

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國小組 自然科

第二名

081570

東岸滾石合唱團—鹽寮段海岸地形素描

學校名稱：國立花蓮教育大學附設實驗國民小學

作者：	指導老師：
小六 楊雅潔	楊慶誠
小六 張郁佳	李偲華
小六 陳玉娟	
小六 劉貝兒	
小六 徐瑞苓	
小六 袁苡溱	

關鍵詞：突堤效應 木乃伊地形 地景保育

## 摘要

本研究使用 8 個月的時間，以田野調查法，勘查了學校礫石堆、鹽寮海灘、新城海灘、鹽寮船澳海灘。

在新城海灘，我們發現湍急的立霧溪河水夾帶著大量的泥沙，使海水非常混濁，沿岸激流和沖流、回流都非常強烈。河岸可以清楚的看到淘選不佳的沖積層。

在鹽寮海灘，我們看到菲律賓板塊漂移衝擊造成的地形---傾斜約  $90^{\circ}$  的砂頁岩互層和海浪侵蝕交互作用而造成的「木乃伊」地形、傾瀉岩塊造成沉積岩走向改變的構造、波蝕台上的潮溝、壺穴、泥炭、結核等。

在鹽寮船澳發現突堤效應造成自然海岸地形巨大的改變。而突堤北岸沖流回流強弱又直接影響船澳北側南段北段沙灘構成，例如南沙北礫、灘台南低北高、後濱南寬北窄等等。

我們也利用四分法採海砂標本，再用篩網分析沙子的大小，並根據哈巴科夫磨圓度，分析海灘礫石的磨圓度，嘗試了解比較不同海岸堆積物的差異。



這就是我們發現的鹽寮木乃伊地形



鹽寮傾瀉岩改變了原來沉積岩層的走向

## 壹、研究動機

在學習「愛護自然環境」這個單元時，發現海陸交界處---海岸是一個很特殊的地方，去年學校興建游泳池，挖出許多海灘的珊瑚、扁礫石等，這些扁礫石和海岸地形、海浪有什麼關係呢？在老師的指導下，我們展開了探索花東天然海岸鹽寮段海岸地形的旅程。

## 貳、研究目的

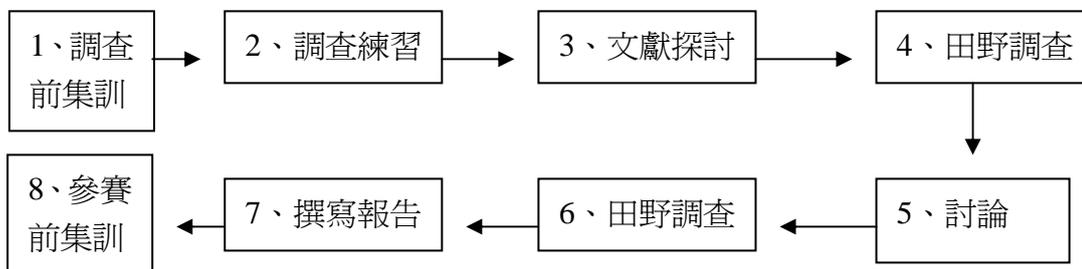
- (一) 認識鄉土地形景觀。
- (二) 分析海灘沖積物與地形的關係。
- (三) 練習找露頭分辨地質構造。
- (四) 學習地景解說、地質構造推理。

## 參、研究器材與設備

電腦、20 倍解剖顯微鏡、汽車 GPS 定位系統、篩網、地質槌、卡尺、捲尺、磅秤、指北針、直尺、塑膠量杯、鏟子、封口袋、標本瓶、傾斜儀。

## 肆、研究過程及方法

### 一、研究流程



### 二、文獻探討

#### (一) 什麼是「海灘」？

海灘 (Beach) 專指海濱上未膠結的礫石而言，地質上海灘的定義是海濱上未膠結的沉積物 (砂、礫、土等) 的集合體，海灘可從最外面的平均低潮線開始，沿海濱向內陸延伸，直達地形上有突然改變的地方為止。

#### (二) 什麼是「波蝕台地」？

由海浪侵蝕，自海崖向海延伸的淺台地，稱為波蝕台地 (Wavecut beach)。

#### (三) 什麼是「壺穴」？

海浪帶著石礫在海蝕平台不斷的侵蝕，起初形成了一個淺而小的洞穴，而當帶有石礫的海浪一再的侵蝕這小凹洞穴時，原本小小的洞穴逐漸變深變寬大，就成了「壺穴」。

(四) 什麼是「傾瀉層」?

傾瀉層 (**Olistostrome**) 屬一種沈積層,通常是由一堆不均勻雜亂的物質交互混和所組成,可能是海底未固結沈積物,因為重力滑落或崩移所造成。

(五) 什麼是「突堤效應」?

突堤效應是指大型海岸結構物,如港口防坡堤 (jetty)、導流堤或突堤群 (groin) 阻絕沿岸輸沙 (longshore transport) 而導致輸沙上游側海岸堆積,輸沙下游側侵蝕的現象。

(六) 什麼是地景保育?

地景保育是指保護一種有價值的空間,地景構景元素為「形狀」「色彩」「線型」「質地」,它具有非再生資源、稀有、脆弱等特徵。

三、練習區和調查區位置與交通

(一) 新城海灘:

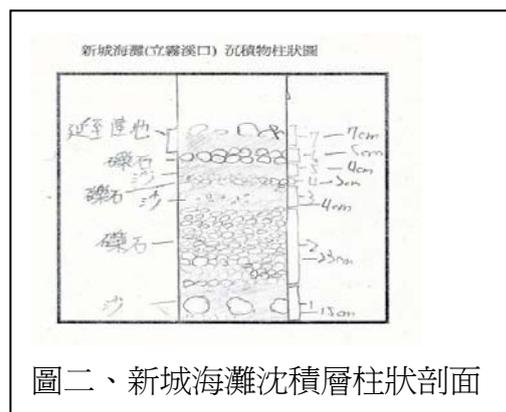
位於立霧溪口南側,搭車至台 9 線 185 公里新城站下車,沿舊省道,經過新城派出所正門往北走約 1 公里,即可到達,海灘由北至南約 2 公里,由東至西 300 公尺,新城海灘的礫石多屬於扁礫石,我們選擇這裡進行原始沖積地形觀察練習。

(二) 鹽寮海灘: GPS 東經  $121^{\circ} 35' 15''$ , 北緯  $23^{\circ} 51' 29''$

搭車沿台 11 線南下在 1 4.5 公里下車,由「萬海園」小石碑向東轉走 50 公尺,即可到達。海灘由北至南約 1000 公尺,由東至西寬約 100 公尺,波蝕台上的礫石很少,但地形很豐富很特殊。

(三) 鹽寮船澳海灘: GPS 東經  $121^{\circ} 34' 34''$ , 北緯  $23^{\circ} 49' 52''$

搭公車沿台 11 線南下,在鹽寮漁港下車,海灘位於鹽寮船澳北側(約台 11 線 17k—18k 附近),由北至南約 1500 公尺,由東至西約 125 公尺,海灘形式包含沙灘和礫灘。



四、調查前訓練---利用校內施工開挖美崙台地古海灘礫石堆,認識礫石。

學校位置: GPS 東經  $121^{\circ} 27' 22''$ , 北緯  $23^{\circ} 59' 27''$

(一) 磨圓度分析: 採用哈巴科夫磨圓度 5 級分類, 分出礫石圓的程度。

- (二) 顏色的分析：分出石頭顏色的差別，再以最廣色分類，如淺、中、深。
- (三) 礫徑調查：使用卡尺量石頭長徑、中徑及短徑。
- (四) 四分法採集練習：將圓錐形沙堆，分成四等分，再採集砂石標本。
- (五) 測步伐距離：測出每人一步所走的距離，方便田調估測距離參考。

#### 五、田野調查時間與工作內容

##### (一)、鹽寮海灘地形調查

- 1、2006年11月22日：在1平方公尺內撿礫石100顆，並學習分類。
- 2、2006年11月29日：礫石採集分析。
- 3、2006年12月20日：礫石採集分析，採集750ml的砂標本。
- 4、2007年3月21日：沉積岩觀察、尋找化石、計算沖流次數、地形描繪。
- 5、2007年3月28日：波蝕台侵蝕地形描繪。
- 6、2007年5月9日：測量傾瀉岩層、排列層序。
- 7、2007年5月30日：調查測量波蝕台木乃伊地形群、波蝕台壺穴。

##### (二)、新城海灘地形調查

2006年12月6日：分析石頭磨圓度、顏色，畫沉積柱狀圖，撿標本。

##### (三)、鹽寮船澳地形調查

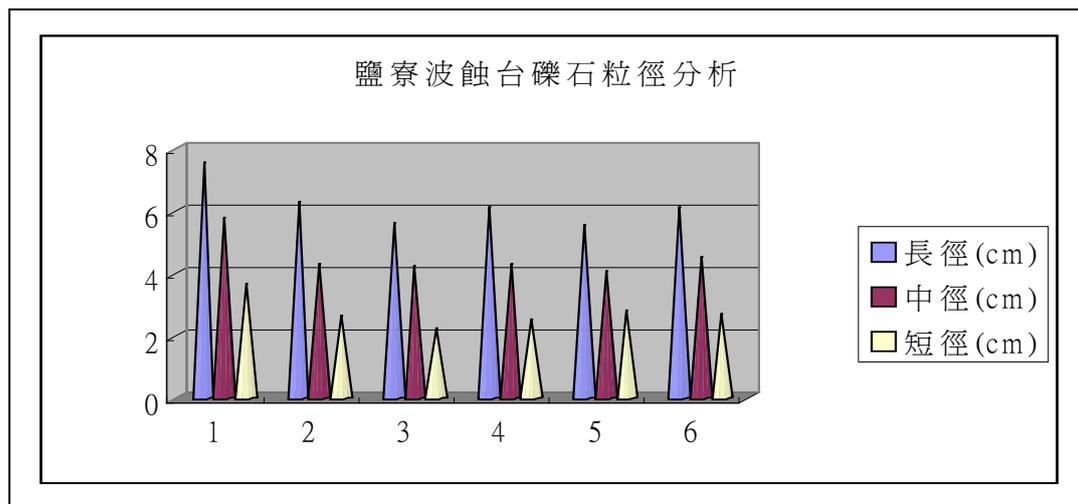
- 1、2007年2月5日：砂分析，觀察海灘石頭排列。
- 2、2007年2月6日：礫石排列，沉積構造，塊體運動，地形剖面繪圖。
- 3、2007年2月7日：造陸養灘實驗，觀察海灘堆積地形的變化、畫石嘴。
- 4、2007年2月8日：礫石磨圓度分析，後濱寬度測量，計算沖流次數，地形變化紀錄，採集海水樣品，砂粒徑分析，撿礫石標本。
- 5、2007年2月9日：地形變化紀錄，砂粒徑分析。

## 伍、研究結果

### 一、鹽寮波蝕台海灘沖積物分析

(一)、鹽寮波蝕台海灘礫石粒徑測量結果平均如下(原始紀錄詳見附件一)

調查次數	長徑 (cm)	中徑 (cm)	短徑 (cm)
1	7.5	5.7	3.6
2	6.3	4.3	2.6
3	5.5	4.2	2.2
4	6.1	4.3	2.5
5	5.5	4.0	2.8
6 總平均	<b>6.1</b>	<b>4.5</b>	<b>2.7</b>



我們發現鹽寮波蝕台海灘大部分的礫石平均長徑約 6.1 公分，中徑約 4.5 公分，短徑(高)約 2.7 公分。

(二)、鹽寮波蝕台海灘礫石顏色調查分析結果如下：

項目	鹽寮海灘礫石顏色調查紀錄表		
顏色	深灰色	淺灰色	淡白色
數量	48	31	21
百分比	48%	31%	21%

我們發現鹽寮波蝕台海灘 100 顆礫石標本顏色，以深灰色和淺灰色為主，岩性大都為砂岩、安山岩。

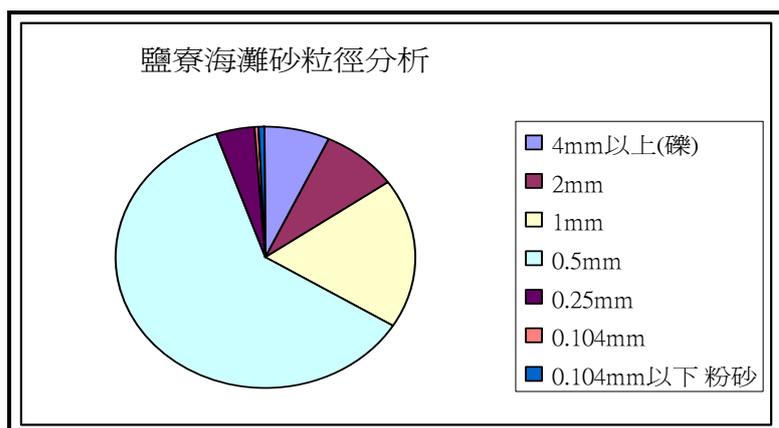
(三)、鹽寮波蝕台海灘礫石磨圓度分析結果如下

級數	0 級 稜角狀	1 級 次稜角狀	2 級 次圓狀	3 級 圓狀	4 級 極圓狀
顆數	4	33	43	20	0
百分比	4%	33%	43%	20%	0%

我們發現鹽寮波蝕台海灘礫石磨圓度等級，最多的是 2 級的次圓狀有 43 顆，最少的是 4 級的極圓狀，連一顆都沒有。

(四)、鹽寮波蝕台海灘砂粒級分析如下：

項目	4mm 以上 (參考用)	2mm	1mm	0.5mm	0.25mm	0.104mm	0.104mm 以下	總計
重量(克)	21.4	23.6	55.3	179	12.5	1.7	1.7	295.2
百分比	7.2	8.0	18.7	60.6	4.2	0.6	0.6	100.0



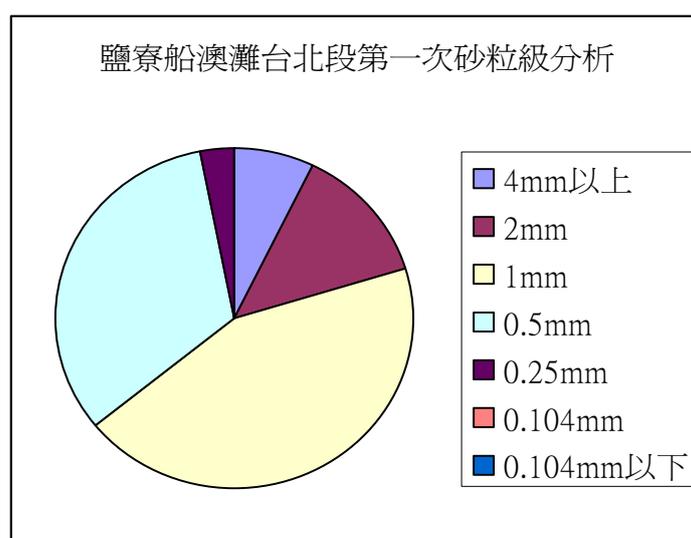
我們發現：波蝕台海灘砂粒徑以 0.5mm 最多，0.104mm 和 0.104mm 以下的最少。

## 二、鹽寮船澳海灘沖積物分析（以砂標本為主）

（一）鹽寮船澳灘臺北段第一次採集砂粒級分析結果如下：

採集點	4mm 以上	2mm	1mm	0.5mm	0.25mm	0.104mm	0.104mm 以下	總計
NA	50	85	180	35	0	0	0	350
NB	25	40	165	75	1	0	0	306
NC	10	25	120	160	10	0	0	325
SA	30	35	120	130	15	0	0	330
SB	10	35	130	120	20	0.1	0	315
SC	20	35	150	125	15	0	0	345
合計	145	255	865	645	61	0.1	0	771

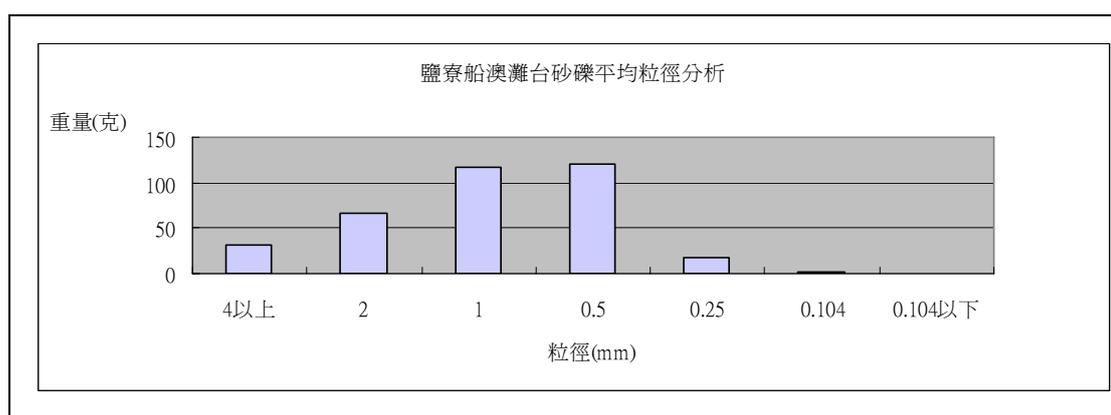
我們發現：鹽寮船澳灘臺北段海灘砂以 1mm 和 0.5mm 的較多，0.104mm 的非常少。可見鹽寮船澳灘臺北段的砂比鹽寮波蝕台海灘粗。



(二) 鹽寮船澳灘臺北段第二次各點採集砂粒級分析結果如下：

項目	4mm 以上	2mm	1mm	0.5mm	0.25mm	0.104mm	0.104mm 以下	總計
N1	45	50	205	75	2	0	0	377
N2	10	10	60	210	55	0	0	345
N3	30	165	55	90	5	0	0	345
N4	41	70	79	165	21	0	0	376
N5	1	40	150	140	10	0	0	341
N6	15	25	100	150	30	5	0	325
N7	120	160	45	10	5	5	0	345
N8	15	75	170	115	15	0	0	390
N9	15	20	115	150	15	0	0	315
N10	15	40	185	100	10	0	0	350
平均	30.7	65.5	116.4	120.5	16.8	1	0	350.9
百分比	8.7	18.7	33.2	34.3	4.8	0.3	0	100

鹽寮船澳灘臺北段第二次採集砂平均粒徑分析如下：



我們發現鹽寮船澳灘臺北段第二次採集砂標本，以 0.5mm---1mm 的砂最多。其中灘臺上 4mm 以上的礫石所佔的比例比鹽寮約高出 1.5%。

三、新城海灘砂粒徑分析結果如下：

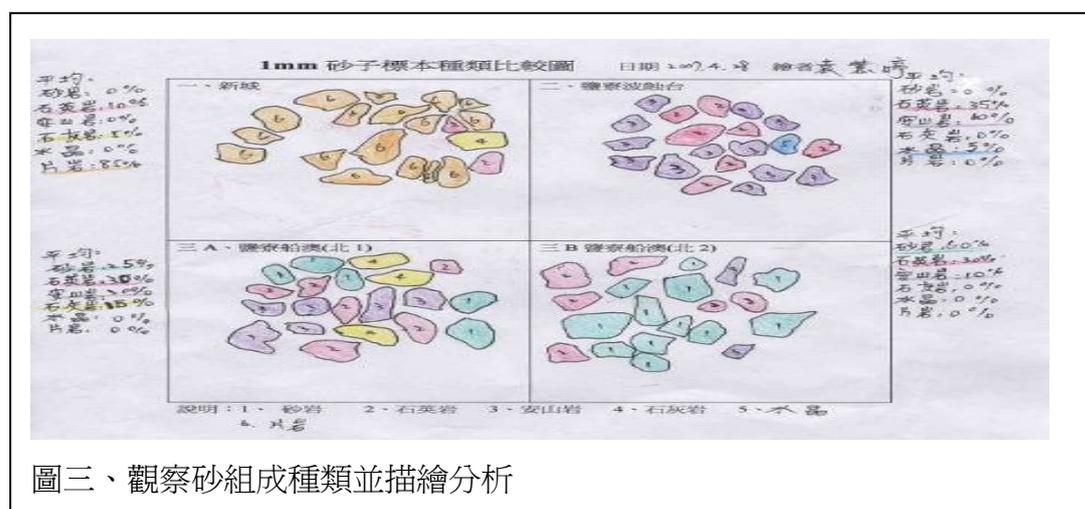
粒徑	4mm 以上	2mm	1mm	0.5mm	0.25mm	0.104mm	0.104mm 以下	總重量
N1	2.5	5	20	180	80	5	2.5	292.5
N2	5	5	35	125	90	5	0	265
N3	20	40	105	120	35	5	2.5	325
平均	9.1	16.6	53.3	141.6	68.3	5	2.5	294.1
百分比	3.1	6	18	48	23	2	1	101

我們發現：沖積物主要來自中央山脈的新城海灘，以 0.5mm 的砂最多，約佔 48%，0.104mm 以下的砂最少。

#### 四、海灘砂標本種類比較

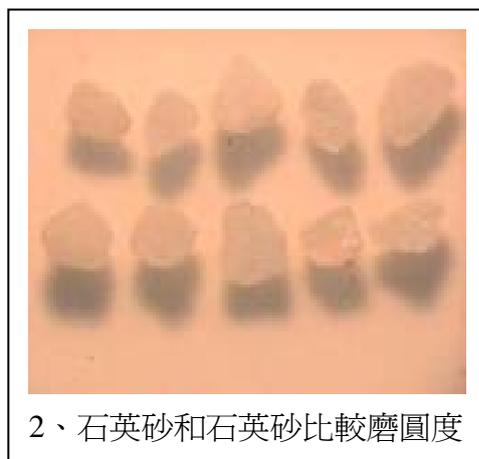
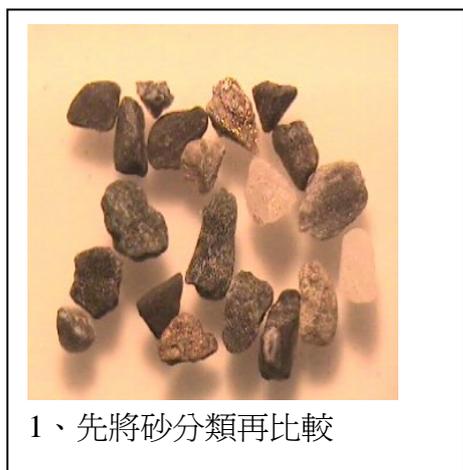
每站隨機取樣 20 顆砂，放在 20 倍解剖顯微鏡下觀察，分析結果如下：

1mm 砂標本種類比較						
地點	砂岩	石英岩	安山岩	石灰岩	片岩	凝灰岩
新城	0	2	0	1	17	0
鹽寮	0	8	12	0	0	0
鹽寮船澳 1	4	6	6	3	0	1
鹽寮船澳 2	12	6	2	0	0	0
合計	16	22	20	4	17	1



圖三、觀察砂組成種類並描繪分析

觀察 1mm 砂的組成結果，我們發現四個海灘，以片岩所佔的比例最多。



#### 五、海灘砂標本磨圓度觀察

我們從各點任取 1 顆同樣的砂，放在解剖顯微鏡下比較其磨圓度，結果如下：

2mm 砂子標本圓磨度比較圖 日期 96.4.28 繪者 陳玉娟

形狀 種類	地點	新城	新城	新城	鹽寮	鹽寮船	鹽寮船	鹽寮船	鹽寮船	鹽寮船	鹽寮船
		海灘 1	海灘 2	海灘 3	海灘	澳 NA	澳 NB	澳 NC	澳 ND	澳 NE	澳 NF
石英											
砂岩											
安山岩											
片岩											
石英岩											
貝殼											

1mm 砂子標本圓磨度比較圖 日期 96.4.28 繪者 陳玉娟

形狀 種類	地點	鹽寮									
		船澳 N1	船澳 N2	船澳 N3	船澳 N4	船澳 N5	船澳 N6	船澳 N7	船澳 N8	船澳 N9	船澳 N10
石英											
砂岩											
安山岩											
片岩											

我們發現，各海灘砂標本，若比照礫石磨圓度來看，大多介於 1 級—2 級之間，可以說普遍不佳。

### 六、鹽寮船澳後濱地形考察

(一)、後濱地形灘台寬度測量：由南而北，每隔 100 步，測量一次寬度。測量結果如下：

步伐數	後濱寬度 (m)
0	33.5
100	48.25
200	29.2
300	33.62
400	41.21
500	32.15
600	33.28
700	25.76
800	23.63
900	15.71



測量發現：鹽寮船澳沙灘灘台寬度成曲線形，大致是越往北走後濱灘台就越窄。

(二)、沙灘沖積物調查：沙灘沖積物構成的特徵如下



4、鹽寮船澳北側潮間帶海灘，越往南走砂越細，越往北走越粗。



5、鹽寮船澳北段灘石南細北粗，證明南段與北段浪況與淘選度具有相關性。



6、這是中大型礫石，隨海浪漂移，堆積在北段潮間帶



7、北段沙灘前緣，因為拍岸浪侵蝕更強，只能看到很大的大礫石

(三)、沙灘地形考察結果如下：



8、突堤效應形成的灘台，高約 2 公尺，南北長約 1000 公尺



9、灘台邊緣灘脊旁的錐形砂崩



10、沙灘砂固結層破裂造成砂皮崩移



11、灘台剖面紊亂的沖積層，顯示沖積期間，海流不穩定



12、北段因坡度較陡，拍岸浪回流也強，形成礫灘



13、中段拍岸浪只有沖流，回流的能量被沙灘吸收，形成雙坡灘脊的堆積地形



14、計算沖流次數，如果小於 9-10 次，較容易形成堆積地形。



15、高 2 公尺的灘台後方，還有高約 3 公尺的古海階，是陸升海降的證據。

(四)、鹽寮船澳突堤效應考察：



16、突堤南側，侵蝕現象非常嚴重。



17、船澳北方漂沙，已經漫過防波堤。



18、從鹽寮船澳北方往南看，漂砂由北向南堆積到突堤頂端



19、漂砂淹沒突堤北側的消波塊，可見這裡的海流由北向南流



20、由突堤向北遠眺，可以看到突堤效應的後果，造成船澳北方堆滿漂砂的景觀。



21、由突堤南方向北遠眺，可以看到突堤效應的後果，造成船澳南方強烈的侵蝕，鹽寮船澳的建設，是福是禍呢？

## 七、鹽寮波蝕台地形考察

### (一)、鹽寮波蝕台特殊的小地形



22、遠眺鹽寮波蝕台，微微向海傾斜



23、波蝕台岩盤由砂頁岩互層組成，砂岩硬頁岩軟，較突起的是砂岩。



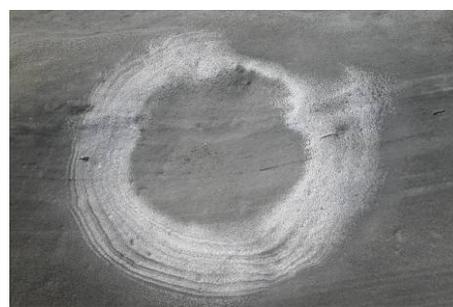
24、「鹽寮波蝕台木乃伊地形」微微向東傾斜，與由東向西侵蝕的海浪平行，與岩層走向則成 90 度相交，波蝕台上夾雜壺穴、滾石、砂礫等。



25、地質構造、浪況、滾石、「定石」交互作用下，不斷的擴大並貫穿分布在砂頁岩上的壺穴，一座座木乃伊就這樣形成了。



26、一座木乃伊地形高約 2 公尺，有各種變體，地形很豐富



27、木乃伊地形旁壺穴上的鹽結晶可以加速岩石的風化



28、木乃伊地形群，包括壺穴、潮池、潮溝、節理、海蝕溝等



29、地下淡水由西向東流，也扮演侵蝕地形的角色



30、鹽寮波蝕台的經典地形---傾瀉岩撞擊構造，證明這裏曾經發生崩移作用。



31、左邊黃色傾瀉岩使右方沉積構造變形，岩層走向由  $N25^{\circ}E$  偏折成  $N35^{\circ}E$ 、 $N45^{\circ}E$  最多偏了  $20^{\circ}$



32、傾瀉岩中可以看到砂頁岩、角礫岩、砂岩等各種岩石，就像石頭垃圾場。



33、在波蝕台北側，殘留一塊巨大的鐘乳石



34、鹽寮波蝕台的荷重鑄型構造



35、鹽寮波蝕台的泥炭結核

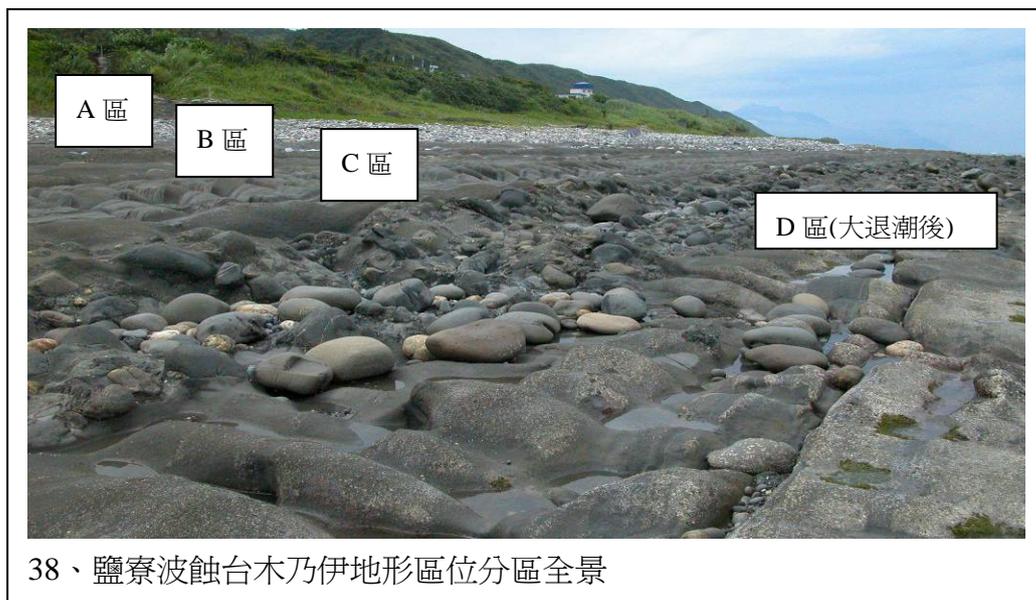


36、仔細觀察可以看到砂頁岩互層、岩層隙理、溶蝕作用、風化作用、植物和壺穴形狀的關係



37、砂頁岩互層造成和岩層走向一致的差異侵蝕，退潮時潮溝中流著淡水，漲潮時，則被海水淹沒，潮溝裡的滾石呈現南北平行堆積現象。壺穴的位置，也是南北向一排一排的帶狀分布

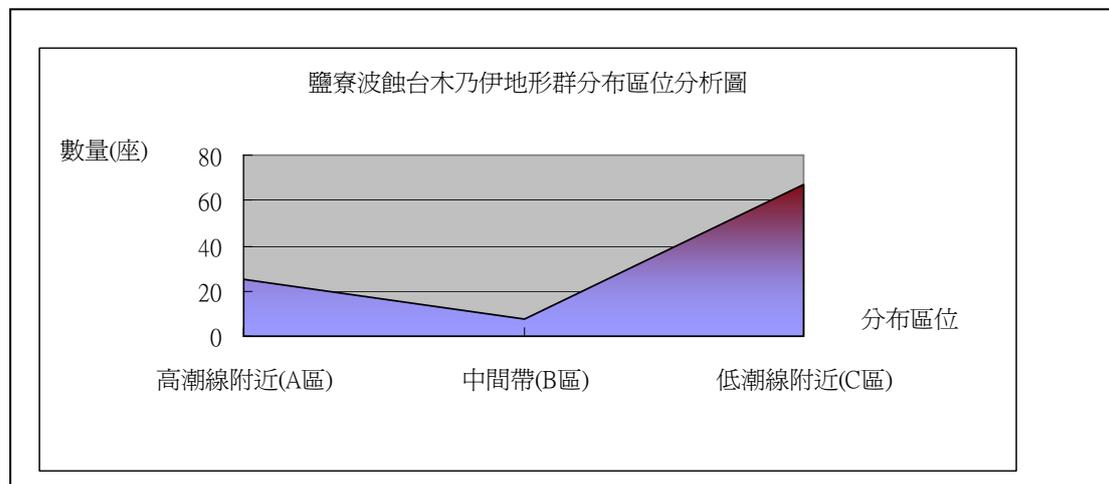
(二)、鹽寮波蝕台小地形測量分析 (原始資料請參考附件二、附件三)



38、鹽寮波蝕台木乃伊地形區位分區全景

1. 鹽寮波蝕台木乃伊區位調查結果分析

木乃伊分布區位	高潮線附近(A 區)	中間帶(B 區)	低潮線附近(C 區)	總計
木乃伊數量 (座)	25	8	67	100

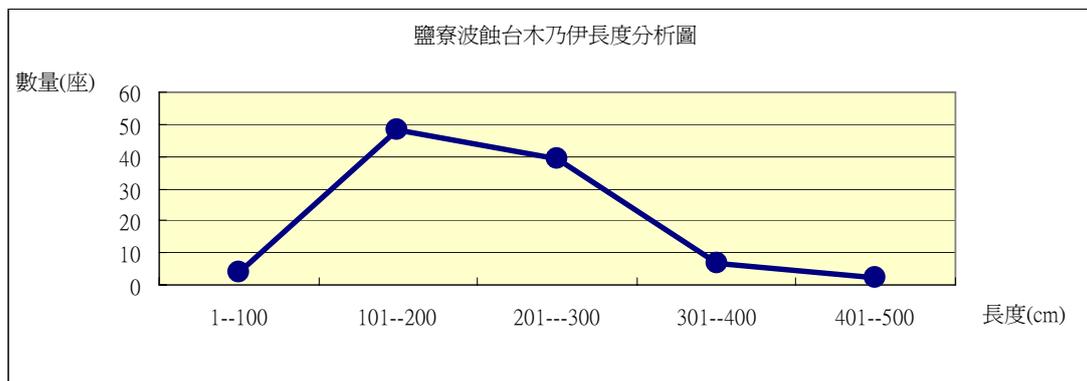


我們一共調查了 100 座鹽寮波蝕台木乃伊地形，大致可分成三群，第一群分佈在高潮線，第二群分佈在中間和低潮線間，第三群分佈在低潮線附近，其中第三群的木乃伊數量最多最顯眼。

## 2. 鹽寮波蝕台木乃伊地形群調查分析

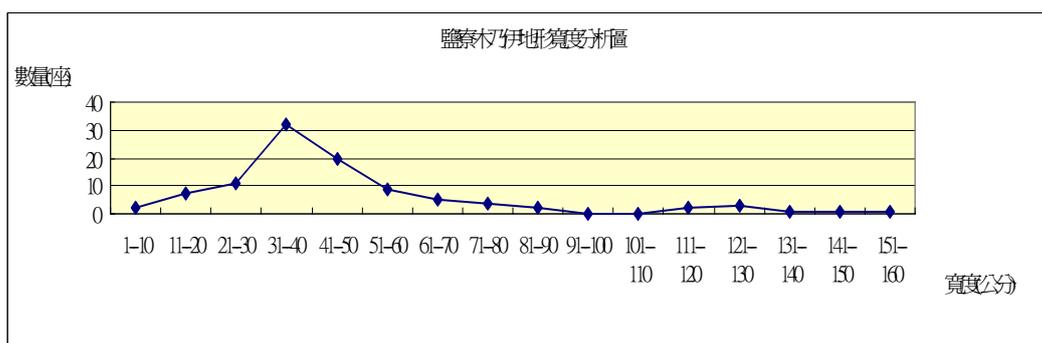
### (1). 鹽寮波蝕台木乃伊地形長度

長度(cm)	1--100	101--200	201---300	301--400	401--500
數量(座)	4	48	39	7	2



### (2). 鹽寮波蝕台木乃伊寬度

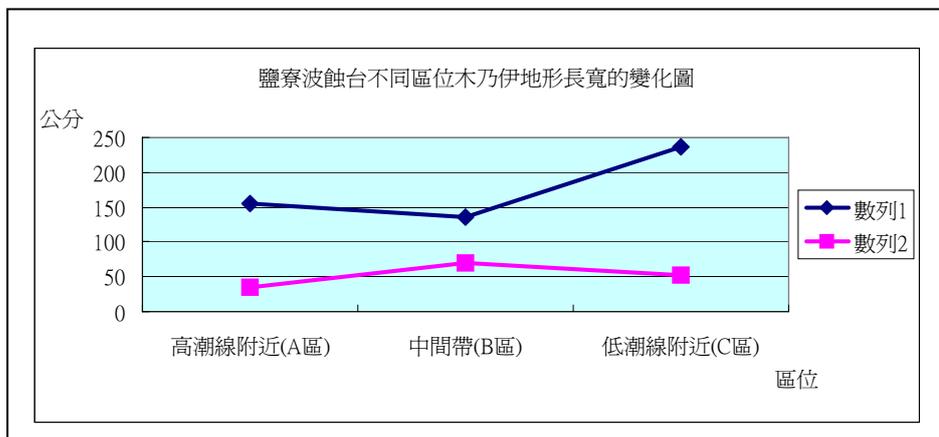
寬度 (cm)	1--1	11--	21--	31--	41--	51-	61-	71-	81-	91--	101-	111-	121-	131-	141-	151-
	0	-20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
數量 (座)	2	7	11	32	20	9	5	4	2	0	0	2	3	1	1	1



(3). 鹽寮波蝕台木乃伊地形長度和寬度特徵分析

鹽寮波蝕台不同區位木乃伊地形大小分析

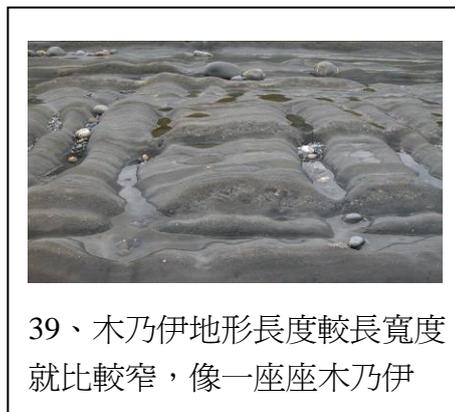
分布區位	高潮線附近(A 區)	中間帶(B 區)	低潮線附近(C 區)
木乃伊平均長度	155	136	237
木乃伊平均寬度	34	70	52

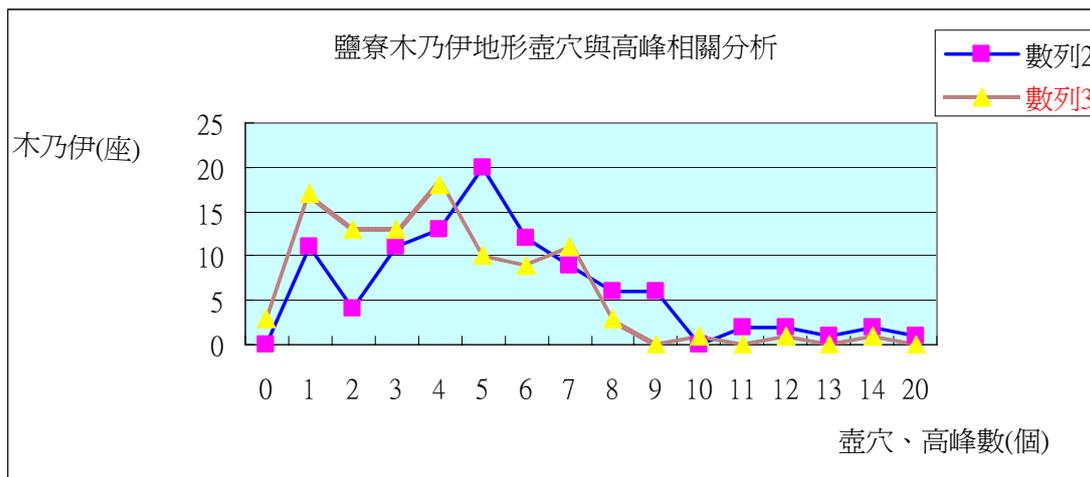


我們發現鹽寮波蝕台木乃伊地形，長度介於 100 公分以上，300 公分以下，寬度介於 20 公分以上 60 公分以下較多，以平均寬度、長度來分析，木乃伊地形長度較長寬度就比較窄，看起來像一座座木乃伊。

(4). 鹽寮波蝕台木乃伊地形與壺穴、高峰數量關係分析(調查座數 100 座)

個數	高峰木乃伊座數	壺穴木乃伊座數
0	0	3
1	11	17
2	4	13
3	11	13
4	13	18
5	20	10
6	12	9
7	9	11
8	6	3
9	6	0
10	0	1
11	2	0
12	2	1
13	1	0
14	2	1
20	1	0



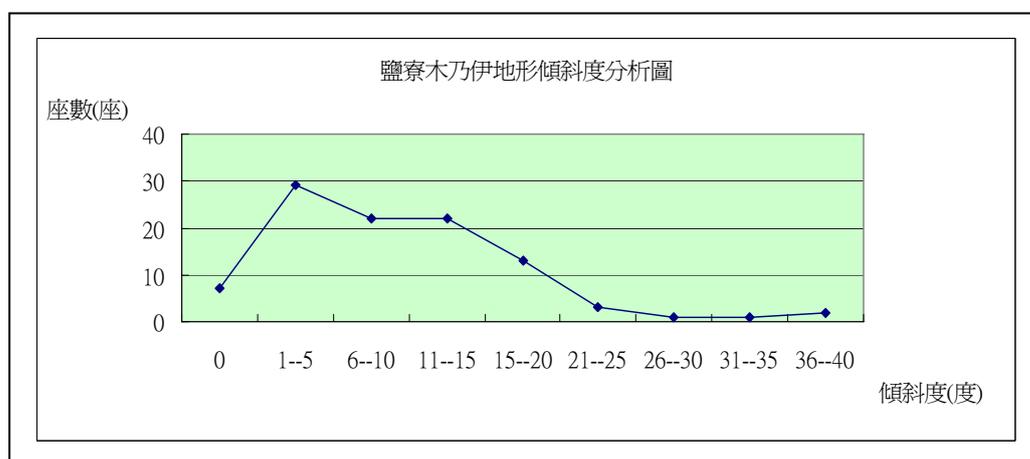


我們發現，鹽寮波蝕台木乃伊地形旁的壺穴數量，和木乃伊的高峰數量有關，一座木乃伊旁的壺穴和高峰大都介於 1-7 個。

(5) .鹽寮波蝕台木乃伊地形傾斜度分析如下：

木乃伊地形傾斜度	木乃伊地形座數
0	7
1--5	29
6--10	22
11--15	22
15--20	13
21--25	3
26--30	1
31--35	1
36--40	2

註：我們利用傾斜儀測量 100 座木乃伊地形的平均傾斜是 9.82 度

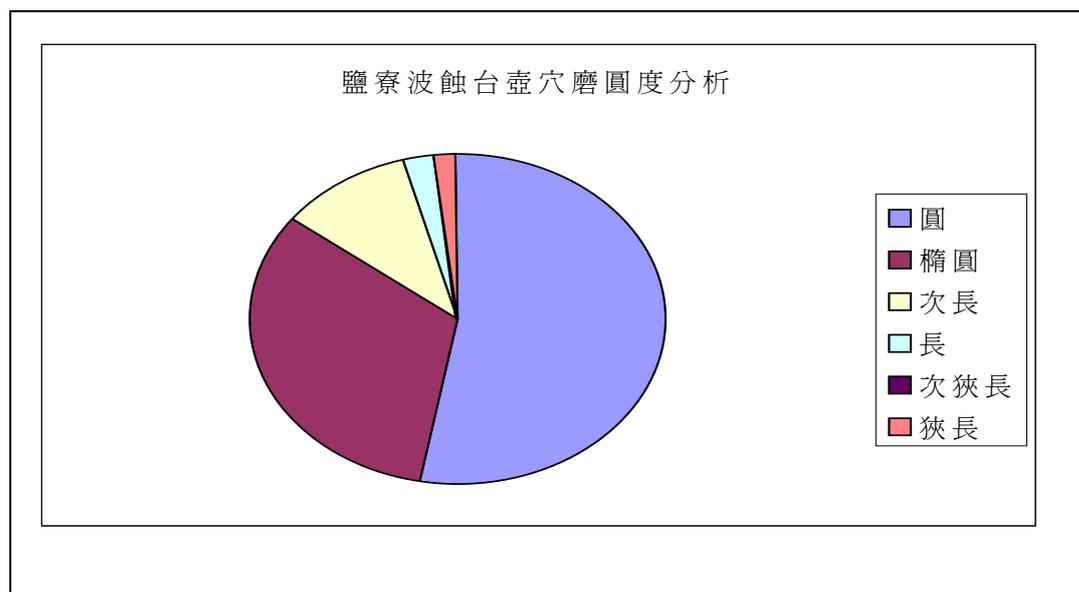
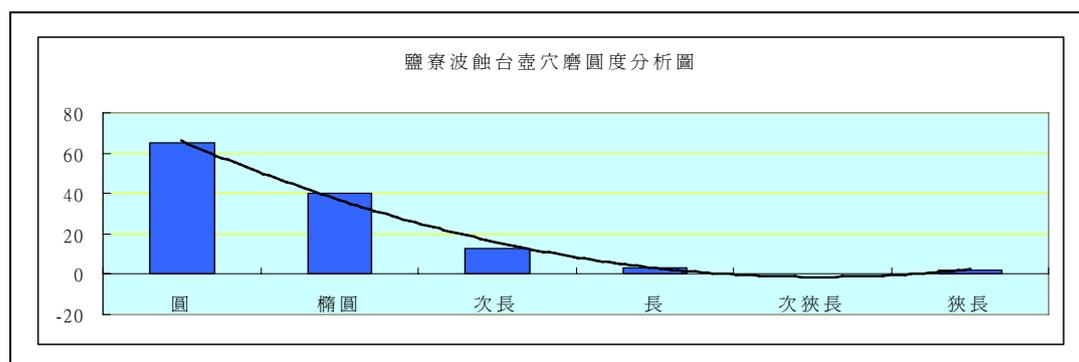


我們發現，鹽寮波蝕台木乃伊地形向東（向太平洋）的平均傾斜是 9.82 度，大部分的傾斜度介於 1- 20 度之間。

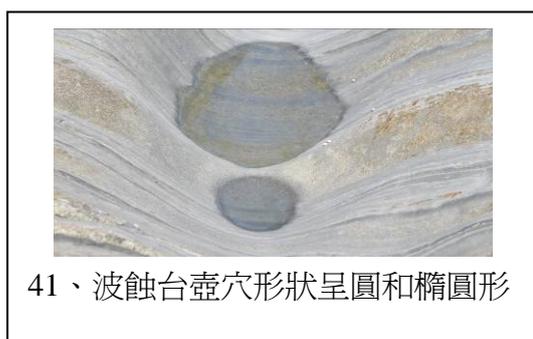
### 3. 鹽寮波蝕台壺穴調查分析

#### (1). 鹽寮波蝕台壺穴形狀分析

等級(長寬比值)	1	2	3	4	5	6	總數
形狀(磨圓度)	圓	橢圓	次長	長	次狹長	狹長	
數量	65	40	13	3	0	2	123
百分比	53	33	11	2	0	2	100

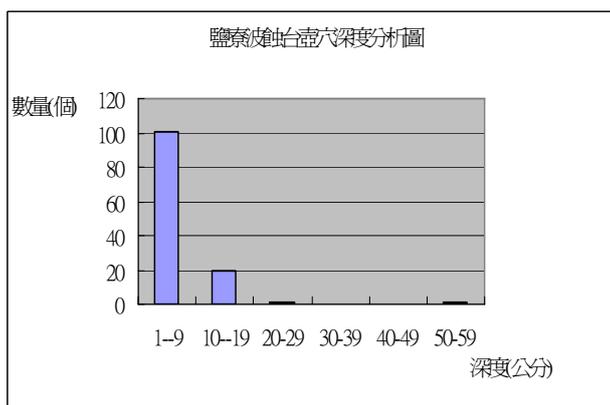


我們發現波蝕台壺穴形狀，圓和橢圓的等級佔 86%，可見大部分壺穴磨圓度很好。



(2). 鹽寮波蝕台壺穴深度測量結果

壺穴深度	數量
1--9	101
10--19	20
20--29	1
30--39	0
40--49	0
50--59	1



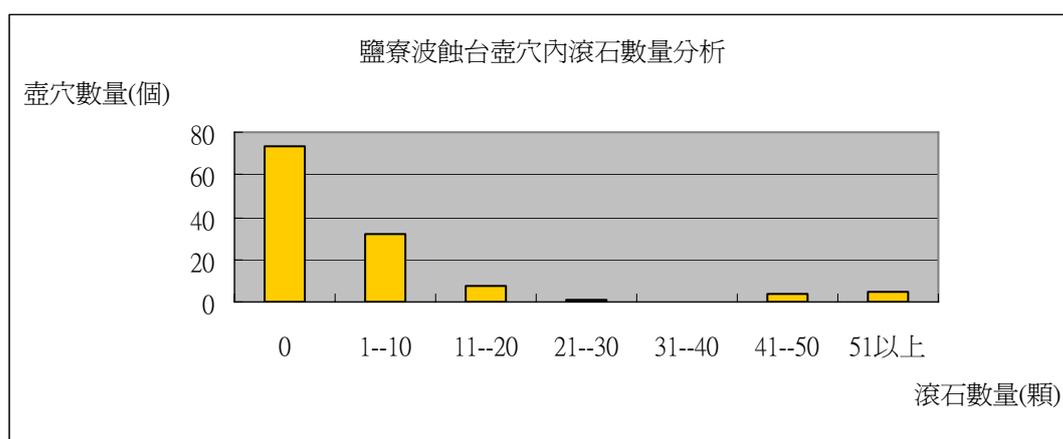
我們利用退潮，測量鹽寮波蝕台 123 個壺穴，發現壺穴深度，以 9 公分以下最多。

(3). 鹽寮波蝕台壺穴內滾石數量調查結果

滾石數量	壺穴數量
0	73
1--10	32
11--20	8
21--30	1
31--40	0
41--50	4
51 以上	5



註：壺穴內滾石大小，以目視判斷，若比魚丸小的，不列入計算。

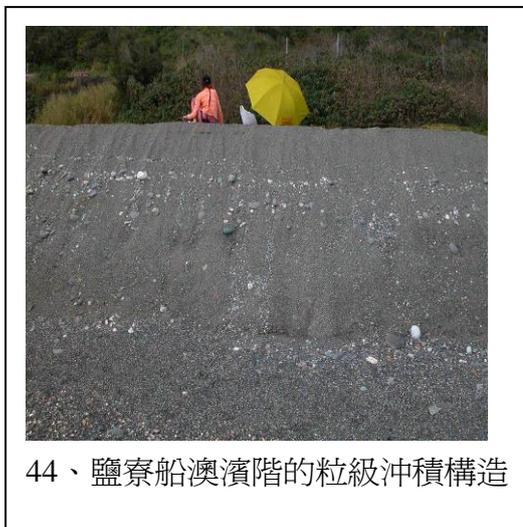


我們發現鹽寮波蝕台壺穴內大多沒有滾石，有滾石的壺穴以 1-10 個滾石最多。

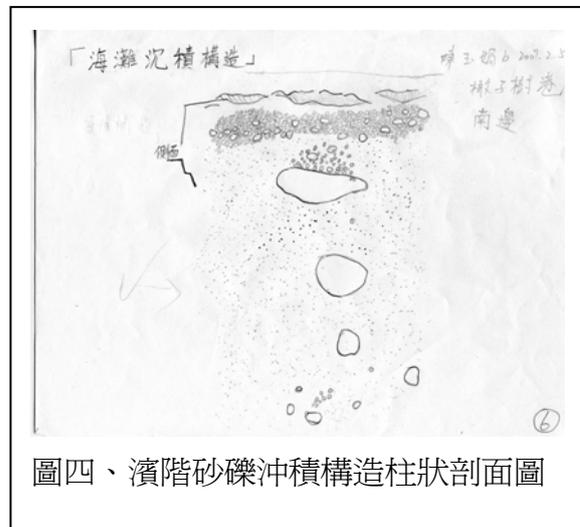
## 陸、討論

### 一、波浪如何影響沙灘地形呢？

#### 1、觀察並描繪波浪襲岸後，在沙灘上留下的痕跡



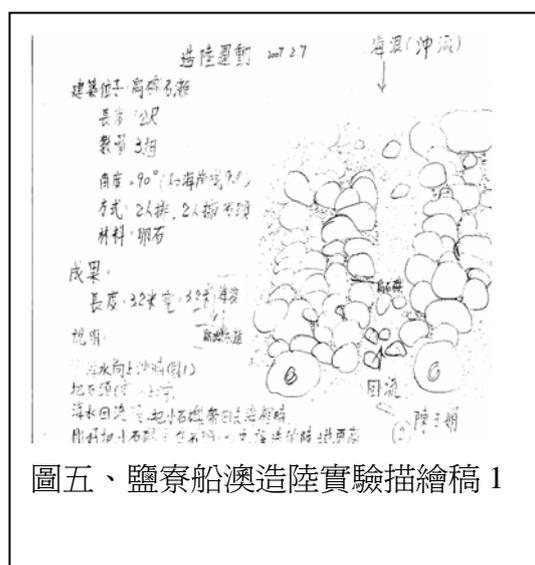
44、鹽寮船澳濱階的粒級沖積構造



圖四、濱階砂礫沖積構造柱狀剖面圖

從濱階剖面發現，有規律的潮汐和海浪具有明顯的淘選作用，但我們連續五天到同一個地點---鹽寮船澳，觀察海灘上的小地形，有時是粒級不同的變化，有時是侵蝕與堆積的變化，所以海灘前後、南北小地形都會隨著時間、浪況而改變，很難預測，突堤效應下的海灘或鹽寮波蝕台海灘，都是這樣。

#### 2、在沙灘上堆疊礫石，觀察並描繪波浪襲岸後，會有怎樣的改變？



圖五、鹽寮船澳造陸實驗描繪稿 1



45、鹽寮船澳造陸實驗照片---模擬人造突堤，結果造成兩側堆積



## 二、如何判斷波蝕台地層的層序呢？

爲什麼同一個地方，會有兩種完全相反的地層層序？什麼力量造成傾瀉岩和砂頁岩沉積層，層序錯亂的現象呢？



47、鹽寮波蝕台西側火成岩（安山岩）露頭，雖然看不出粒級構造但可能最古老



48、鑰匙尖指著東方海的方向，從荷重鑄型的火焰構造噴出的方向來看，下方（西方）地層，先形成層較先形成



49、從左邊傾瀉岩撞擊的方向來看，右邊東方的砂頁岩應該先形成



50、是斷層的力量嗎？波蝕台可以看到西北東南向的平行節理、歪斜節理，但找不到斷層



51、由東（海）向西看，砂岩層裡的砂礫，越西邊顆粒越粗，所以西邊的岩層應該先形成。

從以上 47、48、49、50、51 照片互相矛盾的證據中，我們討論後發現，海裡的大礫石，可能是最上層的沖積物，安山岩露頭是最下層的岩層，傾瀉岩可能在砂頁岩未固結岩化前，發生崩移，才會造成這種奇蹟吧！

### 三、鹽寮波蝕台木乃伊地形是如何形成的呢？

我們討論結果認為，波蝕台木乃伊地形形成的原因可能有下列幾點：

(一)、由海浪雕刻而成：我們一共調查了 100 座鹽寮波蝕台木乃伊地形，大致可分成三群，第一群分佈在高潮線，這一群的特徵是不長也不高，第二群分佈在中間和低潮線間，看起來較寬較扁，第三群分佈在低潮線附近，數量最多最立體最顯眼。從分佈區位來看，和海浪漲退潮的工作能量有關（註：D 區未測量，請參考 17 頁，照片 38）。

(二)、和地形向東傾斜有關：一般的波蝕台常常形成水平狀的洗衣板地形，可是鹽寮波蝕台是一個微微向東傾斜約 5 度的小岬角，拍案浪沖流與回流分工合作，沖流將由西向東排列的壺穴，由東向西撞擊，回流則將壺穴由西向東、由高向低侵蝕，逐一貫穿。

(三)、和岩層構造有關：鹽寮波蝕台潮間帶由翻轉 90 度的砂頁岩組成，每一層的厚度都不厚，所以在頁岩層形成帶狀的壺穴，壺穴都不大，也不深，由於整個岩層走向大約是 N 20° E，與太平洋的海浪幾乎是直角相交，其中薄薄的砂岩層，當然阻止不了海浪日月不停的侵蝕。

(四)、和前濱區礫岩層構造有關：考察期間，和鹽寮船澳同步計算拍岸浪，本區每分鐘沖流次數約 8 次，很有可能形成堆積地形，但是我們發現鹽寮波蝕台低潮線以下，幾乎都是礫石岩層，拍岸的波，撞擊到這些像礁石的岩層，都碎成浪花，間接的保護木乃伊地形，不至於受到大量礫石掩埋或嚴重的磨蝕。



52、在頁岩層誕生發育的壺穴



53、在礫石層中發育成長的壺穴



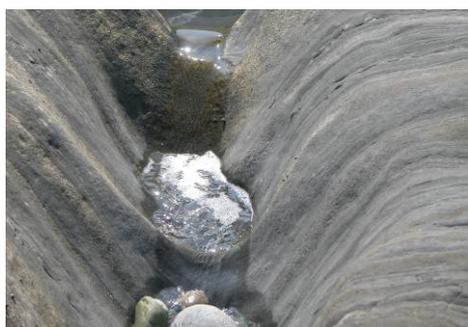
54、在 D 區大退潮時，可以看到在水面下孕育的木乃伊地形



55、遍佈在低潮線的礫石層，扮演碎浪消波的作用



56、「滾石」和海浪合作，企圖貫穿礫石層中的壺穴群



57、水由高位壺穴往低位壺穴侵蝕



58、在波蝕台 C 區，可以看到壺穴群貫穿後，形成波蝕台最美麗の木乃伊地形



59、位於波蝕台 A 區，高潮線上的木乃伊地形，由於拍岸浪侵蝕力較小，顯得發育不良



60、在波蝕台 B 區，就可以看到形成木乃伊地形的過程模式

## 柒、結論

- 一、鹽寮波蝕台一般礫石五次調查平均長中短徑約為  $6.1 \times 4.5 \times 2.7$  公分。
- 二、海灘砂的組成，新城海灘，片岩所佔的比例最多，粒徑以  $0.5\text{mm}$  為主，約佔 48%。鹽寮段的沙灘則以石英、安山岩所佔的比例較多，粒徑也以  $0.5\text{mm}$  為主，約佔 60.6%。
- 三、我們發現，各海灘砂標本和礫石磨圓度大多不佳，以鹽寮海灘礫石而言，最多是 2 級次圓狀，極圓狀幾乎沒有，變因有待探討。
- 四、突堤效應造成鹽寮船澳特殊而豐富的堆積地形，例如礫石嘴、灘台、濱脊、灘脊、海階等花蓮地區少見的沙灘地形。
- 五、鹽寮波蝕台可以看到板塊漂移擠壓造成的各種地形，例如：翻轉的沉積構造、海水沖刷成的波蝕台木乃伊地形；岩塊從高處震下，混合在原本的沉積層裡，形成傾瀉岩構造，這些都是證明千百萬年前，板塊衝擊的最佳證據。
- 六、鹽寮波蝕台景觀特殊而難得-----波蝕台木乃伊地形與海浪來向平行，與岩層走向和傾向分別成  $90$  度相交，地形與地質構造交互作用極為特殊的傑作。
- 七、鹽寮波蝕台地層層序，考察時發現的證據，互相矛盾，其中傾瀉岩可能在砂頁岩未固結岩化前，發生崩移，才會造成這種奇特的地形，非常值得作為戶外教學的教材。

## 捌、建議

花蓮地區的海岸線在消波塊的佔領下，自然海岸已經越來越少，經過以上研究，我們除了希望在鹽寮波蝕台和鹽寮船澳分別設立解說牌，做為花蓮地景教學戶外教室外，並有以下兩點建議：

- 一、鹽寮段海岸地形，交通方便，自然景觀豐富，波蝕台地形極具特色，建議登錄為地景景點，並請地方政府先限制車輛進入，在這裡建立地景保護區。
- 二、鹽寮船澳造成突堤效應，破壞自然海岸，後患無窮，應引以為鑒。



61、線條細緻美麗の木乃伊地形，是大自然的傑作



62、花蓮的自然海岸在消波塊的佔領下，越來越少

## 玖、參考資料

- 1.王鑫，出版日期不詳•地景•交通部觀光局東部海岸風景特定區管理處
- 2.陳培源，民83年•野外及礦業地質學•國立編譯館編，台北正中書局出版

【評語】 081570 東岸滾石合唱團—鹽寮段海岸地形素描

- 1.能清晰並深入了解地方特性，適切地表達，並有關愛保育之心，值得鼓勵。
- 2.野外記錄多采多姿是很好的學習。
- 3.對研究區之地質地形特性的觀察與整理，可見其完整性。