

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 地球科學科

佳作

030506

臺南海邊的前世與今生

學校名稱：臺南市立後甲國民中學

作者： 國一 李奕芸	指導老師： 葛梅芳 王雅麗
-------------------	-----------------------------

關鍵詞：化石、貝殼、泥砂

摘要

我從臺南市嘉南療養院旁的水果園露頭上採集了許多貝殼化石，也到臺南龍崗海邊觀察海浪沖擊沙灘上的泥砂，也採集現生貝殼和挖掘地層中的泥砂。從觀察臺南龍崗海邊採集的泥砂特徵，以及在實體顯微鏡觀察貝殼及有孔蟲，和嘉南療養院旁水果園中的泥砂、貝殼和有孔蟲化石相比較，發現有許多相似的地方，都是屬於淺海環境。這與相關文獻中相吻合，同時證明水果園在 5800~7200 年前是海岸沙灘環境與現今的龍崗海邊有著相同的生態環境。

壹. 研究動機：

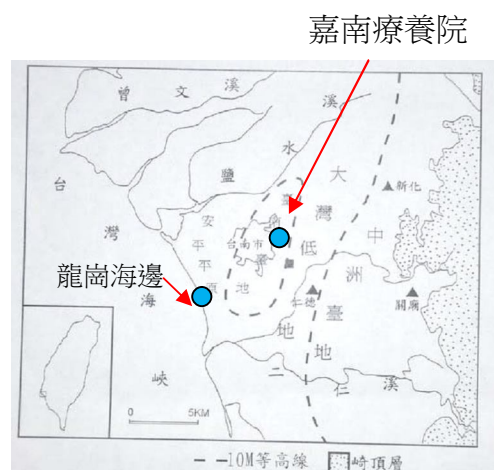
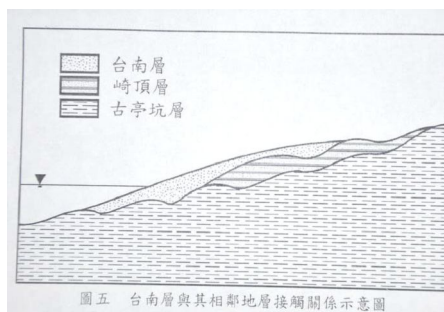
去年我們研究的主題是「探索社區『貝殼化石』鑽孔的過去與現在」，也就是探討貝殼化石孔洞來源及相關問題。正好今年科學中心舉辦龍崗海邊戶外教學，觀察海濱砂、海濱植物及沙灘上的貝殼，因為我對化石很感興趣，於是便決定要延伸去年的主題，做更深入的研究。

貳. 研究目的：

- 一. 觀察從嘉南療養院旁水果園裡採集的泥砂與貝殼化石的特徵。
- 二. 從觀察臺南龍崗海邊採集來的泥砂和貝殼特徵，來推想 5800~7200 年前水果園裡泥砂和貝殼化石的形成。
- 三. 從實體顯微鏡下觀察，過去的貝殼化石和今日臺南海邊貝殼上小孔洞的特別地方。
- 四. 從玉螺掠食的錐螺化石和現生錐螺的比較下，找出牠們演化與環境的關係。

參. 文獻探討：

- 一. 臺南台地上臺南層的堆積大致可分為三期。東半部堆積年代約在 5800~7200 年前。(吳東錦(1990)曾作臺南台地的碳十四定年)



- 二. 臺南層的地層層序，林朝榮(1963, 1966, 1971)曾對臺南層的地層層序做過詳細的描述，將其分為四段，各段間完全整合。

第四段	為 1~2m 之塊狀泥質層，黃色，普通分佈於無砂丘砂的台地面上，可能為第三段風化變質而成，為陸上風成堆積。
第三段	以黃棕色之粗砂粒構成，具 2~3mm 之薄紋層，交錯層理特別發達，本段低部偶見貝類化石層，此段厚度約 2~4m，為海岸砂灘環境。
第二段	以細粒至中粒之砂構成，成黃棕色，亦有黃灰色者，稍具交錯層理，其中貝類和有孔蟲化石甚豐，厚度約為 2m，本段之下部大致沉積於安靜的環境，至其沉積之後半，潟湖逐漸為泥砂所填滿，或潟湖外側之砂洲破壞而成為受波浪影響則較顯著之較外海性環境。
第一段	以青灰色的細砂(或泥)的互層組成，為不受波浪影響之安靜而有相當深度的潟湖或內灣環境。

- 三. 吳東錦(1990)以岩性，沉積構造及有孔蟲化石分析，推測臺南台地東半部沉積環境唯一古潟湖及沙洲系統所造成的海進堆積層。
- 四. 胡忠恆(1992)對臺南層之貝類化石作一初步的統計及鑑定統計結果顯示臺南層的軟體動物化石中，斧足類較腹足類多，認為是因為臺南層為--砂質基底的环境所致。

肆. 研究器材：

一. 採集器材

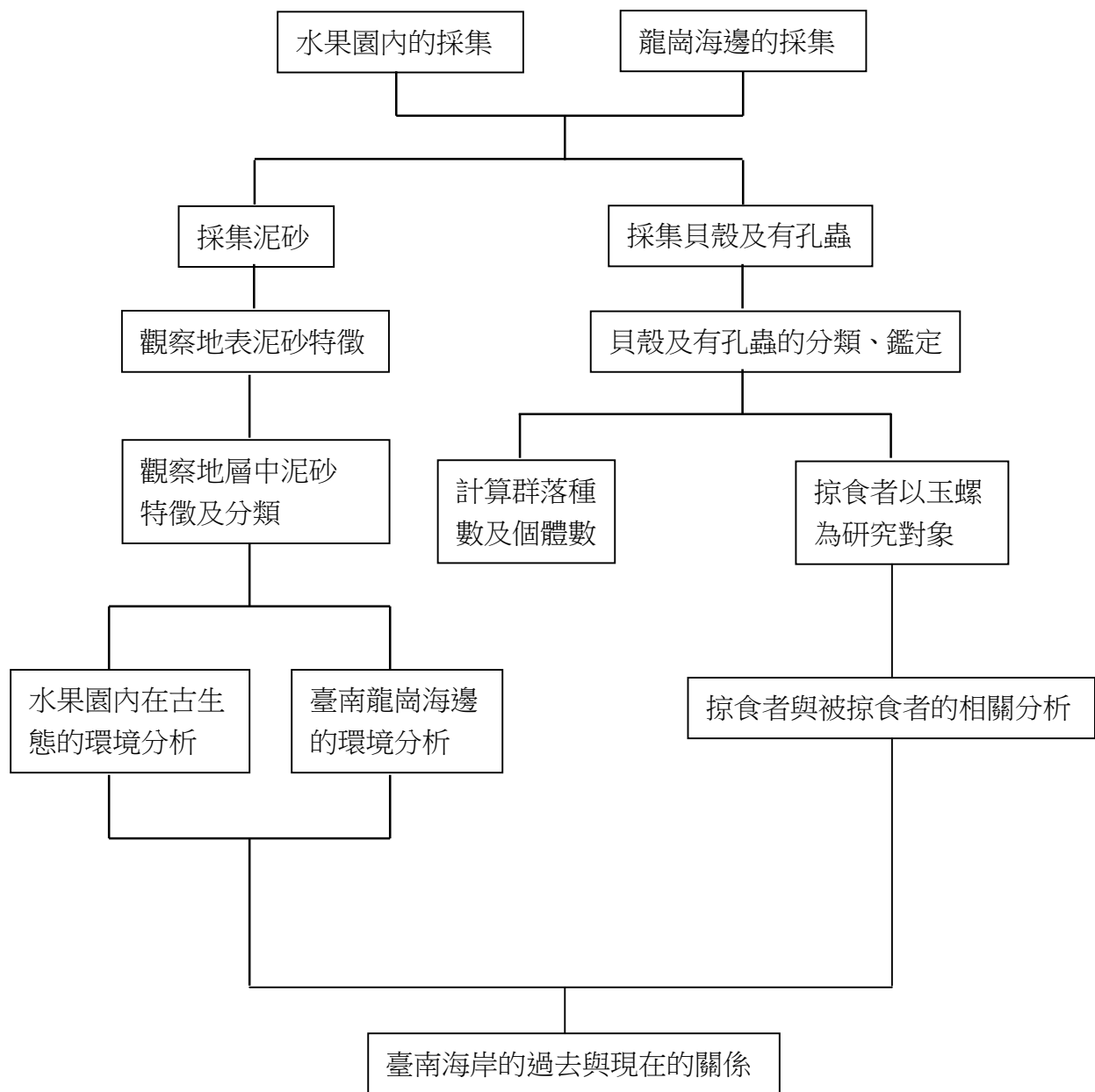
(一) 挖掘工具：大鏟子、小鏟子、小煎匙、夾子

(二) 包裝器具：拉鍊袋(30cmX20cm)、塑膠袋、小水桶、塑膠盒、塑膠盆。

二. 觀察器具：實體顯微鏡、放大鏡

三. 其他：採集的貝殼、採集的泥砂、鑷子、軟毛刷子、珍珠板、泡棉膠、塑膠盒、餅乾盒、燒杯(250ml 四個、100ml 六個)、漏斗架、漏斗、玻棒、濾紙、上皿天平、計算機、篩網。

伍. 研究流程：



陸. 研究過程：

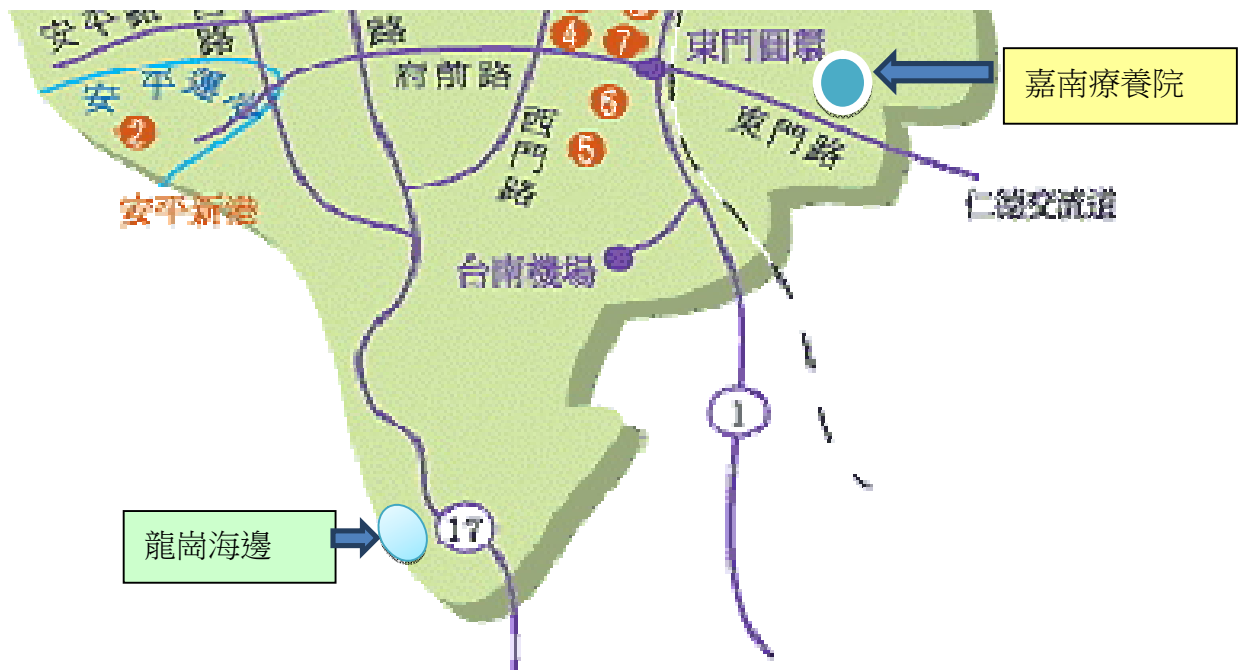
一. 活動一：從水果園及龍崗海邊採集泥砂及貝殼

(一) 採集泥砂及貝殼的地點

1. 臺南市東區嘉南療養院旁的果園



2. 龍崗海邊位在臺南市的西南方，是一片海濱沙灘。沙灘上的泥砂中有許多的貝殼，也有長在迎風坡上的海濱植物。



(二) 採集泥砂和貝殼

1. 工具：

小鏟子 4 支、小煎匙 4 支、水桶 4 個、塑膠袋、夾鏈袋、標籤貼紙、原子筆、鉛筆、1 公尺長的木條 4 條、大鏟子 1 支、夾子、刷子。

2. 採集方式：

(1) 採集水果園的泥砂和貝殼

水果園內雜草叢生，可是露出來的地面還是可以觀察到泥砂的特徵，也可以採集到露出地表的貝殼化石。

● 採集的地表範圍：

我們在水果園內，選定左半邊的果園內長(40m)X 寬(15m)的範圍，平分成甲、乙、丙、丁四個區域來採集。

(2) 採集龍崗海邊的泥砂及貝殼

龍崗海邊是一片很大的海濱沙灘，沙灘上有許多被海浪打上岸的海洋生物遺骸，例如：錐螺、牡蠣、螃蟹等，我們就在這裡採集。

● 採集的地表範圍：

我們在沙灘上選定約 300 平方公尺的範圍，採集露出泥砂或被海浪打上岸的貝殼。



(三) 清理從水果園和龍崗海邊採集的泥砂及貝殼

1. 清理泥砂

(1) 分別將水果園及龍崗所採集的泥砂倒入大盤子中鋪平。

(2) 將大盤子抬到太陽下曬乾，約晒一天半，遇到下雨時，需立即將土抬回室內。

(3) 當泥土曬乾後，便分裝到小盒子中(有蓋子)。當化石及現生貝殼曬乾後，便分別以泡棉膠黏在珍珠板上再放入盒子中。這些清理工作結束後，便可以開始觀察了。



2. 清理水果園內的貝殼化石及龍崗海邊的貝殼

(1) 先分別取出不同地方採集的貝殼化石及現生貝殼分別清洗。

(2) 先在大盆子中裝水，將貝殼化石及現生貝殼浸泡在水中一天。

(3) 一天後，以軟刷子輕輕刷洗貝殼的表面及背面，將泥土刷掉再以清水沖洗後放在大盤子上拿到室外曬乾。



二.活動二：觀察泥砂及貝殼的特徵

(一) 觀察方法：

1. (觀察 1)：泥砂及貝殼的特徵

- (1) 肉眼觀察泥砂的顏色及性質
- (2) 觀察泥砂中的貝殼特徵

2. (觀察 2)：泥砂中不同的顆粒大小

- (1) 計算採集回來的泥砂中不同顆粒大小的含量百分比：

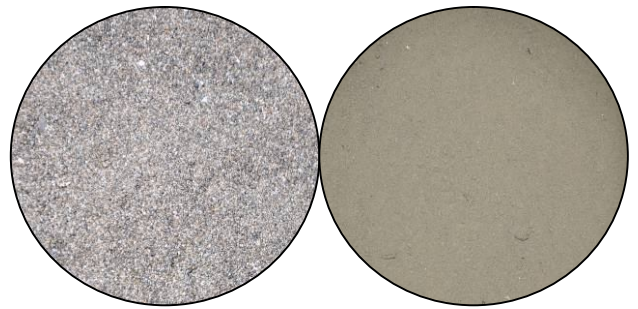
- A. 將採集回來的泥砂先以 (4.000mm, 3.360mm, 1.680mm) 的篩網過篩，之後將過篩後的泥砂分別倒入貼標籤的空塑膠盆子中。
- B. 將粒徑 (4.000mm 以上, 4.000mm ~ 3.360mm, 3.360mm ~ 1.680mm) 的泥砂分別取出並泡在水中。
- C. 將浮在水面上的保利龍碎屑及其他雜物撈出清除，並將沈在水底的貝殼分別撈出保存。
- D. 接著將粒徑 (1.680mm 以下) 的泥砂取 200g，再以粒徑 (0.59mm, 0.297mm, 0.210mm, 0.149mm, 0.104mm) 的篩網過篩。
- E. 分別取出不同粗細的泥砂並計算重量及所佔百分比。
- F. 將水果園及龍崗兩地的泥砂計算後所得到的數據相比對。

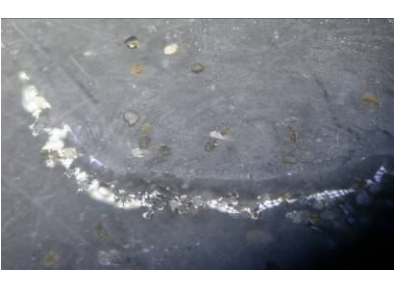
3. (觀察 3)：泥砂顆粒特徵

- (1) 將從水果園及龍崗採集回來過篩後的泥砂，挑出粒徑 (0.297mm ~ 0.210mm) 的泥砂，以手指隨機取一些放在培養皿上，並輕輕左右搖晃，使其散佈均勻。
- (2) 在實體顯微鏡下觀察泥砂顆粒的顏色、形狀。
- (3) 在實體顯微鏡下將泥砂顆粒用稀鹽酸滴滴看，觀察哪一種顏色的顆粒會冒泡泡。

4. (觀察 4)：泥砂顆粒中的微小貝殼及有孔蟲

- (1) 將裝有少許泥砂 (粒徑 0.59mm ~ 0.297mm) 的培養皿放在實體顯微鏡下觀察，找出微小貝殼，並且辨認牠們的名稱。
- (2) 將裝有少許泥砂 (粒徑 0.297mm ~ 0.210mm) 的培養皿放在實體顯微鏡下仔細找出有孔蟲，並且辨認牠們的名稱。
- (3) 將水果園及龍崗海邊所找到的微小貝殼及有孔蟲相比對，找出這兩地的環境之間的關係。



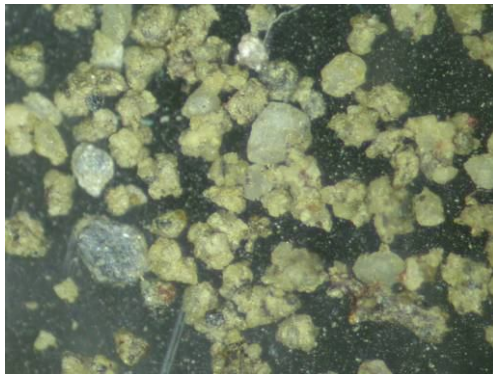
		
篩網過篩	實體顯微鏡下找有孔蟲及微小貝殼	稀鹽酸滴滴看

（二）觀察結果：

1. （結果 1）

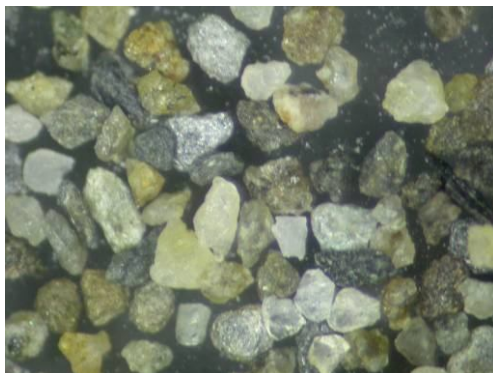
（1）觀察在水果園內採集的泥砂及貝殼化石

- A. 我們在採集挖掘時，發現地表的岩性以粗砂為主，還沒有膠結所以土質疏鬆，風化後呈黃色，比較像是林朝榮教授提到臺南台地臺南層標準露頭的第四段和第三段之間的地層。
- B. 當我們在採集時，有錐螺、鮫蛤等，也有有孔蟲、藤壺等化石，初步推斷此地層為當時潮間帶的環境。
- C. 在地表 40mx15m 的範圍有些地方的貝殼化石比較密集，以錐螺、二枚貝為多。
- D. 在群集中貝殼化石的大小不一，可能是災難死亡。大部分斧足類的兩瓣不相連，少數個體有膠結在一塊；可是像腹足類的錐螺，個體很小，但仍然保持得完整；我們也發現有些腹足類的殼被藤壺覆蓋。水果園的地方不大，但是可以發現許多種的生物在 5800~7200 年前在這塊地的活動，最後達成平衡的生活環境。



（2）觀察在龍崗海邊採集的泥砂和貝殼

- A. 我們在海灘上採集了許多的貝殼，也採集了泥砂。這裡的海灘上有很多的生物遺骸，而這些生物遺骸就是我們採集的貝殼。
- B. 我們發現這裡的泥砂顆粒較粗，有些細砂被強風吹到高的地方形成沙丘，這裡的砂摸起來是很細的。
- C. 在那裡是一片廣大的沙灘及廢棄的蚵架。
- D. 這裡的貝殼種類多，科學中心裡為了教學收藏不少當地的貝殼。



2. (結果 2)

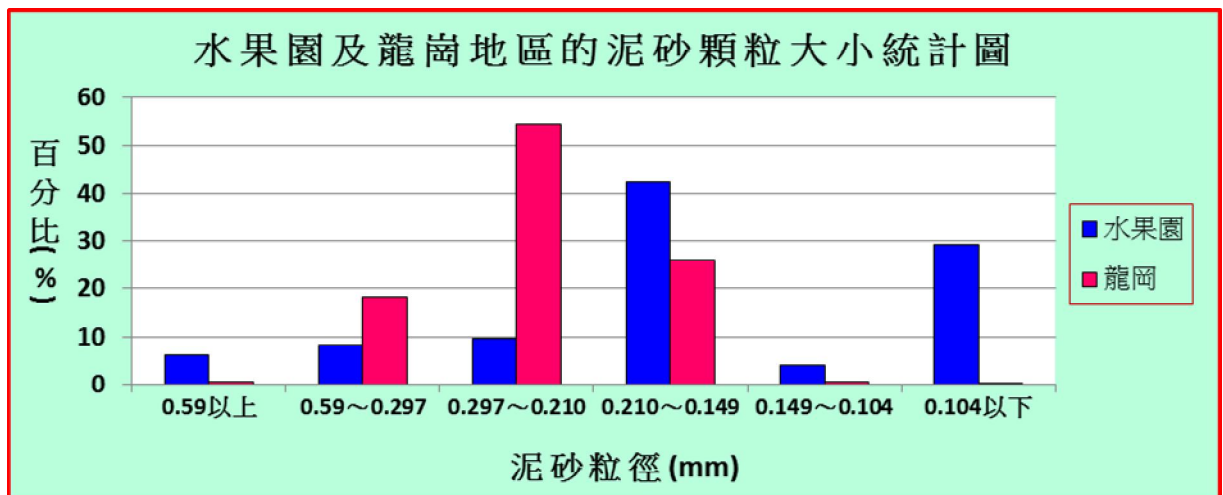
(1) 水果園的泥砂觀察分析

粒徑	0.59mm 以上	0.59mm~ 0.297mm	0.297mm~ 0.210mm	0.210mm~ 0.149mm	0.149mm~ 0.104mm	0.104mm 以下	合計
重量 (g)	11.2	15.3	17.4	77.5	7.2	53.0	181.6
所佔百分比 (%)	6.2	8.4	9.6	42.5	4.0	29.2	100

(2) 龍崗的泥砂觀察分析

粒徑	0.59mm 以上	0.59mm~ 0.297mm	0.297mm~ 0.210mm	0.210mm~ 0.149mm	0.149mm~ 0.104mm	0.104mm 以下	合計
重量 (g)	0.8	35.2	105.2	50.2	1.2	0.2	192.8
所佔百分比 (%)	0.4	18.3	54.6	26	0.6	0.1	100

(3) 水果園及龍崗地區的泥砂不同顆粒大小統計圖



(4) 我的發現：

- A. 水果園的泥砂是以粒徑 (0.210mm~0.149mm) 的顆粒為最多，其次是粒徑 (0.104mm 以下) 的顆粒為多；而龍崗海邊的泥砂則是以粒徑 (0.297mm~0.210mm) 的顆粒為最多，其次是粒徑 (0.210mm~0.149mm) 的顆粒為多。由以上的數據可以得知水果園的泥砂是以粒徑 (0.210mm~0.149mm) 的顆粒為多，泥砂的顆粒較細，而龍崗海邊的泥砂以粒徑 (0.59mm 以上~0.149mm) 的顆粒為多，泥砂的顆粒較粗。
- B. 兩個地方的泥砂中不同粒徑顆粒的多寡有些不太一樣，可能是沉積的條件不大相同影響。

3. (結果 3):

(1) 水果園的泥砂觀察分析：

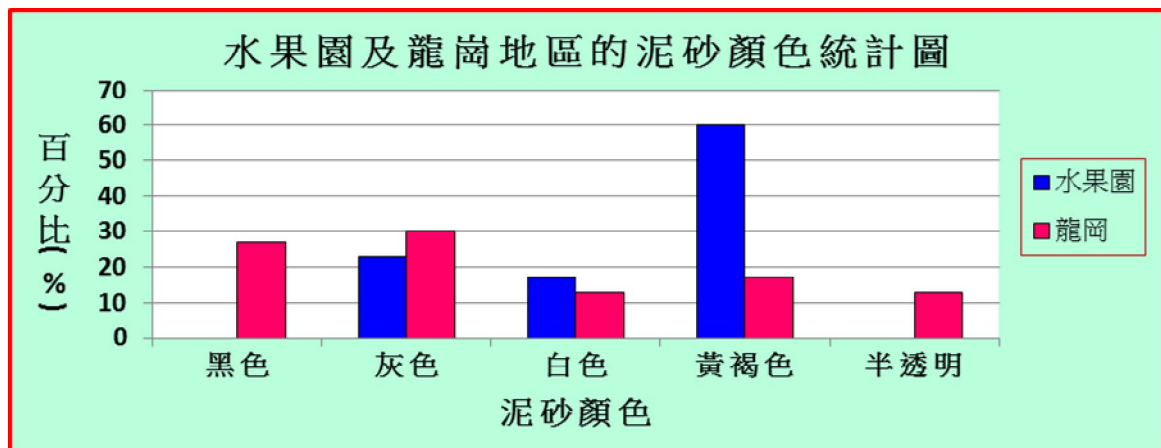
水果園的泥砂顆粒中，有黃褐色、白色及灰色等三種顏色，黃褐色的顆粒是疏鬆的土塊，只要輕輕一捏就會碎掉，多呈不規則狀；而白色的顆粒則是破碎的貝殼碎屑，滴上稀鹽酸後會冒泡泡，而灰色的顆粒是板岩的碎屑，表面上是一層一層的，有亮亮的結晶，多呈片狀。

顆粒顏色	黃褐色	白色	灰色	合計
數量	56	16	22	94
百分比	60%	17%	23%	100%

(2) 龍崗的泥砂觀察分析：

龍崗海邊的泥砂顆粒中，有黑色、灰色、白色、黃褐色及半透明等五種顏色，黑色及灰色的顆粒是頁岩或板岩的碎屑，表面上看起來是一層一層的，而且有亮亮的結晶，大多為片狀；白色的顆粒則是破碎的貝殼碎屑，呈不規則狀，滴稀鹽酸後會冒泡泡；黃褐色及半透明的顆粒是石英的碎屑，多為塊狀，少數具有稜角。

顆粒顏色	黑色	灰色	白色	黃褐色	半透明	合計
數量	22	24	11	14	11	82
百分比	27%	30%	13%	17%	13%	100%

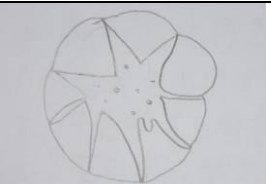


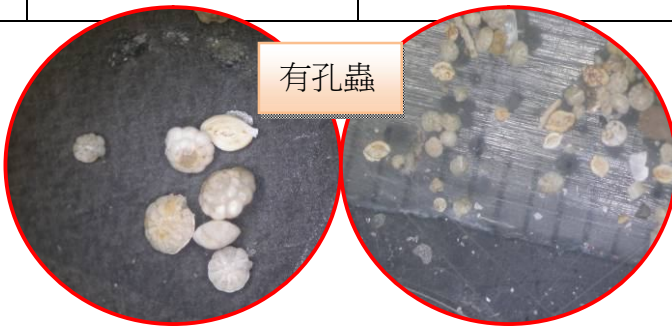
4. (結果 4)：

(1) 水果園的有孔蟲及微小貝殼觀察分析：

A. 我們將水果園的泥砂分為地表上的泥砂及地表下 90cm 的泥砂，分別取出粒徑 (0.59mm~0.297mm) 的顆粒，在實體顯微鏡下尋找有孔蟲及貝殼化石，結果發現在地表上的泥砂顆粒中，找不到任何有孔蟲或貝殼化石，但在地表下 90cm 的泥砂顆粒中，卻找到了很多的有孔蟲及微小的貝殼化石，其中也有被鑽孔的微小貝殼化石。

B. 我們觀察到的有孔蟲及微小化石如下：

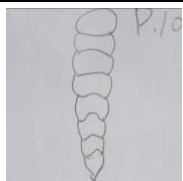
繪圖				
學名	<i>Ammonia beccarii</i> <i>Koeboeensis</i> (Le Roy)	<i>Ammonia nakamurai</i> (Ishizaki)	<i>Ammonia takanabensis</i> (Ishizaki)	<i>Spiroloculina communis</i> Cushman and Todd



(2) 龍崗海邊的有孔蟲及微小貝殼觀察分析：

A. 我將龍崗海邊採集回來過篩後的泥砂，取出粒徑 (0.59mm~0.297mm) 的顆粒，在實體顯微鏡下尋找有孔蟲及貝殼化石。結果發現這裡的泥砂顆粒中，有很多有孔蟲及微小貝殼，種類都很接近。有孔蟲的顏色是較亮的黃褐色，看起來是較光滑，背面呈放射狀，而微小貝殼大多是螺類。

B. 我們觀察到的有孔蟲及微小貝殼如下：

繪圖				
學名	<i>Ammonia nakamurai</i> (Ishizaki)	<i>Spiroloculina communis</i> Cushman and Todd	<i>Lenticulina taluensis</i> (Chang)	<i>Tritaxia changi</i> Huang



（三）討論：

1. 我們在老師的指導下走到臺南市東區的嘉南療養院旁的水果園撿貝殼。一開始我們懷疑「這裡不是海邊，哪來的貝殼？」「是有人吃了貝類，把殼丟棄在這裡嗎？」經過討論和老師的指導才知道這個地方在 5800~7200 年前是海相堆積，「而且推測臺南台地東半部在近 5800 年來，平均上生速率為每年 4 公厘」。(吳東錦 (1990) 曾作臺南台地的碳十四定年)，所以在這裡撿到的貝殼是 5000 年前堆積在這個淺海中的貝殼，現在已經是亞化石了。
2. 在果園內採集化石時，有些地方較密集，有些較零散的散布在果園的土壤或地表上。而在龍崗的貝殼是較零散的，但有些地方會有波狀的貝殼密集帶。
3. 在炎熱的太陽下，同學們幫忙我一起在龍崗海邊採了許多的貝殼，這些貝殼的種類也很多，有錐螺、牡蠣、頸螺、藤壺、錦文蛤、魁蛤等，這些都是散佈在沙灘上的貝殼。
4. 我們在果園內採到的貝殼化石，部分有小圓孔；龍崗海邊採集的貝殼上也有部分的貝殼有小圓孔，所以我決定以這個問題，進行相關的探討研究。

（四）我的想法：

1. 在水果園的泥砂顆粒中，是以黃褐色的顆粒為最多，因此以肉眼觀察水果園的泥砂顏色時，看見的就是黃褐色的。而龍崗海邊的泥砂顆粒中，以灰色及黑色的顆粒為最多，因此以肉眼觀察龍崗海邊的泥砂顏色時，看見的就是黑灰色的。
2. 在龍崗海邊採集回來的泥砂中，有半透明及黃褐色的石英顆粒，但我發現在黃褐色顆粒的下部通常是半透明的顏色。這是因為石英的顆粒原先是半透明的，但後來因表面上附著了氧化鐵的成分而使顆粒的外觀看起來是黃褐色的。由氧化鐵的現象可得知台灣的氣候是溫暖潮濕的。
3. 在水果園的泥砂顆粒中，含有黑色的板岩碎屑；而在龍崗海邊的泥砂中也有黑色的板岩碎屑。這些板岩的碎屑有大有小，都是從中央山脈沖刷下來的碎屑，因此我認為水果園在 5800~7200 年前的環境，和現代臺南龍崗海邊的環境可能是很相似的。
4. 我們在水果園的泥砂顆粒及龍崗海邊的泥砂顆粒中，所發現的有孔蟲、微小貝殼的種類相近。我從圖鑑中找到這些有孔蟲都是屬於底棲性的，因此可以得知 5800~7200 年前的水果園及龍崗海邊的環境，都是屬於淺海的區域。

三.活動三：利用圖鑑來辨認這些貝殼化石及現生貝殼的名稱

(一) 目的：

1. 想認識這些貝殼化石及現生貝殼的名稱及俗名
2. 想從分辨出來的貝殼化石及現生貝殼的名稱及數量來推測掠食者的掠食選擇習慣

(二) 材料：

1. 資料：貝殼圖鑑
2. 記錄工具：紙、筆、尺
3. 製作模型工具：珍珠板、雙面膠、泡棉膠、標籤貼紙、剪刀、藍色壁報紙、鋸片
4. 計算工具：計算機

(三) 操作方法：

1. 分別將果園所採集到的貝殼化石及臺南龍崗海邊所採集到的現生貝殼，利用「二分法」先將相同外型特徵的貝殼、螺類分成一堆一堆。
2. 在老師的指導下，依貝殼、螺類的外型特徵去比對貝殼圖鑑，從中找出這些貝殼的名稱，再將有被鑽孔的貝殼利用標籤標記名稱，把被鑽孔的貝殼和已標記好名稱的標籤按照順序把貝殼一一利用泡棉膠貼在切好的珍珠板上，並在貝殼下方貼上這個貝殼名稱的標籤。



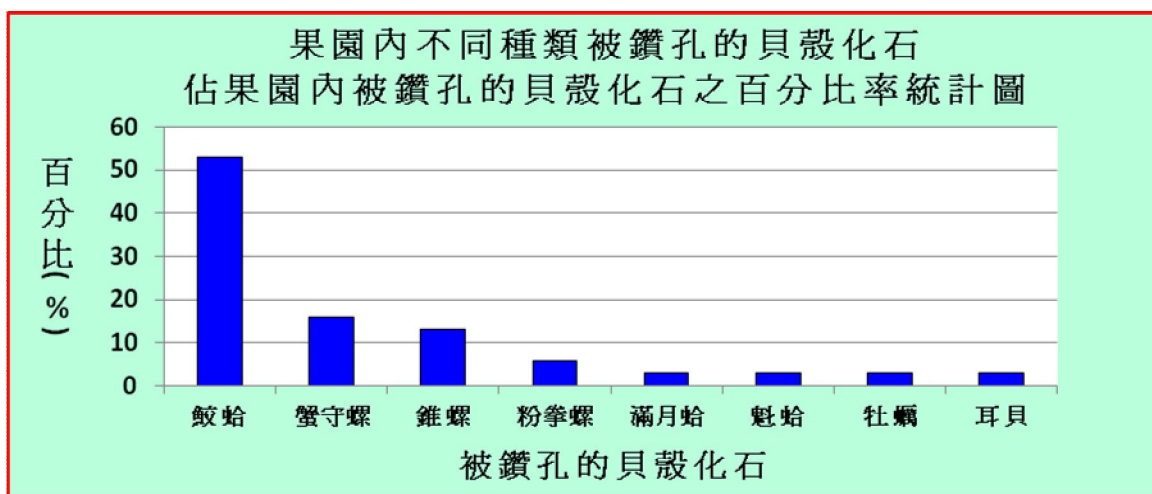
3. 分別計算被鑽孔的化石或貝殼的數量，佔採集回來的貝殼化石及現生貝殼的百分率。
4. 分別計算不同種類被鑽孔的貝殼化石及現生貝殼佔採集回來有被鑽孔的貝殼化石或現生貝殼之百分率。

(四) 結果

1. 水果園

- (1) 水果園裡採集到被鑽孔的化石之分類：共有 96 個：鮫蛤 51 個、蟹守螺 15 個、錐螺 12 個、粉拳螺 6 個、滿月蛤 3 個、魁蛤 3 個、牡蠣 3 個、耳貝 3 個。
- (2) 我們在果園裡一共採集了 744 個貝殼，其中被掠食者鑽孔的共有 96 個，約佔其中的 13%。
- (3) 果園內不同種類被鑽孔的貝殼化石佔果園內被鑽孔的貝殼化石之百分比率

種類編號	1	2	3	4	5	6	7	8	總計
貝殼俗名	鮫蛤	蟹守螺	錐螺	粉拳螺	滿月蛤	魁蛤	牡蠣	耳貝	
數量	51	15	12	6	3	3	3	3	96
所佔比率	53%	16%	13%	6%	3%	3%	3%	3%	100%



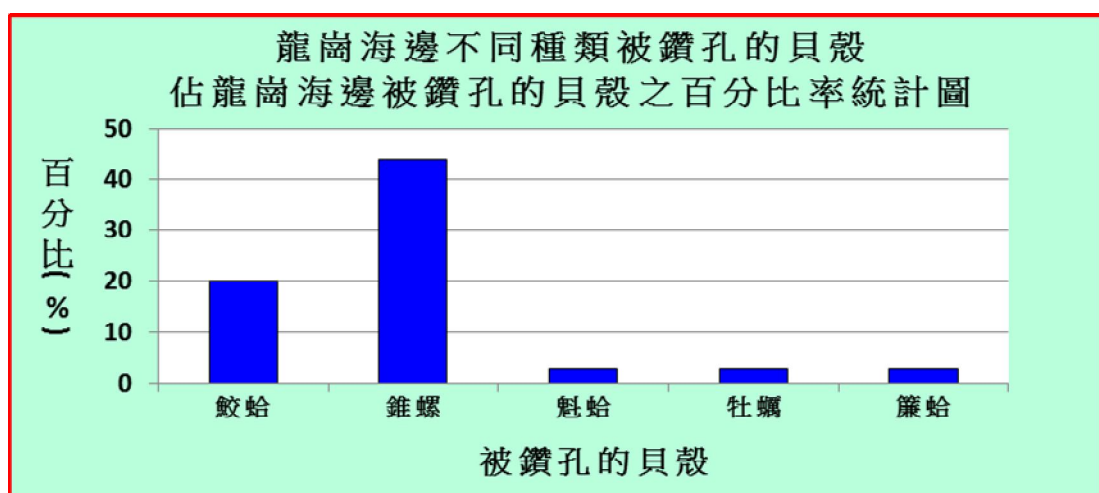
(4) 從以上的百分比率統計圖表可以得知：

在嘉南療養院旁果園所採集的貝殼化石中，其中有被鑽孔的貝殼化石之數量，以鮫蛤為最多，其次是蟹守螺、錐螺。可是我發現，在水果園中採集的貝殼化石是以魁蛤為最多，共有 90 個，但是在這 90 個魁蛤中，被鑽孔的卻只有一個，所以我認為掠食者對掠食對象的選擇，不是隨機的，而是有選擇性的，並且是多樣性的。

2. 龍崗海邊

- (1) 龍崗海邊被鑽孔的現生貝殼之分類共有 30 個：鮫蛤 6 個、錐螺 13 個、魁蛤 1 個、牡蠣 1 個、簾蛤 9 個。
- (2) 我們在龍崗海邊採集到的貝殼共有 885 個，其中有 30 個被鑽孔掠食的，約佔了全部的 3%。
- (3) 龍崗海邊不同種類被鑽孔的貝殼佔龍崗海邊被鑽孔的貝殼之百分比率：

種類編號	1	2	3	4	5	總計
貝殼俗名	鮫蛤	錐螺	魁蛤	牡蠣	簾蛤	
數量	6	13	1	1	9	30
所佔比率	20%	44%	3%	3%	30%	100%



(4) 從以上的百分比率統計圖表可以得知：

在龍崗海邊所採集來的現生貝殼中，其中有被鑽孔的貝殼之數量，以錐螺為最多，其次是鮫蛤。可是我發現，在龍崗海邊採集到有被鑽孔的貝殼和水果園的種類相似。

(五) 討論：

1. 我們在嘉南療院旁的果園及臺南海岸所採集回來，有被鑽孔的貝殼化石或現生貝殼中，種類相似，我認為可能是這兩個地方環境相同，造成貝殼的種類一樣。
2. 我們比較這兩地有被鑽孔的貝殼，都可以看出在數量上的不同。從我們所統計的數據中，可以得知掠食者對掠食對象的選擇是多樣的，不是隨機的，而是有選擇性的，因為我們在兩地採集到的貝殼都有數量較多的一個種類，可是那一個數量較多的種類也未必是其中被鑽孔數量最多的種類。所以我們認為掠食者的掠食行為是有選擇性的。
3. 我們從文獻上知道在貝殼上鑽孔掠食的掠食者分別是軟體動物的玉螺科及骨螺科。也在老師的指導下，在文獻上找出「臺南層中，化石上的鑽孔主要為玉螺的鑽孔」，因此，我們判定在我們從嘉南療養院旁果園所採集到的貝殼化石上鑽孔的禍首是軟體動物中的玉螺了。在老師和我的討論之下，得知骨螺是生長在深海的軟體動物；而玉螺則是生長在淺海的。而我們採集的兩個不同地方都是淺海地區，只是一個是現生的，一個是以前曾經是的，所以便判定兩地的貝殼都是為玉螺所鑽的。



(六) 我的想法：

1. 從去年我們所研究的主題「探索社區『貝殼化石』鑽孔的過去與現在」中延續問題，得知：
 - (1) 貝殼化石中同一種類的有大有小，表示是在同一時期(約 5800~7200 年前)被掩埋。
 - (2) 這些孔洞不是貝殼化石本身就有的，因為不是只有一個種類的貝殼才有孔洞，所以我認為不是天生就有的。
 - (3) 貝殼的殼上的小孔洞，是動物利用特殊方法鑽的，且是牠們還活著時，在海底被鑽的。
 - (4) 我們由「把稀鹽酸滴在貝殼上會形成小凹槽」的結果中去推論，得知有種動物體內有構造跟人的胃相似，可分泌酸性的液體使貝殼破出一個圓洞；也跟人的胃一樣(分泌胃液 $\text{pH}1.5 \sim \text{pH}2$)可消化蛋白質，而這種動物會分泌酸液使貝殼的殼鑽孔，並能掠食內臟。
2. 我認為玉螺在掠食時，不是隨機的，而是有選擇性的特性，與我們人在吃飯時，會挑食而選擇自己愛吃的吃多一點；不愛吃的就選擇避開的特性相似。

四.活動四：實體顯微鏡下觀察貝殼孔洞的特徵。

(一) 目的：

1. 想知道在我們採集的貝殼中,每一個小孔洞的特徵。
2. 想從每一個小孔洞的特徵去找出貝殼化石及現生貝殼的不同處。

(二) 材料：

1. 觀察工具：實體顯微鏡、放大鏡
2. 記錄工具：紙、筆、尺、電子游標卡尺
3. 觀察對象：果園貝殼化石、臺南海邊現生貝殼
4. 固定工具：油土、紙杯

(三) 操作方法

1. 測量貝殼的體長、殼口寬度、螺圈數、孔洞外徑、孔洞內徑。
 - (1) 利用電子游標卡尺來測量每一個有被鑽孔的貝殼化石及現生貝殼的體長、殼口寬度、螺圈數、孔洞外徑及孔洞內徑並記錄下來。
 - (2) 從測量後所得的數據，提出化石、貝殼中同一種類出來比較，找到同一種類的貝殼在過去與現在的不同。
2. 觀察貝殼化石和現生貝殼上小孔洞的特徵。
 - (1) 分別利用肉眼及放大鏡來觀察貝殼化石及現生貝殼上孔洞特徵。
 - (2) 從觀察的結果中，提出同一種類的貝殼去做比對，找出同一種類的貝殼在過去與現在被鑽孔的不同，並加以推論孔洞特徵的不同處與掠食者、被掠食者在過去和現在不同的關係。

(四) 結果

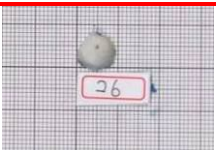
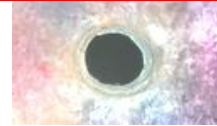
1. 測量貝殼化石及現生貝殼的體長、殼口寬度、螺圈數、孔洞外徑及孔洞內徑。

(1) 觀察果園的貝殼化石特徵

觀察分析：(因為資料較多，僅列出部分做為參考)

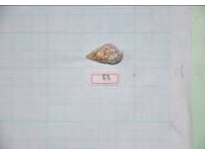
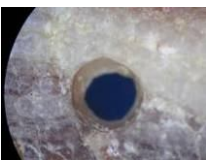
單位：毫米(mm)

觀察項目	編號	2	3	21	22	27
	名稱	鮫蛤	鮫蛤	蟹守螺	蟹守螺	粉拳螺
肉眼觀察	照片					
實體顯微鏡下	上視圖					
	體長	15.4	16.4	9.2	20.7	19.6
	殼口寬度	14.1	13.7	3.2	5.0	3.9
	孔洞位置 (生長線)	13-25	10-17	2	3	3
	孔洞外徑(R)	3.2	3.0	1.8	2.4	2.1
	孔洞內徑(r)	2.5	2.3	1.2	1.6	1.4

觀察項目	編號	29	30	31	32
	名稱	滿月蛤	魁蛤	牡蠣	耳貝
肉眼觀察	照片				
實體顯微鏡下	上視圖				
體長		9.8	20.4	32.2	25.5
殼口寬度		9.6	16.4	30.1	23.9
孔洞位置 (生長線)		5-10	1-4	7-11	5-12
孔洞外徑(R)		1.6	3.1	3.2	3.5
孔洞內徑(r)		0.7	2.2	2.2	1.4

(2) 觀察龍崗海邊的現生貝殼特徵

單位：毫米(mm)

觀察項目	編號	1	2	3	4	5
	名稱	錐螺	芋螺	二枚貝	牡蠣	蟹守螺
肉眼觀察	照片					
實體顯微鏡下	上視圖					
體長		34.0	13.0	26.7	23.1	22.2
殼口寬度		6.0	2.0	36	19.5	6.9
孔洞位置 (生長線)		2~3	17~20	3	7	2
孔洞外徑(R)		3.5	2.9	1.7	1	2.8
孔洞內徑(r)		2.2	1.9	0.8	0.8	0.9

(3) 觀察臺南海邊的現生錐螺

測量錐螺的體長、殼口寬度、螺圈數、孔洞外徑、孔洞內徑

單位：毫米(mm)

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
名稱	錐螺	錐螺	錐螺	錐螺	錐螺	錐螺	錐螺	錐螺	錐螺
體長	78.02	81.79	72.50	62.51	68.36	71.45	74.88	75.25	75.42
殼口寬度	10.60	12.94	10.57	8.80	11.63	12.17	13.65	12.71	13.69
螺圈數	3	3	3	2	3	3	4	4	5
孔洞外徑(R)	3.0	3.7	5.5	3.2	5.0	3.9	3.4	3.2	4.9
孔洞內徑(r)	1.5	2.4	4.4	1.3	2.8	2.1	1.8	2.0	2.7

(五) 我的發現：

1. 從以上的測量之後，我決定以錐螺作為比對的對象，因為錐螺的孔洞位置明顯，且特徵容易觀察。
2. 在測量之後，可以發現錐螺被鑽孔的位置都約在 3~5 螺圈之間，位置都很接近。錐螺化石的個體很小，約在 0.8cm~2.0cm 之間，孔洞外徑約 0.05cm~0.1cm，所以我推測玉螺的個體很小。而現生錐螺的個體較大，約在 6.0cm~8.0cm 之間，所以我也可以推測玉螺的個體較大。

(六) 討論

1. 我們的想法

(1) 從文獻資料中，我知道了

- A. 在化石中可以用鑽孔的形狀來區分掠食者為玉螺或骨螺。
 - B. (2)玉螺和骨螺所鑽的孔型態和大小都不同，骨螺所鑽的孔為圓柱形；而玉螺所鑽孔為倒圓錐形，而且骨螺的孔較玉螺為小，造成孔洞有這兩種不同形狀的原因在於兩種掠食者鑽孔掠食的方式不同所造成。
 - C. (3)玉螺主要的掠食對象為斧足類中滿月蛤科、簾蛤科和櫻蛤科，或腹足類中的錐螺科、芋螺科、捲管螺科。
2. 由於用肉眼觀察不易看出玉螺和骨螺所鑽的孔和內部型態，而辨別出圓錐形或圓柱形，所以必須藉由實體顯微鏡的觀察才可看出。而我們在果園裡採集的化石。臺南海邊的錐螺殼上的孔洞皆為倒圓錐體的，因此更加可以判斷這二個地方所採集到有被鑽孔的貝殼都是為玉螺所鑽。
 3. 從實體顯微鏡下的觀察，可容易看出玉螺所鑽的孔是圓錐型，在殼的表層上是比較寬的傾面，越下層弧形，所以看起來是比較大。從拍攝的照片可以看出一般都有明顯的兩層，外層為平滑細小的斑點面，而內層是受到舌齒的磨損而呈現出的紋路。
 4. 從觀察結果中，我發現貝殼化石及現生貝殼、錐螺被鑽孔的位置、形狀都有一定，經過對貝殼化石被鑽孔的位置相比對，發現掠食者的玉螺都找最薄且最接近內臟的部位鑽孔，所以比較容易鑽出孔，也容易吃到內臟。
 5. 經過和老師討論以後，我們認為貝殼化石和現生貝殼中，沒有完全被鑽過去的數量不同在於殼飾及殼的厚度與位置的關係。就以牡蠣為例，牡蠣化石的殼表面較平滑，殼飾較少，甚至沒有，所以容易被鑽過去。而現生的牡蠣殼飾較明顯，目凸起較多，所以不易被鑽過去。

五.活動五：從龍崗海邊的環境探討水果園在 5800~7200 年前的環境變化

(一) 從文獻資料，我們知道了

1. 嘉南療養院旁的水果園位在臺南臺地的東邊，是台地的高點，是 5800~7200 年前臺南地區旺盛的西南氣流，吹著強風，泥砂覆蓋著水果園的上部，形成了沙丘。
2. 從水果園採集的貝殼化石及有孔蟲化石知道這裡在 5800~7200 年前可能是淺海與淡水的交界，因此醞釀了許多軟體動物，因風吹砂使這些動物埋在地下。
3. 經過 5800~7200 年，水果園上的泥砂因為人民的開墾及風吹，上層的泥砂就被挖走或吹走，形成現在水果園地表的現狀，到處可以看見貝殼化石。

(二) 從龍崗海邊的環境變化，來探索比較水果園的環境變化

1. 龍崗的環境變化

龍崗的環境變化	水果園的環境變化比較
(觀察 1)：觀察海浪的沖擊	(觀察 1)：觀察海浪的沖擊
	
A. 我們一群同學站在海浪沖擊的地方（有 3 位老師保護我們，我們站在靠近岸邊的地方），發現一波一波的海浪打到沙灘流到岸邊時，會把泥砂和漂流物一起打上來；當浪退時，這些泥砂和漂流物也跟著流入海上。可是海浪一直不停的打上岸邊，有時很大有時很小，所以最後會發現沙灘上堆積著一層一層的泥砂，也看見一彎彎的漂流物，在沙灘上的邊緣。	B. 我們在水果園的地方沒有看見海浪打在岸邊，可是我們看見了水果園地表上有一層泥砂，這些泥砂是我們在水果園的地方挖 1m 正方的地層，深度 90cm。在挖掘時我們看見每一層的泥砂有顏色的不同、粗細的不同，也有向流水沖刷的現象。我們在挖地層的上層時，表層上有不同泥砂的紋路，不知道是海水的衝擊或是風吹的堆積。

(觀察 2)：觀察風吹砂的堆積	(觀察 2)：觀察風吹砂的堆積
	
A. 五月的臺南龍崗海邊強烈的西南氣流，帶著泥砂，使整個海邊瀰漫著濃濃的沙塵，打在臉上會很疼，最後這些泥砂堆積成一層層的沙丘，而且在沙灘上形成一波波的波紋。	B. 厚厚的泥砂，顏色為黃褐色的粉泥土。 C. 在挖掘的地層中，可以清晰的觀察到一層層的地層是泥砂的堆積。 D. 挖掘上上層的泥砂時，發現每層和每層層之間有分隔的紋路。

(觀察 3)：在龍崗海邊的沙灘上挖掘小型地層	(觀察 3)：嘉南療養院旁水果園內挖掘的地層
	
A. 我們挖掘長 100cm 的弧形地層，深度 50cm。(因為深度 50cm 時，就挖到地下水了) B. 在地層中發現有三層不同顏色及粗細的泥砂。上層的泥砂顆粒比較細；中間層的泥砂顆粒粗，下層的顆粒比中間的細。 C. 在挖掘的地層中有明顯的紋路，顯示不同時間的堆積。從堆積中發現可能是海浪打在沙灘上形成的堆積，最上層可能是風吹的堆積。	A. 靠近地表的岩性以粗砂為主，土質疏鬆風化後是黃褐色。 B. 在地層中的上層（0~30cm）為泥砂互層，上半部為黃褐色，粗砂到粉砂。 C. 在地層中挖出貝殼化石有錐螺、鮫蛤及有孔蟲化石，也有少量藤壺化石。 D. 在地層中（30~90cm）的話時比較多而密集，以錐螺、二枚貝為多，大小不一。 E. 從文獻知道這裡是 5800~7200 年前的堆積。

(觀察 4)：觀察採集的泥砂	(觀察 4)：觀察水果園內的泥砂
	
A. 沙灘上的泥砂為青灰色，顆粒細小，會隨風飛揚，在沙灘上形成沙丘。因此，在海邊栽培固砂植物，可以防止海邊的砂被強風吹走。(固砂植物：馬鞍藤、濱刺麥；防風植物：木麻黃) B. 在實體顯微鏡下觀察泥砂的顆粒中，有黑色、灰色、白色、黃褐色及半透明等顏色。 C. 這裡的泥砂是來自二仁溪、曾文溪上游的岩壁受流水沖刷、搬運、堆積在海裡，又被海浪沖擊到岸邊，所以是岩石的碎屑顆粒。	A. 水果園內的泥砂在地表上是黃褐色的泥砂和一些石塊、磚塊混在一起，可能人們開採過的地面，所以很難說是水果園的原來樣子。 B. 在挖掘的泥砂中，也就是往下挖 0~90cm 的地層，從挖掘中發現底下的泥砂是未經挖過的，表示這裡的地層是以前堆積時的原來樣子。 C. 從挖掘中發現上層有塊狀的泥層，以下是黃褐色和灰色粗砂及細沙的交錯層。

(觀察比較 5)：龍崗海邊採集的貝殼	(觀察比較 5)：水果園內採集的貝殼化石
	
A. 從龍崗海邊的沙灘上採集的貝殼中，以鮫蛤為最多，都在靠近岸邊的沙灘上，而且成帶狀分布，其中有部分的殼有被鑽的孔洞。 B. 我們也採集到長長的錐螺，數量很多，個體很大，有少量在貝殼口 3~5 螺圈的地方被鑽孔洞。	A. 在水果園露出地表的貝殼很多，我們採集 744 個貝殼，其中以鮫蛤為最多，其次為蟹守螺、錐螺、粉拳螺等，其中也有部分被鑽孔洞。 B. 在這裡採集的貝殼大部分是完整的，有些是埋在淺層的泥砂中，所以會有泥砂包住牠。

C. 我們在沙灘上幾個較低窪的地方採集到很多的貝殼，總共有 885 個，有螺類和蛤類，有些是重疊在一起，可能是大海浪沖擊上來的，而停留在低窪地方。	C. 在水果園內採集的貝殼中，以鮫蛤、蟹守螺及錐螺被鑽孔洞的數量為多，可以推想掠食者對掠食的對象的選擇是多樣的。
---	--

(觀察比較 6)：在龍崗海岸地層的泥砂中的有孔蟲及微小貝殼	(觀察比較 6)：在水果園挖掘的地層中的有孔蟲化石及微小貝殼化石
	
A. 在龍崗海邊挖掘的地層中採集的泥砂，取出粒徑(0.59~0.297mm)的顆粒，在實體顯微鏡下發現很多的有孔蟲及微小貝殼，種類多。有孔蟲的顏色是較亮的黃褐色，背面呈放射狀，在微小貝殼中大多數是螺類。	A. 在挖掘的地層中，靠近地表處(0~30cm)的泥砂中，在實體顯微鏡下找不到有孔蟲和小貝殼化石；但在地表下 90cm 的地方就能找到很多有孔蟲及微小化石，其中也有小貝殼被鑽孔洞的。

(三) 討論：

1. 從上面的觀察比較，知道臺南市龍崗海邊沙灘上的泥砂及挖掘地層中的泥砂，岩性以粗砂為主，並不會膠結在一起成疏鬆狀，與嘉南療養院旁水果園裡的泥砂極為相似。這些特質與林朝榮教授對臺南層的地層層序的第三段「以黃棕色之粗砂粒構成，具有 2~3mm 之薄紋層，交錯層裡特別發達，此段厚度約 2~4m，為海岸沙灘環境。」但是在水果園地表的泥砂為黃褐色，也會發現到塊狀泥質，這些可能是第三段泥砂風化變質而成，為陸上風成堆積。
2. 從龍崗海邊採集的貝殼種類很多，其中有些貝殼被掠食者鑽孔洞，有鮫蛤、錐螺等；與嘉南療養院旁水果園內採集的貝殼中有多數被鑽孔洞的現象相似。從文獻上找出「臺南層中化石上的鑽孔主要為玉螺的鑽孔」因此我們判定水果園內所採集的貝殼化石上鑽孔的禍首是軟體動物中的玉螺，而玉螺生長在淺海。我們採集二個不同地方的貝殼，都有被玉螺鑽孔的痕跡，其中一個地區是現代的龍崗海邊的淺海地區，另一個地方是嘉南療養院旁的水果園，在 5800~7200 年前也是類似龍崗海邊一樣是淺海地區。
3. 從龍崗海邊及水果園的地層中採集的泥砂，在顯微鏡下觀察的有孔蟲及微小貝殼，在種類方面都很接近。而有孔蟲是淺海中證實了嘉南療養院旁的水果園在 5800~7200 年前是淺海地區或是海岸沙灘環境。

柒. 結論：

- 一. 我們從臺南市嘉南療養院旁的水果園路頭上採集了許多貝殼化石；也在園內挖掘了小小的地層（1m×1m×0.9m），採集了泥砂和小貝殼。從觀察中我們發現下面的特徵。
 - （一）農夫在水果園內鬆土栽培，把淺層的貝殼化石翻出來，經過下雨侵蝕，貝殼化石都露出來，所以可以採集許多的貝殼化石。
 - （二）在採集的貝殼化石中，發現有 96 個被玉螺鑽孔，而玉螺是生長在淺海的水域，所以可以知道水果園在 5800~7200 年前是淺海地區。
 - （三）從小小地層中挖掘的泥砂及微小生物化石，發現地層的泥砂是一層一層的，每一層的泥砂粗細、顆粒大小不同：泥砂的顏色也不同。在實體顯微鏡下可以清楚的觀察到微小貝殼化石，其中以腹足類為多數，也有斧足類化石。
 - （四）在微小生物化石中，我也觀察到多數的有孔蟲化石，表是在 5800~7200 年前這裡是淺海地區。
- 二. 我們也到臺南龍崗海邊觀察海浪沖擊沙灘上的泥砂；也採集挖掘地層中的泥砂。發現了下面的特徵。
 - （一）海浪一波一波的衝擊沙灘上的泥砂，使泥砂一次又一次的在沙灘上前進後退。因為海浪的大小不一，最後會造成在沙灘上一層一層的堆積。
 - （二）海浪也一波一波的衝擊海上的漂流物，最後也會在沙灘上形成弧狀的排列。
 - （三）在沙灘上挖掘的小地層中，觀察地層上的泥砂也是有粗細不同的排列堆積；在實體顯微鏡下也可以觀察到微小貝殼及有孔蟲。
- 三. 觀察臺南龍崗海邊採集來的泥砂特徵，發現是黃褐色的粗砂，而且在實體顯微鏡觀察到微小貝殼及有孔蟲。就可以知道是淺海的浮游生物。如果和嘉南療養院旁水果園中的微小貝殼和有孔蟲化石相比較，就可以證明這裡是 5800~7200 年前的海岸沙灘環境。
- 四. 水果園在 5800~7200 年前潮間帶期間，因含有豐富的浮游生物，因此孕育了許多的軟體動物；而現今的龍崗海邊也是有相同的生態環境。因此，在這麼多軟體動物的環境之下，掠食者自然也會有更多的選擇。所以在這種環境之下，被掠食者就會在個體及行為上慢慢的產生改變，而掠食者亦會有所變化。因此長久以來的改變，就成為掠食者與被掠食者的演化過程。
- 五. 將錐螺化石及現生錐螺相比較之後，發現現生錐螺的個體較大，被鑽孔的孔洞就較大；而錐螺化石的個體較小，被鑽孔的孔洞就較小。而被鑽孔的位置都差不多，大約在 3~5 螺圈的位置。我想造成錐螺化石及現生錐螺之不同的原因是：現生臺南海邊的環境適合玉螺生長，泥沙厚且多，而玉螺則在此地進行鑽孔掠食。因此被掠食者的錐螺便會在自身結構或行為上產生改變，慢慢就變成演化了。

捌. 參考資料：

- 季紅菱（1995）。臺南地區臺南層軟體動物化石掠食系統之研究。
- 胡忠恆、陶錫珍（1994）。澎湖群島彩色貝類圖鑑。國立中央圖書館。台灣·臺北。
- 黃敦友（1974）。浮游性有孔蟲化石圖譜。台灣油礦探勘處中國石油學會。
- 黃敦友（1975）。底棲性有孔蟲化石圖譜。台灣油礦探勘處中國石油學會。
- 薛文吉（2004）。嘉義地區化石圖鑑。國家圖書館。嘉義市。
- 鍾廣吉（2006）。台灣的化石。遠足文化。台北縣。

【評語】 030506

優點：

具鄉土性，野外實際操作。

長期研究，科學精神值得肯定。

缺點：

研究探討不夠深入。

建議改進事項：

研究探討不夠深入，以結論來說，即使嘉南療養院旁的水果園採集的貝殼化石與龍崗海邊採集的現生貝殼有許多相似之處，這些證據還不能夠證明水果園在 5800~7200 年前與現今的龍崗海邊有著相同的生態環境。