

臺南市第五十五屆公私立國民中小學科學展覽會 作品說明書

組 別：國小組

科 別：地球科學

作品名稱：千層派地層古生物復活記

關 鍵 詞：六重溪層、單體珊瑚、沉積環境

編 號：

千層派地層古生物復活記

摘 要

我們這次的研究選在一處離學校不遠的曾文溪畔(大內口林)，地層年代屬於更新世的六重溪層，岩層主要是砂頁岩互層。較東側地層是較老的頁岩區或砂質頁岩，古生物多數是生痕、小塔螺、有孔蟲和貝類碎屑等；較西側為比較年輕的砂質頁岩或砂岩地層，古生物主要是扇貝、有孔蟲和單體珊瑚等。

本研究發現單體珊瑚和有孔蟲是古沉積環境很重要的環境指標，與古海平面的高低和古氣候都有很大的關係。其他還有六重溪層的大礫石的出現原因不明，但礫石是否有明顯的稜角和頁岩或砂岩的出現有關。以上這些古生物如何被斷層破壞，以及快速找到這些古生物的方法，雖有一些發現，但還有待後續研究。

關鍵詞：六重溪層、單體珊瑚、沉積環境

壹、研究動機

我們學校這幾年的科學教育戶外考察幾乎都在曾文溪流域活動，對這裡的地層變化也有了一些了解。尤其是地層裡的古生物特別吸引我們，也想要了解牠們是如何輪番上陣的。這些古代曾是海洋的地方為何會有不同種類的古生物，很值得我們去研究一番。

曾文溪中游口林一帶(近走馬瀨)，有許多古生物遺跡，而且種類多變化，可能是古環境的劇烈變化造成。於是我們就開始了這次的研究之旅，想要了解地層的變化與古生物的關係，以及溪流兩岸地層的比較，希望可以為這片大地揭開神秘的面紗，讓這些古生物重新復活，重新述說這段過去沒人知道的地層故事。

貳、研究目的與問題

- 一、了解千層派地層的形成。
- 二、調查千層派地層裡古生物的變化。
- 三、探討罕見的單體珊瑚生存環境及其種類。
- 四、探討大海裡的小巨人有孔蟲生存環境及其種類。
- 五、為六重溪層的大型礫石解密。
- 六、探討如何在地層裡可以快速找到古生物。

參、研究設備及器材

線上地質圖、Google Earth、繪圖軟體 Paint、皮尺、游標尺、地質錘、傾斜儀、數位地質羅盤、刮刀、小刷子、採集袋、昆蟲放大盒、數位顯微鏡、相機等

肆、研究過程與結果

一、研究流程圖示



二、曾文溪口林段地質知多少

(一)什麼是六重溪層？

我們查詢網路資料知道六重溪層是上新世晚期到更新世早期的地層，地質年代距今約在 200 萬年上下，岩性以厚層砂質頁岩及泥質砂岩為主，中間有時會夾薄層頁岩及砂岩層。而且經常發現含有厚數十公分的化石質砂岩，本層厚度在 760 至 1080 公尺。

(二)曾文溪口林附近地質環境的介紹

我們參考地質圖才知道大內口林附近是屬於六重溪層，剛好在崁下寮層(更新世早期)及沱水溪層(上新世晚期)中間，現場考察發現除了有厚層砂質外，中間還夾有頁岩及比較薄層的砂岩層，當然我們還發現許多化石層，種類也有很大的變化。

要辨認六重溪層還有一個秘訣，就是在地層裡可以發現像牙齒狀的硬砂岩塊，而且排列非常整齊，也非常有規律，怎麼發生的？有機會很值得我們繼續研究。(如照片 1~照片 4)



照片 1 六重溪層有許多厚層砂岩，中間偶而出現砂頁岩互相堆疊現象。



照片 2 峭壁上的六重溪層厚層砂岩裡夾有許多大礫石，而且排列整齊。



照片 3 可以看出六重溪層的主要特徵，裡面有許多大小差不多的礫石，而且排列在同一地層上。



照片 4 河床上的六重溪層有許多砂岩和頁岩的相互堆疊地層，也有排列整齊的礫石。

(三)曾文溪口林附近地質圖及現場地質地形

我們在中央地質調查所查閱曾文溪口林附近的地質圖，知道這裡就是六重溪層，因地殼運動發現地層幾乎與地平面垂直，而且與水流方向也接近垂直，它的東邊(下層)是年紀比較老的沱水溪層，而西邊(上層)則是年紀比較輕的崁下寮層，命名來自白河的六重溪標準地層，所以我們猜測附近應該也會有像牙齒的礫石排列。(如圖 1 及照片 5)

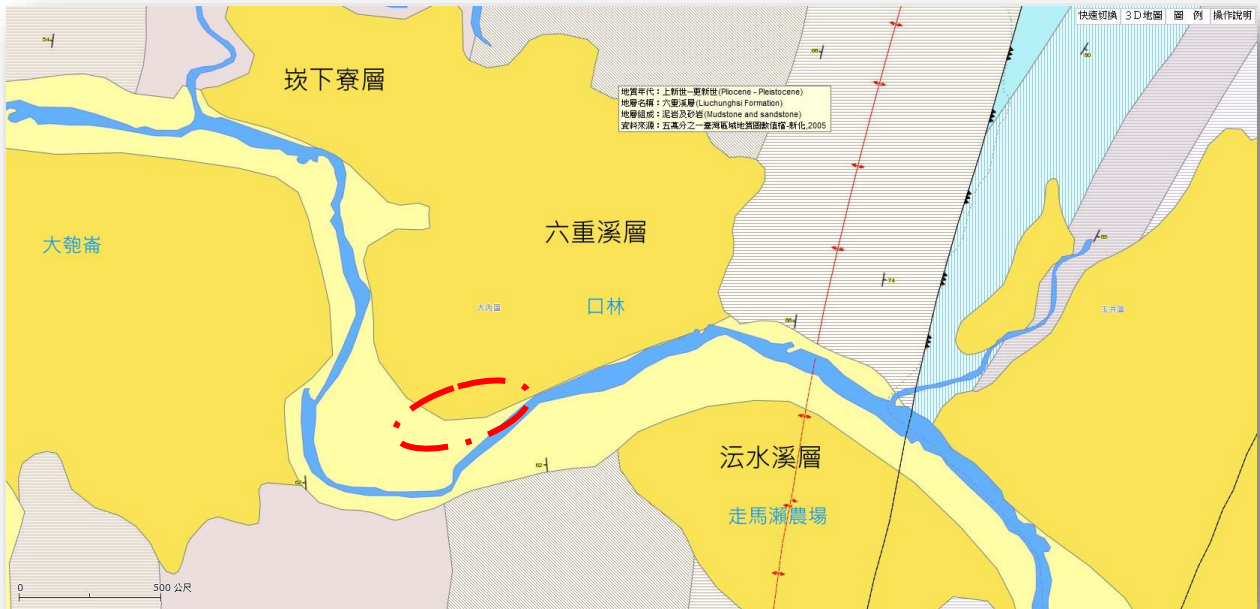


圖 1 曾文溪口林段線上地質圖及調查區域概況。(中央地質調查所線上地質圖)



照片 5 曾文溪口林段現場地質地形，中間有比較多的砂岩地層，兩側則以頁岩或砂頁岩互層為主，形成千層派地層。(面向北邊)

三、千層派地層的是如何形成

(一)砂岩和頁岩的厚度變化

口林曾文溪右岸河邊的地層從最東邊往西邊走，可以看到許多砂岩和頁岩的交互堆疊地層，真像一個超大的千層派，中間的厚度變化改變也非常大。最東邊是厚層頁岩夾薄層砂岩，往西邊走會發現砂岩層漸漸變厚，接著砂岩層又變薄，再往西邊走則再進入頁岩區，就是地質圖上的崁下寮層，夾有比較少的砂岩地層。(如圖 1 表示)

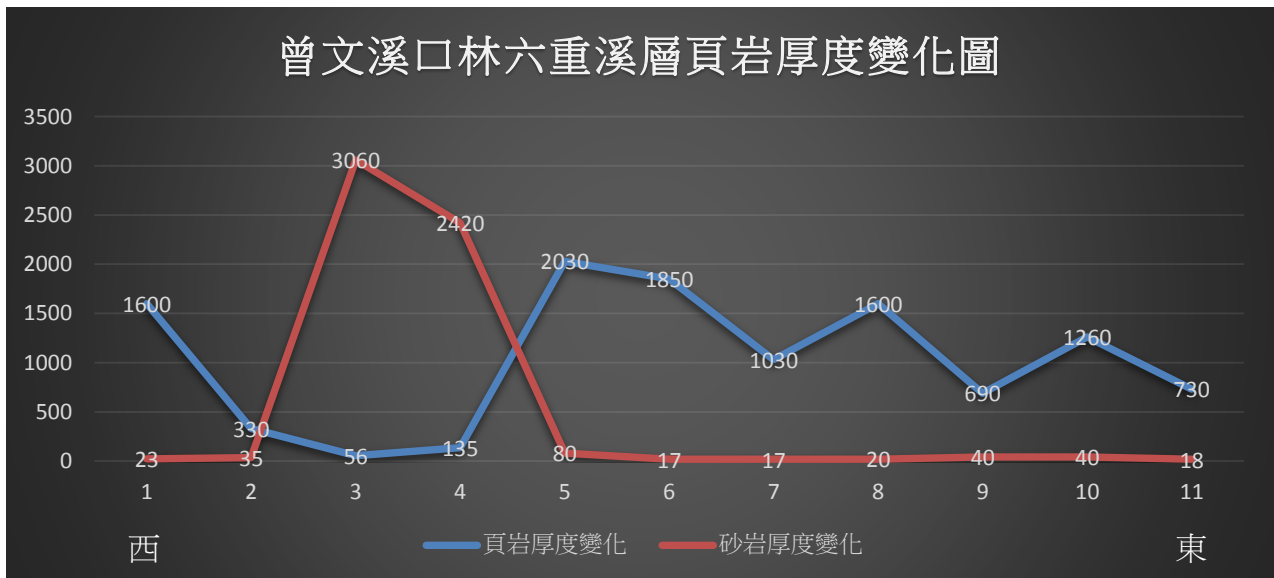


圖 1 曾文溪右岸口林段六重溪層頁岩厚度變化圖

砂頁岩互層變化的兩種解釋：

1. 海水由深變淺

一般海平面較高時，可能是深海或遠離海岸，泥質沉積物會懸浮一段距離後再慢慢沉澱下來，所以沉積物顆粒會比較細，可能是粉砂或比較泥質的岩石。當海平面較低時，則變成淺海或接近海岸，顆粒較大的砂子很容易就在出海之後馬上沉降下來，常見有礫石或砂質的沉積物。

所以看到頁岩進入砂岩地層，大概可以判斷是深海演變為淺海的證據。

2. 海水由淺變深

根據以上的證據，所以我們看到地層由砂岩區進入頁岩區，也可以判斷是海水變深或遠離海岸的證據。

因此看到砂岩和頁岩的互層，就可知道海平面高度是歷經許多時期的連續改變，海水有時升有時降，不同粒徑的沉積物會在距離河口不同位置，快速或慢慢沉降下來。

(二)口林曾文溪河畔的砂頁岩地層介紹

口林曾文溪河邊的地層從最東邊往西邊走，可以看到許多砂岩和頁岩的交互堆疊地層，真像一個超大的千層派，中間的厚度變化改變也非常大。最東邊是厚層頁岩夾薄層砂岩，往

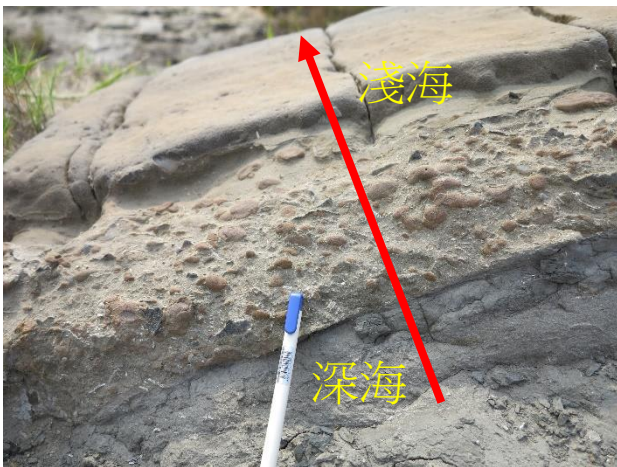
西邊走會發現砂岩層漸漸變厚，接著砂岩層又變薄，再往西邊走則再進入頁岩區，就是地質圖上的崁下寮層，夾有比較少的砂岩地層。(如照片 6~9)



照片 6 六重溪層的千層派地層，較西邊有許多砂頁岩互層的現象。(曾文溪右岸)



照片 7 對岸的六重溪層也可以看到更清楚的砂頁岩互層。(曾文溪左岸)



照片 8 由頁岩變成砂岩的過程中可以發現淺海堆積的礫石夾層。(曾文溪右岸)



照片 9 對岸也可以發現古海環境由深到淺的變化。(曾文溪左岸)

四、千層派地層裡的古生物調查

本次研究發現在口林曾文溪河床的古生物，大多數都分布在砂岩地層附近，而且不同深度會出現不同生物，這是個有趣的問題。到底是什麼原因造成生物的改變呢？與當時的古沉積環境有關嗎？化石的出現與地層厚度或長度有關嗎？化石多數出現在同一地層的哪個位置？這些問題都很值得我們進一步去探討。

以下我們記錄了口林地區曾文溪右岸河床的化石分布，從較老的地層往較年輕的地層調查及記錄(只選取十個化石層)，結果如表 1。

表 1 化石層的厚度、長度變化與化石種類分析表

編號	地層層位	化石層厚度 (cm)	化石層長度 (cm)	岩石種類	主要化石種類
1	地層上層             	18	2010	硬砂岩	單體珊瑚(種類 2***)扇貝(*)
2		20	2220	硬砂岩	單體珊瑚(種類 1***)海膽(**) 有孔蟲(***)、牡蠣(*)
3		150	3100	泥質砂岩	有孔蟲(***)、貝類碎屑(***)
4		80	3380	泥質砂岩下層 夾紅色硬砂岩	扇貝(***)、小塔螺(***) 有孔蟲(***)、牡蠣(*)
5		17	3400	泥質砂岩	生痕(***)
6		17	3470	紅色泥質砂岩	碎屑貝類(**)
7		20	150	紅色硬砂岩	小貝類(*)
8		40	190	泥質砂岩	生痕(***)
9		40	1980	紅色泥質砂岩	小塔螺(***)、有孔蟲(***)
10	地層下層	18	760	泥質砂岩	生痕(***)

說明：

1. 編號 1~10 為自西向東，數字小為地層上層(年輕地層)，數字大為地層下層(較老地層)。數量多少以*表示，***表示很多，**表示多，*表示比較少。
2. 化石所在位置大多出現在砂岩層或頁岩與砂岩層的變化帶。

(一)化石層的厚度變化

我們根據現場觀察，發現化石層的出現和砂岩層(淺海)有很大關係，所以化石層多出現在砂頁岩互層附近，砂岩層厚度和化石種類變化統計結果如圖 2。

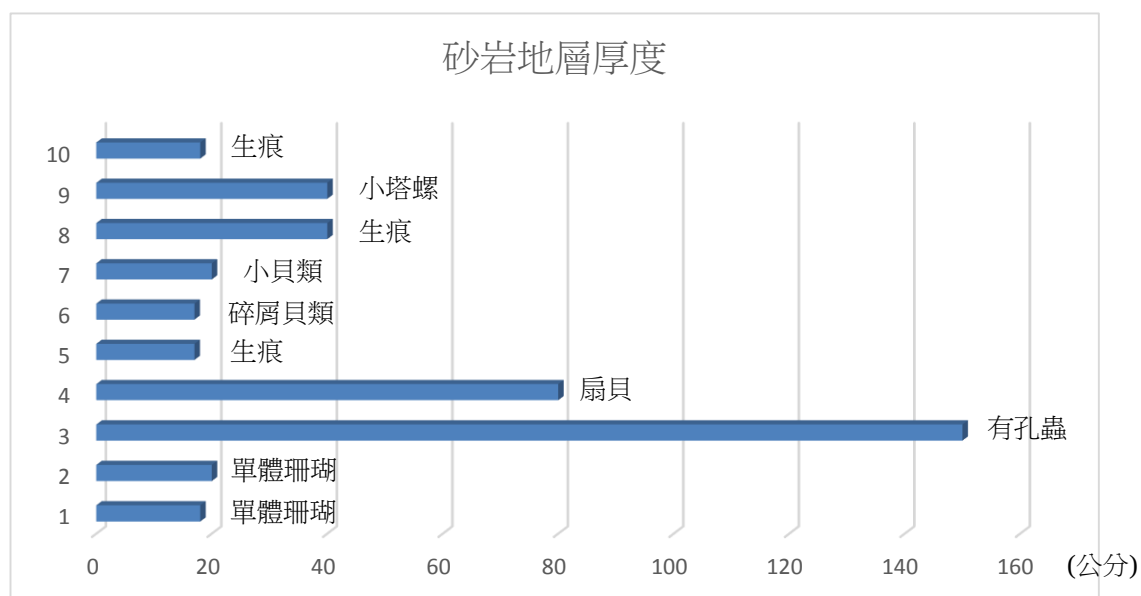


圖 2 砂岩層的厚度變化與化石種類統計圖

結果說明：

1. 化石的出現與岩層的厚度有比較大的關係，而且必須有砂質，如果只出現頁岩或泥岩會比較少看到牠們。
2. 砂岩或泥質砂岩的厚度約在 20~80 公分會有比較多的化石出現，而且要在岩層的變化帶，如頁岩區進入砂岩區或砂岩區進入泥岩區。

(二)化石層的長度變化

化石的出現和岩層的長度也有一些關係，在口林段曾文溪右岸看到的砂岩層，砂岩層長度太短比較不容易找到，但可見到一些生痕。化石層長度和化石種類變化統計結果如圖 3。

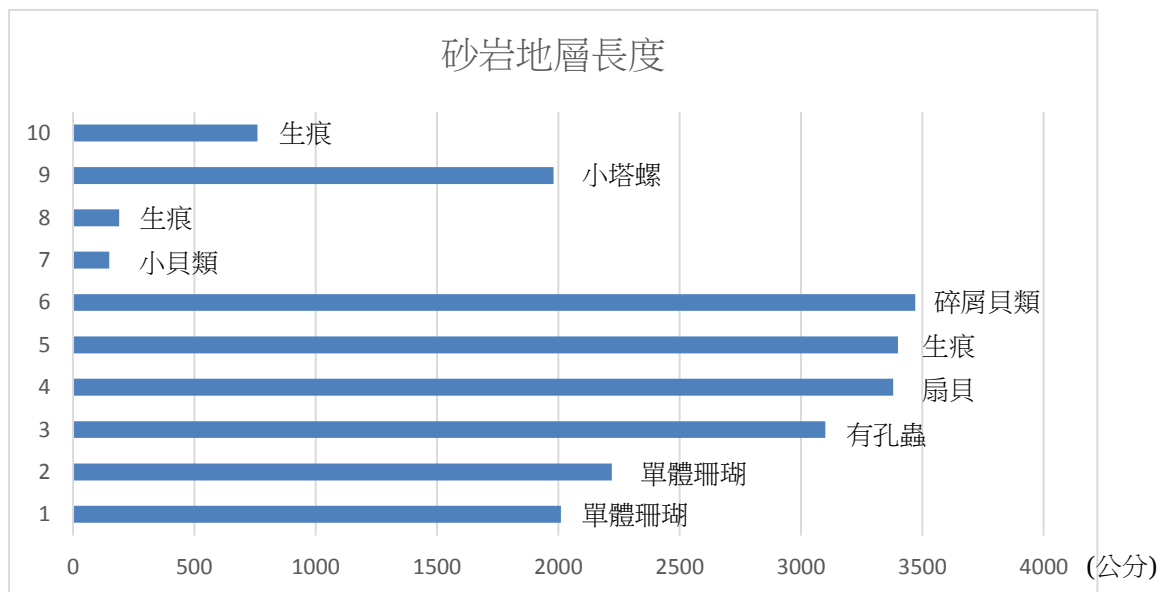


圖 3 砂岩層的長度變化與化石種類統計圖

結果說明：

1. 在西邊比較老的地層裡可以發現泥質砂岩長度都比較短，而且是連續一直線的大礫石(六雙層的特色)，岩石裡可以發現許多生痕。
2. 砂岩地層太短，也比較看不到完整的化石層，如果長度在 20 公尺以上會比較容易看到化石層，也就是古生態環境的區域至少要大到可以讓生物生存。

(三)化石層的在地層中的分布位置

口林段曾文溪兩岸的地層為六重溪層，測得一處地層走向約為 N2°E(幾乎是南北向)及傾斜角約為 63 度，向西傾斜。所以我們從西側(上層)往東側(下層)進行調查，地層及古生物初步調查結果繪製成一立體模型，結果如圖 4 所示。

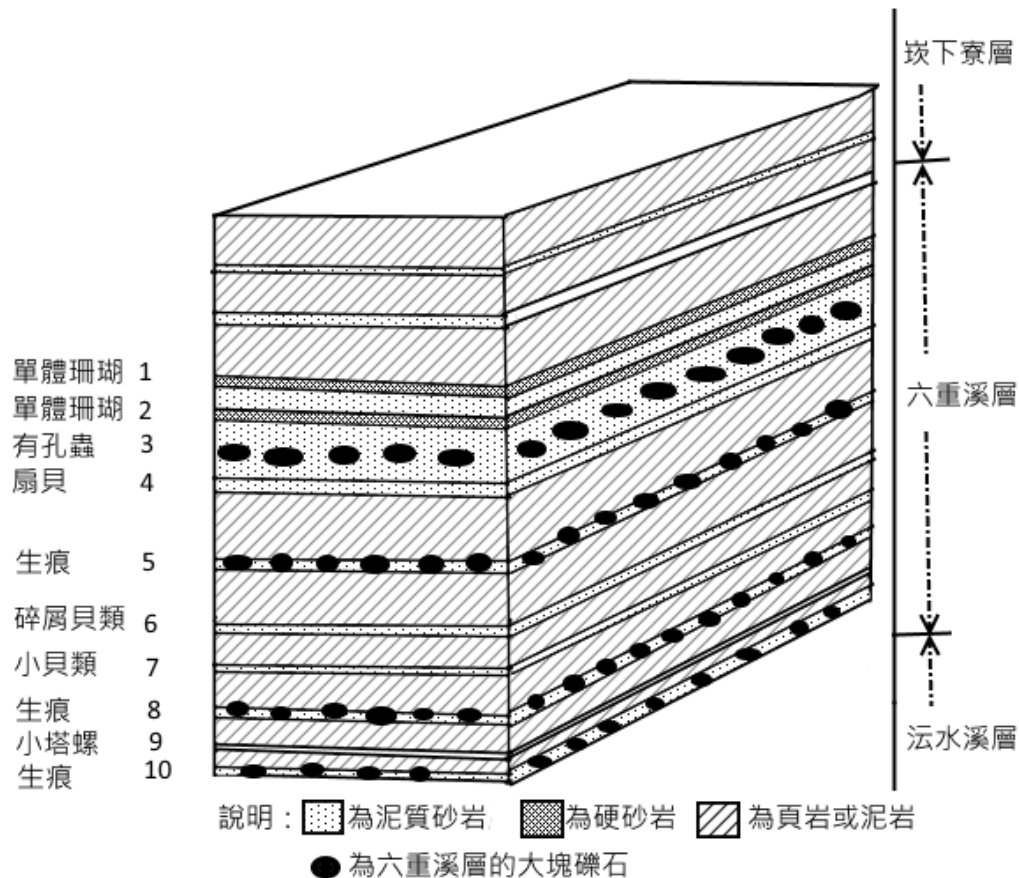


圖 4 曾文溪大內口林段六重溪層地層及古生物分布剖面圖

結果說明：

1. 六重溪層較下層有比較多的泥質砂岩，而且出現許多牙齒狀的大塊礫石整齊排列，每一塊泥質礫石砂岩都布滿了生物的爬行痕跡。
2. 當頁岩層慢慢進入砂岩層時，在中段則出現一層非常密集的扇貝化石層，附近也有許多有孔蟲、小塔螺及其他二枚貝等。
3. 六重溪層的上層慢慢轉變為厚層砂岩，也有許多牙齒狀的大塊礫石整齊排列，厚層砂岩的上層馬上出現二層硬砂岩，主要化石為單體珊瑚、有孔蟲和海膽等。

(四)曾文溪口林段右岸的六重溪層層序及古生物現場報導

我們從曾文溪右岸最東邊往西逐層展開調查及記錄，也就是這個地層範圍最下層往最上層依序排列，現場觀察活動照片如下(第 10 層⇒第 1 層)。

1. 第 10 層：岩層為泥質砂岩，主要化石為生痕。它的長度都很短，而且生痕比較沒有相互交叉，我們以前在其他地方(玉井中正橋下及南化關山高水坑)也曾發現類似的生痕。(如照片 10、11)

推論：環境為適合生物生存活動，也許是深度適當，也許是營養物質可以養活這些生物，生物擾動後留下生物遺跡，我們叫它生痕或砂棒。



照片 10 口林河床最東邊可到達的地層，逐層調查化石層的規模大小



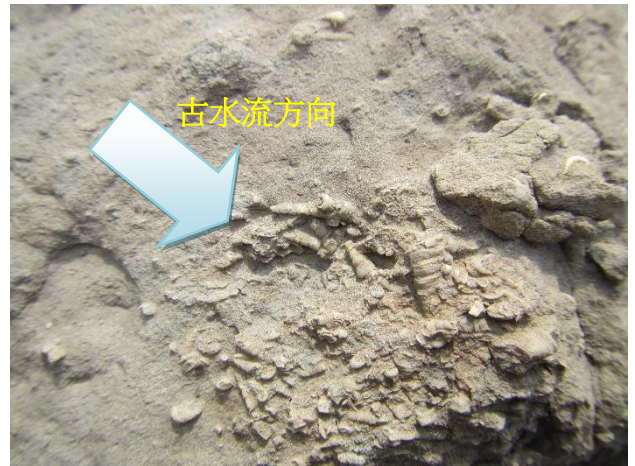
照片 11 第十層為泥質砂岩，裡面有許多生物爬行的痕跡，照片為六重溪層的塊狀礫岩。

2. 第 9 層：岩層為泥質砂岩，主要化石為小塔螺。常出現在泥質砂岩層裡，地層下層為頁岩或泥岩。牠們容易受到水流作用產生方向性，所以也可以知道古水流的方向，很多錐形的尖端都朝向同一方向，大概就是水的來向。(如照片 12、13)

推論：可能是某一災難造成小塔螺的大量死亡，也許是海水深淺的不適應，也許是營養源有問題，或是氣候不適應(如水溫)，才形成這個小塔螺密集層。



照片 12 小塔螺的密集堆積，還有其他貝類碎屑。



照片 13 小塔螺的堆積可以發現一些方向性，判斷古水流來自左邊方向。

3. 第 8 層：岩層為泥質砂岩，主要化石也是生痕。這一層比較年輕的地層一樣有六重溪層大礫岩的整齊排列，但生痕的外型和前一層有些不同，它們都有**雙層的輪廓**，而且也不相互交叉。(如照片 14、15)



照片 14 這些生痕多數出現在泥質砂岩的上層，它的輪廓有雙層，而且清晰。



照片 15 生痕化石出現在六重溪層的牙齒狀礫石中，可以看出沉積的層次。

4. 第 7 層：岩層為泥質砂岩，地層較堅硬，主要化石為小貝類。地層較薄，而且螺類多於二枚貝，因為上下層為頁岩環境，查閱網路資料得知螺類經常生長在泥質平坦的潮間帶。(如照片 16、17)

推論：裸類的管形構造比二枚貝不易被破壞，此狀況可以表示流水的能量稍強，有動能的流水容易溶入氧氣供螺類生存。



照片 16 這一層地層位於頁岩的夾層中，可見較多的螺類化石。



照片 17 地層裡的小貝殼只有零星分布，砂岩並含有赤鐵礦。

5. 第 6 層：岩層為泥質砂岩，主要化石為碎屑貝類。這個地層也含有赤鐵礦，地層比較破碎，貝類化石也比較破碎，大多數分辨不出哪一種貝類，但偶而會出現一些蟹蝦類的腳或觸鬚。(如照片 18、19)

推論：蟹蝦類為潮間帶生物，因強風浪後的淺海多碎屑，停積在淺海區。



照片 18 化石多數是碎屑，表示古環境可能有比較強勁的水流。



照片 19 碎屑貝類化石附近偶而會發現一些蟹蝦類的腳或觸鬚。

6. 第 5 層：岩層為泥質砂岩，主要化石為生痕。這裡的生痕有較深的凹陷，可能是大型生物的活動痕跡，我們去年在南化區關山里草人埔也常見到這種生痕，一般都出現在有波痕的潮間帶。(如照片 20、21)

推論：凹陷的生痕可以避開海浪的破壞，表示流水的能量稍強，可能是生物避災的本能。



照片 20 生痕形體比較大，顯示生物的形體比較大，且平行於地層。



照片 21 有大大小小各種生痕，可見當時生物活動非常活躍。

7. 第 4 層：岩層為泥質砂岩，主要化石為扇貝、小塔螺、有孔蟲和少數牡蠣等。這一地層算是曾文溪六重溪層古生物最壯觀的地方，屬於較泥質的厚層疏鬆砂岩，層層堆疊。(如照片 22~25)

推論：在當時的古海環境應該先有適合多樣生物生存的條件，接著再改變為不能適應的環境，接著造成生物的大量死亡，也許是氣候的改變，或者是環境的改變，如淺海環境(砂質)瞬間變成深海環境(泥質)等。



照片 22 在接近厚層砂岩區前有一規模較大的古生物地層，裡面堆疊許多海相化石。



照片 23 這個化石層的底部有扇貝化石密集層，排列方式與地層傾斜及走向一致。



照片 24 在扇貝的上層則是小塔螺的密集層，但有較多的破碎現象。



照片 25 其他還有一些不知名的蛤類，介於扇貝和小塔螺密集層之間。

8. 第 3 層：岩層為泥質砂岩，主要化石為有孔蟲及貝類碎屑。查閱資料得知這些有孔蟲是屬於底棲性，而且生長在海底的表層上，對海底環境很敏感，環境不同則有不同種類的有孔蟲，所以有孔蟲最認為是最有價值的指相化石。

有孔蟲是一類最古老的原生動物，在曾文溪六重溪層的底棲性有孔蟲分布的地層範圍很廣，有且多數出現在砂岩層的上部地層，也就是砂質環境要進入泥質環境的古海底層。(如照片 26、27)

推論：有孔蟲生存在食物塔的最底層，表示營養源不缺乏，也是許多海洋生物食物的重要來源。



照片 26 在砂岩層的上層有許多排列整齊的底棲性有孔蟲，大概與地層平行，應該是沉積作用的結果。



照片 27 底棲性有孔蟲形體較浮游性有孔蟲大，但也是常見化石裡體型最小的一類。

9. 第 2 層：岩層為硬砂岩，主要化石為單體珊瑚、海膽、有孔蟲和牡蠣。這裡的單體珊瑚種類特殊，在網路及書籍都沒見過相同的類型，算是罕見的單體珊瑚，主要分布在硬砂岩的上部層位。(如照片 28、29)

推論：因硬質海底適合珊瑚生存，所以在環境適宜(如溫度、鹽度和水深)的情況下，流水帶來營養源，形成這裡的生物多樣性。我們查閱資料知道珊瑚、海膽和海造是一個生命共同體，有珊瑚就會引來海膽。



照片 28 單體珊瑚大多數出現在硬砂岩層的上部，有一些具有方向性。



照片 29 上面照片左邊是海膽化石，右邊是錐形的單體珊瑚，右下角則有許多有孔蟲。

10. 第 1 層：岩層也是硬砂岩，主要化石為另一類的單體珊瑚、扇貝和數量較少的有孔蟲等。這一層的單體珊瑚有兩種類型，除了單體石珊瑚比較常見外，另一類單體珊瑚外型像火山或鞋型，也非常少見，牠們大部分分布在硬砂岩的中間層位，推論也是多樣性的生態條件。(如照片 30、31)



照片 30 外型像火山或鞋子的單體珊瑚，底部大小約在 1 公分左右。



照片 31 兩種不同種類的單體珊瑚，右下角為單體石珊瑚。

五、探討罕見的單體珊瑚生存環境及其種類。

(一)單體珊瑚的生存環境

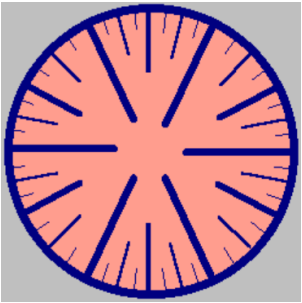
珊瑚一般都出現在乾淨海水及硬質海底，我們查閱資料知道影響珊瑚的生長還有光度、溫度、海流和沉積物等其他重要因素。珊瑚生存的條件為 35 ‰鹽度，18℃～35℃的水溫，清澈海水，水深約 20～50 米。

珊瑚化石也是常被用來研究地球的歷史，牠可以知道一些古環境訊息，例如古環境和現今環境的不同等。在這次的研究發現這兩層的單體珊瑚密集層多出現在硬質砂岩上，砂岩層雖然沒有很厚，但應該也提供了牠們暫時適宜的生存環境。

(二)單體珊瑚的型態與大小

六重溪層大約發現三種單體珊瑚，其中兩種可見隔片構造，詳如表 2 圖示及說明。

表 2 曾文溪六重溪層的單體珊瑚構造分析

單體珊瑚 型態			
說明	一般的珊瑚的內部的隔片都呈放射狀，常見有單片及摺頁排列等。	第 9 層的單體珊瑚的隔片為單片放射狀。直徑大小約 1 公分左右。	第 10 層的單體珊瑚也是單片放射狀排列，但隔片較薄較細，保存不易。直徑大小約 1 公分左右。

(三)單體珊瑚的種類

很多單體珊瑚多數已滅絕，能在地層裡看到這些古生物真的不容易，本次曾文溪六重溪層所看到的單體珊瑚至少已找到三種，而且都有相當的數量，應該也算是一個密集層，本次種類調查結果詳如表 3 圖示及說明。

表 3 曾文溪六重溪層單體珊瑚種類分析表

	正面	反面(或側面)	說明
第一類 錐形單體 珊瑚			側邊長度約在 3 公分上下，三種珊瑚中形體最大，數量也最多。在走馬瀨曾文溪河床也有這類珊瑚，但非常稀少。
第二類 鞋型單體 珊瑚			背面很像鞋子底部，並有一個孔洞，而且每個個體都有此構造，判斷應該是攝取食物的口器。
第三類 石珊瑚單 體型			單體小型石珊瑚比較常見，在新化丘陵二寮風景區及走馬瀨曾文溪河床都有類似的珊瑚。

(四)單體珊瑚主要物質

1.地層裡的單體珊瑚已方解石化

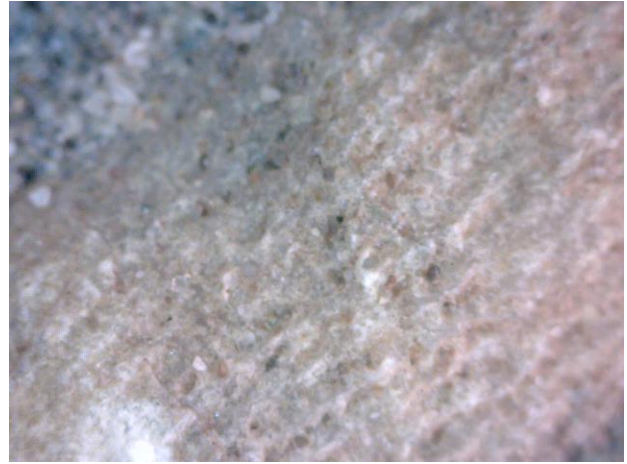
單體珊瑚除了內部有隔片構造，通常也都有體壁圍繞，表面會有或粗或細的皺紋，查閱資料得知珊瑚如果進化程度較高級，體壁會慢慢退化。但不管珊瑚如何改變，基本物質應該還是不變。本研究從顯微鏡的觀察可以知道這三種單體珊瑚都有白色結晶，判斷牠們已方解石了。

2.主要化學成分是碳酸鈣

在野外要知道有沒有化石存在，都會使用稀鹽酸測試，看看有沒有起泡泡，如果有反應，就表示附近可能有化石存在。我們研究的三種單體珊瑚經測試也都有起許多泡泡(二氧化碳)，確定牠們的基本化學物質就是碳酸鈣。(如照片 32~35)



照片 32 單體珊瑚在岩層裡經放大 50 倍發現幾乎都是白色結晶。



照片 33 另一單體珊瑚可清楚見到牠的體壁條紋。



照片 34 單體珊瑚的橫切剖面可見到隔片已礦物化或結晶化。



照片 35 另一角度看到單體珊瑚已完全結晶化，但還是保持原來的形體構造。

(五)珊瑚化石存在的意義

珊瑚化石又被稱作古生物鐘，所以發現珊瑚化石，至少有以下幾個意義：

1. 正常的海水。
2. 溫暖的淺海地區。
3. 海水清澈，但不是河口。
4. 海水深度適宜。

5. 珊瑚化石是地史時期重要的造岩者，在固著性海岸也帶來了營養源。
6. 六重溪層屬上新世到更新世的地層，距今約 100 萬年~180 萬年，這段時間的地球環境應該與現在環境有差異。

六、探討大海裡的小巨人有孔蟲生存環境及其種類。

有孔蟲牠們是水生而且具有帶孔外殼的單體細胞動物，它也是古氣候記錄的重要指標，在六雙層口林段的地層裡我們發現只少有三層以上的底棲型有孔蟲密集層。而且海到哪裡，有孔蟲就會到哪裡，牠們的體型雖小，但卻是大海裡的小巨人，也是水中精靈。

(一)曾文溪口林段的底棲性有孔蟲種類變化不大

我們查閱資料得知有孔蟲有偏好的生活環境，不同的區域、溫度、鹽度或水深會有不同種類的有孔蟲，但這次研究的區域，雖然有孔蟲來自不同的地層層位，但種類好像變化不大，用相機或顯微鏡放大，也很難看出牠們的差異性，判斷應該是同一種類的有孔蟲。海水的深度及溫度都非常類似，所以我們判斷有孔蟲的種類會非常類似。

(二)這些底棲性有孔蟲形體多為右璇

我們查閱資料知道有些浮游性有孔蟲殼的旋轉方向和水溫有關，一般冷水中大多數是左旋，在暖水中一般都是右旋，是什麼原因造成，有待我們進一步去研究。

在這次的研究發現這裡的有孔蟲多為右旋(由外而內順時鐘方向且隔片左彎)，是否以前這裡是屬於較為溫暖的海域，後來氣候變冷才造成這些古生物的大量滅亡，有待進一步研究。(研究結果詳如照片 36~41)

(三)有孔蟲是生物群落的食物

1. 在食物鏈有孔蟲是重要的貢獻者。
2. 有孔蟲可提供其他生物所需的能源，牠們是食物塔的底層。
3. 有孔蟲的食物為細菌、真菌或其他藻類，牠們的出現也代表著沉積區存在著生物的多樣性，富有許多營養源。



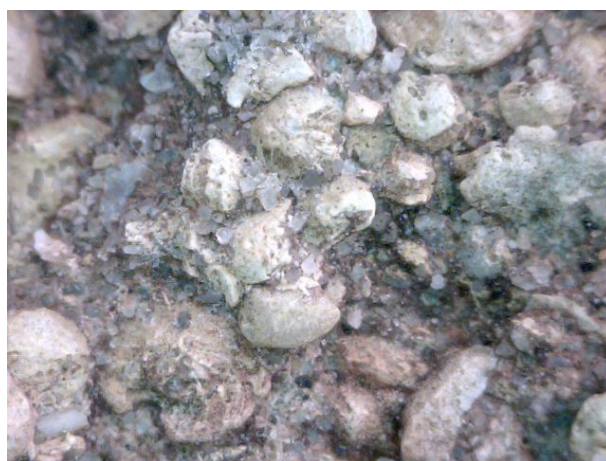
照片 36 六重溪層比較下層的底棲性有孔蟲。(相機拍攝放大)



照片 37 六重溪層比較上層的底棲性有孔蟲。(相機拍攝放大)



照片 38 六重溪層比較下層的底棲性有孔蟲。(顯微鏡放大 50 倍)



照片 39 六重溪層比較上層的底棲性有孔蟲。(顯微鏡放大 50 倍)



照片 40 六重溪層下層的有孔蟲由外圍往內為右旋(隔片左彎)。



照片 41 六重溪層上層的有孔蟲隔片左彎也可以看出是右旋。

七、六重溪層的大型礫石解密

(一)大礫石的來源是一個謎

六重溪的大礫石來源是一個謎，在嘉義縣番路鄉的八掌溪河床也同樣是六重溪層，地層裡一樣有大塊礫石，但裡面的東西卻不太一樣，有的是生痕，有的是貝殼及有孔蟲，有的是方塊形，有的是圓形。

一般如果是圓形應該是比較遠距離的搬運，如果有稜有角應該是短距離的搬運，在口林六重溪層的右岸底層多為圓弧形的礫石，所以大概可以判斷比較底層應是比較遠距離的搬運，跟底層多頁岩可能有關。在上層地層多為有稜有角的礫石，應為短距離的搬運有關，所以上層地層發現比較多的砂岩地層。（如照片 42~45）



照片 42 曾文溪右岸大內口林段六重溪層裡的大塊礫岩。



照片 43 八掌溪左岸嘉義番路鄉河床六重溪層裡的大塊礫岩。



照片 44 口林六重溪層下層多頁岩，礫石多圓滑形，為較遠距離的搬運。



照片 45 口林六重溪層上層進入砂岩區，礫石較為有稜有角，為較短距離的搬運。

(二)先有礫石再形成這裡的地層

我們發現礫石裡的化石都是獨立的，周圍的頁岩層和砂岩層也比較沒有看到相同的化石，所以我們判斷應該是先有礫石在其他地層形成，才搬運到這裡。搬運距離長的有較多的圓弧形，搬運較短的有較多的稜角。

推論：堆積六重溪層時曾有強勁的短暫性水流，才有能量搬運這些大礫石。但大礫石幾乎都沒有堆疊，很難想像當時的沉積環境是如何。

八、探討如何在地層裡可以快速找到古生物，以厚層砂岩為例。

(一)要有砂質地層的夾層，較容易找到這些古生物

(二)砂岩層厚度和長度也很重要，砂岩層的厚度太薄或距離太短都不太容易發現這些古生物。

(三)砂岩或頁岩厚度不能太厚(為安定條件的堆積)，因為太厚的砂岩層可能淺海或近岸的時間太久，適合生物生存，比較不會出現古生物。太厚的頁岩層因深海或遠岸的時間太久，環境太久沒變化也不容易找到這些古生物。

(四)要有砂頁岩互層，才容易有古生物的出現。因為深海變淺海或淺海變深海，古生物比較容易適應不良，因古環境的改變造成古生物的集體滅亡。

(五)附近如果有發現方解石或方解石脈，也很容易可以找到化石，因為方解石都是這些古生物留下來的證據。

陸、結論

一、千層派地層是如何形成的？調查發現六重溪層的曾文溪口林段主要有許多砂頁岩互層，因環境改變較為劇烈，古生物才會適應不良而大量死亡形成化石層，我們才可以看到這些古生物的出露，好像是古生物的復活再現。

二、曾文溪口林段由東到西的地層變化，東側較老的地層多數是頁岩或薄層的砂頁岩互層，西側較年輕地層則轉變為砂質較多的砂層或硬砂層，當海水深度或距離岸邊忽遠忽近，環境改變快速，才會出現這些古生物出現又消失，消失又出現，但種類卻不太一樣。

三、曾文溪口林段由東到西的化石層變化，在較東側的地層因泥質砂岩多，所以古生物多數是生痕、小塔螺、有孔蟲及一些貝類碎屑。到了中段一帶有一大片的扇貝密集層出現，砂質泥岩也有 80 公分以上的厚度，但瞬間又進入頁岩區，所以古環境的突然改變也是造成扇貝等古生物大量滅亡的原因。到達較西側時地層則出現較多的單體珊瑚，表示海底環境變淺質地也變得比較硬，才能適合生長環境嚴苛的單體珊瑚生存。更西側進入崁下寮層多為頁岩區，也不容易再發現這些古生物。

四、研究發現本地區單體珊瑚的種類至少有三種，分別有錐形、鞋形及扁平等三種類

型，數量也很多，所以已可稱為單體珊瑚的密集層。

- 五、本地區的有孔蟲的種類及型態大致類似，經顯微鏡觀察發現主要右旋的底棲性有孔蟲，可能適合較溫暖的海域，隨後古氣候變冷才造成這些有孔蟲的大量滅亡。而這裡許多地層都有有孔蟲出現，表示古環境變化大，海平面忽高忽低，古氣候變冷變熱，有孔蟲才會數量這麼多留再這裡。
- 六、六重溪層的大礫石來源不清楚，但可以知道再較泥岩區大礫石多為圓滑，砂岩區有比較明顯的稜角，應和搬運距離有關。
- 七、快速找到化石的方法主要出現在砂頁岩互層區，範圍及厚度都要剛剛好，厚度太薄或太厚都比較沒有古生物出現。

柒、參考資料

- 南一書局(2010)。國小自然與生活科技(山河大地)。臺南市：作者。
- 陳文山(1994)。臺灣的生痕化石。臺北縣：中央地質調查所。
- 黃敦友編著(1975)。底棲性有孔蟲化石圖譜。中國石油學會台灣油礦探勘處。
- 其他網路資料等。