

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 地球科學科

最佳(鄉土)教材獎

080508

大地變動的痕跡

---以嘉義縣 169 縣道達邦到特富野的地質為例

學校名稱：國立嘉義大學附設實驗國民小學

| | |
|---|-----------------------------|
| 作者： 小六 蔡承宏 小五 黃庭翰 小五 林純仔 小六 鄭庭懿 小六 李映昀 | 指導老師： 何夢青 蘇翰庭 |
|---|-----------------------------|

關鍵詞：斷層、褶皺、單面山

摘要

以達邦到特富野道路沿線及曾文溪上游兩大支流-依斯基安娜溪和長谷川溪河谷露頭的地質為例，調查範圍的地質擾動很大；岩層上波紋、岩層破碎、砂頁岩不連續面、小斷層、褶皺、單面山、崩塌地及崖錐、河岸礫石層堆積等。研究結果如下：

- (一) 崩塌形態為墜落和順著坡面滑落；單面山是河水侵蝕和砂頁岩互層交互作用擴大崩塌形成；露頭因外力作用而產生節理或破裂；背斜構造是擠壓造成的，能夠證明大地是變動的。
- (二) 岩層的皺紋是「波紋」化石，可證明曾是淺海地區，經板塊運動上升為陸地。
- (三) 7 個可疑的地點，其中 4 個的斷層證據充分，另外 4 個是不整合面。
- (四) 河流侵蝕凹岸，將砂石搬運、堆積在凸岸；礫石堆積有一定方向，那就是水流的方向。

一、研究動機

五年級時，學校正好舉辦校際交流，到阿里山鄉樂野村的「阿里山國民中小學」訪問，我們也搭車到部落附近的達邦做地層的戶外教學，那裏的河流、地層和山都很特別，留給我深刻的印象。

上完六年級上學期的第三單元「變動的大地」，上課老師提到了「流水使大地改變」、「岩石礦物的形成」…，讓我想起在達邦觀察地層的往事。加上課本裡說「水流沖刷時，會怎樣改變地表的景觀？讓我們一起來探訪變動的大地。」使我們對這一課產生了極大的好奇，於是決定以阿里山鄉的達邦和特富野部落附近的地層，進行調查研究，把課堂學到的「變動的大地」的知識，應用到那裏。

一開始，我們提了許多的問題，如石頭上的波紋到底是怎麼形成的？在河岸邊和山路旁的落石有大的、方的、大大圓圓的，有小小圓圓的，也有的石塊有很多稜角，它們是怎麼形成的？再加上蒐集到的資料告訴我們，在這附近可以探索「曾文溪」上游的兩大支流，「依斯基安娜溪」和「長谷川溪」，由於夏季雨多水流較湍急，河谷下切嚴重，侵蝕和搬運作用也很激烈。山壁陡峭、地層表面到處都有裂痕，崩塌很嚴重，是個適合我們研究的好地點。

我們希望經由野外露頭的調查，蒐集資料，來解釋「大地變動」的痕跡。



曾文溪上游的兩大支流，依斯基安娜溪和長谷川溪匯流處的曲流景象

二、研究目的

我們希望從達邦到特富野道路沿線及曾文溪上游的兩大支流，依斯基安娜溪和長谷川溪河谷露頭的地質調查，明瞭一些小斷層及崩塌地，和一些奇特的地質現象形成的原因，為了達到這些目的，於是經過小組討論，準備依照下面幾個問題進行研究。

- (一) 達邦到特富野道路沿線的地質調查
- (二) 岩層層面上的皺紋是什麼?
- (三) 為什麼岩層會破碎?
- (四) 這些是斷層嗎?
- (五) 這個背斜是怎麼形成的?
- (六) 單面山是什麼?是怎麼形成的?
- (七) 河岸的礫石堆積可以成為大地變動的證據嗎?
- (八) 崩塌地的形態都一樣嗎?
- (九) 製作達邦到特富野道路沿線的等高線的層模型

三、研究設備及器材

傾斜儀、地質錘、保麗龍板、珍珠板、海棉片、熱熔型切割機。

四、研究過程

(一) 文獻探討

1. 研究地點－達邦到特富野附近的路線圖



研究地點位置示意圖

資料來源：https://tw.search.yahoo.com/yhs/search;_ylt=AwrsAW6dhc5YCmIF;



本研究之研究地點示意圖

2. 曾文溪是台灣第四長的河流，全長 138.47 公里，發源於阿里山山脈的東水山。特富野和達邦海拔約 950 公尺，是最阿里山鄉中最接近阿里山山脈和曾文溪源頭的兩個聚落。雖然兩處加起來人口才七百多人，但卻是鄒族文化最具代表性的地方。
3. 達邦及特富野部落鄰近出露地層為中新世晚期以砂頁岩互層為主之南莊層。達邦部落位於曾文溪東側之高位河階地，特富野部落則位於近稜線之山坡地。部落高程約在 950 公尺-1050 公尺之間，地勢大致由東向西降低。部落鄰近特富野斷層及部分背斜及向斜軸部，地層位態變化大。

(二) 研究過程

研究一 達邦到特富野道路沿線的地質調查

我們利用假日，沿著嘉義縣 169 縣道前往嘉義縣阿里山鄉達邦村和特富野村進行野外地質調查。為了研究方便起見，我們將研究的地點分成 9 個露頭，紀錄如下：

露頭一：嘉義縣 169 縣道 28.5 公里處，砂岩頁岩互層，附近有人工隧道施工。

| | |
|---|---|
|  | <p>169 縣道石桌通往達邦的 28.5 公里處，由於崩塌落石經常發生，現正施工建造人工隧道，所以我們無法通行，只好繞道改從「十字」到「特富野」，再到「達邦」。左圖是達邦附近的「露頭一」起點。</p> |
|  |  |
| <p>第一個測量點層面是北偏東 68 度傾斜 39 度，向東傾斜。</p> | <p>第二個測量點層面是北偏東 44 度傾斜 26 度，向東傾斜。</p> |
|  |  |
| <p>第三個層面是北偏東 50 度傾斜 31 度，向東傾斜。</p> | <p>開鑿公路，岩壁鑽孔後填充炸藥，爆炸後留下來的痕跡，呈現放射狀。</p> |

| | |
|--|---|
|  |  |
| <p>我們在嘉義縣 169 縣道 28.5 到 29 公里處，地層露頭發現褶皺。</p> | <p>砂岩頁岩的剖面厚度約 70 公分，褶皺上方發達的砂岩中間夾著頁岩。</p> |
|  |  |
| <p>這是一個背斜構造，除了上方植被覆蓋看不見外，岩層彎曲的弧度很明顯。</p> | <p>這個軸皺出露的軸部大約距離地面 3 公尺左右，偏向右邊。</p> |

【露頭一討論】

這一個露頭有塊狀砂岩，岩石呈現紅色的地方是氧化作用造成的，岩石中有礦物質(鐵生鏽)；岩層的節理面很多，風化很厲害。路旁堆積不少的大小石塊，破裂面的角銳利，表示剛脫落不久；久了風化岩石角會較圓滑。在這個露頭，我們發現了三個爆炸點，是開闢 169 縣道由石桌到達邦與特富野時，鑽動岩壁、填充炸藥，爆炸後留下來的痕跡，呈現放射狀。測量地層的傾斜走向時，我們在層面上鋪上寫字板，用本子抓凹凸不平層面的平均數，測量後得到的資料是「北偏東 52 度，傾斜 41 度，向東傾斜」。

露頭二：嘉義縣 169 縣道 31.5 公里處，達邦橋附近。

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>這個露頭位於達邦橋的南邊，屬於曾文溪河道。基腳砂頁岩互層，是差異侵蝕</p> | <p>這個露頭位於達邦橋的北邊，沙頁岩互層，崩塌很嚴重，大部分是頁岩。</p> |
|  |  |
| <p>露頭二，在達邦橋的北邊，頁岩地形較發達，這個地方崩塌嚴重。</p> | <p>這個是滑落崩塌地形，薄層砂岩和頁岩地形較發達，碎屑堆積在基腳地方。</p> |
|  |  |
| <p>這裡砂岩頁岩互層，碎屑多，有風化作用使得岩層變得很破碎。</p> | <p>這個露頭在 31.5 公里處，道路右邊下方溪谷就是曾文溪河谷。</p> |
|  |  |
| <p>這裡有許多不同的波紋，有好幾層，我推測是在不同時代形成的。</p> | <p>有許多岩石從上面掉下來。(照片：是從上方落下的砂岩，厚度是 10cm)</p> |

【露頭二討論】

達邦橋的北邊砂頁岩互層，頁岩較發達，崩塌很嚴重，大部分是滑落。而達邦橋的南邊，是曾文溪河道的南岸。基腳砂頁岩互層，是差異侵蝕，這裡砂岩頁岩互層，碎屑多，有風化作用使得岩層變得很破碎。

我們在達邦橋旁岩層層面發現波紋化石，上下每一層波紋的型態都不一樣，並且有很多層，因此我們推測那些波紋是在不同時代所形成的。在層面上也發現了生痕化石(砂棒)，所以推測那裡以前是淺海地區。

露頭三 特富野橋西邊約 500 公尺處，依斯基安娜溪的河床南岸。

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>由於兩岸的沙頁岩地層中，頁岩發達，所以這裡河床上的鵝卵石較小</p> | <p>在這一個露頭，塊狀砂岩是很雄偉，風化面的砂岩有很多節理，邊緣是圓滑的</p> |
|  |  |
| <p>這張圖是可以看到靠近河岸邊的岩層是沙頁岩互層，大多是巨大的塊狀砂岩</p> | <p>這裡的上面是竹林，土壤下的地層有很大的面積是破碎的，風化很厲害。</p> |
|  |  |
| <p>塊狀砂岩表面有很多裂隙，這很多裂縫橫豎都有，沒有規則。</p> | <p>這個露頭的側面有清楚的層面，東邊有一些砂岩已經風化脫落。右邊頁岩較多</p> |

【露頭三討論】

由於兩岸的砂頁岩地層中，頁岩發達，所以這裡河床上的鵝卵石較小，而在露頭三我們發現了雄偉的塊狀砂岩，風化面的砂岩有很多節理，邊緣是圓滑的，巨大的塊狀砂岩上面是竹林，土壤下的地層有大面積的破碎，並且風化作用很明顯。這些破碎的塊狀砂岩表面有很多裂縫，這些裂縫橫豎都有，並沒有一定的規則。

露頭四 依斯基安娜溪靠近與長谷川溪匯流處，河岸北邊有許多礫石堆積

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>大小不一的礫石層，堆積的情形很混亂，可能是由非常大的水量搬運而成的</p> | <p>大小接近的礫石堆積，說明河流的淘選度；這些堆積是由較小的流量搬運的。</p> |
|  |  |
| <p>礫石層有一定的方向性（疊瓦狀）</p> | <p>依斯基安娜溪和長谷川溪的交會處。</p> |
|  |  |
| <p>破碎的頁岩，深灰色的，易破碎。</p> | <p>好大一片的頁岩，右下角有侵蝕的痕跡。</p> |

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>測量砂頁岩互層層面的走向與傾斜。</p> | <p>河床東有防砂壩，河床鵝卵石大小都有。</p> |

【露頭四討論】

我們在依斯基安娜溪和長谷川溪的交會處，發現大小不一的礫石層，推測可能是由非常大的水量沖刷而成的，而礫石層有一定的方向性(疊瓦狀)。而大小接近的礫石堆積，說明河流的淘選度；這種堆積是由較小的流量搬運的。我們在河床上發現了破碎的頁岩(深灰色)。在河道旁發現一大片深褐色接近黑色的頁岩，並發現在右下角有侵蝕作用留下來的痕跡。

露頭五

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>達邦橋北邊，紅色的特富野橋橫跨在依斯基安娜溪上面，顏色非常漂亮。</p> | <p>發現這塊石頭裡面有很多大大小小的深色淺穴，是岩層中結核的一種。</p> |
|  |  |
| <p>砂頁岩互層，頁岩較發達，差異侵蝕很明顯，崖錐碎屑不多。</p> | <p>看到了砂岩和頁岩的互層，有很多破碎的節理面。</p> |

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>測量岩石層面走向，是北偏東 38 度、向西傾斜 59 度。</p> | <p>砂頁岩互層，發現明顯斷層裂面，靠近頁岩部分有斷層泥。</p> |
|  |  |
| <p>這是一塊大的層面，斷掉的地方，為岩層墜落現象。</p> | <p>砂頁岩互層，有明顯斷層現象，順著砂岩觀察可以看到斷裂錯動的地方。</p> |
|  |  |
| <p>石頭內含有鐵質的砂棒，我會知道是因為它的外面是黃色的。</p> | <p>砂頁岩互層，岩層出現不連續面，有明顯斷層現象。</p> |

【露頭五討論】

我們在達邦橋北邊，看到紅色的特富野橋橫跨在依斯基安娜溪上面，顏色非常漂亮。我們發現了一塊石頭裡面有很多大大小小的深色淺穴，是岩層中結核的一種。在河道旁看到了砂岩頁岩的互層，有很多破碎的節理面。在河道中我們發現了一塊含有鐵質砂棒的石頭。

我們在砂頁岩互層的岩壁上發現了明顯的斷層現象，並發現了一塊大的層面有岩層墜落的現象。測量岩石層面走向，是北偏東 38 度、向西傾斜 59 度。

露頭六

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>因為砂岩比較硬，頁岩比較脆弱，形成差異侵蝕，造成單面山。</p> | <p>下面是頁岩，上面是砂岩，因差異侵蝕，造成砂岩坍塌。</p> |
|  |  |
| <p>上方的砂岩上有一條條的紋路，看像層面，其實是節理。</p> | <p>壯觀的頁岩，頁岩厚度 30 到 40 公尺，左下角有墜落的現象。</p> |
|  |  |
| <p>在這看到波紋。</p> | <p>塊狀砂岩發達，摻雜有少數頁岩。</p> |
|  |  |
| <p>此處頁岩砂岩互層，河流侵蝕造成差異侵蝕，形成單面山。</p> | <p>河床邊的岩石，混雜砂岩及頁岩，看似崩塌所造成。</p> |

【露頭六討論】

我們發現了單面山，這裡的頁岩砂岩互層，是屬於砂岩比較發達、堅固，頁岩比較脆弱，因差異侵蝕造成崩塌而形成。河床邊的岩石，混雜砂岩及頁岩，看似崩塌所造成。上方的砂岩上有一條條的紋路，看像層面，其實是節理。壯觀的頁岩，頁岩厚度 30 到 40 公尺，左下角有墜落的現象。在這有看到波紋。

露頭七



這裡是依斯基安娜溪與長谷川溪的交會點，我們繼續向山谷中的野溪上走。



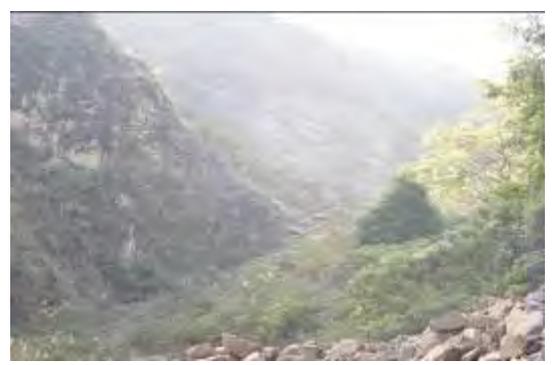
野溪上的河床，堆滿巨大的塊狀砂岩，石塊的稜角很明顯。



在野溪上往回看，凹岸為長谷川溪，凸岸為依斯基安娜溪。



我們在野溪上測量層面走向，北偏東 36 度，傾斜 53 度，向東傾斜。



野溪上方的山谷，是一個大崩塌地。



野溪旁崩塌的岩層，差異侵蝕明顯。

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>砂頁岩互層，有許多節理及崩落現象。</p> | <p>砂岩厚崩裂處有稜角，頁岩薄而碎屑多</p> |

【露頭七討論】

我們從依斯基安娜溪與長谷川溪的交會點，繼續向山谷中的野溪上走。野溪上的河床，堆滿巨大的塊狀砂岩。我們從野溪上往回看，凹岸為長谷川溪，凸岸為依斯基安娜溪。我們在野溪上方看到崩塌的山谷，也在野溪旁看到崩塌的岩層，

砂頁岩互層，有許多節理及岩層崩落現象。

露頭八

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>砂頁岩互層，有許多節理及岩層崩落現象。大塊砂岩南北向，長度大約 150 公尺、高度大 6 公尺。</p> | <p>砂頁岩互層，有許多節理及岩層崩落現象。發現不連續面，巨大的砂岩層有明顯的不整合現象。</p> |

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>發現石頭中的砂棒。</p> | <p>破碎的巨大的層面。</p> |

| | |
|---|--|
|  |  |
| 節理及墜落地形發達。 | 層面墜落現象、斷層泥和斷層。 |
|  |  |
| 塊狀砂岩，總高度約 20 層樓高，非常壯觀，我們站在基腳顯得很渺小。 | 塊狀砂岩，長約 150 公尺，高度大約 60 公尺，有墜落現象，發現不連續面。 |

【露頭八討論】

我們發現在砂頁岩互層的岩壁上，有許多節理及岩層崩落現象。大塊砂岩南北向，長度大約 150 公尺、高度大 6 公尺。有墜落現象、不連續面。非常壯觀，我們站在下面顯得很渺小。在石堆中發現含有砂棒的石頭。

這個露頭的砂岩發達，灰白色的砂岩真的很雄偉，這個露頭的傾斜走向測量的結果是北偏東 39 度，傾斜 23 度，向東傾斜。

露頭九

| | |
|---|--|
|  |  |
| 曾文溪河道西側，屬巨大的塊狀砂岩，墜落的岩壁。 | 巨大的塊狀砂岩，岩石有嚴重的的墜落現象，非常的壯觀。 |



巨大的塊狀砂岩，岩石有嚴重的的墜落現象，非常的壯觀，節理面非常巨大、明顯。(以人當比例尺，節理面高度大約兩公尺)



巨大的砂岩南北向大約 150 公尺，高度大約 60 公尺，我們正在測量巨大的層面。



這是依斯基安娜溪、長谷川溪和曾文溪的匯流處。



在曾文溪的攔砂壩，布滿了大小不一的砂岩，也是我們露頭九的終點。



這是河階台地，對面是巨大的塊狀砂岩，旁邊是一座大山，前面布滿了大小不一砂岩。



這是河階台地，對面是巨大的塊狀砂岩，旁邊是一座大山和攔砂壩，前面布滿了大小不一砂岩。



這是河階台地對面的大山丘，高度大約 60 公尺。砂頁岩互層，頁岩較為發達，崩塌面屬逆向坡，傾斜面傾斜約 67 度



這是河階台地，對面是巨大的塊狀砂岩，旁邊是一座大山和攔砂壩，前面佈滿了大小不一砂岩。

【露頭九討論】（曾文溪的南岸）

這個地方屬於砂、頁岩互層，頁岩較發達，在河階台地前緣堆積了很多大小不一的鵝卵石。接著我們到一旁的岩層露頭，經過我們的測量，測量出的傾斜數據:1 北偏東 20 度，向西 36 傾斜度。我們繼續走下去，而這裡也是砂、頁岩互層，頁岩較發達，我們測量了一旁的岩壁，我們測量出的傾斜數據:1 北偏東 24 度，向西 31 傾斜度。再來我們走到攔砂壩旁，這邊的墜落情形嚴重，產生了大凹洞，而墜落現象是指節理太過於嚴重，重量太重，而因為地心引力而墜下，在這有看到塊狀砂岩，和許多節理現象，塊狀砂岩南北向長度大約 150 公尺，高度大約 60 公尺，而我們測量了這片巨大的岩壁。

研究二 岩層層面上的皺紋是什麼？

| | |
|---|--|
|  |  |
| 波紋由，長短波交互成美麗圖案。 | 這裡的波紋年代不同，所以有好幾層。 |
|  |  |
| 上層波紋和下層的波紋不一樣。 | 這個波紋凹洞波紋型，水流可能較大 |
|  |  |
| 這個波紋圓滑型的外觀，讓我好分辨。 | 這些波紋不一樣，有的老，有的年輕。 |

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>這裡的波紋為大圓滑型，厚度較厚。</p> | <p>這裡的每一層，都有自己特色的地方。</p> |
|  |  |
| <p>這個石頭上有波紋，成方塊狀很特別。</p> | <p>特富野橋下的大岩層，上面有波紋。</p> |

平常我們在海邊沙灘或河邊出露的沙地，退潮或水乾涸後，就可以發現，如下圖。

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>海邊沙灘上的波紋</p> | <p>河床上乾涸沙地上的波紋</p> |

從這些大自然變動痕跡的「波紋化石」，產生一個疑問，那就是波紋如何形成？

波紋形成的實驗步驟：

一、實驗材料：水族箱、細沙、芝麻。

二、實驗方法：

- 1.水族箱裝水約 1 公分深，放在圓塑膠桿上，倒入 5 克細沙，再輕輕來回搖晃。
- 2.細沙慢慢在水族箱底形成波紋；芝麻顆粒也同樣會在水底形成波紋。

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| 把細沙倒入透明水族箱 | 搖晃沉在水裡的細沙 | 水族箱底部裡的波紋 |
|  |  |  |
| 波紋化石是海底形成的 | 使用芝麻做出的波紋 | 芝麻波紋 |

三、實驗結果：

- 1.從實驗中我們可以知道，細沙或芝麻形成波紋，必須在水的環境下才能形成。
- 2.波紋形成的原因是水有規律地的來回運動，同時帶動了水底的沙子。等海水退潮或河邊小水窪的水乾了以後，就會看到遺留下來的「波紋」

【討論】

- 1.對照我們野外的實地勘查，觀察到露頭二有幾處波紋化石，應可說明當地曾有一段時間是在海底，現在隨著地殼上升成為陸地，這種改變是很激烈。
2. 在達邦路邊露頭二發現上下層各有不同形狀的波紋化石，從實驗觀察，只要水的速度改變，就會改變波紋的形狀，就是最好的證明。
- 3.我們認為這些海邊波紋的形成順序，有可能是這個樣子：(1) (2) (3)
 - (1)形成波紋，以後再有河流帶來的沉積物蓋在上面，原來的紋路被保存下來。
 - (2)這些沉積岩層在海底變成地層，加上板塊運動，水慢慢下降露了出來成為陸地或高山。
 - (3)經過很久以後風化作用、露頭崩塌，於是我們來調查後，就看到露了出來的「波紋」化石。

研究三 為什麼岩層會破碎?

在這一次的野外調查研究中發現此地有很多露頭有龜裂的情形，到底這些巨大的裂痕是怎麼形成的，為了明白這件事，於是設計了一些實驗來探討。

形成岩石碎裂的實驗步驟：

一、實驗材料：酒精燈、岩石標本

二、實驗方法：

岩石加熱後會膨脹，加熱後立即將岩塊放入水中，可以發現岩塊有碎裂痕跡。

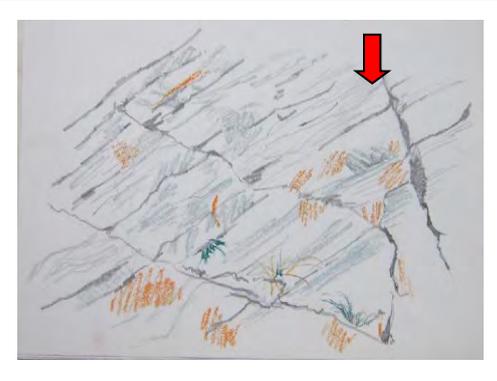


【討論】

板塊運動使原來在海底的地層上升，這些岩層不管是砂岩或頁岩，只要被擠壓、受力的力量解除，岩層自然就會就後產生破裂。這種變動的力量，絕對是很大，應該是來自地球的內部。另外，地球的外營力，如陽光造成的熱漲冷縮、空氣中酸性物質會加速風化、水和植物也會造成岩層產生節理、裂隙，它的變動的力量，絕對是很大，應該是來自地球的內部。

研究四 這些是斷層嗎？

就這一次野外調查，發現了很多疑似斷層的地方，特別提出來加以討論。

| 露頭照片 | 野外岩層素描 |
|---|--|
|  |  |
| <p>箭頭所指的方位是受力較大的地方，所以岩層出現弧度。這也是受力擠壓所形成的不連續面。右邊是林○○所做的野外素描，搓動的位置很清楚。</p> | |
|  |  |
| <p>左圖 0 明顯的斷層線表示這裡有許多小斷層。右圖是其中一個斷層的特寫。</p> | |
|  |  |
| <p>這兩張圖上有長長的斷層線，表示這裡有斷層。</p> | |
|  |  |
| <p>這露頭圖中有 3.5 公尺斷層線。</p> | |



這路頭是屬於不整合面。



上方兩圖中，紅箭頭所指的地方是斷層線，藍箭頭所指的地方是斷層泥。



上圖中斷層的另一端，已經延伸到地底下看不見了。



【實驗設計】

為了確認地層斷裂的原理和現象，我們設計實驗來證明斷層形成的原因。

實驗步驟：

一、實驗材料：砂糖、棉花糖溶解後做成的糖餅

二、實驗方法：

1. 雙手緊緊自兩側抓住糖餅，並由二側向中央施力。
2. 慢慢增加向中央的施力，直到糖餅斷裂成兩半。



三、實驗結果：

1. 從實驗中我們可以知道，糖餅受力擠壓會造成岩層斷裂，必須是硬化、溫度低。
2. 我們推論，糖餅應可說明地殼擠壓的劇烈變動造成斷層現象。為何要使用糖餅？
最主要的用意是要證明地殼上升，溫度較低而且硬化後，會造成斷裂。

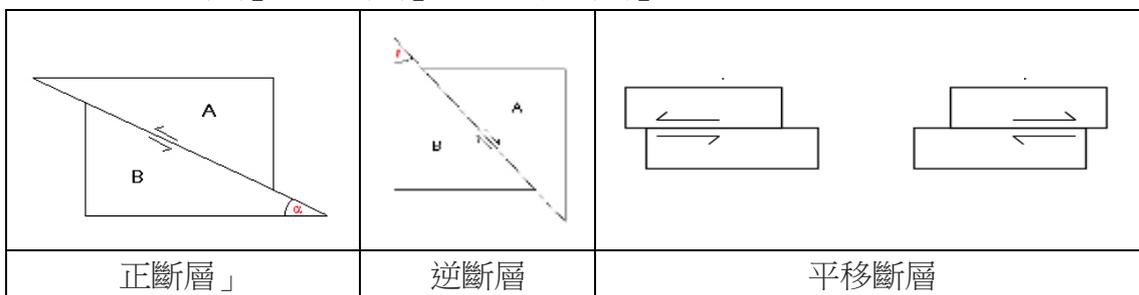
【討論】

在曾文溪上游發現許多疑似岩層斷層的現象，它的層面有的呈現一致性線條，有的呈現交錯現象、有的似乎已形成斷層泥，到底這些斷層現象是怎麼形成的？

首先我們從定義上來了解什麼是斷層。斷層是指岩石形成節理構造破裂後，兩側岩層發生顯著的相對位移而有不連續的現象，此種不連續面稱為斷層。斷層大小不一定，大的斷層可縱貫整個岩石圈，水平則可綿延幾千公里。由於相鄰地殼間可能會作垂直或水平相互滑動，因此在斷層處經常會發生地震。

斷層有斷層面、斷層線和斷層盤三要素。斷層面是指岩層受力後發生相對位移的破裂面。呈面狀展布，具有一定的走向、傾向、傾角；斷層面有的光滑，有

的是擦痕，有的呈波狀起伏較粗糙。斷層線是指斷層面與地面的交線。可直可彎，甚至形成一條寬窄不等、成帶狀分布的破碎地帶，稱為斷層破碎帶。斷層盤是指斷層面兩側的斷塊稱為斷層盤。依照斷層兩側岩體相對位移的方式，可以將斷層分類為「正斷層」、「逆斷層」和「平移斷層」三種。



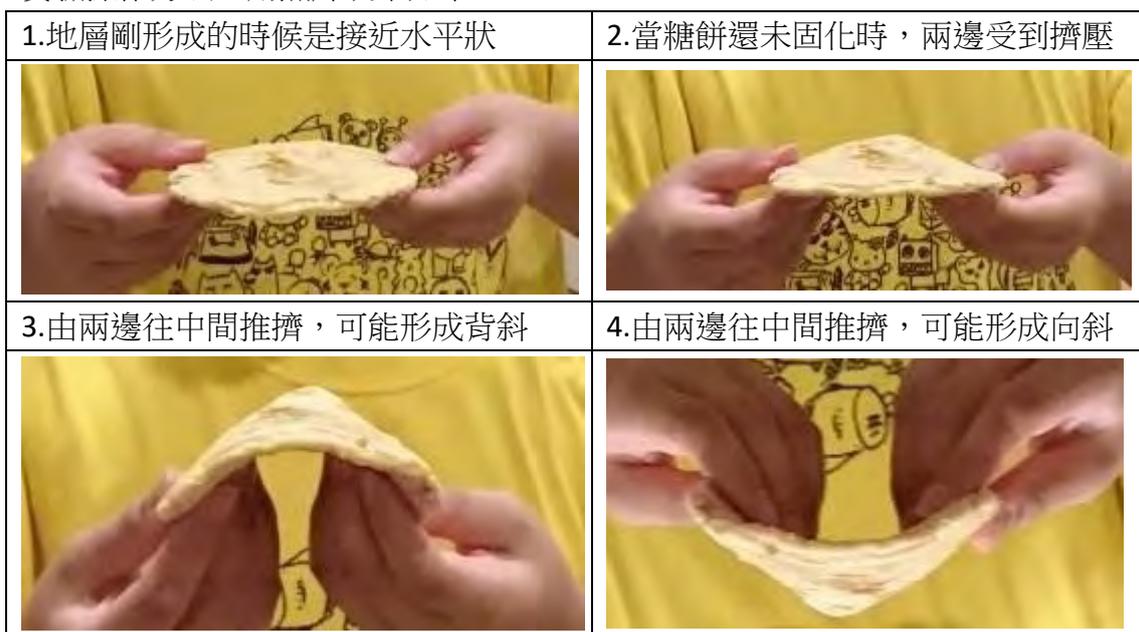
形成的原因：地層受到擠壓會產生褶皺現象，當褶皺的現象持續不斷，最終達到岩層無法承受的狀態時，就會導致岩層斷裂並移動，而這種岩層斷裂並發生相對的移動稱為斷層，而地震就是形成斷層時產生的撞擊所造成的。

研究五 這個背斜是怎麼形成的？

我們在公路旁看到了褶皺的的層構造，這是褶皺中的背斜。老師說除了背斜外，還有向斜與 S 形褶皺和偃臥褶皺。上游河流把風化的砂石往下沖，中油停留一些鵝卵石，到了下游可以看到的是細砂，也有一些砂石被帶到大海，沉積在海底。地層形成初期在海中的時候是水平排列的，這些地層經過力量的擠壓，有時候會形成傾斜地層，有時也會出現許多的褶皺。

【實驗設計】

由於地球板塊的劇烈運動，使地殼產生褶皺，褶皺也可能形成凸起或凹下去的地形。為了了解地層受到壓力產生褶皺會有哪些可能？我們做了一個受到不同力量擠壓褶皺地層的種類實驗。在這個實驗，我們還是使用糖餅。以下是我們的實驗操作方法，用照片表示如下：



5.由兩邊往中間推擠，可能形成 S₁ 型



6.由兩邊往中間推擠，可能形成 S₂ 型



【討論】

- 1.褶皺除了是因為岩層兩邊的力道勢均力敵，向下凹的是向斜，而向上隆起的是背斜外，溫度也是重要的因素之一。因為岩層受地球內部熱的影響而溫度高，擠壓時就比較容易形成褶皺；相反的若地層抬升溫度降低比較容易硬化，這時就會出現斷裂的現象。
- 2.所以目前在野外發現的褶皺，就有可能在比較接近深層，受熱的關係，地層比較具有可塑性而成為為背斜或是向斜。當強大的擠壓作用使岩層發生彈性變形而形成背斜、向斜或是 S 型及偃臥後，再上升隆起成為陸地，也就是現在在露頭發現的褶皺地層。

研究六 單面山是什麼?是怎麼形成的?

此次我們進行野外探勘，當我們走到曾文溪上游的長谷川溪河岸，我們看到一座只有一半的山，一側的山已經崩塌，仔細觀察其岩層為砂岩及頁岩互層的岩層，也看到溪邊看到大小不一的砂岩和頁岩岩塊，可見此地經過長時間的風化作用、雨水沖刷及溪水的侵蝕情況明顯，而形成此種單面山的特殊地形地貌。



單面山的一邊是綠草滿佈，一邊是已崩塌而碎裂的岩層，在它的山腳邊還看得到大塊崩落的岩石

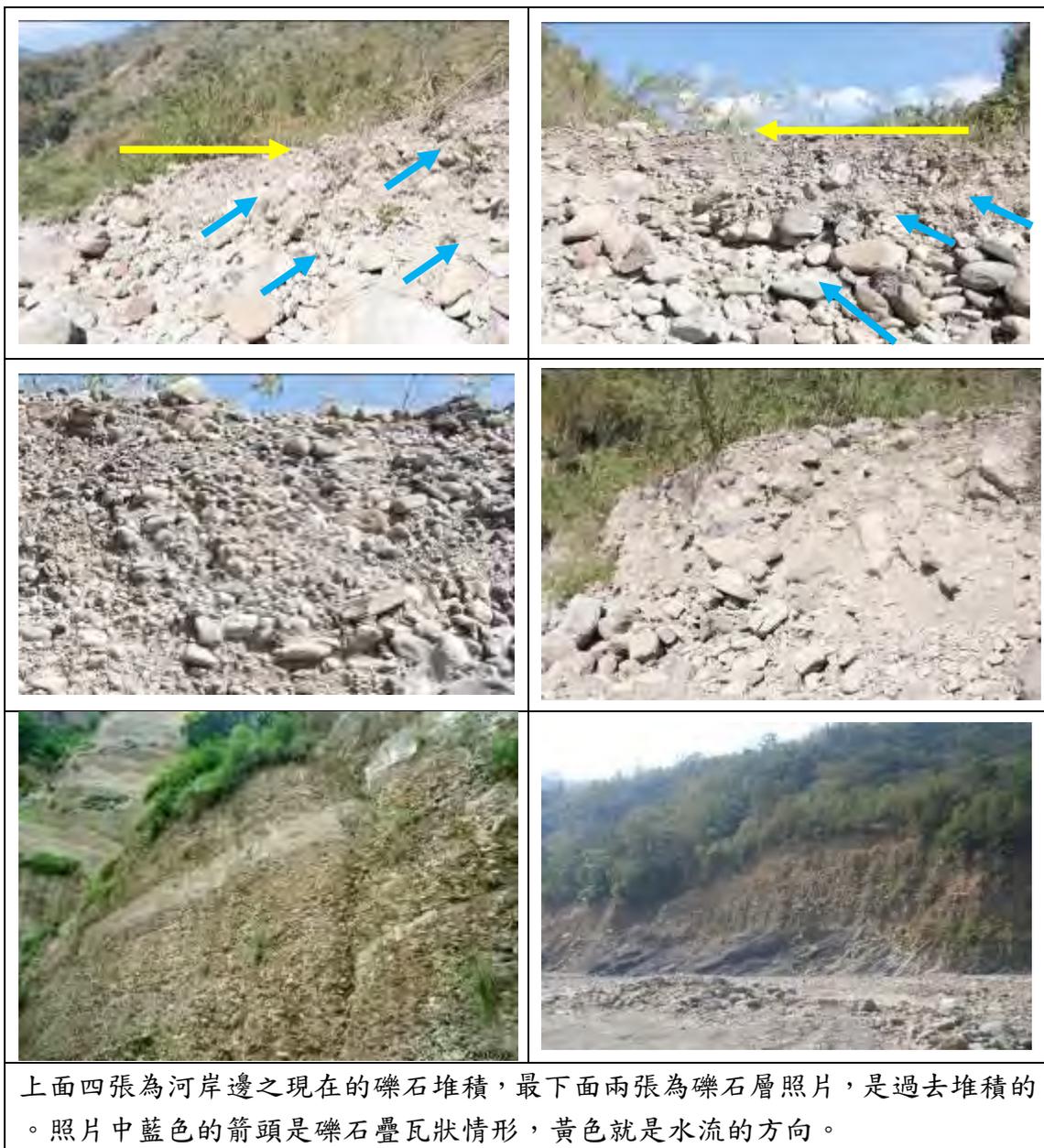
砂岩及頁岩互層的岩層，因地質差異，在長時間受到不同程度的差異侵蝕作用下而形成單面山

【討論】

「單面山」是指一邊陡峭而另一邊緩斜的山。其通常形成的原因是原本傾斜排列的岩層，其上層塊狀砂岩的岩石較硬，下層夾雜這砂頁岩互層的岩石較脆弱，由於地質上差異，因受到長時間風化作用或雨水沖刷、溪水的向源侵蝕之下，致使脆弱的岩層受到較多的侵蝕，而造成對岩層不同的程度的差異侵蝕，最後因

岩層侵蝕速度不一，造成下層較軟的岩石多被侵蝕剝落，以致無法支撐上層較硬的岩層，最後使得岩層崩塌，造成特殊的地景，就是「單面山」。

研究七 河岸的礫石堆積可以成為大地變動的證據嗎？



【討論】

1. 礫石的堆積會有一定的方向性嗎？我們的答案是會的，這種情形會反映在礫石層裡。礫石的堆積有一定的方向，是因為河流的搬運作用，一開始那邊沒有礫石，但透過河流把別的地方的石頭帶過來，日積月累就形成了礫石堆積在河邊，而河流若是往左流動礫石一層一層地疊瓦狀就會朝左邊。河流若是往右流動礫石就會朝右邊疊，這就是礫石層中，大部分的石頭都朝同一個方向排列的原因。
2. 但是為什麼是大部份的礫石是同一個方向，而有其餘的一小部分是不同方呢？因

為有時會有暴風雨或亂流，使得一些礫石的堆積產生混亂，所以就會變成不同方向。

3. 當河流的水流量較大且較湍急時，沖刷過來的石頭會就多，那段時間沉積下來的石頭會較大，水流量較小且緩和時，沖刷過來的石頭會比流量大的時候來得小，那段時間堆積的石頭會較小，而在每次沖刷的過程中，較大的石頭會先沉積下來，較小的石頭則會較慢沉積，因此在礫石層中我們可以發現，較大的石頭會沉積在較小的石頭下面，而從礫石層的石頭大小亦可判定，該次沖刷水流力道之大小。
4. 在礫石層中還可發現有些石頭是有稜角，有些石頭是沒有稜角而且較圓滑，這是因為有些石頭從較遠的地方被水流帶過來，滾動時間較久距離也較遠，所以把石頭磨得較為圓滑，有些石頭是從較近的地方滾下來的，滾動時間較短距離也較近，所以才會有稜角，從這個現象可判定礫石層的石頭是由各個不同的地方沖刷過來的。
5. 河岸的礫石堆積，是因為河流侵蝕、搬運而來的，當然可以成為大地變動的證據。

研究八 崩塌地的形態都一樣嗎？

| | |
|---|--|
|  |  |
| 逆向坡，砂岩較發達的崩塌 | 斜交坡砂頁岩互層的崩塌 |
|  |  |
| 逆向坡頁岩較發達的崩塌地 | 斜交坡砂岩發達的崩塌地 |

【討論】

在我們的研究區內崩塌型態大概可以分成墜落和滑落。在何春蓀的普通地質學裡面說，崩塌就是一種崩壞運動，也叫塊體運動，為風化物質受重力作用，產生向下移動的現象。崩塌的形式及速度差異很大，有些慢到難以查覺，如潛移；有些則幾乎是在瞬間產生，如墜落。一般而言，坡度陡、暴雨多、岩層風化嚴重、岩層破碎、節理豐富的地區，較易發生崩塌。此外，在地質比較脆弱的地點，例如斷層經過或者外營利侵蝕旺盛，也容易造成崩塌。

從營力上來說，崩塌、地滑是以重力為主，若遇到大雨的潤滑或地震等導致震動，發生的機會就會增加；土石流主要以流水營力為主，配合上重力使得土石與水的混合能夠從河道、溝谷中流動；潛移也是重力作用為主。因此在本研究地區的崩塌型態，是有些不一樣。

研究九 製作達邦到特富野道路沿線的等高線的層模型

| | | | |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| 用熱熔器切割珍珠板 | 黏貼組合各高度版 | 高度、位置是否正確 | 完成等高線模型了 |

五、討論

- (一) 從阿里山公路台 18 線公路，「石桌」到「十字」的路邊往山谷下看，有住家和農田的地方都是河階台地，那就是特富野和達邦部落聚集居住和耕作的地方，總共有八個河階台地。原來原住民在這開墾時，都找河階台地來開墾。這些河階台地有的高有的低，都是河流切深造成，和地殼上升變動造成。高位河階在山腰，低位河階下面就是河谷。河流有侵蝕的作用，侵蝕後的砂石往下堆積，堆積在河流的凸岸，造成平台。由於河水向兩側侵蝕，所以河面變寬。
- (二) 達邦橋的北邊砂頁岩互層，頁岩較發達，崩塌很嚴重，大部分是滑落。而達邦橋的南邊，是曾文溪河道的南岸。基腳砂頁岩互層，是差異侵蝕，這裡砂岩頁岩互層，碎屑多，有風化作用使得岩層變得很破碎。我們在達邦橋旁的岩層層面發現波紋化石，上下每一層波紋的型態都不一樣，並且有很多層，因此我們推測那些波紋是在不同時代所形成的。我們撿到了從上面掉下來的砂岩上有波紋（厚度為 10cm），並在上面發現了生痕化石（砂棒），所以推測那裡以前是淺海地區。
- (三) 流水有侵蝕、搬運、堆積三種作用，當河流的水流量較大且較湍急時，沖刷過來的石頭會就多，那段時間沉積下來的石頭會較大，水流量較小且緩和時，沖刷過來的石頭會比流量大的時候來得小，那段時間堆積的石頭會較小，而在每次沖刷的過程中，較大的石頭會先沉積下來，較小的石頭則

會較慢沉積。由於河流的流動，會使河川隨時都在改變，就連前面所說的河階台地也是受它的影響，因此，在河谷中考察，就可以發現不同階段的變動，它是大地變動的一個重要證據。

- (四) 何波紋會在石頭上？我們認為這些海邊波紋的形成順序，有可能是海水漲退潮在淺海地區形成波紋，以後再有河流帶來的沉積物蓋在上面，原來的紋路被保存下來。當這些沉積的原始地層在海底變成堅硬的石化地層後，加上板塊運動，成為陸地或高山。再經過長久時間的風化作用、露頭崩塌，於是我們來調查後，就看到露了出來的「波紋」化石，所以這也是大地變動的一項證據。至於岩層破碎、斷層的形成與出現、單面山、崩塌地等也是大地變動的結果。

六、結論

- (一) 從達邦到特富野道路沿線與依斯安娜溪、長谷川溪與曾文溪，三條溪交會口河谷的地質調查，讓我們找到了很多的證據，可以證明大地真的是在變動；現在跟很久很久以前不同，而未來也會跟現在不一樣。
- (二) 岩層層面上的皺紋是「波紋」化石，它可以證明，過去這裡曾經是海底的淺海地區，是板塊運動使這個地方上升成為陸地，這一個變動應該是最大的。
- (三) 為什麼岩層會破碎？我們設計土塊與方糖的擠壓實驗來證明。地面上的這一些岩層，看起來是那麼的堅固，但是還是經不起外力的作用；這些力量可能來自前後左右、也有可能來自上面的負重。這種看不見的力量，也是大地變動的因素之一。
- (四) 針對調查中的 7 個可疑的地點，進行是不是「斷層」的探討，就後結論是其中 4 個地點的斷層證據很充分，所以判斷為斷層，另外的 4 個地點，我們只能暫時說是不整合面，留待以後再學多一點地質的知識再來判斷。
- (五) 這個背斜是怎麼形成的？我們利用片狀的海綿來進行驗證，也藉這個機會明白背斜、向斜、S 型連續褶皺等不同的類型和成因，也從這一個露頭是背斜構造來證明大地變動的。
- (六) 在長谷川溪河谷發現了一處單面山構造，真的令人興奮。探討單面山的形成原因，我們的想法是因為砂頁岩互層的地層構造中，頁岩比較脆弱，容易受到風化。當它面對河谷的這一側，受到河水侵蝕、和它自己身的差異侵蝕，交互作用而擴大了崩塌面與崩塌的體積。當砂岩下方的頁岩不見了，得不到支撐，日子久了，自然也就掉下來。像這樣累積的變動使一座山彷彿失去一半的樣子，而成為現在我們看到的單面山。
- (七) 河流在侵蝕過凹岸後，將被侵蝕的砂石往下搬運，等到它的力氣變小、帶不動的時候，就把它們堆積在凸岸。而這些礫石的堆積就產生了一定的方向，其實那就是水流的方向。河流凹岸、凸岸的變化，也是我們證明大地是變動的證據之一。

(八) 達邦和特富野是一個很容易受到風災、雨水和地震而造成崩塌的地方。這麼多的崩塌地，崩塌的形態大致上是墜落和順著坡面滑落。它的墜落物大多是砂岩，體積很大。另外也有頁岩，因為頁岩是碎屑狀，比較不危險，但是當頁岩掉落後會產生差異侵蝕，以後砂岩也會跟著掉下來，還是要小心才好。

七、參考資料

- 一、蔣東坤、蔡啟漳、王朝義、葉慶祥（1998），嘉義縣境內石棹經光華、大湖至番路間沿線地質、化石之探討暨戶外教學路頭之調查。嘉義市：嘉義市立蘭潭國民中學。
- 二、何春蓀（1990）。普通地質學。台北：五南圖書出版有限公司。
- 三、夏元瑜（1986）。河流的運動。嘉義：明統圖書公司
- 四、高源清（1989）。少年地理百科。台北：牛頓出版股份有限公司。
- 五、馬路灣（2005）。雲嘉南都會圈地圖王。台北：戶外生活圖書公司。
- 六、薛美芳（1998）。地景保育名詞解釋－地震災害。
- 七、中央地質調查所（1999）。豐山地區等高線地形圖。台北市：經濟部。
- 八、周宇廷（2001）。台灣全圖。台北市：珊瑚。
- 九、<http://www.nkps.tp.edu.tw/00075/country/outdoor/yeliao.htm>（20150119）
- 十、維基百科
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%91%9E%E9%87%8C%E9%A2%A8%E6%99%AF%E5%8D%80>（20150203）
- 十一、<http://www.ylgeopark.org.tw/content/landscape/Sight.aspx>（20150314）

【評語】 080508

此作品調查區域地質構造的特性和觀察，研究主題清楚且聚焦，具鄉土性，該研究採用野外調查測量、討論與簡易實驗，並將重要的構造如斷層加以素描，發現區域斷層、斷層泥、單面山、覆瓦狀排列等地質構造，作者認為過去曾經是海底的淺海區域，板塊上升成為陸地，說明大地是在變動的。

壹、研究動機

上完六年級上學期的第三單元「變動的大地」，提到了「流水使大地改變」、「岩石礦物的形成」，讓我對地球科學產生了極大的興趣。那時候，學校正好舉辦校際交流，到阿里山鄉樂野村的「阿里山國民中小學」訪問，我們與當地鄒族原住民的同學相處了兩天，大家過得很愉快。這些鄒族的同學說他們部落地中心是在達邦，那裡的河流和山都很漂亮，引起我的好奇。於是我們決定跟著經驗豐富的自然老師一起去阿里山的達邦部落和特富野部落，把課堂學到的「變動的大地」的知識，應用到那裡，進行曾文溪上游的探索研究。

貳、研究目的/問題

從達邦到特富野道路沿線及曾文溪上游的兩大支流，依斯基安娜溪和長谷川溪河谷露頭進行地質調查，列出以下研究問題：

- (一) 達邦到特富野道路沿線的地質調查
- (二) 岩層層面上的皺紋是什麼？
- (三) 為什麼岩層會破碎？
- (四) 這些是斷層嗎？
- (五) 這個背斜是怎麼形成的？
- (六) 單面山是什麼？是怎麼形成的？
- (七) 河岸的礫石堆積可以成為大地變動的證據嗎？
- (八) 崩塌地的形態都一樣嗎？
- (九) 製作達邦到特富野道路沿線的等高線的層模型

參、研究設備及器材

- (一) 野外地質調查工具：50m皮尺、傾斜儀、地質錘、捲尺、稀鹽酸、塑膠袋。
- (二) 試驗器材：小鏟子、三合板、水、糖塊、海綿。
- (三) 製作等高線第層模型：珍珠板、保麗龍切割機、等高線地形圖、剪刀、白膠、大頭針。



肆、研究過程

(一) 調查地區的文獻探討

達邦和特富野兩地及曾文溪上游的兩大支流，依斯基安娜溪和長谷川溪，由於夏季水流湍急，河谷下切嚴重，侵蝕和搬運作用也很激烈，崩塌很嚴重，有許多露頭可供調查，是個適合我們研究的好地點。

特富野和達邦海拔約950公尺，是阿里山鄉中最接近阿里山山脈和曾文溪源頭的兩個聚落，地層為中新世晚期，以砂頁岩互層為主的南莊層，有斷層及部分背斜及向斜構造，地層現象變化很大。

研究一 達邦到特富野道路沿線的地質調查

(二) 野外地質調查 我們利用假日，沿嘉義縣169縣道前往鄉達邦村和特富野村進行野外地質調查。為了研究方便起見，我們將研究的地點分成9個露頭。



露頭一 169縣道28.5K，背斜構造



露頭二 31.5K 頁岩崩塌與波紋化石



露頭三 塊狀砂岩有很多發達的節理



露頭五 特富野橋下的斷層構造



露頭六 單面山與塊狀砂岩的墜落



露頭七 河谷崩塌地的巨石堆積



露頭八 砂岩層有明顯的不整合現象



露頭九 非常壯觀的砂岩節理面



(三) 我們發現：

1. 調查範圍附近的地質擾動很大；岩層上的波紋、岩層破碎、砂頁岩互層的不連續面、小斷層、褶皺、單面山、崩塌地及崖錐、河岸礫石層的堆積等，就是大地在變動的證據。
2. 根據這些野外調查結果，再進一步深入的探討，證明過去這裡曾經是淺海地區，砂頁岩互層差異侵蝕明顯，崩塌形態是墜落和順著坡面滑落。

研究二 岩層層面上的皺紋是什麼？

我們在露頭二，169縣道31.5公里處，達邦橋附近發現了波紋化石。



波紋由長短波交互形成美麗圖案，可以做為判斷水流方向的依據。

這裡有好幾層不同年代的波紋。

平常在海邊沙灘或河邊露出的沙地，在水乾涸以後，就可以發現波紋。

我們發現：

由於海水有規律地的來回運動，同時帶動了水底的沙子。等海水退潮或河邊小水窪的水乾了以後，就會看到遺留下來的「波紋」。只要海水的速度改變就會改變波紋的形狀。這另一個問題，「為何波紋會在石頭上」？

1. 形成波紋後，有河流帶來的沉積物蓋在上面，原來紋路就被保存下來。
2. 這些沉積岩層在海底變成地層，加上板塊運動成為陸地或高山。
3. 經過長久風化作用後，露頭崩塌，於是我們調查時，就看到露出來的「波紋」。

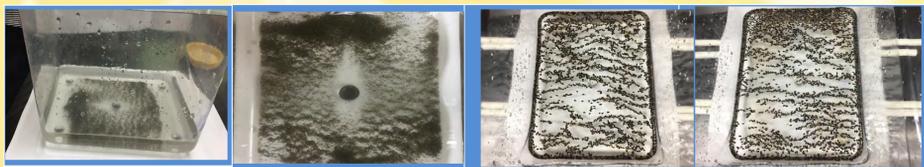
【波紋形成的實驗】

- 一、實驗材料：水族箱、細沙、芝麻。
- 二、實驗方法：水族箱裝水約1公分深，放在圓塑膠桿上，倒入5克細沙，再輕輕來回搖晃→細沙慢慢在水族箱底形成波紋；芝麻顆粒也同樣會在水面形成波紋。
- 三、實驗結果：

1. 細沙或芝麻必須在有水的環境下才能形成波紋。
2. 波紋形成的原因是水有規律地的來回運動，同時帶動了水底的沙子。等水乾之後，就會看到遺留下來的「波紋」。

【討論】

1. 對照野外的實地勘查，露頭二幾處波紋化石可說明當地曾有一段時間在海底，隨著地殼上升成為陸地，這種改變很激烈。
2. 達邦路邊露頭二上下層各有不同形狀的波紋化石，從實驗觀察，只要水的速度改變就會改變波紋的形狀，就是個好的證明。
3. 我們認為這些海邊波紋的形成順序，有可能是這個樣子：
 - (1) 形成波紋，以後再有河流帶來的沉積物蓋在上面，原來的紋路被保存下來。
 - (2) 這些沉積岩層在海底變成地層，加上板塊運動，水慢慢下降露了出來成為陸地或高山。
 - (3) 經過很久以後風化作用、露頭崩塌，於是我們來調查後，就看到露了出來的「波紋」化石。



研究三 為什麼岩層會破碎?

在這一次的野外調查研究中發現此地有很多露頭有龜裂的情形到底這些巨大的裂痕是怎麼形成的，為了明白這件事，於是設計了一些實驗來探討。

【形成岩石碎裂的實驗】

一、實驗材料：酒精燈、岩石標本

二、實驗方法：岩石加熱後會膨脹，若立即將岩塊放入水中，可以發現岩塊有碎裂痕跡。

【討論】

板塊運動使原來在海底的地層上升，這些岩層不管是砂岩或頁岩，只要被擠壓、受力的力量解除，岩層自然就會就後產生破裂。這種變動的力量，絕對是很大，應該是來自地球的內部。另外，地球的外營力，如陽光造成的熱漲冷縮、空氣中酸性物質會加速風化、水和植物也會造成岩層產生節理、裂隙，它的變動的力量，絕對是很大，應該是來自地球的內部。



這些岩層為什麼會破碎？是重壓？推擠？或是風化作用？

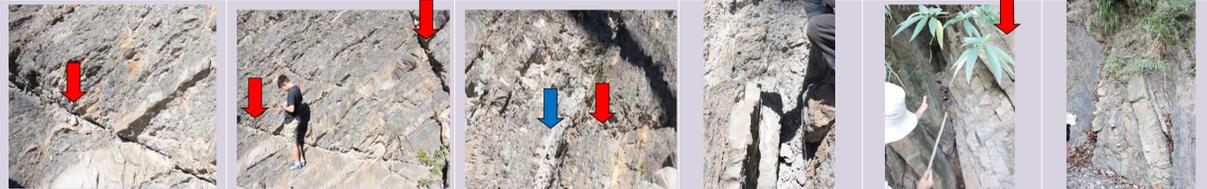
研究四 這些是斷層嗎？

就這一次野外調查，發現了很多疑似斷層的地方，特別提出來加以討論。



受力較大→岩層出現弧度→擠壓形成不連續面。右邊野外素描，搓動位置很清楚。

左圖明顯的斷層線表示這裡有許多小斷層 右圖是其中一個斷層的特寫。



圖上有長長的斷層線，表示這裡有斷層。

這露頭圖中有3.5公尺斷層線

紅指是斷層線，這露頭是屬於不整合面

斷層另一端已延伸地底下看不見了

岩層破碎成不連續面。

【地層斷裂實驗】

為了確認地層斷裂的原理和現象，設計實驗來證明斷層形成的原因。

一、實驗材料：砂糖、棉花糖溶解製成糖餅

二、實驗方法：

1. 雙手緊緊自兩側抓住糖餅，並由二側向中央施力。
2. 慢慢增加向中央的施力，直到糖餅斷裂成兩半。



製作糖餅

糖餅有餘溫不會斷裂

糖餅冷卻硬化後易斷裂

三、實驗結果：

1. 從實驗中我們可以知道，糖餅受力擠壓會造成岩層斷裂，必須是硬化、溫度低。
2. 我們推論，糖餅應可說明地殼擠壓的劇烈變動造成斷層現象。為何要使用糖餅？最主要的用意是要證明地殼上升，溫度較低而且硬化後，會造成斷裂。

【討論】

在曾文溪上游發現許多疑似岩層斷層的現象，它的層面有的呈現一致性線條，有的呈現交錯現象、有的似乎已形成斷層泥，到底這些斷層現象是麼形成的？

斷層指岩石形成節理構造破裂後，兩側岩層發生顯著的相對位移而有不連續面。斷層大小不一定，相鄰地殼間可能會垂直或水平相互滑動→斷層處經常會發生地震。

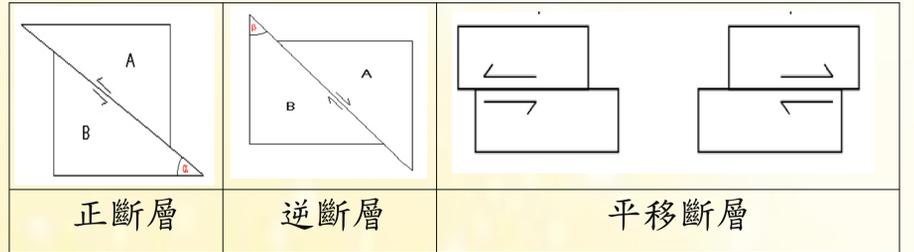
*斷層三要素有-斷層面:岩層受力後發生相對位移的破裂面。

斷層線:斷層面與地面的交線。

斷層盤:斷層面兩側的斷塊稱為斷層盤。

*依斷層兩側岩體相對位移方式分-

「正斷層」、「逆斷層」和「平移斷層」。

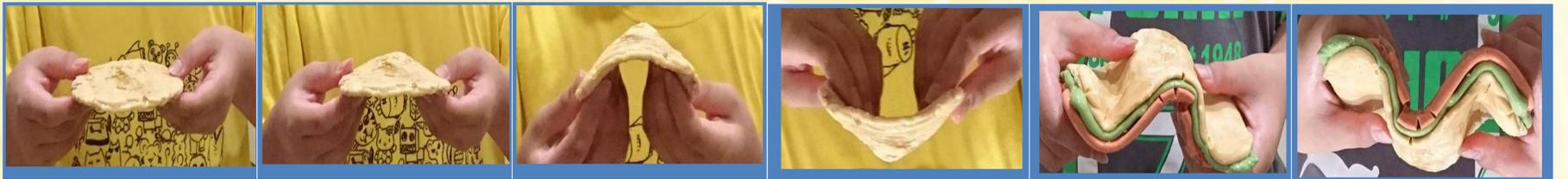


研究五 這個背斜是怎麼形成的？

公路旁發面褶皺層構造中的背斜。背斜外，還有向斜與S形褶皺和偃臥褶皺。地層形成初期在海中的時候是水平排列的，這些地層經過力量的擠壓，有時候會形成傾斜地層，有時也會出現許多的褶皺。

【擠壓褶皺地層的實驗】

由於地球板塊劇烈運動產生褶皺，可能形成凸起或凹下去的地形。為了解地層受到壓力產生褶皺會有哪些可能?設計一個受到不同力量擠壓褶皺地層的種類實驗。在這個實驗，我們還是使用糖餅。以下是我們的實驗操作方法，用照片表示如下：



1. 地層剛形成的時候是接近水平狀

2. 當糖餅未固化時，兩邊受到擠壓

3. 由兩邊往中間推擠可能形成背斜

4. 由兩邊往中間推擠，可能形成向斜

5. 由兩邊往中間推擠，可能形成S1型

6. 由兩邊往中間推擠，可能形成S2型

【討論】

1. 褶皺除了是因岩層兩邊的力道勢均力敵，向下凹的是向斜，而向上隆起的是背斜外，溫度也是重要因素之一。因岩層受地球內部熱的影響而溫度高，擠壓時就比較容易形成褶皺；相反的若地層抬升溫度降低比較容易硬化，這時就會出現斷裂的現象。
2. 目前在野外發現的褶皺有可能在比較接近深層及受熱的關係，地層比較具有可塑性而成為為背斜或是向斜。當強大的擠壓作用使岩層發生彈性變形而形成背斜、向斜或是S型及偃臥後，再上升隆起成為陸地，也就是現在在露頭發現的褶皺地層。

研究六 單面山是什麼?是怎麼形成的？

長谷川溪河岸，有一座只有一半的山，一側的山已經崩塌，仔細觀察其岩層為砂岩及頁岩互層的岩層，經過長時間風化作用、雨水沖刷及溪水侵蝕而形成單面山特殊的地形、地貌。



單面山的一邊是綠草滿佈，一邊是已崩塌而碎裂的岩層還看得到大塊崩落的岩石。

砂岩及頁岩互層的岩層，因地質差異，在長時間受到不同程度的差異侵蝕作用下而形成單面山。

【討論】

「單面山」是指一邊陡峭而另一邊緩斜的山。其通常形成的原因是原本傾斜排列的岩層，其上層塊狀砂岩的岩石較硬，下層夾雜這砂頁岩互層的岩石較脆弱，由於地質上差異，岩層侵蝕速度不一，最後使得岩層崩塌，造成特殊的地景。

研究七 河岸的礫石堆積可以成為大地變動的證據嗎？



上面四張為河岸邊之現在的礫石堆積，最下面兩張為礫石層照片，是過去堆積的。左側兩張照片中紅色的箭頭是礫石疊瓦狀情形，黃色就是水流的方向。

【討論】

礫石堆積有一定方向性嗎？答案是會的。

因河流的搬運作用，一開始沒有礫石，但透過河流把別的地方的石頭帶過來，日積月累形成了礫石堆積在河邊，而河流若是往左流動礫石一層一層的疊瓦狀就會朝左邊。河流若是往右流動礫石就會朝右邊疊，這就是礫石層中，大部分的石頭都朝同一個方向排列的原因。

- 為何大部份礫石是同一個方向，一小部分是不同方呢？因暴風雨或亂流，使得礫石堆積產生→變成不同方向。
- 當河流水流量較大較湍急→沖刷的石頭多，沉積的石頭會較大；水流量較小緩和→沖刷石頭較少，堆積石頭較小。每次沖刷過程中，較大石頭先沉積，較小石頭較慢沉積→礫石層較大的石頭會沉積在較小的石頭下面，而從礫石層石頭大小可判定沖刷水流力道之大小。
- 礫石層中有些石頭有稜角，有些沒有稜角而且較圓滑→石頭從較遠處被水流帶過來，滾動時間久距離遠，所以把石頭磨得較為圓滑；有些石頭從較近處滾下來的，滾動時間短距離近，才會有稜角→從此可判定礫石層石頭是由各個不同地方沖刷而來的。
- 河岸的礫石堆積，是因為河流侵蝕、搬運而來的，當然可以成為大地變動的證據。

研究八 崩塌地的形態都一樣嗎？

【討論】

崩塌型態可分墜落和滑落。其為一種崩壞運動，也叫塊體運動，為風化物質受重力作用，產生向下移動的現象。崩塌形式及速度差異很大，有些慢難以查覺，如潛移；有些是瞬間產生，如墜落。在地質比較脆弱的地點，例如斷層經過或者外營利侵蝕旺盛，也易造成崩塌。

從營力上來說，崩塌、地滑是以重力為主，若遇大雨潤滑或地震等導致震動，發生機會增加；土石流主要以流水營力為主，配合上重力使得土石與水的混合能夠從河道、溝谷中流動；潛移也是重力作用為主。因此在本研究地區的崩塌型態，是有些不一樣。



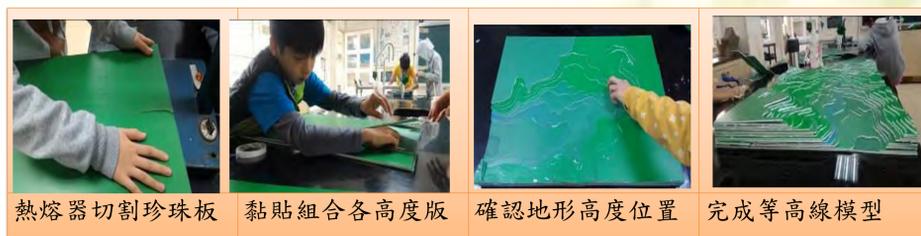
逆向坡，砂岩較發達的崩塌

斜交坡砂頁岩互層的崩塌

逆向坡頁岩較發達的崩塌地

斜交坡砂岩發達的崩塌地

研究九 製作達邦到特富野道路沿線的等高線的層模型



熱熔器切割珍珠板

黏貼組合各高度版

確認地形高度位置

完成等高線模型

伍、討論

- 阿里山公路台18線，從「石桌」到「十字」的路邊往山谷下看，都是河階台地，就是特富野和達邦部落聚集居住和耕作的地方，總共有八個河階台地。原來原住民起先找河階台地來開墾。有高有低的河階台地是因為河流切深和地殼上升變動造成。高位河階在山腰，低位河階下面就是河谷。河流的侵蝕作用→砂石往下堆積在河流的凸岸，造成平台。由於河水向兩側侵蝕，所以河面變寬。
- 達邦橋的北邊砂頁岩互層，頁岩較發達，崩塌很嚴重多為滑落。達邦橋的南邊，是曾文溪河道的南岸。基腳砂頁岩互層，是差異侵蝕，這裡砂岩頁岩互層，碎屑多，有風化作用使得岩層變得很破碎。達邦橋旁的岩層層面發現波紋化石，上下每一層波紋型態皆不同，並有很多層→推測波紋為不同時代所形成的。我們檢到從上面掉落的砂岩上有波紋（厚度為10cm），發現生痕化石（砂棒）→推測以前是淺海地區。
- 流水有侵蝕、搬運、堆積三種作用。當河水量較大較湍急時→沖刷石頭多，沉積的石頭會較大；水流量較小緩和時→沖刷石頭較小，堆積的石頭會較小。每次沖刷過程中，較大石頭會先沉積，較小石頭則較慢沉積。由於河流的流動，會使河川隨時都在改變，就連前面所說的河階台地也是受它的影響，因此，在河谷中考察，就可以發現不同階段的變動，它是大地變動的一個重要證據。
- 為何波紋會在石頭上？我們認為這些海邊波紋的形成順序，有可能是海水漲退潮在淺海地區形成波紋，以後再有河流帶來的沉積物蓋在上面，原來的紋路被保存下來。當這些沉積的原始地層在海底變成堅硬的石化地層後，加上板塊運動，成為陸地或高山。經過長久時間的風化作用、露頭崩塌，於是我們來調查後，就看到露了出來的「波紋」化石，所以這也是大地變動的一項證據。至於岩層破碎、斷層的形成與出現、單面山、崩塌地等也是大地變動的結果。

陸、結論

- 從達邦到特富野道路沿線與依斯安娜溪、長谷川溪與曾文溪，三條溪交會口河谷的地質調查，讓我們找到了很多的證據，可以證明大地真的是在變動；現在跟很久很久以前不同，而未來也會跟現在不一樣。
- 岩層層面上的皺紋是「波紋」化石，它可以證明，過去這裡曾經是海底的淺海地區，是板塊運動使這個地方上升成為陸地，這一個變動應該是最大的。
- 為什麼岩層會破碎？我們設計冷卻乾掉的焦糖塊用力擠壓實驗來證明。地面上的這一些岩層，看起來是那樣的堅固，但是還是經不起外力的作用；這些力量可能來自前後左右、也有可能來自上面的負重。這種看不見的力量，也是大地變動的因素之一。
- 針對調查中的7個可疑的地點，進行是不是「斷層」的探討，就後結論是其中4個地點的斷層證據很充分，所以判斷為斷層，另外的4個地點，我們只能暫時說是不整合面，留待以後再學多一點地質的知識再來判斷。
- 這個背斜是怎麼形成的？我們利用尚未冷卻、硬化的片狀糖塊進行驗證，也藉這個機會明白背斜、向斜、S型連續褶皺等不同的類型和成因，也從這一個露頭是背斜構造來證明大地變動的。
- 長谷川溪河谷發現一處單面山構造，真的令人興奮。探討單面山的形成原因，我們的想法是因為砂頁岩互層地層構造中，頁岩比較脆弱，容易受到風化。當它面對河谷的這一側，受到河水侵蝕、和它自身的差異侵蝕，交互作用而擴大了崩塌面與崩塌的體積。當砂岩下方的頁岩不見了，得不到支撐，日子久了便自然也就掉下來。像這樣累積的變動使一座山彷彿失去一半的樣子，而成為現在我們看到的單面山。
- 河流侵蝕過凹岸後，將被侵蝕砂石往下搬運，等水流小、帶不動的時候，就堆積在凸岸。而這些礫石的堆積產生一定的方向，其實那就是水流的方向。河流凹岸、凸岸變化，就是大地是變動的證據之一。
- 達邦和特富野是一個很容易受到風災、雨水和地震而造成崩塌的地方。許多崩塌地，其形態大致上是墜落和順著坡面滑落。它的墜落物大多是砂岩，體積很大。另外也有頁岩，因為頁岩是碎屑狀，比較不危險，但是當頁岩掉落後會產生差異侵蝕，以後砂岩也會跟著掉下來，還是要小心才好。

柒、參考資料

- 蔣東坤、蔡啟漳、王朝義、葉慶祥（1998）。嘉義縣境內石棹經光華、大湖至番路間沿線地質、化石之探討暨戶外教學路頭之調查。嘉義市：嘉義市立蘭潭國民中學。
- 何春蓀（1990）。普通地質學。台北：五南圖書出版有限公司。
- 夏元瑜（1986）。河流的運動。嘉義：明統圖書公司。
- 高源清（1989）。少年地理百科。台北：牛頓出版股份有限公司。
- 馬路灣（2005）。雲嘉南都會圈地圖王。台北：戶外生活圖書公司。
- 薛美芳（1998）。地景保育名詞解釋—地震災害。
- 中央地質調查所（1999）。豐山地區等高線地形圖。台北市：經濟部。
- 周宇廷（2001）。台灣全圖。台北市：珊如。
- <http://www.nkps.tp.edu.tw/00075/country/outdoor/yeliao.htm>（20150119）
- 維基百科<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%91%9E%E9%87%8C%E9%A2%A8%E6%99%AF%E5%8D%80>（20150203）
- <http://www.ylgeopark.org.tw/content/landscape/Sight.aspx>（20150314）