

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 地球科學科

佳作

080510

礫灘的石頭

學校名稱：國立高雄師範大學附屬高級中學(附設國小)

作者： 小五 齊 遠 小五 洪贊勛	指導老師： 吳綺靜
-------------------------	--------------

關鍵詞：礫石、礫灘

礫灘的石頭

摘要

「阿塋壹古道」是台灣僅存的最後一段自然原始海岸，我們想研究這裏的海灘上圓扁的石頭的形狀和階梯般的層次的關係。我們選了五個採樣點（避開河口和懸崖），並設計出礫石測量器，共測量了 300 顆礫石，得到結論：

- 一、礫石有由北向南逐漸變小、變扁的趨勢，再由當地風向、海浪及「沿岸流」方向的資料等證據，顯示礫灘的石頭的確有由北向南搬運的可能。
- 二、北側區外海岸的礫灘似乎僅低平台的礫石，高平台的礫石粒徑明顯變小，不符合「礫石由北向南搬運，石頭北大南小」，故推測可能僅部分較小的礫石可以由北向南搬運。
- 三、沿著海岸由北向南移動的主要是低平台較小的礫石，而分布於高平台的較大礫石，可能大部分都是「被附近河川搬運到海灘的礫石」。

壹、研究動機

現在被大家稱做「阿塋壹古道」的路段，是清光緒三年（1877 年）為經營東部開通的山路之一，為原住民往來於恆春和台東之間的舊路，也是琅嶠卑南古道的一小段（琅嶠是恆春的古地名）。瑯嶠卑南古道現在大部分都已經開闢為公路，唯一一段未開闢的就是現在被大家稱為「阿塋壹古道」的路段，主要涵蓋屏東縣牡丹鄉旭海—觀音鼻段的海岸帶。大家都說這是台灣最後一段還保有原始自然風貌的海岸，這個話題讓我們很感興趣，所以想趁它還沒被開闢公路破壞以前，一窺這段台灣僅存的自然原始海岸的風貌。

我們從屏東縣牡丹鄉旭海村出發，路上的生態環境很豐富：鳳蝶到處飛舞，樹林裡傳出婉轉的鳥鳴，到中午時還看到大冠鷲乘著熱氣流在空中盤旋；海浪不斷拍擊著岸邊的石頭，礫石隨著浪花翻滾，發出特別的叩啦叩啦的聲音；海水由藍綠漸漸轉為深藍，閃爍著寶石般的光芒。

欣賞風景的同時，我們發現這裏的海灘和平常在高雄西子灣、旗津看到的很不一樣，海灘上堆積著圓圓扁扁的石頭，有大有小，在許多地方看起來還有階梯般的層次，靠近海的斜坡很陡。我們由同一個地點向海望去，越靠近海的階段地勢越低，而且靠近海的低階平台和離海較遠的高階平台上的石頭大小似乎也有差異，又聽當地的居民說，礫石是由北向南搬運，所以北邊礫灘的石頭大、南邊礫灘的石頭較小。抵達台東縣達仁鄉安朔村，除了一路上美麗的自然景觀外，我們還對「旭海觀音鼻自然保留區」礫灘上的石頭，階梯狀的海灘，以及「礫石由北向南搬運，所以石頭北邊大南邊小」的說法，留下了深刻的印象，也因此勾起了我們的好奇心，想弄清楚散布在「旭海觀音鼻自然保留區」礫灘上的石頭究竟藏了什麼玄機。



貳、研究目的

- 一、瞭解「旭海觀音鼻自然保留區」，及保留區附近礫灘主要岩石特性與地形特徵。
 - 二、學習礫石的測量方法，礫石的比較與分類方法，以及設計礫石測量器。
 - 三、蒐集氣候、波浪、沿岸流等有關海灘礫石搬運的資料。
 - 四、探察「旭海觀音鼻自然保留區」及附近海岸沿線狀況，針對實際環境條件修正研究方法，如：選定採樣點，修正礫石測量器等，儘量避免環境干擾，採集與研究相關的數據。
 - 五、依據各採樣點石頭大小、形狀的資料找出「旭海觀音鼻自然保留區」附近礫灘上的石頭分布的規律性。
- 完成以上的工作後，再進一步討論造成「旭海觀音鼻自然保留區」附近礫灘地形特徵的原因。

參、研究設備及器材

一、自製礫石測量器：	二、範圍界定工具：繩子、木樁、捲尺
<p>礫石測量器 1 (試測用)</p>  <p>礫石測量器 2 (改良後，正式測量用)</p> 	
三、旭海觀音鼻自然保留區立體圖與採樣點位置標示	
	

肆、研究過程

一、研究一：瞭解「旭海觀音鼻自然保留區」，及保留區內的礫灘岩石特性與地形特徵。

(一)「旭海觀音鼻自然保留區」的歷史：這段保留區有一百三十多年的歷史了，過去有軍事及經濟的重要地位，現今則是重要的自然生態保留區。

- 1.「牡丹社事件」：1874年(清同治十三年)日本攻打牡丹社。日本藉口琉球漁民被原住民殺害，派兵自恆春社寮登陸，攻打牡丹，同一年與清政府議和後撤軍。「牡丹社事件」後，清朝看見了台灣在防衛與經濟的重要性，因此有開闢道路的計畫。
- 2.琅嶠卑南古道：1877年(清光緒三年)官府為經營東部所開通。當時清廷所修築的路有四條，其中琅嶠卑南古道是依討伐朱一貴及林爽文叛亂時的部隊行軍舊道而開築，路線大致上是自恆春往東，經過滿州到九棚海岸，然後北上經旭海、觀音鼻、安朔，最後抵達卑南(台東)，全長共計 203 公里，這條路在當初甚至可以通行牛車。
- 3.「阿塿壹古道」：只是琅嶠卑南古道的一小段——南田與旭海間的海岸古道。原來的琅嶠卑南古道大部份已經開闢為公路，唯一一段未開闢的路段就是南田與旭海間的海岸古道，安朔是現在南迴公路自楓港經山區往台東，在台東端山海交界處的村落，它的原住民語名即阿塿壹，大家通稱這段台灣最後的原始海岸線為「阿塿壹古道」。
- 4.旭海觀音鼻自然保留區：因為這段海岸及內陸地帶有豐富的自然生態和地形景觀，屏東縣政府在 2012 年將它畫定為「旭海觀音鼻自然保留區」(施添福，1999)。

(二)「旭海觀音鼻自然保留區」附近區域的岩石特性與地形特徵。

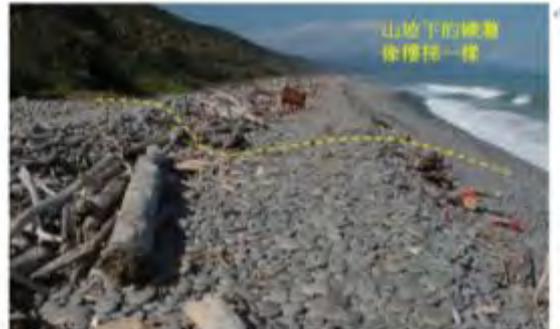
- 1.岩石特性：附近的岩石原來是一千多萬年前，大陸斜坡沉積以「泥」為主的物質，後來因為板塊碰撞擠壓，發生變質，形成變質砂岩和硬頁岩(如圖左)，並隆起海平面，形成山地(如圖右)。



- 2.地形特徵：沿海邊走，我們看到海岸經過海浪經年累月衝擊拍打，形成兩類主要地形。第一類是懸崖。下方散布有稜有角、大小差異極大的礫石(如下圖)；



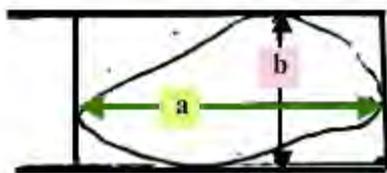
第二類是以圓圓扁扁、大小相近的礫石為主形成的礫石灘。有的礫石灘位於山坡下(如圖右);有的礫石灘像堤防一樣,橫在河口(如圖左)。而且這些礫石,從海邊向陸地,一層一層堆疊,形成明顯的像階梯一樣的外觀(如圖左及圖右黃色虛線標示),彷彿是給巨人走的大台階。這些地形不同於台灣其他平緩的細沙海灘,也不同於那些已經以鋼筋混凝土護堤、或堆滿菱形消波塊等人造物的海岸線,這段「阿塿壹古道」海灘難得的保存了原始自然面貌。



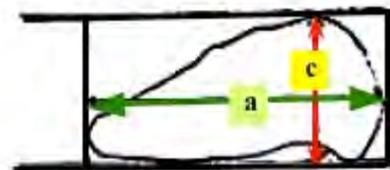
二、研究二：學習礫石的測量方法、礫石的比較與分類，設計礫石測量器

(一) 測量方法：

每塊礫石都包含長、寬、高三軸,即任何一顆礫石的最大扁平面上的最長軸定為長;最大扁平面上垂直長軸的最大長度是寬;而垂直最大扁平面的最大長度是高。長、寬、高三軸是相互垂直的。因每一項礫石的特徵都是藉由測量礫石長、寬、高三軸來描述,所以礫石長、寬、高三軸的測量非常重要(如下圖圖示,長、寬、高三軸分別以 a、b、c 表示)。

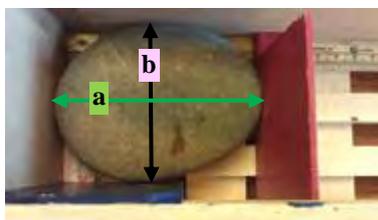


在最大扁平面上測量 a、b 軸

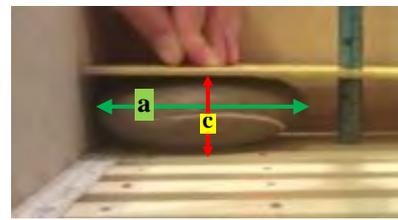


垂直最大扁平面的最大長度為 c 軸

實際測量如下：



在最大扁平面上測量 a、b 軸



垂直最大扁平面的最大長度為 c 軸

(二) 礫石的比較與分類：研究礫石的方法有很多種,但最基本的還是瞭解礫石的特徵—大小和形狀。

1.大小：一般而言在描述礫石大小時以粒徑來表示。

粒徑 = $\sqrt[3]{abc}$ ，值愈大代表粒徑愈大,粒徑愈大表示石頭愈大。

2.形狀：礫石的形狀則常用「形狀分類」、「球度」和「扁度」來表示。

(1) 形狀分類：根據礫石長、寬、高三軸的長度比值 (b/a , c/b)，礫石的形狀可分為四種，分類如下：

1. 圓球體 $b/a > 2/3, c/b > 2/3$	2. 扁球體 $b/a > 2/3, c/b < 2/3$
3. 橢球體 $b/a < 2/3, c/b > 2/3$	4. 扁長體 $b/a < 2/3, c/b < 2/3$

礫石的形狀分類對照表

(2) 球度： $\sqrt[3]{bc/a^2}$ ，值愈接近 1，代表礫石形狀愈接近球形。

(3) 扁度： $(a+b)/2c$ ，值愈大，代表礫石形狀愈扁

(資料取自 <http://jpkc.cug.edu.cn/08jpkc/chanli/course/ziyuan/sx2.htm> ” 礫石統計資料的整理”)

(三) 礫石測量器材設計及製作

1. 礫石測量器 1 (試測用)

我們照之前去阿塋壹古道健行時對礫石大小的印象，製作一個測量平台 $20\text{cm} \times 20\text{cm}$ 的測量器 (如下圖)。2012 年 11 月 4 日試測時發現，南田端高平台的石頭太大，粗略估計 a 軸至少約 30cm 以上，所以 $20\text{cm} \times 20\text{cm}$ 測量平台太小，無法測量。



礫石測量器 1 (試測用)



石頭較大，粗略估計 a 軸至少約 30cm 以上，礫石測量器之測量平台需增大。

2. 礫石測量器 2 (改良後，正式測量用)

我們依據 2012 年 11 月 4 日試測時遭遇的問題改良測量器，把 $20\text{cm} \times 20\text{cm}$ 測量平台擴大為 $50\text{cm} \times 50\text{cm}$ (如下圖)。



礫石測量器 2 (試測用)



將礫石樣本最大平面置於測量平台上，並注意 a 軸需垂直於側邊測量尺，並以兩個量尺固定器固定後測得 a 軸與 b 軸，同時以一垂直 $50\text{cm} \times 50\text{cm}$ 平台之量尺測得 c 軸即完成一礫石樣本測量。

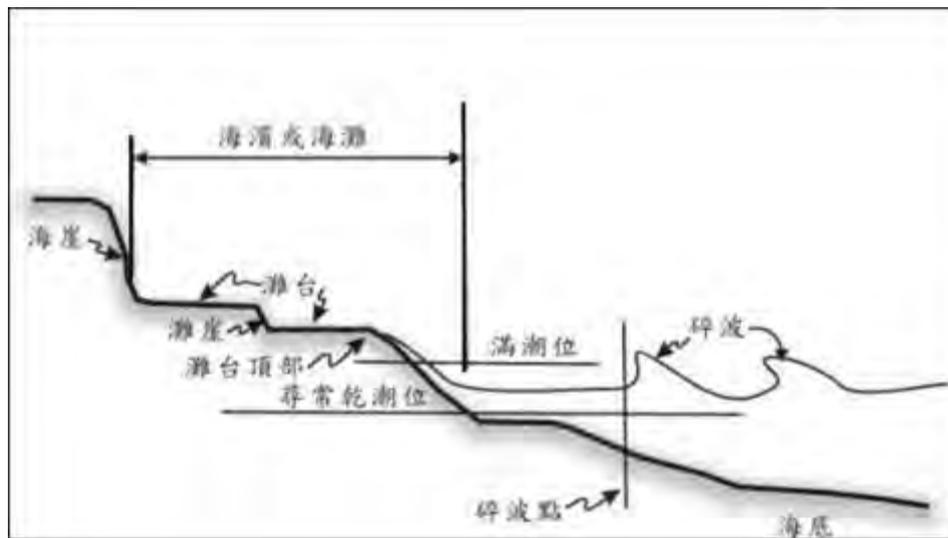
三、研究三：蒐集搬運海岸礫石的相關氣候、波浪、沿岸流的資料

依據范光龍教授 1988 年在科學月刊發表的台灣附近的海域，台灣的東海岸雖然終年都有向北運動的洋流－黑潮，但是沿著海灘搬運砂石的是波浪和波浪破碎後造成的與海岸線平行的「沿岸流」。而造成波浪的是冬季的東北季風、夏季的西南季風和颱風等等。

因此我們從網頁上查到了跟我們研究的海岸相似的剖面圖、「沿岸流」形成原因的說明圖、台東旭海附近的主要風向圖、台東成功的一月到十二月的主要波浪方向圖（缺 2 月）。由附近地區主要風向和海浪方向的圖資料來看，我們研究區礫灘的礫石，的確有可能由北向南搬運。我們以前去走「阿塋壹古道」的時候，曾經發現一種「花花的」石頭；導覽老師說，這種「花花的」石頭是來自台東市北邊的火山岩，就是被沿岸流由北向南搬運來的。

（一）海岸剖面圖

（<http://140.112.64.84/research/paper2004/P90228011/index.htm>）



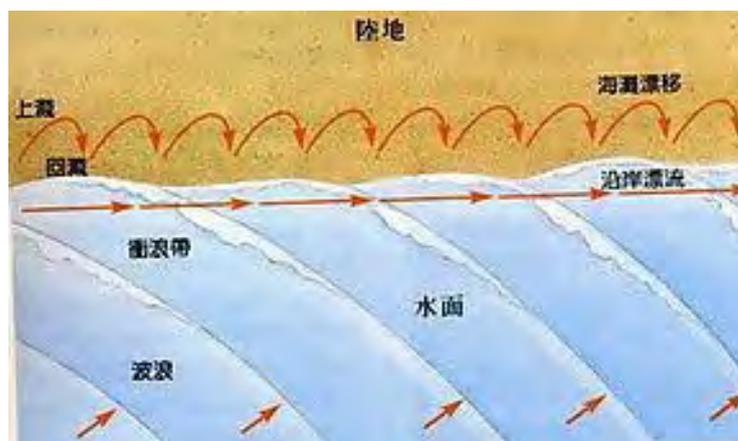
（二）沿岸流形成圖

（<http://210.60.224.4/ct/content/1988/00050221/0010.htm>）

（台灣大百科全書

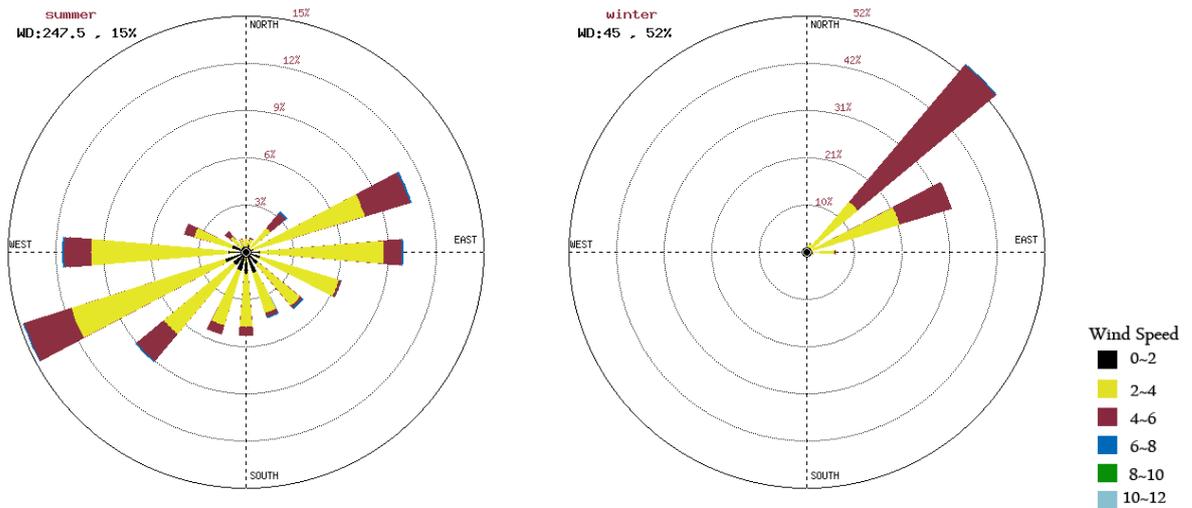
<http://taiwanpedia.culture.tw/web/content?ID=3351&Keyword=%E6%B2%BF%E5%B2%B8%E6%B5%81>）

海上的波浪傳至沿岸淺水區後，波浪便破碎而造成與海岸平行的沿岸流，沿岸流有相當大的力量，可挾帶漂沙，導致堆積或侵蝕作用。



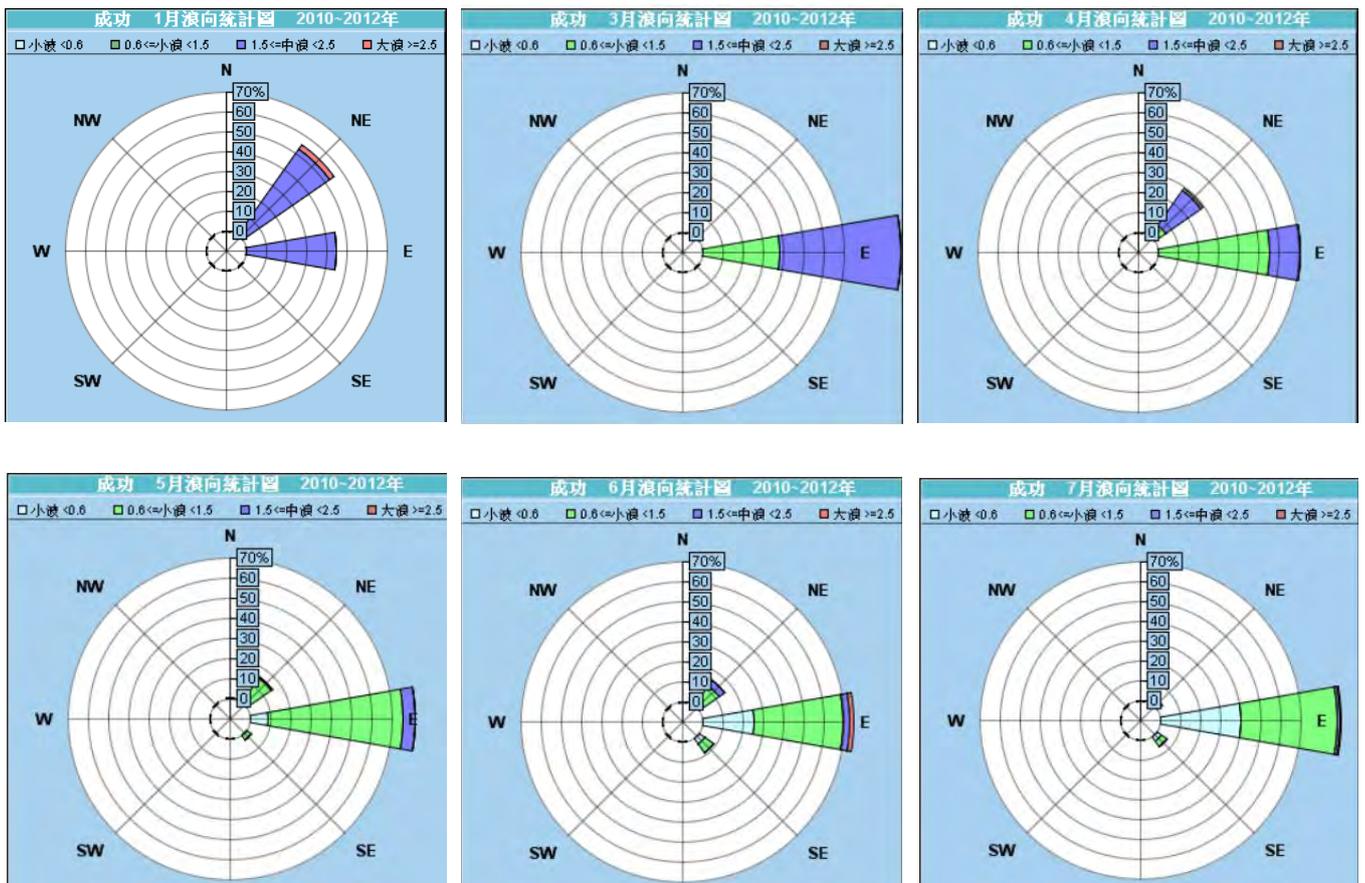
(三) 台東旭海附近的主要風向圖 (<http://photo.tenki.tw/windrose/>)

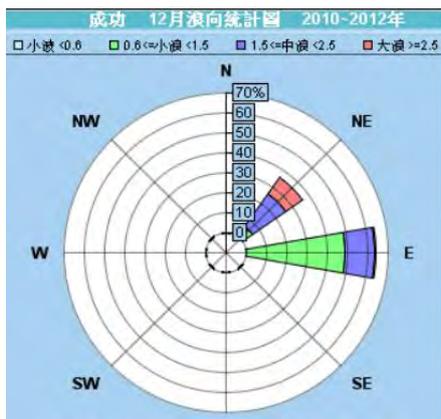
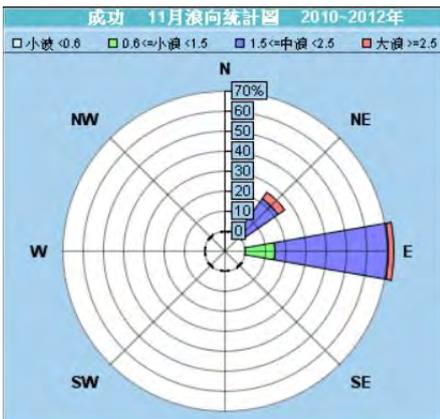
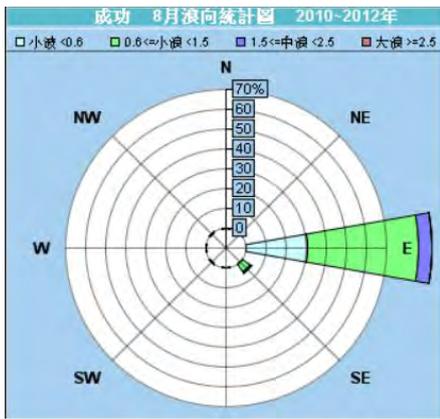
夏天吹的西南季風風力較弱 (如圖左)，冬天的東北季風風力強大 (如圖右)。



(四) 台東成功的主要波浪方向圖 (http://www.cwb.gov.tw/V7/climate/marine_stat/wave.htm)

中央氣象局全球資訊網的台東成功 2010 年至 2012 年波浪統計資料顯示，附近海域的波浪方向為東、東北向，且大浪主要出現在 10、11、12 月，多為東北向。





(五) 花花的石頭照片 (說明照片中的十元是比例尺)

中央有白色斑點的墨綠色礫石，是台東市北方的海岸山脈才有的火山岩。



四、研究四：試測—採樣點選定及礫石測量記錄

(一) 試測

採樣點	G.P.S.座標	採樣範圍	平台	試測日期
「旭海觀音鼻自然保留區」由南田進入，第一片林投樹林下。	北緯 22°14'25" 東經 120°53'47.5"	60cm×60cm	低平台 高平台（未完成）	2012.11.04



「旭海觀音鼻自然保留區」由南田進入，第一片林投樹林下



試測點(低平台)，60cm×60cm
(照片中的鐵尺長 30 公分)

(二) 遭遇問題：

1. 風浪很大，測量時需注意安全。
2. 太靠近山壁邊及河口有一些石頭，不確定是礫灘上的石頭。
3. 本次採樣點在高階平台的石頭都比較大，甚至有軸長超過 40cm 的大石頭，所以原先設計的 20cm×20cm 測量平台的測量器太小了，無法測量高平台的大石頭。
4. 本次採樣點在高階平台大石頭的數量較多，在 60cm×60 cm 的採樣範圍裡，採集不到 30 顆石頭樣本。

(三) 檢討：依據此次試測所遭遇問題，正式採樣時一定要注意的事項。

1. 安全：冬季海邊風浪大，測量時間要避開漲潮，並注意安全，不可以太靠近海邊。
2. 採樣點選定：因為這次研究的主題是「海灘」上的礫石，選擇採樣點時要避免靠近懸崖與河口，以減少因山崖落下來的石頭和河川搬運來的石頭的干擾。度量最低兩階平台上的礫石。
3. 測量礫石測量器改良：試測時在現場看到有一些軸長超過 40cm 的大石頭，故礫石測量標尺長度至少要在 50cm 以上。
4. 擴大採樣點的採樣範圍：克服採樣點內若石頭較大，會有採樣數量不足的問題。

五、研究五：正式採樣及礫石測量記錄與分析

為了驗證「礫石由北向南搬運」的說法，我們規劃了三個採樣點位於「旭海觀音鼻自然保留區」，二個採樣點位於北側區外（如參、研究設備及器材之三、旭海觀音鼻自然保留區立體圖與採樣點位置標示）

採樣點	G.P.S.座標	點代號	平台	平台代號	測量日期
舊南田河川出海口南側	北緯 22°15'30" 東經 120°53'36"	1	低	1L	2013.05.21
			高	1H	
「旭海觀音鼻自然保留區」北側 邊界河川出海口北側	北緯 22°15'04" 東經 120°53'41"	2	低	2L	2013.05.21
			高	2H	
「旭海觀音鼻自然保留區」由南 田端進入，第一片林投樹林下。	北緯 22°14'25" 東經 120° 53'48"	3	低	3L	2012.12.16
			高	3H	
「旭海觀音鼻自然保留區」牡丹 鄉入口檢查站前行 600 公尺	北緯 22°12'42" 東經 120° 53'40"	4	低	4L	2012.12.16
			高	4H	
「旭海觀音鼻自然保留區」牡丹 鄉入口檢查站前	北緯 22°12'25" 東經 120° 53'43"	5	低	5L	2012.11.18
			高	5H	

（一）正試採樣（採樣範圍均為 100cm×100cm）



1. 拉出採樣範圍



2. 取樣本，將最大平面置於
測量器上，測量長、寬



3. 測量高

（二）記錄與分析：正式採樣時，6 個採樣點都以 100cm×100cm 正方形為基本參考範圍，任選一頂點開始，測量表面所有的礫石（長、寬、高）到有 30 個樣本數止。

但若平台大石頭數量較多，有可能在 100cm×100cm 範圍中採集不到 30 個樣本，此時可超過基本參考範圍，至採集到 30 個樣本數止。利用 Excel 軟體進一步分析測量資料：

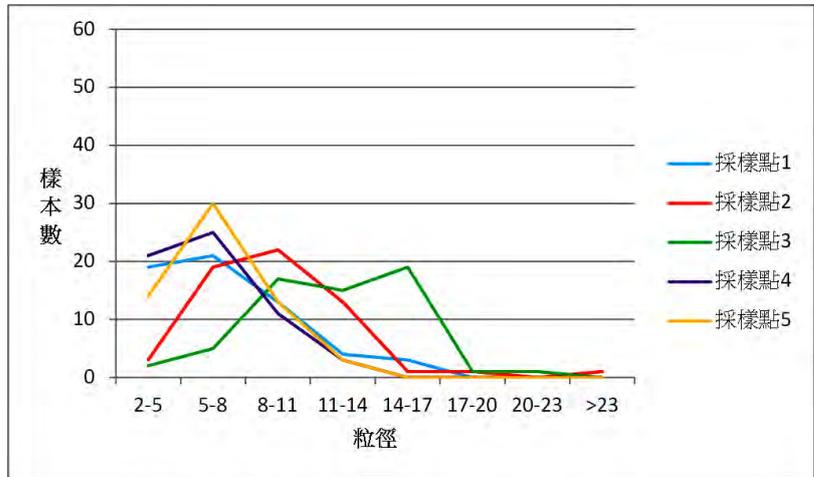
1. 計算礫石樣本的粒徑、球度和扁度，並分別算出它們的平均值。
2. 計算礫石長、寬、高的比值（b/a，c/b）做形狀分類。
3. 依上述相關數據，進一步繪製樞紐分析圖及折線圖找出礫灘上的石頭分布的規律性。
4. 樣本測量原始數據、粒徑、球度、扁度數值和形狀分類記錄詳見玖、附錄之附表一至十。

伍、研究結果

一、依方向性（北→南）來看：

（一）礫石大小之比較：第 1 及第 4、5 採樣點樣本粒徑多在 2-8；第 2 採樣點樣本粒徑多在 5-11；第 3 採樣點樣本粒徑則多在 8-17。

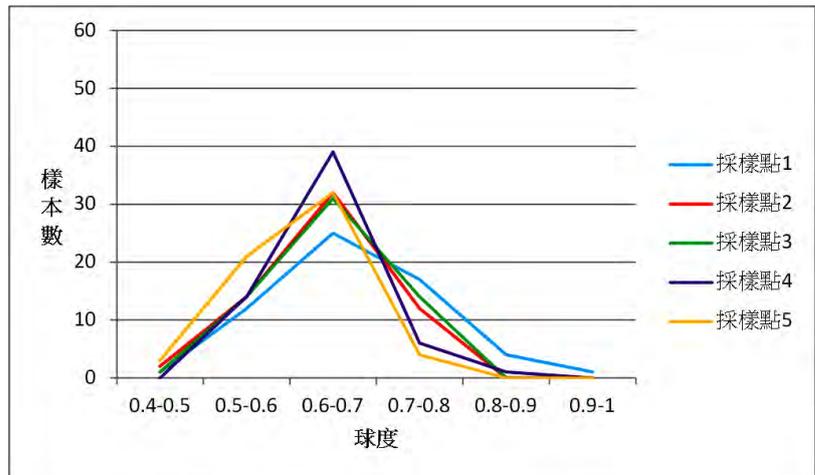
計數-樣本	採樣點（北→南）				
	1	2	3	4	5
粒徑					
2-5	19	3	2	21	14
5-8	21	19	5	25	30
8-11	13	22	17	11	13
11-14	4	13	15	3	3
14-17	3	1	19	0	0
17-20	0	1	1	0	0
20-23	0	0	1	0	0
>23	0	1	0	0	0
總計	60	60	60	60	60



（二）礫石形狀之比較

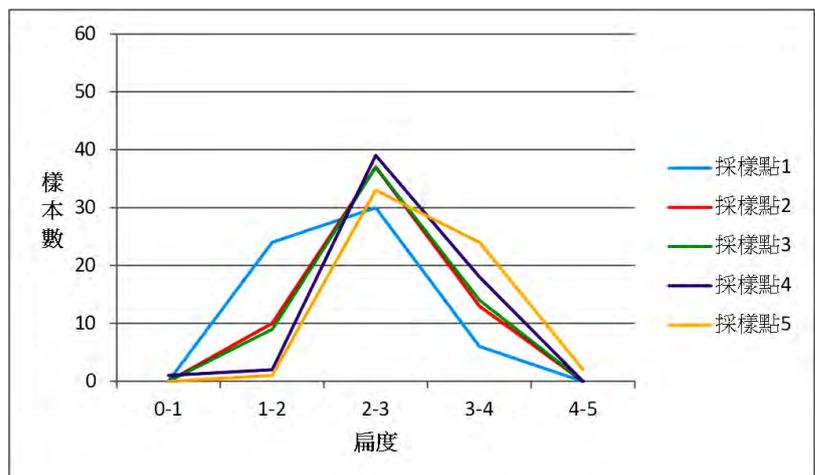
1. 球度：5 個採樣點樣本球度都集中在 0.6-0.7。

計數-樣本	採樣點（北→南）				
	1	2	3	4	5
球度					
0.4-0.5	1	2	1	0	3
0.5-0.6	12	14	14	14	21
0.6-0.7	25	32	31	39	32
0.7-0.8	17	12	14	6	4
0.8-0.9	4	0	0	1	0
0.9-1	1	0	0	0	0
總計	60	60	60	60	60



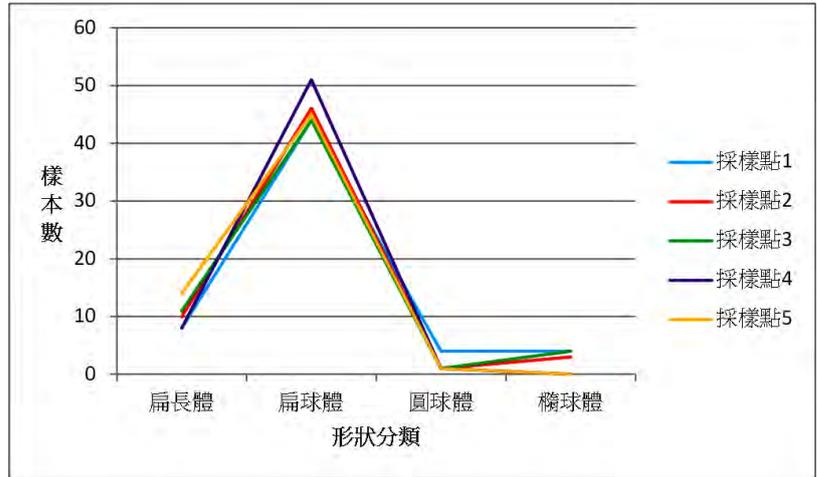
2. 扁度：5 個採樣點樣本扁度都集中在 2-3。

計數-樣本	採樣點（北→南）				
	1	2	3	4	5
扁度					
0-1	0	0	0	1	0
1-2	24	10	9	2	1
2-3	30	37	37	39	33
3-4	6	13	14	18	24
4-5	0	0	0	0	2
總計	60	60	60	60	60



3. 形狀分類：5 個採樣點樣本都是扁球體最多。

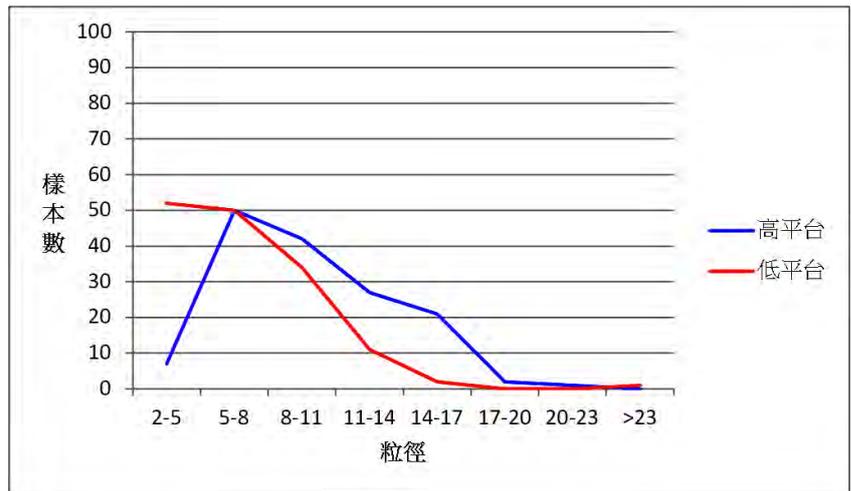
計數—樣本	採樣點 (北→南)				
	1	2	3	4	5
扁長體	8	10	11	8	14
扁球體	44	46	44	51	45
圓球體	4	1	1	1	1
橢球體	4	3	4	0	0
總計	60	60	60	60	60



二、依平台高低來看

(一) 礫石大小之比較：高平台粒徑 > 8 的樣本數比低平台多；低平台粒徑 < 5 的樣本數量明顯比高平台多。

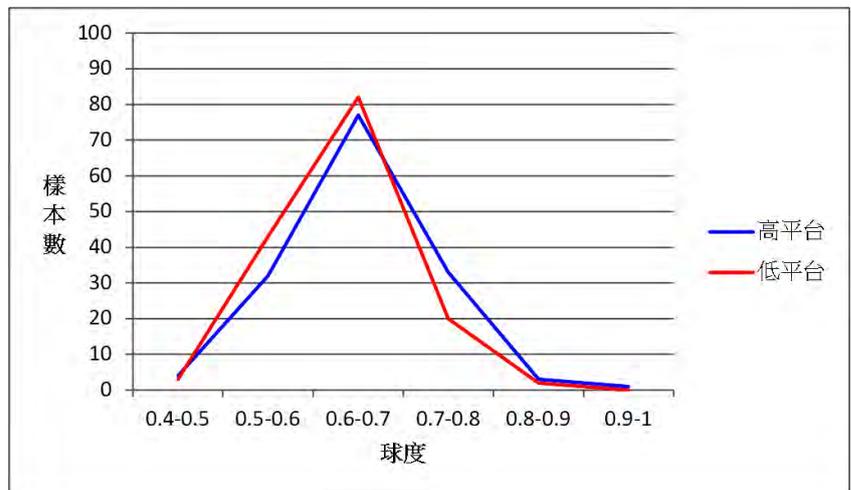
計數—樣本	平台	
	高平台	低平台
粒徑		
2-5	7	52
5-8	50	50
8-11	42	34
11-14	27	11
14-17	21	2
17-20	2	0
20-23	1	0
>23	0	1
總計	150	150



(二) 礫石形狀之比較

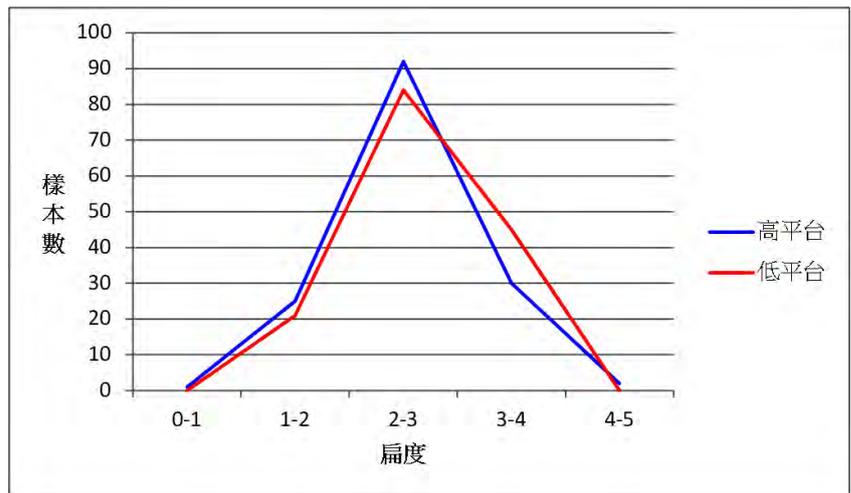
1. 球度：高平台和低平台樣本的球度都集中在 0.6-0.7。

計數—樣本	平台	
	高平台	低平台
球度		
0.4-0.5	4	3
0.5-0.6	32	43
0.6-0.7	77	82
0.7-0.8	33	20
0.8-0.9	3	2
0.9-1	1	0
總計	150	150



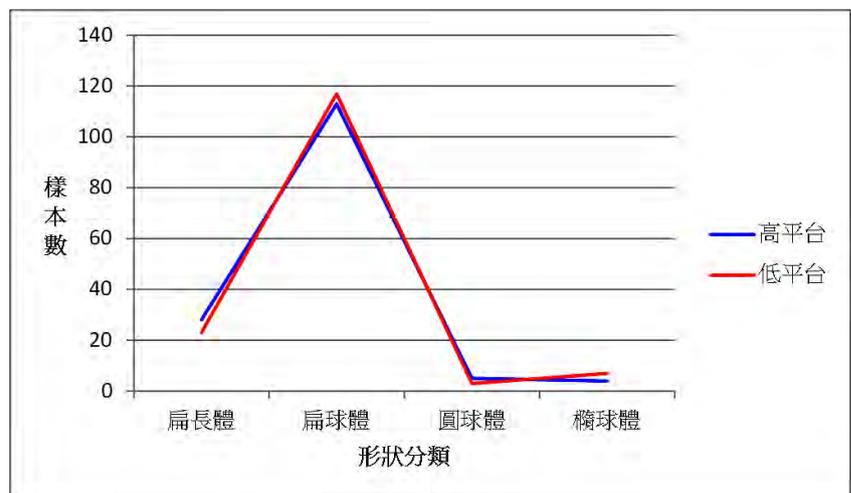
2. 扁度：高平台和低平台樣本的扁度都集中在 2-3。

計數-樣本	平台	
	高平台	低平台
扁度		
0-1	1	0
1-2	25	21
2-3	92	84
3-4	30	45
4-5	2	0
總計	150	150



3. 形狀分類：都是扁球體最多。

計數-樣本	平台	
	高平台	低平台
形狀		
扁長體	28	23
扁球體	113	117
圓球體	5	3
橢球體	4	7
總計	150	150

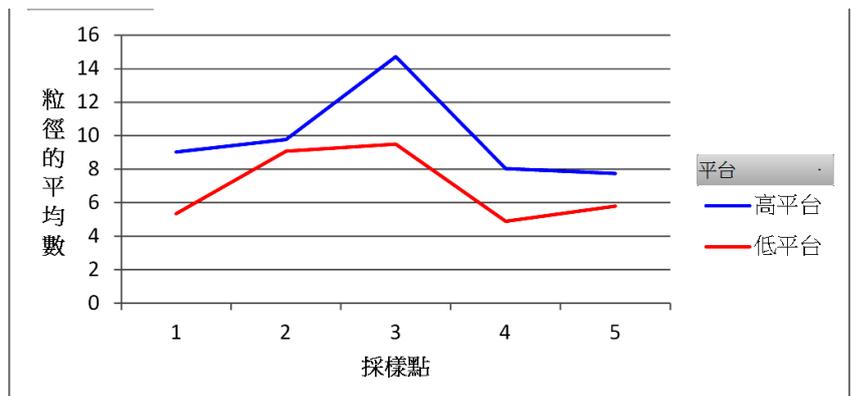


三、綜合討論

(一) 礫石大小之比較 (由平均數來看)：

1. 依平台高低來看：不管在哪一個採樣點低平台的樣本平均粒徑都比高平台的小。
2. 依方向性 (北→南) 來看：在第 3 採樣點樣本平均粒徑特別大，只有位於「旭海觀音鼻自然保留區」內的第 3、4、5 採樣點，由北向南，有變小的趨勢，但在第 1、2、3 採樣點，由北向南，反而變大。

粒徑的平均數	平台	
	高平台	低平台
採樣點		
1	9.02	5.34
2	9.78	9.07
3	14.72	9.5
4	8.04	4.89
5	7.75	5.79



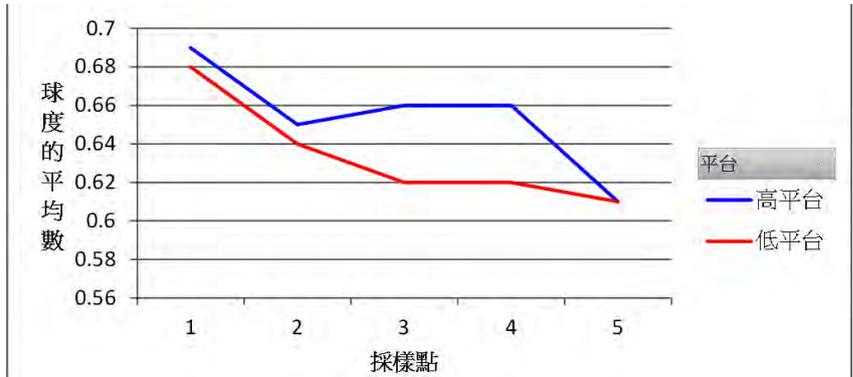
北→南

(二) 礫石形狀之比較

1. 球度 (由平均數來看):

- (1) 依平台高低來看：5 個採樣點低平台的樣本平均球度都比高平台的小。
- (2) 依方向性 (北→南) 來看：由北往南樣本平均球度都有愈來愈小的趨勢。

球度的平均數	平台	
	高平台	低平台
採樣點		
1	0.69	0.68
2	0.65	0.64
3	0.66	0.62
4	0.66	0.62
5	0.61	0.61

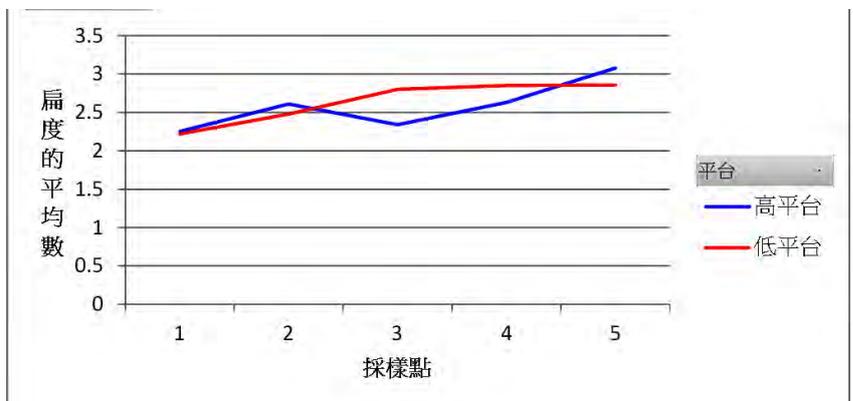


北→南

2. 扁度 (由平均數來看):

- (1) 依平台高低來看：在第 3、4 採樣點高平台的樣本平均扁度比低平台小，但在第 1、2、5 採樣點高平台的樣本平均扁度大於低平台，且高低平台的扁度相近，在最南的第 5 個採樣點也有交叉的現象。
- (2) 依方向性 (北→南) 來看：由北往南的樣本平均扁度都有愈來愈大的趨勢。

扁度的平均數	平台	
	高平台	低平台
採樣點		
1	2.25	2.22
2	2.61	2.48
3	2.34	2.8
4	2.63	2.85
5	3.08	2.86



北→南

陸、討論

一、依各個採樣點高平台、低平台來看：

(一) 礫石大小：各個採樣點高平台的平均粒徑都比低平台大，其中第 3 點高、低平台平均粒徑的差異最大，第 2 點高、低平台平均粒徑的差異最小。

(二) 礫石形狀

1. 球度：大致上高平台的平均球度都比低平台大，只有第 5 點高、低平台的平均球度相同。另外，第 3、第 4 兩點高平台的平均球度相同，兩點低平台的平均球度也相同，且高平台、低平台之間的平均球度差異最大。
2. 扁度：第 1 點、第 2 點和第 5 點高平台的平均扁度比低平台大，但是第 3 點、第 4 點高平台的平均扁度反而比低平台小。
3. 形狀分類：高平台和低平台都是以扁球體最多，扁長體次之，橢球體和圓球體最少。

二、由北向南來看各個採樣點的礫石特徵：

(一) 礫石大小：由北到南，第 3 點的平均粒徑最大，向北、向南都變小。第 1 點的平均粒徑小於第 2 點，第 4 點、第 5 點的平均粒徑則大約相近。

(二) 礫石形狀

1. 球度：所有採樣點的球度都是以 0.6 至 0.7 最多，大致上是由北向南變小，只有第 3 點、第 4 點的高平台球度增加且相近。
2. 扁度：所有採樣點的扁度都以 2 至 3 最多，大致上由北向南逐漸增加，不過第 3 點高平台的平均扁度下降，且第 3 點、第 4 點高平台的平均扁度都小於低平台。
3. 形狀分類：各個採樣點都是以扁球體最多，扁長體次之，橢球體和圓球體最少。

三、礫石的運動：

(一) 高低平台礫石特性差異的原因：

我們觀察到，當海浪拍打海岸的時候，會造成小礫石移動，又因為比較高的平台是比較大的海浪才可以拍打到的地方，所以我們推測，比較大的海浪，例如颱風造成的海浪，會搬來高平台上比較大的礫石，這些礫石大致上都是比較接近球形、比較不扁。

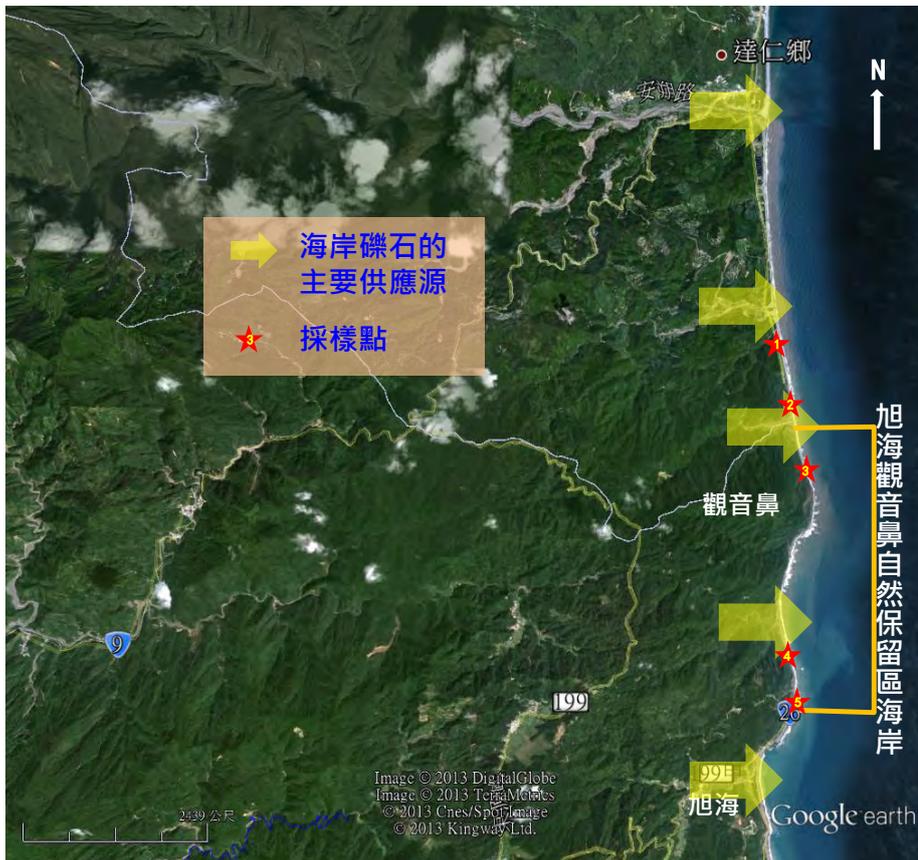


(二) 採樣點礫石特性差異的原因：

我們在海灘上可以看到，礫石會因為碰撞而破裂，然後再被慢慢磨圓、變小。再依據附近地區的風向、海浪方向和推測的沿岸流方向，這個區域的海岸礫石，的確有可能由北向南搬運。因此，當地人的說法：「『旭海觀音鼻自然保留區』礫灘的礫石北邊大、南邊小，是礫石由北向南邊逐漸移動而造成的」似乎也有道理。但這樣的說法若是真的，我們研究

區最北側的第 1、第 2 採樣點礫石的粒徑就應該更大。但是我們採樣、測量的結果，卻是第 3 採樣點的粒徑最大，其次是北側的第 2 點、第 1 點，南側的第 4 點、第 5 點較小，也就是說，影響海岸礫石特徵的原因，應該不只是由北向南沿著海岸的「搬運」。

在我們最初的觀察裡，海岸礫石主要是堅硬的「變質砂岩」；堅硬的「變質砂岩」也可能來自懸崖的崩塌和河川的洪水，雖然我們規劃的採樣點避開了散布著崩落巨大岩塊的危險懸崖，也避開了可能受河川洪水搬運而來的大量礫石影響的河口，但從結果看起來，「河川搬運」和「懸崖崩塌」可能對海岸礫石特徵的影響也非常重要（如下圖）。



柒、結論

- 一、各個採樣點高低平台間的差異比較：高平台的平均粒徑都比低平台大，平均球度也都比低平台大，而除了第 3 採樣點外，其他採樣點高、低平台的平均扁度沒有明顯差別。礫石的形狀分類則不分高、低平台，都是以扁球體最多，扁長體次之，橢球體和圓球體最少。
- 二、各個採樣點由北到南的比較：第 3 點的平均粒徑最大，向北、向南都變小。所有採樣點的球度都是以 0.6 至 0.7 最多，平均球度可說是由北向南變小。所有採樣點的扁度都以 2 至 3 最多，平均扁度大致上由北向南逐漸增加。
- 三、由附近地區的風向、波浪方向和可能造成的主要沿岸流方向來看，當地人說，「旭海觀音鼻自然保留區礫灘的礫石北邊大、南邊小，是礫石由北向南邊逐漸移動而造成的」，的確有幾分道理，因為我們也看到了來自台東北邊海岸山脈「花花的」礫石。但是由我們的採樣、測量和分析結果，位於中間的第 3 採樣點礫石粒徑卻是最大的，也就是除了波浪和沿岸流沿著海岸的搬運之外，「河川搬運」和「懸崖崩塌」可能也是影響這個地區礫灘礫石特徵的重要因素。

捌、未來展望

一、野外實察：由我們的採樣、測量與分析結果推測，「河川搬運」和「懸崖崩塌」可能也是影響研究區海岸礫石特徵的重要因素。以下幾點是未來我們可繼續進行的研究方向：

- (一) 在海岸地區更密集的採樣，探討究竟「波浪和沿岸流」及「河川搬運」、「懸崖崩塌」在影響海岸礫石特徵上扮演甚麼角色。
- (二) 對「河床上」的礫石進行採樣、測量和分析，瞭解河川搬運對礫石特徵的影響。
- (三) 增加海灘上礫石採樣的樣本數量，再將礫石依據大小分類，並對各類別進行採樣、測量與分析。

希望可以進一步探討出究竟什麼樣的礫石是河川搬運到海岸的，什麼樣的礫石又容易被沿著海岸搬運。

二、實驗設計：以實驗來模擬礫灘高、低平台礫石特徵的差異並探討成因。我們構思的研究器材與實驗步驟如下：

(一) 研究器材

1. 透明水槽一個
2. 塑膠積木
3. 3-4 種粒徑不同的小石頭各一堆
4. 塑膠墊板一片
5. 自來水

(二) 實驗步驟

1. 操作變因：不同水位高度製造的浪
2. 應變變因：不同粒徑的石子在高、低平台的分佈
3. 實驗過程：
 - (1) 在水槽的左端用塑膠積木堆疊形成一個坡度，作為石子堆的基底。
 - (2) 將粒徑不同的小石頭混合在一起，覆蓋在塑膠積木上，在水槽左端堆砌成一梯形的石子堆。
 - (3) 實驗一：從水槽的右端貼著水槽壁緩緩加入水，至水槽高度的一半，避免破壞梯形石堆，以墊板從水槽的右端向石堆推送，製作波浪，等浪來回數次「海面」稍平靜後，再製作下一次的波浪，如此反覆進行推送以製作波浪。
 - (4) 實驗二：水位高度再減半，操作過程如同(3)所示。

希望能從上述的模擬實驗，探究造成礫灘高、低平台礫石特徵差異的可能原因。

玖、附錄

5 個採樣點（由北向南）在高、低平台礫石測量及計算的結果

附表一 第 1 個採樣點高平台(1H)礫石調查結果

樣本代號	a 軸(cm)	b 軸(cm)	c 軸(cm)	粒徑	球度	扁度	形狀分類
1H_1	17.8	14.7	6.6	12.00	0.67	2.46	扁球體
1H_2	9.7	6.3	7.8	7.81	0.81	1.03	橢球體
1H_3	12.5	12.1	6.2	9.79	0.78	1.98	扁球體
1H_4	17.1	15.8	5.9	11.68	0.68	2.79	扁球體
1H_5	12.0	10.0	5.3	8.60	0.72	2.08	扁球體
1H_6	10.2	7.1	3.1	6.08	0.60	2.79	扁球體
1H_7	8.4	6.6	3.2	5.62	0.67	2.34	扁球體
1H_8	9.0	7.3	3.9	6.35	0.71	2.09	扁球體
1H_9	9.1	8.8	7.6	8.47	0.93	1.18	圓球體
1H_10	21.7	16.0	5.8	12.63	0.58	3.25	扁球體
1H_11	18.6	10.2	9.9	12.34	0.66	1.45	橢球體
1H_12	27.1	17.5	8.3	15.79	0.58	2.69	扁長體
1H_13	13.9	10.2	7.3	10.12	0.73	1.65	圓球體
1H_14	17.1	9.8	4.9	9.36	0.55	2.74	扁長體
1H_15	13.4	11.6	4.9	9.13	0.68	2.55	扁球體
1H_16	21.9	19.6	8.3	15.27	0.70	2.50	扁球體
1H_17	13.1	9.0	5.6	8.71	0.66	1.97	扁球體
1H_18	21.6	9.0	4.3	9.42	0.44	3.56	扁長體
1H_19	14.9	9.9	8.0	10.57	0.71	1.55	橢球體
1H_20	11.0	10.1	8.3	9.73	0.88	1.27	圓球體
1H_21	14.5	9.1	4.6	8.47	0.58	2.57	扁長體
1H_22	12.4	10.1	3.8	7.81	0.63	2.96	扁球體
1H_23	9.4	8.3	3.5	6.49	0.69	2.53	扁球體
1H_24	9.5	8.6	4.8	7.32	0.77	1.89	扁球體
1H_25	11.7	8.8	3.3	6.98	0.60	3.11	扁球體
1H_26	10.6	9.6	3.4	7.02	0.66	2.97	扁球體
1H_27	8.9	7.5	4.6	6.75	0.76	1.78	扁球體
1H_28	7.7	6.3	4.7	6.11	0.79	1.49	扁球體
1H_29	10.6	8.1	3.8	6.88	0.65	2.46	扁球體
1H_30	10.5	7.7	5.0	7.39	0.70	1.82	扁球體
平均值				9.02	0.69	2.25	-----

附表二 第 1 個採樣點低平台(1L)礫石調查結果

樣本代號	a 軸(cm)	b 軸(cm)	c 軸(cm)	粒徑	球度	扁度	形狀分類
1L_1	9.0	5.7	2.5	5.04	0.56	2.94	扁長體
1L_2	13.2	12.8	6.8	10.47	0.79	1.91	扁球體
1L_3	15.9	12.9	6.3	10.89	0.69	2.29	扁球體
1L_4	19.5	15.5	13.8	16.10	0.83	1.27	圓球體
1L_5	10.4	8.5	3.7	6.89	0.66	2.55	扁球體
1L_6	8.7	6.8	3.0	5.62	0.65	2.58	扁球體
1L_7	6.1	5.6	3.4	4.88	0.80	1.72	扁球體
1L_8	8.0	5.8	2.2	4.67	0.58	3.14	扁球體
1L_9	8.6	6.0	3.3	5.54	0.64	2.21	扁球體
1L_10	5.7	4.4	2.3	3.86	0.68	2.20	扁球體
1L_11	9.8	7.4	3.8	6.51	0.66	2.26	扁球體
1L_12	9.2	6.4	3.7	6.02	0.65	2.11	扁球體
1L_13	6.1	4.3	1.8	3.61	0.59	2.89	扁球體
1L_14	6.7	5.7	3.7	5.21	0.78	1.68	扁球體
1L_15	5.7	5.0	3.6	4.68	0.82	1.49	扁球體
1L_16	8.8	6.8	4.3	6.36	0.72	1.81	扁球體
1L_17	7.1	5.5	2.7	4.72	0.67	2.33	扁球體
1L_18	7.0	4.8	2.4	4.32	0.62	2.46	扁球體
1L_19	7.0	4.6	2.8	4.48	0.64	2.07	扁長體
1L_20	6.4	5.0	3.0	4.58	0.72	1.90	扁球體
1L_21	5.6	4.2	1.5	3.28	0.59	3.27	扁球體
1L_22	6.5	5.6	3.2	4.88	0.75	1.89	扁球體
1L_23	3.8	2.7	1.7	2.59	0.68	1.91	扁球體
1L_24	5.5	3.5	2.6	3.69	0.67	1.73	橢球體
1L_25	4.2	3.3	2.1	3.08	0.73	1.79	扁球體
1L_26	5.5	3.5	2.3	3.54	0.64	1.96	扁長體
1L_27	7.7	4.1	2.6	4.35	0.56	2.27	扁長體
1L_28	6.2	5.3	2.8	4.51	0.73	2.05	扁球體
1L_29	4.6	3.7	1.6	3.01	0.65	2.59	扁球體
1L_30	4.9	3.5	1.3	2.81	0.57	3.23	扁球體
平均值				5.34	0.68	2.22	-----

附表三 第2個採樣點高平台(2H)礫石調查結果

樣本代號	a 軸(cm)	b 軸(cm)	c 軸(cm)	粒徑	球度	扁度	形狀分類
2H_1	17.8	11.8	5.5	10.49	0.59	2.69	扁長體
2H_2	18.8	12.1	5.3	10.64	0.57	2.92	扁長體
2H_3	19.3	10.6	5.0	10.08	0.52	2.99	扁長體
2H_4	19.3	18.3	7.2	13.65	0.71	2.61	扁球體
2H_5	19.6	13.2	6.6	11.95	0.61	2.48	扁球體
2H_6	13.1	11.7	4.8	9.03	0.69	2.58	扁球體
2H_7	21.6	16.5	7.3	13.75	0.64	2.61	扁球體
2H_8	16.9	10.6	4.1	9.02	0.53	3.35	扁長體
2H_9	16.7	12.3	4.7	9.88	0.59	3.09	扁球體
2H_10	16.9	14.4	8.6	12.79	0.76	1.82	扁球體
2H_11	17.9	16.5	8.3	13.48	0.75	2.07	扁球體
2H_12	24.9	20.3	8.5	16.26	0.65	2.66	扁球體
2H_13	21.6	16.7	7.3	13.81	0.64	2.62	扁球體
2H_14	16.4	13.1	6.6	11.23	0.69	2.23	扁球體
2H_15	16.6	14.1	6.1	11.26	0.68	2.52	扁球體
2H_16	14.7	12.9	4.1	9.20	0.63	3.37	扁球體
2H_17	7.6	6.3	1.9	4.50	0.59	3.66	扁球體
2H_18	14.6	11.1	4.1	8.73	0.60	3.13	扁球體
2H_19	8.1	6.9	3.8	5.97	0.74	1.97	扁球體
2H_20	6.5	6.2	3.4	5.16	0.79	1.87	扁球體
2H_21	11.3	7.1	4.3	7.01	0.62	2.14	扁長體
2H_22	31.8	18.7	9.0	17.49	0.55	2.81	扁長體
2H_23	12.1	10.7	5.5	8.93	0.74	2.07	扁球體
2H_24	13.7	9.8	5.0	8.76	0.64	2.35	扁球體
2H_25	15.1	10.2	4.6	8.91	0.59	2.75	扁球體
2H_26	9.5	5.9	2.5	5.19	0.55	3.08	扁長體
2H_27	7.2	6.4	2.8	5.05	0.70	2.43	扁球體
2H_28	10.2	8.1	4.1	6.97	0.68	2.23	扁球體
2H_29	9.6	9.1	3.8	6.92	0.72	2.46	扁球體
2H_30	10.9	9.4	3.7	7.24	0.66	2.74	扁球體
平均值				9.78	0.65	2.61	-----

附表四 第 2 個採樣點低平台(2L)礫石調查結果

樣本代號	a 軸(cm)	b 軸(cm)	c 軸(cm)	粒徑	球度	扁度	形狀分類
2L_1	12.5	11	4.7	8.65	0.69	2.50	扁球體
2L_2	12.9	9.9	3.3	7.50	0.58	3.45	扁球體
2L_3	10.5	7.1	3.5	6.39	0.61	2.51	扁球體
2L_4	10.1	7	3.5	6.28	0.62	2.44	扁球體
2L_5	10.7	8.1	3.1	6.45	0.60	3.03	扁球體
2L_6	16.1	8	3.7	7.81	0.49	3.26	扁長體
2L_7	19.8	11.8	10.6	13.53	0.68	1.49	橢球體
2L_8	19.7	13.3	5.5	11.30	0.57	3.00	扁球體
2L_9	15.8	12.5	4.7	9.75	0.62	3.01	扁球體
2L_10	18.8	11.1	6.1	10.84	0.58	2.45	扁長體
2L_11	16.9	12.2	4.5	9.75	0.58	3.23	扁球體
2L_12	20.9	15.4	7.3	13.29	0.64	2.49	扁球體
2L_13	16.8	13.7	8.1	12.31	0.73	1.88	扁球體
2L_14	15.9	12.2	6.1	10.58	0.67	2.30	扁球體
2L_15	11.6	9.4	4.8	8.06	0.69	2.19	扁球體
2L_16	11	7	4.7	7.13	0.65	1.91	橢球體
2L_17	15.2	10.8	5.2	9.49	0.62	2.50	扁球體
2L_18	15.6	13.2	7.6	11.61	0.74	1.89	扁球體
2L_19	9.3	8.7	3.4	6.50	0.70	2.65	扁球體
2L_20	10.2	9.8	3.7	7.18	0.70	2.70	扁球體
2L_21	13.9	9.5	5.8	9.15	0.66	2.02	扁球體
2L_22	14.2	6.1	3.8	6.90	0.49	2.67	扁長體
2L_23	9.4	8	3.1	6.15	0.65	2.81	扁球體
2L_24	10.1	8.1	6.3	8.02	0.79	1.44	圓球體
2L_25	11.8	8.3	5.3	8.04	0.68	1.90	扁球體
2L_26	8.7	7.7	3	5.86	0.67	2.73	扁球體
2L_27	7.8	6.3	2.1	4.69	0.60	3.36	扁球體
2L_28	17	12.5	5.9	10.78	0.63	2.50	扁球體
2L_29	7.3	5.2	3.1	4.90	0.67	2.02	扁球體
2L_30	38.8	21.2	15.4	23.31	0.60	1.95	橢球體
平均值				9.07	0.64	2.48	-----

附表五第 3 個採樣點高平台(3H)礫石調查結果

樣本代號	a 軸(cm)	b 軸(cm)	c 軸(cm)	粒徑	球度	扁度	形狀分類
3H_1	18.4	13.5	10.1	13.59	0.74	1.58	圓球體
3H_2	24.4	14.5	7.6	13.91	0.57	2.56	扁長體
3H_3	17.8	15.2	7.7	12.77	0.72	2.14	扁長體
3H_4	24.1	13.5	6.3	12.70	0.53	2.98	扁長體
3H_5	29.7	19.6	11.1	18.63	0.63	2.22	扁球體
3H_6	19.6	18.2	9.0	14.75	0.75	2.10	扁球體
3H_7	16.5	15.5	8.1	12.75	0.77	1.98	扁長體
3H_8	27.7	18.4	9.6	16.98	0.61	2.40	扁球體
3H_9	25.1	20.4	8.6	16.39	0.65	2.65	扁球體
3H_10	23.5	17.0	7.8	14.61	0.62	2.60	扁球體
3H_11	22.7	17.5	10.7	16.20	0.71	1.88	扁球體
3H_12	24.9	14.7	7.7	14.13	0.57	2.57	扁長體
3H_13	19.9	15.2	7.8	13.31	0.67	2.25	扁球體
3H_14	23.7	21.1	9.3	16.69	0.70	2.41	扁球體
3H_15	22.1	17.8	7.0	14.02	0.63	2.85	扁球體
3H_16	24.8	18.8	7.4	15.11	0.61	2.95	扁球體
3H_17	16.1	14.9	7.8	12.32	0.77	1.99	扁球體
3H_18	20.1	14.1	8.1	13.19	0.66	2.11	扁球體
3H_19	19.3	16.5	9.4	14.41	0.75	1.90	扁球體
3H_20	21.2	18.3	8.5	14.88	0.70	2.32	扁球體
3H_21	21.5	18.8	9.7	15.77	0.73	2.08	扁球體
3H_22	19.4	11.6	6.4	11.29	0.58	2.42	扁長體
3H_23	14.3	12.4	6.7	10.59	0.74	1.99	扁球體
3H_24	20.8	17.4	8.3	14.43	0.69	2.30	扁球體
3H_25	21.7	18.2	10.5	16.07	0.74	1.90	扁球體
3H_26	24.1	12.4	10.6	14.69	0.61	1.72	橢球體
3H_27	23.7	16.2	9.2	15.23	0.64	2.17	扁球體
3H_28	26.0	19.2	7.5	15.53	0.60	3.01	扁球體
3H_29	42.8	20.5	10.1	20.69	0.48	3.13	扁長體
3H_30	29.1	18.5	7.7	16.06	0.55	3.09	扁長體
平均值				14.72	0.66	2.34	-----

附表六 第 3 個採樣點低平台(3L)礫石調查結果

樣本代號	a 軸(cm)	b 軸(cm)	c 軸(cm)	粒徑	球度	扁度	形狀分類
3L_1	12.4	6.7	5.6	7.75	0.62	1.71	橢球體
3L_2	16.6	12.5	5.9	10.70	0.64	2.47	扁球體
3L_3	14.3	10.9	4.8	9.08	0.63	2.63	扁球體
3L_4	21.5	16.6	6.7	13.37	0.62	2.84	扁球體
3L_5	15.7	12.6	4.5	9.62	0.61	3.14	扁球體
3L_6	21.0	14.3	5.7	11.96	0.57	3.10	扁球體
3L_7	7.8	5.9	2.3	4.73	0.61	2.98	扁球體
3L_8	22.7	14.7	5.8	12.46	0.55	3.22	扁長體
3L_9	17.2	13.7	4.1	9.89	0.57	3.77	扁球體
3L_10	9.9	6.6	2.8	5.68	0.57	2.95	扁球體
3L_11	15.5	11.2	5.1	9.60	0.62	2.62	扁球體
3L_12	16.3	14.2	7.1	11.80	0.72	2.15	扁球體
3L_13	14.5	10.2	5.8	9.50	0.66	2.13	扁球體
3L_14	13.9	8.8	3.7	7.68	0.55	3.07	扁長體
3L_15	11.3	10.1	4.2	7.83	0.69	2.55	扁球體
3L_16	18.3	16.0	5.3	11.58	0.63	3.24	扁球體
3L_17	21.4	12.6	8.4	13.13	0.61	2.02	橢球體
3L_18	13.5	12.7	4.5	9.17	0.68	2.91	扁球體
3L_19	7.7	7.1	2.2	4.94	0.64	3.36	扁球體
3L_20	17.8	10.7	4.2	9.28	0.52	3.39	扁長體
3L_21	16.1	12.2	5.2	10.07	0.63	2.72	扁球體
3L_22	15.6	14.0	4.8	10.16	0.65	3.08	扁球體
3L_23	15.7	6.3	5.3	8.06	0.51	2.08	橢球體
3L_24	22.2	20.3	7.2	14.80	0.67	2.95	扁球體
3L_25	14.1	11.2	3.6	8.28	0.59	3.51	扁球體
3L_26	10.6	7.5	3.6	6.59	0.62	2.51	扁球體
3L_27	14.5	10.6	4.8	9.04	0.62	2.61	扁球體
3L_28	13.0	12.7	5.0	9.38	0.72	2.57	扁球體
3L_29	13.5	12.4	4.3	8.96	0.66	3.01	扁球體
3L_30	15.9	11.6	5.1	9.80	0.62	2.70	扁球體
平均值				9.50	0.62	2.80	-----

附表七 第 4 個採樣點高平台(4H)礫石調查結果

樣本代號	a 軸(cm)	b 軸(cm)	c 軸(cm)	粒徑	球度	扁度	形狀分類
4H_1	22.0	13.3	7.3	12.88	0.59	2.42	扁長體
4H_2	16.4	12.5	5.2	10.22	0.62	2.78	扁球體
4H_3	13.5	9.3	5.6	8.89	0.66	2.04	扁球體
4H_4	17.1	13.8	5.5	10.91	0.64	2.81	扁球體
4H_5	8.4	7.0	2.6	5.35	0.64	2.96	扁球體
4H_6	9.7	7.6	2.8	5.91	0.61	3.09	扁球體
4H_7	19.1	16.5	6.6	12.76	0.67	2.70	扁球體
4H_8	7.3	6.8	2.3	4.85	0.66	3.07	扁球體
4H_9	9.7	9.0	3.4	6.67	0.69	2.75	扁球體
4H_10	10.1	9.9	3.6	7.11	0.70	2.78	扁球體
4H_11	11.1	9.3	4.0	7.45	0.67	2.55	扁球體
4H_12	12.5	10.4	3.8	7.91	0.63	3.01	扁球體
4H_13	19.2	13.4	6.0	11.56	0.60	2.72	扁球體
4H_14	12.1	9.7	4.9	8.32	0.69	2.22	扁球體
4H_15	12.7	11.2	4.0	8.29	0.65	2.99	扁球體
4H_16	13.0	9.4	5.9	8.97	0.69	1.90	扁球體
4H_17	10.4	9.4	3.4	6.93	0.67	2.91	扁球體
4H_18	10.4	8.5	3.0	6.42	0.62	3.15	扁球體
4H_19	11.9	8.7	3.8	7.33	0.62	2.71	扁球體
4H_20	11.0	7.5	3.8	6.79	0.62	2.43	扁球體
4H_21	6.9	5.3	6.3	6.13	0.89	0.97	圓球體
4H_22	8.4	8.1	3.2	6.02	0.72	2.58	扁球體
4H_23	8.4	4.5	2.0	4.23	0.50	3.23	扁長體
4H_24	6.0	5.2	2.1	4.03	0.67	2.67	扁球體
4H_25	15.2	11.5	6.4	10.38	0.68	2.09	扁球體
4H_26	14.5	12.6	5.3	9.89	0.68	2.56	扁球體
4H_27	13.4	10.8	6.0	9.54	0.71	2.02	扁球體
4H_28	12.0	10.7	3.6	7.73	0.64	3.15	扁球體
4H_29	13.3	10.5	3.2	7.65	0.57	3.72	扁球體
4H_30	13.7	11.4	6.4	10.00	0.73	1.96	扁球體
平均值				8.04	0.66	2.63	-----

附表八 第 4 個採樣點低平台(4L)礫石調查結果

樣本代號	a 軸(cm)	b 軸(cm)	c 軸(cm)	粒徑	球度	扁度	形狀分類
4L_1	15.2	12.6	4.8	9.72	0.64	2.90	扁球體
4L_2	4.6	4.5	1.3	3.00	0.65	3.50	扁球體
4L_3	8.5	7.2	2.3	5.20	0.61	3.41	扁球體
4L_4	9.7	7.6	3.1	6.11	0.63	2.79	扁球體
4L_5	6.9	5.5	2.6	4.62	0.67	2.38	扁球體
4L_6	8.5	7.2	2.7	5.49	0.65	2.91	扁球體
4L_7	5.9	4.2	2.0	3.67	0.62	2.53	扁球體
4L_8	9.7	5.5	2.7	5.24	0.54	2.81	扁長體
4L_9	12.8	7.0	4.0	7.10	0.55	2.48	扁長體
4L_10	9.5	8.5	3.1	6.30	0.66	2.90	扁球體
4L_11	7.7	5.8	2.0	4.47	0.58	3.38	扁球體
4L_12	7.8	7.7	2.7	5.45	0.70	2.87	扁球體
4L_13	6.2	5.7	2.4	4.39	0.71	2.48	扁球體
4L_14	10.4	6.8	3.2	6.09	0.59	2.69	扁長體
4L_15	8.8	6.5	2.1	4.93	0.56	3.64	扁球體
4L_16	9.2	5.3	3.1	5.33	0.58	2.34	扁長體
4L_17	8.4	5.8	2.8	5.15	0.61	2.54	扁球體
4L_18	8.1	4.2	2.0	4.08	0.50	3.08	扁長體
4L_19	7.7	4.4	2.0	4.08	0.53	3.03	扁長體
4L_20	8.1	6.6	2.3	4.97	0.61	3.20	扁球體
4L_21	9.0	7.5	2.3	5.37	0.60	3.59	扁球體
4L_22	7.5	6.0	2.0	4.48	0.60	3.38	扁球體
4L_23	7.0	6.0	2.6	4.78	0.68	2.50	扁球體
4L_24	7.2	5.4	2.4	4.54	0.63	2.63	扁球體
4L_25	6.0	4.5	2.6	4.13	0.69	2.02	扁球體
4L_26	6.1	4.8	2.4	4.13	0.68	2.27	扁球體
4L_27	5.3	4.0	1.3	3.02	0.57	3.58	扁球體
4L_28	6.0	5.1	2.5	4.25	0.71	2.22	扁球體
4L_29	5.0	4.1	1.8	3.33	0.67	2.53	扁球體
4L_30	5.2	4.4	1.6	3.32	0.64	3.00	扁球體
平均值				4.89	0.62	2.85	-----

附表九 第 5 個採樣點高平台(5H)礫石調查結果

樣本代號	a 軸(cm)	b 軸(cm)	c 軸(cm)	粒徑	球度	扁度	形狀分類
5H_1	13.3	10.4	4.0	8.21	0.62	2.96	扁球體
5H_2	15.5	12.4	4.1	9.24	0.60	3.40	扁球體
5H_3	14.5	11.4	5.3	9.57	0.66	2.44	扁球體
5H_4	20.1	9.1	3.6	8.70	0.43	4.06	扁長體
5H_5	19.2	12.1	5.3	10.72	0.56	2.95	扁長體
5H_6	24.1	15.1	5.9	12.90	0.54	3.32	扁長體
5H_7	22.7	17.4	5.6	13.03	0.57	3.58	扁球體
5H_8	14.5	11.8	4.9	9.43	0.65	2.68	扁球體
5H_9	15.5	13.3	4.9	10.03	0.65	2.94	扁球體
5H_10	13.8	8.3	2.6	6.68	0.48	4.25	扁長體
5H_11	14.5	11.7	5.1	9.53	0.66	2.57	扁球體
5H_12	11.8	8.7	3.6	7.18	0.61	2.85	扁球體
5H_13	11.8	9.8	3.3	7.25	0.61	3.27	扁球體
5H_14	11.8	9.6	3.3	7.20	0.61	3.24	扁球體
5H_15	10.6	8.5	3.2	6.61	0.62	2.98	扁球體
5H_16	9.4	8.5	3.3	6.41	0.68	2.71	扁球體
5H_17	9.2	8.2	3.2	6.23	0.68	2.72	扁球體
5H_18	10.7	7.0	2.8	5.94	0.56	3.16	扁長體
5H_19	10.1	9.3	2.8	6.41	0.63	3.46	扁球體
5H_20	7.5	6.6	2.6	5.05	0.67	2.71	扁球體
5H_21	8.2	6.8	2.9	5.45	0.66	2.59	扁球體
5H_22	7.7	6.9	2.8	5.30	0.69	2.61	扁球體
5H_23	4.3	3.9	1.1	2.64	0.61	3.73	扁球體
5H_24	7.9	6.9	2.2	4.93	0.62	3.36	扁球體
5H_25	16.1	12.0	5.1	9.95	0.62	2.75	扁球體
5H_26	17.8	16.6	6.3	12.30	0.69	2.73	扁球體
5H_27	11.2	10.7	3.8	7.69	0.69	2.88	扁球體
5H_28	10.6	6.9	2.7	5.82	0.55	3.24	扁長體
5H_29	9.2	5.6	2.2	4.84	0.53	3.36	扁長體
5H_30	11.2	9.5	3.7	7.33	0.65	2.80	扁球體
平均值				7.75	0.61	3.08	-----

附表十 第 5 個採樣點低平台(5L)礫石調查結果

樣本代號	a 軸(cm)	b 軸(cm)	c 軸(cm)	粒徑	球度	扁度	形狀分類
5L_1	6.9	5.9	2.8	4.85	0.70	2.29	扁球體
5L_2	10.5	6.0	3.2	5.86	0.56	2.58	扁長體
5L_3	8.0	7.2	3.2	5.69	0.71	2.38	扁球體
5L_4	10.4	7.6	2.8	6.05	0.58	3.21	扁球體
5L_5	9.0	6.8	2.4	5.28	0.59	3.29	扁球體
5L_6	11.3	9.7	3.5	7.27	0.64	3.00	扁球體
5L_7	9.0	5.2	2.5	4.89	0.54	2.84	扁長體
5L_8	11.8	6.6	3.8	6.66	0.56	2.42	扁長體
5L_9	7.5	5.8	2.4	4.71	0.63	2.77	扁球體
5L_10	11.9	6.8	2.6	5.95	0.50	3.60	扁球體
5L_11	12.5	10.4	3.2	7.47	0.60	3.58	扁球體
5L_12	15.2	11.8	4.6	9.38	0.62	2.93	扁球體
5L_13	10.1	7.5	2.8	5.96	0.59	3.14	扁球體
5L_14	7.5	3.4	2.2	3.83	0.51	2.48	扁長體
5L_15	4.5	3.6	1.8	3.08	0.68	2.25	扁球體
5L_16	13.2	12.1	4.8	9.15	0.69	2.64	扁球體
5L_17	7.5	6.4	2.0	4.58	0.61	3.48	扁球體
5L_18	8.8	8.1	3.4	6.23	0.71	2.49	扁球體
5L_19	10.1	8.3	2.7	6.09	0.60	3.41	扁球體
5L_20	16.5	11.7	4.7	9.68	0.59	3.00	扁球體
5L_21	17.5	12.0	4.8	10.03	0.57	3.07	扁球體
5L_22	11.0	8.2	4.1	7.18	0.65	2.34	扁球體
5L_23	8.0	5.9	4.3	5.88	0.73	1.62	圓球體
5L_24	10.1	7.1	3.3	6.19	0.61	2.61	扁球體
5L_25	8.6	7.2	2.2	5.15	0.60	3.59	扁球體
5L_26	6.8	4.8	2.0	4.03	0.59	2.90	扁球體
5L_27	6.1	4.0	1.6	3.39	0.56	3.16	扁長體
5L_28	5.3	3.4	1.6	3.07	0.58	2.72	扁長體
5L_29	5.4	3.5	2.0	3.36	0.62	2.23	扁長體
5L_30	4.4	4.0	1.1	2.69	0.61	3.82	扁球體
平均值				5.79	0.61	2.86	-----

拾、參考資料

1. 施添福 (1999) 開山與築路：晚清臺灣東西部越嶺道路的歷史地理考察，台灣師範大學地理學系：地理研究，第 30 期，65-100 頁。
2. 陳佑瑜 (2012) 阿塿壹古道考察研究——歷史、地理與環保觀點。
<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2012/03/2012030209412157.pdf>
3. 行政院林務局。2012 年 4 月 18 日，旭海觀音鼻自然保留區，
<http://www.forest.gov.tw/ct.asp?xItem=59823&CtNode=174&mp=10>
4. [阿塿壹古道－維基百科，自由的百科全書](#)
5. 自然與生活科技課本(南一 5 上)第四單元 山河大地 1.流水作用 2.岩石和礦物
6. 數學課本(康軒 5 上)第九單元 統計圖
7. 范光龍 (1988) 台灣附近的海域，科學月刊，0221。
<http://210.60.224.4/ct/content/1988/00050221/0010.htm>
8. 楊美萍 (2004) 桃園縣海岸地形變遷之研究－「海岸剖面圖」，臺灣大學地理環境資源研究所碩士論文 <http://140.112.64.84/research/paper2004/P90228011/index.htm>
9. 中央氣象局全球資訊網 <http://www.cwb.gov.tw/V7/>
10. 沿岸流－台灣大百科全書
<http://taiwanpedia.culture.tw/web/content?ID=3351&Keyword=%E6%B2%BF%E5%B2%B8%E6%B5%81>

【評語】 080510

1. 能實際比較礫石的不同形貌和定量比較。
2. 對於不同礫石分佈的成因須進一步探討。