

玉山國家公園玉山地體構造與地質演變- 第 2 年地質地層與區域構造調查

The Structural and Geological Evolution of the Yushan Massif in
the Yushan National Park - (II) Geological Survey

受委託單位：國立交通大學防災與水環境研究中心

研究主持人：潘以文

協同主持人：廖志中

研究期程：中華民國106年1月1日至106年12月31日

研究經費：壹百肆拾陸萬元整

內政部營建署玉山國家公園管理處委託研究

中華民國 106 年 12 月

(本報告內容純係個人之觀點，不應引申為本機關之意見)

玉山國家公園玉山地體構造與地質演變-第2年地質地層與區域構造調查

成果報告基本資料表

一、辦理單位	玉山國家公園管理處			
二、受託單位	國立交通大學			
三、年 度	106 年度	計畫編號	1297	
四、計畫性質	調查監測			
五、計畫期間	105 年 1 月 1 日至 107 年 12 月 31 日			
六、本期期間	106 年 1 月 1 日至 105 年 12 月 31			
七、計畫經費	___1460__千元			
	資本支出	仟元	經常支出	仟元
	土地建築	仟元	人事費	831.585 仟元
	儀器設備	仟元	業務費	265 仟元
	其 他	仟元	差旅費	90 仟元
			設備使用及維護費租金等	20 仟元
			材料費	10 仟元
			其 他	55 仟元
			雜支費	55.688 仟元
			行政管理費	132.727 仟元
八、摘要關鍵詞（中英文各三筆） 玉山主峰、地形演變、遙測判釋 the Jade Mountain, geomorphological evolution, geological remote sensing				
九、參與計畫人力資料：				
參與計畫人員姓名	工作要項或撰稿章節	現職與簡要學經歷	計畫參與期程	
潘以文	計畫擬定執行管理與溝通協調	教授 美國華盛頓大學土木工程博士	106 年 1 月 1 日至 106 年 12 月 31 日	
廖志中	計畫擬定執行管理與溝通協調	教授 美國科羅拉多大學土木工程博士	106 年 1 月 1 日至 106 年 12 月 31 日	
朱傲祖	資料提供，協助地質構造判釋、分析	法國巴黎皮爾·居禮大學地體構造研究所博士	106 年 1 月 1 日至 106 年 12 月 31 日	
胡賢能	資料提供，協助地質構造判釋、分析	美國田納西大學碩士	106 年 1 月 1 日至 106 年 12 月 31 日	
康耿豪	資料蒐集、現地調查、資料分析、報告整理	國立交通大學土木工程研究所博士班	106 年 1 月 1 日至 106 年 12 月 31 日	
黃明萬	計畫擬定執行管理與溝通協調	助理研究員 國立交通大學土木工程研究所博士	106 年 1 月 1 日至 106 年 12 月 31 日	
鄭又珍	資料蒐集、現地調查、資料分析、報告整理	國立台灣大學地質研究所碩士	106 年 1 月 1 日至 106 年 12 月 31 日	

目錄

目錄	I
圖目錄	II
表目錄	III
摘要	1
第一章 前言	1
1.1 計畫緣起與目的	1
1.2 計畫工作項目	2
第二章、工作方法	4
2.1 資料蒐集	5
2.2 遙測判釋	8
2.3 補充地質調查	11
第三章、前人研究成果	13
3.1 地層	13
3.2 地層年代	14
3.3 航照判釋	15
3.4 高山冰河	19
第四章、工作成果	23
4.1 地形判釋與結果	23
4.2 地質調查結果	29
4.3 區域地質	29
第五章、研究成果之運用	32
5.1 地質解說點規劃	35
5.2 玉山主峰地質、地層解說手冊規劃	53
5.3 地質短片	55
第六章、結論與建議	57
參考文獻	58
附錄一 工作會議記錄	
附錄二 期中審查意見回覆	
附錄三 期末審查意見回覆	
附錄四 路線地質條帶圖	
附錄五 地質解說點	

圖目錄

圖 1 工作執行流程圖	4
圖 2 研究區域相主點	6
圖 3 玉山-東埔區域陰影圖	7
圖 4 玉山群峰線陰影圖	7
圖 5 金門峒斷崖歷年崩塌範圍	9
圖 6 地形面三點法	10
圖 7 主峰-東峰間逆衝斷層與褶皺圖	11
圖 8 本年度調查路段 (玉山國家公園管理處資訊網).....	12
圖 9 東埔玉山地區線型構造圖(程延年, 1986).....	17
圖 10 新中橫地區航照判釋線型構造(林慶偉, 1994).....	17
圖 11 沙里仙溪、陳有蘭溪以及荖濃河流域之航照判釋成果(胡賢能, 2002,2006).....	18
圖 12 新高山 (玉山) 與秀姑巒山脈之圈谷分布圖 (鹿野忠雄, 1934)	21
圖 13 玉山西北側河谷水系發育狀況(胡賢能, 2002).....	22
圖 14 南湖大山冰河遺跡空拍分布圖(朱傲祖, 2009).....	22
圖 15 光達判釋結果	26
圖 16 冰斗的縱剖面特徵(楊建夫, 1999)	27
圖 17 玉山主峰至圓峰西側之冰斗 潘以文, 2006).....	27
圖 18 東峰東面光達正射陰影圖	28
圖 19 現地拍攝東峰東面冰斗	28
圖 20 塔-主-東剖面草圖	31
圖 21 五萬分之一區域地質圖	34
圖 22 解說點位置	35
圖 23 塔塔加鞍部(往北拍攝).....	37
圖 24 步道回望登山口	38
圖 25 溪谷演變示意圖	39
圖 26 水流在不同能量區作用時所形成的沉積構造(Blatt, Middleton and Murray,1980).....	41
圖 27 漣痕構造 (Ripple Mark)	41
圖 28 前峰登山口前岩層面上的生痕化石	42
圖 29 白木林附近砂岩層面中的長管狀生痕化石	42
圖 30 山谷冰河地形示意圖	44
圖 31 主峰與圓峰之間的冰河圈谷遺跡(潘以文, 2006).....	44
圖 32 舌狀漣痕構造	46
圖 33 彎曲狀峰線漣痕構造	46
圖 34 逆衝斷層描繪圖	48
圖 35 玉山主峰與東峰北面岩壁	49
圖 36 八通關越嶺步道高遠起始點	50
圖 37 八通關草原之河階與環形丘	50

圖 38 需要修正說明之解說牌	52
圖 39 崩積階地	52
圖 40 手冊封面草稿	54
圖 41 手冊草稿摘錄	54
圖 42 編修美化之地質短影片(1)截圖	56
圖 43 製作完成之地質短影片(2)截圖	56

表目錄

表 1 不同地質調查方法在地質特性岩判上的差異	8
表 2 金門峒斷崖倒退速率概估	9

摘要

本計畫宗旨為補充調查玉山主峰區域地質構造與探討地形發育演變，以進行地質解說之規劃，繼而建置玉山地體動態演變模型與圖說，提供遊客瞭解玉山的形成與演變過程。本計畫希望藉淺而易懂的科普方式讓民眾了解玉山的地質與地形之演變，對於進入國家公園的遊客，不論其背景差異，亦不論其遊憩目的不同，都可在享受自然之美，心曠神怡之餘，還能兼具富於知性的層面。

本計畫分3年進行，第1年度(105年)辦理玉山主峰區域的玉山山脈、中央山脈之地質地層與區域地質構造調查工作，經地表地質調查更新此區域的地質特徵、地層層序及區域構造等基本資料。第2年度(106年)透過第1年的地表地質調查資料，結合航照判釋、光達LiDAR等分析，若有資料不足處，再進行補充調查，以取得有效可分析的地質資料，據此探討玉山區域內的地質特徵、地層層序以及構造分布等特性，更新建立玉山主峰區域地質圖，以瞭解玉山主峰區域的地體構造環境之相關聯特徵。第3年度(107年)則將基於以前2年的所獲得的分析資料，嘗試建立玉山主峰區域的地質構造、地層層序與地質年代之對比與關聯性，進而建構出3維動態時間序列圖說的玉山地體演變模型。

本年度(第2年度)計畫已完成以下工作項目：(1) 判釋及檢核完成東埔-玉山地區岩層露頭與構造，據以繪製主峰步道、西峰步道、北峰步道及荖濃溪營地至八通關越嶺線的五千分之一路線地質條帶圖。(2) 統整第一年度路線剖面圖及本年度新檢核資料，合併繪製通過玉山主峰的東西向剖面圖。(3) 更新105年地質短片內容。(4) 拍攝完成新的地質影片。(5) 經統整文獻資料與現地勘查後建議新增六處解說點，及修改一處舊解說點。(6) 規劃地層解說手冊內容大綱，待後續編製，將調查結果規劃編入解說手冊中。

第一章 前言

1.1 計畫緣起與目的

台灣地處歐亞大陸板塊和菲律賓海板塊聚合的地帶，現今菲律賓海板塊每年以八公分的速率沿西北西方向移動。此二板塊自六百萬年以來即因隱沒、碰撞、擠壓、等複合作用，迄今形成縱向（北北東—南南西）的褶皺斷層，大致平行台灣主要山脈。此種橫向的擠壓作用，在台灣西側形成覆瓦狀褶皺--逆衝斷帶，造成地殼疊置加厚，進而抬升，形成高聳的雪山山脈，其南端聳立台灣最高山峰玉山(3,952 公尺)。玉山也是東北亞第一高峰，在距今約三百萬年前的晚上新世至更新世間由海中升起，目前正以大約每年 3-5 公釐的速率上升，同時台灣的山脈也以每年平均約 3-6 公釐的速率往下侵蝕，顯示於此活躍之地體構造演變下台灣島目前正處於某種程度的動態平衡。對於玉山國家公園的玉山主峰，如何在這地體構造下演變，值得進行探討深入了解，援此，本計畫試圖建構玉山主峰及相關群峰的演變歷史。

為能讓民眾瞭解玉山是如何形成，宜建置出玉山地體動態演變模型與圖說，提供民眾瞭解玉山的形成與演變過程。本計畫分為 3 年度進行，第 1 年度已辦理玉山主峰相關區域的玉山山脈、中央山脈之地質地層與區域地質構造調查工作，以地表地質調查更新此區域的地質特徵、地層層序及區域構造等基本資料；第 2 年度透過第 1 年的地表地質調查資料結合航照判釋、光達 LiDAR 等分析，若資料有所不足，再進行補充調查，以取得有效可分析的地質資料，據以探討玉山區域內的地質特徵、地層層序以及構造分布等特性，嘗試更新建立玉山主峰區域地質圖，以瞭解玉山主峰區域的地體構造環境之相關聯特徵；第 3 年度則將以第 1 年及第 2 年的所獲得的分析資料，嘗試建立玉山主峰區域的地質構造、地層層序與地質年代之對比與關聯性，進而建構出 3 維動態時間序列圖說的玉山地體演變模型。本(106)年度為第 2 年度，將依據第 2 年度工作項目辦理計畫工作。

1.2 計畫工作項目

整體工作期程：民國 105 年 1 月至 107 年 12 月止。

整體工作內容：

- 1.逐年蒐集玉山主峰地質、地層現象之解說資料，納入成果報告。主要呈現內容含括：玉山主峰步道之沿途特殊地質、地層現象相片、里程數(或點位座標)，並搭配深入淺出的說明。
- 2.現勘時以 UAV(無人航空載具)拍攝之畫面加註說明後，提供玉管處放置官網，作為玉山主、群峰地質、地層影像解說資料使用。

105 年度(第 1 年，已完成)

1.玉山主峰區域之基本資料及文獻蒐集

包括地形、地質、航空照片等基本圖資，以及玉山主峰區域相關地質調查資料收集。

2.玉山主峰區域之地質調查

進行現地地質調查，調查內容包括：

- (1)一般性紀錄，如計畫基本資料、計畫基本資料、調查點基本資料、計畫圖資、調查點圖資等。
- (2)地質紀錄，如岩石或土壤記錄、不連續面記錄、褶皺特性記錄、化石記錄、斷層特性記錄、沉積構造與特徵記錄、地層界面與層序記錄、野外調查採樣記錄、地層之層位記錄等。

3.更新建立玉山主峰區域的地質特徵、地層層序及區域構造等基本資料。

依據資料蒐集、分析與現地調查結果，更新建立包括：

- (1)區域調查地質圖，應標示地形、岩層位態、地質構造等分布位置，並附地質剖面圖。
- (2)細部調查地質圖，應標示地形、岩層位態、岩石性質、地質構造及地質遺跡分布位置，並附地質剖面圖。

4.報告書撰寫印製及工作簡報。

106 年度(第 2 年，本計畫年度)：

1.地質調查資料結合航照判釋、光達 LiDAR 之分析

透過第 1 年的地表地質調查及本年度的調查資料，結合航照判釋、光達 LiDAR 等資訊，探討玉山區域內的地質特徵、地層層序以及構造分布等特性。

2. 補充調查玉山主峰區域之地質圖

依第 1 年地質調查結果之不足處，再進行補充調查，以取得有效可分析的地質資訊。地質調查內容同第 1 年調查需有一般性紀錄、地質紀錄、區域調查地質圖、細部調查地質圖。

3. 輸出地質圖及電子檔案 1 份(內容、材質與型式應於期中及期末報告展示)

提供 1/50000 玉山主峰區域地質圖，及 1/10000 細部地質圖草圖，供作其他解說題材運用。

4. 蒐集 105-106 年玉山主峰地質、地層現象之解說資料，彙編「玉山主峰地質、地層解說手冊」樣書(內容應於期中及期末報告展示)。

5. 現勘拍攝影像剪輯並加註說明，作為影像解說資料使用(影像短片應於期中及期末報告展示)。

6. 報告書撰寫印製及工作簡報。

107 年度(第 3 年)

1. 探討玉山主峰區域的地質構造、地層層序與年代之相關聯性

基於第 1 年及第 2 年的所獲得的分析資料，建立玉山主峰區域的地質特徵、地層層序、區域構造與地質年代的對比與關聯性。

2. 建構玉山地體演變模型

由區域地質特徵、地層層序、地質剖面，對比地質年代之時間序列，依每一階段的地體演變以圖說方式建立玉山 3 維動態地體演變之模型，加強在玉山主峰線沿線步道之特殊地體構造及地質演變細部資料的蒐集與繪製，可供未來在製作模型動畫時之運用。

3. 蒐集 105-107 年玉山主峰地質、地層現象之解說資料，出版「玉山主峰地質、地層解說手冊」。

4. 現勘拍攝影像剪輯並加註說明，作為影像解說資料使用。

5. 報告書撰寫印製及工作簡報。

第二章、工作方法

整體計畫包含以下幾項重要工作：

1. 文獻蒐集與探討
2. 地質調查資料結合航照判釋、光達 LiDAR 之分析
3. 調查玉山主峰區域之地質圖
4. 區域地質圖與細部地質草圖
5. 地質解說規劃與玉山主峰地質、地層解說手冊
6. 影像拍攝與說明
7. 建構玉山地體演變模型(第三年)。

本計畫區分三個年度依序進行，並將於每個年度彙整提出階段性成果，第一年已完成區域地質草圖、細部路線地質圖、地質剖面草圖以及地質解說牌規劃。為使工作成果更達到多元展示與應用，經工作會議討論，將依第一年完成之成果，編撰解說手冊與製作影像解說短片，新增於第二年(本年度)、第三年工作項目，執行流程圖如圖 1 所示，各項工作之執行構想說明於以下各節內容中。

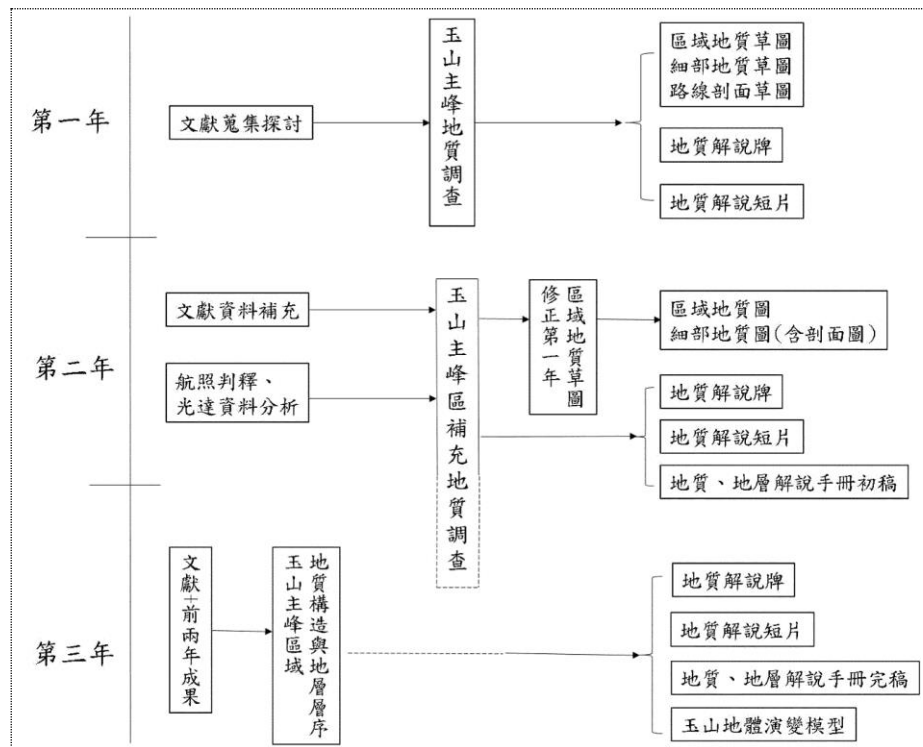


圖 1 工作執行流程圖

2.1 資料蒐集

本年度文獻蒐集以玉山地區航照判釋以及高山冰河地形文獻為主。

航照判釋文獻：

1. 程延年(1986) 玉山國家公園東埔玉山區地質調查暨解說規劃研究報告。
2. 林慶偉(1994) 玉山國家公園新中橫地區地質構造分析及其對崩塌地之影響。
3. 胡賢能(2002) 玉山國家公園集集大地震後東埔玉山區地形地質調查與構造地質分析之研究。

高山冰河文獻：

1. 王鑫(1999,2000) 雪山圈谷群第四紀冰河遺跡研究；
2. 王鑫(2000) 南湖大山圈谷群古冰河遺跡研究初步調查；
3. 朱傲祖(2003) 南湖大山冰河遺跡；
4. 朱傲祖(2009) 南湖大山冰河地形及冰河遺跡等。
5. 張姍姍、齊士崢、謝孟龍、林建偉，2013，台灣高山崩積層剖面特徵與焦炭年代指示的環境變遷意義，地理學報，70：1-22。
6. 王子揚，2010，應用風化環相對定年法探討冰川後退模式—以三叉山、嘉明湖為例，高雄師範大學地理學研究所碩士論文。
7. 陳淑樺 (2007) 八通關到關山間第四紀冰川遺跡研究，高雄師範大學地理學研究所碩士論文。
8. 鹿野忠雄 (Kano, T. 1934) 臺灣次高山彙に於ける冰河地形研究(第 I 報) (1) (2) (3) (4)，地理學評論，10 (7):606-623.

地質文獻：

中央地質調查所(2016)五萬分之一阿里山地質圖幅與說明書。阿里山地質圖幅為本研究區之所在玉山地質圖幅之相鄰圖幅，故納入參考。

航空照片及地形資料

本團隊於 105 年度底，已彙整並購買部分玉山研究區域的航空照片，以供本年度判釋使用。近期航照相主點資料如圖 2。

數值地形部份則有民國 101 年「莫拉克災區 LiDAR 高解析度數值地形製作」計畫所產製之數值地形，以及民國 105 年玉山國家公園管理處委外「玉山主群峰線區域之航空攝影及空載光達掃瞄作業採購」計畫所製作的光達資料可資使用，初步利用兩

年度光達影像製作的地形陰影圖如圖 3、圖 4，規劃將運用進行判釋與立體模型建置使用。

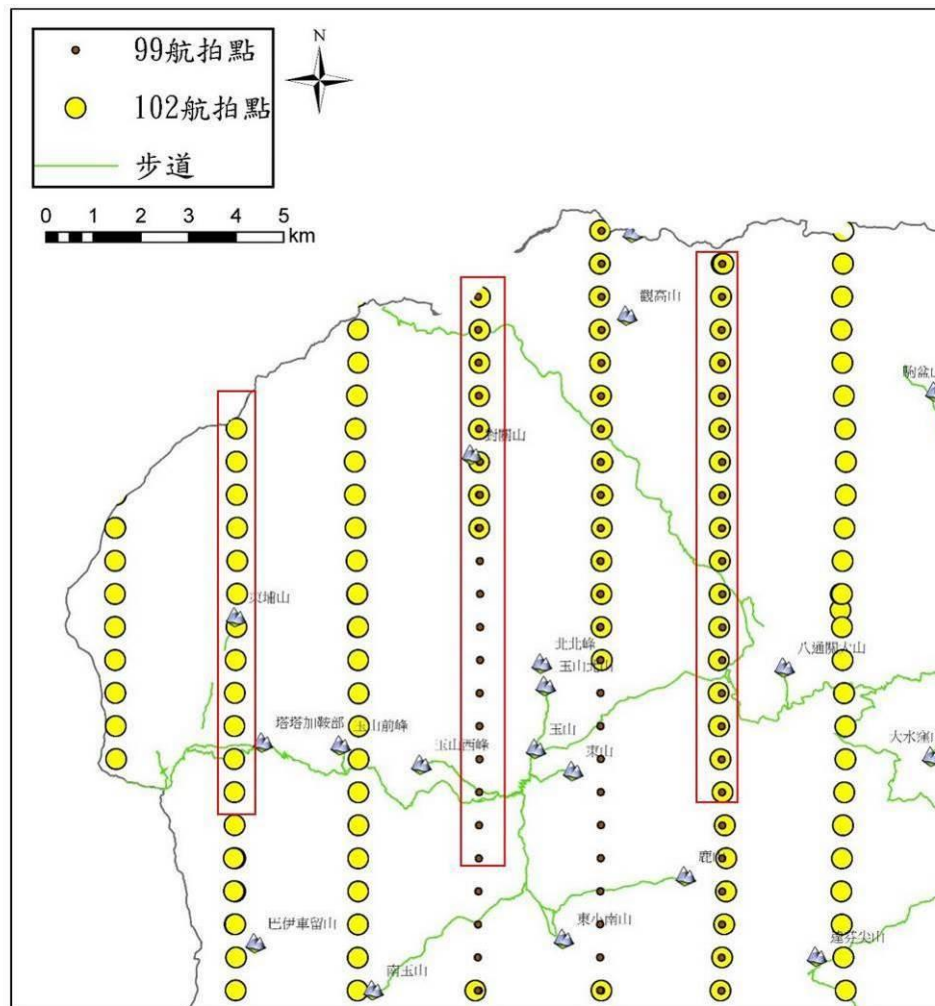


圖 2 研究區域相主點

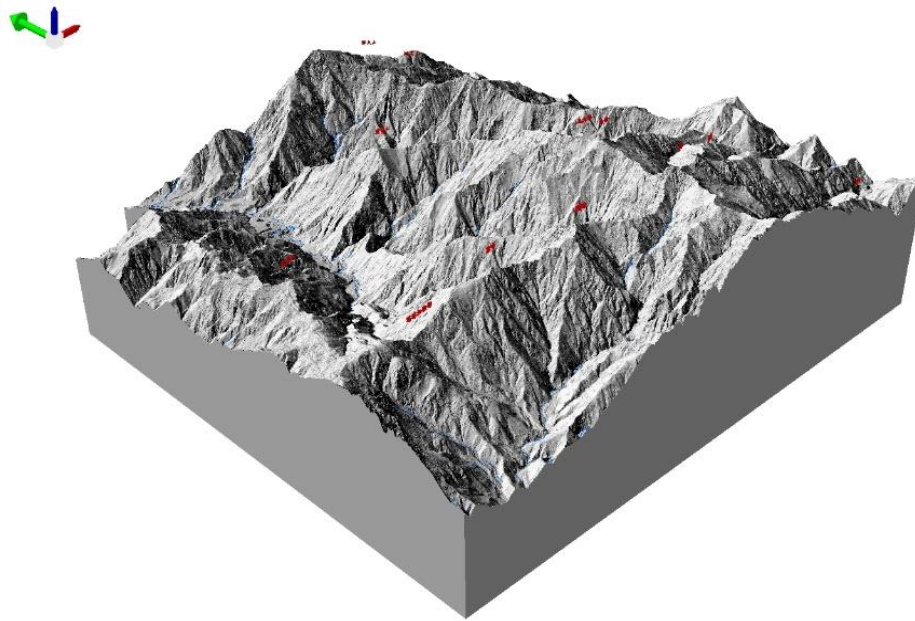


圖 3 玉山-東埔區域陰影圖

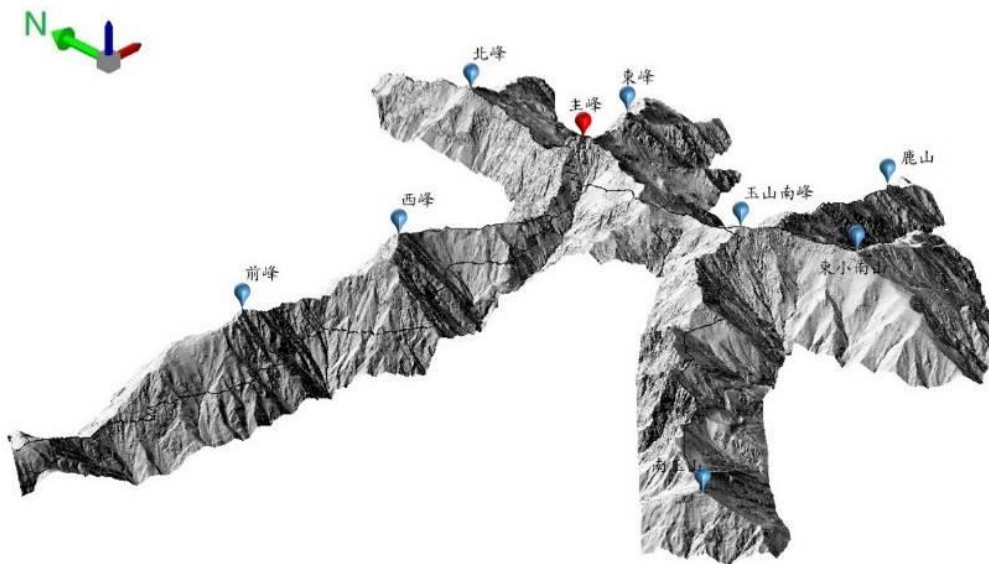


圖 4 玉山群峰線陰影圖

2.2 遙測判釋

由於高山地區地形起伏大，不易深入調查，因此判釋工作對園區地質調查非常重要。加上玉山地區岩性多板岩，在這位於東西向應力之軸心區域，大規模擠壓、褶曲、斷裂構造往往因缺乏岩石露頭，單從調查路線上的露頭推演區域的複雜地質構造非常困難，故須藉由大區域性的判釋取得整體性的資料，再針對可檢核的區域進行野外調查補充工作。

地表地質調查的優點在於可且精確獲得現地的岩層特性及細部地質構造，但缺點則因受視野侷限下較不易判斷大範圍構造或地形的規模及延續性，且受限山區很多地方人力無法到達，因此只能獲得局部資料。航照判釋與光達分析主要是用俯視的角度觀察研究區域，因此較易辨別大範圍的構造或地形，相對地則較不易辨別細部岩層特性或構造則。有鑑於此，此兩類調查應相互輔助方能將研究範圍內的地質特性較廣面、完整且精確地方式呈現。

以下表格（表 1）比較地表地質調查、航照判釋、光達分析在地質特性研判上的差異。

表 1 不同調查方法在地質特性研判上的差異

項目	地表地質調查	航照判釋	光達分析
岩性判釋	優且精確	尚可	難判斷
岩層位態	優且精確	尚可	因地而異 岩層明顯裸露區可計算
地質構造判釋	可判釋微構造 可由微構造資料推估區域 地質構造位置	可判釋大構造	可判釋大構造 可能可判釋中尺度構造
地質構造延伸	尚可	可判斷	可判斷
古地形或冰河 遺跡判釋	可判斷，但受視野限制	可判斷	可判斷
成果獲取	局部且緩慢	區域廣且快速	區域廣且快速

判釋是否能發揮其用途受四大因素影響：自然條件、儀器設備與分析技術、判釋技巧與航照或影像參數。自然條件與航照或影像參數為產物本身固定條件無法更改，因此更需著重於判釋技巧，以及分析的儀器及技術。

判釋技巧的主要原因仍是判釋者需有足夠專業知識與好的儀器設備輔助，本計畫所使用之航照判釋設備包括(1)傳統鏡面式立體鏡，以及(2)圖形技術立體對等技術，光

達分析判釋上則有軟體 ArcScene 輔佐。以下擷取幾個玉山國家公園內的案例簡述判釋結果的運用實例：

(1) 岩性與崩塌機制-金門峒斷崖

民國 103 年玉山國家公園管理處「玉山園區步道系統災害分析及防災地圖建置規劃」計畫中，第一年時曾針對八通關草原東北側，陳有蘭溪源頭因向源侵蝕及斷層通過而導致大片岩層崩塌裸露的金門峒斷崖進行航照判釋。斷崖下半部為深色硬頁岩或板岩(佳陽層)，上半部為淺色變質砂岩(玉山主山層)。由航空照片圈繪崩塌範圍，並套疊 5 組不同拍攝年度的航照來估算金門峒斷崖倒退速率，如圖 5 及表 2 所示。

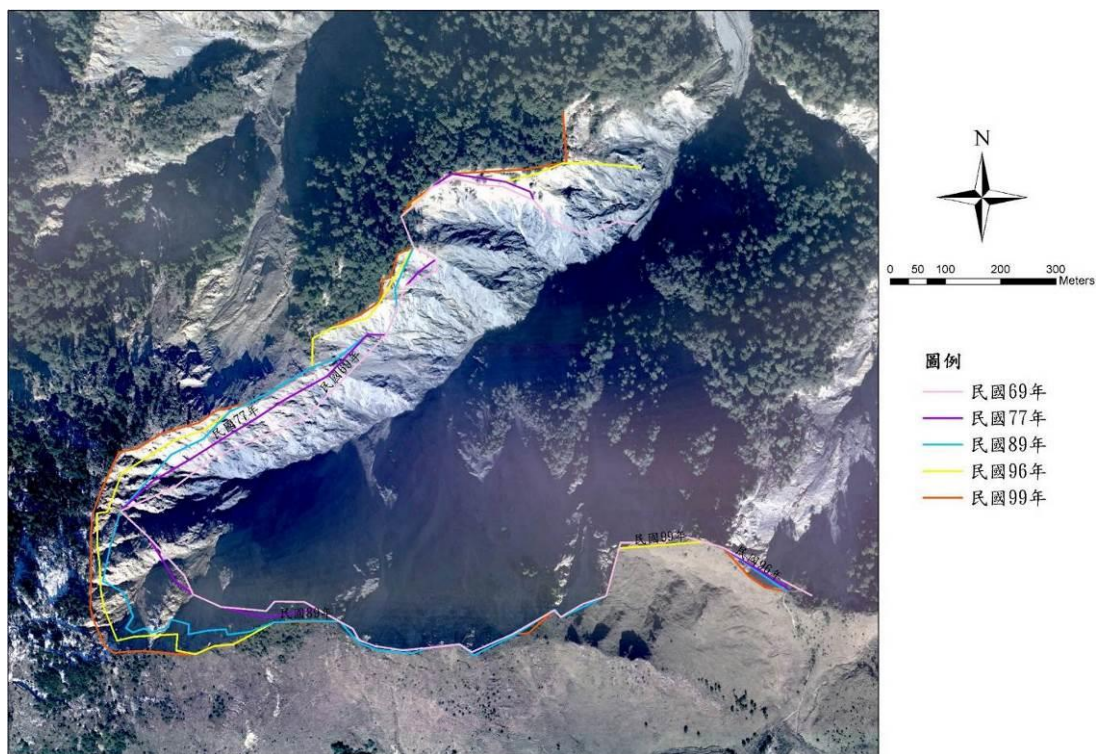


圖 5 金門峒斷崖歷年崩塌範圍

表 2 金門峒斷崖倒退速率概估

區間	倒退距離(m)	累積倒退距離(m)	倒退速率(m/yr)
66 年~77 年	15	15	1.4
77 年~89 年	95	110	7.9
89 年~96 年	40	150	5.7
96 年~99 年	25	175	8.3
平均			5.3

(2) 裸露岩層層面位態估算-大崩壁

由光達圖上即可看出有些地區裸露完整的層面，可利用地形面三點法可求得層面位態如下圖 6。此方法適用於人力無法抵達的區域，但需謹慎判斷是否為真實岩層面。

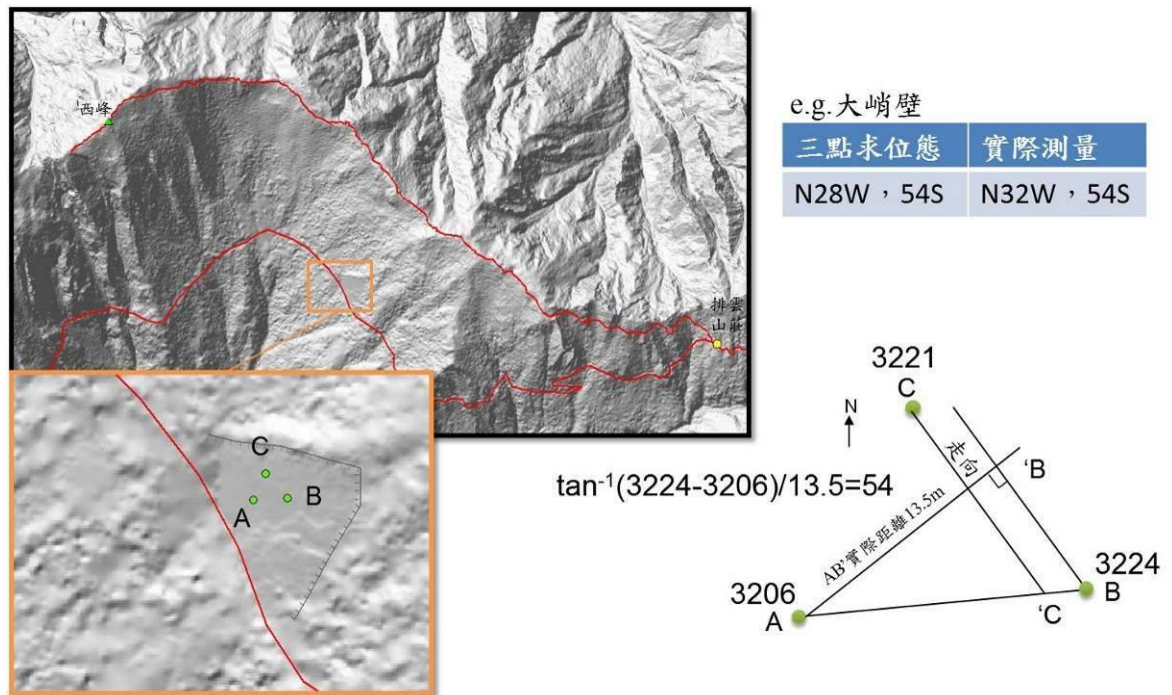


圖 6 地形面三點法

(3) 判釋地質構造規模與延伸

運用航照可對水系、岩層岩跡、線性、地形面發育現況及崩坍地等進行判釋，但易受植生影響，判釋結果仍需進行查驗。光達資料優點為剝除地表植生後的裸露地形特徵，在線性、地形面上應更能清楚判斷，透過電腦軟體可將光達資料建置成三維模型，可進行俯視、傾視及 360 度旋轉，使判釋者容易判讀構造的延伸性。說明範例如下，圖 7 上為朱傲祖(1991)現地調查時繪製的主峰-東峰間逆斷層與褶皺，將光達資料旋轉至相同方位可判別幾條明顯斷層及局部褶皺，顯示當部分無法抵達或受視野侷限區域時，即可參佐此方法判釋之。

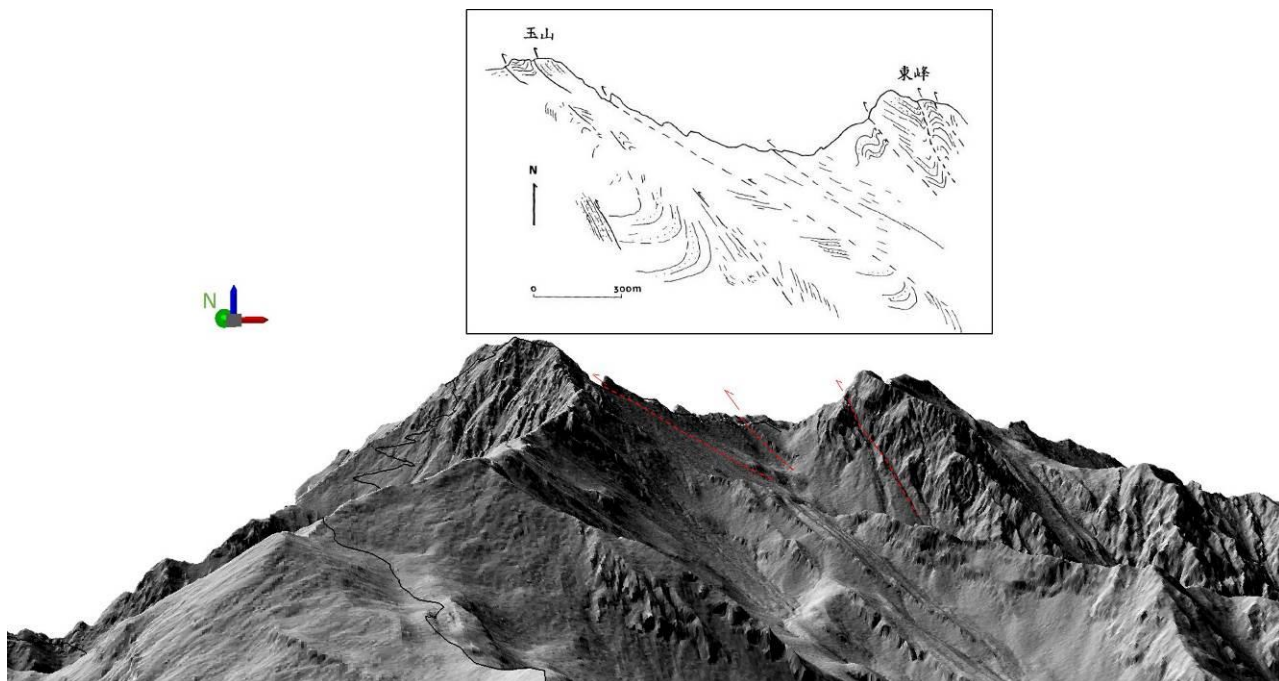


圖 7 主峰-東峰間逆衝斷層與褶皺圖

以上幾件案例展示運用航照與光達資料能有效判釋地型、線性構造，甚至可以獲取岩層位態資料，是輔助高山地質調查的手段。當然間接獲得之結果尚需要進行補充調查查證，並非所有結果都有辦法檢核，但需針對判釋的重點規劃能查驗的方法，例如線性上的關鍵點實地查核，或是利用 UAV 至現場拍攝實地狀況輔助確認。

2.3 補充地質調查

進行航照、光達分析判釋之後，後續即進行野外查證，可至人力能到達的地方檢核判釋結果。研究區域的地質構造與地層大多呈南北走向，因此規劃補充調查以東西走向為主。第一年度已調查東西走向的玉山主峰線，主要調查玉山南面，並觀察到幾條主要地質構造線；本年度補充調查，除了前置作業的航照光達判釋外，應著重能觀察到玉山主峰北面、東面面向的路線，因此本年新增北峰步道及荖濃溪營地步道，對玉山主峰及東峰北面構造進行詳細調查。

航照、光達除了判釋地層構造外，也期望能判釋冰河遺跡地貌。胡賢能(2002)調查東埔-八通關路段時提出八通關山附近有多處古地形；第一年調查成果也指出由白木林休息亭望向圓峰疑似可見冰斗地形，本年度利用航照、光達判釋並圈繪出研究範圍內的冰河遺跡，並進行野外查核，整合這些調查結果與文獻資料，來說明造山運動後的冰河時期至現今的玉山地貌改變過程。

本年度補充查核路段為塔塔加-主峰路段，並往北峰、荖濃溪營地進行拍攝與調查，最後由東埔離開。玉山後四峰則因距主峰太遠且觀察角度略差，故不納入。調查路線如圖 8。



第三章、前人研究成果

3.1 地層

玉山地區之地層，最早在日治時期由早坂一郎(Hayasaka, 1934；1935)及市村毅(Ichimura, 1936；1937)針對新高山做地質構造的描述與觀察，之後丹桂之助(Tan, 1939；1942；1944)將塔塔加鞍部至八通關間出露之岩層劃分為上部板岩系，並稱為新高層，於八通關以東出露之岩層劃分為下部板岩系。

王文能（1978）及李春生（1979）對孫海林道、郡大林道、玉山林道及八通關越嶺線進行區域地質調查工作，李春生將此區古第三紀地層劃分為十八重溪層、達見砂岩、玉山主山層以及佳陽層，其中十八重溪層及玉山主山層為新提出之地層單位。

其後，張寶堂（1984）、張郇生（1984）及顏滄波等（1984）均針對玉山山塊作路線或區域地質調查工作。張寶堂將本區岩層分成十八重溪層、達見砂岩和佳陽層，把玉山主山層併入達見砂岩內；張郇生則將玉山地區的地層沿用丹桂之助(Tan, 1944)的劃分，稱為新高層。顏滄波等(Yen et al., 1984)研究新中橫公路(玉山線)沿線之地質，將玉山周圍地區之岩層區分為 N 層與 E 層，E 層即為丹桂之助所提出之新高層，岩性有板岩與砂岩互層、玢岩與綠色岩；N 層則為砂岩與頁岩互層，此兩地層間以斷層接觸，然根據層面的傾斜以及岩性和化石的分布來判斷，E 層東側為一個平緩開放型向斜構造，並向北可延伸至秀姑巒山一帶；E 層西側則為一軸面向東傾斜的背斜構造；在玉山前山附近可能有一個軸面向東傾斜的向斜構造存在，其西翼被塔塔卞斷層切斷，並直接與中新世地層形成的鹿林山向斜(Tsan and Keng, 1962)相接。N 層可與台灣北部的南莊層或南港層對比。

林慶偉等人 (1994)依據野外中視構造可分為四個構造地層單位，分別為單位 A、單位 B、單位 C 和單位 D。單位 A 從觸口到自忠，以寬廣褶皺為主，岩性主要為厚層砂岩；單位 B 從自忠到玉山口，以連續褶皺伴隨斷層為主，岩性主要為砂頁岩薄互層；單位 C 從玉山口到塔塔加，以破裂面和斷層為主，岩性有厚層砂岩和砂頁岩薄互層；單位 D 從塔塔加到同富山，以發達的破裂面和斷層為主，岩性主要為厚層砂岩。

五萬分之一阿里山地質圖(2016)為本研究範圍所在玉山地質圖幅之北側相鄰圖幅，其地層分層大致分成十八重溪層、達見砂岩、玉山主山層及佳陽層，與本計畫上年度之地層分層模式相當，但提出較多之地層年代資料。

3.2 地層年代

地層年代主要藉由化石定年輔助判定，富田芳郎及丹桂之助(Tomita and Tan, 1937)在玉山西坡板岩層中的砂岩夾層裡找到 *Assilina*，一般認為 *Assilina* 存在於古新世到中期始新世(李春生 1979；1984)。富田芳郎與丹桂之助(1937)在玉山排雲山莊附近所發現之 *Assilina* 化石，多年後丹桂之助(1971)重新鑑定，將該化石更正為 *Operculina* 代表屬之新種(李春生，1979；1984；朱微祖，1991)，但李春生和李重毅(1977)認為此化石產出地點與王文能和陳清義(1978)在小南山附近發現者可能皆屬玉山主山層，分類上較為接近 *Assilina*(謝凱旋，2008)，黃敦友(2007)認為丹桂之助(1971)的排雲山莊化石照片很可能是 *Nummulites junbarensis*。在玉山的排雲山莊和西坡皆有發現 *Assilina*，顯示玉山主山層(或達見砂岩)對比至四稜砂岩和白冷層的可能性最大(謝凱旋，2008)。因此玉山主山層之年代可能定為早於晚期始新世(李春生，1979；1984)。

丹桂之助(1944)曾在玉山附近之前山及西山等處發現像淡水二枚貝化石 *Corbicula baronensis*，年代屬始新世(李春生，1979；1984；朱微祖，1991)。王文能及陳清義(1978)在玉山前山發現 Gastropoda 腹足綱化石 *Turritella*，在小南山附近發現 *Assilina* 化石(李春生，1979；1984；朱微祖，1991)，由於 *Assilina* 的出現，而定為早於晚期始新世。但朱微祖(1991)認為此兩處化石均位於崩落山坡之石塊中，原產地可能不遠，因此可推定附近必有始新世地層，但無法確定化石所出露之地層所在。朱微祖(1991)在玉山南峰西側稜線發現貝類化石密集帶，經呂懿德(Lue and Chu, 1989)鑑定，包括 *Ficus taiwanica*、*Pitar taiwanensis*、*Nucula (Leionucula) sp. Acica* 等貝類化石，並暫訂此些貝類化石年代為漸新世，另有發現生痕化石 *Chondrites* 及 *Palaeophycus*。

五萬分之一阿里山地質圖(2016)中指出由於十八重溪層並未發現化石，但由地層上下關係推論大概年代為始新世早期至中期(陳勉銘，2011)。達見砂岩經化石(陳勉銘，2011)推斷應為始新世早期至晚期。考據文獻等資料推斷，玉山主山層分布應屬達見砂岩上部，與佳陽層為斷層接觸，由排雲山莊(富田芳郎與丹桂之助，1937)以及小南山(王文能與陳清義，1978)附近化石推測其年代應屬始新世。佳陽層內因化石稀少，由下伏達見砂岩以及上覆眉溪砂岩的化石定年推估為始新世中期至晚期。

3.3 航照判釋

本區前人之航照判釋計有程延年(1986)、林慶偉(1994)及胡賢能(2002)等三篇文獻，茲彙整本區前人判釋成果分述如下：

程延年(1986)利用民國 74 年航照資料進行東埔玉山區塊判釋分析並繪製線型構造圖(圖 9)，經統計分析玫瑰圖(rose diagram)，認為東北($N50^{\circ}\sim 60^{\circ}E$)與北北西($N10^{\circ}\sim 20^{\circ}W$)兩組線型約略可見。主要斷層與線型比對結果，綜合說明如下：

(1)東埔至八通關段判釋為斷層溪谷，其中乙女瀑布之支流為倒鈎河系，推測另有岩層斷面通過；父子斷崖及其南側兩大崩塌地應是斷層通過所致，推測是沙里仙溪斷層向南延伸。

(2)金門峒斷崖附近有三組線型，分別為東北、正北與西北方向，以輻射狀而出，顯示為應力集中點，南邊的八通關草原凹地線型呈東北西南走向，其延伸與性質為何不明。

(3)八通關以南有數條南北向弧形，凸面朝東曲率中心大致落於玉山主峰附近，此種環狀構造之地質意義值得注意。

(4)玉山主峰與西峰之間西北東南向河段線型筆直，疑似為構造所控制。西峰與排雲山莊之間有一南北向線型，作者認為是達見砂岩與玉山主山層之岩層界線。

(5)郡大溪推測為斷層溪谷，但航照上判釋不顯著，主河道西側觀高山南面有一凹面朝北之大弧形，性質暫不確定。

林慶偉(1994)進行玉山國家公園新中橫地區的地質構造分析與崩塌地調查，調查區域位於東埔玉山以西，地層屬南莊層。在航照判釋的部分歸納出 3 種線型構造：由統計玫瑰圖(圖 10.b)顯示主要為東北-西南向線型，大致與台灣本島之主要地質構造線方向一致。另外還有兩組較為明顯的線型為西北-東南走向和東西走向，作者認為次要線型應為蓬萊運動時反應與主應力方向之共軛組地質構造。更進一步解釋，作者認為如果西北-東南走向之線型有剪動跡象，則應具有左移斷層之特性；反之，東西走向線型同有剪動特徵，則有右移斷層特性，這兩組共軛線型應是構造運動後期的應力狀態局部調整產生之產物。

胡賢能(2002)在集集大地震後進行玉山-東埔區域的地質調查與構造地質分析。航照判釋成果分成五大部分：水系、岩層層跡、線性分析、地形面發育現況及崩坍地。以下就地質相關成果進行說明：

水系：控制水系發育的因素有地形、地質與氣候等條件，藉由初步判釋水系型態，推估其演繹形式是否受構造或岩性影響。陳有蘭溪水系大致呈現樹枝狀，水系密度屬中低密度，顯現陳有蘭溪下盤岩層抵抗侵蝕能力均一，不受岩性及地質構造影響；沙里仙溪河道大抵平直，僅對關山與西峰之間支流明顯曲折，研判可能受到岩性與構造控制；荖濃溪源頭(八通關一帶)地形高度約在三千公尺上下，水系卻呈現老年期地形，河道呈現矩形以及格子狀水系，支流密度高，這種水系顯示河道受下盤岩層的裂隙、節理等軟弱地帶控制，顯見荖濃溪受岩性或地質構造控制。

層跡：新中橫公路(南莊層)出露不多，航照難以判釋，應與地殼抬升快速，水系表現不出岩層抗侵蝕差異；陳有蘭溪流域未有明顯層跡，沙里仙溪僅看見三、四處層跡，大致南北走向，以中高角度向東傾；玉山主峰、東峰及北峰一帶的岩盤裸露可直接看出岩層分布情形，並可看出東峰岩層呈現向斜構造現象。東埔玉山變質區層跡稀少或不易辨識原因，可能與全區域地層抬升快速、褶曲錯動複雜、板岩硬化劈理發達等相關，使得岩層面不易顯露。另外，高山區域樹林植被茂密也導致露頭較少。

線型：航照上表現線型種類大致分兩種，一為線型構造(斷層、節理、剪裂帶等)，另一為非構造線型(階地崖或台地崖)，判釋上要區分兩者較為困難，需要相互查核比對。本文獻在新中橫公路沿線見到西北-東南走向線型，長度均不長，與林慶偉(1994)判釋大致相似，對比推測應為南莊層中砂岩內發育較為良好的一組節理。陳有蘭溪與沙里仙溪流域存在線型較少，推測與地層快速抬升有關。荖濃溪流域上游(玉山-八通關)格子水系及河道垂直轉折明顯，觀察現地劈理面及節理面認為，荖濃溪此段流域應是受這些地質弱面影響。沙里仙溪斷層僅於東埔一帶見到南港層和十八重溪層在地形上的差異表現，航照判釋上不見任何線型。

地形面發育：地形面可探討一地區的地殼抬升、斷層活動、河流侵蝕循環等現象的手段之一。文獻中指出東埔、陳有蘭溪與沙里仙溪一帶兩岸發現規模甚小，每階僅約數公尺到數十公尺的階地面存在，推測應為整個地區地殼不斷抬升，間隔時間甚短，使得河流來不及向兩側拓寬。圖 11 為彙整胡賢能(2002,2006)判釋沙里仙溪、陳有蘭溪及荖濃溪之地質線型相關成果。

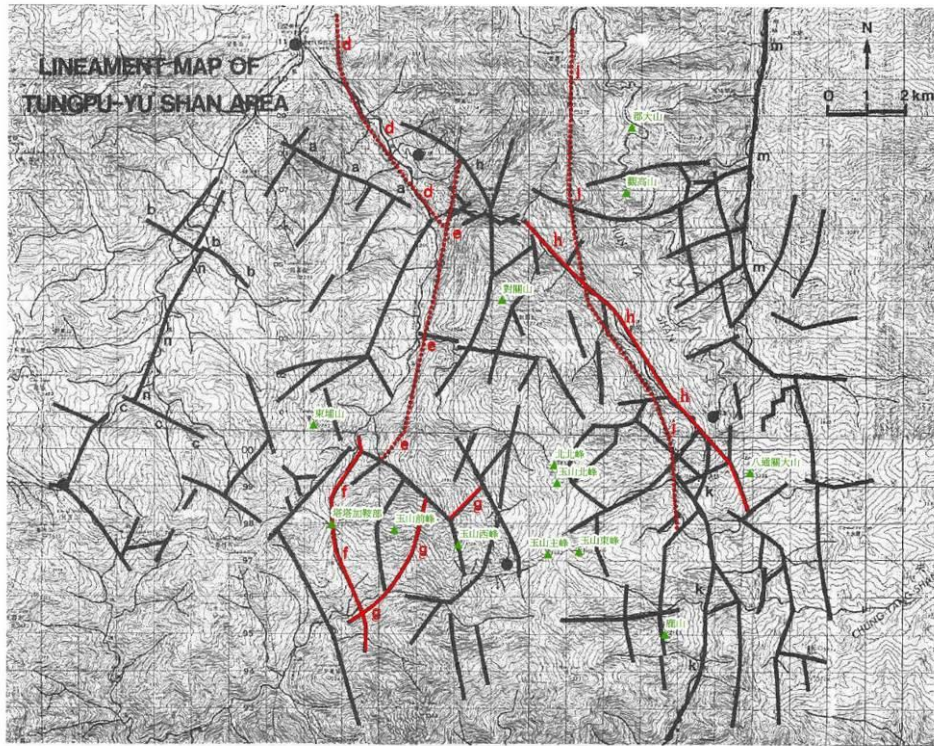


圖 9 東埔玉山地區線型構造圖(程延年，1986)

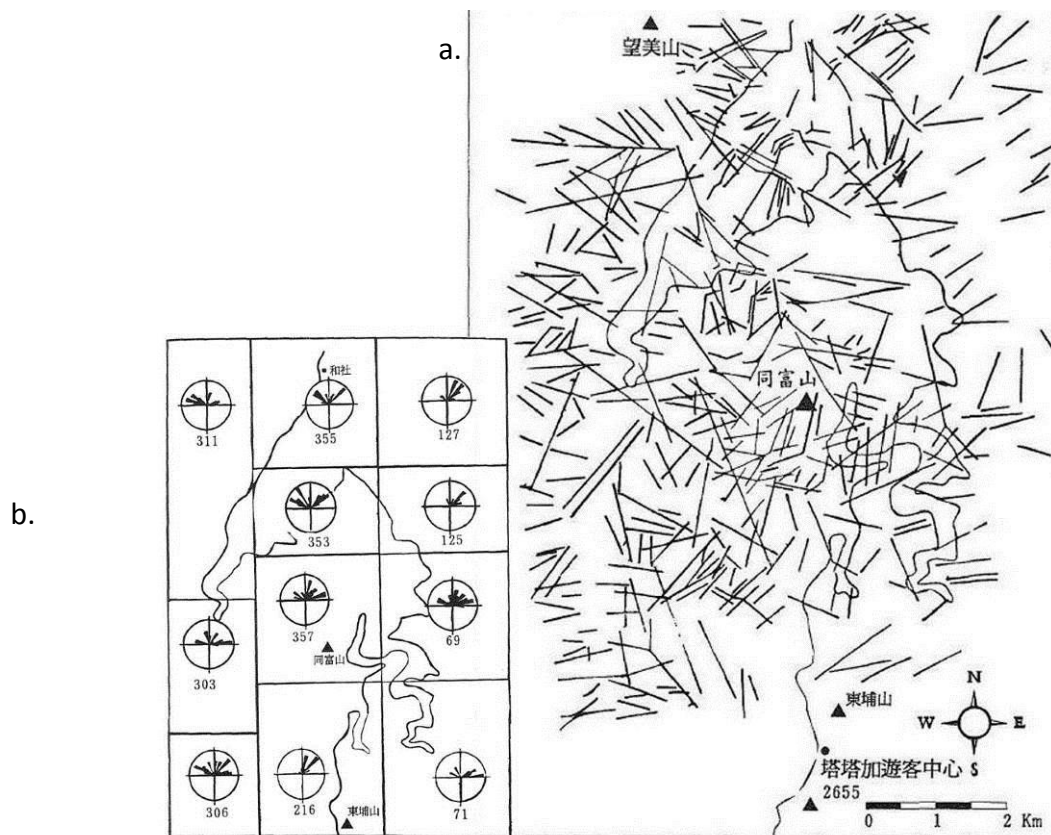


圖 10 新中橫地區航照判釋線型構造(林慶偉，1994)



圖 11 綜合沙里仙溪、陳有蘭溪以及荖濃溪流域之航照判釋成果(胡賢能，2002,2006)，底圖為兩萬五千分之一經建版地形圖。

3.4 高山冰河

台灣島大致於蓬萊造山運動時即呈現現今島嶼的模樣，因此大多文獻多琢磨在蓬萊造山運動以前的過程，蓬萊造山運動迄今亦經歷約三百多萬年的歷史，期間亦經歷局部抬升、風化侵蝕及冰河時期。本計畫第一年度文獻探討及野外調查亦發現玉山國家公園內有多處疑似冰河的地形遺跡，顯示玉山經歷激烈的造山運動後至今亦經歷了冰河時期，因此需加入冰河發育的地形討論才能較完整呈現現今玉山的地貌。

台灣的高山曾經有冰河這項論點，最早是由日本博物學家鹿野忠雄在 1932 年提出，但因台灣緯度很低，天氣太熱，而且當時提出的證據效力不夠，因此一直不為學術界所採信。一直到 1990 年代，才有學者再度提出，並找出多項證據，終於獲得學術界普遍認同。不過，從早年之鹿野忠雄到近年來朱傲祖、楊建夫以及齊士崢等人的研究，都僅發現玉山等少數幾座高山保存有冰河遺跡，主要原因是台灣造山運動激烈，地震、山崩頻仍，加上雨量充沛，侵蝕及風化力量強大，因此冰河遺留的痕跡很容易被沖刷破壞掉，能保存至今的不多。

鹿野忠雄(1934)主要探討台灣次高山（雪山）的冰河地形，但亦提及台灣的高山如南湖大山、中央尖山、合歡山、奇萊主山及新高山（玉山）與秀姑巒山脈等地發現冰河地形，並繪製圈谷之分布圖，比例尺為二十萬分之一，新高山（玉山）與秀姑巒山脈圈谷分布如圖 12。

王鑫(1998,1999,2000)認為必需找到直接證據與間接證據以輔佐確認高山地區是否有冰河遺跡存在，因此選定雪山主峰與南湖大山為研究對象。直接證據包含冰坎(cirque threshold)、擦痕(striation)和沉積物分析，間接證據則以地貌和古氣候資訊來輔佐。王鑫在雪山主峰附近圈繪了 8 個圈谷，並發現冰河產物及進行定年；於南湖大山圈繪 18 個圈谷及多處石流坡，顯示南湖大山為現代高山冰原環境。兩次調查皆指出台灣高山確實有冰河時期存在，且發生時間可能為末次冰期的晚期。

胡賢能(2002)進行航照判釋時發現，玉山西北向河谷是輻射狀水系，推測原本應為冰河形成的冰斗，河流發育受其影響而形成散射狀(圖 13)。另外，航照上亦看見玉山四周的山嶺脊呈現角峰或刃嶺的冰河地形，但其實際範圍及位置還需進一步確認。

朱傲祖(2003,2009)提出南湖大山上發現相當多直接的冰河遺跡證據，例如漂粒、鯨背石、冰石川、U 型谷、岩層面上的平行擦溝等等，再再顯示海拔三千多公尺的台灣高山曾經有冰河活動。並發現南湖大山主峰與東峰間有寬廣的平緩區域，推測為冰

帽所在地。圖 14 為南湖大山冰河遺跡空拍分布圖。而距離晚期末次冰期至少有七千多年，朱傲祖認為冰河遺跡之所以得以保存，主要歸因於台灣三千多公尺以上的高山地區均為集水區源頭，河川下切及搬運能力薄弱，且高山地區多為堅硬緻密的變質砂岩，因此冰河時期過後的高山地形改變能力有限。

近年亦有少數文獻探討玉山國家公園園區內之冰河地形，但主要分布於秀姑巒山脈與嘉明湖附近，陳淑樺(2007)，發現北由八通關南至關山間，均有冰川地形的分布，特別是在大水窟山區的秀姑坪，以及向陽-三叉山區的嘉明湖最為明顯。秀姑坪在地貌上呈現極似冰斗 (cirque) 地形，且於下方發現多道似冰坎 (crique threshold) 地形；嘉明湖畔多道的 trimline 痕跡，指出過去冰川分布的上界，均顯現出冰川退後過程中，對於高山地形仍不斷的進行修飾作用。在秀姑坪和嘉明湖兩處沉積物，進行沉積物的組構 (fabric) 觀察和粒徑分析 (grain size analysis)，更指出這兩處的沉積特徵，和冰水沉積的相似度相當高。王子揚(2010)選擇三叉山西北向坡與嘉明湖二處為研究區，應用風化環相對定年法探討冰川後退模式的正確性。

張姍姍等(2013)以土層中的焦炭樣本的碳十四年代，及崩積層的剖面特徵，討論高山可能的環境演化過程。研究結果顯示，所有樣本均分布在近距今 4,500 年以內，在距今 4,500 至 3,500 年間，樣本出現頻率最高，距今 3,500 以來，樣本出現頻率逐漸降低。大多數的採樣剖面則具有類似特徵，保存焦炭的是細粒層，下部多是含有多量角礫的粗礫層，其上或再覆蓋多量角礫的粗礫層，或直接覆蓋富含腐植質與植物根系的表土，這應是代表野火發生前、後，地表曾發生較大規模的崩積土加積、增添事件。所有的焦炭樣本年代分布指示著，野火的發生與全新世中期臺灣冰河消融後的氣候狀況無關，而樣本的年代和野外剖面特徵，則反映了高山地區冰河消融後的植被復育與地形作用情形。因此將高山地形變遷過程，劃分為三個階段，分別是距今 6,000—4,500 年前的地形不穩定期、距今 4,500—3,500 年前的過渡期、距今 3,500 年前至今的地形穩定期。推測距今 4,500 年以前，臺灣高山區仍處於冰河消融而冰緣作用盛行的環境，地表植被覆蓋差，缺乏發生野火的條件，或者即使發生野火，也因地表侵蝕嚴重，無法累積細粒物質以保存焦炭。距今 4,500 至 3,500 年間，植被覆蓋程度已較前期佳，且地表化育較多細粒物質，頻率較高的野火事件產生的焦炭，就容易被保存於野火後裸露地表局部侵蝕與再堆積作用形成的細粒層中。距今 3,500 年以來，焦炭的數量減少，雖然植被生長更佳，但因為地表侵蝕與再堆積事件不明顯或其規模降低，以致於

焦炭不容易保存，出現頻率逐漸降低，分布連續性也逐漸變差。

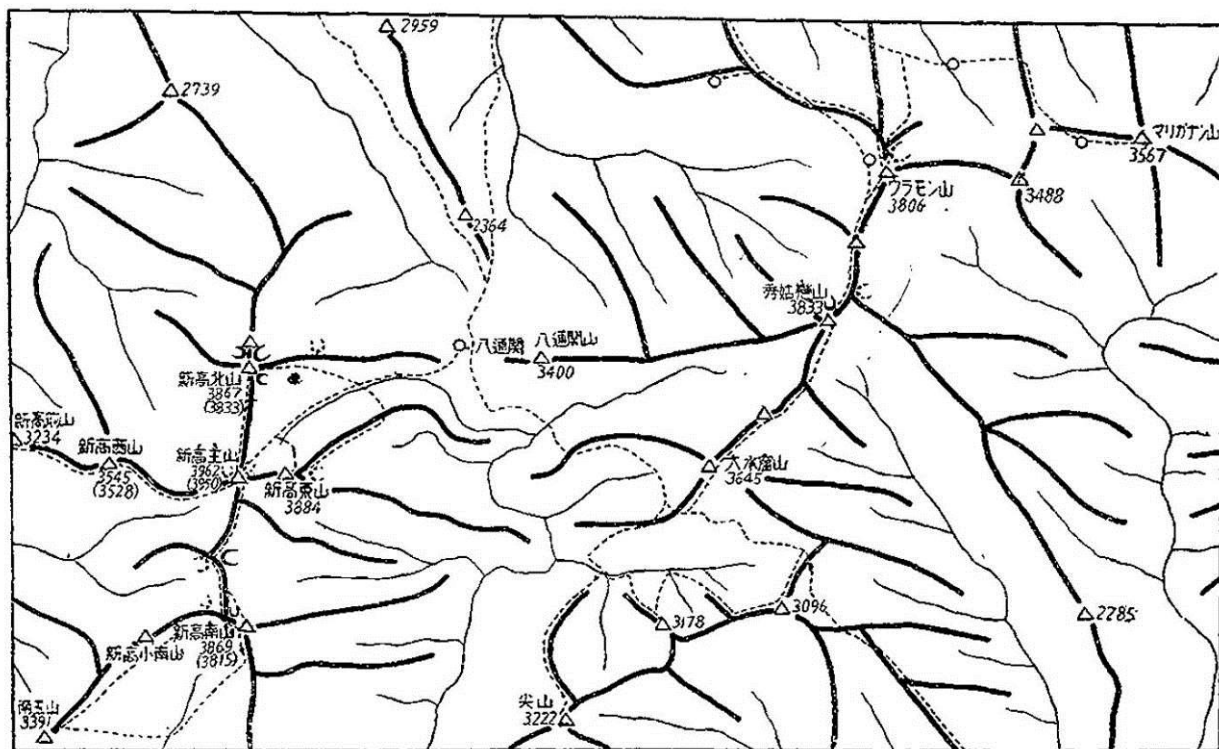


圖 12 新高山（玉山）與秀姑巒山脈之圈谷分布圖（鹿野忠雄，1934）

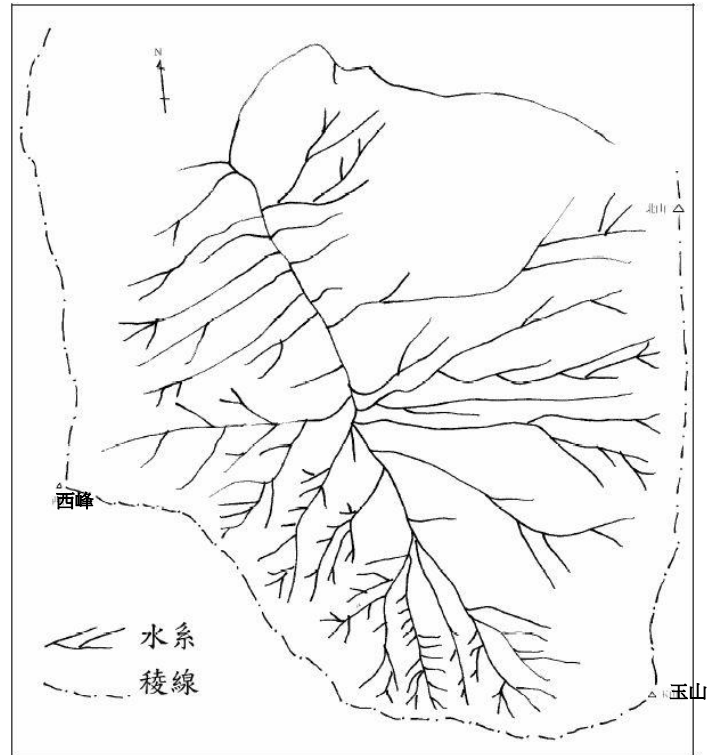


圖 13 玉山西北側河谷水系發育狀況 (胡賢能，2002)

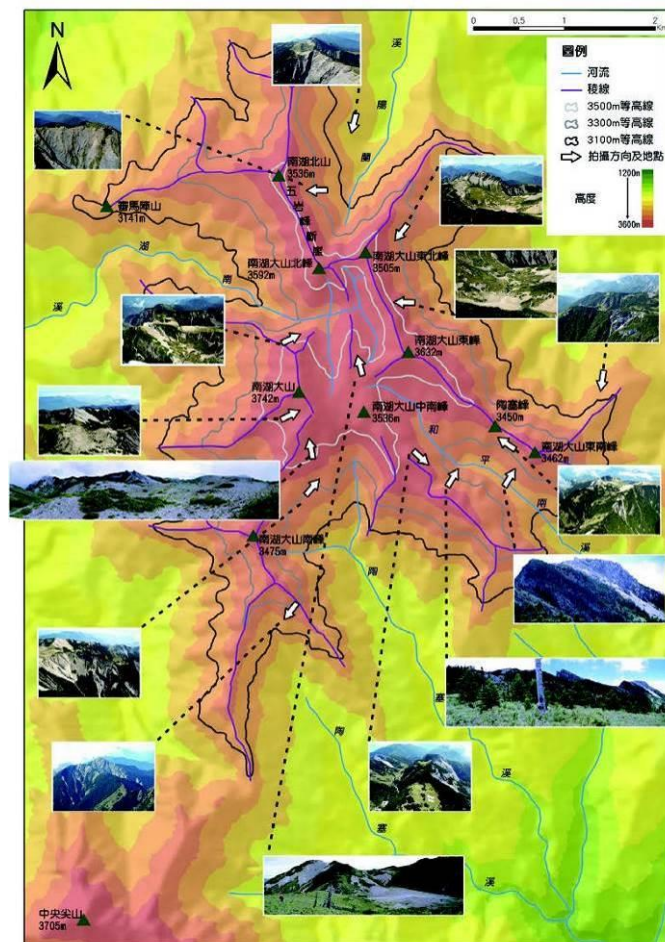


圖 14 南湖大山冰河遺跡空拍分布圖 (朱傲祖，2009)

第四章、工作成果

4.1 地形判釋與結果

本工作主要使用民國 101 年「莫拉克災區 LiDAR 高解析度數值地形製作」，以及民國 105 年玉山國家公園管理處委外「玉山主群峰線區域之航空攝影及空載光達掃瞄作業採購」製作的 DEM(Digital Elevation Model)進行判釋。前期文獻皆為航照判釋，本次則是利用高解析度光達資料，光達為剝除地表植生後的地貌景觀，更有利於判釋。

判釋結果分為岩層層跡、構造線、線型、地形面及冰河遺跡等五大項，判釋與查核結果如圖 15，敘述如下：

岩層層跡

層跡是由軟硬相間的岩層，因對抗風化侵蝕的強弱而顯現的地表特徵，尤其是堅硬砂岩顯現的三角面或豚背脊地形。在塔塔加鞍部西側出露之岩層屬南莊層的砂頁岩互層，理論上應有許多砂岩層面顯露出層跡，但航照判釋上卻少有層跡出現。胡賢能（2002）推測主要因素為本區在地殼變動中抬升過於快速，使水系的發育表現不出強弱岩層間抗侵蝕力之差異。

岩層層跡判釋成果較佳之區域主要在玉山西峰至東峰間，研判應為玉山主山層之岩性主要為變質砂岩與板岩互層，岩性差異大，經風化侵蝕後使層跡較為明顯，方向大致呈北北西-南南東走向，大多以中、高角度向東傾斜，少數朝西傾。

構造線：

判釋結果主要在玉山主峰附近，主峰至東峰間層跡明顯可辨識，層跡間位態變化研判屬斷層錯動所致；排雲山莊東側至主峰間由於層跡位態明顯變化，地形亦呈現較凹陷之線狀排列，亦推測應有斷層通過。而在北北峰北側層跡明顯分別朝東及朝西傾斜，推斷為一開闊背斜，且背斜軸微向南傾，但此開闊背斜延伸不佳。綜合主峰附近之構造線研判資料，推測本區有一系列斷層面朝東傾的逆衝斷層，形成時期應與背斜形成同時。

在塔塔加鞍部附近亦推斷有一斷層，走向大致為北北東-南南西走向，斷層面傾向東側，主要研判依據係依反應在斷層兩側地形上之特徵差異，惟只能指出斷層大致通過的位置。

線型：

表現在地形上之線性通常有二種，一為構造之線型，如斷層、節理、或剪裂帶之線型；另一為非構造之線型，如階地崖或臺地崖之直線型線型。

本區判釋的線型大致為北東北-南西南走向及西北東南走向，均大致平行沙里仙溪及陳有蘭溪，推測均與地質構造或層面及劈理相關，因構造特徵不明顯，僅能先以線型標示。

此外，本區水系在陳有蘭溪、沙里仙溪及楠梓仙溪流域均呈樹枝狀水系，但在東峰、南峰東側之水系較直順，研判為冰河期冰河通過造成之 U 型谷。

地形面

地形面分為沖積扇與階地堆積，主要分布於陳有蘭溪、沙里仙溪及楠梓仙溪流域，而本區位處高海拔為各水系之源頭，故大部分為因水系上游有崩塌，溪水將沈積物快速堆積的沖積扇，少數疑似為階地堆積。而在沙里仙溪及楠梓仙溪流域，沖積扇或階地堆積均分布在西岸，是因構造活動影響或其他因素，應是往後值得探討的問題。

冰河地形：

胡賢能(2002)利用航照判釋，認為玉山西北側河谷為一典型冰斗受後期河流發育侵蝕形成的放射狀水系，但判釋上未有明顯的圈谷形狀。本計畫利用光達產製的高精度地形資料，排除植生對地形判釋的影響，提升對地形判釋的解析度。

目前在台灣高山上找到的冰河證據首推「U 形谷」。高山冰河和河流都會侵蝕地表，形成谷地，但兩者塑造的谷地明顯不同，高山上河川對地表的侵蝕容易形成「V 形谷」，而且谷地會隨著水流方向蜿蜒彎曲；但是冰河是降雪長期累積形成的龐然大物，積雪會夾帶碎石，對谷地兩側造成較大的摩擦力，而把谷

地侵蝕成 U 形；另一方面，冰河前進的力量非常大，遇到小阻礙便硬擠過去，不會像水流般配合地形改變路徑，所以 U 形谷都比較直。U 形谷的源頭（也是冰河的源頭）是呈漂亮圓弧狀、有如半個碗的「冰斗」，這是冰河的第二項證據。

本計畫判釋冰河地形主要依據冰斗、U 型谷、刃嶺及角峰等地形特徵，最明顯的是冰斗在地形上呈現碗形的特徵，冰斗的縱剖面特徵依楊建夫等(1999)闡釋如圖 16。本區的冰河地形大多集中在北峰、主峰、南峰附近。圓峰山頂下緣有多處大面積平緩地形，疑似冰斗遺跡，現地白木林平台向東南方望去即可看見，主峰周圍有多處冰斗遺跡，致使主峰被削為角峰地形，圖 17。東峰東面亦有明顯的 U 型谷遺跡(圖 18、圖 19)，不論判釋或現地皆清楚可見。

綜合判釋結果，本研究增加光達資料之判釋，能獲取相較前人研究僅用採航照判釋更豐富之資訊。判釋結果在線型部份大致與程延年(1986)與胡賢能(2002)之成果相近，均為接近平行沙里仙溪及陳有蘭溪之走向；在層跡部份，主要在玉山主山層因岩性差異大較能判釋，其他地區則因岩性較單一，於地形表現較不明顯；構造線部份，由於光達資料較傳統航空照片解析度佳，本計畫在排雲山莊東側判釋出多條構造線；冰河地形部份則大多集中在北峰、主峰、南峰附近。地形面部份，主要分布在沙里仙溪及楠梓仙溪流域，且沖積扇或階地堆積均分布在西岸。

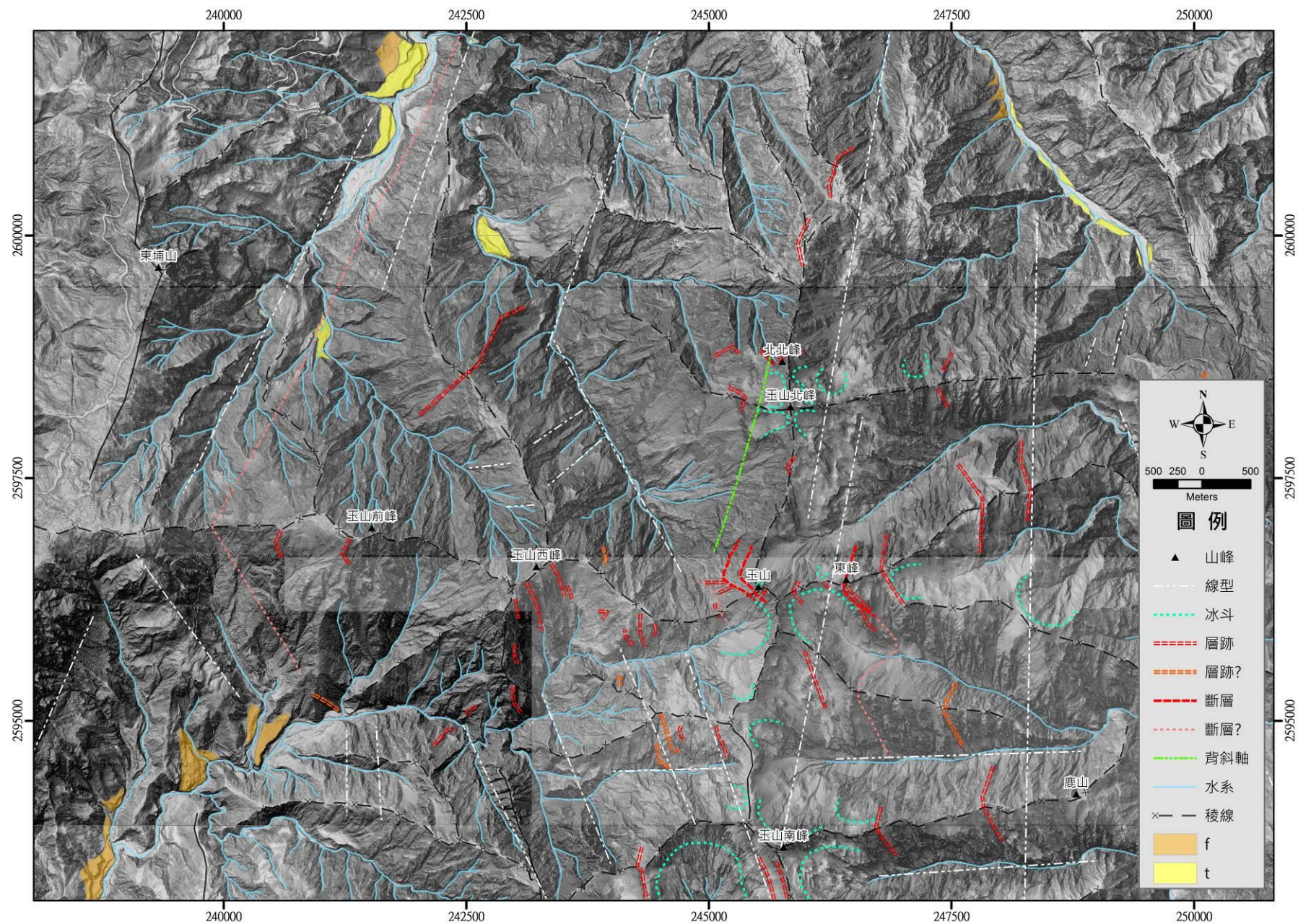


圖 15 光達判釋結果

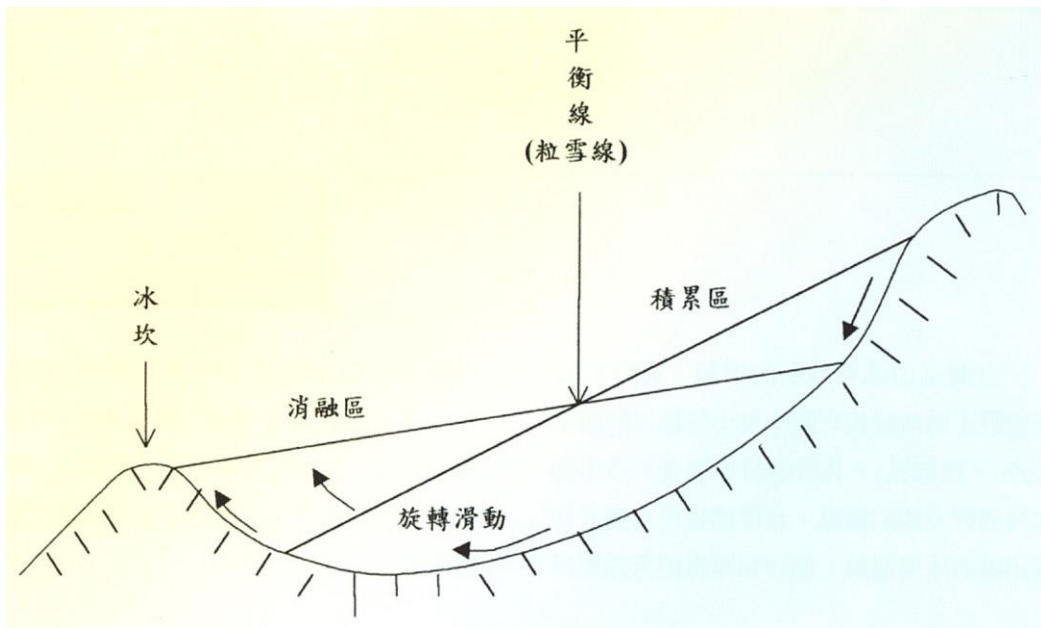


圖 16 冰斗的縱剖面特徵(楊建夫，1999)

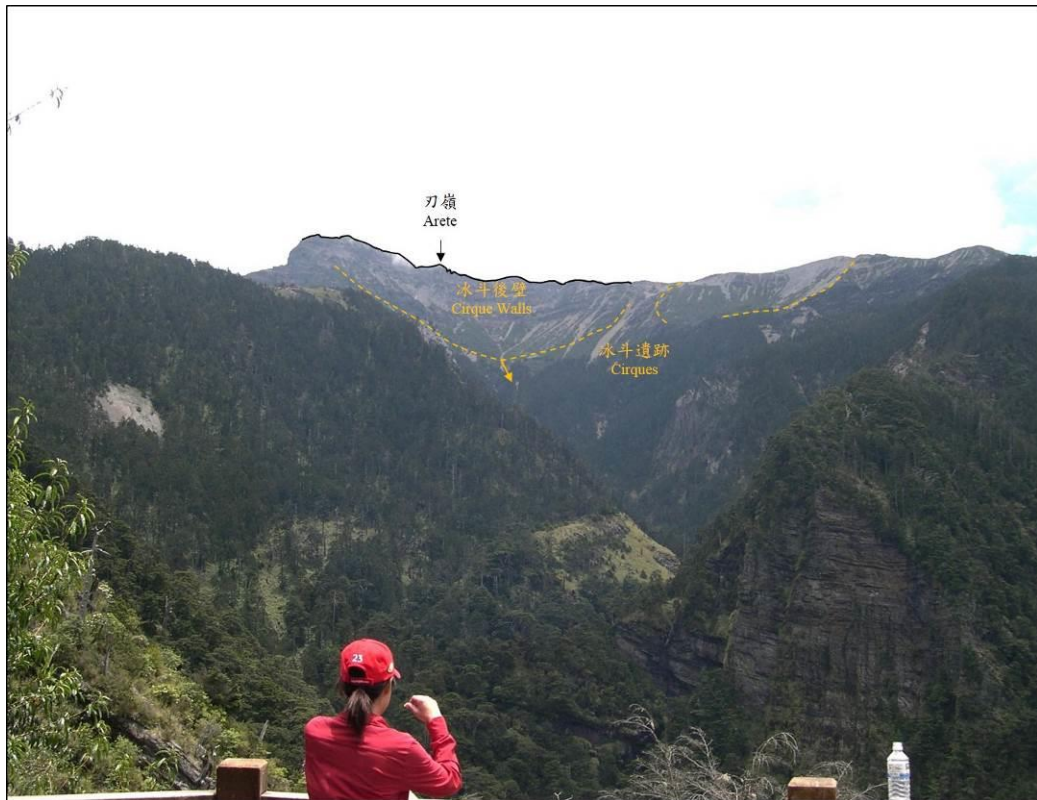


圖 17 玉山主峰至圓峰西側之冰斗(潘以文，2006)

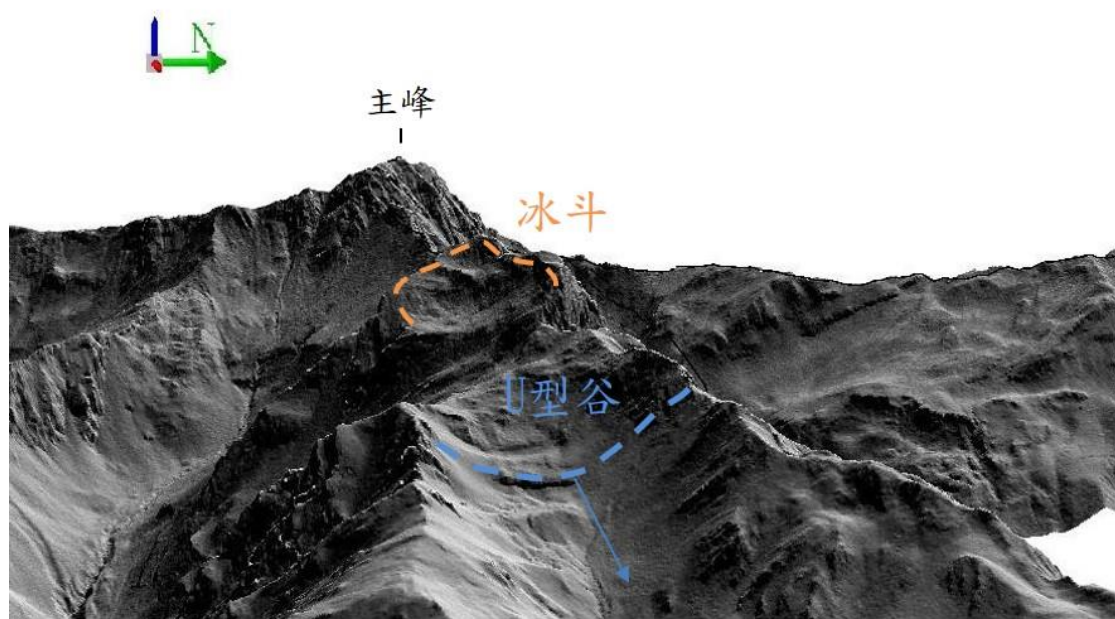


圖 18 東峰東面光達正射陰影圖資料顯示冰斗與 U 型谷



圖 19 現地拍攝東峰東面冰斗

4.2 地質調查結果

依調查結果將調查區域區分成七個岩段，由西向東分別為：板岩段(SI1)、變質砂岩夾板岩段(Mss-SI1)、板岩夾變質砂岩段(SI-Mss1)、板岩段(SI2)、板岩變質砂岩互層岩段(SI/Mss)、變質砂岩夾板岩段(Mss-SI2)以及板岩偶夾變質砂岩段(SI-Mss2)，細部調查地質圖繪製詳附錄四，剖面如圖 20，各岩段說明如下：

板岩段(SI1)：

本層岩性以深灰色至黑色劈理發達之板岩為主，偶夾薄層變質砂岩，局部地區則有層狀變質砂岩出露，本層內夾有火成岩體，零散出露於塔 0.4k 至塔 1.0k 之間。本層主要分布於塔塔加登山口至步道里程塔 1.6k，與東側變質砂岩夾板岩段(Mss-SI1)係以斷層接觸，其相對應地層應為十八重溪層，為調查區域內最老岩層。

變質砂岩夾板岩段(Mss-SI1)：

本層岩性主要由淺灰色中至粗粒石英質砂岩，呈厚層狀或塊狀，偶夾薄至厚層板岩。由其中變質砂岩與板岩比例關係可再分為三段，西東兩端岩性皆為變質砂岩夾板岩為主，中間夾有薄板岩以及板岩變質砂岩互層。岩層位態量測結果顯示，本層可能有向斜、背斜構造存在，現地調查亦實際觀察到一主要背斜構造(如圖 29)。本岩段中，最東邊變質砂岩夾板岩段在塔塔加往排雲步道上出露以層狀變質砂岩為主，其正上方西峰步道則多為板岩出露或碎屑，由位態與剖面追蹤推測其關係，本段應夾有一連續向斜背斜層狀變質砂岩層，岩層走向與下方步道(塔塔加往排雲步道)平行，故出露皆為變質砂岩，因變質砂岩層厚度較薄而未及高度較高的西峰步道，因而上下步道岩性不連續。本岩層與西側之板岩段(SI1)推測以斷層接觸，與東側板岩夾變質砂岩段(SI-Mss1)因植生茂密暫推測為整合接觸。本層主要出露範圍約在步道里程塔 1.8k 至塔 6.8k 附近，其相對應地層應為達見砂岩層。

板岩夾變質砂岩段(SI-Mss1)：

由剖面圖可知本岩段主要覆蓋於變質砂岩夾板岩段(Mss-SI1)上方，在塔塔加步道上出露不多，約塔 7.3k 至 8.2k 之間，主要出露於西峰步道上，推測為一厚層板岩夾變質砂岩。由於西峰步道主要以較軟弱板岩為主，且由上下步道的岩性和位態關係，並於西峰步道上發現 S 型微視構造顯示，本層褶曲較激烈。本層與西側變質砂岩夾板岩層(Mss-SI1)及東側板岩層(SI2)皆因缺乏露頭出露，故先推測為

整合接觸關係。本岩段於塔塔加步道上大致出露於塔 7.3k 至塔 8.2k 處，西峰步道涵蓋較廣，約涵蓋 2/3 的步道範圍皆是。本岩段相對應地層應為玉山主山層一部分。

板岩段(SI2)：

本段岩性以深灰色至黑色板岩為主，劈理發達，夾少量變質砂岩，主要分布於塔塔加步道里程塔 8.2k 至排雲山莊以東約 0.3k 處。

板岩變質砂岩互層段(SI/Mss)

本段多受植生覆蓋，缺乏連續露頭出露，依調查成果大致可區分兩岩段，西側岩性主要為變質砂岩偶夾板岩大致出露於步道里程排 0.3k~排 0.5k，東側岩性主要為板岩變質砂岩互層，主要在步道里程排 0.6k~排 1.8k，此路段多為植生覆蓋夾雜破碎岩塊，由少部分露頭及破碎岩塊可發現 Z 型及 S 型微視構造，推測附近有背斜構造通過。本岩層相對應地層為玉山主山層一部分。

變質砂岩夾板岩層(Mss-SI2)

本段變質砂岩岩性岩性主要由淺灰色中顆粒砂岩，呈厚層狀或塊狀，偶夾薄至厚層黑色板岩。本段約從步道里程排 1.8k 向東延伸經過玉山主峰頂，至步道里程東 0.5k。本岩段岩性較為單調、破碎，位態凌亂，推測應有多道地質構造通過，現地調查發現一西北東南向之逆衝斷層，由排雲山莊往主峰步道之之字坡路段向東望可見玉山西南面之較軟弱岩層因構造通過而造成撓曲，此構造線可向北延伸，在往風口通道與主北叉路處仍可見其本斷層延伸。在主峰往東峰方向地形上有多道似鳳尾單峰突出，經現地調查推測為逆衝斷層通過。本岩層相對應地層為玉山主山層之一部分。

板岩偶夾變質砂岩段(SI-Mss2)

本段岩性為厚板岩層與板岩夾變質砂岩層，位態略有轉折，大致出露於步道里程東 0.5k 至東峰頂及荖濃溪營地東側約 1.5 公里處以東區域。本段對應地層可能為佳陽層。

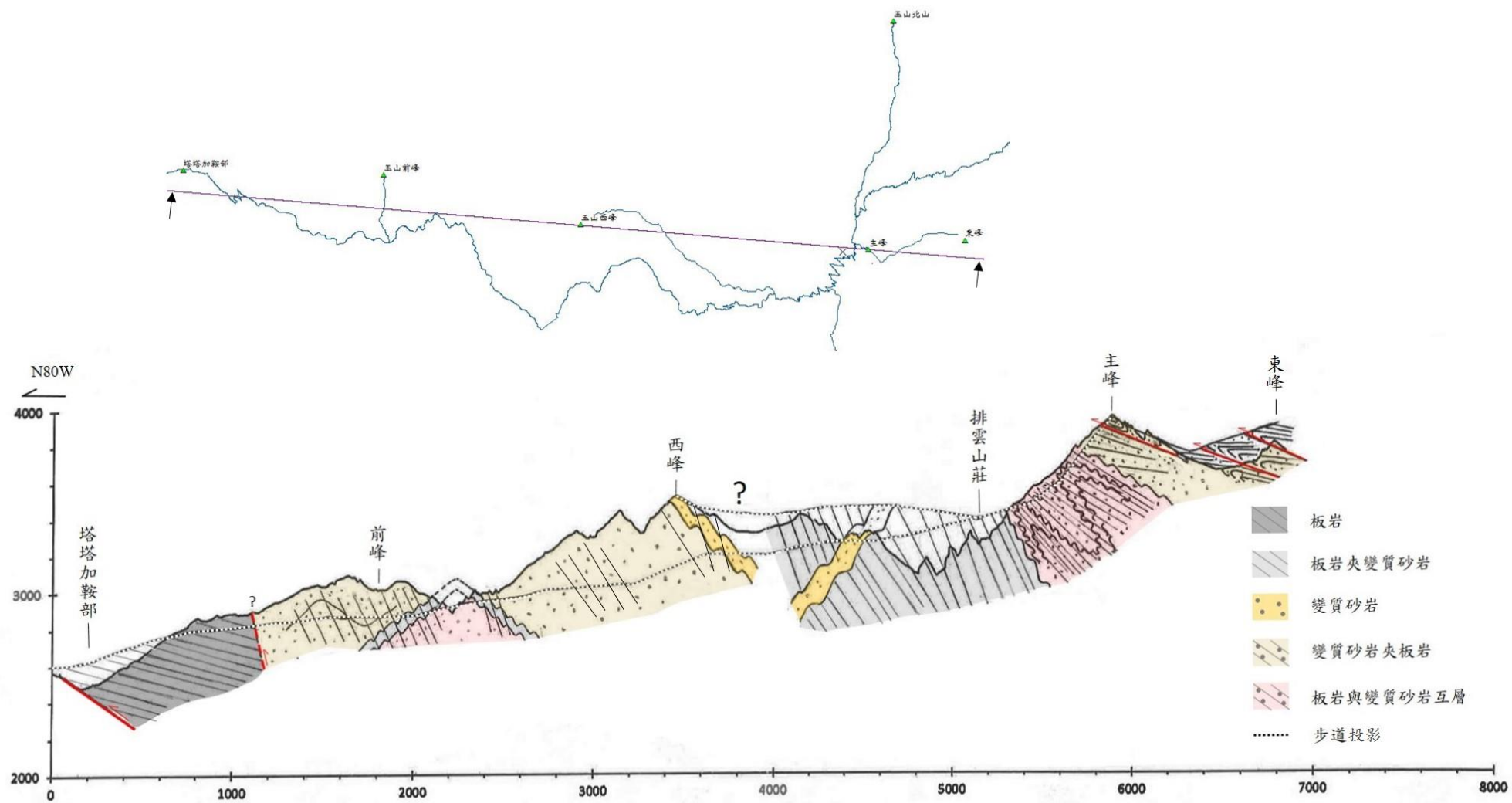


圖 20 塔-主-東剖面草圖

4.3 區域地質

彙整調查結果並參考綜合前人研究成果，玉山主峰附近之地層大致可區分為五層，分別為十八重溪層、達見砂岩、玉山主山層、佳陽層及南莊層，區域地質繪製如圖 21，各地層敘述彙整如下：

十八重溪層(Sp)

本地層為玉山地塊中最老的岩層。本層的標準露頭點在南投縣東埔溫泉北面陳有蘭溪支流十八重溪上，其岩性主要由黑色至暗灰色板岩組成，夾有薄層變質砂岩及板岩與變質砂岩所形成黑白相間的薄頁互層。十八重溪層內發現火成岩體的侵入火成岩體，呈脈狀分布，岩性為輝綠斑岩質侵入岩。本地層為雪山山脈地質區最老的地層，相當於畢祿山層（何春蓀，1986）。根據張麗旭（Chang, 1960）與顏滄波（Yen, 1973）的研究，在郡坑溪、十八重溪與望鄉山北面均有發現 *Assilina* 化石，並在望鄉山西側的礫石中，發現有 *Nummulites* 化石。另根據黃廷章（Huang, 1980）於郡坑溪發現許多超微化石，並指出本地層上段相當於葛氏（1971）的 *Discoaster tani-Sphenolithus radians* 帶或巴氏（1973）的 *Discoaster bifax* 亞帶的超微化石群。本層最下段可能已經進入始新世早期 *Discoaster sublodoensis* 帶（NP14）外，主要可對比到馬氏（1970）在始新世中期所定的 *Chiphragmalithus alatus* 帶或標準化石帶 NP15（Martini, 1971）。

達見砂岩(Tc)

主要由淺灰色厚層、粗粒至細粒石英質砂岩或變質砂岩組成，經低度變質作用，間夾板岩、硬頁岩以及少量石灰質變質砂岩，頁岩時含炭質。達見砂岩因為岩性堅強，常構成著名瀑布；如東埔附近雲龍瀑布、彩虹瀑布等。阿里山五萬分之一地質圖幅作者曾在郡坑溪最上游河床，鄰近十八重溪層與達見砂岩層界處拾獲一顆含有始新世大型有孔蟲 *Nummulites amakusensis*、*N. junbarensis* 的轉石，該轉石岩性為堅硬之泥質砂岩，其更上游來源區的流域範圍僅出露達見砂岩，依轉石岩性研判應來自於達見砂岩。經過日本教授松丸國照（Kuniteru Matsumaru）博士鑑定為始新世早期至中期（陳勉銘等，2011）。

玉山主山層(Ys)

本地層岩性以堅硬的變質砂岩與板岩互層，變質砂岩為淺灰色，顆粒為細粒

到中粒，偶出現厚層砂岩。此地層分佈於玉山東峰至玉山西峰之間。富田芳郎與丹桂之助（1937）在玉山的排雲山莊附近岩層中發現 *Assilina* 化石，但丹桂之助（Tan, 1971）後來將化石名稱更改為 *Operculina* sp.。王文能與陳清義（1978）則在小南山附近，於本層發現 *Assilina* 化石，年代應屬始新世。

佳陽層(Cy)

地層岩性主要由板岩所組成，夾少量灰色細砂岩薄層與粉砂岩薄帶，偶有燧石結核或團塊。此一地層分布於本圖幅地區東北隅，於玉山群峰調查路線之玉山東峰至金門峒大斷崖間。依據阿里山五萬分之一地質圖幅綜合研判，亦即達見砂岩為始新世早期至中期，眉溪砂岩為始新世晚期，而佳陽層介於其間，時代上推估為始新世中期至晚期尚屬合理。

南莊層(Nc)

本層整合覆蓋於南港層之上，在新中橫公路上可見到廣泛的岩層露頭。南莊層在東埔地區岩性主要由淺灰色砂岩和灰色頁岩或砂質頁岩之互層組成，間夾厚層砂岩及砂頁岩之薄頁互層。本層中富含貝類及有孔蟲化石，張麗旭等（1960）在阿里山煤田地質報告中指出，本層小型有孔蟲化石多存在本層下部，研判時代為中新世的晚中期至晚期。黃廷章（1979）採自阿里山煤田區南莊層下部的標本具有重要年代指示化石，顯示南莊層下部可對比 NN8 或 NN9 下部。

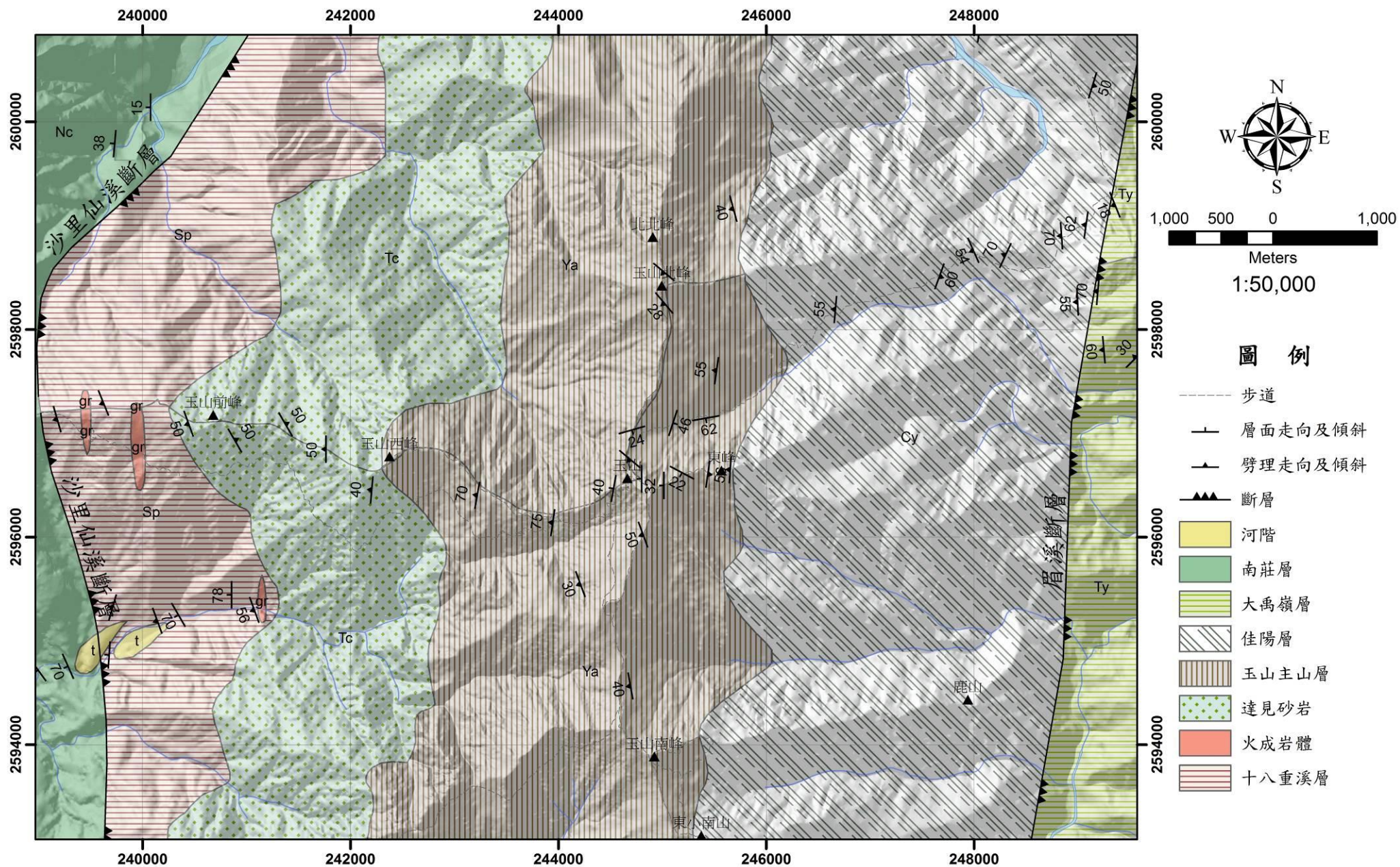


圖 21 五萬分之一區域地質圖

解說點1：塔塔加鞍部(建議新增點)

設置位置：塔塔加登山口處

設置目的與概要：

利用空載光達建製的塔塔加鞍部-玉山主峰間的模型圖，初步了解接下來要走的地形，會看到什麼樣的地質與地貌景觀，讓遊客在進入玉山步道前，對位居中央山脈樞紐的玉山，能有一個整體性、概略性的認識。

解說內容：

玉山國家公園位居台灣中央山脈樞紐，由全園區坡度可知，平均傾斜比第六級(>55%)占總面積大於 60%，顯示國家公園內地勢高聳陡峻。從地質分區上，玉山國家公園包含五大地質區及兩條重要的界限斷層，由西向東分別為(1) 西部麓山帶中新世沉積岩區；(2) 雪山山脈帶古第三紀變質板岩系；(3) 脊樑山脈帶中新世變質板岩系；(4) 脊樑山脈帶古第三紀或更老之變質板岩系；(5) 古生代晚期變質岩基盤；以及劃分(1)、(2)地質區的沙里仙溪界限斷層(北接屈尺斷層)，劃分(2)、(3)地質區的眉溪界限斷層(北接梨山斷層)。在有趣又複雜的台灣地質史上涵蓋了始新世以來的時間，有必要讓遊客於登山口攀登前，進一步了解玉山的地質景觀。而塔塔加-玉山主峰步道為國際知名登山路線，此段近 11 公里的路程即通過兩大地質區及一條界限斷層，可利用此站做一個深入淺出的地質地貌圖說，並標示沿路其他解說點位置，讓遊客登山享受美景之餘增加地質知識。

登山遊客或由阿里山公路至登山口，或由東埔沿新中橫公路至登山口，沿途均經過中新世沈積岩區之岩層-南莊層，而到達塔塔加鞍部後，跨越劃分(1)與(2)地質區分界的界限斷層-沙里仙溪斷層。原本水平的岩層因造山運動，受來自東側力量擠壓，岩層推擠受阻而斷裂、褶曲並隆起形成一拱形，拱形前端低窪處指的即是鞍部，如圖 23。塔塔加鞍部剛形成時並不似現在這般凹陷，由於南北向恰好一斷層溪谷通過，地形上南北向空曠導致西南氣流容易於此處匯集而時常降雨，經年累月的沖刷加上斷層帶上岩層破碎，十八重溪層多為軟弱板岩等岩性因素，使得塔塔加鞍部的地勢極低於東西兩邊地形，形成現今我們看見的地形。



圖 23 塔塔加鞍部(往北拍攝)

解說點2：塔塔加里程0.7k (建議新增點)

設置位置：約塔塔加里程數 0.7k 平坦地

設置目的與概要：

此處為一個觀賞地質景觀合適點，向西望可看見鞍部登山口及西南側裸露岩壁為南莊層，與遊客所站的位置(塔 0.7k)岩性截然不同，可對應與輔助登山口設立之解說內容，並說明楠梓仙溪河道演變過程。

解說內容：

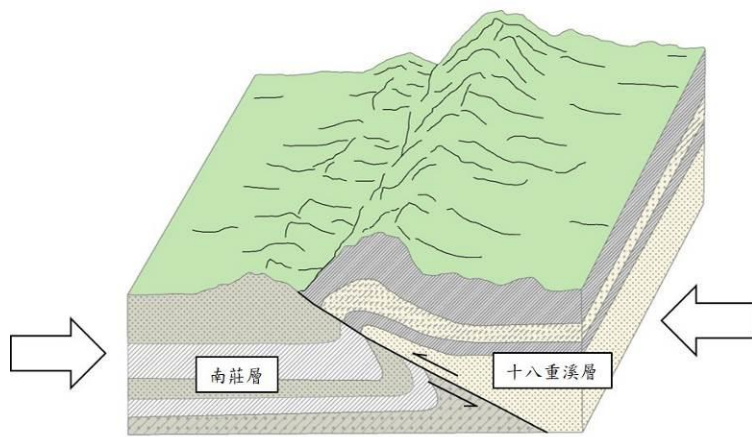
遊客行至此處，往西回望，試著回想剛剛於登山口附近看到的岩性是否與現在所站之處有所不同。登山口附近地層是未變質過的粗至細顆粒淺灰色砂岩，越過鞍部後岩性馬上轉變為輕度變質的片狀深灰色板岩，其原因是剛經過台灣重要的界限斷層之一-沙里仙溪斷層。沙里仙溪斷層通過位置恰為鞍部附近，沿著楠梓仙溪向南延伸(圖 24)。

楠梓仙溪推測為一後成河，後成河顧名思義即地質構造或岩性操控河流發育的方式。我們推測，因造山運動，東邊地層向西逆衝傾覆，交界處附近形成岩層破碎的斷

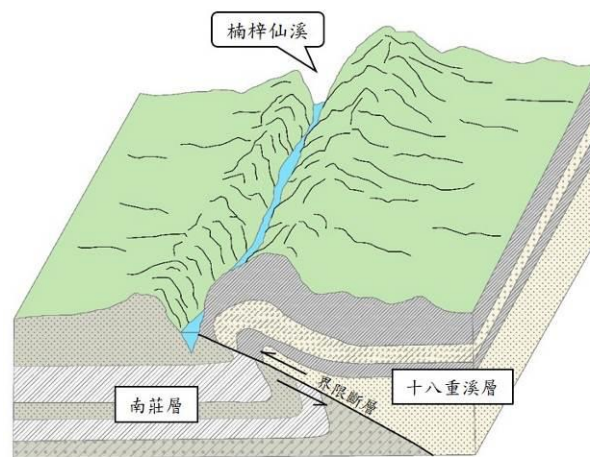
層帶，河水沿著破碎低處的界面不斷淘刷，經年累月形成一溪谷斷層(如圖 25)。溪谷兩側溪邊為未變質沉積岩區，位於斷層下盤；東邊是輕度變質板岩區，即是斷層上盤。



圖 24 步道回望登山口



岩層受力擠壓褶曲斷裂，岩盤逆衝傾覆，於地表附近形成一斷層帶。



斷層帶岩層軟弱破碎，水體流經此處易於淘刷而漸漸形成溪谷，由於溪谷大致沿著斷層走向發育，因此左右兩岸岩性不一致。

圖 25 溪谷演變示意圖

解說點3：前峰登山口(已設解說牌)

設置位置：前峰登山口(塔 2.7k)

設置目的與概要：

此處地面上可看見許多沉積構造，這些構造是當時的沉積環境下所形成的，後來經過成岩作用，地殼變動抬升後保存至今被我們所看見。行至前峰登山口前，遊客在此處稍微休息卸裝準備攀爬前鋒時，可順便了解一下腳下踩著岩石的故事。

玉管處已設立解說牌，但解說牌部分照片已斑駁，建議重新架設外，另外可於照片標示波痕構造之水流方向或生痕化石之位置讓遊客能明瞭。

解說內容：

對大部分遊客而言，很難想像滄海桑田的變遷，而台灣的最高山玉山即是由海底堆積的岩層，經地殼變動抬升而至今日之高山，這些變動主要的證據就是存在於岩石內之沉積構造。在前峰登山口可以看見兩種主要沉積構造：水流沉積構造以及生痕構造。

水流沉積構造：泛指水流搬運未固結沉積物相互作用形成的層理(Beddings)或紋理(Laminations)，以及漣痕構造(Ripple Marks)(如圖 26)。由於露頭尺度的關係，漣痕構造最為常見。

干涉漣痕(Interference Ripples)：海水水體流動時，如有兩組以上不同方向進行運動，則沉積物(細顆粒為主)會形成多邊形的漣痕構造，稱為干涉漣痕，似連續扶梯構造為其多邊形特徵。

生痕構造：又稱生痕化石(Trace Fossil, Ichnofossils)，屬化石的一類，但主要是指生物進行各種活動，例如爬行、覓食、棲息等行為所留下的痕跡。觀察現代海床生物活動情形，再比對岩層中生痕化石組成，可以推測當時的沉積環境條件，是研究古沉積環境的重要手段。

而在此處，遊客腳下所踏之岩層層面恰好為一緩背斜，背斜兩翼的薄板岩層上皆可看見干涉漣痕構造，這些現象顯示當時的沈積環境屬於淺海區相，水流帶動細砂，遺留下來流動之漣痕(圖 27)。仔細找找，在岩層面或層內亦可看見生痕構造，顯示當時海底下生物的覓食、藏匿、棲息等生活行為被保存下來(圖 28~圖 29)。

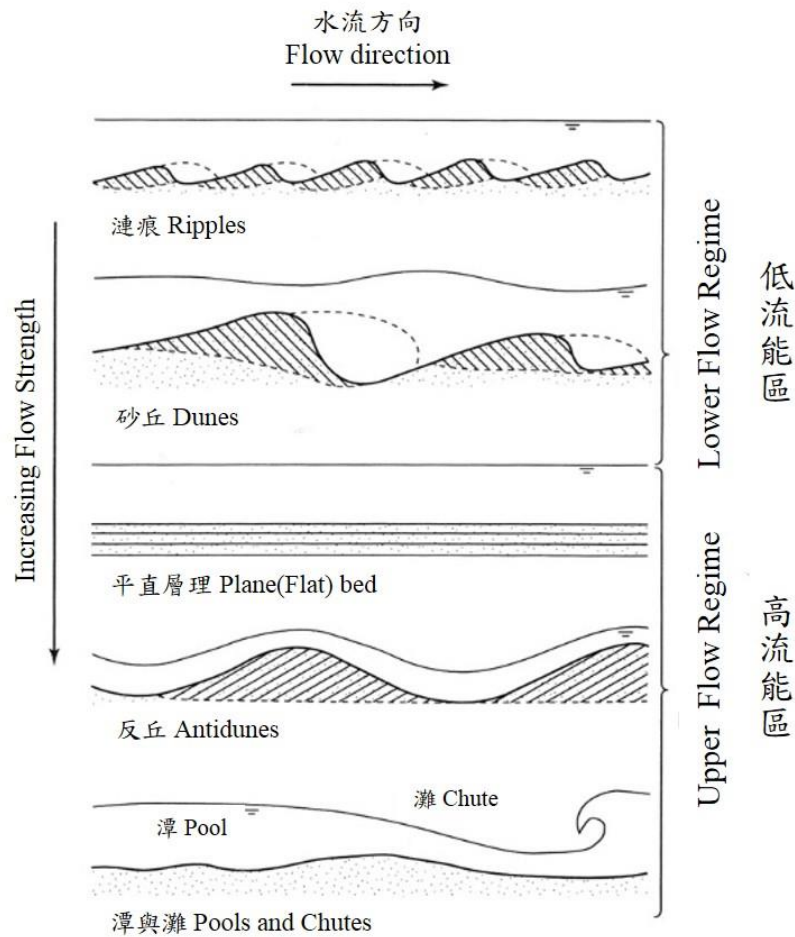


圖 26 水流在不同能量區作用時所形成的沉積構造(Blatt, Middleton and Murray,1980)



圖 27 岩層面上有漣痕構造 (Ripple Mark)，顯示此類岩層於海底或海床堆積而成，圖上構造看似有一組較大水流及其他方向小水流而形成多邊外型的干涉漣痕。



圖 28 前峰登山口前岩層面上的生痕化石。常見的長管狀生痕化石，應為生物攝食/啃食痕跡，攝食構造多形成於層面上。



圖 29 白木林附近砂岩層面中發現明顯的長管狀生痕化石，應同為生物攝食時行走的痕跡。

解說點4：白木林平台(建議新增點)

設置位置：白木林平台(塔 5.0k)

設置目的與概要：

此處建有一休息亭，可提供登山遊客休憩午餐場所，亦可利用休息之餘遠眺玉山主峰與圓峰間之山嶺脊線，觀賞河流及冰河對高山地形之影響，想像冰河時期玉山地區之地形景觀。

解說內容：

台灣高山山谷冰河(Vally Glacier)地形最早提出學者為日據時期鹿野忠雄(1932)，近幾十年來許多學者陸續於台灣高山找到冰河地形特有特徵，例如冰斗、U形谷、擦痕、刃嶺和角峰(如圖 30)。

冰斗(Cirques)：指冰河頂端發源地，形狀似半圓形或馬蹄形的碗狀窪地。冰斗位於山峰連綿的凹地，較為平緩且積雪最多，隨著季節變化，積雪融化滲入岩石裂隙後又結冰膨脹的反覆作用，導致岩石崩解被冰川帶走，漸漸形成一半碗狀窪地稱之冰斗。

冰斗後壁(Cirque Walls)：冰斗後側高陡的岩壁。

刃嶺(Arete)：冰斗不斷發育後壁退後，山脊逐漸被削薄型成連綿尖銳鋸齒狀山脊稱為刃嶺。

角峰(Horn)：如果山嶺四面都被冰河包圍，不斷溯源侵蝕的結果形成一類似金字塔尖峰，稱為角峰。

由白木林平台遠眺玉山主峰與圓峰之間山嶺脊之地形，可發現此區地形呈現一弧形圈谷，推測在冰河期時代應是一廣大的冰斗地形，冰河期後因楠梓仙溪上游的向源侵蝕作用，導致整個冰斗地形大部分被侵蝕殆盡，僅圓峰下方之冰斗仍殘留下來圖 31。

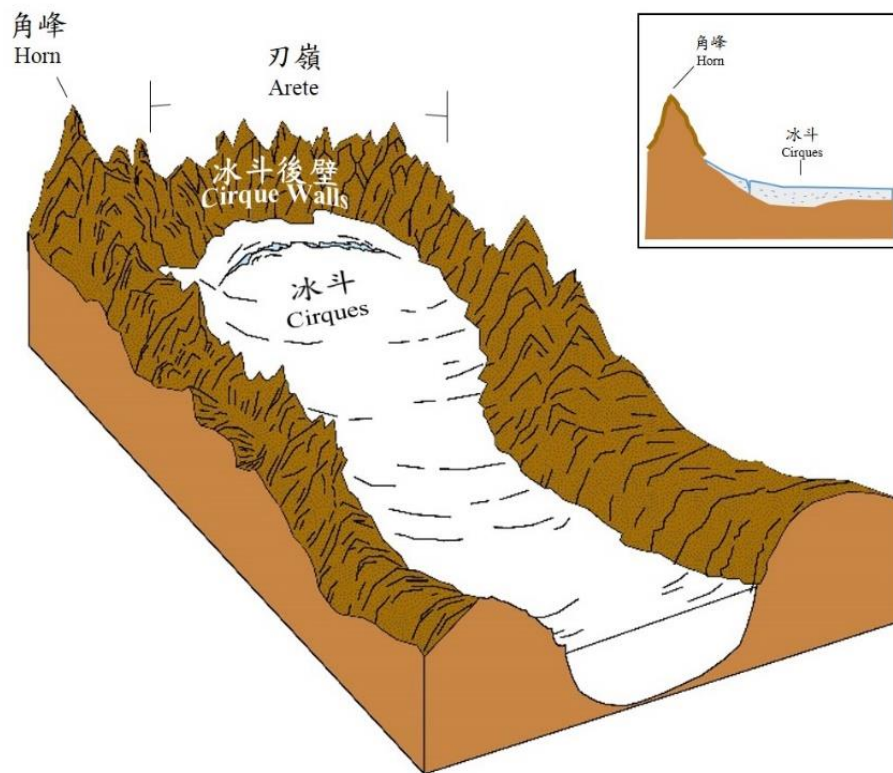


圖 30 山谷冰河地形示意圖

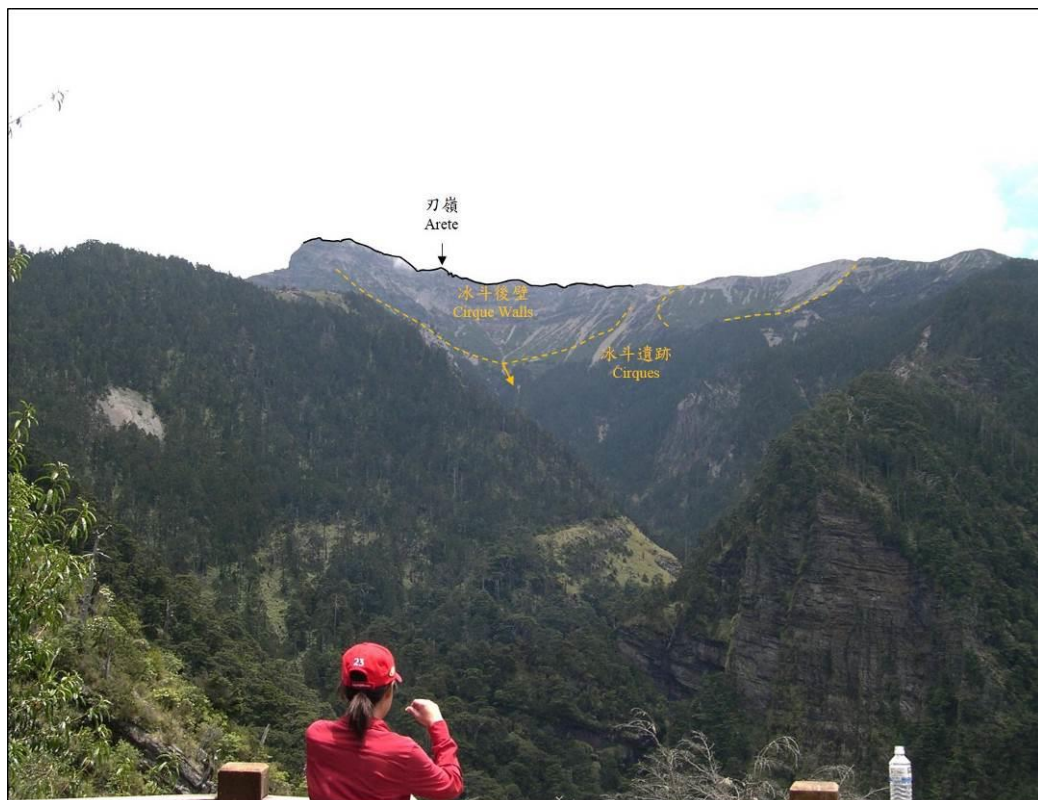


圖 31 山頂稜線附近疑似為冰河期遺留下之冰斗地形，其下緣大部分以被河流向源侵蝕破壞。(潘以文，2006)

解說點5：大峭壁(已設解說牌)

設立位置：大峭壁(塔 6.7k)

設置目的與概要：

本解說點設置之主要目的為說明大峭壁之成因，並簡述此處岩層之生成環境。

玉管處已於該處設立解說牌，說明簡潔清楚，調查時額外發現的漣痕構造，建議可加入。

解說內容：

經由本次調查認為，大峭壁岩層應屬層狀變質砂岩層，其上下被板岩夾變質砂岩層包覆。這些岩層原是水平堆積的沉積岩層，受變質作用與造山運動產生褶皺與斷裂，此區域恰好形成一大背斜，背斜兩翼形成 45 至 60 度傾角，經年累月受楠梓仙溪侵蝕掏刷後基腳逐漸流失，上方岩層順著層面下滑形成大面積峭壁即所謂的順向坡，此處步道恰好平行順向坡層面，因此有別於其他路段是可以看見整面陡峭層面。

在峭壁的表面主要有兩種的沈積構造，其一為舌狀的漣痕(Lingoid Ripple Marks)構造(圖 32)，另一則為彎曲狀峰線漣痕構造(圖 33)。前者水力、流速略高，漣痕的中峰線斷裂而形成一坨坨似舌狀或橢球狀構造；後者流速較平緩一致，因此可看出主要水流方向。這種沈積構造代表著一種海相的原始堆積環境，其堆積的深度能夠受到波浪的作用。

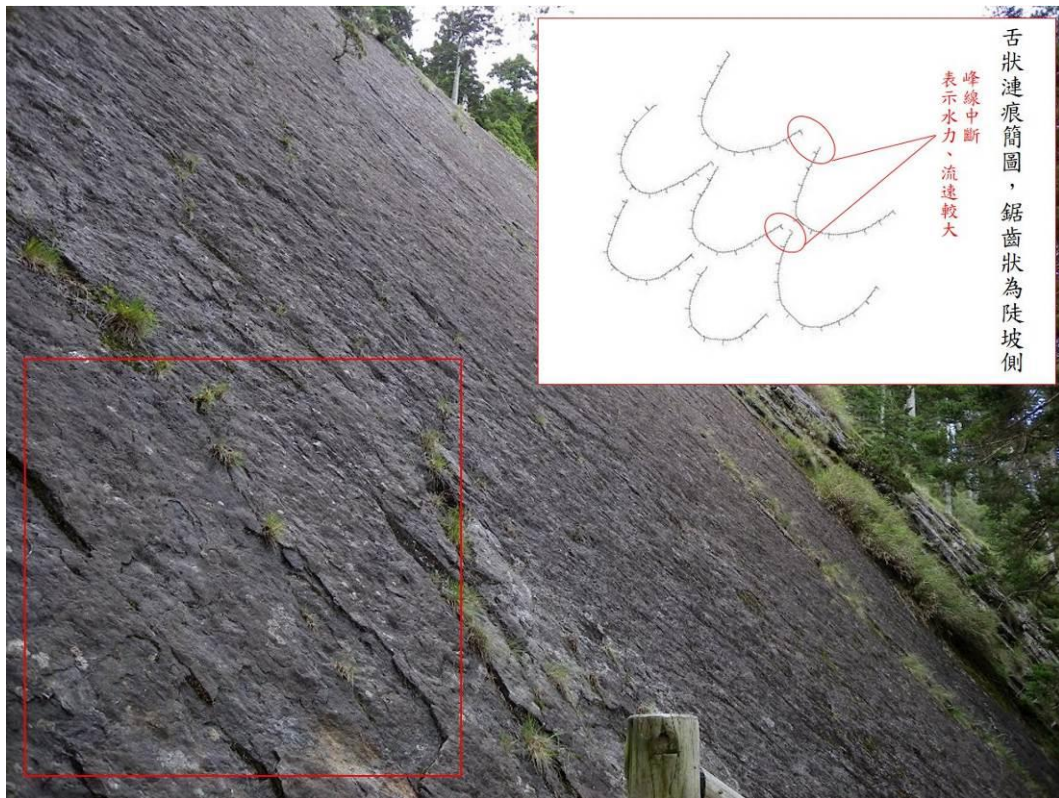


圖 32 岩壁的西側上布滿一顆顆舌狀漣痕構造



圖 33 岩壁靠東側可發現水流較緩而形成的彎曲狀峰線漣痕構造。

解說點6：之字坡(建議新增點)

設置位置：之字坡上(排 1.5k)

設置目的與概要：

走在之字坡上，漸漸印入眼簾是東方往圓峰方向連綿不絕的山脊，而這片看似只有稀疏植生覆蓋的露頭，其實蘊藏了褶曲、斷裂、逆衝、充填等一連串地質現象。遊客行經此處，不論是已連夜攻頂正緩步下山，或是正蓄勢待發準備登頂，都應該看看這片有趣又重要的地質現象，這正是形成玉山主峰的重要因素呢！

解說內容：

在往圓峰山屋叉路口即可看見東方有一片連綿的山壁，沿著之字坡向上山壁上的構造越發清晰，本解說點對面山壁出露一明顯的向斜和背斜構造(如圖 34)，背斜構造被錯移形成兩個背斜構造塊體，這兩大塊體因錯動破裂產生許多裂隙，含有石英成分之雨水滲入後結晶漸漸充填其中，形成堅硬抗風化的岩脈，因此留下複雜又有趣的構造突立於山壁上。

圖 12 上這條明顯的西衝斷層一路向北延伸，通過風口通道往北峰碎石坡出露，推測即是讓今日玉山聳立於群山之中的重要推手！

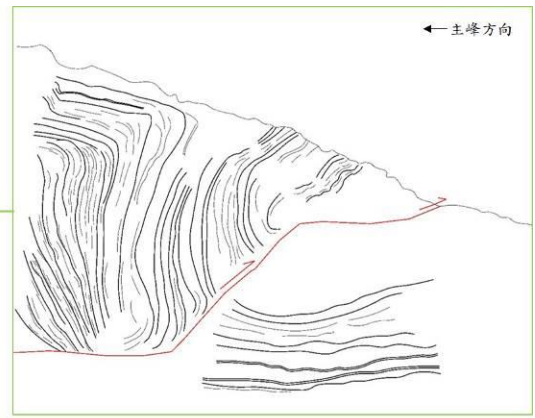
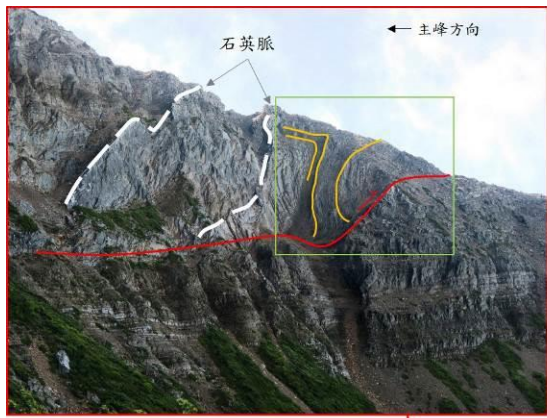


圖 34 逆衝斷層描繪圖

解說點7：往北峰方向步道上約0.4k處(建議新增點)

設置目的與解說概要：

欣賞台灣之巔-玉山主峰最佳位置莫過於此處，通常玉山主峰的英姿多是從此角度下手。這裡往南望向玉山可看見連綿岩壁一路到東峰，如圖 35，這短短數百公尺岩層包含了許多故事，歷經臺灣島最近一次蓬萊造山運動，東西向力量推擠導致地底下的岩層斷裂、褶曲、推擠、抬升形成現今的高山，這些推擠後所產生的產物刻深刻地刻畫在玉山主峰至東峰間的岩壁上，建議可配合一張簡單的示意圖，說明這兩座山頭上的地質構造，而這兩座山頭的演變由來建議搭配地質小短片說明。



圖 35 玉山主峰與東峰北面岩壁

解說點8：八通關草原(建議新增點)

設置目的與解說概要：

此處主要是長程登山客才會經過的步道景點之一。不論是由東埔過來，已翻越八通關高遶的山行者，亦或是由荖濃溪營地平步過來準備迎接高遶挑戰的旅客，皆會在此處小歇，這片豁然開朗，午後常因地形而山霧繚繞的平坦草原，細細考究其原因，其實是河道的古地形抬升演變而來的。由殘存的大片寬闊的階地面、環形丘地形等特徵，顯示此區域遠古時期的河道堆積速率應大於侵蝕速率，顯示當時附近的河道源頭落差不大，之後地形的抬升導致河道中斷而形成現今的殘存古地形，判讀附近河道流向，荖濃溪溪流在此處向西轉 90 度彎，推測遠古時期八通關草原應是荖濃溪溪流之一，如圖 36、圖 37。



圖 36 建議設立解說牌於此處，高遶起始點



圖 37 八通關草原之河階與環形丘

解說點9：東埔步道約1.7k處(建議修改點)

修改內容與解說概要：

大多數高山河道旁的階地並非為河道下切而形成一階階的段丘地形，符合段丘地形最基本條件是河道兩邊有對稱的河階地，而形成多段河階地需要有足夠的河床堆積物堆積、河道歷經多次下切或地形多次抬升。此處係位於高山上游的溪谷，堆積物較少，且觀察河道平緩坡度及周圍不甚陡峭的地形可推斷此處河川難以一再下切形成 4 階河階地，本計畫認為此處解說牌（圖 38）需要重新修正設立。

此處沙里仙溪上的茶村落之階地，應屬於崩塌堆積而成，如圖 39，是邊坡滑動崩塌而堆積於河道附近。茶村落有多階階地，顯示此區域經歷多次崩塌，其崩塌堆積物阻礙原本河道而導致河道轉彎。



圖 38 需要修正說明之解說牌



圖 39 崩積階地

5.2 玉山主峰地質、地層解說手冊規劃

解說手冊規劃內容涵蓋兩年度成果資料簡化並納入手冊排版，本年度手冊截圖如圖

40、圖 41，規劃大綱如下，後續將依據計畫執行成果進行調整：

產出資料	手冊應用
區域地質圖	地層之旅
細部地質圖	地質圖上的地層於國家公園內哪些地方可以看見、地層的特徵等，以圖文、照片的方式闡述說明。並解說這些古老地層形成史。
剖面圖	
地質解說點	導覽之旅 兩年度規劃的解說點恰好為玉山主峰路線，以及東埔-八通關越嶺線，將兩條路線的解說內容收錄於手冊中，編繪成兩條地質解說導覽路線。
玉山地體演變示意圖	玉山的一生 第三年度將完成玉山的形成史，預計將成果資料簡化繪製成分段演變示意圖，讓讀者能清楚的理解玉山形成過程。

手冊大綱如下，將依據計畫成果進行調整。

A. 導覽之旅	C. 玉山的一生
導覽篇 1：玉山主峰路線解說站	老地層的生成
導覽篇 2：東埔-八通關越嶺線解說站	造山運動隆起
	今日的玉山
B. 地層之旅：暢遊玉山老地層	



圖 40 手冊封面草稿



圖 41 手冊草稿摘錄

5.3 地質短片

進行現地調查時亦進行 UAV 飛行拍攝，拍攝成果除了用於協助調查資料判釋，亦用於規劃編輯地質解說短片。影像資料採用 DJI Phantom 3 advance 進行拍攝，後續以影像編輯軟體進行編輯解說。

第一年度調查選擇主峰-圓峰叉路口拍攝第一部地質短片簡介，簡介內容主要針對主峰-圓峰間的衝逆斷層以圖、文、影片相互穿插說明，片長約 5 分鐘，可供玉山國家公園管理處放置於網路上供遊客瀏覽。本年度地質查核塔塔加-北峰-八通關越嶺線，並拍攝主峰與東峰之間連續露頭，因此短片以玉山主峰至東峰北面為主，此區構造豐富，適合做為地質短片的素材。

本年度重新編修上年度製作之地質短影片，將影片穿插一些動態圖像，並配置旁白，以讓整體影片更生動，圖 42 為編修後的地質短影片(1)截圖。

除編修上年度製作之地質短影片(1)，本年度並拍攝玉山主峰至東峰北面的影像，以供製作成地質短影片(2)。影片中可清楚觀察數條逆斷層，以及受斷層擠壓而隆起或凹陷的岩層，這些構造是形成玉山山頭能有如此美麗景觀的推手之一，非常適合作為科普的教材。即便無法到達此處的遊客，亦能了解台灣之巔美麗的面貌。圖 43 為本年度製作的地質短影片(2)截圖。影片如附錄四之地質短片光碟。



圖 42 編修美化之地質短影片(1)截圖



圖 43 製作完成之地質短影片(2)截圖

第六章、結論與建議

本年度主要工作為遙測地形判釋，判釋結果分為岩層層跡、構造線、線型、地形面及冰河遺跡等五大項。光達資料之判釋，能獲取相較前人研究僅採用航照判釋更為豐富、詳細之資訊。判釋結果在線型部份大致與程延年(1986)與胡賢能(2002)之成果相近，均為接近平行沙里仙溪及陳有蘭溪之走向；在層跡部份，主要在玉山主山層因岩性差異大較能判釋，在其他地區則因岩性較單一，而地形表現較不明顯；構造線部份，由於光達資料較傳統航空照片解析度佳，本計畫在排雲山莊東側判釋出多條構造線；冰河地形部份則大多集中在北峰、主峰、南峰附近；地形面主要分布於沙里仙溪及楠梓仙溪流域，沖積扇或階地堆積均分布在西岸，是因構造活動影響或其他因素，應是往後值得探討的問題。

基於野外調查作業成果，繪製完成一萬分之一細部調查地質圖，將岩層區分成七個岩段，七個岩段由西向東分別為：板岩段(SI1)、變質砂岩夾板岩段(Mss-SI1)、板岩夾變質砂岩段(SI-Mss1)、板岩段(SI2)、板岩變質砂岩互層段(SI/Mss)、變質砂岩夾板岩層(Mss-SI2)及板岩偶夾變質砂岩段(SI-Mss2)。

彙整調查結果及前人研究結果，繪製完成五萬分之一區域地質圖，本區地層大致區分為五層，分別為十八重溪層、達見砂岩、玉山主山層、佳陽層及南莊層；地質構造則以沙里仙溪斷層區分西部麓山帶及雪山山脈帶的變質岩。

彙整本年度及上年度資料產製之地質解說手冊初稿，並建議九點地質解說點，其中六處解說點為建議新增者，一處為既有解說點建議修改解說內容。九點地質解說點中，有七個解說點分布在塔塔加鞍部至主峰風口附近，另有兩點解說點分別位在八通關草原及東埔步道 1.7k 處。

於地質解說短影片部份，本年度重新編修上年度的短影片，於地質短影片穿插一些動態圖像，讓整體短片更為生動；此外，並新拍攝製作完成一件玉山主峰至東峰北面地質構造解說短片，以供管理處運用。

參考文獻

- 五萬分之一阿里山地質圖幅與說明書，2016，經濟部中央地質調查所。
- 王子揚，2010，應用風化環相對定年法探討冰川後退模式—以三叉山、嘉明湖為例，高雄師範大學地理學研究所碩士論文。
- 王文能、陳清義(1978)東埔-南玉山間之沿線地質概述。礦業技術，第 16 卷，第 7 期，第 382-390 頁。
- 王鑫，1998~2000，雪山圈谷群第四紀冰河遺跡研究(I~III)，內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 王鑫，2000，南湖大山圈谷群古冰河遺跡研究初步調查，內政部營建署太魯閣國家公園管理處。
- 玉山國家公園網站(<http://www.ysnp.gov.tw/index.aspx>)。
- 朱傲祖，1991，玉山地區逆衝斷層構造之研究，中國地質學會，34 卷，第 4 期，第 199-234 頁。
- 朱傲祖，2003，南湖大山冰河遺跡，地質學會會刊，第二十二卷第二期，第 15-22 頁。
- 朱傲祖，2009，南湖大山冰河地形及冰河遺跡，地質學會會刊，第二十八卷第二期，第 56-59 頁。
- 何春蓀(1986)臺灣地質概論—臺灣地質圖說明書，第二版。經濟部中央地質調查所出版，共 163 頁。
- 林慶偉，1984，玉山國家公園新中橫地區地質構造分析及其對崩塌地之影響，玉山國家公園研究叢刊。
- 胡賢能、廖志中、謝豐隆，2002，玉山國家公園集集大地震後東埔玉山區地形地質調查與構造地質分析之研究，內政部營建署玉山國家公園管理處委託規劃研究報告。
- 張姍姍、齊士崢、謝孟龍、林建偉，2013，台灣高山崩積層剖面特徵與焦炭年代指示的環境變遷意義，地理學報，70：1-22。
- 陳勉銘、游能悌、朱傲祖、謝凱旋、謝有忠（2009）雪山山脈南段武界地區所謂「眉溪砂岩」發現的古第三紀大型有孔蟲露頭。經濟部中央地質調查所特刊，第 22 號，臺灣地層研討會論文集，第 227-242 頁。
- 陳勉銘、謝有忠、游能悌、朱傲祖、陳棋炫（2011）雪山山脈南段岩石地層單位之重建與對比—基於新發現的化石證據。經濟部中央地質調查所特刊，第 25 號，第 89-109 頁。
- 陳淑樺（2007）八通關到關山間第四紀冰川遺跡研究，高雄師範大學地理學研究所碩士論文。
- 鹿野忠雄 (Kano, T. 1934) 臺灣次高山彙に於ける冰河地形研究(第 I 報) (1) (2) (3) (4)，地理學評論，10 (7):606-623.
- 鹿野忠雄，1932，台灣高山地域於二三地形學的觀察(一)，《地理學評論》，8:26-32。
- 程延年，1986，玉山國家公園東埔玉山區地質調查暨解說規劃研究報告，內政部營建署玉山國家公園委託規劃研究報告。
- 程延年，1987，玉山國家公園東埔玉山區地質調查暨解說規劃研究報告，內政部營建

署玉山國家公園委託規劃研究報告。

黃廷章(1980) 臺灣南部橫貫公路西段板岩地層之超微化石。臺灣石油地質，第 17 號，第 59-74 頁。

黃明萬，2015，玉山國家公園玉山地體構造與地質演變-第 1 年地質地層與區域構造調查，內政部營建署玉山國家公園委託規劃研究報告。

楊建夫、崔之久、王鑫、宋國城(1999)臺灣高山冰河地形爭議的新發現。地質，第 19 卷，第 2 期，16-20 頁。

經濟部中央地質調查所(<http://www.moeacgs.gov.tw/main.jsp>)。

經濟部自然環境整合供應倉儲系統(<http://ngis.moea.gov.tw>)。

潘以文，2006，玉山國家公園玉山主峰線至八通關-東普步道沿線地形地質調查演變分析及解說，內政部營建署玉山國家公園委託規劃研究報告。

附錄一 工作會議記錄

玉山國家公園玉山地體構造與地質演變-第2年地質地層與區域構造調查

第1次工作會議紀錄

一、時間：106年3月14日（星期二）下午2時

二、地點：本處3樓第1會議室

三、主席：林副處長文和

四、出席單位及人員：詳如簽到單

五、受託單位：國立交通大學(防災與水環境研究中心)簡報（略）

六、會議意見：

- (一) 本案因預算經費刪減新臺幣12萬元，後續工作項目及內容調整，請受託單位配合調整。
- (二) 本案為3年調查計畫，本年度解說手冊樣書以電子檔為主，待完整調查結果確認後，。
- (三) 無人航空載具(UAV)拍攝部分目前未有明確規範和限制，未來若實施相關規定，請受託單位配合辦理。
- (四) 本處企劃經理課光達(Lida)掃描成果及3D立體模型，預定本年度4月份結案，可供受託單位參考並納入分析。
- (五) 有關解說點及手冊內容之相關照片，請受託單位列出所需之樣式或內容，本處依本處解說課圖庫管理相關規定，進行後續協助。

七、會議結論：

- (一) 本案因應法定預算額度部分刪減，雙方同意契約價金調整為新臺幣146萬元（原契約總價為新臺幣158萬元，減價新臺幣12萬元）。
- (二) 調整後之履約標的工作項目及契約價金單價分析詳如附件，其他未變更事項依原契約書之相關規定辦理。
- (三) 請受託單位就工作會議決議事項，納入報告中，並於契約書工作要求範圍內做必要之補充及修正，以利後續審查會議討論。

八、散會：下午3時00分。

履約標的之工作項目

項次	原契約規定	調整後
1	期中報告：廠商應於 106 年 6 月 15 日前提出期中報告書 <u>10</u> 份。	未變動
2	期末報告：廠商應於 106 年 11 月 15 日前提出期末報告書 <u>10</u> 份。	未變動
3	成果報告：廠商應於期末審查通過後 15 日內繳交下列文件：	未變動
(1)	成果報告書 30 份，格式依「內政部委託研究計畫作業規定」及機關規定。	成果報告書 15 份，格式依「內政部委託研究計畫作業規定」及機關規定。
(2)	提供五千字以上二萬字以內之論文乙篇及電腦檔磁片乙份，格式悉依「國家公園學報稿約格式」辦理，供登載於國家公園學報。	未變動
(3)	成果海報：防水掛軸式海報(長 120cm、寬 88cm 的 A0 直式尺寸)，摘要內容以論文版面一頁為限，版面可以單欄或兩欄格式呈現，圖表或圖片佔 1/3 ~1/2 版面，不宜過多。	未變動
(4)	中英文摘要電腦文字檔磁片 1 份(三百字以內)，俾供登載於本署網際網路。	未變動
(5)	輸出地質圖(1/50000 玉山主峰區域地質圖及 1/10000 細部地質圖草圖)及現勘 UAV(無人航空載具)影像短片(含電子檔案)1 份，形式由機關審定。	未變動
(6)	委託報告全文光碟片 10 份(含成果海報、工作照片、物種調查點位(GPS)資料以及相關資料庫等)，格式依機關規定辦理，而檔案格式應為.DOC、.PDF 或.TIFF 等通用或標準格式之一。	未變動
(7)	蒐集 105-106 年玉山主峰地質、地層現象之解說資料，彙編「玉山主峰地質、地層解說手冊」樣書。	本案為 3 年(105-107 年)調查計畫，本年度解說手冊樣書以電子檔為主。

附錄二 期中審查意見回覆

玉山國家公園玉山地體構造與地質演變-第2年地質地層與區域構造調查

(期中審查意見及回覆說明)

會議時間：106 年 6 月 21 日

審查意見	處理與回覆
1.受託單位今年所規劃之「玉山主峰地質、地層解說手冊」樣書內容可考慮搭配本處圖書室照片;內容盡量淺白易懂，補充國人國高中地球科學知識。	遵照辦理。
2.今年度現地勘查所拍攝之短片是否已有主題?倘未作規劃，可考量將園區地質地貌所發現之冰河遺跡或冰斗作為影片內容呈現。影片長度建議以 3 分鐘內為限。	短片已規劃拍攝主峰-東峰北面地質構造。
3.細部地質圖是否可加入解說手冊內容，使手冊更臻完備，如何科普化呈現，請受託單位再作考量。	手冊內容仍以區域地質圖為主，大眾較無法體會細部地質圖之內容。
4.玉山冰河遺跡與雪山或南湖大山是否有差異，請說明。	就目前資料，最後冰期均約距今 6500 年左右，至於地形差異，則視附近岩性及冰期後受風化侵蝕程度而異。

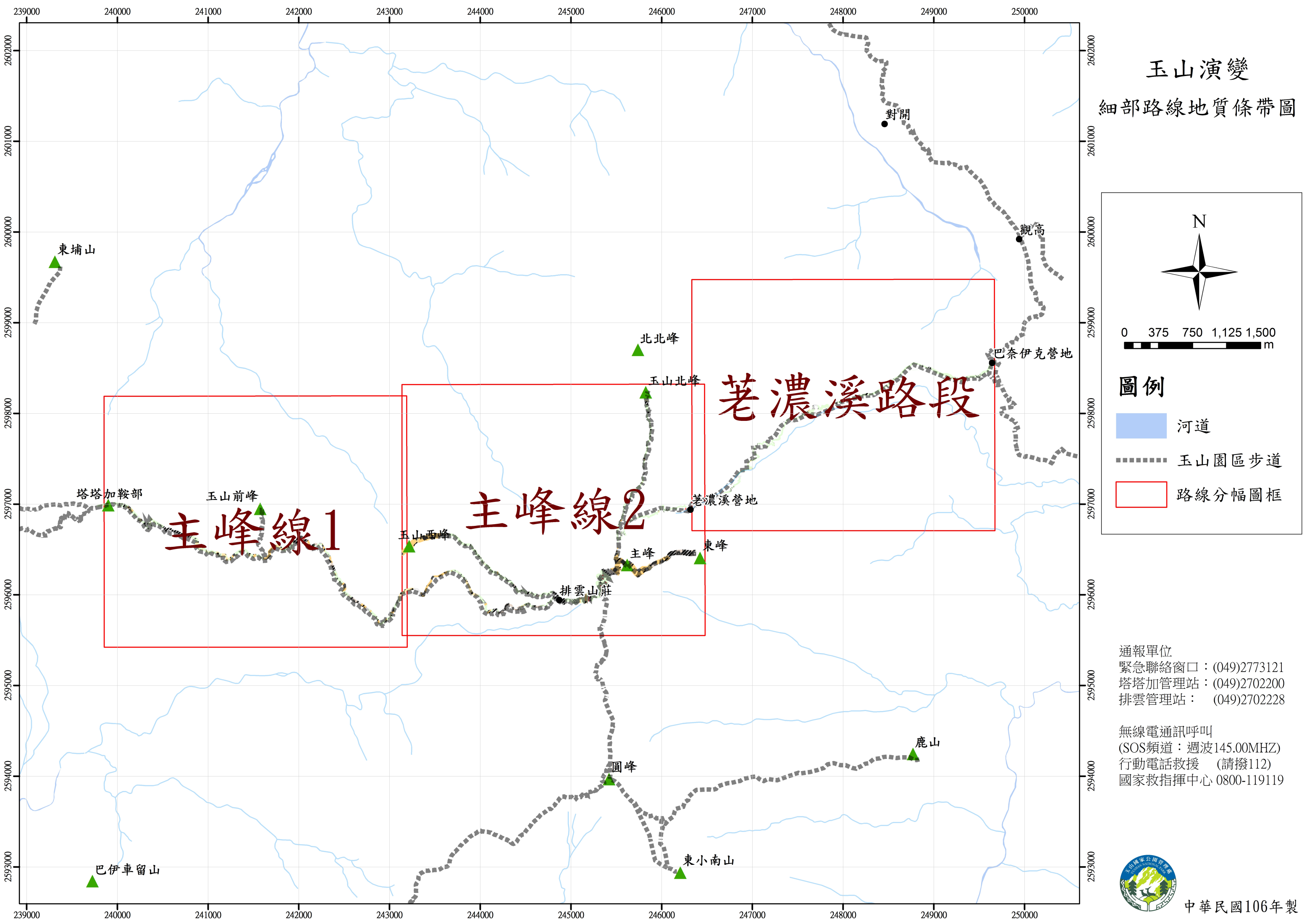
附錄三 期末審查意見回覆

**玉山國家公園玉山地體構造與地質演變-第2年地質地層與區域構造調查(期末
審查意見及回覆說明)**

會議時間：106 年 11 月 23 日

審查意見	處理與回覆
關於解說點的新增及更新部分，請受託單位協助撰寫文稿及解說圖示，並提供相關照片，俾利納入未來辦理解說牌示更新考量。	已將既有解說點撰文及圖示另外整理成冊(附件五)，方便貴處使用。第三年將繼續編修美化解說圖文。
報告書內容第 36 頁至 51 頁解說點 1~9，請補附點位 97 二度分帶座標，作為本處後續經營管理運用。	遵照辦理，已放入附件五。
另外第 40 頁解說點 3 請補充水流沈積構造、干涉漣痕，及生痕構造之觀察重點或三者區別等說明；第 43 頁解說點 4 請補充說明冰河河谷形成之原因。	遵照辦理，已納入附件五解說點內文。
本案期末報告書內所呈現 1/5000 之細部地質圖，與契約內容規定成果應輸出 1/10000 之細部地質圖有差異，請依契約規定修正於成果報告中。	遵照辦理。
請受託單位將今年執行成果寫一則 500 字以內之新聞稿，供本處後續宣導玉山主群峰等地質運用。	遵照辦理。
地質圖中八通關山屋是指巴奈伊克山屋嗎？八通關越嶺道上沒有八通關山屋。	已修正為巴奈伊克山屋。
報告書中八通關路線，請依本處統一用語撰寫：清領時期八通關路線，統稱為「八通關古道」；日治時期八通關路線，統稱為「八通關越道路」；現行日治時期八通關登山步道路線，統稱為「八通關越嶺步道」或「八通關越嶺」線。	已修正。


附錄四 路線地質條帶圖



玉山演變

細部路線地質條帶圖

N



0 375 750 1,125 1,500 m

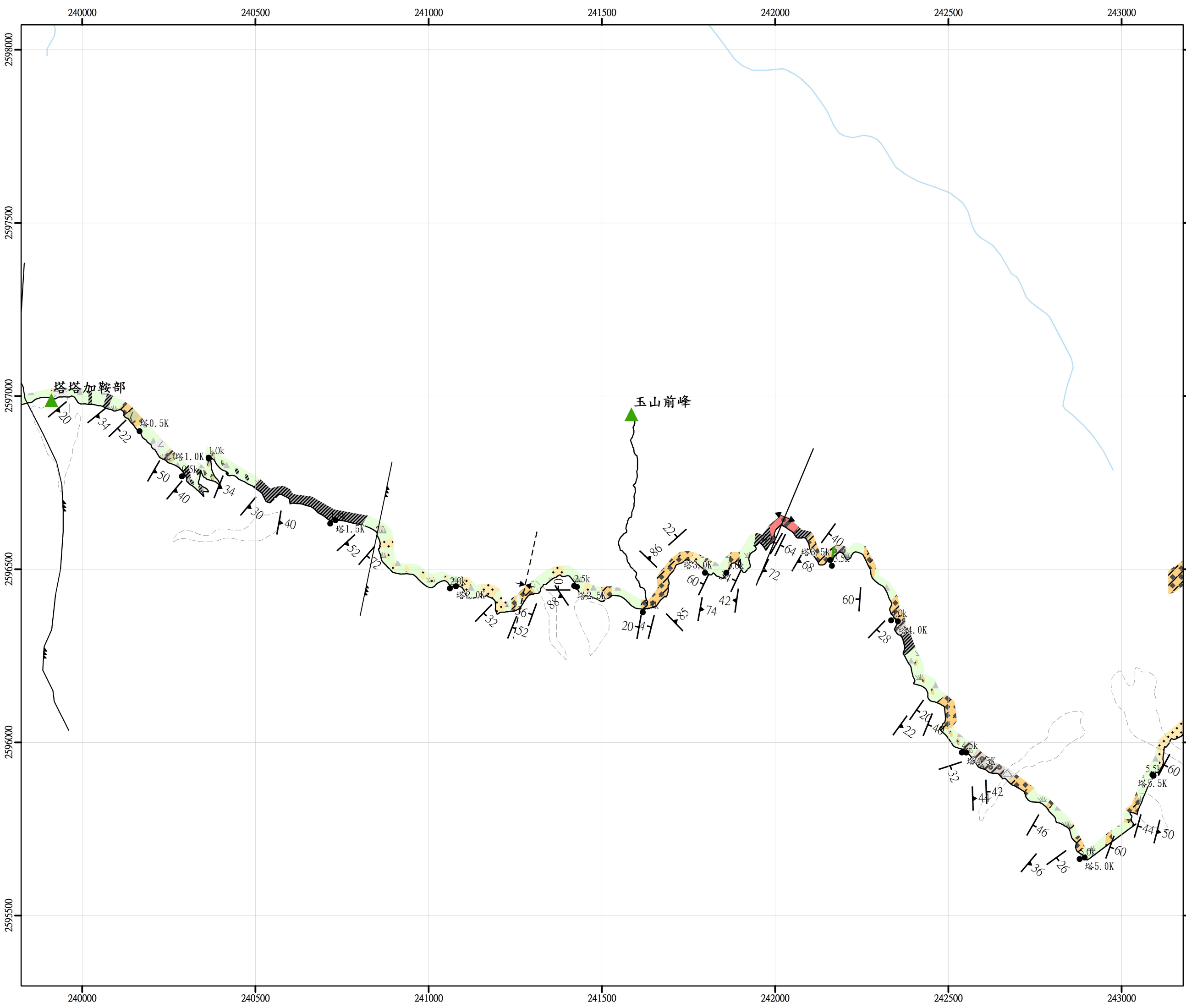
圖例

- 河道
- 玉山園區步道
- 路線分幅圖框

通報單位
緊急聯絡窗口：(049)2773121
塔塔加管理站：(049)2702200
排雲管理站：(049)2702228

無線電通訊呼叫
(SOS頻道：週波145.00MHZ)
行動電話救援 (請撥112)
國家救指揮中心 0800-119119

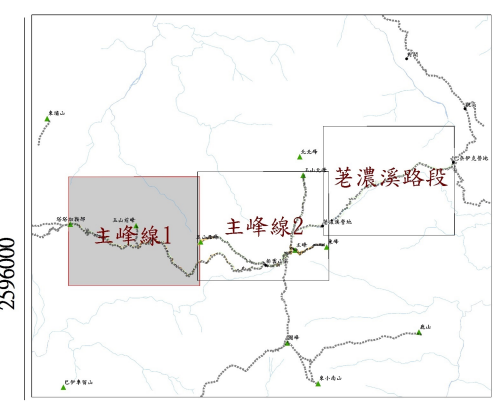




玉山地體構造 細部地質圖 主峰線1

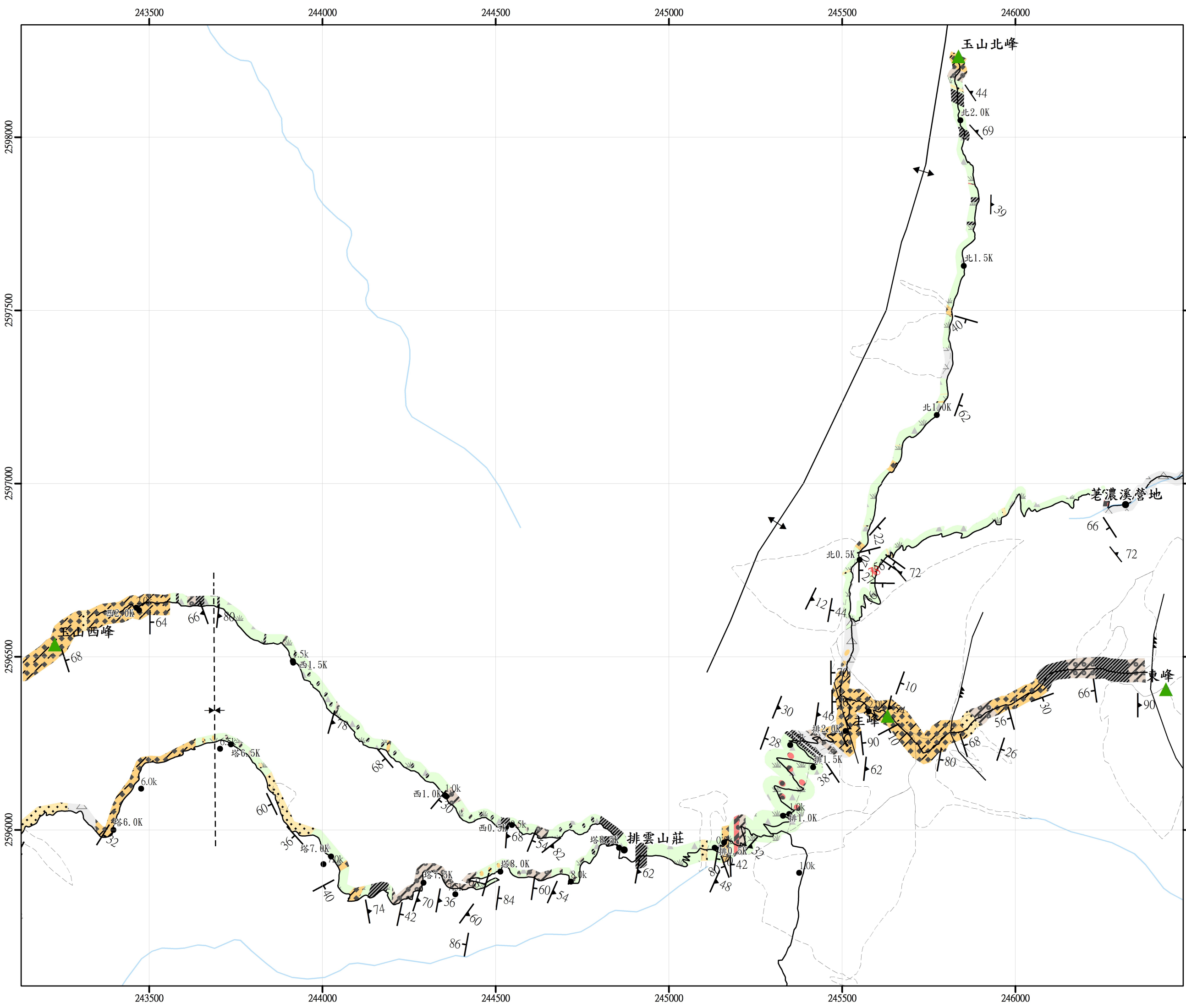
圖例

- 岩層位態
- 劈理位態
- 逆斷層
- 推測逆斷層
- 背斜
- 推測背斜
- 推測向斜
- 崩塌地
- 板岩
- 變質砂岩
- 變質砂岩偶夾板岩
- 板岩偶夾變質砂岩
- 板岩變質砂岩互層
- 火山碎屑沉積岩
- 火成岩
- 植生夾崩積岩塊覆蓋
- 崩積岩塊覆蓋



通報單位
緊急聯絡窗口：(049)2773121
塔塔加管理站：(049)2702200
排雲管理站： (049)2702228

無線電通訊呼叫
(SOS頻道：週波145.00MHZ)
行動電話救援 (請撥112)
國家救指揮中心 0800-119119

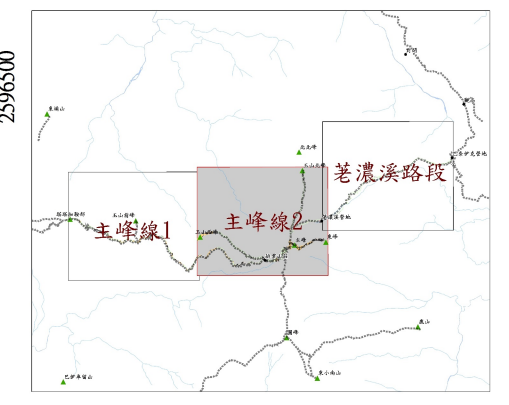


玉山地體構造 細部地質圖 主峰線2

圖例

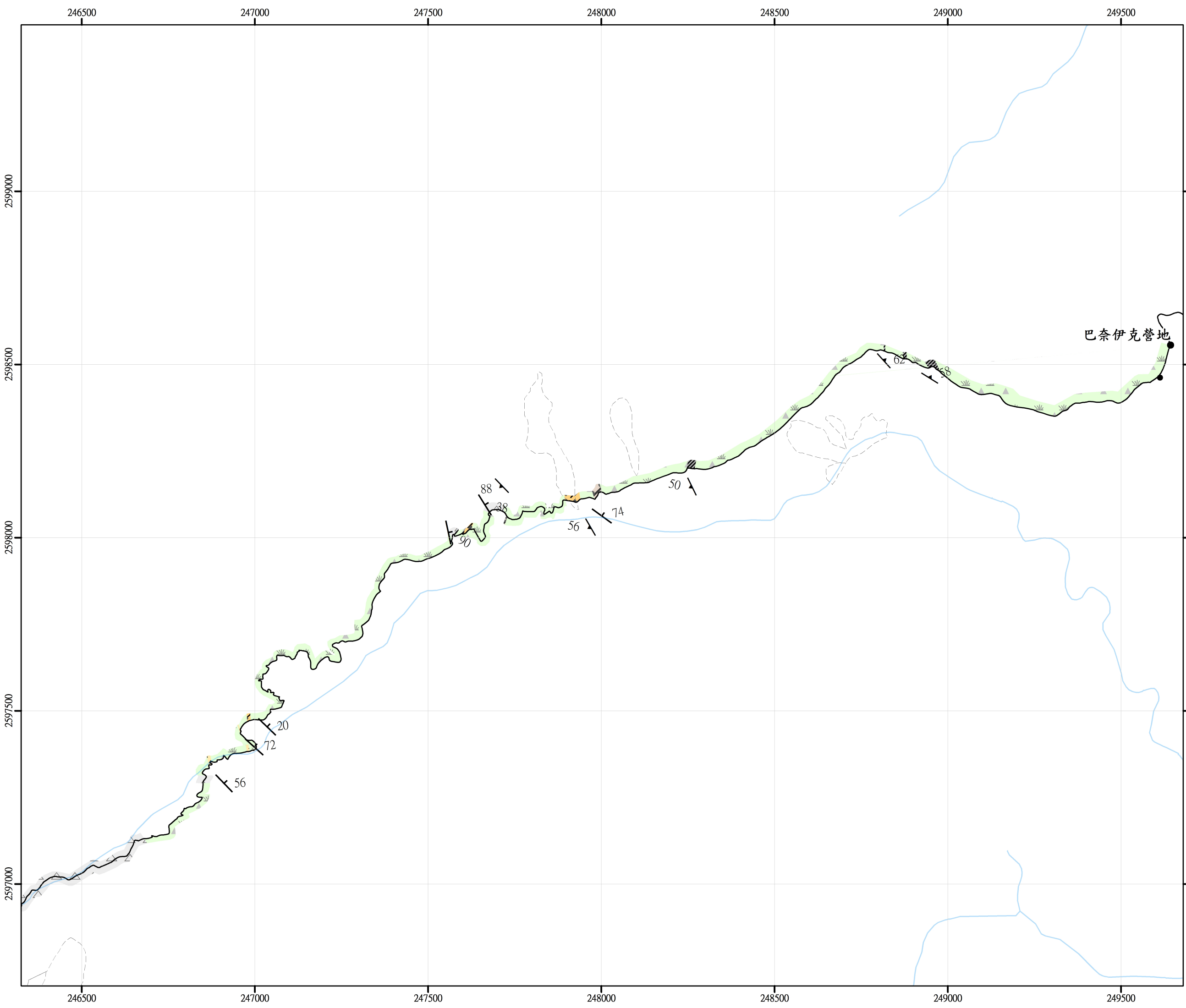
- 岩層位態
- 劈理位態
- 逆斷層
- 推測逆斷層
- 背斜
- 推測背斜
- 推測向斜
- 崩塌地
- 板岩
- 變質砂岩
- 變質砂岩偶夾板岩
- 板岩偶夾變質砂岩
- 板岩變質砂岩互層
- 火山碎屑沉積岩
- 火成岩
- 植生夾崩積岩塊覆蓋
- 崩積岩塊覆蓋

0 125 250 m



通報單位
緊急聯絡窗口：(049)2773121
塔塔加管理站：(049)2702200
排雲管理站： (049)2702228

無線電通訊呼叫
(SOS頻道：週波145.00MHZ)
行動電話救援 (請撥112)
國家救指揮中心 0800-119119

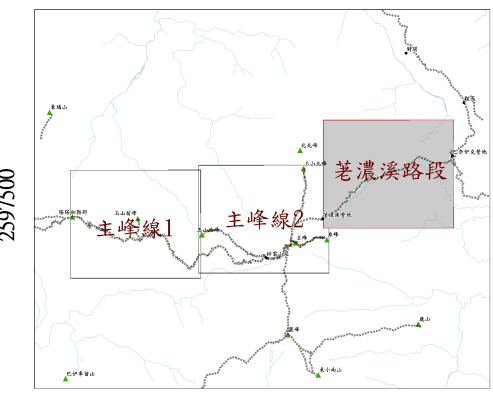


玉山體構造 細部地質圖 荖濃溪路段

圖例

- 岩層位態
- 劈理位態
- ▲▲ 逆斷層
- ▲▲ 推測逆斷層
- ↗↖ 背斜
- ↗↖ 推測背斜
- ↗↖ 推測向斜
- 崩塌地
- ▨ 板岩
- 變質砂岩
- ▨ 變質砂岩偶夾板岩
- ▨ 板岩偶夾變質砂岩
- ▨ 板岩變質砂岩互層
- 火山碎屑沉積岩
- 火成岩
- 植生夾崩積岩塊覆蓋
- 崩積岩塊覆蓋

0 125 250 m



通報單位
緊急聯絡窗口：(049)2773121
塔塔加管理站：(049)2702200
排雲管理站： (049)2702228

無線電通訊呼叫
(SOS頻道：週波145.00MHZ)
行動電話救援 (請撥112)
國家救指揮中心 0800-119119

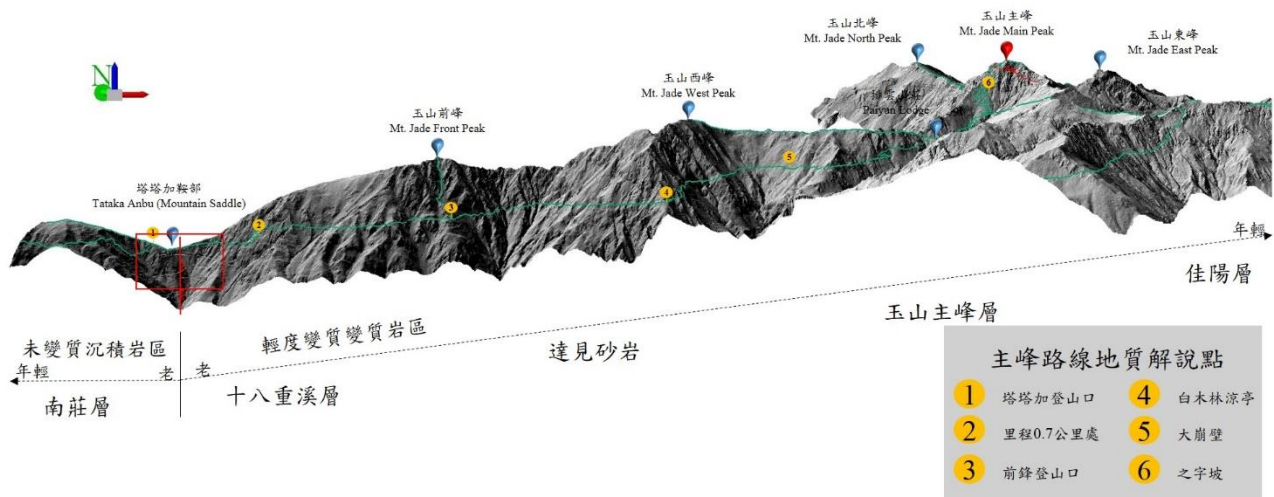
附錄五 地質解說點

*座標：97 二度分帶

- 解說點 1：塔塔加鞍部(建議新增點)
- 建議設立位置：塔塔加登山口處，座標：(239700, 2596945)
- 解說牌建議內容：

登山遊客或由阿里山公路至登山口，或由東埔沿新中橫公路至玉山登山口，沿途均經過西部麓山帶的沈積岩區之岩層-南莊層。跨越塔塔加鞍部後，即來到變質岩為主的岩層-十八重溪層，而這兩大不同岩性的交界受斷層區隔開來，即是有名的界限斷層-沙里仙溪斷層。原本水平的岩層因造山運動，受到來自東側力量擠壓，岩層推擠受阻而斷裂、褶曲並隆起形成一拱形，拱形前端低窪處指的即是鞍部。塔塔加鞍部剛形成時並不似現在這般凹陷，由於南北向恰好一斷層溪谷通過，地形上南北向空曠導致西南氣流容易於此處匯集而時常降雨，經年累月的沖刷加上斷層帶上岩層破碎，十八重溪層多為軟弱板岩等岩性因素，使得塔塔加鞍部的地勢極低於東西兩邊地形，形成現今我們看見的地形。

- 建議照片：



主峰線沿途所經岩層及解說點位置



UAV 拍攝塔塔加鞍部

- 解說點 2：楠梓仙溪河道演變過程(建議新增點)
- 建議設立位置：約塔塔加登山口起往玉山主峰線 0.7k 處平坦地，座標(240340, 2596715)
- 解說牌建議內容：

遊客行至此處，往西回望，試著回想剛剛於登山口附近看到的岩性是否與現在所站之處有所不同。登山口附近地層是未變質過的粗至細顆粒淺灰色砂岩，越過鞍部後岩性馬上轉變為輕度變質的片狀深灰色板岩，因為剛經過台灣重要的界限斷層之一-沙里仙溪斷層。沙里仙溪斷層通過位置恰為鞍部附近，沿著楠梓仙溪向南延伸

楠梓仙溪推測為一後成河，後成河顧名思義即地質構造或岩性操控河流發育的方式。我們推測，因造山運動，東邊地層向西逆衝傾覆，交界處附近形成岩層破碎的斷層帶，河水沿著破碎低處的界面不斷淘刷，經年累月形成一溪谷斷層。溪谷兩側西邊為未變質沉積岩區，位於斷層下盤；東邊是輕度變質板岩區，即是斷層上盤。

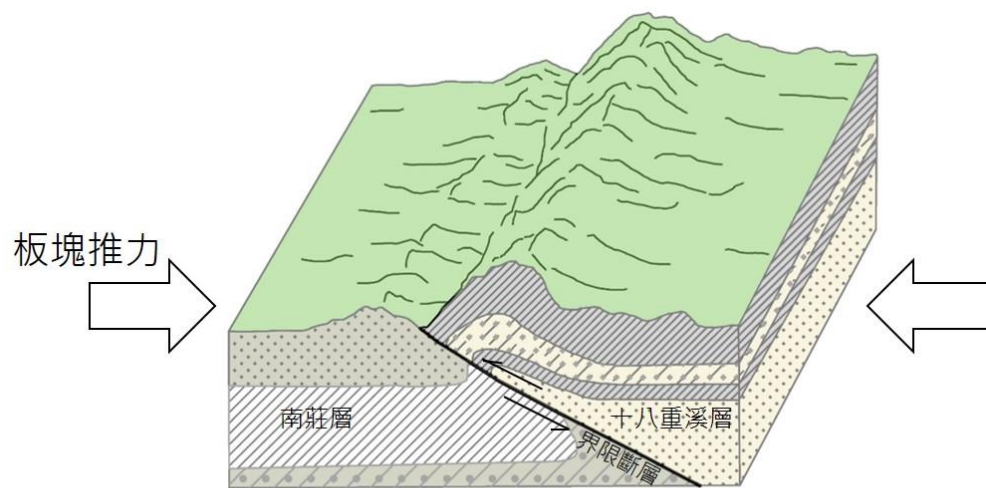
- 建議照片：



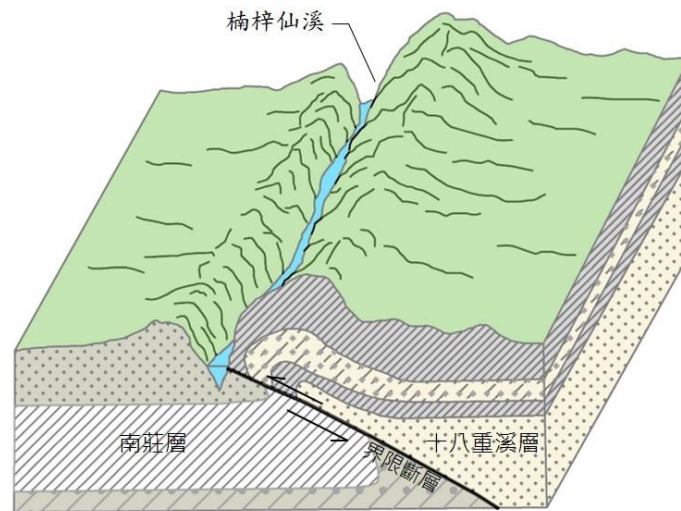
步道回望登山口



全景細部照片



說明文：岩層受力擠壓褶曲斷裂，岩盤逆衝傾覆，於地表附近形成一斷層帶。



說明文：斷層帶岩層軟弱破碎，水體流經此處易於淘刷而漸漸形成溪谷，由於溪谷大致沿著斷層走向發育，因此左右兩岸岩性不一致。

- 解說點 3：玉山前鋒登山口沉積構造(已設解說牌)
- 建議設立位置：玉山前鋒登山口，座標：(241618, 2596375)
- 解說牌建議內容：

對大部分遊客而言，很難想像滄海桑田的變遷，而台灣的最高山玉山即是由海底堆積的岩層，經地殼變動抬升而至今日之高山，這些變動主要的證據就是存在於岩石內之沉積構造。在前峰登山口可以看見兩種主要沉積構造：水流沉積構造以及生痕構造。

It is hard for most people to imagine the highest mountain in Taiwan was the sea deposit uplifted by plate movement. Ripple-mark sedimentary structure and trace fossils nearby the hiking gate of the Mt. Jade front peak indicate that the rock was formed in a sea environment.

水流沉積構造：水流搬運未固結沉積物相互作用形成的構造，又以漣痕構造最為常見。

生痕構造：又稱生痕化石，主要是指生物進行各種活動，例如爬行、覓食、棲息等行為所留下的痕跡。

Ripple marks: Ripple cross-laminae forms when deposition takes place during the migration of current or wave ripples.

Trace fossils: Trace fossils are geological records of biological activities. They are impressions made on the substrate by various organisms, such as burrows, borings, urolites, footprints, feeding marks and root cavities.

- 建議照片：(試作初版解說牌)

找找看，有沒有發現沉積構造呢？

Look Around-Do you see the Sedimentary Structure?



對大部分遊客而言，很難想像滄海桑田的變遷，而台灣的最高山玉山即是由海底堆積的岩層，經地殼變動抬升而至今日之高山，這些變動主要的證據就是存在於岩石內之沉積構造。在前峰登山口可以看見兩種主要沉積構造：水流沉積構造以及生痕構造。

It is hard for most people to imagine the highest mountain in Taiwan was the sea deposit uplifted by plate movement.

Ripple-mark sedimentary structure and trace fossils nearby the hiking gate of the Mt. Jade front peak indicate that the rock was formed in a sea environment.



漣痕構造，古水流方向垂直波痕
Ripple marks



漣痕構造，古水流方向垂直波痕
Ripple marks



生物痕構造，生物活動的痕跡
Trace fossil

水流沉積構造：水流搬運未固結沉積物相互作用形成的構造，又以漣痕構造最為常見。

生痕構造：又稱生痕化石，主要是指生物進行各種活動，例如爬行、覓食、棲息等行為所留下的痕跡。

Ripple marks: Ripple cross-laminae forms when deposition takes place during the migration of current or wave ripples.

Trace fossils: Trace fossils are geological records of biological activities. They are impressions made on the substrate by various organisms, such as burrows, borings, urolites, footprints, feeding marks and root cavities.

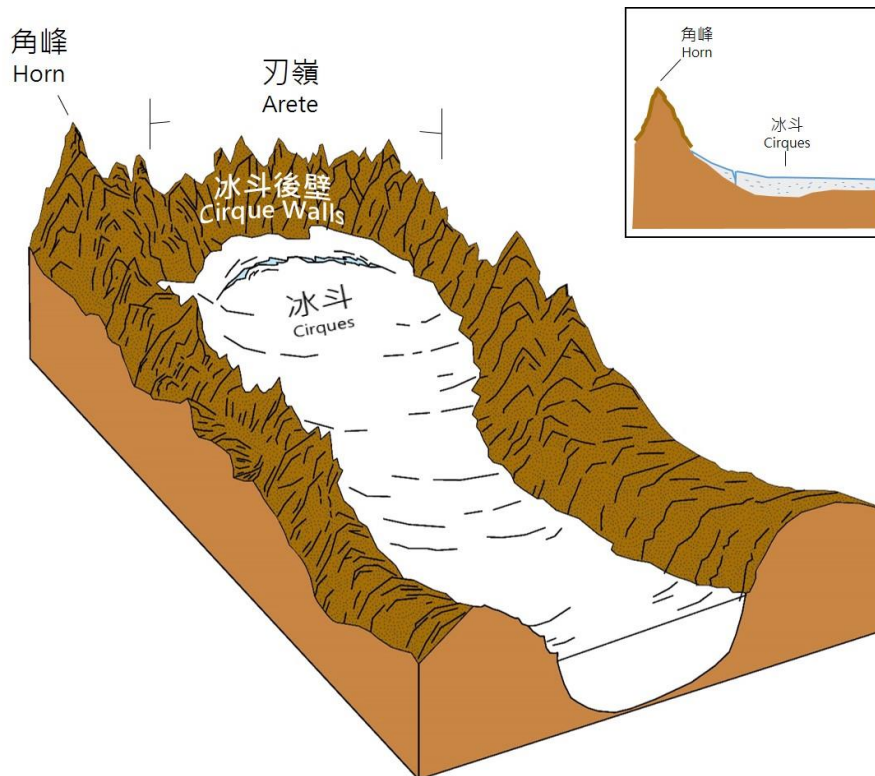
- 解說點 4：主峰與圓峰之間冰河遺跡(建議新增點)
- 建議設立位置：白木林休息亭，座標：(2429006, 2595658)
- 解說牌建議內容：

由白木林平台遠眺玉山主峰與圓峰之間山嶺脊之地形，可發現此區地形呈現一弧形圈谷，推測在冰河期時代應是一廣大的冰斗地形，冰河期後因楠梓仙溪上游的向源侵蝕作用，導致整個冰斗地形大部分被侵蝕殆盡，僅圓峰下方之冰斗仍殘留下來。

- 建議照片：



主峰與圓峰之間的冰河遺跡



說明文

1. 冰河形成的過程：高山厚雪因為重力作用壓密，形成可緩慢流動的冰體。冰河因重力向下流動，厚重的冰體對周圍的岩層進行挖蝕及磨蝕，當冰川消融後留下各種冰河地形。
2. 冰斗(Cirques)：指冰河頂端發源地，形狀似半圓形或馬蹄形的碗狀窪地。冰斗位於山峰連綿的凹地，較為平緩且積雪最多，隨著季節變化，積雪融化滲入岩石裂隙後又結冰膨脹的反覆作用，導致岩石崩解被冰川帶走，漸漸形成一半碗狀窪地稱之冰斗。
3. 冰斗後壁(Cirque Walls)：冰斗後側高陡的岩壁。
4. 刃嶺(Arete)：冰斗不斷發育退後，山脊逐漸被削薄型成連綿尖銳鋸齒狀山脊稱為刃嶺。
5. 角峰(Horn)：如果山嶺四面都被冰河包圍，不斷溯源侵蝕的結果形成一類似金字塔尖峰，稱為角峰。

- 解說點 5：大峭壁的成因(已設解說牌)
- 已設立位置：大峭壁前
- 解說牌內容：

本解說點設置之主要目的為說明大峭壁之成因，並簡述此處岩層之生成環境。玉管處已於該處設立解說牌，暫無需要補充。

- 解說點 6：垂直岩壁形成過程(建議新增點)
- 建議設立位置：主峰步道之字坡上離排雲山莊 1.5k 處，座標：(245419,2596174)
- 解說牌建議內容：

往圓峰方向眺望，可看見東方有一片連綿的直立岩壁，這是因為原本水平的岩層受巨大的力量擠壓、扭曲而形一個直立起來的向斜和背斜構造，背斜構造被斷層錯移形成兩個背斜構造塊體，這兩大塊體因錯動破裂產生許多裂隙，含有石英成分的雨水滲入結晶，漸漸把縫隙填滿，形成堅硬抗風化的岩脈，因此留下複雜又有趣的構造突立於山壁上。

- 建議照片：



直立岩壁全景圖

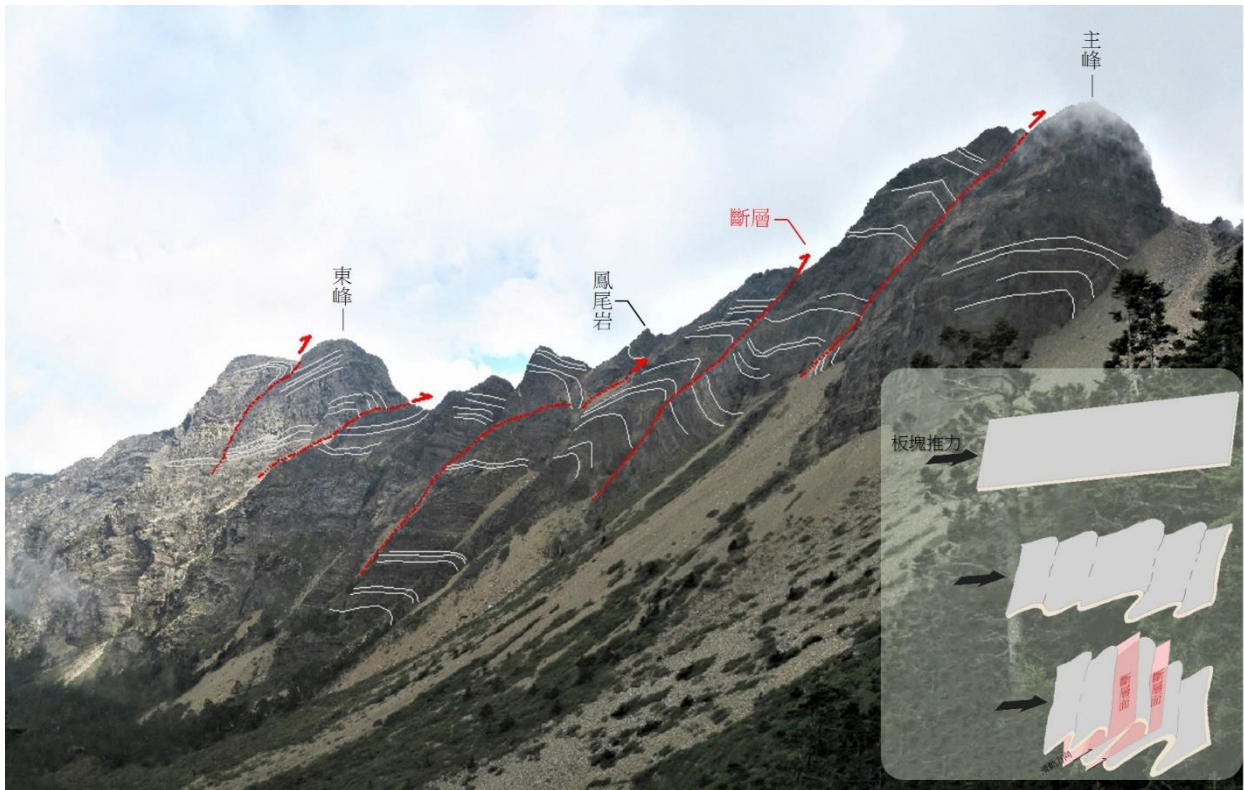


直立岩壁細部解說照片

- 解說點 7：主峰與東峰的地質景觀說明(建議新增點)
- 建議設立位置：往北峰步道上，離風口約 0.4k 處，座標：(245525, 2596702)
- 解說牌建議內容：

約 600 萬年前菲律賓海板塊和歐亞大陸板塊聚合發生強烈擠壓，受東南方的推力造山運動快速隆升，地層受擠壓過程中，變形形成波浪狀的連續褶皺，當壓力到達某種程度，岩石強度承受不住就會發生斷裂，並沿著受力方向移動，形成斷層。這種不均衡擠壓力量形成的褶皺構造與斷層，都有向西推移的趨勢，而這樣百萬年來慢慢推擠，將原本海平線下的地層推升到三千多公尺的高度。

- 建議照片：(後續將採用品質較佳的玉管處照片說明)



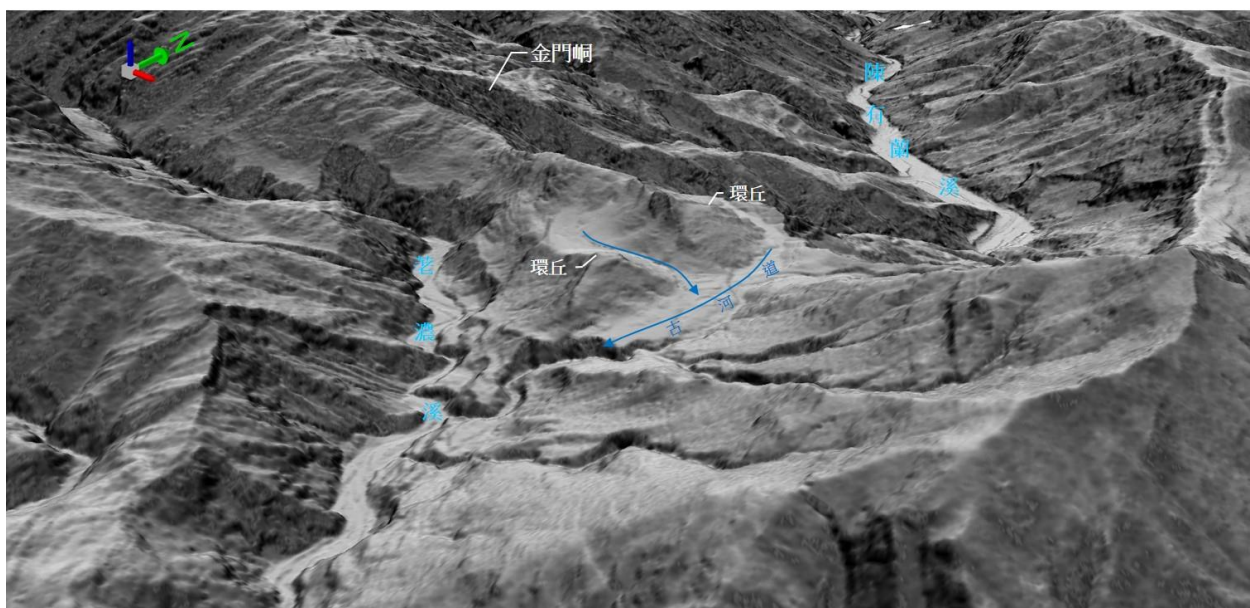
- 解說點 8：八通關草原成因（建議新增點）
- 建議設立位置：八通關草原步道旁，座標：(249607, 2598638)
- 解說牌建議內容：

這片豁然開朗，午後常因地形而山霧繚繞的平坦草原，其實是遠古時期的河道因為地形抬升演變而來的。由殘存的大片寬闊的河道、環丘地形等特徵，顯示當時附近的河流源頭落差不大，河道堆積速率應大於侵蝕速率，之後地形的抬升導致河道中斷而形成現今的殘存古地形-八通關草原。判讀附近河道流向，荖濃溪溪流在此處向西轉 90 度彎，推測早期八通關草原應是荖濃溪溪流之一。

- 建議照片：(後續將採用品質較佳的玉管處照片說明)



八通關草原之古河道與環形丘(八通關高遶步道往西回望)



光達影像陰影圖之八通關草原古河道與環形丘(玉管處，106)

➤ 解說點 9：高山河階的形成(建議新增點)

➤ 建議設立位置：離東埔登山口約 1.7k 處，座標：(243128, 2605665)

➤ 解說牌建議內容：

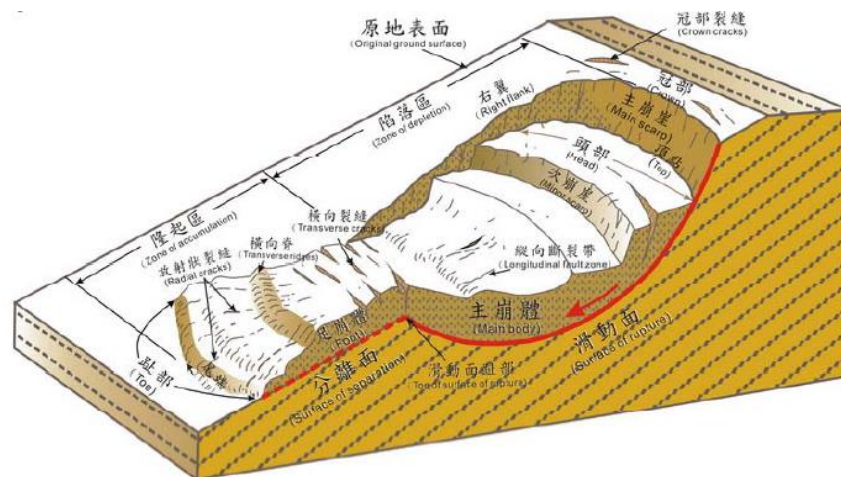
此處沙里仙溪上的茶村落屬高山河階地，歸類於古崩塌地之一，是邊坡滑動崩塌而堆積於河道附近的平緩地形。辨識高山河階地有幾種重要的特徵：

1. 邊坡滑動堆積而形成，大多僅河道單側有階地(非對稱形階地)。
2. 因邊坡崩滑而導致河道局部轉彎或改道
3. 崩塌後會形成明顯的陷落區與隆起區，隆起區的趾部(尾端)會形成類似沖積扇放射狀的階地。

➤ 建議照片：



沙里仙溪之高山河階地



邊坡滑動所出現之各種標準地形地貌現象(侯進雄與費立沅，2013)