

台灣省第四十二屆第三區高級中等學校 科學展覽會
作品說明書

科 別：地球科學科

組 別：高中組

作品名稱：礫石的前世今生

關鍵詞：礫岩、台地、河流（最多三個）

編 號：

（由國立臺灣科學教育館統一填列）

一、研究動機

其實在我們的生活中，不管是出去玩也好或是上學的路上也好，都會看到附近那一大片紅紅的大肚台地，在這紅土壤中裡面也摻雜了一顆顆大大的石頭！如此特殊的景觀讓我們想起了曾經在附近的三義台地也看過像這樣紅紅厚厚的岩層！我們心中便興起了一些疑問？究竟在這些看起來相似的三義台地與大肚台地有什麼關係呢？

二、研究目的

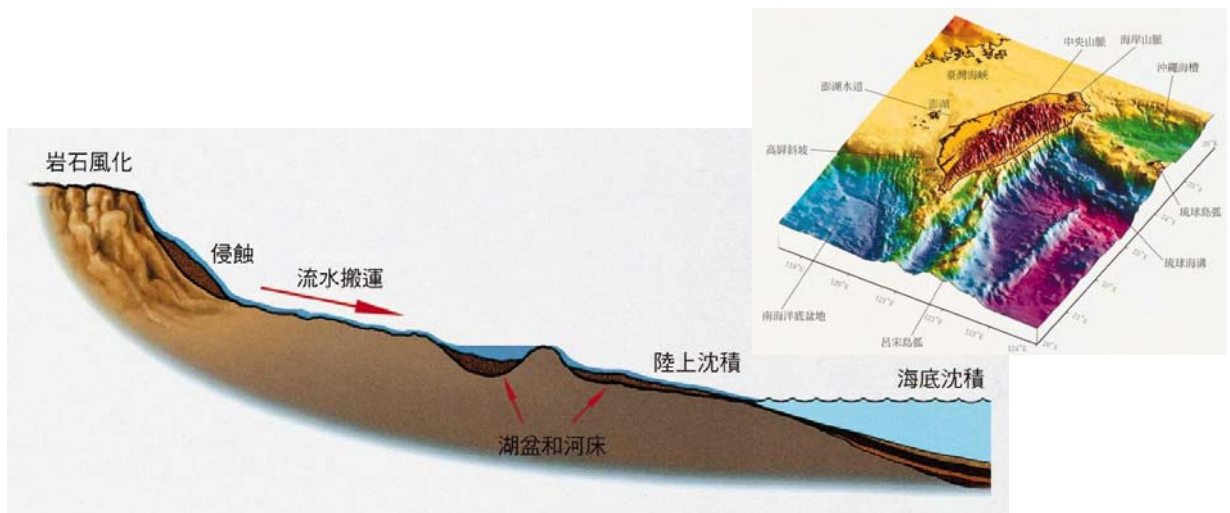
看起來相似的三義台地和大肚台地，其組成的礫石有什麼不同嗎？這些台地都是由過去的河流所堆積而抬升的，而他們鄰近的河川則是一直到今天仍然不停地將上游的岩層侵蝕、搬運並堆積到下游來，究竟這些看似相同的礫石可以為我們訴說怎麼樣的歷史故事呢？我們想知道：

- (一) 三義台地和大肚台地的礫石來自何處？
- (二) 從野外露頭看他們在沉積時候的環境為何？是否有不同？
- (三) 過去沉積在三義台地和大肚台地的礫石與現在河床裡正在沉積的礫石有什不同？
- (四) 從岩石薄片觀察各地看似相同的礫石裡有甚麼蹊蹺？

三、地質概況

(一) 台灣的形成

大約在一億五千萬年前，亞洲大陸不斷地開始受到河川的侵蝕、搬運、堆積，而這些大量的沉積物不斷地由西向東沉積在那淺平的大陸棚，形成了台灣島最古早的沉積岩與沉積地層。約在距今 600 百萬年前，菲律賓海板塊開始不斷地往西北方移動，而受擠壓的海底沉積物便隆起了！最早的台灣島就這樣形成囉！



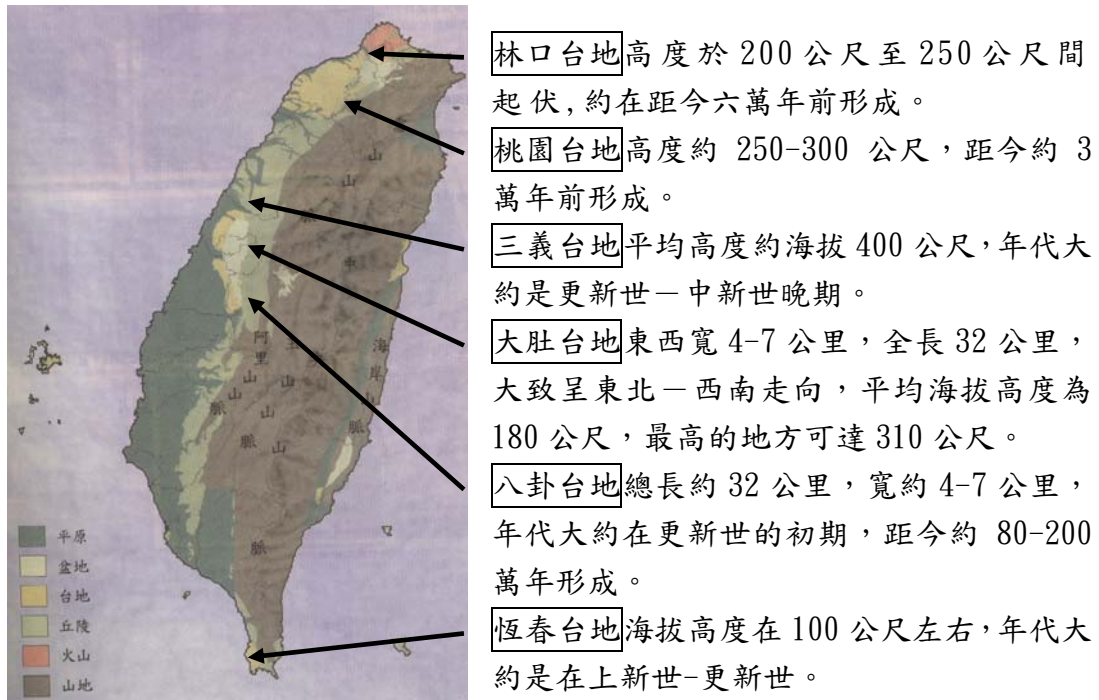
圖一：這些原本由亞洲大陸的河川侵蝕與堆積而來的海底沈積物，形成地層之後由於板塊的擠壓而抬升到地表之上，開始了另一階段的侵蝕、搬運與堆積作用，又變成沈積物堆積到了台灣的西部。

而這被“抬起”的台灣也約在 200 萬年前開始受到河川的侵蝕，古早由大陸沉積的古老地層也正受著河川的侵蝕，特別是西部的河川由東向西的侵蝕、搬運、沉積！過去來自大陸的沉積岩層漸漸的也變成了一顆顆的礫石隨著河川沉積！在這些西部數條河川合力堆積下使得西部越來越“胖”。後來許多古河道的出口沉積物受擠壓或是地震斷層而“長高”，而這高起的地形又再受到河川的侵蝕，形成許多的台地地形，整個台灣的地形型態也大致成形。

而在我們中部有一段上新世—更新世地層，由下往上分別是錦水頁岩層、卓蘭層、頭嵙山層，在這段岩層中的組成顆粒由下往上慢慢變粗（頁岩—砂頁岩互層—砂岩—礫岩），由錦水頁岩形成時的沉降速率來看，顯示出當時的沉積環境為一個盆地地形，隨著山脈的逐漸增高，剝蝕的速度也增快了，使得盆地漸漸被已露出雪山山脈中岩層的碎屑沉積物填滿，此地漸漸由濱海相變為陸相沉積環境，然後漸漸形成一個沖積扇地形。

（二）台灣的河川侵蝕與堆積

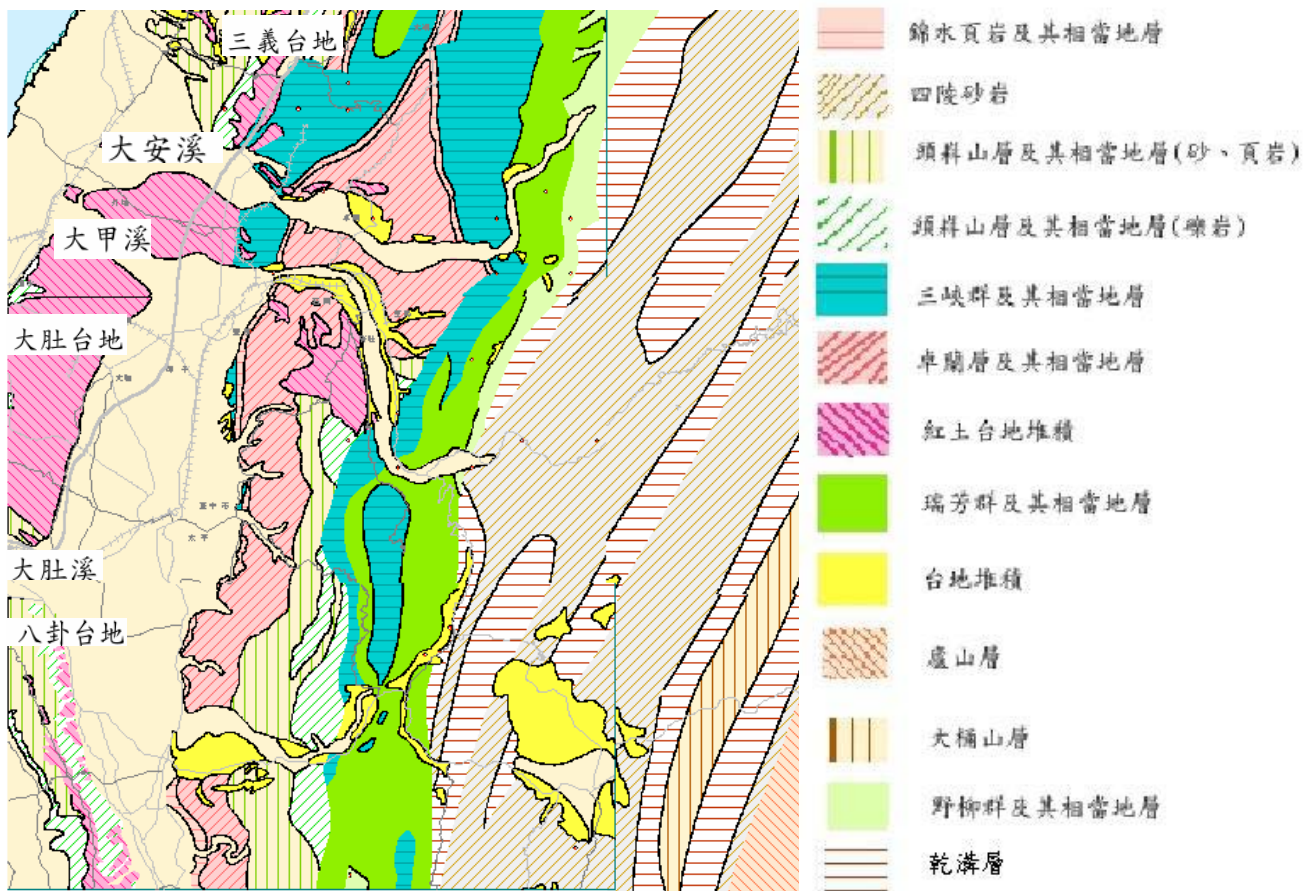
台灣的西部台地地層主要是頭嵙山層與紅土礫石堆積，而分布在我們西部的台地有：林口台地、桃園台地、三義台地、大肚台地、八卦台地及恆春台地等。



圖二：台灣的西部台地分布

(三) 切過中西部台地的主要河川：

在我們中部地區主要有三義台地、大肚台地和八卦台地等，並由三條主要的河川所切過，分別是大安溪、大甲溪和大肚溪。大安溪發源於雪山山脈之大壩尖山，大甲溪發源於中央山脈之次高山及南湖大山，大肚溪發源於中央山脈合歡山西麓；這三條河川流經的共同地層年代大約是以從漸新世～更新世的地層為主，包括白冷層、水長流層、大坑層、桂竹林層、錦水頁岩、卓蘭層、頭嵙山層、紅土礫石台地堆積層。



圖三：台灣中西部地質圖

四、研究方法

(一) 資料收集：

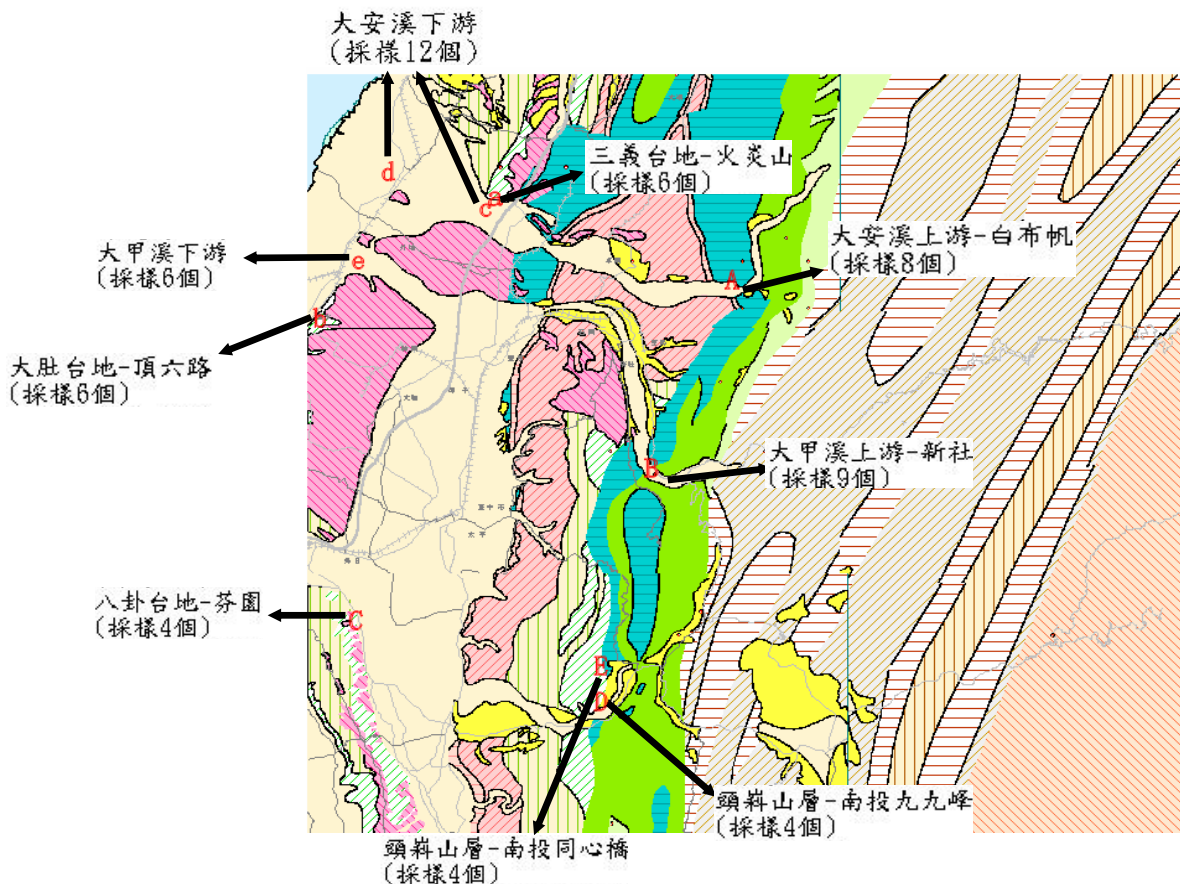
首先我們找了台灣地質概論、岩石入門、台灣1億5000萬年之謎等書來解了台灣及台灣西部的地層是如何形成的；接著藉由網路及地質圖說明書找到1/250000的西部地質圖，配合著1/25000地形圖來了解台灣西部的地質概況及決定採樣的位置和路線。

(二) 露頭描述

為了比較露頭地點當年的沉積的環境有何不同，我們看到一個露頭時會記錄及描繪這個露頭的大概情況，包括：高度、岩層走向、整個露頭外觀顏色、礫石大小、淘選度、圓度，並找個比例尺（如：人或房屋）將整個露頭拍照。

(三) 野外採樣

為了比較三義台地和大肚台地的礫石，我們到三義台地、大肚台地及附近的河流去，在每個地點隨機採集了4~9顆礫石，有的石頭是從山壁上直接挖下來的，有的是在露頭下方撿的。河流的標本則是採集自大安溪和大甲溪的上游及下游，採集正在沉積最新鮮的礫石，並且把每一顆石頭寫上採樣地點。另外我們還去採了八卦台地和南投九九峰的頭嵙山層礫石，以作更進一步的比較。



圖四 野外採樣位置圖

(四) 礫石外觀描述

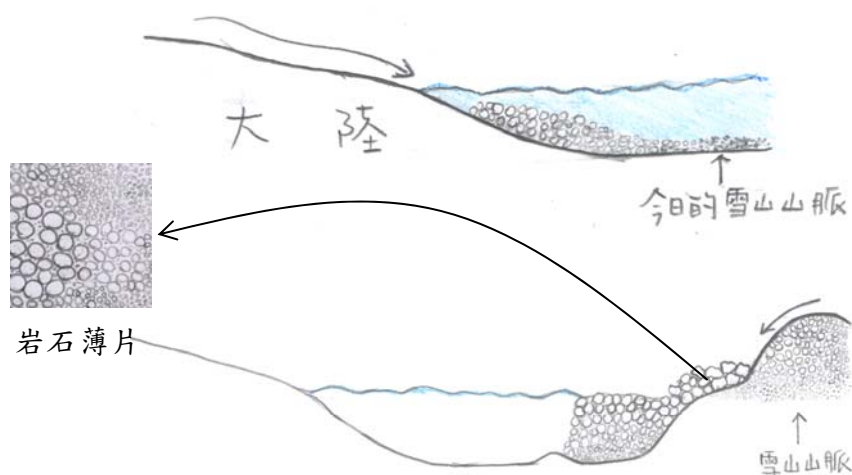
為了觀察河流當時搬運礫石的環境，我們把石頭先依採樣地點分類，再用尺分別量出每個礫石的長、寬、厚 (cm)，並且依照他的形狀來表示它的圓度，進而觀察它的顏色與風化程度以及外觀的特別之處，以了解這些礫石所受到搬運的過程。

(五) 岩石切片

為了能在顯微鏡下觀察，我們到科博館將我們所採的礫石製作成薄片。處理過程如下：把石頭依採樣地點分類並編號→將岩石切割成的適當大小的片狀→在切割好的石頭反面作編號→使用研磨機將岩石的一面磨平→使用 SiC(粒度 600) 加少許水磨掉研磨時生成同心圓的痕跡→標本放置在超音波震盪器中，把孔隙中的氣體與雜質(ex:SiC)排出→上膠 (AB 膠：硬化劑=4：1) 並黏上載玻片→烘乾→將岩石切割後、岩磨成 100 μm 厚→用岩磨機+SiC (粒度 600) +水將岩石薄片磨成 30 μm 厚→測量誤差→沖洗→風乾→完成。

(六) 岩石薄片的分析

就我們所知道的：過去自大陸而堆積在外海的沉積物是組成我們台灣島的主要岩層！而現今這過去被堆積的岩層正受到河流的侵蝕，而這“古早”的岩層便被帶到了下游處堆積！就我們所採集的礫石，我們做了進一步“剖析”：岩石薄片！而這從薄片下我們看到的便是那個“古早”的岩層！也就是說當我們拿起一顆石頭其實它也就代表著在台灣島眾多的岩層種類的其中一個岩層！而我們就各個採樣本做的觀察，分別就各樣本薄片下的顆粒大小、淘選度、圓度及孔隙而推論我們所採集的礫石是來自何處？



圖五：岩石薄片內組成顆粒所代表的地質意義

五、研究結果

(一) 野外路線

我們一開始先到網路找出我們所需要的地質圖存檔並列印，接下來就是規劃路線及把我們所要採樣的地方做上記號，並且看看附近有什麼岩層熟悉一下環境。等到做好一切的準備後，沿著我們之前所規劃的路線出發，一路上我們看到的地層有：

1. 台地堆積層：紅色土壤組成但層理卻不明顯的。
2. 頭嵙山層：厚的礫岩層及不明顯的層理所組成的。
3. 卓蘭層：灰色頁岩和砂岩混合而成的。
4. 錦水頁岩層：頁岩層是呈深灰色夾有粉砂岩和泥岩的薄層，淘選度差。
5. 桂竹林層：砂岩、頁岩所組成的。

(二) 野外露頭描述：

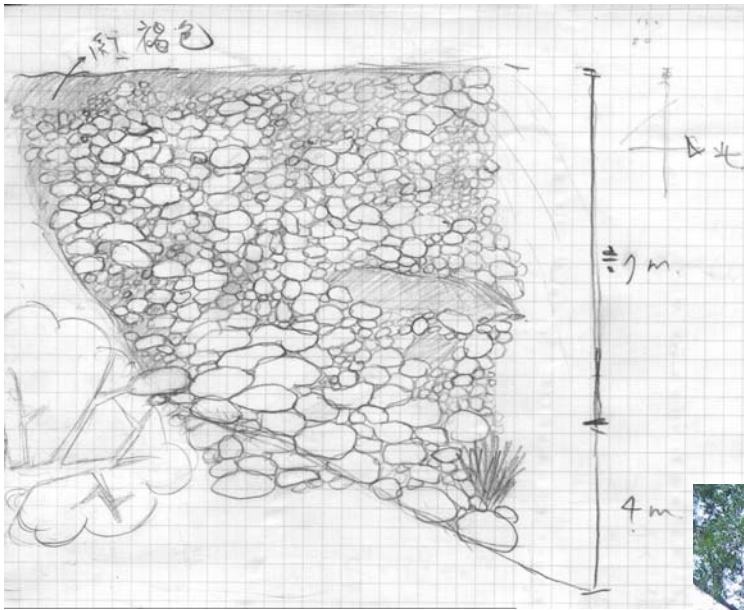


1. 三義台地〈火炎山〉

這個露頭高達近十公尺，顆粒大小 5-10cm，淘選度相當不錯，顏色呈紅色，形狀是球形，礫石邊緣是非常圓滑的，疏鬆的砂岩夾帶著許多礫石，整體看來有些微微的方向性(呈東西向)，礫石大小由下往上逐漸變細。



圖六：三義台地露頭

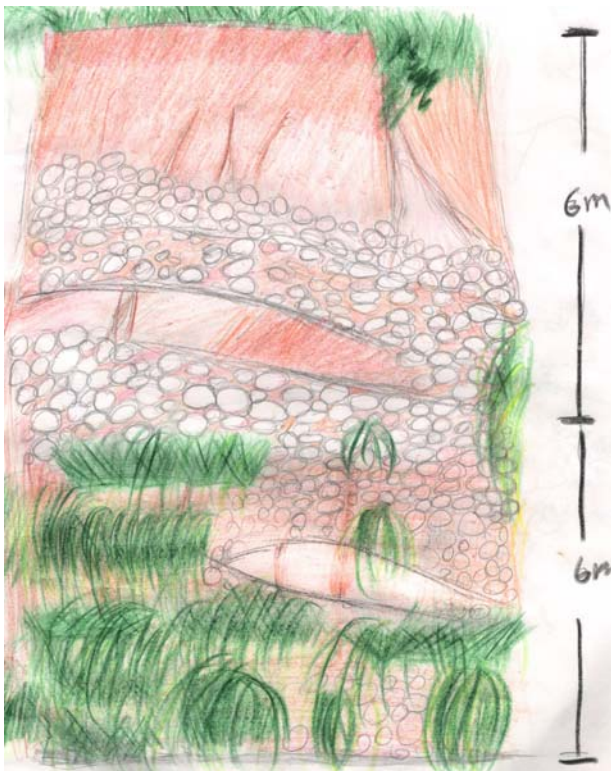


2.大肚台地〈頂六路〉

在大肚台地（頂六路）可看見10-12公尺高的頭崙山層，顆粒大小約5-8cm，形狀是球形，礫石邊緣是非常圓滑的，其上部的顏色較深，呈紅褐色，越下面就越淺。石頭排列呈東北-西南走向，這裡的土質很疏鬆，淘選度十分差，孔隙非常小，岩層越下方，石頭顆粒越大（長約50-60cm，寬約40-50cm，厚約10-15cm），呈扁平狀。



圖七：大肚台地露頭



3.八卦台地〈芬園〉

些微裸露的地層有明顯的紅色外表，我們來到了八卦山北部，這個露頭高達12公尺，顆粒大小約6-11cm，形狀是短柱形，礫石邊緣是圓滑的，而最上部紅土層的厚度約是2~3公尺。紅土的顏色也比大肚台地淺，整體而言，淘選度還不錯。



圖八：八卦台地露頭



4.頭嵙山層（南投縣九九峰）

九九峰位於頭嵙山層的礫岩相，露頭高約 20~30 公尺，還有微微的方向性，顆粒大小約 6-13cm 形狀是短柱形，礫石邊緣是非常圓滑的，淘選度相當不錯。最上面的土壤呈紅褐色或深紅色，下方佈滿了許多的礫石。



圖九：頭嵙山露頭

（三）礫石外觀

我們將採集自河川及露頭台地的礫石先進行外觀描述，我們記錄了礫石的顆粒大小、外觀、邊緣的圓滑度。

地點	顆粒大小（長、寬、厚）公分	礫石外觀	礫石邊緣
大安溪上游	10-17、7-11、5-8	短柱形	非常圓滑
大安溪下游	11-17、7-11、4-5	短柱形	非常圓滑
三義台地	10.5、7、3.5-7	球形	非常圓滑
大甲溪上游	10-19、5-15、3-8	長柱形	圓滑
大甲溪下游	9-14、8-12、4-8	短柱形	非常圓滑
大肚台地	8、5、3.5-6	球形	非常圓滑
八卦台地	10-13、8-11、4-8	短柱形	圓滑
頭嵙山層（南投）	11-16、7-11、3-9	短柱形	非常圓滑

表一：礫石標本外觀比較結果

(四) 薄片的結果

三義台地



整體描述

顆粒大小：0.2-0.5mm

圓度：球形、不太圓滑

淘選度：common-well

孔隙度：低

三義台地#1

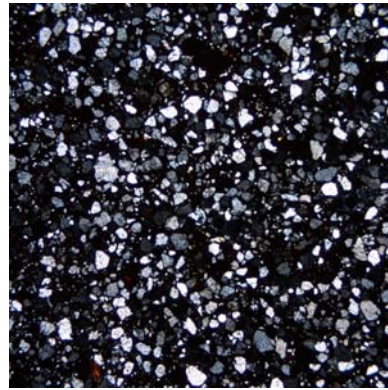
顆粒大小：0.05-0.25mm

圓度：球形、圓滑

淘選度：common

孔隙度：高

備註：受風化的情形較嚴重。不一樣的標本，不採計。



1mm

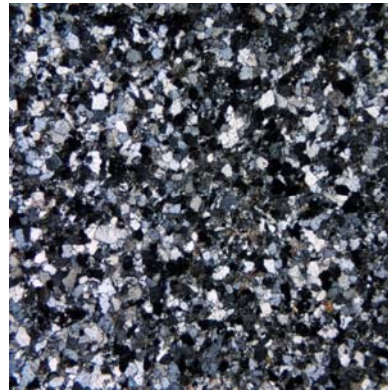
三義台地#2

顆粒大小：0.15-0.25mm

圓度：球形、不太圓滑

淘選度：well

孔隙度：低



1mm

三義台地#3

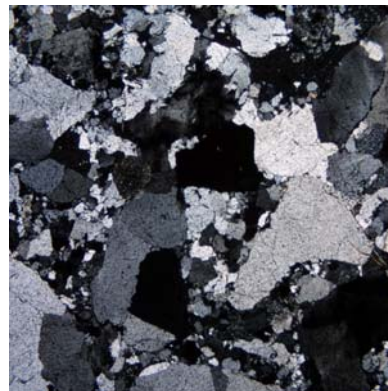
顆粒大小：0.1-2mm

圓度：短柱形、圓滑

淘選度：poor

孔隙度：低

備註：特別不一樣的標本，不採計



1mm

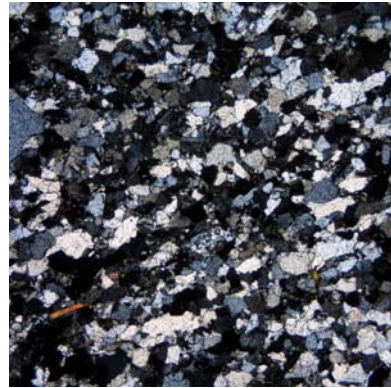
三義台地#4

顆粒大小：0.2-0.5mm

圓度：短柱形、不太圓滑

淘選度：common

孔隙度：低



三義台地#5

顆粒大小：0.125-0.25mm

圓度：球形、圓滑

淘選度：well

孔隙度：低



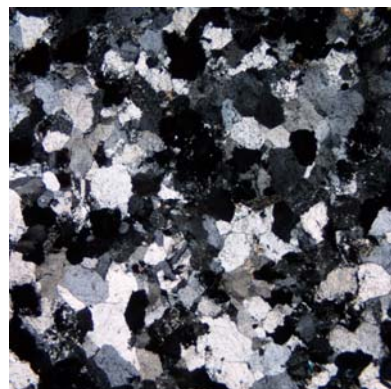
三義台地#6

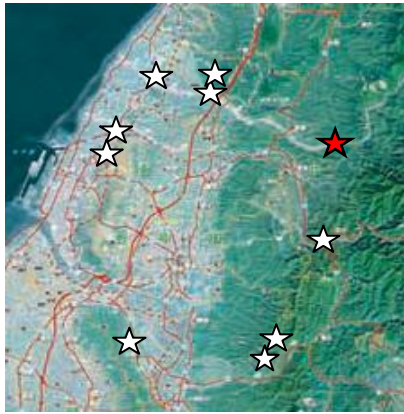
顆粒大小：0.3-1mm

圓度：球形、不太圓滑

淘選度：common

孔隙度：低





大安溪上游

整體描述

顆粒大小：0.1-0.5mm

圓度：球形-短柱形、不太圓滑

淘選度：common-well

孔隙度：低

大安溪上游#1

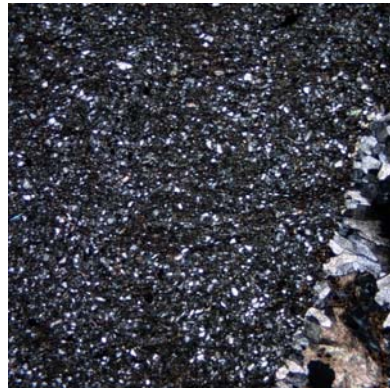
顆粒大小：0.1-0.2mm

圓度：短柱形、圓滑

淘選度：well

孔隙度：低

備註：照片右側為石英脈侵入。



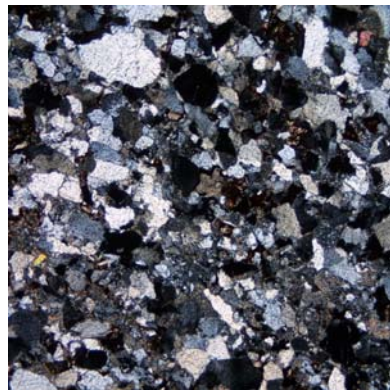
大安溪上游#2

顆粒大小：0.2-0.7mm

圓度：短柱形、尖銳

淘選度：common

孔隙度：低



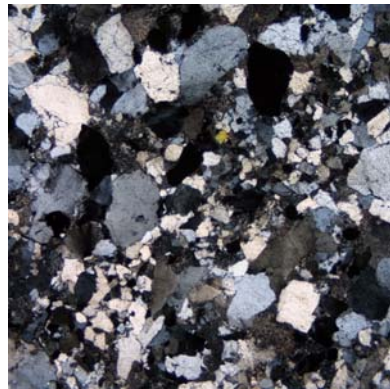
大安溪上游#3

顆粒大小：0.15-0.3mm, 0.5-0.8mm

圓度：球形、不太圓滑

淘選度：common

孔隙度：低



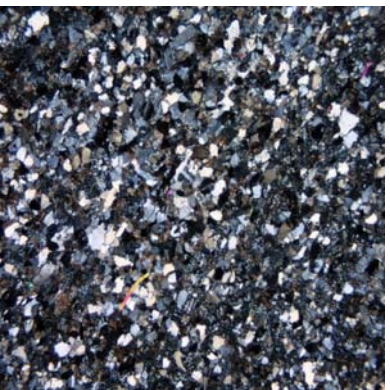
大安溪上游#4

顆粒大小：0.1-0.3mm

圓度：短柱形、不太圓滑

淘選度：common

孔隙度：普通



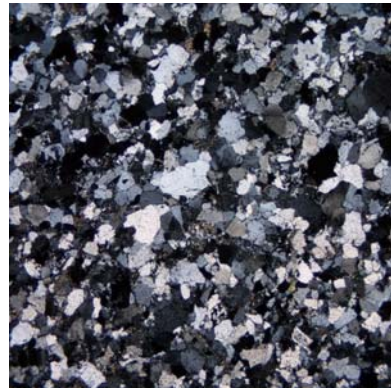
大安溪上游#5

顆粒大小：0.1-0.5mm

圓度：短柱形、尖銳

淘選度：common

孔隙度：低



大安溪上游#6

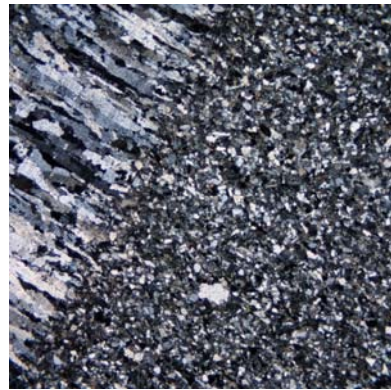
顆粒大小：0.1-0.2mm

圓度：球形、圓滑

淘選度：well

孔隙度：高

備註：照片左側為石英脈侵入



大安溪上游#7

顆粒大小：0.1-0.2mm

圓度：球形、圓滑

淘選度：well

孔隙度：低



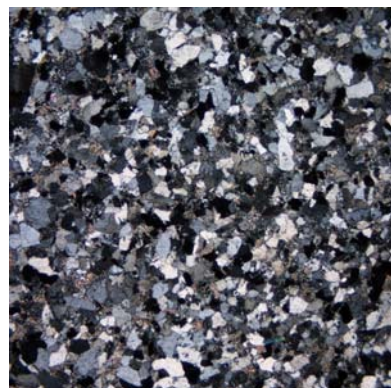
大安溪上游#8

顆粒大小：0.1-0.3mm

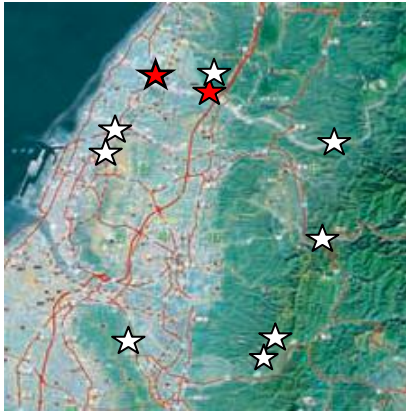
圓度：球形、圓滑

淘選度：common

孔隙度：低



大安溪下游



整體描述

顆粒大小：0.1-0.25mm

圓度：球形-短柱，圓滑

淘選度：common-well

孔隙度：低

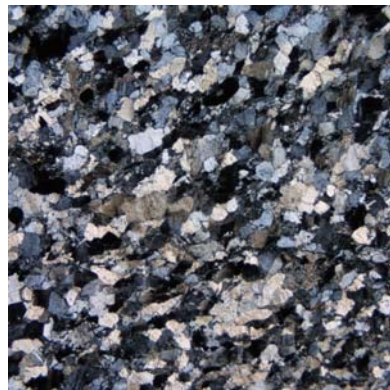
大安溪下游 1#1

顆粒大小：0.25-0.5mm

圓度：短柱、圓滑

淘選度：well

孔隙度：低



1mm

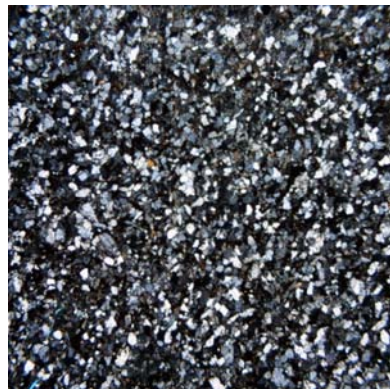
大安溪下游 1#2

顆粒大小：0.1-0.2mm

圓度：球形、圓滑

淘選度：well

孔隙度：低



1mm

大安溪下游 1#3

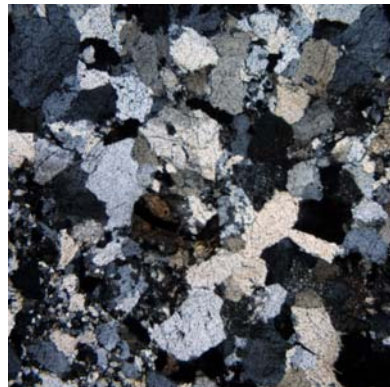
顆粒大小：0.5-1mm

圓度：球形、圓滑

淘選度：common

孔隙度：高

備註：特殊標本不列入考慮



1mm

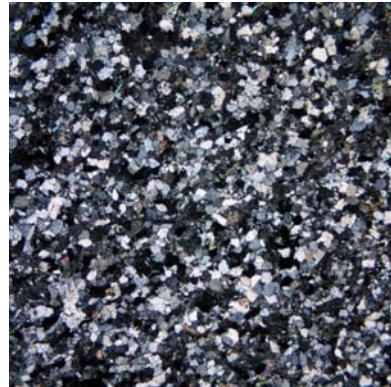
大安溪下游 1#4

顆粒大小：0.15-0.25mm

圓度：球形、圓滑

淘選度：well

孔隙度：高



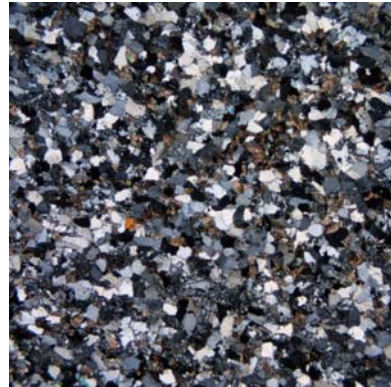
大安溪下游 1#5

顆粒大小：0.15-0.3mm

圓度：球形、圓滑

淘選度：well

孔隙度：高



大安溪下游 1#6

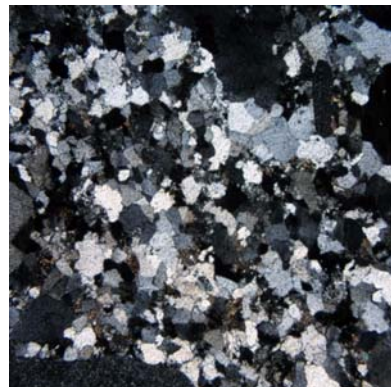
顆粒大小：0.1-0.4mm

圓度：球形、不太圓滑

淘選度：poor

孔隙度：低

備註特殊標本不列入統計



大安溪下游 2#1

顆粒大小：0.05-0.15mm

圓度：短柱形、不太圓滑

淘選度：common

孔隙度：低



大安溪下游 2#2

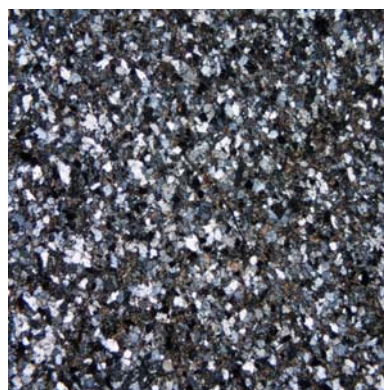
顆粒大小：0.1-0.2mm

圓度：球形、圓滑

淘選度：well

孔隙度：高

備註：特殊標本，不列入統計



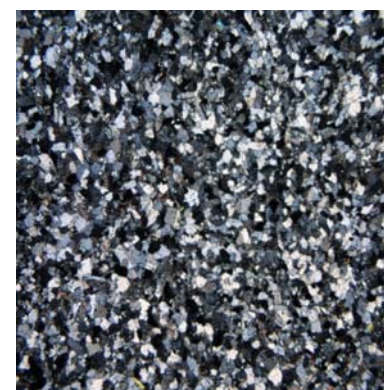
大安溪下游 2#3

顆粒大小：0.15-0.25mm

圓度：球形、圓滑

淘選度：well

孔隙度：低



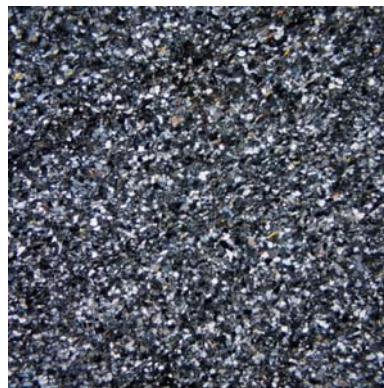
大安溪下游 2#4

顆粒大小：0.1-0.15mm

圓度：短柱、尖銳

淘選度：well

孔隙度：低



1mm

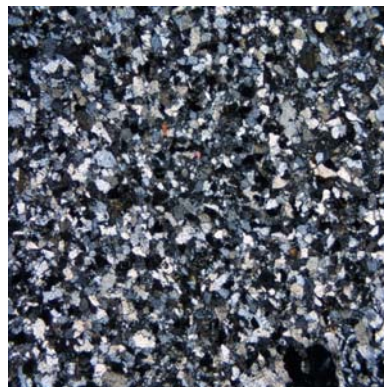
大安溪下游 2#5

顆粒大小：0.1-0.25mm

圓度：短柱形、不太圓滑

淘選度：common

孔隙度：低



1mm

大安溪下游 2#6

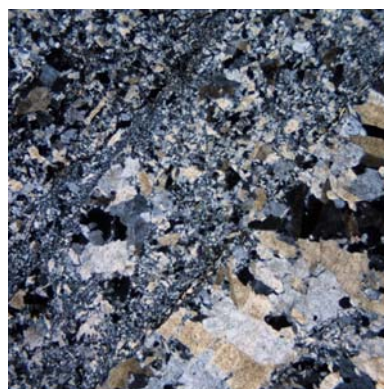
顆粒大小：0.05-0.5mm

圓度：短柱形、尖銳

淘選度：very poor

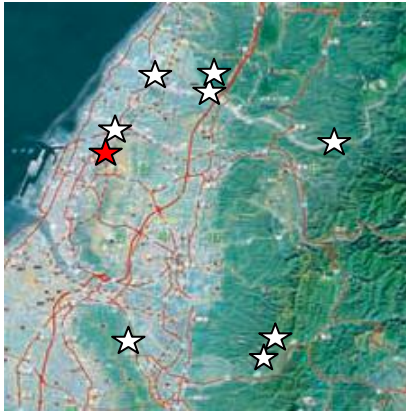
孔隙度：高

備註：特殊標本不列入統計



1mm

大肚台地



整體描述

顆粒大小：0.1-0.7mm

圓度：球形、不太圓滑

淘選度：poor

孔隙度：低

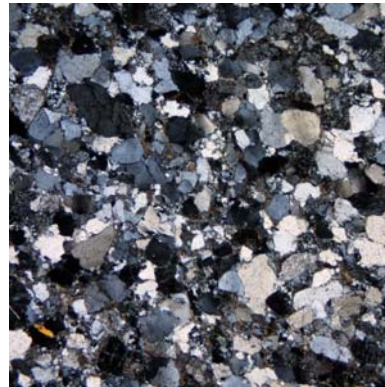
大肚台地#1

顆粒大小：0.05-0.5mm

圓度：球形、圓滑

淘選度：poor

孔隙度：低



1mm

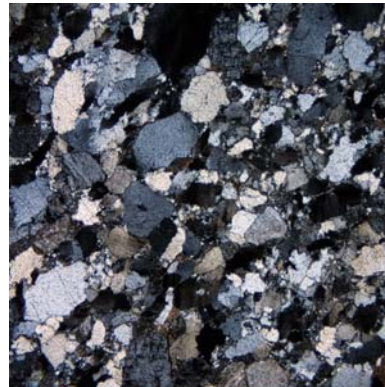
大肚台地#2

顆粒大小：0.1-0.8mm

圓度：短柱形、不太圓滑

淘選度：poor

孔隙度：低



1mm

大肚台地#3

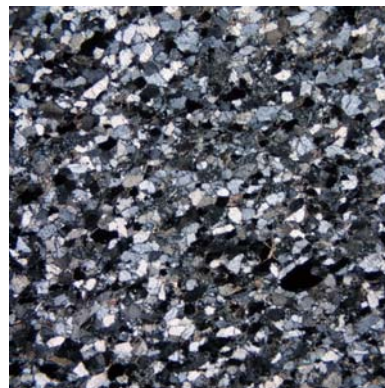
顆粒大小：0.15-0.2mm

圓度：球形、圓滑

淘選度：common

孔隙度：低

備註：特殊標本，不列入統計



1mm

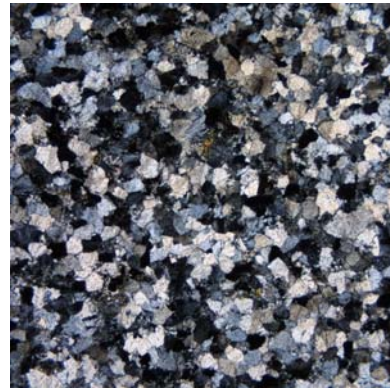
大肚台地#4

顆粒大小：0.2-0.3mm

圓度：球形、圓滑

淘選度：well

孔隙度：低



1mm

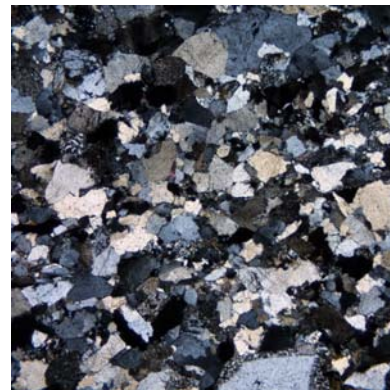
大肚台地#5

顆粒大小：0.1-0.7mm

圓度：短柱形、不太圓滑

淘選度：poor

孔隙度：低



1mm

大肚台地#6

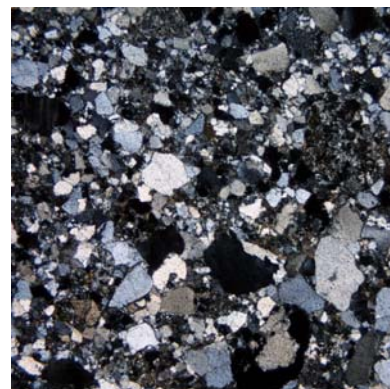
顆粒大小：0.1-0.8mm

圓度：球形、圓滑

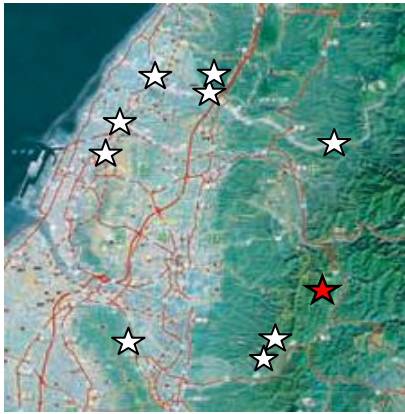
淘選度：very poor

孔隙度：低

備註：特殊標本，不列入統計



1mm



大甲溪上游

整體描述

顆粒大小：0.05-0.4mm

圓度：球形、不太圓滑

淘選度：common-well

孔隙度：低

大甲溪上游#1

顆粒大小：0.05-0.1mm

圓度：球形、圓滑

淘選度：well

孔隙度：低



大甲溪上游#2

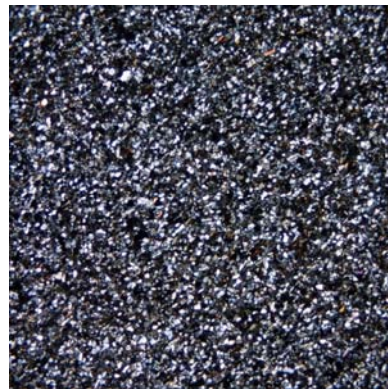
顆粒大小：0.05-0.1mm

圓度：球形、非常圓滑

淘選度：well

孔隙度：高

備註：風化程度高



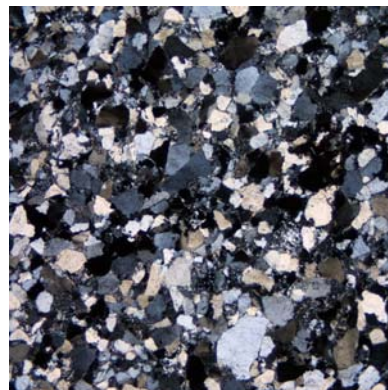
大甲溪上游#3

顆粒大小：0.1-0.4mm

圓度：短柱形、不太圓滑

淘選度：common

孔隙度：低



大甲溪上游#4

顆粒大小：0.1-0.4mm

圓度：短柱形、不太圓滑

淘選度：common

孔隙度：低



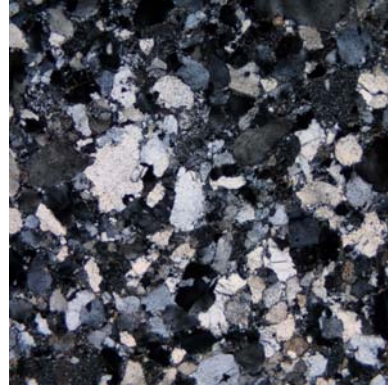
大甲溪上游#5

顆粒大小：0.2-0.8mm

圓度：球形、不太圓滑

淘選度：common

孔隙度：低



1mm

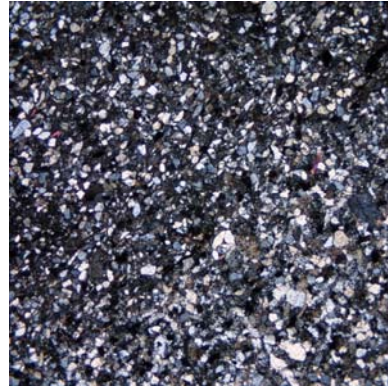
大甲溪上游#6

顆粒大小：0.05-0.2mm

圓度：球形、圓滑

淘選度：common

孔隙度：高



1mm

大甲溪上游#7

顆粒大小：0.1-0.2mm

圓度：短柱形、不太圓滑

淘選度：well

孔隙度：低



1mm

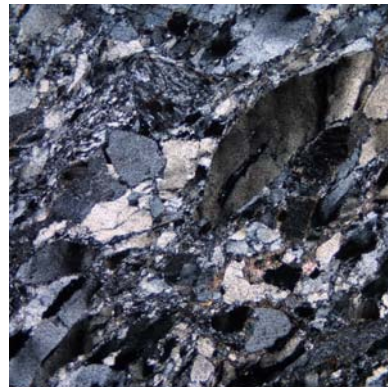
大甲溪上游#8

顆粒大小：0.1-1.5mm

圓度：短柱形、圓滑

淘選度：very poor

孔隙度：低



1mm

大甲溪上游#9

顆粒大小：0.05-0.1mm

圓度：球形、圓滑

淘選度：well

孔隙度：低



1mm

大甲溪下游



整體描述

顆粒大小：0.05-0.5mm

圓度：球形、圓滑

淘選度：common-poor

孔隙度：低

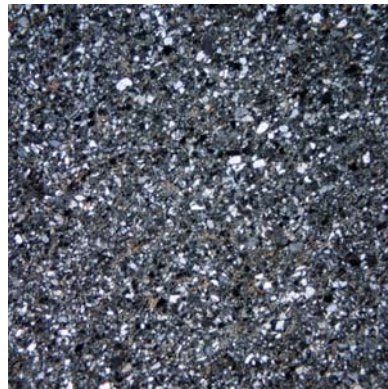
大甲溪下游#1

顆粒大小：0.05-0.15mm

圓度：短柱形、尖銳

淘選度：common

孔隙度：低



1mm

大甲溪下游#2

顆粒大小：0.05-0.15mm

圓度：球形、圓滑

淘選度：common

孔隙度：高



1mm

大甲溪下游#3

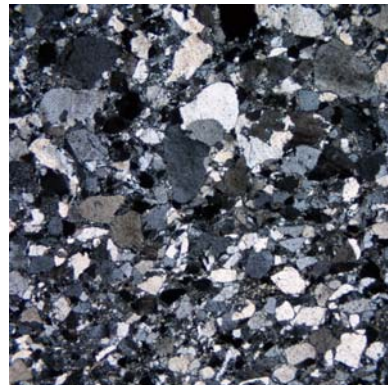
顆粒大小：0.3-1mm

圓度：球形、圓滑

淘選度：very poor

孔隙度：低

備註：特殊標本，不列入統計



1mm

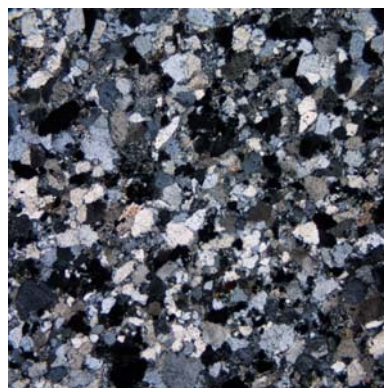
大甲溪下游#4

顆粒大小：0.1-0.5mm

圓度：短柱形、不太圓滑

淘選度：poor

孔隙度：低



1mm

大甲溪下游#5

顆粒大小：0.1-1mm

圓度：短柱形、不太圓滑

淘選度：poor

孔隙度：低



1mm

大甲溪下游#6

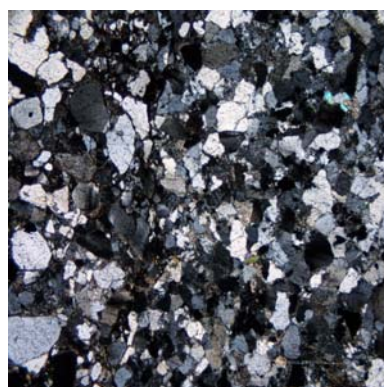
顆粒大小：0.1-0.7mm

圓度：短柱形、不太圓滑

淘選度：poor

孔隙度：高

備註：特殊標本，不列入統計



1mm

八卦台地



整體描述

顆粒大小：0.05-0.2mm

圓度：球形、圓滑

淘選度：well

孔隙度：低

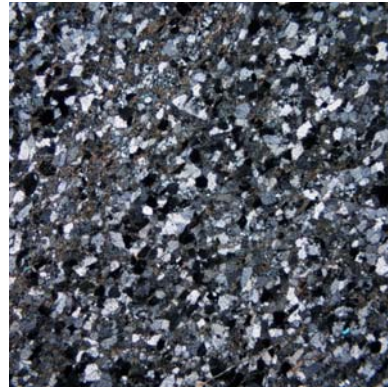
八卦台地#1

顆粒大小：0.1-0.2mm

圓度：球形、圓滑

淘選度：well

孔隙度：低



1mm

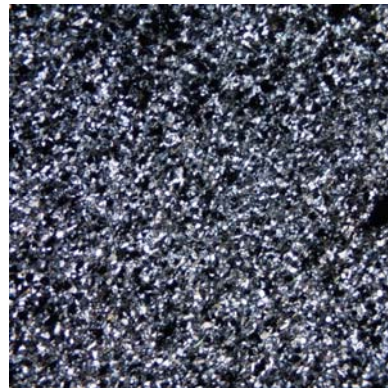
八卦台地#2

顆粒大小：0.05-0.1mm

圓度：球形、圓滑

淘選度：well

孔隙度：低



1mm

八卦台地#3

顆粒大小：0.05-0.1mm

圓度：球形、圓滑

淘選度：well

孔隙度：高



1mm

八卦台地#4

顆粒大小：0.1-0.25mm

圓度：球形、尖銳

淘選度：common

孔隙度：低



1mm



頭料山層

整體描述

顆粒大小：0.1-0.5mm

圓度：球形、圓滑-不太圓滑

淘選度：common-well

孔隙度：低

頭料山層(同#1)

顆粒大小：0.05-0.1mm

圓度：球形、不太圓滑

淘選度：well

孔隙度：低



1mm

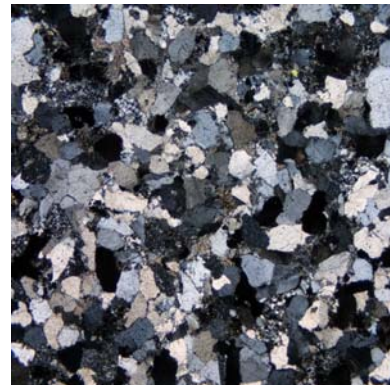
頭料山層(同#2)

顆粒大小：0.2-0.5mm

圓度：短柱形、不太圓滑

淘選度：common

孔隙度：低



1mm

頭料山層(同#3)

顆粒大小：0.05-0.1mm

圓度：球形、圓滑

淘選度：well

孔隙度：低



1mm

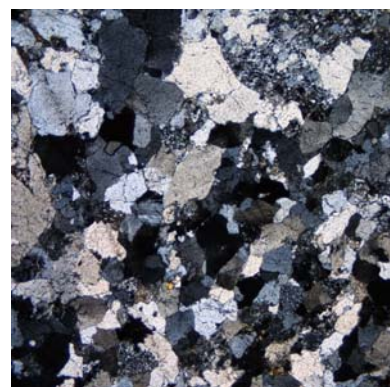
頭料山層(同#4)

顆粒大小：0.2-1mm

圓度：短柱形、不太圓滑

淘選度：common

孔隙度：低



1mm

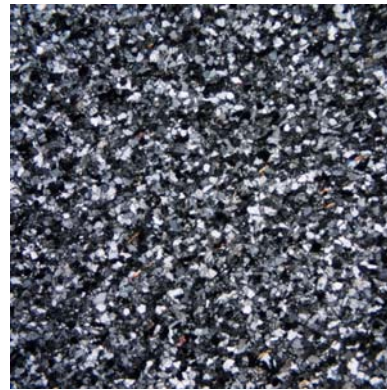
頭料山層(九#1)

顆粒大小：0.1-0.2mm

圓度：球形、圓滑

淘選度：well

孔隙度：低



1mm

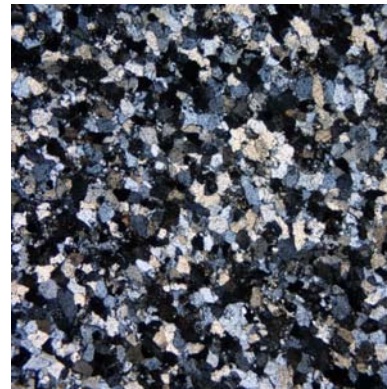
頭料山層(九#2)

顆粒大小：0.15-0.3mm

圓度：短柱形、不太圓滑

淘選度：well

孔隙度：低



1mm

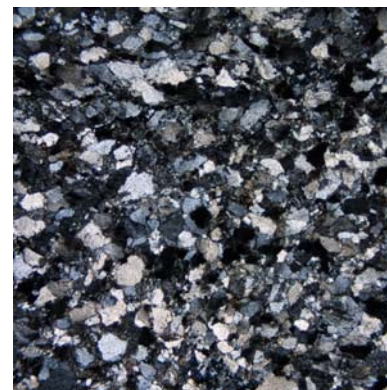
頭料山層(九#3)

顆粒大小：0.15-0.45mm

圓度：長柱形、不太圓滑

淘選度：common

孔隙度：低



1mm

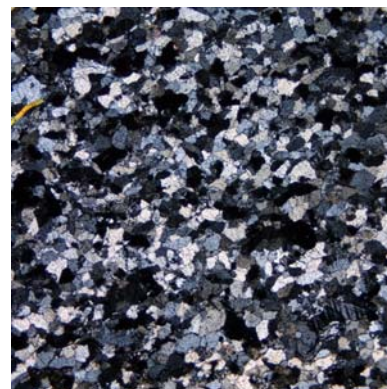
頭料山層(九#4)

顆粒大小：0.1-0.4mm

圓度：短柱形、圓滑

淘選度：common

孔隙度：低



1mm

表二 岩石薄片觀察記錄整理

地點	編號	顆粒大小	圓度	淘選度	孔隙度	整體而言
三義台地	火#1*	0.05-0.25mm	球形 圓滑	Common	高	0.2-0.5mm 球形 不太圓滑 Common-Well 孔隙低
三義台地	火#2	0.15-0.25mm	球形 不太圓滑	Well	低	
三義台地	火#3*	0.1-2mm	短柱形 圓滑	Poor	低	
三義台地	火#4	0.2-0.5mm	短柱形 不太圓滑	Common	低	
三義台地	火#5	0.2-0.25mm	球形 圓滑	Well	低	
三義台地	火#6	0.3-1mm	球形 不太圓滑	Common	低	
大肚台地	S.S #1	0.05-0.5mm	球形 圓滑	Poor	低	0.1-0.7mm Poor 球形 圓滑-不太圓滑 孔隙低
大肚台地	S.S #2	0.1-0.8mm	短柱形 不太圓滑	Poor	低	
大肚台地	S.S#3*	0.05-0.2mm	球形 圓滑	Common	低	
大肚台地	S.S #4	0.2-0.3mm	球形 圓滑	Well	低	
大肚台地	S.S #5	0.1-0.7mm	短柱形 不太圓滑	Poor	低	
大肚台地	S.S #6	0.1-0.8mm	球形 圓滑	Very poor	低	
大甲溪下游	DCS#1	0.05-0.15mm	短柱形 尖銳	Common	低	0.05-0.5mm 球形 圓滑 poor-common 孔隙低
大甲溪下游	DCS #2	0.05-0.15mm	球形 圓滑	Common	高	
大甲溪下游	DCS #3*	0.3-1mm	球形 圓滑	Very poor	低	
大甲溪下游	DCS #4	0.1-0.5mm	短柱形 不太圓滑	Poor	低	
大甲溪下游	DCS #5	0.1-1mm	短柱形 不太圓滑	Poor	低	
大甲溪下游	DCS #6*	0.1-0.7mm	短柱形 不太圓滑	Poor	高	

地點	編號	顆粒大小	圓度	淘選度	孔隙度	整體而言	
大安溪下游	DA 下 1#1	0.25-0.5mm	短柱形 圓滑	Well	低	0.1-0.25 common-well 球形-短柱 圓滑 孔隙低	
大安溪下游	DA 下 1#2	0.1-0.2mm	球形 圓滑	Well	低		
大安溪下游	DA 下 1#3*	0.5-1mm	球形 圓滑	Common	高		
大安溪下游	DA 下 1#4	0.15-0.25 mm	球形 圓滑	well	高		
大安溪下游	DA 下 1#5	0.15-0.3mm	球形 圓滑	Well	高		
大安溪下游	DA 下 1#6*	0.1-0.4mm	球形 不太圓滑	poor	低		
大安溪下游	DA 下 2#1	0.05-0.15mm	短柱形 不太圓滑	Common	低		
大安溪下游	DA 下 2#2*	0.1-0.2mm	球形 圓滑	Well	高		
大安溪下游	DA 下 2#3	0.15-0.25mm	球形 圓滑	well	低		
大安溪下游	DA 下 2#4	0.1-0.15mm	短柱形 尖銳	Well	低		
大安溪下游	DA 下 2#5	0.1-0.25mm	短柱形 不太圓滑	Common	低		
大安溪下游	DA 下 2#6*	0.05-0.5mm	短柱形 尖銳	Very poor	高		
大甲溪上游	新#1	0.05-0.1mm	球形 圓滑	Well	低		0.05-0.4mm common-well 球形 圓滑-不太圓滑 孔隙低
大甲溪上游	新#2	0.05-0.1mm	球形 非常圓滑	Well	高		
大甲溪上游	新#3	0.1-0.4mm	短柱形 不太圓滑	Common	低		
大甲溪上游	新#4	0.1-0.4mm	短柱形 不太圓滑	Common	低		
大甲溪上游	新#5	0.2-0.8mm	球形 不太圓滑	Common	低		
大甲溪上游	新#6	0.05-0.2mm	球形 圓滑	Common	高		
大甲溪上游	新#7	0.1-0.2mm	短柱形 不太圓滑	Well	低		
大甲溪上游	新#8	0.1-1.5mm	短柱形 圓滑	Very poor	低		
大甲溪上游	新#9	0.05-0.1mm	球形 圓滑	Well	低		

地點	編號	顆粒大小	圓度	淘選度	孔隙度	整體而言
大安溪上游	白#1	0.1-0.2mm	短柱形 圓滑	Well	低	0.1-0.5mm Common-well 球形-短柱形 圓滑-不太圓滑 孔隙低
大安溪上游	白#2	0.2-0.7mm	短柱形 尖銳	Common	低	
大安溪上游	白#3	0.15-0.3mm 、0.5-0.8mm	球形 不太圓滑	Common	低	
大安溪上游	白#4	0.1-0.3mm	短柱形 不太圓滑	Common	普通	
大安溪上游	白#5	0.1-0.5mm	短柱形 尖銳	Common	低	
大安溪上游	白#6	0.1-0.2mm	球形 圓滑	Well	高	
大安溪上游	白#7	0.1-0.2mm	球形 圓滑	Well	低	
大安溪上游	白#8	0.1-0.3mm	球形 圓滑	Common	低	
八卦台地	芬#1	0.1-0.2mm	球形 圓滑	Well	低	
八卦台地	芬#2	0.05-0.1mm	球形 圓滑	Well	低	
八卦台地	芬#3	0.05-0.1mm	球形 圓滑	Well	高	
八卦台地	芬#4	0.1-0.25mm	球形 尖銳	Common	低	
頭嵙山層(南投)	同#1	0.05-0.1mm	球形 不太圓滑	Well	低	0.1-0.5mm common-well 球形 圓滑-不太圓滑 孔隙低
頭嵙山層(南投)	同#2	0.2-0.5mm	短柱形 不太圓滑	Common	低	
頭嵙山層(南投)	同#3	0.05-0.1mm	球形 圓滑	Well	低	
頭嵙山層(南投)	同#4	0.2-1mm	短柱形 不太圓滑	Common	低	
頭嵙山層(南投)	九#1	0.1-0.2mm	球形 圓滑	Well	低	
頭嵙山層(南投)	九#2	0.15-0.3mm	短柱形 不太圓滑	Well	低	
頭嵙山層(南投)	九#3	0.15-0.45mm	長柱形 不太圓滑	Common	低	
頭嵙山層(南投)	九#4	0.1-0.4mm	短柱形 圓滑	Common	低	

六、研究討論：

(一) 礫石來自於何處？

我們根據所採集礫石的外觀大小及組成，推測三義台地、大肚台地地層中以及大安溪、大甲溪河床上的礫石可能是來自於雪山山脈中的白冷層及水長流層。

就我們所採集的地點來看，礫石的大小都相當大，因此我們知道它應該是陸相沖積扇沉積或河床堆積的環境。我們知道台灣西部地方的堆積一開始是盆地地形，因此剛開始堆積時的顆粒比較小，有頁岩(如錦水頁岩)和泥岩(卓蘭層)，之後因為沉積環境變淺，所以相較之下沉積物的搬運時間較短，因而沉積顆粒較大的砂岩(如：頭嵙山層的香山相)甚至是礫岩(如：頭嵙山層的火炎山相)地層。根據陳文山等人(1990)的研究報告指出，錦水頁岩層、卓蘭層、頭嵙山層都是由雪山山脈的碎屑沉積物堆積而成。再加上從岩石薄片的觀察中發現，組成礫石的顆粒都是細砂到粗砂的大小，所以雪山山脈中屬於砂岩層的水長流層和白冷層可能就是這個地區的礫石來源。

(二) 台地當時的沉積環境為何？

根據我們採樣露頭中的沉積物組成來看，當時的沉積環境應該是陸相的河床堆積。

在我們採樣這四個台地的露頭可能都是由過去河川中下游的河床堆積而成，其露頭的顆粒大小及組成都差不多(5-10 cm)都還是相當大的礫石，顆粒也非常地渾圓，而且三義台地、八卦台地及頭嵙山層這三個露頭的淘選度都相當不錯，(只有大肚台地的淘選度較其他三處差)。一般來說顆粒大小越接近河川中下游的礫石顆粒會越小，到了接近出海口時，顆粒大小應該如沙子般的大小而少有礫石，所以台灣西部台地的沉積環境應該是陸相的河床堆積，唯有大肚台地可能比較接近沖積扇的沉積環境。

(三) 西部地區台地與河流的演變

1. 三義台地與今天的大安溪

我們比較了三義台地和現今大安溪的地理位置，以及比較它們岩石薄片中所組成的顆粒，我們推論過去堆積在三義台地的礫石與現今大安溪河床中的礫石應該都來自於相同的岩層層位。

從地理位置上來看，緊鄰大安溪北側的三義台地，過去可能就是由這條大安溪所堆積的，根據我們在大安溪上游、下游兩個地點採集礫石所製作的岩石薄片樣本與三義台地相比之下，薄片中所組成的顆粒大小(0.1-0.5mm)及淘選度(common-well)都非常相似。所以我們或許可以說，過去沉積三義台地的那條河流所侵蝕的岩層和現在的大安溪所侵蝕的岩層應該是一樣的，在經過這麼長的時間後河流侵蝕的岩層仍然類似，因此我們推論過去堆積三義台地的河流一直到今天(大安溪)都沒有太大的變化。

2. 大肚台地與今天的大甲溪

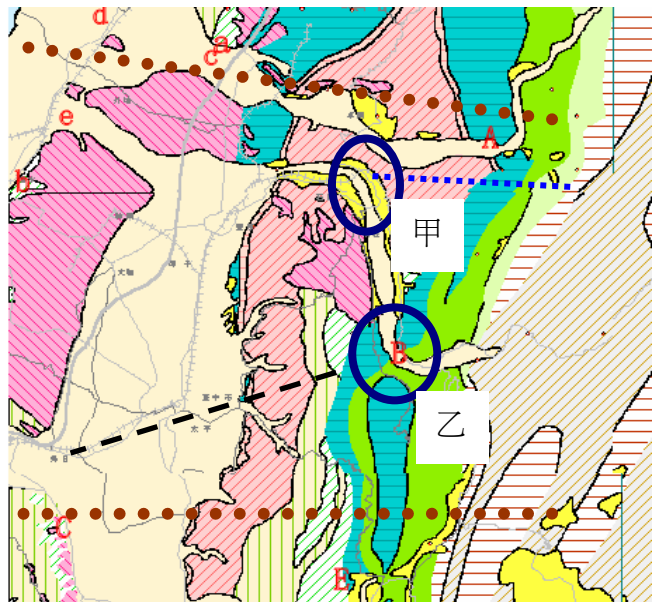
根據大甲溪與大肚台地礫石的岩石薄片比較，大肚台地並非由今天的大甲溪所堆積而成的。

由於大甲溪流經大肚台地的北側，因此大肚台地過去是否就是由大甲溪所堆積的呢？就兩地礫石的岩石薄片比較之下發現，大肚台地礫石中的顆粒比今天大甲溪大很多，而大肚台地礫石岩石薄片中的顆粒的淘選度也大甲溪差很多，組成礫石內顆粒的圓滑度大甲溪也較大肚台地圓滑，整體來看，大肚台地和大甲溪的礫石是非常不一樣的。所以我們推論造成他們如此相異的結果或許是因為大肚台地並非由今天的大甲溪所堆積而成的。如果大肚台地過去的堆積與今天的大甲溪無關，那今天的大甲溪在當時又是流過哪些地方呢？

3. 大甲溪的流向是否曾經改變呢？

就我們對於大甲溪與八卦台地礫石的岩石薄片觀察，發現薄片內顆粒組成的相似性可能與大甲溪過去河流的流向有關。

根據上述的討論發現了大肚台地與大甲溪的礫石薄片在顯微鏡下的差異；於是我們在多方交錯比較後又發現，大甲溪上游與八卦台地的礫石薄片裡的組成是相似的。再加上我們在大甲溪可以發現有兩處幾乎接近直角的轉彎(如圖所分別標示的甲、乙兩環之處)，或許這“轉彎的大甲溪”與我們一連串的觀察結果有關。我們推測：由大肚台地與大甲溪礫石的薄片可知他們來源不同！那就表示過去與現今大甲溪源頭的不同，造成了兩地礫石薄片的差異！我們就甲處的轉彎來看，或許過去大甲溪上游的位置就如藍色虛線所標之處；而另一方面就乙處的轉彎來看，大甲溪的源頭不變，而改變的是它流的方向正如圖中黑色虛線所標之處。更進一步來看，能夠堆積這麼大範圍的台地，似乎不是今天“瘦弱”的大甲溪有能力能達到的，或許過去的河道的規模非常寬廣，可以達到北緣的大安溪到南側的大肚溪(兩條咖啡色虛線之間)，堆積了過去的大肚台地。在歷經了許多歲月之後，水量變小，寬廣的河道也不復存在，才“縮水”成今天的大甲溪、大肚溪、大安溪。關於這樣的想法，我們還有更進一步的推論。

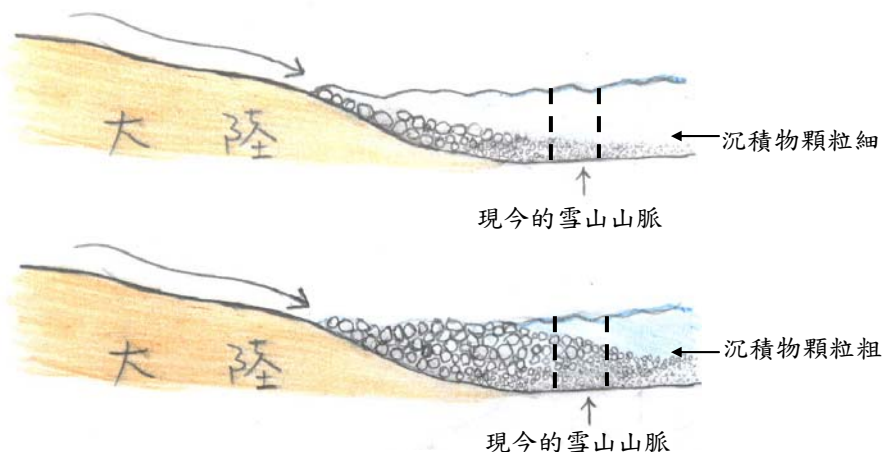


圖十：流經西部河流的過去與現在

4.台灣西部形成的過去與現在之一

根據我們採樣地點岩石薄片分析的結果，我們推測大肚台地可能是三個台地中最早堆積的。

根據我們所觀察到的岩石薄片中大肚台地礫石中的顆粒較粗且淘選度較差，三義和八卦台地礫石中的顆粒較細、淘選度較好。我們知道過去來自大陸的沉積物沉積在台灣今天的位置時，因為沉積位置的深度越深，沉積物的顆粒會越小，所以同一時期的越上層的岩層中沉積物顆粒會越粗，且淘選度較差，因此中部雪山山脈中岩層的顆粒大小應該是由下往上越來越粗（如圖十一）。



圖十一

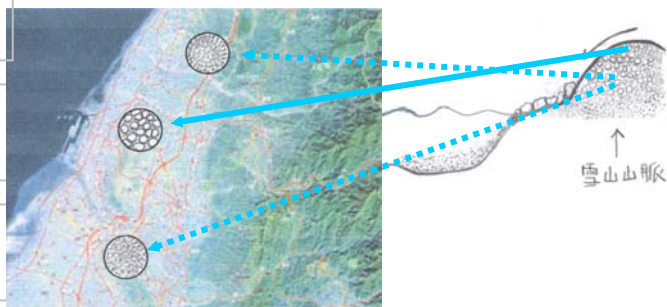
過去沉積在台灣現在所在位置的大陸沉積物。

因此我們推測過去堆積大肚台地的河流，就是侵蝕著雪山山脈較上部的岩層，所以礫石內的顆粒較粗，也因為礫石內的顆粒較大所以會摻雜著一些顆粒較小的沉積物，因此礫石內的淘選度會較差，之後因為大肚台地堆積較快，所以堆積的較兩旁高，而阻擋了河流的通過，於是河道往南北轉向，開始堆積八卦及三義台地，同時古河道的上游繼續向下侵蝕，侵蝕著顆粒較小的岩層，因而堆積三義台地和八卦台地的礫石內顆粒會較大肚台地礫石內的顆粒小，且淘選度較好（如圖十二），這樣的推論與我們岩石薄片的觀察結果相當吻合。

較晚形成的三義台地所堆積的礫石是侵蝕自雪山山脈較下方顆粒較細的岩層。

最早形成的大肚台地所堆積的礫石是侵蝕自雪山山脈地層較上方顆粒較粗的岩層。

較晚形成的八卦台地所堆積的礫石是侵蝕自雪山山脈較下方顆粒較細的岩層。



隆起的雪山山脈被河流侵蝕堆積在大肚台地、三義台地和八卦台地。

圖十二

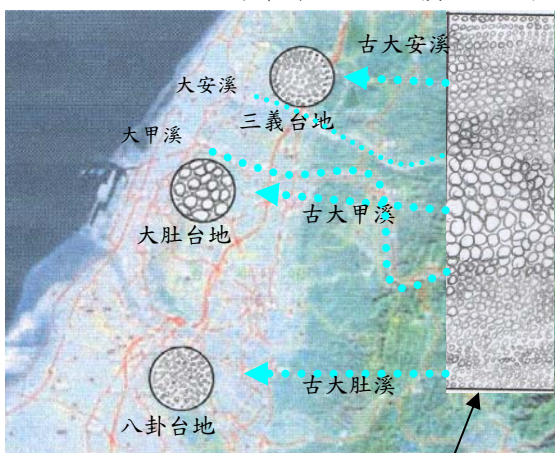
5. 台灣西部形成的過去與現在之二

依據薄片裡的組成來說，大肚台地的礫石是由河流侵蝕以前大陸帶來沉積物的古河道較中間的沉積物，而三義台地和八卦台地的礫石則是河流侵蝕古河道兩旁較細的沉積物。

除上述的結果之外，我們比較河流裡礫石所做的岩石薄片發現大安溪和三義台地很相似，而大甲溪和大肚台地卻不同。由於我們現在所看見的薄片內部組成，代表的是過去沉積在台灣現在所在位置的大陸沉積物，而在台灣形成後隆起成為雪山山脈的一部份，接著被河川侵蝕下來形成一個個的礫石堆積成沖積扇，在後來經過抬升之後才形成今日的大肚台地、三義台地和八卦台地。我們由薄片的觀察發現大肚台地的顆粒較粗，而三義和八卦台地較細，同時介於大肚、三義台地間的大安溪和大甲溪中礫石內

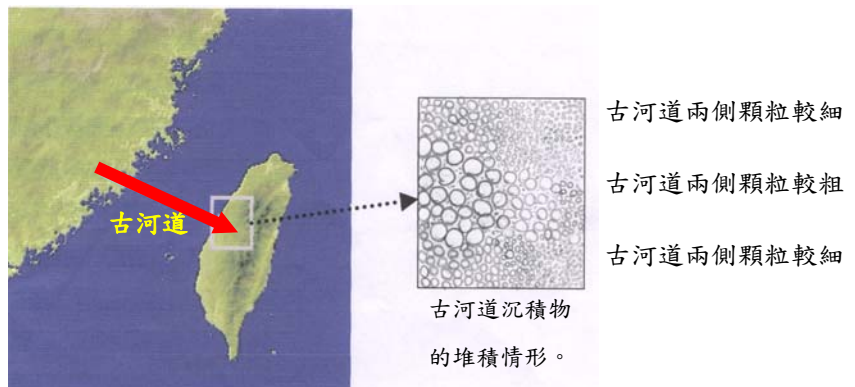
組成的顆粒大小也正好是兩者之間，一般來說河流的兩岸因為水流較小所以所帶動的顆粒會比較細，而河流中央的水流較大所以顆粒會較粗且淘選度會較差，因而形成了這片兩旁顆

粒較細、中間較粗的岩層（如圖十三），由於三義台地和八卦台地的位置是在大肚台地的兩邊，因此我們推測他們當初形成時沉積的礫石應該是河流侵蝕以前帶來大陸沉積物古河道兩側河岸的沉積物，而大肚台地則是河流



雪山山脈中顆粒大小的分布情形。

圖十四 礫石的來源



圖十三 推論過去來自大陸的古河道（圖中紅色箭頭）帶著沉積物顆粒，沉積到今天台灣所在的位置。

侵蝕古河道較中間的沉積物所形成的礫石堆積而成，才會造成大肚台地礫石中的顆粒最粗，而兩側三義台地及八卦台地礫石中的顆粒最細。時至今日，由北而南的大安溪、大甲溪及大肚溪源頭所侵蝕岩層的位置，正好是介於三義、大肚台地間，以及大肚、八卦台地間，於是河流沖積礫石中的顆粒大小比三義、八卦台地礫石中顆粒要大，而比大肚台地顆粒要小，結果也相當吻合。（如圖十四）

(四) 大安溪帶來岩層變質的訊息

從觀察大安溪礫石中的顆粒發現，大安溪所侵蝕的源頭地層已經有了輕度變質的跡象。

我們在大安溪的礫石薄片發發現顆粒在圓度方面呈短柱形，然而在搬運堆積的過程中礫石應該是逐漸地趨於較“圓”的形狀，而我們從岩石薄片看這些過去自大陸堆積來的沉積物顆粒，理論上礫石薄片中應該是較圓形，而在大安溪的礫石薄片中所呈現的短柱形顆粒應該是河流所侵蝕的岩層已經受到“擠壓”而變質了！那麼為什麼由大安溪所堆積的三義台地(甚至是他台地及河流的礫石)沒有觀察到短柱形顆粒的現象呢？這表示白冷或水長流岩層被擠壓變質其實是在三義台地堆積形成之後。再來看看大肚台地、八卦台地和大甲溪的礫石岩石薄片中，也未發現大量短柱形的顆粒，卻只在大安溪礫石薄片發現了這樣的情形，或許這正表示著台灣受壓情形的逐漸由東部往西擴大範圍，並且由北側開始出現，理論上未來我們也可以在大甲溪、大肚溪的礫石薄片中發現到更多這些受壓過的短柱形顆粒喔！

七、結論：

- (一) 我們在各地所採集的礫石是來自於雪山山脈中的白冷層及水長流層。
- (二) 台灣西部台地的沉積環境應該是陸相的河床堆積，唯有大肚台地可能比較接近沖積扇的沉積環境。
- (三) 過去堆積在三義台地的礫石與現今大安溪河床中的礫石應該都來自於相同的岩層層位。
- (四) 大肚台地並非由今天的大甲溪所堆積而成的。
- (五) 我們推測大肚台地可能是三個台地中最早堆積的。
- (六) 大肚台地的礫石是由河流侵蝕以前大陸帶來沉積物的古河道較中間的沉積物，而三義台地和八卦台地的礫石則是河流侵蝕古河道兩旁較細的沉積物。
- (七) 大安溪開始從上游帶來了輕微變質的礫石。

八、參考文獻

- 何春蓀(民 64)。台灣地質概論。台北:經濟部地質調查所。
- 陳文山(民 86)。岩石入門。台北:遠流出版公司。
- 陳文山(民 89)。台灣 1 億 5000 萬年之謎。台北:遠流出版公司。
- 陳培源(民 70)。野外及礦業地質學。台北 :正中書局。
- 陳汝勤,莊文星(民 81)。岩石學。台北:聯經出版事業公司。
- 王執明(民 88)。基礎地球科學。台北:龍騰文化。
- 王執明(民 89)。物質科學地球科學篇上。台北:龍騰文化。
- 李錦發(民 89)。東勢五萬分之一地質圖和說明書。台北:經濟部中央地質調查所。
- 何信昌,陳勉銘(民 89) 臺中地區五萬分之一分幅地質圖及說明書。台北:經濟部中央地質調查所。
- 羅偉,吳樂群,陳華玟(民 88)。國姓地區五萬分之一分幅地質圖及說明書。台北:經濟部中央地質調查所。
- 張憲卿(民 83)。大甲地區五萬分之一分幅地質圖及說明書。台北:經濟部中央地質調查所。
- 陳文山等(民 89)。更新世台灣西部前陸盆地的演化:沉積層序與沉積物組成的研究。經濟部中央地質調查所彙刊第十三號 13, 140-141。
- 經濟部:兩萬五千分之一地形圖。
- 經濟部:五千分之一航照圖。
- 全國博碩士論文全球資訊網<http://192.83.186.1/theabs/01>
- Occurrence & Mineralogy of Sedimentary Rocks
<http://www.tulane.edu/~sanelson/geo1212/sedrxintro.htm>
- 東海大學周圍地質介紹<http://www.thu.edu.tw/thuwind/studio/ha2.htm>
- 中央大學桃園台地群之地形特徵
<http://gis.geo.ncu.edu.tw/Research/geomo/TAOYUAN.HTM>
- 教育部學習加油站
http://content.edu.tw/junior/earth/tp_tm/new/item0110/main/student3/stu3a.htm
- 經濟部中央地質調查所<http://www.moeacgs.gov.tw/Index.htm>

給孽徒們～

總算交差了！雖然手邊還有「逆向操作」在進行延長賽，不過完成一件作品的感覺真是不錯，回憶起這一年來的點點滴滴，確實讓人難忘，也讓人回味無窮。

一年前，不知道是哪根筋不對，開始了與你們的這段「孽緣」，在吵吵嚷嚷中開始了採樣、磨片、觀察、分析、討論等等的工作，不過畢竟這是你們第一次親身經歷的研究工作，舉凡研究方向、內容、方法、乃至於研究的態度都是從頭開始，於是我們就有好長一段時間在一點一滴的學習，從學校的地科教室，到大甲溪旁邊的橋下，科博館的劇場教室，甚至是阿山哥的研究室裡，看著你們不停在吸收新知的同時，我的心裡同樣也有非常滿足的成就感！同時出乎意料的是，你們的成長速度（不是體重）遠比我預期的要快、要好，當你們漸漸講出推論的結果時，我其實在心裡面暗暗鬆了好大一口氣，這也證實了這段時間以來你們確實進步了很多。

不只是我，你們也是一樣，對未來總是會追求更高、更遠、更好，我當然希望將來的學生甚至是我自己，能夠超越你們還有現在的我，不過你們在我心目中永遠是獨一無二的（獨一無二的囉唆、獨一無二的龜毛、獨一無二的路痴和獨一無二的能吃），我想這一定很難忘記。其實跟著我是一件非常辛苦的差事這我知道，你們一開始絕對也沒想到事情會這麼麻煩，結果就像一脚踩進泥沼似的，想抽腿也來不及了（嘿嘿嘿...），不過未來還會不會有你們這樣吃苦耐勞的學生出現（可以讓我蹂躪），那就不得而知了～

眼前這只是給我們稍微喘息一下的時間罷了，我想我們要追尋的目標還有好長一段路要走，最後我想跟你們分享一下我很喜歡的一句話：「什麼是幸福？能夠一生作自己喜歡做的事那就是天底下最大的幸福！」當然幸福不會從天而降，要靠你自己的手去耕耘，難嗎？不會，因為我已經帶你們做過一次了！

PS.你們畫的岩石薄片觀察記錄真的很漂亮，阿山哥也這麼說喔！