。



肆、研究結果

一、野外實地調查結果

根據野外觀察，龍洞溪屬於樹枝狀水系，研究區附近地勢不高，呈微斜平原地形，出露地層呈緩傾斜且岩性均勻，並可見相當多的海膽及貝類化石。由其位置與岩層位態可得知實查地點離背斜軸比較遠向斜軸比較近，所以是屬於年輕地層。(圖 1-3 (b)) 由於板塊的抬升與河流的侵蝕，此處形成峽谷，因雨水與地下水溶解碳酸鈣(圖 4-1 (a))，由上往下滴形成鈣化的岩壁(圖 4-1 (d))、鐘乳石(圖 4-1 (b))，包覆著此處的砂泥岩山壁(圖 4-1 (d))，成就這美麗的峽谷景觀(圖 4-1 (m))，也有受風化的紅褐色岩壁與珊瑚痕跡(圖 4-1 (i))及化石(圖 4-1 (g)(h)(k)(l))、鐵砂棒沉積物(圖 4-1 (j))。

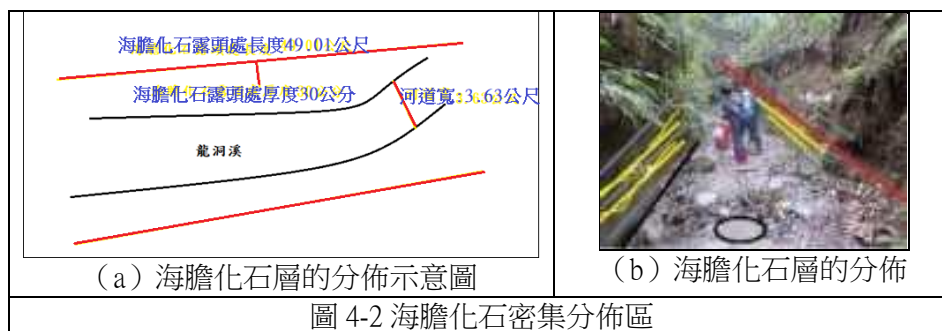


本研究區為砂泥岩互層（圖 4-1 (n)），此處貝類與海膽化石豐富，特別是海膽化石密集度高，露頭處可見河谷兩側海膽化石位置對稱，位於砂泥岩交界處，向西北傾斜，傾角 2 度沿著山壁延伸分佈（圖 4-1 (o) (p)）。

此處沉積岩膠結狀況不佳，是屬於未岩化的泥岩與沙岩，因此大雨後，砂泥岩互層中的海膽化石（圖 4-1 (n)）、貝類化石、牡蠣化石、蛤化石，容易被沖刷掉落於河床上與在崩塌處被發現，海膽化石的顏色有紅褐色、黑色、米黃色、灰色等（圖 4-1 (k) (l)）。河床上可見海膽化石（圖 4-1 (t)）。

二、觀察與測量海膽化石密集度

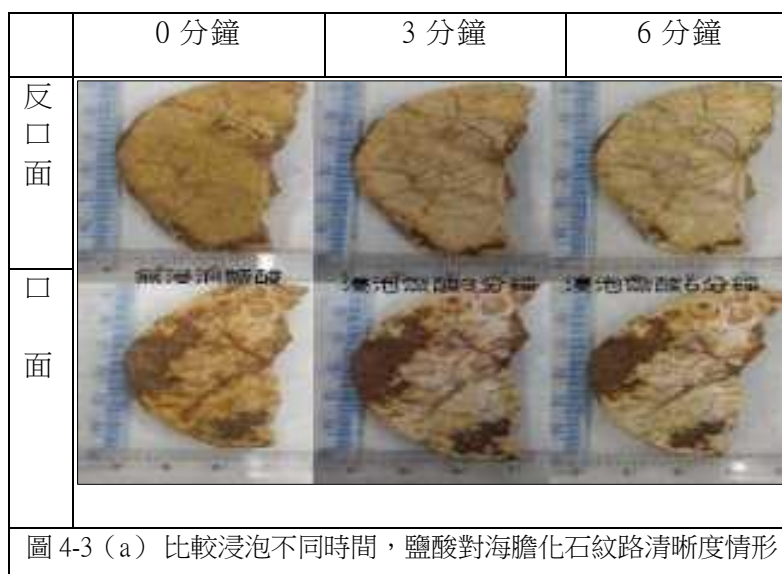
砂岩群聚化石，在河床兩側，發現海膽化石兩側對稱並沿著岩面分佈，海膽化石露頭處長 49.01 公尺，河道寬 3.63 公尺，海膽化石層厚度 0.3 公尺，估計已消失於河床上的海膽化石體積至少約 53.37 立方公尺。



三、整理化石與保存

(一) 觀察海膽化石紋路

1. 相同濃度的稀鹽酸，分別浸泡 3、6 分鐘，觀察海膽化石紋路變化情形



2. 比較在相同濃度的稀鹽酸下，分別浸泡 1~ 6 分鐘，觀察海膽紋路

	0 分鐘	1 分鐘	2 分鐘	3 分鐘	4 分鐘	5 分鐘
反 口 面						
口 面						

圖 4-3 (b) 比較浸泡不同時間，鹽酸對海膽化石紋路的變化情形

結果：由圖 4-3 (a) (b) 可知鹽酸與碳酸鈣反應後，紋路更明顯，以浸泡 3 分鐘最適合，浸泡越久紋路是越清楚，但因化石成分為碳酸鈣，所以不宜泡太久；貝類不適合用此方法觀察紋路，由圖 4-3 (b) 可知，浸泡 2 分鐘的貝類化石，殼體明顯變薄。

(二) 海膽化石保存的美觀效果

實驗一：配置不同白膠與水的比例，分別浸泡 10 分鐘，實驗結果如下：

0 : 0	1 : 1	1 : 2	1 : 3	1 : 4	1 : 0

圖 4-4 (a) 比較不同濃度白膠的美觀效果

實驗二我們分析了幾個可能影響的變因，分別有：角度、高度、是否墊高、表面積大小的差異及噴漆時的移動方式等。(進行以下實驗前，我們畫了一條刻度，使噴灑時的漆的量固定，噴漆時間皆固定為 1 秒。)

1. 固定噴漆角度 (90 度) 與強度，比較高度下噴漆，其海膽上的分佈情形

	12cm	17cm	22cm
噴 前			
噴 後			

圖 4-4 (b) 固定噴漆角度 (90 度) 與強度，比較高度下噴漆，其海膽上的分佈情形

2. 固定噴漆高度（17cm）與強度，比較不同角度下噴漆，其在海膽上的分佈情形

	30度	45度	60度	90度
噴前				
噴後				

圖 4-4 (c) 固定噴漆高度 17cm 與強度，比較不同角度下噴漆，其在海膽上的分佈情形

3. 觀察是否墊高狀況下，噴漆情形

	平放	墊高
噴前		
噴後		

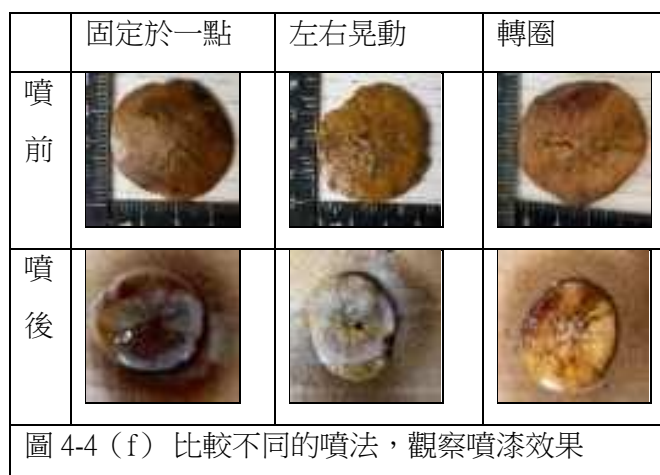
圖 4-4 (d) 觀察是否墊高狀況下，噴漆情形

4. 比較等量等時間噴漆於表面積大小的差異

	表面積大	表面積小
噴前		
噴後		

圖 4-4 (e) 比較等量等時間噴漆於表面積大小的差異

5.比較不同的噴法，觀察噴漆效果

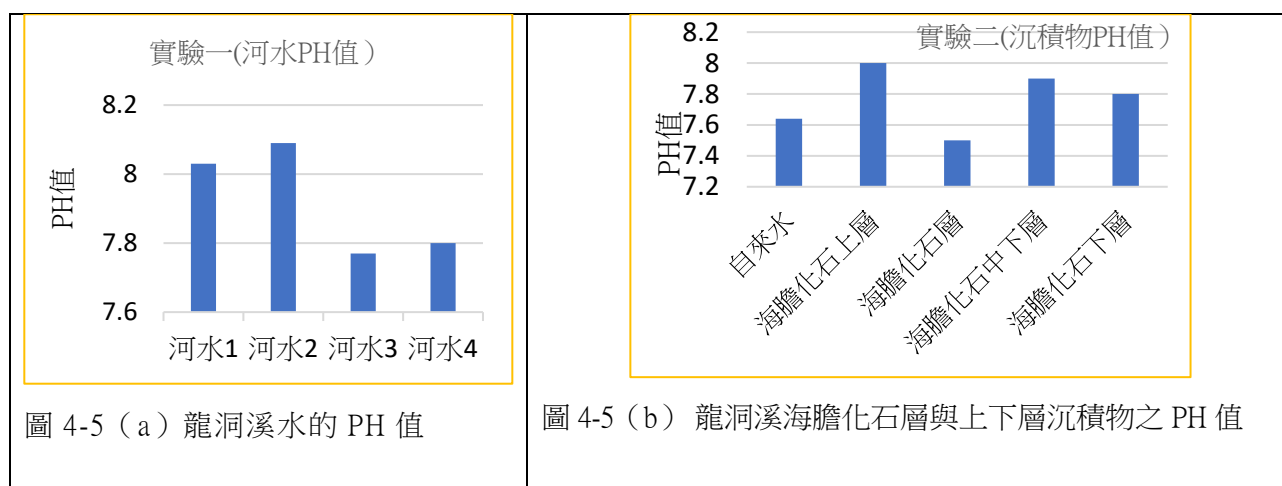


結果：由圖 4-4 (a) ~ (f) 得知，白膠與水的比例實驗：1：0 與 1：1 效果比較好，高度 17cm 垂直（90 度），無須墊高平放最好，采螺旋狀噴法最均勻，實驗設計的噴漆時間須依海膽化石表面積大小調整，表面積大的海膽化石需再噴久一點。

(三) 檢測水質之酸鹼度，瞭解水質對化石地景的影響

實驗一：河水 1 與河水 2 取自海膽化石層前後，河水 3（鈣化岩壁的水）與河水 4 取自海膽化石層後（峽谷處）

實驗二：檢測龍洞溪海膽化石層與上下層沉積物之 PH 值



結果：由圖 4-5 (a) (b) 得知，河水 PH 值在 7.7~8.1；沉積物在 7.5~8 之間。

(四) 海膽化石的硬度

隨機取材，瞭解海膽化石的硬度，結果如下：

指甲 < 海膽化石 < 石膏、滑石、尺、十元硬幣、美工刀、一元硬幣、方解石、石英

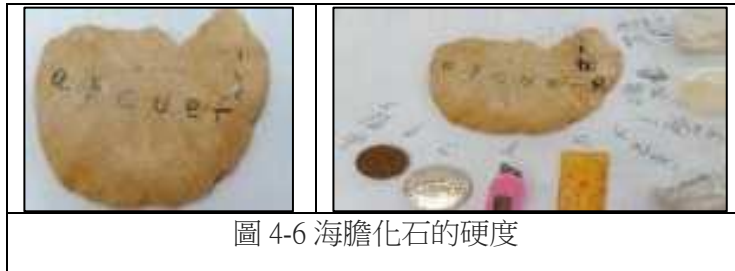


圖 4-6 海膽化石的硬度

(五) 海膽化石的表面積、厚度

1. 海膽化石表面積：海膽化石樣本有 83 個

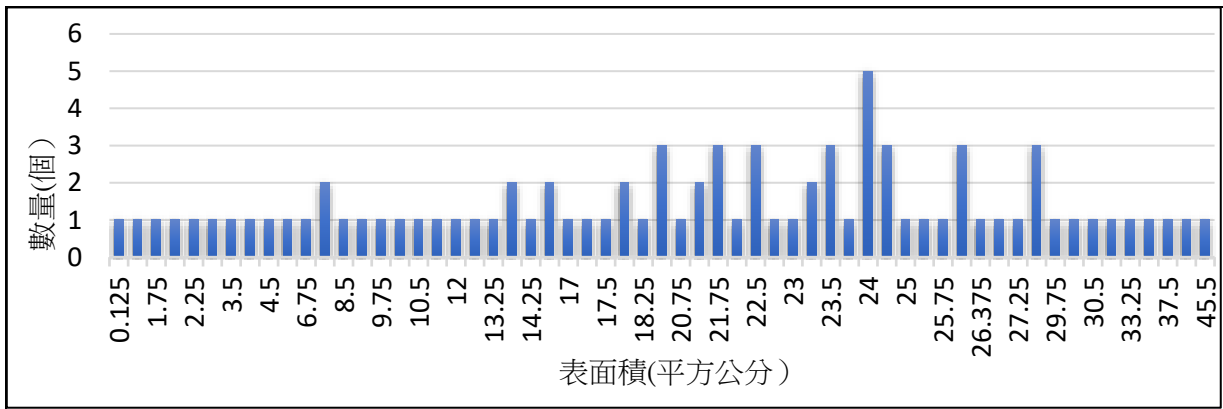


圖 4-7 (a) 海膽化石表面積

結果：眾多海膽化石樣本中，表面積最小 0.125 平方公分，最大為 45.5 平方公分，以 24 平方公分最多。

2. 海膽化石厚度

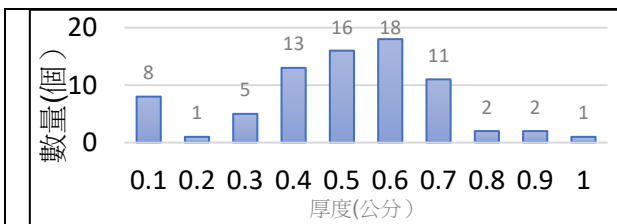


圖 4-7 (b) 海膽化石厚度

結果：由圖 4-7(b) 可知，海膽化石厚度，在 0.1~1 之間，以 0.4~0.7 之間最多。

3.海膽化石長與寬

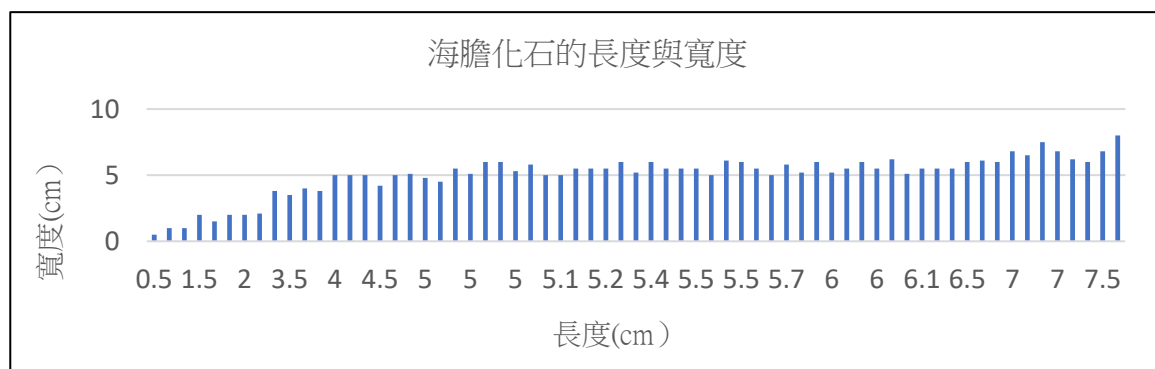


圖 4-7 (c) 海膽化石的長度、寬度

結果：六十幾個海膽化石中，長度與寬度最大值與最小值分別為：長度最小 0.5cm，最大 7.7cm，寬度最小 0.5cm，最大 8cm。

四、化石鑒定：本組做最簡單鑒定

(一) 海膽化石：

奇異掘海錢，盾形目衍骨星海膽科，又稱米拉羽軸海膽，由於棲息地及外形呈圓盤狀如銀幣而得名，龍洞溪擁有大量海錢，丘陵地形經雨水沖刷成龍洞溪加上陸地抬升造成峽谷，有龍王峽谷之稱，因此本組稱此為龍宮寶庫。

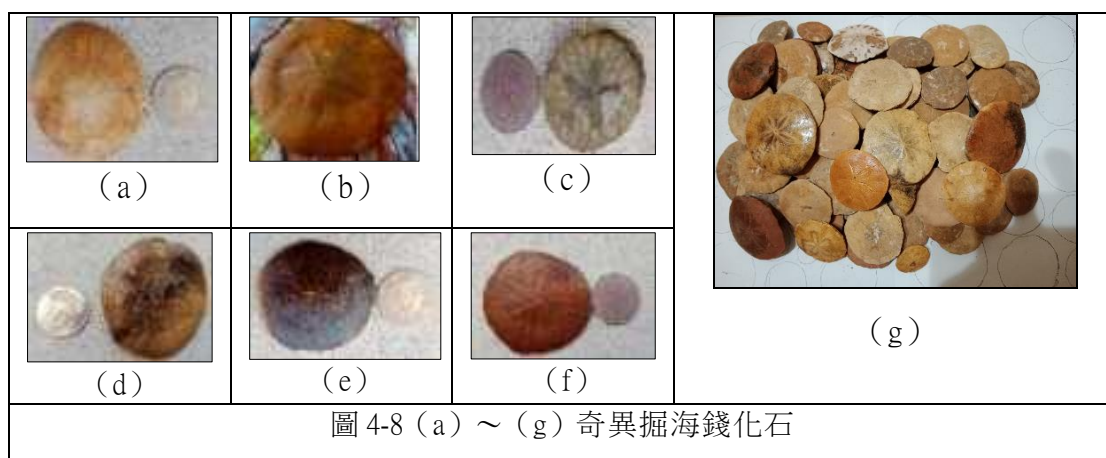


圖 4-8 (a) ~ (g) 奇異掘海錢化石

(二) 貝類、螺類

1. 牡蠣

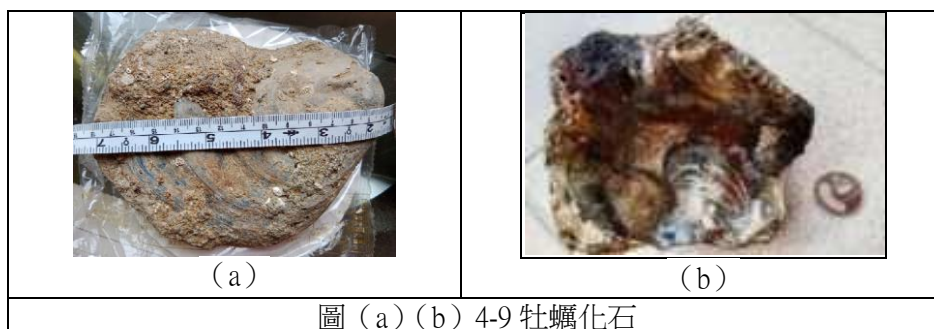


圖 (a) (b) 4-9 牡蠣化石

2. 雙殼貝化石



3. 其他貝類化石



五、沉積物粒徑分析

(一) 顯微鏡觀察

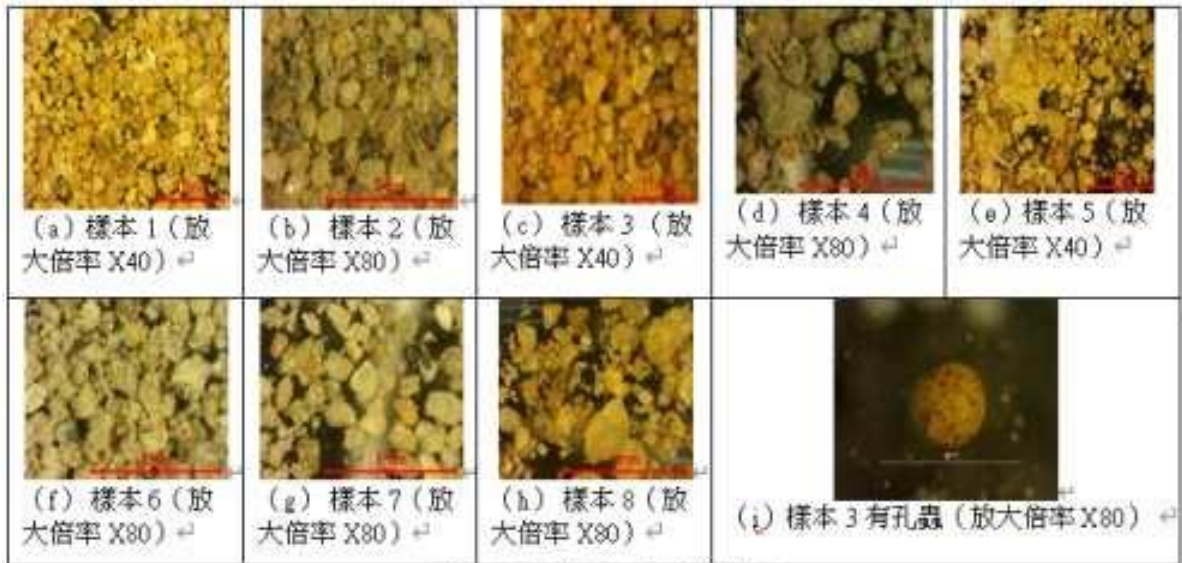


圖 4-12 顯微鏡下的沉積物 \Rightarrow

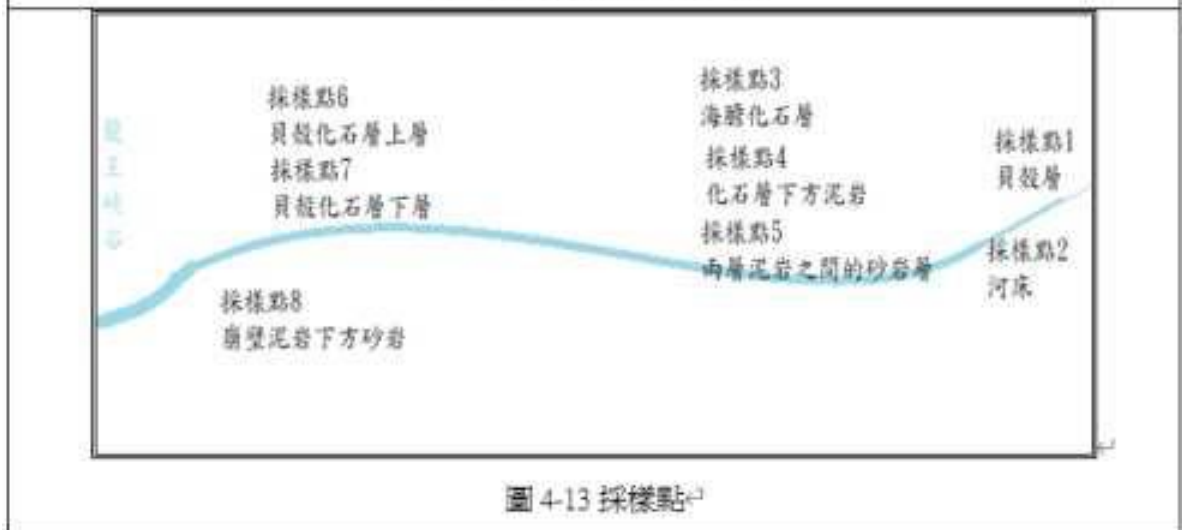


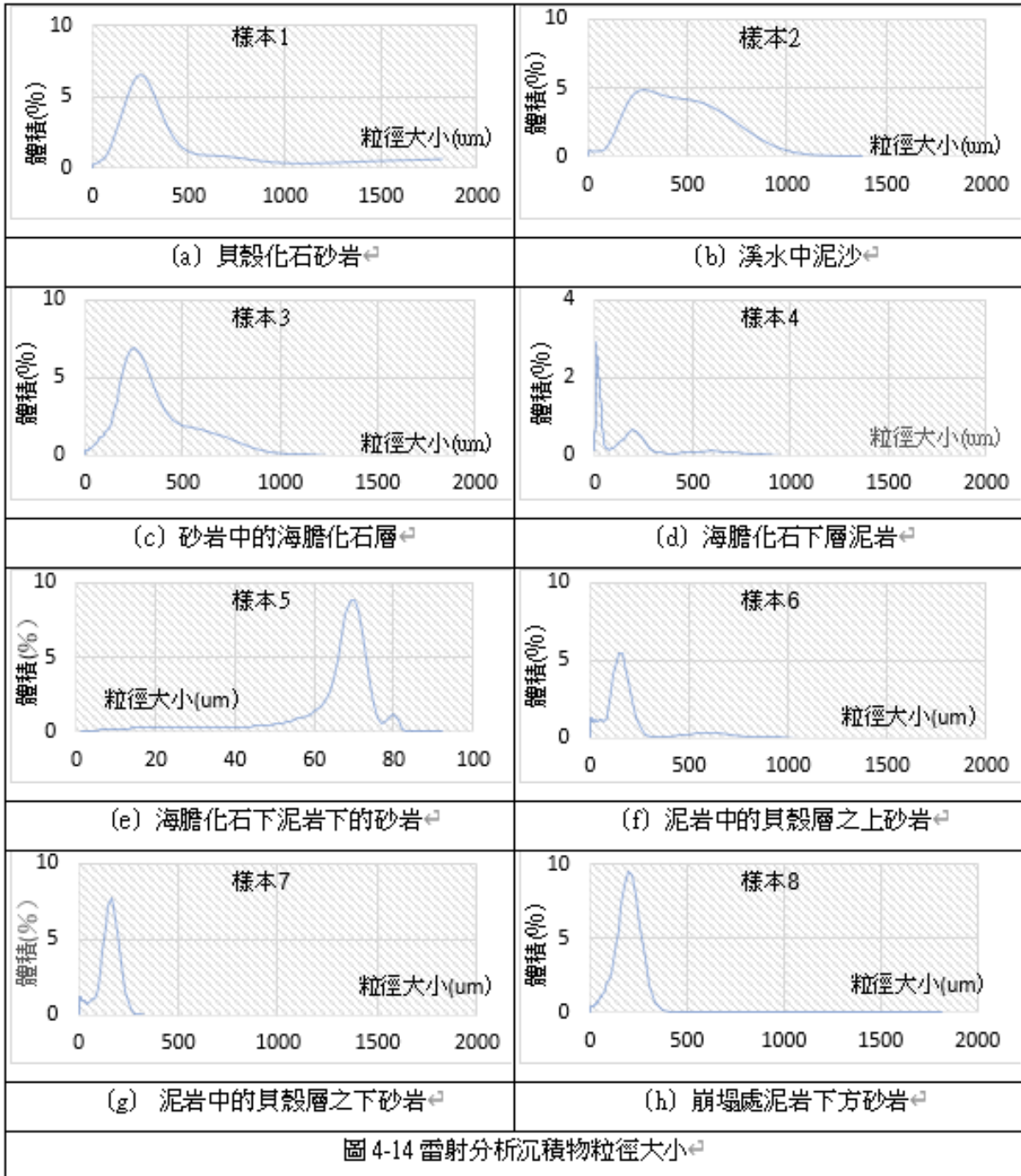
圖 4-13 採樣點 \Rightarrow

結果與分析：

使用實體顯微鏡觀察沉積物粒徑顆粒大小，結果發現粒徑小於 0.5mm，沉積物有一點透明，除肉眼可見的小化石（圖 4-11 (a) ~ (k)）外，本組還在海膽化石層觀察到有孔蟲（*Orbulina Mniversa*），大約 0.4mm（圖 4-12 (i)）。

樣本未經震盪，因此表層有附著物，樣本 1、3、5、6、7、8 都是砂岩沉積物，樣本 2 是河水中撈取，顏色介於泥與沙之間；樣本 4 是泥岩，顏色呈灰黑色；貝殼化石在泥岩上，採樣點 6、7 處分別在它的上、下層，所以樣本 6、7 帶有泥色。

(二) 雷射粒徑分析



結果與分析：

由圖 4-14 得知：樣本 4、5 顆粒最小，約 $100\mu\text{m}$ 以下；樣本 2 顆粒大小分佈較廣泛，大約在 $100\mu\text{m}\sim 1000\mu\text{m}$ 之間，樣本中有 5 個粒徑都小於 $500\mu\text{m}$ ，由附表 2 可知：小於 $4\mu\text{m}$ 是泥岩， $4\mu\text{m}\sim 62.5\mu\text{m}$ 是粉沙岩， $62.5\sim 2000\mu\text{m}$ 是砂岩，所以本研究區主要是泥岩、粉沙岩、砂岩。

六、瞭解化石形成的條件與重要性

化石可以有多种形式存在，不只是堅硬的骨頭或外殼，也可以是樹葉的印記、琥珀中儲存的昆蟲或腳印等等，海膽化石殼硬，體積大，群聚生活，移動不靈巧，因此符合形成化石的條件，另外，搬運的距離、水流量、沉積條件等，也會影響化石的完整性與比例。

在研究區本組發現很多海膽及貝類、牡蠣、螺類等化石，由這些化石可以幫助我們知道生物演化過程、尋找化石燃料儲量、定年等，還可以透過化石知道氣候的變化，陸地與海洋升降與生物生存環境，化石研究有助於瞭解臺灣島的形成。

伍、討論

一、沙錢與顏色

臺灣海膽化石種類與數量多，且分佈甚廣；自平原至麓山帶等，皆發現存有數量豐富的海膽化石地層。本研究區於苗栗西湖鄉龍洞溪之地層中所出露的海膽化石數量相當多，在當地大量出現的化石，體殼口面及反口面幾乎均有或多或少的壓痕（圖 5-1 (a)），本組還有觀察長與寬的變化，發現海膽化石的長度寬度差異（圖 5-3）最小 0 公分，最大是 1.1 公分，分析其遭受沉積環境影響或地層受力而使海膽化石發生形變（圖 5-1 (a)）。



圖 5-1 海膽化石

楯形目海膽俗稱「海錢」或「沙錢」，體殼扁平如錢幣，潛藏棲息在潮間帶及淺海的砂底，目前台灣現生沙錢海膽大概有 7 科 9 屬 11 種，體殼口面骨板的紋路像樹枝（圖 5-1 (b)），本研究找到的海膽化石大部分為成體少數為幼體，由圖 4-7 (c) 與圖 5-1 (e) 可知，長度最小 0.5 公分，最大 14 公分，大部分海膽的直徑約 5 公分，符合文獻中成體的大小約 4~5 公分。

本組整理後發現全部都是奇異掘海錢，符合文獻所說，它是臺灣最為常見的歪型海膽化石之一，其有不同顏色（圖5-1（c）），大多是紅褐色，推測是受沉積環境影響，在砂岩中偏紅，含鐵質，被水沖洗的則偏白色，可能鈣化或含矽成分，黑色是受到泥岩或腐植質污泥影響。

沙錢，在反口面的頂部是一塊篩板，生殖孔位於篩板邊角處。沙錢不同於其它歪形海膽，口圍及肛圍比較小，體殼的內部有拱壁及拱柱來增加體殼的強度，殼扁平，由邊緣往頂部稍微增厚，頂部約略位於中央，生殖孔四個，前後各一對；反口面的瓣帶區末端處一圈略為凹陷，瓣帶外型幾乎一致，末端開放，並有多餘的足孔從瓣帶末端往外延伸；最前端的花瓣開口較大；有孔頻寬；間步帶中間稍微凹陷成淺溝狀。口側極平；圍口部小；食物溝在約半徑 1/3 處分為二岔，接近邊緣處再分為二岔；間步帶不連續；疣細而密佈，口側的疣大於反口側；圍肛部位於後緣。在王家慶等（1984）的文章中有提到，本種在生長過程中殼長與殼寬維時一定比例，而且頂部及口的位置不變，生長過程中各瓣帶之長相對於殼體大小而言顯著增加。

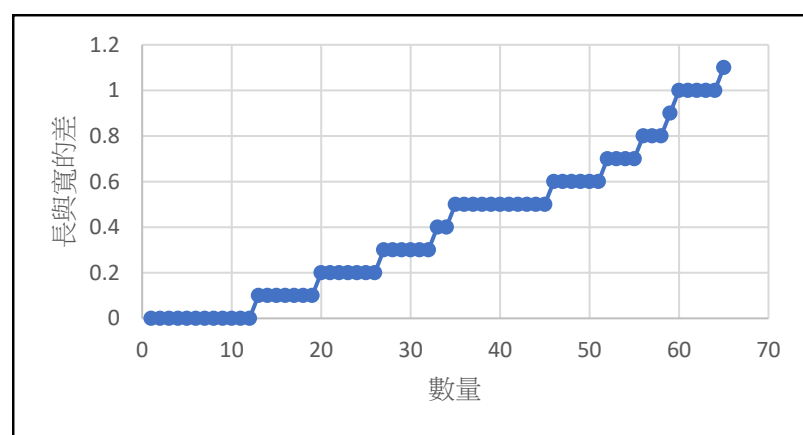
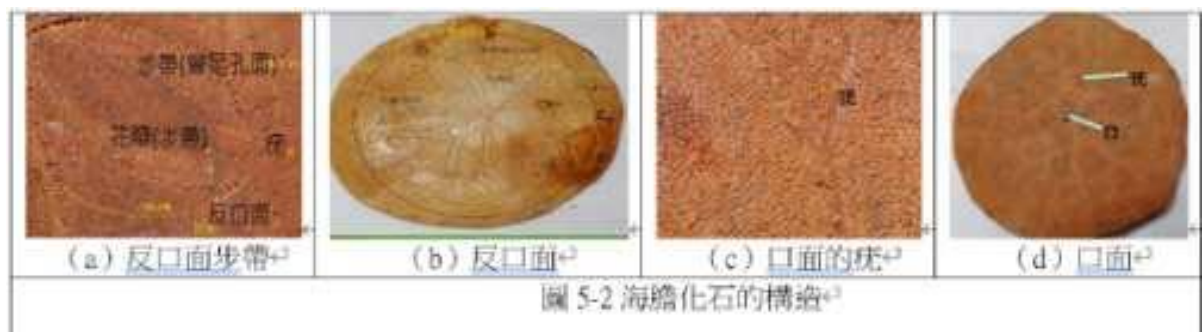
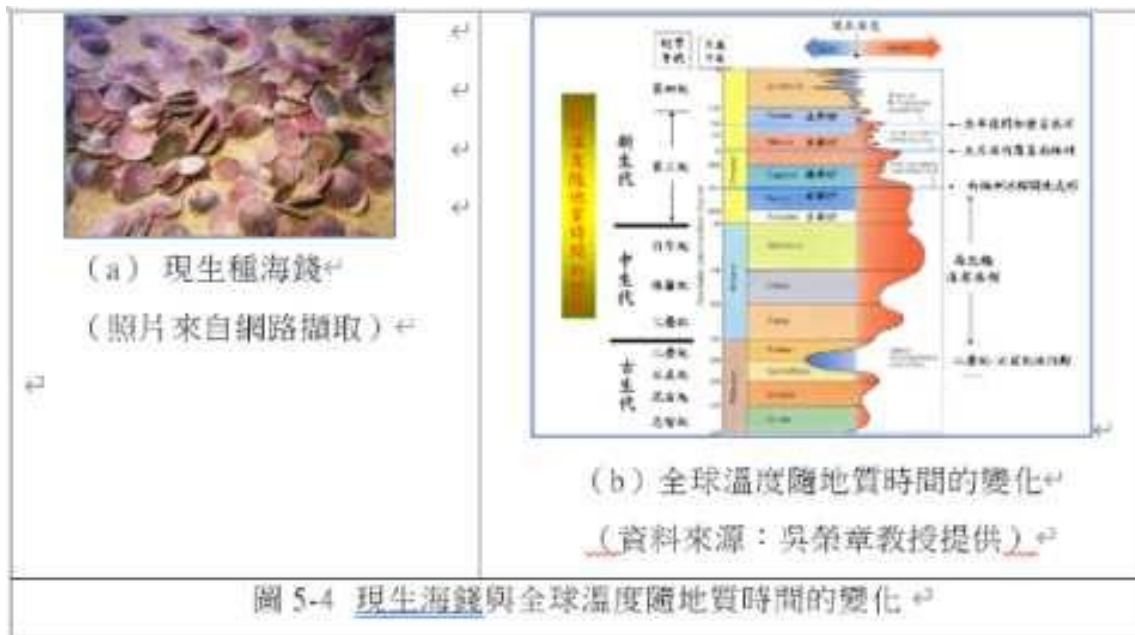


圖 5-3 海膽化石的長度寬度差異

二、海錢化石密集層

目前現生海錢（圖 5-4 (a)）常見於西北太平洋（如日本）的淺海及潮間帶的，但臺灣僅發現化石，若以現生種分佈地區生存環境分析，可能是屬於較冷水的淺海種類，而臺灣現在相較溫暖，所以今已無現生種的分佈，因此推測在更新世頭料山層的沉積時期，當時的氣候應該是較現在冷。由圖 5-4 (b)，研究區屬於頭料層 80 萬到 200 萬年前，分析臺灣當時溫度比現在低，與文獻符合。



本組在未破壞地層情況下做探討，經比對河道兩側地層發現同高度有海膽化石露出，海膽化石沿著層面分佈，數量驚人，根據資料顯示，當時奇異掘海膽生存環境溫度低，適合生存於 9 至 14 度的海洋條件下，本組認為其原因可能為環境的改變如氣溫變化或鹽度變化等，造成大量死亡，或生活在潮間帶的沙錢受到海位的變化如風災等而造成大量死亡或被搬運到海底沉積（圖 5-5）。



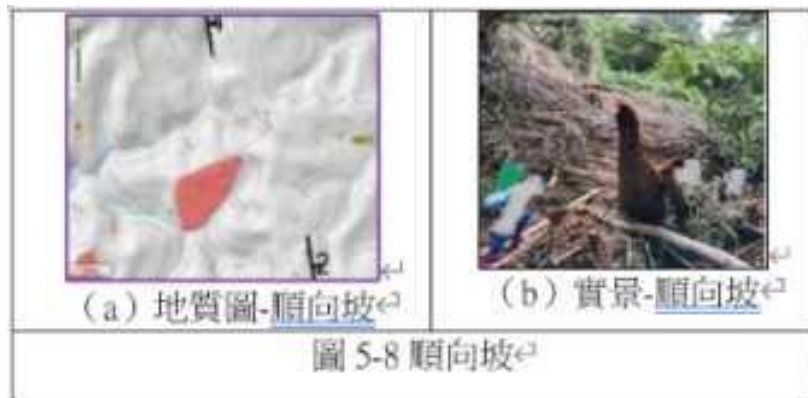
圖 5-5 海流變化示意圖

三、龍洞溪地質與地層

龍洞溪海膽密集層露頭地點和白沙屯扇貝化石密集層之間在地質圖上被斧頭坑斷層和通霄背斜分隔，所以無法在地質圖（圖 5-6、5-7）上判釋兩者層位的上（年輕）下（年老）關係。假若將斧頭坑斷層層位落差暫不考慮的話，也只能說海膽密集層和白沙屯扇貝化石密集層分佈在通霄背斜東西兩翼，年代上兩者皆應年輕於通霄背斜軸部出露的地層（即背斜軸部出露之地層較老，遠離背斜軸部之地層則相對年輕），但仍無法比較兩者之間上、下或同時之關係。



在自然狀態下，由於向斜向下凹陷，核部受到較大的擠壓力，岩層更耐侵蝕；而背斜向上拱起，背斜頂部受到較大的張力，岩石容易破碎，容易被風化和侵蝕。向斜核部最後往往成為山峰；而背斜頂部被侵蝕為山谷，因此便是「向斜成峰、背斜成穀」。本組發現研究區有順向坡（圖 5-8（b））與地質圖（圖 5-8（a））吻合。



四、研究區的沉積環境

泥岩是遠海沉積物，頁岩是海中或遠洋海底或靜水湖泊或沼澤中形成，兩者因輕所以不易沉降會被帶比較遠，不同之處是後者有薄狀層理，常含化石。砂岩是在河流、海洋和風中沉積，由圖 5-9 可看出沙岩、泥岩、化石層厚度均勻，所以是緩坡沉積。



因此由此處的沉積物與沉積岩（如砂泥岩夾心海膽貝殼化石層）可知這裡曾是海洋環境。砂泥岩顆粒大小不同、密度不同，搬運路途就不同，說明當時水流速度不同，屬海洋環境沉積。

實體顯微鏡下的沉積物，為石英顆粒（圖 4-11 (a) ~ (h)），硬度大、不會與酸反應，微黃乃是被氧化物影響，沉積物顆粒細，且由雷射粒徑分析結果（圖 5-10），並對照附表二、三，研究區沉積物屬於泥岩與沙岩，淘選度很好，推測沉積物受風或海水未經過長途搬運。

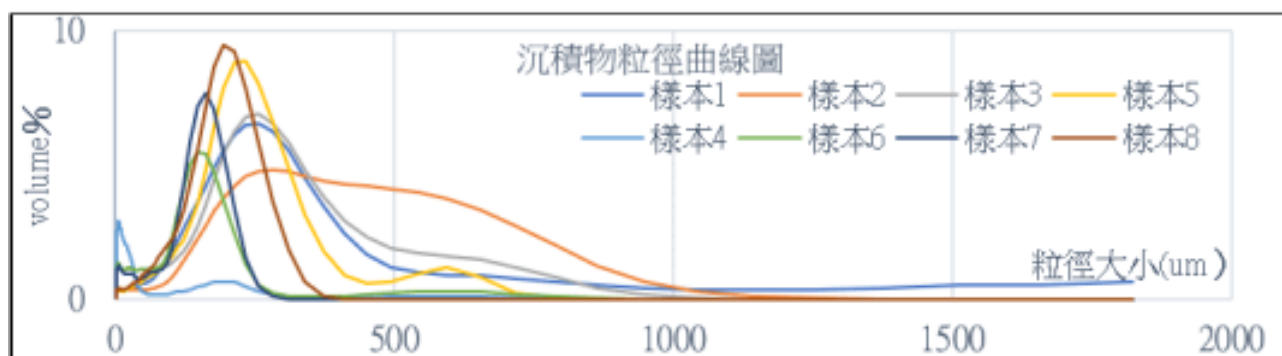


圖 5-10 沉積物粒徑曲線圖

沉積物要成岩須受壓與膠結固化，研究區的砂岩膠結狀況不佳，是因未受深埋之故，由海膽的生活習性來看，正形海膽主要生活在淺海區的硬質海底上，環境上較不易遭到掩埋，因此形成化石的機率較低，而歪形海膽則主要居住在軟質底，且大部分是在表層沉積物中掘穴而居，如海錢類海膽就是大群的居住于沙質或泥質底中，生存深度主要在潮間帶，岩層中化石群海膽化石有完整的，夾雜大量破碎貝螺類，本組認為是經過搬運，在泥岩的上方，也就是泥岩與沙岩交界，海膽化石大量疊疊樂沉積。

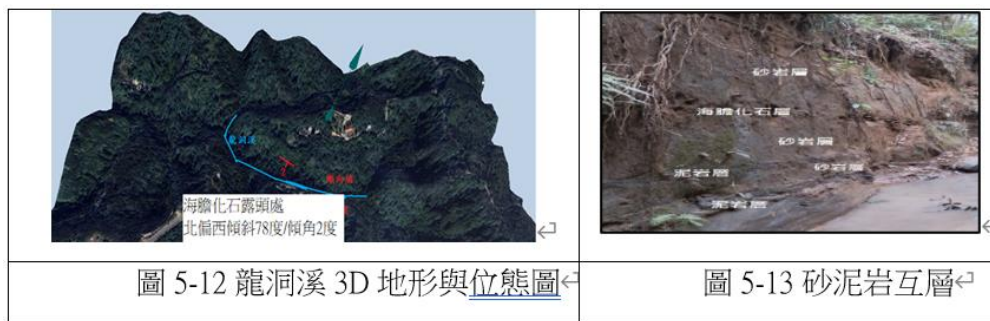
五、尋找化石

在地質時間一萬年以上地層內，所發現的自然死亡生物遺骸，被沉積物所埋沒保留下來，才能稱為化石，若一萬年以內的生物遺骸稱亞化石，生物活動的痕跡屬於生痕化石，並非所有生物遺骸都會形成化石，化石也非處處存在，化石的形成是有條件的。本組認為龍洞溪的海膽貝殼化石塚與圓山貝塚不同，以苗栗地質年代（80-200萬年前）判斷，那時臺灣尚無人類紀錄，且由文獻瞭解奇異掘沙錢殼硬又沒肉，所以不會是考古化石。下過雨後，海膽化石被沖出於河床上，河道上可拾獲海膽化石，另外岩壁崩塌處也容易檢到，千萬不可以去破壞岩壁上的化石。



圖 5-11 河床檢化石

觀察到河床兩側同高度山壁有沙錢化石（圖 5-13），發現其沿著層面分佈，本組找到可靠層面用傾斜儀測量走向與傾斜並紀錄，然後標記在地圖上做進一步判釋。發現沿走向的方向，化石密集層因受到侵蝕而露出，龍洞溪就是這樣，反之若在一定區域內發現類似化石密集層，且大致在走向延伸線上，就可以判定是屬同一化石密集層，如龍洞溪崩塌處。研究調查後，得知海膽化石呈西北傾向傾角 2 度（圖 5-12），推測可以沿著這結果尋找隱藏的海錢。



六、整理化石

用兩顆海膽化石上膠結的沉積物互相摩擦清除，可以一次刷洗兩顆，沒有泥沙就用刷子清洗，才不會讓海膽化石有刮痕。本研究區海膽化石的質地有好有壞，清理過程中發現，大多數邊緣都有些許程度的破損，以致於肛門位置不甚清楚，由於很多的外形都變形了，所以要辨認前後端不太容易。

（一）鹽酸用意是與殼碳酸鈣成分反應使紋路明顯，但浸泡時間需視鹽酸濃度而定；時間與濃度要成反比。

（二）白膠水、透明漆是補強裂縫保護層的概念。白膠或噴漆差異是後者比較有亮度，共同點都是不能用太濃太厚，會影響美觀。

七、討論龍洞溪地景的保護

此處含大量的海膽化石與貝類化石，其殼是海洋碳酸鈣的來源，大氣中的二氧化碳溶入水中，使水質酸化，加速化石（成分：碳酸鈣）發生風化作用形成鐘乳石、鈣化，本組檢驗水質結果是弱鹼，故對地景破壞力小。

如此特別的研究區應以保護與愛惜，不可以隨意破壞。



八、沙錢化石定年

本研究區龍洞溪海膽露頭點，在地調所出版的五萬分之一地質圖上（如圖 5-7）位在通霄背斜和銅鑼向斜之間，沒有超微化石資料可查。地質圖上看此處地層是頭嵙山層，地質年代約 80~200 萬年前，如是被風災帶到海底的話，或許更年輕也說不定，有更多可能性，要定年才能知道。沙錢海膽化石直接定年可能比較難，要求的條件也很嚴格，如鈾系列定年和碳 14 同位素定年。碳 14 定年只能定到 5 萬年（碳 14 同位素半衰期 5.7 萬年），鈾系列定年對這裡又不適合，太年輕了；如是被搬到海底沉積，那麼年代或許更年輕，要用鈣質超微化石生物帶（或亞帶）定年，但定年又是以原地死亡的生物定年才有意義，因此要定年此處的沙錢似乎有困難。超微化石化石帶屬於 NN19 (NN19 超微化石帶之定義是 *Gephyrocapsa oceanica* 始現面和 *Pseudoemiliana lacunosa* 末現面之間)。依目前較新的生物事件界面年代文獻資料為 0.43Ma，亦即龍洞溪海膽露頭點年代範圍介於 1.71Ma 至 0.43Ma 之間。(資料來源：謝凱旋)

陸、結論

- 一、由泥岩、沙岩、沙錢、扇貝、大牡蠣等化石互層，其厚度均勻，沉積坡度平緩，未經深埋，淘選度好，是海相沉積，參考苗栗地質相關文獻，是屬於頭嵙山層香山相，地質年代約 80-200 萬年前，由文獻資料推測龍洞溪海膽露頭點年代範圍大概介於 1.71Ma 至 0.43Ma 之間。
- 二、研究區位於通霄背斜與銅鑼向斜之間，海膽化石密集沿著層面分佈，西北傾向傾角 2 度，且發現有順向坡，是遠離背斜軸近向斜軸故地層較年輕。當地住戶須留意順向坡問題，將傷害降到最低。透過地質的調查，達趨吉避凶，使傷害降到最低。
- 三、本研究區大量沙錢化石沉積於海底泥岩上方，厚層砂岩下方，推測以前溫度低後來可能因氣溫上升，生存環境改變而造成大量死亡，以及受到風災因素所致。由露頭處發現海膽化石數量驚人，估計已消失於河道上的海膽化石至少 53.37 立方公尺。
- 四、龍洞溪奇異掘海錢，顏色不同的原因，可能與母岩、土壤成分有關，推測紅褐色含氧化鐵、白色是鈣化或含矽、黑色可能受泥岩或腐植質影響，而收集的化石以螺旋狀噴透明漆或塗白膠，美觀效果最好並可防止風化。至於觀察海膽化石紋路，浸泡鹽酸不宜超過 3 分鐘。

五、本研究區之大量海膽化石，是石化前受到地殼變動，由此處尚未成岩的泥岩、砂岩及海膽化石沒發生位移，可知沒受到北邊斧頭坑斷層影響，而應力產生變形可乃是受通霄背斜、銅鑼向斜所致。

六、在地質時間一萬年以上地層內，所發現的自然死亡生物遺骸，被沉積物快速掩埋保留下來，才能稱為化石。化石具有重建地球歷史，瞭解生物沉積環境的重要性。研究區的水值與岩性的 PH 值呈弱鹼性，研判不至於破壞化石層和地景的保留。

結語：沒有任何有關研究龍洞溪的文獻，本組跨越時空來到曾是海洋環境的龍洞溪探究，未來如有機會將再進一步探討，龍王到底還藏有什麼寶藏呢？

柒、參考資料

- 一、岩層紀錄的地球歷史。康軒文教出版社。2021 年。國中自然科學 3 上。P.193、P.196-199、P.200
- 二、鐘廣吉。臺灣的化石。遠足文化出版。1996 年 8 月第一版第一刷
- 三、謝凱旋。化石及其地質應用介紹。經濟部中央地質調查所。2018 年。第三十七卷第四期。P.18-21
- 四、林日白。細說海膽化石。經濟部中央地質調查所。2018 年。第三十七卷第四期。P.23-27
- 五、林日白。臺灣地球歷史海膽篇。台大校友雙月刊。2019 年。No126
- 六、朱偉嘉。臺灣的海膽化石。經濟部中央地質調查所。2018 年。第三十七卷第四期。P.29-30
- 七、李坤宣。海龍王的銀幣臺灣的砂錢類海膽。國立自然科學博物館。2018 年。科博館訊第 369 期。
- 八、王家慶。臺灣現生沙錢類海膽之生痕。地質 4 卷 1 期。P.93-98
- 九、黃奇瑜。化石與地質分析。科技大觀園。2006 年。流覽日期 2022/05/11
- 十、胡忠恒。第五條路線苗栗縣通霄鎮白沙屯地質簡介。流覽日期 2022/05/11
- 十一、謝凱旋、黃敦友。臺灣第四紀地層參考資料/區域地質—臺灣第三紀地層和時代對比.pdf
- 十二、洪崇勝、謝凱旋。臺灣第四紀磁生物地層及蓬萊造山運動事件。經濟部中央地質調查所。民國九十六年九月特刊第十八號。第 51-83 頁
- 十三、台灣現生貝類彩色圖鑑。國立自然科學博物館

十四、施玲浩,王家康,林玉玖,林敬仁,李晨偉,許家欣,張洛宇,吳托祥,曾建家,吳小茹,塞德里克·M·約翰,大路達夫,劉宗貴,陳文山,李彼得,方建能&紀派林。更新世-全新世過渡期間,變化的表層海洋環流導致台灣海膽 *Scaphechinus mirabilis* 的局部死亡

[https://www.nature.com/articles/s41598-022-11920-](https://www.nature.com/articles/s41598-022-11920-3)

[3?fbclid=IwAR1kzbnjt7q85xJ6py1IEBpKFPAlI50aH1IbLOs_2IOclRzzlyuJcmC61FI](https://www.nature.com/articles/s41598-022-11920-3?fbclid=IwAR1kzbnjt7q85xJ6py1IEBpKFPAlI50aH1IbLOs_2IOclRzzlyuJcmC61FI)

瀏覽日期 2022/06/15

附表一 海膽化石鑑定圖表

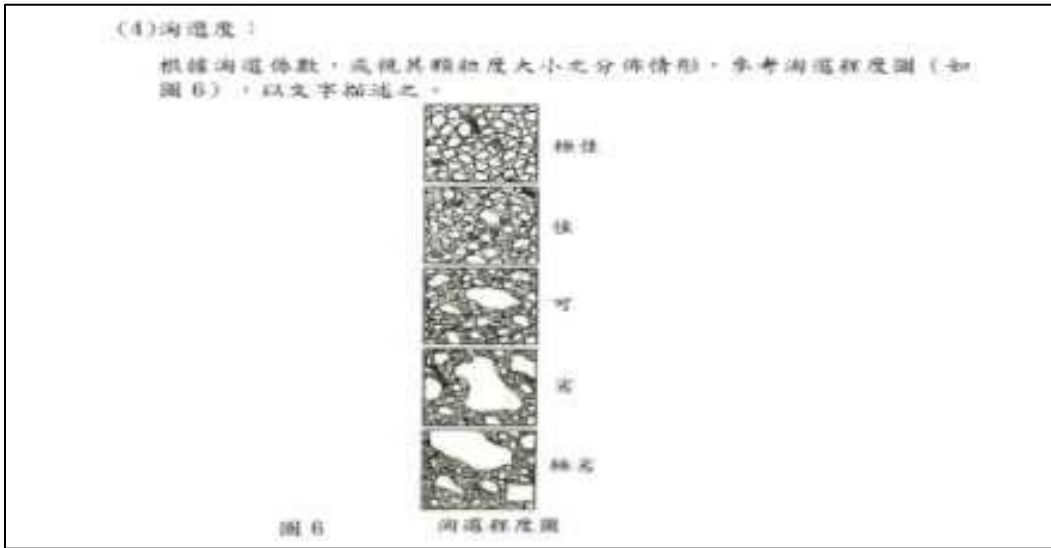


附表二 碎屑岩之分類與粒徑表

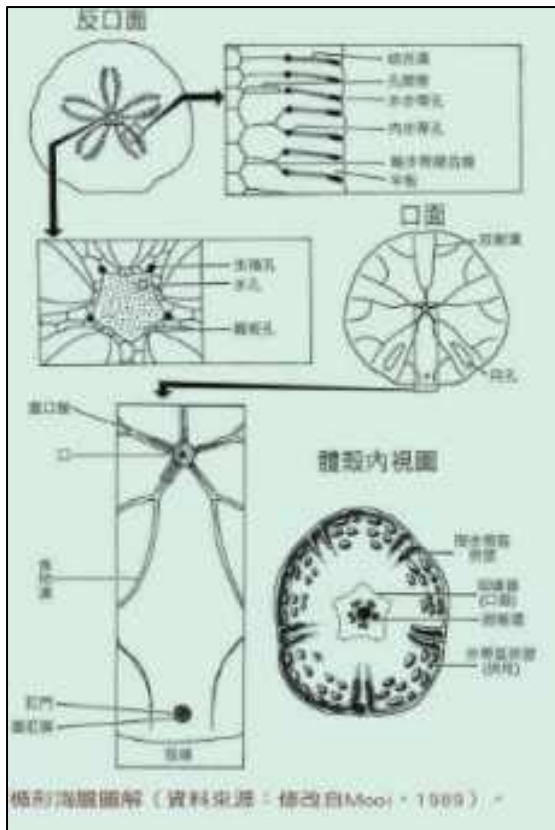
編號	描述	電天	mm	圖一 土壤三才與分級					高砂類	
				家庭類	中砂		細砂		小砂	微砂
					粗砂	細砂	中砂	細砂		
1	巨塊	Block	粗砂	Block	粗砂	Block	粗砂	Block	粗砂	
2	巨塊	Block	粗砂	Block	粗砂	Block	粗砂	Block	粗砂	
3	巨塊	Block	粗砂	Block	粗砂	Block	粗砂	Block	粗砂	
4	巨塊	Block	粗砂	Block	粗砂	Block	粗砂	Block	粗砂	
5	巨塊	Block	粗砂	Block	粗砂	Block	粗砂	Block	粗砂	
6	巨塊	Block	粗砂	Block	粗砂	Block	粗砂	Block	粗砂	
7	巨塊	Block	粗砂	Block	粗砂	Block	粗砂	Block	粗砂	
8	巨塊	Block	粗砂	Block	粗砂	Block	粗砂	Block	粗砂	
9	巨塊	Block	粗砂	Block	粗砂	Block	粗砂	Block	粗砂	
10	巨塊	Block	粗砂	Block	粗砂	Block	粗砂	Block	粗砂	
11	巨塊	Block	粗砂	Block	粗砂	Block	粗砂	Block	粗砂	
12	巨塊	Block	粗砂	Block	粗砂	Block	粗砂	Block	粗砂	
13	巨塊	Block	粗砂	Block	粗砂	Block	粗砂	Block	粗砂	
14	巨塊	Block	粗砂	Block	粗砂	Block	粗砂	Block	粗砂	

碎屑岩之分類
與粒徑
(Wentworth & Udden Scale, 1992)

附表三 淘選度圖表



附表四 楯形目海膽



附表五 超微化石定年



國際地質科學聯合會(IUGS)在 2009 年將更新世起始年代，由 1.806 百萬年前修訂為 2.588 百萬年前。這個修訂是因為當時地球在中、高緯度的地區其氣候起了重大變化，同時也是「人類」生物種開始出現並演化的時間。第四紀的界面相當於 Gelasian 階的底部，該階之「全球標準地層剖面與地點」是位在義大利西西里島 Gela 小鎮的 Monte San Nicola 剖面。但這個界限的確切位置在臺灣一直都沒有定案。

臺灣西部麓山帶地層表
(修自洪崇勝等 2019)

【評語】 030510

本作品通過製作，對化石的生成和處理有相當的了解，同時理解到地質現象的關聯性，是非常有趣的研究題材。然而，科展說明書的照片清晰度有待加強，對於海膽化石的總量估計方法須說明清楚。

作品簡報



作品名稱：穿越龍宮寶庫

科 別：地球科學科

組 別：國中組

壹、前言

一、研究目的

探討研究區的化石、沉積環境及地層的關係，並尋找化石、整理化石與學習如何鑑定化石，了解化石形成的條件與重要性。

二、文獻探討、研究區

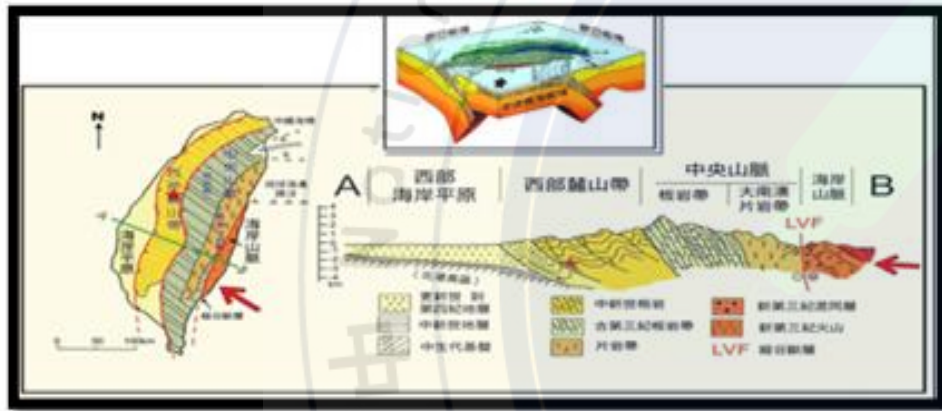


圖1-1 臺灣地質區

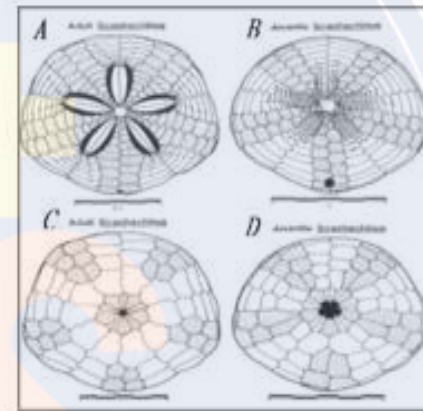


圖1-2 奇異掘海錢
(*Scaphechinus mirabilis*)

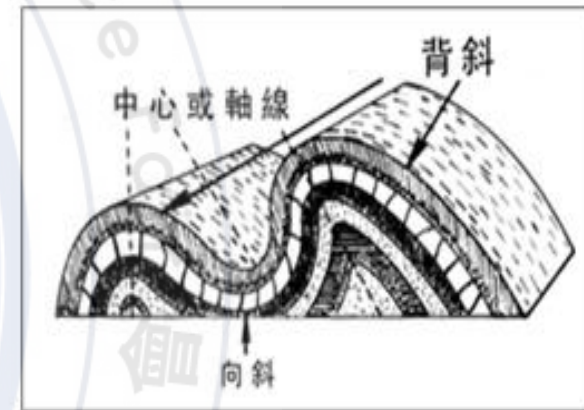


圖1-3 褶皺



圖1-4 西湖鄉金獅村龍洞溪位置圖



圖1-5 地質構造圖

貳、研究方法

一、資料蒐集

二、野外實地調查：

(一) 整理化石與保存



圖 2-1 海膽化石
兩兩磨擦



圖 2-2 細微清理

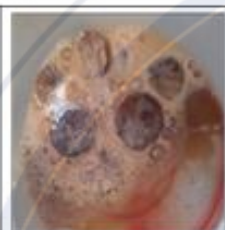


圖 2-3 浸泡鹽酸



圖 2-4 清水清洗



圖 2-5 浸泡鹽酸



圖 2-6 配置不同比
例白膠水



圖 2-7 固定高度不
同角度

(二) 研究區之酸鹼度、位態、密集度、海膽化石的硬度、厚度與表面積



圖 2-8
測量水的酸鹼值



圖 2-9
測量位態



圖 2-10 比較硬度



圖 2-11 測量長、寬與表面積



圖 2-12 測量厚度



圖 2-13 測量河
道寬度



圖 2-14 測量露頭
長度

(三) 化石鑑定與粒徑分析



圖 2-15 顯微鏡觀察
沉積物顆粒大小與化石



圖 2-16 圖鑑鑑定化石



圖 2-17 震盪攪拌



圖 2-18 離心機



圖 2-19 雷射分析

參、結果與討論

一、地質調查結果

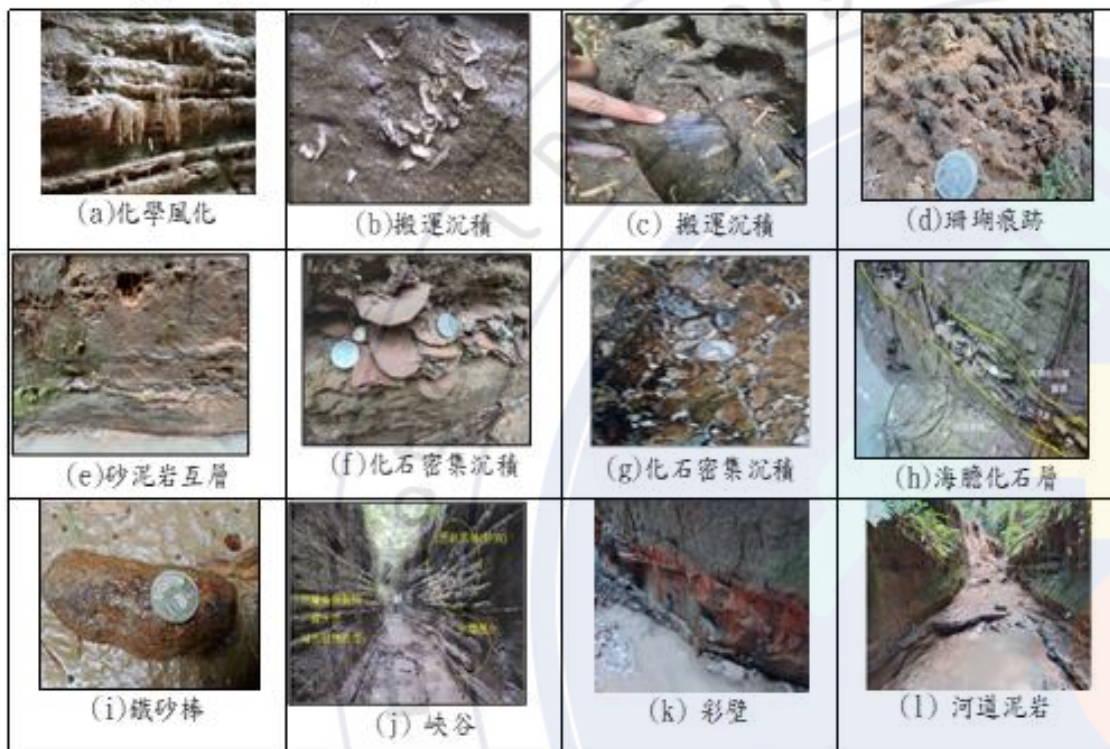


圖3-1 地質調查結果



圖3-2 順向坡

二、龍洞溪的地質與地層

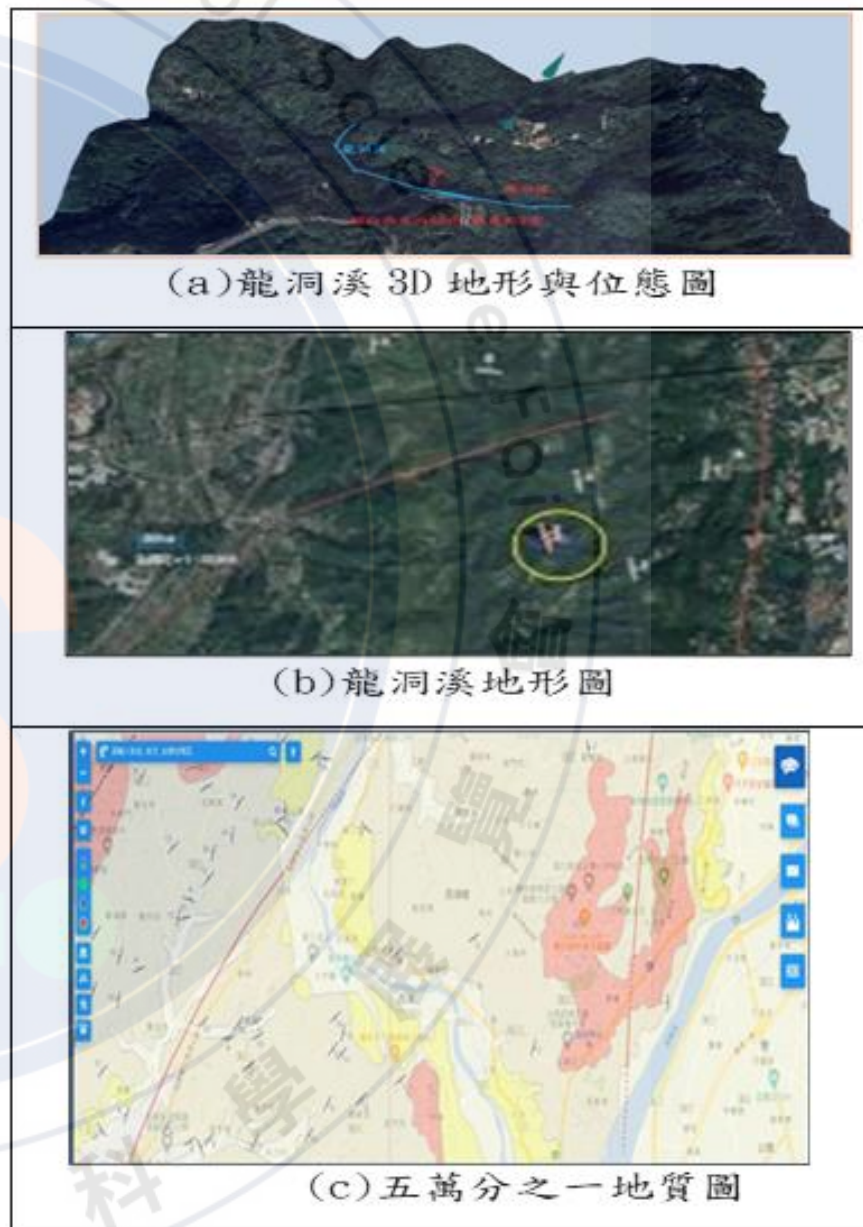


圖3-3 龍洞溪的地質與地層 資料來源：地調所

參、結果與討論

三、尋找化石



圖3-4崩塌處撿化石



圖3-5河床撿化石

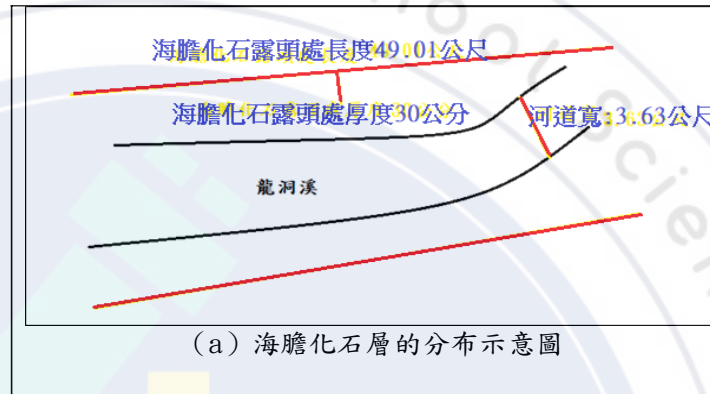


圖3-6 密集的海膽化石層



(a) 現生種奇異掘海錢
(照片來自網路擷取)

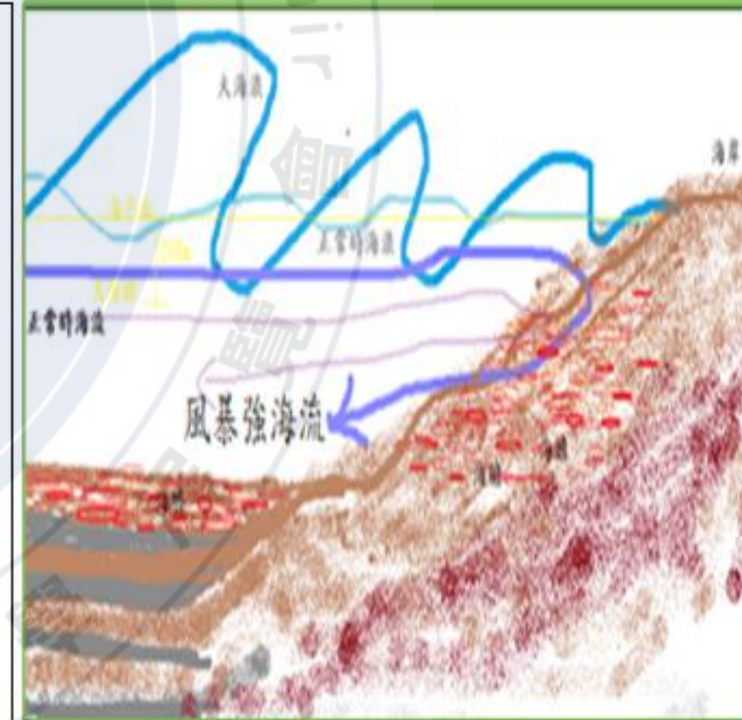
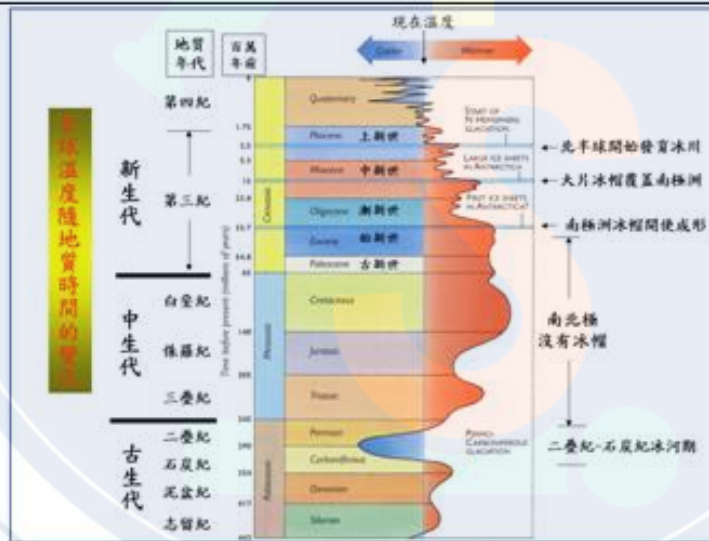


圖3-7 現生海錢與全球溫度隨地質時間的變化

圖3-8 海流變化示意圖

叁、結果與討論

四、整理化石、保存與鑑定

(一) 浸泡鹽酸觀察紋路

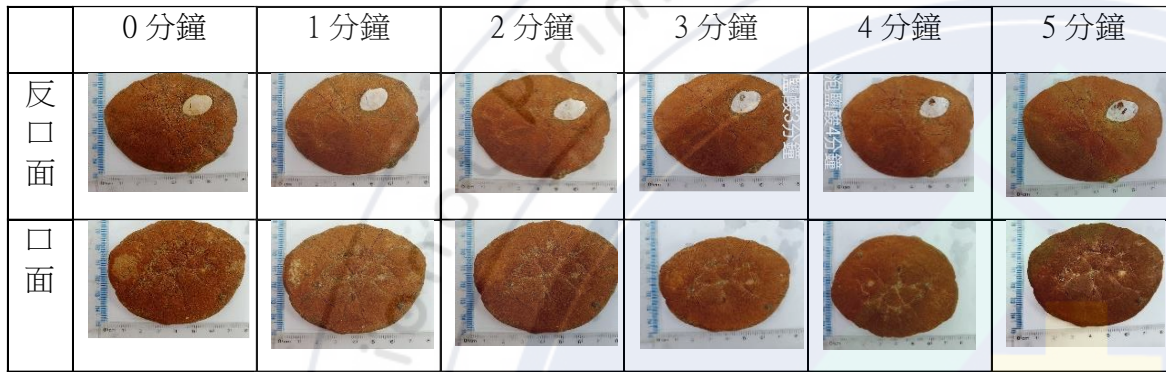


圖3-9比較浸泡不同時間，鹽酸對海膽化石紋路的變化情形

(二) 海膽化石保存的美觀效果

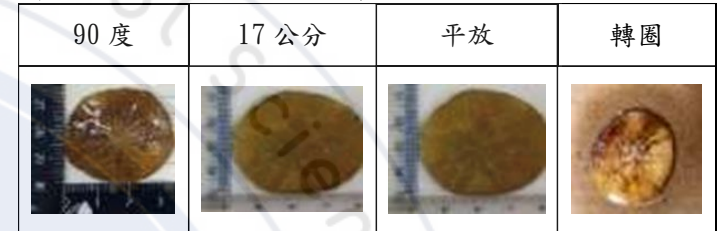


圖3-10噴透明漆的最佳條件

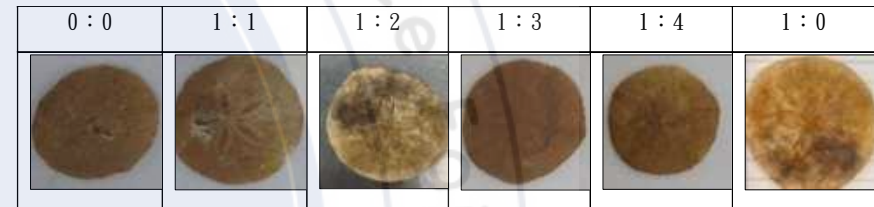


圖 3-11比較不同濃度(白膠:水)的美觀效果

(三) 化石鑑定



圖3-12雙殼貝化石

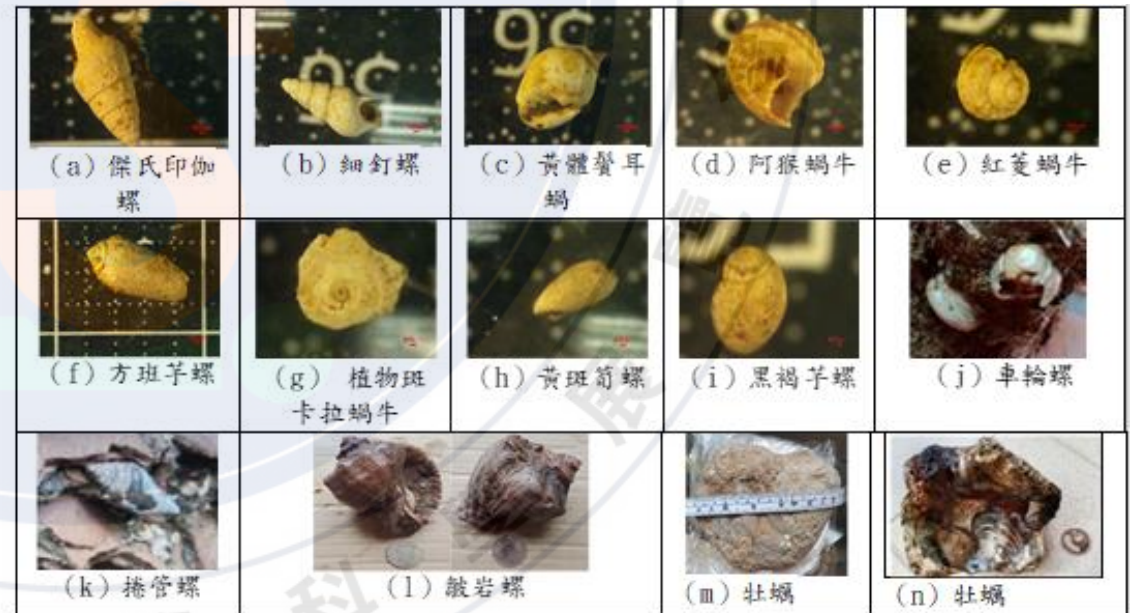


圖3-13其他貝類化石

參、結果與討論

(四)海膽化石鑑定結果



圖3-14海膽化石

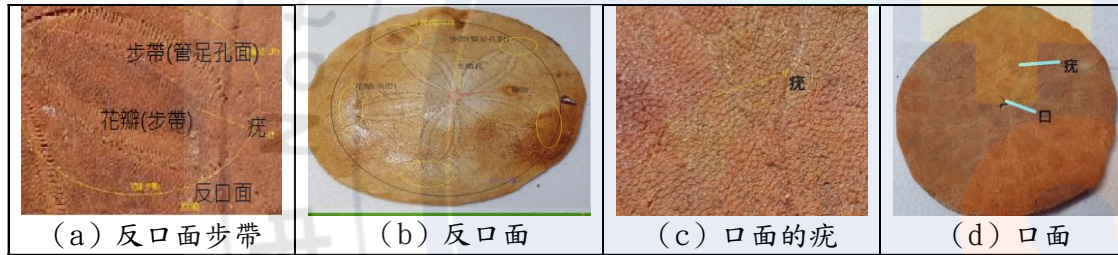


圖3-15海膽化石的構造

(五)表面積大小

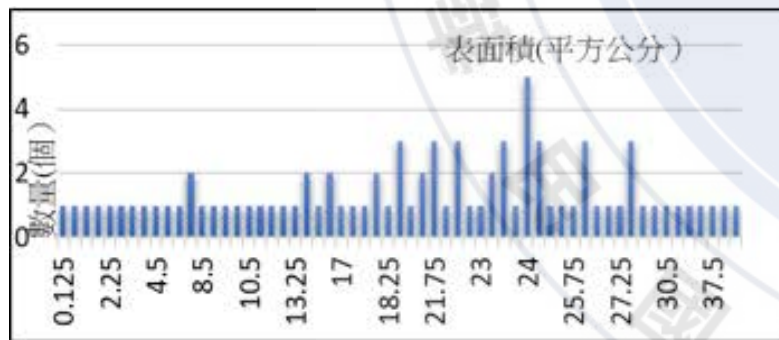


圖3-16 海膽化石表面積

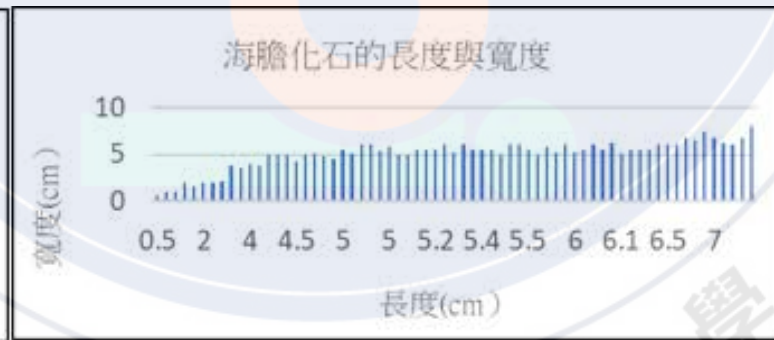


圖3-17海膽化石的長度、寬度

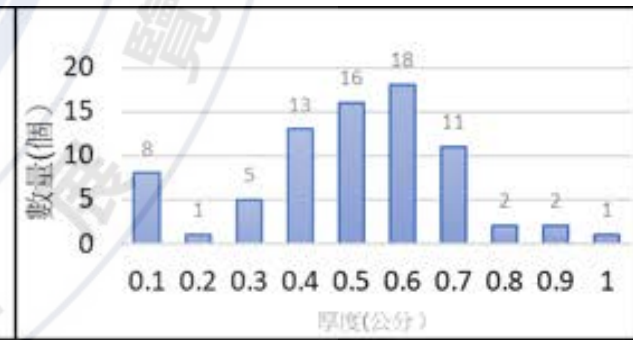


圖3-18 海膽化石厚度

參、結果與討論

五、沉積物粒徑分析

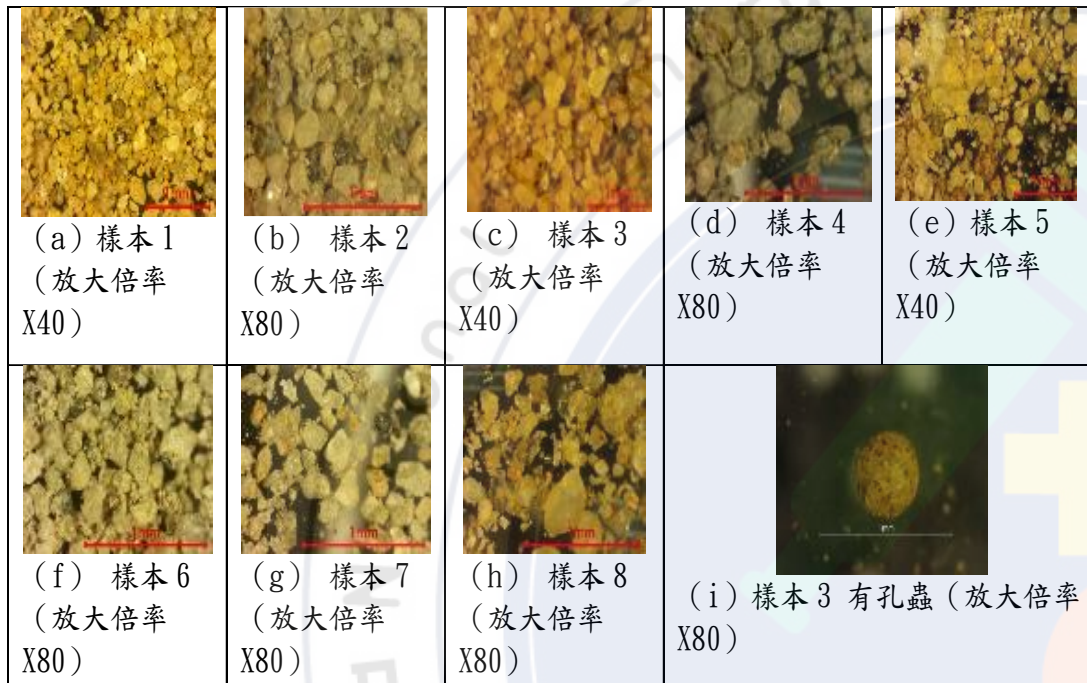


圖3-19顯微鏡下的沉積物

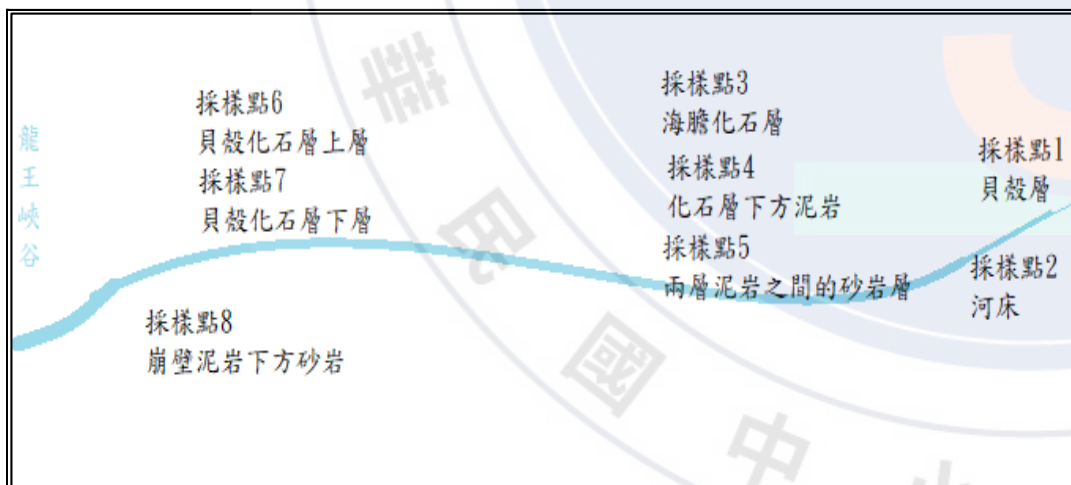


圖 3-20 採樣點

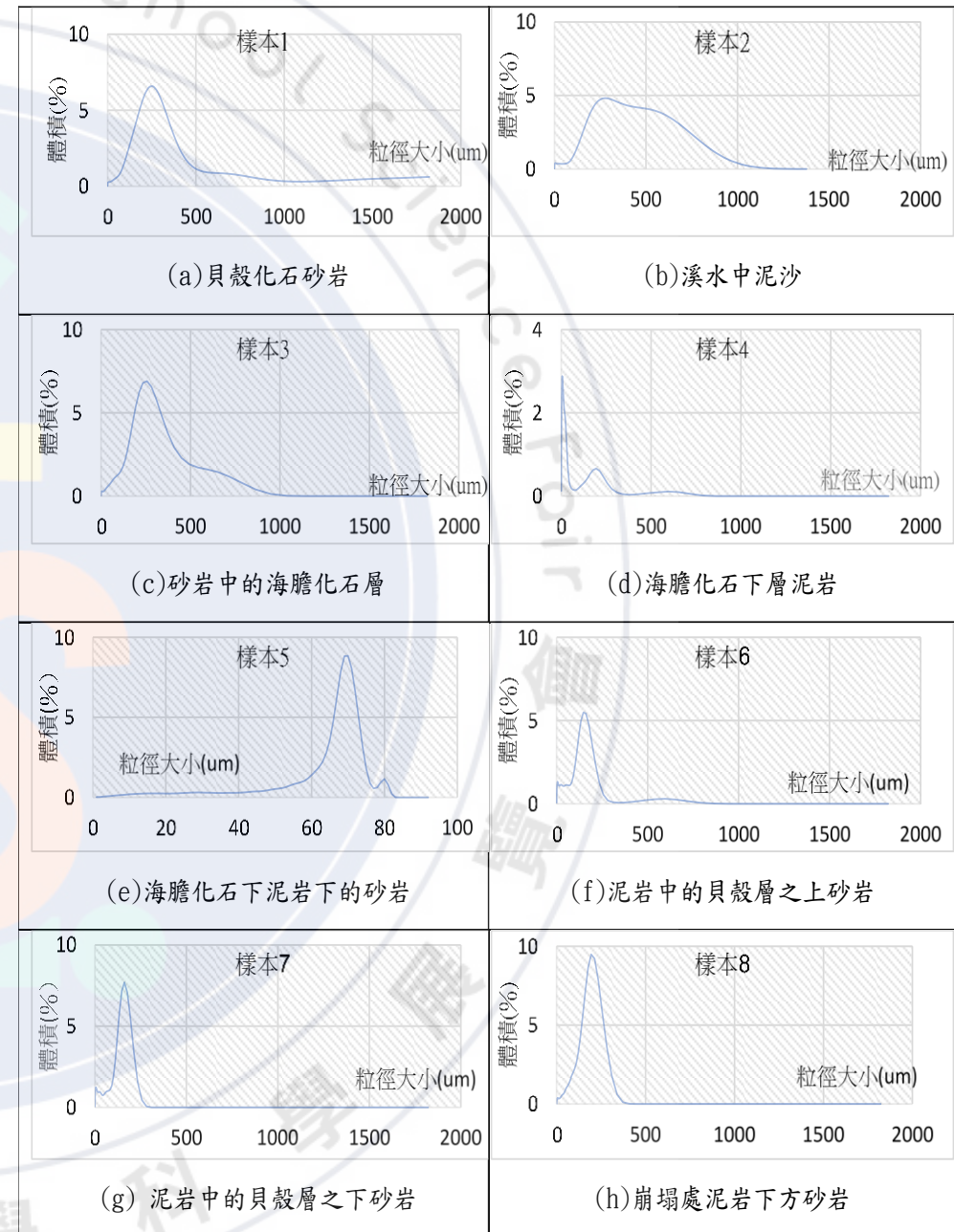


圖3-21雷射粒徑分析

參、結果與討論

六、瞭解化石形成的條件與重要性

(一)化石的定義

(二)化石的形成條件與硬度

(三)化石的重要性：

生物的演化、生存環境、生存年代、氣候變化、海進海退、台灣島的形成…等

(四)地景的保存

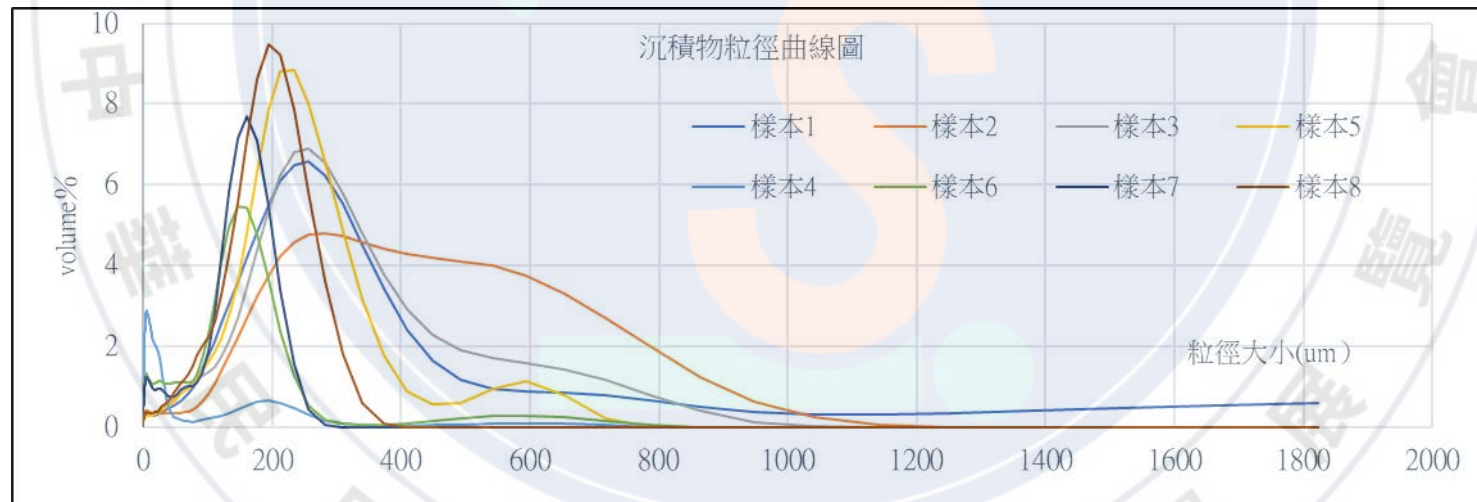


圖3-22粒徑分析結果

肆、結論

- 一、西湖鄉金獅村龍洞溪附近出露的岩層，可以見到分布非常密集的海膽化石，該岩層為更新世的頭嵙山層，屬於臺灣較年輕的地層，且位於通霄背斜軸與銅鑼向斜軸之間。
- 二、根據野外調查發現這些海膽化石層大多介於泥岩層及其上部的粉砂岩層之間，並沿著岩層傾向北偏西78度傾角2度延伸分布於河谷兩側。
- 三、透過分析發現，沉積物淘選度好，搬運距離近，海膽化石全是奇異掘沙錢，其受環境影響而有不同顏色，由露頭處估算，消失在河道上的海膽化石體積至少53.37立方公尺，另貝螺類化石也豐富。
- 四、綜合各項證據本研究認為研究區海膽化石密集處，其成因可能是氣溫上升與經風暴海水帶到海底沉積，再經地殼隆起而於陸地上，但因岩層沉積物膠結狀況差，顯示海膽化石未經深埋。獨特的地質環境，見證氣候的變化(冰河時期)、地殼變動、海進海退。
- 五、本研究區由泥、沙岩與化石互層，其厚度均勻，可知沉積坡度平緩，由各方資料顯示，此處約介於1.71Ma至0.43Ma之間，但須再進一步作定年。這裡發現有順向坡，地質調查可讓當地百姓趨吉避凶，使傷害降到最低。
- 六、在地質時間一萬年以上地層內，所發現的自然死亡生物遺骸，被沉積物快速掩埋保留下來，才能稱為化石。化石具有重建地球歷史，瞭解生物沉積環境的重要性。

伍、參考資料

- 一、鐘廣吉。臺灣的化石。遠足文化出版。1996年8月第一版第一刷
- 二、謝凱旋。化石及其地質應用介紹。經濟部中央地質調查所。2018年。第三十七卷第四期。P. 18-21
- 三、林日白。細說海膽化石。經濟部中央地質調查所。2018年。第三十七卷第四期P. 23-27
- 四、林日白。臺灣地球歷史海膽篇。台大校友雙月刊。2019年。No126
- 五、朱偉嘉。臺灣的海膽化石。經濟部中央地質調查所。2018年。第三十七卷第四期。P. 29-30
- 六、李坤宣。海龍王的銀幣臺灣的砂錢類海膽。國立自然科學博物館。2018年。科博館訊第369期。
- 七、王家慶。臺灣現生沙錢類海膽之生痕。地質4卷1期。P. 93-98
- 八、黃奇瑜。化石與地質分析。科技大觀園。2006年。
- 九、胡忠恒。第五條路線苗栗縣通霄鎮白沙屯地質簡介。
- 十、洪崇勝、謝凱旋。臺灣第四紀磁生物地層及蓬萊造山運動事件。經濟部中央地質調查所。民國九十六年九月特刊第十八號。第51-83頁
- 十一、台灣現生貝類彩色圖鑑。國立自然科學博物館
- 十二、林日白。更新世-全新世過渡期間，變化的表層海洋環流導致台灣海膽*Scaphechinus mirabilis*的局部死亡