

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 地球科學科

080505

從芝山岩出發探討臺灣北部老地層

學校名稱：臺北市士林區天母國民小學

作者：	指導老師：
小四 李政澤	吳馥蘭
小四 李品萱	廖雅如

關鍵詞：沉積岩、粒徑、沉積環境

摘要

本研究從芝山岩周邊地層為起點，針對臺灣北部五指山層、木山層及大寮層進行分析。透過實地調查、數位顯微鏡分析與粒徑篩選，評估各岩層沉積岩顆粒的粒徑、圓度及淘選度，並重建其沉積環境。結果顯示，五指山層粒徑最大（0.5650–0.8937mm），淘選與圓度皆最低，反映其為搬運距離短的河道到濱海沉積。木山層粒徑居中（0.2786–0.5836mm），淘選與圓度中等，符合濱海環境特徵。大寮層粒徑最細（0.096–0.1749mm），淘選與圓度最佳，並含化石，證實其為經長距離搬運的淺海沉積物。此外，顆粒粒徑與緯度呈現關聯性，越往北粒徑越大，暗示中新世期間沉積物可能自西北向東南搬運。本研究亦提出簡易沉積岩粒徑辨識流程，可應用於地層判讀及野外調查。

壹、前言

一、研究動機

臺灣北部擁有豐富且多樣的地質景觀。作者在探訪了芝山岩後因其獨特的天然條件，產生了興趣，並想更加了解芝山岩的岩層是如何形成的。根據中華民國自然步道協會（無日期.）網站以及黃鑑水、徐炳盛和曹恕中（2008）的研究，發現芝山岩的岩層與駱駝峰、和平島與虎山同屬大寮層；距離芝山岩方圓 10 公里內的軍艦岩卻屬於木山層，而貴子坑則屬五指山層，顯示這三個地質景觀點在地理位置上接近，卻形成於不同的地質時代與沉積環境。因此，引發進一步探索的動機，希望透過野外地質調查與岩石樣本分析，並利用淺顯易懂的粒徑測量來驗證芝山岩的地層歸屬，並比較不同岩層的特徵。

二、研究目的

- (一) 探討臺灣北部五指山層、木山層與大寮層的沉積岩粒徑及圓度
- (二) 五指山層、木山層與大寮層的沉積環境之比較

三、文獻回顧

歷年科展，地質研究大多針對單一地點進行地質特徵分析，較少比較相同岩層在不同區域的粒徑差異，也缺乏不同岩層間的粒徑對比數據。因此，本研究將以芝山岩的大寮層及相鄰的中新世地層（包括五指山層與木山層）為對象，透過三種不同地層的實地調查及樣分析，建立更完整的地層對比資料。為確保採樣的代表性與分析標準，研究首先將進行文獻回顧，明確界定各岩層定義與分析基準。

（一）地層主要組成與基本粒度

臺灣西部麓山帶位於臺北盆地東面與南面，主要以中新世的七個老地層所組成。「中新世地層之厚度由西北向東南增厚，砂岩百分比亦大致自西北向東南逐漸減低，而其砂岩粒度亦大致自西北向東南逐次變細，此等無向性性質表示本地區地層之砂質沉積物主要自西北向東南搬運」（黃鑑水，2005）。

五指山層「主要由塊狀、厚層、白色、細粒至粗粒砂岩及深灰色頁岩所組成。砂岩以正石英砂岩或原石英砂岩為主要成份，局部間夾長石質砂岩。在本層下部、中上部及上部長夾有厚數十公分的礫岩狀岩層，可能為古河道沉積物，是為本層最大特徵」（黃鑑水，2005）。在晚始新世到晚漸新世，臺灣西北部屬於河流或濱海環境（陳文山，2016）。

木山層「以白色中粒至細粒正石英砂岩或原石英砂岩為主，多呈厚層或塊狀，有時具有明顯之交錯層構造及含有暗紅色氧化鐵結核。由於本層含煤層、多量粗碎屑物質及代表淺水沉積構造之交錯層、波浪等，故可推測木山層之沉積環境屬於沖積平原、濱海或淺海相」（黃鑑水，2005）。整體而言木山層沉積中心，大致屬於遠濱帶（陳文山，2016）。

大寮層「主要由厚層塊狀砂岩和不同層厚的頁岩，或砂岩、頁岩互層所組成。砂岩大部份為淡灰色、淡青灰色或灰色細粒的亞混濁砂岩或混濁砂岩；另有一部分為淡灰色或白灰色細至中粒原正石英砂岩，厚數公尺至數十公尺，常形成山脊或岩壁」（黃鑑水，2005）。其沉積環境變深，為遠濱過度帶至內遠濱帶（陳文山，2016）。

表 1 砂岩、粒徑、地層特徵統整（黃鑑水，2005）

	五指山層	木山層	大寮層
色澤	白色	白色	普遍淡灰色、淡青灰色
粒徑	粗粒至細粒正石英砂岩	中粒至細粒正石英砂岩	細粒，部分細至中粒
岩層粒徑分布	砂岩粒徑自西北向東南逐次變細		

(二) 定義

一、粒徑

沉積砂岩主要由沉積碎屑物所組成，此粒徑是指碎屑物的直徑大小。

表 2 碎屑沉積物粒徑粗細分級 (Boggs, 2014)

沉積物別名	沉積物名稱	粒徑 (單位: mm)
岩石	巨礫	≥ 256
	中礫	64~256
	細礫	4~64
	小礫	2~4
砂	極粗砂	1.0~2.0
	粗砂	0.5~1.0
	中砂	0.25~0.50
	細砂	0.125~0.25
	極細砂	0.0625~0.125
泥	粉砂	0.0039~0.0625
	黏土	<0.0039

註：資料譯自（表 3-1，第 45 頁）Boggs (2014) *Principles of Sedimentology and Stratigraphy, Fifth Edition, Pearson New International Edition*。

二、沉積物顆粒的圓度與球度



圖 1-1 沉積物顆粒的圓度及球度(取自劉聰桂, 2018, 第 164 頁, 圖 7-17)

圓度代表碎屑物外表的圓滑或粗糙的程度，球度代表碎屑物接近球體的程度。本研究採數值尖稜角狀為 1、數值 6 為極圓狀 (劉聰桂, 2018)。

球度則以整體評估，碎屑物主要是由接近正方形或球形為主，為球度高；而球度低，則主要由扁平或橢圓形 (劉聰桂, 2018)。

三、沉積物的淘選度

淘選度是代表沉積岩中碎屑粒徑差異的程度（劉聰桂，2018）。淘選度越好，代表沉積物在被流水運輸的過程中經歷了較久的時間，如砂粒經由雨水帶入溪水進入河川，直至入海邊的過程中，質量較大的會先沉降，質量較小的則會被沖得離源頭更遠些。在評估各採集樣本的淘選度時，將依照劉聰桂（2018）的淘選度分類為評估基準，並以數值 1 為淘選度極差、數值 5 為淘選度極好。

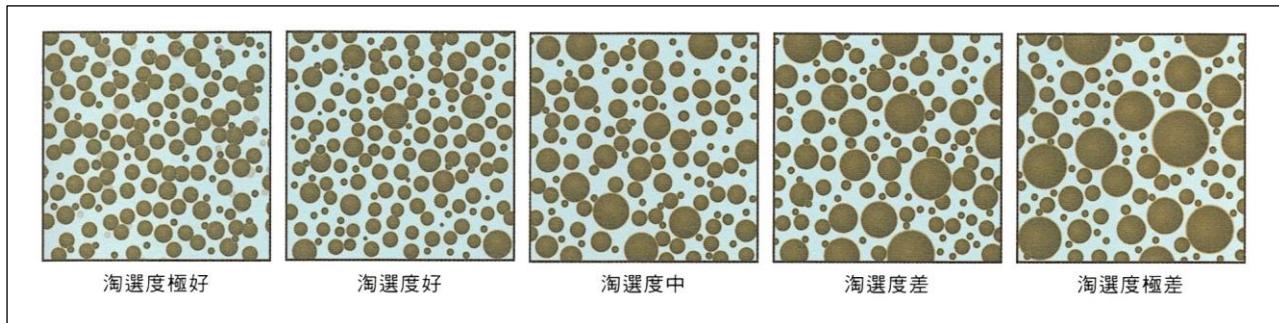


圖 1-2 沉積物的淘選度。淘選度越差，代表沉積物粒徑差異越大 (劉聰桂，2018，第 165 頁，圖 7-18)

貳、研究設備及器材

採集袋：收集樣本	相機：拍照記錄	放大鏡：野外觀察	錐子：輔助敲碎樣本
電腦：紀錄處理	刷子：清潔樣本表面	銼刀：樣本表面整平	鐵鎚：敲打樣本
磅秤：測量重量	極粗篩網：過篩使用	粗篩網：過篩使用	中篩網：過篩使用
細篩網：過篩使用	極細篩網：過篩使用	漏斗：分離容器	試管：收集過篩碎屑

參、研究過程或方法

一、研究過程概述

本研究主要以現場地質調查、樣本採集方式、將樣本整理與測量後及進行數據的統計與分析，研究流程如圖 3-1。

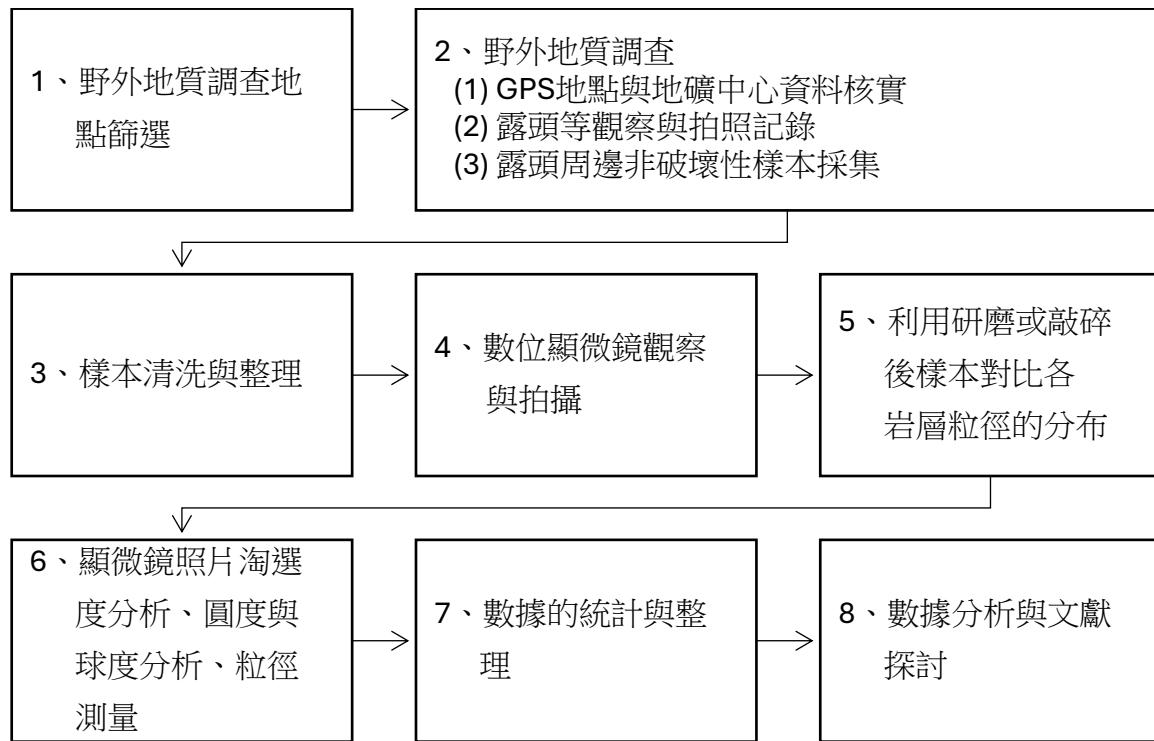


圖 3-1 研究過程主要步驟(圖表為作者自行製作)

(一) 野外地質調查地點篩選

以經濟部地質調查及礦業管理中心（以下簡稱地礦中心）資料庫

<https://geomap.gsmma.gov.tw>（圖 3-2）搭配 Google 地圖（圖 3-3）及 Google 地球（圖 3-7）挑選及繪製路線圖。

1. 使用地礦中心資料了解所需岩層地理分布



圖 3-2 使用地礦中心地圖尋找岩層

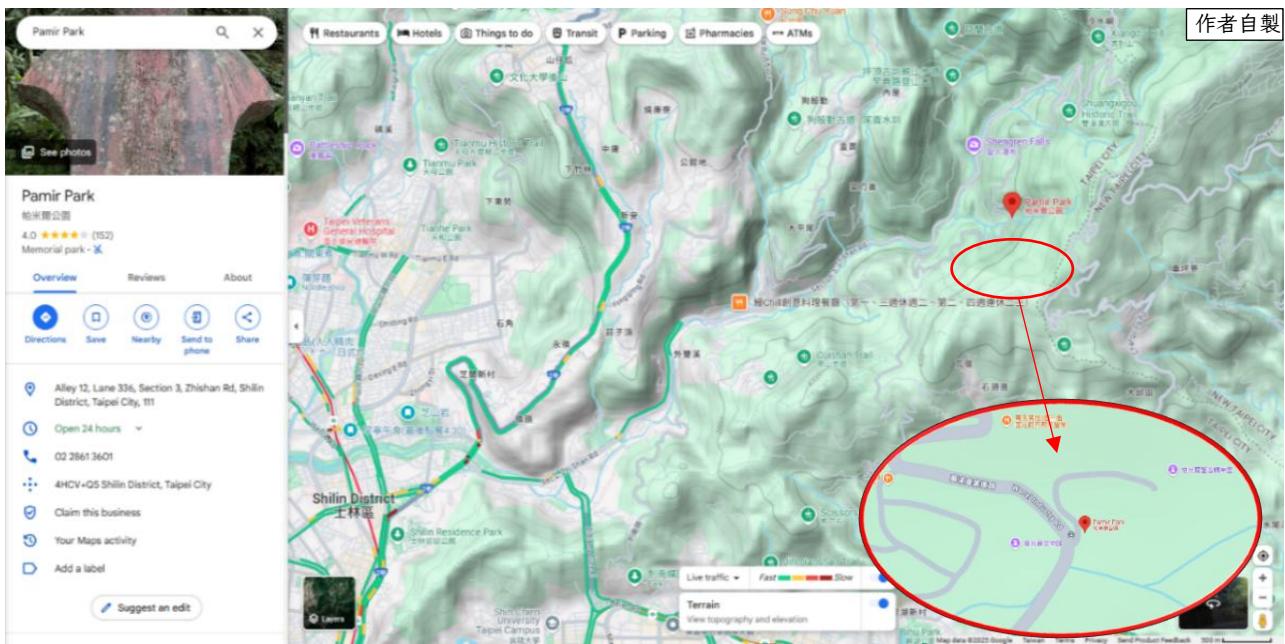


圖 3-3 使用 Google 地圖尋找著名景點（五指山層-帕米爾公園）

2. 對比 Google 地圖尋找著名景點

特地選擇三種地層及緯度以便環境對比分析，進行地形分類及規劃如圖 3-4。

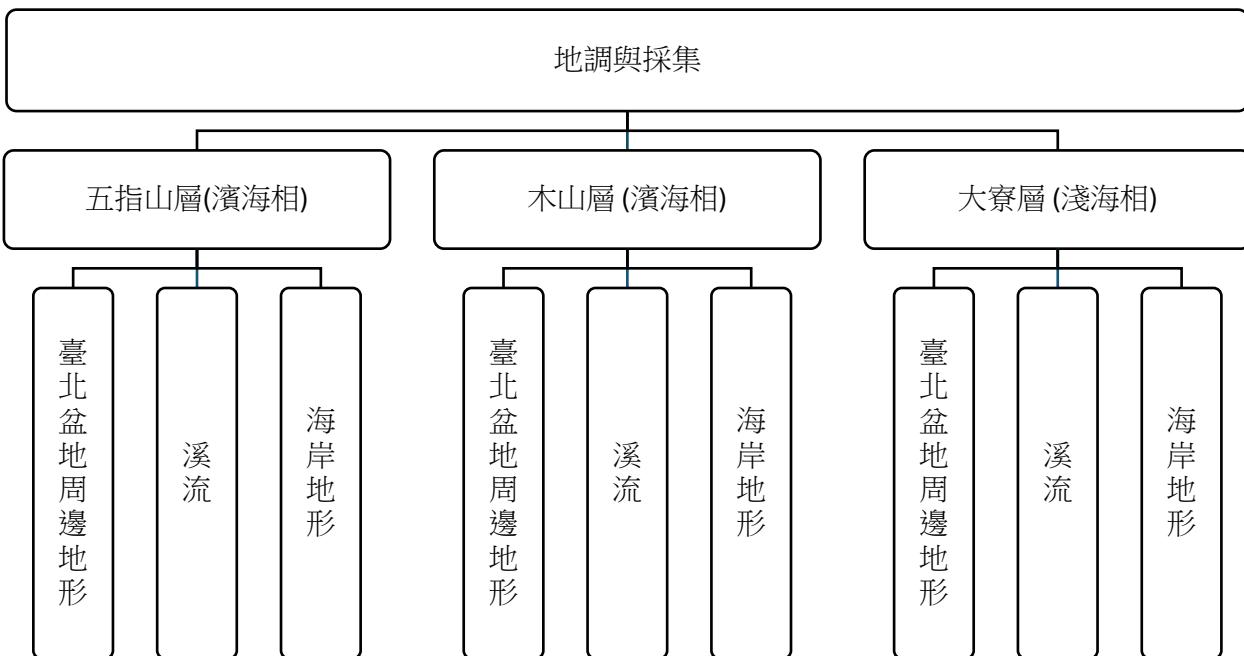


圖 3-4 野外調查地層與地形規劃(圖表為作者自行製作)

3. 使用 Google 地球觀看景點步道資訊（圖 3-5）。

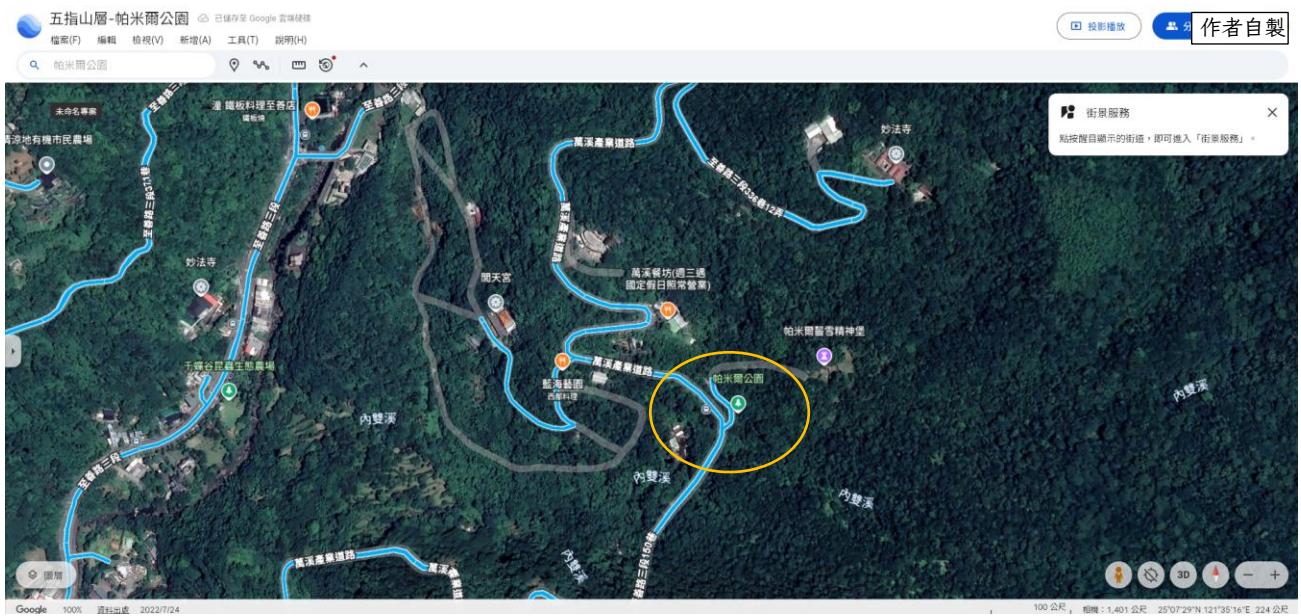


圖 3-5 帕米爾公園 Google 地球觀看景點步道

4. 使用 Google 地球繪製觀察點與行走路線圖（圖 3-6）。



圖 3-6 芝山岩路線圖與調查地點

5. 建立樣本採集地圖

將各採樣點點資訊統整，整理出樣本採集路線圖。



圖 3-7 地質調查與採集地點位置圖

利用 Google 地球與地礦中心資料（圖 3-7）標記出需野外調查的地點。五指山層以藍色圖釘標示、木山層以紫色標示、大寮層以橘色標示。

6. 交通行程規劃

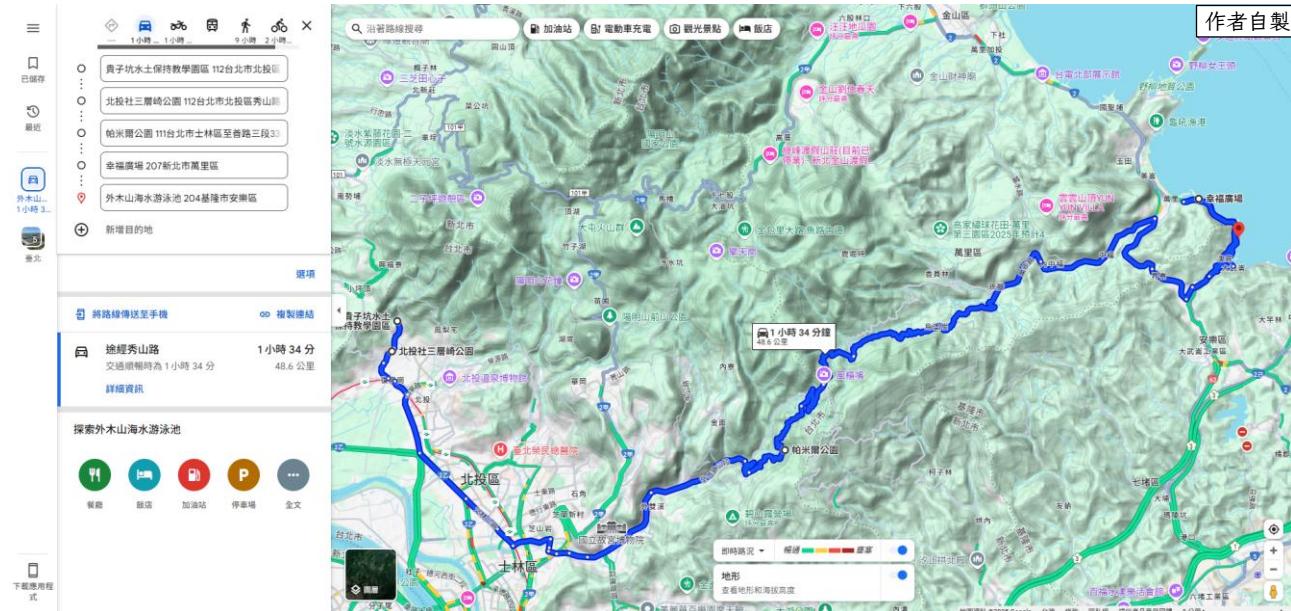


圖 3-8 樣本採集路線圖（五指山層）

使用 Google 地圖（圖 3-8）規劃前往路線。

(二) 野外地質調查

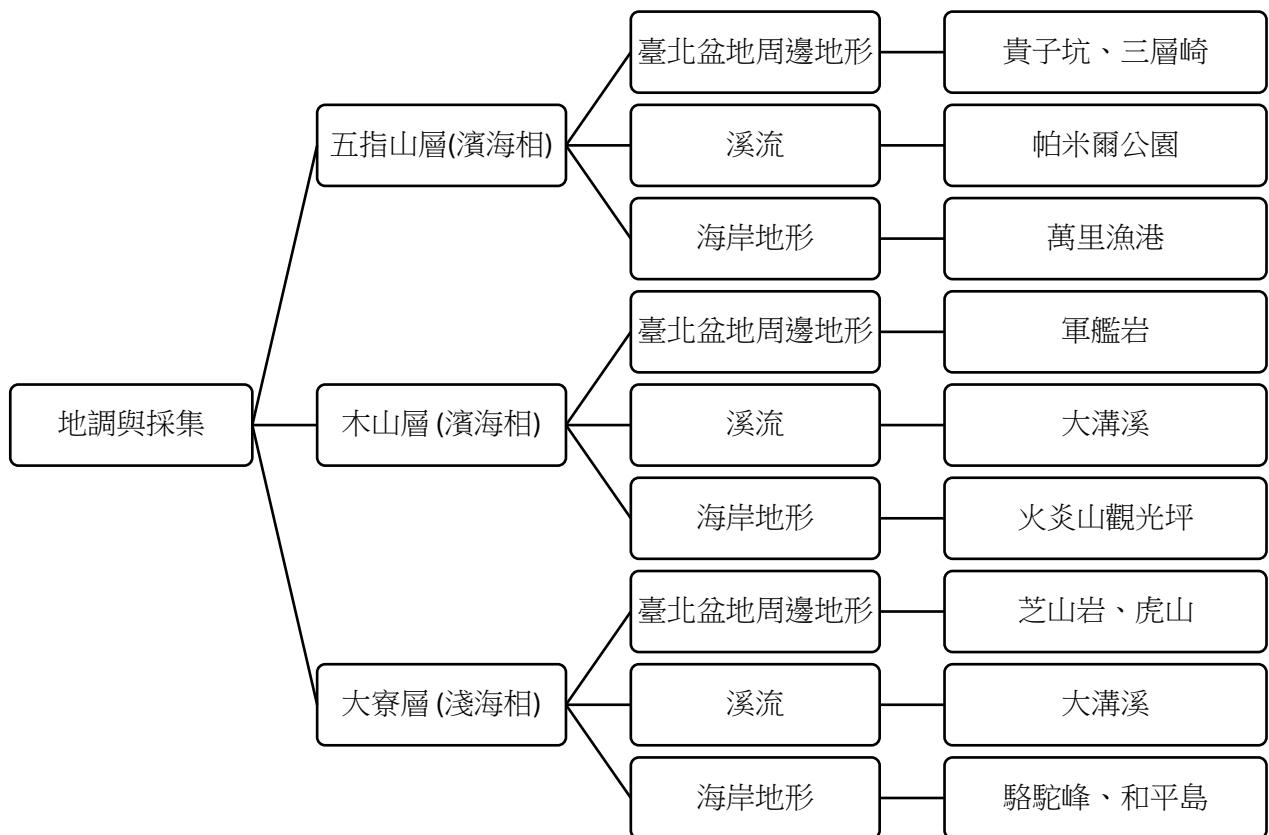
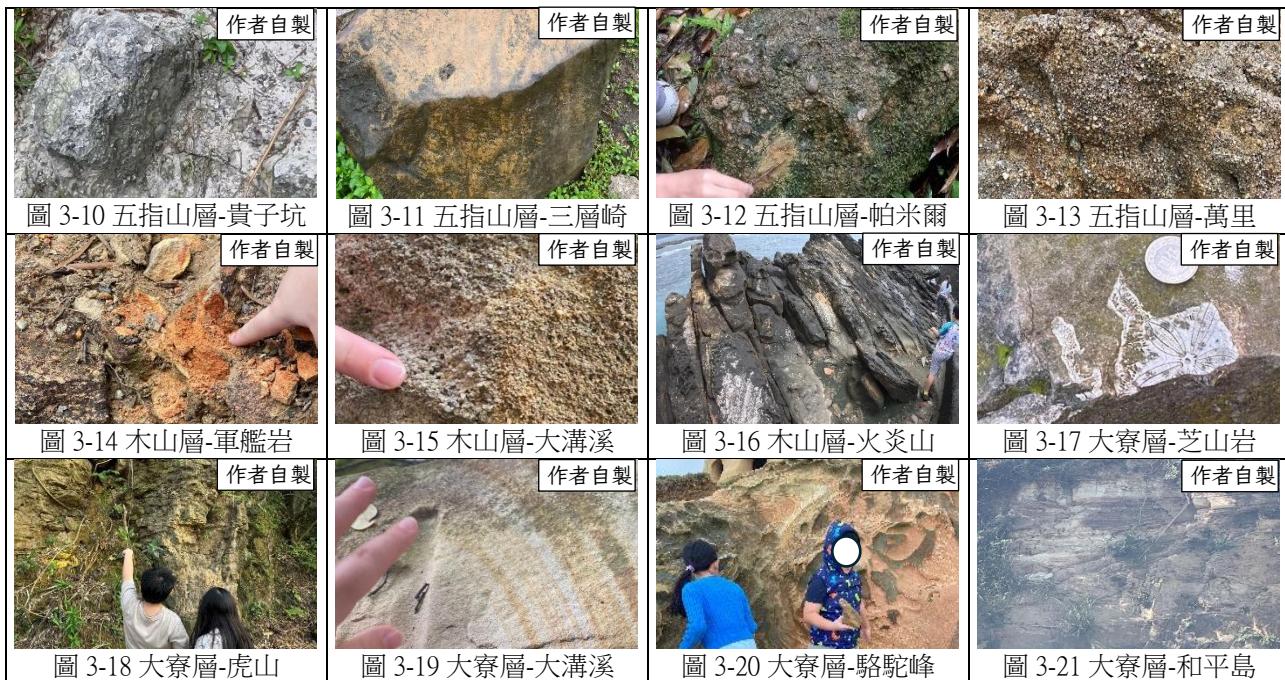


圖 3-9 地質調查與採集地點(圖表為作者自行製作)



(三) 露頭周邊非破壞性樣本採集

為減少對環境與自然景觀的破壞，將原樣留存予後人，所有的樣本採集均取自露頭風化滾落或明顯鬆動、得以徒手取的岩石。



圖 3-22 虎山



圖 3-23 駱駝峰

(四) 樣本清洗與整理、數位顯微鏡觀察與拍攝



圖 3-24 樣品觀察（駱駝峰）

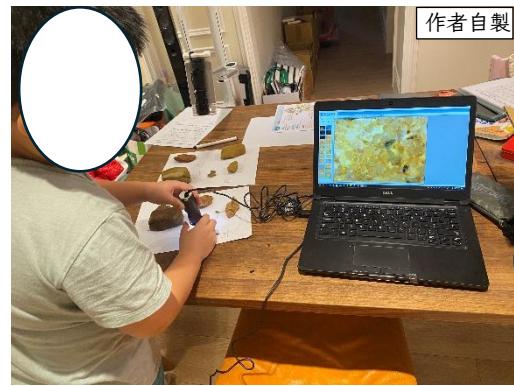


圖 3-25 數位顯微鏡表面觀察

(五) 顯微鏡照片淘選度分析、圓度與球度分析及粒徑測量



圖 3-26 未處理表面 - 粒徑分析、淘選分析

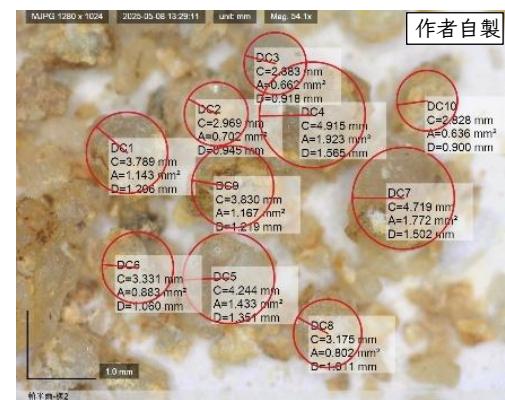
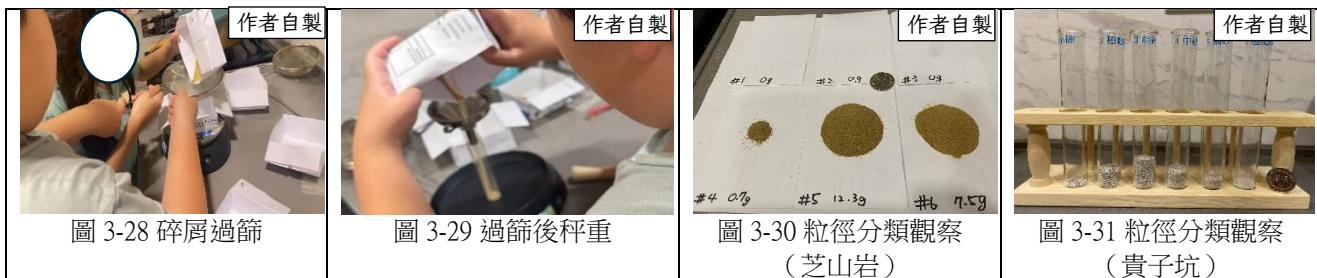


圖 3-27 碎屑粒徑、圓度分析

(六) 利用研磨或敲碎後樣本對比各岩層粒徑的分布差異

採用五種篩網做分類、每次過篩均秤重，之後逐步由細到粗放入平底試管裡以做比例與觀看分析。



(七) 數據統計與整理

使用 EXCEL 製作圖表與數據分析。

(八) 數據分析與文獻對比

二、 顆粒粒徑與形狀測量方法與改善歷程

為較精準分析顆粒大小，使用數位顯微鏡觀測樣本表面，測量顆粒的直徑以及圓度。由於樣本均存在顆粒大小不一，測量時優先選取較完整、規則的大顆粒和小顆粒進行記錄，並計算每個樣本的平均粒徑作為每件樣本的平均參考值。比對時為減少主觀誤差影響數據，在測量採集時均由兩位作者一同觀察與記錄。

在觀察與測量過程中，經歷多次修改調整測量方法以及器材的使用：

- (一) 一開始在使用數位顯微鏡觀察與拍攝樣本表面時，因樣本表面並非完全平整，造成顯微鏡無法同時對焦到較廣的觀測範圍。
- (二) 因此嘗試使用銼刀進行表面整平，發現樣本區分兩類情況。

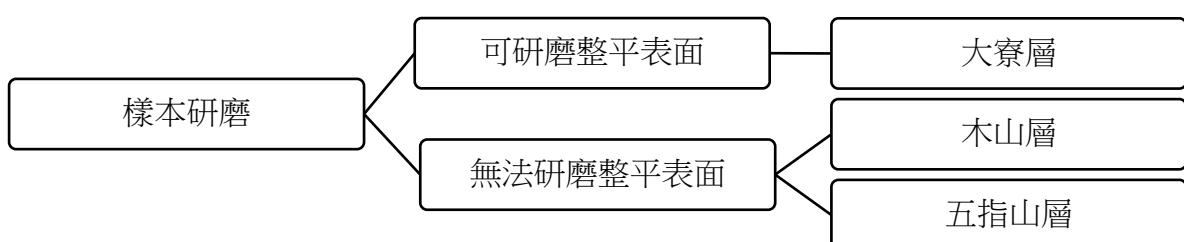


圖 3-32 樣本研磨分類(圖表為作者自行製作)

此外，因銼刀材質較砂岩主要含的石英軟，故有染色以及鐵粉產生。這樣表面整平後，對淘選度辨識有所提升，但對粒徑分析則普遍變得較困難了，如圖 3-33 跟圖 3-34。

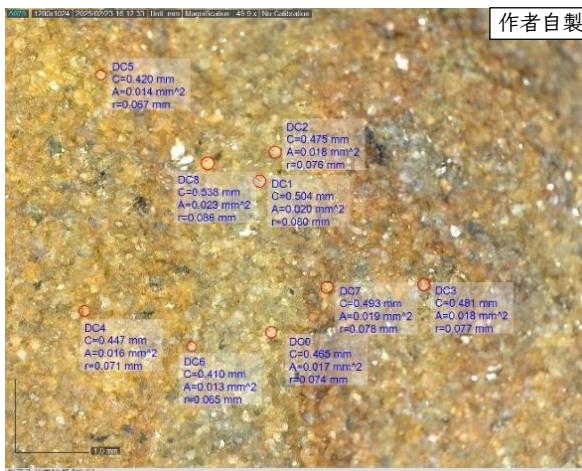


圖 3-33 未整平表面

最佳對焦在 49.9 倍率。數位顯微鏡粒徑測量數據以 r 半徑紀錄。使用數位顯微鏡觀察色澤與樣本目測一樣，表面碎屑物多數粒粒分明。（和平島樣本 1）

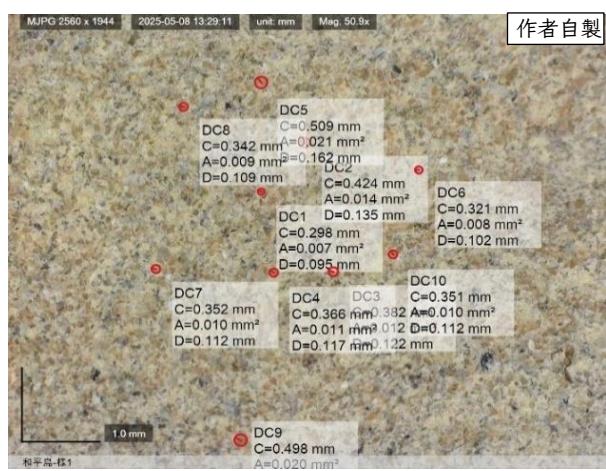


圖 3-34 整平後表面

最佳對焦在 50.9 倍率。數位顯微鏡粒徑測量數據以 D 直徑紀錄。使用數位顯微鏡觀察色澤變得偏灰白。表面較圖 2.7.1 平整，但變得較難挑選較圓的顆粒。（和平島樣本 1）

(三) 為了提升顆粒辨識度，在樣本整平後，搭配偏光與弱光手電筒，藉由增加顆粒間的陰影來強化對比，確實對顆粒辨識有所幫助。但由於表面基本整平，顆粒會有一部分被膠結物包覆著，而無法看到整顆顆粒，是偏球狀還是橢圓狀。

(四) 最後使用尖錐與鐵鎚來敲下一小塊樣本，再用鐵槌輕敲讓顆粒散開後，再以顯微鏡觀察與測量粒徑、球度與圓度。因使用鐵槌以外力使的砂岩顆粒化，為減少額外的碎裂，敲打時以軟木墊墊底，鐵鎚以不超出 2cm 的距離來控制力道，直至不能聽到一種碎開的聲音。也為了確保敲開後是否對粒徑造成影響，另針對粒徑數據變化做了對比。

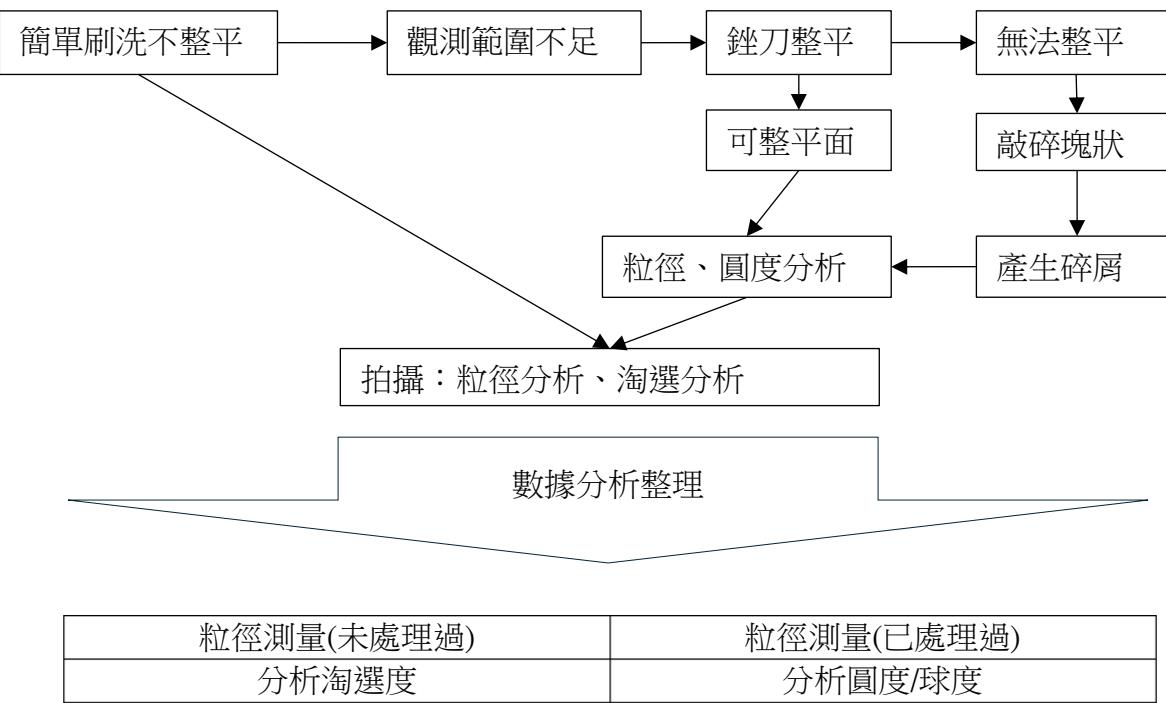


圖 3-35 數據測量與對應採取的措施(圖表為作者自行製作)

因岩性的不同，造成無法讓樣本在相同條件下進行測量，對比了採用表面測量粒徑以及敲碎後對碎屑進行粒徑測量的數據（圖 3-35）。作者發現在粒徑分析中，敲碎的碎屑物量測出的數據較直接裸露的顆粒量出來的大顆一些，但各岩層的粒徑變化趨勢維持不變。考量利用粒徑分析時，大多是在野外採集，使用放大鏡做初步觀察；本研究在粒徑對比時，將以岩石表面的顆粒（非敲碎物）做檢查與數據統計（圖 3-36）。

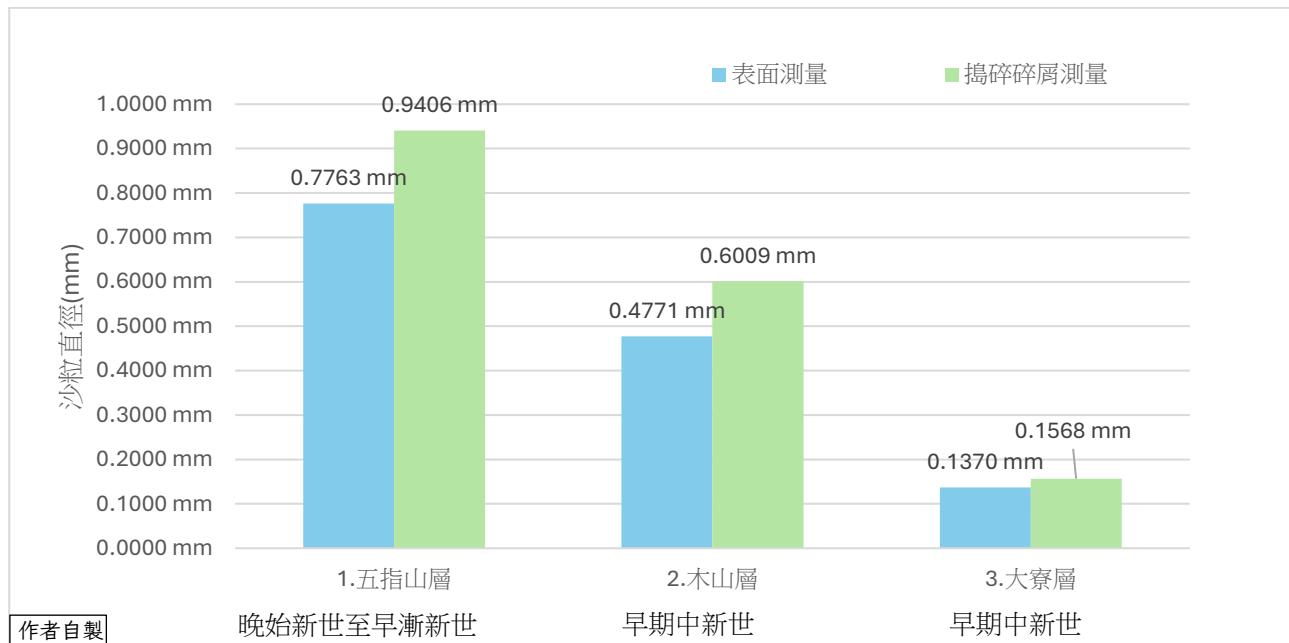


圖 3-36 表面粒徑與碎屑粒徑分析。各岩層碎屑數據均較表面數據大。

三、 岩石樣本淘選度數據化實驗

利用敲碎的碎屑樣本，及為了增加淘選度的辨識準確性，並減少人為評估的誤差，對各岩層每層各取兩個採集點的樣本，進行較大量的敲碎及研磨與過篩。各岩層樣本經研磨或敲碎後，碎屑物經過五個篩網共 6 個分類，如圖 3-37。每次過篩均秤重保留在篩網上的顆粒。為避免篩選過程中產生的粉塵影響極細砂數據的準確性，在碎屑物經過第五次極細篩網後，會將實驗環境周邊所積聚的粉塵一併收集，並與已篩分之碎屑整合後進行秤重（圖 3-38）。

1. 小礫 極粗篩網 (孔目大小 2.020mm x 1.916mm)	2. 極粗砂 粗篩網 (孔目大小 1.528mm x 1.337mm)	3. 粗砂 中篩網 (孔目大小 0.571mm x 0.684mm)	4. 中砂 細篩網 (孔目大小 0.358mm x 0.370mm)	5. 細砂 極細篩網 (孔目大小 0.149mm x 0.198mm)	6. 極細砂 穿過極細篩 網 (碎屑小 於 0.149mm)

圖 3-37 碎屑物淘選分布與篩網孔目大小(以上照片均為作者自行拍攝)



圖 3-38 芝山岩樣本敲碎碎屑物第一~五次過篩秤重(以上照片均為作者自行拍攝)

四、 球度分析實驗

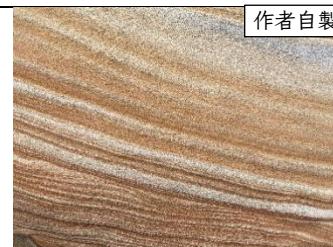
由於尚未發現能快速、有效且可數據化的球度分析方法，故僅結合兩位作者共同以目測評估各樣本碎屑物主要是球狀還是長條型做為觀察結果。

肆、 研究結果與討論

一、五指山層、木山層與大寮層異同之處

為深入探討不同地層砂岩的特徵，作者把不同地層的樣本放在一起，觀察它們的顏色、紋理和觸感，進行整理與比較分析，如表 3。

表 3 大寮層、木山層與五指山層採樣結果比較

	五指山層	木山層	大寮層
年代	晚始新世到晚漸新世	早期中新世	早期中新世
色澤	偏白	偏白	偏黃
觸感	粗糙、有顆粒感	粗糙	細緻
紋理特徵	樣本無明顯紋理	樣本無明顯紋理	樣本多有層次感紋理
是否含化石	無	無	有
其他特點	在貴子坑、帕米爾公園均有觀察到岩石裡含有細礫。	石英顆粒肉眼可清晰辨識。	岩石層次感特別明顯。
典型岩石樣貌			
	圖 4-1 帕米爾公園-岩石裡混有細礫	圖 4-2 大溝溪-石英顆粒明顯	圖 4-3 駱駝峰-錫染紋明顯

雖然五指山層、木山層與大寮層皆屬於砂岩類型，但從樣本的色澤、顆粒觸感、紋理特徵、是否含有化石等多項觀察指標來看，三者之間具有明顯的差異。

(一)大寮層樣本色澤偏黃、質地較為細緻且多具層理結構，能偶見化石。

(二)木山層樣本偏白且石英顆粒清晰可辨，但質感粗糙。

(三)五指山層樣本則多混含細礫，缺乏明顯紋理與化石。

綜合以上，這些差異反映了各層沉積環境、年代與構成物質的不同，也有助於在野外辨識與區分不同岩層。

二、五指山層、木山層與大寮層顆粒直徑、圓度與球度以及淘選度的分析

(一) 採集樣本顆粒平均直徑圖

本研究在五指山層野外地質調查四個地點，非破壞性採集 24 個樣本；木山層調查三個地點，非破壞性採集 20 個樣本；大寮層調查五個地點，非破壞性採集 22 個樣本（共 21 個有效樣本），並將樣本整理與測量後及進行數據的統計與分析，原始數據資料如表 4。因採用非破壞性採集，各調查點可採集樣本數量有所偏差。

1. 五指山層平均粒徑

五指山層共五個採樣點共計 24 個樣本。各樣本粒徑直徑平均值介於 0.4067mm（中砂）至 1.2328mm（極粗砂）（圖 4-4）。更可見此岩層各採樣點之間粒徑差異大，粒徑直徑平均值介於 0.5650mm 至 0.8937mm（粗砂），如圖 4-5。

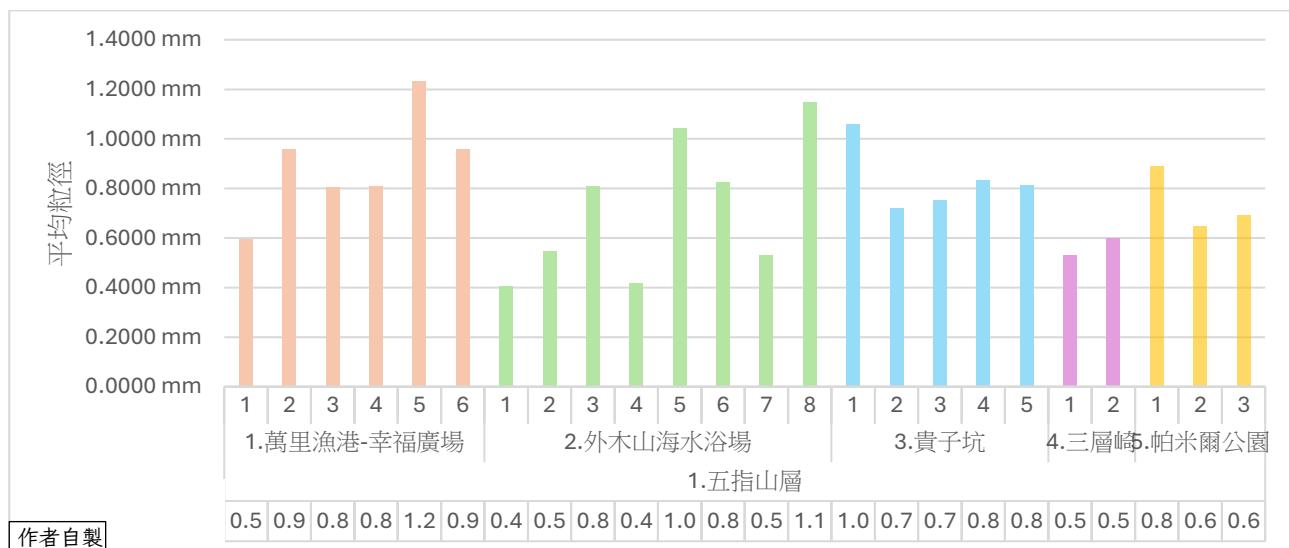


圖 4-4 五指山層各採集點與樣本平均粒徑

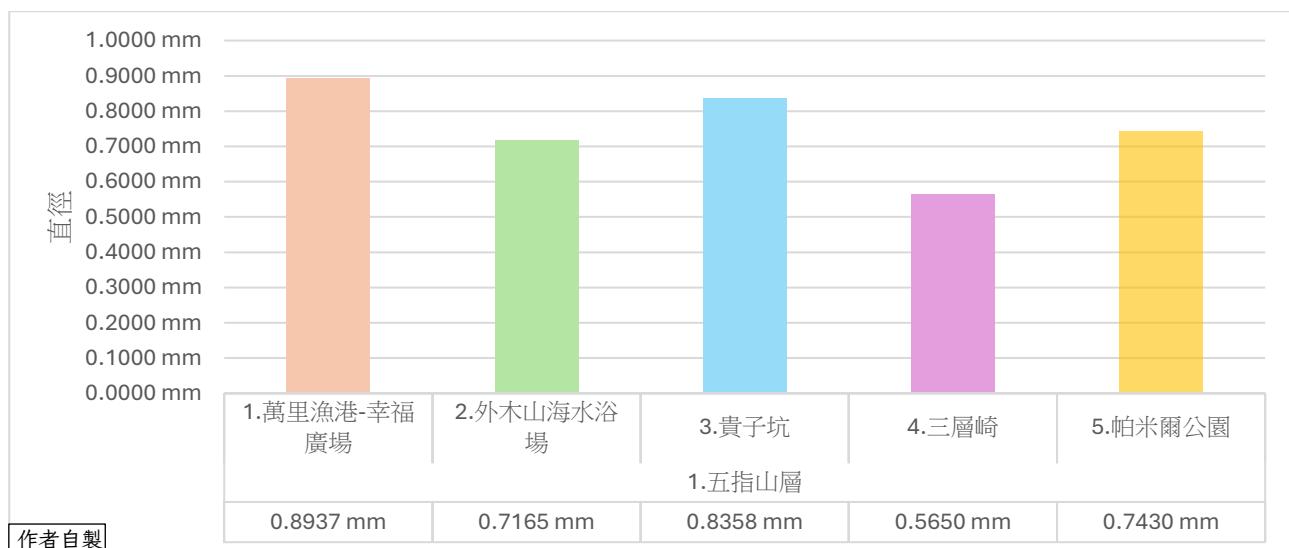


圖 4-5 五指山層各採集點平均粒徑

2. 木山層平均粒徑

木山層三個採樣點，共計 20 個樣本。各樣本粒徑直徑平均值介於 0.2349mm（細砂）至 0.8364mm（粗砂）（圖 4-6）。在軍艦岩與大溝溪所採集到的樣本在顆粒大小上的均較為相似，有測量到較大顆粒的碎屑，整體粒徑直徑平均值介於 0.5080mm 與 0.5836mm（粗砂）之間（圖 4-7）。而位於海線採集點火炎山觀光坪，如所採集數值明顯較細，平均在 0.2786mm（中砂），色澤為灰白色與大寮層偏黃色的岩石不一樣，且採集位子對比地礦中心資訊附近一公里外（圖 4-8），並無其他岩層，樣本仍為多邊形狀，不是經由搬運過的圓體狀，因此可確認此採集點樣本均符合木山層岩層的性質。

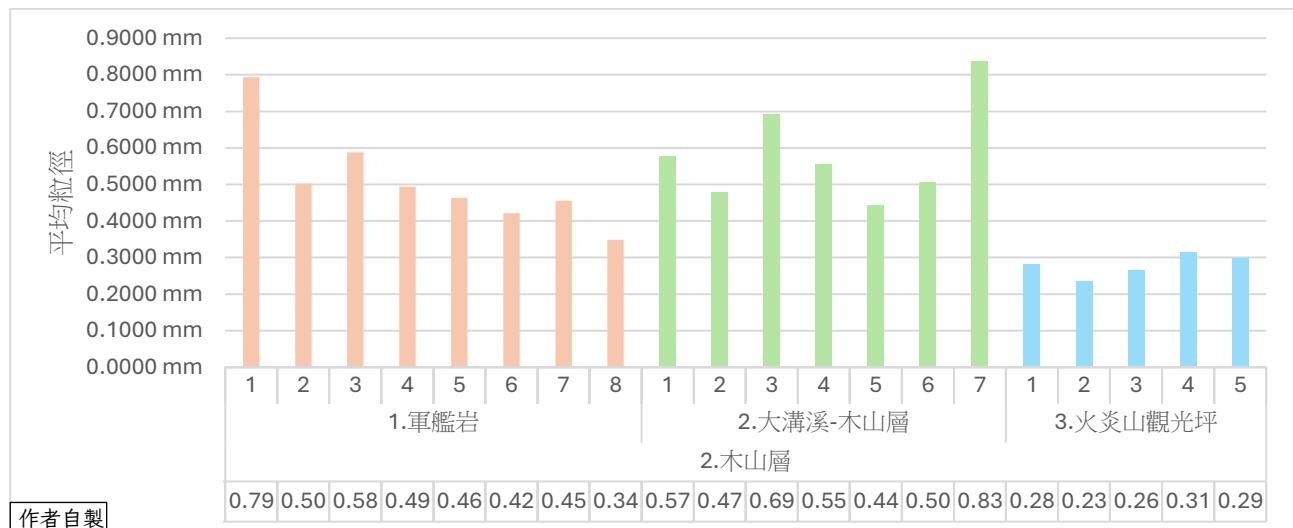


圖 4-6 木山層各採集點與樣本平均粒徑

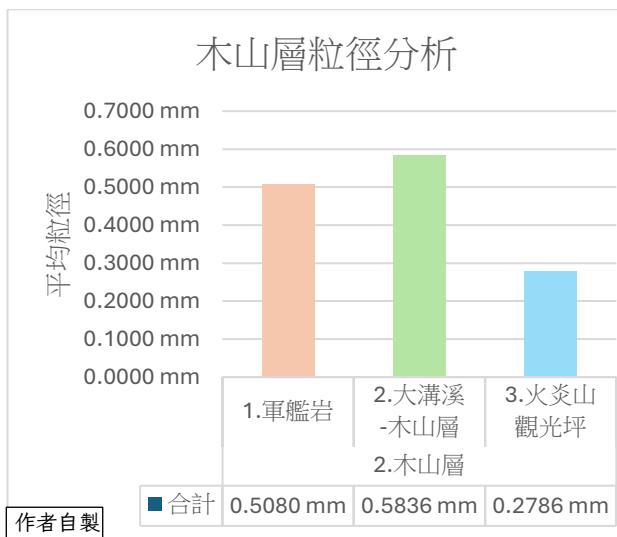


圖 4-7 木山層各採集點平均粒徑



圖 4-8 木山層火炎山觀光坪地質資訊。採集點以紅色圈圈標示，為木山層。

3. 大寮層平均粒徑

大寮層五個採樣點，共計 22 個樣本，其中一個樣本僅有一面有碎屑顆粒狀，其他面不像沉積岩與其他樣本明顯不同故不列入數據統計。

各樣本粒徑直徑平均值介於 0.0658mm (極細砂) 至 0.2595 mm (中砂) (圖 4-9)。各採集點顆粒大小上的均較為相似，粒徑直徑平均值落於 0.0962mm 至 0.1749mm (極細砂到細砂) 之間 (圖 4-10)。另外，虎山樣本顆粒大小更為均勻，數值落於 0.0816mm 至 0.1086mm 之間。

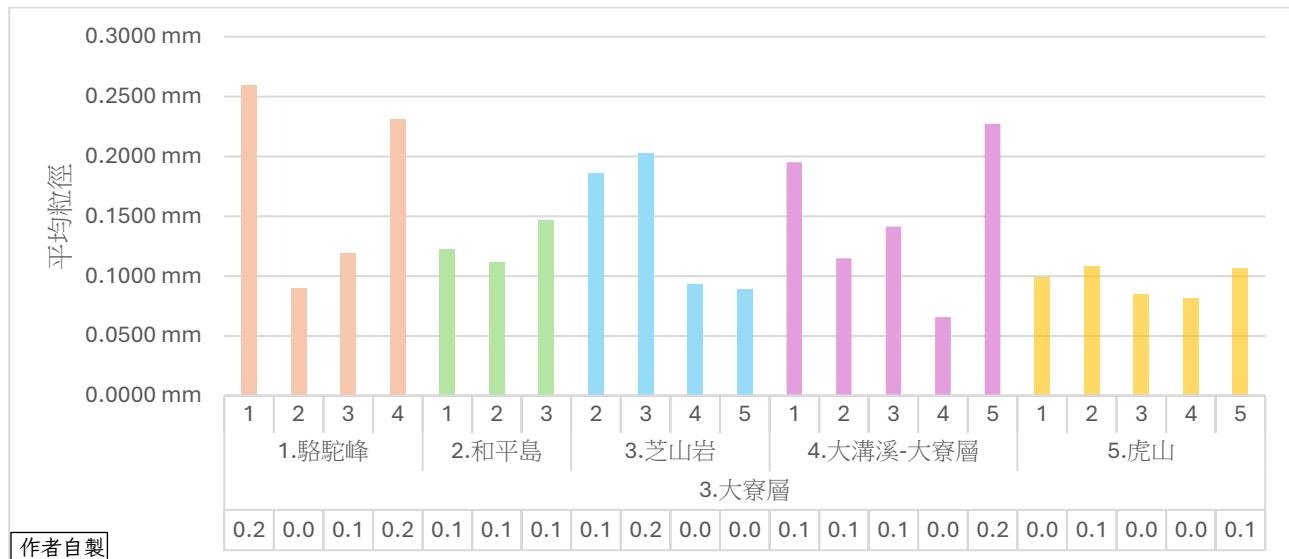


圖 4-9 大寮層各採集點平均粒徑

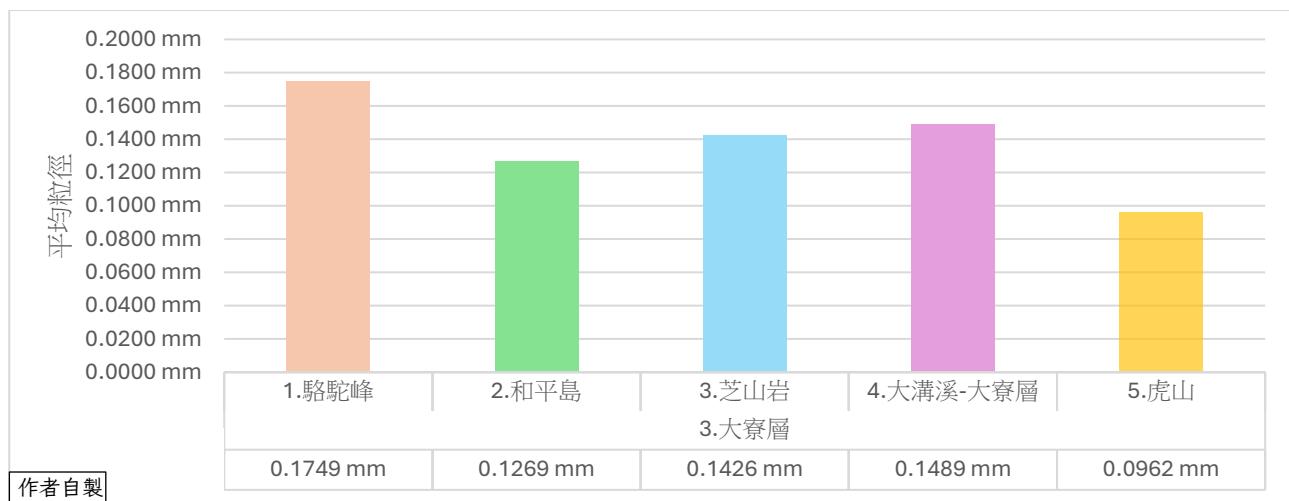


圖 4-10 大寮層各採集點平均粒徑

4. 五指山層、木山層與大寮層平均直徑統計圖

五指山層、木山層與大寮層各地層粒徑平均為 0.7794mm (粗砂), 0.4441mm (中砂) 及 0.1370mm (細砂)，如圖 4-12。

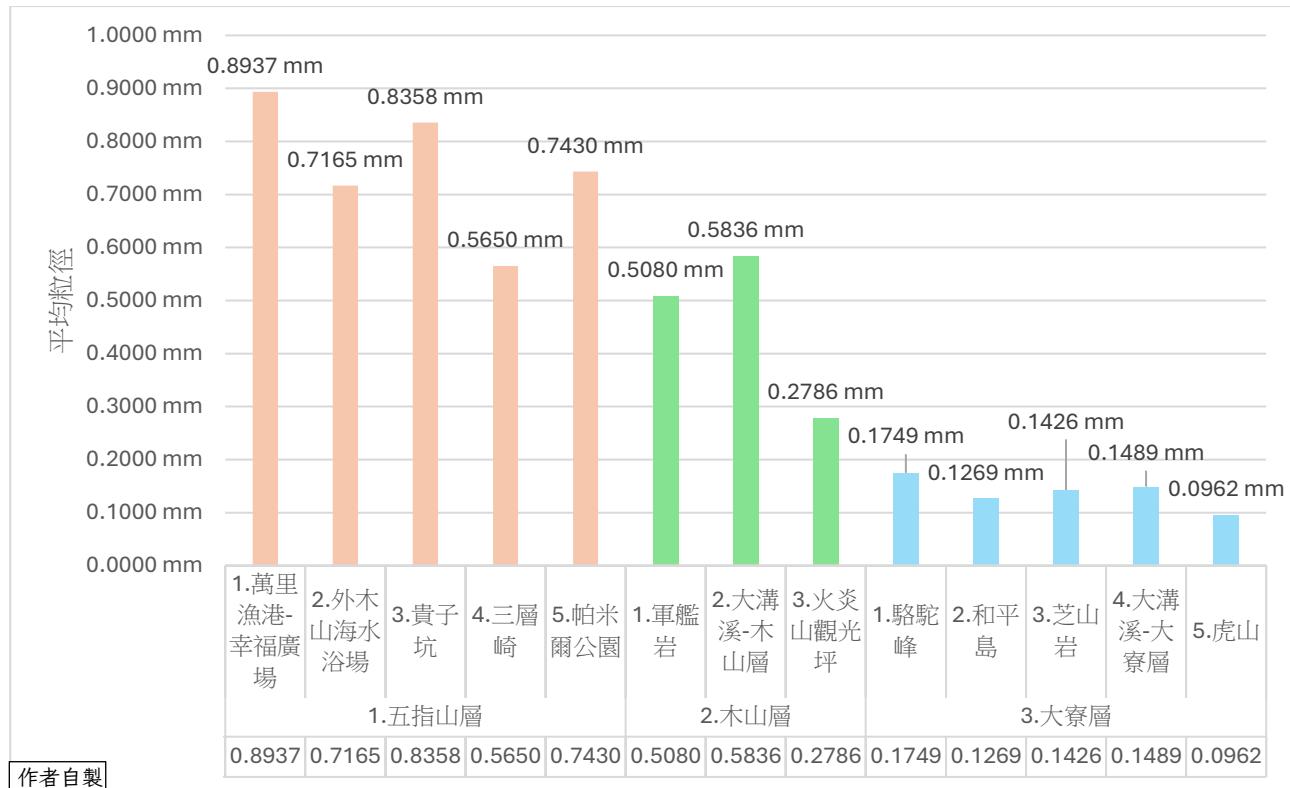


圖 4-11 各岩層平均粒徑

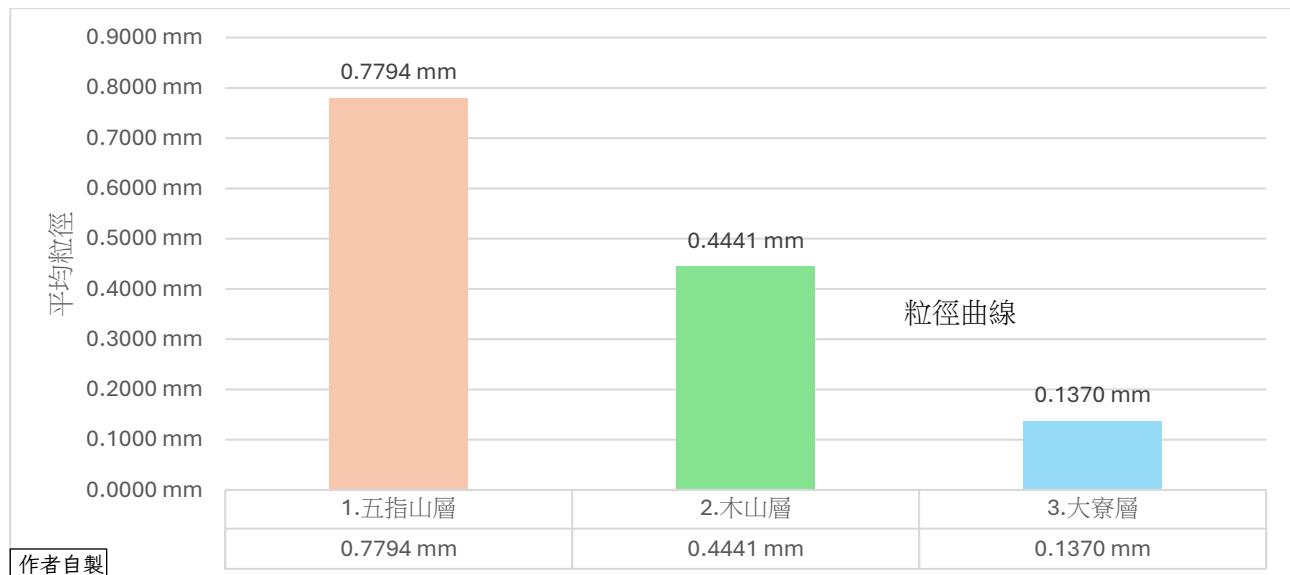


圖 4-12 五指山層、木山層與大寮層平均粒徑

表 4 五指山層、木山層、大寮層表面測量粒徑數據

作者自製

(二) 粒徑與緯度、海拔分析

1. 五指山層平均直徑與緯度分析

表 5 五指山層緯度、海拔與粒徑

作者自製

採集地點	採集點緯度° (北緯)	高度 (m)	平均粒徑 (mm)
1.萬里漁港-幸福廣場	25.179943	3	0.8937
2.外木山海水浴場	25.170994	14	0.7165
3.貴子坑	25.152461	100	0.8358
4.三層崎	25.145480	49	0.5650
5.帕米爾公園	25.121889	305	0.7430

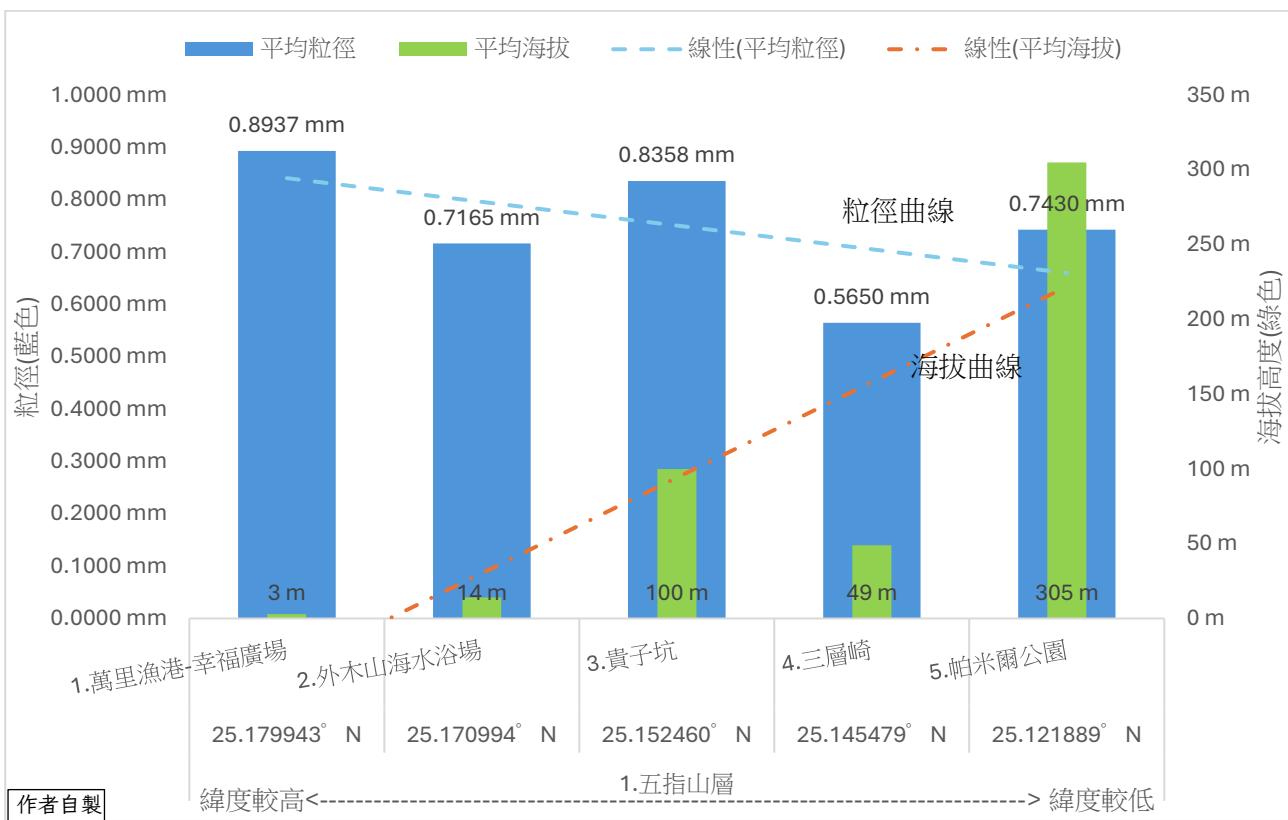


圖 4-13 五指山層粒徑和緯度分析，粒徑有緯度越高粒徑越大、緯度越低粒徑越小的趨勢。

五指山層五個採集點，按照由左到右緯度由高到低的排列呈現出粒徑變化較不規律（表 5 和圖 4-13），但整體仍呈現緯度較高處粒徑較大，緯度較低粒徑較小的趨勢，仍呼應文獻描述。考量五指山層每個樣本均是淘選度普遍較差，整體觀察均屬相似現象，故也易造成測量直徑時的數據較難呈現一個單純的曲線。

同時數據顯示海拔越高粒徑則越小（表 5 和圖 4-13），因未對地層抬升以及風化現象等因素的影響進行研究，故此現象暫不多作探討。

2. 木山層平均直徑與緯度分析

表 6 木山層緯度、海拔與粒徑

作者自製

採集地點	採集點緯度° (北緯)	高度 (m)	平均粒徑 (mm)
1.軍艦岩	25.125743	139	0.5080
2.大溝溪-木山層	25.091448	43	0.5836
3.火炎山觀光坪	25.071682	6	0.2786

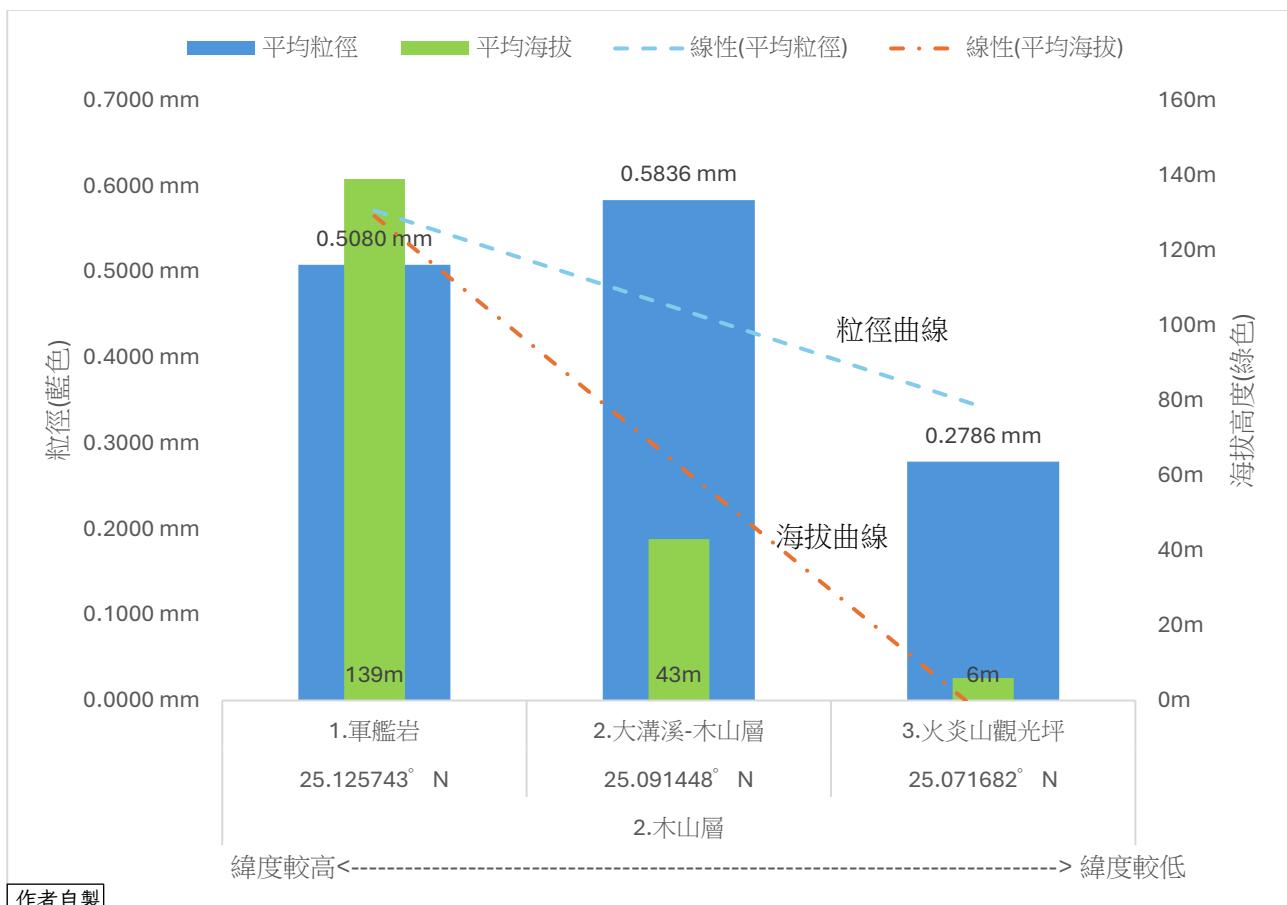


圖 4-14 木山層粒徑和緯度分析圖，粒徑有由緯度高往緯度低變小的趨勢。

木山層粒徑和緯度分析圖，粒徑有由緯度高往緯度低變小的趨勢。

木山層粒徑直徑大小明顯呈現越往北粒徑越大，越往南粒徑則越小（表 6 和圖 4-14），與本文大寮層數據現象相同。

3. 大寮層平均直徑與緯度分析

表 7 大寮層緯度、海拔與粒徑

作者自製

採集地點	採集點緯度° (北緯)	高度 (m)	平均粒徑 (mm)
1.駱駝峰	25.202861	7	0.1749
2.和平島	25.158040	19	0.1269
3.芝山岩	25.104055	28	0.1426
4.大溝溪-大寮層	25.091448	43	0.1489
5.虎山	25.034707	77	0.0962

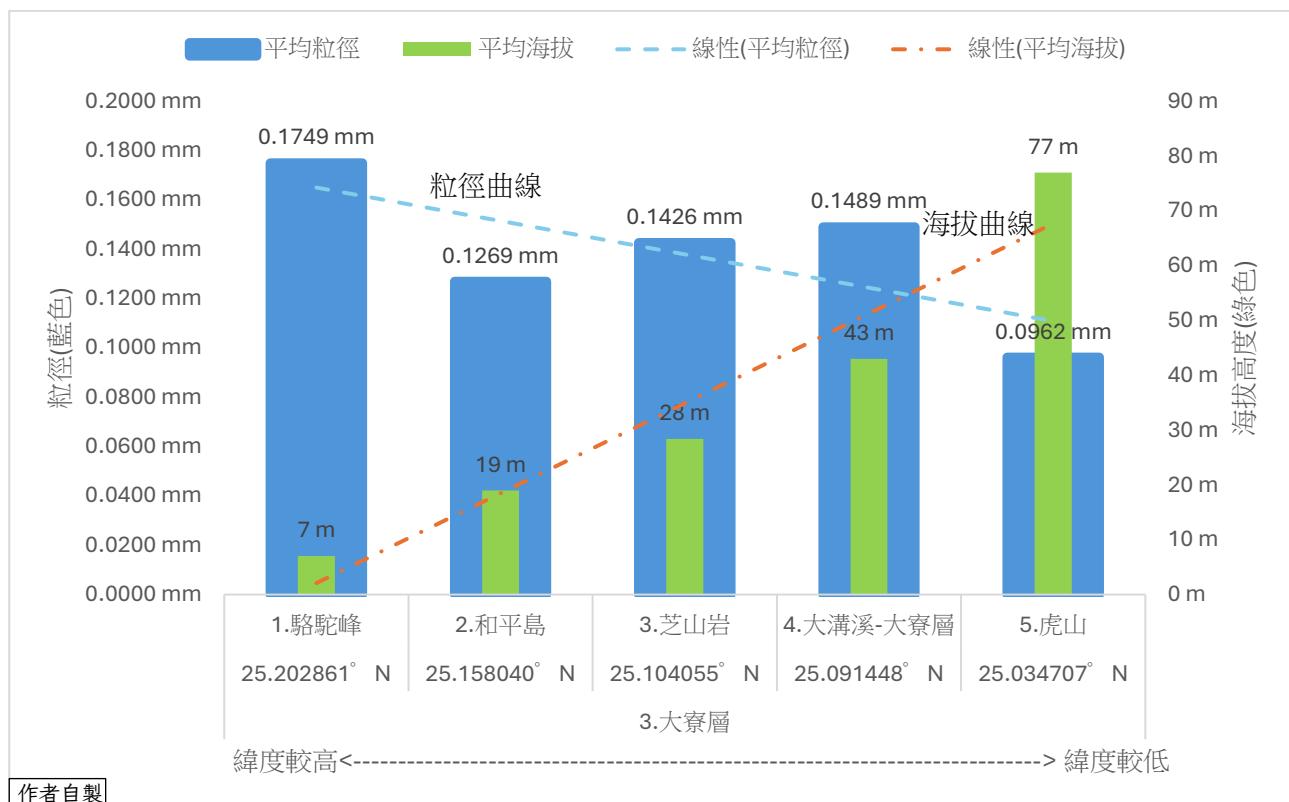


圖 4-15 大寮層粒徑和緯度分析圖，粒徑有由緯度高往緯度低變小的趨勢。

大寮層粒徑大小呈現越往北粒徑越大，越往南粒徑則越小（圖 4-15）；對應「中新世地層之厚度由西北向東南增厚，砂岩百分比亦大致自西北向東南逐漸減低，而其砂岩粒度亦大致自西北向東南逐次變細」（周瑞燉，1980；黃鑑水，2005）。

同時，數據顯示海拔越高粒徑有越小的趨勢（表 7 和圖 4-15），因未對地層抬升以及風化現象等影響因素進行研究，故此現象暫不多作探討。

(三) 圓度、淘選度與球度分析

1. 圓度 (尖稜角狀為 1、數值 6 為極圓狀)

- (1) 五指山層圓度平均數值為 2.25 屬稜角狀。
- (2) 木山層平均數值為 3.00，屬於次稜角狀。
- (3) 大寮層平均數值為 4.81，屬極圓狀。

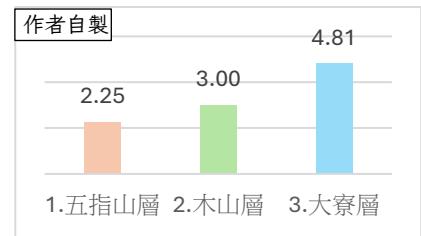


圖 4-16 平均圓度

2. 淘選度 (1 為淘選度極差、數值 5 為淘選度極好)

- (1) 五指山層淘選平均數值為 1.38，淘選度極差。
- (2) 木山層平均數值為 2.44，淘選度差。
- (3) 大寮層平均數值為 4.10，淘選度較好。

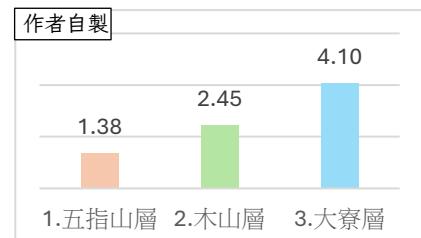


圖 4-17 平均淘選度

敲碎的碎屑樣本在經過五個篩網，共有 6 個分類，結果發現（圖 4-17）：

- (1) 五指山層顆粒分布較散，符合淘選度較差，與數位顯微鏡觀測符合（圖 4-18）。
- (2) 木山層顆粒分布集中在粗砂，符合淘選度較大寮層差些（圖 4-19）。
- (3) 大寮層顆粒分布則集中在細砂跟極細砂，也吻合數位顯微鏡觀測結果，即大寮層淘選較佳（圖 4-20）。

表 8 五指山層、木山層與大寮層粒徑過篩碎屑重量分布

岩層	重量/比例	小礫	極粗砂	粗砂	中砂	細砂	極細砂
1. 五指山層 貴子坑	重量(g)	0.9g	4.9 g	8.6g	4.8g	2.3g	1.1g
	比例(%)	(3.98%)	(21.68%)	(38.05%)	(21.24%)	(10.18%)	(4.87%)
2. 木山層 軍艦岩	重量(g)	0.0 g	0.0 g	0.04 g	16.7 g	4.5 g	1.1 g
	比例(%)	(0.00%)	(0.00%)	(0.18%)	(74.75%)	(20.14%)	(4.92%)
3. 大寮層 芝山岩	重量(g)	0.0 g	0.0 g	0.0 g	0.7 g	12.3 g	7.5 g
	比例(%)	(0.00%)	(0.00%)	(0.00%)	(3.41%)	(60.00%)	(36.59%)

註: 木山層粗砂因測量重量小於磅秤最低數值的 0.1g，故預估最多不大於 0.04g

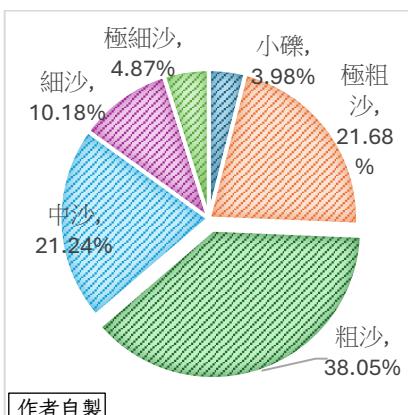


圖 4-18 貴子坑粒徑比例

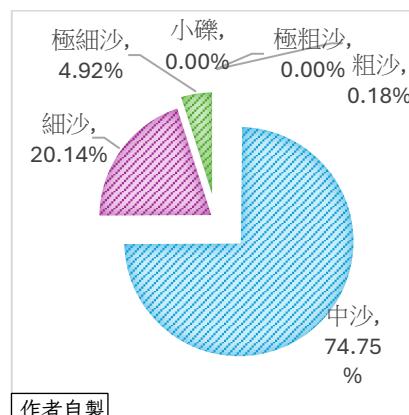


圖 4-19 軍艦岩粒徑比例

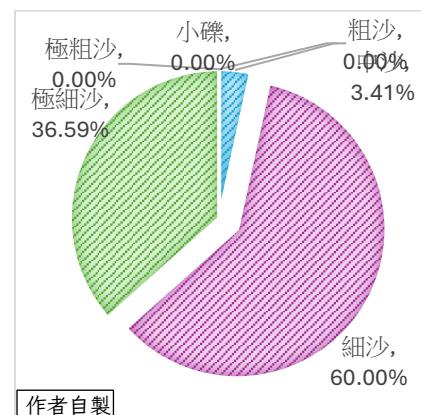


圖 4-20 芝山岩粒徑比例

3. 球度

因尚未發現能快速、有效且可數據化的球度分析方法對比觀察數據且三個岩層碎屑顆粒，主要由正方體及球體居多，而未有較多的有特定方向排列的長扁狀或橢圓狀顆粒，故僅由以下整體觀察結果：

五指山層樣本顆粒普遍球度較低，木山層稍好些，大寮層最好。

4. 淘選度與圓度關聯性

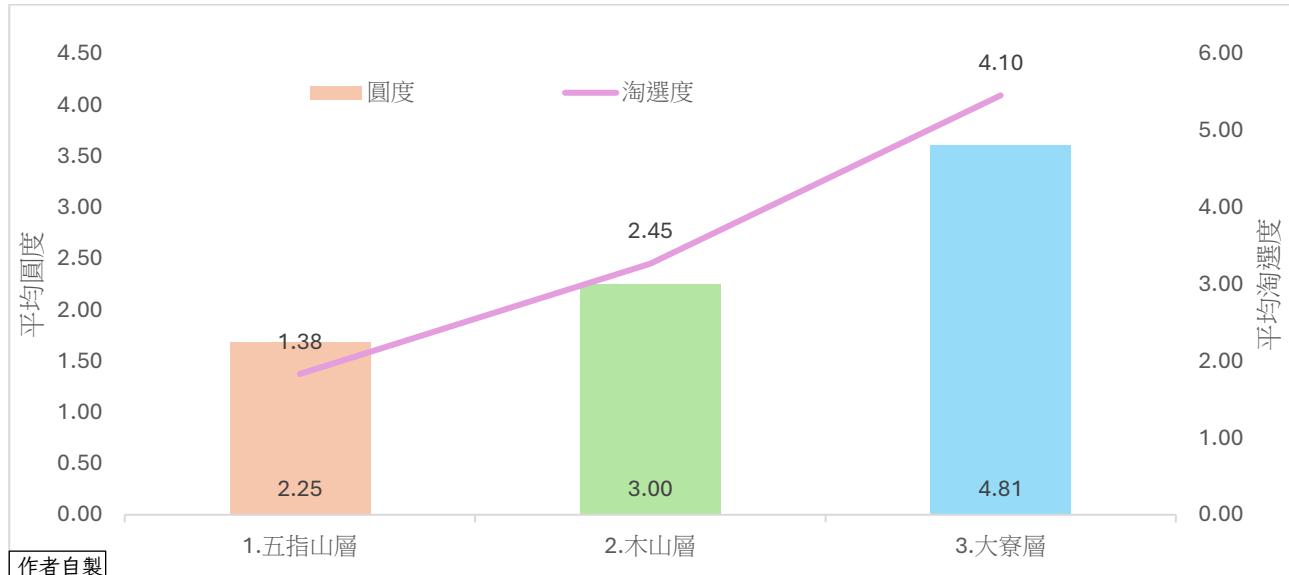


圖 4-21 岩層圓度與淘選度分析表

五指山層、木山層與大寮層中圓度與淘選度有相同的對應現象（圖 4-21）；當淘選度越好，其顆粒也越圓，符合沉積物從母岩風化後經水流搬運至河流直至海岸的一個自然磨圓、淘選現象。就好比剛從露頭處崩落的岩石稜角會較多，而在海邊礫石灘中撿到的卵石則較平滑且較圓或橢圓。

(四) 數位顯微鏡中的研究限制

在數位顯微鏡觀測中，設備僅能在大約 50 倍與 200 倍時達到最清晰的效果。因五指山層、木山層與大寮層的粒徑差異較大，當把所有樣本均採用相同的倍率如 50 倍放大左右時，細小如大寮層的顆粒尺寸難以精確觀測，易導致判讀失準或誤差。而如果改採用 200 倍左右時，則在五指山層與木山層能觀看到的顆粒數量則較少。為確保數據的可靠性，本研究針對每個顯微鏡拍攝點，選取 10 顆砂粒進行粒徑分析。未來若能克服觀測技術問題，對照片中所有顆粒皆在相同倍率進行全面測量，或是利用 AI 輔助，將可獲得更為精準的數據與詳細的粒徑分佈。

三、運用粒徑、圓度、球度與淘選度對各岩層沉積環境的推斷

透過對五指山層、木山層與大寮層的觀察，作者發現其圓度與淘選度呈現一個明確的規律：這三層沉積年代越年輕，顆粒的圓度與淘選度越高。然而，粒徑卻展現出相反的趨勢，即這三層沉積年代越古老，其粒徑越大，且淘選度也越差（圖 4-22）。

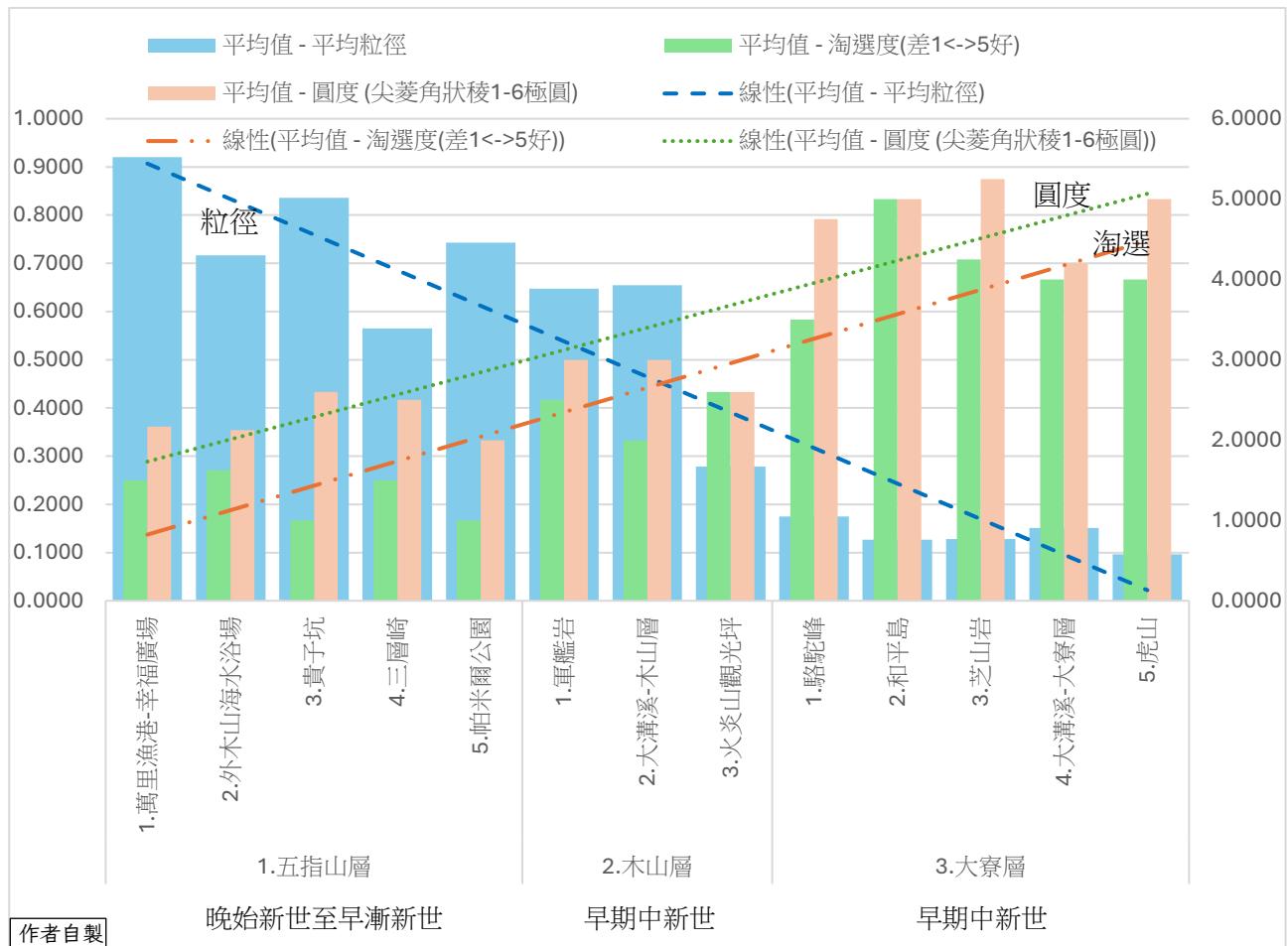


圖 4-22 各岩層圓度與淘選度分析表。這三層沉積年代越老，其粒徑越大，圓度與淘選度越差。沉積年代越年輕，粒徑越小，越圓，淘選度也越好。

此現象似乎可以印證砂粒在水流搬運過程中的物理特性。當砂粒被雨水沖刷並移動得越遠，它們相互摩擦的次數便越多，這不僅會使其邊緣變得更圓滑，粒徑也會因此變小。此外，長距離的搬運過程有助於將大顆粒與小顆粒有效分離，從而使淘選度更佳、顆粒分佈更均勻。以此推論，砂粒的圓度越好，便代表其經歷了更多次的相互摩擦、整平與粒徑縮小，同時也意味著其距離物源地也越遠。

基於上述分析，可以推斷五指山層的沉積環境相較於木山層更偏向於陸地，而大寮層較木山層更偏向海洋。這與文獻中陳文山（2016）及黃鑑水（2005）對五指山層和木山層歸類為河流或濱海環境、大寮層歸類為海相的敘述吻合。進一步延伸，含有化石的大寮層應代表淺海沉積環境，木山層則較為靠近陸地（三角洲沉積環境），而五指山層則較木山層位於更往內陸的沉積環境（圖 4-23）。

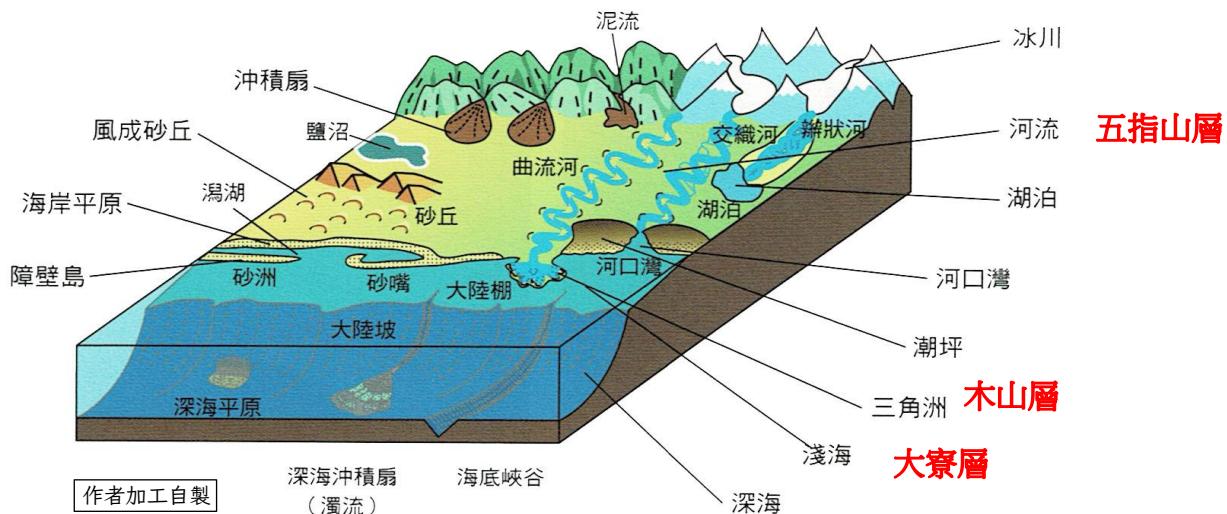


圖 4-23 常見的沉積環境分布圖〔劉聰桂，2018〕

四、研究限制與未來展望

本研究在樣本數量與分析設備與技術方面仍有提升空間，未來可進一步擴展研究方法，提升數據精確性：

(一) 樣本採集範圍擴展

本研究著重於收集粒徑數據以做岩層的分類與辨別的可行性探討；故僅先對五指山層、木山層與大寮層進行研究。未來可擴展至臺灣北部的七個三次海進海退的老地層，建立更完整的顆粒粒徑數據庫，同時驗證顆粒粒徑是否在經歷海進海退的過程後，仍能作為區分岩層的依據。

(二) 岩石膠結程度研究

在敲碎樣本取得碎屑顆粒時發現，如能採用更具科學化的方法，對於岩石樣本的膠結程度進行數據記錄與分析，應可對岩石的膠結度與抗風化程度能更加理解，並確認是否也能幫助岩層的辨別。

伍、結論

本研究透過實地野外地質調查、樣本採集，並利用數位顯微鏡對沉積岩的粒徑、圓度及淘選度進行分析，結合相關文獻資料，最終歸納出以下三項研究結論：

一、五指山層、木山層與大寮層的粒徑及圓度

五指山層、木山層與大寮層的粒徑有明顯的差異。五指山層的平均粒徑介於 0.5650mm 至 0.8937mm（粗砂）之間；木山層的平均粒徑則在 0.2786mm 至 0.5836mm（中砂到粗砂）之間；而大寮層的平均粒徑最細，介於 0.0962mm 至 0.1749mm（極細砂到細砂）之間。值得注意的是，各層平均粒徑範圍並無明顯重疊；此結果，同時印證了文獻中所述粒徑大約自西北向東南逐漸變細的趨勢，支持地層沉積物來自西北向東南搬運的假說，與前人研究一致。此外，三個岩層的顆粒圓度與淘選度亦存在明顯差異。透過大溝溪同時採集到兩種不同岩層（木山層和大寮層）樣本的實例，驗證了這些特徵在野外辨別上的實用性。未來，在臺灣北部其他地點進行地質調查時，初學者可靈活應用這些顆粒特徵，作為辨別五指山層、木山層與大寮層的相關依據。

二、五指山層、木山層與大寮層的沉積環境推演

五指山層、木山層與大寮層的粒徑、圓度與淘選度，都符合母岩風化後經雨水沖刷與搬運至最終沉積環境的演變過程。由於這三個岩層的沉積年代相近且具有連續性，其顆粒直徑、圓度與淘選度均有相關性趨勢，因此可推斷含有海膽化石的大寮層屬於淺海沉積環境；木山層則位於較接近陸地的沉積環境；而五指山層則處於較木山層更往陸地的沉積環境。

這三個地層的沉積環境演變，反映了臺灣北部地區從河流或濱海（五指山層），轉變為濱海-三角洲-淺海的過渡環境（木山層），再轉變為海相沉積環境（大寮層）的過程（陳文山，2016）。這種演進的過程，顯現了先是由淺逐步變深的一種相對海進的沉積環境演化；根據我們的觀察：沉積物也逐步由粗顆粒、圓度差及淘選差（五指山層），轉變成中等粒度、圓度較佳及淘選較佳（木山層），最後則是細顆粒、圓度佳及淘選佳（大寮層）的淺海沉積環境的一個完整進程。

三、研究貢獻與應用價值

本研究以大寮層周邊沉積岩粒徑分析為核心，驗證了芝山岩與野柳的地層關聯，並建立臺灣北部五指山層、木山層與大寮層沉積岩的粒徑數據。透過調查大溝溪親水步道時驗證粒徑數據有利於快速辨別不同岩石的所屬地層，此研究結果可應用於地質調查、都市規劃、坡地安全監測與地景保育，為未來地質環境管理提供參考依據。

陸、 參考文獻資料

社團法人中華民國自然步道協會（無日期），芝山岩步道，取自

https://www.naturetrail.org.tw/trail_view.php?id=11

阿山的地質研究室，野柳岬地質公園，國立臺灣大學地質科學系，日期未知，取自：

http://ashan.gl.ntu.edu.tw/chinese/GeoPark/YehLiu/index-YehLiu_main01.html# : ~ : text=大寮
層的砂岩，海底的眾多生物擾動

陳文山（2016），臺灣地質概論，中華民國地質學會。

黃鑑水（2005），五萬分之一臺灣地質圖說明書-臺北第三版，經濟部中央地質調查所。

黃鑑水、徐炳盛與曹恕中（2008），臺灣地質旅遊，初版，台北市，科技圖書股份有限公司
出版，第 18 頁。

劉聰桂（2018），普通地質學，臺大出版中心。

經濟部地質調查及礦業管理中心（無日期），地質資料整合查詢，取自：

<https://geomap.gsmma.gov.tw/gwh/gsb97-1/sys8a/t3/index1.cfm>

羅予婷、林映萱、鍾忻芳（2015），老天爺也愛戳戳樂？－瑞里蝙蝠洞的地質調查研究，
中華民國第 55 屆中小學科學展覽會 作品說明書。

Boggs, Sam Jr. (2014), Principles of Sedimentology and Stratigraphy, Fifth Edition, Pearson New
International Edition.

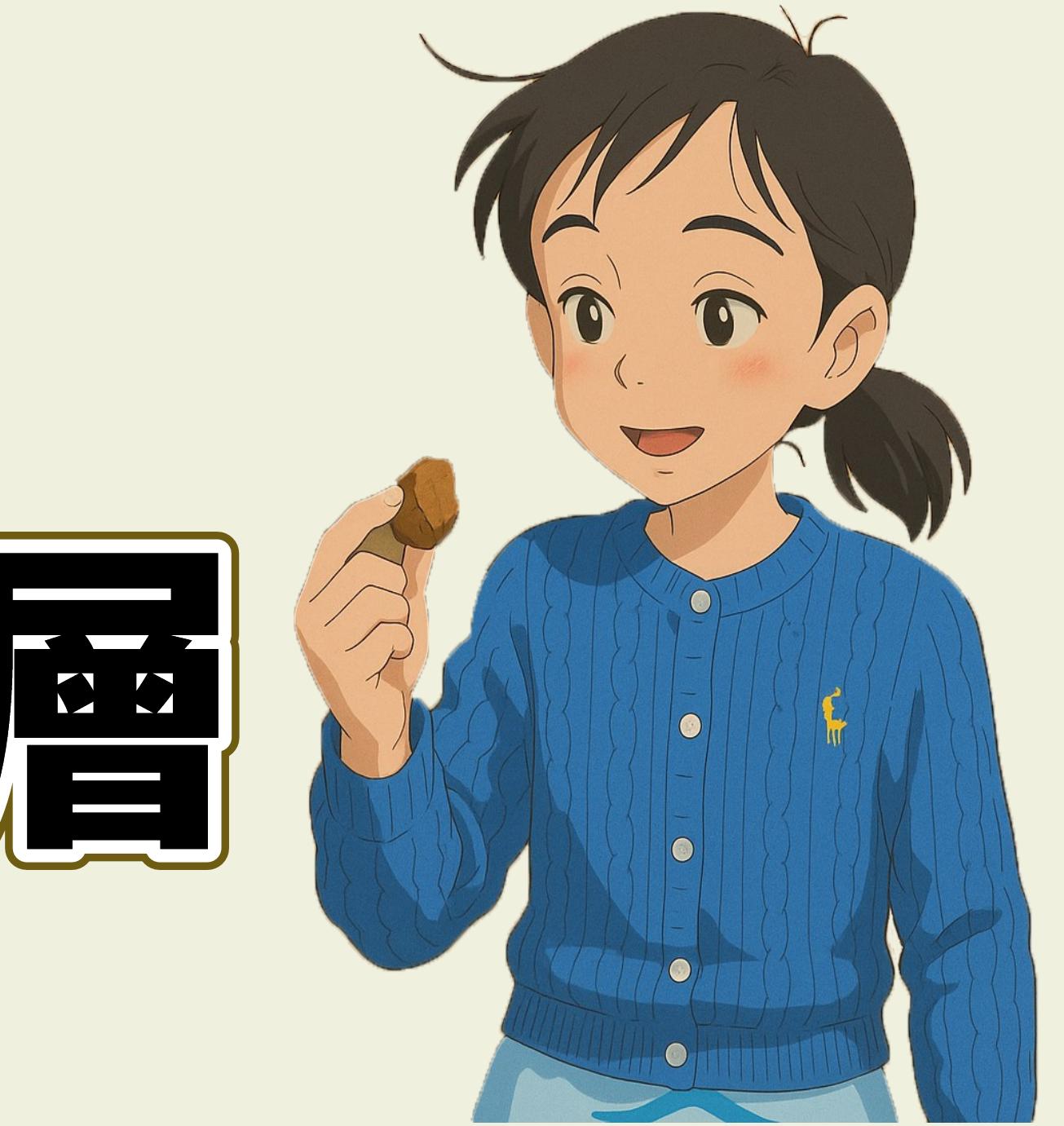
【評語】080505

研究主題與鄉土相關，採集不同地層的岩石，進行野外觀察與分析。之後再進行樣品製備與研磨，分析該地層可能之粒徑。報告過程與結果說明清楚，值得鼓勵。不過，由於分析方法限制了粒徑分析的結果，對於現在獲得之討論與結論，就稍嫌薄弱，未來可以利用不同儀器進行分析。

作品海報



從芝山岩出發 探討臺灣北部老地層



摘要

本研究從芝山岩周邊地層為起點，針對臺灣北部五指山層、木山層及大寮層進行分析。透過野外實地採集與數位顯微鏡分析，統計各岩層沉積砂岩顆粒的平均粒徑、圓度及淘選度，並設法重建其沉積環境。結果顯示：

- 五指山層粒徑最大 (0.5650–0.8937mm)，淘選與圓度皆最低，反映其為搬運距離短的河道到濱海沉積。
- 木山層粒徑居中 (0.2786–0.5836mm)，淘選與圓度中等，較符合濱海環境特徵。
- 大寮層粒徑最小 (0.096–0.1749mm)，淘選與圓度最佳，並含化石（海膽），證實其為經長距離搬運的淺海沉積物。

此外，顆粒粒徑與緯度呈現關聯性，越往北粒徑越大，暗示漸新世到早中新世期間沉積物可能自西北向東南搬運。本研究亦提出可利用砂岩平均粒徑數據應用於五指山層、木山層及大寮層的地層判讀及野外調查。

壹、前言

一、研究動機

來到芝山岩，發現了海膽化石，引起我們研究起大寮層並調查和收集不同地點的岩石樣本的動機。我們利用數位顯微鏡，觀察岩石裡的顆粒，發現顆粒的粒徑在文獻中沒有很好的統整。芝山岩附近的軍艦岩、貴子坑，地理雖近，但不同岩層且特徵也不同，而顆粒粒徑也大為不同。以粒徑為出發點觀察岩石，用此數據來辨別不同的岩層。

二、研究目的

- (一) 探討臺灣北部五指山層、木山層與大寮層的沉積岩粒徑、圓度及淘選度
- (二) 五指山層、木山層與大寮層的沉積環境之比較

貳、研究過程

一 野外地點篩選

二 野外地質調查

1. GPS地點與地礦中心資料核實
2. 露頭等觀察與拍照記錄
3. 露頭周邊非破壞性樣本採集



三 樣本清洗與整理



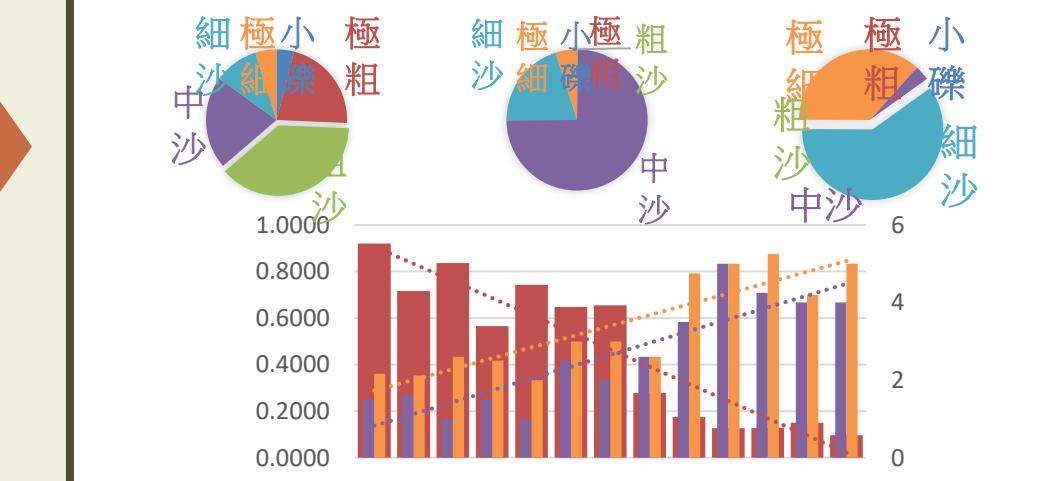
五 敲碎粒徑分布分析



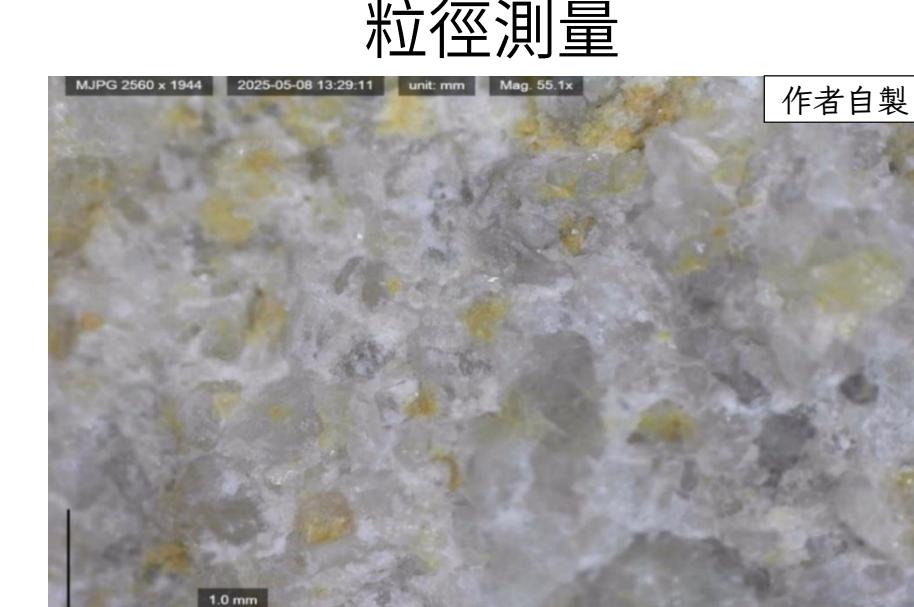
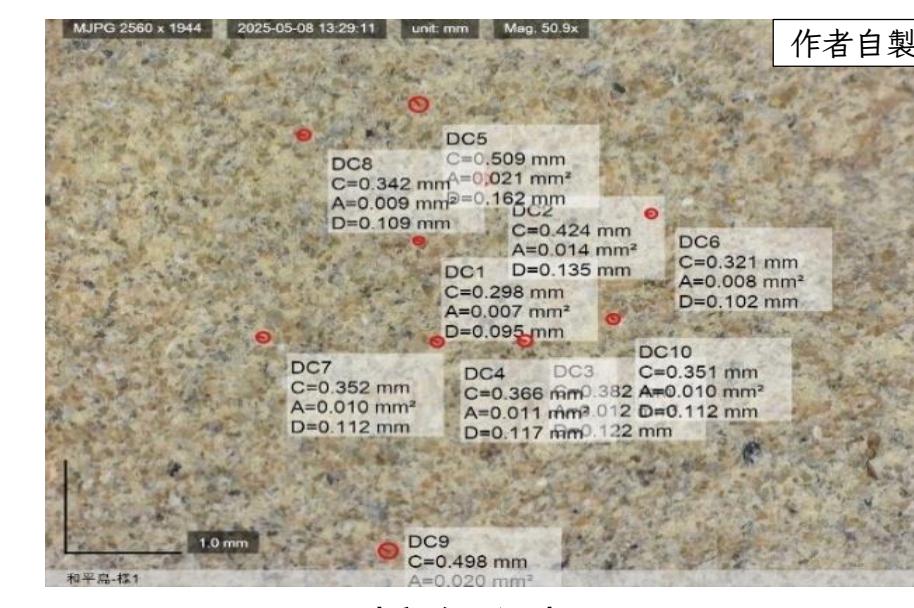
六 分析與測量



七 數據的統計與整理



四 數位顯微鏡觀察



八 分析與文獻探討

	五指山層	木山層	大寮層
年代	晚始新世到晚漸新世	早期中新世	早期中新世
基本外觀	普遍偏白	偏白	偏黃，水平紋理
主要平均粒徑範圍	0.5650 mm 至 0.8937 mm (粗砂)	0.2786 mm 至 0.5836 mm (中砂到粗砂)	介於 0.0962 mm 至 0.1749 mm (極細砂到細砂)
顆粒圓度	2.25, 普遍稜角狀	3.00, 次稜角狀	4.81, 圓狀
淘選度	1.38, 極差	2.44, 差	4.10, 好
樣本與野外手感	粗糙、有顆粒感，淘選度不佳。在岩石中容易發現大顆粒甚至細礫大小 (4~64mm)	粗糙，顆粒以較細小較有稜角	細緻，均勻，搓揉時有細砂粉化殘留在手上
紋理特徵	樣本無明顯紋理	樣本無明顯紋理	樣本多有層次感紋理
是否含化石	無	無	有
沉積環境推演	河流或濱海	濱海-三角洲-淺海的過渡環境	海相：淺海環境

圖1. 研究流程

參、結果與討論

研究一：粒徑



圖2.貴子坑樣4



圖3.軍艦岩樣2



圖4.駱駝峰樣4

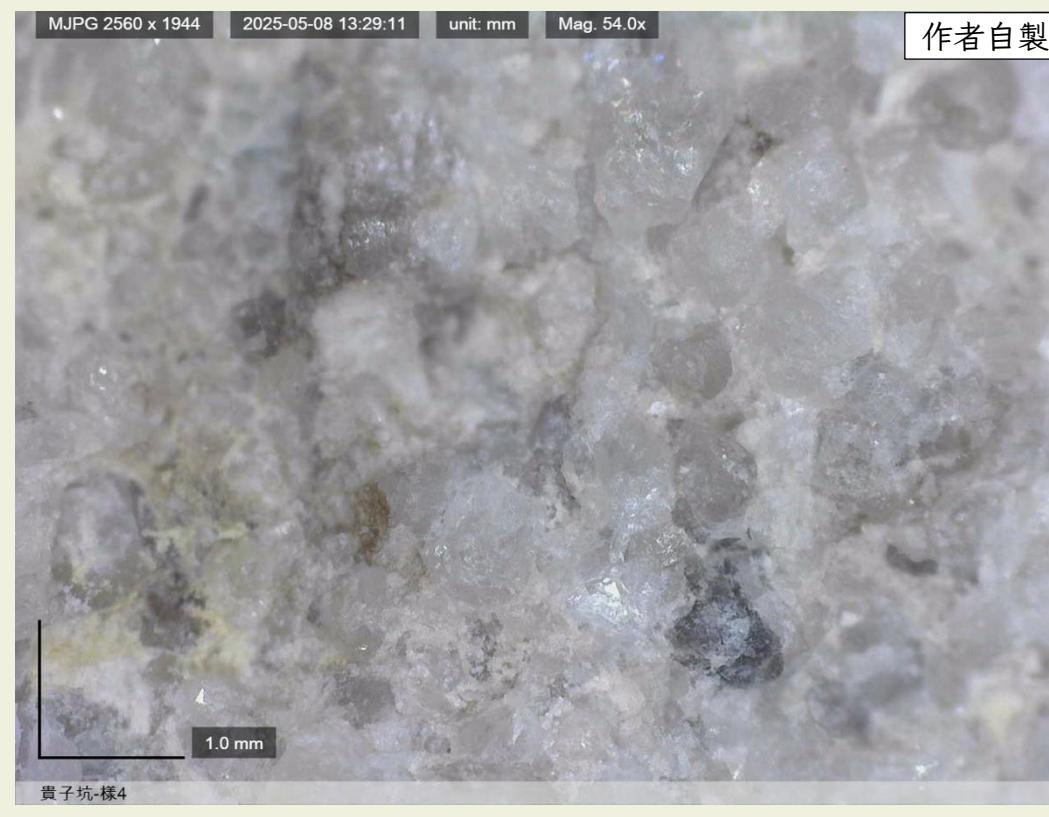


圖5.貴子坑樣4粒徑

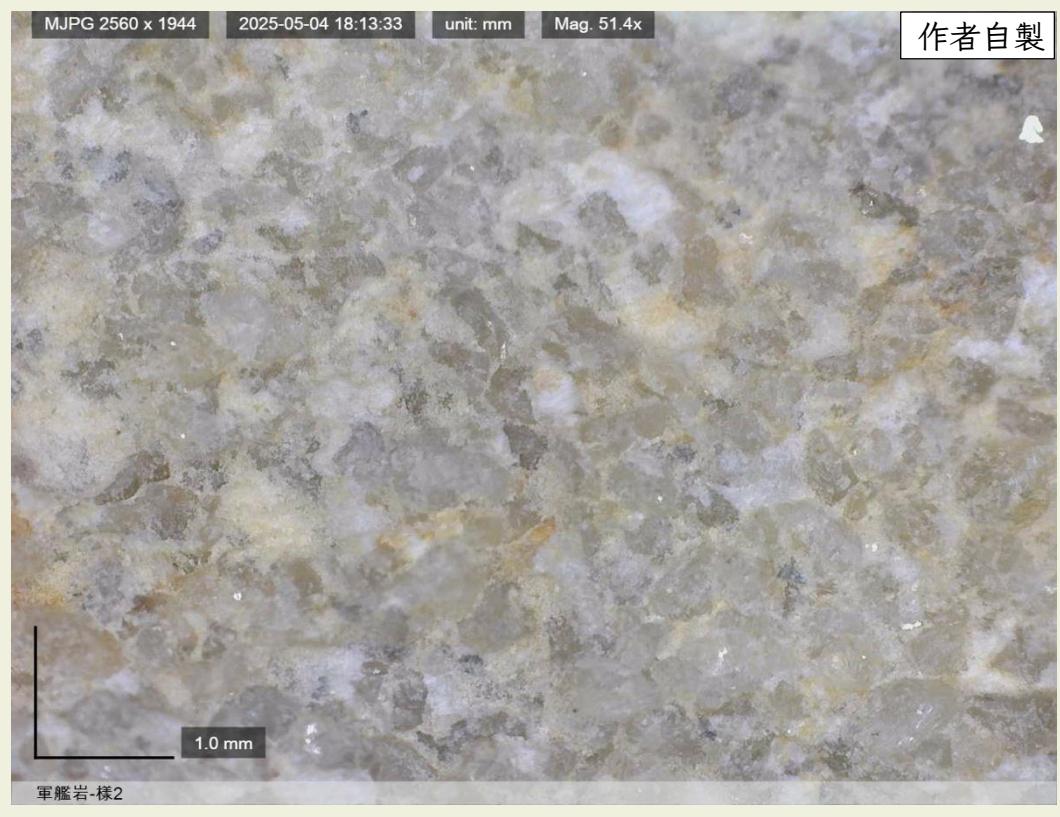


圖6.軍艦岩樣2粒徑

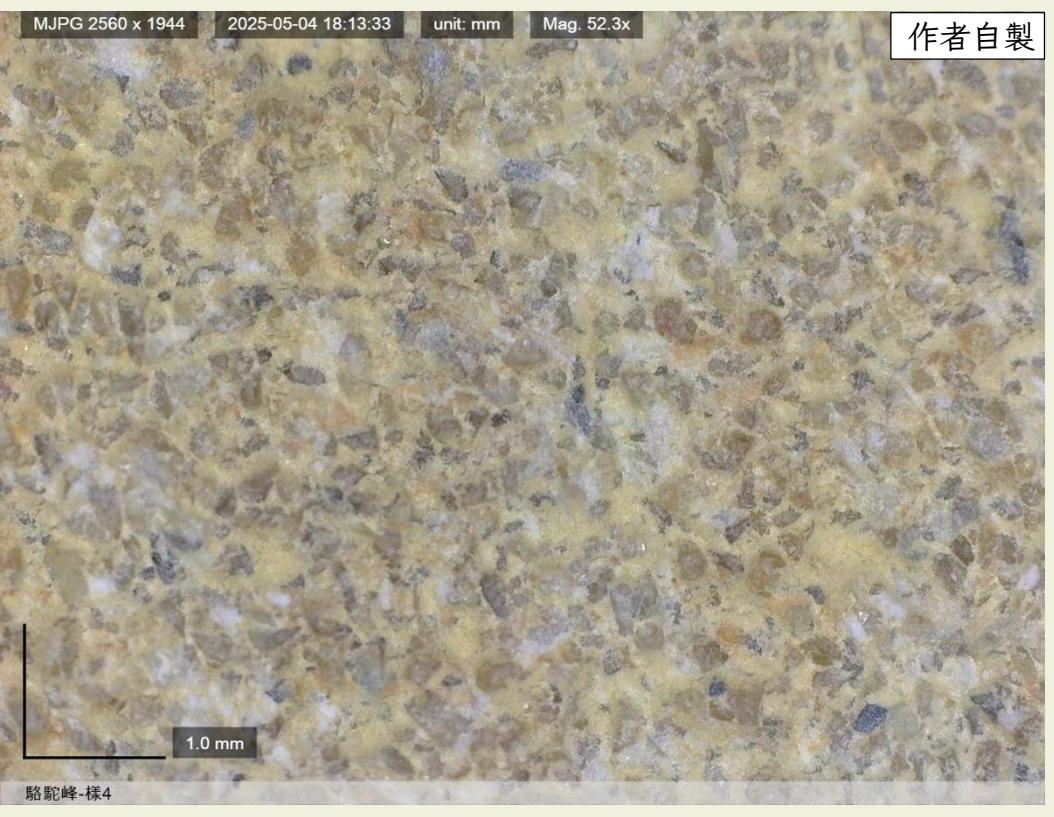


圖7.駱駝峰樣4粒徑

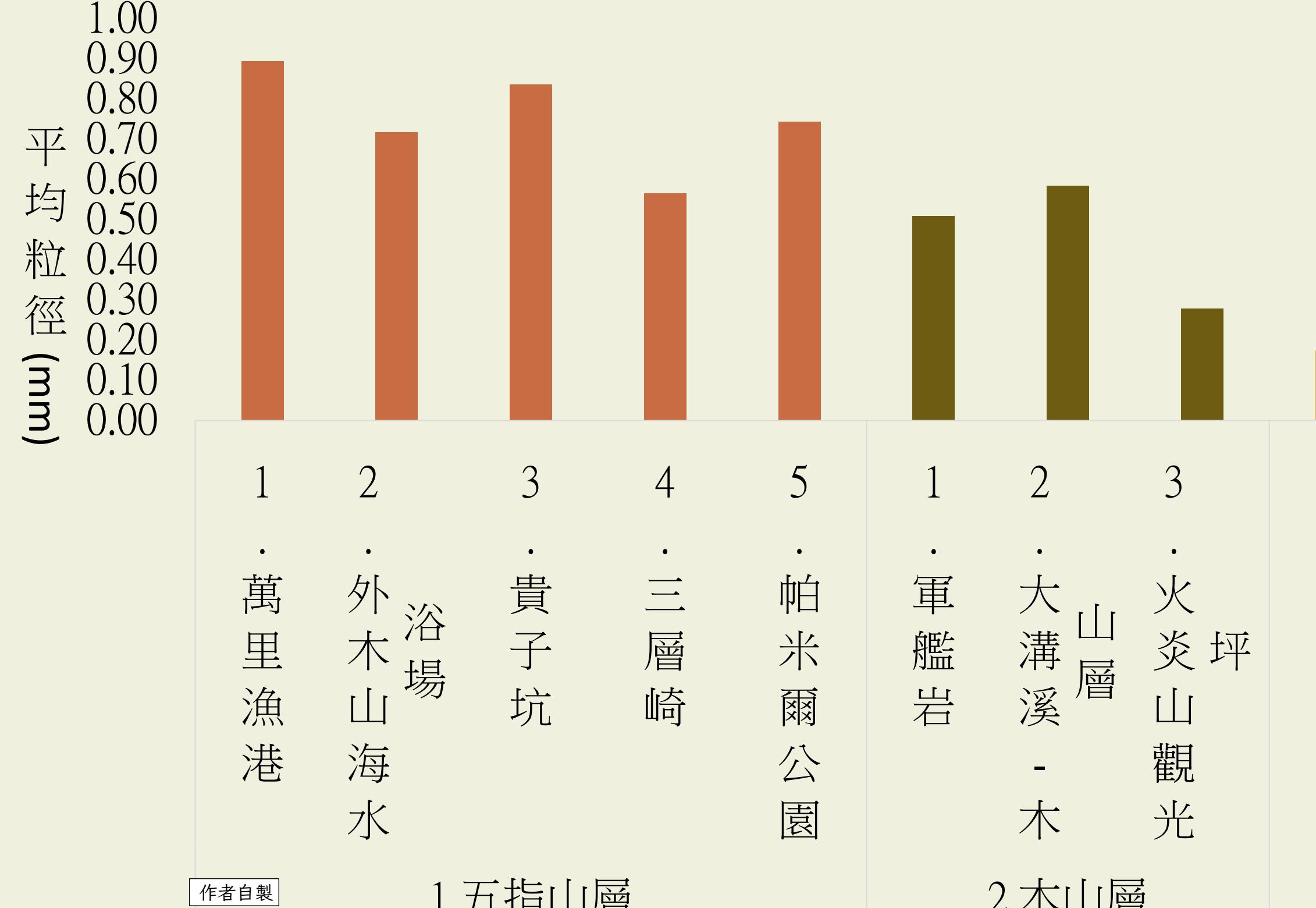


圖8. 平均粒徑

表1 碎屑沉積物粒徑粗細分級 (Boggs, 2014)

沉積物別名	沉積物名稱	粒徑 (單位: mm)
岩石	巨礫	≥ 256
	中礫	64~256
	細礫	4~64
	小礫	2~4
砂	極粗砂	1.0~2.0
	粗砂	0.5~1.0
	中砂	0.25~0.50
	細砂	0.125~0.25
	極細砂	0.0625~0.125
泥	粉砂	0.0039~0.0625
	黏土	<0.0039

註：資料譯自（表3-1, 第45頁）Boggs (2014) *Principles of Sedimentology and Stratigraphy, Fifth Edition, Pearson New International Edition*。

一、五指山層

0.4067mm (中砂) 至 1.2328mm (極粗砂)
平均值為0.7794mm (粗砂)

二、木山層

0.2349mm (細砂) 至 0.5836mm (粗砂)
平均值為0.4441mm (中砂)

三、大寮層

0.0658mm (極細砂) 至 0.2595 mm (中砂)
平均值為0.1370mm (細砂)

研究二：淘選度及圓度

淘選度

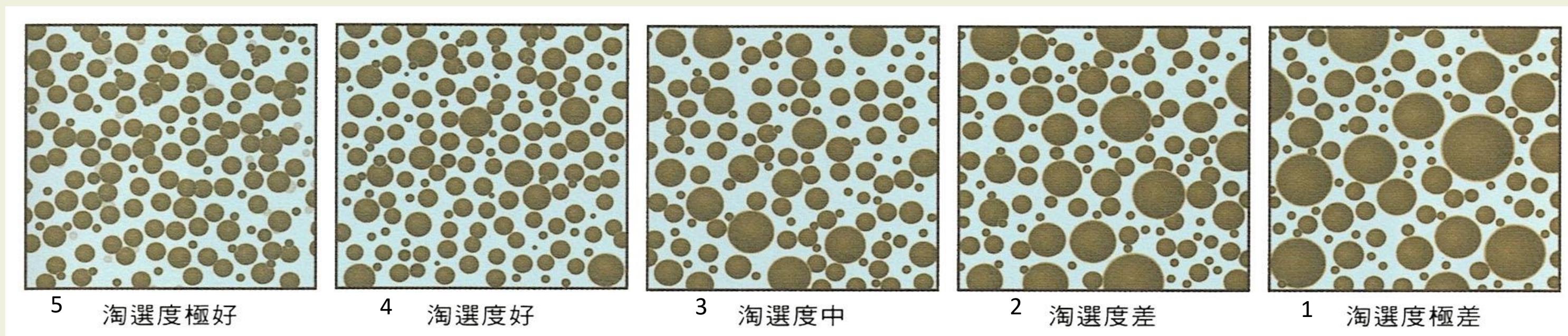


圖9. 沉積物的淘選度。淘選度越差，代表沉積物粒徑差異越大 (劉聰桂, 2018)



圖11.貴子坑樣4淘選度



圖12.軍艦岩樣2淘選度

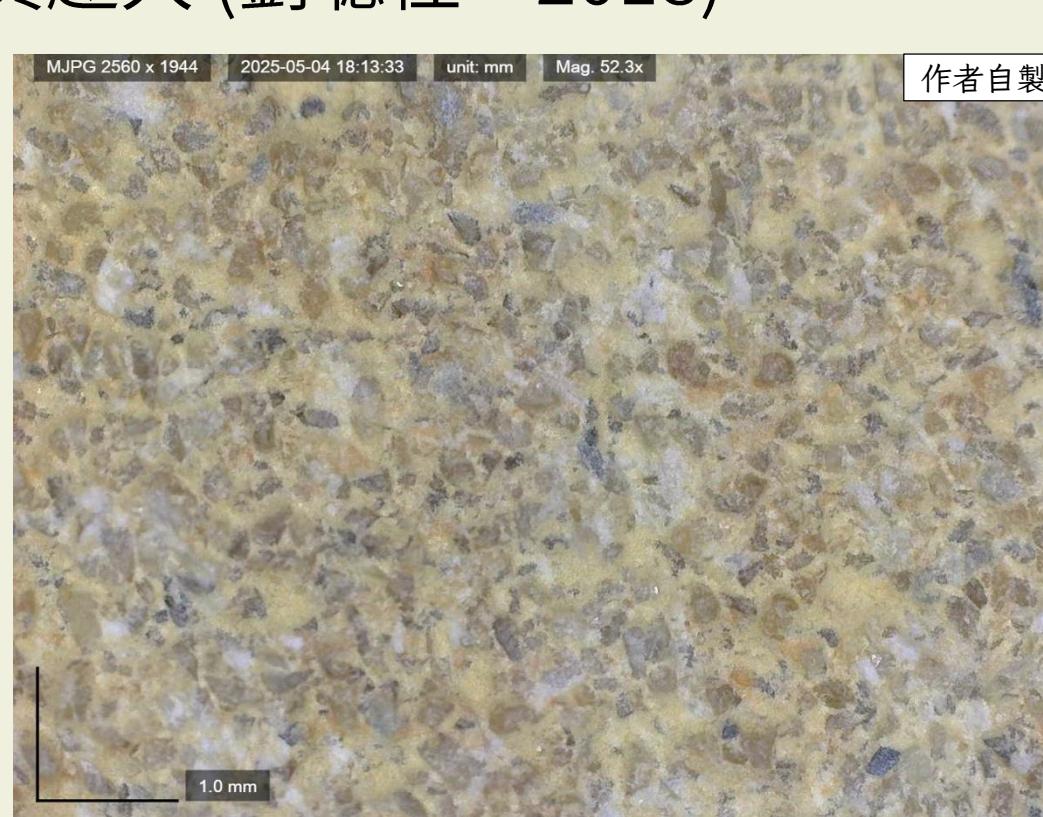


圖13.駱駝峰樣4淘選度

(一) 五指山層

淘選度平均數值為1.38，淘選度極差。碎屑集中在中沙 (74.45%) 小礫到極細砂都有。與細沙 (20.14%)。

(二) 木山層

淘選度平均2.45，淘選度中。碎屑集中在中沙 (74.45%) 與細沙 (20.14%)。

(三) 大寮層

淘選度平均4.10，淘選度好。過篩碎屑物集中在細沙 (60%) 及極細砂 (36.59%)。

一、以數位顯微鏡目測與評估淘選度



圖10.平均淘選度

二、利用敲碎的碎屑物過篩後秤重量化粒徑

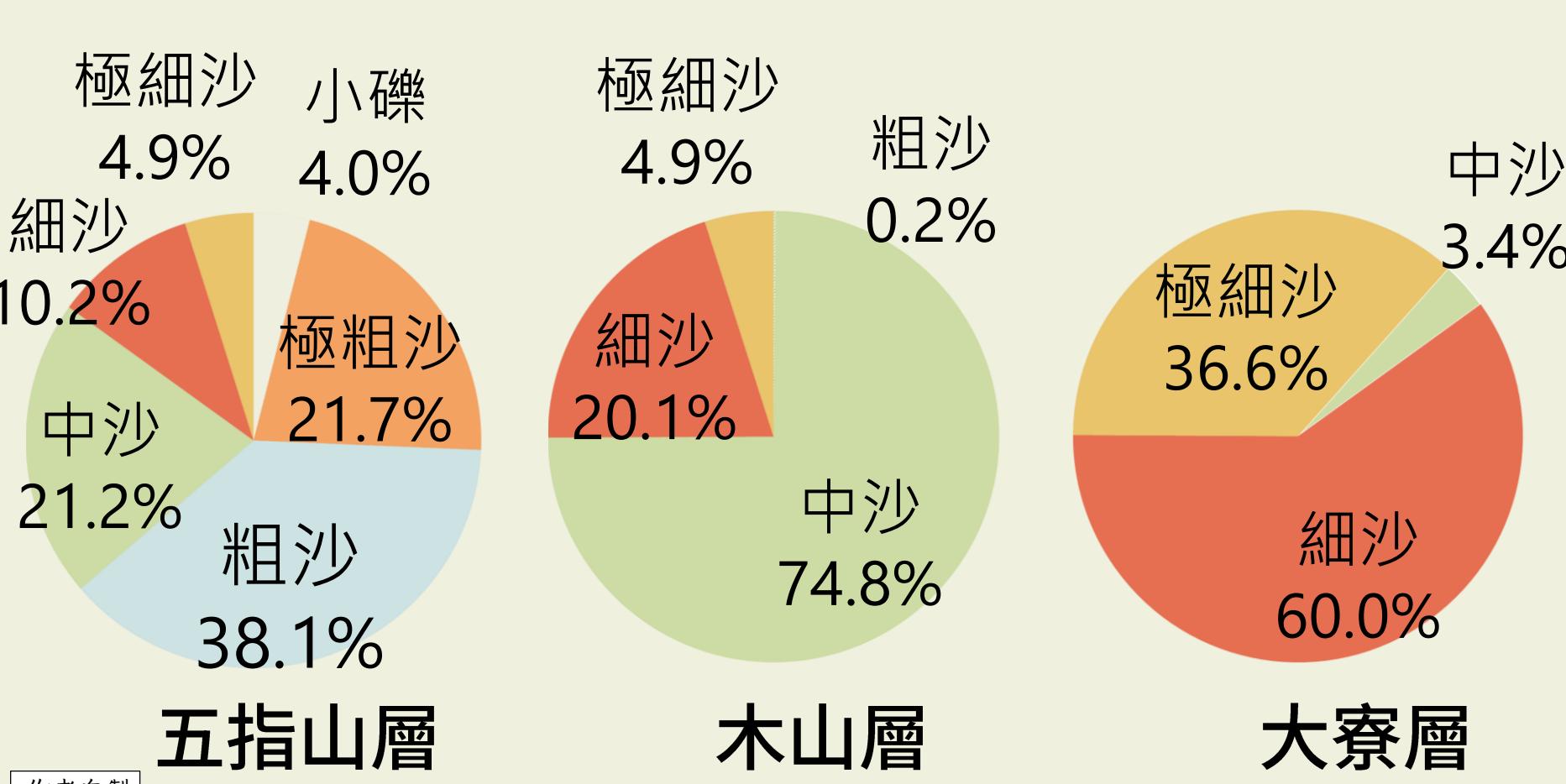


圖14. 各岩層顆粒重量分布

淘選度

五指山層最差，其次木山層，而大寮層最佳。這代表五指山層經流水運輸的淘選過程較短，離母岩較近。以此類推其沉積環境五指山較木山層上游，木山層則較大寮層上游。

圓度



圖15. 沉積物顆粒的圓度及球度(取自劉聰桂, 2018)

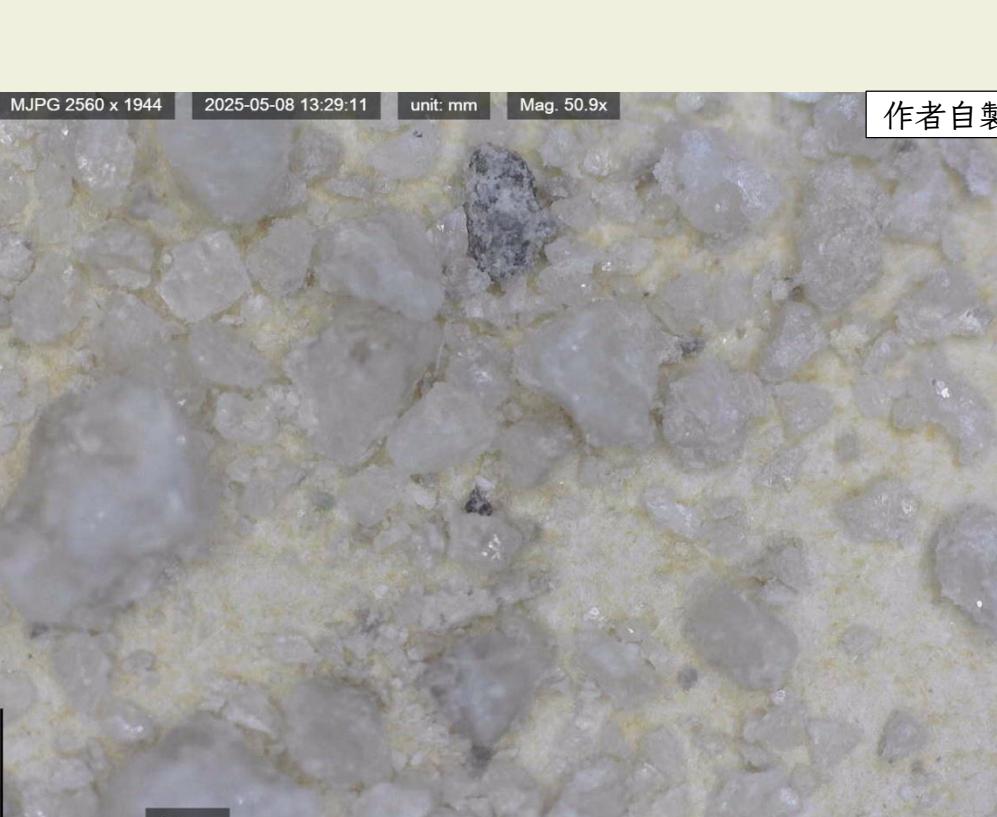


圖17.貴子坑樣4圓度分析

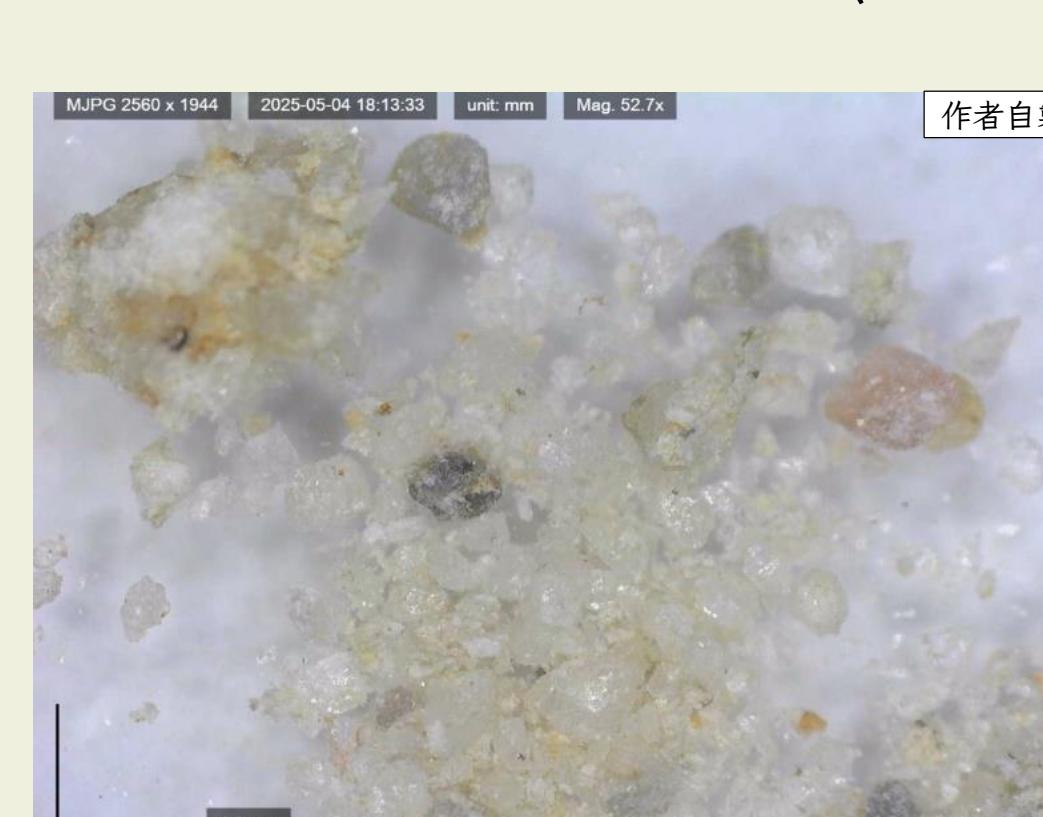


圖18.軍艦岩樣2圓度分析



圖19.駱駝峰樣4圓度分析

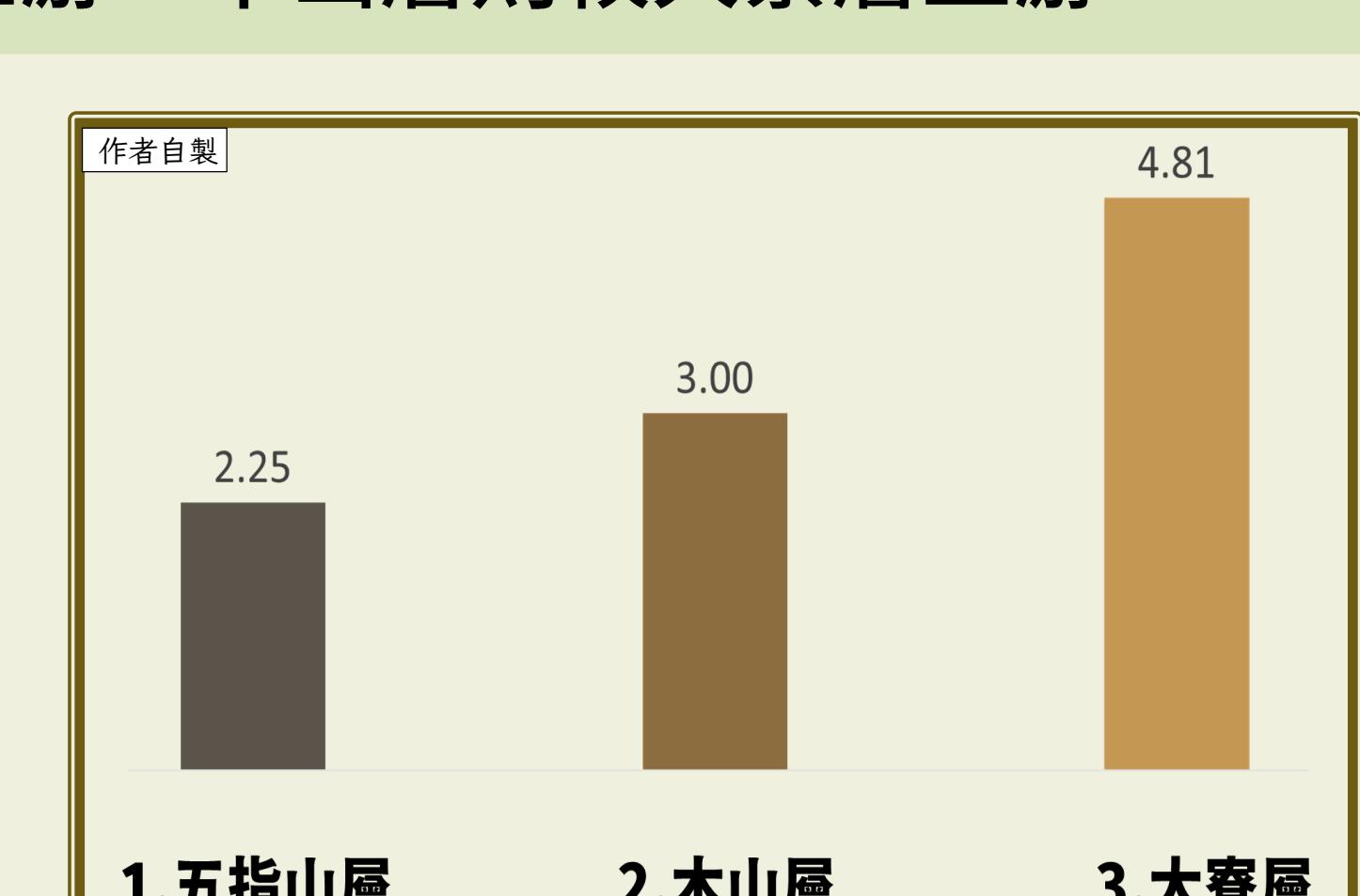


圖16. 平均圓度

圓度

五指山層顆粒的稜角最多，其次為木山層，而大寮層最圓。

研究三：沉積環境的推斷

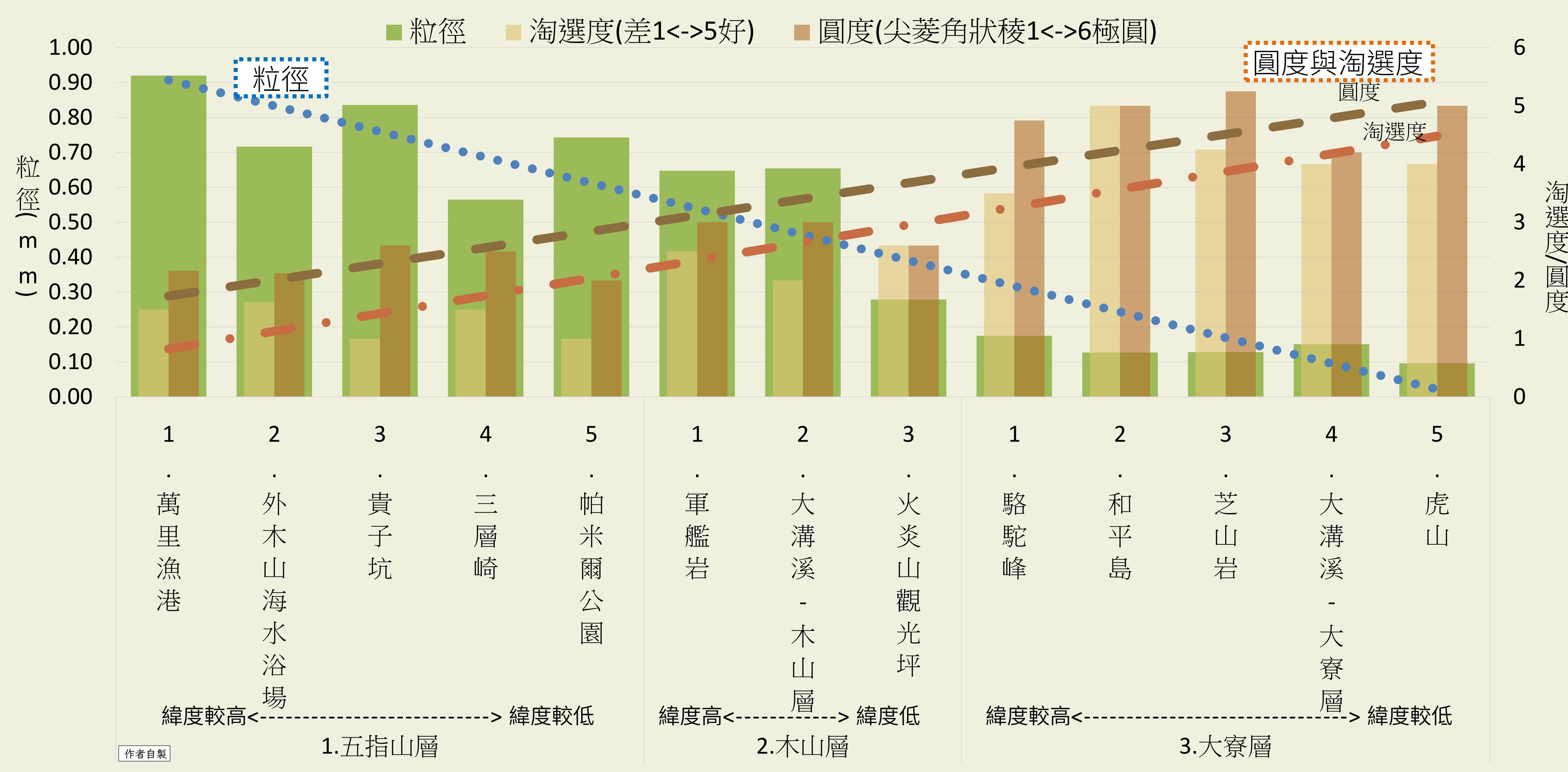


圖20.各岩層與調查點平均粒徑、淘選度與圓度趨勢圖

一. 沉積年代越古老，其粒徑越大、顆粒的圓度越低與淘選度越差。

二. 各岩層粒徑有緯度由高到低而逐步變細小的趨勢。

三. 沉積物因水流搬運過程越多或越遠則稜角會因磨蝕而變圓，因此推測大寮層沉積環境較木山層離源頭較遠，而五指山層則較木山層靠近源頭。

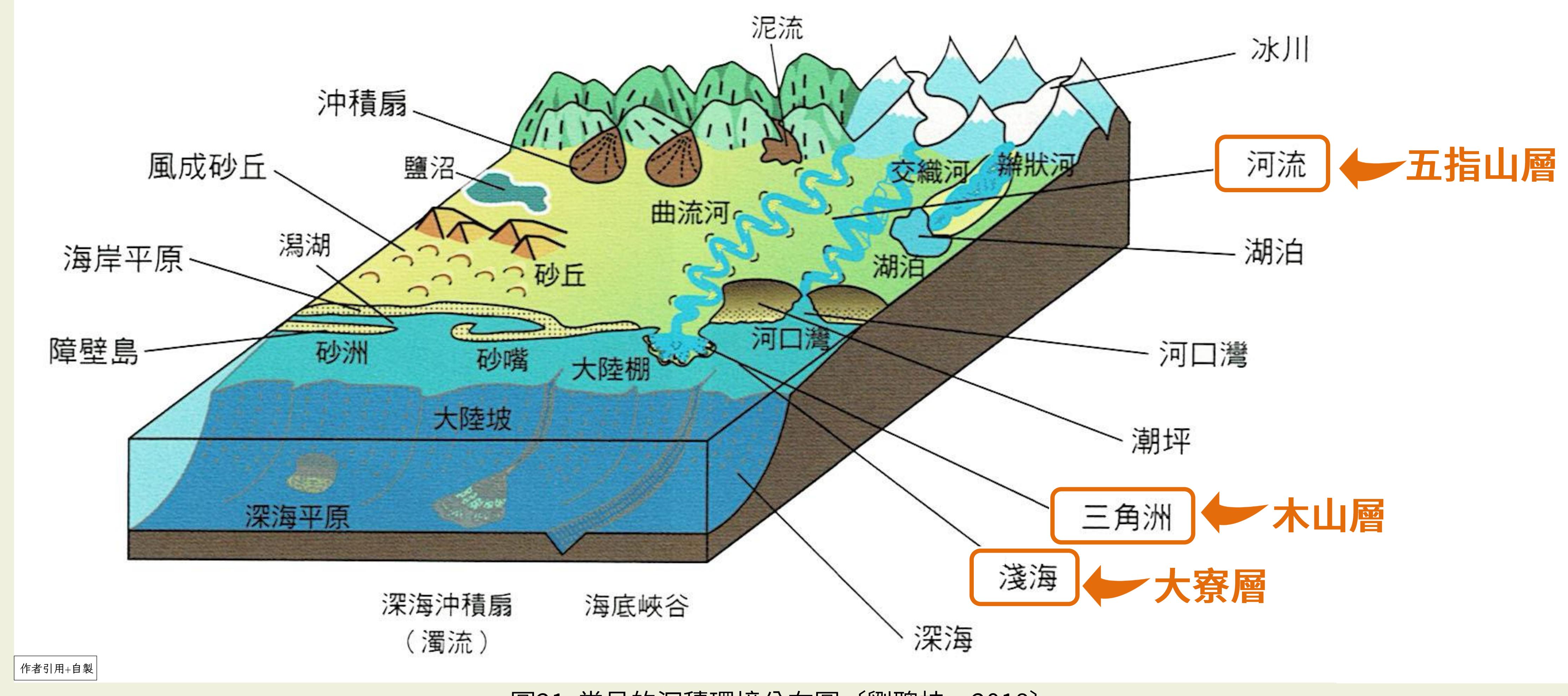


圖21.常見的沉積環境分布圖 (劉聰桂, 2018)

一. 經由粒徑、圓度及淘選度的數據分析，可以推斷五指山層的沉積環境相較於木山層更偏向於陸地，而大寮層較木山層更偏向海洋。這與文獻中陳文山 (2016) 及黃鑑水 (2005) 對五指山層和木山層歸類為河流或濱海環境、大寮層歸類為海相的敘述吻合。

二. 含有化石的大寮層應代表淺海沉積環境，木山層則較為靠近陸地（三角洲沉積環境），而五指山層則較木山層位於更往內陸的沉積環境（圖21）。

肆、結論

一. 本研究經野外實地地質調查、樣本採集，並利用數位顯微鏡對砂岩的粒徑、圓度及淘選度進行分析，發現五指山層、木山層與大寮層的平均粒徑範圍並沒有明顯重疊。各岩層粒徑大小的不同，與圓度與淘選度均有由粗砂到極細砂、由尖菱角狀到圓狀、淘選度極差到好的趨勢。結合採集點緯度由北到南的數據，印證了文獻中所述粒徑大約自西北向東南逐漸變細的趨勢，支持此三地層沉積物來自西北向東南搬運的假說，與前人研究一致。

二. 五指山層、木山層與大寮層因前人驗證沉積年代相近且具有連續性，本研究確認其樣本粒徑、淘選度、圓度均符合從母岩風化後經水流搬運到最終沉積環境的顆粒逐漸變細小、淘選變好、圓度變佳的過程。由於大寮層確認有海膽化石，屬淺海沉積環境，因此推斷木山層較大寮層接近陸地；而五指山層則較木山層更往陸地的沉積環境。

伍、參考資料

陳文山 (2016) , 臺灣地質概論, 中華民國地質學會。

黃鑑水 (2005) , 五萬分之一臺灣地質圖說明書-臺北第三版, 經濟部中央地質調查所。

劉聰桂 (2018) , 普通地質學, 臺大出版中心。

經濟部地質調查及礦業管理中心 (2025) , 地質資料整合查詢, <https://geomap.gsmma.gov.tw/gwh/gsb97-1/sys8a/t3/index1.cfm>

Boggs, Sam Jr. (2014) , Principles of Sedimentology and Stratigraphy, Fifth Edition, Pearson New International Edition.