

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 地球科學科

佳作

080504

小型單體珊瑚的秘密

學校名稱：臺南市東區勝利國民小學

作者： 小五 鍾昀臻 小五 謝奇安 小五 呂愛甯	指導老師： 陳聰智 黃喜美
---	-----------------------------

關鍵詞：單體珊瑚、隔壁、互利共生

摘要

本研究對象為台南山區的小型單體珊瑚化石。我們採集一些柳營尖山、大內口林、左鎮竹坑、二寮景觀剖面、關廟仰龍橋等五處地點的單體珊瑚化石，依其特性與外觀分類，進行出土化石的地層調查與型態分析、硬度與撞擊破壞分析。

我們發現，瘤狀和靴狀單體珊瑚底部的孔洞，是星蟲進出螺類空殼的通道，且與星蟲有互利共生的關係，而出現獨特的移動現象；錐狀和杯狀單體珊瑚，有縱橫兩方向的隔壁，所以結構較堅固。

我們也運用酸液蝕刻分析，對單體珊瑚進行環狀剝殼與橫向切面的結構解析，並結合高倍率顯微鏡，發現單體珊瑚的一些構造特點，進而根據分析結果，配合地質資料，描繪出台南地區地質年代的古地理生態環境。

壹、研究動機

有一次，我們在圖書館看到兩本繪本，「樟湖化石奇幻之旅－單體珊瑚化石篇」和「會說故事的石頭」。從繪本中看到很特別的單體珊瑚。牠們的身體內有特殊的隔壁構造，也有獨特的共生絕招，讓牠們可以在砂質的海底生活，生態適應性能力也比群體珊瑚強；但是，只要有大量泥砂覆蓋，牠們也會死去，而被無情的封藏在地層中。

在自然課本「變動的大地」單元中，我們也學到了地表的變化、岩石、礦物與化石。我們很好奇這樣特殊的單體珊瑚化石，能不能在台南的山區找得到？古代的台南山區，經歷了哪些地表的變化？是一個怎樣的地理環境呢？於是在老師的指導下，我們開始了單體珊瑚的研究。

貳、研究目的

- 一、採集台南山區的單體珊瑚化石，研究地層與化石生物的關係。
- 二、經由生態圖示與型態分析，探討單體珊瑚與星蟲互利共生於海底的方式。
- 三、根據砂紙磨片、撞擊破壞和酸液蝕刻分析，探討單體珊瑚的構造功能與環境條件，並描繪出台南地區地質年代的古地理生態環境。

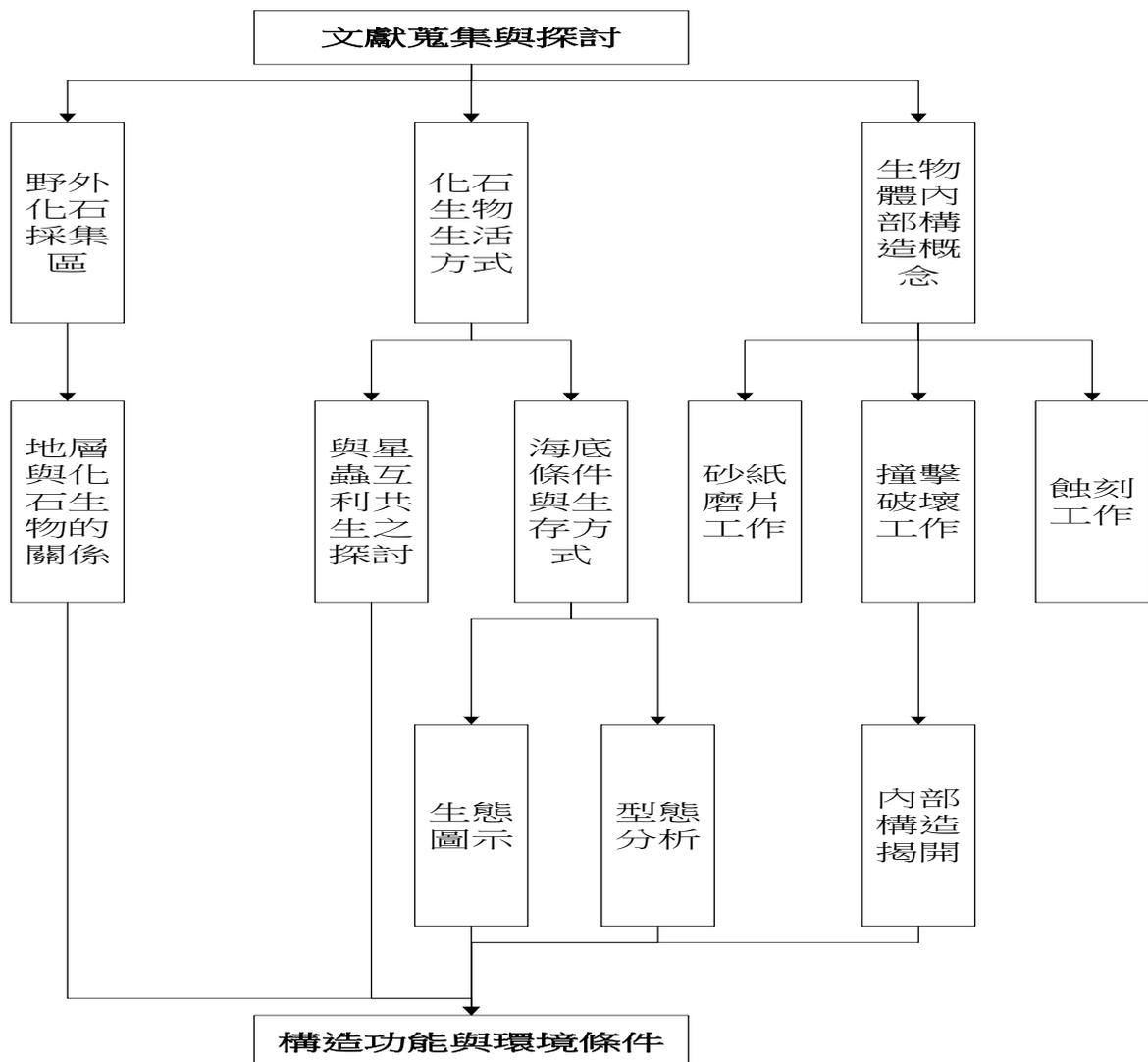
參、研究設備及器材

- 一、設備儀器：空拍機、顯微鏡、放大鏡、平板電腦、超音波洗淨機。
- 二、使用工具：筆記本、夾鏈袋、棉布袋、一字螺絲起子、地質錘、小鏟子、標籤紙、油性筆、篩網、塑膠盤、鹽酸、酒精、小塑膠盒、黏土、硬度1~7的礦物、蠟燭、砂紙、地質圖、計時器、鑷子、培養皿、比例尺、游標尺、剪刀、標籤紙、小刷子、描圖紙。



肆、研究過程與討論

一、研究流程圖



二、文獻與相關資料

(一) 單體珊瑚是什麼？

珊瑚在分類上屬於動物界(Animalia)、刺胞動物門或腔腸動物門(Cnidaria)、珊瑚蟲綱(Anthozoa)、六射珊瑚亞綱(Zoatharia)、石珊瑚目(Scleractinia)，是一種海水中的動物(參考資料1:維基百科)。

珊瑚最基本的生存單位就是一隻珊瑚蟲(Polyp)，每一隻珊瑚蟲都具有觸手、口、腔腸與體壁等構造，觸手像是花瓣一樣圍繞著口部，口部則與腔腸相連接。形態簡單的珊瑚蟲間卻也存在著大大的差異，體型大小可以從小至一公釐到大至數公分皆有。有的珊瑚蟲是單獨生活，形成一個完整的個體，稱為單體珊瑚(Solitary coral)；有的則是珊瑚蟲不斷行出芽生殖產生很多的珊瑚蟲聚集在一起生長形成群體珊瑚。(參考資料2:台灣珊瑚礁學會)

(二) 單體珊瑚如何與藻類共生？

珊瑚大約在每年農曆三、四月左右的大漲潮的黑夜生殖。雌性和雄性珊瑚分別把大量的卵子及精子排放到海水中受精，海中的大潮水，會把受精卵帶到更遠的海域，讓種族散播到更遠的地方，增加生存的地盤。在晚上，珊瑚會伸出觸手去捕食水中的小生物。珊瑚體內有非常多單細胞的共生性藻類，這些共生藻會吸收珊瑚的含氮代謝廢物與二氧化碳，進行光合作用，製造醣類與氧氣，並且將產生的養料直接提供給珊瑚利用。這是雙方都有利的共生型式，稱為互利共生。(參考資料3：國立自然科學館)

(三) 單體珊瑚的生活方式？

Sorokin教授認為，在軟質沉積物所覆蓋的潟湖底部生活區，常群聚特殊珊瑚群落。其中單獨自由生活的珊瑚佔了大部份，如盤狀珊瑚(Fungia)、異質瘤狀珊瑚(Heteropsammia，和異質杯狀珊瑚(Heterocyathus)。砂瘤狀珊瑚固著於空的螺殼上，常被寄居於空螺殼的星蟲(Worm)載著移動，能生活在未完全固結的泥質海底(Muddish Bottom)，具有相當好的生態適應能力。(參考資料4：Sorokin, Y. T., 1995.珊瑚礁生態學)

(四)台南山區曾經發現單體珊瑚嗎？

- 1.1968年林朝棨教授在台南安平採集到三個種的單體珊瑚標本。1971年鄭穎敏教授處理那些單體珊瑚標本，闡釋單體珊瑚與星蟲互利共生的生態，並把單體珊瑚分類為二屬 (Genus) 三種 (Species)，(1) 杯狀單體珊瑚的 *Heterocyathus mai*、*Heterocyathus cochlea*，(2) 瘤狀單體珊瑚 *Heteropsammia cochlea*。(參考資料5)
- 2.台南二寮斜坡道的岩壁與水溝附近，有許多從上層岩層中掉落的古生物，其中有單體珊瑚和蟹守螺共生的化石。(參考資料6：49屆科展作品：細說二寮光陰的故事)
- 3.台南玉井的曾文溪河床有發現單體珊瑚和群體珊瑚。台南走馬瀨的沱水溪層也發現有單體珊瑚，長得很像斷掉的樹木枯枝，橫切面有隔板構造。(參考資料7：52屆科展作品：噍吧侖古環境進行曲)
- 4.台南大內曾文溪右岸口林曲流內彎曲之基岩質河階台地有發現長柱狀六射珊瑚。台南柳營尖山地區也發現單體珊瑚的密集化石。(參考資料8：鍾廣吉、許崑泉、楊正儒-穿梭古今話地質研習講義)
- 5.1982年胡忠桓和陶錫珍發現臺南縣左鎮鄉下部古亭坑層（上新世）產出之一新種單體六射珊瑚，特徵為倒立牛角狀(杯狀珊瑚)，最大個體的最大長度6cm，一般平均4~5 cm。(參考資料9：胡忠恆、陶錫珍-臺南縣左鎮鄉附近下部古亭坑層產一新種單體六射珊瑚及其生態環境之研究)
- 6.2015年那拔國小發表曾文溪六重溪層單體珊瑚種類分析表，發現錐形單體珊瑚、鞋型單體珊瑚和石珊瑚單體型等三個種類，其中鞋型單體珊瑚背面很像鞋子底部，並有一個孔洞，而且每個個體都有此構造，判斷應該是攝取食物的口器。(參考資料11:55屆科展作品：千層派地層古生物復活記)

三、研究項目

【研究一】化石採集與出土化石的地層說明

(一)研究步驟：

1.決定採集化石的地點：我們根據查到的文獻資料，並請教學者專家，決定了下列五處採樣地點。

採集地點	Google地圖	採集地點
第一站： 柳營尖山 23°14'4"N 120°24'8"E 海拔 100m		第四站： 二寮景觀剖面 22°59'52"N 120°24'40"E 海拔 120 m
第二站： 口林基岩質 河階台地 23°8'9"N 120°24'52"E 海拔 20m		第五站： 關廟仰龍橋 22°58'00.7"N 120°20'30.4"E 海拔 40 m
第三站： 左鎮竹坑 23°3'45"N 120°25'8"E 海拔 90m		

2.採集的方法：

1.準備採集化石工具，到達目的地後，老師說明安全注意事項，開始尋找化石。	2.測量化石大小和在岩層中位置；無法採下的化石，做紀錄和拍照。	3.在化石周圍適當處，用地質錘或一字螺絲，往化石底部中心處敲擊，取出化石。
4. 用夾鍊袋和棉布袋放置採集的化石，並在上面記錄時間、地點與編號。	5.回到學校將化石以超音波洗淨機清洗，並分類編號，置入塑膠保存盒內。	6.將含有化石的圍岩，放入大型塑膠箱內保存，對化石堆積情形做研究。

(二)、研究結果：1.五站的出土化石圖片

第一站：柳營尖山



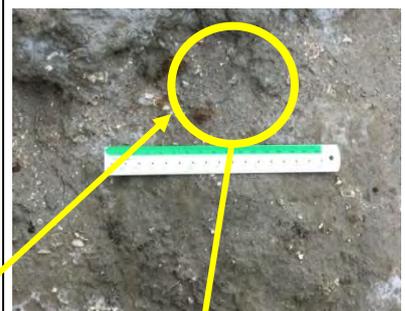
錐狀珊瑚

第二站：口林基岩質河階台地



瘤狀珊瑚

第二站：口林基岩質河階台地



扇狀珊瑚

第三站：左鎮竹坑



杯狀珊瑚

第四站：二寮景觀步道



盤狀珊瑚

靴狀珊瑚

第五站：關廟仰龍橋

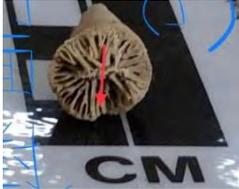
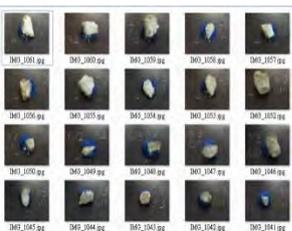
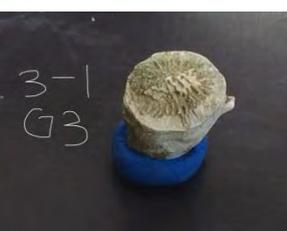
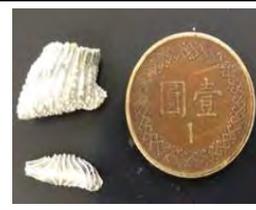


靴狀珊瑚

2.出土化石的地層介紹

位置	第一站： 柳營尖山	第二站： 口林基岩質 河階台地	第三站： 左鎮竹坑	第四站： 二寮景觀剖面	第五站： 關廟仰龍橋
地層	更新世 六重溪層	更新世 六重溪層	更新世 玉井頁岩	更新世 崎頂層 岡子林段	更新世 崎頂層上段 (六雙層)
絕對年代	120~180萬年	120~180萬年	120~155萬年	60~180萬年	40~70萬年
岩性	泥質砂岩和 鐵質砂岩 互層	厚層泥岩或頁 岩及砂岩	泥質岩夾粗砂 岩	泥質砂岩和 鐵質砂岩 互層	厚層砂岩夾 薄層粉砂岩
特徵	<p>1.化石呈密集狀，兩個露頭都分有五層的化石。化石層分布在各層，厚度在1公尺以內。</p> <p>2.整個剖面呈裸岩性的陡崖，各層組成厚層的砂岩。</p> <p>3.在化石層的下段，可以發現較為明確的砂棒型生痕化石，有的零散分布，有的密集分布。</p>	<p>1.夾層砂岩厚度各不相同，薄層在10公分以內，厚層可達超過一公尺。</p> <p>2.地層凸出呈壠狀，在平坦的基岩質河階台地出現幾道土壟。</p> <p>3.夾層砂岩內可以看到許多化石，如二枚貝、螺、蟹、鯊魚牙齒、海膽及海膽刺化石，但是碎片居多。</p>	<p>1.地質似惡地形面的玉井頁岩，呈厚層的泥質岩層，中夾有厚度1公尺左右的砂岩。</p> <p>2.此夾層內的單體珊瑚在砂岩內並未集中、零散、位置不規則。</p> <p>3.單體珊瑚外殼層紋路有被磨損現象，有些珊瑚化石尖端有折斷面，可能顯示這些單體珊瑚並非夾層砂岩同時的原地停積。</p>	<p>1.地層共有七到八層，岩性似砂質，表示較淺的沈積區。</p> <p>2.剖面約有四層在局部位置含有不同類的化石與碎屑化石，不密集而呈零散分布。</p> <p>3.此砂質海底沈積物構成未固結的瀉湖海底，附近也有些小岩塊分布。</p>	<p>1.這裡是一座小山頭，密集的化石分布於小山頭頂下方1-2公尺的位置，厚度約50-100公分</p> <p>2.小山頭的泥質岩塊中的珊瑚化石，大雨時被雨水沖下來，與大量的小塔螺混雜在一起。</p> <p>3.沖散的泥流中單體珊瑚呈分散分布，我們努力的尋找，久久才發現一個。</p>

3.出土化石的介紹

<p>第一站： 柳營尖山</p>				
	<p>錐狀珊瑚長0.4~1.10，寬0.43~1.10，高0.6~2.1公分。</p>	<p>少數錐狀珊瑚，尾部斷裂，外壁紋路磨損不明顯。</p>	<p>錐狀珊瑚的邊緣隔壁突起為鋸齒狀。</p>	<p>從頂面俯視，可以看到隔壁成對稱狀。</p>
<p>第二站： 口林河階台地</p>				
	<p>瘤狀珊瑚長0.4~1.29，寬0.55~0.88，高0.49~0.77公分。</p>	<p>瘤狀珊瑚底部有1~2個星蟲進入的孔洞。</p>	<p>瘤狀珊瑚碎片可以看到星蟲在螺殼內部的螺旋狀空間。</p>	<p>外壁的隔壁數目都是48，是六的倍數，符合六射珊瑚的特徵。</p>
<p>第三站： 左鎮竹坑</p>				
	<p>杯狀珊瑚長0.9~1.89，寬0.7~1.54，高1.16~1.64公分。</p>	<p>杯狀珊瑚體型比較大，外壁有1~6顆粒狀突起物。</p>	<p>許多杯狀珊瑚尾部斷裂，外型像一個杯子。</p>	<p>頂面隔壁多為粉末狀，但有些仍可看出成對稱狀。</p>
<p>第四站： 二寮景觀剖面</p>				
	<p>有許多盤狀碎片，1枚完整的盤狀，2枚靴狀和1枚扇狀珊瑚。</p>	<p>完整的盤狀珊瑚，長0.85，寬0.69，高0.25公分，體型很小。</p>	<p>可看到珊瑚體覆蓋在塔螺表面，外觀像靴子的形狀。</p>	<p>盤狀珊瑚的表面隔壁呈突出的條紋形狀。</p>
<p>第五站： 關廟仰龍橋</p>				
	<p>靴狀珊瑚長.8~1.4，寬0.4~1.10，高0.45~1.11公分。</p>	<p>底部有一顆顆的突起物，和一個星蟲進入的孔洞。</p>	<p>外觀為靴子狀，紋路明顯，彼此之間體積差異較大。</p>	<p>也發現了1顆瘤狀珊瑚和1顆錐狀珊瑚，還有盤狀珊瑚碎片。</p>

(三)發現與討論

1.我們將五個地點所採集到的標本，依其形狀分成六類。

形狀分類	錐狀	杯狀	瘤狀	靴狀	扇狀	盤狀
立面圖						

2.六類發現的單體珊瑚，化石數量表與推測的生存環境如下：

地點	1-尖山		2-口林		3-左鎮		4-二寮		5-仰龍橋		合計			推測的生存環境
	完整	不完整	完整	不完整	完整	不完整	完整	不完整	完整	不完整	完整	不完整	總數	
錐狀	14	12	2						1		17	12	29	A：底部完整尖錐形插入未固結粗砂質海底。
杯狀					5	13		2			5	15	20	B：底部平坦固著於海底崩塌的岩塊上。
瘤狀	2	3	8	8	2				1	5	13	16	29	C：生活於粗砂質海底，並與星蟲共生。
靴狀		1	1				2		9	4	12	5	17	D：生活於細砂質海底，並與星蟲共生。
盤狀				1			1	13		3	1	17	18	E：生活於粗生物碎屑質海底。
扇狀			1			3		1			1	4	5	B：底部平坦固著於海底崩塌的岩塊間。
合計	16	16	12	9	7	16	3	16	11	12	49	69	118	

備註：不完整指化石有破碎但其完整程度大於二分之一，化石完整程度小於二分之一則不予計入。

3.以發現標本的位置區分：

第一站尖山發現的大都是錐狀珊瑚、第二站口林大部分是瘤狀珊瑚、第三站左鎮都是杯狀珊瑚，其外型較大，外壁也有粒狀突起物、第四站二寮多數是不完整的盤狀珊瑚、第五站關廟仰龍橋大都是靴狀珊瑚，我們推測珊瑚依其種類不同，生存具有地域性。

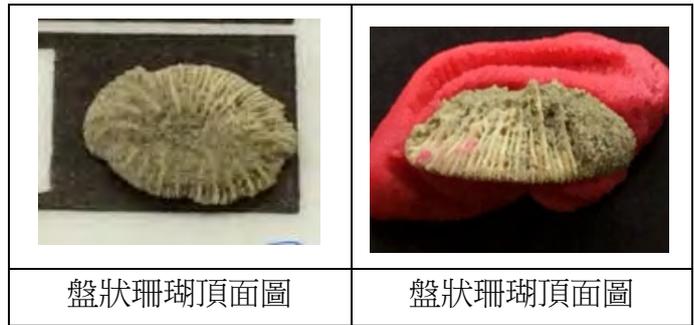
4.以完整標本的數量區分：

最多的是錐狀、杯狀、瘤狀和靴狀珊瑚，我們認為錐狀和杯狀珊瑚，可能是因為內部的隔壁結構較強壯，所以能夠抵抗環境的衝擊而保存下來；另外瘤狀和靴狀珊瑚，因和星蟲共生，形狀構造也能抵抗環境水流的搬運作用，而有相當數量完整地保存下來。

5.以不完整破碎標本的數量區分：

錐狀和杯狀珊瑚有許多尾部斷裂，我們認為可能是底部固著在岩塊生長而呈斷裂的扁平狀，或是在水流搬運的過程中，因尖端結構較脆弱而遭到外力撞擊斷裂。盤狀珊瑚可能是因為其淺盤型的結構較脆弱，所以在環境的衝擊下碎裂而無法完整的保存下來。

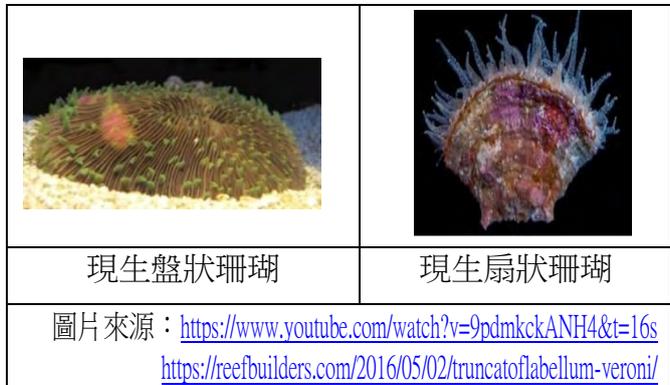
6.我們在二寮只發現一枚完整的盤狀珊瑚(右圖)，依其形態應容易破損，此標本完整且表面未受到搬運作用磨損，可能為原地標本，推測二寮地區，有局部粗生物碎屑質的生存環境。



7.我們在口林和二寮各發現一枚扇狀珊瑚(右圖)，其隔壁構造粗壯結實，底部斷裂呈固著構造，推測可能固著生長在岩塊之間，成扁平才不易碰到其他岩塊。



8.比較現生的圖片(右圖)，盤狀珊瑚上方整個半球面都有觸手，其他形狀的單體珊瑚，觸手都在頂面。扇狀珊瑚的觸手都沿著扇形頂面生長，且外壁的紋路明顯。在前人研究裡沒有發現這兩種珊瑚的記載，顯示這個區域珊瑚類型的多樣性。



9.在右圖中，可以看到我們採集的化石圍岩和台南海邊窪地堆積的貝類碎屑有相同的分布情形。雖然我們沒有採集到現生的單體珊瑚，但是可以在不同時空的看到相同堆積方式。在這個驗證了一句地質哲理：「現在是過去的鑰匙」。



10.利用空拍機對口林地區進行河岸兩邊的環境地形拍攝，左岸為崩塌地形(右上圖)，可以看到崩塌地下方河岸堆積許多有稜有角的塊石，右岸為基岩質台地地形(右下圖)，靠近河邊處布滿鵝卵石，顯見這些鵝卵石是經過搬運過程而將稜角給磨圓滑了。由此可以驗證我們在基岩質台地中發現許多單體珊瑚化石標本，有破碎或表面磨損現象，使得珊瑚外壁的紋路看不清楚，應該有部分是受到水流搬運作用的影響。



		
<p>圖1-1：口林採集的瘤狀珊瑚，底部有一或二個星蟲孔洞</p>	<p>圖1-2：現生瘤狀珊瑚底部的孔洞，可看到星蟲。</p>	<p>圖1-3：現生瘤狀珊瑚在砂質海底，被星蟲帶動行走的軌跡。</p>

圖 1-2 來源：<https://www.youtube.com/watch?v=OdsmSVKiMuk&t=1s>

圖 1-3 來源：<https://www.youtube.com/watch?v=N2EHT7ubfTE>

11.從圖 1-1，口林採集到瘤狀和靴狀珊瑚底部側邊，均有發現一到二個孔洞；但是在圓錐形的杯狀珊瑚並沒有發現孔洞。推測因為螺殼形狀限制，所以只會逐漸生長成瘤狀或靴狀的珊瑚。

12.在前人的科展研究中(參考資料 11)，曾經推測單體珊瑚底部的孔洞是珊瑚攝取食物的口器。

從圖 1-2 中，可以看到星蟲從瘤狀珊瑚底部的孔洞進出；從圖 1-3 中，可看到現生瘤狀珊瑚在砂質海底，被星蟲帶動行走的軌跡，我們認為這些孔洞應該是星蟲進出螺類空殼的通道。

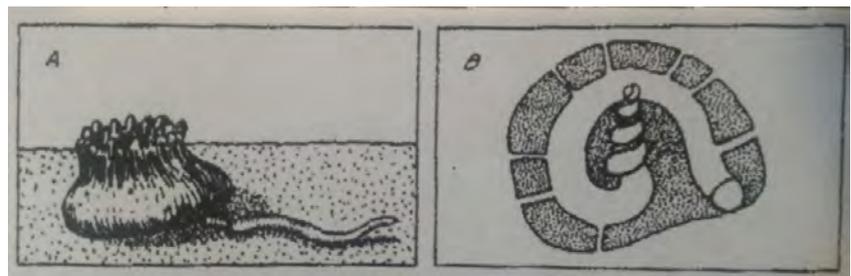


圖 1-4：星蟲從瘤狀珊瑚底部的孔洞進出(圖片來源：參考資料 4)

13.Sorokin 教授在珊瑚礁生態學中，描述了星蟲從瘤狀珊瑚底部的孔洞進出的情形(圖 1-4)。鄭穎敏教授也提出星蟲與單體珊瑚有互利共生情形(圖 1-5)。根據這些資料和我們的發現，我們認為珊瑚幼體定居螺類的空殼表面而成長，然後螺類的空殼裡面再被星蟲寄居，星蟲得到一個安全庇護的住所，珊瑚也因為星蟲的帶動而可以行走覓食，也可避免被海底的砂石淹沒。所以也可確定這些孔洞星蟲進出螺類空殼的通道，而不是攝取食物的口器。

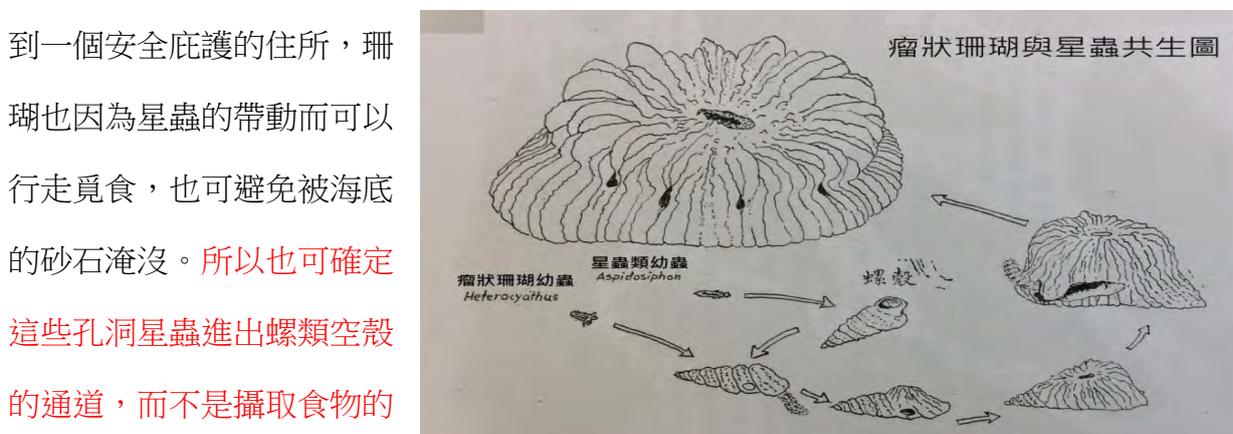
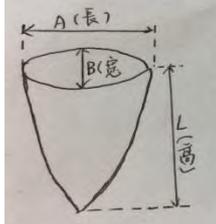
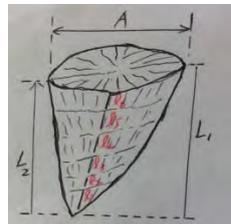


圖 1-5：瘤狀珊瑚與星蟲共生圖(圖片來源：參考資料 5)

【研究二】化石的長-寬-高與型態分析

(一)研究步驟：

1.由一人以游標尺測量 A、B、L、等項目數值，測量到小數點以下兩位(單位：公分)。

A:化石橫向剖面的長 B:化石橫向剖面的寬 L:化石縱向的高 L1：長斜邊的長度 L2：短斜邊的長度 P：型態係數=(L1/L2)-1 單位：公分		
--	--	---

2.再由另一人以游標尺檢查測量結果，如有誤差則討論找出誤差原因後重測。

3.將五個站的化石依其分類形狀的順序量測。

4.將量測結果用 excel 圖表軟體繪製出四種關係圖。

(二)研究結果：

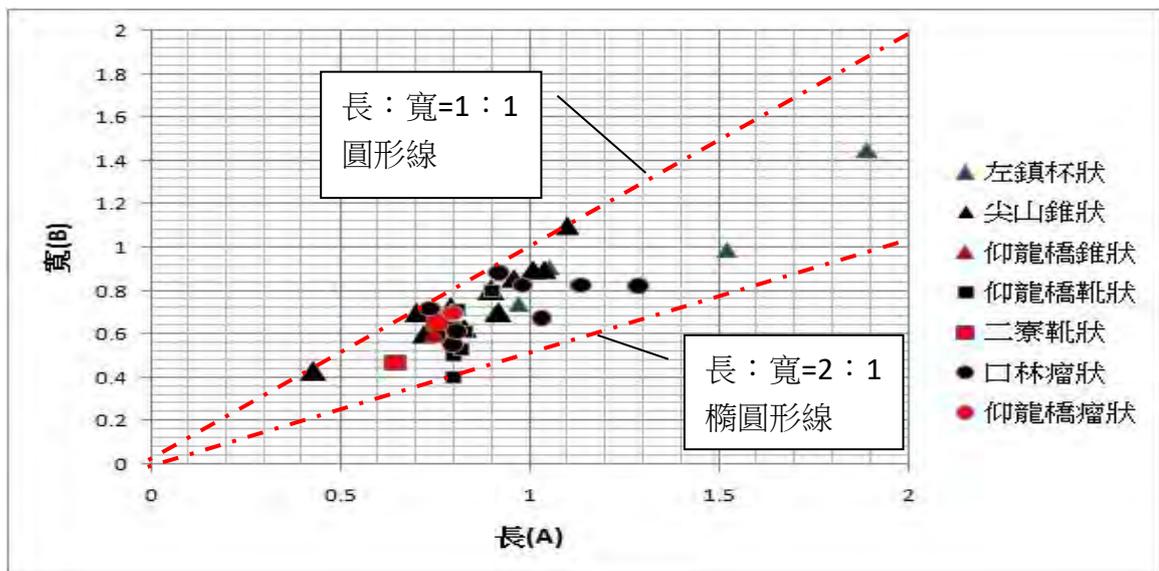
1.單體珊瑚量測記錄表(A-B-L)

位置	化石編號	個數編號	A	B	A/B	A/B平均值	L	位置	化石編號	個數編號	A	B	A/B	A/B平均值	L
左鎮杯狀	G4	1	0.91	0.7	1.30	1.31	1.5	二寮靴狀	R6	21	0.65	0.47	1.38	1.41	0.39
左鎮杯狀	G16	2	0.97	0.74	1.31		1.46	二寮靴狀	R3	22	0.76	0.65	1.17		0.51
左鎮杯狀	G9	3	1.05	0.91	1.15		1.64	仰龍橋靴狀	Y11	23	0.76	0.6	1.27		0.45
左鎮杯狀	G1	4	1.52	0.99	1.54		1.71	仰龍橋靴狀	Y6	24	0.8	0.5	1.60		0.6
左鎮杯狀	G-s	5	1.89	1.45	1.30		1.72	仰龍橋靴狀	Y8	25	0.8	0.63	1.27		0.52
仰龍橋錐狀	Y10	6	0.75	0.6	1.25	1.12	0.88	仰龍橋靴狀	Y2	26	0.8	0.5	1.60	0.61	
尖山錐狀	J10	7	0.43	0.43	1.00		0.6	仰龍橋靴狀	Y4	27	0.8	0.4	2.00	0.84	
尖山錐狀	J18	8	0.72	0.6	1.20		*	仰龍橋靴狀	Y9	28	0.81	0.71	1.14	0.59	
尖山錐狀	J5	9	0.83	0.63	1.32		1.4	仰龍橋靴狀	Y7	29	0.82	0.53	1.55	0.71	
尖山錐狀	J15	10	0.74	0.7	1.06		*	仰龍橋靴狀	Y12	30	0.83	0.61	1.36	0.55	
尖山錐狀	J8	11	0.7	0.7	1.00		1.16	仰龍橋靴狀	Y5	31	0.9	0.8	1.13	0.78	
尖山錐狀	J2	12	0.79	0.73	1.08		1.62	口林瘤狀	k3	32	0.74	0.72	1.03	1.30	0.83
尖山錐狀	J14	13	0.9	0.8	1.13		*	口林瘤狀	k4	33	0.8	0.55	1.45		0.69
尖山錐狀	J6	14	0.9	0.8	1.13		1.3	口林瘤狀	k14	34	0.81	0.61	1.33		0.47
尖山錐狀	J7	15	0.9	0.8	1.13		1.42	口林瘤狀	k6	35	0.92	0.88	1.05		0.45
尖山錐狀	J3	16	1.01	0.9	1.12	2.1	口林瘤狀	k5	36	0.98	0.83	1.18	0.58		
尖山錐狀	J4	17	0.92	0.7	1.31	1.93	口林瘤狀	k9	37	1.03	0.67	1.54	0.57		
尖山錐狀	J1	18	0.96	0.86	1.12	1.65	口林瘤狀	k7	38	1.14	0.83	1.37	0.68		
尖山錐狀	J12	19	1.04	0.9	1.16	*	口林瘤狀	k2	39	1.29	0.82	1.57	0.73		
尖山錐狀	J16	20	1.1	1.1	1.00	*	仰龍橋瘤狀	Y1	40	0.8	0.7	1.14	0.55		

(說明：*號表示單體珊瑚化石尾部斷裂，高度 L 值無法量測)

(三)發現與討論：

1. 橫向剖面長 A(X 軸)與寬 B(Y 軸)關係圖



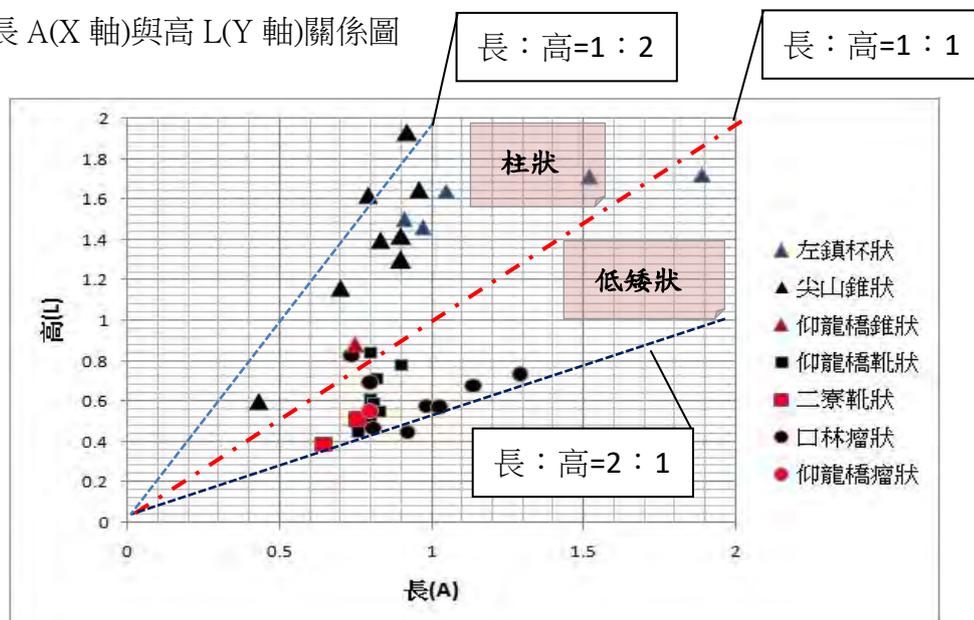
討論 1：(1)橫剖面大小相當集中，長在 0.5~1.5 公分，寬則在 0.4~1.0 公分。

(2)有兩顆左鎮的杯狀珊瑚較遠離，體型比較大，長度在 1.5~2.0 公分。

(3)剖面形狀均為圓形或長寬比小於 2 的橢圓形，圓形係數差異不大，顯示

單體珊瑚生長在受水流影響不大的潟湖環境。

2. 橫向剖面長 A(X 軸)與高 L(Y 軸)關係圖



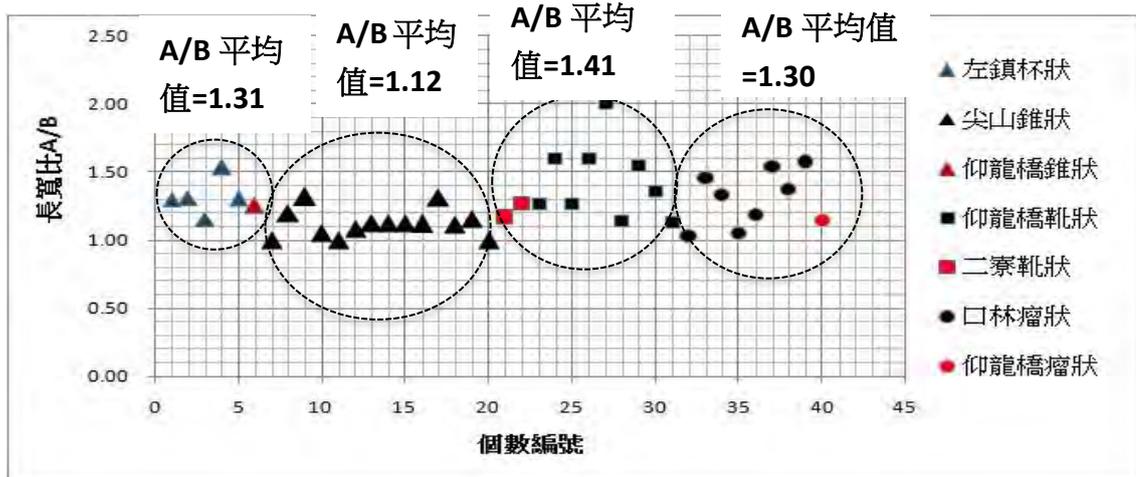
討論 2：

(1)杯狀和錐狀珊瑚的高度都大於長， $L > A$ ，外型接近柱狀；

(2)靴狀珊瑚和瘤狀珊瑚的高度都小於長， $L < A$ ，外型接近低矮狀。

(3)珊瑚體接近低矮狀是為了方便星蟲拉著移動，所以當珊瑚體太大時，星蟲會因為拉不動牠而離開殼體而離開，這可能是造成珊瑚的死亡原因之一。

3.長寬比(A/B)分布關係圖



討論3：

- (1)尖山的錐狀珊瑚橫剖面長寬比1.12，較接近圓形，從這裡可以得知，此區域成長環境的水流較緩慢，營養源來自四面八方，單體珊瑚可以四個方向一起成長。
- (2)其他站的珊瑚橫剖面都接近橢圓形，長寬比介於1.30~1.41之間，也表示生長環境的水流方向穩定。
- (3)比較現生 2012 年在印尼峇里島拍攝的珊瑚影片截圖 2-1，可以發現瘤狀珊瑚散布在砂質海底的情形，海底水質清澈，單體珊瑚外型符合低矮狀，都由星蟲帶著在砂質海底移動的情形。
- (4)我們認為瘤狀與靴狀生存過程，需與星蟲互利共生，生存環境的營養源相對減少，從圖 2-2 中可以看到單體珊瑚生存海域中生物不多，與一般珊瑚礁環境魚類生態豐富有明顯不同。我們推測古台南境內的採集點是和影片相同的內海瀉湖海底，有類似的環境。



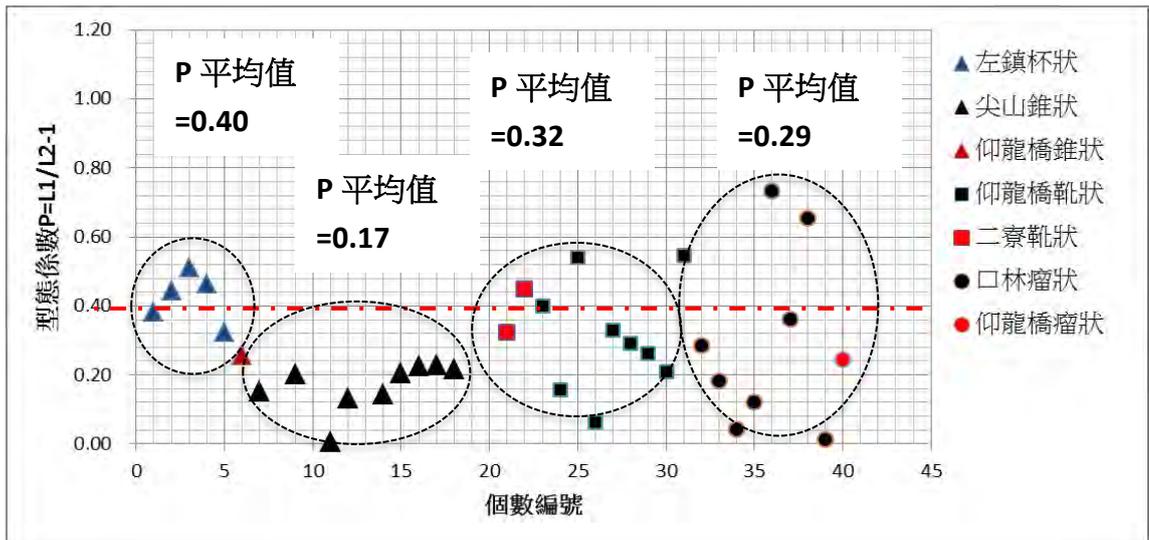
圖2-1：海馬周圍有幾隻單體珊瑚和其移動痕跡，珊瑚頂面接近圓形，觸手伸出擺動



圖2-2：影片能見度清晰，顯示海水清澈水流穩定，眾多的瘤狀珊瑚群聚生活著。

圖 2-1，圖 2-2 來源：<https://www.youtube.com/watch?v=N2EHT7ubfTE>

4. 型態係數 P 分布關係圖 (單體珊瑚量測記錄表(L1-L2-P) 略)



討論：

- (1) 單體珊瑚兩側生長高度以尖山錐狀最均勻，型態係數 P 平均值 0.17；
口林瘤狀珊瑚變化較大，但是型態係數 P 平均值亦僅 0.29。
- (2) 大部分的 P 值都在 0-0.4 之間，顯示 L1、L2 高低相差不大，珊瑚頂面觸手就能吸收到食物，滿足生長所需，也表示此區域流水穩定，營養源趨穩定。
- (3) 比較圖 2-3 和圖 2-4，可以發現單體珊瑚底部固著在堅硬的岩塊上伸出其觸手覓食，珊瑚體壁有一側朝著營養源的水流方向略微彎曲，此可推測珊瑚兩側生長高度可能是為了尋找食物而改變。
- (4) 比較圖 2-5 和圖 2-6，可以看到單體珊瑚的底部因為固著在岩塊上，所以成平面形狀，此也驗證了我們採集到的杯狀和錐狀珊瑚，有些底部有斷裂的現象，這可能是其底部固結在岩塊上面的結果。
- (5) 比較圖 2-7 和圖 2-8，我們推測底部是尖錐形的杯狀和錐狀珊瑚，其底部可能是插在砂質海底生長，所以能完整的保存下來。

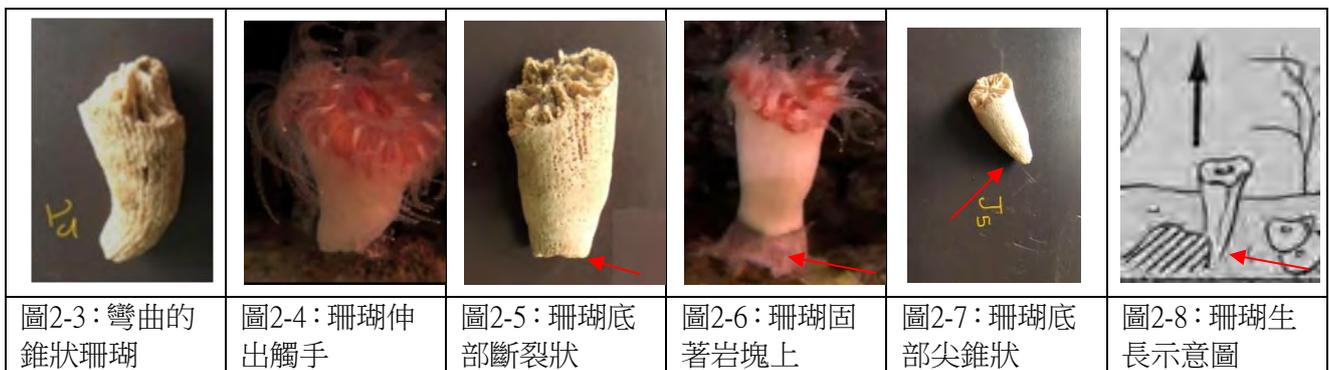


圖 2-4、2-6 來源：2008 年在澳洲 *Balanophyllia* 海底拍攝的珊瑚 <https://www.youtube.com/watch?v=FgDbDsI0aDw&t=11s>
圖 2-8 來源：principles of Paleontology, David M. Raup, p.286

【研究三】化石的硬度分析

(一)研究步驟：

- 1.我們蒐集莫氏硬度表中，硬度1~7的標準礦物，分別是：(1)-滑石，(2)-石膏，(3)-方解石，(4)螢石，(5)-磷灰石，(6)-正長石，(7)-石英。
- 2.在硬度1.我們將找到的五類珊瑚化石和現生珊瑚、現生二枚貝做比較，採用莫氏硬度標準，測試相對硬度。1~7的礦物上選定一個較平滑面，以珊瑚化石在礦物表面依順序刻畫，如果礦物表面出現凹痕，則表示珊瑚化石的硬度大於此礦物。
- 3.若某種礦物的硬度在兩種標準礦物之間，則會用 ~ 表示。
- 4.每一種化石硬度實驗做完之後，再由另一位同學確認後，完成紀錄。

(二)研究結果：

1.這是我們的硬度試驗紀錄表：(○：有凹痕 , x：無凹痕)

硬度	1-滑石	2-石膏	3-方解石	4-螢石	5-磷灰石	6-正長石	7-石英	硬度值
現生珊瑚	○	○	○	x	x	x	x	3~4
現生二枚貝	○	○	x	x	x	x	x	2~3
杯狀珊瑚化石	○	○	○	x	x	x	x	3~4
錐狀珊瑚化石	○	○	○	x	x	x	x	3~4
靴狀珊瑚化石	○	○	○	x	x	x	x	3~4
瘤狀珊瑚化石	○	○	○	x	x	x	x	3~4
扇狀珊瑚化石	○	○	x	x	x	x	x	2~3
盤狀珊瑚化石	○	○	x	x	x	x	x	2~3



(三)發現與討論：

我們的實驗結果發現現生二枚貝、扇狀珊瑚化石和盤狀珊瑚化石，它們的相對硬度都在2~3之間,比較容易破碎;現生珊瑚、杯狀、錐狀、靴狀和瘤狀珊瑚化石，它們相對硬度都在3~4之間，可以證明珊瑚在水流搬運過程，會被硬度5以上的石頭或是細砂等磨損。我們在後續的研究中，也會使用硬度較大的砂紙，對珊瑚化石進行磨片分析。

【研究四】化石的撞擊破壞分析

(一)研究步驟：

					
1.將500克重砝碼集成一包，用塑膠袋包裝起來	2.一共5包，總重量從500~2500公克重。	3.將測試物放在鐵板上，面中間處。	4.外包一個塑膠盒長寬高30*20*25公分。	5.上面再覆蓋另一片鐵板，使撞擊力均勻。	6.將重物以自由落體撞擊測試物。

(二)研究結果：(○：未碎裂) x：有碎裂

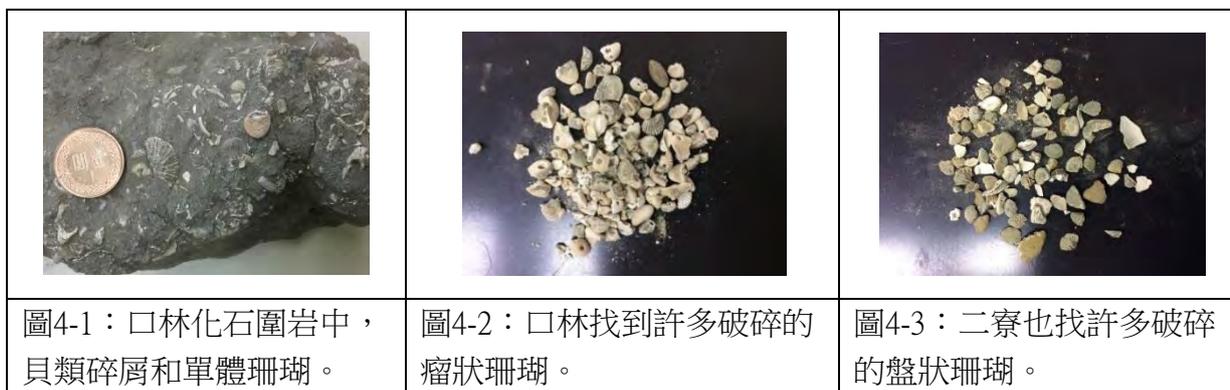
撞擊次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21~25	26	27	28	29	30
高度(m)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
重量(kg)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
現生群體珊瑚	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	x
錐狀珊瑚化石	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	x													
杯狀珊瑚化石	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	x							
靴狀珊瑚化石	○	○	○	○	○	○	x																			
瘤狀珊瑚化石	○	○	○	○	○	x																				
現生二枚貝	○	○	○	○	○	○	○	○	○	x																

					
現生群體珊瑚碎裂	錐狀珊瑚化石碎裂	杯狀珊瑚化石碎成兩半	靴狀珊瑚化石碎裂	瘤狀珊瑚化石碎裂	現生二枚貝碎裂

(三)發現與討論

- 1.現生群體珊瑚承受的撞擊破壞力大於現生的二枚貝，我們認為是因為內部結構強弱的不同，這也驗證我們在口林與尖山發現化石圍岩中(圖4-1)，有大量的貝類碎屑，卻還能看到完整的單體珊瑚。

- 2.現生群體珊瑚承受的撞擊破壞力大於單體珊瑚化石，是因為單體珊瑚化石長期埋在地層中，已受到的分解作用、風化作用與地質構造作用的影響，產生脆化的現象，而容易破碎。
- 3.比較單體珊瑚化石的撞擊承受力，可能是杯狀的接近長條柱狀，加上內部有較厚長的隔壁構造，所以結構上比較強壯。這從我們在口林找到許多破碎瘤狀珊瑚(圖4-2)，在二寮找到許多破碎的盤狀珊瑚 (圖4-3) 可以得到驗證。



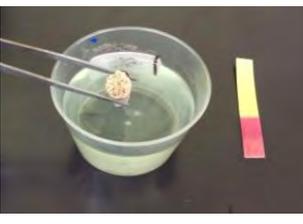
- 4.在單體珊瑚化石中，以杯狀珊瑚能承受的撞擊破壞力最強。在圖4-5中，杯狀珊瑚直接裂成完整的兩半，並沒有被擊碎。我們推測，當珊瑚往上生長時，珊瑚蟲分泌碳酸鈣構成保護的外骨骼，同時長出朝向中軸的橫向與縱向隔壁，還有很細的縱向隔壁，和環形的生長線組合成像扇狀骨架般圓弧強化的結構，所以在遭受大的外力撞擊時，能保持較完整的形狀。
- 5.我們在野外採集化石時，發現斷裂的樹幹剖面 and 動物的骨頭剖面，也有出現圓弧形的生長痕跡(圖4-4)，有增加強度抵擋外力破壞的功能。
- 6.在圖4-6中，可以看到中軸底部充滿不規則狀的碳酸鈣但是沒有隔壁，中軸上方開始出現橫向隔壁(黑色)，但是縱向隔壁(藍色)從底部附近就往上生長，中軸兩側出現了類似年輪的生長線(紅色)和外壁內側也出現疑似共生藻的薄層(黃色)。



圖4-4來源：<https://www.slideshare.net/leo424y/1030720-37240398>

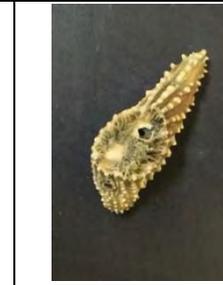
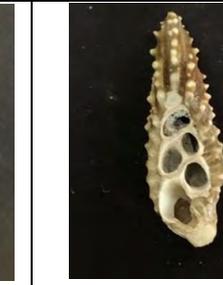
【研究五】化石切面磨片分析

(一)研究步驟：

			
1.選定單體珊瑚化石標本	2.以超音波清淨機清洗砂土等異物	3.拍攝單體珊瑚上下的剖面	4.從尾端以圓圈方式磨片於細砂紙上。
			
5.用放大鏡觀察剖面變化情形	6.將尾端浸入酸液。	7.重複前面4~6步驟，並拍攝剖面構造。	8.再由外而內，依前面步驟蝕刻縱剖面。

(二)研究結果與討論：

1.靴狀珊瑚切面

				
圖5-1-1：靴狀珊瑚，底部有一個孔洞。	圖5-1-2：從靴狀珊瑚上方以砂紙磨面。	圖5-1-3：出現一個孔洞和一個小白點。	圖5-1-4：繼續以磨面，出現五個孔洞，	圖5-1-5：現生塔螺的內部結構。

討論：

(1)由圖5-1-4和5-1-5，發現靴狀珊瑚底部，和現生塔螺類似，所以推測，

靴狀珊瑚生長在塔螺上。

(2)我們推測，**當塔螺死去之後，星蟲利用塔螺底部的孔洞進出，也是居住在塔螺內部的空間，與單體珊瑚有互利共生的關係。**

2.瘤狀珊瑚切面

		
<p>圖5-2-1：A瘤狀珊瑚頂面出現泡沫狀結構，48個隔壁向中軸的方向生長。</p>	<p>圖5-2-3：B瘤狀珊瑚頂面與A瘤狀珊瑚類似的構造，但較為模糊。</p>	<p>圖5-2-5：C瘤狀珊瑚縱切面，看到空隙處夾雜黑色物質。</p>
		
<p>圖5-2-2：A瘤狀珊瑚底部，看到星蟲的孔洞，由圓形擴大呈條型。</p>	<p>圖5-2-4：B瘤狀珊瑚底部，看到星蟲的活動空間充滿黑色物質。</p>	<p>圖5-2-6：C瘤狀珊瑚縱切面，看到裡面空隙處夾雜黑色沉積細粒物</p>

討論：

- (1)由圖5-2-1可以發現瘤狀珊瑚外壁有48個隔壁，向中軸延伸。
- (2)由圖5-2-2和5-2-4，發現星蟲的孔洞是螺旋狀的。
- (3)由圖5-2-5和5-2-6，發現星蟲軌道填充很多細砂，推測是星蟲離開了單體珊瑚，所以星蟲和單體珊瑚之間，不是永久的互利共生關係。

【研究六】化石構造蝕刻分析

(一)研究步驟：



1.橫切面分析：

將單體珊瑚分成上中下的三個部位，進行橫切面，以砂紙從底部往上磨面，觀察各磨片切面的隔壁構造，並以酸液蝕刻，觀察內部構造。最後再跟最頂部切面的隔壁結構進行比較。



2.環狀剝殼分析：

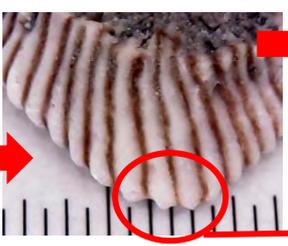
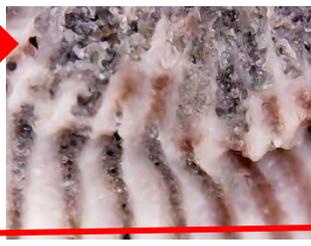
將單體珊瑚的外殼，透過酸液蝕刻步驟，隨著蝕刻時間的增加，一層一層的蝕刻移除掉，每一間段以清水清洗與空氣槍噴乾後，用高倍顯微鏡拍照。透過這樣類似這種剝洋蔥皮的分析手法，觀察由外層到內層的隔壁結構狀況。

3. 為觀察單體珊瑚內部的構造，採取較長時間的酸液蝕刻，分階段拍照記錄，如下圖：



(二)研究結果與討論：

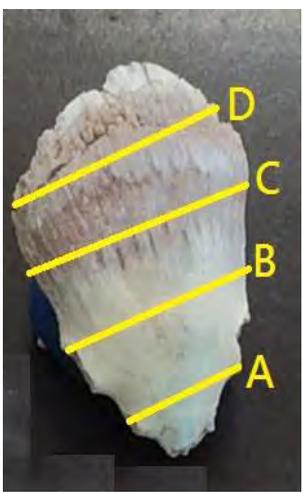
1.瘤狀珊瑚蝕刻分析

			
圖6-1-1：瘤狀珊瑚	圖6-1-2：側面放大	圖6-1-3：頂面放大	圖6-1-4：仰視底部放大

討論：

- (1)圖6-1-1和6-1-3，發現瘤狀珊瑚的隔壁上面有填充砂子，看起來沒有向中軸延伸。
- (2)圖6-1-4，發現隔壁有二合一的現象，還發現星蟲孔洞內的砂子是黑色的，隔壁之間，才是棕黃色的。
- (3)我們推測棕黃色是鐵質細砂，黑色是泥質細砂。

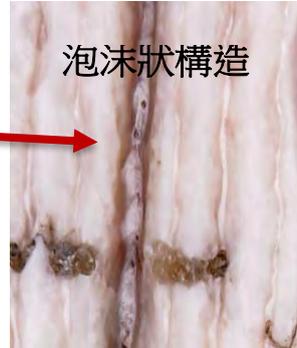
2.杯狀珊瑚橫切面分析

			
	圖6-2-1:A縱切面	圖6-2-2:B縱切面	圖6-2-5:C橫切面
圖6-2：由底部向上分成ABCD四切面。			
	圖6-2-3:A橫切面	圖6-2-4:B橫切面	圖6-2-6:D橫切面放大

討論：

- (1) 圖6-2-1和6-2-2，發現隔壁兩兩成對。
- (2) 圖6-2-6，發現中軸是腦狀，四周圍是放射狀。
- (3) 圖6-2-3到6-2-5，推測孔洞可能是現生時的軟體，或是縱橫向的隔壁生長時，自然形成的空隙。

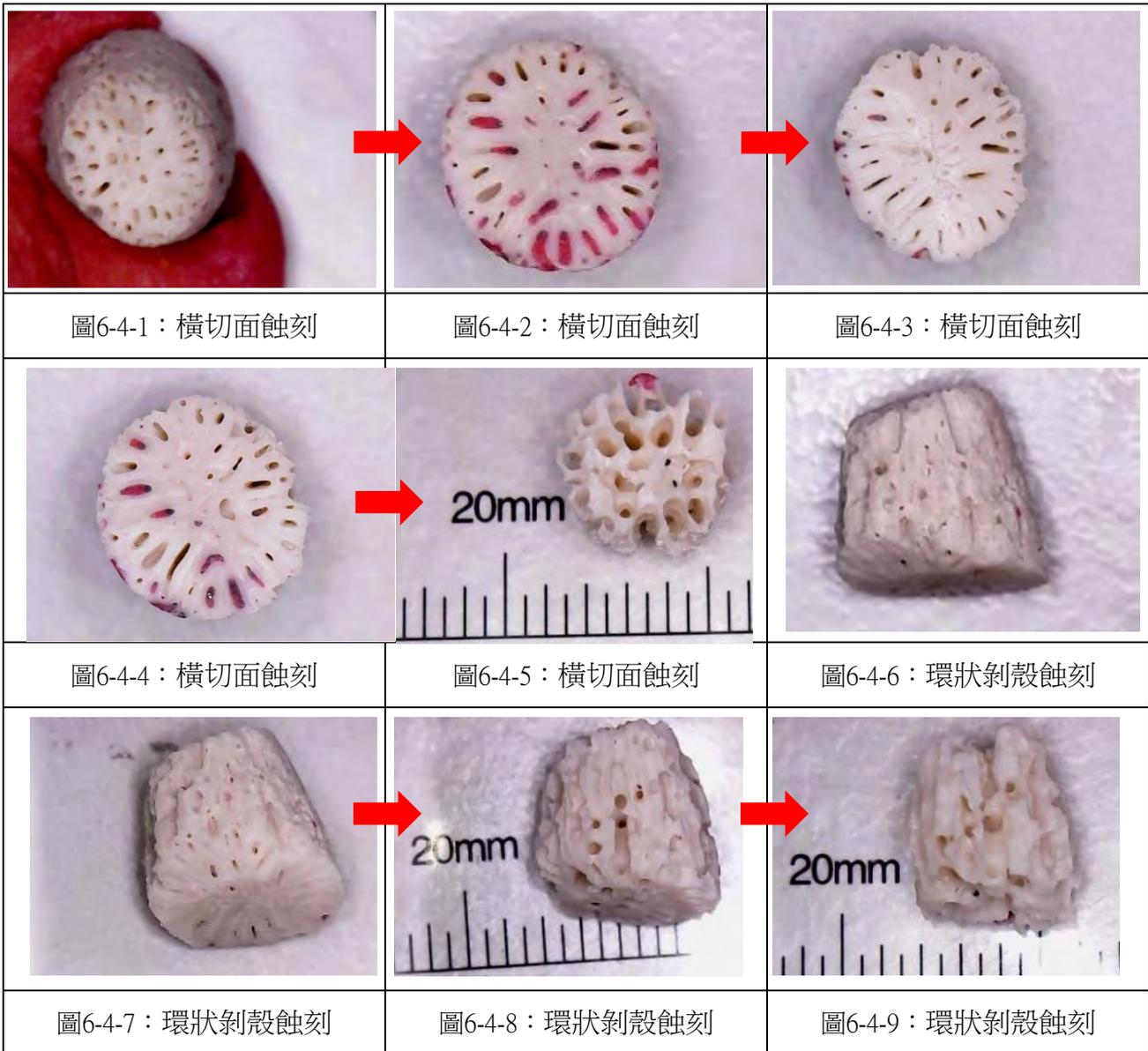
3.杯狀珊瑚環狀剝殼分析

			
圖6-3-1: 泡酸液9分鐘	圖6-3-2: 泡酸液18分鐘	圖6-3-3: 泡酸液27分鐘	圖6-3-4: 泡酸液36分鐘
			
圖6-3-5: 局部放大	圖6-3-6: 局部放大	圖6-3-7: 局部放大	圖6-3-8: 局部放大
			
圖6-3-9: 隔壁橫切面	圖6-3-10: 橫切面放大	圖6-3-11: 橫切面放大	圖6-3-12: 橫切面放大

討論：

- (1)由圖6-3-1到圖6-3-4，發現杯狀有不同的耐酸蝕刻強度，隔壁兩兩成對，或四個四個成對。
- (2)由圖6-3-5到圖6-3-8，可看到珊瑚開始有糊狀物遮蓋，繼續蝕刻，糊狀覆蓋物會被逐步蝕刻掉，可看到**隔壁間隙有棕黃色填充物，推測是鐵質細砂**，而且每個隔壁都變清楚了。
- (3)由圖6-3-9到圖6-3-12，經過長時間的蝕刻，可以看到兩個隔壁之間有**泡沫狀構造**，此結構比較脆弱，所以很容易先被蝕刻掉，留下比較強的主隔壁結構，形成類似坑道的結構
- (4)推測雖然化石成分都是碳酸鈣組成，但**不同區塊會有不同支撐珊瑚體結構的功能**，所以**會表現出不同程度的耐酸蝕刻強度**。

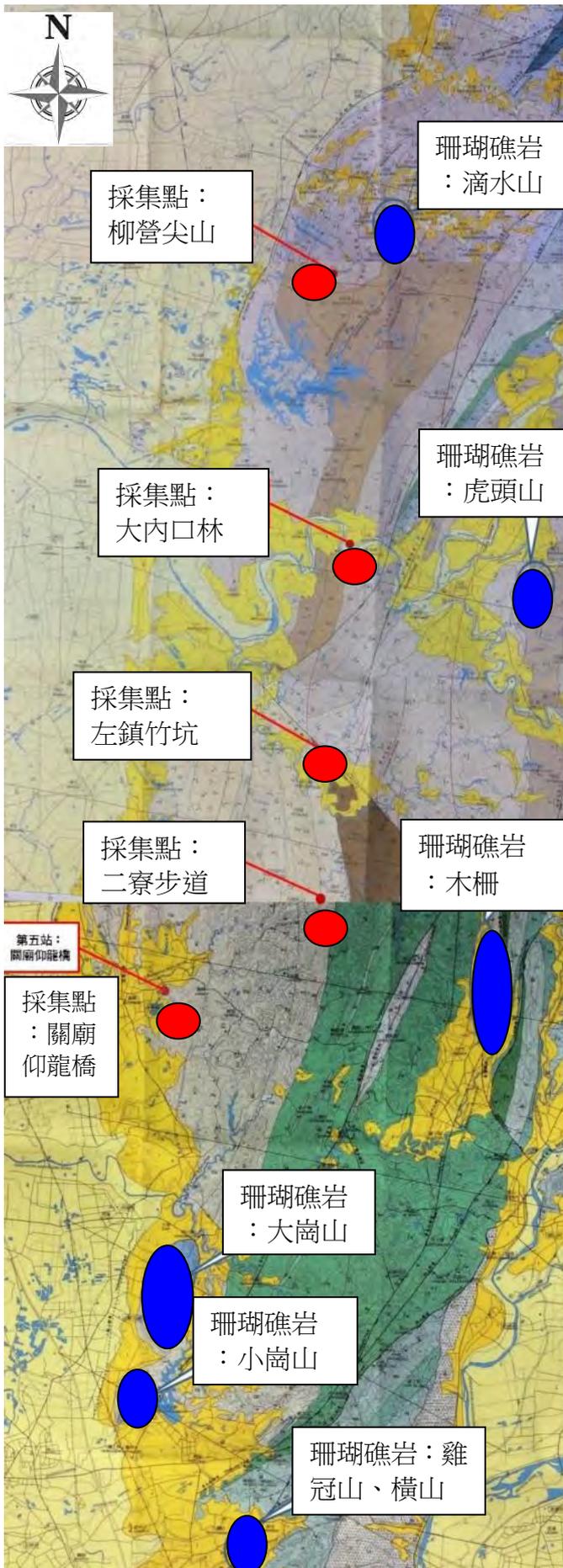
4. 錐狀珊瑚橫切面與環狀剝殼分析



討論：

- (1) 圖6-4-1到圖6-4-5是隨著酸蝕刻時間增加而呈現的橫切面外觀，可以看到尖山錐狀珊瑚橫切剖面較接近圓型，顯示受流水影響小，亦即水流流動力小。
- (2) 隨著酸蝕刻時間的增加，珊瑚的外壁會逐步被蝕刻掉，可以觀察到中軸的部位是呈現似腦狀分布的結構，而外圈是呈現分支狀的隔壁構造。
- (3) 圖6-4-6到6-4-9是隨著酸蝕刻時間增加而呈現的縱剖面外觀。隨著酸蝕刻時間的增加，體壁變得越來越粗糙，我們發現珊瑚體壁有不同的耐酸蝕刻強度，最後形成坑道狀的隔壁構造。
- (4) 跟前面的左鎮杯狀珊瑚比較起來，尖山錐狀珊瑚在逐步的酸蝕刻過程中，是沒有觀察到棕色填充物的物質出現，全部的蝕刻過程珊瑚都是呈現碳酸鈣的白色。

【研究七】台南地區地質年代的古地理分析



討論1：距今約百萬年的更新世時期，台南山區一帶都仍在海底，但因為地殼隆起，使得海岸線漸漸後退；根據林朝榮教授之推論(參考資料十)，臺灣西南部海岸平原，在臺南海侵期(西元前6500~5000年)的海岸線，抵達新化丘陵、大內、關廟一帶。我們可從古今海岸線比較圖(如下圖)，推論在**更新世地質年代**，此處為**內海**



討論2：我們根據中央地質所五萬分之一地質圖(如左圖)，標示出五處採集點，與其鄰近珊瑚礁石灰岩體，可以推測這些珊瑚礁，是我們採集到的單體珊瑚化石來源。因為更新世時期，曾文溪等溪流尚未形成，此處有珊瑚礁與單體珊瑚的存在，自然不可能有多量的泥砂淤積，推測屬於**同一未分開的內海瀉湖海域**。

討論3：我們發現，單體珊瑚的形狀，跟生長的地質環境有關。我們推測珊瑚幼蟲在漂浮的過程中，**會選擇適合生長的地質環境，定位降落生長**，詳如下表：

珊瑚類別	主要分布區域	生長的地質環境
錐狀珊瑚	柳營尖山	A：底部完整尖錐形插入未固結粗砂質海底。
杯狀珊瑚	左鎮竹坑	B：底部平坦固著於海底崩塌的岩塊上。
瘤狀珊瑚	口林台地	C：生活於粗砂質海底，並與星蟲共生。
靴狀珊瑚	關廟仰龍橋	D：生活於細砂質海底，並與星蟲共生。



圖7-1：尖山、口林與二寮海底生態圖：在地質年代**更新世**時期，這裡是一個水流很穩定的**潟湖砂質海底**環境，可以看到**錐狀單體珊瑚**有些是固著在岩石上，而有些是插在未固著的海底裡，且都朝特定的方向生長；**靴狀與瘤狀單體珊瑚**會因為被星蟲拖行而移動，因此留下了爬行的軌跡；**盤狀單體珊瑚**是平鋪在海底，**扇狀珊瑚**則是長在岩石縫中。



圖7-2：左鎮與關廟海底生態圖：這裡是溫暖的古內海潟湖，**海水清澈，營養源均勻，水深約20~50公尺**。當時的左鎮，有許多**杯狀單體珊瑚**生長在砂質的海底；關廟的仰龍橋海底，有很多未固結的細砂，有些區域底層布滿粗生物碎屑質。密集的小**塔螺**、和星蟲共生的**靴狀與瘤狀珊瑚**、**二枚貝**、**海膽**等生物，牠們的**種類不多，數量也不多，生存競爭不激烈，因此可以快樂的在這裡生活**。

伍、結論

一、本研究採集一些台南山區五處地點的小型單體珊瑚化石，依其外型分成下列六類，其生長方式與古地理環境如下：

分類	錐狀珊瑚	杯狀珊瑚	瘤狀珊瑚	靴狀珊瑚	扇狀珊瑚	盤狀珊瑚
俯視圖						
立面圖						
高度 cm	0.6~2.1	1.16~1.64	0.49~0.77	0.45~1.11	1.18~1.45	0.25
主要出土地層	泥質砂岩和鐵質砂岩互層	泥質岩夾粗砂岩	厚層泥岩或頁岩及砂岩	厚層砂岩夾薄層粉砂岩	厚層泥岩或頁岩及砂岩	泥質砂岩和鐵質砂岩互層
生存環境	未固結粗砂質海底	未固結粗砂質海底	未固結粗砂質海底	未固結粉砂質海底	未固結粗砂質海底	未固結粗砂質海底
生長方式	插在砂質海底	長在岩塊上	與星蟲共生	與星蟲共生	長在岩塊之間	在粗生物碎屑海底
古地理環境	<p>1. 溫暖的內海潟湖、砂質海底的海域。</p> <p>2. 海水清澈，水流穩定緩慢，營養源均勻，水深約20~50公尺。</p> <p>3. 現今柳營滴水山、玉井虎頭山、木柵、大小崗山、雞冠山與橫山附近，在地質年代更新世時期，有群體珊瑚礁繁殖。</p> <p>4. 當時的珊瑚幼蟲，可能會隨海流漂到現今柳營、大內、左鎮、二寮到關廟一帶定位降落生長。</p> <p>5. 單體珊瑚散佈在砂質海底，有些固著在岩石上、有些是插在海底裡、有些被星蟲拖著移動、有些長在岩石縫中。</p> <p>6. 海底還有密集的小塔螺、二枚貝、海膽等生物，牠們的種類和數量都不多，生存競爭不激烈，因此可以無憂無慮的生活著。</p>					

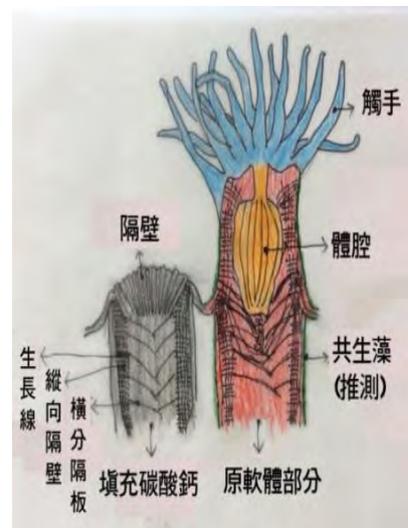
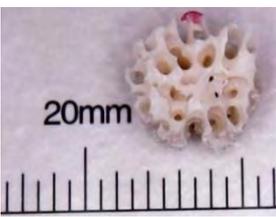


圖7-3：單體珊瑚構造圖

二、本研究分析數量較多的四類單體珊瑚的外觀與內部構造，主要的發現如下：

分類	錐狀珊瑚	杯狀珊瑚	瘤狀珊瑚	靴狀珊瑚
橫切面				
縱切面				 (砂紙磨片)
外型	柱狀，適合水流穩定緩慢的環境。	柱狀，適合水流穩定緩慢的環境。	低矮狀，寄居在圓形螺殼上。	低矮狀，寄居在蟹手螺殼上。
外壁	紋路大多磨損，非原地生長。	紋路大多磨損，非原地生長。	紋路明顯，是原地生長。	紋路明顯，是原地生長。
底部	底部錐型的，可能是插在砂質海底生長。	底部有斷裂的，可能是固結礁岩上生長。	底部有1~2個孔洞，是星蟲進出螺類空殼的通道。	底部有1~2個孔洞，是星蟲進出螺類空殼的通道。
特徵	橫剖面比較接近圓形，可以顯示成長環境的水流穩定，營養源也很均勻。		小而低矮的形狀方便星蟲拖拉，與星蟲非永久互利共生關係。	
橫切面	<p>(1) 橫切面中軸腦狀結構，外圈呈放射狀結構。</p> <p>(2) 由外圈向中軸，隔壁呈現二合一的結構。</p> <p>(3) 隔壁呈現對稱結構，但是沒有貫穿過中軸。</p> <p>(4) 瘤狀的隔壁數目較明顯可見，都是48條。</p> <p>(5) 縫隙與孔洞內有黑色填充物，推測是泥質細砂。</p>			
縱切面	<p>(1) 隔壁有粗細不同的生長變化。</p> <p>(2) 隔壁之間有較脆弱泡沫狀構造。</p> <p>(3) 不同區塊有不同的結構的強度和耐酸蝕強度。</p> <p>(4) 有很細的縱向隔壁，和環形的生長線組合成像扇狀骨架般圓弧強化的結構，</p> <p>(5) 內部有孔洞，有些充填黃褐色物質，可能是自然形成或是軟體組織腐爛之後的含鐵氧化物。</p>			

陸、參考資料及其他

(一)單體珊瑚，維基百科。民 107 年 2 月 21 日，

擷取自：

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%9F%B3%E7%8F%8A%E7%91%9A%E7%9B%AE>。

(二)珊瑚是什麼，台灣珊瑚礁學會。民 107 年 2 月 21 日，

擷取自：http://taiwaneseccoralreefsociety.blogspot.tw/2016/08/blog-post_16.html。

(三)珊瑚產卵，珊瑚是具有植物特性的動物，國立自然科學博物館，民 107 年 2 月 21 日，

擷取自：<http://edresource.nmns.edu.tw/ShowObject.aspx?id=0b81d9d8160b81d9d2990b81b762a50b81b76452>。

(四)Sorokin, Y. T., 1995. Coral Reef Ecology ; Ecological Studies Springer 出版(珊瑚礁生態學)。

(五)鄭穎敏，單體珊瑚與星蟲類營互利共生之淺釋，民國 60 年 3 月 15 日，大陸雜誌第 42 卷第五期。

(六)蔡翊琳等，細說二寮光陰的故事，中華民國第 49 屆中小學科學展覽會。

(七)噍吧哖股環境進行曲，台南市的 52 屆中小學科學展覽會。

(八)鍾廣吉、許崑泉、楊正儒，民國 106 年 10 月 14 日，穿梭古今話地質研習講義。

(九)胡忠恆、陶錫珍，臺南縣左鎮鄉附近下部古亭坑層（上新世）產一新種單體六射珊瑚及其生態環境之研究。民國 71 年，地質 4 卷，1 期。

(十)原住民考古期的台江，台江國家公園，民 107 年 2 月 21 日，擷取自：

<https://www.tjnp.gov.tw/EncyclopediasDetailC003300.aspx?Cond=6f2e5c3c-9e5d-48d7-93ad-cd0c7058672d>

(十一)新化區那拔國民小學，千層派地層古生物復活記，臺南市 55 屆中小學科學展覽會。

(十二)張瑞津、石再添、陳翰霖，台灣西南部台南海岸平原地形變遷之研究，民國 85 年 11 月國立台灣師大地理系地理研究報告第 26 期。

(十三)蔡瑞榮，關廟龍崎旗山岡林大坑尾虎頭埤菜寮玉井曾文水庫地質簡介，民國 84 年，台灣省立台南第二高級中學。

【評語】 080504

1. 研究主題清楚與鄉土有相關性，過去已有研究結果，本研究延伸加入不同觀測地點。
2. 研究方法野外採集化石為主，由文獻中瞭解化石的構造與生活方式，獲得構造功能與生成的古環境。用整理採樣區之地層、年代、岩性與特徵，依種類說明其生存的地域特性；
3. 與現生珊瑚對比相同環境有相同的珊瑚出現，驗證「現在是過去的鑰匙」，認為孔洞是蟲進出螺類空殼的通道，非攝取食物的口器；以珊瑚破壞的程度分析杯狀珊瑚能承受的撞擊破壞力最強的推測「合理」。
4. 可由地質和化石分佈與古地理環境重建，了解與其發展史，串連出一個區域性的環境故事。

我們採集柳營尖山、大內口林、左鎮竹坑、二寮景觀剖面、關廟仰龍橋等五處地點的單體珊瑚化石共118顆，依其特性與外觀分類，進行出土化石的地層調查與型態分析、硬度與撞擊破壞分析。

我們發現，瘤狀和靴狀單體珊瑚底部的孔洞，是星蟲進出螺類空殼的通道，且與星蟲有互利共生的關係，而出現獨特的移動現象；錐狀和杯狀單體珊瑚，有縱橫兩方向的隔壁，所以結構較堅固。

我們也運用酸液蝕刻分析，對單體珊瑚進行環狀剝殼與橫向切面的結構解析，並結合高倍率顯微鏡，發現許多單體珊瑚的構造特點，進而根據分析結果，配合地質資料，描繪出台南地區地質年代的古地理生態環境。

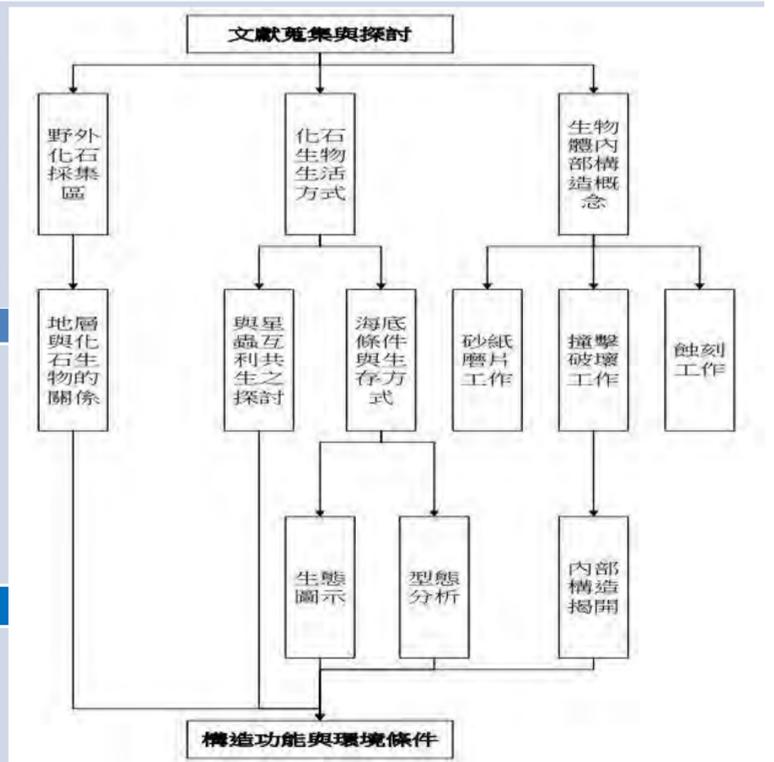
壹、研究動機

有一次，我們在圖書館看到兩本繪本，「樟湖化石奇幻之旅—單體珊瑚化石篇」和「會說故事的石頭」。從繪本中看到很特別的單體珊瑚。牠們的身體內有特殊的隔壁構造，也有獨特的共生絕招，讓牠們可以在砂質的海底生活，生態適應性能力也比群體珊瑚強。

我們很好奇這樣特殊的單體珊瑚化石，能不能在台南的山區找得到？古代的台南山區，經歷了哪些地表的變化？是一個怎樣的地理環境呢？於是在老師的指導下，我們開始了單體珊瑚的研究。

貳、研究目的

- 一、採集台南山區的單體珊瑚化石，研究地層與化石生物的關係。
- 二、經由生態圖示與型態分析，探討單體珊瑚與星蟲互利共生於海底的方式。
- 三、根據砂紙磨片、撞擊破壞和酸液蝕刻分析，探討單體珊瑚的構造功能與環境條件，並描繪出台南地區地質年代的古地理生態環境。



肆、研究過程與討論

【研究一】化石採集與出土化石的地層說明

(一)研究步驟：

1.決定採集化石的地點：

採集地點	Google地圖	採集地點
第一站： 柳營尖山 23°14'44"N 120°24'8"E 海拔 100m		第四站： 二寮景觀剖面 22°59'52"N 120°24'40"E 海拔 120m
第二站： 口林基岩質 河階台地 23°8'9"N 120°24'52"E 海拔 20m		第五站： 關廟仰龍橋 22°58'00.7"N 120°20'30.4"E 海拔 40m
第三站： 左鎮竹坑 23°3'45"N 120°25'8"E 海拔 90m		



1.準備採集化石工具，到達目的地後，老師說明安全注意事項，開始尋找化石。



2.測量化石大小和在岩層中位置；無法採下的化石，做紀錄和拍照。



3.在化石周圍適當處，用地質錘或一字螺絲，往化石底部中心處敲擊，取出化石。



4.用來鍊袋和棉布袋放置採集的化石，並在上面記錄時間、地點與編號。



5.回到學校將化石以超音波洗淨機清洗，並分類編號，置入塑膠保存盒內。



6.將含有化石的圍岩，放入大型塑膠箱內保存，對化石堆積情形做研究。

(二)、研究結果：1.五站的出土化石圖片



2.出土化石的地層介紹

位置	第一站：柳營尖山	第二站：口林基岩質河階台地	第三站：左鎮竹坑	第四站：二寮景觀剖面	第五站：關廟仰龍橋
地層	更新世 六重溪層	更新世 六重溪層	更新世 玉井頁岩	更新世 崎頂層 岡子林段	更新世 崎頂層上段(六雙層)
絕對年代	120~180萬年	120~180萬年	120~155萬年	60~180萬年	40~70萬年
岩性	泥質砂岩和鐵質砂岩互層	厚層泥岩或頁岩及砂岩	泥質岩夾砂岩	泥質砂岩和鐵質砂岩互層	厚層砂岩夾 薄層泥岩
特徵	1.化石出露呈密集狀，兩個露頭都分有五層的化石。化石層分布的各層，厚度在1公尺以內。 2.整個剖面呈裸岩性的陡崖各層組合成厚層的砂岩。 3.在化石層段的下段，可以發現較為明確的砂棒型生痕化石，有的零散分布，有的密集分布。	1.夾層砂岩厚度不相同，薄層10公分以內，厚者可達超過一公尺。 2.砂岩質地層凸出呈壟狀，在平坦的基岩質河階台地地表出露幾道土壟。 3.夾層砂岩內可以看到許多化石如二枚貝、螺、蟹、鯊魚牙齒海膽及海膽刺化石，但是碎片居多。	1.地質為似惡地地形面的玉井頁岩，呈厚層的泥質岩層，中夾有厚度1公尺左右的砂岩 2.此夾層內的單體珊瑚在砂岩內並未集中、零散、位置不規則。 3.單體珊瑚外殼層紋路有被磨損現象，有些珊瑚化石尖端有折斷面，可能顯示這些單體珊瑚並非夾層砂岩同時的原地停積。	1.地層剖面共有七到八層，岩性較似砂質，表示較淺的沈積區。 2.剖面約有四層在局部位置含有不同類的化石與碎屑化石，不密集而呈零散分布。 3.此砂質海底沈積物構成未固結的潟湖海底，附近也有些小岩塊分布。	1.這裡是一座小山頭，密集的化石分布於小山頭頂下方1-2公尺的位置，厚度約50-100公分 2.小山頭的泥質岩塊中的珊瑚化石，大雨時被雨水沖下來與多量的小塔螺混雜在一起 3.沖散的泥流中單體珊瑚呈分散分布，努力尋找，久久才發現一個。

3.出土化石的介紹（請參閱說明書P.9）

(三)發現與討論

地點	1-尖山	2-口林	3-左鎮	4-二寮	5-仰龍橋	合計	推測的生存環境							
形狀	完整	不完整	完整	不完整	完整	不完整		總數						
錐狀	14	12	2		1	17	29	A: 底部完整尖錐形插入未固結粗砂質海底。						
杯狀			5	13	2	5	15	20	B: 底部平坦固著於海底崩場的岩塊上。					
瘤狀	2	3	8	8	2	1	5	13	16	29	C: 生活於粗砂質海底，並與星蟲共生。			
靴狀	1	1		2	9	4	12	5	17	17	D: 生活於細砂質海底，並與星蟲共生。			
盤狀			1	1	13	3	1	17	18	18	E: 生活於粗生物碎屑質海底。			
扇狀		1		3	1	1	4	5	5	5	B: 底部平坦固著於海底崩場的岩塊間。			
合計	16	16	12	9	7	16	3	16	11	12	49	69	118	

備註：不完整指化石有破碎但其完整程度大於二分之一，化石完整程度小於二分之一則不予計入。



圖1-1：口林採集的瘤狀珊瑚，底部有一或二個星蟲孔洞



圖1-2：現生瘤狀珊瑚底部的孔洞，可看到星蟲。



圖1-3：現生瘤狀珊瑚在砂質海底，被星蟲帶動行走的軌跡。



台南柳營尖山採集的單體珊瑚和貝類碎屑化石圍岩。



2017年11月台南馬砂溝海邊窪地堆積的貝類碎屑。



口林左岸崩塌地下方河岸堆積許多有稜有角的塊石。



右岸靠近河邊處布滿鵝卵石，顯見經過搬運作用。

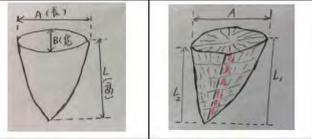
三、研究項目

【研究二】化石的長-寬-高與型態分析

(一)研究步驟:

1. 由一人以游標尺測量A、B、L、等項目數值，測量到小數點以下兩位(單位公分)。

- A:化石橫向剖面的長(單位:公分)
- B:化石橫向剖面的寬(單位:公分)
- L:化石縱向的高(單位:公分)
- L1:長斜邊的長度(單位:公分)
- L2:短斜邊的長度(單位:公分)
- P:型態係數=(L1/L2)-1

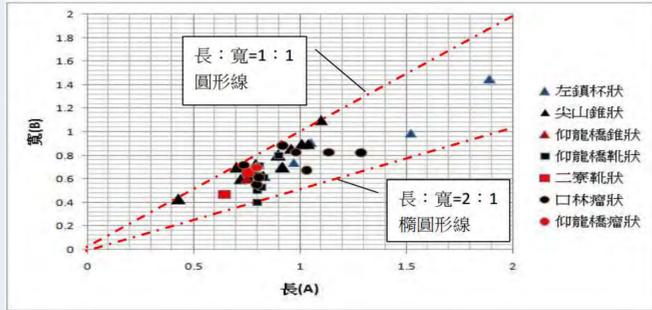


(二)研究結果:

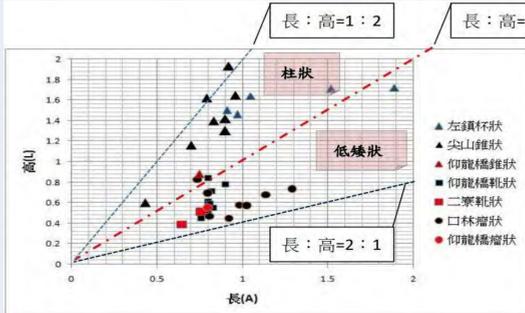
1. 單體珊瑚量測記錄表(A-B-L)
(請參閱說明書P.14)

(三)發現與討論:

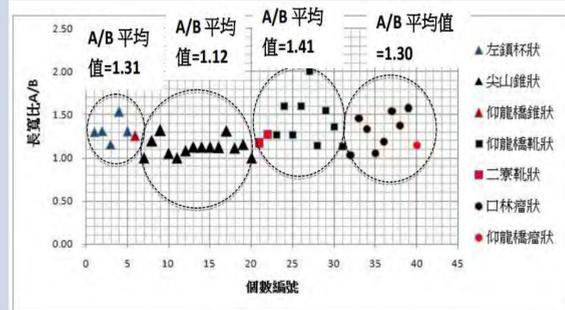
1. 橫向剖面長A(X軸)與寬B(Y軸)關係圖



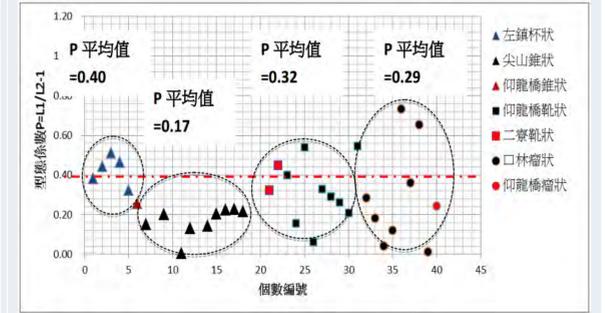
2. 橫向剖面長A(X軸)與高L(Y軸)關係圖



3. 長寬比(A/B)分布關係圖



4. 型態係數P分布關係圖



討論:

我們認為瘤狀與靴狀生存過程，需與星蟲互利共生而非自由自在攝取食物，生存環境的營養源相對減少，從圖2-2中可以看到單體珊瑚生存海域中生物不多，與一般珊瑚礁環境魚類生態豐富有明顯不同。我們推測古台南口林、二寮和仰龍橋一帶的內海潟湖海底，也有類似的環境。



圖2-1:海馬周圍有幾隻單體珊瑚和其移動痕跡，珊瑚頂面接近圓形，觸手伸出擺動。
圖2-2:影片能見度清晰，顯示海水清澈水跡，珊瑚頂面接近圓形，觸手伸出擺動，眾多的瘤狀珊瑚群聚生活著。
圖2-1、圖2-2 來源: <https://www.youtube.com/watch?v=N2HT7ubfTE>

【研究三】化石的硬度分析

(一)研究步驟:

- 我們將找到的五種珊瑚化石和現生珊瑚、現生二枚貝做比較，採用莫氏硬度標準，測試相對硬度。
- 我們蒐集莫氏硬度表中，硬度1~7的標準礦物，分別是：(1)-滑石，(2)-石膏，(3)-方解石，(4)-螢石，(5)-磷灰石，(6)-正長石，(7)-石英。
- 在硬度1~7的礦物上選定一個較平滑面，以珊瑚化石在礦物表面依順序刻畫，如果礦物表面出現凹痕，則表示珊瑚化石的硬度大於此礦物。
- 若某種礦物的硬度在兩種標準礦物之間，則用~表示之。
- 每一種化石硬度實驗做完之後，再由另一位同學確認後，完成紀錄。

(二)研究結果:

1. 硬度試驗紀錄表：(○：有凹痕，x：無凹痕)

硬度	1-滑石	2-石膏	3-方解石	4-螢石	5-磷灰石	6-正長石	7-石英	硬度值
現生珊瑚	○	○	○	x	x	x	x	3~4
現生二枚貝	○	○	x	x	x	x	x	2~3
靴狀珊瑚化石	○	○	○	x	x	x	x	3~4
靴狀珊瑚化石	○	○	○	x	x	x	x	3~4
靴狀珊瑚化石	○	○	○	x	x	x	x	3~4
靴狀珊瑚化石	○	○	x	x	x	x	x	2~3
靴狀珊瑚化石	○	○	x	x	x	x	x	2~3

【研究四】化石的撞擊破壞分析

(一)研究步驟:



1.將500克重砝碼裝成一包，用塑膠袋包裝起來。
2.一共5包，總重量從0.5-2.5公斤重。
3.將測試物放在鋼板上，中間處。
4.外包一個塑膠盒長寬高30*20*25公分。
5.上面再覆蓋另一片鐵板，以使撞擊力均勻。
6.將重物以自由落體撞擊測試物。

(二)研究結果:



現生群體珊瑚碎裂
靴狀珊瑚化石碎裂
靴狀珊瑚化石碎成兩半
靴狀珊瑚化石碎裂
靴狀珊瑚化石碎裂
現生二枚貝碎裂

(三)發現與討論:

(二)研究結果：(○：未碎裂 x：有碎裂)

撞擊次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21-25	26	27	28	29	30
高度(m)	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
重量(kg)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
現生群體珊瑚	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	x
靴狀珊瑚化石	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
靴狀珊瑚化石	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
靴狀珊瑚化石	○	○	○	○	○	○	x																			
靴狀珊瑚化石	○	○	○	○	x																					
現生二枚貝	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	x															

討論:

- 由圖5-1-1~圖5-1-4，看到靴狀珊瑚底部從一個洞變成五個洞。
- 比較圖5-1-4靴狀珊瑚和圖5-1-5現生塔螺內部構造，發現兩者非常類似，讓我們更確認單體珊瑚幼蟲是寄生在塔螺上方成長而形成靴狀。
- 我們推測，當塔螺死去之後，星蟲利用塔螺底部的孔洞進出，居住在塔螺內部的空間，與單體珊瑚有互利共生的關係。

2. 瘤狀珊瑚切面



圖5-2-1: A瘤狀珊瑚頂面，出現泡沫狀結構，48個隔壁向中軸的方向生長。
圖5-2-3: B瘤狀珊瑚頂面與A瘤狀珊瑚類似的構造，但較為模糊。
圖5-2-5: C瘤狀珊瑚縱切面，看到空腔夾雜黑色物質。



圖4-1: 口林化石岩中，出現凹痕。
圖4-2: 口林找到許多破碎的瘤狀珊瑚。
圖4-3: 二寮也找許多破碎的盤狀珊瑚。

(三)發現與討論:

實驗結果發現現生二枚貝、扇狀珊瑚化石和盤狀珊瑚化石，其相對硬度均在2~3之間。現生珊瑚、靴狀、靴狀和瘤狀珊瑚化石，其相對硬度均在3~4之間，可以證明珊瑚於水流搬運過程，會被硬度5以上的石頭或是細砂研磨而破壞表面紋路。我們在後續的研究中，也會使用硬度較大的砂紙，對珊瑚化石進行磨片分析。



圖4-4: 現生群體珊瑚碎裂。
圖4-5: 靴狀珊瑚化石碎裂。
圖4-6: 靴狀珊瑚化石碎成兩半。

【研究五】化石切面磨片分析

(一)研究步驟:



(二)研究結果與討論:

1. 靴狀珊瑚切面



【研究六】化石構造蝕刻分析

(一)研究步驟:

- 橫切面分析：將單體珊瑚分成上中下的三個部位，進行橫切面，以砂紙從底部往上磨面，觀察各磨片切面的隔壁構造，並以酸液蝕刻，觀察內部構造。最後再跟最頂部切面的隔壁結構進行比較。
- 環狀剝殼分析：將單體珊瑚的外殼，透過酸液蝕刻步驟，隨著蝕刻時間的增加，一層一層的蝕刻移除掉，每一階段以清水清洗與氣槍噴乾後，用高倍顯微鏡拍照。透過這樣類似這種剝洋蔥皮的分析手法，觀察由外層到內層的隔壁結構狀況。
- 為觀察單體珊瑚內部的構造，採取較長時間的酸液蝕刻，分階段拍照記錄，如下圖：



(二)研究結果與討論:

- 靴狀珊瑚蝕刻分析
討論：
(1)比較圖6-1-1和圖6-1-2，靴狀珊瑚側面隔壁紋路清晰明顯，頂面的隔壁構造不太清楚，但仍可以看到放射狀的隔壁構造延伸到中軸。
(2)從圖6-1-3頂面放大圖，可以看到隔壁未往中軸延伸，且崩壞處被細砂充填。
(3)圖6-1-4，可以看到兩個隔壁二合一，中間有棕黃色的填充物，顏色和右側星蟲孔洞的黑色填充物不同，我們推測棕黃色是鐵質細砂，黑色是泥質細砂。
- 靴狀珊瑚橫切面分析
討論：
(1)由圖6-2-1~6-2-2，A~B縱切面外層隔壁都是兩兩成對，越往上發現隔壁結構每對都變粗，但都還是兩兩一對，每對隔壁間有黃褐色填充物。
(2)由圖6-2-3~6-2-5，A~C橫切面上的小洞越往上越多，且呈現橢圓形，上面一個個洞好像可以繞成一圈，圈內是不太清楚的腦狀分布。
(3)由圖6-2-6，D橫切面放大圖，看到部分周圍兩兩成對的隔壁，向內生長時並沒貫穿延伸到中軸的結構，呈現橢圓形的小洞繞成一圈，中軸腦狀構造和四週圍放射狀的構造不同，原本兩兩成對的隔壁，合併成單一隔壁。
(4)我們發現珊瑚體內隔壁中間出現一些孔洞，有些是中空的，有些填充了黃褐色的物質。

3. 靴狀珊瑚環狀剝殼分析

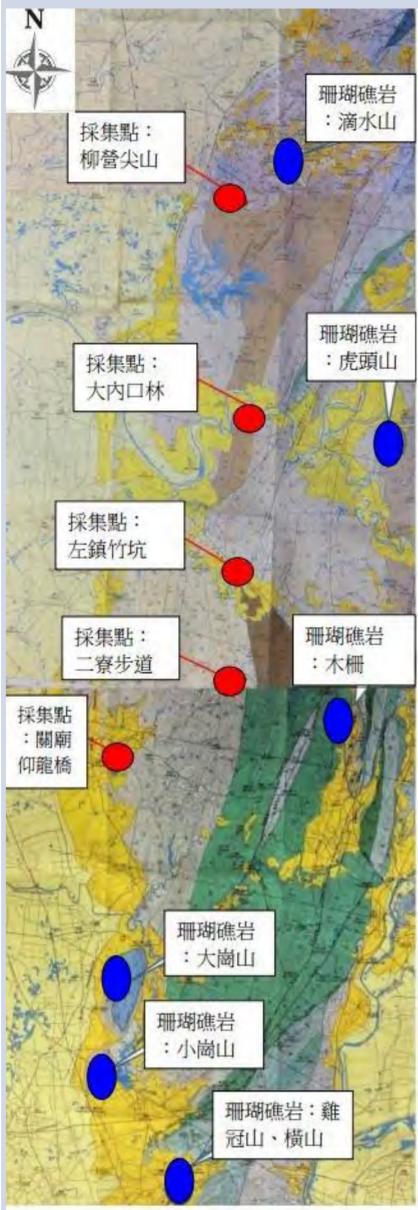
- 討論：
(1)由圖6-3-1~圖6-3-4，隨著蝕刻時間的增加，可以逐步看見條紋狀路出現。
(2)由圖6-3-1~圖6-3-4，可看到珊瑚開始有糊狀物遮蓋。
(3)由圖6-3-5~圖6-3-6，隨著蝕刻時間增加，可以從剖面發現隔壁兩兩成對。
(4)由圖6-3-7~圖6-3-8，可以看到兩個隔壁之間有泡沫狀構造。

4. 靴狀珊瑚環狀剝殼分析

- 討論：
(1)由圖6-4-1~圖6-4-4是隨著酸蝕刻時間增加而呈現的橫切面外觀。圖6-4-5~圖6-4-8是相對應時間的縱切面外觀。
(2)由圖6-4-1到6-4-4，看到隨著酸蝕刻時間的增加，珊瑚的外壁逐步被蝕刻掉，中軸的部位是呈現似腦狀分布的結構。
(3)由圖6-4-5到6-4-8，是隨著酸蝕刻時間增加而呈現的縱切面外觀。
(4)和前面的左鎮杯狀珊瑚比較起來，尖山錐狀珊瑚在逐步的酸蝕刻過程中沒有觀察到棕黃色填充物的出現，全部蝕刻過程都是呈現碳酸鈣的白色。

三、研究項目

【研究七】台南地區地質年代的古地理分析



討論1：距今約百萬年的更新世時期，台南山區一帶都仍在海底，但因為地殼隆起，使得海岸線漸漸後退；根據林朝榮教授之推論(參考資料十)，臺灣西南部海岸平原，在臺南海侵期(西元前6500~5000年)的海岸線，抵達新化丘陵大內、關廟一帶。我們可從古今海岸線比較圖，推論在更新世地質年代，此處為內海潟湖。



討論2：我們根據中央地質所五萬分之一地質圖(如左圖)，標示出五處採集點，與其鄰近珊瑚礁石灰岩體，可以推測這些珊瑚礁，是我們採集到的單體珊瑚化石來源。因為更新世時期，曾文溪等溪流尚未形成，此處有珊瑚礁與單體珊瑚的存在，自然不可能有多量的泥砂淤積，推測屬於同一未分開的內海潟湖海域。

討論3：我們發現，單體珊瑚的形狀，跟生長的地質環境有關。我們推測珊瑚幼蟲在漂浮的過程中，會選擇適合生長的地質環境，定位降落生長，詳如下表：

珊瑚類別	主要分布區域	生長的地質環境
錐狀珊瑚	柳營尖山	A：底部完整尖錐形插入未固結粗砂質海底。
杯狀珊瑚	左鎮竹坑	B：底部平坦固著於海底崩場的岩塊上。
瘤狀珊瑚	口林台地	C：生活於粗砂質海底，並與星蟲共生。
靴狀珊瑚	關廟仰龍橋	D：生活於細砂質海底，並與星蟲共生。

圖7-1：尖山、口林與二寮海底生態圖：在地質年代更新世時期，這裡是一個水流很穩定的潟湖砂質海底環境，可以看到錐狀單體珊瑚有些是固著在岩石上，而有些是插在未固著的海底裡，且都朝特定的方向生長；靴狀與瘤狀單體珊瑚會因為被星蟲拖行而移動，因此留下了爬行的軌跡；盤狀單體珊瑚是平舖在海底，扇狀珊瑚則是長在岩石縫中。



圖7-2：左鎮與關廟海底生態圖：這裡是溫暖的古內海潟湖，海水清澈，營養源均勻，水深約20~50公尺。當時的左鎮，有許多杯狀單體珊瑚生長在砂質的海底；關廟的仰龍橋海底，有很多未固結的細砂，有些區域底層布滿粗生物碎屑質。密集的小塔螺、和星蟲共生的靴狀與瘤狀珊瑚、二枚貝、海膽等生物，牠們的種類不多，數量也不多，生存競爭不激烈，因此可以快樂的在這裡生活。



伍、結論：

一、本研究採集一些台南山區五處地點的小型單體珊瑚化石，依其外型分成下列六類，其生長方式與古地理環境如下：

分類	錐狀珊瑚	杯狀珊瑚	瘤狀珊瑚	靴狀珊瑚	扇狀珊瑚	盤狀珊瑚
俯視圖						
立面圖						
高度 cm	0.6~2.1	1.16~1.64	0.49~0.77	0.45~1.11	1.18~1.45	0.25
主要出土地層	泥質砂岩和鐵質砂岩互層	泥質岩夾粗砂岩	厚層泥岩或頁岩及砂岩	厚層砂岩夾薄層粉砂岩	厚層泥岩或頁岩及砂岩	泥質砂岩和鐵質砂岩互層
生存環境	未固結粗砂質海底	未固結粗砂質海底	未固結粗砂質海底	未固結粉砂質海底	未固結粗砂質海底	未固結粗砂質海底
生長方式	插在砂質海底	長在岩塊上	與星蟲共生	與星蟲共生	長在岩塊之間	在粗生物碎屑海底

古地理環境

1. 溫暖的內海潟湖、砂質海底的海域。
2. 海水清澈，水流穩定緩慢，營養源均勻，水深約20~50公尺。
3. 現今柳營滴水山、玉井虎頭山、木柵、大小崗山、雞冠山與橫山附近，在地質年代更新世時期，有群體珊瑚礁排卵繁殖。
4. 當時的珊瑚幼蟲，可能會隨海流漂到現今柳營、大內、左鎮、二寮到關廟一帶定位降落生長。
5. 單體珊瑚散佈在砂質海底，有些固著在岩石上、有些是插在海底裡、有些被星蟲拖著移動、有些長在岩石縫中。
6. 海底還有密集的小塔螺、二枚貝、海膽等生物，牠們的種類和數量都不多，生存競爭不激烈，因此可以無憂無慮的生活著。

二、本研究分析數量較多的四類單體珊瑚的外觀與內部構造，主要的發現如下：

分類	錐狀珊瑚	杯狀珊瑚	瘤狀珊瑚	靴狀珊瑚
橫切面				
縱切面				 (砂紙磨片)
外型	柱狀，適合水流穩定緩慢的環境。	柱狀，適合水流穩定緩慢的環境。	低矮狀，寄居在圓形螺殼上。	低矮狀，寄居在蟹守螺殼上。
外壁	紋路大多磨損，非原地生長。	紋路大多磨損，非原地生長。	紋路明顯，是原地生長。	紋路明顯，是原地生長。
底部	底部錐型的，可能是插在砂質海底生長。	底部有斷裂的，可能是固結礁岩上生長。	底部有1~2個孔洞，是星蟲進出螺殼空殼的通道。	底部有1~2個孔洞，是星蟲進出螺殼空殼的通道。
特徵	橫剖面比較接近圓形，可以顯示成長環境的水流穩定，營養源也很均勻。		小而低矮的形狀方便星蟲拖拉，與星蟲非永久互利共生關係。	

圖7-3單體珊瑚構造圖



橫切面	<p>(1)橫切面中軸腦狀結構，外圈呈放射狀結構。</p> <p>(2)由外圈向中軸，隔壁呈現二合一的結構。</p> <p>(3)隔壁呈現對稱結構，但是沒有貫穿過中軸。</p> <p>(4)瘤狀的隔壁數目較明顯可見，都是48條。</p> <p>(5)縫隙與孔洞內有黑色填充物，推測是泥質細砂。</p>	
-----	--	--

縱切面	<p>(1)隔壁有粗細不同的生長變化。</p> <p>(2)隔壁之間有較脆弱泡沫狀構造。</p> <p>(3)不同區塊有不同的結構的強度和耐酸蝕強度。</p> <p>(4)有很細的縱向隔壁，和環形的生長線組成像扇狀骨架般圓弧強化的結構。</p> <p>(5)內部有孔洞，有些填充黃褐色物質，可能是自然形成或是軟體組織腐爛之後的含鐵氧化物。</p>	
-----	---	--