

國立台灣大學理學院地質科學所

碩士論文

Department of Geosciences

College of Science

National Taiwan University

Master Thesis

利用河階發育年代、堆積特徵與其分佈來探討荖濃溪
之河流演育過程

By formation age, depositional feature, and spatial distribution
to deduce the evolutionary history of the Laonong River, southern
Taiwan

林名璟

Ming-Ching Lin

指導教授：陳于高 博士

Advisor: Yue-Gau Chen, Ph.D.

中華民國 97 年 7 月

July, 2008


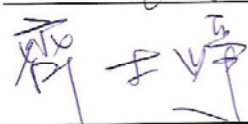
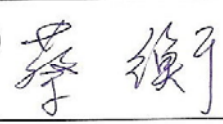
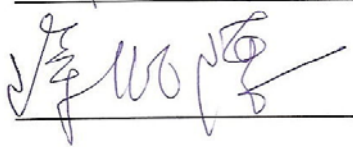
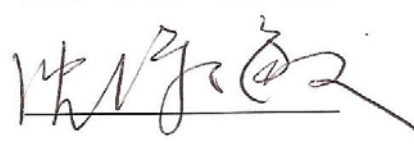
國立臺灣大學碩士學位論文
口試委員會審定書

利用河階發育年代、堆積特徵與其分佈來探討荖
濃溪之河流演育過程

By formation age, depositional feature, and spatial
distribution to deduce the evolutionary history of the
Laonong River, southern Taiwan

本論文係林名璟君 (R92224109) 在國立臺灣大學地質
科學學系、所完成之碩士學位論文，於民國 97 年 07 月 26
日承下列考試委員審查通過及口試及格，特此證明

口試委員：

	(簽名)
	(指導教授) 
	
_____	_____
_____	_____

摘 要

荖濃溪主要位於高雄縣，流域以東為中央山脈地質帶，以西為西部麓山帶地質帶。自敏督利颱風過後此區有多處崩塌，因而露頭多且更易採集定年物質，因而重新調查此區河階。藉由航照判讀等與野外調查瞭解荖濃溪河階之類型與沈積相，以及採取河階沈積層之定年物質得河階生成年代。其目的為進行河階比對進而建立荖濃河流域的地形演育歷史，並探討影響荖濃溪階地分佈之因素。

本研究共採集到 20 個碳十四定年物質。因河階自美秀四社之間難以對比，四社以南河階為岩石河階，美秀以北則有數階為堆積河階，因而將河階分為南北兩群，美秀以北為 NT 群，四社以南則為 ST 群。NT 群的共五階並約三千年以來生成，ST 群也分為五階，其中第四階與第五階生成老於一萬年前。

藉由定年推估荖濃溪的長期下切速率約 0.8cm/yr，並且有上游較快，下游較慢之現象。荖濃溪河階演育大至分為五期。第一期為 27000~28000 年前。第二期為 8750~11500 年前，第三期為 3000~5400 年前，第四期為 2100~2800 年前，第五期為 900~1800 年前。美秀以北的土石流規模較以南的大且年輕，並可能造成荖濃溪的堵塞與局部加積。局部加積影響所形成的主流河階，也造成荖濃溪河階上下游對比上的困難。

流域內支流土石流扇集中於右岸，其因素可能為地質與地形特性。因玉山山脈的北陡南緩，導致美秀以北的支流較易重複發生土石流，因而其北土石流扇與河階年紀因而年輕。

關鍵字：荖濃溪、河階、土石流扇、碳十四定年、河流演育

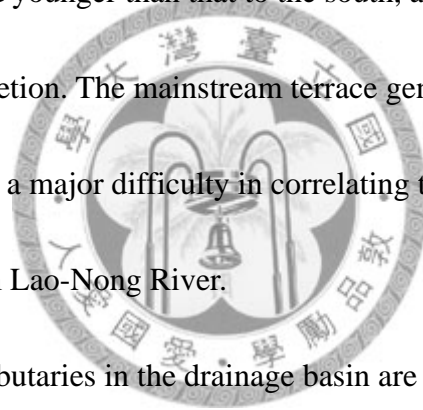
Abstract

Lao-Nong River is mostly located in Kaohsiung County, whose drainage basin is bounded by Central Mountains on the east and the fold-and-thrust belt of Western Taiwan on the west. There have been multiple landslides since Mindulle Typhoon, and so many outcrops are present that it is easier to sample substances for radiocarbon dating. Therefore this study aims to re-examine river terraces in this area. By studying aerial photos and undertaking field investigation, this research aims to understand the types of Lao-Nong River terraces and their sedimentary faces, and also to obtain the age of these river terraces by radiocarbon dating. The purpose is to correlate river terraces with an eye to establishing the evolutionary history of Lao-Nong River's drainage basin and examining the factors that influence the distribution of its terraces.

This study has altogether sampled twenty radiocarbon substances. While it is hard to correlate the river terraces between Mei-Shiow and Shi-Sher, it may be identified that rock terraces span south of Shi-Sher while some fill terraces are scattered north of Mei-Shiow. Thus the river terraces in this section can be divided into two groups: northern terrace group (NT) and southern terrace group (ST). NT is located north of Mei-Shiow and ST, south of Shi-Sher. NT consists of five terraces, all of which were generated about three thousand years ago. ST can be subdivided into five terraces as well, the fourth and fifth of which were produced more than ten

thousand years ago.

By radiocarbon dating method, the downward erosion rate of Lao-Nong River is estimated to be around 0.8 cm/yr on average. This rate is higher upstream and lower downstream. The evolution of river terraces of Lao-Nong River may be grossly divided into five stages: The first stage spanned from 27000 to 28000 years ago, the second 8750 to 11500 years ago, the third 3000 to 5400 years ago, the fourth 2100 to 2800 years ago, and the fifth, 900 to 1800 years ago. Mudslide to the north of Mei-Shiow was larger and younger than that to the south, and it might cause obstruction and local accretion. The mainstream terrace generated by the impact of local accretion constitutes a major difficulty in correlating the river terraces of upstream and downstream Lao-Nong River.



Debris fans of the tributaries in the drainage basin are mainly located on the right bank. Probable causes include geological and topographic features. Because it is steep on the northern side but even on the southern side of Jade Mountains, tributaries north of Mei-Shiow tend to form mudslides repeatedly, so debris fans and river terraces in this area are younger.

Key word : Lao-Nong River 、 river terrace 、 debris fan 、 radiocarbon dating 、 fluvial evolution

目 錄

	頁數
第一章 緒論.....	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究目的.....	1
1.3 研究區域概況.....	2
1.3.1 研究區範圍與地形概況.....	2
1.3.2 研究區地質概況.....	3
1.4 前人研究.....	4
第二章 研究方法.....	7
2.1 研究方法流程.....	7
2.2 室內工作.....	8
2.2.1 階地判識.....	8
2.2.2 階地對比.....	8
2.3 野外工作.....	8
2.3.1 階地露頭觀察.....	8
2.3.2 野外定年標本採集.....	9
2.3.3 野外測量.....	9
2.4 資料處理.....	9
第三章 個別階地群野外結果碳十四定年分布與結果.....	10
3.1 荖濃溪河階組成特徵.....	10



3.2 荖濃溪河階編號與分佈特徵.....	13
3.3 不同河流區段階地分佈與碳十四定年.....	13
3.3.1 梅山至梅蘭地區	14
3.3.2 復興至濁水地區	20
3.3.3 琉球-美秀地區	23
3.3.4 舊社-囉囉埔地區	29
3.3.5 寶來-荖濃-六龜地區	31
3.3.6 荖濃溪全流域階地分佈特色	31
3.4 荖濃溪碳 14 定年結果.....	36
3.4.1 梅山土石流扇與亞之巴 NT5.....	38
3.4.2 美秀-琉球地區	40
3.4.3 四社-桃源地區	46
3.4.4 綠茂地區	46
第四章 分析與討論.....	48
4.1 由定年論荖濃溪下切速率與各期演育歷史.....	48
4.1.1 第一期.....	50
4.1.2 第二期.....	50
4.1.3 第三期.....	50
4.1.4 第四期.....	53
4.1.5 第五期.....	53
4.2 荖濃溪大規模土石流扇.....	54
4.2.1 梅山、琉球土石流扇.....	55



4.2.2 美秀土石流扇.....	58
4.2.3 綠茂、建山土石流扇.....	61
4.3 土石流扇時空分佈差異之分析.....	62
4.3.1 荖濃溪區域土石流材料供給.....	62
4.3.2 荖濃溪沿岸坡度分析.....	62
4.3.3 氣候因素.....	65
第五章 結論.....	67
參考文獻.....	68



圖目錄

	頁數
圖 1-1 研究區地理位置與地形圖	2
圖 1-2 荖濃溪地質分佈圖	4
圖 1-3 荖濃河流域階序分佈圖	5
圖 1-4 荖濃溪河階階序剖面圖	6
圖 2-1 研究方法流程圖	7
圖 3-1 荖濃溪階地與支流分佈圖	12
圖 3-2 梅山-亞之巴-梅蘭地形與階地分佈圖	16
圖 3-3 梅山 NT3_1 露頭照	17
圖 3-4 樟山 NT4 及 NT3	17
圖 3-5 剖面 A-A 梅山 DF_2 至梅蘭 NT5 之剖面	18
圖 3-6 亞之巴河階與梅山沖積扇照片	18
圖 3-7 梅山主流階地照片	19
圖 3-8 梅山 DF_1 露頭	19
圖 3-9 復興_濁水台地形與階地分佈圖	21
圖 3-10 復興沖積扇 (TF) 剖面	22
圖 3-11 樟山沖積扇 TF3 與 TF4 之露頭	22
圖 3-12 美秀桃源地形與河階分佈圖	25
圖 3-13 剖面 A-A' 琉球台-歐帕克爾剖面	26
圖 3-14 美秀-妖怪剖面 B-B'	26

圖 3-15 美秀-妖怪剖面 C-C'	27
圖 3-16 少年溪口南方露頭	27
圖 3-17 四社階地群剖面 E-E'	28
圖 3-18 四社剖面 D-D'	28
圖 3-19 由東莊橋往南照四社桃源階地露頭	29
圖 3-20 舊社至囉囉埔河階與地形分佈	31
圖 3-21 舊社四階剖面 A-A'	31
圖 3-22 寶來-荖濃-新發河階分佈與地形圖	33
圖 3-23 新發-六龜河階分布與地形圖	34
圖 3-24 荖濃地區河階剖面圖	35
圖 3-25 新開地區河階剖面	35
圖 3-26 六龜地區河階剖面	35
圖 3-27 梅山 DF-1 露頭與碳 14 定年採樣位置	39
圖 3-28 亞之巴 NT5 露頭、地層柱與碳 14 定年	39
圖 3-29 琉球土石流扇(DF_3)露頭與定年分佈	42
圖 3-30 美秀 DF_2 全景	42
圖 3-31 琉球 DF_2 東側外圍主流露頭與定年位置	42
圖 3-32 琉球 DF_2 自省 20 往西拍照	43
圖 3-33 琉球 NT1 露頭與定年	43
圖 3-34 美秀小階露頭、岩層柱與定年分佈	44
圖 3-35 美秀地區階地剖面與定年卡通圖	44



圖 3-36 四社地區土石流露頭與定年分佈	45
圖 3-37 綠茂小階露頭、岩層柱與定年分佈照	45
圖 3-38 綠茂沖積扇與綠茂小階位置關係示意圖	46
圖 4-1 荖濃溪第一期河流剖面示意圖	49
圖 4-2 荖濃溪第二期河流剖面示意圖	49
圖 4-3 荖濃溪第三期河流剖面示意圖	51
圖 4-4 荖濃溪第四期河流剖面示意圖	52
圖 4-5 荖濃溪第五期河流剖面示意圖	52
圖 4-6 (A)布唐布那斯溪口土石流堆積變化.....	54
圖 4-6 (B)布唐布那斯溪口土石流堆積變化.....	54
圖 4-7 (A)布唐布那斯溪北邊小堰塞湖.....	54
圖 4-7 (B)未堰塞前露頭.....	54
圖 4-8 梅山至琉球一帶土石流分佈與主流加積想像圖	56
圖 4-9 梅山至琉球土石流扇與主流加積剖面示意圖	57
圖 4-10 梅山土石流扇與主流加積立體想像圖	59
圖 4-11 美秀土石流扇發生之推估範圍	59
圖 4-12 美秀大規模土石流扇剖面示意圖	60
圖 4-13 綠茂、建山土石流扇與主流剖面示意圖	61
圖 4-14 荖濃溪右岸的支流面積明顯較左岸來的小	62
圖 4-15 兩岸支流剖面	64
圖 4-16 玉山山脈的坡度變化	65

圖 4-17 全台與本研究區階地分佈66

表 目錄

表 3-1 沈積相分類表 11

表 3-2 荖濃溪定年資料37

表 4-1 第三期主流河階所逆推出來的各區域下切速率50

附 錄

附錄 各地區岩盤高度與各期河階年代反推表.....71



第一章 緒論

1.1 研究動機

河階為以前的河谷平原受到下切作用而殘留於邊坡上之地形。階面代表昔日河床，階崖則表示受過下切作用。利用河階有助於反推地形於全新世以來所受的構造運動、海水面變化、氣候變化等影響。因此河階研究可幫助我們瞭解河流的演育歷史，進而推知區域的構造運動或古氣候變化等。而台灣大部分地區為構造抬升區域，河階眾多，適合河階研究。

荖濃溪為高屏溪支流之一，位於台灣西南部的麓山帶與中央山脈交界處，河流為北北東-南南西走向，為平行山脈之河流，由 1/5000 地形圖即可判識出約一百多個階地，河階主要分佈於梅山與六龜之間，主要階地多為沈積型階地或沖積扇階地（林朝榮，1957；張瑞津等，1995；齊士崢，1998）。2001 年敏督利颱風造成荖濃溪上游有崩塌、滑坡災情，造成河川濁流多日，對於居住在荖濃溪階地的原住民，山崩、土石流破壞了家園，帶來了生命與財產的威脅。另外近年來，政府欲從荖濃溪越域引水至曾文溪水庫，因而打通荖濃溪與楠梓仙溪間的山脈，若能瞭解荖濃溪流域之演育，也可對於環境工程和災害地質有所貢獻。此區對於地形研究，已有一些研究成果，最新的研究中，黃美璇（2001）對荖濃溪階地有詳盡的描述並歸類為四期，可惜當時尚在敏督利颱風之前，露頭稀少並僅有一個定年，對於階地的對比推測易有誤差，本研究欲繼前人研究，重新利用多個定年資料來重建河階生成時期，進而推知荖濃溪之演育，提供此流域較明確之地史。

1.2 研究目的

本研究將利用航照判讀等與野外調查瞭解荖濃溪河階之分布，以及採取河階沈積層之定年物質得河階生成年代。其目的為進行河階比對進而建立荖濃溪流域的地形演育歷史，並探討影響荖濃溪階地分佈之因素。

1.3 研究區域概況

1.3.1 研究區域範圍與地形概況

荖濃溪主要位於高雄縣境內（圖 1-1），發源於玉山東側與大水窟山，與西邊楠梓仙溪平行同為高屏溪之主要支流，自東北向西南流至大津並匯入濁口溪，里港西邊與隘寮溪合流並在旗山鎮南邊與楠梓仙溪合為高屏溪，成縱谷地形，全長 137 公里，面積 1373 平方公里。梅山以北呈 120 度轉折約東西走向，自其上游為連續性峽谷，河階分佈零星，而六龜以南則河流呈現網狀流路且埋積旺盛，為十公尺以下礫石河床不易區分出河階，因此本研究區主要為梅山至六龜之間區域，此區域有全台最多的階地分布。

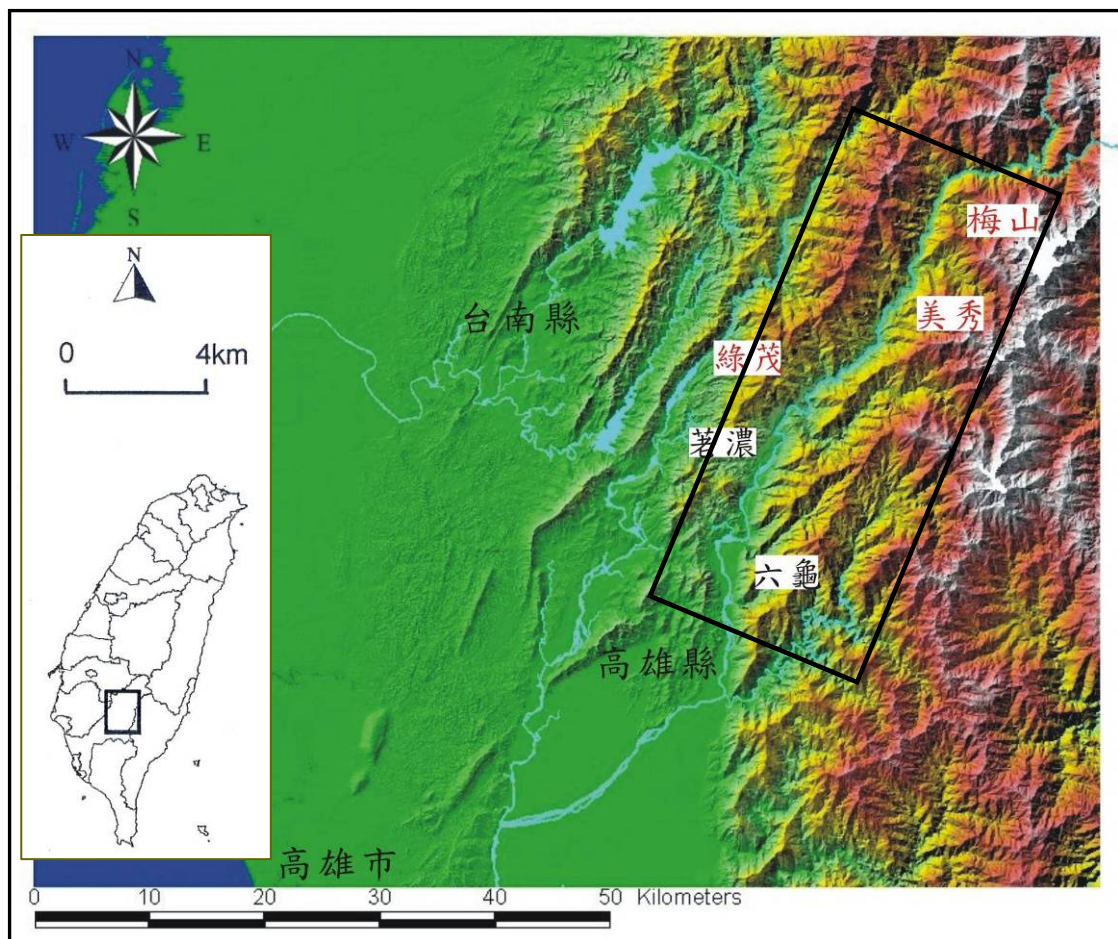


圖 1-1 研究區地理位置與地形圖 研究區主要為梅山至六龜間的荖濃河流域。

1.3.2 研究區域地質概況

根據經濟部中央地質調查所(2000)出版五十萬分之一台灣地質圖，本研究區大致以荖濃溪為界，分為二地質帶(圖1-2)，東側屬於中央山脈地質區之脊梁山脈帶，由以板岩和變質砂岩為主的廬山層和畢祿山層構成；主流西側屬西部麓山帶地質區，尤以頁岩和砂岩為主的桂竹林層、南莊層、南港層，和石底層等的相當地層構成。荖濃溪被認為是順著中央山脈板岩帶與西部麓山帶的界線斷層發育，而沿著荖濃溪發育的斷層舊有名稱為土墘灣斷層(烏居敬造，1933)、樟山斷層(詹新甫，1964) 梅山斷層(陳肇夏、莊德永，1989)和荖濃溪斷層(林偉雄，1999)。一般認為潮州斷層往北之延伸，為高角度逆斷層，此斷層至寶來至桃源位置未確定，然林偉雄(1999)認為荖濃溪斷層兩側地層岩性相近，荖濃溪(土墘灣)斷層之沿展與位置故有爭議，提出荖濃溪非由土墘灣斷層位置往北延伸，由其兩岸岩層連續及發現岩層呈緊密的摺皺等現象，認為荖濃溪斷層是荖濃溪背斜及其背斜軸部為因體積變化所引致的軸部斷裂。六龜斷層(陳勇全,2003)為區域性小斷層，僅分佈於新寮圓敦山至六龜龜王巖一帶並與潮州斷層相接。而潮州斷層於六龜以北主要經由紅水坑溪沿著L礫石與紅水坑礫岩層之間向北延伸至竹腳溪一帶。以南地區，應位在六龜礫岩與紅水坑礫岩層之間即為現今荖濃溪河床之中。至於楊貴三(1986)所描述於六龜孤兒院西南方荖濃溪北岸階地，疑似受斷層作用而使下游隆起的現象並未見到。

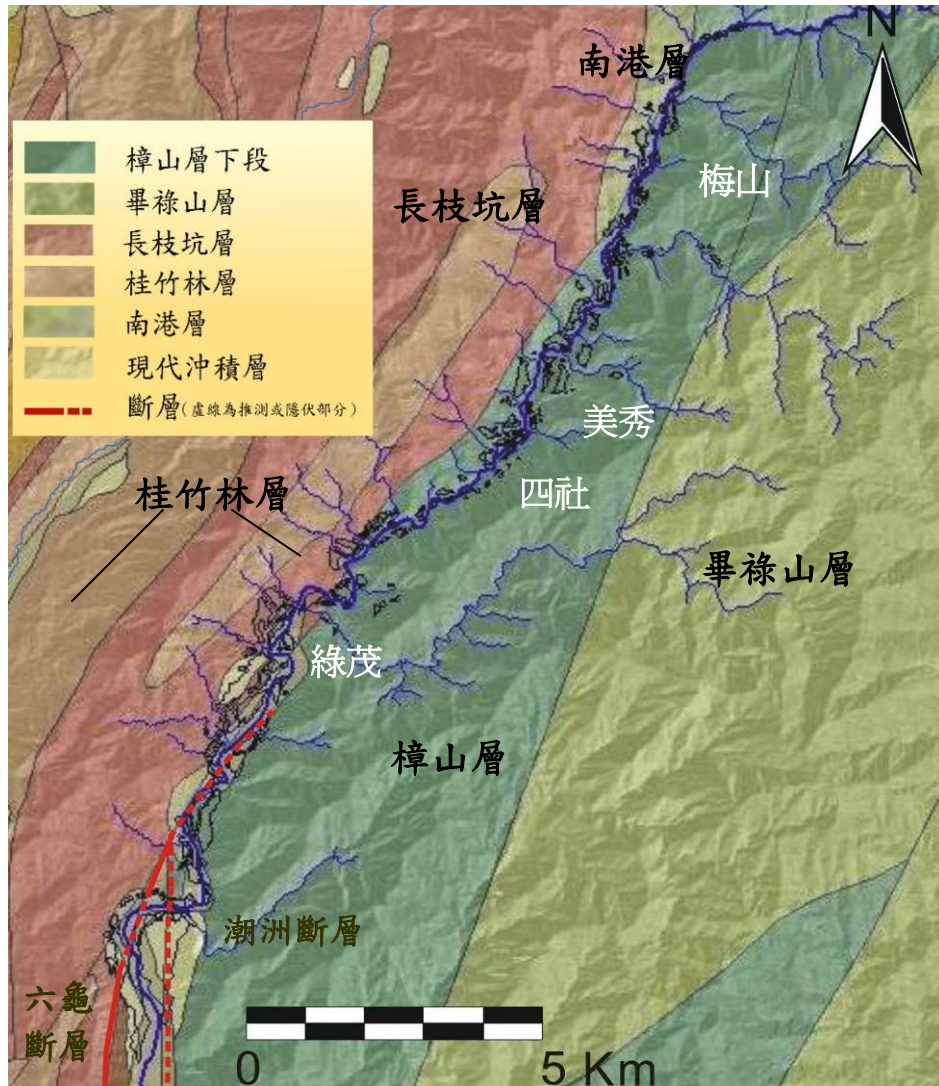


圖 1-2 荖濃溪區域地質圖。

1.4 荖濃溪歷年河階研究

林朝棨 (1957) 延續富田芳郎之研究，認為荖濃溪流域六龜以下為礫石階地，以上因河階下部出露基盤岩層，為岩石河階。形成原因為荖濃溪下游部分行堆積作用而中游部分進行剝削作用。並將六龜階地群，荖濃階地群比高 40 公尺以下，喀呢 (今四社) 階地 60 公尺以下，喀呢以北 100 公尺以下為低位階地面 (FT 面)，其高度以上為高位河階面 (LT 面)。並對荖濃溪沖積扇群詳盡描繪調查，認為荖濃溪流域的沖積扇群的發育，乃因有適宜之環境，荖濃溪沿斷層線谷容易下切迅速，致使支流回春，使其具有搬運巨量岩屑泥沙之能力。又下切作用快速至侵蝕基準

面停止轉為側蝕拓寬河床，在支流回春而發生大山崩之前已擴大河床以容納支流所帶來之巨量岩屑堆積，而大山崩之發生為台灣山地之地質地形與特殊降雨型態使然。

張瑞津等人(1995)將荖濃溪各沖積扇依據扇面對荖濃溪河床比高，分為六階(見圖 1-3)，認為 II、III 階因出現較多面積較大，為荖濃溪支流堆積旺盛期。流域內多呈高位複成扇，且由複成扇扇頂不斷下移的情況，推論河道下切率大於集水流域上升率。由於沖積扇上方或下方有主流河階出現，顯示主之流營利互相消長複雜的變動情形。由於定年及氣候資料不完整，並無適合學說解釋。

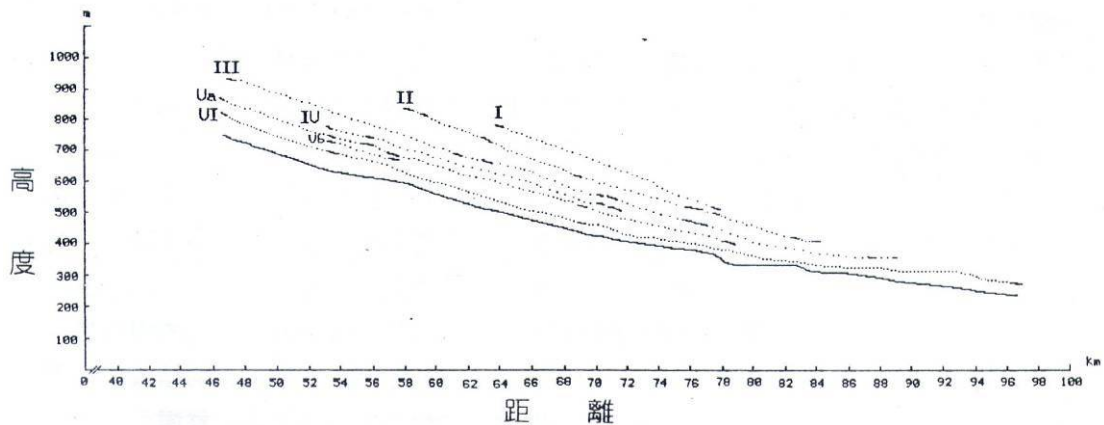


圖 1-3 荖濃溪沖積扇階序剖面圖(張瑞津,1995)。

黃美璇(2001)利用河川的下切與堆積過程來對比階地。將荖濃溪河流演育分為四期(見圖 1-4)。並利用中游布唐布那斯溪沖積扇所取得定年(3760±40)對岩盤比高計算得下切速率為 0.5cm/yr。因此第三期約四千年前發生，利用此定年與各期階地特徵與全流域沉積體厚度與型態，推論各期大約時間，因此河流演育模式為間歇性下切，在下切過程中穿插發生了三次規模不等的加積，河流下切模式是先加速再減速下切，下切規模逐漸減小，回春所產生之沈積物便先增後減。由於下切規模、階地與河床的比高及沈積體厚度等均自上游向下游漸減小、幅合，故流域地形演育空間變化模式乃上游上升構造運動較下游快。而地形演育因素為區域的持續性構造上升運動，為荖濃溪持續下切並切入岩盤之主要原因，加上全新世初期後海面上升趨緩，利於河川下切，且適時氣候轉為暖濕，誘發河流下切過程形成不穩定邊坡崩塌，河流迅速回春而造成流域沈積物大量增加，使河流搬運不及，形成沖積扇並造成本流加積。而構造上升的不等量與各支流本身的地質、地形特性、及對環境或流域內其他特性變化的複雜反應，則形塑了流域和階

地分佈的時空特性。

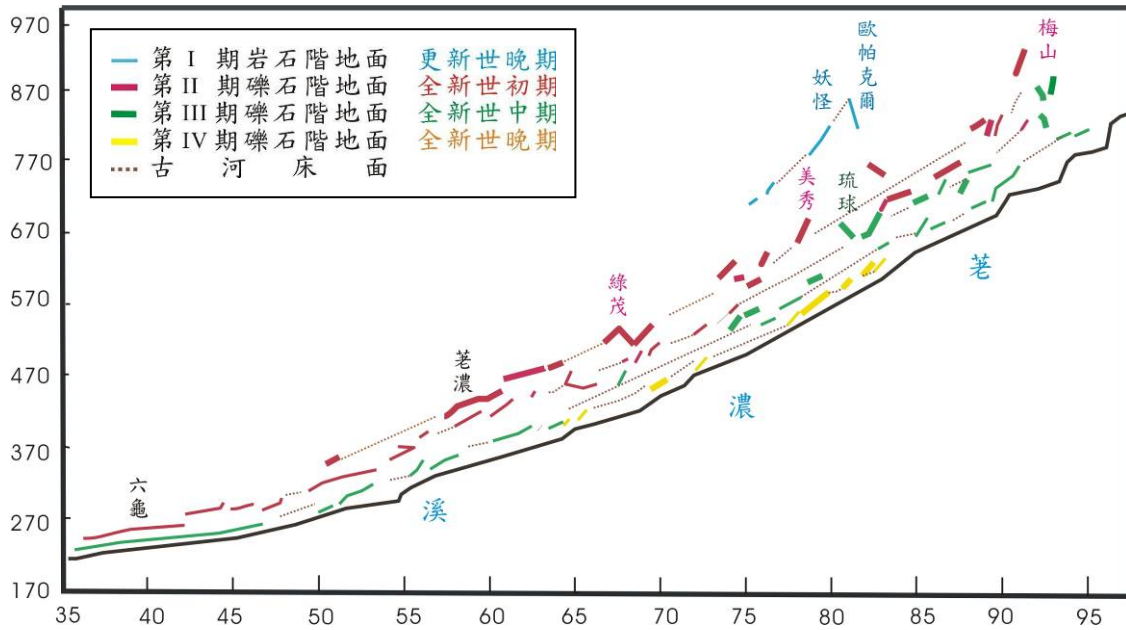


圖 1-4 荖濃溪河階階序剖面圖(黃美璇，2001)。

龔琪嵐(2002)將同為高屏溪支流，走向相同但位於玉山山脈東側之楠梓仙溪與荖濃溪互為對照，認為兩條溪之河階分佈有以下異同：(1) 二流域的沖積扇階地均主要分佈於上游區，下游區以岩石階地為主。(2) 楠梓仙溪流域的上游段階地面積越往上游面積越大，下游段則越向下游階地面積越大，中游段為峽谷缺乏階地。荖濃溪上游段階地大小較為平均，中游段階地面積小且零散，下游段則越向下游階地面積越大。(3) 楠梓先溪階地均以本流東側為主，荖濃溪則較不明顯。並且認為二流域的階地發育期皆分為四期，只是各期的階地連續性與分佈有所差異，推論二流域受相同大環境影響(構造活動)，但因流域本身的特性不同而使地形特徵呈現複雜、不一致特性。

前人的研究均顯示荖濃溪進行下切作用，致使支流的回春，導致支流發生沖積扇，河階對比方面將荖濃溪支流沖積扇參與主流階地對比或欲將上下游河階進行全流域對比。然而支流造成的沖積扇階地是否可進行對比？以及上下的河階演育過程是否一致。因此本研究藉由重新比對主流河階及定年重新檢討荖濃溪的地形演育過程。

第二章 研究方法與河階調查

2.1 研究方法流程

研究方法依據下列流程進行：

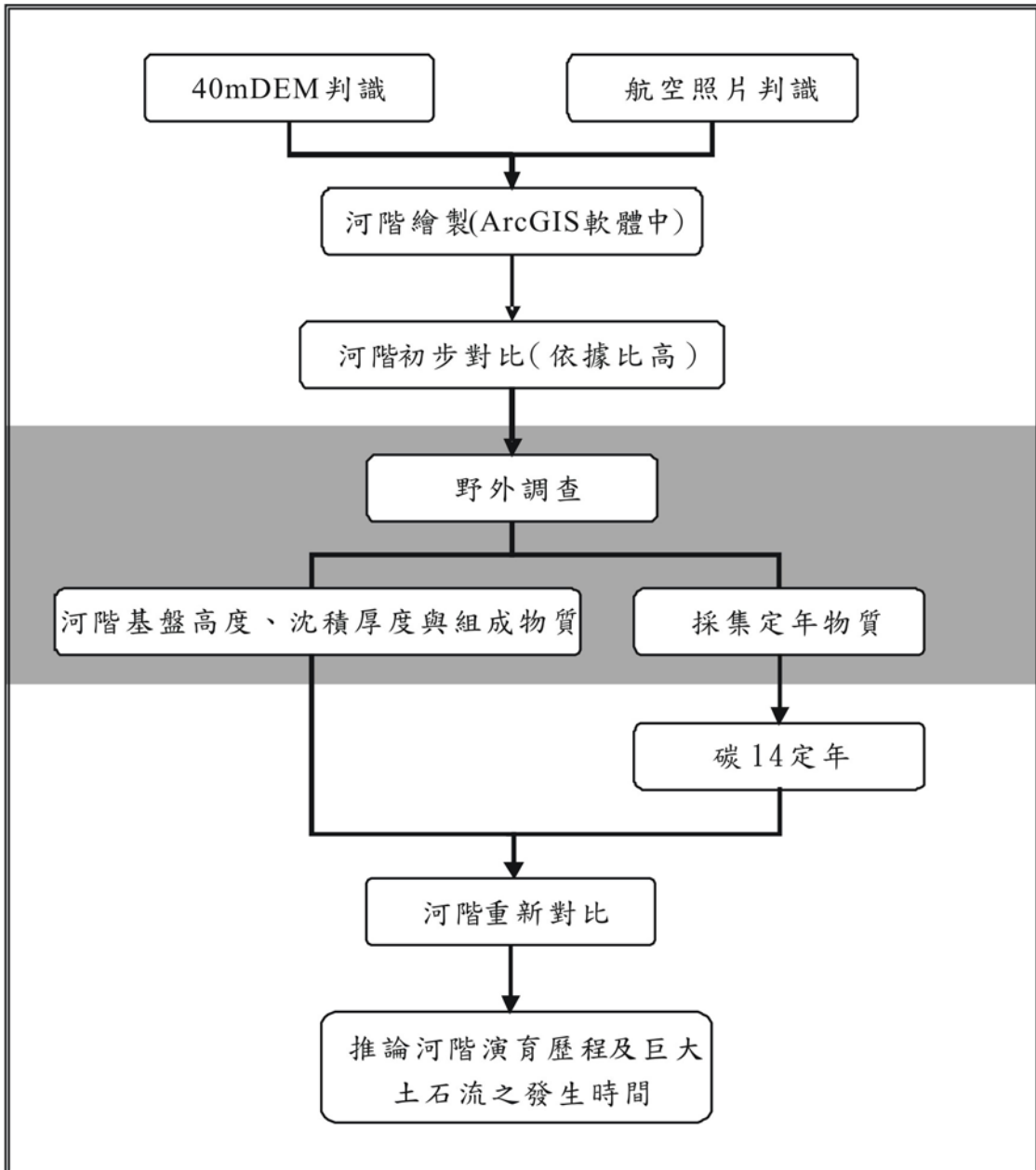


圖 2-1 研究方法流程圖

2.2 室內工作

2.2.1 階地判識

在室內工作，可利用 ArcView 軟體使用台灣 40 公尺 DEM(數值地形模型, Digital Terrain Model)，以及用立體鏡判讀航照，將可能之河階面及階崖於軟體中描繪出。階地對比時，只比對主流影響之河階，欲將同一時期之河階比對為同一階。支流造成之沖積扇或土石流扇，因營力來源不同，其發生也為局部單一事件，並不進行對比。而在室內判識時，通常已可將主要受支流影響或受主流影響階地分類出。支流影響之階地大多坡度較陡（大於 5° ），等高線與支流垂直。主流影響則反之。

2.2.2 階地初步對比

主流影響之河階進行初步對比，最低階於本研究中為第一階，往上依序為第二、第三階依此類推。由 DEM 和航照觀察階地，利用比高、階地形狀、坡向等，對於空間上具有連續性之階地對比為同一階。



2.3 野外工作

2.3.1 階地露頭觀察

觀察階地露頭、形貌，確認階地類型，例如為侵蝕型河階或為堆積型河階。對露頭進行描述、紀錄跟拍照。野外觀察重點有階地沈積層厚度與組成，是否有岩石基盤、基盤型態等，此可幫助瞭解河流的加積、下切與側蝕過程。沈積層組成物質觀察重點有：粒徑大小與分佈、圓磨度、沈積構造、礫石岩性、覆瓦構造等，可幫助瞭解形成階地之營力來源與大小。

2.3.2 野外定年標本採集

採集沖積層中之漂木及可定年之含碳物質。根據謝孟龍老師多年採集定年之經驗結果告知，在野外露頭中，以土石流造成之沈積層較主流造成之沈積層易採集到定年。因土石流為快速堆積，樹木死亡後即刻被掩埋，有時會採集到保存良好只有碳化輕微之樹枝或細小的草本植物。又大片的崩壁露頭中，採集定年物質如大海撈針，但通常在露頭中選取顏色灰灰青青的區域，取得定年物質較顏色土黃的區域來的高，其原因是灰青的區域為還原環境，定年物質尚未被氧化分解，但實際原因尚不清楚，經驗上則通常是，這對於未有足夠時間野外採集時提供一良好之過濾原則。在採集定年標本時，需小心勿與現生植物碎片混淆，通常定年標本大多有些微碳化（仍需經驗去判斷），選擇不是由上方近年二次崩積的堆積，通常選擇崩壁的凹陷區較無此疑慮，標本最好是埋在沈積層需用手或工具挖出來，標本採樣後立即裝標本袋以避免人為污染。

2.2.3 野外測量

利用全站儀(total station)或是雷射槍測距儀，將基盤面、定年標本位置、沈積相分界等對河床高度做測量，得到對主流之比高。

2.3 資料處理

漂木等定年物質經過初步處理送至於位於台大地質系之國科會碳 14 定年實驗室定年，標本重量小於五克者送至國外定年。將定年結果、野外工作結果、照片等建檔，對階地加上沈積層厚度繪製剖面示意圖，利用軟體 GMT 將主流以及階地依河谷主要方向縱向投影，並依定年結果，重新對河階劃分為不同的時期。此外，本研究參考前人研究、台灣地區氣候變化曲線等，重新探討影響階地之成因。

第三章 結果

3.1 荖濃溪河階組成特徵

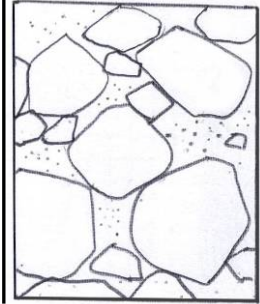
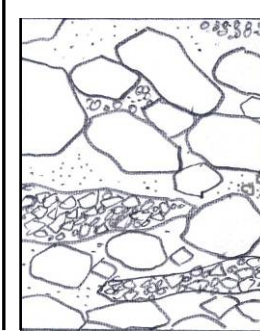

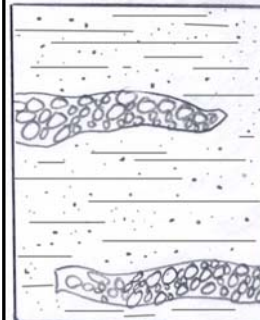
岩相(rock facies)指的是岩體本身所具有特定的特徵。它可能是單獨的一個地層，或是一組多個地層。理論上，岩相應為一個特定環境或沈積作用下所形成的獨特結果，其反映出其形貌之形成過程與生成環境 (Reading, 1996)。本研究依此概念，在野外針對河階的沈積層分析，分為四種沈積相 (表 3-1)。其目的為區分支流營力影響或主流影響之河階。此外其他判識依據有：1.主流影響之礫石覆瓦構造為長軸與河流同向，支流造成則反之。

配合岩相分析與第二章之主流支流階地判斷準則，可將荖濃溪分為主流河階與非主流河階，如圖 3-1 所示。



表 3-1 沈積相分類表

本研究根據野外露頭觀察及成因，主要粗分為四大類。

圖例	描述(description)	解釋(interpretation)
<p>Gmp</p> 	<p>雜亂粗礫帶角、基質支持之礫石相</p>	<p>支流大量快速堆積多為土石流造成</p>
<p>Gms</p> 	<p>夾不連續細礫層之角礫石層</p>	<p>支流穩定較緩慢的堆積並夾雜小規模土石流</p>
<p>Fp</p> 	<p>含粗砂層之圓礫石堆積層，礫石可見覆瓦構造及平行層理。</p>	<p>沈積物經過長距離搬運而磨圓，為高能量水流下堆積。</p>
<p>Fs</p> 	<p>夾細礫薄層之平行層理砂層</p>	<p>主流氾濫時之溢岸堆積</p>

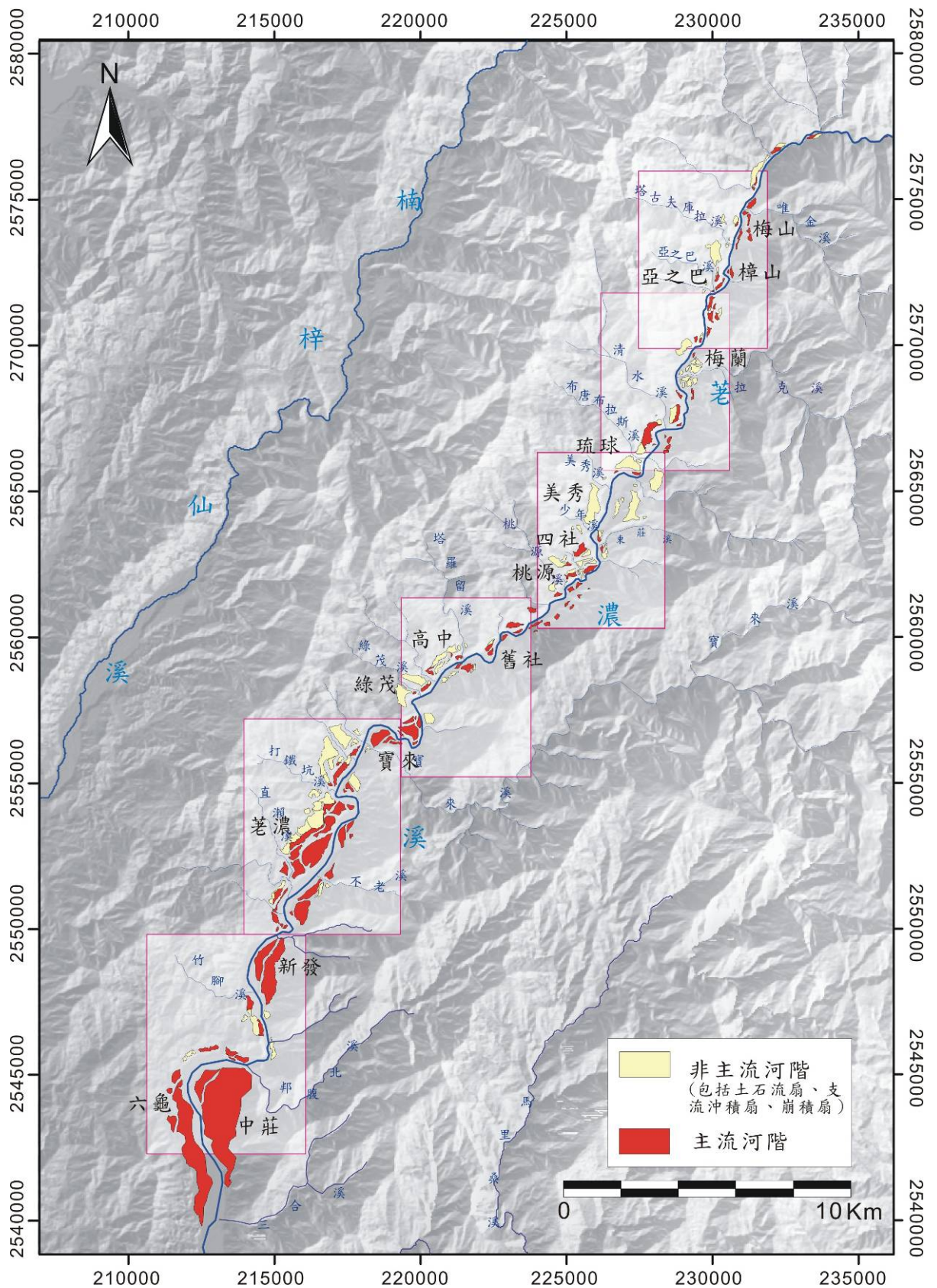


圖 3-1 荖濃溪階地與支流分佈圖 桃紅色框為本章河階群之分區索引圖(從北至南為圖 3-2、3-9、3-12、3-20、3-22、3-23)。

3.2 階地特徵與編號

為調查及描述方便給予各階地給編號。非主流河階中，包括土石流沖積扇 (Debris Fan)，代號(df)，土石流沖積扇即為支流沖積扇，但是因為其沈積相為土石流相，由於土石流扇在本區佔多數且有其時空意義，故本論文特地將其自支流沖積相區分出來，因此沈積相為支流水流營力造成而非土石流相者，則稱為支流沖積扇 (tributary alluvial fan)，代號 (tf)；另外形貌上非主流及支流造成階地，通常上方可見崩塌之楔形或凹谷的崩積扇 (landslide fan)，代號(lf)。主流造成之河階 (river terrace)，由於美秀與四社之間河階對比困難，以及在野外調查時河階類型也不盡相同：美秀北邊階地多為堆積型階地，南邊階地為侵蝕型階地，再加上日後得到的定年，北邊的最高的河階相當年輕。因此最後為方便作業，美秀以北分為一群，代號(NT)，四社以南為 (ST)，所以此南北二群就算分階階數相同，也不代表生成時間為同期。主流河階第一階代表最低位河階，由於區域廣大，以地名分區命名階地編號會較為清楚，當一區有數個同階時再給予編號，本研究區編號示範為：

亞之巴 NT5_1

(地名)(北邊河階群) (第五階) _ (區域第一階個別編號)

綠茂 df_1

(地名)(土石流沖積扇)_ (區域土石流扇個別編號)

3.3 不同河流區段之河階分佈與碳十四定年

荖濃溪從梅山上游地區，由東西走向轉為北北東-南南西走向，在轉折之前階地規模太小並零星不予研究，至梅山始有大規模之河階群出現，梅山至美秀為河流上游，河谷較狹窄並階地較小，但仍可看出從梅山至美秀有河谷漸寬之趨勢，但至桃源卻又進入狹谷，至寶來河谷漸為開展，由於各個河階群的特徵不同，以下由北至南分區說明(圖 3-1)。

3.3.1 梅山至梅蘭地區(圖 3-2)

本區主流河階以 NT3 分佈最廣。NT3 階從樟山-梅蘭空間分佈連續，比高約 40~50m，為侵蝕型階地，沈積層約 0~5m。而樟山以北的梅山 NT3_1、NT3_2、NT3_3、NT3_4(見圖 3-3)及其以北階地，比高約 60~70m，同為侵蝕型階地，沈積物堆積厚度<5m。NT3 與 NT4、NT5 為堆積型階地不同，並為此區最廣泛分佈之河階。

NT4 只分佈在數個區域，從亞之巴 NT5 往東可見露頭，顯示樟山 NT3 及 NT4 階之接觸關係(見圖 3-4)。樟山 NT3、NT4 因位於曲流之滑走坡而地形面略微往西傾斜，樟山 NT3 為岩石階地，而樟山 NT4 比高約 70m 有主流沈積物堆積約厚 20~30m，由基岩型態推測為荖濃溪古河道堆積(圖 3-4 白色虛線處)。梅蘭 NT4_1、NT4_2、NT4_3 比高約 80m，因植被及人為開發無法確定階地類型。不過由梅蘭 NT4_3 南邊梅蘭 If，其坡度雖像主流傾斜，型態上為崩積物覆蓋之崩積扇，但比高 85m 與梅蘭 NT4_3、NT4_2 等比高相近，礫石堆積層約厚 30~40m，遠看疑似有主流作用過，故推測梅蘭 If 前身為梅蘭 NT4 階，並因此推測梅蘭 NT4 階群為堆積型階地。

亞之巴 NT5 有良好的露頭(見圖 3-6)，沈積層約厚 100m，基岩約比高 41.5m，其上為主流堆積之 Fp 相及 Fs 相，除有中央山脈帶來之變質圓形礫石，還夾雜不少角礫之砂岩，顯示沈積來源深受支流影響。梅蘭 NT5 與亞之巴 NT5 空間分佈連續(見圖 3-6)。在亞之巴北邊荖濃溪左岸有梅山 NT5_1、NT5_2 分佈，其中梅山 NT5_2 西南端有岩石小丘似為環流丘(見圖 3-7)。梅山 NT5_1 北邊有一低於其階地之山脊靠荖濃溪面(見圖 3-2 打星號處、圖 3-7，圖中紅框處)，約比高 50m~80m 處有礫石堆積，其上有基岩出露，此看似附著山壁之礫石堆積層應為 NT4 侵蝕之殘餘。

本區土石流扇皆分佈荖濃溪右岸，其中以支流塔庫拉夫庫斯溪所沖積出梅山 df_1、df_2 為最大之土石流扇(見圖 3-8)，由於扇型完整比高之大，林朝榮(1957)

認為恐為本省溪谷沖積扇之第一位。由梅山青年活動中心（位於梅山 NT5_2 上）可見對岸有梅山 df_1 巨大之露頭，露頭沈積相 gmp，比高 280m 厚約 170m，可見當時規模之巨大，應足以填滿山谷並提供大量沈積物於下游(詳見第四章討論)。

本區明確出露岩盤面的為梅山 NT4_01 以北的河階，比高約 60~65m，以及梅山 NT4_03 以南的 NT5、NT4、NT3 所出露基岩或岩盤面高度約 40m。顯示荖濃溪原已下切至今比高約 40~70m 的岩盤面處，之後才發生了大規模加積事件(見剖面，圖 3-6)，而沈積物來源最有可能來自梅山土石流扇的塔古夫庫拉溪，有可能當土石流初期發生時，搬運力量還大於堆積量時，荖濃溪夾帶的粗礫會使磨蝕和刮蝕作用增強增加下切力量，因此造成 NT3 階在樟山和梅山有 10~20m 的比高落差，而梅山正是位於塔庫夫庫拉斯溪之上游。此支流發生非常大規模之土石流，造成荖濃溪此區第一次加積因而生成 NT5 階，而後可能是有第二次較小但仍巨大規模土石流發生造成 NT4 加積，或者是 NT4 是由 NT5 下切而下切曾暫緩造成 NT4 階之階面，最後切回加積前的岩床再繼續下切，此區幾乎沒有 NT1 與 NT2 階，頂多曲流處因曲流偏移而有往河流傾斜的連續岩盤面，因此顯示 NT5、NT4 堆積期結束後此區就穩定下切無沒穿插較具規模之加積事件。

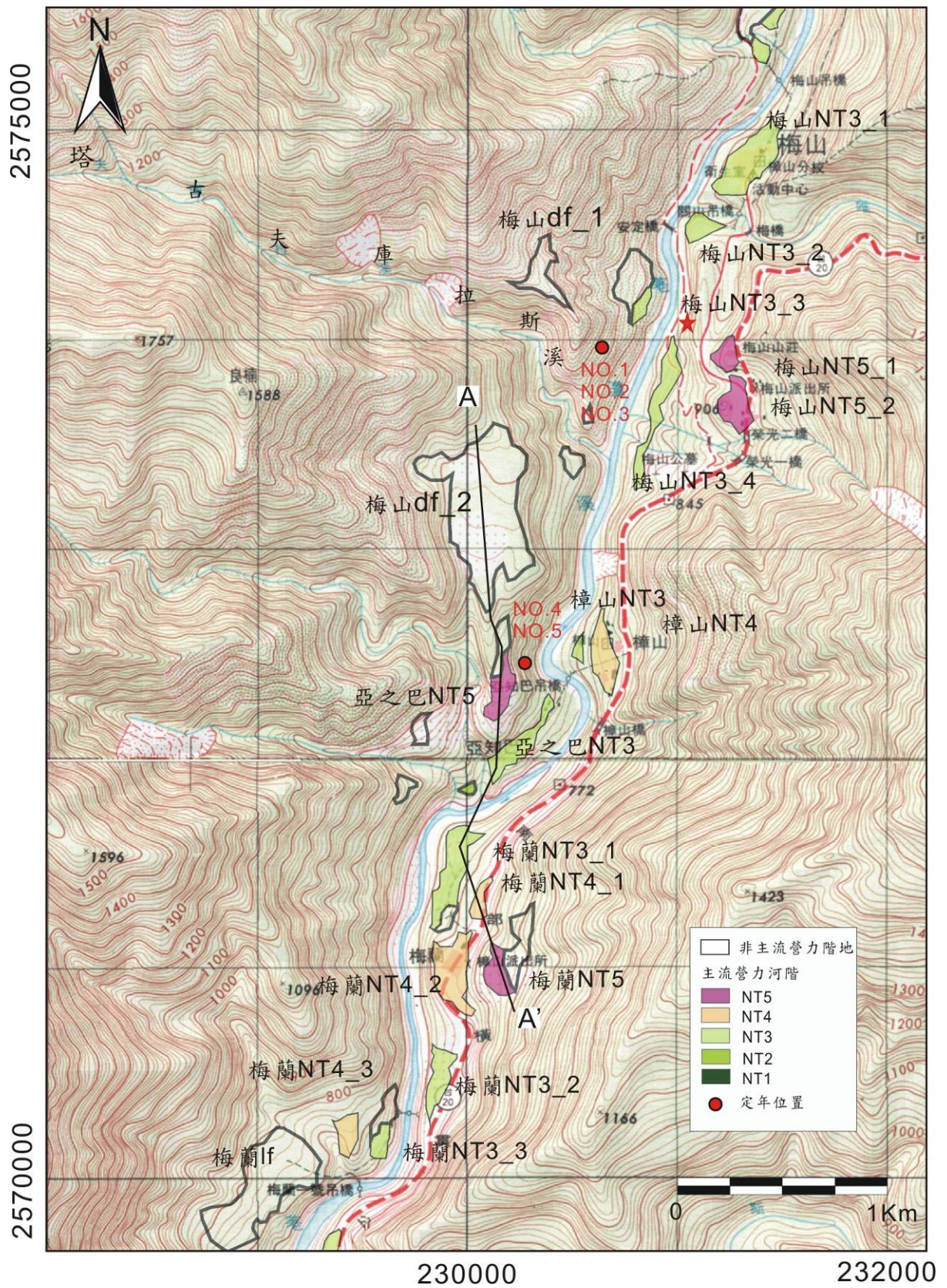


圖 3-2 梅山-亞之巴-梅蘭地形與階地分佈圖。星號處為主流礫石堆積處，疑為 NT4 之殘餘。實心紅圈為取得定年之露頭位置，將於 3.3 節分述，A-A'剖面見圖 3-5。



圖 3-3 梅山 NT3_1 露頭照。由梅山 NT3_2 往北照，梅山 NT3_1 其比高約 70m，可見礫石堆積小於 5m，以及其底下為基盤面。



圖 3-4 樟山 NT4 及 NT3 遠照圖。白色虛線為基岩出露位置，樟山 NT4 南邊出露約厚 25~30 公尺厚之沈積物，底下岩盤出露高約 40m，露頭型態似為古河道。

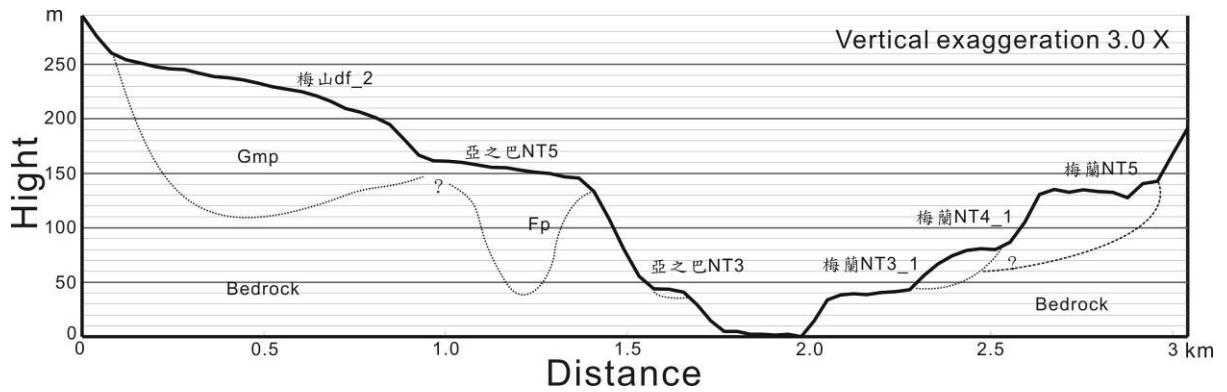


圖 3-5 剖面 A-A' 梅山 df_2 至梅蘭 NT5 之剖面。圖中虛線為推估之沈積物與岩盤之界線。梅山 df 在 df_1 最低基岩出露位在比高 110m，亞之巴 NT5 的露頭在樟山 NT4 對面，出露沈積層最低至比高 41.5m 處，可見南邊基岩出露至一百多公尺高，因此亞之巴 NT5 有可能是古河道。梅蘭 NT4_1、梅蘭 NT5 推測是堆積型階地。



圖 3-6 亞之巴河階與梅山沖積扇照。樟山國小對岸亞之巴 NT5 之露頭，黑線為基岩與沈積層交界。亞之巴 NT5 比高約 140m，主流沈積厚度約 100m，最低底岩出露高度約 41.5m。此露頭往北可見到其主流 fp 與 fs 相的延伸，且無平整基盤面。



圖 3-7 梅山主流階地照。紅色框處為殘餘在岩壁上主流沈積層，表示荖濃溪曾一度加積至此，箭頭處為梅山 NT5_02 之殘餘環流丘，為基岩構成。



圖 3-8 梅山 df_1 露頭。為雜亂不堪之土石流堆積相。

3.3.2 復興至濁水地區 (圖 3-9)

此區 NT3 階分佈至復興以南，為岩石階地。薩爾巴台以南至琉球並無 NT3，但有局部、面積小塊的 NT1、NT2 分佈，NT2 比高約 24m，NT1 比高約 14m，二者沈積層厚度約 5m。薩爾巴台 NT4、濁水台 NT4、復興 NT4 階，比高約 75~80m，濁水台 NT4 野外露頭及其地形可見階地邊緣有受附近支流土石流影響。

復興 tf 為由形貌為支流扇狀沖積扇，可分為五階但階崖較不明顯 (圖 3-10，剖面 A-A')，tf2 階為岩石階地，比高約 25m。tf3 比高 30~35m，tf4 比高約 45~50m，tf5 比高約 65m。tf3、tf4 出露一整面鷺頭，沈積相為 fp，並且此二階沈積物是連續無間斷、礫石長軸方向指向支流 (圖 3-11)，顯示受拉克斯溪營力造成，沈積物覆蓋在比高約 25m 的平整岩石基盤面上。推測 tf2 岩盤面為荖濃溪或與拉克斯溪共同所侵蝕出岩盤面，再堆積復興沖積扇堆積，而扇面受到荖濃溪往西逐漸偏移下切偏移再下切，因此切出 tf2~tf5 四階。復興 tf1 為切進 tf2 的基盤，因此生成較晚，此階為三面環繞岩石開口向南、比高 15m 具平坦底部之指狀谷地，由現今荖濃溪和拉克斯溪流路來看無法造成 tf1 階，此階在非人為影響下成因不明。

從梅山到復興可以看見 NT3 連續良好的基盤面，復興至琉球間則無此階。梅樟山到琉球可見 NT4 堆積階地。NT5 殘餘不多，最南至梅蘭。梅山到琉球之間都顯示荖濃溪先下切至 NT3 階再加積的歷史。

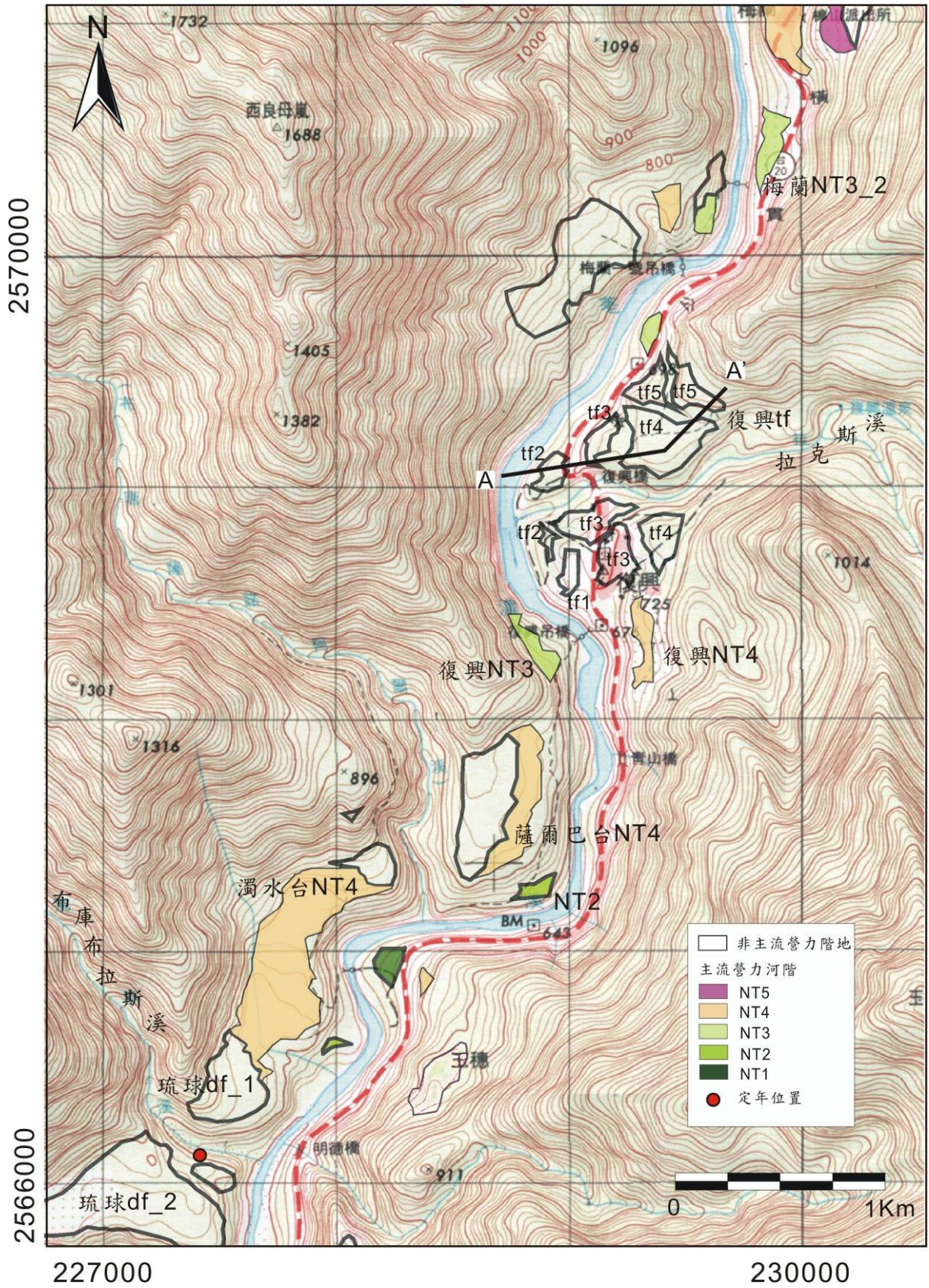


圖 3-9 復興_濁水台地形與階地分佈圖。

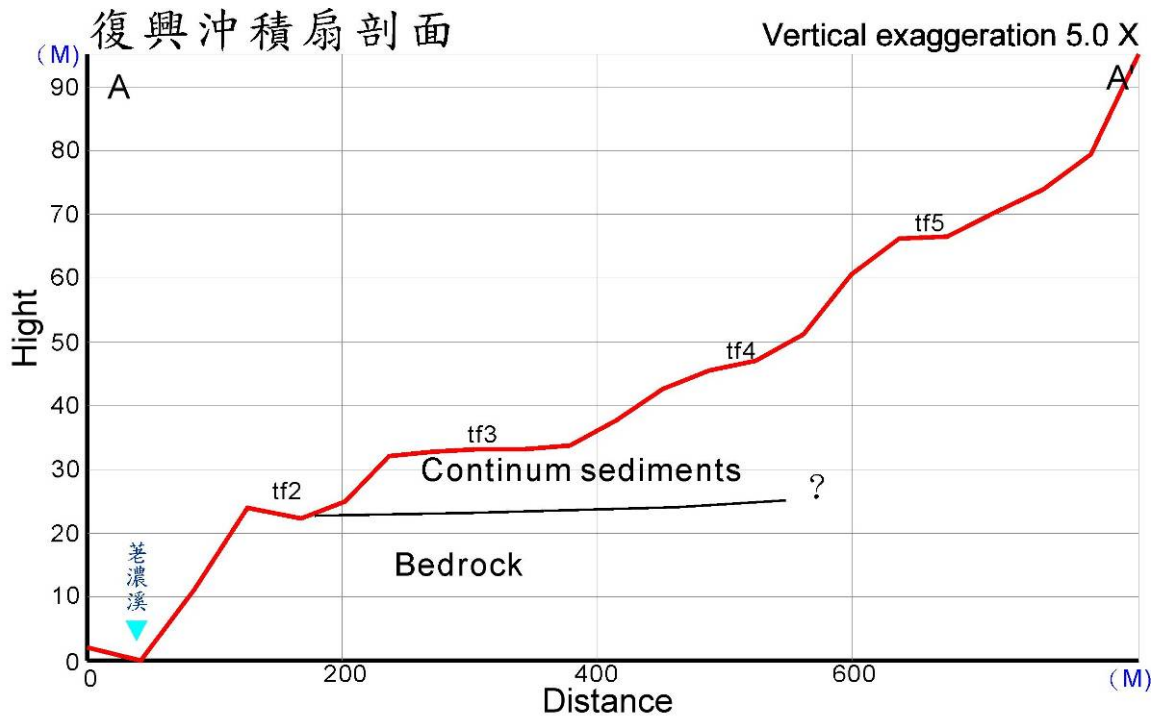


圖 3-10 復興沖積扇(tf)剖面。為圖 3-9 剖面 A-A 復興沖積扇的 tf3、tf4 之沈積礫岩相連續（見下圖），顯示 tf3 是 tf4 的積蝕階(fill-cutting terrace)。tf5 的高度可跟河階 NT4 對比。此沖積扇非支流土石流快速堆積，而是由支流與主流共同影響形成之沖積扇。



圖 3-11 復興沖積扇 tf3,與 tf4 之露頭。由復興橋往北照，可見沈積物連續無間斷，礫石之長軸方向指向支流，沈積物來源自支流堆積而成。

3.3.3 琉球-美秀-桃源地區(圖 3-12)

琉球到美秀之間河谷較為開展，為荖濃河流域最多土石流扇之區域。美秀以南到桃源，荖濃溪順著岩壁轉入峽谷，至此以後，荖濃溪的階地幾為侵蝕型階地，無 NT4、NT5 之類堆積型階地。因此，本研究將主流階地自桃源為界分為 NT、ST 兩群。

美秀地區最高的土石流扇為妖怪 df 與歐帕克爾 df，而這也是荖濃溪左岸唯一一組較具規模之土石流扇，其比高約 235~250m(見剖面 A-A'與 B-B'，圖 3-13 與圖 3-14)，由扇階高度及坡面方向來看，是為同一土石流扇。北邊的歐帕克爾 df 因位於上游處而陡於南邊的妖怪 df，在歐帕克爾沿荖濃溪處有出露大片的基岩，遠方看頂部約有 30~50m 的礫石堆積。

美秀 df_2 比高約 140m，沈積厚度 100~130m(見剖面 B-B'與 C-C'，圖 3-14 與 3-15)，其北邊琉球 df_2 比高約 80m，琉球 df_2 因支流在北方故正常坡面為向南傾斜，但是在其西南端一角之扇面，卻向北邊傾斜，推測為山坡崩積或是美秀土石流扇覆蓋在琉球台上方的傾斜面，加上美秀出露基岩低因此美秀較琉球土石流扇晚發生，定年結果也支持此項推論證明(詳見 3.3.2 章節)。

接下來先介紹桃源以北之 NT 群。琉球 NT1 與美秀 NT1 比高約 10~15m，為礫石堆積而無基盤(見剖面 B-B')，這與南邊有約 8~10m 的基盤面的 ST1 不同。勤和 NT3_1，NT3_2，地形上似有崩積或支流沖積扇覆蓋主流階地，故勤和整體階面是往主流傾斜，野外可見其基盤面高約 40m。在勤和對岸露頭顯示(圖 3-12 星號處，見圖 3-16)，少年溪出口右邊可見一礫石堆積層，露頭高度約 100m，堆積厚度約 40~60m，其底下基岩並不平整。礫石層受過水流作用影響，夾有巨大角礫，推測為主流堆積之殘餘。

桃源以南河谷狹窄，河階約有 4 期主流階地(見圖 3-18，剖面 E-E')，ST5 與 ST4 階岩盤面高而沈積物薄，沈積層約十公尺。桃源 ST3 被切出為三塊，基盤高約 25m，沈積層厚度約 25m，基盤比高低於 NT3 之基盤高。ST1 比高 19m，基盤面約高 8~12m。

琉球美秀地區的主流階地少且小，並與上下游階地空間關係連續差，有可能是此區許多大規模的土石流扇的關係（詳見 4.2）。也因此產生許多無法對比之階地（圖 3-12 紅色外框階地），例如：在四社附近的階地群，由剖面 D-D'（圖 3-17）顯示在 ST5_1 跟四社 ST_1 之間，共約 3 階無法對比之岩盤階地，階面也較陡，由勤合往南可見到有清楚的基盤面並覆蓋約 1~3m 的礫石堆積（圖 3-19）。此外，北段在美秀附近也有此種無法對比之階地，地形為河階上有崩積扇覆蓋，比高約 55m（圖 3-15，剖面 C-C'）。此類無法對比之階地，推論與土石流堰塞事件相關（詳見 4.2 章節）。



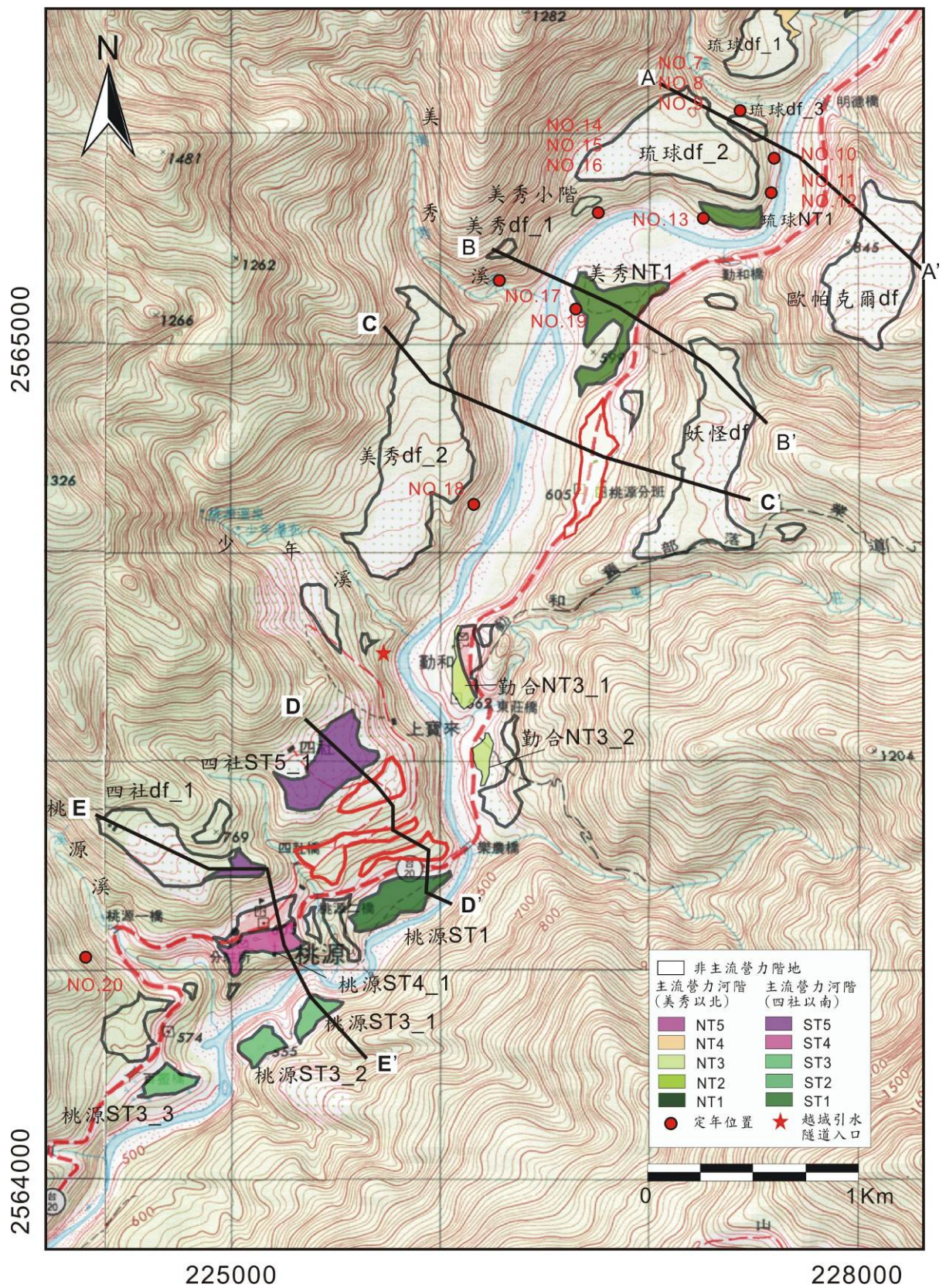


圖 3-12 美秀桃源地形與河階分佈圖。

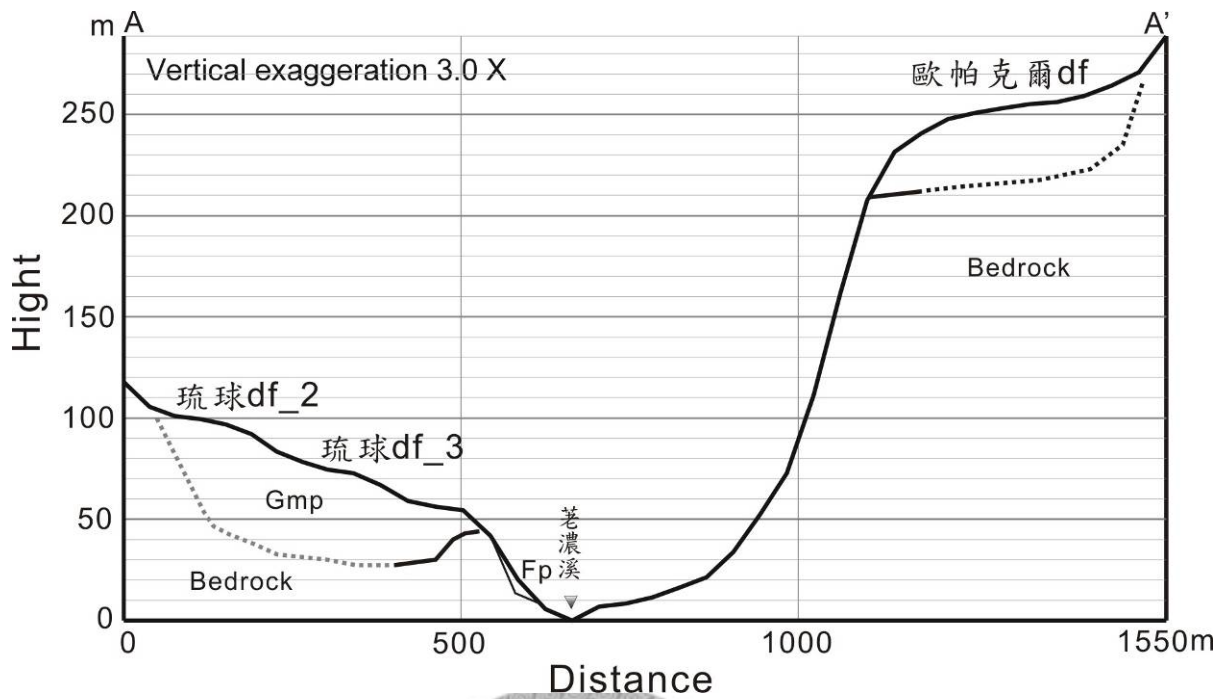


圖 3-13 剖面 A-A' 琉球台-歐帕克爾剖面。

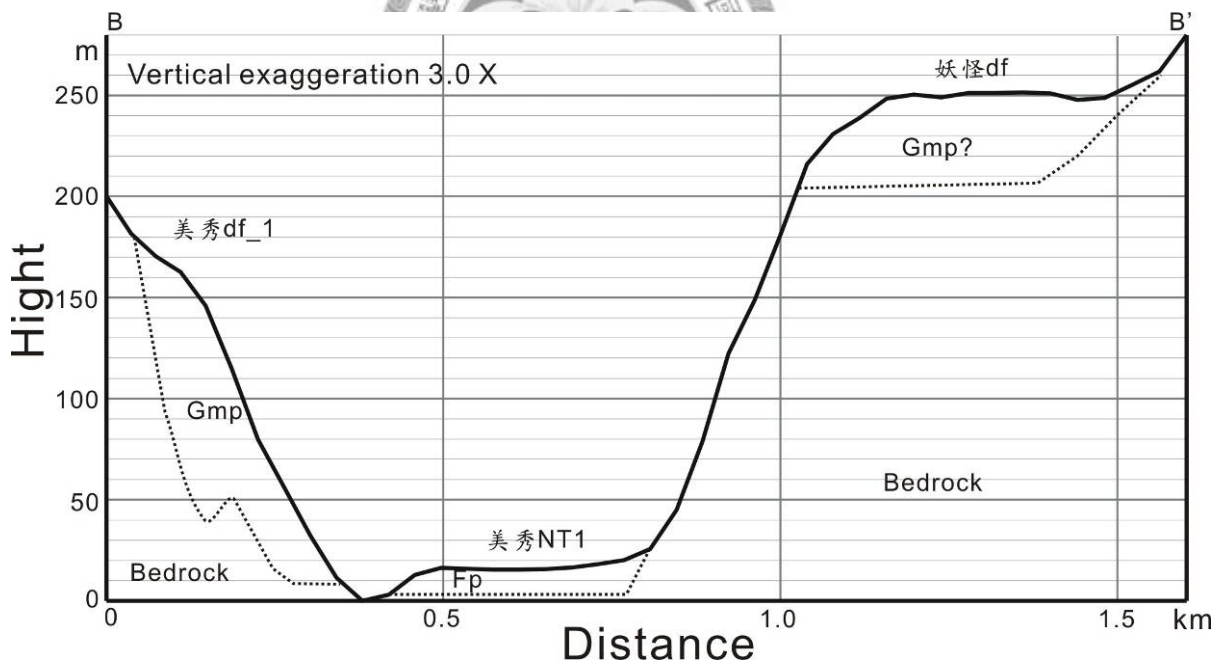


圖 3-14 美秀-妖怪剖面 B-B'。 美秀土石流扇-美秀 NT1-妖怪土石流扇剖面。(ps: 問號為距離過遠無法辨識沈積物組成。)

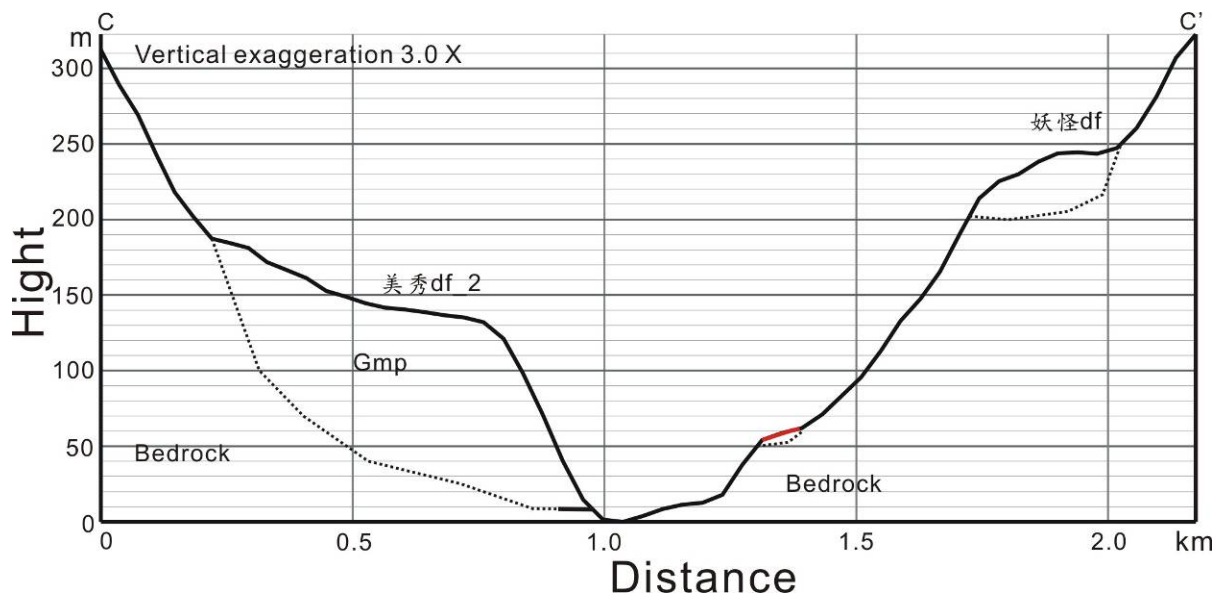


圖 3-15 美秀-妖怪剖面 C-C'。 美秀 df_2 對岸紅線部分為一無法對比之岩石階。



圖 3-16 少年溪口南方露頭。 約 30~50m 厚主流礫石層堆積於不平整的基岩上，右側樹擋住背後為少年溪支流。

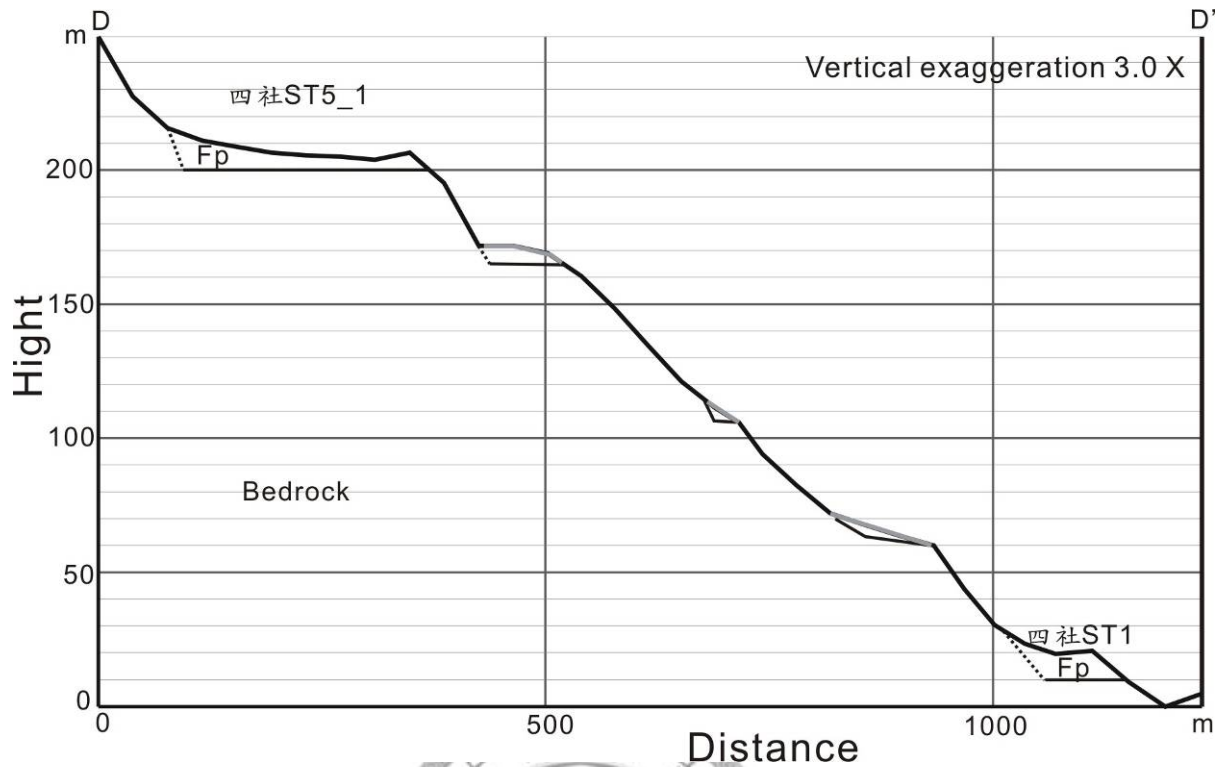


圖 3-17 四社剖面 D-D'。四社 ST5_1 至四社 ST1 的河階剖面圖，此二階間有三階無法對比之階地（標示為灰線），由圖 3-19 之露頭照可明顯可見為岩石階地，上覆薄薄的礫石層。

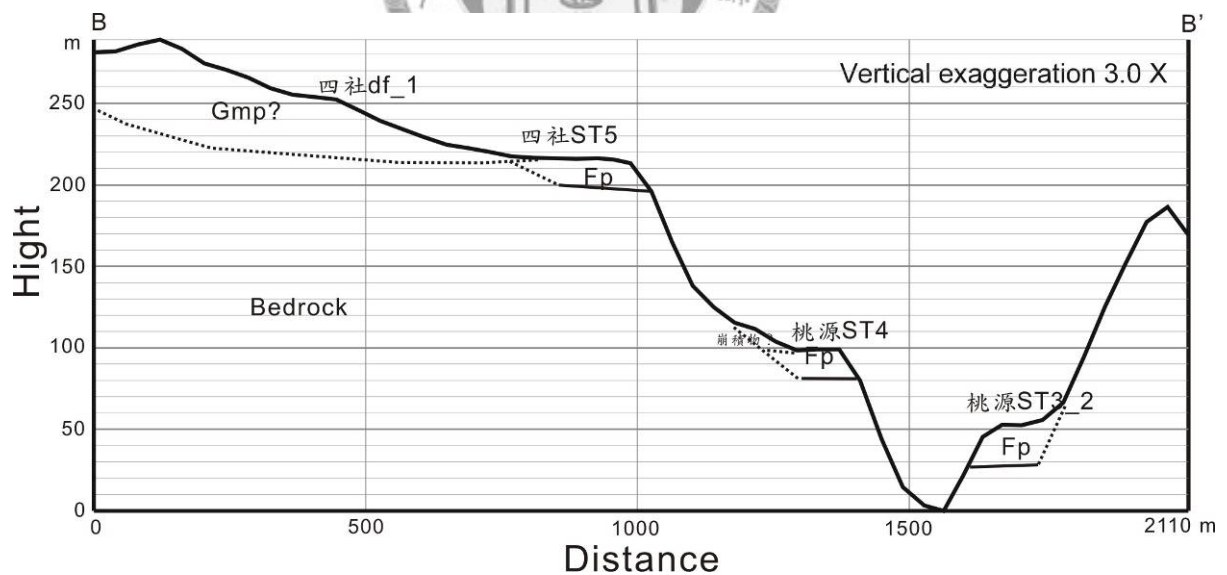


圖 3-18 四社階地群剖面 E-E'。四社階地群有 ST1,ST3,ST4,ST5 階，為荖濃溪最多主流河階處，ST5 為荖濃溪流流域最高主流河階。此區河階皆有明顯岩石基盤面。（ps:問號為沒看到露頭由地形推測之沈積組成。）



圖 3-19 由東莊橋往南照四社桃源階地露頭。紅色線標示為四社 ST5_1 至 ST1 之間無法對比之岩石階面，照片左側有未照出之四社 ST1。

3.3.4 舊社-囉囉埔地區(見圖 3-20)

四社以南河道變，由此區域的谷地形狀狹長約略呈現直線，顯示下切作用旺盛，所遺留之河階及土石流扇分佈稀少且成狹長狀。分佈較為良好連續為 ST3 階地，由舊社至囉囉埔均可見。在舊社地區 ST3 有四塊(見圖 3-20)，由北往南為舊社 ST3_1、ST3_2、ST3_3、ST3_4，若由此四塊階地對河流之縱剖面(見圖 3-21，剖面 A-A')可知其具有良好的階面連續性。但此四塊階地在比高上有些為落差，舊社 ST3_3 野外露頭可見礫石堆積(厚度小於 5m)使得它比其他岩石階高。另外，舊社 ST3_2 也比較高，推測可能有崩積扇之覆蓋。高中到寶來北端可見 ST4 之殘餘，高中 If 北端崩積扇堆積物下有出露 ST4 基盤高約 80m。此段邊坡陡峭，形成許多崩坍覆蓋於階地之上，但已不復見四社以北的大型土石流扇出現。

此區由前人研究可得知附近地質有局部玄武岩露(李春生，1989)，出露地點位在萬年橋與南橫 90km 處(玄武岩枕狀熔岩露頭)。玄武岩較為堅硬，使得荖濃溪可能遇硬岩集中水力下切，因而河道狹窄並轉為曲流，導致現今比高上的落差加大。囉囉埔 ST3_2 為曲流側蝕出的階地，高中至囉囉埔 ST3 基盤高至少 30m。

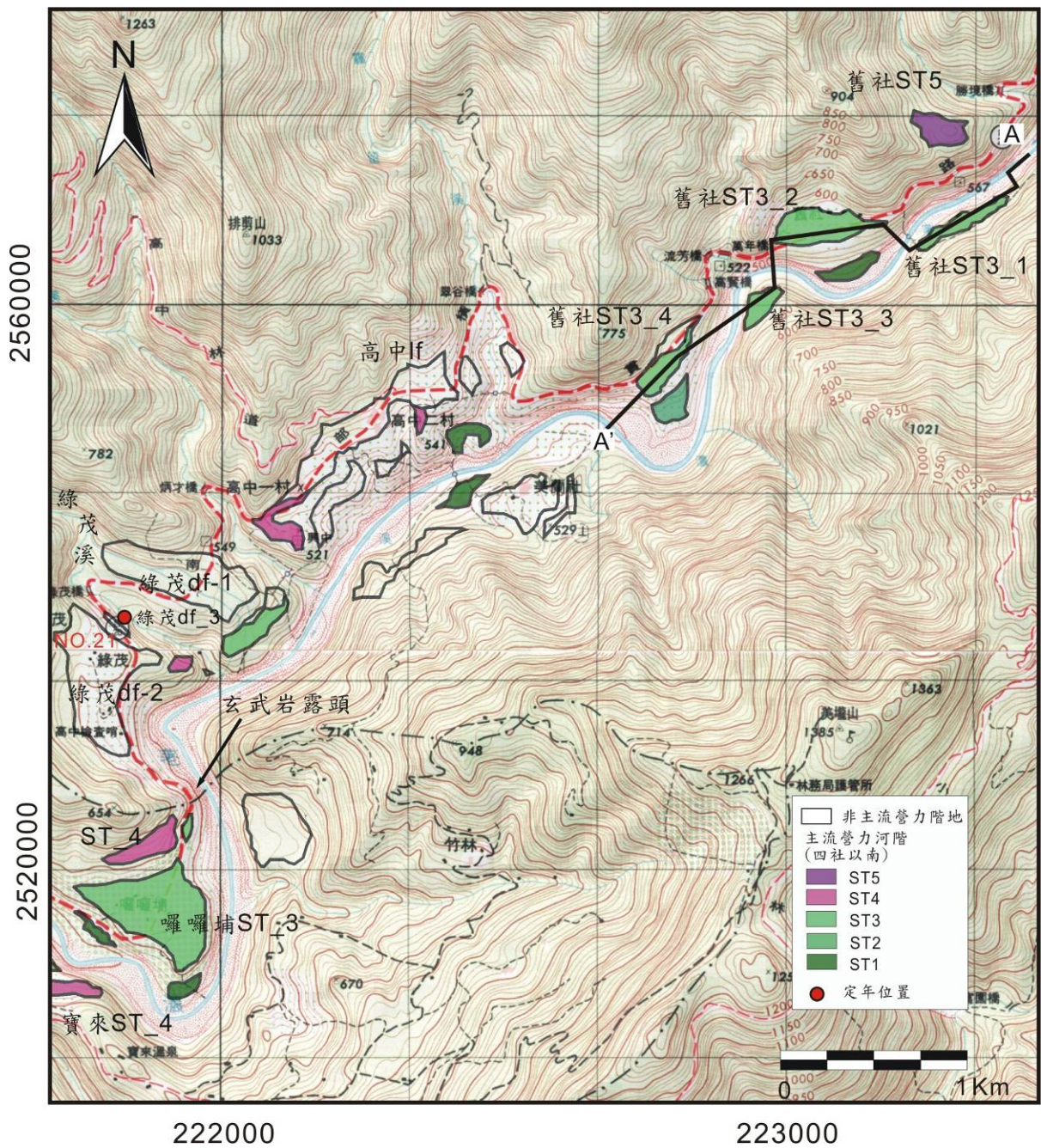


圖 3-20 舊社至囉囉埔河階與地形分佈圖。

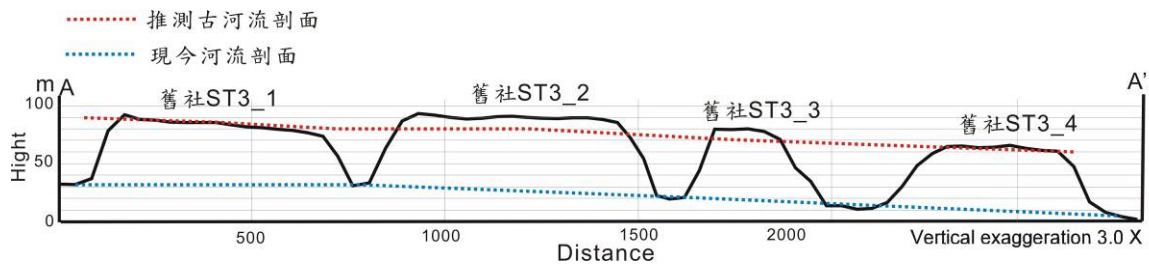


圖 3-21 舊社四階剖面 A-A'。此四階雖然比高上有落差，但由頂面高度可見其連續性，應為在 ST3 時期此段河流較直、河谷較寬之故，而 ST3_2 與 ST3_3 較高則因崩積物之覆蓋，荖濃溪後期可能因遇硬岩如玄武岩而為曲流並河道狹窄。

3.3.5 寶來-荖濃-六龜地區（見圖 3-22, 圖 3-23）

荖濃溪自寶來以後河谷開展，發育廣闊的岩盤階地（ST1、ST2、ST3、ST4）。在野外可見階地下基盤有傾斜、摺皺，其上覆主流沈積物為不整合接觸，沈積物平行層理良好無受過構造作用之影響。ST1 階自囉鑼埔以南到六龜分佈良好，階面高度約 10~22m（基盤高度約 5~15m）。ST2 階幾乎僅分佈在獅額頭及中莊，階面高度約 33m 及 27m（基盤高約 20m~17m）。在中莊 ST2，野外露頭可見古河道下切到 10~15m（見圖 3-26）。ST3 的分佈範圍相當為 ST1，比高約 40~50m（基盤面比高約 30m 左右）。新發 ST3，在階緣處有一隆起小丘，航照上此處未開墾種植稻田，階地中間則有田地與民房，推測其為基岩是環流丘之殘餘（見圖 3-25）。

土石流在此區域僅分佈於建山附近，ST4 階地的分佈範圍與土石扇崩坍地範圍相近，建山 df_1,df_2,df_3 與綠茂 df_1,df_2 比高差不多，皆疑似蓋在 ST4 之上。由寶來可見建山 df_3 底下有一良好岩盤面出露，應為 ST4 之基盤面，比高約 75m。荖濃 ST4 也可見基盤面，比高約 65m（見圖 3-24）。在荖濃對岸的山壁上出露一基盤面與礫石堆積（見圖 3-22 打星號處），厚約 5m 上覆崩積物，此露頭依高度推測為 ST4 殘餘。

3.3.6 荖濃溪全流域階地分佈特色

自四社以南分佈 ST 階地群，特色為侵蝕型河階，礫石堆積厚度約 0~10m，底下可見基盤面，在四社地區有 ST1、ST3、ST4、ST5 階的分佈（見圖 3-12），ST5 階自舊社以南便無分佈。ST4 則分佈至荖濃為止，荖濃有三期的階地：ST1、ST3、ST4（見圖 3-22）。ST3、ST1 是本流域空間分佈最廣的階地，而 ST2 僅在下游中莊、新開跟局部地區分佈（見圖 3-20）。四社以北階地因與 ST 階地空間連續性差及階地類型改變分屬為 NT 群。NT1、NT2 階地局部小塊僅分佈於薩爾巴台以南，NT3 階地為侵蝕型河階，由勤合至梅山以北皆有分佈，NT4、NT5 為堆積型河階，NT4 堆積厚度約 20~40m，而 NT5 約 50~70m，分佈範圍為梅山-琉球以北。不過 NT3 及 ST3 皆為侵蝕型階地，基盤高度都介於 30~60m，應可將此二階視為可對比之階地。

土石流扇方面，荖濃溪的土石流扇主要集中於右岸，由來自玉山山脈側的支流造成。左岸較具規模之土石流扇僅分佈於美秀地區。大部分土石流扇堆積厚度為 20~40m，而梅山土石流扇與美秀土石流扇沈積厚度大於 100m 及扇面大而完整，是超級大規模的土石流扇。本流域土石流扇最南只分佈至寶來地區。



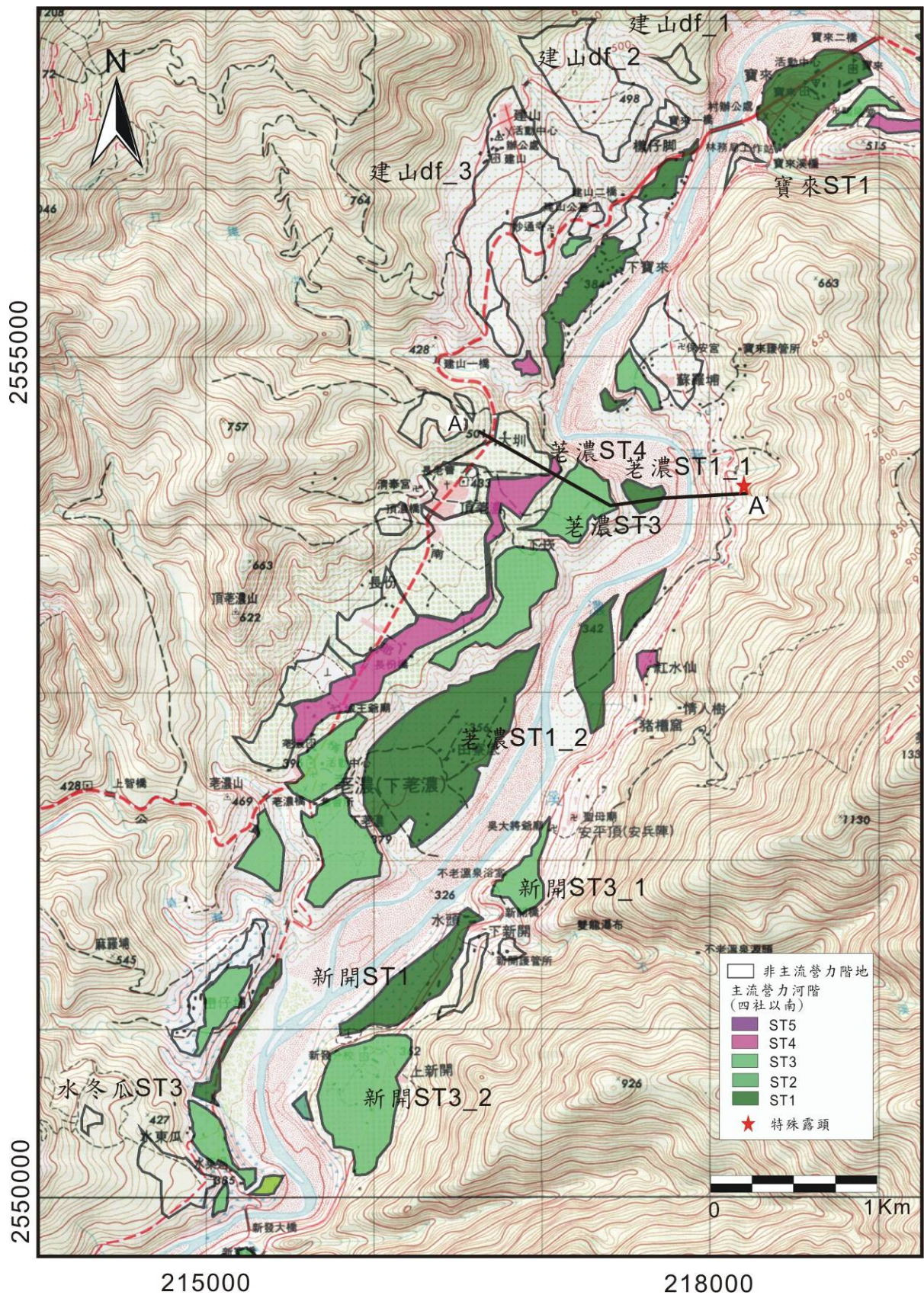
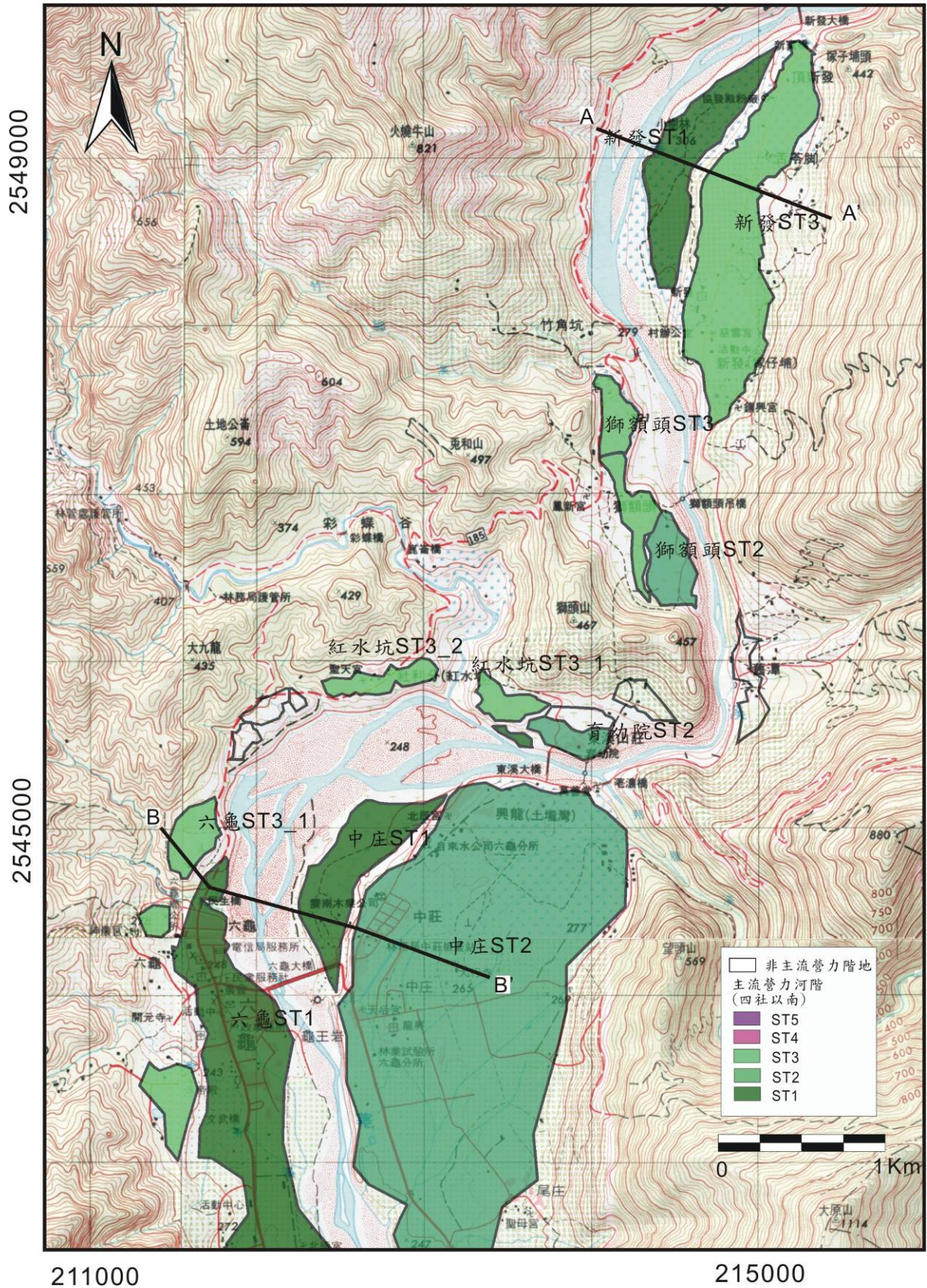


圖 3-22 寶來-老濃-新開河階分佈與地形圖。



211000
圖 3-23 新發-六龜河階分布與地形圖。
215000

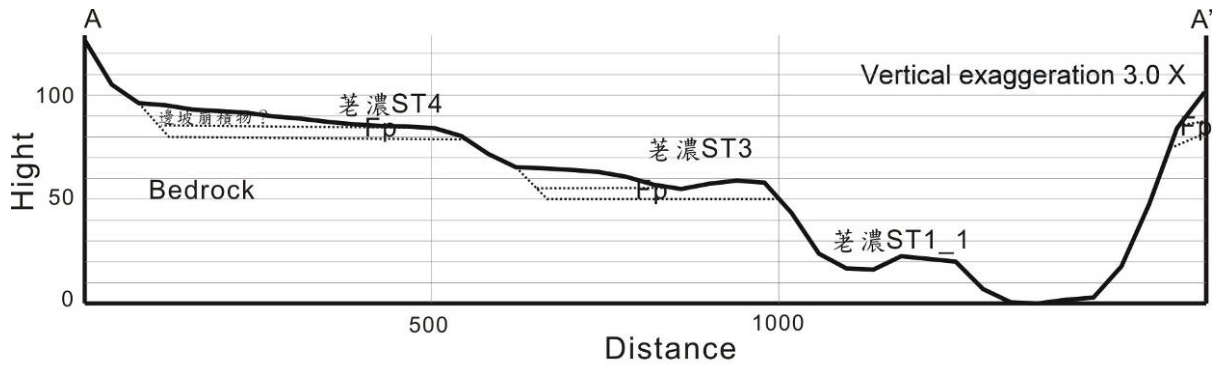


圖 3-24 老濃地區河階剖面圖。圖 3-19 剖面 A-A'。

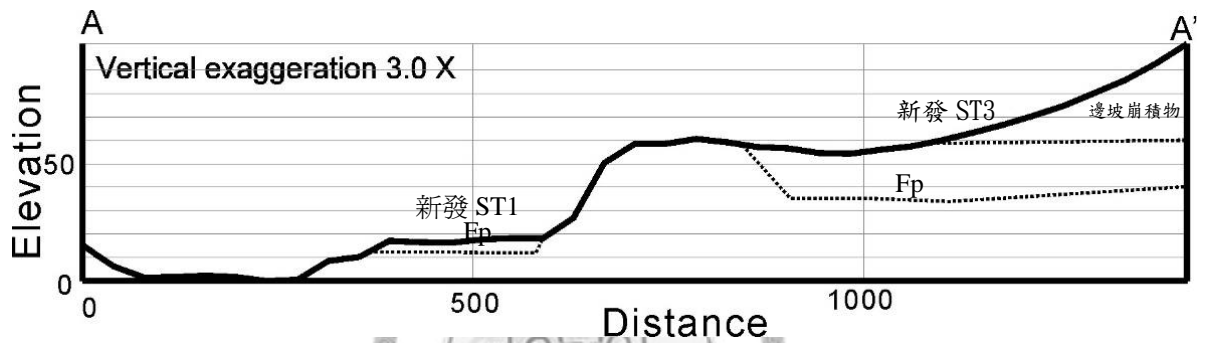


圖 3-25 新發地區河階剖面。圖 3-20 剖面 A-A'。

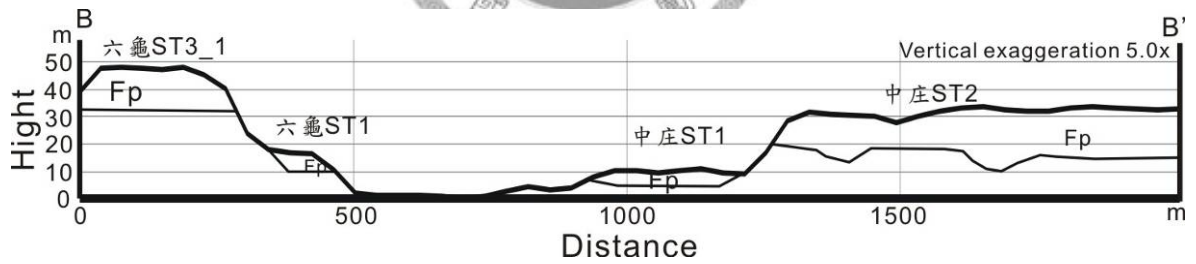


圖 3-26 六龜地區河階剖面。圖 3-20 剖面 B-B'。

3.4 荖濃溪碳 14 定年結果

本研究區共 21 個定年結果，皆由碳 14 定年方法得到（表 3-2，採樣地點見上節地圖）。本研究區所採集定年標本多為漂木，少部分為草本，儘量採集可信度高之標本，所採集標本多為保存良好木頭外型或草根外型，多數標本內部碳化不嚴重，表示保存於一相當良好的環境。當標本大於 5 克時，送至台大碳十四實驗室運用傳統方法取得，當標本小於五克時，送至國外採用 AMS 法。本研究碳 14 定年結果以樹輪校正 1σ 的範圍來表示（單位 cal.yr.BP; 校正程式採用 Calib Rev 5.0.1; Stuiver et al., 1998），本研究定年結果主要分佈於 4 區，茲分述如下。



表 3-2 荖濃溪定年資料

NO.	Lab No ¹	Longitude (E)	Latitude (N)	¹⁴ C age (yr. BP)	Calibrated age (1σ) (cal. yr. BP)	Sample Type ²	Hight of Sampling site ³ (m)	Terrace Name
1	NTU-4386	120°48'37"	23°16'03"	3030±70	3080-3350	A	195	梅山 df_1
2	NTU-4598	120°48'37"	23°16'03"	3190±40	3380-3450	A	180	梅山 df_1
3	NTU-4443	120°48'37"	23°16'03"	2670±90	2720-2920	B	140	梅山 df_1
4	NTU-4518	120°48'40"	23°15'15"	3150±40	3340-3440	A	97	亞之巴 NT5
5	NTU-4519	120°48'40"	23°15'15"	3020±40	3160-3330	A	97	亞之巴 NT5
6 ⁴	NTU-3364	120°47'12"	23°11'41"	3760±40	4010-4230	A	-	琉球 df_2
7	NTU-4373	120°47'12"	23°11'41"	3560±70	3720-3970	A	42	琉球 df_2
8	NTU-4446	120°47'12"	23°11'41"	4970±70	5610-5850	A	35	琉球 df_2
9	NTU-4374	120°47'12"	23°11'41"	5670±80	6320-6550	A	33	琉球 df_2
10	NTU-4447	120°47'12"	23°11'41"	1570±70	1390-1530	A	4	琉球 df_2
11	NTU-4387	120°46'52"	23°11'38"	Modern	modern	A	8	琉球 df_2
12	NTU-4449	120°46'52"	23°11'38"	Modern	modern	A	4	琉球 df_2
13	NTU-4445	120°47'12"	23°11'26"	580±90	530-650	A	4	琉球 NT1
14	Beta-207698	120°46'30"	23°11'33"	1160±40	1010-1170	A	37	美秀小階
15	NTU-4388	120°46'30"	23°11'33"	1510±60	1340-1510	B	27	美秀小階
16	NTU-4390	120°46'30"	23°11'33"	1780±70	1620-1810	A	11	美秀小階
17	WK-20460	120°46'06"	23°11'23"	1520±32	1350-1490	B	44	美秀 df_1
18	WK-20461	120°46'01"	23°10'48"	1513±32	1350-1480	B	70	美秀 df_2
19	NTU-2190	120°46'53"	23°11'13"	modern	Modern	A	-	美秀 NT1
20	NTU-4549-	120°45'03"	23°05'54"	15100±40	18230-18650	A	-	四社 df
21	Beta-207697	120°42'10"	23°07'34"	10230±60	11820-11950	B	-	綠茂小階

註 1：NTU-xxxx 表示標本>5g 可利用傳統碳十四定年故送至台大貴儀碳 14 定年實驗室定年，其餘非 NTU 開頭表示標本不足 5g 送至國外使用 AMS 定年。

註 2：A：木本標本，為漂木通常體積較大 B：草本標本，或細小木片難確認為草本或木本。

註 3：指標本對荖濃溪河床之比高。

註 4：黃美璇的定年標本，因位置不確定故本研究未採用。

3.3.1 梅山土石流扇與亞之巴 NT5

梅山 df_1 露頭在梅山青年活動中心對面，自敏督利颱風以後崩塌出露，露頭狀況新鮮良好，今持續崩塌中。露頭可見全為雜亂不堪的 Gmp 沈積相(見圖 3-27)，無明顯層界可以區分出多次的土石流事件，顯示土石流堆積無較長時期的間斷而為大規模土石流的快速堆積。本露頭比高約 280m，基盤出露高度為 110m，分別於 195m、180m、140m 處採到定年，定年結果分別為 NO.1:3080~3350 cal.yr.BP、NO.2: 3380~3450 cal.yr.BP、NO.3: 2720~2920 cal.yr.BP，NO.3 的樣本為約 2~4cm 長的細小的草本植物碎片數片，NO.2 的樣本為超過 1m 之巨木取其表皮，NO.1 之樣本為 5~10cm 之漂木，NO.3 定年比高處之定年年輕甚不合理，可能是樣本太小易受污染而偏年輕。以 NO.1 及 NO.2 之定年較可信，不過 NO.3 因年代接近也提供此土石流為快速堆積的線索。由 NO.1、NO.2 定年表示在 3080~3450 年前，塔古夫庫拉斯溪已發生大規模的土石流並快速加積。

亞之巴 NT5 露頭出露河流攻擊坡處，在樟山國小對岸有一完整露頭(見圖 3-6 與圖 3-28)，地形上亞之巴 NT5 有可能覆蓋來自梅山 df_1 的崩積物。本露頭比高約 140m，約比高 42m 處出露基岩，其上約 100m 公尺厚之主流礫石沈積，下層約 42 公尺處為 FS 相夾薄層礫石，雖為 FS 相，可是沈積物的粒徑大小為粗砂至細礫，可見水流作用沈積構造及層理。在中礫下方的青黑色砂層中採集到兩個定年標本(比高 96.8m)，所得年代分別為 NO.4: 3340~3440 cal.yr.BP 及 NO.5: 3160~3330 cal.yr.BP。年代相近提高定年結果的可信度。在約比高 72m 下方為 FP 相，可見由中央山脈帶來之綠色變質岩圓磨度好之礫石，也可見不少角礫圓磨度差之砂岩礫石，可見沈積物組成也受附近支流所提供。

由梅山 df 與亞之巴 NT5 之定年相近重疊，亞之巴主流沈積相也可見受支流沈積物影響，於此推測梅山土石流扇階與荖濃溪 NT5 階幾乎同期生成，也顯示三三百年左右荖濃溪為加積時期。



圖 3-27 梅山 df-1 露頭與碳 14 定年採樣位置。梅山 df 露頭沈積相全為 Gmp 相，無明顯分層，並由 NO.1 與 NO.2 定年年代接近重疊，顯示此土石流扇階約三千三百年前由支流土石流非常大規模且快速的堆積。(白色線段指示基盤高度)



圖 3-28 亞之巴 NT5 露頭、地層柱與碳 14 定年。亞之巴 NT5 露頭沈積相主要為 FP 相，比高 100~120m 接近為 FS 相。

3.4.2 美秀-琉球地區

琉球 df_1 與琉球 df_2 為一支流唐古布那斯溪之土石流扇。目前唐古布那斯溪河床遍布礫石，使琉球美秀這一帶是荖濃溪現今加積較快而河床無基岩出露之地區。緊鄰琉球 df_2 北邊有一塊較低之階地(琉球 df_3)，認為是由支流下切琉球 df_2 所生成之階地，其本身還是琉球 df_2。其北面支流攻擊坡處有一良好連續露頭，露頭近河口處有基岩出露至河口(見圖 3-29)。本露頭在距荖濃溪比高 36m 以下沈積相為 Gms 相，有三、四層 10~50 公分厚的深灰色砂-細礫層，具層理、淘選度佳、圓磨度普通等顯示受水流營力影響，並夾有透鏡狀、具層理粒徑較大之礫石層，另外，也穿插著角礫狀，粒徑較大，層理不顯基質支持之土石流沈積相。顯示為琉球 df_2 比高 36m 以下為支流較於穩定時之堆積，偶有小規模土石流。在此層取得兩個定年，比高 33m 採集到漂木(NO.9)，定年為 6320~6550 cal.yr.BP，另一比高 35m 處取得漂木(NO.8)定年為 5610~5850 年。在比高 36m 以上，明顯改變沈積相，為灰黃的 Gmp 相，約略可分為三四層但層界都相當不明顯，顯示至少三四次的土石流事件，但間隔時間短暫，在此層比高 44 公尺處採集一漂木(NO.7)定年為 3720~3970 cal.yr.BP。

此露頭顯示，5 千年以前唐古布那斯溪受流水作用緩慢加積，偶有小規模土石流穿插；至約四千年後開始發生大規模土石流堆積。

美秀土石流扇(美秀 df_1,df_2)，比高 140m 較琉球土石流扇高，早期因無定年，認為較高之土石流扇年紀較老。於美秀 df_1 與 df_2 分別各採集到定年物質，NO.17 比高 44m 且較接近支流，校正後年代為 1350~1490 cal.yr.BP，NO.18 比高 70m，年代為 1350~1480 cal.yr.BP，二者年代幾乎相同。兩者比高差距 26m 但定年結果幾乎相同，暗示著此區曾發生快速的大規模土石流堆積事件。

在琉球 df_2 外圍東側荖濃溪旁有一個不明顯的小階地，以及南邊有琉球 NT1，露頭沈積相為 Fp 相，但都雜夾巨大的角礫，顯示同時受主流作用與土石流作用。由該小階的露頭由北往南延展約 300 公尺，在此露頭中北段底部(此區現生

礫石堆積比高約 4m)處取得漂木(NO.10)定年為 1390~1530 cal.yr.BP(見圖 3-31)。此露頭連續往左側連續，並距此約 200m 處取得二現生之定年結果(NO.11 比高 8m，NO.12 比高 4m)。因此看似同階的露頭(見圖 3-33)，實際上是不同時間的加積事件。琉球 NT1 階地比高約 15m(見圖 3-33)，近底部處取得漂木(NO.13)定年 530~650 cal.yr.BP。2007 年再觀察以上二露頭點，部分原採集定年地點已被現生河床覆蓋住(見圖 3-32)。在琉球 NT1 對岸勤和 NT1 取得定年(NO.19)為現生。

美秀小階(見圖 3-34)在基盤(比高 8m)上方 3m 取得樣本(NO.16)定年為 1620~1810 cal.yr.BP，在 27m 處的砂層底部有一層連續之草本之植物碎片(NO.15)，取得年代為 1314~1509 cal.yr.BP，在砂層頂部覆蓋的土石流相約 37m 處取得定年(NO.14)為 1010~1170 cal.yr.BP(見圖 3-32)。此露頭表示約 1400~1700 年前主流即加積，平均加積速度為 8 cm/yr。在 1100~1400 年前此露頭位置為河流氾濫時才會有砂層的堆積處，平均加積速度為 2.7 cm/yr。約 1100 年前之後有土石流發生覆蓋於上。

美秀琉球地區的定年結果顯示(見圖 3-35)此區自四千年來有數次土石流事件發生，主流至少有三次的加積事件，分別在 1500 年前、500 前、200 年內都有發生加積，加積的高度甚至跟上次高度差不多，顯示此區為一個加積下切頻繁的不穩定區域。

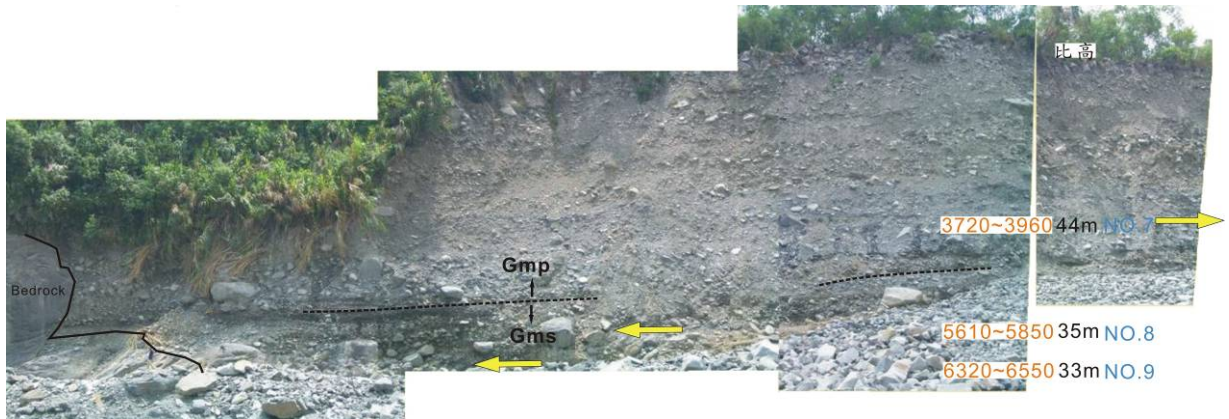


圖 3-29 琉球土石流扇(df_3)露頭與定年分佈。琉球土石流扇約於四千年以後為大規模土石流堆積。



圖 3-30 美秀 df_2 全景。左下角為越域引水之洞口。

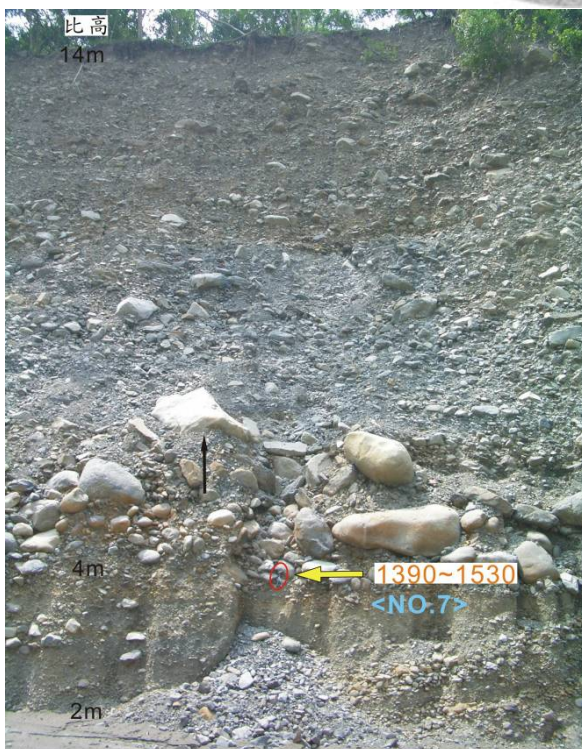


圖 3-31 琉球 df_2 東側外圍主流露頭與定年位置。主流沈積但夾帶巨大角礫(黑色箭頭處)，紅圈為地質鏈標的定年位置處。年代為一千五百年前。

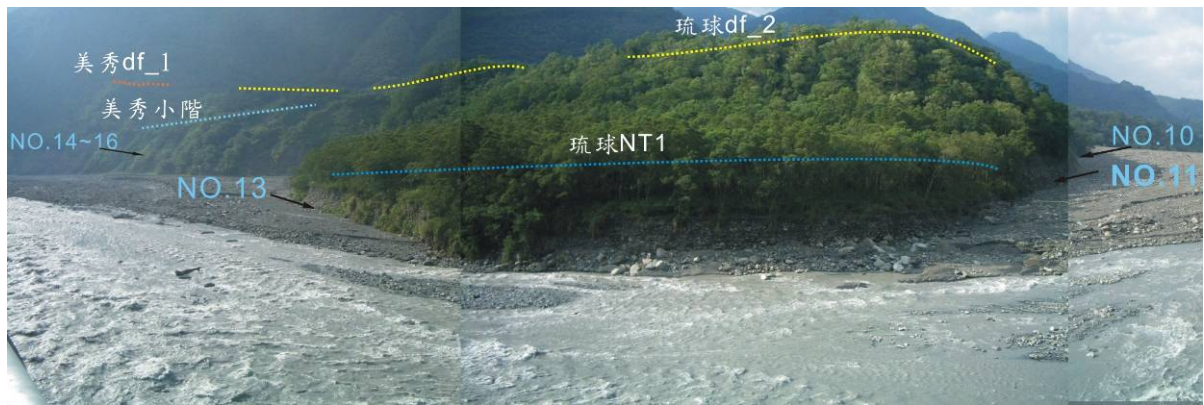


圖 3-32 琉球 df_2 自省 20 往西拍照。此為採集定年後兩年夏末拍照，以因受布唐布那斯溪小規模土石流影響，主流局部加積沈已淹沒 NO.13 與 NO.10 地點。

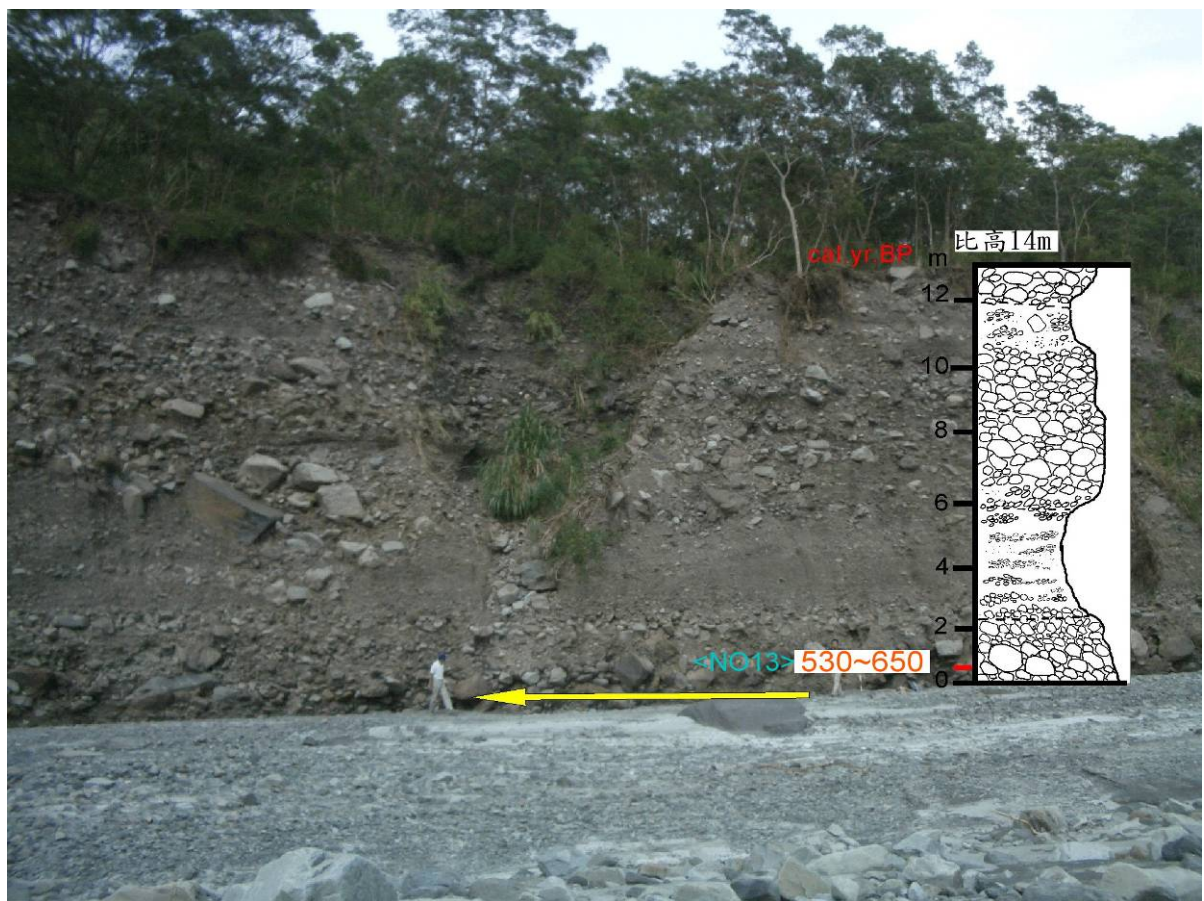


圖 3-33 琉球 NT1 露頭與定年。美秀第四階為主流沈積，其中摻雜不少巨大角礫，顯示沈積來源深受附近支流影響。

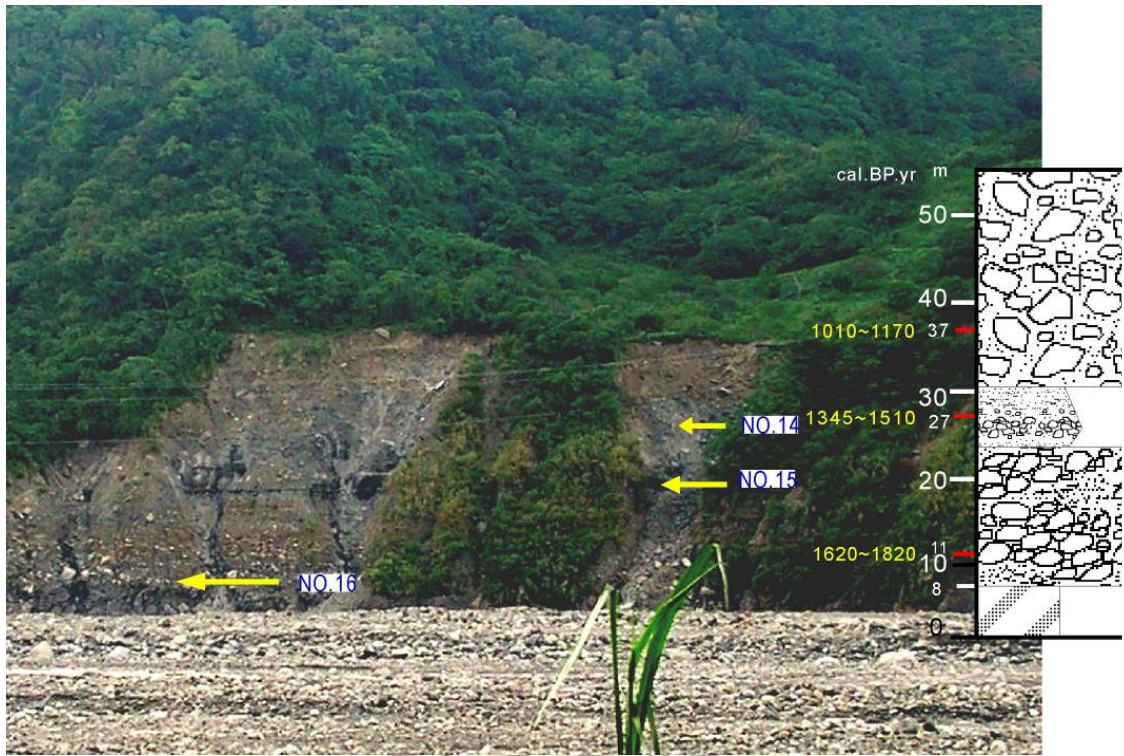


圖 3-34 美秀小階露頭、岩層柱與定年分佈。

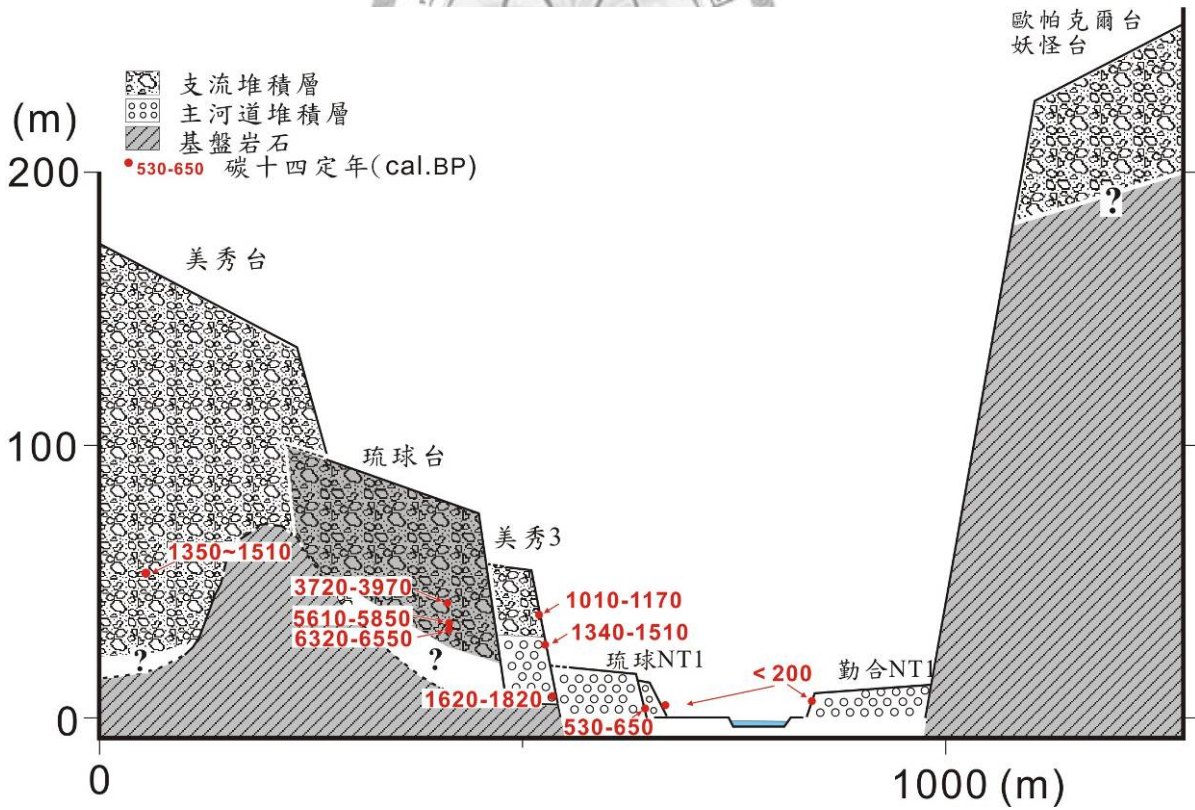


圖 3-35 美秀地區階地剖面與定年卡通圖（面向上游）。虛線問號代表不確定（因未出露）。由圖可知，近兩千年來美秀地區主流至少已歷經三次河流堆積/下切的循環。



圖 3-36 四社地區土石流露頭與定年分佈。黑線以下為基岩，以上為 Gmp 相。



圖 3-37 綠茂小階露頭、岩層柱與定年分佈照。不同年份所拍之露頭階地照，原本覆蓋土石流沈積區域因侵蝕出露基岩。

3.4.3 四社-桃源地區

在桃源一橋南邊，桃源溪右岸有一土石流露頭（圖 3-38），因侵蝕已不可見扇面，基岩最低出露位置比高約 150m，於比高 170m 採集一漂木(NO.20)，定年為 18230~18650 年前。由基岩出露高度除此年代，得此區最快下切速率為 0.82cm/yr。此土石流定年及基岩出露位置皆低於四社 ST5 階之岩盤面位置（比高約 200m），故四社 ST5 階面岩盤生成年代必老於一萬八年前。

3.4.4 綠茂地區

綠茂溪河口左右各有一土石流扇（綠茂 df_1, 綠茂 df_2），沈積相相為 Gmp，為支流堆積土石扇，由公路露頭來看礫石堆積超過 24 公尺，未可見底岩。在兩大土石流扇中，綠茂溪河谷裡有一露頭，為相當小塊僅能由航照判讀出的土石流扇（綠茂 df_3）之露頭出露基岩約 10m，河階高度距綠茂溪河床約 22 公尺（見圖 3-37），岩相沈積為 Gmp，於 11 公尺高之處採到草本碎片(NO.21)，定年為 11820~11950 年以前。df_3 勢必形成晚於 df_1 與 df_2，因此綠茂大土石流扇必老於 12000 年前。

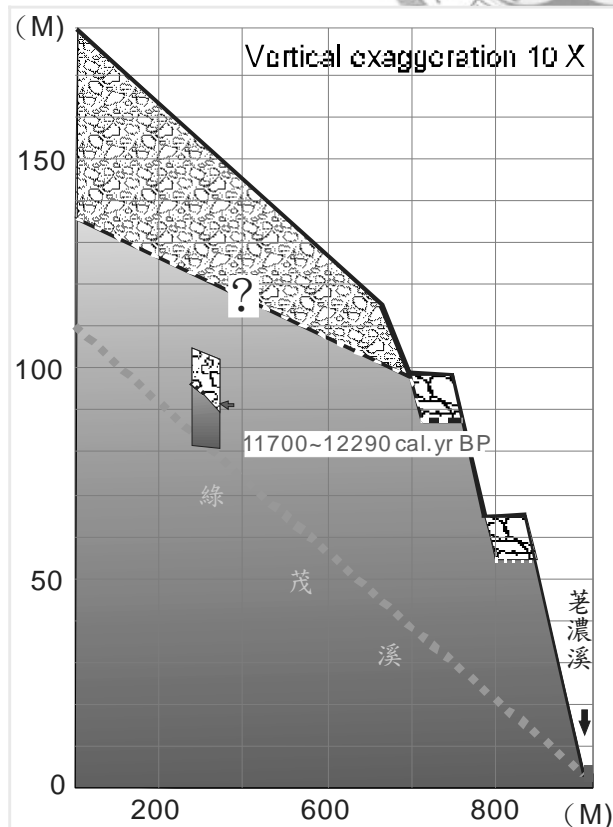


圖 3-38 綠茂沖積扇與綠茂小階關係示意圖。

由以上定年結果的得知，土石流扇的年齡與其比高無關，並且鄰近支流的土石流事件發生時間也無相關。美秀以北採集到的定年遠年輕於四社以南所採集之定年。採集到兩個同地區的主流定年與土石流定年重疊，分別為：

1. NO.4、NO.5(亞之巴 NT5)與 NO.2 重疊 (梅山 df_1)。
2. NO.10(琉球 df_2 東外圍)、NO.15(美秀小階)與 NO.17、NO.18 (美秀 df_1 與美秀 df_2) 重疊。



第四章 分析與討論

4.1 由定年論荖濃溪下切速率與主流演育歷史

我們目的希望得知各個階地的年代，但是目前我們只有主流階地的年代控制。我們將利用主流下切的速率推估各個階地的年代。這個推估需要幾個假設條件：(1) 氣候條件一致。(2) 未受構造影響，兩岸階地並沒有明顯受到活動斷層截切，藉由比對兩岸階地河拔高度結果得知，此區域並未構造因素抬升產生差異，因此我們推論本區整體構造抬升相對穩定。(3) 我們所使用的主流下切速率是指主流下切基盤的速率。藉由基盤露頭具河床的高度除以基盤以上的礫物質定年結果，此為荖濃溪主流下切速度的推估。在美秀小階，基盤高 8m，小階主流之上所覆土石流取得定年為 992~1168 年前，故假設 1000 年前下切，得下切速率為 0.8cm/yr，利用此速率反推各時期主流河階的可能年代。(詳見附表 1)。

4.1.1 第一期 (27000 ~28000 年前，見圖 4-1)

第一期僅在四社有 ST5 階，其岩盤高度約 200 公尺，由下切速率反推結果，其生成年代為 25000 年前。根據四社土石流的定年結果 (NO.20, 18230-18650) 所推測此區最快下切速率為 0.82 cm/yr (見 3.3 節)，我們美秀小階主流河階所估計的荖濃溪的長期下切速率約在 0.8cm/yr。所以我們以下推估皆使用主流下切速率介在 0.7~0.8 cm/yr 之間。推論 ST5 年代應 27000 ~28000 年前左右。

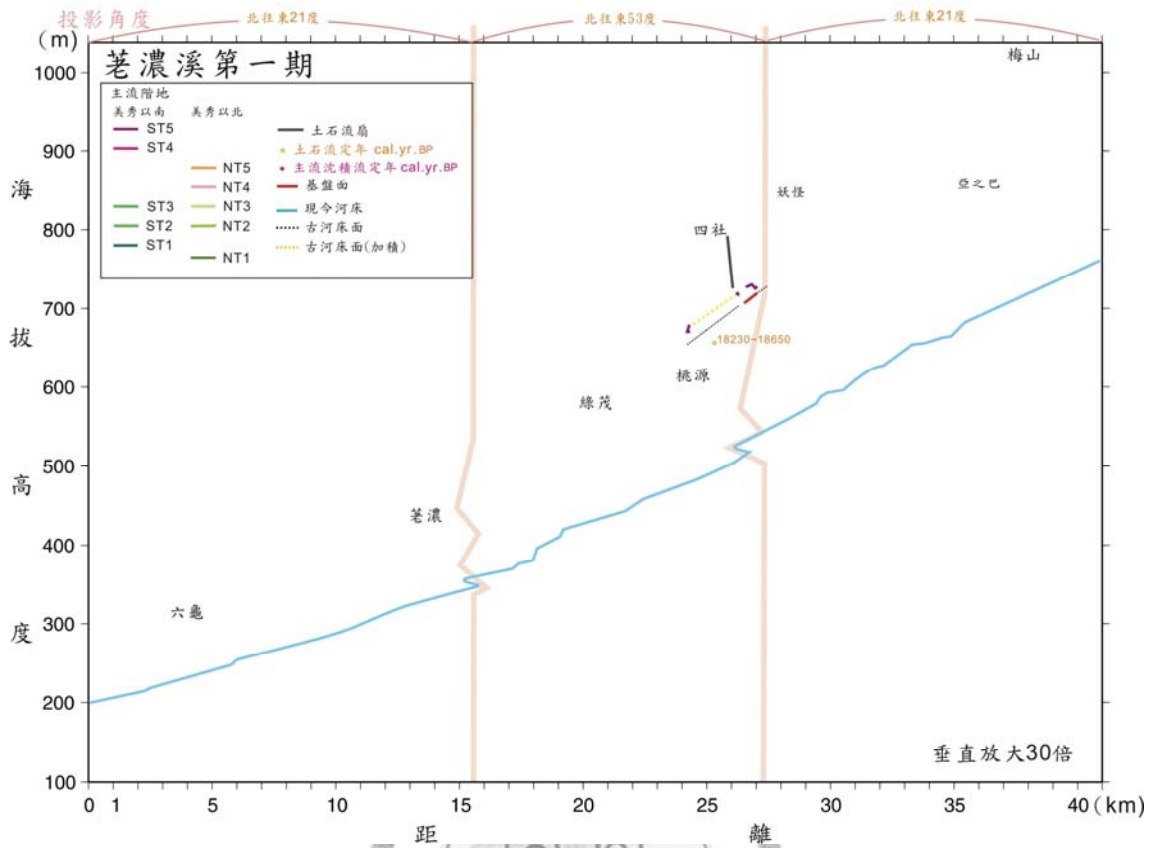


圖 4-1 荖濃溪第一期河流剖面示意圖 ST5 階有可能於兩萬五千年前即形成。

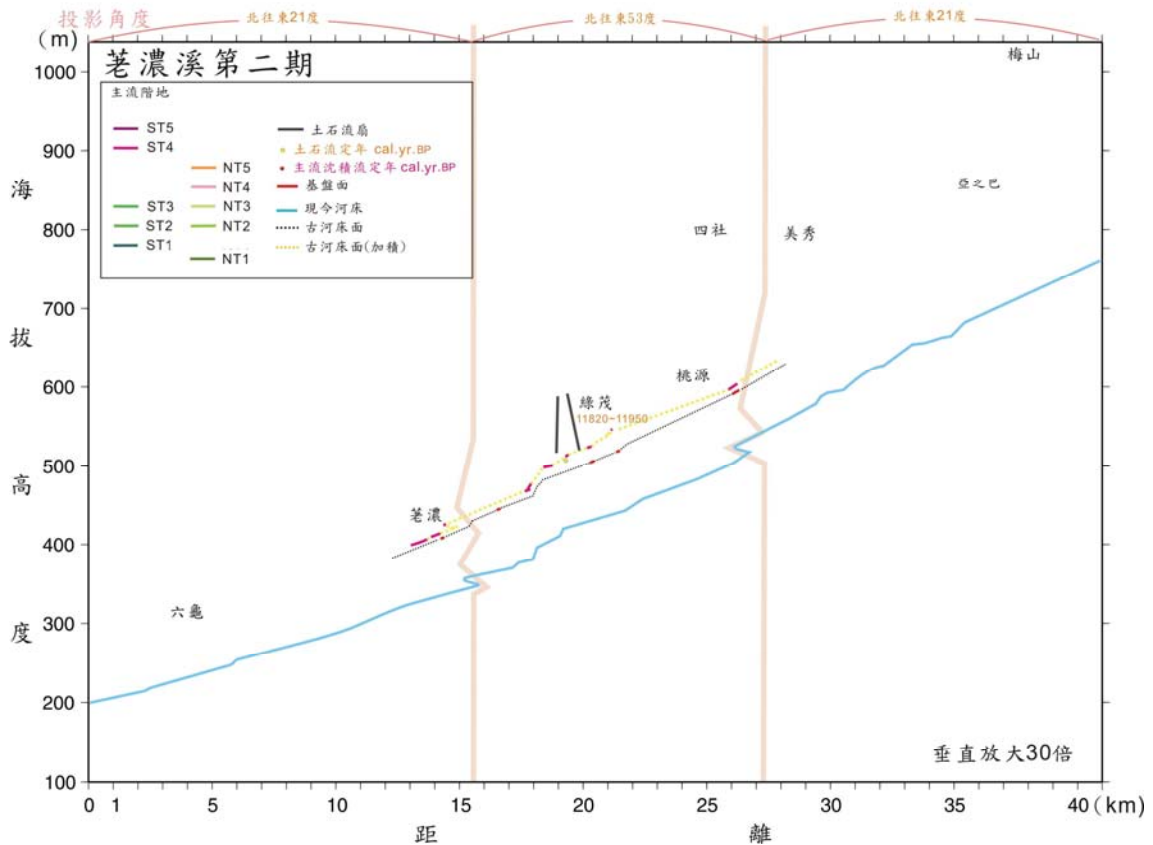


圖 4-2 荖濃溪第二期河流剖面示意圖。

4.1.2 第二期 (8750~11500 年前, 見圖 4-2)

第二期在綠茂與荖濃間有較連續 ST4, 最北至桃源有一階。我們在綠茂土石流小階所得定年為 11820~11950 年前 (NO.21), 其所推估的下切速率為 0.7cm/yr。與我們於第一期所推估的下切速率近似。在野外觀測到的岩盤高度在寶來以南約 70~75m, 在綠茂~四社約 80m, 所以年代分佈為 8750~11500 年前。

4.1.3 第三期 (3000~5400 年前, 見圖 4-3)

亞之巴北方梅山 NT3_1 階岩盤高約 38-65 公尺, 反推年代介於 4700~9000 年前之間; 然而下游 ST3 的岩盤面平均約 27-38 公尺, 故反推年代約 3300~5400 年前。但是, 北邊亞之巴 NT5 階出露基岩高為 41.5 公尺, 定年為 3160~3350 年前之間 (NO.4、NO.5), 其推估的下切速率 1.4cm/yr, 明顯比我們所使用的速率來的快, 此結果顯示上游的下切速率比較快。原先在推估第三期階地年代時, 我們仍用 0.7~0.8 cm/yr 推估顯然與事實不符, 但是第三期的岩盤其合理生成年代主要分佈為 3000~5400 年前。因此我們假設第三期的階地形成約在此時, 因此所回推回來的下切速率(表 4-1): 下游 0.5~1.0cm/yr(六龜-寶來), 中游 0.7~1.3cm/yr(舊社), 上游 1.2~2.2cm/yr(復興-梅山)。

表 4-1 第三期主流河階所逆推出來的各區域下切速率

地區	六龜	新開	荖濃	寶來	綠茂	舊社	四社	美秀	復興	梅蘭	樟山	梅山
基盤高 (m)	27	29	28	30	-	38	-	-	38	41	50	65
5400 年	0.5	0.5	0.5	0.6	-	0.7	-	-	0.7	0.8	0.9	1.2
3000 年	0.9	1.0	1.0	1.0	-	1.3	-	-	1.3	1.4	1.6	2.2

由定年結果與岩相得知, 亞之巴 NT5 至梅蘭 NT5 階地形成與梅山土石流扇相關 (見 3.3.1 節), 相信因受梅山大規模土石流而造成主流局部加積形成, 所以範圍僅存在於上游, 其時間為 3160~3350 年前。

土石流的加積事件也反映在 NT4 的階地之上, 樟山、梅蘭至復興以北的 NT4

階則為另一次受其他土石流影響的局部加積，或是由 NT5 階下切曾暫緩下切遺留之河階，其時間應年輕於 3000 年。

ST3 是荖濃溪空間連續性最為良好的河階，也是四社以南的主流河階，沈積層較厚的階群，也許是跟上游有大量土石流提供主流沈積物之關係，ST3 階地的年代結果在 3300~5400 年前。

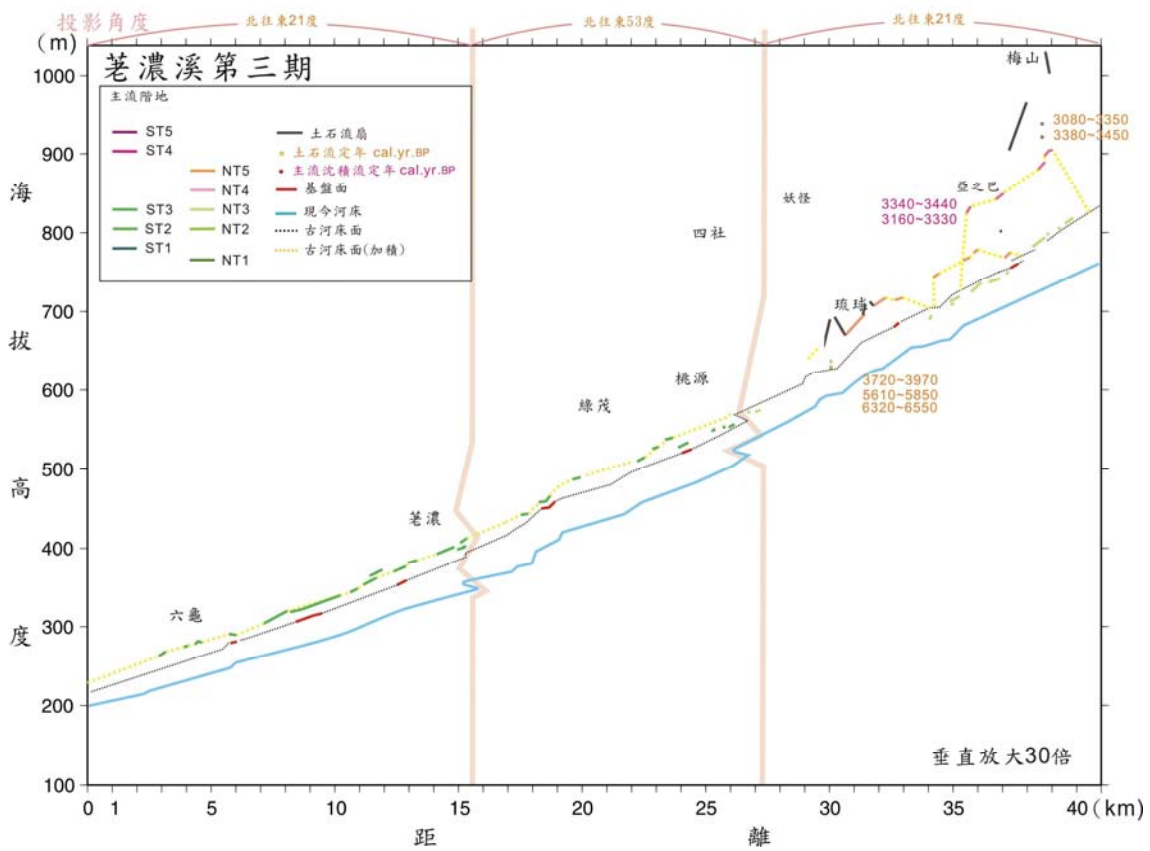


圖 4-3 荖濃溪第三期河流剖面示意圖。

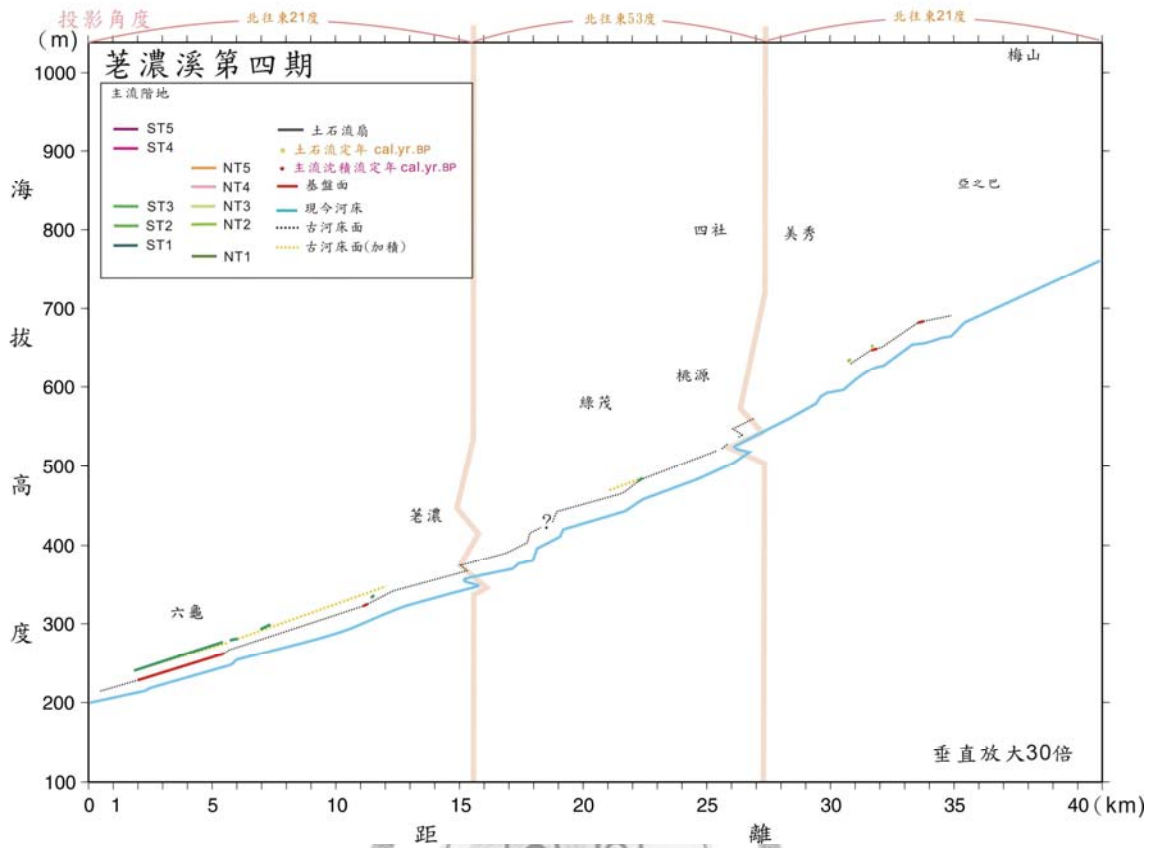


圖 4-4 荖濃溪第四期河流剖面示意圖。

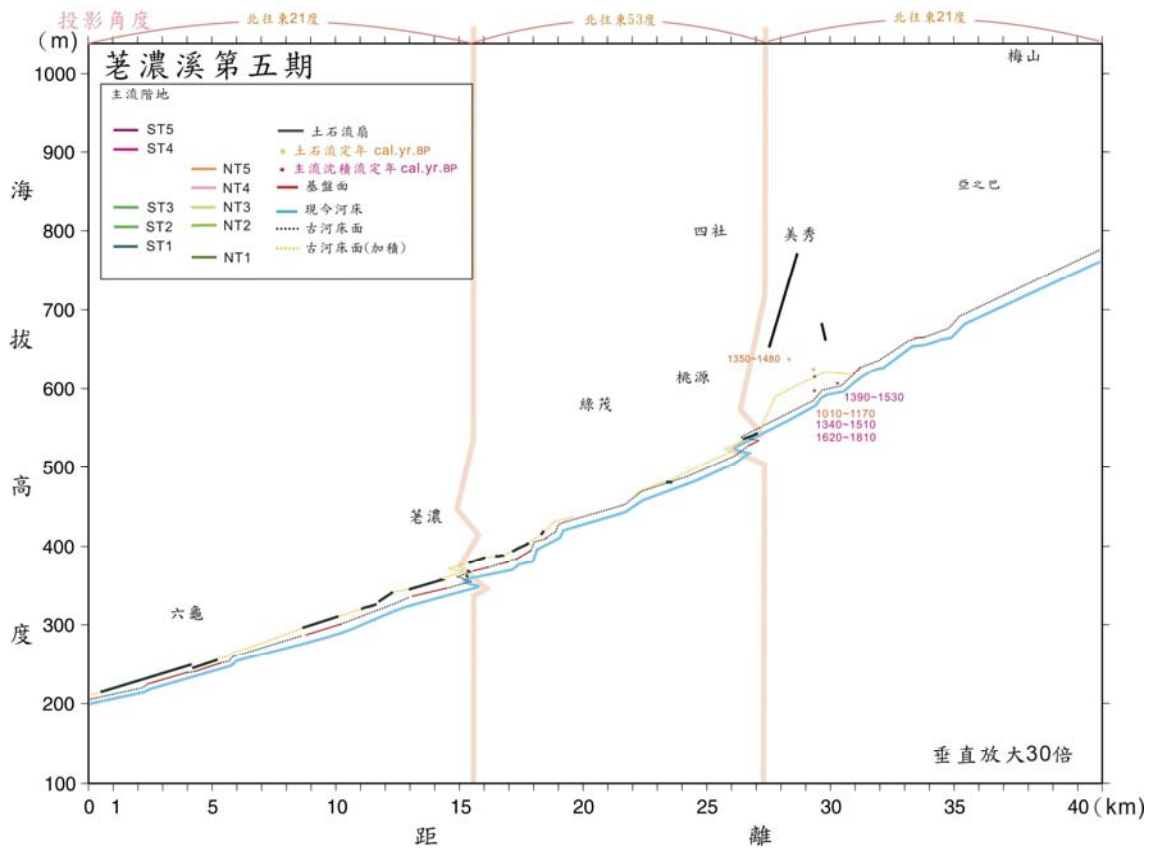


圖 4-5 荖濃溪第五期河流剖面示意圖。

4.1.4 第四期 (2100~2800 年前, 圖 4-4)

第四期僅在六龜有廣大的階地, 其岩盤高度約 17~20 公尺, 以 0.7~0.8cm/yr 下切速率計算, 約 2100~2800 年前生成。

4.1.5 第五期 (900~1800 年前, 圖 4-5)

ST1 由寶來以南有良好的階地分布, 四社至寶來因河谷狹窄較為零星。美秀地區僅美秀小階下有 8m 的基盤面延續, 而至琉球以北較無相似高度岩盤面。

由基盤面的高度回推年代, ST1 生成約 900~1800 年間。導致下游堆積作用的起因可能為美秀土石流扇(見 4.2.2 節)。

藉由定年結果所推估的荖濃河流域平均下切速率 0.7~0.8 cm/yr, 並有上游較快的現象 (1.4 cm/yr)。此結果暗示, 此區域穩定抬升的速率也大致是如此。



4.2 荖濃溪大規模土石流扇

現今，大部分的荖濃溪河段，河床是堆滿礫石，但兩岸已出露基岩約 5~10m。在冬季乾枯河床中，部分地區河床可見底岩，顯示荖濃溪呈現堆積與侵蝕營力的動態平衡狀態中。較為例外的河段為美秀、琉球一帶，有明顯的堆積現象。根據歷史新聞（高雄縣新聞網，2006/08/06），93 年敏督利颱風過後，兩年內堆高超過五公尺，甚至接近台 20 線之路面。96 年夏季過後，觀察到布唐那布斯溪（琉球）再次有小規模土石流，土石流扇向外擴展並沖毀部分上一次土石流遺跡（見圖 4-6），擴展的土石流扇導致荖濃溪被推擠至河床東側，河道縮減導致布唐那布斯溪河口上游，出現一個小小的堰塞湖（見圖 4-7），河水淹漫範圍約 700 公尺，在發生初期也許可淹至 1 公里遠，在堰塞湖以北的河段，主流堆積的行為並不明顯，而在緊鄰新土石流扇下游的主流堆積最明顯，以往可見基盤跟採集定年處已被堆



圖 4-6(a)(b) 布唐布那斯溪口土石流堆積變化。a 圖為 2006 年 2 月琉球土石現生扇堆積狀況，b 圖為 2007 年 9 月土石流堆積狀況。可見土石流扇向外延展並且沖刷掉或覆蓋過去土石流扇的遺跡。



圖 4-7(a)(b) a 圖為布唐布那斯溪北邊小堰塞湖，b 圖為三年前於荖濃溪河床所拍照的露頭，a 圖顯示堰塞湖之河水已淹沒原本出露基岩⁵⁴的一半，河水大約淹高 4~6m。

積掩埋。

而在美秀越域引水的區域，原本被疏浚挖蝕的區域再度淤積回來，主流加積約 5m。無論如何，在一次規模不大的土石流事件中，我們可以觀察出在河谷不寬的山區河流行為受其影響，那麼已知荖濃溪有數個巨大的土石流扇，則會如何對荖濃溪的河流演育造成什麼影響？本節將幾個主要土石流扇，依年輕到老往前回溯，推算當時土石流扇可能分佈的範圍及影響。

4.2.1 梅山、琉球土石流扇

由琉球土石流扇之定年結果 (NO.6) 約於四千年前發生多次大規模土石流 (見 3.3.2 節)。地形上，濁水台雖然平坦但仍有琉球與薩爾巴台土石流扇的地形面，如果薩爾巴台土石流為差不多時間發生，與琉球聯合，因此土石流發生時雖然堆積厚度可能只有四、五十公尺 (見圖 4-9)，但量與範圍足以填滿此區河谷並造成堵塞，也使上游來的沈積物於此堆積，因此至復興以南至琉球的 NT4 階，可能為此原因形成的 NT4 的主流河階 (見圖 4-8 與圖 4-9 黃色區域 A)。

梅山土石流約於三千年前發生 (定年：NO.1、NO.2)，並且由野外露頭顯示是超大規模且快速堆積 (見 3.2.1 與 3.3.2 節)，堆積厚度可大於 170m。在河道受堵的情況下面，主流側蝕形成梅山 NT5_1 與梅山 NT5_2 之岩石階 (見圖 4-10)，而梅山土石流扇影響的主流加積形成延伸至梅蘭地區的 NT5 階 (見圖 4-8 與 4-9 黃色區域 B；可同時參考 4.1.1 節)。

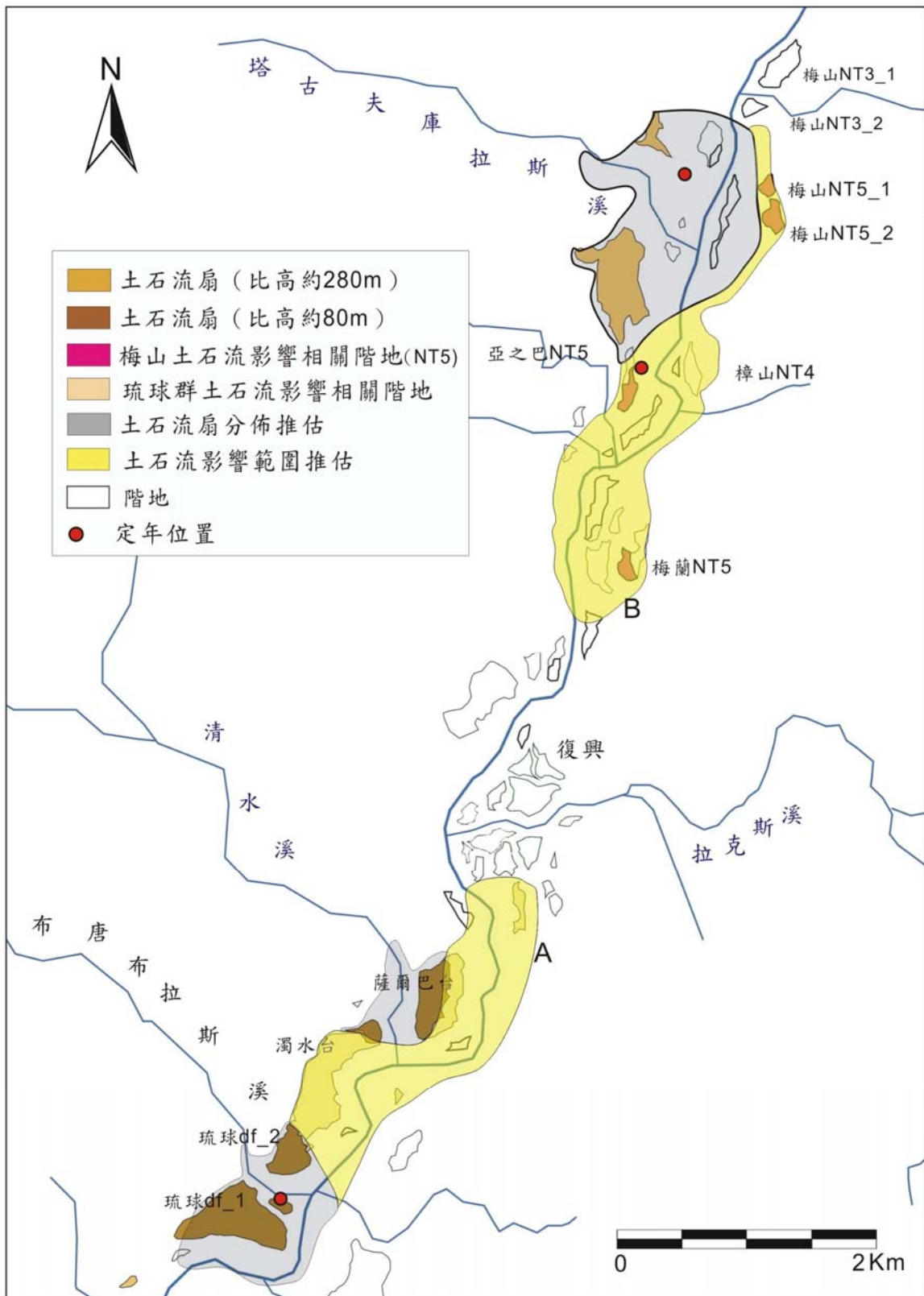


圖 4-8 梅山至琉球一帶土石流分佈與主流加積想像圖。淺灰色為土石流分佈範圍，黃色部分為受土石流影響加積部分（對應圖 4-13）。黃色區域 A 為受琉球一帶土石流扇所堰塞而加積。黃色區域 B 為受梅山大規模土石流發生而加積部分。

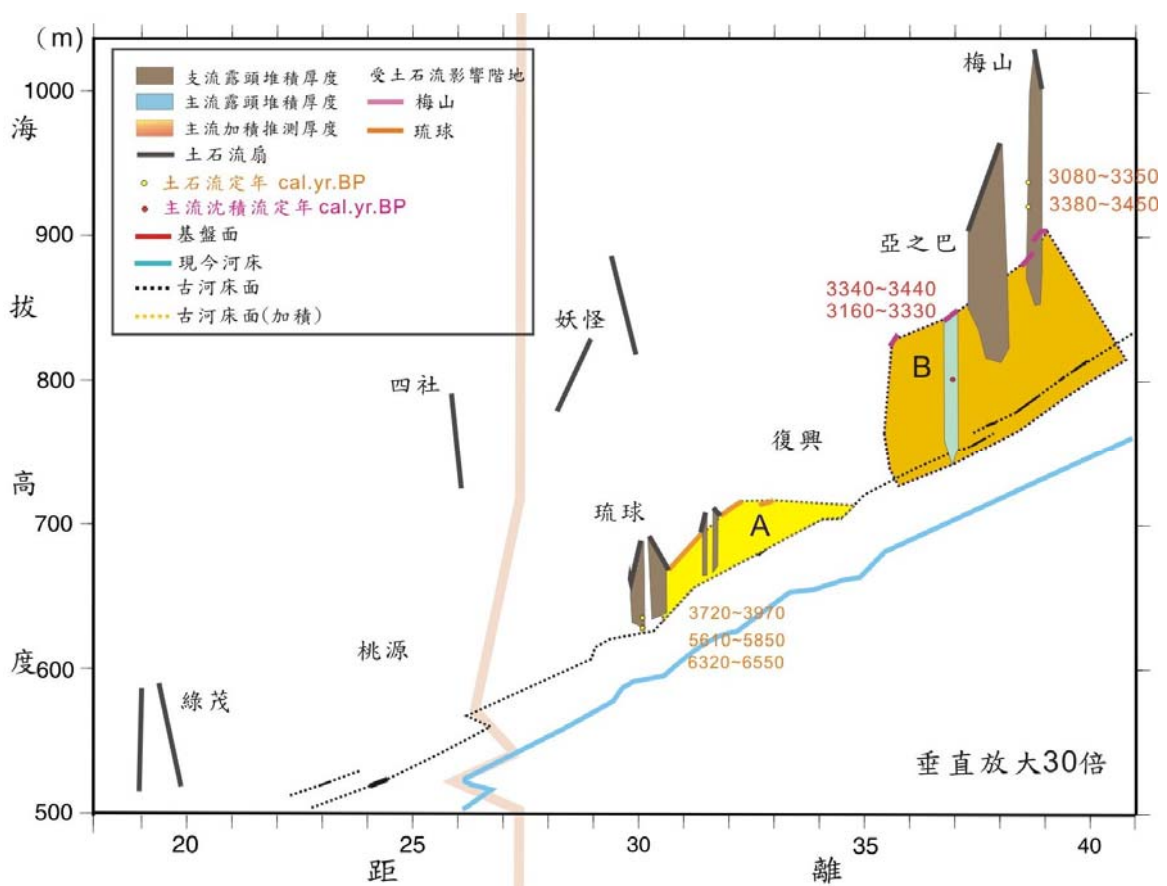


圖 4-9 梅山至琉球土石流扇與主流加積剖面示意圖。A 區為四千年前琉球一帶土石流扇影響而成。B 區為三千年前梅山土石流扇影響的主流加積範圍。

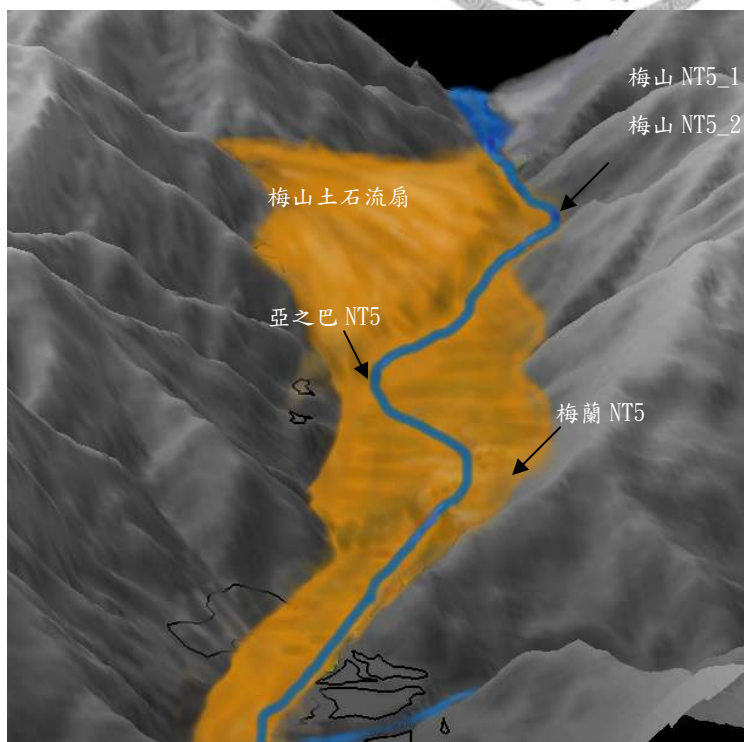


圖 4-10 梅山土石流扇與主流加積立體想像圖。

4.2.2 美秀土石流扇

美秀土石流扇依二定年結果 (NO.17,NO.18) 得知，在 1300~1500 年之間曾發生數次大規模土石流 (見 3.3.2 節)。由於位於其北方的美秀小階之主流定年，與其土石流定年相近 (見圖 4-10 與 4-11)，所以推論其土石流的往北擴展不超過美秀小階。南邊由少年溪口的露頭 (見圖 3-32) 為主流沈積物，推論不超過少年溪口，分佈範圍約圖 4-10 之灰色區域。當時土石流堆積得相當快速厚實，最厚可達 130m (圖 4-11 之桃紅色區域)。受其土石流影響而主流加積，依少年溪露頭可達 50~70m (圖 4-11 黃色區域)。

此外，此區也有年輕 1300 年的土石流發生。由較老的琉球土石扇 (約四千年前，見 3.3.2 節) 得知其南端上覆蓋向北傾的年輕土石扇 (見 3.2.3 節)。推測年輕土石扇相當於美秀小階的頂覆蓋著土石流堆積物，其定年結果年代約一千年前。一千年前又再次發生大規模土石流，以一千四百年前的土石流扇為基礎往北延伸擴展。

巨大規模的土石流扇必淹滿美秀河谷，形成許多與其他區域無法對比的階地 (見圖 4-11，紫紅色階地)。其一，美秀 df_2 對岸一岩石階地有基盤面其比高無法上下游對比，推論其為荖濃溪因土石流扇的堵住被迫河道往東邊的山壁而侵蝕出來。其二，在四社 ST5_1 至四社 ST1 之間有多階無法比對的階地，皆為狹小的岩石階地 (見圖 3-19)，這些階地大多發生於美秀大型土石扇之下游，階地周圍的河道相當狹窄，推測為美秀大型土石扇加積後快速下切的結果。快速下切的作用在四社主要形成比高 60m 與比高 115m 的兩個階地。此二階地暗示此區域大規模的土石流在此發生至少兩次。

另外，歐帕克爾與妖怪為一組此區最高的土石流扇，可能涵蓋面積大於上述二次土石流事件，表示在 1500 年之前此區早有發生大規模土石流，ST5_1 下方的岩石階(比高 170m)也有可能為其相關下切形成之階地。由上述證據得知，此區域曾發生多次大規模土石流事件，其中兩次甚至年輕於 1500 年，並造成無法與主流河階對比之階地。

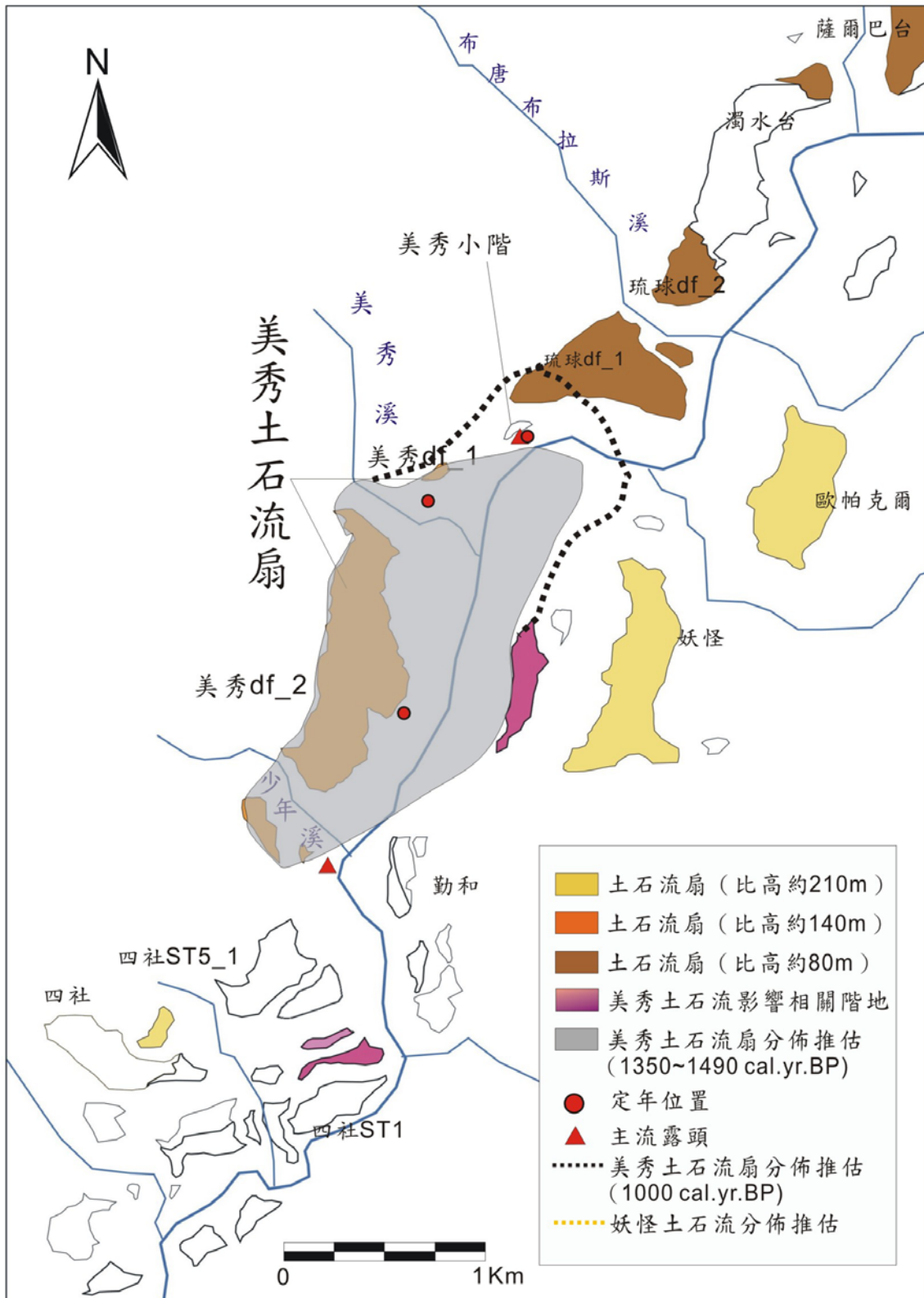


圖 4-11 美秀土石流扇發生之推估範圍。淺灰色區域為美秀約一千四百年前大規模土石流扇分佈可能範圍。黑色虛線為一千年前有再次的土石流往北擴展之範圍。四社 ST1 至 ST5 間有多階狹小無法對比之階地可能受美秀此區多次大規模土石流影響而造成。

4.2.3 綠茂、建山土石流扇

綠茂土石流扇堆積厚度約 20~40m，比起前述的土石流規模小，雖然綠茂河谷狹窄，但因為土石流規模不大加積材料容易被帶走，因此土石流加積無法久留，又或河谷狹窄證據容易被侵蝕殆盡。建山土石流扇堆積厚度與綠茂相當，建山以南又為寬廣的河谷因此較難堆積阻塞現象。因此此區並無任何因土石流加積而形成的河階。

綜觀上述土石流事件發現大規模土石流皆發生在上游。自四社以北，可見在大規模土石流會造成河流的堵塞與局部的加積的現象。局部加積所形成的主流河階，造成對比上的困難，我們在在定年結果的輔助之下，得以釐清土石流事件的影響。使我們必須重新考慮台灣地區的利用河拔高比對河階的方法，在土石流影響區域是否需要重新評估。



4.3 土石流扇時空分佈差異之分析

已知荖濃溪的主流階地，受控於主流沈積物供給。而沈積物來源多為土石流，而荖濃溪土石流扇時空分佈特性為，土石流扇多發生於右岸支流（見圖 3-1），四社以北土石流扇較年輕。發生土石流的要件主要為：(1) 土石流材料 (2) 坡度 (3) 降雨。因此就可能影響以上因素探討：

4.3.1 荖濃溪區域土石流材料供給

荖濃溪介於中央山脈地質區與西部麓山帶地質區之間（圖 2-1）。中央山脈地質區以板岩和變質砂岩為主；西部麓山帶地質區，以頁岩和砂岩為主地層構成。右岸支流多發源於地層較為鬆軟的西部麓山帶地質區。鬆軟的地層容易更多的土石流材料，因此較左岸支流更易發生土石流、崩塌事件。

4.3.2 荖濃溪沿岸坡度分析

坡度差異反映土石流發生的次數與規模，從荖濃溪坡度分析得知，右岸比又左岸來的陡峭，此結果暗示右岸具有較大的土石流發生潛力。右岸支流數較多，河流長度及流域面積遠較左岸來的小（圖 4-14）。支流多為一級至二級河且近主流匯口處，支流上游若發生崩塌，其生成之土石流則因坡陡流急、支流短小，大量的土石因而直接的堆積於主流之上，形成土石流扇。相較之下，左岸支流上游若發生崩塌，因有較長的搬運距離，至匯流口之前也因坡度較緩，土石堆積物則會在停留在坡度變緩之處，而較不會有土石流扇生成（圖 4-15）。

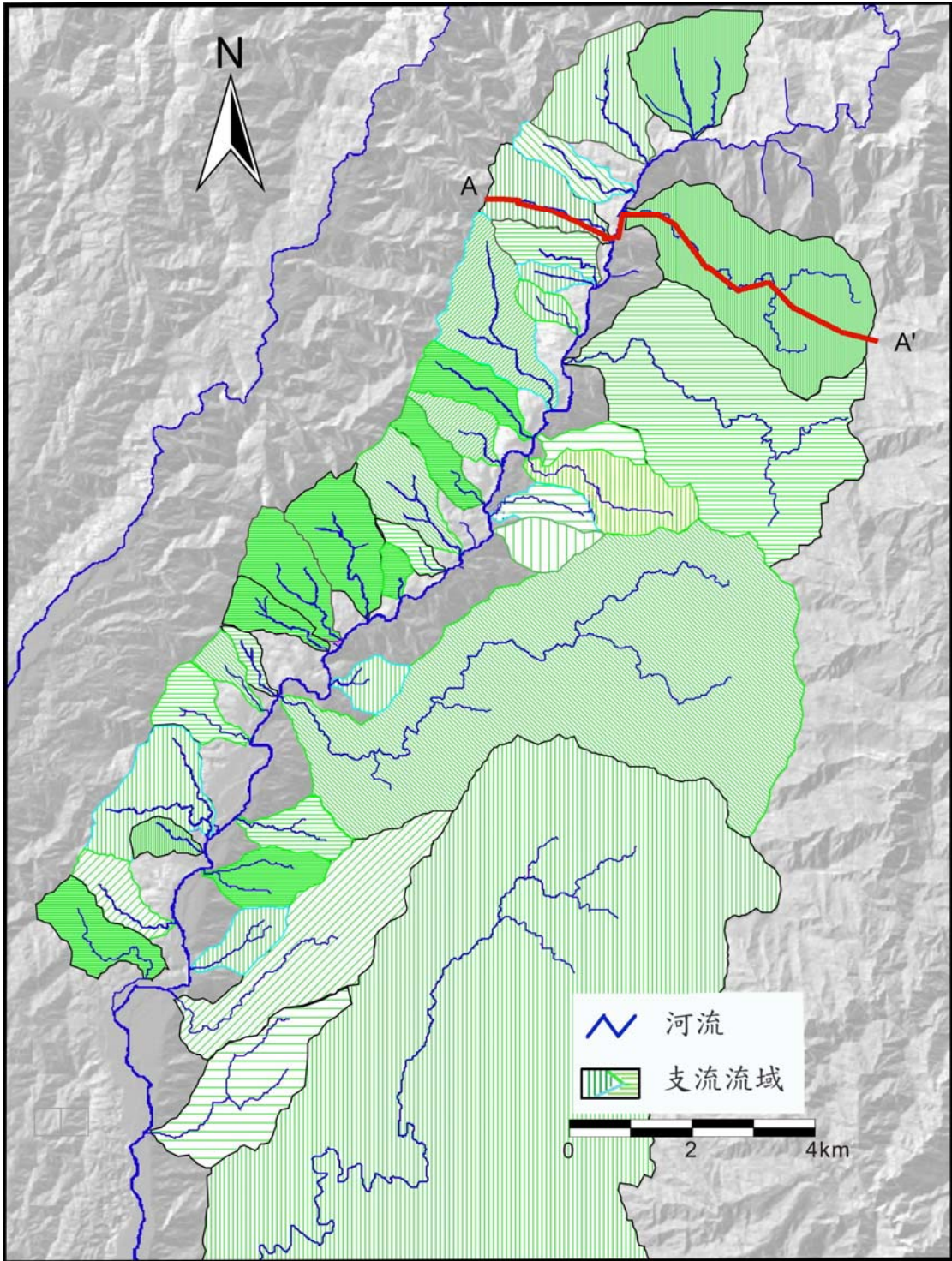


圖 4-14 荖濃溪右岸的支流面積明顯較左岸來的小。

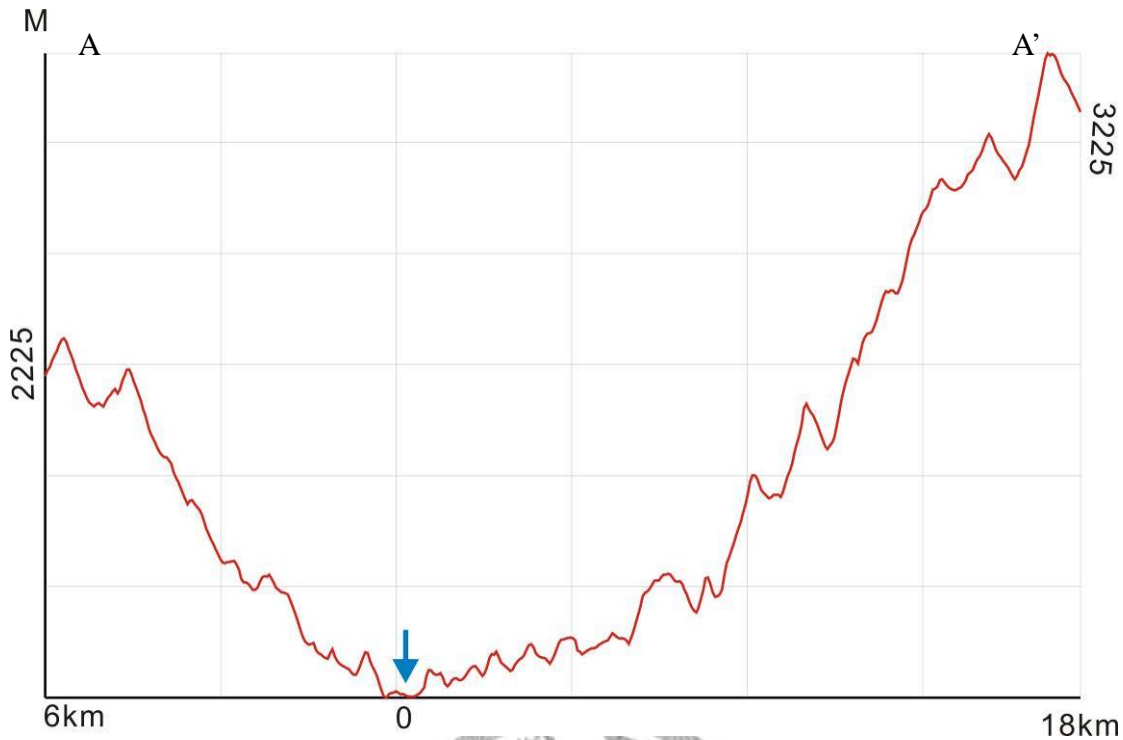


圖 4-15 兩岸支流剖面。玉山山脈側的支流流域在近荖濃溪的坡度較中央山脈陡峭。

由於土石流扇多發生於玉山山脈側，且自美秀以北，土石流扇多年輕於四千年，完整大規模土石流扇止於建山。因此針對玉山山脈地區，每 2x2 公里為一格算其中平均坡度（見圖 4-16）。可見自建山以北，平均坡度大於 25 度，自四社以北，坡度多大於 30 度，整體趨勢有欲往北坡度愈大。因此坡度可能為控制土石流發生主因之一。

另外，假設一支流流域因發生土石流，照理說此支流流域坡度將會平緩，而不再發生土石流，然而今日我們可見玉山山脈北方的支流土石流扇相當年輕，卻坡度仍較陡，顯示玉山山脈可能北邊隆起速度較南邊為快，因而北邊的土石流扇一再地發生而無保留較老的土石流扇。

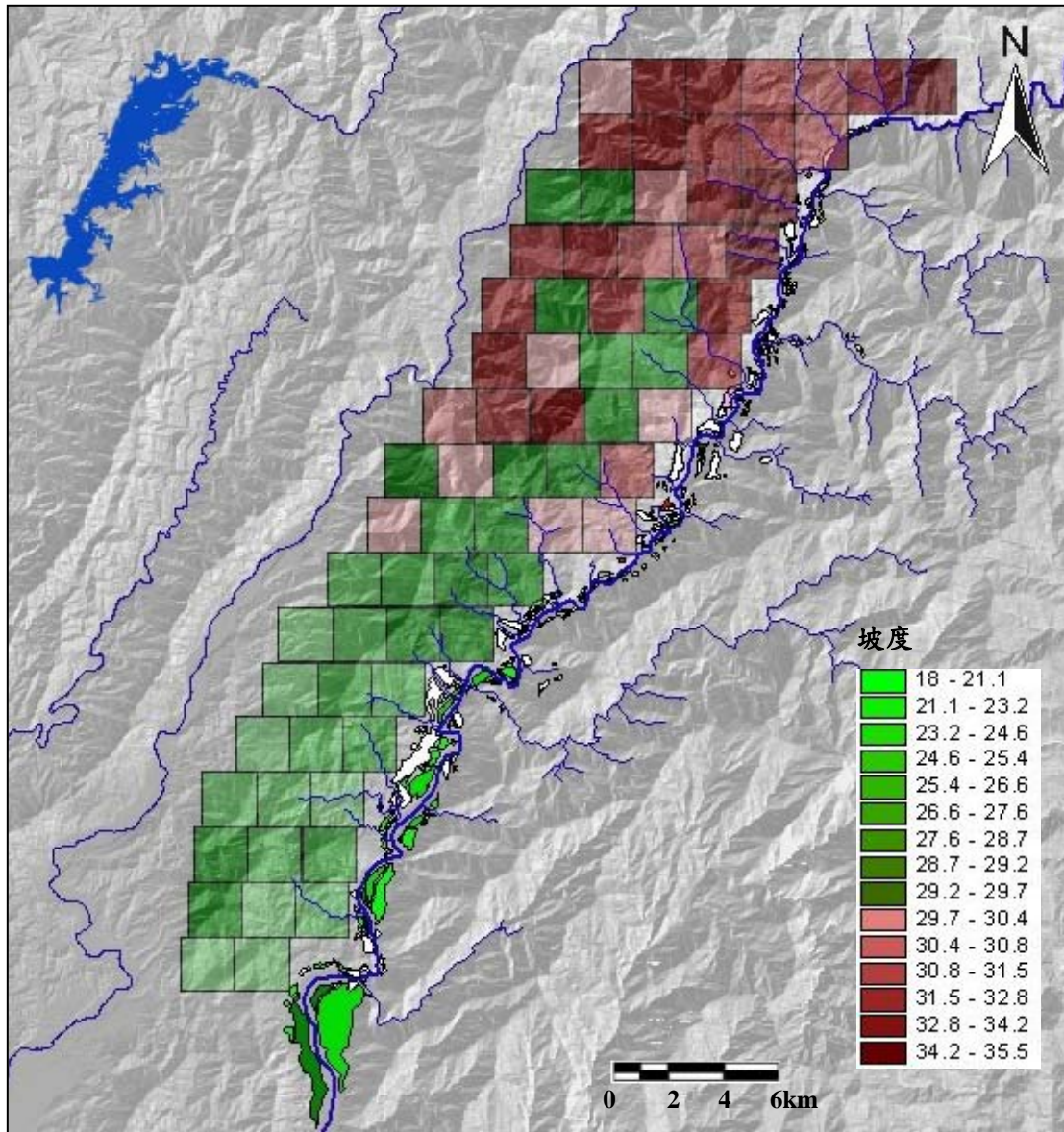


圖 4-16 玉山山脈的坡度變化。以 2x2km 為一方格算平均坡度。結果顯示，玉山山脈越北山脈坡度越陡。

4.3.3 氣候因素

根據孢粉記錄，台灣兩萬年前氣候相當乾冷，17000 年前左右開始和暖較為暖濕，13000 年前迅速變暖且雨量增加；11000 至 10000 年前則有相當於新仙女木期的氣候回暖事件。至 10900 年前隨著全新世的到來，台灣明顯由冷乾的冰期型氣候轉為暖濕，其中 7900 至 5600 年前間最暖；中期以後氣候有轉涼並略乾燥的趨勢，在 5000 至 3700 年前間轉冷，直到約 2000 年前，氣候再次轉為暖濕(Liew & Huang, 1994；劉平妹等，1994；劉平妹、郭兆敏，1996；曾美惠、劉平妹，1996)。本研究顯示大規模土石流發生時間主要集中為：一萬八千年前、一萬兩千年前、四千

~三千年前、一千五百年前。與比較上述胞粉記錄，土石流並無在最溫暖潮濕的時期（7900~5600年前）發現有大規模土石流證據，反而與氣候轉變有關。本研究最早的兩次土石流時間與氣候轉變時期重疊。

但四千年以來並無明顯的氣候變化，無法解釋近期的大規模土石流事件。這些近期的土石流主要發生在美秀以北，因為年代年輕土石流所產生之堆積尚未被侵蝕搬運，固有較多的土石流扇階地被保存下來。比對全台灣以研究之堆積性階地(圖3-17)(謝孟龍,2007)，同樣在近五千年有較多的土石流事件被紀錄。一萬年前的大型土石流，因河床下切與階地已被抬升較高，侵蝕作用不易到達，因而保留下來。

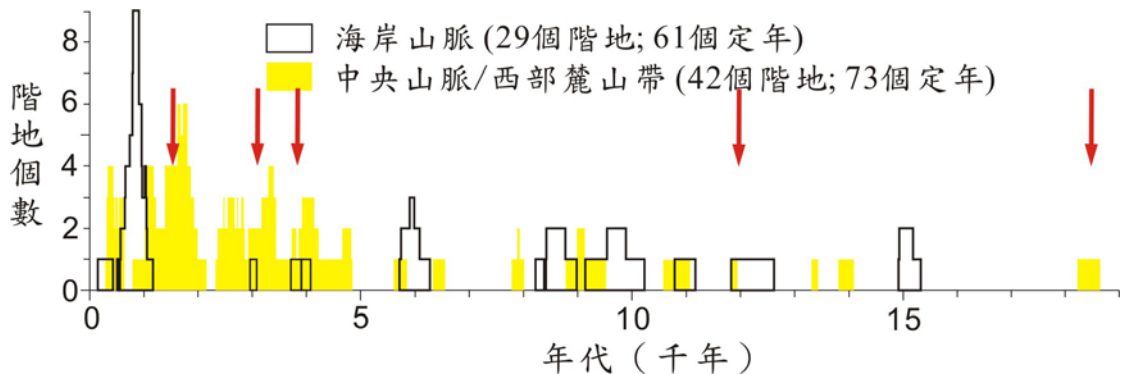


圖 4-17 全台與本研究區階地分佈。本研究區土石流階地年代分佈（紅色箭頭）與全台階地年代分佈（已包含本研究區階地）（謝孟龍, 2007）。

綜上所述，荖濃溪支流土石流扇集中於右岸的因素為地質及支流特性。此外，又因玉山山脈的北陡南緩，導致美秀以北的支流較易重複發生土石流，因而年代較為年輕。長時間氣候記錄，僅顯示最暖濕時期無大規模土石流證據。

第五章 結論

本研究經由河階比對、野外調查及定年結果的分析與討論，歸納以下幾點：

1. 荖濃溪主流河階自桃源大致分為南北兩群：NT 群河階屬於堆積性河階，年代多年輕於 5000 年。ST 群河階為侵蝕型河階，ST4,ST5 老於一萬年，ST3、ST2、ST1 廣大的岩石基盤面也顯示其側蝕生成時間也較為長久。
2. 荖濃溪的長期下切速率約 0.8cm/yr 較為合理，並且有上游較快，下游較慢之現象。本研究將荖濃溪演育大至分為五期。第一期 27000 ~28000 年前。第二期為 8750~11500 年前，第三期為 3000~5400 年前，第四期為 2100~2800 年前，第五期為 900~1800 年前。
3. 美秀以北的土石流規模較以南的大且年輕，並可能造成荖濃溪的堵塞與局部加積。局部加積影響所形成的主流河階，也造成荖濃溪河階上下游對比上的困難。
4. 荖濃溪支流土石流扇集中於右岸的因素為地質及支流特性。因玉山山脈北陡南緩，導致美秀以北的支流較易重複發生土石流，因而年代較為年輕。

參考文獻

- 中央地質調查所 (2000) 五十萬分之一台灣地質圖。
- 中國石油公司 (1971) 台灣西部二十萬分之一地質圖。
- 中國石油公司台探總處 (1992) 高雄-屏東地質圖，中國石油公司出版。
- 林朝榮(1957) 臺灣地形，臺灣通志稿卷一，土地誌，地理篇，臺灣文獻委員會，1，424 頁。
- 林偉雄 (1999) 荖濃溪做為台灣南部新、古第三係界線斷層的檢討 經濟部中央地質調查所彙刊第十二號，第 1-24 頁。
- 何春蓀 (1997) 台灣地質概論—台灣地質圖說明書，增訂二版，經濟部中央地質調查所，共 164 頁。
- 郭兆敏、劉平妹 (2000) 台灣中部大社盆地自上次冰盛期以來的植被及氣候變遷，中國地質學會會刊 43 卷 3 期，pp.379-392。
- 鳥居敬造 (1933) 高雄州旗山油田調查報告。台灣總督府殖產局，第 633 號。
- 富田芳郎 (1972) 臺灣地形發達史の研究，古今書院，第 113-119 頁。
- 曾美惠、劉平妹 (1994) 台北盆地二萬年來包粉組合與古環境初探，台灣之第四紀第五次研討會論文集，pp.38-41。
- 黃美璇(2001) 荖濃溪流域之河階地與地形演育，國立高雄師範大學地理學系碩士論文，共 134 頁。
- 張瑞津、石再添、楊淑君、林譽方、陳翰霖、董德輝 (1995) 高屏溪谷與潮州斷崖沖積扇的地形學研究，師大地理研究報告第 24 期，第 39~84 頁。
- 陳肇夏、莊德永 (1989) 台灣中央山脈西南翼之地質，兼論中央山脈的一些主要構造。經濟部中央地質調查所彙刊，第五號，pp.1-18。
- 陳勇全 (1993) 六龜地區礫岩沈積環境與潮州斷層之研究，台灣大學地質所碩士論文，共 97 頁。
- 齊士崢 (1998) 荖濃溪流域的地形演育，行政院國科會 87 年度專題研究計畫。
- 楊貴三 (1986) 台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

文化大學地理學研究所博士論文，共 178 頁。

詹新甫 (1964) 台灣南部楠梓仙溪流域之地質。中央地質調查所彙刊，第十五號，
第 57-64 頁

劉平妹、黃淑玉、郭兆敏 (1994) 台灣中部全新世的古氣候變遷趨勢初探，台灣
之第四紀第五次研討會論文集，pp.107-109。

劉平妹、郭兆敏 (1996) 頭社盆地沈積物花粉組合中心仙女木期氣候變化，台灣
之第四紀第六次研討會論文集，pp.251-253。

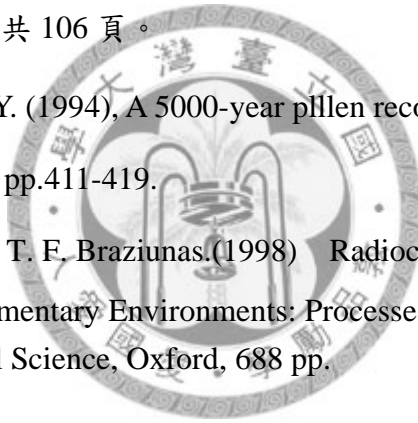
謝孟龍 (2007) 台灣河階研究地形的研究、回顧與展望。經濟部中央地質調查所
特刊，第十八號，第 209-242 頁。

龔琪嵐 (2002) 楠梓仙溪流域與荖濃溪流域之地形演育研究，國立高雄師範大學
地理學系碩士論文，共 106 頁。

Liew, P. M. and Huang, S. Y. (1994), A 5000-year pollen record from Chitsai Lake,
central Taiwan: TAO5, pp.411-419.

Stuiver, M., P. J. Reimer & T. F. Braziunas. (1998) Radiocarbon 40, pp.1127-1151.

Reading, H. G. (1996) Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy,
3rd Edition. Blackwell Science, Oxford, 688 pp.



附錄 各地區岩盤高度與各期河階年代反推 (黃色為年代推估之依據)

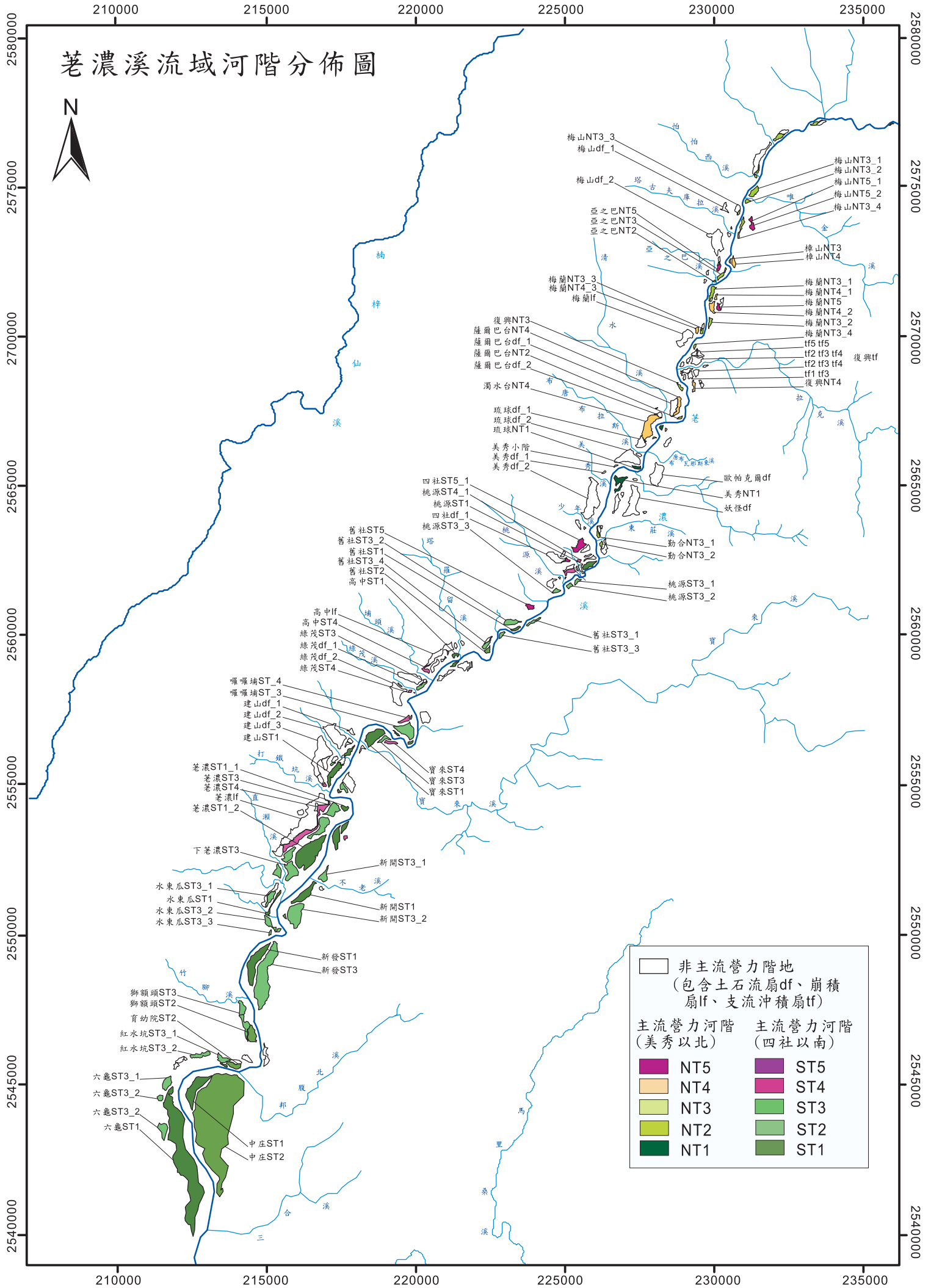
地區	六龜	新開	荖濃	寶來	綠茂	舊社	四社	美秀	復興	梅蘭	樟山	梅山	年代推估範圍
第一期													25000~28000
基盤高(m)							200						
0.7 cm/y							28571						
0.8 cm/yr							25000						
第二期													8750~11500
基盤高(m)			70	75	80	60	80						
0.7cm/yr			10000		11428		11428						
0.8cm/yr			8750	9375	10000		10000						
第三期													3300~5400
基盤高(m)	27	29	28	30		38			38	41	50	65	
0.7cm/yr	3857	4142	4000	4285		5428			5857	7140	9285		
0.8cm/yr	3375	3625	3500	3750		4750			4750	5125	6250	8125	
1.2 cm/yr	2250	2417	2333	2500		3166			3166	3416	4166	5417	
第四期													2100~2800
基盤高(m)	17	20							25				
0.7cm/yr	2429	2857							3571				
0.8cm/yr	2125	2500							3125				
1.2 cm/yr	1416	1666							2083				
第五期													900~1800
基盤高(m)	7	8	7		10	8	12	8	15				
0.7cm/yr	1000	1143	1000		1428	1143	1714	1143	2143				
0.8cm/yr	875	1000	875		1250	1000	1250	1000	1875				

階地名稱	X軸 (二度分帶)	Y軸 (二度分帶)	比高(m)	堆積厚 度(m)	基岩高 度(m)	階地 類別	定年編號
梅山NT3_1	231340	2574805	65	<5	60	岩石	-
梅山NT3_2	231103	2574522	65	<5	60	岩石	-
梅山NT3_3	230841	2574160	60	-	>50	岩石	-
梅山NT3_4	230910	2573810	60	5~10	50	岩石	-
梅山NT5_1	231247	2573928	165	-	-	岩石	-
梅山NT5_2	231286	2573685	155	-	-	岩石	-
樟山NT3	230525	2572513	50	<5	50	岩石	-
樟山NT4	230666	2572457	75	20~25	50	堆積	-
亞之巴NT3	230249	2572051	45	-	>30	岩石	-
亞之巴NT5	230154	2572305	140	100	40	堆積	No.4, No.5
亞之巴NT2	230013	2571848	22	-	>15	岩石	-
梅蘭NT3_1	229973	2571550	42	-	-	岩石	-
梅蘭NT3_2	229872	2570456	45	-	-	岩石	-
梅蘭NT3_3	229587	2570143	40	-	>35	岩石	-
梅蘭NT4_1	230063	2571274	88	-	-	堆積	-
梅蘭NT4_2	229939	2570992	82	-	-	堆積	-
梅蘭NT4_3	229432	2570209	80	-	>25	堆積	-
梅蘭NT5	230148	2570964	142	-	-	堆積	-
梅蘭NT3_4	229340	2569666	38	-	-	岩石	-
復興NT3	228874	2568270	40	2	38	岩石	-
復興NT4	229325	2568383	80	-	-	堆積	-
薩爾巴台NT4	228818	2567707	75	-	-	堆積	-
薩爾巴台NT2	228862	2567270	24	-	>20	岩石	-
濁水台NT4	227787	2567019	80	>20	-	堆積	-
琉球NT1	227404	2565576	15	15	0	堆積	NO.13
美秀NT1	226840	2565159	15	15	0	堆積	NO.19
勤合NT3_1	226107	2563345	40	<5	35~40	岩石	-
勤合NT3_2	226203	2563029	40	<5	35~41	岩石	-
四社ST5_1	225471	2562945	210	<10	200	岩石	-
桃源ST4	225189	2562139	90	10	80	岩石	-
桃源ST3_1	225392	2561773	53	25	25	堆積	-
桃源ST3_2	225161	2561632	50	25	25	堆積	-
桃源ST3_3	224716	2561440	53	25	25	堆積	-
舊社ST5	223842	2560911	200	-	-	岩石	-
舊社ST3_1	223966	2560448	44	<5	-	岩石	-
舊社ST3_2	223200	2560403	65	<5	-	岩石	-
舊社ST3_3	222862	2559986	63	<5	60	岩石	-

舊社ST3_4	222321	2559626	55	<5	-	岩石	-
舊社ST1	223329	2560167	10	<5	-	岩石	-
舊社ST2	222394	2559440	27	-	-	岩石	-
高中ST1	221278	2559321	20	<5	15	岩石	-
高中ST4	220315	2558786	85	<5	83	岩石	-
綠茂ST3	220157	2558234	65	<5	-	岩石	-
綠茂ST4	219790	2558093	95	-	-	岩石	-
囉囉埔ST4	219672	2557152	90	-	-	岩石	-
囉囉埔ST3	219706	2556763	50		>30	岩石	-
囉囉埔ST1	219806	2556353	15	5	10	岩石	-
寶來ST1	218630	2556611	20	5	15	岩石	-
寶來ST3	218911	2556504	53		>30	岩石	-
寶來ST4	219120	2556357	80	-	-	岩石	-
建山ST1	217734	2556019	15	5	10	岩石	-
荖濃ST1_1	217632	2554154	25	-	-	岩石	-
荖濃ST1_2	217412	2552965	20	7~10	10~13	岩石	-
荖濃ST3	217176	2554098	60		>30	岩石	-
下荖濃ST3	215790	2552052	54	20	30	堆積	-
新開ST3_1	216894	2551844	54	-	-	岩石	-
新開ST3_2	216607	2550570	54	-	-	岩石	-
新開ST1	216240	2551258	14	5	9	岩石	-
水東瓜ST1	215164	2550964	15	7	8	岩石	-
水東瓜ST3_1	215102	2551179	52	-	-	岩石	-
水東瓜ST3_2	215023	2550333	46	-	-	岩石	-
水東瓜ST3_3	215091	2549990	42	10	32	岩石	-
新發ST1	214826	2548710	20	7~10	13~10	岩石	-
新發ST3	214539	2549043	43	10	33	岩石	-
獅額頭ST3	213958	2547166	43	-	-	岩石	-
獅額頭ST2	214460	2546558	31	-	-	岩石	-
育幼院ST2	213902	2545487	27	0	27	岩石	-
紅水坑ST3_1	213457	2545735	40	-	-	岩石	-
紅水坑ST3_2	212707	2545836	42	-	-	岩石	-
中庄ST2	213147	2543768	27	10	17	岩石	-
中庄ST1	212470	2544687	15	7	8	岩石	-
六龜ST3_1	211614	2544946	43	-	-	岩石	-
六龜ST1	211975	2543233	10	4	5	岩石	-

階地名稱	X軸 (二度分帶)	y軸 (二度分帶)	比高(m)	堆積厚度 (m)	基岩高度 (m)	階地類別	定年
梅山df_1	230339	2574317	280	170	110	土石流扇	No.1,No.2,No.3
梅山df_2	230080	2573178	270	>100		土石流扇	-
梅蘭lf	229044	2569967	85	>30		崩積扇	-
復興tf	229356	2569160	25~65	0~45	22	支流沖積扇	-
薩爾巴台df_1	228643	2567616	80	-	-	土石流扇	-
薩爾巴台df_2	228192	2567354	80	-	-	土石流扇	-
琉球df_1	227534	2566413	80	-	-	土石流扇	-
琉球df_2	227148	2565943	80	-	-	土石流扇	No.10,No.11,No.12
琉球df_2	227220	2565935	48	22		土石流扇	No.7,No.8,No.9
歐帕克爾df	228108	2565344	235	-	-	土石流扇	-
妖怪df	227287	2564483	235	-	-	土石流扇	-
美秀df_1	226307	2565428	140	-	-	土石流扇	No.17
美秀df_2	225906	2564547	140	-	-	土石流扇	No.18
美秀小階	226703	2565659	55	47	8	土石流扇	No.14,No.15,No.16
四社df_1	224668	2562533	215	-	-	土石流扇	No.20
高中lf	220718	2559350	100	28	83	土石流扇	-
綠茂df_1	219822	2558533	115	-	-	土石流扇	-
綠茂df_2	219332	2558078	115	-	-	土石流扇	-
綠茂df_3	219332	2558078	90	-	20	土石流扇	No.21
建山df_1	217818	2556722	110	30	100	土石流扇	-
建山df_2	217268	2556598	110	-	-	土石流扇	-
建山df_3	216842	2556110	110	-	-	土石流扇	-

荖濃河流域河階分佈圖



非主流營力階地 (包含土石流扇df、崩積扇lf、支流沖積扇tf)	
主流營力河階 (美秀以北)	主流營力河階 (四社以南)
NT5 NT4 NT3 NT2 NT1	ST5 ST4 ST3 ST2 ST1