

# 玉山國家公園玉山地體構造與地質演變- 第3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 - (III) 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、黃明萬

研究期程：中華民國107年1月1日至107年12月31日

研究經費：壹百壹拾捌萬元整

內政部營建署玉山國家公園管理處委託研究

中華民國 107 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3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	107 年度	計畫編號		
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	107 年 1 月 1 日至 107 年 12 月 31 日			
七、計畫經費	___1180__千元			
	資本支出	仟元	經常支出	仟元
	土地建築	仟元	人事費	672.155 仟元
	儀器設備	仟元	業務費	158 仟元
	其 他	仟元	差旅費	80 仟元
			設備使用及維護費租金等	14 仟元
			材料費	50 仟元
			其 他	50 仟元
			雜支費	48.572 仟元
		行政管理費	107.273 仟元	
八、摘要關鍵詞（中英文各三筆）				
玉山主峰、地質導覽、地質影片				
the Jade Mountain, geological guides, geology video				
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	107 年 1 月 1 日至 107 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	107 年 1 月 1 日至 107 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	107 年 1 月 1 日至 107 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	107 年 1 月 1 日至 107 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	107 年 1 月 1 日至 107 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	107 年 1 月 1 日至 107 年 12 月 31 日	
鄭又珍	資料蒐集、現地調查、資料分析、報告整理	國立臺灣大學地質研究所碩士	107 年 1 月 1 日至 107 年 12 月 31 日	

# 目錄

目錄.....	I
圖目錄.....	II
表目錄.....	IV
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 工作方法與步驟.....	4
2.1 文獻蒐集.....	5
2.2 玉山主峰地質、地層解說手冊編輯與出版.....	6
2.3 影像編輯與說明.....	7
2.4 建構玉山三維分段說明圖說.....	9
2.5 地質調查規劃.....	11
第三章 文獻回顧與探討.....	12
3.1 臺灣島形成.....	12
3.2 東埔玉山區域地層.....	16
第四章 研究成果與應用.....	21
4.1 玉山主峰區域的地質構造、地層層序與年代之相關聯性.....	21
4.2 玉山地質解說規畫.....	28
4.3 玉山主峰地質、地層解說手冊與地質解說規劃.....	42
4.4 地質影片.....	50
第五章 結論與建議.....	52
第六章 重要參考文獻.....	53
附件一 意見審查與辦理情形.....	56

# 圖目錄

圖 1 工作執行流程圖 .....	4
圖 2 AdobeInDesign 專業書籍編輯軟體 .....	6
圖 3 AdobeLightroom 專業照片編輯軟體 .....	7
圖 4 Adobe Photoshop 專業繪圖編輯軟體 .....	7
圖 5 Adobe Premiere 影片動畫編輯軟體 .....	8
圖 6 臺灣島生成範例圖 .....	10
圖 7 玉山群峰步道 .....	11
圖 8 中新世時期約兩千五百萬年前至一千萬年前古臺灣島 .....	13
圖 9 中新世時期約 1 千萬年前至六百五十萬年前古臺灣島 .....	13
圖 10 蓬萊造山運動時期約六百五十萬年前至三百萬年前臺灣島隆起 .....	14
圖 11 蓬萊造山運動時期約三百萬年前至一百萬年前臺灣島隆起 .....	14
圖 12 五十萬年至現今臺灣島 .....	15
圖 13 中新世中期至上新世時期臺灣東部大地構造演化過程 .....	16
圖 14 東埔玉山區域地質圖 .....	20
圖 15 無人機拍攝西峰北面 .....	25
圖 16 無人機拍攝主峰北面至排雲山莊北面 .....	26
圖 17 東埔玉山範圍地層層序與年代關係圖 .....	26
圖 18 路線地質剖面圖 .....	27
圖 19 塔塔加鞍部 .....	28
圖 20 氣候造成塔塔加鞍部凹陷示意圖 .....	29
圖 21 步道 0.7k 處往西南拍攝 .....	30
圖 22 斷層溪谷行程示意圖 .....	30
圖 23 楠梓仙溪空拍照片 .....	30
圖 24 砂岩上的連痕構造 .....	32
圖 25 砂岩上的生痕化石 .....	32
圖 26 朱氏扁玉螺 <i>Sinum chui Hu</i> .....	32
圖 27 水流沉積構造形成過程 .....	33
圖 28 冰河地貌示意圖 .....	34
圖 29 白木林涼亭眺望冰河遺跡 .....	35
圖 30 舌狀的連痕構造 .....	35
圖 31 彎曲狀峰線連痕構造 .....	36
圖 32 玉山主峰西面岩壁地質構造 .....	37
圖 33 主峰西面岩壁形成示意圖 .....	37
圖 34 玉山主峰、東峰北面岩壁地質構造及形成示意圖 .....	38
圖 35 逆衝斷層細分類表 .....	39
圖 36 光達坡度陰影圖俯瞰八通關草原 .....	40
圖 37 八通關草原形成與金門峒演化示意圖 .....	40

圖 38	高山階地演化示意圖 .....	41
圖 39	東埔步道 1.7k 處眺望高山階地 .....	41
圖 40	玉山地質手冊目錄 .....	44
圖 41	南澳運動草 .....	46
圖 42	板塊舒張運動 .....	46
圖 43	中新世時期 .....	46
圖 44	蓬萊造山運動 .....	46
圖 45	玉山三維剖面圖地形圖 .....	47
圖 46	冰河作用的玉山群峰附近地形 .....	47
圖 47	導覽地圖 .....	48
圖 48	第一年(105 年)地質影片截圖 .....	50
圖 49	第二年(106 年)地質影片截圖 .....	51
圖 50	第三年(107 年)地質影片截圖 .....	51

## 表目錄

表 1 各岩段上下層序關係 .....	22
表 2 產出成果於手冊運用大綱 .....	42
表 3 手冊標題與尺寸 .....	43
表 4 導覽點簡介 .....	49

## 摘要

關鍵詞：玉山主峰、地質導覽、地質影片、三維分段說明圖

### 一、研究緣起

本計畫宗旨為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，繼而建置玉山地體演變模型，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。

### 二、方法與過程

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，資料不足處再進行補充調查，據此更新玉山主峰區域地質圖及剖面圖，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，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，進而建構出三維分段圖說的玉山地體演變模型。

### 三、主要成果

本年度(第3年度)利用無人機拍攝玉山西峰北面裸露岩層，修正路線地質剖面圖空白處。拍攝結果顯示達見砂岩上段(Mss-S11) 出露於玉山西峰北面露頭發現有高傾角與平緩層面，推測有構造線通過；玉山主峰北面至排雲山莊北面有數條逆斷層以及掩臥褶皺，此類構造出露在玉山主山層下部板岩夾變質砂岩段(SI-Mss1)。本年度彙整三年現地調查以及相關文獻產製玉山地質手冊-玉山地質之美，內容主要可分為兩類，其一介紹由大尺度至小尺度的臺灣島演化過程，最後聚焦至玉山主峰附近；其二則為本手冊主要重點-玉山主峰線地質導覽，最後以兩個小科普知識：快速隆升造成的現象、玉山還會再長高嗎，作為手冊結尾。地質影片則是彙整3年的無人機拍攝成果，介紹玉山主峰線沿路地質景點，影片全長6分鐘，並轉製成QR code 放入玉山地質之美導覽手冊內。

# 第一章 前言

## 1.1 計畫緣起與目的

臺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，大致平行臺灣主要山脈。此種橫向的擠壓作用，在臺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，其南端聳立臺灣最高山峰玉山（3952 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，同時臺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臺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，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。本計畫區分 3 年分期進行，第 1 年度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 年度則計畫透過第 1 年的地表地質調查資料結合航照判釋、光達 LiDAR 等分析，針對分析結果之資料不足處，再進行補充調查，以取得可有效分析的地質資料，之後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，期能建構出玉山三維分段說明圖說的玉山地體演變模型及呈現「玉山主峰地質、地層解說手冊」資料。

本計畫透過第 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，期能建構出玉山三維分段說明圖說的玉山地體演變模型及規劃「玉山主峰地質、地層解說手冊」。

## 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。主要呈現內容包括：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，已完成)：

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

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。

5. 現勘拍攝影像剪輯並加註說明，作為影像解說資料使用。

6. 報告書撰寫印製及工作簡報。

**107 年度(第 3 年，本年度)**

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

以第 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三維分段說明圖之模型，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. 「玉山主峰地質、地層解說手冊」

(1) 基本規格:內頁 150 銅板紙、182x122mm(32 開)，份數:500 冊。

(2) 蒐集 105-107 年玉山主峰地質、地層現象之解說資料，交付本著作之完整電子檔案 (DOC、TXT 或其他可讀取編輯之檔案格式)。

4. 編輯 UAV(無人航空載具)拍攝影片，作為影像解說資料使用，影片長度約 4~6 分鐘。

5. 撰寫印製報告書及工作簡報。

6. 協助撰寫成果新聞稿。

## 第二章 工作方法與步驟

整體計畫包含以下幾項重要工作：

1. 文獻蒐集
2. 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
3. 玉山主峰地質、地層解說手冊
4. 影像編輯與說明
5. 建構玉山三維分段說明圖說

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，105 年及 106 年已完成區域地質草圖、細部路線地質圖、地質剖面圖、地質解說影片，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，預計將三年度完成之成果，編撰解說手冊與製作影像解說影片，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。

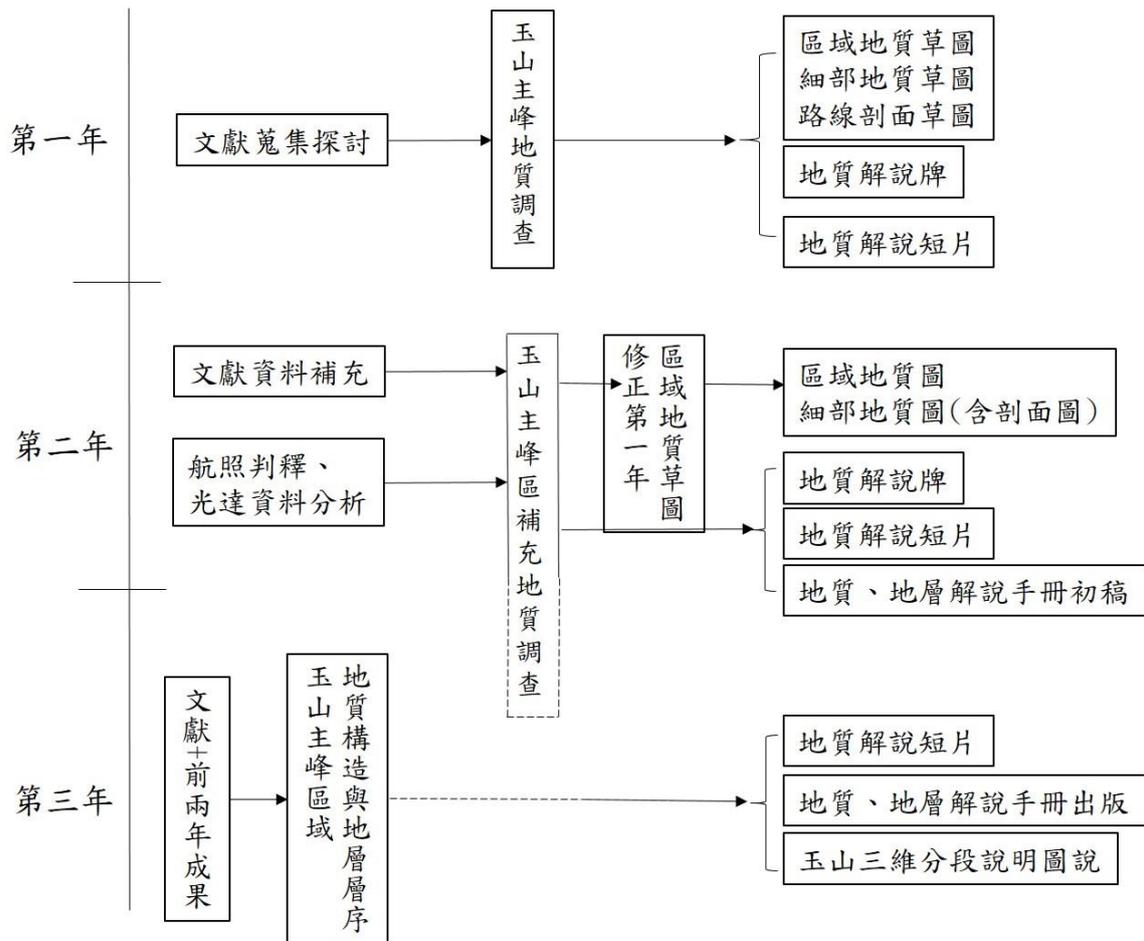


圖 1 工作執行流程圖

## 2.1 文獻蒐集

第一年度文獻主要針對玉山地區地層層序、化石，以及地質構造方面進行探討整理，第二年度則補充蒐集整理空載光達資料分析，以及高山冰河遺跡方面的資料。本年度進行臺灣島地質史文獻彙整，主要分兩區塊：臺灣島的誕生、玉山的誕生。前者是統整臺灣島生成過程的幾件重要地質事件：最早的地質事件之南澳運動、板塊舒張的太平運動、沉積作用旺盛期之全球大海進、最近一次的造山事件之蓬萊運動等，釐清各事件演變史及時間序列。後者琢磨在玉山區域的地質構造、地層層序與年代之相關聯性，將兩年度調查資料與文獻合併，以時間軸方式探討玉山地層沉積年代先後，造山運動主要推手、造就的地質景觀，以及近期地冰河作用的影響等。最後將三年度統整成果化繁為簡，編撰入手冊中。

本年度蒐集的相關文獻主要是針對臺灣島生成過程及重要地質事件進行彙整，統整簡化後繪製成地質事件簡圖納入玉山地質手冊中，相關文獻如下：

1. 陳隆陞，1993，玉山觀石
2. 何春蓀，1997，臺灣地質概論臺灣地質圖說明書
3. 黃奇瑜、鄧屬予，2002，臺灣大地構造-臺灣新生代大地構造
4. 朱傲祖，2003，臺灣島的前世與今生：臺灣島地體演化過程之模擬
5. 鄧屬予，2007，臺灣第四紀大地構造
6. 陳培源，2008，臺灣地質
7. 臺灣大學，2007，東亞巔峰影片
8. Chen et al., (2017) A reinterpretation of the metamorphic Yuli belt: Evidence for a middle-late Miocene accretionary prism in eastern Taiwan.

## 2.2 玉山主峰地質、地層解說手冊編輯與出版

為了讓民眾了解玉山的形成與演變過程，本計畫將 3 年統整文獻與調查成果編撰成冊，將艱深學術的地質構造轉為圖文生動又淺顯易懂的玉山地質、地層解說手冊。

本計畫使用專業付費雜誌書籍編輯軟體 Adobe InDesign CC 進行，Adobe InDesign 是一個桌機板的各種印刷品排版編輯的應用程式，提供多種排版及圖像風格，為書籍編製的最大通用軟體，軟體介面如下圖 2。本團隊為了使手冊更為精美，加入 Adobe Lightroom 軟體進行照片濾鏡或色彩飽和編輯(如圖 3)，以及 Adobe Photoshop 軟體美編解說圖，如圖 4。期望本團隊能將 3 年學術結晶轉為科普又有趣的方式呈現給普羅大眾。

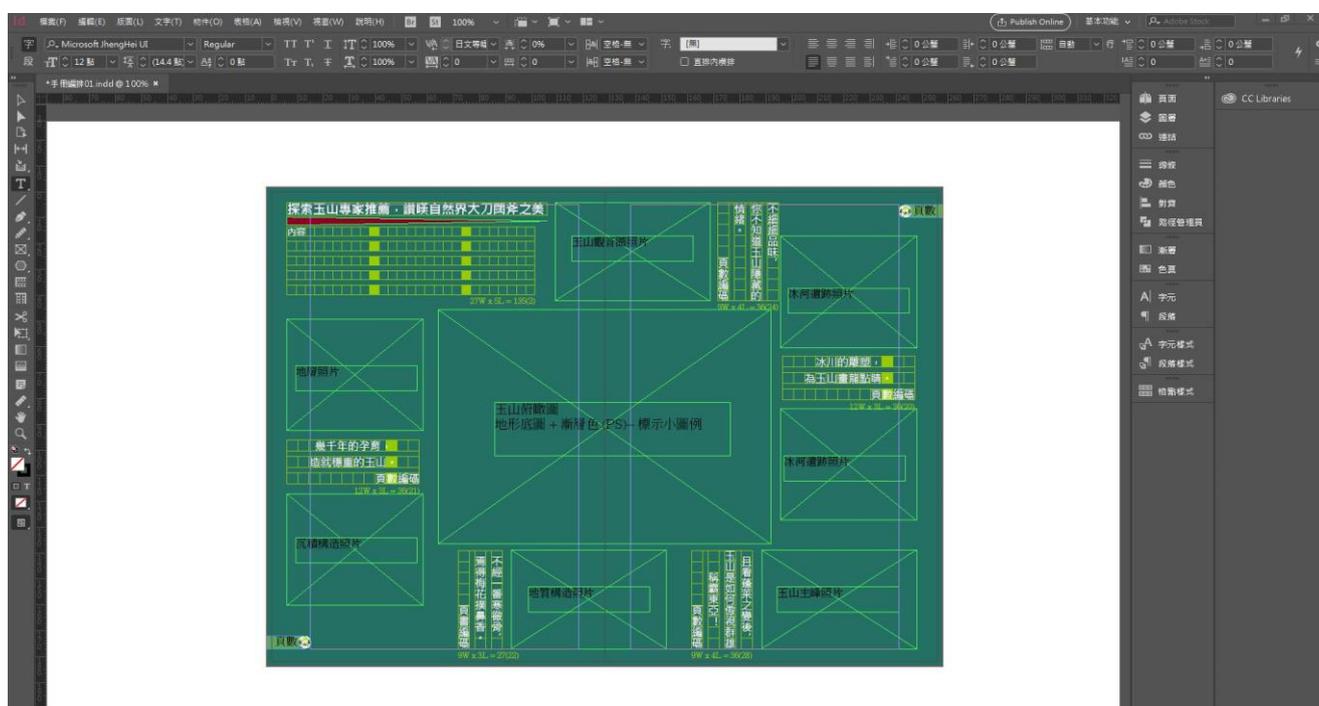


圖 2 AdobeInDesign 專業書籍編輯軟體。

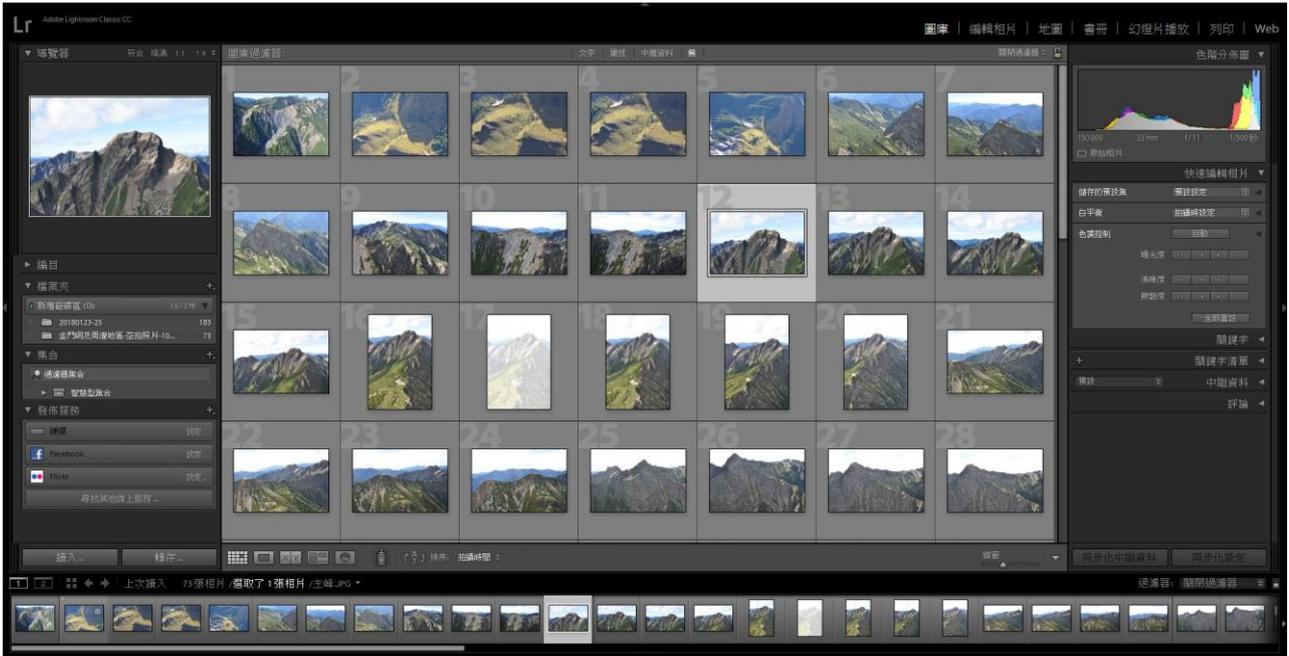


圖 3 AdobeLightroom 專業照片編輯軟體，照片來源：玉山國家公園管理處空拍

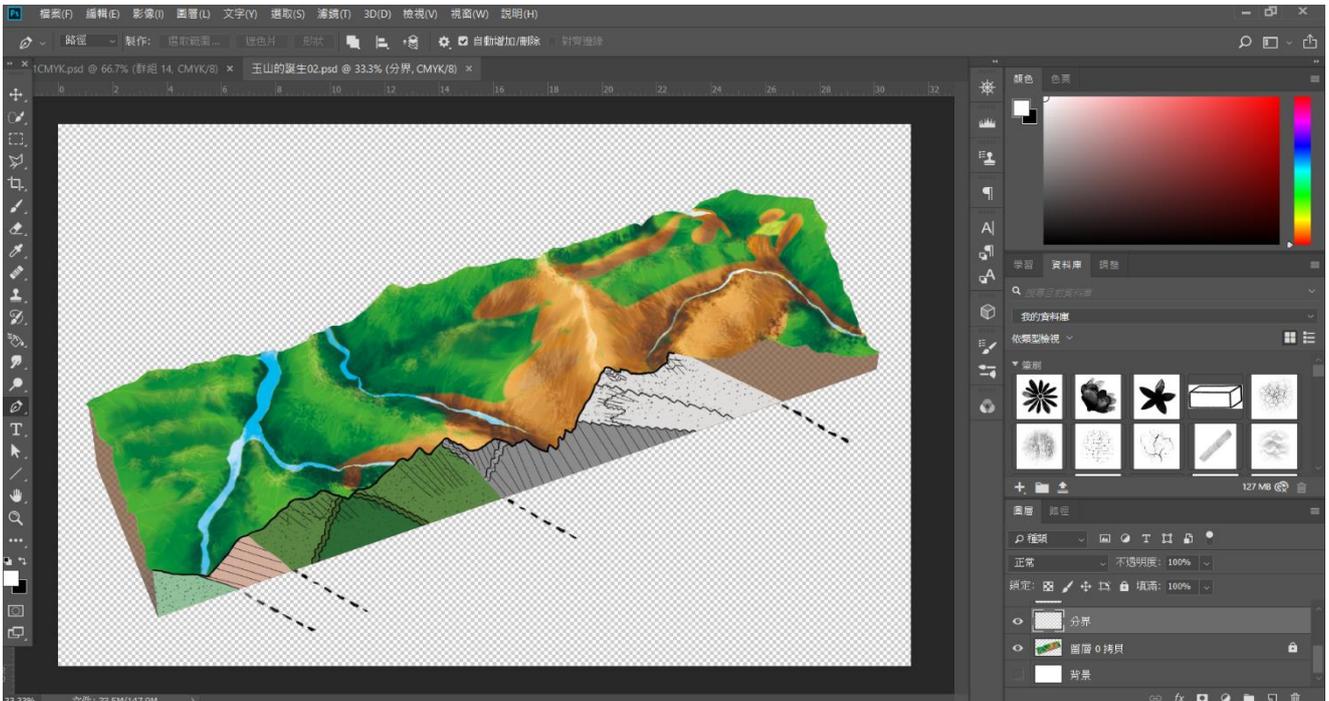


圖 4 Adobe Photoshop 專業繪圖編輯軟體

### 2.3 影像編輯與說明

本計畫於今年度再新編製一支地質影片，由於影片時間限制與前兩年編製經驗，影片會以圍繞玉山主峰的地質構造為主。本團隊使用 Adobe Premiere 付費商業版專業影片編輯軟體及簡單動畫編輯(如圖 5)。

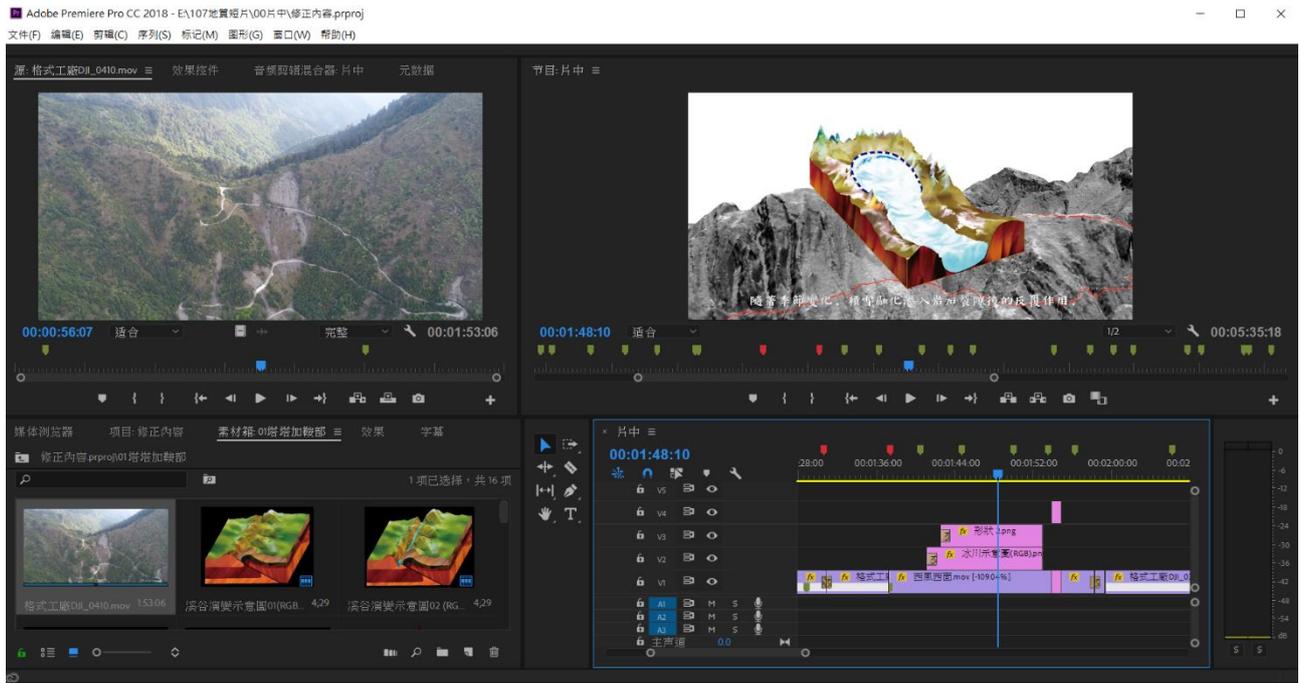


圖 5 Adobe Premiere 影片動畫編輯軟體

## 2.4 建構玉山三維分段說明圖說

建構玉山三維分段說明圖說主要是用於玉山手冊中，依時間軸區分為三大主題：臺灣島的誕生、玉山的基盤、玉山的誕生與冰河作用，不同主題會對比例尺及視角方向進行適當的變更。

臺灣島的誕生主要內容為概述臺灣島形成前歷經的主要地質事件，造成中央山脈基盤如此厚實的元素，圖說比例尺縮小至比臺灣島略小，以三維東西向剖面圖，分段說明地質事件造成的主要影響，如範例圖 6。在玉山的基盤章節中，分段圖說會點出造成玉山基盤如此巨厚的地質事件，太平運動、全球大海進，再局部放大說明，仍以三維東西向剖面圖為主，放大範圍則針對雪山盆地(而後隆起成雪山山脈)及脊梁盆地(之後抬升成中央山脈)，以說明玉山附近的地層當時沉積環境。最後玉山的誕生與冰河作用，內容是最近一次蓬萊造山運動，以及末次冰河時期可能所造成的冰河遺跡刻痕。分段圖在蓬萊造山運動尺度下，以三維東西向剖面為主，範圍及視角則放在塔塔加鞍部至東峰之間，輔佐前兩年調查成果的路線地質剖面圖。冰河則延續蓬萊造山尺度的範圍，僅對地表地貌進行修繪，由於三維剖面是由南向北俯視，因此對於玉山北面或延伸的地表區域，例如玉山主峰到北峰附近，第二年的判釋結果顯示此區域有多處冰河遺跡，會將這些判釋以繪圖方式顯示於分段圖上。

本團隊對於三維分段說明圖說，係以地質時間軸方式，由臺灣島比例尺逐漸放大至塔塔加鞍部-玉山東峰範圍，最後針對此範圍加以說明蓬萊運動後造成的地質地貌變化。

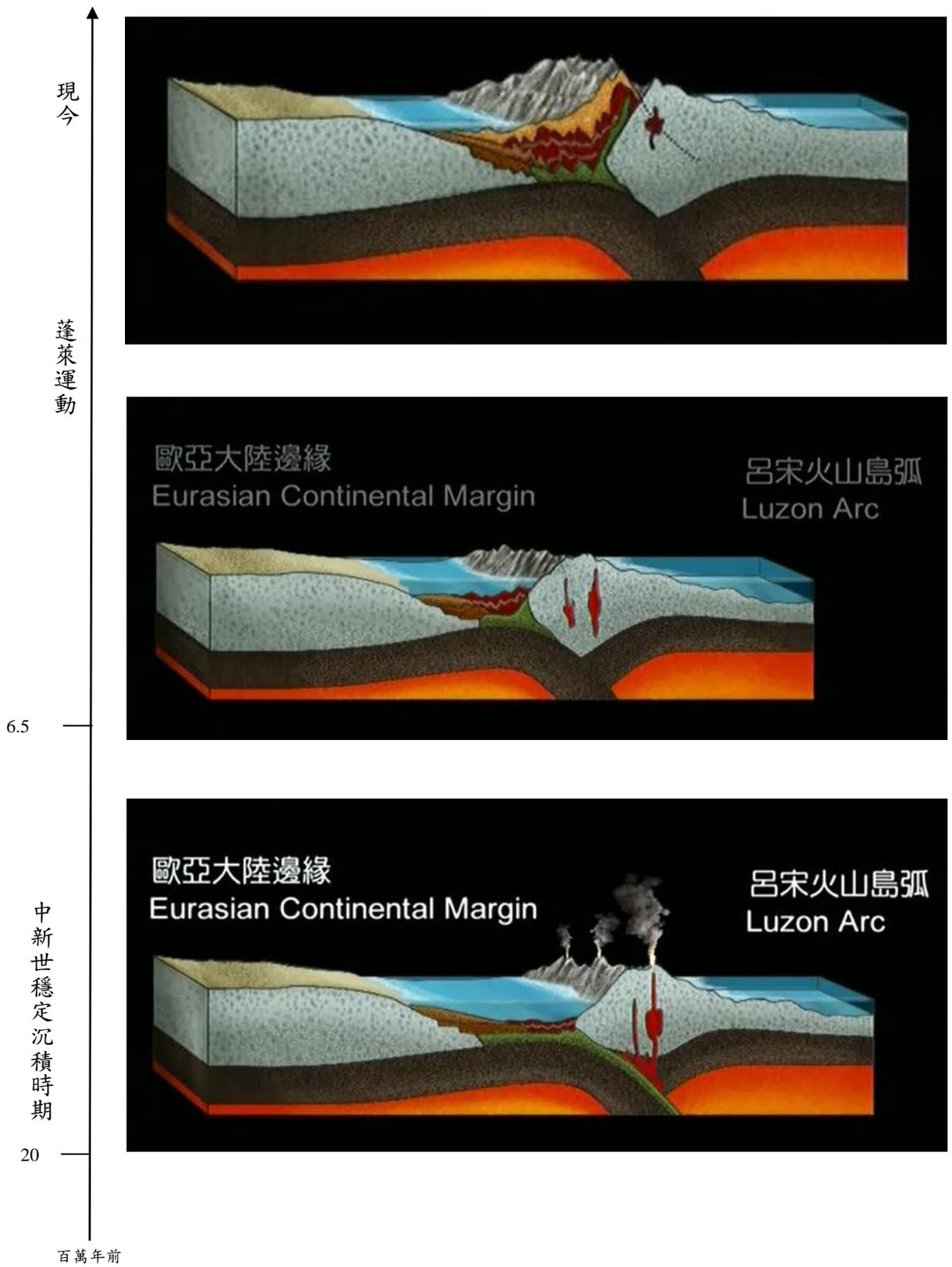


圖 6 臺灣島生成範例圖(資料來源：東亞巔峰，2007 年臺灣大學出版)



### 第三章 文獻回顧與探討

#### 3.1 臺灣島形成

臺灣前身位於華夏板塊東緣，即名為歐亞大陸板塊，臺灣主要有幾個大地質事件，由早期至近期分別為南澳造山運動、板塊舒張運動、中新世穩定沉積時期，蓬萊造山運動(何春蓀，2006；陳培源 2008)。目前尚受爭議的事件為漸新世地層缺失，部分學者認為板岩帶中可能有造山運動，因此造成構造或沉積間斷(張麗旭，1972；黃廷章，1980)，但部分學者認為高山區板岩岩性單一，難以到達觀察不易，目前證據難以斷定。

##### 南澳造山運動

發生在古生代後期至中生代中期，約一億多年前開始九千萬年前停止的造山運動，因古太平洋海板塊隱沒入歐亞大陸板塊，形成古地槽，並逐漸推擠隆起，發生一系列變質及火山活動的過程。

##### 板塊舒張運動

約發生在古新世至始新世早期，約發生五千至六千多萬年前，係指古太平洋海板塊完全沒入歐亞大陸板塊後造成的舒張、陷落環境，並在海峽西側產生一系列半地塹盆地，這些雁行排列的沉積盆地即為後續裝填了千萬年的沉積物，而後受造山運動抬升形成麓山帶及中央山脈。玉山地區的地層大多在此階段沉積而成。

##### 中新世穩定沉積時期

約兩千多萬年前開始到六百五十萬年前，板塊舒張作用趨緩，但沉積作用仍然持續，此階段是盆地沉積最旺盛時期，長期連續沉積過程中表現出三個沉積循環，北部較為明顯，含煤地層由北向南由西向東逐漸遞減，顯示臺灣一系列半地塹盆地由北向南由西向東加深，這些沉積循環中，沉積地層最大厚度可達五千公尺以上。玉山園區唯一未受過變質的西部麓山帶沉積岩-南莊層，即是在此階段沉積而成。

這個時期的菲律賓海板塊尚在臺灣東南方一千多公里外，其間尚有一段南中國海板塊介於其中如圖 8，由於菲律賓板塊持續向西北方推進，介於其間的南中國海板塊便隱沒到菲律賓海板塊之下，形成古馬尼拉海溝及呂宋島弧，如圖 9。

##### 蓬萊造山運動

由於菲律賓海板塊以每年平均 7 公分的速度向西方方向推擠，原本一千多公里外海的呂

宋島弧在六百五十萬年前和歐亞板塊接觸，介於其間的南中國海板塊已完全隱沒至菲律賓海板塊底下，如圖 10。約三百萬年至一百多萬年前，菲律賓海板塊上的火山島弧，海岸山脈前身，與歐亞大陸聚合、受阻並劇烈擠壓，臺灣島自海底隆起，脊梁山脈、雪山山脈變質隆起，西部麓山帶部未變質隆升，並造成海峽西側盆地變淺但仍持續沉積，這即是形成現今的臺灣島雛形，如圖 11。由於碰撞繼續，其後的一百萬年內臺灣島面積不斷擴增(如圖 12)，不斷隆生的結果，使的臺灣擁有東亞最高峰玉山主峰 3952 公尺。

如今，花東縱谷為菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊之交界，菲律賓海板塊仍持續朝北偏西約 60~70 度方向推擠，造成臺灣每年平均約 8 公分壓縮、0.5 公分抬升，現今東南部海岸珊瑚礁階地、海階出露，卑南溪流流域上高達 4 百多公尺河階，皆顯示現在的臺灣島仍然快速隆升。目前臺灣每年平均抬升速率約 0.5cm，但由臺灣河流輸送泥沙平均量推估，同樣以每年 0.5cm 的速率侵蝕著，基本上已達動態平衡，因此推估未來數十萬年應大致保持目前高度。

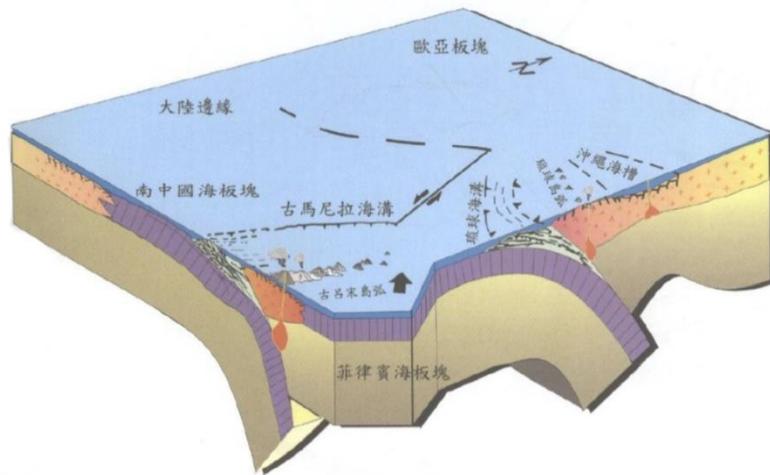


圖 8 中新世時期約兩千五百萬年前至一千萬年前古臺灣島(朱傲祖，2003)

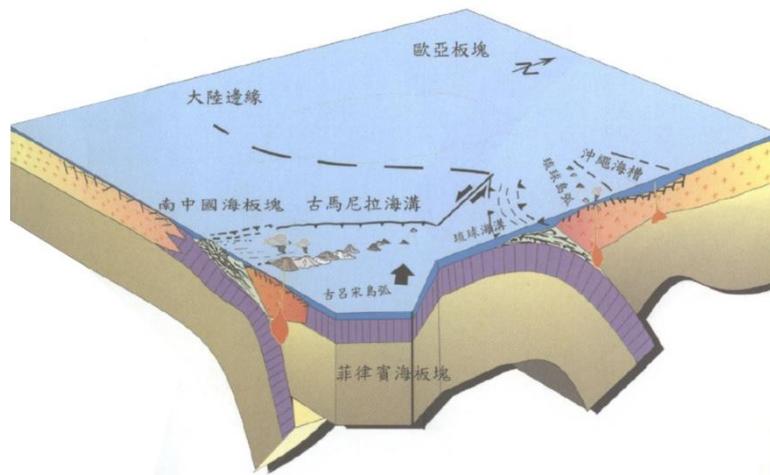


圖 9 中新世時期約 1 千萬年前至六百五十萬年前古臺灣島(朱傲祖，2003)

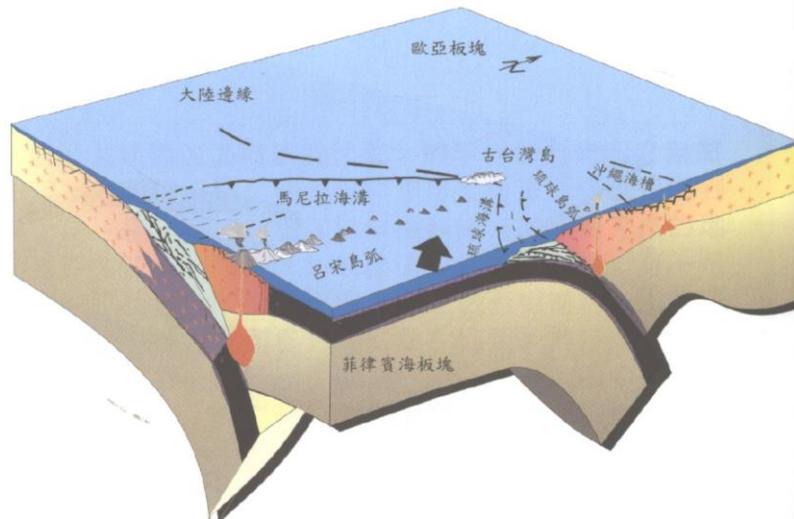


圖 10 蓬萊造山運動時期約六百五十萬年前至三百萬年前臺灣島隆起(朱傲祖，2003)

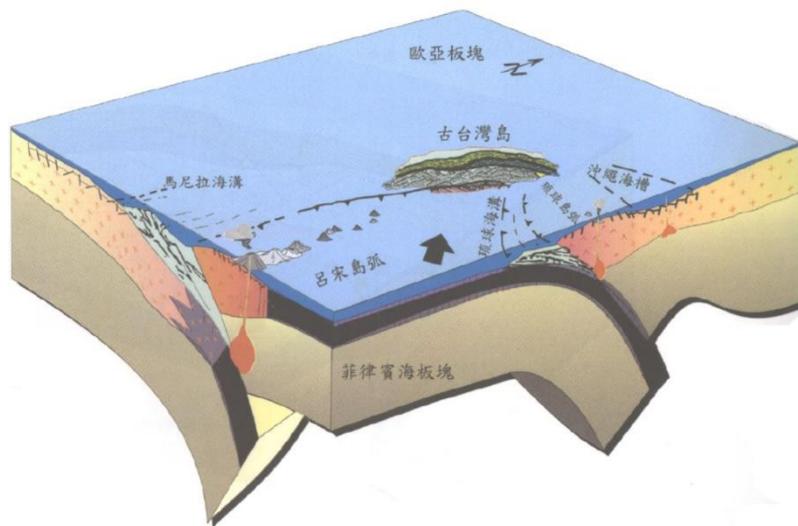


圖 11 蓬萊造山運動時期約三百萬年前至一百萬年前臺灣島隆起(朱傲祖，2003)

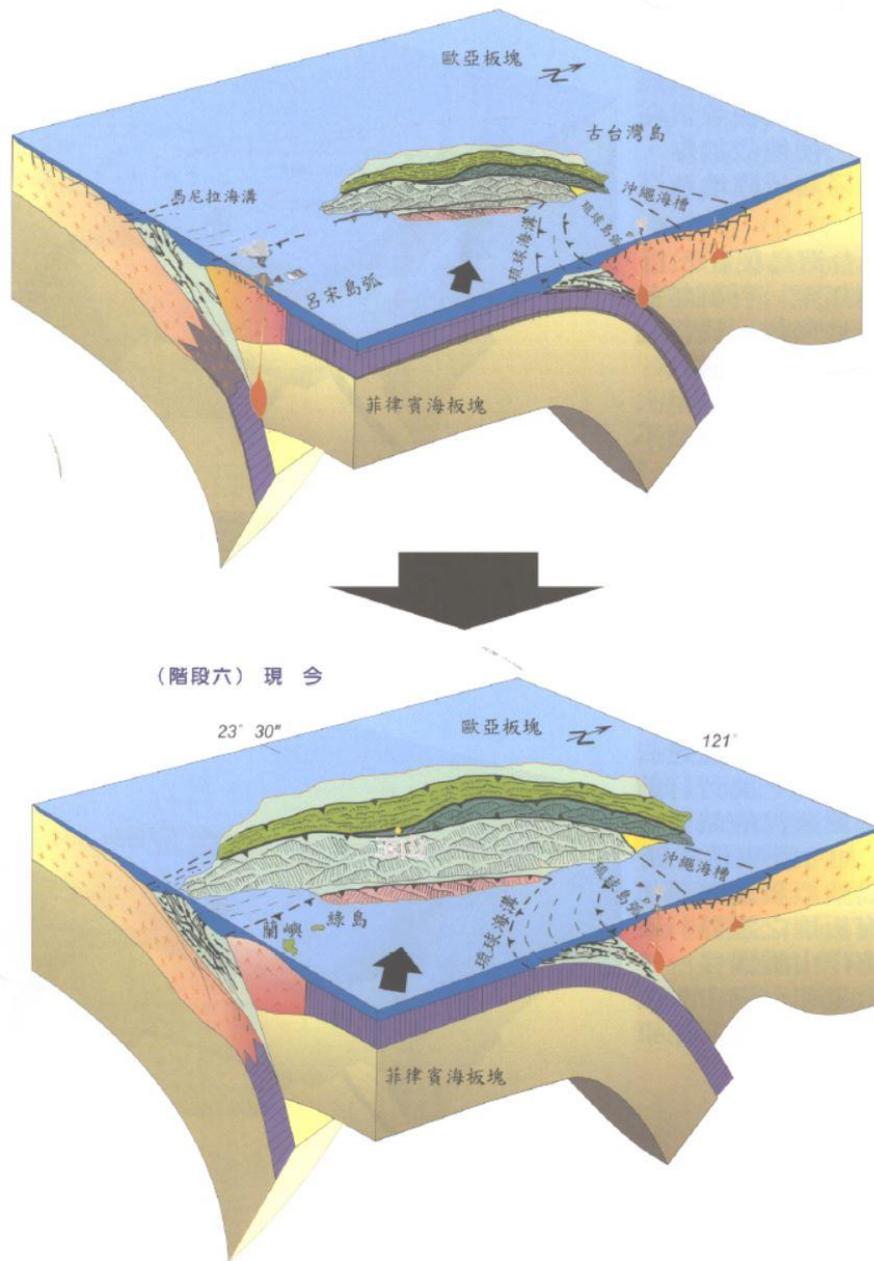


圖 12 五十萬年至現今臺灣島(朱傲祖，2003)

近年陳文山等地質學者(Chen et al., 2017)針對菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊交界處，玉里變質帶中的片岩與外來的藍色片岩塊進行鋁石的鈾鉛定年。這些新定出的年代顯示，大約中新世中期玉里帶附近的沉積地層因為受南中國海板塊隱沒作用的影響，被深埋菲律賓海板塊底下，直到上新世時期的蓬萊造山運動，弧陸碰撞所造成雙楔形擠壓(doubly vergent wedge extrusion)，將深埋的地層快速抬升至地表，如圖 13。這些新的定年證據重新詮釋臺灣島東部板塊交界帶中新世晚期增積岩體(accretionary prism)的演化。

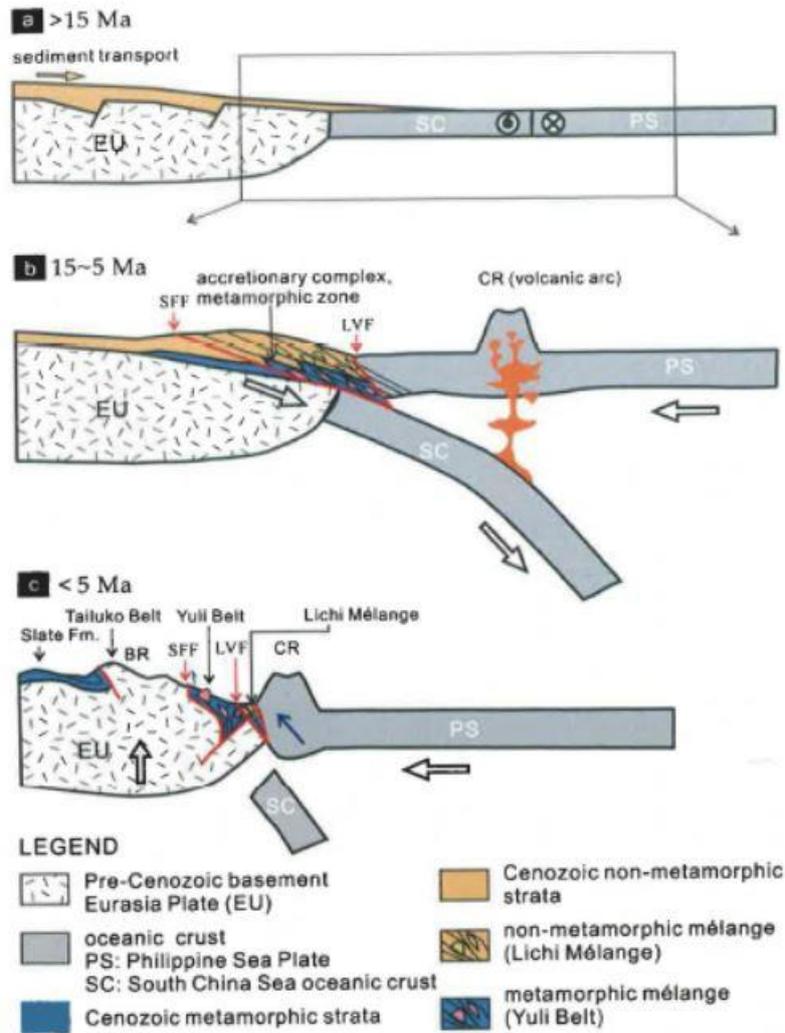


圖 13 中新世中期至上新世時期臺灣東部大地構造演化過程

### 3.2 東埔玉山區域地層

玉山東埔地區主要出露的地層，由西到東分別為：南莊層、十八重溪層、達見砂岩層、玉山主山層，以及佳陽層。而其中，南莊層出露於沙里仙溪以西，受界限斷層與東邊的地層區隔開，屬於中新世沉積層，與東側一溪之遙的其他地層不論沉積年代與岩性完全不同，屬於此研究範圍中較年輕地層。其餘地層，十八八重溪、達見砂岩、玉山主山與佳陽層，皆屬始新世輕度變質岩。以下統整相關文獻說明各地層的分布範圍、主要岩性特徵、年代與沉積環境。第四章則統整兩年度調查資料，與補充本次調查結果之各地層於玉山東埔區域的出露範圍、接觸關係與地景特徵。

本研究範圍地層由老到新如下所述，區域地質圖繪製如下圖 14 所示：

#### 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，其中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(interlamination)是本層主要岩性特徵，是追蹤十八重溪層重要指標(何春蓀，2006)。本層在東埔彩虹瀑布接近達見砂岩夾有火成岩體，分布成南北條帶狀，北起日月潭，南至玉山塔塔加鞍部以南。依據五萬分之一埔里地質圖(2000)指出，十八重溪層在濁水溪兩側出露，上部與達見砂岩層呈整合接觸，底部則受地利斷層與水裡坑斷層截切。根據郡坑溪剖面及十八重溪剖面出露約 2000 公尺(五萬分之一阿里山地質圖，2016)，真實厚度無法估算。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、十八重溪發現許多超微化石，指出本地層時代可能為始新世早期至中期，約 56 百萬~48 百萬年前。

### 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，板岩偶含炭質，植物化石與碳粒為其特徵。本層下部的綠色砂岩為辨識的主要特徵，於陳有蘭溪樂樂溫泉附近出露。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。本層在人倫林道剖面出露指出，砂岩顆粒由下向上邊厚變粗，上部則逐漸轉為變質砂岩、板岩及炭質硬頁岩等岩性組成，並包含數層淘選佳的灘相堆積物，顯示本層為三角洲前積層到平原相的沉積環境。本層在郡坑溪剖面、十八重溪剖面估算厚度達 2000 公尺以上，黃鑑水等(1994)估算人倫林道剖面，本層厚度可達 2800 公尺，但達見砂岩屬變質岩地層，沉積時的真厚度無法估算。本層下部與十八重溪整合，上部則與佳陽層呈斷層接觸關係(劉桓吉，2009)。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)，約 56 百萬~48 百萬年前。

### 玉山主山層(Ys)

本地層為達見砂岩與佳陽層的過度帶，區隔其上之厚層板岩為主的佳陽層，以及下伏之後層砂岩(李春生，1979)。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，生物擾動與化石豐富。此地層分佈狹長，由南往北分別為望鄉山、郡坑山、西鸞山，至孫海琳道一帶的濁水溪以北。以往認為因為岩性側向變化以至層厚減減，然阿里山五萬分之一地質圖(2016)作者於孫海林道一帶的濁水溪上游發現一寬逾 40 公尺之斷層帶，上盤為砂岩漸減而至以板岩為主的佳陽層，下盤則為砂岩漸厚轉為達見砂岩層，若以斷層與其上下接觸關係來說明，玉山主山層可能為達見砂岩同時異相的遠端(distal)沉積，因造山運動的斷層覆疊作用(duplex)，導致遠處的玉山主山層上覆於達見砂岩之上。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。本層主要分布於郡大溪西側流域範圍，呈南北條帶狀。以往認為本層與下伏玉山主山層，上覆眉溪砂岩均屬整合接觸，眉溪砂岩於孫海林道一帶尖滅，往南則佳陽層東側接近梨山斷層地帶，是否與廬山層為斷層接觸需再考證。劉桓吉與楊昭男(1992)於濁水溪剖面利用板岩夾層中變質砂岩之褶皺串估算包絡面認為，本地層厚度至少有 1000 公尺，但由於本層中有中至大尺度褶皺構造發育，且主要分布於高山地區，故實際厚度無法估計。本地層化石相當稀少，由上下地層推估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。岩性可大致分為上下兩部分：上部以厚層中至粗粒的砂岩為主，漸變至下層為砂頁岩互層或頁岩間夾細粒砂岩，常有紋層狀的砂岩或粉砂質頁岩出現。南莊層在東埔地區岩性主要為下層岩性，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。本層為臺灣北部含煤層中分布最廣，從基隆至嘉義阿里山皆夾有煤層，但向西方與東南方含煤層逐漸減少乃至消失。本層在中北部黏土質頁岩裡常有植物化石，南部砂岩常含有貝殼或大型有孔蟲化石(吳樂群，1986；游能悌與鄧屬予 1995，1996)。顯示沉積環境由北往南加深，整體厚度向東南方增加，沉積環境由遠濱過度漸轉為淺海相或深至大陸斜坡環境(陳文山等，1985)。本層在臺灣東北海岸至苗栗地區，厚度約 350~700 公尺，南投地區平均厚度達 600 公尺，信

義鄉以南則更厚達 2000 以上。南莊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，約 13.6 百萬~7.2 百萬年前。

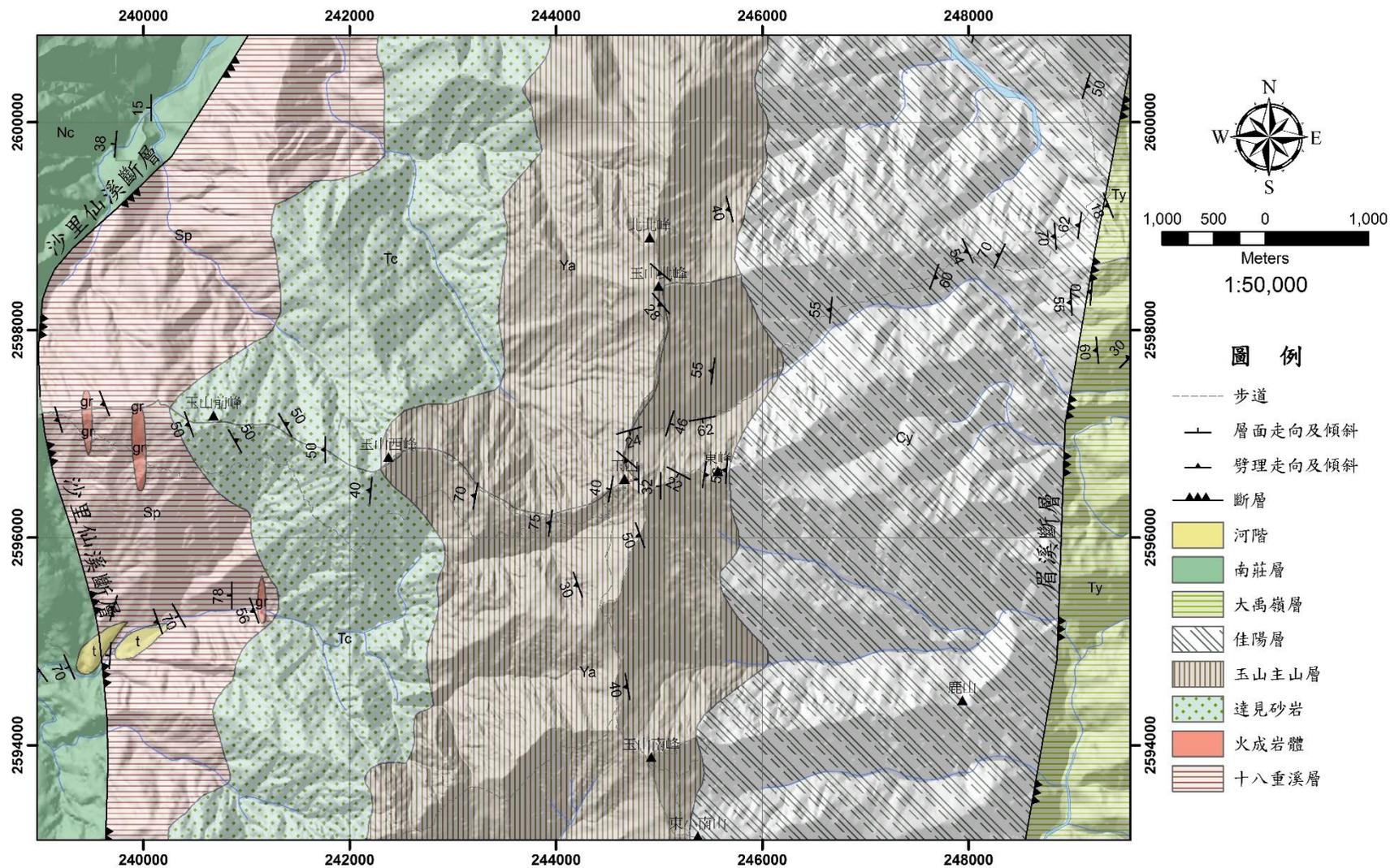


圖 14 東埔玉山區域地質圖

## 第四章 研究成果與應用

### 4.1 玉山主峰區域的地質構造、地層層序與年代之相關聯性

本研究範圍為東埔玉山區塊，由於目前五萬分之一地質圖幅僅到阿里山(2016)，僅包含部分東埔區塊，因此本研究範圍地質資料主要由地調所(2008)執行易淹水計畫於五萬分之一玉山圖幅範圍內繪製之地質草圖為基礎，再由105年~107年步道調查資料進行查核與修正。本研究區域涵蓋南莊層、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、達見砂岩與玉山主山層上下界通過研究範圍。本團隊調查玉山主峰步道、北峰步道、荖濃溪營地步道，依據岩性及產狀差異可將岩層再分為七個岩段，由西向東(即老至新)分別為：板岩段(S11)、變質砂岩夾板岩段(Mss-S11)、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)。其中，S11岩段主要出露於塔塔加鞍部登山口至步道塔1.6k左右，屬於十八重溪層；Mss-S11岩段主要出露於塔1.8k~塔6.8k附近，相對應地層為達見砂岩；SI-Mss1, SI2, SI/Mss, Mss-SI2等岩段皆為玉山主山層，主要出露於塔7.3k一路越過主峰頂往東約0.5k。對照路線地質剖面圖可明顯看出前六段的層序與接觸關係及相對應地層，剖面圖中由於視野受限及露頭出露不多，因此西峰以東部分資料尚須由其他資料輔佐確認，本年度5月進行補充地質調查，利用無人機進行西峰北面裸露岩層拍攝，修正填補剖面空白處，修正後的剖面圖如圖18。本研究之調查成果與文獻資料略有差異，其差異性於下表1各岩段上下層序關係呈現。

表 1 各岩段上下層序關係(由上至下代表年代由新到老)

地層	岩段	岩性特徵	研究範圍分布區域	地景
佳陽層	Sl-Mss2	1. 厚層板岩偶夾變質砂岩。 2. 底部與玉山主山層界線不明 3. 現地資料甚少，光達判釋疑似有構造線通過荖濃溪營地、金門峒斷崖。	玉山東峰以東	1. 八通關草原-古河道痕跡 2. 金門峒斷崖-河道襲奪與向源侵蝕
文獻資料(五萬分之一阿里山地質圖，2016)認為係整合接觸，本研究推測有構造線通過				
玉山主山層	Mss-Sl2	1. 厚層變質砂岩偶夾薄板岩。 2. 本層有多條逆衝斷層通過主峰與東峰附近。 3. 光達判釋本岩段頂部疑似有構造通過。	排 1.8k 經過玉山主峰頂至東峰附近。 主北岔路口~北 1.5k，以及北 2.1k~氣象觀測站。	1. 主峰與東峰岩壁-連續斷層與褶皺構造
	Sl/Mss	1. 板岩與變質砂岩互層 2. 本層褶曲激烈，岩盤較為破碎。	排 0.3k~排 1.8k 左右。 北峰步道北 1.5k~北 2.1k。	-
	Sl2	1. 劈理發達之厚層板岩。	塔 8.2k 至排雲山莊以東約排 0.3k 處。	-
	Sl-Mss1	1. 厚層板岩偶夾變質砂岩層。 2. 主要出露於西風步道。	塔 7.3k 至塔 8.2k 左右。 約涵蓋 2/3 的西峰步道範圍。	1. 大峭壁-沉積連痕構造。
文獻資料(五萬分之一阿里山地質圖，2016)與本團隊皆認為係斷層接觸。				
達見砂岩	Mss-Sl1	1. 厚層變質砂岩偶夾薄至厚板岩層。 2. 夾有變質過的巨晶火成岩露頭。 3. 本層頂部疑似有構造通過。	塔 1.8~塔 6.8k 左右。	1. 玉山前峰登山口-生痕化石、沉積連痕構造。 2. 白木林涼亭-冰河遺跡眺望點。
文獻資料(何春蓀，2006)認為整合接觸，本研究調查認為係斷層接觸				
十	Sl1	1. 劈理發達之厚層板岩。	塔塔加登山口~	1. 塔塔加鞍部-斷層

八 重 溪 層		2. 夾有火山碎屑沉積岩。 3. 本層頂部附近有高角度斷層。	塔 1.6k 左右。	形成的地形。 2. 楠梓仙溪-斷層溪谷。
------------------	--	-----------------------------------	------------	-------------------------

各岩段描述與調查結果如下所述：(由西至東，年代老至新)

板岩段(S11)：

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，本層內夾有火山碎屑，應是火山噴發後周圍火山碎屑混入圍岩後壓密形成，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，西側為沙里仙溪斷層帶，東側於塔 1.6k 左右發現高請腳塑性斷層，有明顯剪動帶，推測與變質砂岩夾板岩段(Mss-S11)呈斷層接觸，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-S11)：

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上中底 3 個部份，西東兩端(即底部與上部)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。本岩段於 3.5k 處發現火成岩露頭，係為變質過的巨晶火成岩。岩層位態量測結果顯示，本層可能有向斜、背斜構造存在，現地調查於塔 3.2k 附近亦實際觀察到一主要背斜構造。本岩段中，上部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，由位態與剖面追蹤推測其關係，本段上部接近 SI-Mss1 岩段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。本岩層與西側之板岩段(S11)推測以斷層接觸，與東側板岩夾變質砂岩段(SI-Mss1)因植生茂密露頭甚少，利用無人機觀察西峰北面附近露頭，僅發現疑似高傾角與平緩層面相鄰，如圖 15，推測有構造通過。由阿里山五萬分之一地質圖(2016)於孫海林道一帶露頭發現 40 公尺斷層帶，認為與板岩夾變質砂岩段(SI-Mss1)，即為玉山主山層上部，應為斷層接觸。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-S11)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，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。利用無人機觀察主峰北面至排雲山莊北面，認為北面有數條疑似斷層剪動帶，以及掩臥背斜構造，如圖 16。本層與西側變質砂岩夾板岩層(Mss-S11)推測有構造接觸，與東側板岩層(S12)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之下部。

#### 板岩段(S12)：

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(S1/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(下部)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(上部)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多處 Z 型及 S 型微視構造，推測附近有背斜構造通過。南北向北峰步道北 1.5k~北 2.1k 可對比於此岩段的上部，由第二年(106 年)光達判釋資料與空拍圖可見一南北向背斜構造，北峰步道恰好位於此背斜構造的一翼，向南延伸通過本岩段與推測結果相符。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-S12)

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東峰。由於北峰步道南北兩端地勢較高，因此步道有兩段係對比於本岩段，分別是主北岔路口~北 1.5k，以及北 2.1k~氣象觀測站。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。本岩段相對應地層為玉山主山層之上部，與上覆之 S1-Mss2 岩段接觸關係不明顯，由第二年(106)年光大資料判釋認為，荖濃溪營地往東約 2 公里有構造線通過，但現地調查多受碎石或植被覆蓋資料甚少。五萬分之一阿里山地質圖(2016)作者調查本研究範圍外的孫海林道則認為，佳陽層應整合於玉山主山層之上。

### 板岩偶夾變質砂岩段(S1-Mss2)

本段岩性為厚板岩層與板岩夾變質砂岩層。由於底部界線不明，大致出露於玉山東峰以東。本岩段出露岩層少、岩性單調，現地量測位態略有轉折，由光達資料判釋本層底部，以及金門峒斷崖附近疑似有構造線通過。本段對應地層應為佳陽層。

由目前調查資料顯示步道上出露的十八重溪層與達見砂岩可能為整合或有局部斷層接觸，達見砂岩與玉山主山層應為斷層接觸，玉山主山層與佳陽層可能為整合或有局部構造線通過，這些地層受水裡坑斷層，沿著陳有蘭溪發生錯動。南莊層，即塔塔加鞍部以西地層，與十八重溪層隔著沙里仙溪斷層，期間有漸新世時期地層缺失。這些東埔玉山範圍之地層層序與年代關係如圖 17。

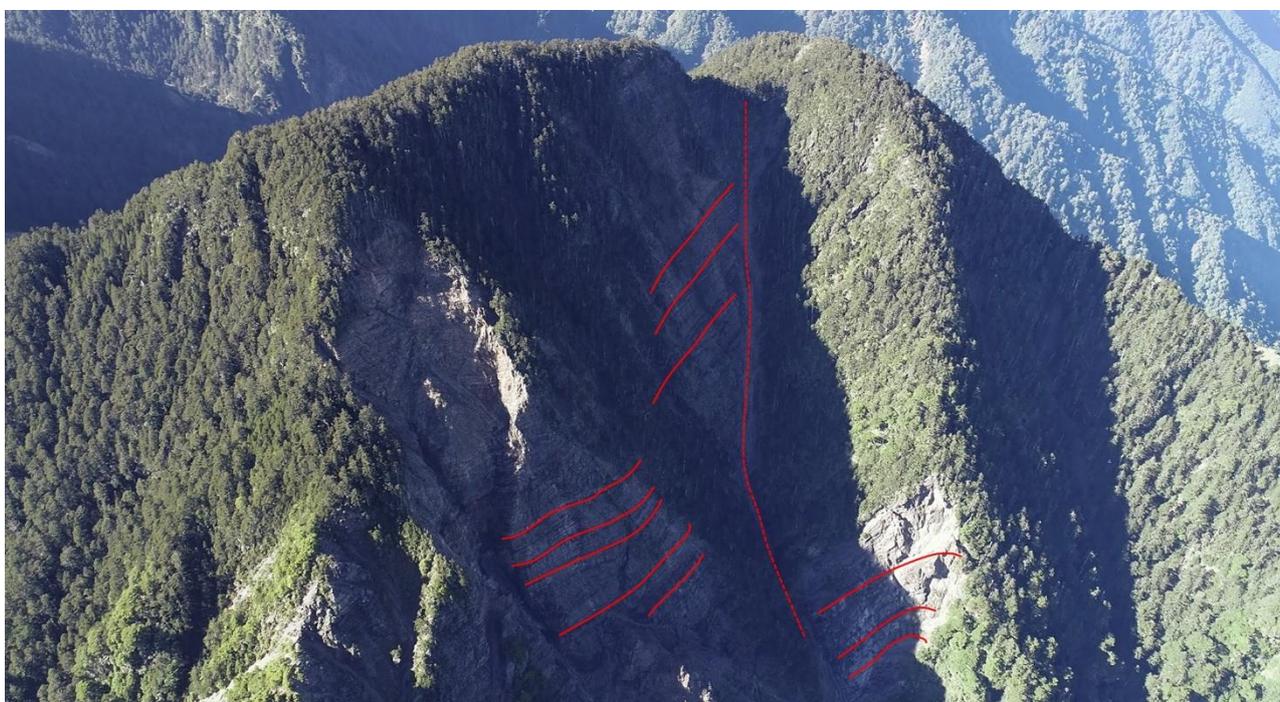


圖 15 無人機拍攝西峰北面



圖 16 無人機拍攝主峰北面至排雲山莊北面

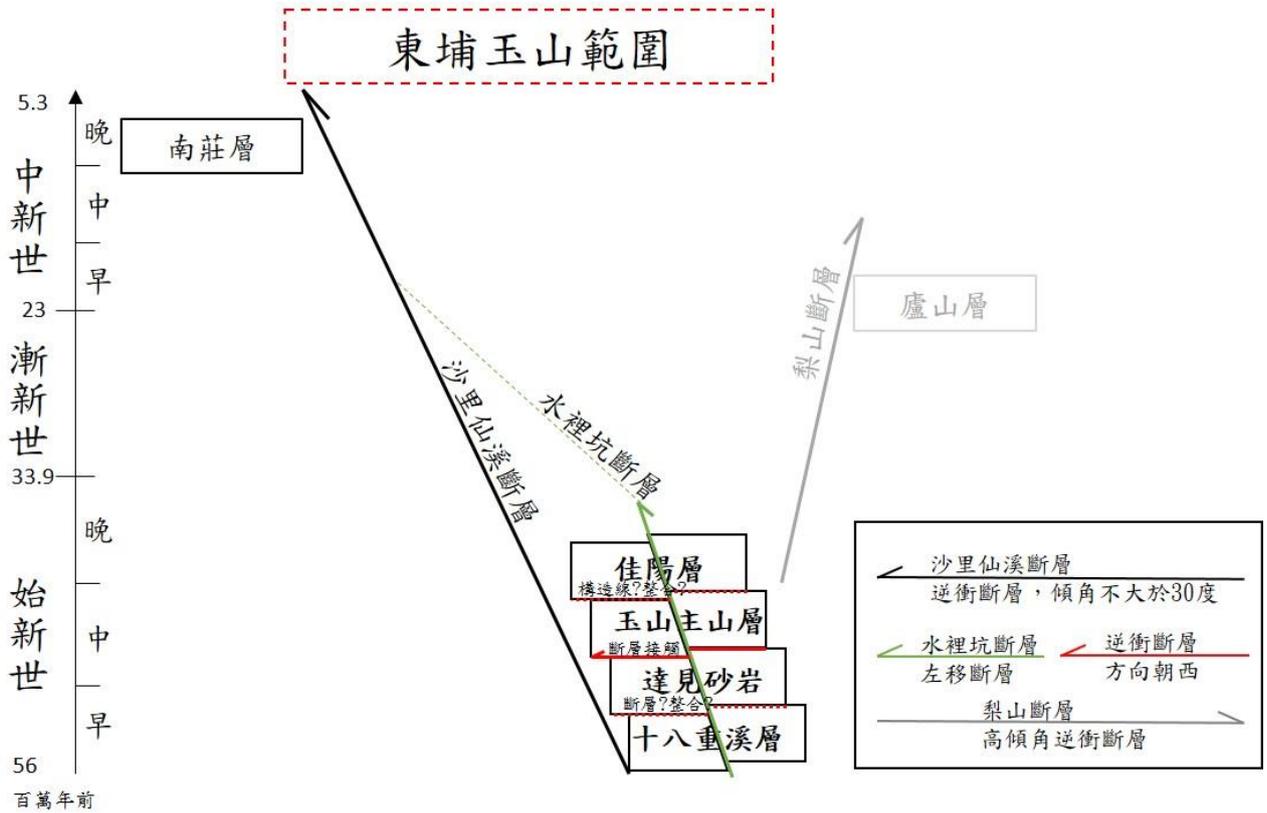


圖 17 東埔玉山範圍地層層序與年代關係圖

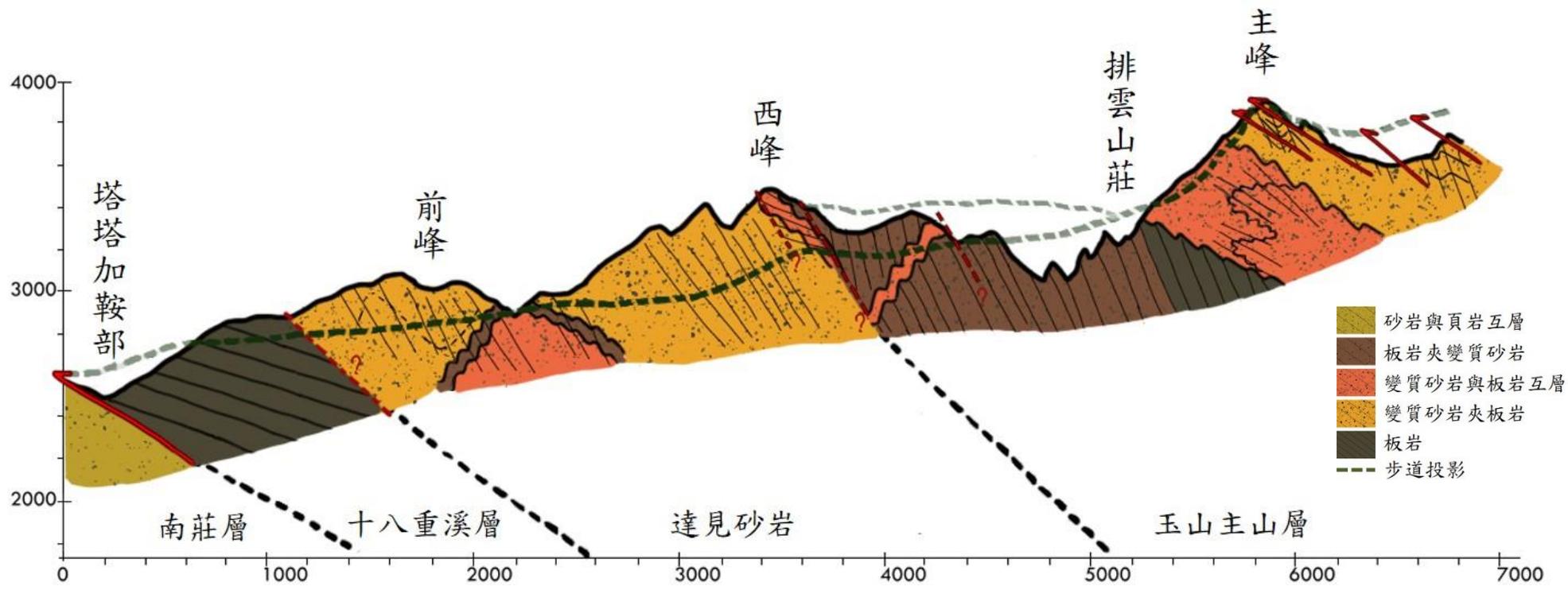


圖 18 路線地質剖面圖

## 4.2 玉山地質解說規畫

本年度整合兩年現地調查所規畫的步道地質導覽點，並繪製示意圖搭配說明，導覽內容如下，導覽內容簡化後，加入照片與示意圖納入玉山地質手冊導覽之旅章節。

### 1. 塔塔加鞍部

欣賞位置：塔塔加登山口

塔塔加鞍部是玉山群峰步道登山的起點，恰好為重要的界限斷層通過之處。鞍部西側為西部麓山帶中新世的沉積岩區-南莊層，東側為雪山山脈帶古第三紀變質岩系-十八重溪層，這東西兩區形成年代差距至少相隔四千多萬年，係因為沙里仙溪逆衝斷層通過(如圖 19)。造山運動作用之下，東邊岩層受力擠壓隆起形成一座拱形並覆蓋到西邊岩層上，拱形前端低窪處即是斷層通過的地方，也就是鞍部。塔加鞍部剛形成時凹陷程度較緩，但由於南北向地形空曠，導致西南氣流容易於此處匯集而時常降雨(如示意圖 20)，經年累月的沖刷加上斷層帶上岩層破碎等因素，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。

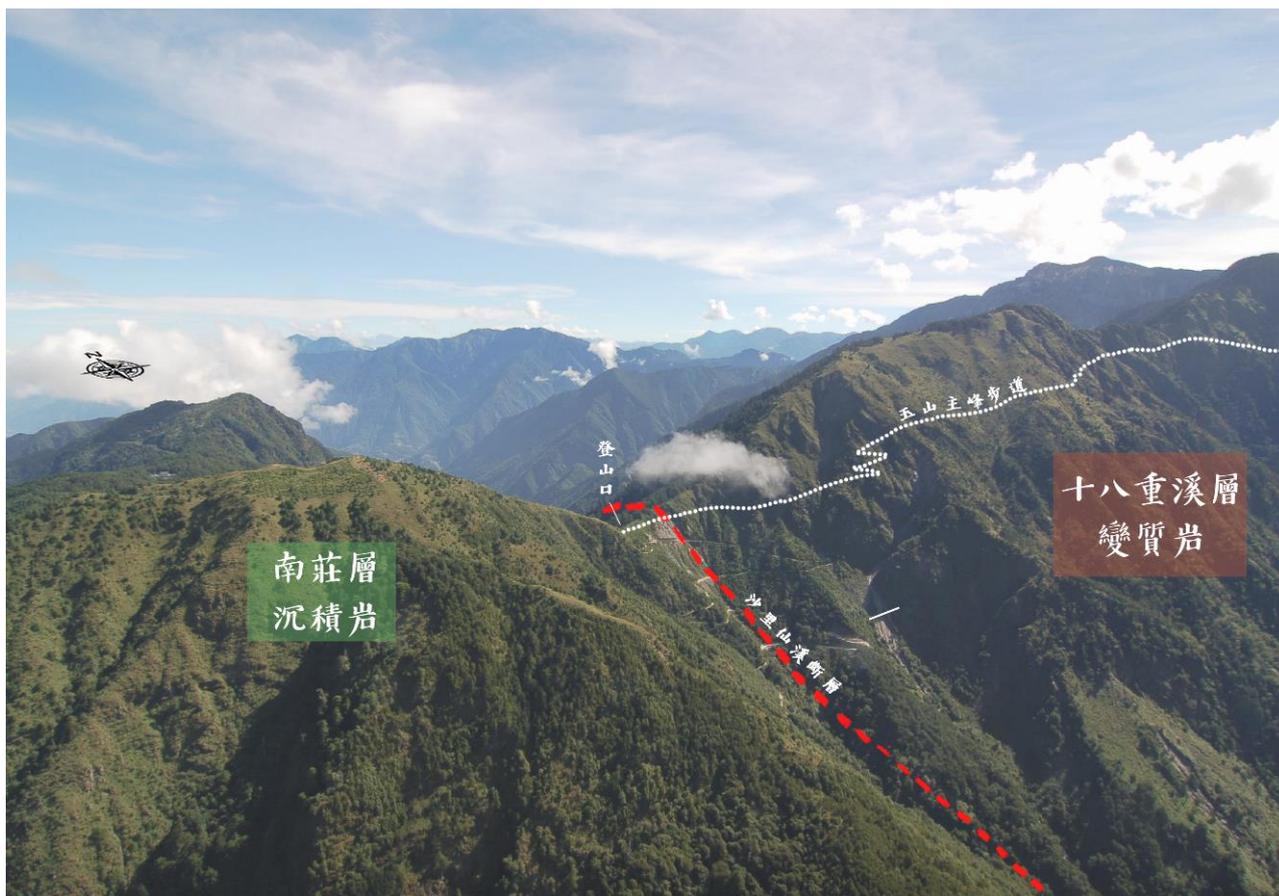


圖 19 塔塔加鞍部(攝影者 邦卡兒·海放南)

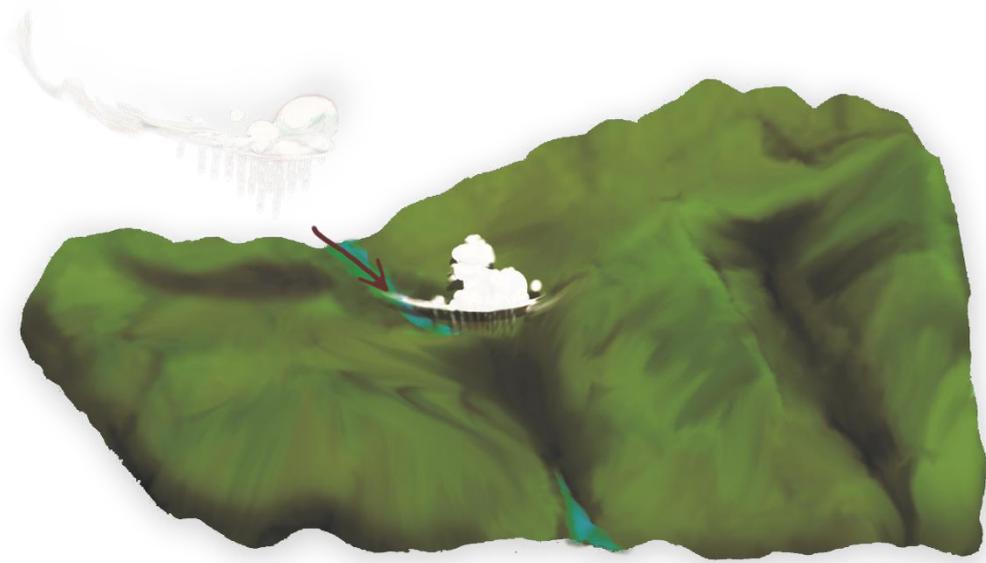


圖 20 氣候造成塔塔加鞍部凹陷示意圖

## 2. 沙里仙溪斷層

欣賞位置：玉山主峰步道 0.7k 處

在玉山主峰步道 0.7k 處往南望可見楠梓仙溪(如圖 21)，楠梓仙溪為一條後成河，後成河顧名思義即地質構造或岩性操控河流發育的方式，而楠梓仙溪正是受沙里仙溪斷層所控制。造山運動將東邊岩層俯衝到西邊岩層之上，於地表附近形成一條斷層帶，斷層帶岩層軟弱破碎，河水沿著破碎低處的界面不斷淘刷，經年累月形成一斷層溪谷(如示意圖 22)。從空拍機俯視圖可以很明顯地看見，溪谷兩旁有許多崩塌地，顯示岩層受擠壓後形成軟弱的破碎帶，氣候降雨或水流掏刷就很容易造成邊坡不穩而崩塌(如圖 23)。

塔塔加鞍部的北邊沙里仙溪也是一條斷層溪谷，沙里仙溪斷層沿著沙里仙溪一路向南延伸通過塔塔加鞍部，再一路順著楠梓仙溪向南延伸。沙里仙溪斷層系一條貫穿臺灣南北向的界限斷層，北邊止於臺灣東北外海，往南則延伸至屏東外海。有時同一條構造線在不同區域擁有不同的名稱，是根據擁有明確證據的發現地作為命名，因此這裡的沙里仙溪斷層在北部稱為屈尺斷層，南部則命名為潮州斷層了。



圖 21 步道 0.7k 處往西南拍攝

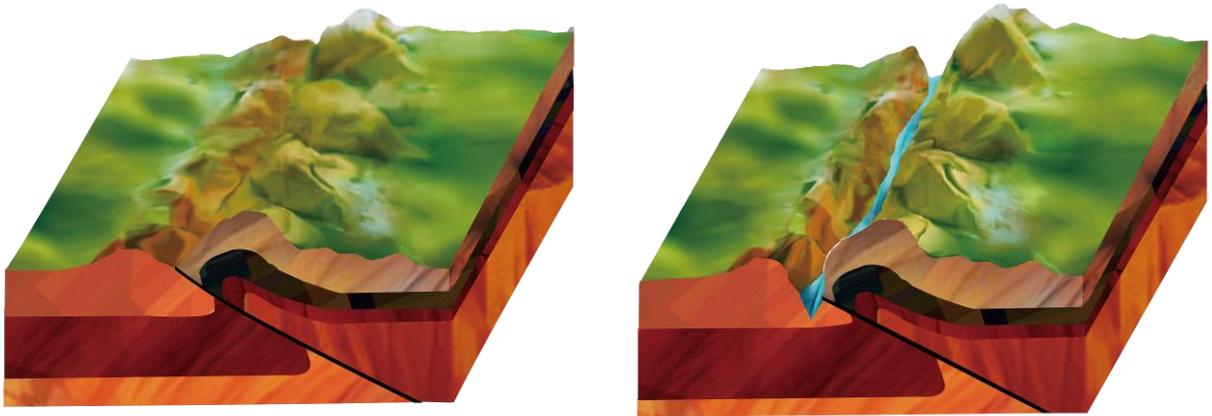


圖 22 斷層溪谷行程示意圖

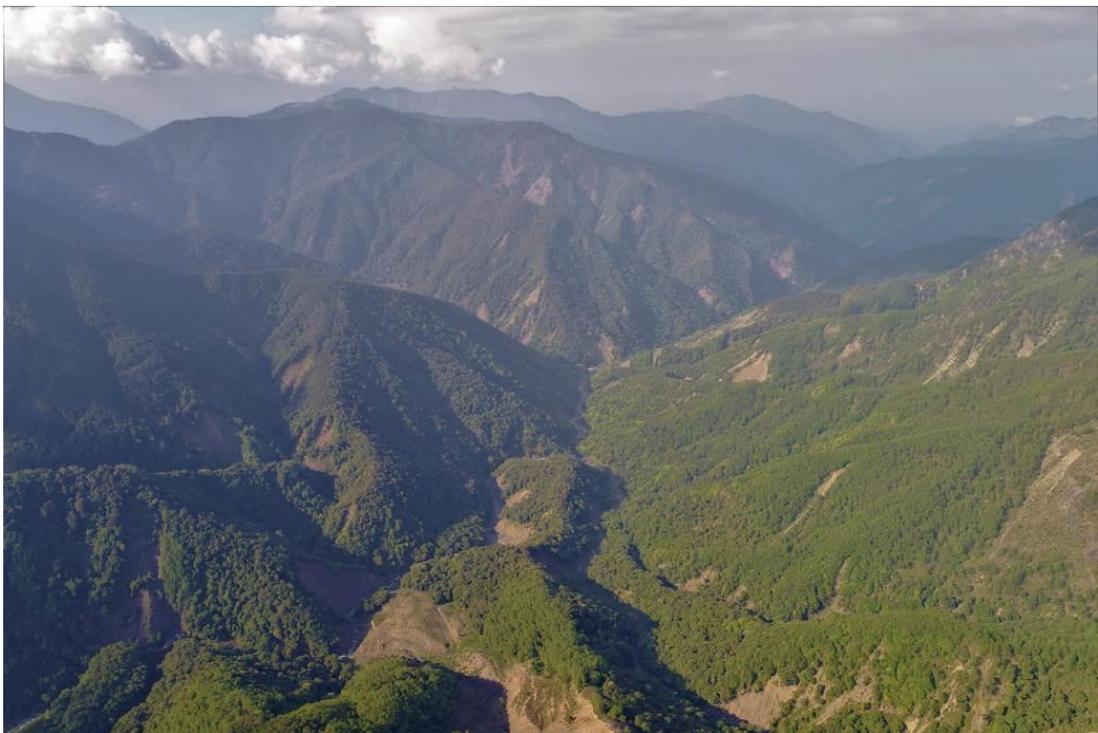


圖 23 楠梓仙溪空拍照片

### 3. 化石與沉積構造

欣賞位置：前峰登山口

對大部分遊客而言，很難想像滄海桑田的變遷，而臺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。玉山前峰登山口前的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 24)。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 25)。

根據文獻資料，玉山的前峰、西峰、南峰、小南山等地都有發現實體化石，這些有指標性的化石可以訂定地層大致沉積的地質年代，進而得知地層的年齡，但由於玉山國家公園大多數面積屬於變質岩類，表示岩石受過高溫高壓的環境，大多數的化石不易尋找。圖 26 岩塊上一粒粒如圓珠形狀的化石名為朱氏扁玉螺 *Sinum chui Hu*，由朱傲祖老師在圓峰與南峰之間採集到的化石。貝殼扁平，殼頂稍微突出，螺層矮小，外螺層極速開放，螺層溝細而淺刻，殼口呈半橢圓形，開放，貝殼表面刻有多數細粒狀橫紋。本種的型態類似 *Sinum ineptum* (Yokoyama)，但殼體比較高，表面的裝飾比較粗大。

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 27)。由於露頭尺度的關係，漣痕構造最為常見。

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。



圖 24 砂岩上的連痕構造



圖 25 砂岩上的生痕化石



圖 26 朱氏扁玉螺 *Sinum chui Hu*

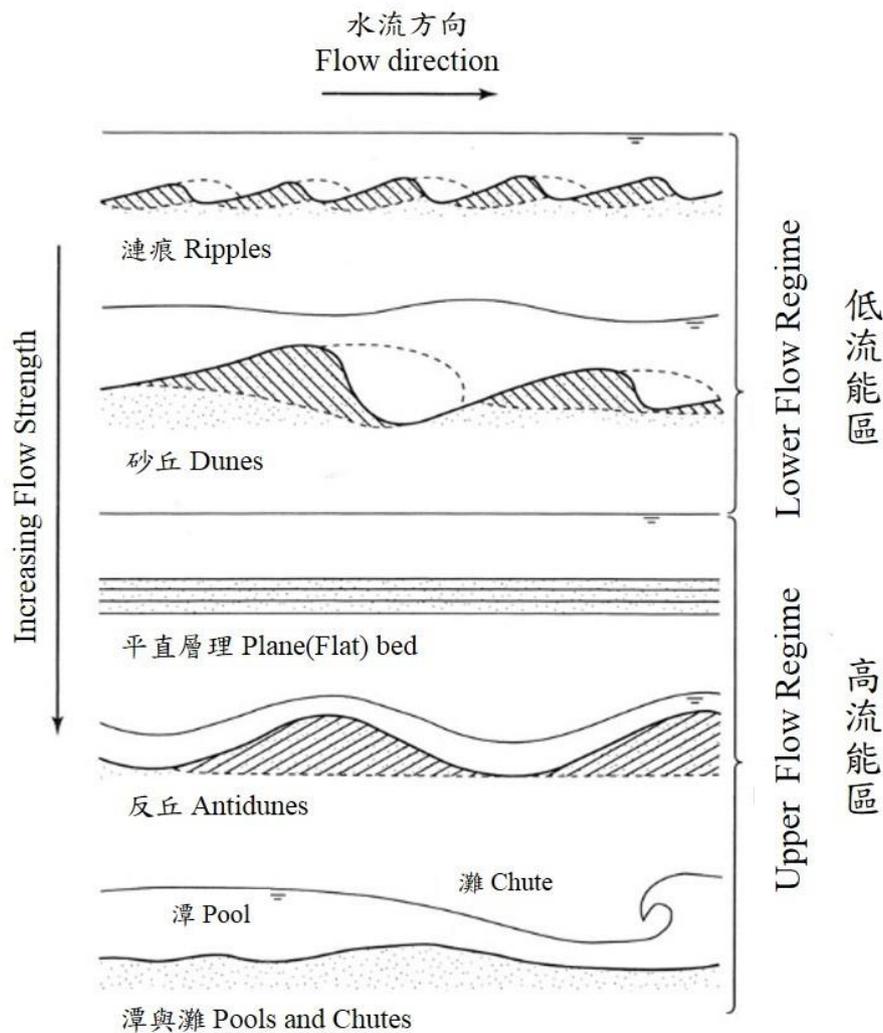


圖 27 水流沉積構造形成過程

#### 4. 玉山冰河遺跡

欣賞位置：白木林涼亭

臺灣高山山谷冰河(Vally Glacier)地形最早是由日本地理學家富田芳郎、田中薰、博物學家鹿野忠雄等人高山實地勘查後所提出，直到近三十年才有更多證據證明臺灣 3000 公尺以上的確有冰河存在。近期學者利用各種定年技術，例如岩石內的宇宙射線、冰積物內的礦物定年，推測臺灣大約在 7 千年前都還有冰河存在。近年來航拍技術進步與輔助，藉由空中觀察更可以直接判釋冰河作用後留下的地形景觀例如冰斗、U 形谷、擦痕、刃嶺和角峰(如圖 28)。

冰斗：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：冰斗後側高陡的岩壁。

刃嶺：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：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。

始裂：冰斗前緣因為重力作用而形成裂隙，是冰河下滑的起點，只有冰河存在的地方才看得見。

U型谷：冰河移動的軌跡。在這條路線上有很多冰河作用所留下的冰川沉積物以及磨蝕或拔蝕的遺跡，這些地貌是判斷冰河作用的重要證據。

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 29。

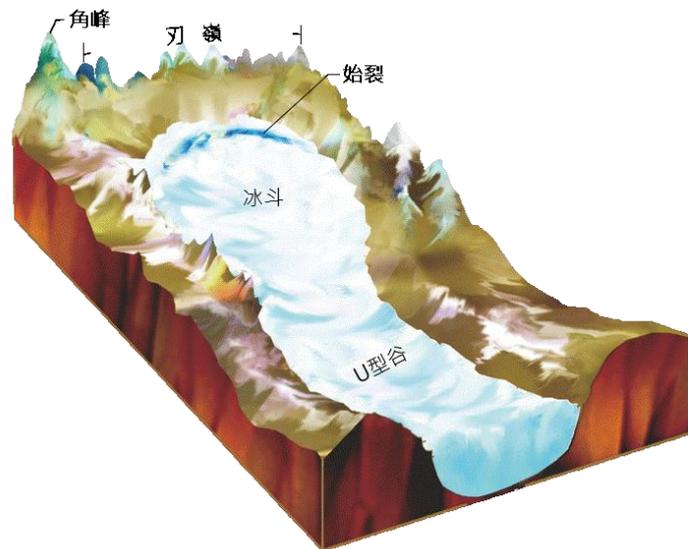


圖 28 冰河地貌示意圖



圖 29 白木林涼亭眺望冰河遺跡

### 5. 沉積構造

欣賞位置：大峭壁

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 30)，另一則為彎曲狀峰線漣痕構造(圖 31)。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。

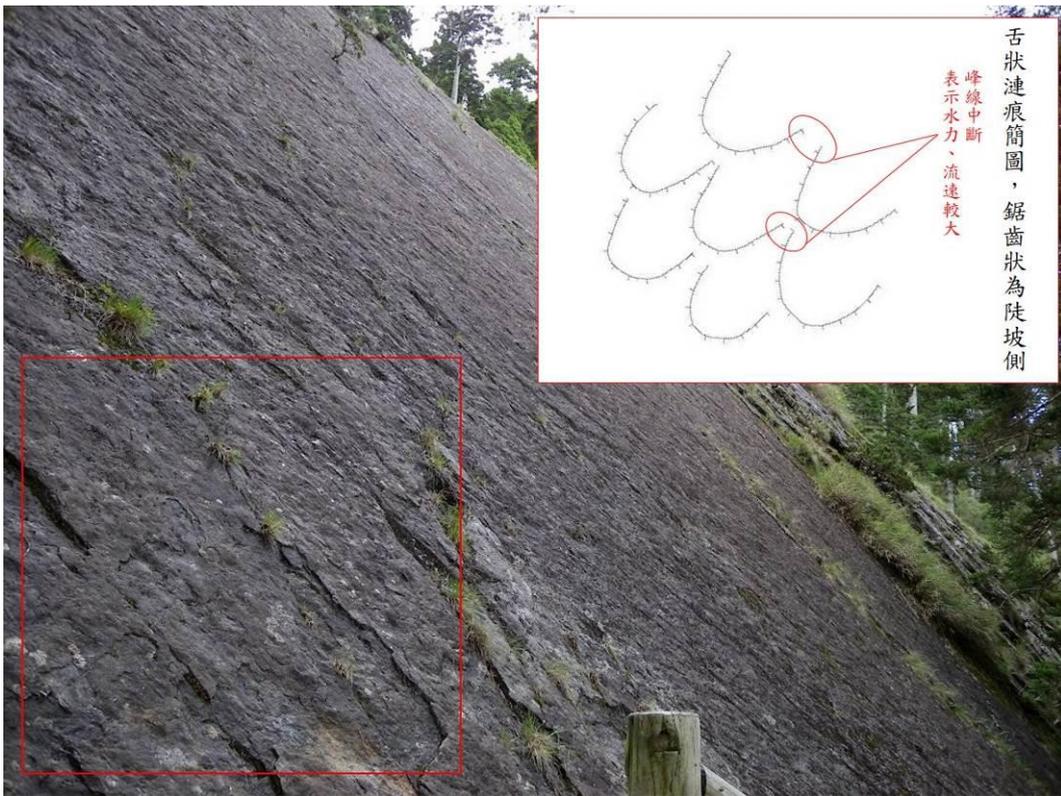


圖 30 舌狀的漣痕構造



圖 31 彎曲狀峰線連痕構造

#### 6. 玉山主峰西面岩壁

欣賞位置：之字坡步道

之字坡步道往東邊眺望可看見一片連綿的山壁(如圖 32)，山壁可明顯的看出向斜構造、背斜構造，以及一條逆斷層，這些岩層深埋在地下時，受東西方向的力量擠壓，向西力量較為強烈，導致岩層受力隆起成 Z 字型，背斜構造被錯移形成多個塊體，這些塊體因錯動破裂成許多裂隙，含有矽酸鹽離子的雨水或地下水滲入後，慢慢析出結晶充填其中，形成堅硬抗風化的岩脈(如示意圖 33)，因此留下複雜又有趣的構造突立於山壁上。

圖 32 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，這系列逆衝斷層也在玉山主峰與東峰之間出露，是造山運動中的主要地質構造。



圖 32 玉山主峰西面岩壁地質構造

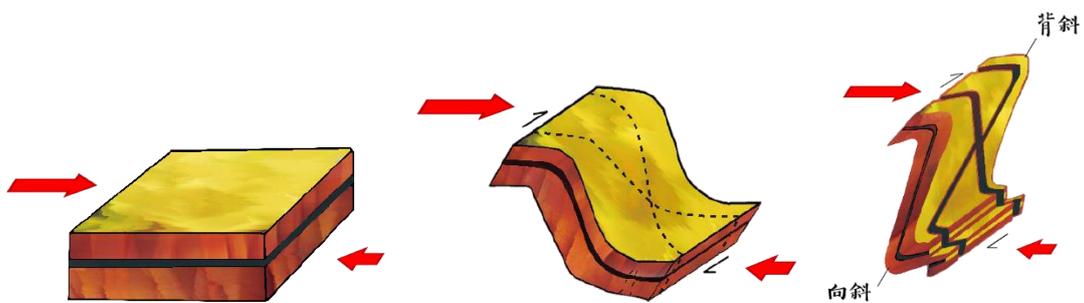


圖 33 主峰西面岩壁形成示意圖

### 7. 玉山北峰南眺主、東峰

欣賞位置：北峰步道 0.4k 處

這裡往南望向玉山主峰可看見連綿岩壁一路到東峰，這短短數百公尺岩層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。

從岩壁構造上來看，主峰頂處是層面向下凹陷的向斜構造，碎石坡附近則是層面向上凸起的背斜構造，東峰的峰頂則是層面上凸的背斜構造，兩峰之間有多道向西推移的斷層，由於推移的距離不一，形成忽高忽低的岩層(如圖 34)。這一系列向西逆衝的斷層為逆衝斷層系的疊瓦狀構造(imbricate structure)(Boyer and Elliott,1982)，如圖 35，這種構造的逆衝斷層軍與其底基相接，斷層位移量大，也是臺灣造山戴上常見的斷層幾何型態。



圖 34 玉山主峰、東峰北面岩壁地質構造及形成示意圖

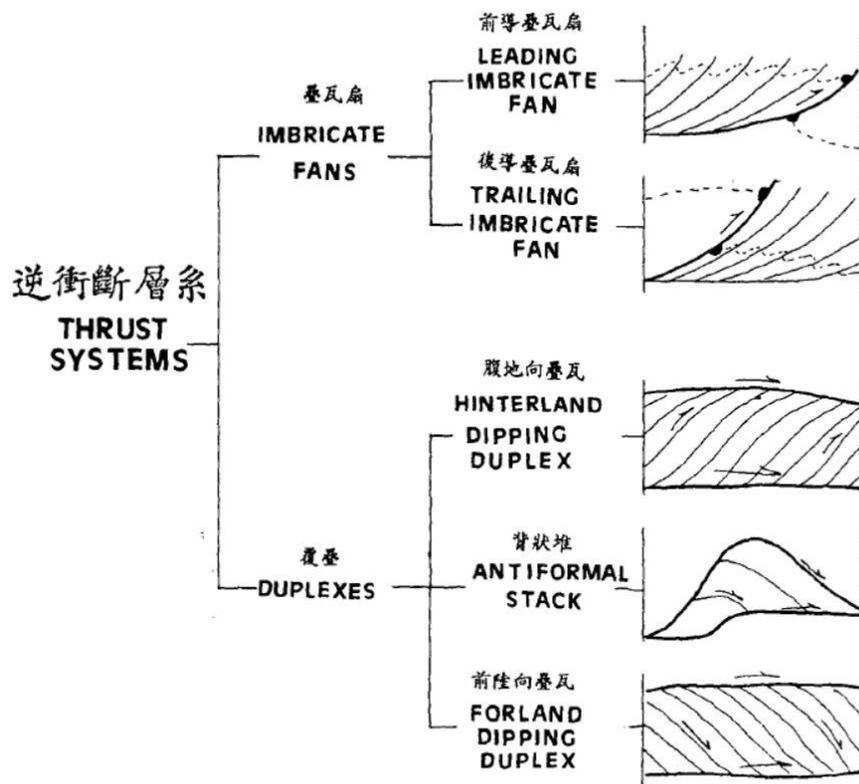


圖 35 逆衝斷層細分類表

## 8. 八通關草原

欣賞位置：八通關草原

這片藏於山林之中的廣大平坦草原是河道的古地形演變而來的，寬闊的平原殘存著河道遺跡和因為主支流的交切而成的獨立小丘-環形丘。八通關地區原本屬於荖濃溪源頭流域，而八通關草原寬廣平坦的古河道及環形丘等地形特徵，顯示原本八通關草原是荖濃溪的支流，因荖濃溪上游河道快速下切，襲奪了該支流的源頭，而呈現斷頭河現象(如圖 36)。

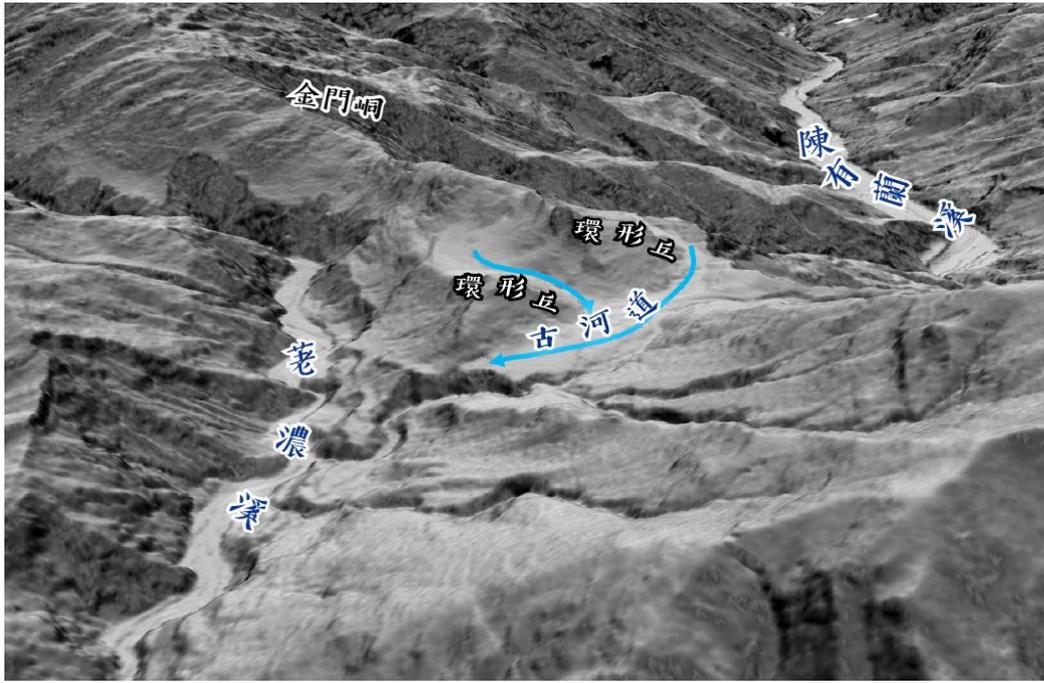


圖 36 光達坡度陰影圖俯瞰八通關草原

### 9. 金門峒斷崖

欣賞位置：觀高平台

由第二年度(106年)研究成果認為，金門峒斷崖屬於佳陽層分佈範圍，岩性以軟弱的板岩為主，抗侵蝕能力極差，歷年相關文獻(王鑫與林耀源，1982；陳隆陞，1992 潘以文，2006)的現地調查或航照判釋以及第二年度空載光達資料判釋指出，此處應有構造線通過。岩性軟弱加讓構造通過造層岩層破碎易風化，經年累月水流向源侵蝕呈現出大面積崩崖。陳隆陞(1992)於金門峒冠部附近埋設基樁進行崩塌速率及演化分析，認為金門峒斷崖未來會朝向東北方侵蝕，並逐漸往老濃溪上游方向擴張，未來將會襲奪老濃溪源頭水源，金門峒演化示意圖如圖 37。

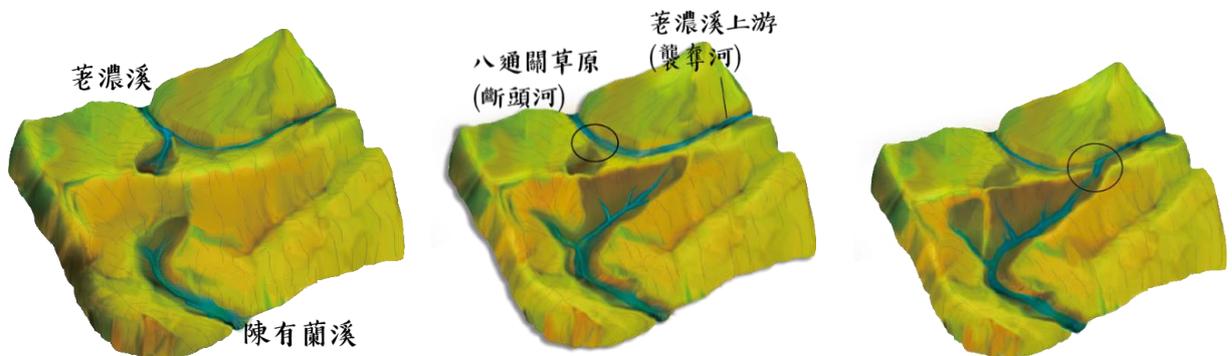


圖 37 八通關草原形成與金門峒演化示意圖

## 10. 高山階地

欣賞位置：東埔登山口 1.7k 處

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河階地形，符合河階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、河道歷經多次下切與地形多次抬升。此處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。

此處沙里仙溪上的茶村落應該是崩塌堆積而成，推測是邊坡上的蝕溝不斷向源侵蝕，搬運堆積於河道附近，如示意圖 38。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，如圖 39。

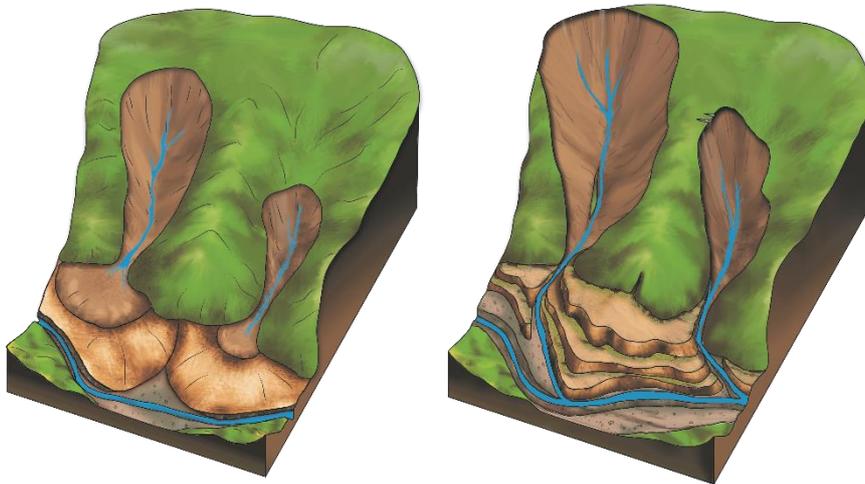


圖 38 高山階地演化示意圖



圖 39 東埔步道 1.7k 處眺望高山階地

### 4.3 玉山主峰地質、地層解說手冊與地質解說規劃

依據本年度(107 年)6 月 5 日第一次工作會議之委員建議，進行部分手冊目錄及內容調整，主要調整包含：簡化第一章節關於臺灣島的誕生至玉山形成的圖文說明；省略第二章節老地層之旅，將第二張節內容合併至第三章導覽之旅圖文說明。調整後的說明如章節 4.31~4.32。

本年度出版玉山地質手冊，內容將彙整前兩年成果以及參考文獻資料，並向玉山國家公園管理處申請相關照片輔佐內容豐富度，成果資料轉為手冊應用大綱如下表 2。手冊另附

表 2 產出成果於手冊運用大綱

產出資料	手冊應用
區域地質圖 剖面圖	導覽之旅-玉山剖面圖、玉山老地層們等章節 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。
地質導覽點	導覽之旅-共 10 個導覽點 地質調查規劃的導覽點為玉山主峰路線，以 及東埔-八通關古道路線，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	臺灣島的脈動-玉山的基盤、玉山的誕生、冰 合作作用等章節 將本計畫三年調查成果轉化繪製成演變示意 圖，讓讀者能理解玉山形成過程。

手冊標題與手冊尺寸：

本手冊標題訂為”玉山地質之美”。為了兼顧讓民眾攜帶方便以及不易破損，手冊尺寸以放入輕便背包中不佔空間的 190mm\*130mm 為主，如須讓精美照片圖片能更完整呈現，內頁建議 150P 銅版紙穿線膠裝，堅固耐翻不易摺損，不含目錄、延伸閱讀，內容頁為 56 頁。手冊標題與尺寸如下表 3：

表 3 手冊標題與尺寸

項目	內容
手冊標題	玉山地質之美
尺寸與紙張樣式	32 開(190mm*130mm)，內頁為 150P 銅版紙

手冊封面與目錄：

本手冊的主角為玉山，由中央科學研究院李建成研究員所繪製的玉山主峰南面構造為主角，岩壁上有多道斷層與褶皺，靠近頂部為向斜構造，封底是封面繪圖的延伸，讓整本手冊外殼能完整的顯現玉山地質構造與地景，希望藉由本手冊封面吸引大眾了解高山地質地貌的趣味。

手冊目錄分為三大章如下表，第一章「臺灣島的地質脈動」分為 4 個小節來分述，每小節 2~4 頁以圖主文輔的方式大致說明，由大尺度臺灣島慢慢聚焦至小尺度玉山，希望帶引民眾能全面了解玉山形成與臺灣島生成息息相關的環節。第二章「賞析大自然的雕刻之作-導覽之旅」，先用 8 頁，共 3 個小節來說明玉山東埔區域的地層，包含 2 頁剖面圖以及 6 頁地層詳細介紹各個地層地特色，地層之間地層系關係等。第二章後半部為本手冊重點之一，先以一張跨頁的導覽地圖說明各導覽點的位置以及介紹內容，導覽的路線主要為玉山主峰線的地質地貌景觀特點，手冊除了照片與文字描述外，加了許多示意圖來輔佐說明，希望藉由實際登山客能看得見的方式，將艱深的地質貼近民眾。「玉山的現今與未來」章節分成 2 個小標題：快速隆升造成的現象，以及玉山還會再長高嗎，以民眾普遍希望得知的科普內容作為撰寫背景。

下圖 40 為目錄內容，各章每頁內容大綱將於分述於 4.21 至 4.33 節。

# 目錄

				
	張正雄攝	王晉威提供	陳國書攝	
01	<b>臺灣島的脈動</b>			
05	島嶼簡記－地質事件的脈動			
07	生命泉源－玉山的基盤			
09	蓬萊之變－玉山的誕生			
11	峻美的玉山－冰河作用			
13	<b>賞析大自然雕刻之作： 導覽之旅</b>			
15	玉山地質剖面圖			
17	玉山的老地層們			
21	老地層們的羣份關係			
23	導覽地圖－爬山不只是走馬看花			
25	塔塔加鞍部－朝聖玉山的起點			
27	沙里仙溪斷層－東西兩地岩性迥異的界			
29	前鋒登山口、大峭壁－追尋海相的證據			
33	化石的由來與定年			
35	玉山冰河遺跡－遙遠的時間比鄰的距離			
39	賞析玉山的地質構造－斷層與褶皺			
41	主峰西面岩壁－斷層與褶皺共譜			
43	北峰南眺主東峰－斷層與褶皺再譜			
47	八通關草原－隱身在山中的世外桃源			
49	金門岫斷崖－斷層與向源侵蝕攜手傑作			
51	高山階地－古老崩塌地砌起一畝畝茶田			
53	<b>玉山的現在與未來</b>			

圖 40 玉山地質手冊目錄

#### 4.3.1 臺灣島的地質脈動

地質手冊第一章「臺灣島的脈動」，主要是針對玉山的演變進行說明，包含數十公里後的岩層沉積，擠壓變質形成的山峰以及末次冰期的冰河作用造成的侵蝕，這些過去的事件需要用多幅示意圖來說明整體事件經過，並且由大尺度臺灣島一路縮小聚焦在到玉山範圍，才能讓民眾了解玉山演變過程與臺灣島生成的關聯性。本團隊認為本章節係讓民眾在閱讀後面導覽之旅之前已有整體的臺灣島地質概念，因此不建議過於簡化。本節分 4 段說明：

島嶼簡記-地質事件的脈動系以臺灣島尺度介紹島嶼的生成，主要內容為概述臺灣島形成前歷經的主要地質事件，造成中央山脈基盤如此厚實的元素，圖說比例尺縮小至比臺灣島略小，以三維東西向剖面圖，分段說明地質事件造成的主要影響。形成臺灣島的地質事件由早期至近期分別為南澳運動、板塊舒張運動、中新世海進海退時期與蓬萊造山運動，分別將各個地質事件畫成示意圖，並以文字補充說明個事件的特色，示意圖如下圖 41~圖 44。

生命的泉源-玉山的基盤是將前段所說的太平運動再額外提出，係因此運動發生在始新世時期，為板塊舒張環境，半地塹地形形成的沉積環境沉積了大部分的玉山主峰地區的地層，包含塔塔加以東的十八重溪層、達見砂岩層、玉山主峰層以及佳陽層，此階段沉積環境造就了後來中央山脈隆起有如此厚實的岩盤，因此將再以示意圖局部放大點出玉山地層沉積位置、層序，以圖為主文字註解為輔的方式以 2 頁篇幅呈現。

蓬萊之變-玉山的誕生是臺灣島最近一次的造山運動事件，系民眾耳熟能詳將中央山脈推至目前高度的推手，玉山亦是在此事件中形成東亞最高峰的地位，本章節建議將臺灣島尺度的示意圖局部放大至玉山範圍，並將前兩年調查的塔塔加-玉山東峰剖面資料簡化套疊至三維示意圖上如圖 45，除了讓民眾能基本了解造山運動的成因，亦從剖面圖得知短短的距離山脈褶曲得如此激烈。

峻美的玉山-冰河作用，臺灣高山曾經有冰河存在是近三十年才漸漸有越來越多證據與文獻提出，去年(106 年)本團隊亦針對玉山群峰附近的光達資料判釋冰河遺跡以及調查檢核冰河地形，結果顯示玉山主峰、東峰、北峰等區域都有冰斗、U 型谷等標準冰河遺跡，就目前文獻指出臺灣高山冰河消融時期應是 6 千至 7 千年前，因此蓬萊造山運動後還有一次比較明顯造成高山地形改變的事件即是冰河作用。本章節用三張玉山尺度的示意圖表現冰河前後的地形，包含河道拓寬、山峰削尖、冰斗 U 型谷等遺跡，如圖 46。而本節的冰河地形將於導覽之旅的「遙遠的時間比鄰的距離-冰河遺跡」裡說明步道何處可直視冰河地形。

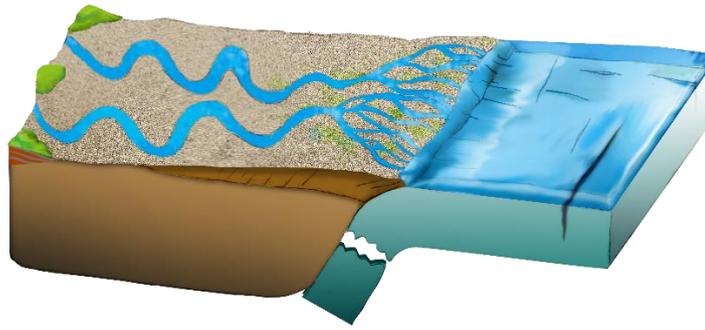


圖 41 南澳運動

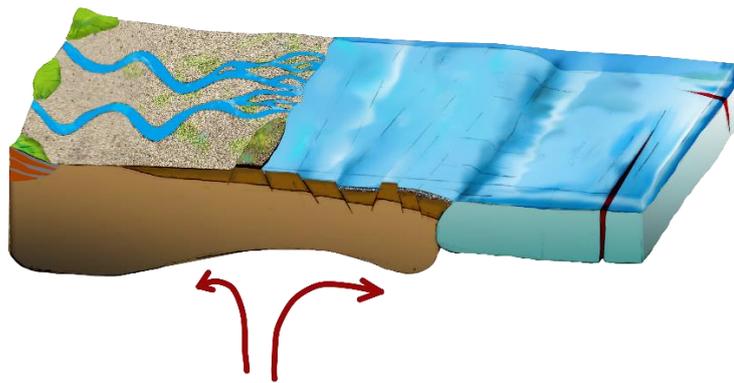


圖 42 板塊舒張運動

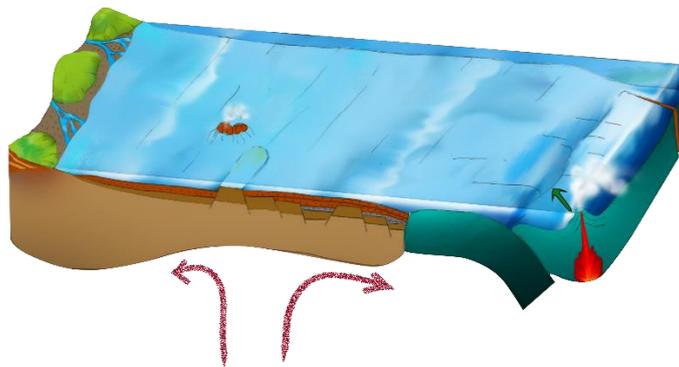


圖 43 中新世時期

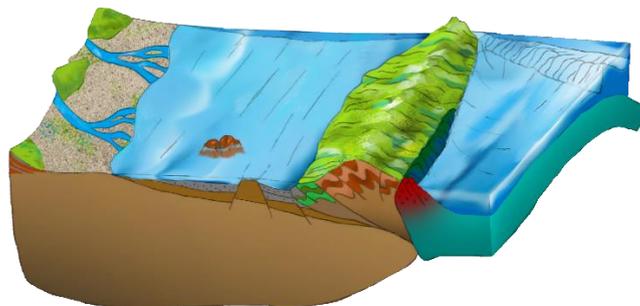


圖 44 蓬萊造山運動

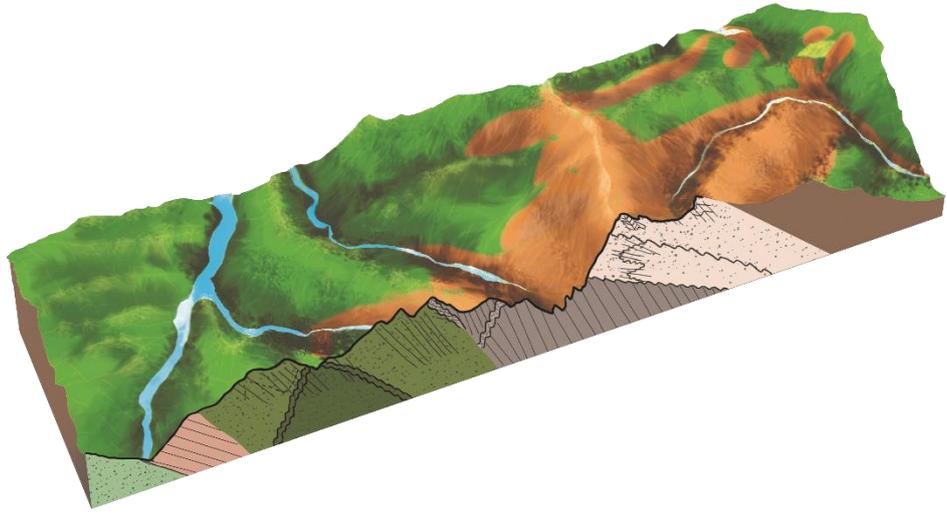


圖 45 玉山三維剖面圖地形圖

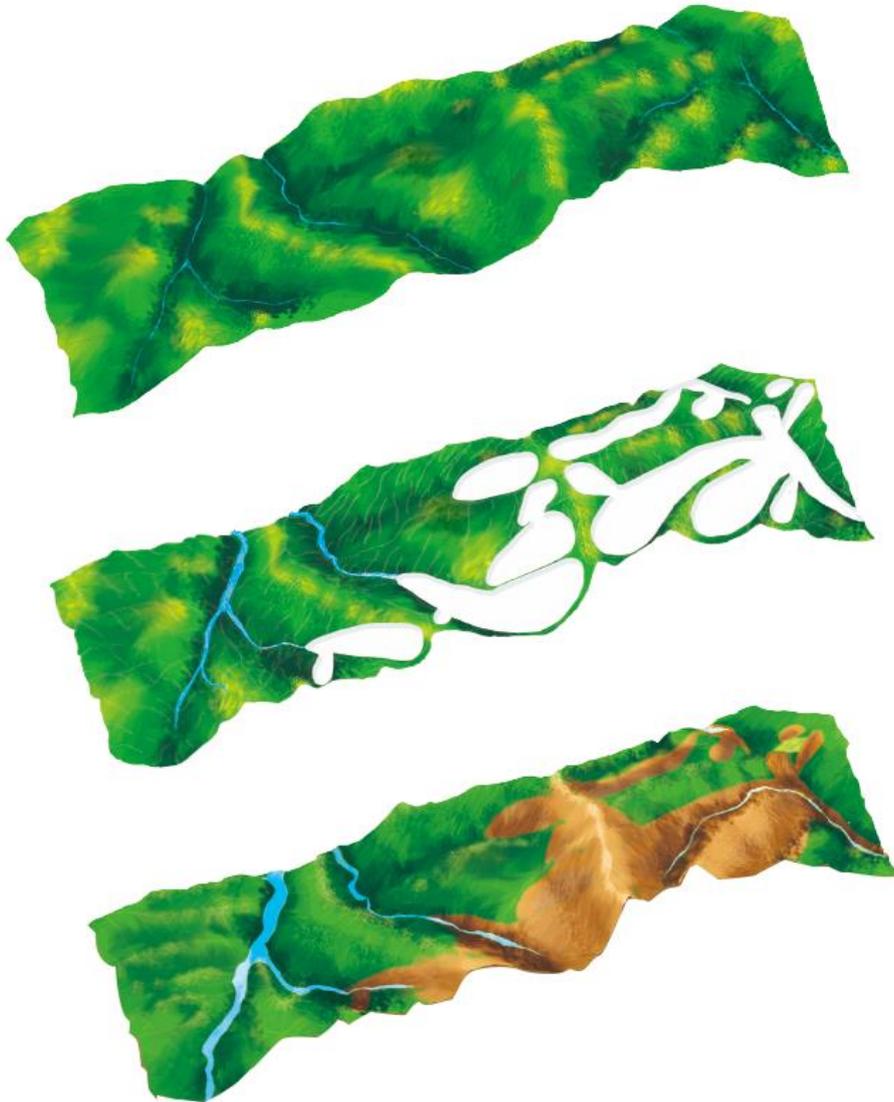


圖 46 冰河作用的玉山群峰附近地形

### 4.3.2 地質解說規劃

手冊第二章「賞析大自然雕刻之作-導覽之旅」，前 8 頁主要是介紹玉山步道沿線之地層，共分 3 個小節；第 1 小節-玉山地質剖面圖，使用玉山東埔區域地質以及簡化的剖面大致說明地層之間的層序關係；第 2 小節-玉山老地層們，示意圖和照片配合，簡單說明各個地層的特點，希望遊客漫步其間能夠了解腳步下的巨厚岩層的經歷與特色；第 3 小節-老地層們的輩份關係，加入了玉山地區主要斷層-沙里仙溪斷層、水里坑斷層以及玉山園區唯一的沉積岩地層-南莊層，用簡單的兩張圖說明地層之間接觸關係，以及南莊層的地層特色。手冊主要主角為本章節的後半部，接下來的 30 頁是詳細介紹 10 個地質導覽點：第 1,2 頁為導覽地圖，標記導覽點出現位置，其後再依序介紹 10 個導覽點特色。導覽地圖如下圖 47，導覽點簡介如下表，詳細介紹如報告章節 4.2 所述。玉山地質手冊則是簡化研究內容，並加入示意圖與照片，讓解說內容更為豐富。

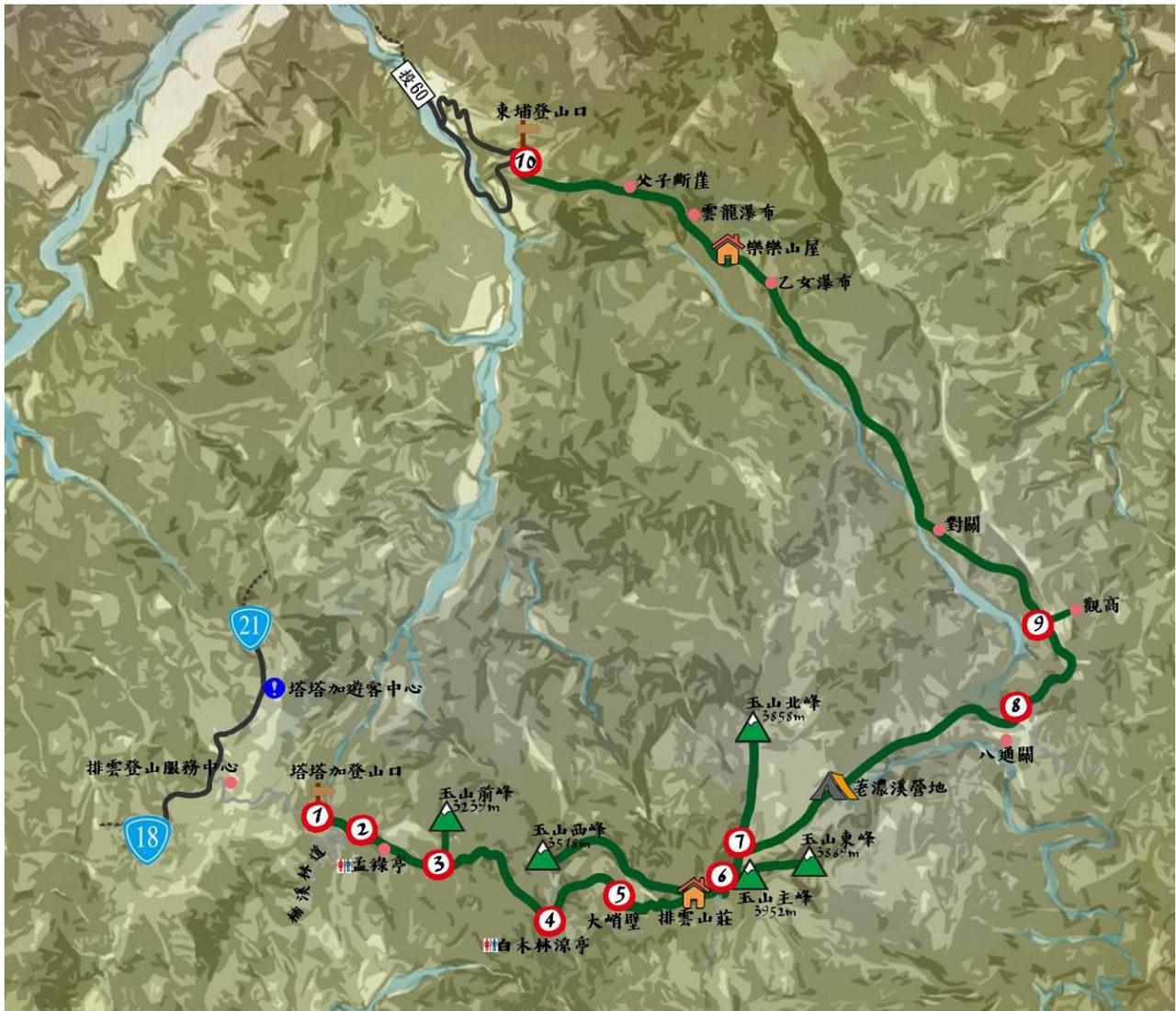


圖 47 導覽地圖

表 4 導覽點簡介

欣賞位置	座標	解說主題	設置目的
1.塔塔加登山口	239700, 2596945	塔塔加鞍部	了解鞍部地貌形成的原因
2.主峰步道0.7k處	240340, 2596715	沙里仙溪斷層	南眺溪谷，並說明斷層溪谷形成過程。
3.前峰登山口	241618, 2596375	化石與沉積構造	說明漣痕構造、生痕化石形成過程。
4.白木林涼亭	242906, 2595608	玉山冰河遺跡	遠眺主峰與圓峰之間的冰河遺跡。
5.大峭壁	243863, 2596089	化石與沉積構造	說明漣痕構造、生痕化石形成過程。
6.之字坡步道	245419, 2596174	主峰西面岩壁	在步道上眺望連綿山壁，並解說山壁上有趣的地質構造景觀。
7.北峰步道0.4k處	245525, 2596702	北峰南眺主東峰	由北峰往南眺望玉山主峰、東峰之間曲折的地形，並說明形成原因。
8.八通關草原	249607, 2598638	八通關草原	解說八通關草原受河川襲奪後殘留的古河道演變過程。
9.觀高平台	249981, 2599970	金門峒斷崖	說明河川源頭向源侵蝕的過程，並推估未來襲奪荖濃溪的跡象。
10.東埔登山口1.7k處	243128, 2605665	高山階地	說明河道邊坡崩塌地的形成與辨識特徵。

## 4.4 地質影片

近年來無人機高空拍攝作業廣為應用，除了可大範圍拍攝與觀察整體的地質構造，人力無法所及的地方亦可以做為輔助資料，例如本計畫的路線地質剖面圖，步道上無法全面了解構造的延伸性，藉由無人機拍攝山坡的另一面有助於剖面圖繪製完整。現地調查時拍攝的無人機成果除了用於調查資料，亦規畫能物盡其用，將適當之拍攝成果編輯成地質解說影片。

第一年度調查係選擇主峰-圓峰叉路進行第一部地質影片簡介，簡介內容主要針對主峰-圓峰間的逆衝斷層以動畫輔佐圖文、無人機影片說明，製作成約 3 分鐘之影片，如圖 48。第二年則選擇玉山主峰至東峰的北面山壁做為影片主題，此區域連續露頭明顯，地質構造豐富，配合圖文動畫及簡單的構造描繪，編製成約 5 分鐘之影片，如圖 49。

本年度補充拍攝塔塔加鞍部、西峰南面與主峰西面等景觀，前者介紹鞍部形成的原因，後者介紹冰河遺跡的地貌，並整合前兩年影片資料，一路由西向東沿著玉山主峰線介紹這一路上有趣的地質景觀，製做新的影片”玉山主峰線地質導覽之旅”，如圖 50，總片長約 6 分鐘。

上述影片會轉成 QR code 印製於”玉山地質之美”導覽手冊內，亦可供玉山國家公園管理處放置於網路上供遊客瀏覽。



圖 48 第一年(105 年)地質影片截圖

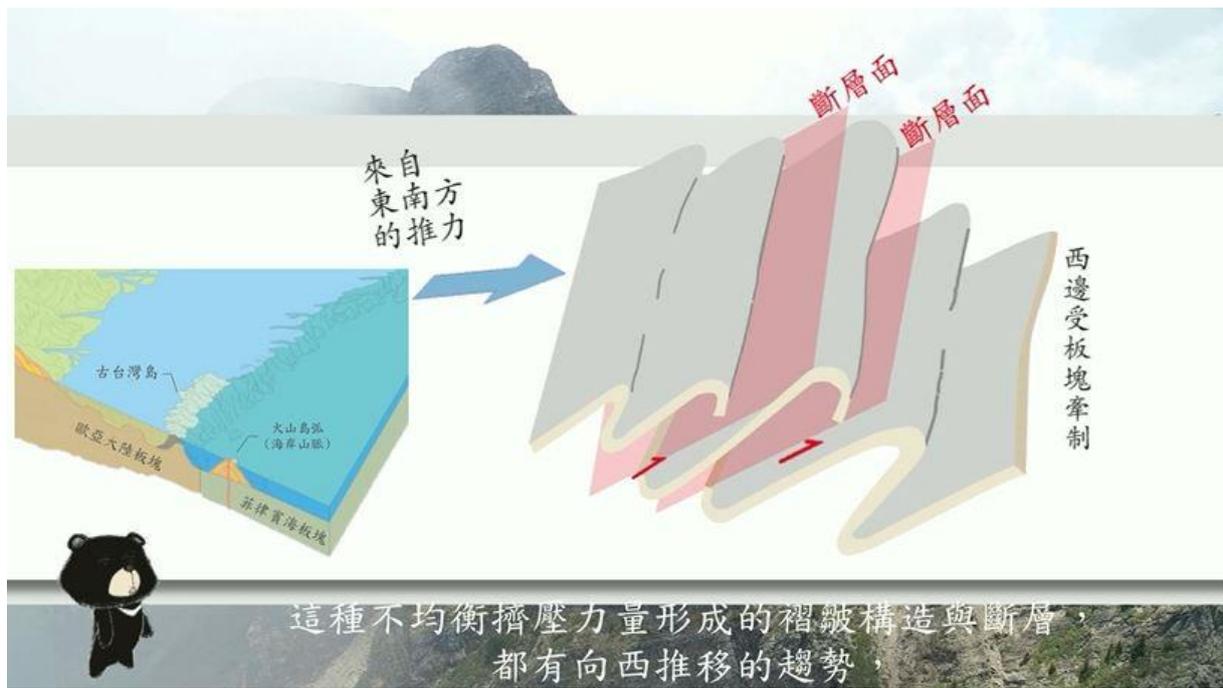


圖 49 第二年(106年)地質影片截圖

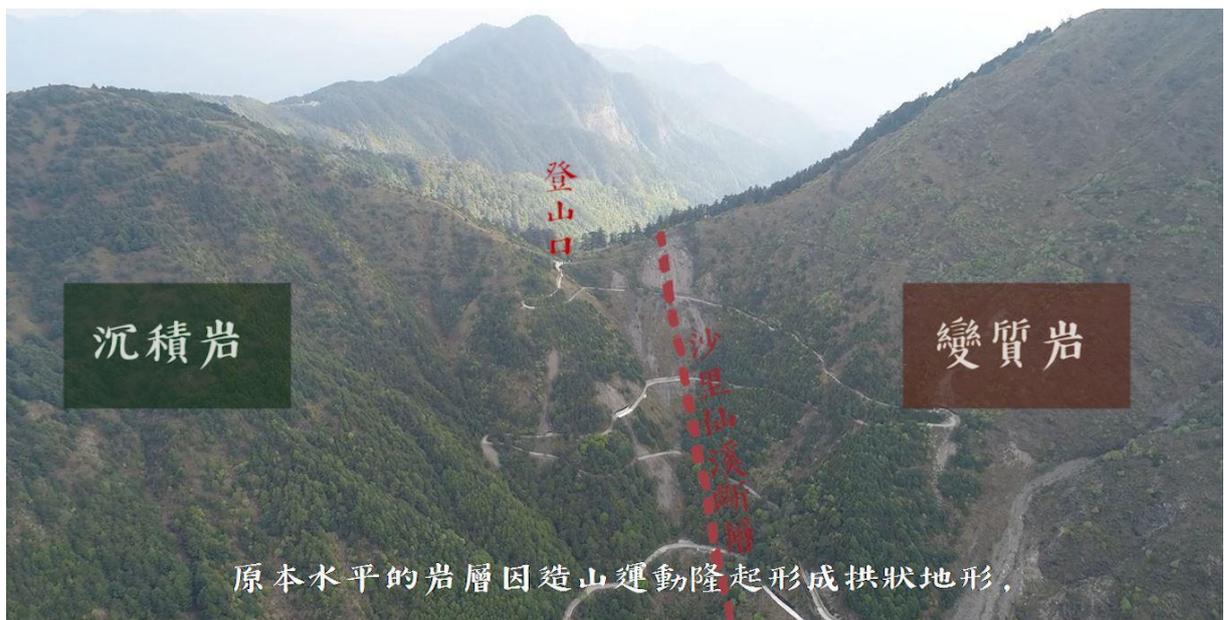


圖 50 第三年(107年)地質影片截圖

## 第五章 結論與建議

本年度主要工作為補充地質調查玉山西峰南面，完成步道剖面空白處，出版玉山地質手冊，以及製作玉山地質影片。本年度5月進行補充地質調查，利用無人機進行西峰北面裸露岩層拍攝，修正填補剖面空白處，並修正兩岩段資料：

變質砂岩夾板岩段(Mss-S11)：

利用無人機觀察西峰北面附近露頭，僅發現疑似高傾角與平緩層面相鄰，推測有構造通過。

板岩夾變質砂岩段(S1-Mss1)：

利用無人機觀察主峰北面至排雲山莊北面，認為北面有數條疑似斷層剪動帶，以及掩臥背斜構造。

上述兩岩段前者為達見砂岩上部，後者為玉山主山層下部，現地調查認為兩岩段為構造接觸。

本年度彙整三年現地調查以及相關文獻產製玉山地質手冊-玉山地質之美，規格為32開(190mm\*130mm)，內頁為150P銅版紙，不含封面共68頁。手冊分為三大章節，第一章是臺灣島的脈動，由大尺度至小尺度講解臺灣島演化過程，並最後具焦在玉山主峰附近；第二章開頭先介紹玉山主峰步道經過的地層特色，以及地層間的層序關係，其後為本手冊主要的內容-地質導覽，總共10個點，以圖輔文的方式介紹步道上可看的地質景觀；第三章為玉山的現在與未來，以民眾普遍希望得知的內容轉寫兩個小節，分別是：快速隆升造成的現象，以及玉山還會再長高嗎，作為本手冊的結尾。

地質影片的部分，本年度彙整了兩前年的影片地點，並加入塔塔加鞍部、玉山西峰南面，以及玉山主峰西面等3個新的地點，用圖文動畫的方式說明這些地點的地質景觀，影片總長度約6分鐘，影片會轉製成QR code印製於”玉山地質之美”導覽手冊內。

## 第六章 重要參考文獻

1. Chen, W.-S., Chung, S.-L., Chou, H.-Y., Zugerbai, Z., Shao, W.-Y. and lee, Y.-H. (2017) A reinterpretation of the metamorphic Yuli belt: Evidence for a middle-late Miocene accretionary prism in eastern Taiwan. *Tectonics* 36, 188-206.
2. 朱傲祖，2003，臺灣島的前世與今生：臺灣島地體演化過程之模擬，經濟部中央地質調查所期刊，第22卷，第1期，第54-59頁。
3. 何春蓀，2006，臺灣地質概論臺灣地質圖說明書，經濟部中央地質調查所出版。
4. 吳樂群，1986，臺灣中部國姓地區漸新統及中新統之古沈積環境分析。國立臺灣大學地質研究所碩士論文。
5. 林書帆、譚淑婷、陳泳翰、邱彥瑜、莊瑞琳、王梵、雷翔宇，2017，億萬尺度的臺灣：從地質公園追出島嶼身世，中央地質調查所出版。
6. 胡忠恆，1995，臺灣貝類化石誌，國立自然科學博物館出版，第1951頁。
7. 陳文山，1985，臺灣東北部海岸下部鼻頭層(二鬮層)之生痕化石族群與沉積環境。地質，7期，2卷，65-81頁。
8. 陳隆陞，1993，玉山觀石，內政部營建署玉山國家公園管理處出版。
9. 陳培源，2008，臺灣地質，臺灣省應用地質公會出版。
10. 陳勉銘、謝有忠、陳棋炫等人，2016，阿里山臺灣地質圖幅及說明書 1/50,000，經濟部中央地質調查出版。
11. 黃明萬、潘以文、廖志中、朱傲祖、胡賢能、康耿豪、鄭又珍，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。
12. 黃奇瑜、鄧屬予，2002，臺灣大地構造，中國地質學會與中國地球物理學會聯合出版
13. 黃鑑水、劉桓吉、張憲卿 (1994) 臺灣雪山山脈之地層沈積研究(一)，經濟部中央地質調查所特刊，第八號，65-81頁。
14. 黃鑑水、謝凱旋、陳勉銘等人，2000，埔里[臺灣地質圖幅及說明書 1/50,000]，經濟部中央地質調查出版。
15. 游能悌、鄧屬予，1995，出磺坑剖面中新統的岩相與沈積環境，地質期刊論文，第15號，127-152頁。
16. 游能悌、鄧屬予，1996，臺灣北部中上中新統的岩相與沈積循環，地質期刊論文，第15號，29-60頁。

17. 鄧屬予，2007，臺灣第四紀大地構造，經濟部中央地質調查所特刊，第 18 期，1~24 頁。
18. 潘以文、廖志中、黃明萬、朱傲祖、胡賢能、康耿豪、鄭又珍，2016，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，內政部營建署玉山國家公園委託規劃研究報告。
19. 劉桓吉、林啟文、楊昭男（2009）臺灣中部大安溪上游流域的地層與構造。經濟部中央地質調查所彙刊，22 號，29~61 頁。
20. 劉聰桂等人，2007，東亞巔峰 DVD，國立臺灣大學出版。
21. 玉山國家公園網站(<http://www.ysnp.gov.tw/index.aspx>)。
22. 經濟部中央地質調查所(<http://www.moeacgs.gov.tw/main.jsp>)。

# 附件一

意見審查與辦理情形

附件一 意見審查與辦理情形

委託專業服務評選委員詢問問題及辦理情形

一、評選會議時間：107 年 02 月 09 日下午 2 點

二、會議地點：玉山國家公園管理處 3 樓第一會議室

提問內容	辦理情形
契約書僅提到對玉山主峰的地質規劃，請說明擴大範圍加入塔塔加、臺灣島等地區地質的原因。	玉山手冊第一章為說明玉山的形成，因此建議以大尺度臺灣島簡述說明再縮小至玉山尺度，方便民眾領會。 擴大範圍至塔塔加、八通關等地區，主要是加入地質步道導覽，詳見第四章與附件二。
如何運用前兩年的調查研究放入本年度的手冊內容？	請參閱第 4 章 4.2 節表 1 產出成果於手冊運用大綱。
玉管處歷年有些相關的玉山地質調查資料，例如程延年、林慶偉等，建議參考運用。	已於前兩年納於文獻參考，並規劃運用到地質手冊中。
如何將艱深的地質資料轉化成民眾能淺顯易懂的手冊？	本團隊建議多用圖文並茂方式，深入淺出說明手冊內容。
本計畫與前人地質調查資料的區別？	本計畫不僅統整前人相關文獻外，另外繪製玉山路線地質剖面圖，以及運用光達判釋玉山東埔地區構造及冰河遺跡，並將專業成果規劃繪製成地質手冊與短片。不僅增加專業資料，並將成果回饋於民眾，有別於前人僅進行專業研究。
今年為玉山地體構造與地質演變最後一年，規畫編輯手冊是否也會出版？是否涵蓋在經費預算裡面？	本年度規劃之地質手冊依據契約書要求，將印製 500 冊並出版，相關費用已含入預算中。
玉山立體演變模型的樣式？	規劃以不同尺度，分段圖說說明，請參閱第四章 4.2 節。
建議計劃期間多開幾次工作會議，修正手冊內容	遵照辦理。
經費表中，人事費占總比例過高，解說手冊費用較低，請說明原因	除了印製費用，所有手冊的編排、內文、繪製示意圖與模型圖，以及製作地質影片皆為本團隊自行製作，因此規劃較高的人事費用。
手冊內容解說圖、模型圖是否有合作廠商？	手冊所有內容、編排皆為本團隊執行，解說圖與模型圖經內部繪製成草稿後，交由印刷廠商的設計團隊美編，美編外包費用已含蓋在預算中。
如何讓民眾了解冰河地形的辨別？	手冊內文採用繪製示意圖與說明方式，並將步道上能看見冰河遺跡的照片與位置一併放

	入，方便民眾能體會冰河地形。
新聞稿、地質短片過於專業，需要讓新聞記者或民眾能吸引的方式編撰	遵照辦理，本年度將合併前兩年短片，並加入生動的圖文動畫與文字。
請詳細說明手冊內容的進度	請參考本報告第五章初步成果與待完成事項。
請說明申請本處 106 年的光達資料用於何處？	用於第二年地質構造與冰河的地形判釋，以及手冊玉山東峰、八通關草原地形陰影圖，以及繪製玉山三為模型圖範本。

意見審查與辦理情形

委託專業委員詢問問題即辦理情形

一、期初會議時間：107 年 4 月 19 日下午 2 點

二、會議地點：玉山國家公園管理處 3 樓第一會議室

委員	審查意見	辦理情形
曾處長偉宏	本案解說手冊內容應轉化為科普知識，未來可作為解說素材；解說手冊內容、排版及美編等細節，請林副處長主持由承辦課室召開工作會議，並邀請相關專家學者進行審查。	遵照辦理。
遊憩課	解說手冊內容部分圖文不一致，目錄及內文當中之錯別字，請修正。	已修正。
	公部門的文書規定要用繁體字，「台」灣、「台」18 線、「台」21 線、「台」20 線、「台」30 線等台字，請都改為「臺」。	已修正。
	敘述性內文之數字以阿拉伯數字為原則，專有名詞才以國字書寫。比如一等三角點，如果是計算性的比如一座山屋、三座百岳就請更正為 1 座、3 座。	已修正，但部分修正成阿拉伯數字後文句略失美感，煩請再行指教。
	座標的座字，請依地政單位修正為「坐」標。	無座標字樣。
	單位有中央標準度量衡規定，公尺為 m，公里為 km，請均為小寫英文字母。並請通篇一致。	已修正。
	內文描述請直接以現階段的描述為主即可，不要一直重複強調”目前(今天)”。	已修正。
	請將報告書或手冊內容有關八通關越道部份統一更正為「八通關越嶺步道」，如需描寫不同朝代，請用「日治時期」及「清領時期」。	已修正。
入園服務小組	關於解說手冊僅目錄部分採用	僅考慮排版美觀，無特殊意義，另外

	直式排列，與其他章節採橫式排列不同，是否有其特殊意義。	編輯橫式排列供參考。
塔塔加管理站	塔塔加展示室今年進行更新設計，若需地質相關說展示素材(圖片、影片等)，也請協助提供。	遵照辦理。
保育研究課	報告書 p9、p13、p14 之地層圖說(圖 5、7、8、9)，建議加入年代序列。	已修正。
	報告書 p22 之表 3 解說點請加入 GPS 點位坐標，以完備報告內容。	已修正。
	解說手冊建議增加附錄頁，加註說明專有名詞及調查之點位坐標。	專有名詞已在導覽之旅中，各解說穿插說明，其餘遵照辦理。

意見審查與辦理情形

委託專業委員詢問問題及辦理情形

一、第一次工作會議時間：107年06月05日上午10時30分

二、會議地點：玉山國家公園管理處3樓第一會議室

委員	審查意見	處理與回覆
陳委員隆陞	地質解說手冊內容應淺顯易懂、照片圖說務求生動活潑，以達到傳達科普知識之效益。	遵照辦理。
	解說點建議加入沉積岩及雲龍(或乙女)瀑布等相關資料，則更為完備。	本團隊相關地景照片甚少，會再與貴處討論。
	地形地質圖示宜加入主要地標，如玉山主峰、楠梓仙溪等，使其地理位置更加明確，方便民眾了解。	遵照辦理。
	部分圖說或示意圖需要較大尺度讓資訊更為清楚呈現，建議使用摺疊頁方式處理。	本團隊與貴處討論後會選幾處章節進行摺頁。
	解說手冊內地質年代劃分應多方考證，避免產生爭議。	手冊年代係以地質學界已通用之時間軸進行劃分說明。本團隊除了既有的三位地質技師，另外聘請兩位地質專家作為本計畫之顧問，以確保資訊正確。
吳委員忠宏	科普意義應以內容淺顯易懂、圖片生動活潑為原則，本案解說手冊建議先行設定使用對象（登山者、中小學生或地質學者），再依其角度撰寫手冊內容。	本團隊建議以登山者角度撰寫手冊內容，期望能科普玉山地質資訊，但不過於簡化內容而失去正確與專業。
	目前手冊內容重視其資訊正確性及專業性，忽略它的普及性與易懂性，如何將學者研究資料轉化為民眾有興趣閱讀的科普書籍，請研究團隊多加琢磨。	遵照辦理。
	解說手冊頁數不多，文字內容應簡化可利用圖說來呈現，以增加其趣味性與吸引力，避免內容太過生硬艱澀。	遵照辦理。
	解說手冊10處地質解說點應以民眾觀點來考量，選擇民眾有興趣之景點。	10處解說點中包含一般民眾易懂的地景，穿插稍微專業的地質知識，科普之中帶點知識，因此建議皆納入手冊中。

邦卡兒·海放南秘書	手冊目錄及章節標題之文字詞句，請研究團隊在思考其適切性與語意明確性。	本手冊用字遣詞以期望能吸引民眾閱讀為主，過於專業或刻板名詞恐無法達到目的，使用字語會再與貴處多加討論。
	手冊尺寸僅為 32 開，文字內容過多字體將會變小，建議簡化文字。	遵照辦理。
解說教育課	本案解說手冊所使用之圖片或照片應取得其版權。	手冊內使用照片來源為二： 1. 本團隊拍攝 2. 貴處提供 手冊使用之圖片皆由本團隊繪製。
	關於冰河前後之示意圖，冰河前模擬圖繪製時應注意其正確性。	冰河前示意圖是參照 106 年貴處光達地形陰影圖資料，回推冰河前的地形高度、河流下刷程度加以編修，此示意圖係提供民眾了解冰河前後玉山區域大致改變了那些地貌景觀，多放入手冊之圖片接有請顧問指導以強調其正確性。
保育研究課	本案解說手冊係為 3 年調查成果的呈現，並作保育推廣使用，請受託單位在書寫方式盡量淺白易讀，如：內文字體最小 14 號字；並考量以標楷體或微軟細明體書寫。	遵照辦理。
	排版上如顏色對比可更鮮明或加入小插圖等，讓版面更為活潑生動。	手冊中較艱深專業示意圖已經由本團隊簡化繪製後交由外包廠商美編，礙於金費所限，手冊主要由本團隊編修，版面排版會多次與貴處討論編制。
	書寫內容要與民眾生活相聯結，才能夠達到共鳴，圖說盡量可一目瞭然再輔以少數文字說明方式呈現，另外建議加入遊客所站位置及步道名稱，讓本手冊在使用上能發揮導覽功能。	遵照辦理。
	在科普小知識上能有較多的專有地質名詞解釋，如：鳳尾岩、變質岩、沈積岩等。	遵照辦理。

意見審查與辦理情形

委託專業委員詢問問題及辦理情形

一、期中報告會議時間：中華民國 107 年 6 月 25 日上午 10 時 30 分

二、會議地點：玉山國家公園管理處 3 樓第一會議室

委員	審查意見	處理與回覆
塔塔加管理站	報告書 P16「表 1 各岩段上下層序關係」年代順序以新到舊呈現，P17-18 內文部分敘述順序為舊到新，請問有何意義？	表格由上至下代表沉積的順序因此為新到舊。各地層的說明則依照地質學術界的習慣由舊到新。
	解說手冊導覽之旅中，關於冰河遺跡解說內文與照片似乎不符合(簡報 P27)，請受託單位確認。	已修正。
保育研究課	地質解說手冊跨頁面之內文位置應考量裝訂方式；圖示中加入地標之顏色與位置應避免內文過於相近，避免造成閱讀困難(簡報 P24、29)，另建議加入小插圖輔以說明，增加活潑及趣味性。	遵照辦理。

意見審查與辦理情形

委託專業委員詢問問題及辦理情形

一、第二次工作會議時間：中華民國 107 年 9 月 3 日上午 10 時 30 分

二、會議地點：玉山國家公園管理處 3 樓第一會議室

委員	審查意見	處理與回覆
陳委員隆陞	年代用語部分表示前後不一致，例如：6 千多萬年前、“約” 6 千多萬年前，請重新檢視。	已修正。
	文字用詞部分建議思考其適切性與語意，有些用詞可再柔軟易讀一些，相關文字修改意見，於會後提供予受託單位審酌修正。	已修正措辭，並多次與貴處來回校正。
	解說手冊書名建議簡約，例如：玉山地質~探索大地之美、探索自然地質之美等。	貴處內部開會討論後已定名為”玉山地質之美”。
邦卡兒·海放南秘書	手冊圖片建議使用近幾年拍攝、解析度高之照片。	已更新部分照片。 有些照片，例如八通關草原、金門峒斷崖，為俯視照片，較能表達本手冊地質景觀的角度，因此仍予以保留。
	手冊圖片上方加註景點或溪流等名稱，應考量其表示方式避免產生混淆。	已增加註解。
	手冊部分文字及圖片為跨頁呈現，應注意其編排與裝訂方式，避免造成圖文缺漏情形。	已修正。
解說教育課	手冊所使用之圖片或照片應標示著作(提供者及攝影者)。	已在每張照片下方加註攝影者人名，並放入授權頁中。
	手冊目錄標題與內文標題不同，以及文字部分有錯別字、贅字及缺漏，請重新校稿。	已修正。
保育研究課	手冊封面建議以手繪插圖方式呈現，另圖片中英文字或簡體中文刪除，相關地質專有名詞需統一，全文以繁體中文書寫。	手冊封面貴處已確定是中研院李建成研究員所繪製，由圓峰往北眺望玉山主峰的地景圖。
	作者群等請連同本處發行人、出版及編輯等相關人員，按慣例置於文末頁之出版資訊內頁一併敘明。	遵照辦理。
	美編部份：建議手冊內文之主標、	已修正排版，並多次與貴處來回校

	<p>次標題及內文應以字型、大小或字體顏色作區隔，底圖儘量淡化簡單並與主標題相呼應，章節可依不同顏色分類，地標景點標示儘量簡潔明確減少箭頭符號及線條使用，請參考本處相關解說出版品(如:瓦拉米~綠色屏息)修正。</p>	<p>正。</p>
	<p>部份圖說字體與圖片顏色過於接近，請加強對比並簡化底圖，讓圖說文字更清楚。</p>	<p>已修正排版，並多次與貴處來回校正。</p>
	<p>文末延伸閱讀所列之參考文獻，請按年代遠近次序編排。</p>	<p>已修正。</p>
	<p>玉山至八通關步道路線及本手冊地圖，擬由本課提供相關資料供參。</p>	<p>本團隊按照貴處所提供的步道地圖，重新繪製跨頁導覽之旅地圖，方便導覽點查詢。</p>

意見審查與辦理情形

委託專業委員詢問問題及辦理情形

一、期末會議時間：中華民國 107 年 11 月 26 日下午 2 時

二、會議地點：玉山國家公園管理處 3 樓第一會議室

委員	審查意見	處理與回覆
林副處長文和	玉山地質之美解說手冊內文請受託單位再次校稿，避免出版印刷後有錯別字及錯誤內容，並請保育研究課檢視。	遵照辦理。
	結案報告書之印製請注意圖片內容及清晰度，如黑白列印應考量其深淺漸層；並請將歷次審查會議(含手冊審查)意見納入報告中。	成果報告為彩色印刷。 已將本年度歷次會議整合放於本報告附件一中。
	地質解說小短片之背景音樂建議使用本處創作與玉山相關音樂。	本團隊製作 3 個不同片頭及背景音樂供玉管處選擇，貴處選擇之影片將燒錄成光碟一併送檢。
邦卡兒·海放南秘書	手冊之出版資訊頁，請受託單位核對攝影作者的資訊避免遺漏。	已重新核對無誤。
遊憩服務課	手冊 p20 建議加註“化石生成不易請勿隨意採集化石”等。	遵照辦理。
環境維護課	手冊 p23 導覽地圖坐標 4.白木林涼亭遺漏 1 碼，請修正。	已修正。