

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

高中-地球科學科

科 別：地 球 科 學 科

組 別：高 中 組

作品名稱：水落石出

關 鍵 詞：滲選係數、粒度分析、沉降速度

編 號：040505

學校名稱：

國立羅東高級中學

作者姓名：

陳玫合、陳媛君、林 芃、林淑媛

指導老師：

藍秀茹



水落石出

一.研究動機

在一次至羅東溪邊烤肉的戶外活動中，發現溪旁的石頭大多比手掌小，有位同學憶及他曾在較上游之處戲水，其溪旁的石頭大多有手掌大。教科書上寫著：「在河流上游沉積物顆粒較大，隨著向下游漸行，其沉積物顆粒漸小。」而真實的情況真是如此嗎？其顆粒大小差異有多大呢？河水的淘選能力又是如何？

二.研究目的

- 1.瞭解蘭陽溪其支流羅東溪，自上游採樣點至下游溪口採樣點其顆粒大小淘選度（ S_o ）、歪度（ α_ψ ）及峰度（ K_ψ ）分佈情形。
- 2.瞭解大雨河水暴漲過後，河床之沉積物顆粒大小，淘選度（ S_o ）、歪度（ α_ψ ）及峰度（ K_ψ ）的改變情形。

三.研究器材

(一) 野外用具

口徑 13.5cm,長 20cm 塑膠水管
小圓鍬
耙子
50m 布尺
塑膠袋
標籤紙



(二) 實驗器材

標準篩及電動震盪器
電動天秤
鐵盤
烤箱
塑膠袋
大量杯



四.研究過程

- (一) 目標：為瞭解河流不同河段之沉積物顆粒大小及顆粒大小分布情形
- (二) 採樣地點：觀察地形圖，找尋適當的採樣地點。距離學校最近的河流為匯入蘭陽溪之羅東溪，於是決定以此河段為主要採集樣本之地點。以下為採

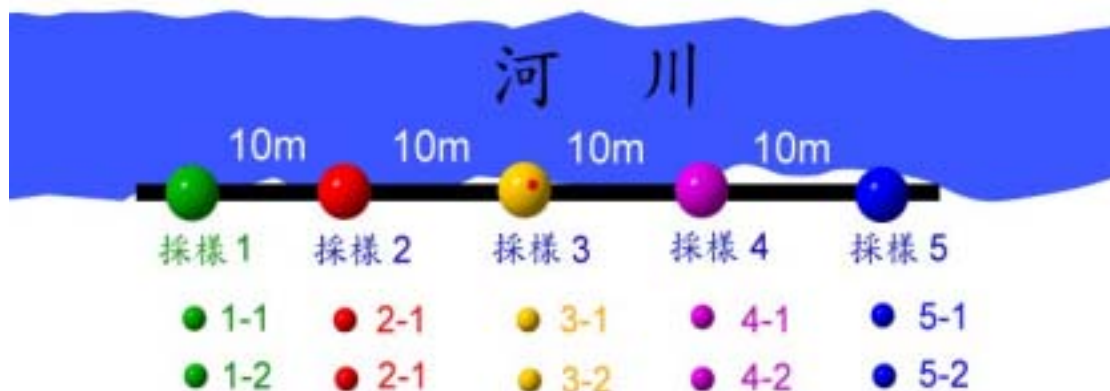
集之地點：

1. 清水橋附近
2. 寒溪吊橋附近
3. 鼻頭橋附近
4. 廣興橋附近
5. 北成橋附近
6. 蘭陽溪口興南大橋附近



(三) 採樣方式

此研究是於河床上在河水經過之一側採樣，而蘭陽地區河流在乾季時河床上幾乎沒有河水，均流入地下成為地下潛流，而在大雨時河水面會快速暴漲，搬運、沖刷石塊。當我們到達河床上採集石頭樣本時，大多僅留下河水流過的痕跡，於是我們在其河道的一側採集，若情況適合，則每隔 10m 取樣，每處至少取樣 5 袋，且河道側邊寬廣，堆積完整未受破壞，則向外側距離為 1m 處再各取 2 袋。以下為各採樣點的採樣示意圖：



側邊採樣各點距離 1m

採樣時，先將 20cm 長的塑膠水管放在定點，而後將水管外的石頭挖開，同時將水管向下壓入，直至水管內的石頭約有 8 分滿，再將水管內的石頭，倒入或挖入塑膠袋中，攜回實驗室進行下一步的分析工作，除此，並在各採樣點選取 10 顆最大的石頭，攜回實驗室計算最大平均粒徑。



(四) 採樣時間

第一次採樣時間為暑假 8 月 17 日~ 8 月 29 日，在此時間前，並無颱風經過帶來大雨，且採樣時，發現河床上大多無河水；接下來的時間，颱風侵台帶來豐沛雨量，河川因之上漲，其河川沖刷搬運的能力改變，所以，我們想趁著颱風雨季過後，再去採樣，看看其颱風雨季前後沉積顆粒大小的變化，故有第二次的採樣，時間為 1 月 21 日 2 月 1 日。因此，第一次採樣的石頭叫“風前”的石頭，第二次的石頭叫“風後”的石頭。

(五) 各採樣點的摘要紀錄

1. 第一站: 寒溪

我們以羅東溪為主要的採樣河川，溯源而上，寒溪為採集的第一站，探測因河岸堆積的緣故，尋找到 30 公尺長適合採樣的河岸，距離約 30 公尺，每隔 6 公尺為一定點，將塑膠管放置在採集點上，向下挖掘至管內有八分滿的石頭；我們可以清楚發現，上層顆粒較小且圓潤，而距河床較遠處有難以計數的大石頭，我們在想何以河水流經的河道上會有如此大的石塊，是不是土石流造成的？後來經查訪，原來在此曾發生過土石流，所以才能搬運如此大的石頭到河床上。

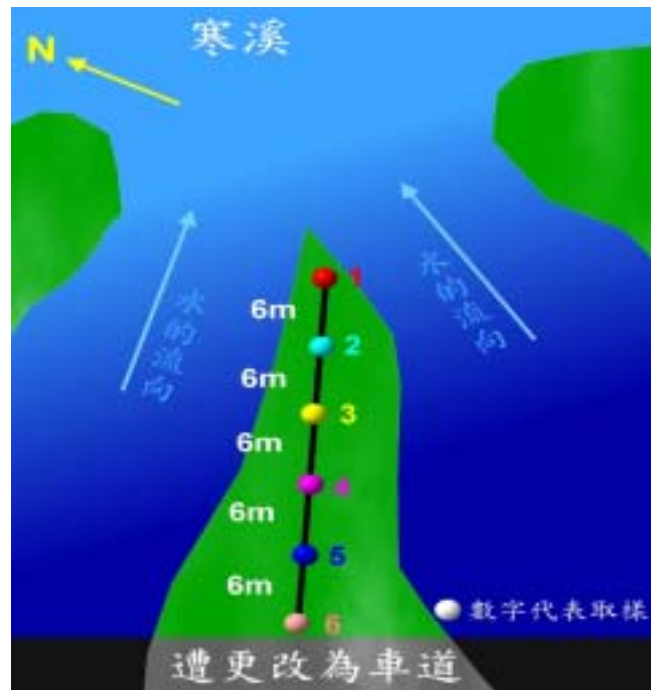


圖 1 寒溪採樣點紀錄圖

2.第二站:鼻頭橋

接下來我們到了距離寒溪約有 20 分鐘車程的鼻頭橋附近，這第二站由於遭破壞的區域較少，所以把採樣距離設定為 50 公尺，每 10 公尺取一點，採樣方式同上所述。

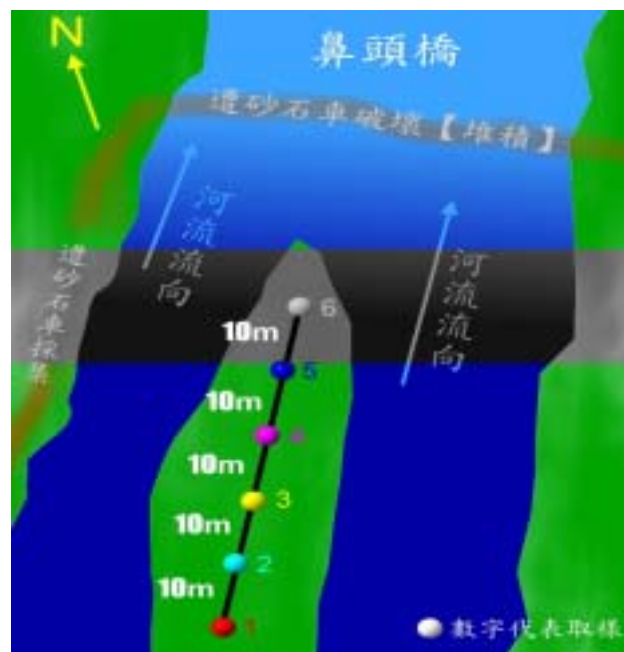


圖 2 鼻頭橋採樣紀錄

3.第三站:廣興橋

順著鼻頭橋而下是廣興橋與北成橋。在廣興橋下定一始點沿溪流往後延長 100 公尺，在 100 公尺內以 10 公尺為一單位，河岸側邊則以每 10 公尺採一點，並向側邊 1m 及 2m 的位置各取一袋。

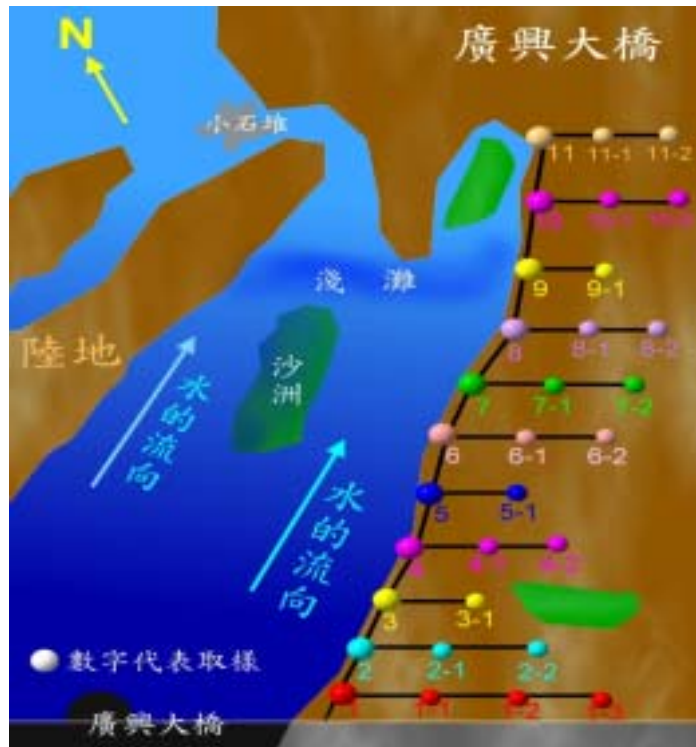


圖 3 廣興橋採樣紀錄

4.第四站:北成橋

北成橋下河床明顯改道，岸緣直逼草叢，故我們並未將長度設定太長，為免影響測量的基準，只取 70 公尺作為觀察的依據，同樣每 10 公尺定一點。

5.第五站:蘭陽溪口

求實驗的完整性，於是將羅東溪匯入蘭陽溪的溪口定為最後一站。一到現場全都傻眼了，因為河岸多為泥濘的沙洲，沾的滿腳全是泥，好不容易七手八腳的運用採集方法把泥沙都裝進了袋中，我們在最靠近河邊、往河岸邊、及距河岸較遠處的地方各裝一袋，共三袋，陸續在往後延伸的五個點如法炮製。這便是第一次實驗採樣的全貌，由寒溪→鼻頭橋→廣興橋→北成橋→蘭陽溪口，搜羅羅東溪沿岸沉積物顆粒大小變化的完整路程。

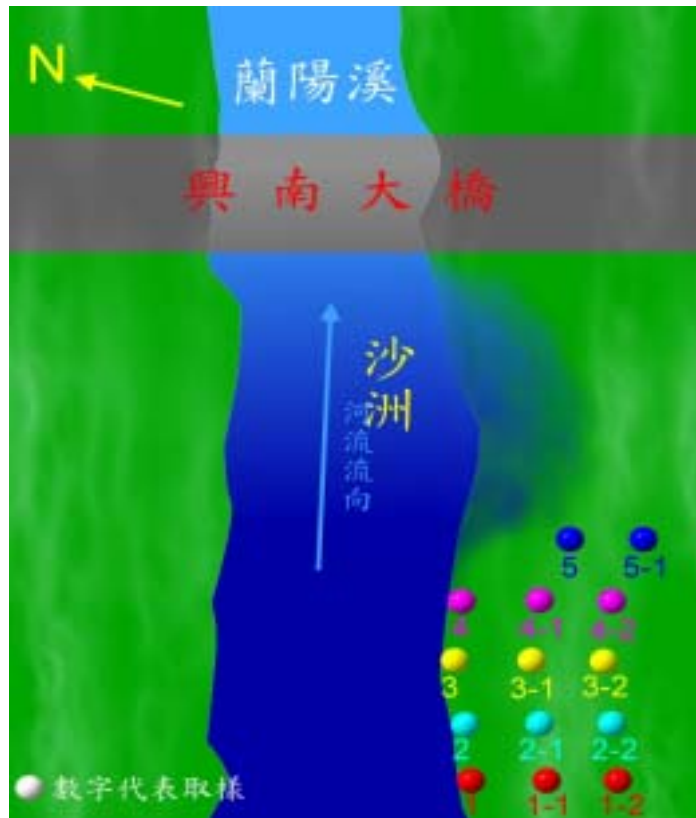


圖 4 蘭陽溪口(興南大橋)採樣紀錄

6.第六站:清水橋

另外，在蘭陽溪較上游的清水橋附近，我們也進行採樣，此樣方法和其他採樣點是一樣的。

(六) 室內分析步驟

顆粒大小分析

攜回之石頭以太陽曬乾、或以烤箱烤乾，將乾燥之採樣石頭放入電動震盪器中以標準篩篩選，篩孔的大小分別為 2mm、0.25mm、0.125mm、0.062mm，由上至下排列，使用震盪器震動 25 分鐘，分別取出裝袋，將大於 2mm 的石頭標示為顆粒 1，石頭顆粒大小介於 0.25mm~2mm 標示為顆粒 2，顆粒大小介於 0.125mm~0.25mm 標示為顆粒 3，顆粒大小介於 0.062mm ~0.125mm 標示為顆粒 4，顆粒小於 0.062mm 標示為顆粒 5，如表 1 所示，而後將各採樣點過篩後的樣本，以電動天平秤重，並繪製重量百分比分布曲線圖，並利用統計方法求其標準差 (S_o)、歪度 (α_ψ) 及峰度 (K_ψ)。

表 1 顆粒分級表 (Wentworth ,1922)

顆粒分級	名稱		直徑(mm)	ϕ
顆粒 1	礫 gravel	小礫 巨礫 (Granule) (Boulder)	2	-1
顆粒 2	砂 sand	中砂 極粗砂 (Medium) (Very coarse sand)	0.25	2
顆粒 3		細砂 (Fine sand)	0.125	3
顆粒 4		極細砂 (Very fine sand)	0.062	4
顆粒 5	泥 mud	黏土 粗粉砂 (Clay) (coarse silt)		

最大平均粒徑

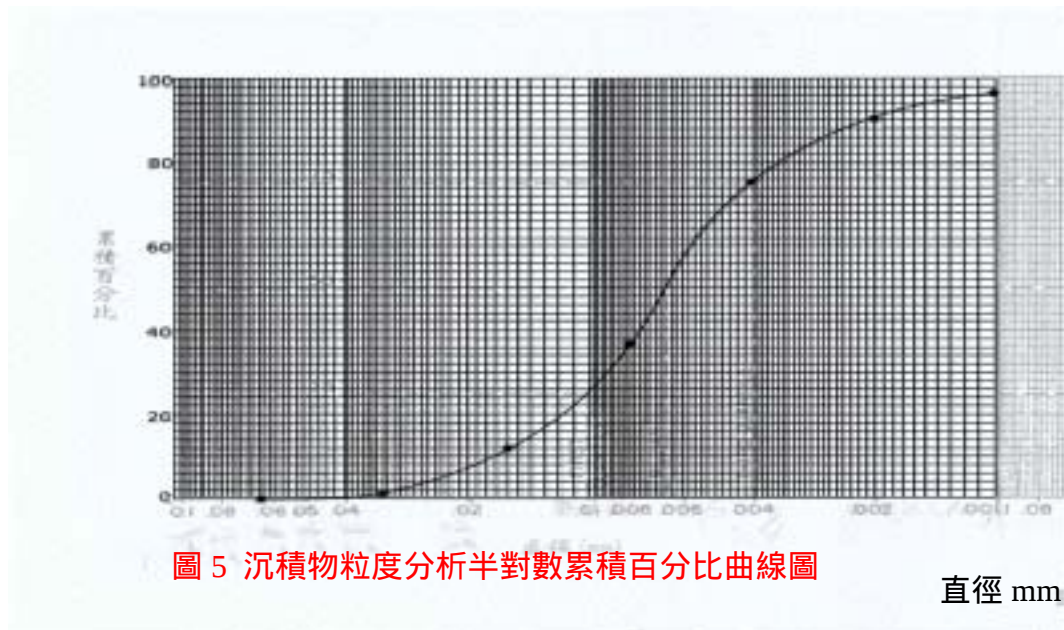
計算粒徑大小，有 Krumbein (1939) 利用排水法計算粒徑大小 (nominal diameter)，Oden、Wadell 利用沉降法計算粒徑大小，而此次研究利用 Krumbein 的排水法計算顆粒的粒徑大小。

$$\text{粒徑大小} = \sqrt[3]{\text{體積}}$$

每一採樣點所採得的最大 10 顆石頭，均以排水法計算得粒徑，再將 10 顆石頭的粒徑平均，即可得最大平均粒徑。

淘選係數 (Sorting Coefficient)

淘選係數 (So) 的計算採用的 4 分度量 (Quartite Measure)，數理統計上最簡易的方法之一就是由累積百分比曲線讀出每一四等份點之數值，即決定 25% 50% 與 75% 與累積曲線之交點而讀出該點之粒度。而下圖 5 表示由累積曲線讀出這些數值的方法。為方便計算，一般都使用半對數圖表 (semi-logarithmic paper)。



依 Trask (1932) 之定義，淘選係數為最大四分點 25% 之值 (Q_1) 與最小四分點 75% 之值 (Q_3)，比值之開根號。

$$\text{淘選係數} = S_o = \sqrt{(Q_1 / Q_3)}$$

$$\text{中值} = M_d = Q_2 \text{ (50\% 之值)}$$

中值與淘選係數所代表的意義

中值與淘選係數能夠提供我們一些有關於碎屑沉積物沉積時之資料，中值和搬運沉積物之水流強度有密切關係，而淘選係數則只是了流速與擾流強度變化之範圍以及沉積搬運之距離等。根據 Trask(1932) 的分析，淘選良好的海洋沉積物其淘選係數(S_o)小於 2.5，中等淘選度之沉積物，其值在 2.5~4 間，至於淘選不良之沉積物則 $S_o > 4$ 。

歪度 (α_ψ) 的計算

根據殷曼法(Inman's method)所採取的直徑單位以 2 為基底的對數($-\log_2 D$)，所得的對數值稱為 ψ 值，而下圖 6 即為粒度分布可轉換繪製成利用中值的沉積物粒度分析對數累積百分比曲線。

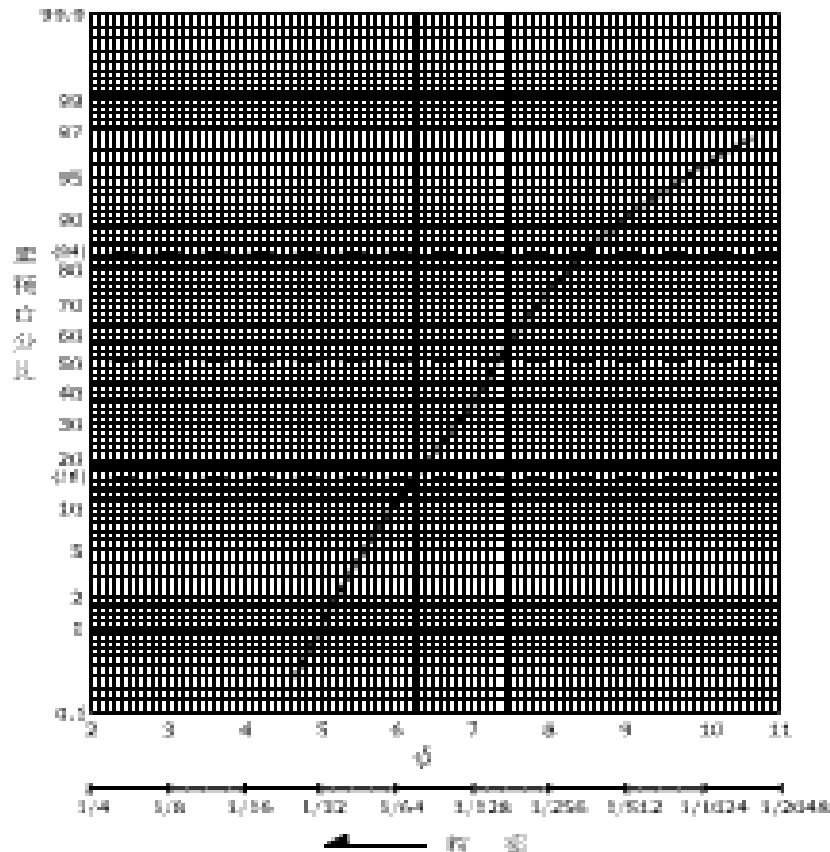


圖 6 沉積物粒度分析半對數累積百分比曲線

由圖中可分別讀出 16%、50%與 84%之相對應值，利用殷曼法（1952），其計算如下：

$$\left\{ \begin{array}{l} \psi_{\text{中值}} = M d_{\psi} = \psi_{50} \\ \psi_{\text{平均值}} = M_{\psi} = (\psi_{84} + \psi_{16}) / 2 \\ S i g m a_{\psi} = \sigma_{\psi} = (\psi_{84} - \psi_{16}) / 2 \quad (\text{標準偏差}) \\ \text{歪度 } \alpha_{\psi} = (M_{\psi} - M d_{\psi}) / \sigma_{\psi} \end{array} \right.$$

沉積物歪度（skewness）的意義

$\alpha_{\psi} > 0$ 表示顆粒大小之分佈偏向於較大 ψ 值者（較細顆粒部分）；若 $\alpha_{\psi} = 0$ ，表示沉積物顆粒大小分布均勻對稱，其中值與平均值一致；若 $\alpha_{\psi} < 0$ ，則表示顆粒大小之分佈偏於小 ψ 值（較粗顆粒）。

峰度 (platykurtosis)

峰度(Kurtosis)表示沉積物顆粒大小分布頻率出現情形為尖峰狀(peakedness)或平滑狀 (flatness)。若出現頻率之峰高較鐘型常態分配曲線為高者，稱為突出峰度 (leptokurtic)；反之則稱為平坦

峰度 (扁平度) 的計算

在兩者之間者，稱之為中間峰度 (mesokurtosis)，有關峰度之情形可參考圖 7。

$$K_{\psi} = [(\psi_{95} - \psi_5) / 2 - \sigma_{\psi}] / \sigma_{\psi}$$

一般常態分配曲線之峰度為 0.65，若顆粒大小非常集中於一中間值之眾數分布則峰度遠大於 0.65；若分布情形呈分散狀，眾數不突兀者，則其峰度小於 0.65。

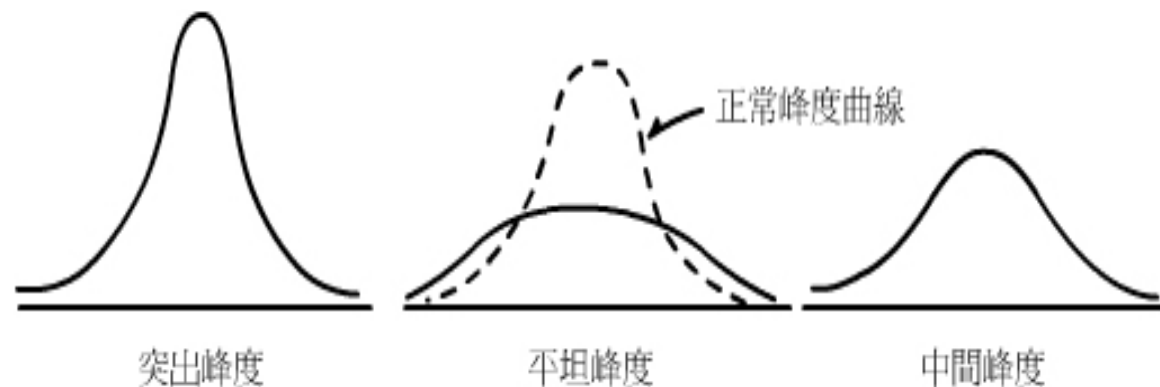


圖 7 顆粒峰度之型式

淘選度，歪度與峰值度之大小及其描述之述語

形容淘選度述語	標準偏差(σ_{ψ})	標準偏差(σ_{ψ})
	Folk & Ward , 1957	Friedman , 1962
淘選極佳	< 0.35	<0.35
淘選良好	0.35~0.50	0.35~0.46
淘選尚可	0.50~0.71	0.46~0.73
淘選中等	0.71~1.00	0.73~1.5
淘選不良	1.00~2.00	1.5~2.16
淘選差	2.00~4.00	2.16~2.62
淘選極差	> 4.00	>2.60

Friedman/1962

Folk&Ward/1957	
形容歪度述語	α_ψ
極偏細	+ 1.0~ + 0.3
偏細	+ 0.3~ + 0.1
近似對稱	+ 0.1~ - 0.1
偏粗	- 0.1~ - 0.3
極偏粗	- 0.3~ - 1.0
形容峰度述語	K_ψ
極扁平	< 0.67
扁平	0.67~0.90
稍扁平	0.90~1.50
甚突出	1.50~3.00
極突出	> 3.00

判別沉積環境

通常我們很難由亦單一沉積物之粒度分析數值來推測沉積物之生成環境。海灘砂與沙丘砂雖然由完全不同的地質營力所造成，但很可能具有相同的粒度分布。然而當一系列的分析資料可資利用時，或許可能推演出一些合理的解釋。由粒度分布與淘選係數之圖表或分佈圖可以用來推測為何種營力所造成。有些學者曾嘗試由近代沉積物之粒度分布情形，配合其所處的沉積環境來推演沉積過程中的種種現象。弗利德曼（Friedman；1962，1967）研究世界上許多地方的風成沙丘、海灘、與河道中所採得相當細的、單一眾數（unimodal）的砂，對於由此三種不同環境所造成的砂，發現到一個非常有效的區分方法，就是利用標準差（淘選度）與歪度之關係圖。

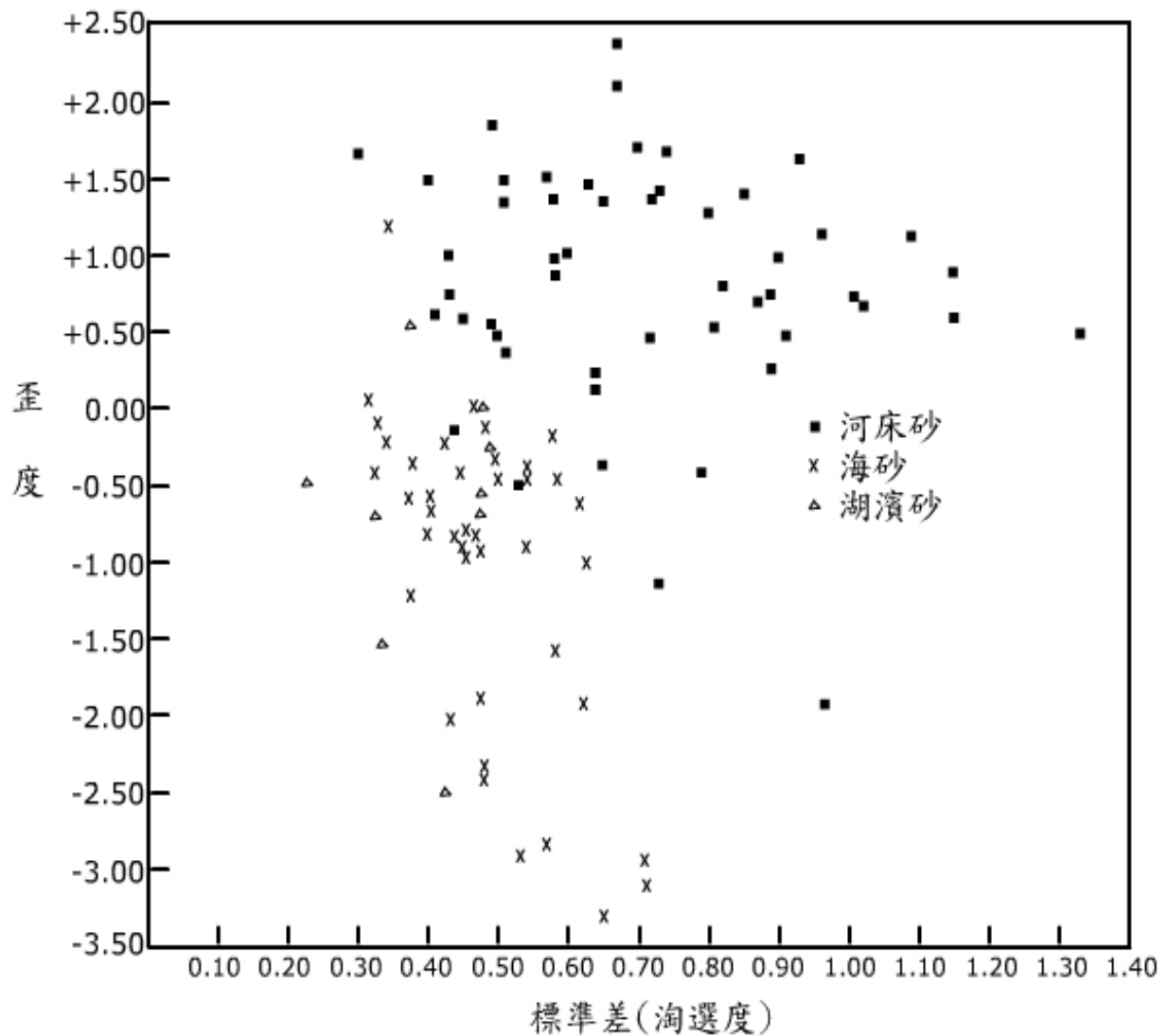


圖 8 利用歪度-標準差（淘選度）關係圖作為探討河床砂、海灘砂與湖濱砂分野之依據（根據 friedman,1961）

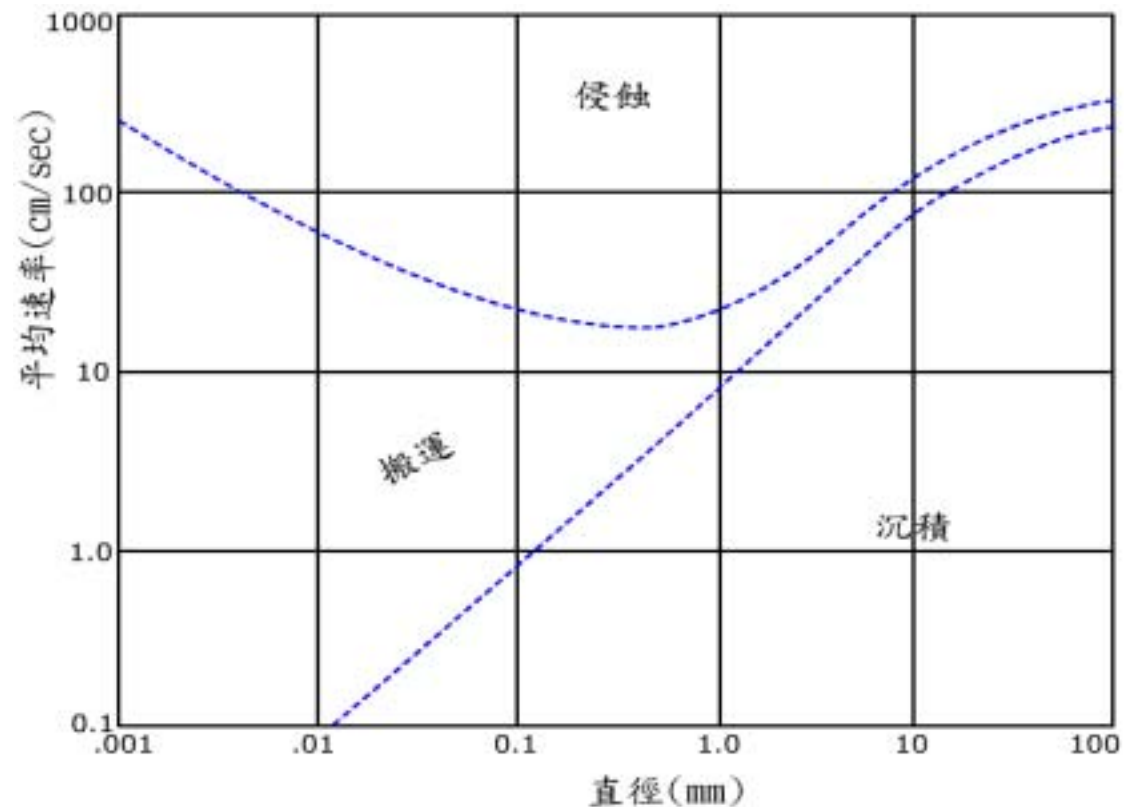
海灘砂具有負的歪度值與較佳的淘選度（小的標準差），而河流砂質沉積物，則一般具有正的歪度值與中等程度之淘選度；粗粒的河川砂也可能具有負的歪度值；沙丘砂則具有正的歪度值，但顆粒通常比海灘砂細小。

顆粒的移動

河流中顆粒的移動，首先必須在流體之牽引力量大過於加之顆粒之重力和凝滯力時，這些粒子才可能離開河床，開始隨著水流滾動，如果瞬間上下起伏的速度大過於沉降速度，這些粒子才可能躍升為懸浮物質。一旦誘使粒子移動，其在水流中的行為完全受制於沉降速度，顆粒較大者通常具有較大的沉降速度。

沉積顆粒之侵蝕、搬運、沉積與水流速度沉積顆徑的關係

約爾斯羅姆（Hjulstorm, 1939）歸納出一個流體動力的圖表，即圖 8。A 曲線代表激發不同粒徑之粒子移動所需最小的流速，例如：欲使 0.1mm 的沙粒移動最少需約 30cm/sec 的速度，隨著粒徑大小的增加所需之臨界速度也逐漸提高，而欲使直徑 10cm 的礫石移動之最小速度將超過 100cm/sec。



沉積顆粒之侵蝕、搬運、堆積與水流速度及粒徑的關係

圖 9

B 曲線代表沉降速度變化，若流速過交錯擾動速度低於沉降速度，那麼懸浮的物質將會逐漸下沉而堆積，沉降速度曲線隨著粒徑大小之增加而逐漸升高，且漸向 A 曲線靠近。介於曲線 A 與曲線 B 間的楔形區域，其屬於搬運體系 (Transposition regime)，在這範圍內只要流速或擾流速度保持住，則所有的粒子將可永遠保留在懸浮狀態。

五.研究結果

1.在每一個採樣點的採樣，無論在風前或風後，均至少採樣五袋，將每一採樣點的石頭按顆粒大小分級，做重量百分比折線圖，如下列圖 10~圖 21：

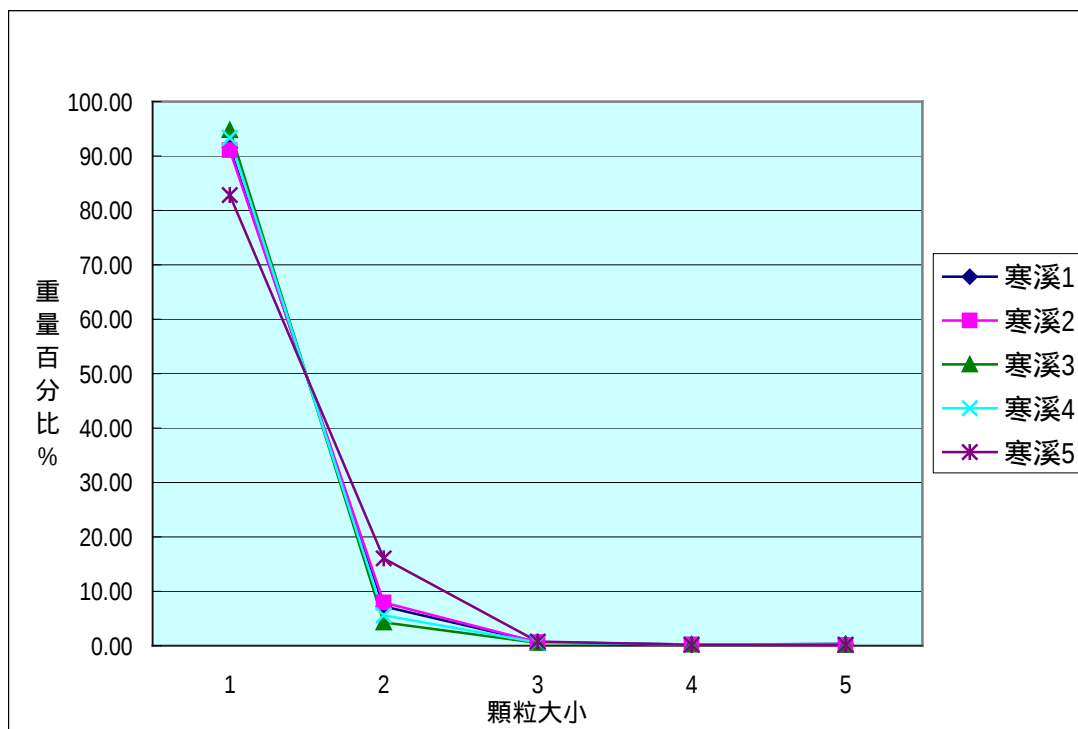


圖 10 寒溪風前各測站之顆粒大小重量百分比比較表

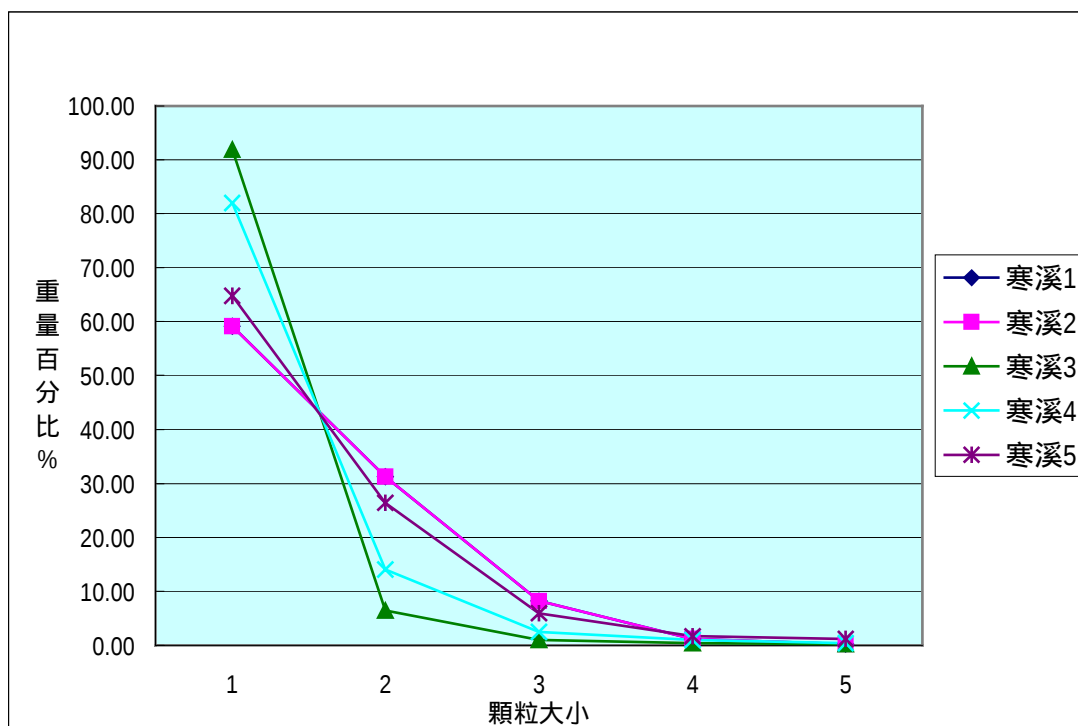


圖 11 寒溪風後各測站之顆粒大小重量百分比比較表

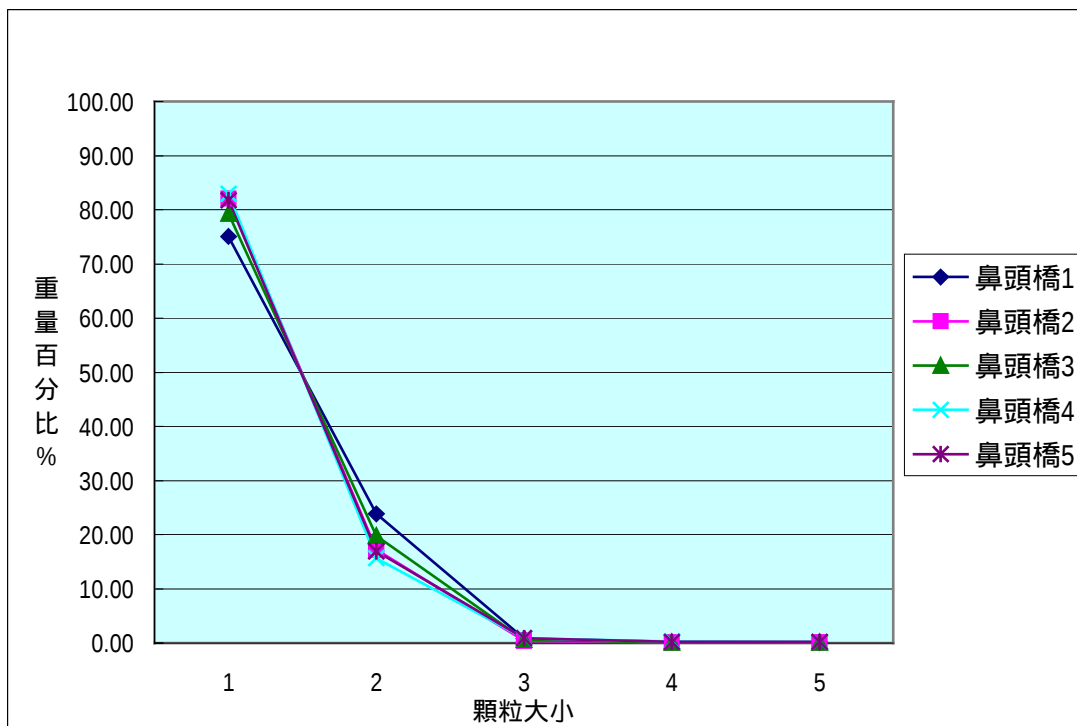


圖 12 鼻頭橋風前各測站之顆粒大小重量百分比比較表

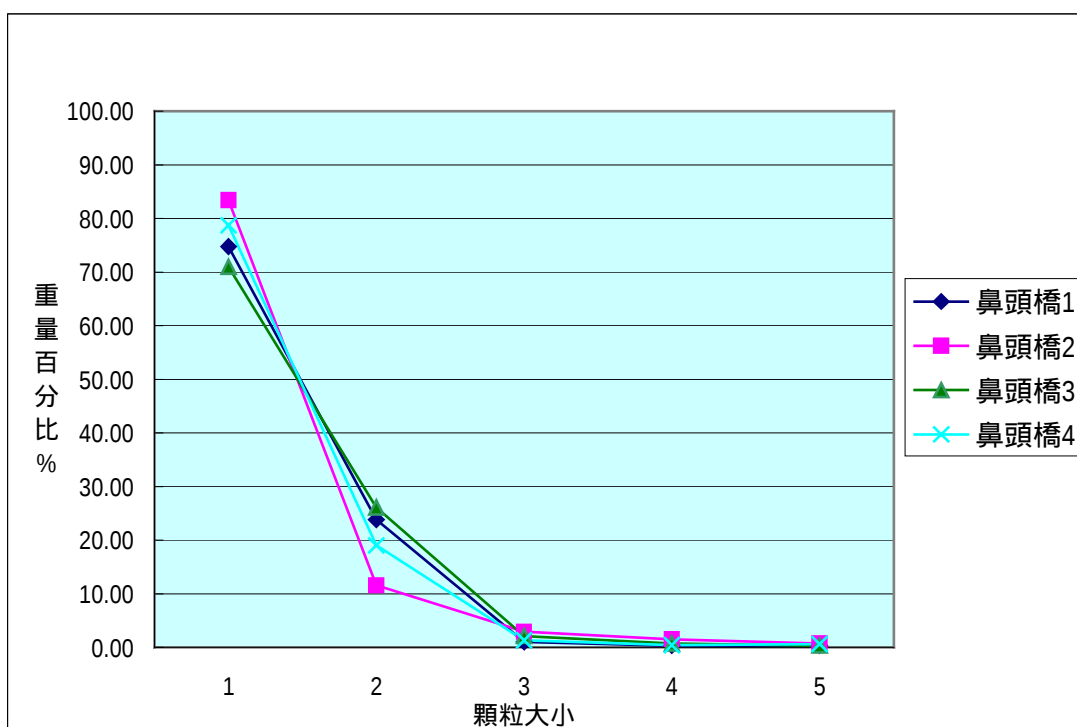


圖 13 鼻頭橋風後各測站之顆粒大小重量百分比比較表

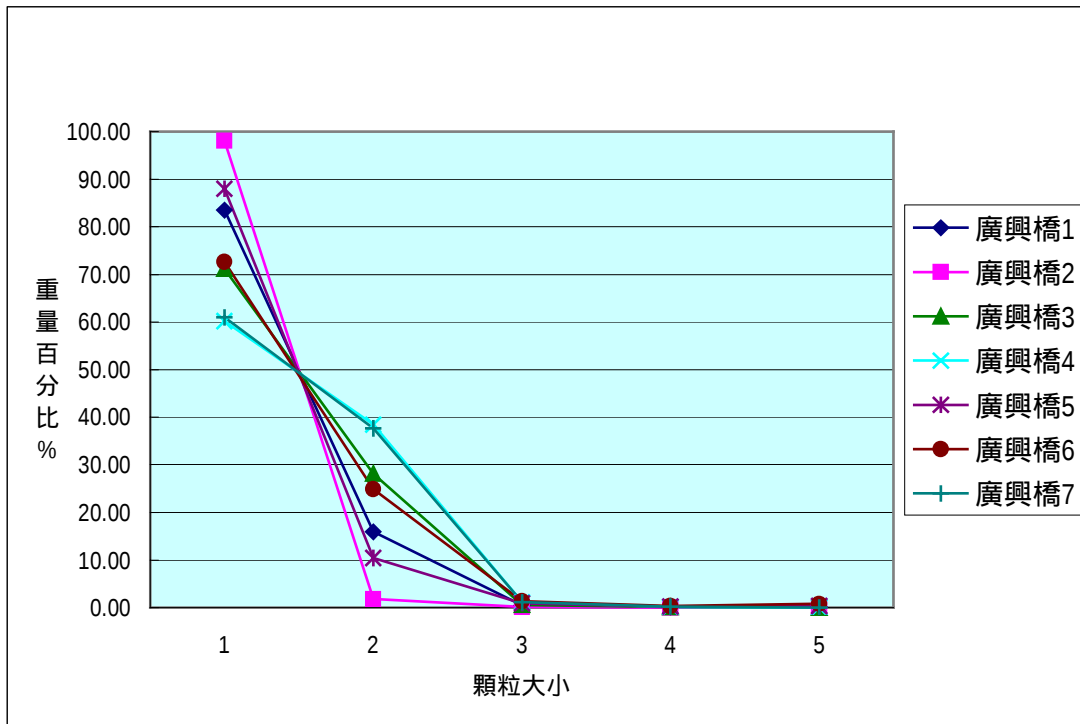


圖 14 廣興橋風前各測站之顆粒大小重量百分比比較表

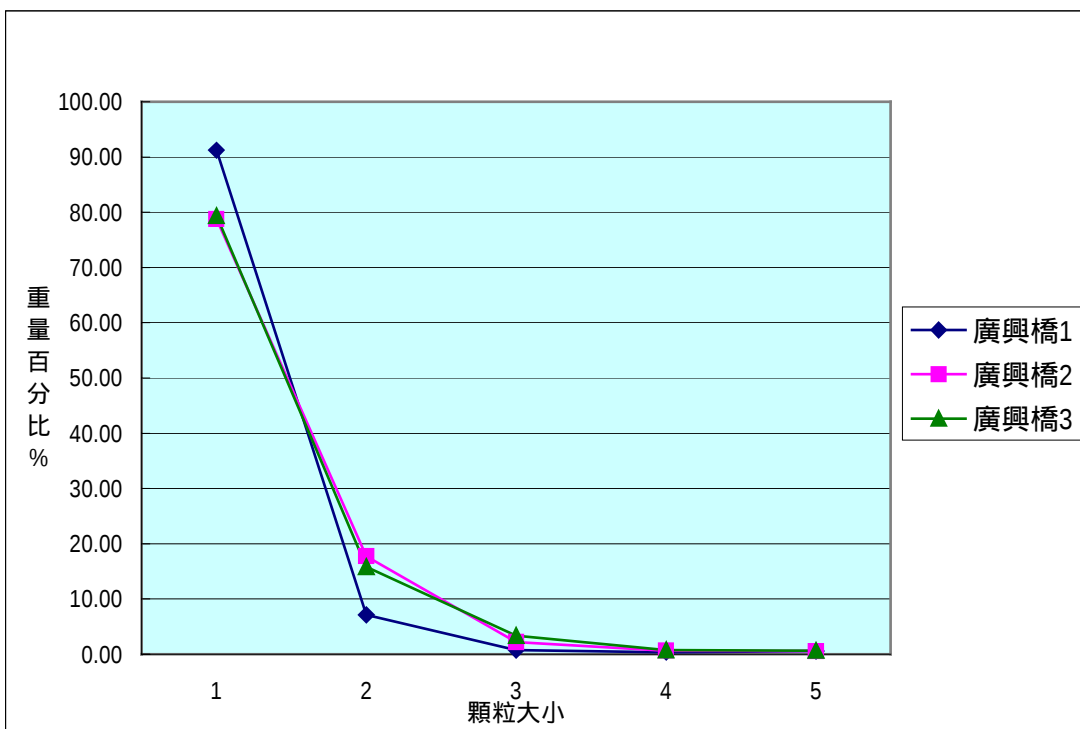


圖 15 廣興橋風後各測站之顆粒大小重量百分比比較表

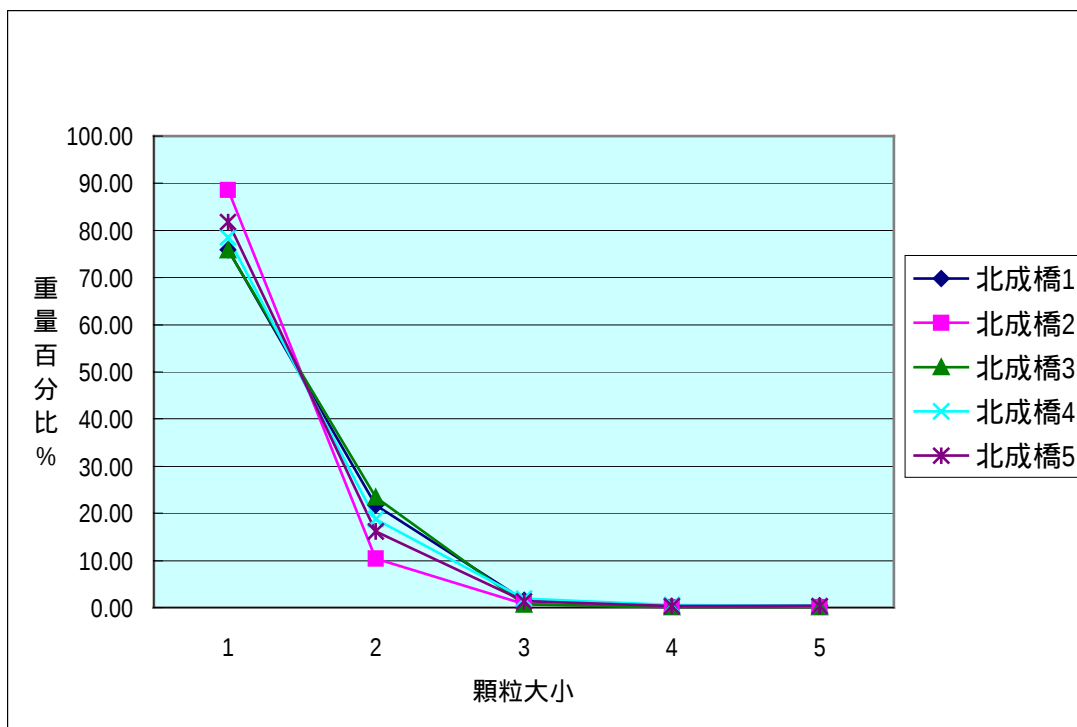


圖 16 北成橋風前各測站之顆粒大小重量百分比比較表

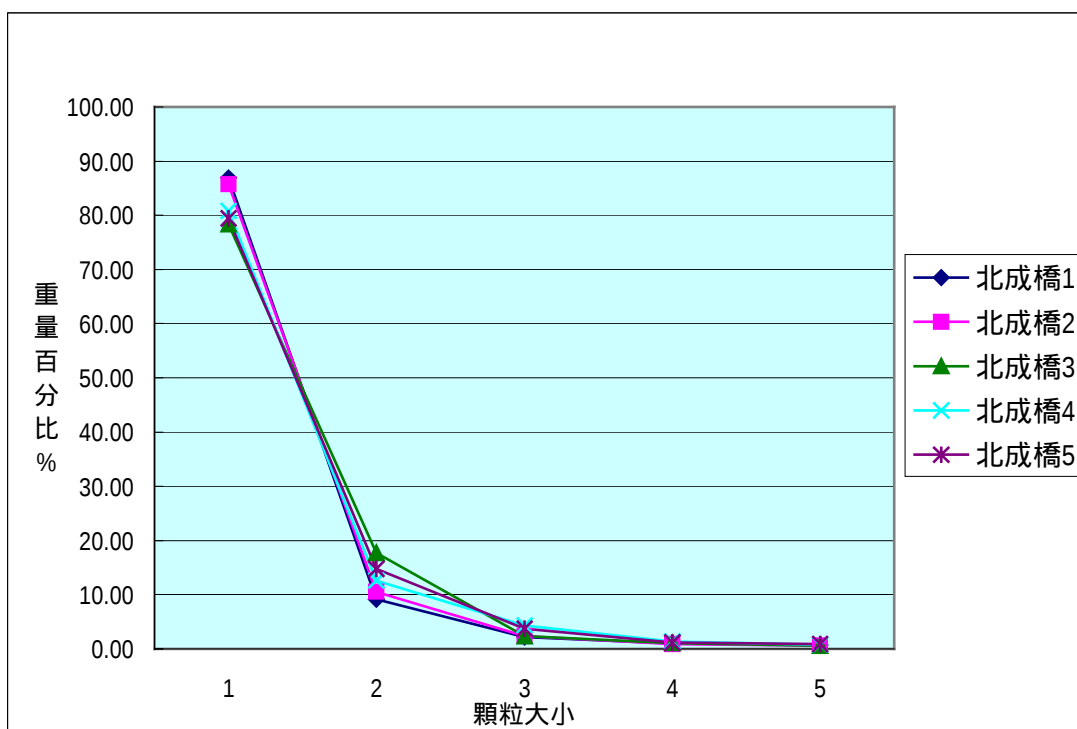


圖 17 北成橋風後各測站之顆粒大小重量百分比比較表

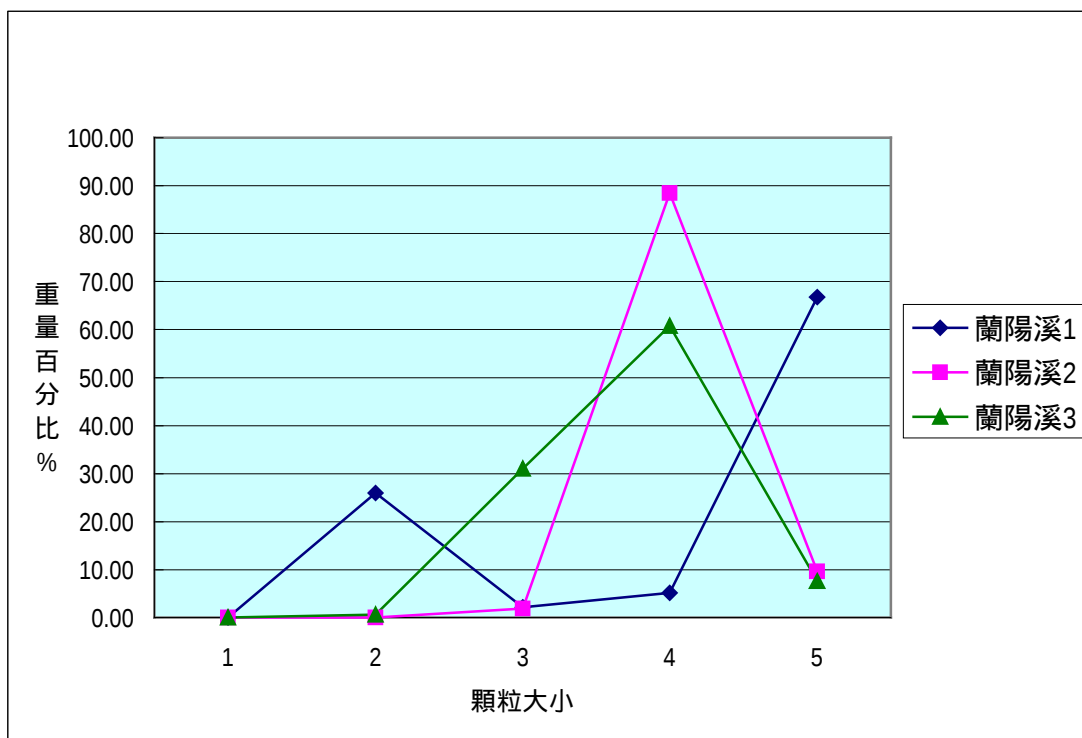


圖 18 蘭陽溪風前各測站之顆粒大小重量百分比比較表

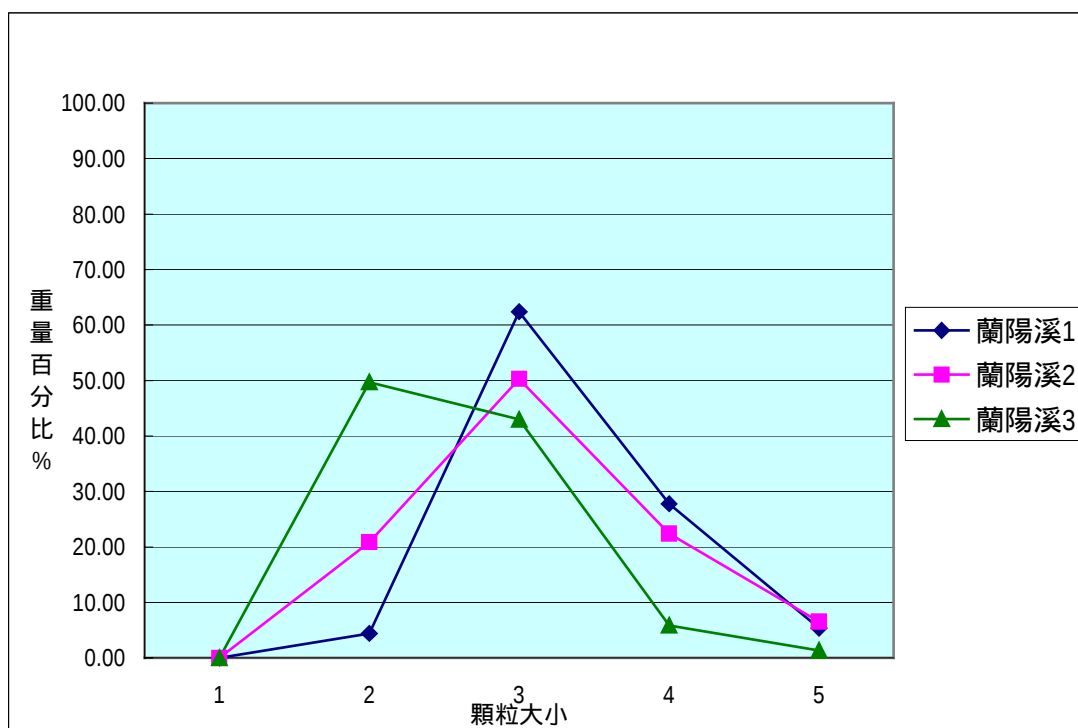


圖 19 蘭陽溪風後各測站之顆粒大小重量百分比比

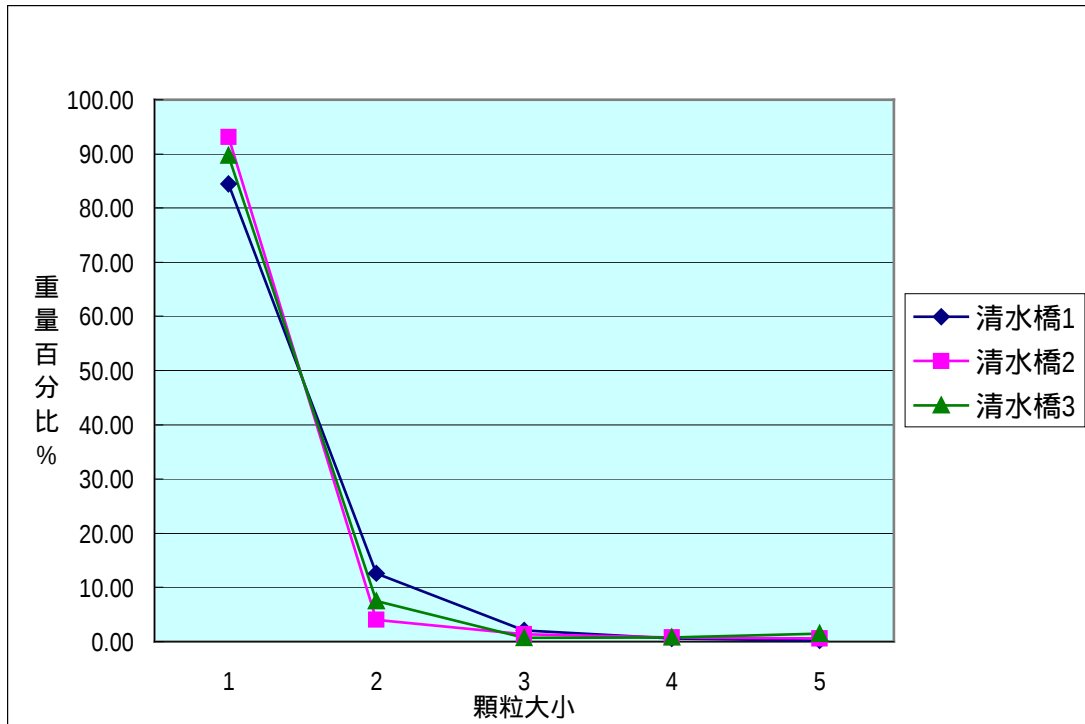


圖 20 清水橋風前各測站之顆粒大小重量百分比比表

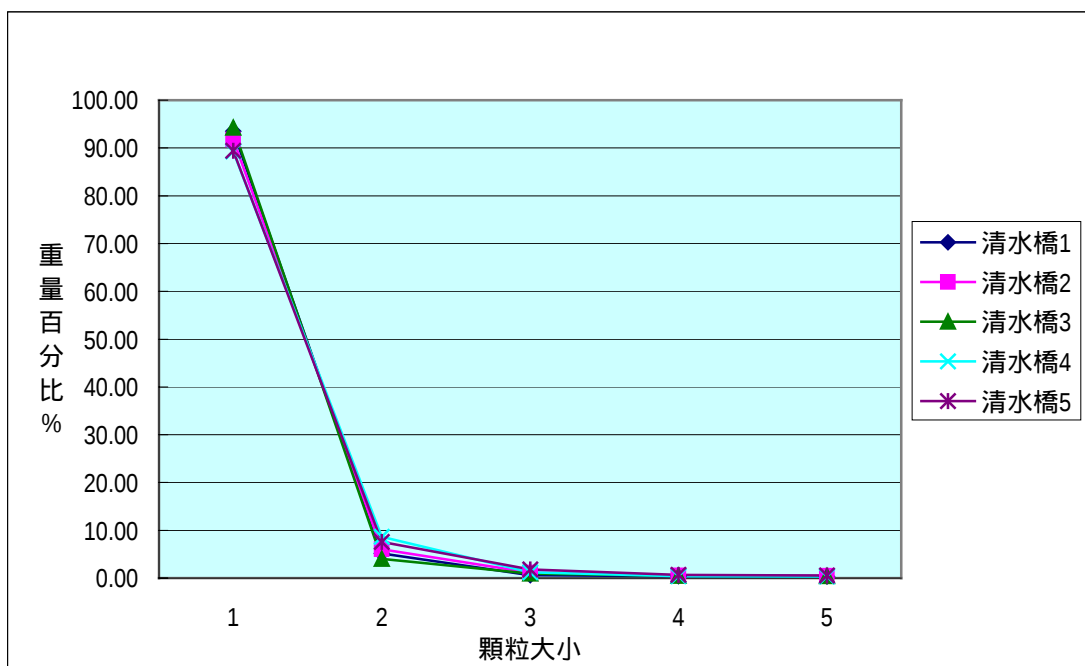


圖 21 清水橋風後各測站之顆粒大小重量百分比比較表

由以上各圖我們得知每一採樣點內採樣的石頭，其顆粒大小重量百分比都有相同的趨勢。

2.由下表可看出採樣點，不論在風前或風後，其顆粒 1 所佔的重量百分比，以位居較上游的清水橋最高。而在羅東溪上，風前以寒溪的顆粒最大，而表示其所含大顆粒較多，小顆粒含量最高的為蘭陽溪口。漸向下游其顆粒大小有逐漸下降的趨勢，但在廣興橋的採樣，顆粒 1 的重量百分比（75.87%）較北成橋的重量百分比(79.96%)為低。表示廣興橋的顆粒大小較北成橋為小。羅東溪在風後各採樣點的顆粒大小，自廣興橋向下游而去，其顆粒較小，但在廣興橋上游的寒溪、鼻頭橋其顆粒反而較廣興橋的石頭顆粒要小。

表 2 每一採樣點"風前"與"風後"各顆粒大小所佔的重量百分比（ % ）

	清水橋		寒溪		鼻頭橋		廣興橋		北成橋		蘭陽溪口	
	風前	風後	風前	風後	風前	風後	風前	風後	風前	風後	風前	風後
顆粒 1	91.72	88.94	90.56	72.56	80.25	77.65	75.87	84.00	79.96	82.05	0.00	0.00
顆粒 2	6.19	8.17	8.36	21.07	18.72	19.49	22.92	12.80	18.33	13.10	9.16	26.08
顆粒 3	1.15	1.45	0.64	5.02	0.71	1.72	0.82	2.03	1.20	3.04	14.09	51.66
顆粒 4	0.50	0.73	0.20	0.99	0.17	0.69	0.16	0.60	0.26	1.11	48.69	18.05
顆粒 5	0.43	0.71	0.21	0.36	0.14	0.45	0.22	0.57	0.25	0.70	28.06	4.21

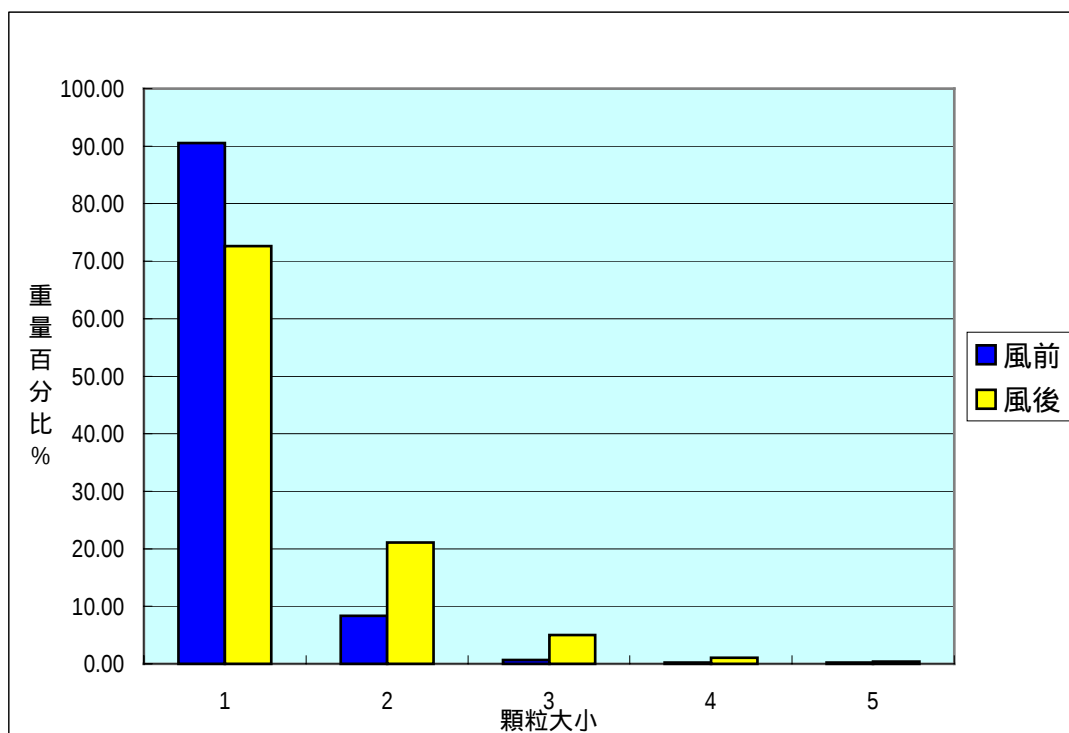


圖 22 寒溪各測站之顆粒大小重量百分比比較表

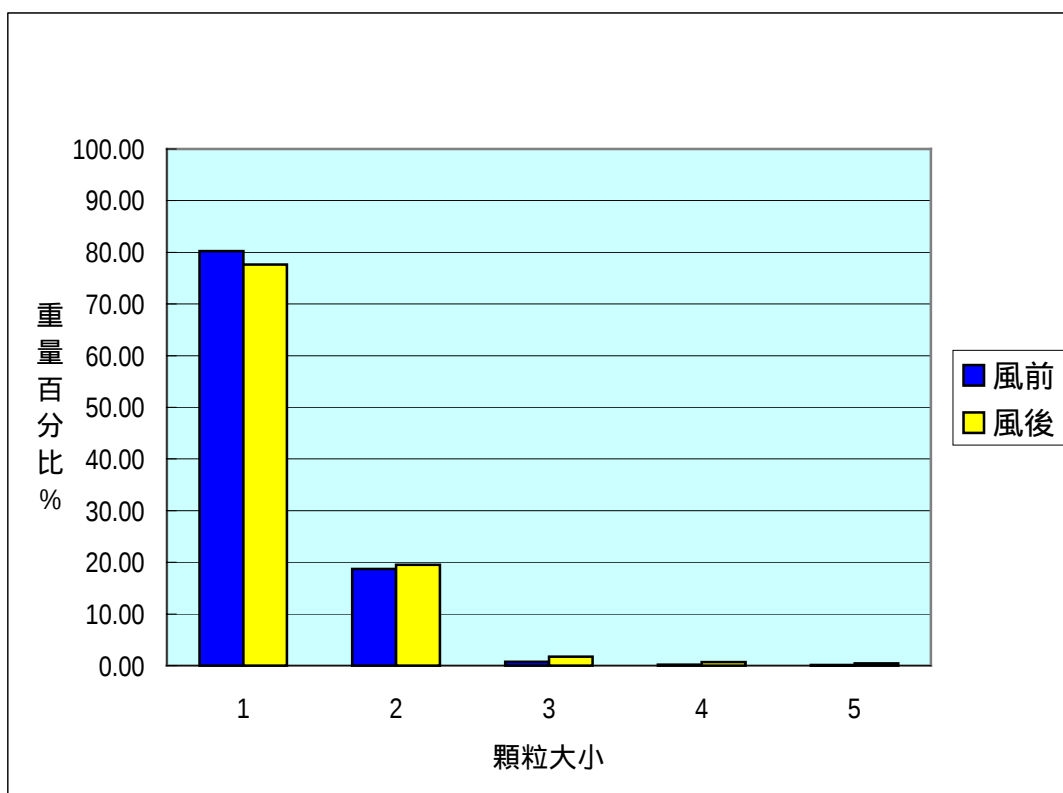


圖 23 鼻頭橋各測站之顆粒大小重量百分比比較表

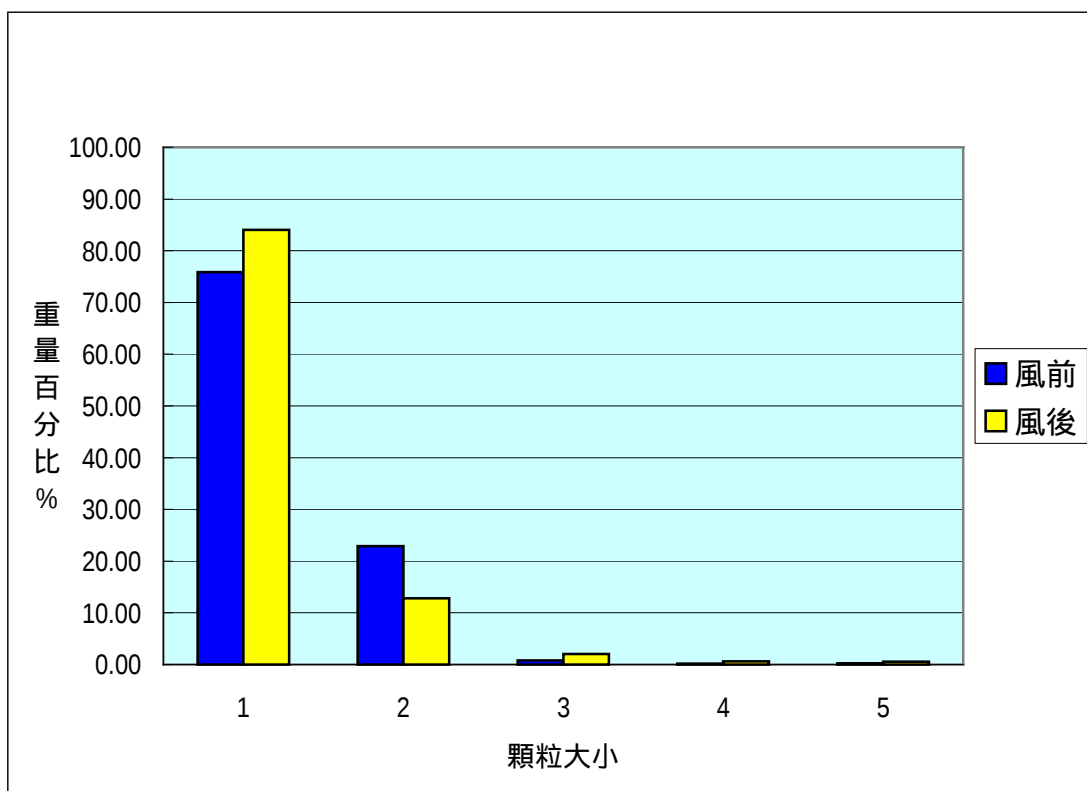


圖 24 廣興橋各測站之顆粒大小重量百分比比較表

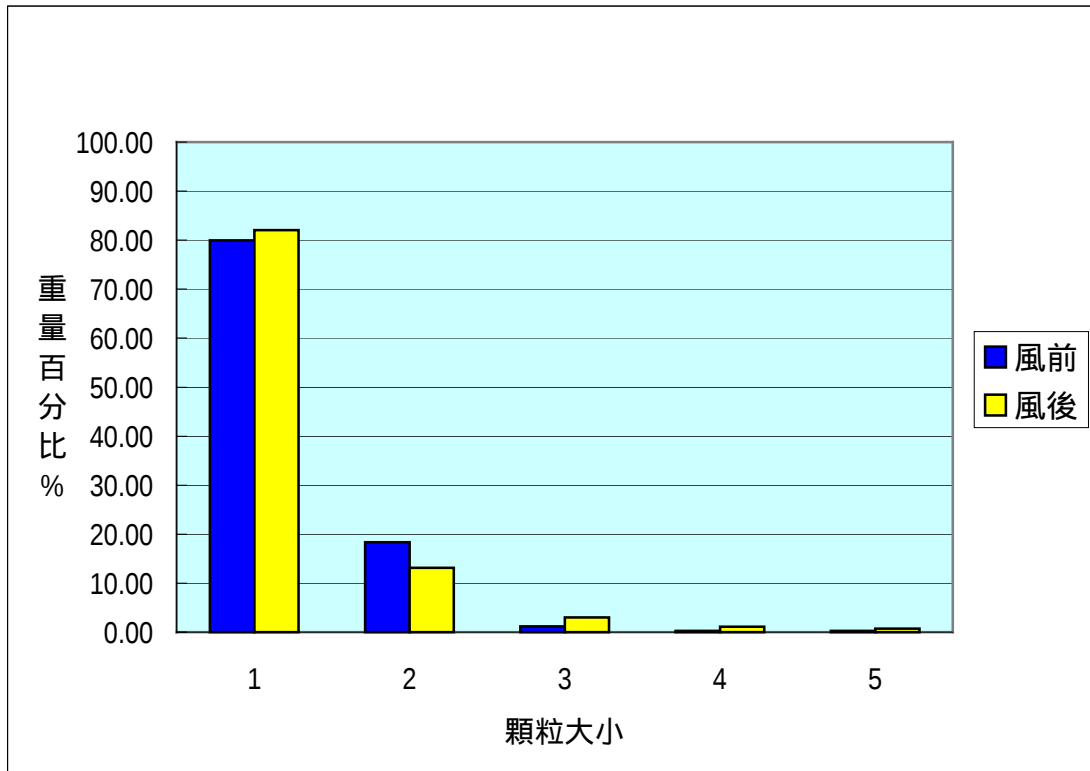


圖 25 北成橋各測站之顆粒大小重量百分比比較表

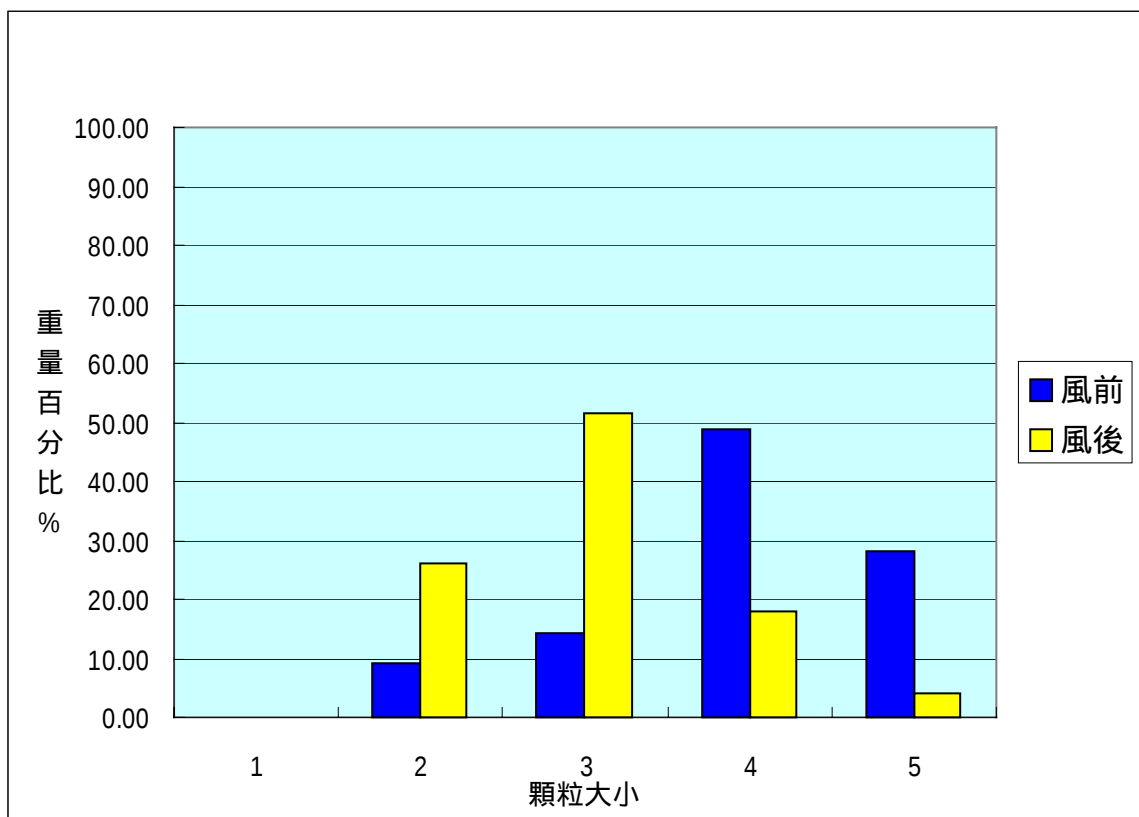
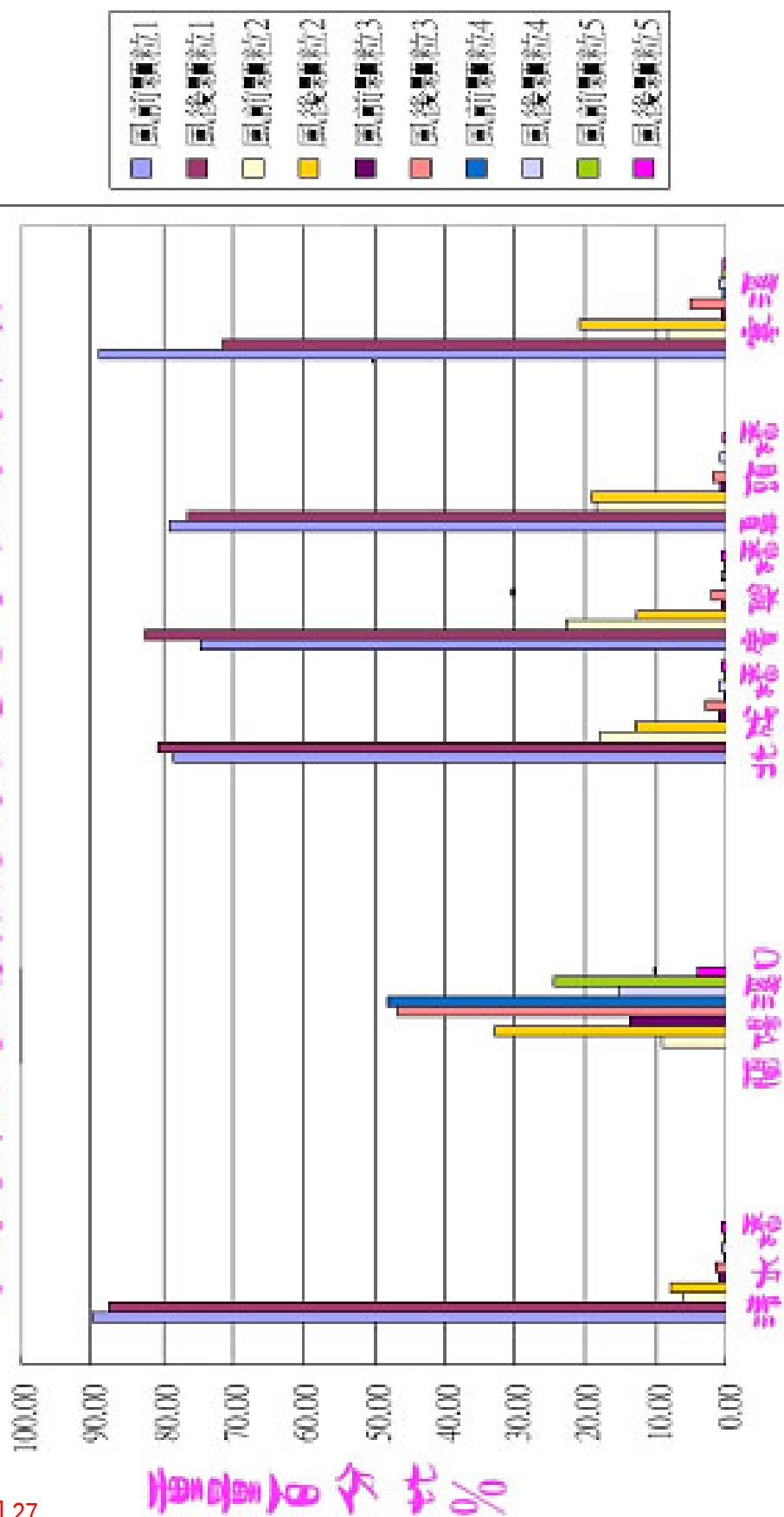


圖 26 蘭陽溪各測站之顆粒大小重量百分比比較

各站風前/風後顆粒大小重量百分比比較表



3.在"風前"採樣過程，在廣興橋附近及興南大橋的蘭陽溪口附近，由於河水流經的河岸邊未有遭破壞的痕跡，故在原採樣點的外側各距 1m 處採 2 袋砂石回實驗室分析。

由下表 3 及圖 28 圖 29 及圖 30 可看出，不論是在廣興橋附近河段或蘭陽溪口附近，其距河道越遠所含的砂石大顆粒所佔重量百分比越高，也就是說其所含的大顆粒砂石越多。

表 3 廣興橋附近河段及蘭陽溪口附近採樣砂石之重量百分比

顆粒分級	風前						風後		
	廣興橋	廣興橋-1	廣興橋-2	溪口	溪口-1	溪口-2	溪口	溪口-1	溪口-2
顆粒 1	75.87	85.82	95.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
顆粒 2	22.92	12.36	3.91	9.16	8.97	21.4	20.34	28.07	47.21
顆粒 3	0.82	1.05	0.41	14.09	65.18	61.06	57.04	50.09	37.81
顆粒 4	0.16	0.4	0.2	48.69	19.24	13.18	18.53	17.99	9.50
顆粒 5	0.22	0.36	0.18	28.06	6.61	4.35	4.09	3.85	5.48

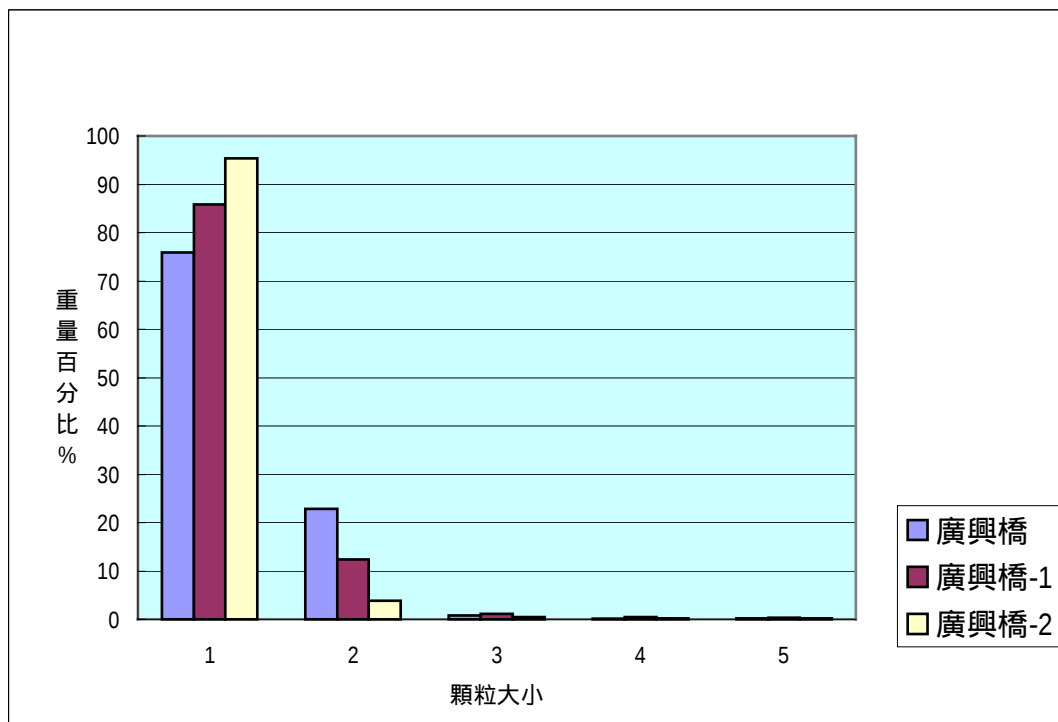


圖 28 廣興橋風前各測站之顆粒大小重量百分比比較表

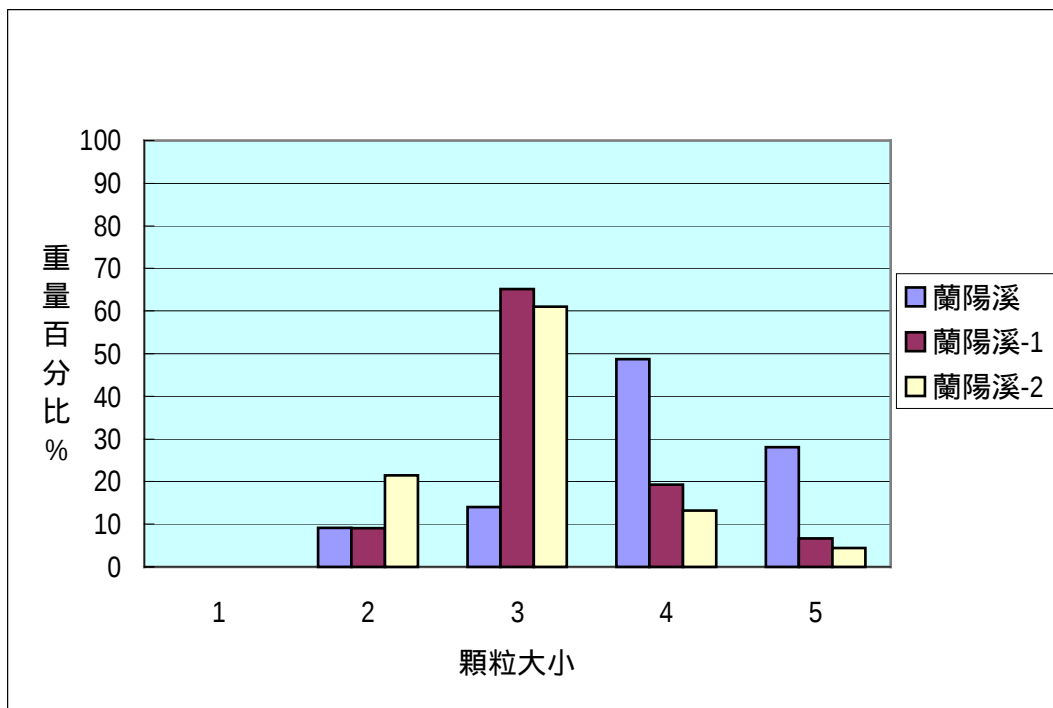


圖 29 蘭陽溪口風前各測站之顆粒大小重量百分比比較表

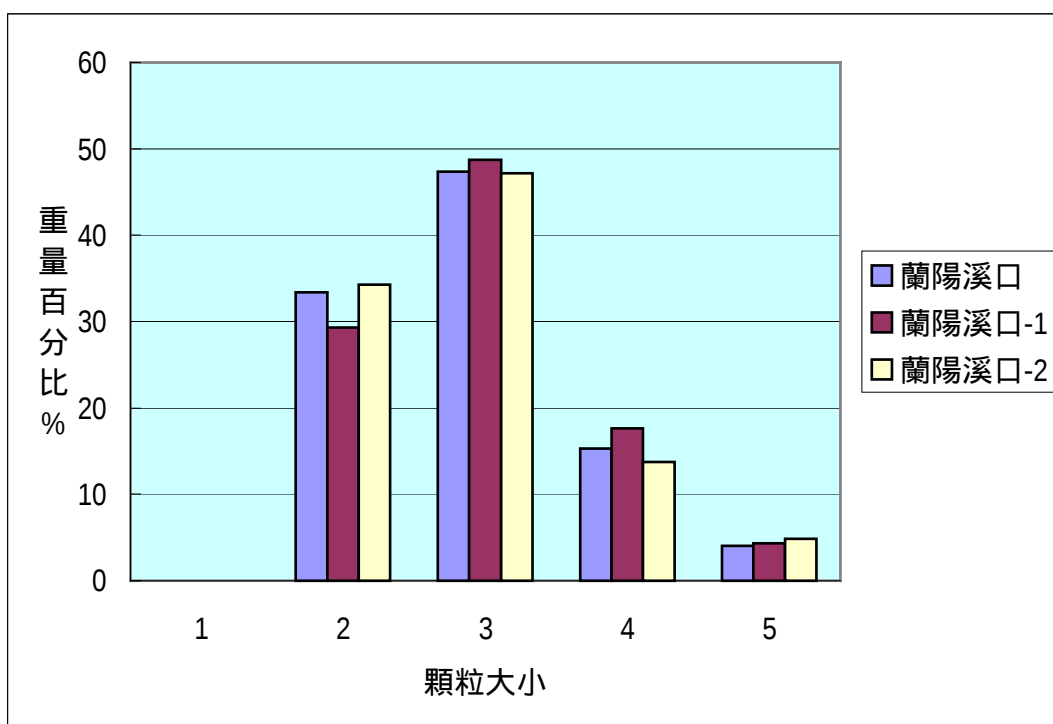


圖 30 蘭陽溪口風後各測站之顆粒大小重量百分比比較表

圖 31 颱風前沉積物粒度分析半對數累積百分比曲線

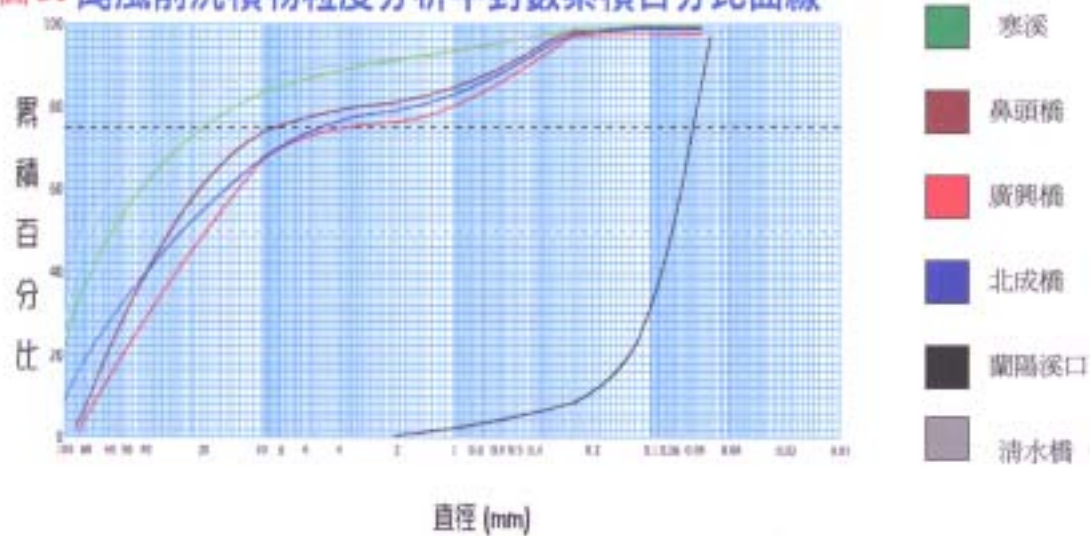


圖 32 颱風後沉積物粒度分析半對數累積百分比曲線

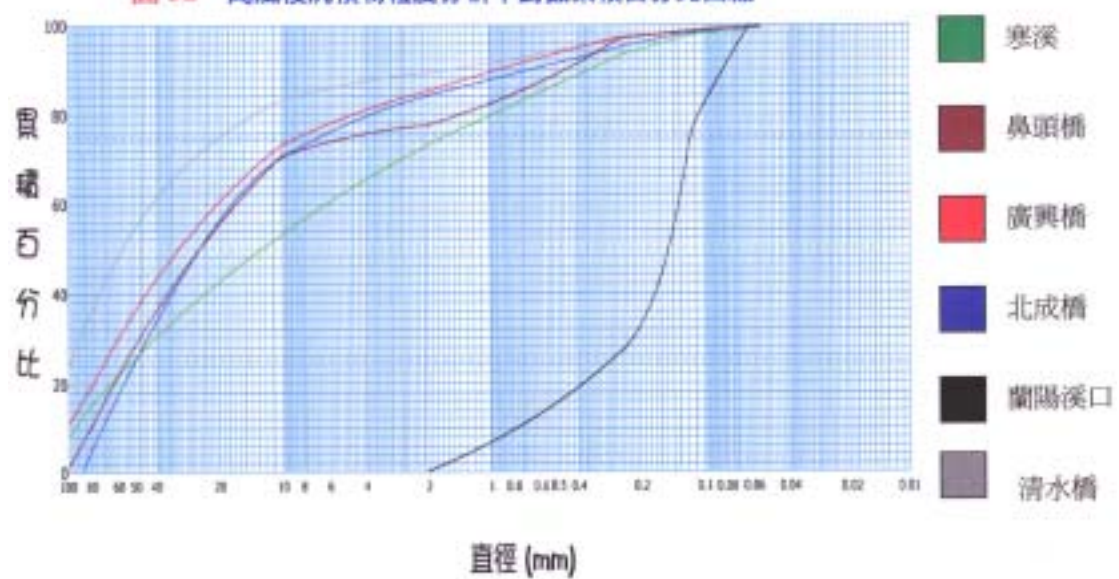


圖 33 颱風前沉積物粒度分析半對數累積百分比曲線(採用 ϕ 值)

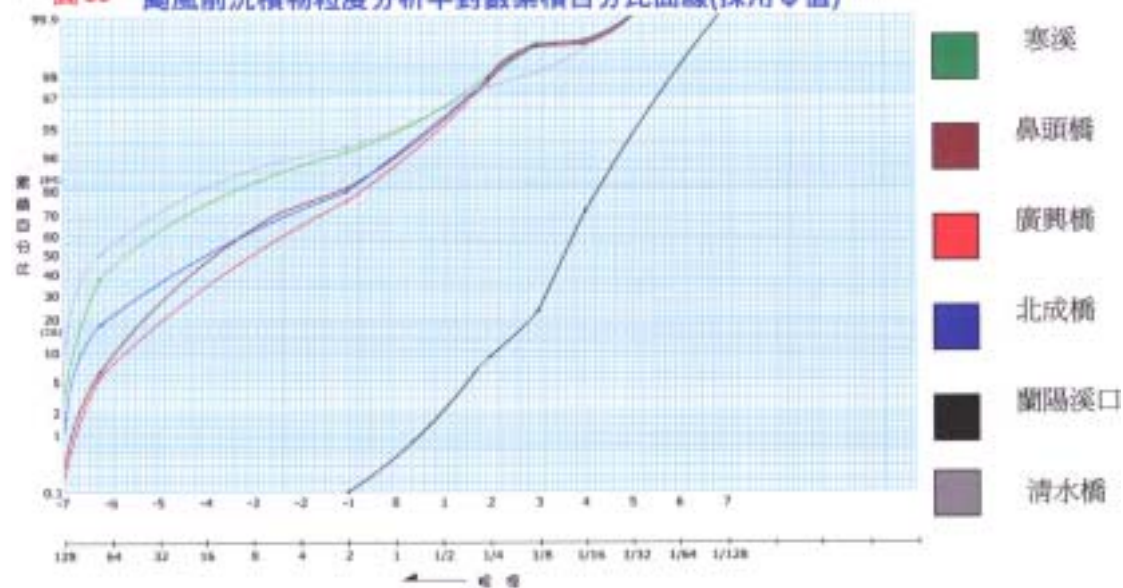
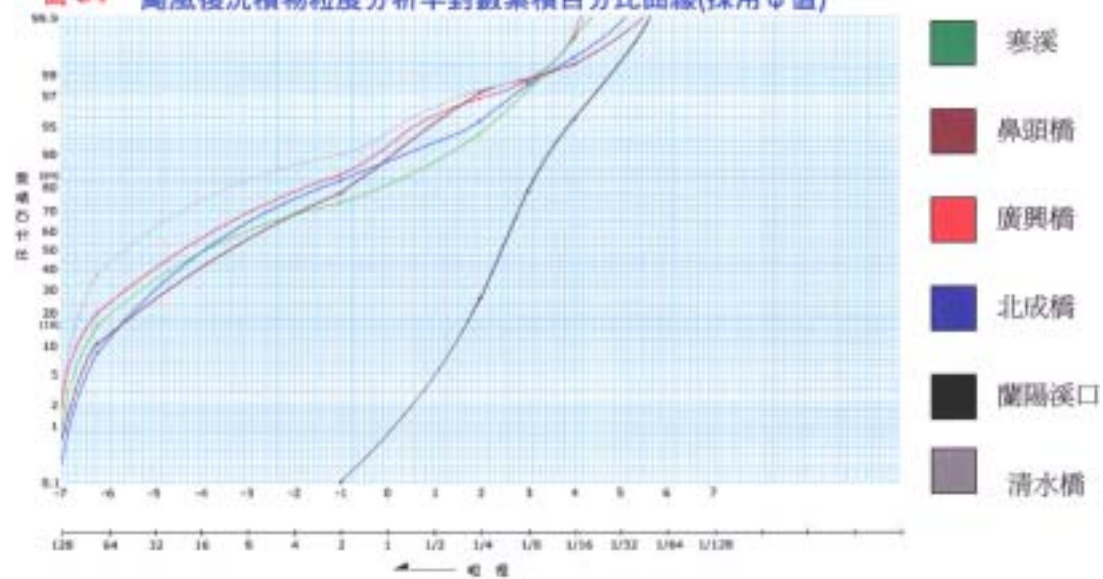


圖 34 颱風後沉積物粒度分析半對數累積百分比曲線(採用 ϕ 值)



4.圖 31 為風前各測站沉積物粒度分析半對數累積百分比曲線圖，圖 32 為風後各測站沉積物粒度分析半對數累積百分比曲線圖。圖 32 為採用 ψ 值的風前各測站沉積物粒度分析半對數累積百分比曲線圖，圖 34 為採用 ψ 值的風後各測站沉積物粒度分析半對數累積百分比曲線圖。

而利用此四圖及利用學者的主要公式算得各採樣點的淘選係數(S_o)、淘選度(σ_ψ)、歪度(α_ψ)及峰度(K_ψ)的大小統計如表 4。由表 4 中可看出不論是風前或風後，蘭陽溪口的淘選度最好，風前各採樣點的淘選度最差為北成橋附近的河段；風後其淘選係數(S_o)最大的為鼻頭橋附近的河段，若依殷曼法(1952)算得的淘選度(σ_ψ)則以風後的寒溪最大，表示其淘選程度最差。

表 4 各採樣點之淘選係數 (S_o)、淘選度 (σ_ψ)、歪度 (α_ψ) 及峰度 (K_ψ) 大小統計表

採樣點		淘選係數 (S_o)Trask, 1932	淘選度(σ_ψ) Folk&Ward,1957 /Friedman,1962	歪度(α_ψ) Inman,1952 /Folk & Ward,1957	峰度(K_ψ) Inman,1952 /Folk & Ward,1957
清水橋	風前	1.90/良好	1.33/淘選不良/淘選中等	-0.82/極偏粗	1.22/稍扁平
	風後	2.40/良好	1.93/淘選不良/淘選不良	-0.56/極偏粗	0.87/扁平
寒溪	風前	2.30/良好	1.16/淘選差/淘選中等	-0.55/極偏粗	0.83/扁平
	風後	2.74/中等	3.30/淘選差/淘選極差	-0.22/偏粗	0.37/極扁平
鼻頭橋	風前	2.40/良好	2.69/淘選差/淘選極差	-0.48/極偏粗	0.57/極扁平
	風後	3.29/中等	3.15/淘選差/淘選極差	-0.27/偏粗	0.23/極扁平
廣興橋	風前	3.50/中等	2.34/淘選差/淘選差	-0.75/極偏粗	0.43/極扁平
	風後	2.80/中等	2.70/淘選差/淘選極差	-0.48/偏粗	0.31/極扁平
北成橋	風前	3.80/中等	3.03/淘選差/淘選極差	-0.45/極偏粗	0.30/極扁平
	風後	2.69/中等	2.63/淘選差/淘選極差	-0.43/極偏粗	0.57/極扁平
溪口	風前	1.70/良好	0.98/淘選中等/淘選中等	0.30/極偏細	0.95/稍扁平
	風後	1.50/良好	0.48/淘選良好/淘選良好	0.58/極偏細	1.35/稍扁平

清水橋、寒溪和鼻頭橋附近河段風前的河流淘選作用比風後好，但廣興橋、北成橋和蘭陽溪口附近河段風前的河流淘選作用比風後差。

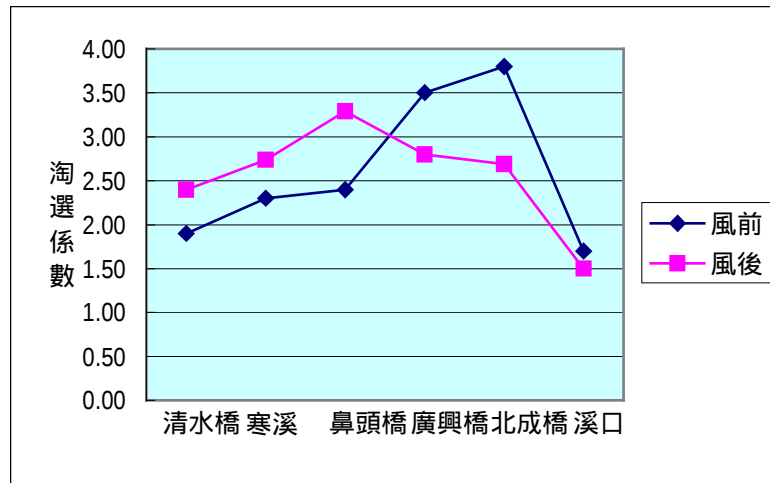


圖 35 各測站風前/風後淘選係數比較表

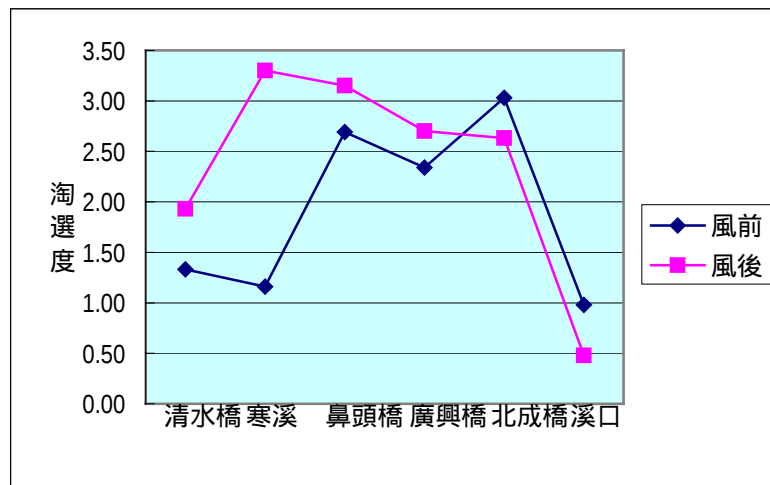


圖 36 各測站風前/風後淘選度比較表

5.由表 4 的統計數字及圖 37, 可看出不論在風前風後蘭陽溪口的歪度值(α_{ψ})都是最高的, 表示其顆粒大小的組成依 Folk & Ward 對歪度的評語屬於 ” 極偏細 ” , 而清水橋的風前風後歪度值(α_{ψ})都是最小的, 表示其顆粒大小的組成依 Folk & Ward 對歪度的評語屬於 ” 極偏粗 ” 。 由圖 37 中可看出, 風前各採樣點的歪度值(α_{ψ})由上游至下游有逐漸增加的趨勢, 亦即是顆粒愈來愈細, 但在廣興橋附近的河段都是歪度值(α_{ψ})較小。而風後歪度值仍有逐漸上升的趨勢, 但在廣興橋及北成橋附近河段的歪度值似乎是小了些, 也就是說此二採樣點的顆粒較大些。

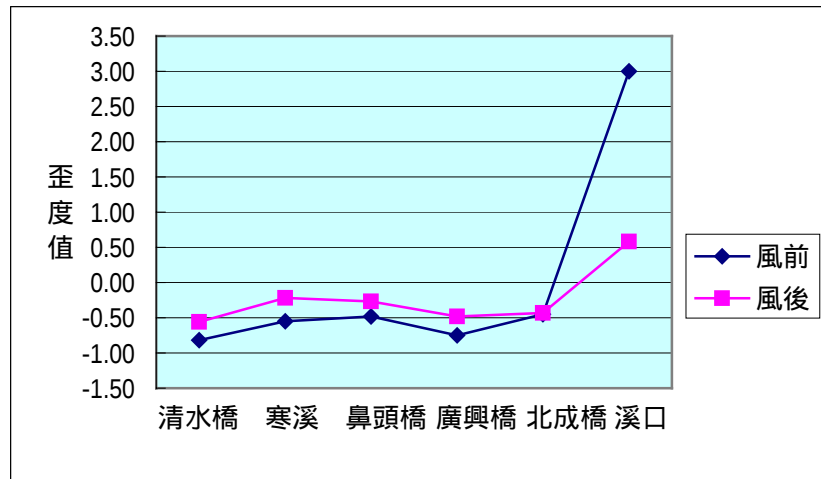


圖 37 各測站風前/風後歪度比較表

6.圖 37 為各採樣點風前、風後的峰度值(K_ψ)之折線圖，由圖中可看出，風前、風後各採樣點的峰度值自上游至下游為逐漸減少而後上升，具有相同的變化趨勢，但風後的峰度值和風前有些差異。由圖中可看出風後的溪口具有最高的峰度值，與表 4 中的資料對照可得到呼應，表中的溪口具有較好的淘選度，其峰度值也相對提高，顯示其顆粒分布較集中。而清水橋在風前亦有較高的峰度；在北成橋風後的峰度值要比風前要高些。

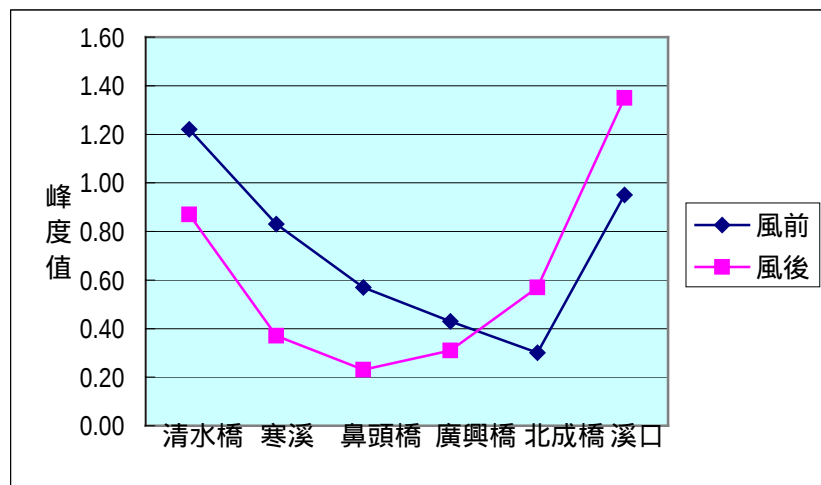


圖 38 各測站風前/風後峰度比較表

7.根據 friedman(1961)、利用標準差(淘選度 σ_ψ)與歪度(α_ψ)之關係圖可看出：

河流沉積物，一般具有中等至較差的淘選度，而海砂、湖濱砂則具有較好的淘選度。我們試圖將各採樣點風前、風後的分析結果(歪度和淘選度)在圖 37 中找到它們的位置，其結果如圖 39，在此圖中，這 12 個分析的結果落在河床砂的範圍，表示其沉積環境確實河床沉積無誤。

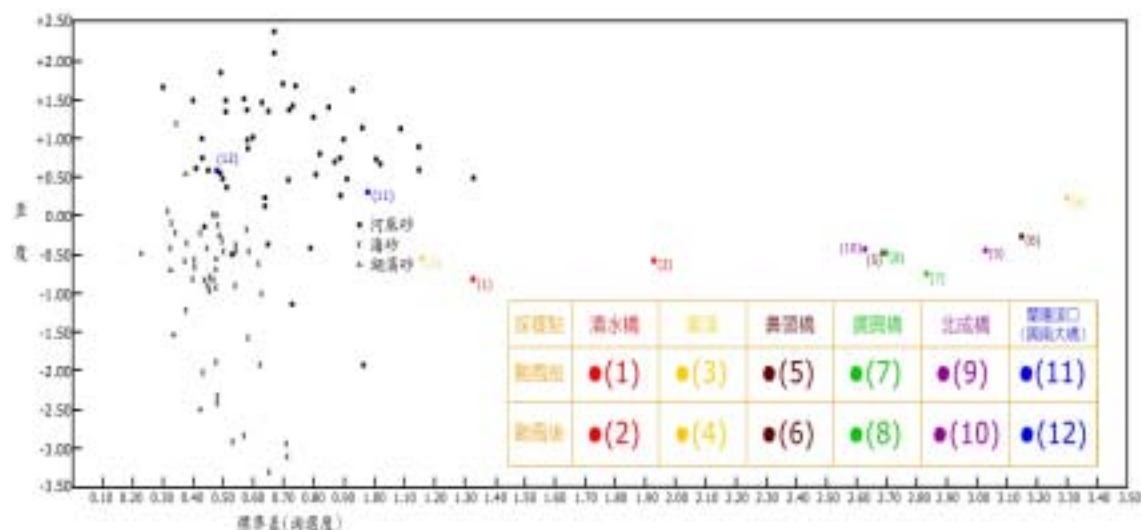


圖 39

8.根據約爾斯羅姆(Hjulstorm, 1939)的流體動力圖，找出各採樣點的沉降速度，在表 5 中可看出風後各採樣點的沉降速度要比風前大，其應是颱風大雨帶來大量的河水流經河道造成較強的水流，而自上游至下游的採樣點，其最大平均粒徑及沉降速度均遞減，表示上游侵蝕搬運的能力較下游強，且在圖 40 中可看出，寒溪至廣興橋的坡度較大，北成橋至蘭陽溪口的坡度較小。

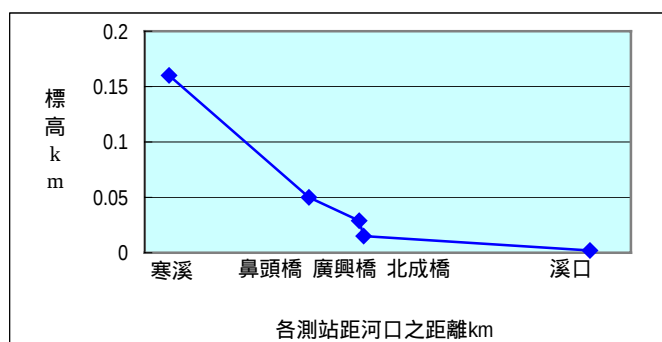


圖 40 各採樣點的標高圖

在坡度較大的河段，河水的流速較強，河流搬運的能力是較強的，當坡度減緩，河水的流速亦隨之減弱。由表 5 中風前、風後北成橋的最大平均粒徑及沉降速度降至最低可得驗證，而在風後的北成橋附近尤為明顯。

表 5 各採樣點最大粒徑對應沉積速度統計表

	風前	風後
	最大平均粒徑(mm)/沉降速度(cm/sec)	最大平均粒徑(mm)/沉降速度(cm/sec)
清水橋	58.1/345	72.3/420
寒溪	67.3/380	77.4/430
鼻頭橋	53.6/310	74.9/395
廣興橋	46.6/280	72.2/390
廣興-1	41.9/205	71.2/387
廣興-2	45.2/235	
北成橋	38.3/195	54.4/312

六.討論

- 1.風前廣興橋附近河段的大顆粒較少，較稍下游的北成橋附近河段的顆粒稍小，其可能原因為鼻頭橋稍下游處，有卡車、挖土機採過砂石的痕跡，並將砂石堆成了小山，如此便影響了稍下游的廣興橋附近河段的沉積物顆粒大小的分布，而在大雨後，因河水暴潮，河水流速增加，因之其向下沖刷的能力增加，且將堆積成山的砂石向下游方向沖積，於是改變了廣興橋、北成橋的沉積物顆粒大小的分布，使大顆粒（顆粒 1）的砂石增多。
- 2.廣興橋、北成橋附近河段風後的淘選度要比風前的淘選度要好些，其可能的原因如同討論 1，在風後大雨沖刷，反而削減了不利淘選的影響因素，而使淘選度變佳。
- 3.清水橋、寒溪和鼻頭橋附近河段，其沉積的顆粒分布，風後的顆粒大小反而比風前的顆粒要小，因其顆粒 1 的重量百分比風前要小，且其歪度值(α_ψ)也比風前要大些(數字越小表顆粒越偏粗)。推斷其可能是第一次在風前採樣時，採樣點確為河水流經的河道側邊，但在大雨時，河水暴潮，原來採樣的位置成為河水流經之處，沉積下來的顆粒也就較小，所以在第二次採樣時，採得的砂石就殘存有風前沉積及風後河道上的沉積，故其淘選度也就變得較差，如淘選係數(S_o)、清水橋 1.90 => 2.40、寒溪 2.30 => 2.74、鼻頭橋 2.4 => 3.29（數字越大表示淘選度越差），標準偏差及淘選度(σ_ϕ)：清水橋 1.33 => 1.93、寒溪 1.16 => 3.30、鼻頭橋 2.69 => 3.15（數字越大表示淘選度越差）。
- 4.在廣興橋和蘭陽溪口附近，向河岸外側間隔 1m 採樣的結果，發現離河水流經的河道越遠，沉積的顆粒就越大。其應為距離河水流經的河道愈遠，水流的強度就愈弱，搬運沉積物的能力也跟著變差，亦即是水流速愈容易降至大顆粒的沉降速度，使較大顆粒由懸浮狀態沉降下來。

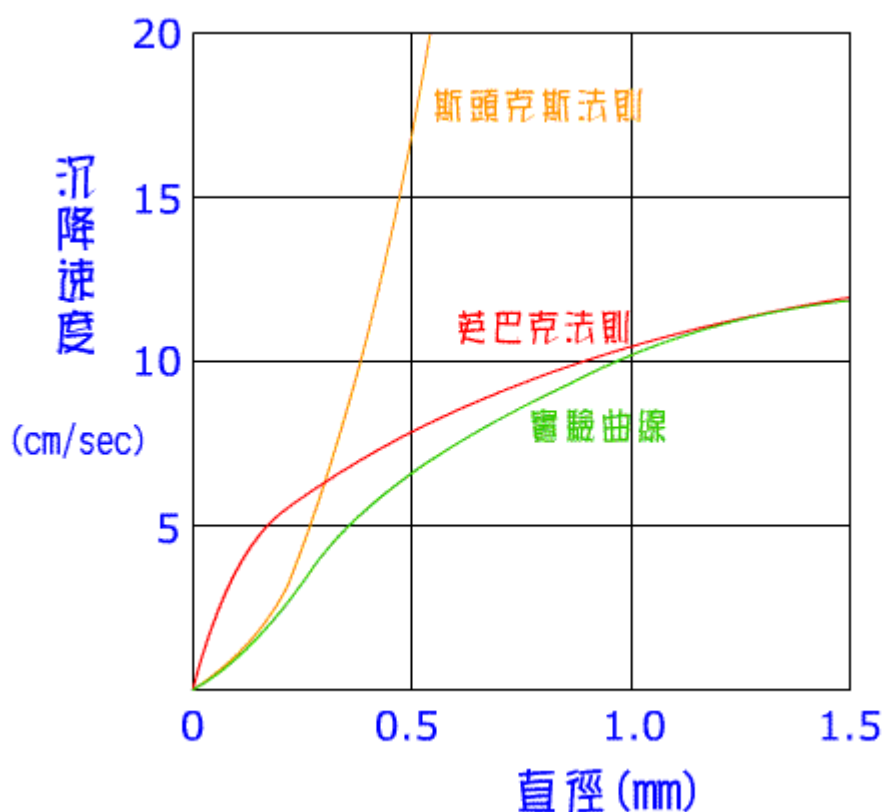
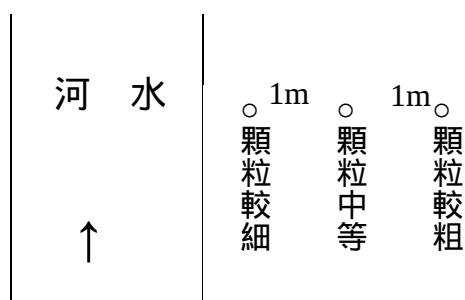


圖 41 斯頭克斯法則與英巴克法則與沉降結果之比較（根據 Rubey, 1933）

由圖 41 可得驗證，不論是斯頭克斯法則或是英巴克法則，其顆粒愈大它的沉降速度也會愈大，而同樣大小顆粒的石頭，在流水較弱之處，其水流速度較易降至沉降速度以下，而沉降下來。在此次廣興橋、蘭陽溪口的採樣結果，與學者的理論是相符合的。



- 由此次的採樣研究，可看出在河流較上游處的淘選程度要比下游溪口處的淘選程度差，上游的砂石顆粒也較下游的砂石顆粒大。其淘選程度的好壞與流水的流速及沉積物搬運之距離有關，流水的流速及擾流太強，距離愈遠，其淘選度也會變得較佳。
- 一般而言，隨著河流搬運距離的增加，顆粒之平均粒徑隨之遞減，這是由於愈

至河川下游，流速的減緩減低。且沉積物的淘選係數，愈到下游愈小，表示淘選程度逐漸改善。而此次的採樣研究，與上述的敘述相吻合，在河流上較上游處的淘選程度差，上游的砂石顆粒也較下游的顆粒大。

七.參考文獻

- 1.莊文星、陳汝勤 (1991): 岩石學第六章、第七章，聯經出版。
- 2.大同資訊 (2001): 高中地球科學 (全) 一冊、物質科學地球科學篇第一冊。
- 3.李建堂 (1998): 雙數 - 雙曲線分布與粒度分析的運用：老梅前濱沙丘個案研究，中國地理學會會刊，第 26 期，頁 129 - 141。
- 4.石再添、張瑞津、林雪美、張政亮、連值防 (1992): 台灣北部海岸沙丘之地形學研究，師大地理研究報告，第 18 卷，頁 193-239。
- 5.石再添、張瑞津、林雪美 (1996): 台灣北部河口地區之地形學研究，第 26 期，頁 57-115。
- 6.鄭瑞壬、鄧國雄 (1991): 桃園台地海岸沙丘型態與沙粒分析，中國地理學會會刊，第 19 期，頁 21-31。
- 7.張瑞津 (1980): 粒度分析在地學研究的意義，中等教育，31 卷 2 期，頁 36-38
- 8.F.J. Pettijohn (1957): SEDIMENTARY ROCKS, Zud, P15-31。
- 9.Hjulstrom .F (1939): Transpotation of detritus by moving wiler, P 5-31。
- 10.Folk,R.L (1960): Petrology of Sedimentary Rock

（第二名）

本作品分析了蘭陽溪及其支流羅東溪自上游採樣點到下游溪口採樣點沈積物之粒度、淘選度、歪度及峰度分佈的情形，並瞭解大雨河水暴漲的河床沈積的粒度，淘選度、歪度及峰度改變的情形，本作品能利用鄉土題材作系統性之分析與推理結論正確，本作品有四位同學參與富有團隊精神，本作品除實地採樣外，亦花費不少時間從事粒度分析，值得嘉許。