

# 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 地球科學科

## 最佳(鄉土)教材獎

030504

### 凡走過必留下痕跡

學校名稱：雲林縣私立永年高級中學(附設國中)

作者：  國二 施竣皓  國二 黃柏融  國一 林秉燁	指導老師：  陳尚民  黃琪騰
---	-----------------------------

關鍵詞：河階 (Stream terrace)、  
活動構造 (Active Structures)、  
地形演育 (Geomorphic Evolution)

## 摘要

本研究認定竹山地區低位河階共 9 階，高位河階 6 階，總河階數共 74 個，高位河階最大面積為坪頂埔 LT3 面，總面積達 1.9 平方公里，應為濁水溪與東埔蚋溪聯合沖積形成；最高位河階為 LT6 分別為坪頂與第一公墓-1，原屬觸口台地東側不對稱背斜，經清水溪切割而分離；低位河階最大面積為竹山面 FT2 面，成因較為複雜可能先後受濁水溪與清水溪作用所致；河階剖面顯示，受活動構造通過的階面皆出現撓曲現象，竹山地區東側活動斷層構造明顯，西側則多為背斜與盲斷層，有潛在性危險，若能定時監測與調查必能降低災害發生。

## 壹、研究動機

本人外婆家在竹山，從小到大跟著外婆在照鏡山(竹山高位河階)農忙，常常望著這片大地，之後念國中的我聽到地理老師(同時也是地科老師)講到竹山地形與構造，激起本人小時候的回憶，原來竹山位於濁水溪支流東埔蚋溪與清水溪匯合處，亦夾雜在桐樹湖斷層與車籠埔斷層破裂帶之間，其河階發育廣闊，構造成因複雜，活動構造頻繁。因此本人與同學試圖透過研究河階與活動構造的關係，將有助於瞭解竹山地區地形演育與活動構造未來之錯動位置，進而減輕自然對當地居民所造成的災害。

## 貳、研究目的

本文針對竹山河階與構造之相關性做研究，主要目的為下列四點：

- (1)竹山地區地形面、河階對比與活動構造調查
- (2)撓曲崖與活動構造關係
- (3)竹山地區高位河階對比探討
- (4)回推竹山地區古環境之地形演育

### 叁、研究設備及器材

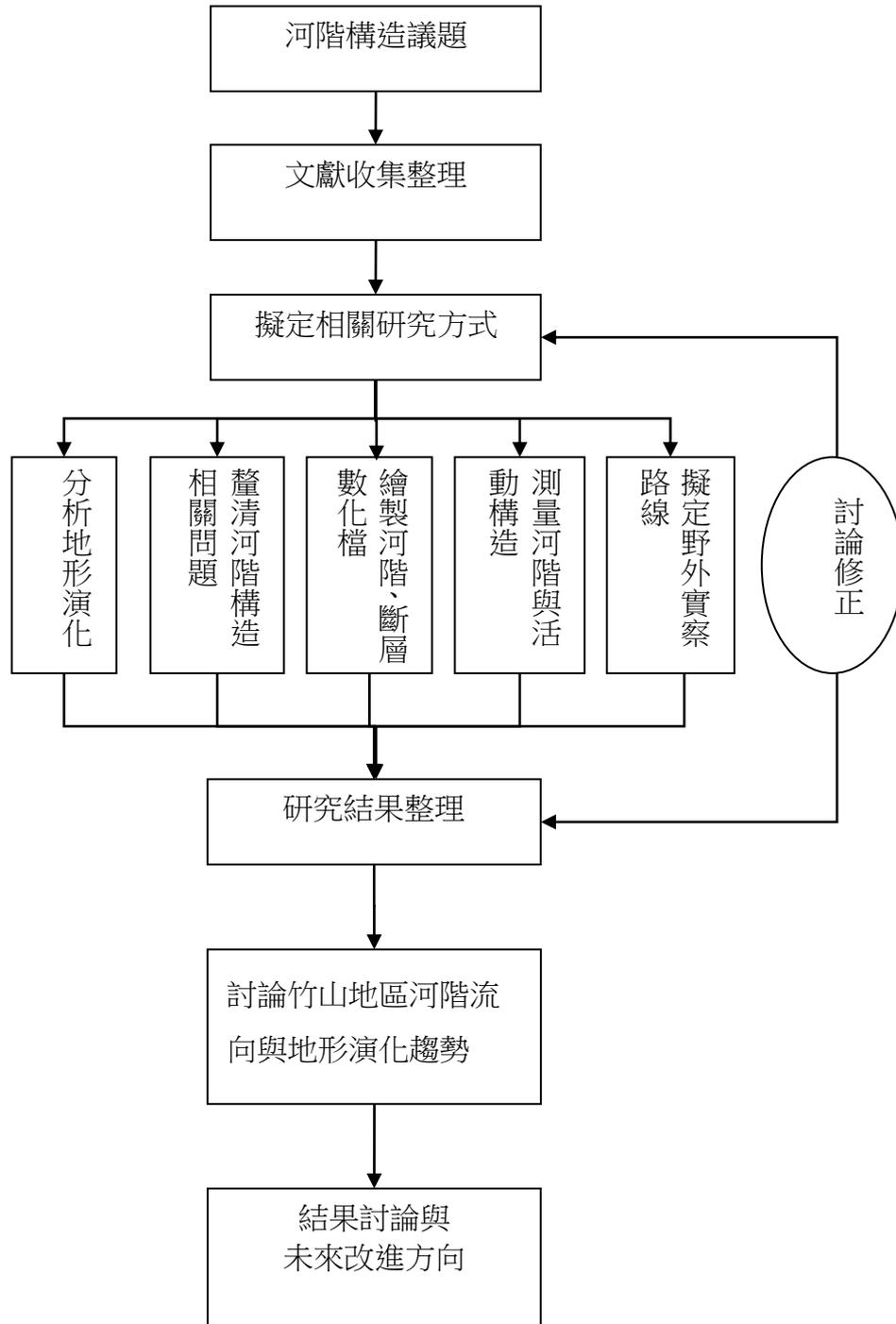
本研究所需器材如下所示：

表 1、研究設備及其用途

編號	物品	數量	用途
一	筆記本、筆	1 本 2 支	實驗日記，紀錄觀察結果
二	數位相機	2 台	拍攝實驗過程
三	筆記型電腦	1 部	撰寫與製作電子檔
四	GPS(全球定位系統)	1 台	定位用
五	登山背包	數個	裝野外器材
六	羅盤	2 台	野外實察用
七	地質錘	1 支	採集岩石用
八	傾斜儀	1 台	野外量測用
九	GIS 地理資訊系統	1 套	地質圖分析用
十	標竿	2 支	測河階高度用
十一	雷射測距儀	1 台	測距利用
十三	手套	數只	實驗用
十四	夾鏈袋	50 個	裝標本用
十五	望遠鏡	1 組	觀察地形用
十六	水壺	數個	野外需水
十七	登山帽	數頂	防日曬
十八	防蚊液	1 瓶	防蚊用
十九	造型土	數十包	製作模型

## 肆、 研究過程與方法

本研究過程方法的流程圖如下所示：



## 一、文獻蒐集

對於竹山河階研究之文獻鮮少，多以研究其活動構造與河流變遷為主。河階研究以林朝榮、石再添、鄧國雄、張瑞津、楊貴三等學者為主，以下竹山地區鄰近地區河階對照表：

表 2、竹山地區鄰近地區河階對照表

階地名		地點	高度 M	崖高 M	屬性
鹿谷階地群 1	內湖階地	鹿谷鄉 北勢溪右岸	700-800	100-140	高位
	車幌寮階地		520-560	80-100	高位
	新寮階地		480-500	220-240	高位
	板子寮階地		360-440	160-200	高位
竹山階地群 1	竹山	竹山鎮	140~160		低位
		竹山鎮西方	170	15-20	低位
竹山階地群 2	第一段	竹山鎮南方之 公共墓地	205	55	高位
	第二段		180	30	高位
	第三段		165	15	過渡
	第四段		160	10	低位
	第五段		152	2	低位
鹿谷階地群 2	內樹皮階地	北勢溪左岸	720-780	160	高位
	內湖階地		550-560	80-160	高位
	崎頂階地		440-460	180	高位
	筆子林階地		220-260	40-60	高位
濁水溪中游	洽波石		500-580	120-200	高位
	中和		440	80	高位
	社子	水裏坑東南	420	60-140	高位
	洞角	水裏坑	305-380	45-115	高位
		隘寮	280	90	高位
觸口台地階地群	坪頂	斗六丘陵北端	300-330	140-220	高位
坪頂埔台地	坪頂埔	竹山鎮北方	160-250	20-60	高位

## 二、活動構造概述

竹山地區西側區為觸口台地緊鄰北港高地之邊緣，有桐樹湖斷層切過。東側為車籠埔斷層與 921 集集斷層破裂帶且有東埔蚋溪流過，北方為濁水溪穿切將八卦台地與觸口台地分割開來，南方之車籠埔斷層與集集地震破裂帶會合於抄封之後往南車籠埔與大尖山斷層相接，並有初鄉、鹿寮、檳榔宅斷層切過，造成鹿谷（初鄉夾鹿寮）、內寮（大尖山夾檳榔宅）向斜等構造如圖 3 所示。

## (一)地質概述

本地區屬於台灣西部麓山帶地質區，出露之地層，主要為中新世以後之碎屑狀沈積岩。研究區域附近出露之地層，由老而新分別有上新世之桂竹林層、錦水頁岩、卓蘭層、更新世之頭嵙山層，紅土台地堆積層及河階堆積地層、山麓堆積層及沖積層等。

## (二)研究區域範圍

竹山地區位在南投縣西南部，東與鹿谷、信義兩鄉毗鄰，西與雲林縣林內鄉、斗六市相倚，南與嘉義縣及雲林縣接壤，北隔濁水溪與集集鎮及名間鄉相望，全鎮土地面積為 247.3339 平方公里。如圖 2 所示

### 1. 地形概述

地形可分為平原、丘陵及山地等三部份。

#### (1) 平原

主要分布於北緣的濁水溪南岸之香員腳、水底寮、水尾巷及西緣的清水溪東岸冷水坑、柯子坑、沈潭等地，面積不大，但因土壤肥沃、地勢平坦，利於農作物栽培，為竹山鎮內農業集約度最高、人口最富集之地。

#### (2) 山地

主要分布在鎮境內之車籠埔斷層以東處如圖 1 所示，斷層線以東屬於西部衝上斷層山地，又可分成東部的鳳凰山脈與西部的阿里山塊二部分，境內一千公尺以上的高山聳立其間。

#### (3) 丘陵

車籠埔斷層線以西處，屬於竹山丘陵，此一丘陵係清水溪切割斗六丘陵而成，南北長約十公里、東西寬約三公里，其間夾雜著許多台地;如坪頂埔台地、竹山河階群，及清水溪的低位河階等，其上之土壤多為黃紅壤，適合茶、竹、水果等作物的生長。

## 2.構造概述

西側區為觸口台地緊鄰北港高地之邊緣，為桐樹湖斷層切過。東側為車籠埔斷層與921集集斷層破裂帶且有東埔蚋溪流過，北方為濁水溪穿切將八卦台地與觸口台地分割開來，南方之車籠埔斷層與集集地震破裂帶會合於抄封之後往南車籠埔與大尖山斷層相接，並有初鄉、鹿寮、檳榔宅斷層切過，造成鹿谷（初鄉夾鹿寮）、內寮（大尖山夾檳榔宅）向斜等構造如圖3所示。

### (1) 車籠埔斷層

在中央地質調查所（1998）的分類中，屬於第二類活動斷層，代表過去十萬年來曾經發生錯移或曾錯移階地堆積層，不過在88年9月21日的集集大地震後，車籠埔斷層發生明顯錯動，其為活動斷層已毋庸置疑。

### (2) 921集集地震破裂帶（亦可能為車籠埔之斷層帶）

921集集地震斷層橫跨台中縣、台中市與南投縣，為台中盆地與豐原、南投兩丘陵的交界線，自豐原至名間，呈南北走向，全長超過50公里，可能為河流沿車籠埔斷層崖侵蝕所形成，或是「車籠埔構造」的地形表徵。吳大銘(Wu,1978)以1911年其附近曾發生大地震，且橫過斷層線的大地測量結果顯示斷層上盤隆起15公分，因而推測本斷層為活動斷層。

### (3) 大茅埔—雙冬斷層

本斷層分布於台中縣及南投縣內，為豐原、南投兩丘陵的東界，由東勢附近經雙冬至集集大山，呈南北走向，長約55公里。本斷層南段稱為哮貓斷層，北段稱為大茅埔斷層。

### (4) 初鄉斷層

初鄉斷層北起集集鎮北方，與大茅埔—雙冬斷層相接，以東北—西南走向向西南方延伸，經集集攔河堰西側沒入濁水溪中，復於濁水溪南岸繼續向西南延伸。在濁水溪北岸，本斷層東側出露之地層為卓蘭層，西側則為頭嵙山層；濁水溪南岸，斷層兩側出露之地層則全為卓蘭層。

### 3.地質概述

本地區屬於台灣西部麓山帶地質區，出露之地層，主要為中新世以後之碎屑狀沈積岩，出露之地層，由老而新如下：

#### (1)錦水頁岩

錦水頁岩為臺灣北部地層中重要指準層之一，主要岩性為厚層暗灰色頁岩，風化後呈黃褐色，具洋蔥狀風化面。

#### (2)卓蘭層

卓蘭層全厚達二千公尺，岩層均由砂岩、粉砂岩、泥岩及頁岩之互層組成，岩性單調重覆，本層之砂岩多呈淡青灰色或淡灰色，以細粒為主，有時含有炭質小片，有時富含雲母質。

#### (3)頭嵙山層

本層大部分由兩種異相岩石組成：一為細砂岩及頁岩互層，一為礫岩。此兩岩相常呈犬牙交錯，互相移變，無明顯界限。就其一般分佈而言，細砂岩及頁岩所成互層之岩相在下部較發達，礫岩相在上部較發達。

#### (4)台地堆積層

本地層主要沿著河流兩岸分布，上下共分數級，幾全由礫石、砂、細砂及泥土所組成，膠結不佳，但有時亦可造成礫石懸崖。臺地堆積厚自數公尺乃至十餘公尺，普通多構成一薄層，覆蓋於較古地層之上。

#### (5)現代沖積層

沖積層包括現代河床中之沖積物與山坡堆積，主要由粗礫、細砂、粉砂及泥土堆積而成，厚度不大。

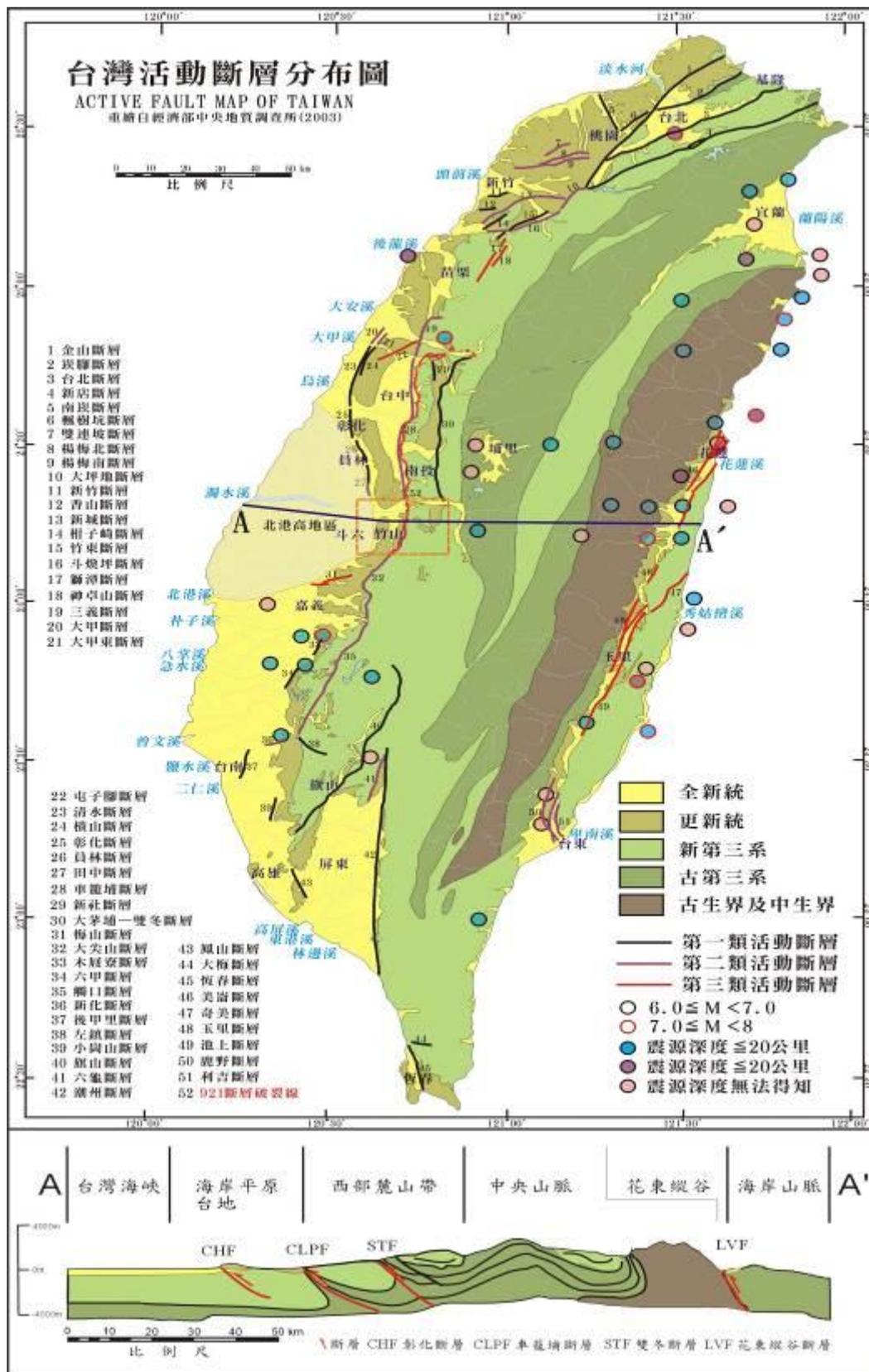


圖 1 竹山地區斷層分佈圖 (重繪中央地調所, 2008)



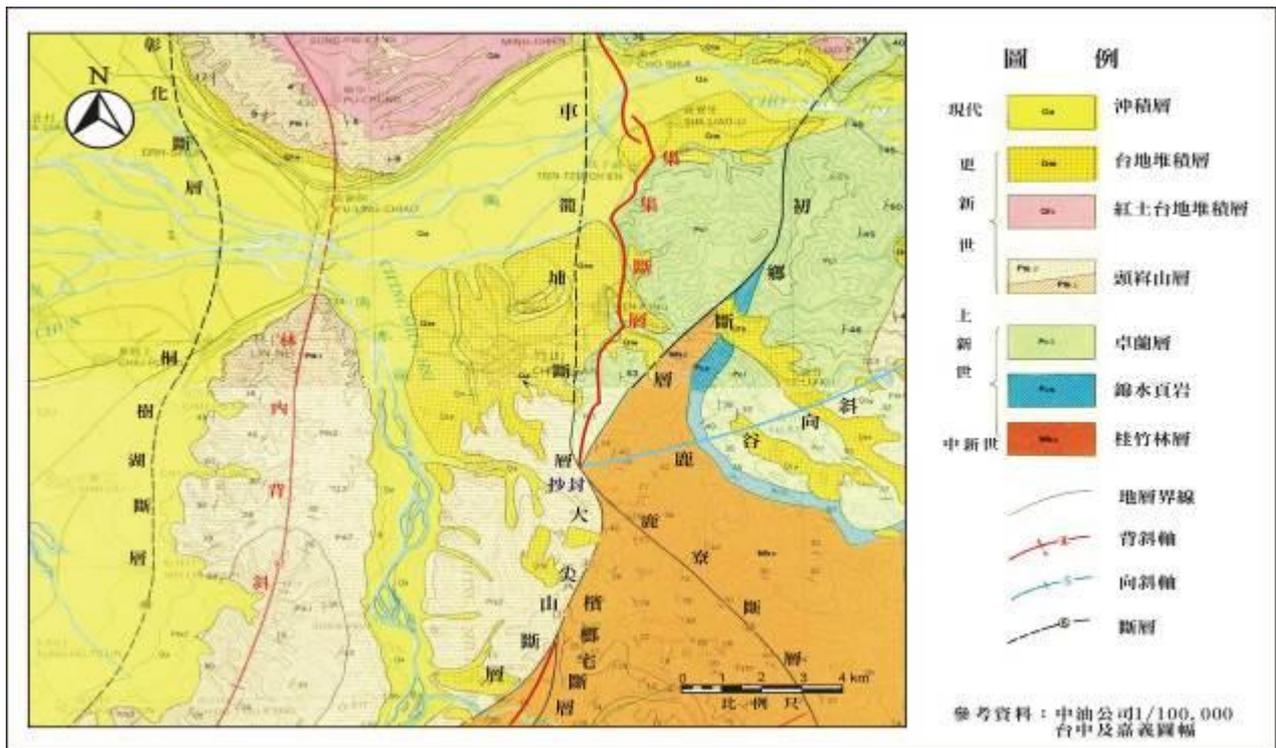


圖 3 竹山地區地質圖（重繪中國石油 1/100,000 台中及嘉義圖幅）

### 三、野外觀察之構造詳細描述

竹山地區因地形種類複雜，活動構造頻繁，經審密周詳的計畫討論後，擬採 22 個定點做觀察。如圖 27 所示，以下為各觀察點詳述。

#### (一)名竹大橋茶園

受集集斷層破裂面影響地表隆起錯移，撓曲崖的方向近南北向。地調所調查結果顯示崖階垂直落差為 120 公分，東側為升側，水平視位移為右移 130 公分。



圖 4 名竹大橋茶園

## (二)八分仔

位在水底寮東側的八分仔，為無紅土之低位河階 FT2，河階面積 0.5 平方公里河階崖，可見礫石成覆瓦狀排列，排列方向大至為東-東南方，階面向微南傾，與濁水溪背道而馳。



圖 5 八分仔

## (三)延平加油站

在延平橋南方與竹山延平加油站間，地調所(87)調查結果顯示，台 3 線柏油路面錯移抬升，崖的方向為北偏東 30 度，垂直落差約為 2 公尺，東側為升側。

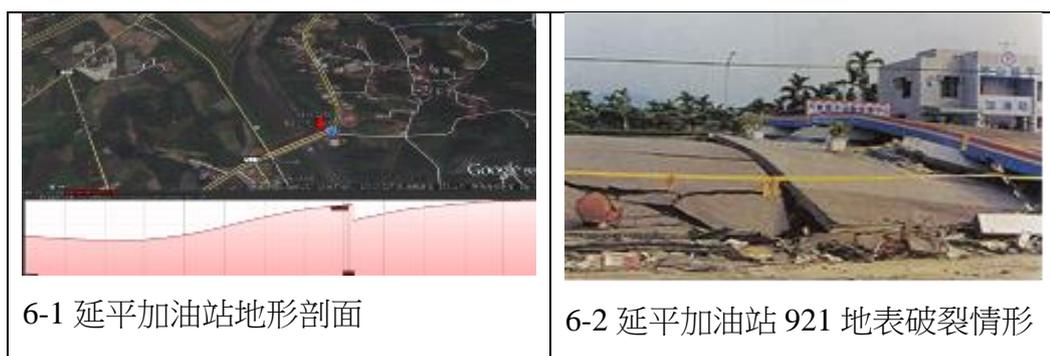


圖 6 延平加油站

## (四)沙東宮

位在他里溫南方撓曲崖上的沙東宮，在 921 集集地震時後方廁所有錯移破損情形，變形帶約呈南北走向，並在延平沙東宮後方造成一東高西低的小崖，垂直落差約 1 公尺左右，並造成石階與花園圍牆的破壞，其後方較高的階崖處為墳場。



圖 7 沙東宮

### (五)半天寮

屬低位河階 FT1，河階面積 0.54 平方公里，有初鄉斷層通過造成地層抬升撓曲，崖面上有向西北撓曲現象。

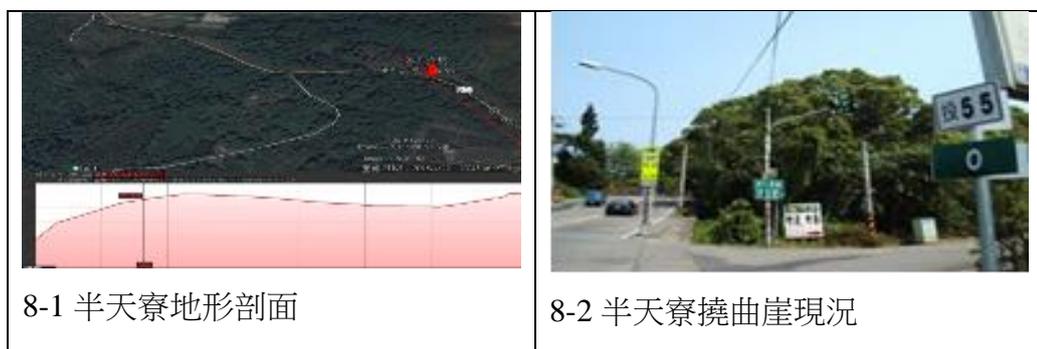


圖 8 半天寮

### (六)照鏡山

照鏡山為一高位河階 LT4，河階面積 0.607 平方公里，其階面之傾斜率與濁水溪北岸之八卦台地相似，前人將八卦台地、觸口台地、照鏡山、坪頂埔視為同一構造，之後受河流切割而分開。



圖 9 照鏡山

### (七)坪頂埔

高位河階 LT2 面，階地面積 1.9 平方公里，應是受地殼抬升與濁水溪的下切所致，階面向微南傾，上有舊聚落之遺址。

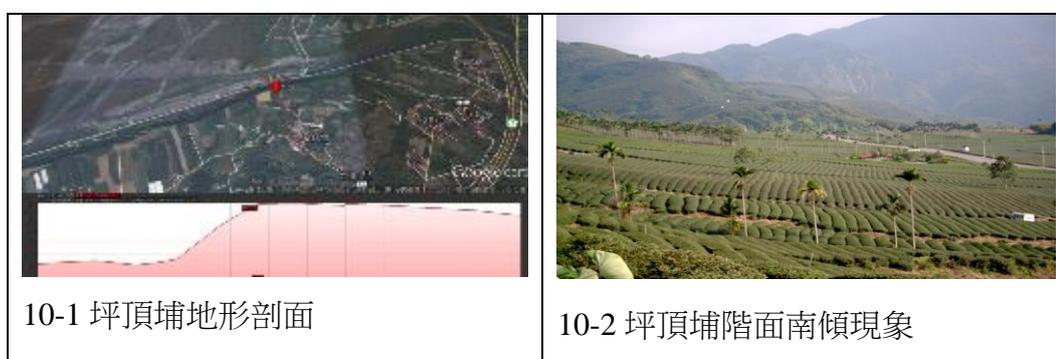


圖 10 坪頂埔

### (八)竹圍子

竹圍子為低為河階 FT2，附近之街尾圳，河階面積 0.58 平方公里，處於河曲內側轉彎處，因地層面有東南傾之現象，造成該處有三個小階崖。

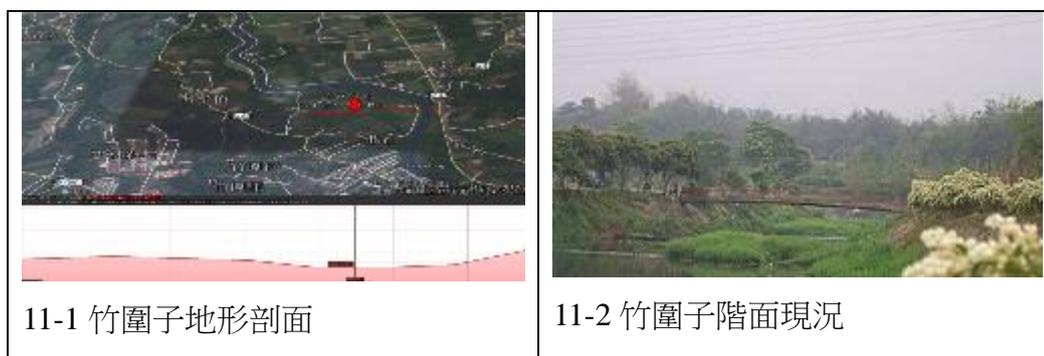


圖 11 竹圍子

### (九)竹山公園

位於沉潭附近的神社公園，有著較凸出的線型構造，其原因可能與地層局部抬升有關，此區有古遺址，為當地聚落中年代較早的一區。



圖 12 竹山公園

### (十)台大實驗林(下坪熱帶植物園)

位處下坪附近之台大實驗林南方有一殘留的曲流構造，曲流外側部分被清水溪之古河道切過，可能為現今街尾圳改道所殘留的痕跡，改道原因與階地東傾，西側抬升量較高有關。



圖 13 台大實驗林

### (十一)沈潭

位於清水溪東側之年輕低位河階本研究將其定位成 FT3，河階面積 1.42 平方公里，其階面亦有東南傾現象出現，這意味著此區的構造活動頻繁，是否為 Ota et. al (2001) 所述，為斷層崖經河流修飾所致，將是探討的主題。

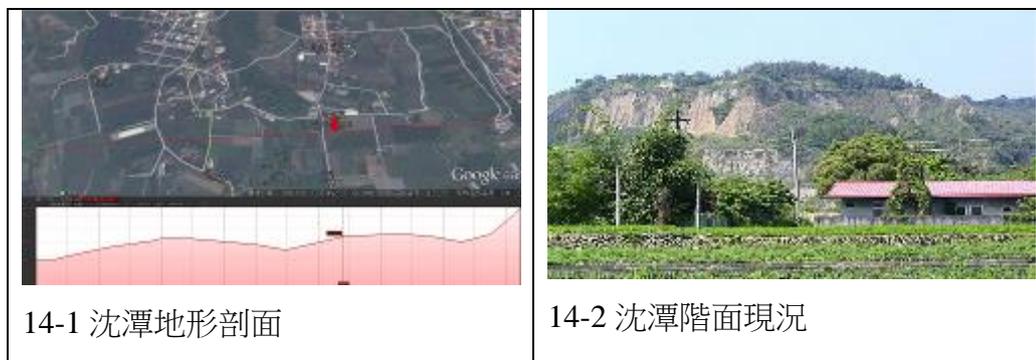


圖 14 沉潭

### (十二)柯子坑

為清水溪旁最低位之河階 FT1，河階面積 0.85 平方公里，且階面亦有東南傾現象。

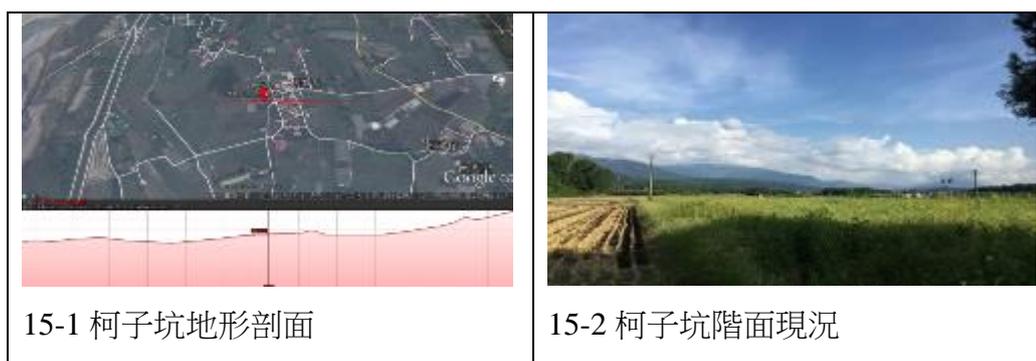


圖 15 柯子坑

### (十三)竹山第一公墓

位置處於竹山鎮南方，公墓位置為高位河階，現場調查結果認為土壤紅化並不顯著，因此判定此區為高位河階之最低階。

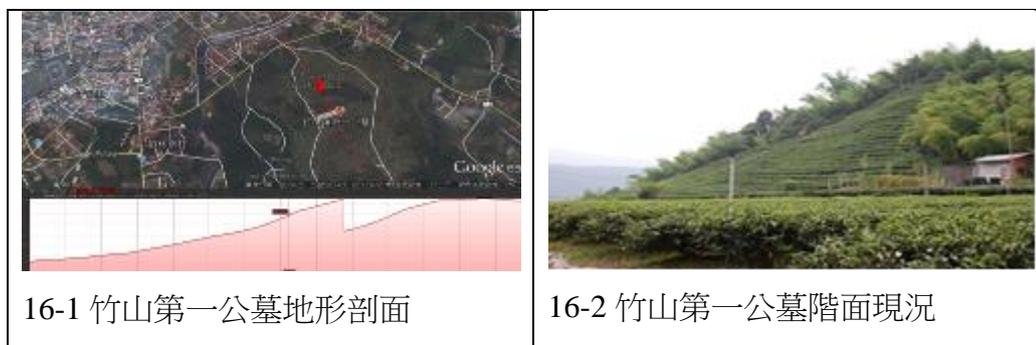


圖 16 竹山第一公墓

#### (十四)大坑

由第一公墓至大坑共有 6 個高位河階，為此區內高位河階最多的地區，其原因尚須用其他證據輔助做解釋。

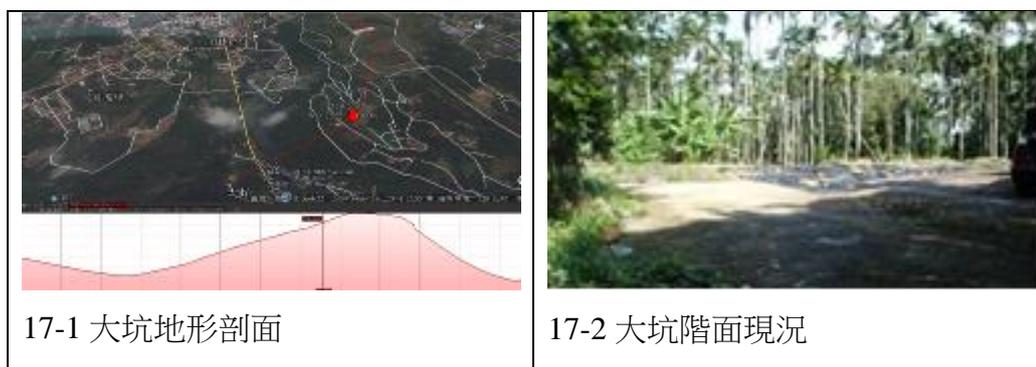


圖 17 大坑

#### (十五)觸口台地-1

此區為觸口台地之低位河階，都以種植茶葉為主，由河階覆瓦方向判定為清水溪切割所造成，且岩層內並無板岩碎屑出露，石英、長石含量較高，岩性亦較符合清水溪。



圖 18 觸口台地-1

#### (十六)觸口台地-2

此區為觸口台地之高位河階 Lt3，土地利用以種植茶葉為主。



圖 19 觸口台地-2

### (十七)觸口台地-3

此區為 LT3 北端為觸口台地公墓區，東南方則種植茶葉。階地面積為 0.11 平方公里。



圖 20 觸口台地-3

### (十八)成功國小

成功國小之所在地為觸口台地僅次於坪頂的高位河階 LT5，階地面積為 0.14 平方公里。



圖 21 成功國小

### (十九)坪頂

坪頂為觸口台地最高位的階面，階地面積為 0.396 平方公里，亦是觸口台地最大的階地，階地上有古遺址。



圖 22 坪頂

## (二十)觸口台地前緣

之前土地利用為養雞場，現今已荒廢，屬高位階地 LT2 面，階面有東南傾的現象，為林內背斜的最前緣。



圖 23 觸口台地前緣

## (二十一)竹山挖溝

為 921 集集斷層槽溝開挖區，開挖結果顯示開挖面南牆剖面呈現 fault-propagation fold<sup>1</sup>的形式，而北牆剖面呈現 fault-bend fold<sup>2</sup>的形式，由剖面與同位素定年推測，近千年來車籠埔斷層的活動週期可能為 300-400 年，921 地震之前的地震約發生在 150-400 年前，再之前的地震約發生於 700-800 年前。現地已興建車籠埔斷層保存園區

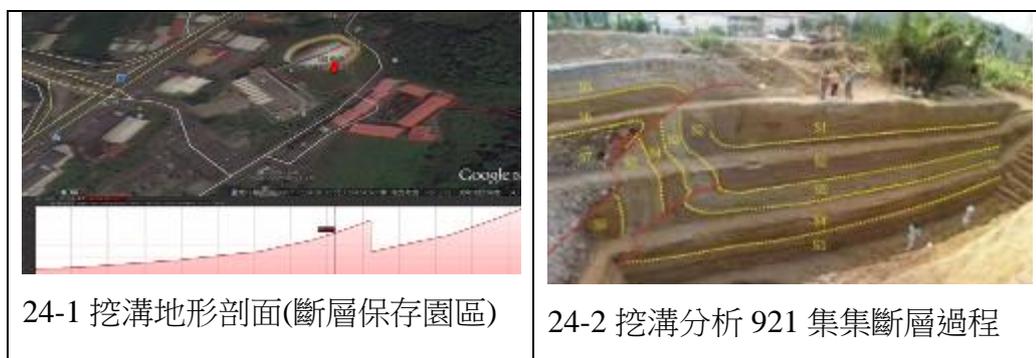


圖 24 竹山挖溝

## (二十二)牛埔頭子

Ota et.al(2004)<sup>3</sup>提出牛埔頭子於 921 集集地震時，受到破裂帶的影響，產生擠壓隆起的分量斷層，在野外確實有隆起抬升之地形面，但橫向的線性卻不明顯，是否為分量斷層，值得深入探討研究。

1 註解：fault-propagation fold（斷層展延褶皺）斷層前端已出露在地表，斷層滑動面有拖曳構造產生，上盤形成背斜，下盤形成向斜。出自於（Suppe, 1983）所提出之薄皮、厚皮理論。  
2 註解：fault-bend fold（斷層轉折褶皺）斷層尚未穿切地表，地形上的變形主要是褶皺所引發的。  
3 註解：Ota, Y, et.al（2004）Geomorphological identification of pre-existing active Chelungpu Fault in central Taiwan, especially its relation to the location of the surface rupture by the 1999 Chichi earthquake, Quaternary

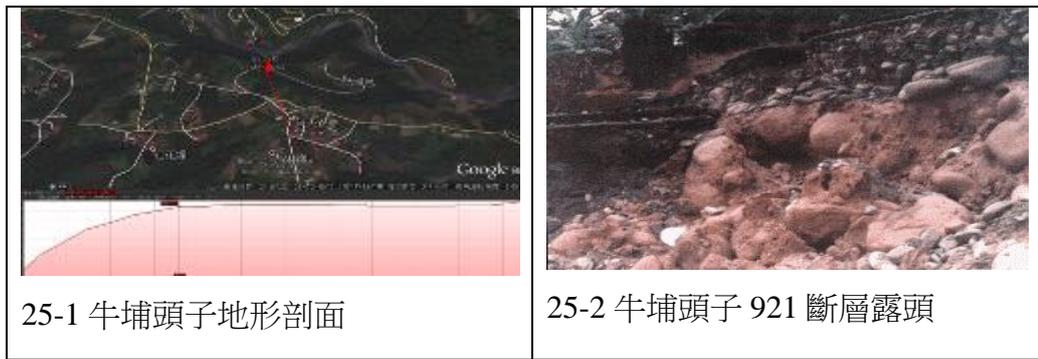


圖 25 牛埔頭子

(二十三)三塊厝

三塊厝附近有高位河階 LT3，河階面積 0.119 平方公里，南方合作橋附近有 LT4，0.05 公里，站在河階往東眺望可見一谷地，此谷地為 921 集集破裂面通過之處，階面種植火龍果與番茄，階地上有古遺址又名豬頭粽。

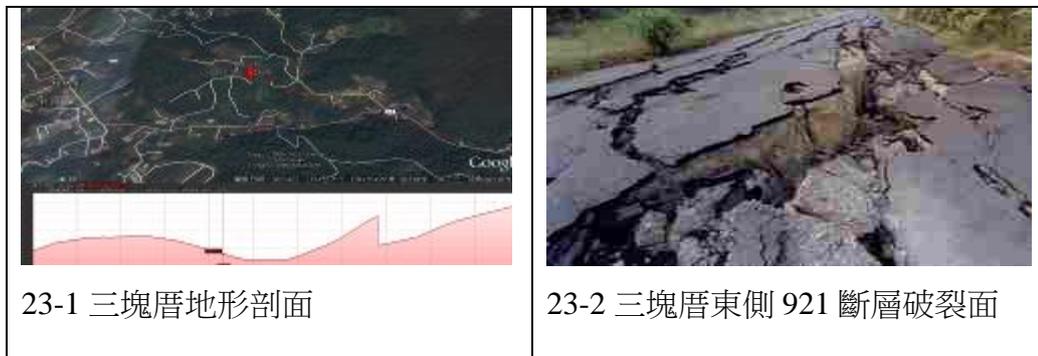


圖 26 三塊厝

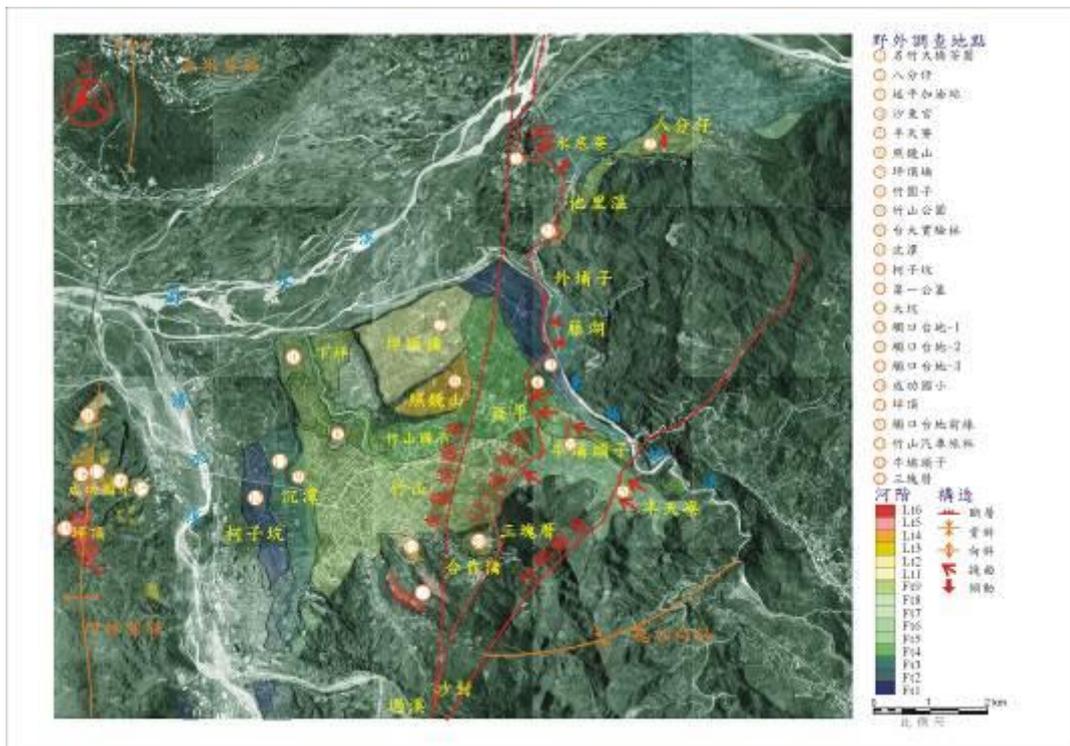


圖 27 竹山地區野外觀察地點分布圖

## 伍、研究結果

### 一、野外調查河階對比結果

河階對比方式採用陳于高(1988)<sup>4</sup>之方式，由最低位河階當成 FT1 依此類推上去，初步認定此區低位河階共 9 階，高位河階 6 階，此區之河階總數共 74 個。高位河階最大面積為坪頂埔 LT3 面，總面積達 1.9 平方公里；低位河階最大面積為竹山面 FT2 面，總面積達 4.87 平方公里。前人研究 LT3 面約為 9 萬年，若竹山能用此數據對比，則代表 9 萬年前濁水溪的流域面積大，而在 FT2 時，濁水溪流流域面積再度到達高峰。

表 4、河階特徵、階序表

編號	名稱	面積(m <sup>2</sup> )	階序	聚落數	前人研究	備註
0	平頂埔	1908930	LT2	2	林、石、楊等	階面東南傾
1	照鏡山	607552	LT4	1	林、石、楊等	階面東南傾
2	下坪-1	399648	FT2	2	楊	
3	沈潭	1421605	FT3		太、楊	階面東南傾
4	台大實驗林	193510	FT2	1		
5	台大實驗林-1	60928	FT3			
6	台大實驗林-3	61463	FT3			
7	台大實驗林-2	58624	FT4			
8	枋子寮	284031	FT2	1		
9	下坪-2	24039	FT4			
10	坪子頂-1	103436	FT5			
11	觸口階地-5	163267	LT2		林、石、楊等	
12	觸口茶園	41420	LT2		楊	
13	觸口公墓	110120	LT4		林、石、楊等	
14	成功國小	144429	LT5		林、石、楊等	
15	觸口茶園-1	15474	LT3		林、石、楊等	
16	觸口茶園-2	28548	LT3		林、石、楊等	
17	觸口階地-2	9952	FT1		楊	
18	觸口階地-3	14204	LT3		林、石、楊等	
19	茶園	22652	FT1			
20	觸口階地-1	37419	FT1			
21	觸口階地-4	10099	LT2			
22	下坪-3	23835	FT4			
23	八分仔	503458	FT2	1	林、石、楊等	覆瓦南傾
24	坪頂-1	25119	LT3			
25	坪頂	395848	LT6	1	林、石、楊等	有遺址
26	觸口山	59024	LT3			
27	沉潭-1	38841	FT2		太、楊	
28	柯子坑	851027	FT1	1	太、楊	
29	車店子	357263	FT2	1		
30	福星橋	61750	FT2			
31	德山寺	76276	FT2			
32	包青宮	30330	FT2			
33	福田-1	104014	FT2			
34	福田	301028	FT1			
35	第一公墓-1	130623	LT1		林、石、楊等	
36	第一公墓-2	93932	LT5			林、石、楊等 東側車籠埔斷層
37	第一公墓-6	49465	LT1	1	林、石、楊等	
38	第一公墓-5	45051	LT2		林、石、楊等	
39	第一公墓-4	8735	LT3		林、石、楊等	
40	第一公墓-3	55390	LT4		林、石、楊等	
41	坪子頂	28708	FT5			
42	坪子頂-2	23496	FT4			
43	坪子頂-3	72746	FT3			
44	坪子頂-4	51697	FT5			
45	坪子頂-5	58010	FT2			
46	月汀橋	69111	FT5			
47	竹山橋	24584	FT5			
48	竹山國小	10455	FT4			
49	延平-1	384802	FT3		太、楊	挽曲崖 921 斷層
50	牛埔頭子-1	77737	FT5		太、楊	
51	半天寮	542504	FT1	1	太、楊	挽曲崖(初鄉)
52	大舜寮	54767	FT5			
53	過溪仔	1259760	FT1		張、楊	921 斷層破裂
54	初鄉橋	23356	FT1		張、楊	921 斷層破裂
55	東延平	358583	FT3		張、楊	921 斷層破裂
56	東延平-2	10350	FT2			
57	八分子-1	23747	FT2			
58	獅尾堀仔	14832	FT2	1		
59	灣仔	44535	FT2			
60	社寮	4349064	FT3	4	石、楊、張等	
61	他里溫	296523	FT2	2	石、楊、張等	921 斷層破裂
62	水底寮	1166303	FT3	1	石、楊、張等	挽曲崖 921 斷層
63	筍子林	1060715	FT1	1	張、楊	挽曲崖 921 斷層
64	延平	3517918	FT4	4	張、楊	挽曲崖 921 斷層
65	鯉魚尾	308075	FT1	1		
66	下坪-2	465805	FT3		楊	曲流、離堆丘
67	藤湖	536703	FT4	2	張、楊	挽曲崖 921 斷層
70	竹山	4869331	FT2	4	石、楊、張等	921 斷層破裂
71	水車	209641	FT1	2		
72	三塊厝	118649	LT3	1	張、楊	東側 921 斷層
73	合作橋	49414	LT4		張、楊	東側 921 斷層

(註解：林、石、楊、太、張分別為林朝榮、石再添、楊貴三、太田洋子、張瑞津等學者縮寫)

<sup>4</sup> 註解：陳于高(1988)大漢溪下游河階臺地碳十四定年與對比之研究，國立臺灣大學地質學研究所碩士論文，共 88 頁。

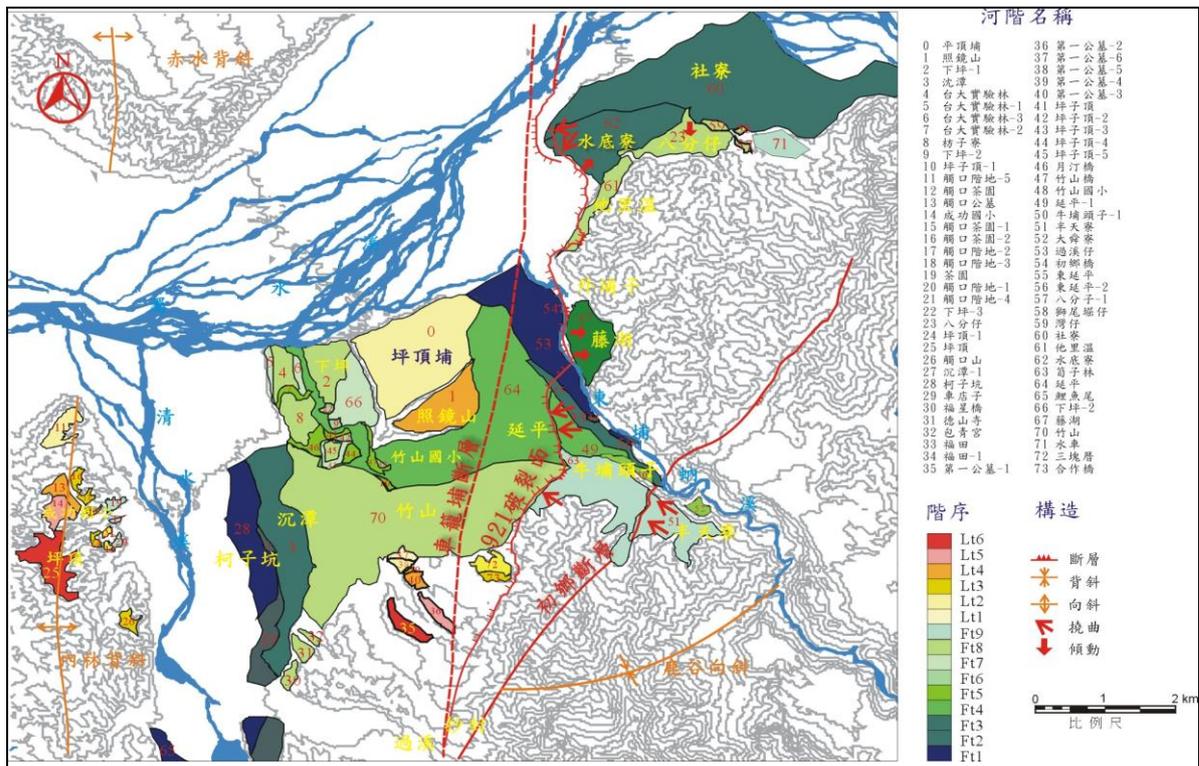
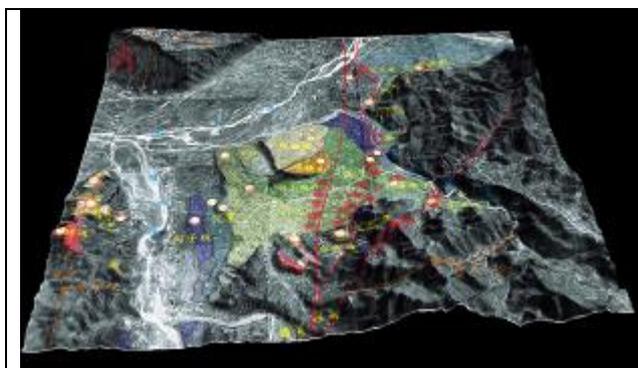


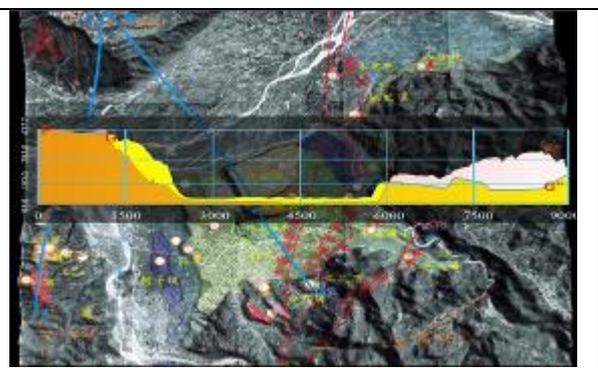
圖 28 河階編號位置圖

## 二、數值地形(DTM)分析結果

本研究運用 ArcView(GIS)將數值地形(DTM40\*40 農委會)套疊航照圖、河階數化圖與構造數化圖，依研究所需剖面觀察河階面與構造線關係，結果發現凡有被斷層切過的河階，階面大都出現撓曲現象，如編號：延平-1(49)、半天寮(51)、水底寮(62)、筍子林(63)、延平(64)、藤湖(67)等階面，非斷層切過之河階，則無撓曲現象發生，如下圖所示



29-1 竹山地區數值地形套疊全覽



29-2 八卦台地、觸口台地與竹山剖面

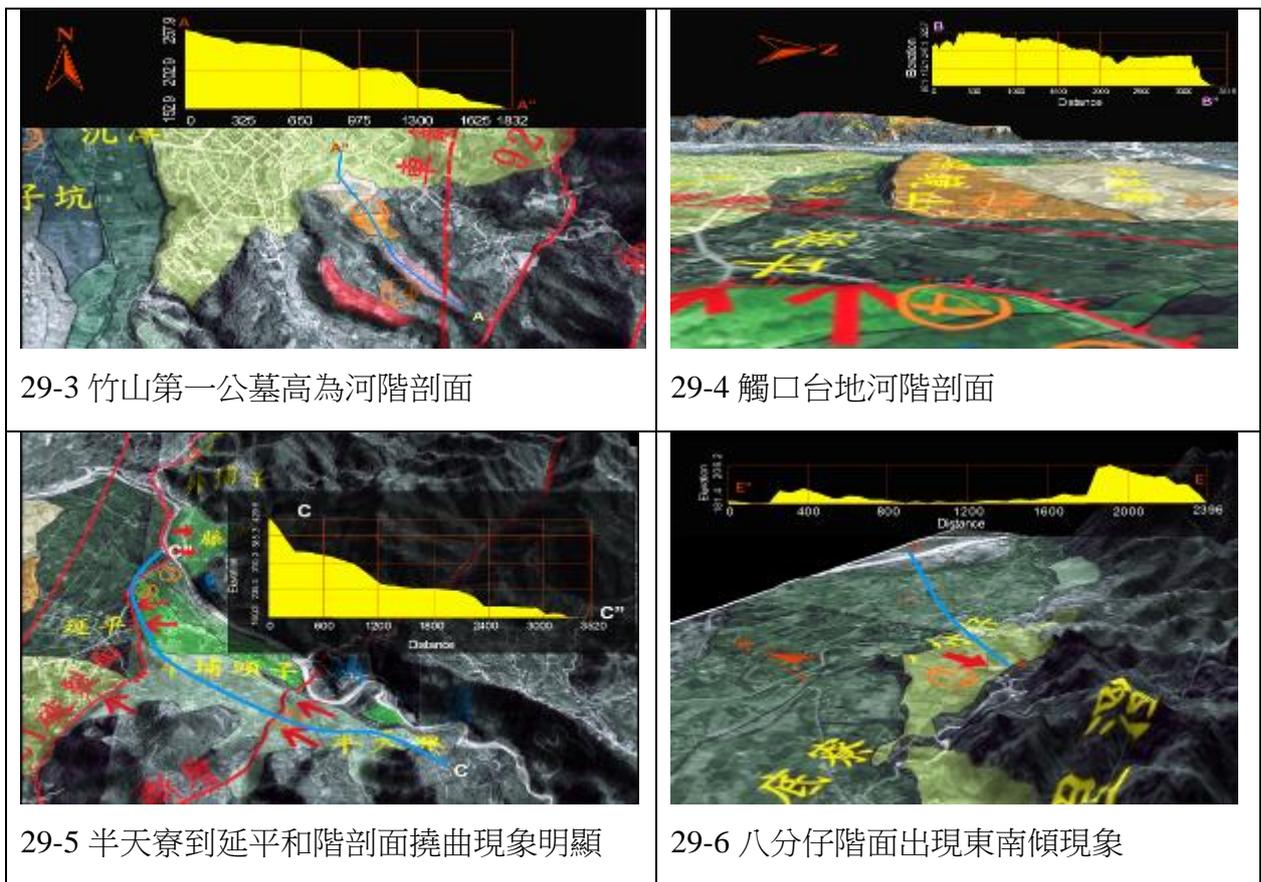


圖 29 數值地形套疊河階圖

### 三、野外調查河流遷徙狀況

(一)濁水溪中下游透過河階邊緣線形構造大至推測如下：

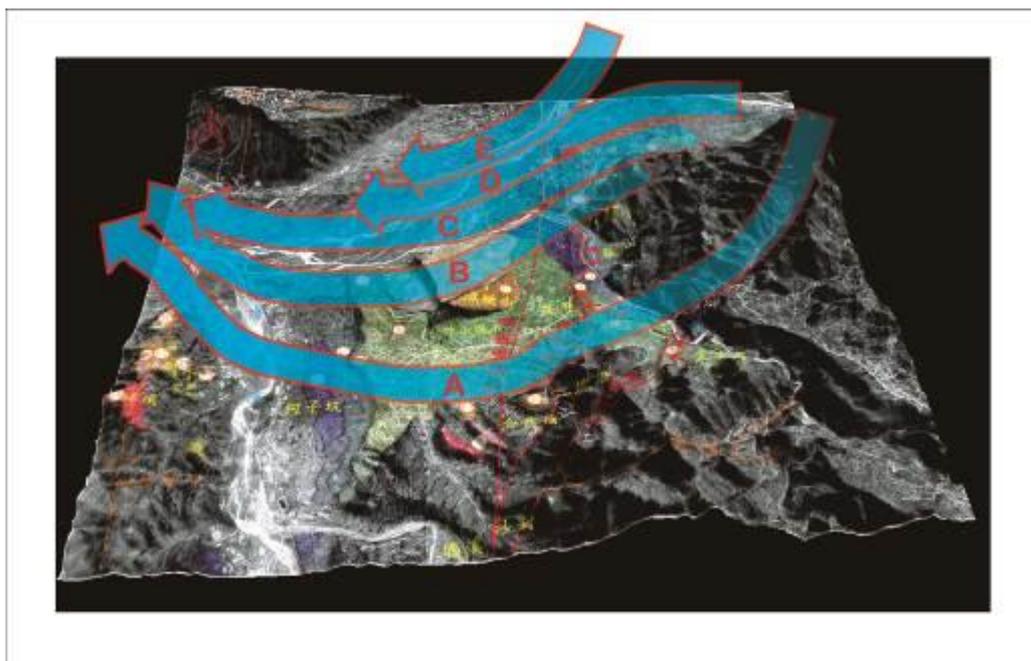


圖 30 濁水溪中下游遷徙路徑示意圖

### 1. 遷移 (A)

最南端由三塊厝(72)碰觸竹山第一公墓(35)，估計約 9 萬年當時東埔蚋溪並未流經此處。

### 2. 遷移 (B)

由八分仔南方線形經 (61) 他里溫、(1) 照鏡山北方線形、(45) 竹圍子北方，最後至觸口台地前端。

### 3. 遷移 (C)

由八分仔北方線形經他里溫 (23)、坪頂埔北方線形 (0)、下坪線形 (2)、台大實驗林線形 (4)，最後匯入鼻子頭隘口。

### 4. 遷移 (D)

由八分仔北方線形 (23) 經水底寮北方線形 (62)，再匯入現今的網流河床。

### 5. 遷移 (E)

社寮 (60) 往北遷移到現今河床。

(二)清水溪下游透過河階邊緣線形構造大至推測如下：

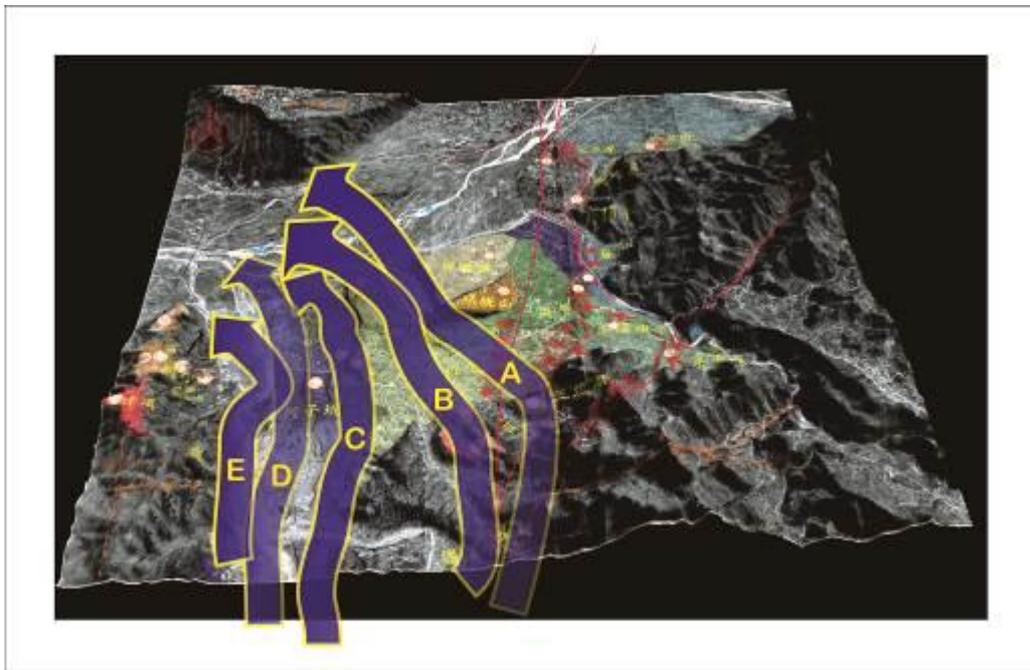


圖 31 清水溪下游遷徙路徑示意圖

### 1. 遷移 (A)

由三塊厝 (72)、合作橋 (73) 經坪頂埔 (0) 西側線形匯入濁水溪。

### 2. 遷移 (B)

由竹山第一公墓面(35)，經福星橋(30)、德山寺(31)、包青宮東側線形(32)，最後之(0)坪頂埔西側線形匯入濁水溪。

### 3.遷移(C)

由福星橋(30)、德山寺(31)、包青宮西側線形(32)，經沉潭(3)、下坪-2(66)、台大實驗林-1(5)之東側線形，最後匯入濁水溪。

### 4.遷移(D)

由(29)車店子、(28)柯子坑東側線形匯入濁水溪。

### 5.遷移(E)

由前一次遷移向西移至現今河床。

(三)東埔蚋溪下游透過河階邊緣線形構造大至推測如下：

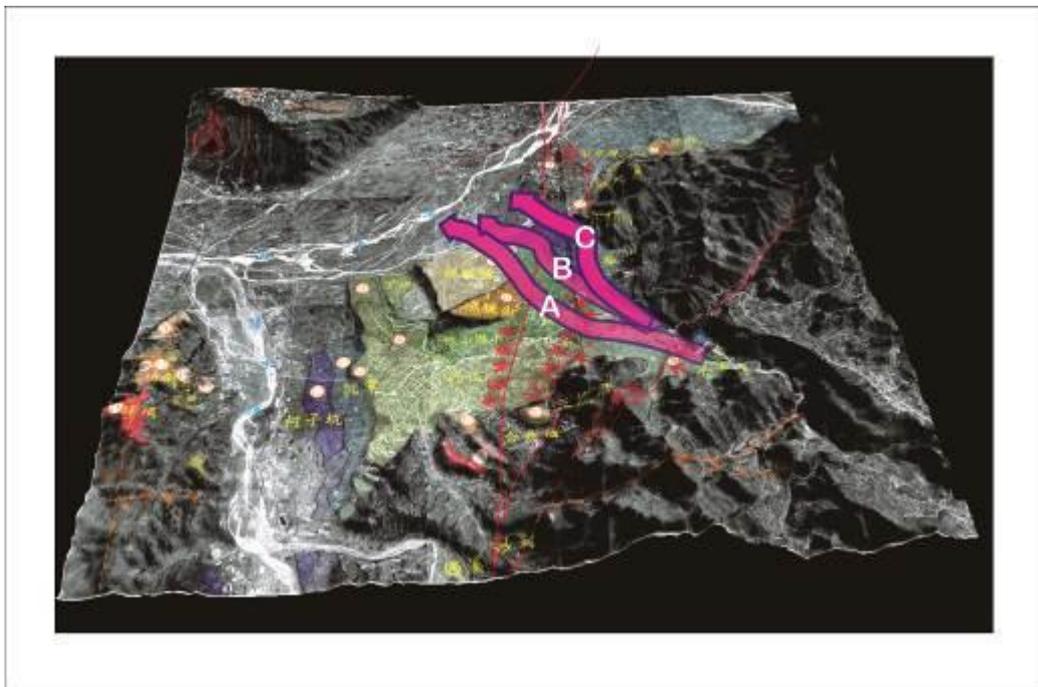


圖 32 東埔蚋溪下游遷徙路徑示意圖

### 1.遷移(A)

由牛埔頭子(50)北方線形，經照鏡山(1)、坪頂埔東側(0)匯入濁水溪。

### 2.遷移(B)

由牛埔頭子(50)經東延平-2(56)、過溪仔(53)西側線形匯入濁水溪。

### 3.遷移(C)

由前次遷移向東移至藤湖(56)到現今河床。

#### 四、低位河階與街尾圳古流路方向分析結果

由台大實驗林(10)、竹圍子(8)觀察得知，原街尾圳於西北側流入清水溪，後因北側抬升量增加，迫使流路向東南後退，形成一河曲從台大實驗林匯入濁水溪，之後地殼抬升量逐漸向南遷移，階面又東傾，迫使街尾圳流路向東南遷移，而廢棄舊有之河曲流路，截彎取直形成單流路注入濁水溪，竹圍子則因河道改變而被切割成離堆丘，竹圍子北側及東側各有三個小階崖，可證明街尾圳是從西向東逐漸遷移，同時亦可證明北邊先抬升而依次向東南遷移。

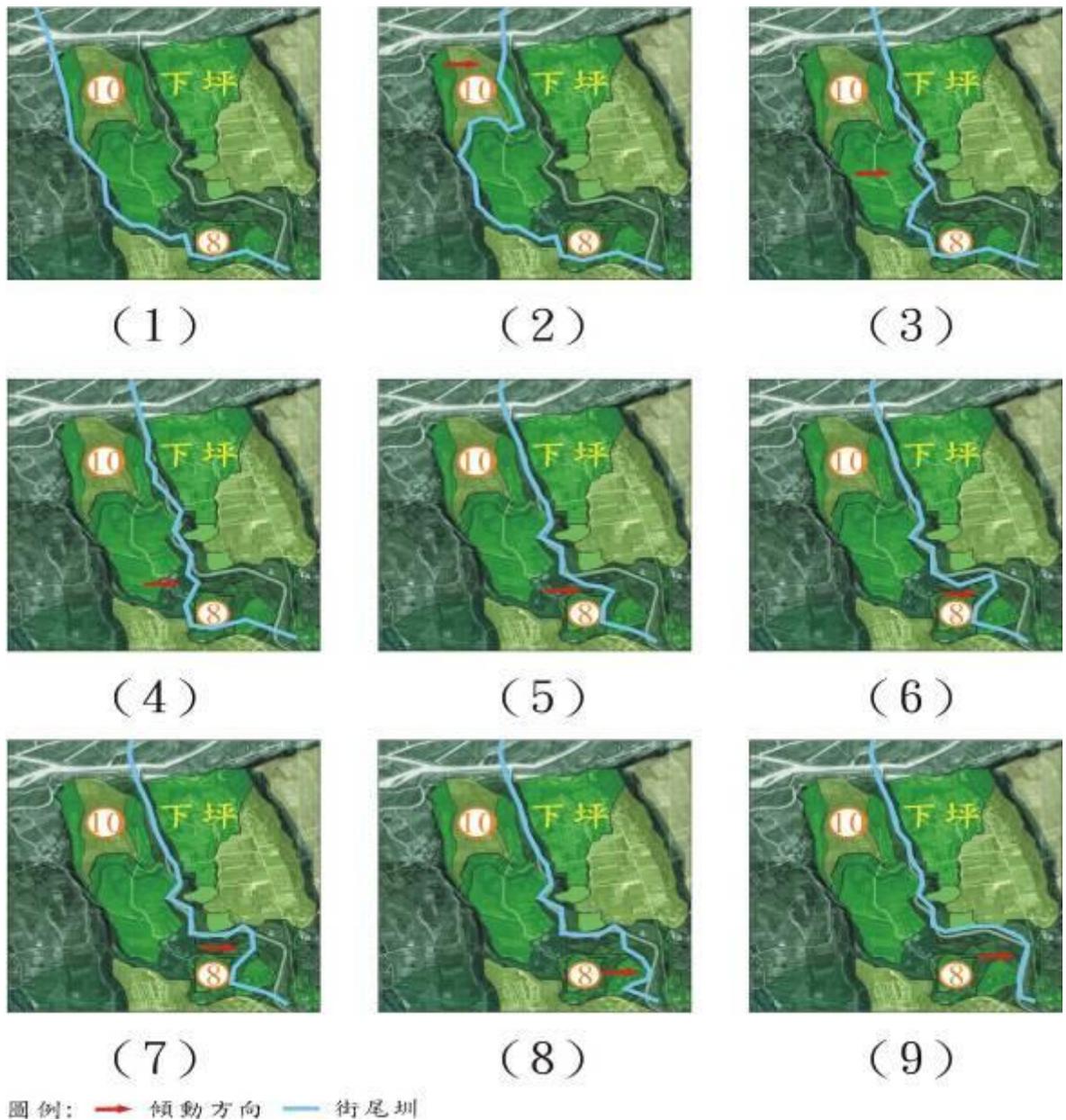


圖 33 街尾圳古流路演育圖

## 陸、討論

### 一、數值地形(DTM)剖面對比

鑒於 Ota et. al (2001) 對竹山地區 B~B' (觸口台地~坪頂埔)、C~C' (坪頂~照鏡山) 與 A~A' (八卦台地) 剖面解析，認定坪頂埔的坡度與八卦台地較相似。然而 A~A' 剖面 Ota 似乎切得較有爭議，因此本研究重新切割後，認定八卦台地與照鏡山坡度較相似，且坪頂埔坡度的延伸可與坪頂面相接，下坪坡度的延伸可以到觸口台地的前緣 (如圖 6 所示)。倘若坪頂埔確實與坪頂能相接，且觸口台地與坪頂埔、照鏡山為同一構造，則可推測清水溪兩岸可能有左移的分量構造，與大地構造解釋，觸口台地西側為北港高地，若受到東南方向的逆衝應力，勢必會有左移分量產生，似乎間接提供支持 Ota 的說法的證據。

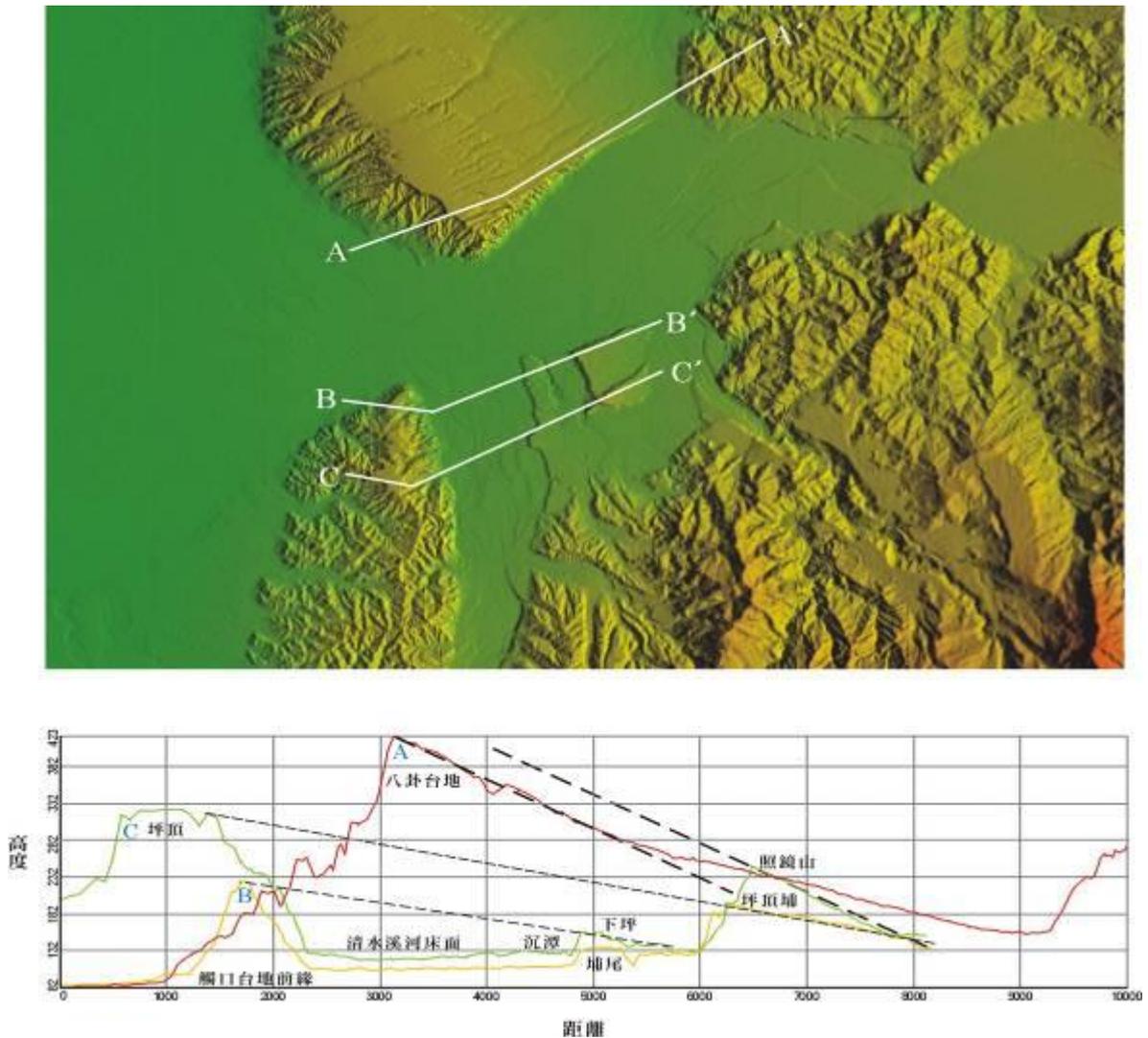


圖 34 竹山地區剖面對比圖

## 二、竹山第一公墓高位河階面

河階數化過程中，竹山第一公墓至大坑面共有 6 個高位河階面，但其附近並無較大河流切過，周圍的野溪似乎亦沒有如此充沛的流量能切出如此多階，最有可能為清水溪流路曾經涵蓋此地，或者早期與濁水溪聯合切蝕所致。

## 三、彰化斷層與桐樹湖斷層錯動方向

由野外觀察初步定論，Ota et. al (2001) 認定彰化斷層極有可能在出八卦台地南端之後，越過濁水溪轉向清水溪錯動，且觸口台地為一對稱背斜的說法，於觀察地點台大實驗林(10)、竹山公園(9)與沉潭(11)所見並無有利之證據，證明此線性構造為斷層經清水溪修飾之結果。反之在觸口台地前緣(20)、沉潭(11)、柯子坑(12)年輕低位河階，發現階面有東南傾現象階面呈現東南傾之現象，這與照鏡山、坪頂埔傾向雷同，推測觸口台地原本與照鏡山、坪頂埔相連，形成一東翼寬西翼窄的不對稱背斜，且與濁水溪北岸八卦台地的背斜形式相同。

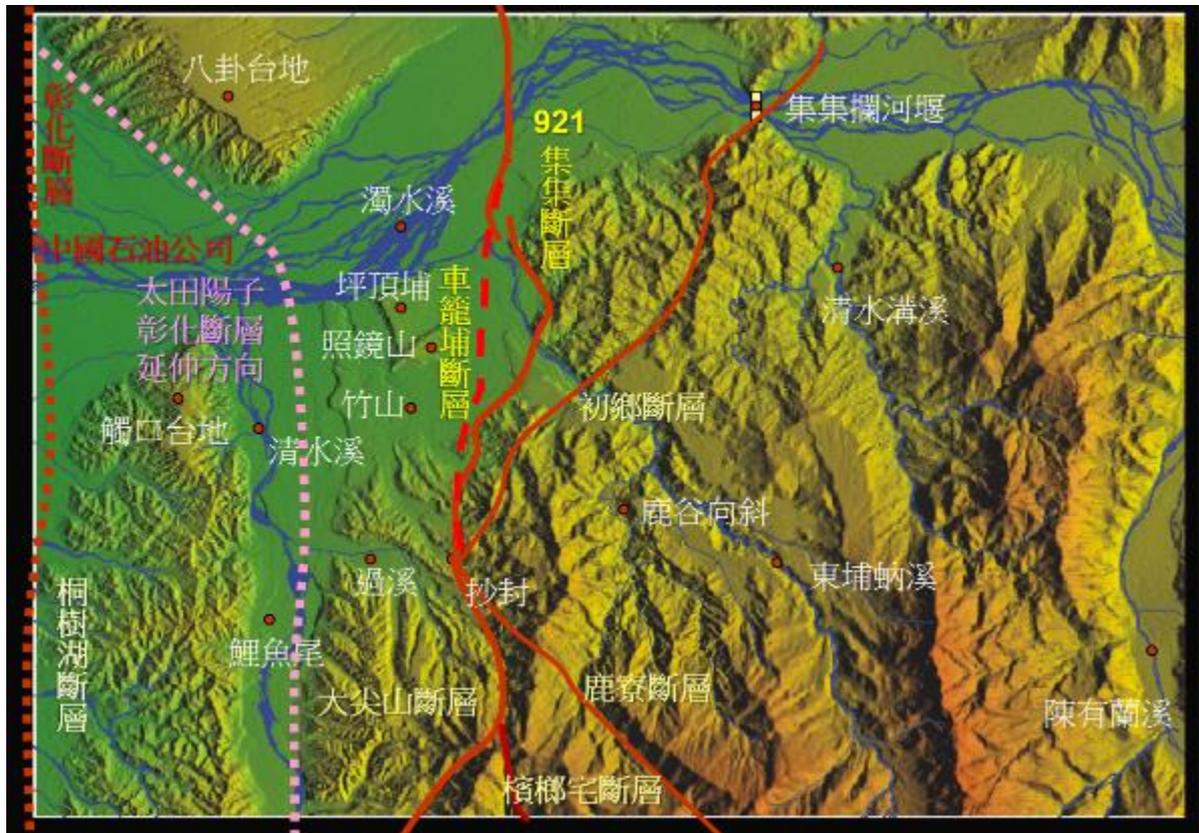


圖 35 竹山地區活斷層與學者推估盲斷層延伸方向示意圖

歷史紀錄確有利於 Ota 的說法，且沉潭的名稱在倪贊元(1984)<sup>5</sup>提到，「前為民居，地忽中裂，塗泥上湧，鄉民爭奔，房屋沉至十幾家，遂湧成潭」。此現象與地震所造成之土壤液化、噴沙情況相似，亦可證明此區活動構造頻繁。

#### 四、林內背斜之對稱性探討

中國石油探勘十萬分之一台中嘉義圖幅（1993），所標示之岩層傾角顯示，西翼陡（80°）而東翼緩（16°），為不對稱背斜幅與 Ota 所認定為對稱背斜有相異，由點觸口台地前緣(20)觀察，亦較符合中油的地質圖，但林內背斜往南點(15)~(19)可見兩翼傾角卻很相近，由楊貴三教授(2004)認定背斜軸部原本就比較平坦，因此才會造成如此假象。

#### 五、土壤化育指數對比探討

梁琦舒（2008）由蔡衡教授團隊，運用土壤化育指數在此區採 8 個階面做分析，將採樣點對比本研究河階面，初步認定 CS-1=照鏡山(1)(LT4)、CS-2=坪頂埔(0)(LT1)、CS-3A=延平(64)(FT4)、CS-3B=下坪(2)(FT8)、CS-S1=第一公墓-2(36)(LT5)、CS-S2=第一公墓-6(37)(LT1)、TL-4=觸口階地-5(LT1)、TL-1=坪頂(25)(LT6)。

若以地形與初步土壤紅化指數分析，本研究從高位河階至低位河階編排為 TL-1 > CS-1 > CS-S1 > CS-2=

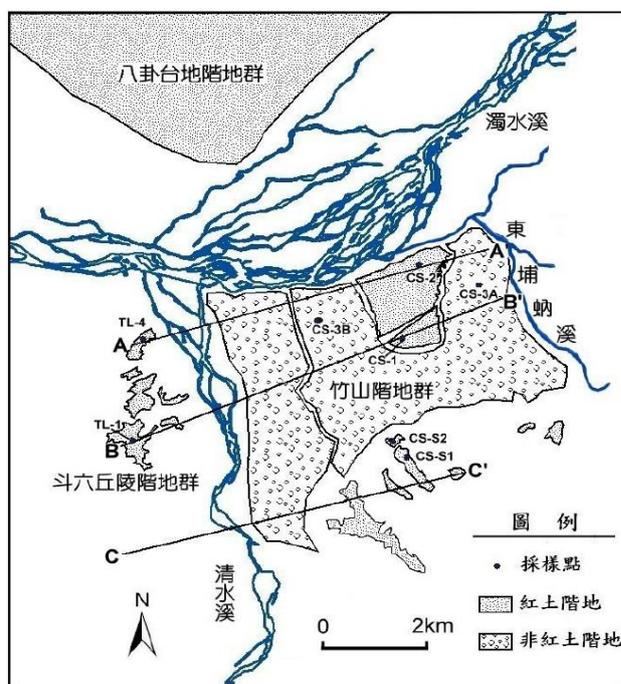


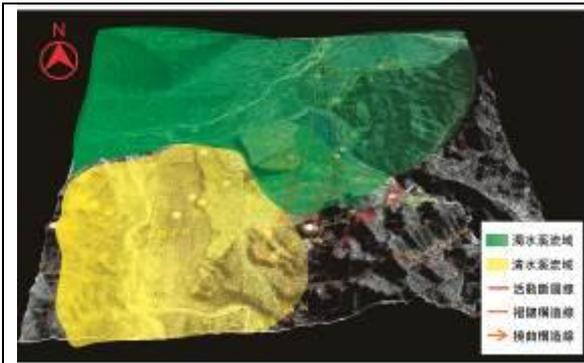
圖 36 梁琦舒（2008）土壤採樣點

CS-S2=TL-4>CS-3B>CS-3A。梁琦舒（2008）的土壤化育程度高低依序為 CS-1=TL-1 ≥CS-S1>CS-2≥CS-S2>TL-4≥CS-3A(CS-3B)。兩者比較在最高位河階面與低位河階面有些許落差，其餘比序相似。本研究認同可由土壤中板岩屑比例偏高確認濁水溪來源，長石與石英比例偏高確認清水溪來源，唯獨東埔蚋溪岩性與清水溪相似，較難區別兩者差別，土壤化育指數用在低位河階，較易受到人為因素干擾，尤其是 CS-3A 與 CS-3B 皆有較多人口居住，土壤肥力的干擾需考量，且 CS-S1 並非公墓面最高河階。

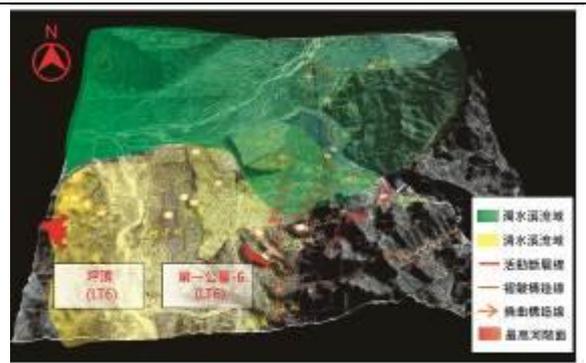
<sup>5</sup> 註解：倪贊元（1984），《雲林縣採訪冊》，台北：大通書局。

## 柒、結論

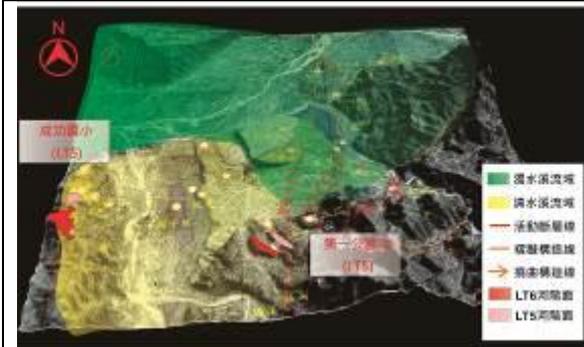
竹山地區最早應是先行河濁水溪與清水溪以聯合沖積扇方式所形成的扇階，後由東埔蚋溪加入，加上地處於活動斷層邊緣，且西側又面臨北港高地的阻礙，造成該地背斜、褶皺、斷層與地殼抬升之現象廣布。由河流線形構造與前人定年資料(坪頂面 9 萬年、照鏡山 3 萬年)推估以下結論：



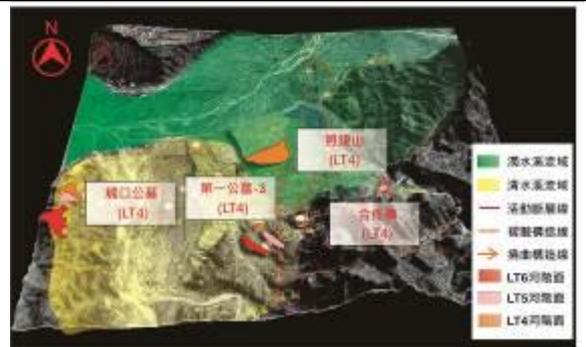
37-1  $>9$  萬年，濁水溪與清水溪交匯



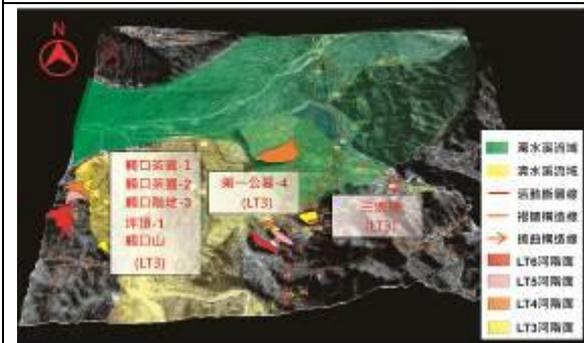
37-2 9 萬年清水溪兩側演育出 LT6 階面



37-3  $<9$  萬年清水溪兩側演育出 LT5 階面



37-4 3 萬年清水溪與濁水溪皆有 LT4 階面



37-5  $<3$  萬年清水溪西側 LT3 廣布，東側則與濁水溪聯合沖積形成 LT3 階面



37-6  $<3$  萬年清水溪在兩側形成 LT2，濁水溪向北遷徙，東埔蚋溪下游形成

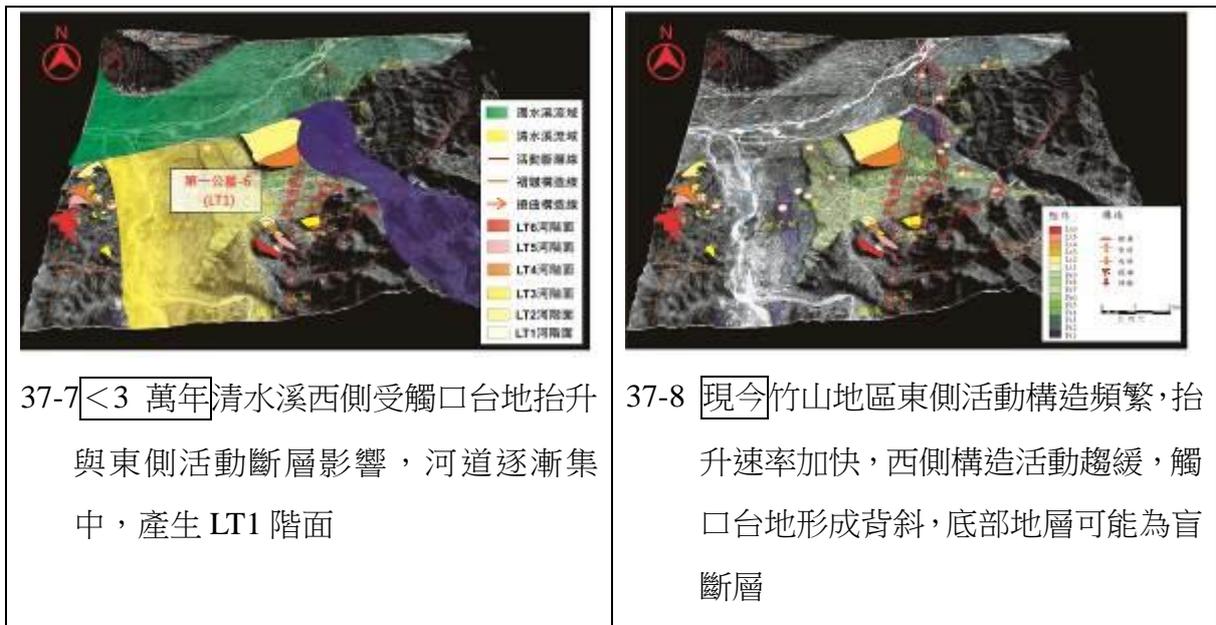


圖 37 竹山地區階地與河流演育示意圖

除 921 集集斷層斷層有活動紀錄外，其餘之活動構造如初鄉、鹿寮、檳榔宅、桐樹湖斷層都無確切的活動紀錄，其中桐樹湖斷層更以盲斷層之形式伏臥在觸口台地西側邊緣，黃旭燦(2003)指出，彰化斷層與桐樹湖斷層性質差異大，估計濁水溪會出現一分量斷層，稱為濁水溪斷層，這印證 Ota(太田洋子)說法，清水溪河岸可能為分量所在地，同時受到西側北港高地影響，此區應該會出現左移之分量，就本研究認為清水溪有左移分量的潛能，此區應是西北側先抬升，逐次向東南遷移，因此造成河階台地東南傾之現象。

## 捌、參考文獻

中文部分：

王鑫（1980）台灣的地形景觀。渡假出版社，178-183 頁。

王鑫（1988）地形學。聯經出版社，共 356 頁。

石再添、鄧國雄、楊貴三、許民陽（1988）新社河階群的活斷層與地形面。地學彙刊，第 5 期，29-39 頁。

何春蓀（1975）台灣地質概論第二版。經濟部中央地質調查所，共 153 頁。

早坂一郎（1929）地形及地質現象與臺灣島近代地史概觀，臺灣博物學會會報，101: 109-116。

江志峰（1992）台灣地區若干不同母質來源紅壤之特性、化育與分類，國立中興大學土壤學研究所碩士論文。

林朝榮（1959）臺灣地形，台北：臺灣省文獻委員會。

林朝榮、周瑞燉（1974）臺灣地質，台北：臺灣省文獻委員會。

林淑芬（1991）桃園臺地群紅壤之初步研究，國立台灣大學地質學研究所碩士論文。

林啟文、盧詩丁、黃文生、石同生、張徽正（2000）濁水溪以南地區的集集地震斷層與構造分析，經濟部中央地質調查所九二一地震地質調查報告。

林玉詩（2001）紅土形態在不同地形位置的分布—以上部桃園臺地為例，國立台灣大學地理學系學士論文。

- 孟昭彝 (1964) 台灣北部紅土層發展，地形變化與地四紀晚期地殼變動關係之研究，石油，第 1 卷，第 2 期，26-52 頁。
- 許正一 (1997) 浸水狀況下土壤飽和狀態、氧化還原過程與氧化還原形態特徵的關係：以中壢臺地土壤為例，國立臺灣大學農業化學研究所博士論文。
- 許正一、陳尊賢 (1994) 地下水位變動與土壤氧化還原型態特徵的關係，土壤肥料通訊，42:21-35。
- 黃祥慶 (1995) 桃園台地群之礫石堆積層，國立中央大學應用地質研究所碩士論文。
- 黃瑞賢 (2001) 大肚河流域河階地形研究，國立中央大學應用地質研究所碩士論文。
- 黃文樹 (2002) 八卦台地南部階地地形與土壤化育之研究，國立彰化師範大學地理研究所碩士論文。
- 黃旭燦 (2003) 台灣中南部褶皺逆衝斷層帶地質構造特徵分析，國立中央大學地球物理研究所論文，140 頁
- 陳振鐸 (1959) 臺灣紅棕壤之若干理化學性質與改良土壤物料對其物理性之影響，中華農學會報，26: 1-28。
- 陳于高 (1988) 大漢溪下游河階臺地碳十四定年與對比之研究，國立臺灣大學地質學研究所碩士論文，共 88 頁。
- 張瑞津、楊貴三 (2001) 台灣中部活斷層的分布與地形特徵。師大地理研究報告，第 35 期，共 120 頁。
- 游素雲 (1994) 河階台地之地形定年研究，國立成功大學地球科學研究所碩士論文，共 116 頁。
- 梁琦舒 (2008) 濁水溪中游南岸地區階面土壤母質特性與地形演育之研究，彰化縣，國立彰化師範大學地理學系，67 頁。
- 楊貴三 (1986) 臺灣活斷層的地形學研究——特論活斷層與地形面的關係，私立中國文化大學地學研究所博士論文，共 163 頁。
- 鄧國雄 (1976) 濁大計畫地形研究簡報，中國地理學會會刊 4 期，頁 15-19。
- 鄧國雄 (1976) 濁水河流域的地形計畫分析，台灣文獻 27 卷 4 期，頁 65.12，頁 1-22。
- 鄧國雄 (1977) 濁大流域的聚落分布與地形之相關研究，台灣文獻 28 卷 2 期，頁 66.6，頁 75-94。
- 齊士崢、宋國城 (2000a)，陳有蘭河流域的河階地和地形演育，行政院國科會 89 年度專題研究計畫。
- 蔡衡、宋國城、齊士崢 (2001) 由河流下切過程探討新社河階群之比對。第五屆台灣地理學術研討會論文集，92-100 頁。

#### 英文部分

- Brady, N. C. and Weil, R. R. (1999) *The Nature and Properties of Soils*, N.Y.: Prentice Hall.
- Birkeland, P. W. (1999) *Soils and Geomorphology*, New York : Oxford.
- Chen, Y. G. and Liu, T. K. (1991) Radiocarbon dates of river terraces along the lower Tahachi, Northern Taiwan: their tectonic and geomorphic implications, *Proc. Geol. Soc. China*, 34(4): 337-347.
- Hugget, R. J. (1998) Soil chronosequence, soil development, and soil evolution: a critical review, *Catena*, 32: 155-172.
- Ota, Y., Shyu, J. B. H., Chen, Y. G., and Hsieh, M. L. (2002) Deformation and age of fluvial terraces, south of the Choushui River, central Taiwan, and their tectonic implication. (unpublished)
- Ota, Y. et al (2004) Geomorphological identification of pre-existing active Chelungpu Fault in central Taiwan, especially its relation to the location of the surface rupture by the 1999 Chichi earthquake, *Quaternary International* 155-166.
- Schellmann, W. (1981) Considerations on the definition and classification of laterite. In: *Proceedings of the International Seminar on Lateritisation Process*, Kerala: Oxford & IBH, p.1-10.

## 【評語】 030504

本研究針對竹山等河階進行調查及分析，並探討其與活動構造之關係。研究主題結合鄉土題材，並可作為野外地質觀察之重要指引。科學方法程序尚稱完整。表達上建議能對本研究相關之背景及前人研究作進一步說明，可讓人對此問題有較佳之研究問題背景理解。對製作之實體模型建議可進行進一步的發揮與說明，將可讓人對本研究之重點作更深入之理解。