

國立臺灣大學理學院地質科學研究所



碩士論文

Department of Geosciences

College of Science

National Taiwan University

Master Thesis

由鶴岡地區的礫岩特性探討縱谷中部的構造演化

Structural Evolution in the Central Longitudinal Valley, Eastern
Taiwan, From the Distribution and Properties of Quaternary
Conglomerates

許柏沅

Po-Yuan Hsu

指導教授：徐濤德 博士

Advisor: J. Bruce H. Shyu, Ph.D.

中華民國 112 年 7 月

July, 2023

國立臺灣大學碩士學位論文
口試委員會審定書

由鶴岡地區的礫岩特性探討縱谷中部的構造演化

Structural Evolution in the Central Longitudinal Valley, Eastern
Taiwan, From the Distribution and Properties of Quaternary
Conglomerates

本論文係許柏沅君（R09224111）在國立臺灣大學地質科學研究所完成之碩士學位論文，於民國 112 年 7 月 25 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：

徐泓沅

（指導教授）

李建成

王 昱

鍾合和

張 良 毅

致謝



一轉眼也在臺大地質待了七年，從懵懂無知的大學生到現在一步一步完成碩士論文，感謝所有在這過程上相遇、陪伴的人。首先要感謝我的指導教授徐濤德老師，在大學部課程、野外的講解總能引人入勝，激發學生對地表地形的興趣，為學生開啟了這條學術之路的大門。在加入 Bruce Lab 後也持續悉心指導研究方向，討論、解決各種研究上遇到的難題，給予許多的建議與鼓勵。感謝論文口試委員王昱老師、李建成老師、鍾令和老師與顏君毅老師，不吝指出本研究的不足與需改進之處，使這篇論文能以更好的方式呈現。感謝地質系的羅立老師與莊智凱學長，指導微體化石樣本的處理方法與後續分析。感謝科博館的王士偉老師與台灣海洋科技研究中心提供厲害的顯微鏡器材，拍出藏在沉積物裡的小東西並協助鑑定種屬。

特別感謝參與野外辛苦工作的好夥伴：Birdie、Yanger、司捷學長、易諭、高秉、何安。願意在萬里無雲的烈日下，陪我在沒有任何遮蔽的河床上一顆一顆地數石頭。每一滴野外中灑落的汗水都成了這篇論文重要的養分。

感謝 Bruce Lab 中各位成員在研究之路上的協助。感謝 Eva 學姊提供了寶貴的工讀機會，讓我可以參與有趣的空拍建模並加入研究室；感謝嘉俞學姊提供簡單易懂的 ArcGIS 教學；感謝承鴻學長給予許多報告、海報、論文寫作上的建議以及羽球邀約，使研究生活不至於缺乏運動、變胖太多；感謝艾琳對國外會議的積極，讓我有機會第一次到訪美國參與 AGU；感謝加洛學長協助解決各種 ArcGIS 上的各種小 bug；感謝治豪學長、品寬學長、巧慈、力夫、子游、紹瑜在小咪中提出的問題與建議；感謝興麟學姊總是伸出雙手，溫暖地接住緊張、不安的情緒；感謝助理玉秀使野外的花費、帳務無後顧之憂，各式補助文件也都協助處理完畢。

在此也感謝王昱老師、葉恩肇老師、莊昀叡老師實驗室的成員們，每周 Group meeting 都能學習不同領域的知識，從中訓練科學研究的邏輯與思辨。感謝今年一起努力奮鬥的 B05 同學們，提供各項畢業所需資訊以及同儕壓力，在各項死線下穩定向前邁進。感謝全變的仙草、EU 和我一起分享討論縱谷斷層的大小事。

最後感謝我的家人支持與幫助，接受我都不怎麼回家的宿舍生活，讓我能自由、毫無顧慮地完成學業。也謝謝沒有放棄的自己，堅持到最後完成碩士論文。

摘要



位於臺灣東部的縱谷斷層為花東地區重要的活動構造，頻繁的構造活動常使縱谷內的第四紀礫石沉積物產生變形並形成特殊的構造地形特徵。過去研究曾利用縱谷內數塊被抬升變形的第四紀礫岩單位探討縱谷斷層的活動特性。位於縱谷中部的鶴岡地區也有相似的礫岩單位出露，然而它們沉積學相關的基本性質和與活動構造間的關係尚不清楚。為了釐清這些礫岩的沉積物來源及其沉積環境，本研究於野外依岩相對礫岩進行初步分類並檢驗其礫石的岩性組成，再將其與兩側山脈的現生河流沉積物進行比較。後續利用高精度的數值地形資料進行階地面的成因判釋，檢視構造與地形之間的關係。最終統整以上資料，探討鶴岡礫岩的構造演化歷史。

本研究由野外調查成果確認鶴岡礫岩的分佈與基本特性，發現鶴岡礫岩的礫石岩性包含了中央山脈與海岸山脈來源的沉積物，與現今縱谷主流河道內的礫石岩性組成相似。此結果指示鶴岡礫岩之沉積環境過去為縱谷主流的一部分，過去應位於縱谷斷層的下盤區域。然而鶴岡礫岩現在卻位於縱谷斷層的上盤，本研究因此認為應存在一舊縱谷斷層於鶴岡礫岩的東側。此斷層為鶴岡礫岩與海岸山脈地層的岩性邊界，而現今活躍的縱谷斷層是此構造系統下新產生的前緣分支。西側縱谷斷層在發育過程中於大肚滑溪區域形成了斷層擴展褶皺，並造成了原先主流河道面的抬升，在海岸山脈西緣形成南北向的主流階地系統。由階地累計的抬升量與前人提出的構造抬升速率推估此分支構造應在 7400 年以前即開始發育，海岸山脈側遭錯動的年輕沖積扇面顯示此分支構造至今仍持續活動。本研究提出的構造演化將有助於進一步了解縱谷中部之活動構造與地形演育。

關鍵詞：縱谷斷層、礫石岩性組成、階地判識、斷層擴展褶皺、地形演育

ABSTRACT



In eastern Taiwan, the east-dipping Longitudinal Valley fault is a major active structure, along which the strata of the Coastal Range thrust onto younger Longitudinal Valley deposits. The activity of this structure also caused deformation and uplift of Quaternary gravels within the valley, leading to the formation of distinctive tectonic landforms. Along the valley, previous studies have utilized several uplifted and deformed Quaternary conglomerate units to identify and characterize active structures and their properties. However, in Hegang area in the central segment of the valley, some similar conglomerate units have been mapped, but their sedimentary environment and their relationship with active structures remain unknown. To understand the source of these uplifted and deformed conglomerates and their sedimentary environment, this study examined the composition of the conglomerate grains and compared it with modern river sediment from different parts of the valley. Combined with a refined mapping of river terraces in the area, we were able to obtain a better understanding of the structural evolution in the central Longitudinal Valley.

Based on results of field investigations, this study proposed and defined the distribution and basic characteristics of a new Hegang Conglomerate. The results show that the Hegang Conglomerate is composed of materials from both the Coastal Range and the Central Range, similar to the composition of present-day river deposits found in the trunk rivers flowing in the Longitudinal Valley floor. This indicates that the Hegang Conglomerate was once part of the main trunk river system of the valley, likely located in the footwall block of the Longitudinal Valley fault. However, these conglomerates are currently located at the hanging-wall block of the present-day Longitudinal Valley fault. Therefore, we propose the existence of an old Longitudinal Valley fault on the eastern

side of the Hegang Conglomerates, serving as the lithological boundary between the Hegang Conglomerate and the Coastal Range strata. The presently active Longitudinal Valley fault is considered a young frontal branch of this fault system. During the development of this young Longitudinal Valley fault, fault propagation fold formed in the area of Daduhua River, leading to the uplift and the formation of the trunk river terrace systems along the western flank of the Coastal Range. Based on the calculation using the accumulated uplift amount estimated from the terrace surfaces and the previously proposed uplift rate of the fault system, this frontal branch likely began to develop before 7400 ka. Scarps on young alluvial fans on the Coastal Range side indicates ongoing activity of this structure. The proposed structural evolution in this study provides additional insights into the active structures and landform evolution in the central part of the Longitudinal Valley.

Keywords: Longitudinal Valley fault, lithological composition of conglomerates, terrace mapping, fault propagation fold, landform evolution

目錄



口試委員審定書	i
致謝	ii
摘要	iii
ABSTRACT	iv
目錄	vi
圖目錄	viii
表目錄	x
Chapter 1 緒論.....	1
1.1 研究動機與目的	1
1.2 區域地質概述	5
1.3 區域地形概述	7
1.4 活動構造概述	9
Chapter 2 研究方法.....	16
2.1 研究架構	16
2.2 野外調查	16
2.2.1 礫石組成分析	17
2.2.2 微體化石分析	20
2.3 構造剖面	20
2.4 地形分析	22
2.4.1 研究素材	22
2.4.2 階地形成機制	24
2.4.3 地形剖面	25
Chapter 3 野外調查成果	27
3.1 岩性地層露頭產狀與分布	27
3.2 礫石組成分析	35
3.3 微體化石分析	41
3.4 大肚滑溪構造剖面	45

Chapter 4	地形分析成果	47
4.1	主流階地	48
4.2	支流階地	50
4.3	小結	50
Chapter 5	討論.....	54
5.1	鶴岡礫岩之沉積環境	54
5.2	鶴岡礫岩邊界之構造意義	57
5.2.1	地體架構模型	57
5.2.2	舊縱谷斷層	62
5.2.3	存疑性次要構造與地形剖面	64
5.3	區域地形演育	69
5.3.1	鶴岡礫岩年代	69
5.3.2	地形演育歷史	70
Chapter 6	結論.....	72
參考資料		73
附錄、礫石計數原始數據		79

圖目錄



圖 1-1、臺灣地體構造示意圖，引用自 Shyu et al. (2005)。	2
圖 1-2、花東縱谷地質圖，引用自 Chen et al. (2007)。	3
圖 1-3、(A) 縱谷中段地質圖 (B) 傾斜礫岩露頭照片。	4
圖 1-4、臺灣地質分區，引用自何春蓀 (2006)。	6
圖 1-5、富源溪下游河階分布圖，引用自張瑞津等人 (1992)。	8
圖 1-6、縱谷現代斷層分布，引用自 Hsu (1962)。	10
圖 1-7、縱谷中區活斷層分布圖，修改自石再添等人 (1983)。	11
圖 1-8、1951 玉里-池上地震瑞穗段地表破裂分布，引用自鍾令和 (2003)。	12
圖 1-9、臺灣活動斷層分布圖，引用自林啟文等人 (2021)。	13
圖 1-10、瑞穗斷層條帶地質圖，引用自林啟文等人 (2009)。	15
圖 2-1、礫石計數工作照片。	17
圖 2-2、急折帶法繪圖步驟，引用自 How to construct a cross section using the Kink method? (2015)。	21
圖 2-3、研究區域地形分析用圖。	23
圖 2-4、岩床型河階與沖積型河階，修改自 García and Mahan (2014)。	24
圖 2-5、RTK-GPS 運作示意圖，引用自蔡加洛 (2022)。	25
圖 2-6、橢球高(h)、大地起伏(N)與正高(H)關係圖，引用自 Maciuk et al.(2021)。	26
圖 3-1、野外露頭觀察點。	28
圖 3-2、大肚滑北邊之礫岩露頭。	29
圖 3-3、瑞港公路之礫岩露頭。	29
圖 3-4、鶴岡溪南岸階崖之礫岩露頭。	29
圖 3-5、大肚滑溪剖面分段圖。	31
圖 3-6、大肚滑溪斷層露頭。	32
圖 3-7、斷層下盤之年輕礫岩露頭。	32
圖 3-8、大肚滑溪 A 段之礫岩露頭。	33
圖 3-9、大肚滑溪 B 段之礫岩露頭。	34

圖 3-10、現生河道採樣點與岩性組成圓餅圖。.....	38
圖 3-11、礫岩露頭採樣點與岩性組成圓餅圖。.....	40
圖 3-12、微體化石採樣點位與露頭照片。.....	42
圖 3-13、F-AYS01 樣本之微體化石。.....	43
圖 3-14、F-HG01 樣本之微體化石。.....	43
圖 3-15、F-DDH01 微體化石。.....	44
圖 3-16、顯微鏡下沉積物照片。.....	44
圖 3-17、大肚滑溪構造剖面。.....	46
圖 4-1、鶴岡地區階地分布圖。.....	47
圖 4-2、鶴岡溪以南之階地與富源溪河道地形對比。.....	48
圖 4-3、T5 階面露頭。.....	49
圖 4-4、礫石階地土壤化育程度分類，引用自 Shyu et al. (2016)。.....	49
圖 4-5、階地與活動構造分布圖。.....	52
圖 4-6、主流階地形成機制示意圖。.....	53
圖 5-1、鶴岡礫岩、舞鶴礫岩與兩側山脈沉積物來源分布圖。.....	56
圖 5-2、鶴岡地區地體構造與褶皺逆衝帶示意圖，修改自 Van der Pluijm and Marshak (2004)。.....	58
圖 5-3、斷層擴展褶皺剖面圖，引用自 Suppe and Medwedeff (1990)。.....	59
圖 5-4、縱谷斷層演育模式圖。.....	60
圖 5-5、生長地層模式圖。.....	61
圖 5-6、生長地層傾角變化圖，修改自 Ahmadi et al. (2013)。.....	61
圖 5-7、十萬分之一海岸山脈北段地質圖，引用自王源與陳文山 (1993)。.....	62
圖 5-8、研究區域主要構造分布圖。.....	63
圖 5-9、鶴岡溪以南主流階地地形剖面。.....	66
圖 5-10、左移斷層帶破裂示意圖，引用自 Kim et al. (2003)。.....	67
圖 5-11、褶皺破裂示意圖，引用自 Suo et al. (2012)。.....	67
圖 5-12、RTK-GPS 地形剖面。.....	68
圖 5-13、地形演育示意圖。.....	71

表目錄



表 2-1、淘選度指標。引用自 Fork and Ward (1957)。	19
表 3-1、現生河道礫石分析結果。	37
表 3-2、礫岩露頭礫石分析結果。	39
表 3-3、微體化石樣本數據。	41
表 5-1、主流階地可能的形成年代。	70

Chapter 1 緒論



1.1 研究動機與目的

臺灣位於菲律賓海板塊與歐亞板塊的交界帶之上（圖 1-1）。菲律賓海板塊約以每年 7-8 cm 向西北方移動（Yu et al., 1997、Shyu et al., 2005），造成其上部的呂宋火山島弧與歐亞板塊的大陸斷塊相撞，而大陸斷塊又接著與西側歐亞大陸邊緣相撞，形成一雙碰撞的地體架構（Shyu et al., 2005）。在此地體架構下，東側的縫合帶對應花東縱谷內部狹長的谷地地形，將西側大陸斷塊的中央山脈與東側島弧火山的海岸山脈區隔開來。在此縫合帶中存在一條長約 150 km 的縱谷斷層，位於海岸山脈西側山前緣（圖 1-2）。長期的地殼變形監測（Yu et al., 1997）與頻繁的地震活動（Kuochen et al., 2004）皆顯示縱谷斷層為一條非常活躍的構造。

由於臺灣具有相當高的侵蝕速率（Dadson et al., 2003），縱谷內的斷層露頭經常被侵蝕下來的沉積物或植被覆蓋，野外露頭並不容易直接觀察到。除了過去地震留下的地表破裂，縱谷內礫石台地的地形演育也是解析構造活動特性重要的素材。Shyu et al.（2006a, 2008）針對縱谷內數塊受到抬升與變形的礫岩單位—舞鶴礫岩與卑南山礫岩，透過構造地形證據與野外露頭觀察來討論該區域的構造活動特性。這些礫岩單位皆屬於晚更新世以來堆積於縱谷內的陸相河流沉積物（陳文山與王源，1996），記錄了過去十萬年內構造導致的抬升與變形歷史。

從中央地調所發表的縱谷地質圖中（王源與陳文山，1993）可以發現舞鶴礫岩其實分成兩塊（圖 1-3A），分別位在西南邊的舞鶴地區與東北邊的鶴岡地區。過去舞鶴礫岩的相關研究多聚焦於西南邊的舞鶴台地，而在東北方鶴岡地區的舞鶴礫岩卻鮮少受到關注，對於該區域礫岩的基本性質了解甚少。在過去的研究中也並未詳細探討該區域礫石台地的演育以及其與活動構造之間的關係。除了地質圖在鶴岡地區圈繪的舞鶴礫岩外，在北邊大肚滑溪內亦曾報導有與斷層活動相關的傾斜礫岩單位出露（鍾令和，2003、顏一勤，2015，圖 1-3B）。受限於野外露頭出露狀況，鶴岡至大肚滑地區礫岩的相關沉積學特性與周圍岩層之接觸關係尚不清楚。若要進行構造方面的解釋與討論，則需先釐清該礫岩在鄰近區域地質架構上的定位。究竟它是屬於海岸山脈的水璉礫岩？還是年輕的階地堆積層？抑或是與南邊的舞鶴礫岩相似？若是能釐清以上問題，將對整體的區域地質有更清楚的認識。

在縱谷中部的鶴岡地區存有各式不同成因的礫岩單位，在過去的研究中並未被詳細的區分、定義。本研究經由重新調查這些礫岩的組構與礫石來源，輔以高精度數值地形資料的構造地形判釋結果，將有助於探討該區域礫岩原始的沉積環境以及它們沉積過後所受到的構造變形。釐清此區域礫岩沉積、地形抬升與構造作用之間的關係。

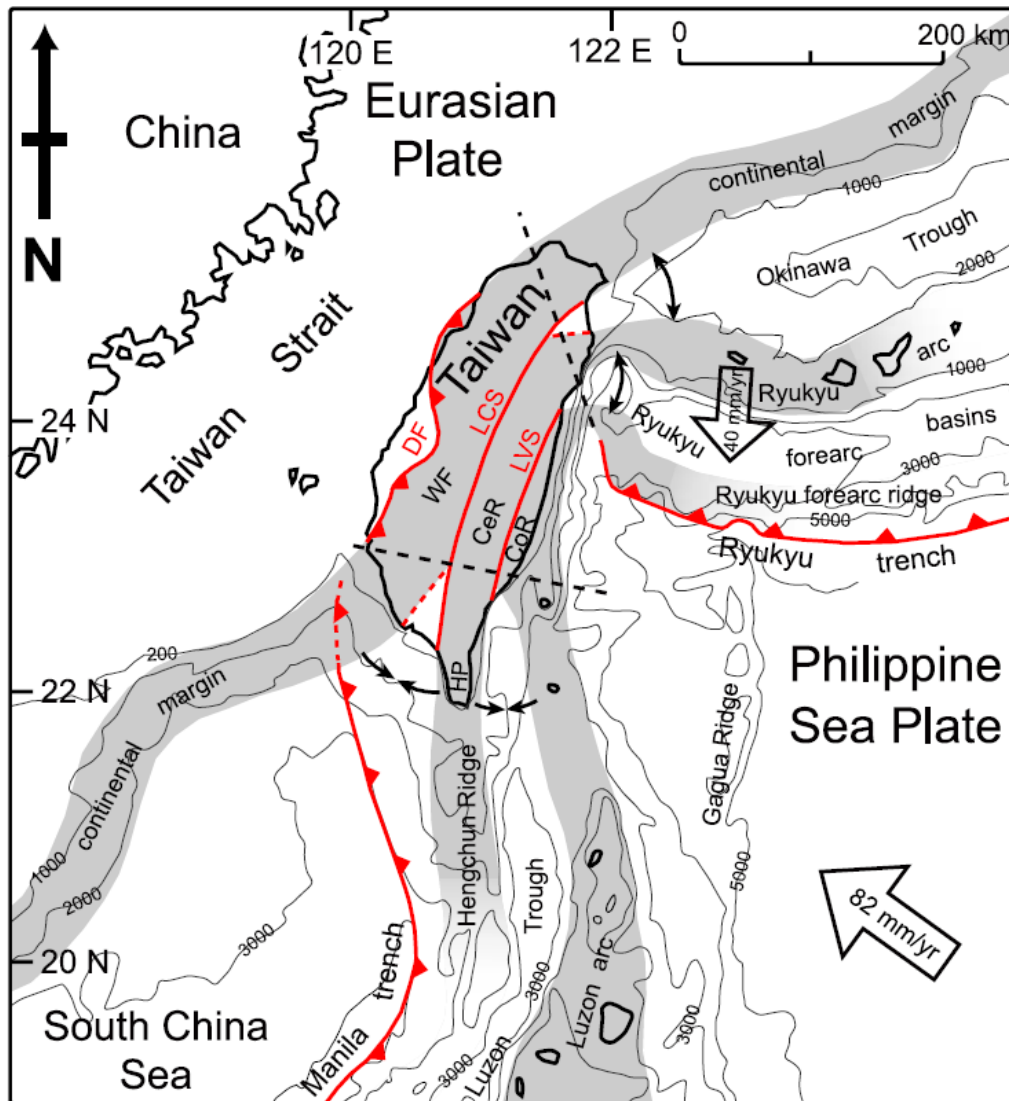


圖 1-1、臺灣地體構造示意圖，引用自 Shyu et al. (2005)。

臺灣島位於歐亞板塊與菲律賓海板塊之間，灰色條帶代表在臺灣縫合與分離的三個岩石圈單位：自左起為歐亞大陸邊緣、大陸斷塊和呂宋島弧，兩者間的紅色線段即為縫合帶。DF：變形前緣（deformation front）；LCS（：梨山-潮州縫合帶 Lishan-Chaochou suture）；LVS：縱谷縫合帶（Longitudinal Valley suture）；WF：西部麓山帶（Western Foothills）；CeR：中央山脈（Central Range）；CoR：海岸山脈（Coastal Range）；HP：恆春半島（Hengchun Peninsula）。

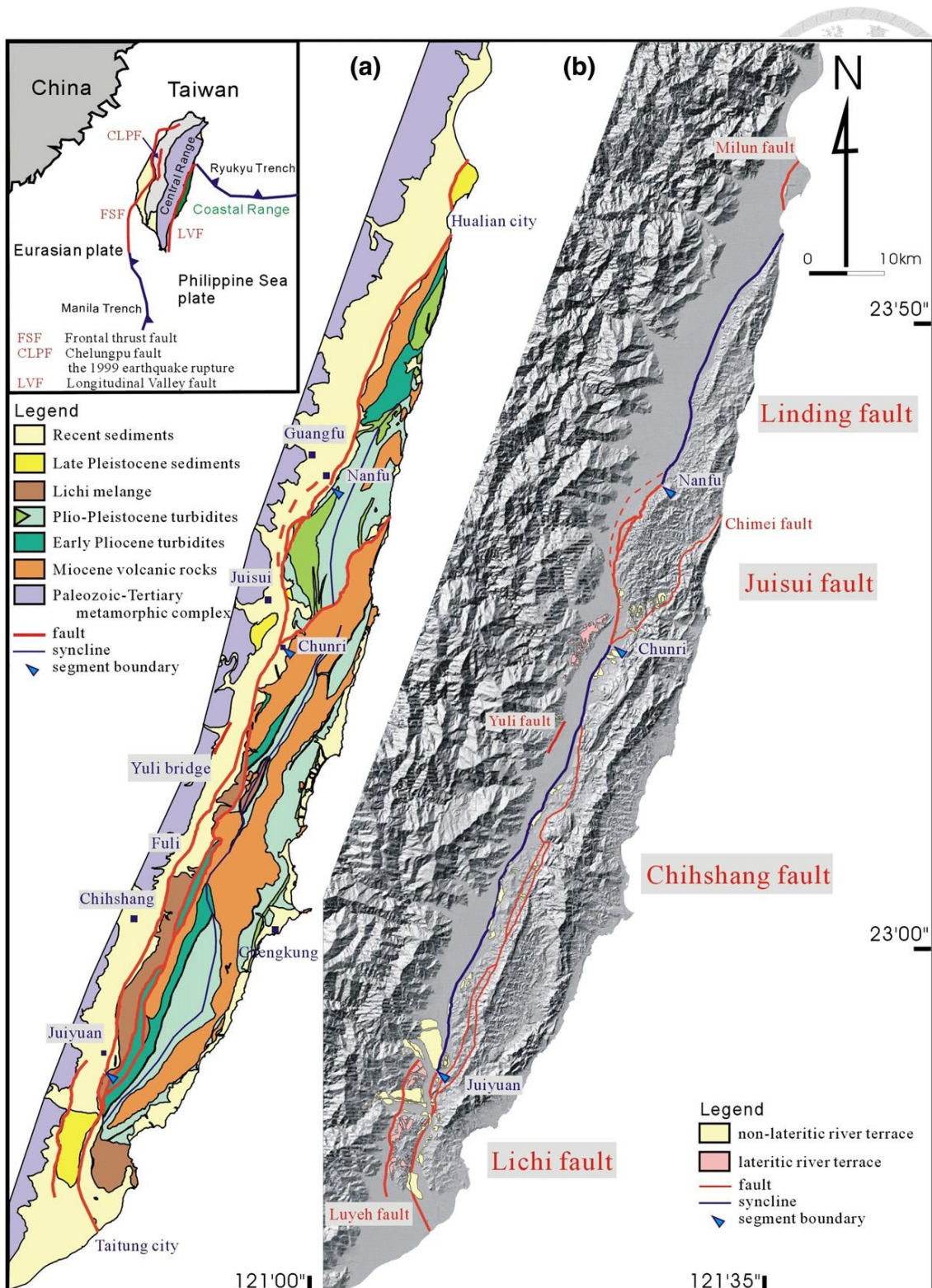


圖 1-2、花東縱谷地質圖，引用自 Chen et al. (2007)。

縱谷斷層沿海岸山脈西緣分布，依據歷史地表破裂紀錄以及大地水準測量結果又分為四段：自北起為嶺頂斷層、瑞穗斷層、池上斷層與利吉斷層。



1.2 區域地質概述

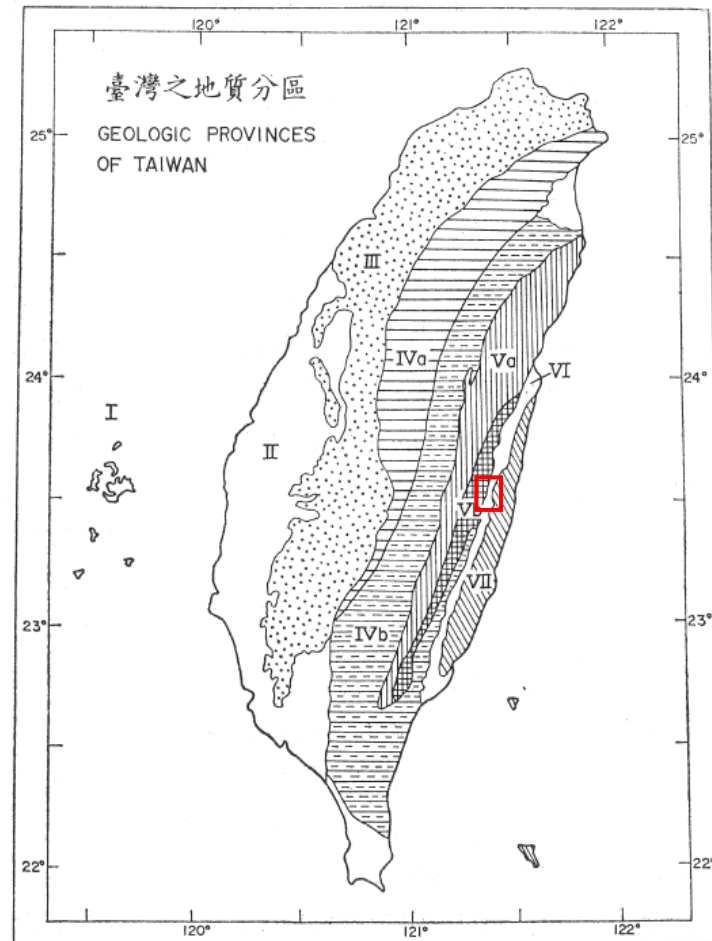
本研究區域位於縱谷中段海岸山脈西側山前緣，行政區域屬於瑞穗鄉鶴岡村。在地質方面，依據何春蓀（2006）提出的臺灣地質分區，研究區域周圍由西向東包含：中央山脈東翼地質區、東部縱谷、海岸山脈地質區（圖 1-4）。

中央山脈東翼地質區由先第三紀變質雜岩組成，為臺灣最古老的地質與構造單位。此變質雜岩包含了自沉積岩、火成岩變質形成的各式片岩與大理岩，其中夾有少量的片麻岩、混合岩、角閃岩、變質基性岩和蛇紋岩。顏滄波（1954）首先將其命名為大南澳片岩，而 Yen（1960）接續依據變質前原岩單位由下至上劃分為：三錐層、開南崗層、太魯閣層與玉里層。本研究區域主要出露地層為玉里層，過去多半認為可能是中生代晚期南澳運動時，古太平洋板塊向西隱沒至古亞洲大陸板塊形成的一系列片岩（陳文山，2016、Yui et al., 2009）。部分海洋地殼岩石如蛇綠岩系與洋底沉積物被刮進玉里層原岩中，形成由變質基性岩組成的外來岩塊，如打馬燕構造地塊（衣德成等人，2012）。

海岸山脈地質區由中新世的火成雜岩、早上新世至更新世的深海濁流岩以及混同層所構成，岩層包含都鑾山層、港口石灰岩、蕃薯寮層、八里灣層、利吉層。早中新世至晚中新世，菲律賓海板塊西緣因南中國海岩石圈的隱沒形成一系列的深海火山島弧，此島弧之安山岩質火成岩與火山碎屑岩即為都鑾山層。上新世早期，火山島弧與歐亞大陸碰撞，大量沉積物自造山帶剝蝕堆積於島弧盆地中，形成早期以石英為主的碎屑岩（蕃薯寮層）與晚期以板岩、變質砂岩為主的碎屑岩（八里灣層）。本研究區域主要出露的地層為八里灣層的水璉段與泰源段，水璉段以厚層礫岩與砂岩為主；泰源段以砂頁岩互層為主。兩者為同時異相的關係，分別代表了深海沖積扇河道與深海沖積扇氾濫平原（陳文山與王源，1996）。

東部縱谷為歐亞板塊與菲律賓海板塊間的碰撞盆地，分隔兩側中央山脈地質區與海岸山脈地質區，由米崙礫岩、舞鶴礫岩、卑南山礫岩等晚更新世淺海相至陸相河流之厚層沉積物以及全新世之沖積層所構成。本研究區域內的舞鶴礫岩為顆粒支持之河流相沉積物，內部礫石岩性為源自中央山脈之變質岩（衣德成等人，2012）。Chen et al.（1991）對舞鶴地區階面所採之漂木進行定年，認為舞鶴礫岩形成年代老於五萬年。Shyu et al.（2006a）經由對比全臺灣紅土階地發育，認為舞鶴台地的形成年代在 92 ka 到 400 ka 之間，但應較接近 92 ka。在地層的上下層位方

面，王源等人（1992）於鶴岡地區發現八里灣層的泥岩逆衝至舞鶴礫岩之上，認為兩者之間為斷層接觸。



第二圖 臺灣之地質分區

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| I 澎湖羣島（洪流式玄武岩） | V 中央山脉東翼地質區（先第三紀變質雜岩） |
| II 濱海平原（沖積層） | Va 太魯閣帶 |
| III 西部麓山地質區（以新第三紀碎屑岩為主） | Vb 玉里帶 |
| IV 中央山脉西翼地質區（中新世至古第三紀硬頁岩及板岩系） | VI 東部縱谷（縫合帶） |
| IVa 雪山山脉帶 | VII 海岸山脉地質區（新第三紀火山質及濁流式碎屑岩覆蓋的火山弧） |
| IVb 脊樑山脉帶 | |

圖 1-4、臺灣地質分區，引用自何春蓀（2006）。

紅框為研究區域範圍，由西向東包含：中央山脈東翼地質區、東部縱谷、海岸山脈地質區。

1.3 區域地形概述

在地形方面，花東縱谷內存在三大水系，自北起為花蓮溪、秀姑巒溪與卑南溪，分水分別位在大富與池上地區，並發育有大量的沖積扇與河階地形(徐鐵良，1954、林朝榮，1957、楊貴三，1986、張瑞津等人，1994)。徐鐵良(1954)指出這些地形表現自第四紀以來的地殼運動，河岸階地發達於縱谷南段秀姑巒溪與卑南溪；沖積扇則發達於縱谷北段花蓮溪，顯示縱谷在南北兩段有不等量地盤上升的現象。

在研究區域內(圖 1-3)，發源於海岸山脈的支流系統(復興溪、大肚滑溪、鶴岡溪與安夜西溪)與源自中央山脈的富源溪(舊稱馬蘭鈎溪)共同向南匯入秀姑巒溪，並在烏漏至鶴岡之間發育有良好的河階地形。在瑞穗東北方的鶴岡階地舊稱打落瑪階地，河拔高約有 60 公尺，上覆礫石層厚達 40 公尺；稍北的烏漏階地河拔高約為 40 公尺，因其上部未見礫石層堆積，徐鐵良(1954)認為烏漏階地可能為侵蝕作用所形成。

張瑞津等人(1992)由縱谷北部階地的型態與堆積的礫石探討構造與地形之間的關係。位在富源溪下游東側的階地群依高度共可分為六階(圖 1-5)，最高的 I 階面上可見紅土，但紅化程度不及瑞穗掃叭(舞鶴)階地。由烏漏至鶴岡的階地群內部礫石之大小、組成、覆瓦方向判斷，此區域階地屬於富源溪系統，並且在同一階期的高度有由北往南漸低的趨勢，可推知富源溪的流路在 I 階時期即往南流。在鶴岡階地群中，II 階因斷層作用，形成一明顯南北向、6 至 8 公尺落差的地形凹谷。

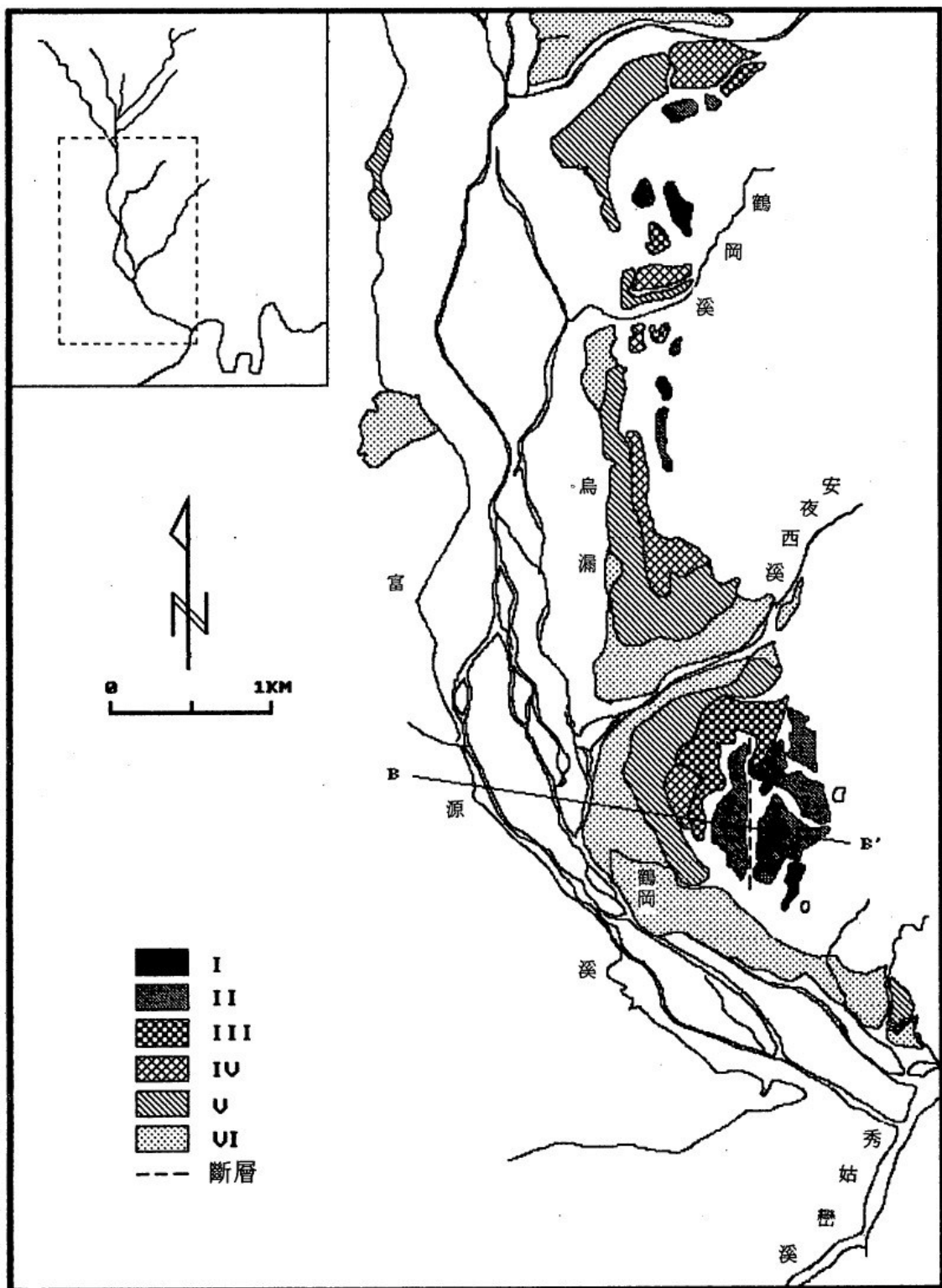


圖 1-5、富源溪下游河階分布圖，引用自張瑞津等人 (1992)。

羅馬數字越小表示其階面發育越早，位階越高。部分階地為海岸山脈側支流與縱谷主流共同沖積之結果。圖中斷層活動性未知，沈淑敏(2006)將其命名為鶴岡線形。



1.4 活動構造概述

在構造方面，Biq (1965) 認為縱谷兩側各有一條斷層作為邊界，西側為帶左移分量朝東逆衝的中央山脈斷層；東側為帶左移分量朝西逆衝的海岸山脈斷層，後續文章多稱其為縱谷斷層。由於中央山脈斷層未出露於地表，此斷層之相關活動特性、位置仍有許多不同看法。縱谷斷層在縱谷內則相對活躍，除有多次歷史地震紀錄，縱谷內也有許多同震破裂留下的地形特徵。

Hsu (1962) 透過 1951 年縱谷地震的地表破裂證據，最先提出縱谷內的現代斷層分布，由北至南可分為三段：米崙、玉里與池上斷層（圖 1-6），大致沿縱谷的東緣呈一北北東的直線，前兩者分別對應了 10 月的花蓮地震與 11 月的臺東地震，上升部分皆位在斷層線東側。

石再添等人 (1983) 與楊貴三 (1986) 運用航照判讀與野外實察建立臺灣東部的活斷層分布圖，並依據地形特徵探討斷層的活動特性。楊貴三 (1986) 認為縱谷中區存有一烏漏斷層（圖 1-7），於地形表現上為一南北走向約 2.9 公里長，與海岸山脈支流直交之線性崖，東側隆起 8 至 10 公尺高，位置相當於 Hsu (1962) 中玉里斷層北段。

鍾令和 (2003) 統整關於 1951 年 11 月玉里-池上地震的文獻資料，搭配航照影像、數值地形分析重新繪製了 1951 年的地表破裂與構造線分布。在瑞穗北段（圖 1-8）地表破裂相當連續，位置相當於楊貴三 (1986) 中的烏漏斷層。斷層垂直位移多在 1 公尺以上，伴隨些許左移分量。在大肚滑溪以南則無明顯地表破裂紀錄，Shyu et al. (2007) 認為此地表破裂可以依據海岸山脈西緣地形邊界往南延伸至鶴岡，屬於縱谷東緣的縱谷斷層系統。

Chen et al. (2007) 彙整過去對於縱谷內斷層的研究，並依據地層、地形特徵與構造活動特性將縱谷斷層分為了四段：自北起為嶺頂、瑞穗、池上與利吉斷層（圖 1-2）。經濟部中央地質調查所依此分段基準在 2012 年與 2021 年出版了全臺活動斷層分布圖（圖 1-9），並將 Hsu (1962) 中的玉里斷層重新劃分成縱谷東側的瑞穗斷層與西側的玉里斷層。

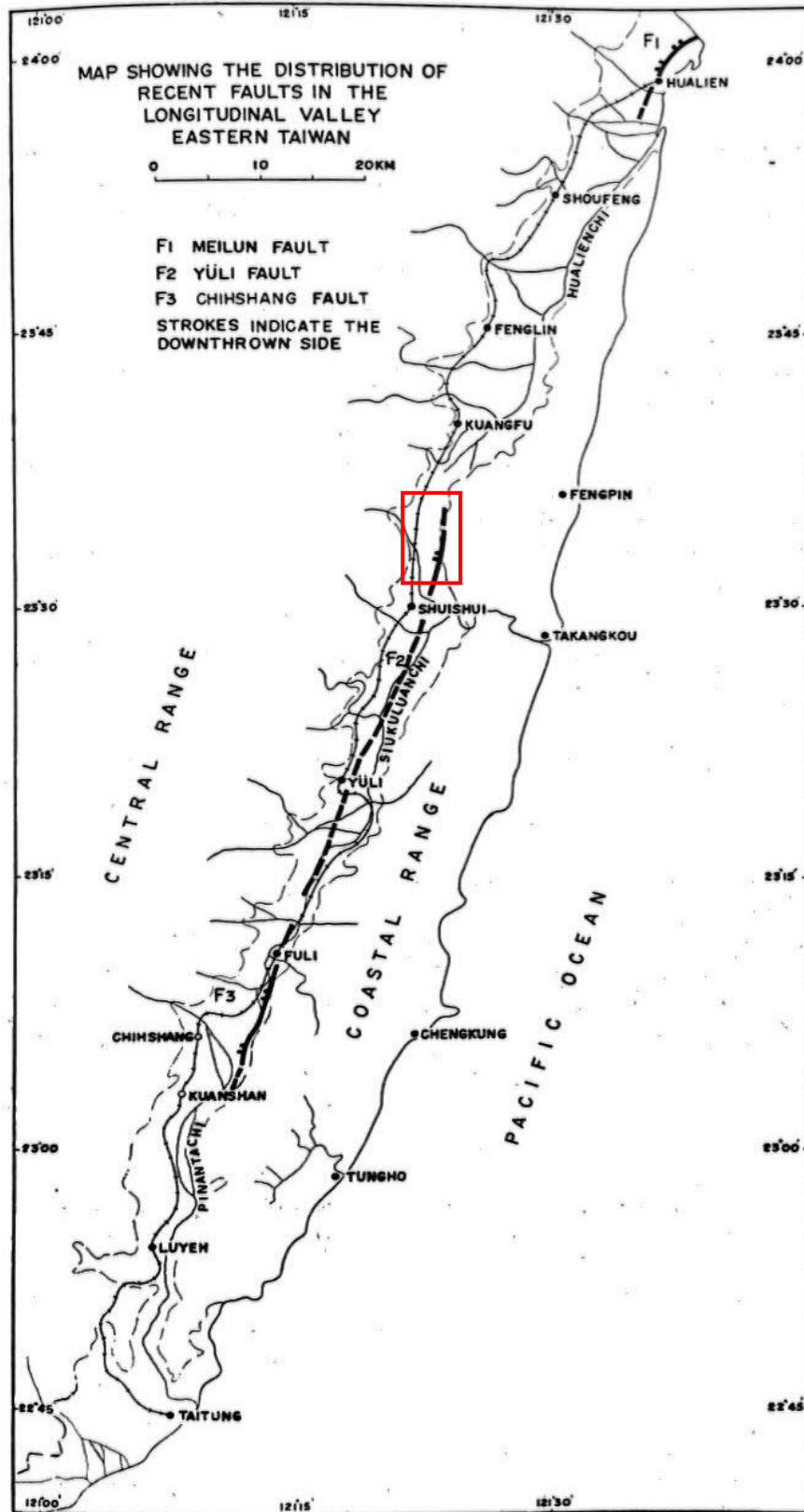


圖 1-6、縱谷現代斷層分布，引用自 Hsu (1962)。

由 1951 縱谷地震地表破裂繪製的斷層位置分布。F2 玉里斷層北段通過紅框研究區域內。

- 研究區界線 (Boundary of study area)
 - - - 分區間界線 (Boundary of subdivision)
 ——— 確實度 I } 活斷層 (Active fault)
 - - - 確實度 II }
 - - - 確實度 III }
 ——— 向斜軸 (Axes of syncline)
 ——— 背斜軸 (Axes of anticline)
 階地 (Terrace)
 沖積扇 (Alluvial fan)
 → 傾動方向 (Tilted direction)

中區

- | | |
|----------|-----------|
| 1. 烏漏斷層 | 20. 竹田斷層 |
| 2. 瑞良斷層 | 21. 東竹斷層 |
| 3. 瑞美斷層 | 22. 石牌斷層 |
| 4. 德武斷層 | 23. 桑仔寮斷層 |
| 5. 掃叭斷層 | 24. 堵港埔斷層 |
| 6. 溪東斷層 | 25. 池上斷層 |
| 7. 舞鶴斷層 | 26. 錦園斷層 |
| 8. 苓雅斷層 | |
| 9. 春日斷層 | |
| 10. 泰林斷層 | |
| 11. 麻汝斷層 | |
| 12. 舊田斷層 | |
| 13. 觀音斷層 | |
| 14. 三民斷層 | |
| 15. 玉里斷層 | |
| 16. 長良斷層 | |
| 17. 萬寧斷層 | |
| 18. 東寧斷層 | |
| 19. 東興斷層 | |



圖 1-7、縱谷中區活斷層分布圖，修改自石再添等人 (1983)。

由構造地形判釋的縱谷中部活斷層分布圖。紅框研究區域內的烏漏斷層位置與玉里斷層北段 (Hsu, 1962) 相當。

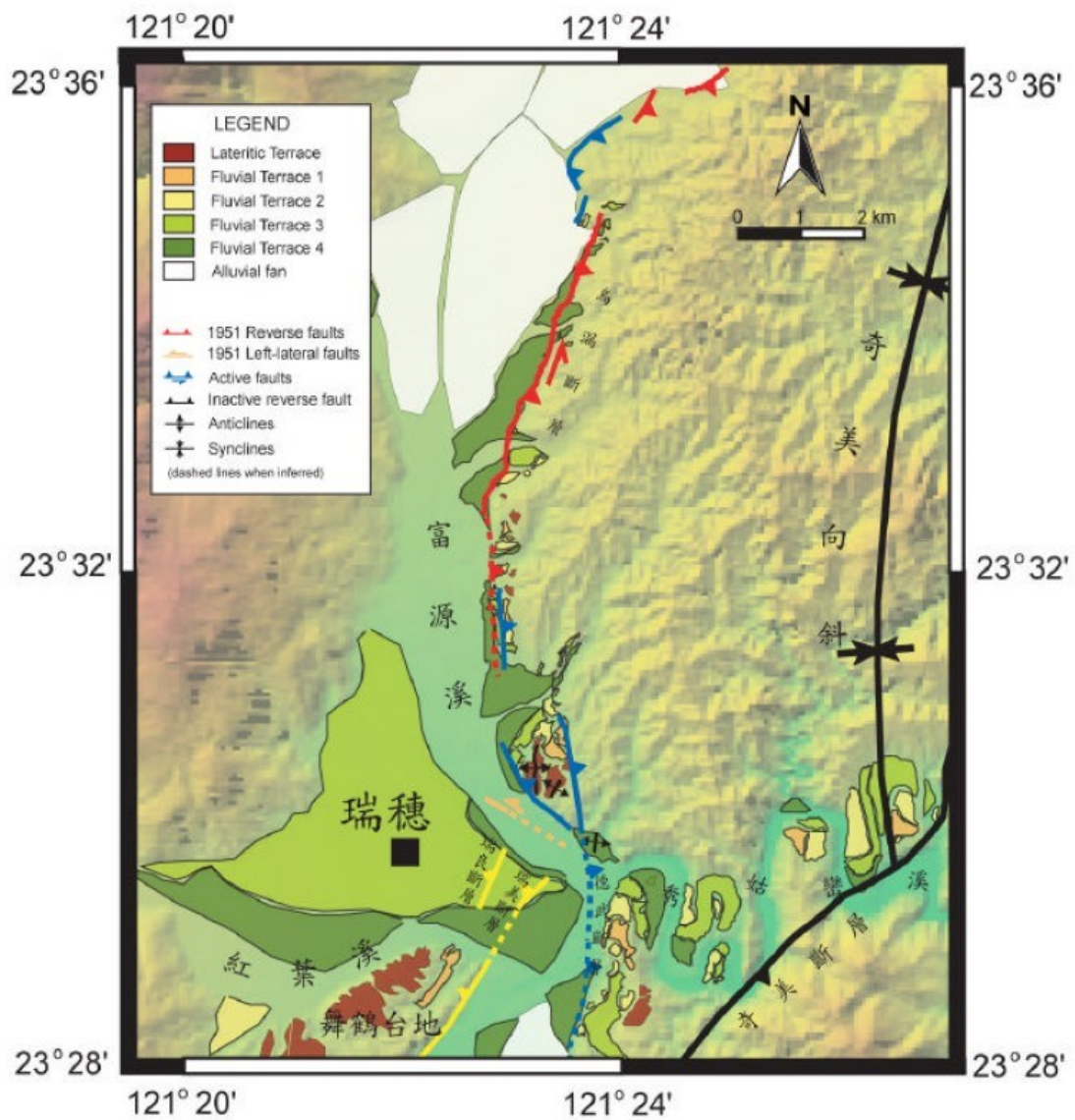


圖 1-8、1951 玉里-池上地震瑞穗段地表破裂分布，引用自鍾令和（2003）。
 紅色線段（具逆衝分量）與橘色線段（不具逆衝分量）代表 1951 地震之地表破裂；
 藍色線段為未破裂之縱谷斷層系統；黃色線段代表中央山脈斷層系統。

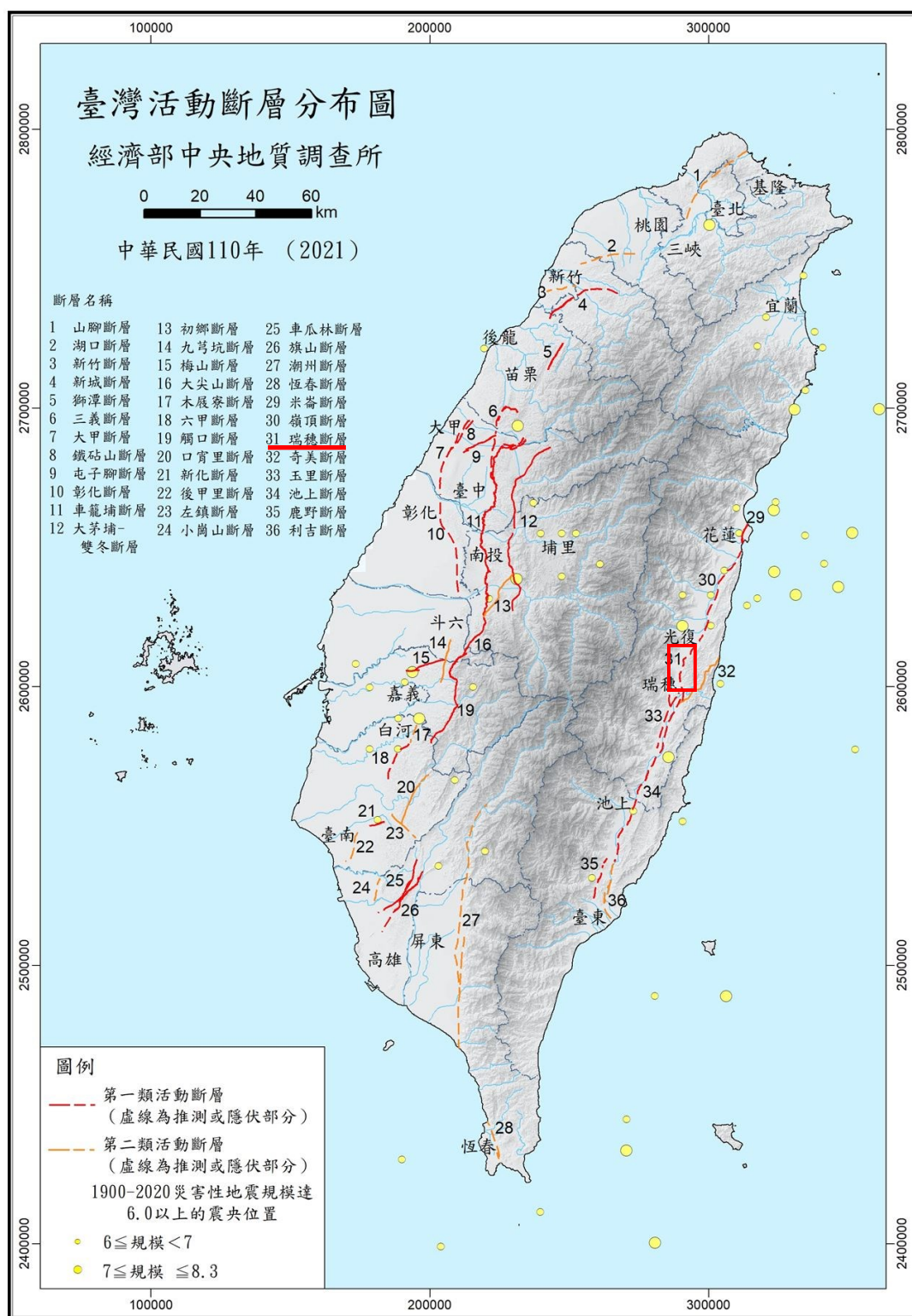


圖 1-9、臺灣活動斷層分布圖，引用自林啟文等人 (2021)。
縱谷斷層依據活動特性被劃分為四段，紅框研究區域內的縱谷斷層中段被命名為瑞穗斷層。

本研究區域主要的活動構造為瑞穗斷層（圖 1-10），長約 33 公里，由光復鄉東富村向南延伸至玉里鎮春日里。瑞穗斷層包含徐鐵良（1962）中玉里斷層的北段與烏漏斷層（石再添等人，1983、楊貴三，1986），為逆移斷層兼具左移性質。Shyu et al.（2006b）利用秀姑巒溪曲流區域的底岩位態建立縱谷斷層的地下形貌，並利用底岩型階地的下切速率回推斷層滑移速率。依據斷層彎曲褶皺模型繪圖結果，縱谷斷層呈一鏟型斷層形貌，在淺部深度 2.5 公里以內斷層傾角由 50 度減緩為 30 度。從階地的定年結果搭配構造形貌計算，斷層面上的滑移速率約在 20.5 至 24.9 mm/yr 之間。

Chen et al.（2007）在斷層沿線開挖三處槽溝（大富、富興、安定橋），根據槽溝內的礫石層層位變形情況與碳 14 定年結果，發現除了 1951 年地震之外，尚有三次的地震事件，平均再現周期約在 170 至 210 年。槽溝研究顯示瑞穗斷層在淺部的傾角約為 30 度，抬升速率為 12.5 至 16.0 mm/yr，在淺部呈鎖定狀態，並有發生造成大於 0.65 公尺地表垂直位移的地震潛勢。Yen et al.（2008）於大富的槽溝研究中加入更多的碳 14 定年結果重建古地震事件，認為縱谷斷層在 390 年以來的垂直抬升速率為 8.5 至 12.2 mm/yr。

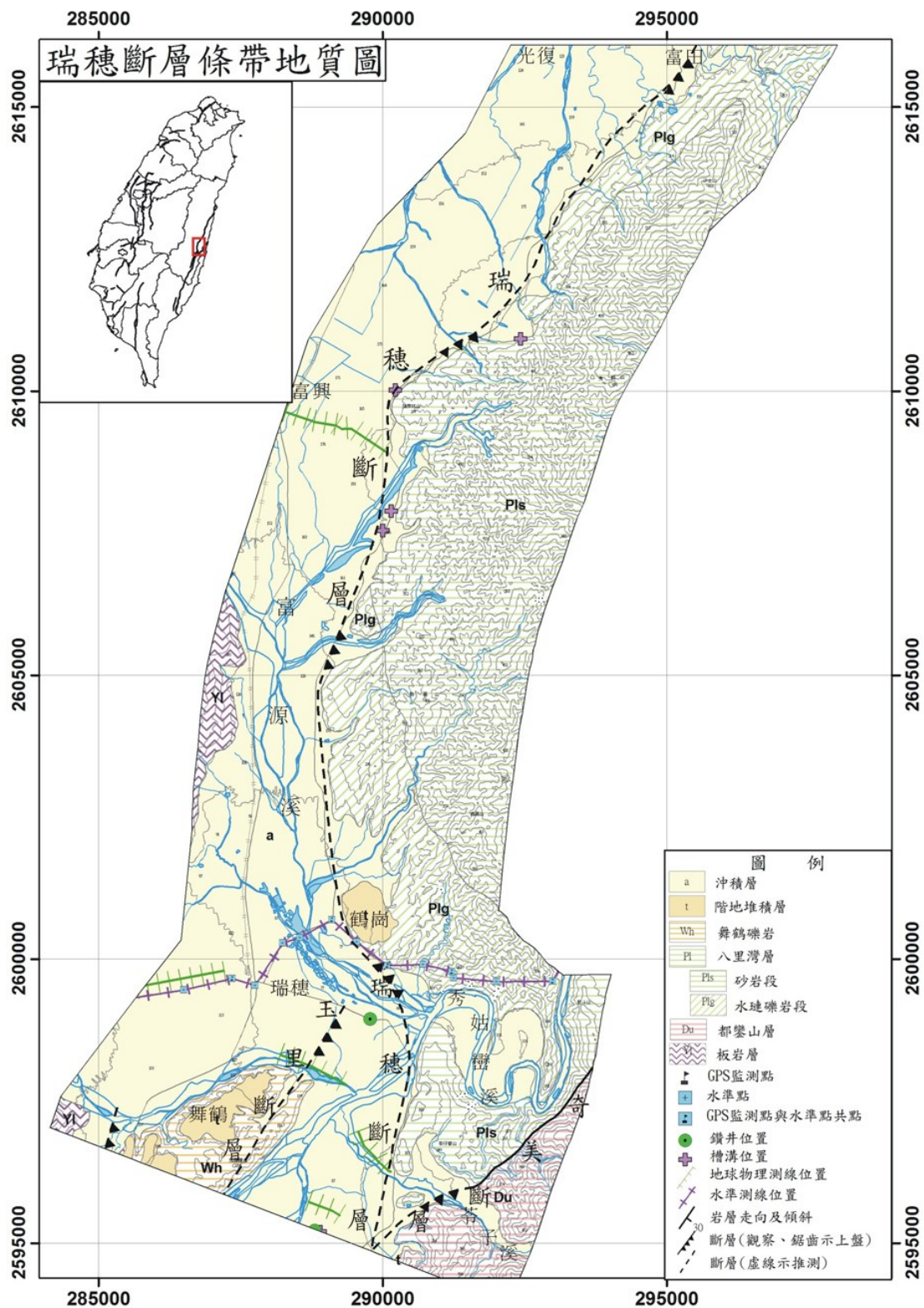


圖 1-10、瑞穗斷層條帶地質圖，引用自林啟文等人 (2009)。

斷層上盤地層為隸屬於海岸山脈的八里灣層，鶴岡地區的礫岩被認為是覆蓋在八里灣層上的階地堆積層，本圖座標系統為 TWD67。

Chapter 2 研究方法



2.1 研究架構

綜觀過去的研究成果，位在縱谷中部鶴岡地區的礫岩在地質架構上尚未被清楚定義。為了釐清此區域礫岩沉積、地形抬升與構造作用之間的關係，本研究通過野外調查來了解這些礫岩的基本特性與分布情況。除紀錄岩層位態變化繪製構造剖面，建立大區域的地質構造形貌外。本研究藉由礫岩露頭的岩相組合與沉積物來源推論這些礫岩的原始沉積環境並加入地形分析的結果，探討這些礫岩與活動構造之間的關係。最後將以上資料統整，得出整個地區的構造和地形演育模式。

2.2 野外調查

鶴岡地區存有各式不同成因的礫石堆積層單位，包含了舞鶴礫岩、水璉礫岩、階地堆積層、沖積層等。其中膠結良好者可稱之為礫岩。然而根據過去野外調查時的經驗，礫石堆積層的膠結程度未必一定與其年代相關。部分年輕的礫石層由於其中含有大量大理岩顆粒，膠結程度反而比年代較老的礫石層更好。因此為了簡化起見，本文統一稱這些礫石堆積層為礫岩。

本研究首先於區域內的河流下切崖壁、階崖與階地表面進行野外調查，記錄各式礫岩露頭的分布位置、岩相組合、位態與上下接觸關係等資訊並進行分類，並確認各礫岩單位在空間上的分布情況。由於部分礫岩露頭位態不易判斷。在沒有明顯岩性變化邊界可做判斷時，本研究會以礫石長軸的排列方向作為該區域的位態代表。此位態定義與礫岩中古水流方向測定的疊瓦狀排列（Imbrication）定義相同。疊瓦狀構造通常較沉積水平面陡，因此部分區域的真實位態可能較野外量測得到的位態資料緩。

本研究的研究目標為受年輕（晚更新世以來）構造活動變形的礫岩單位，因此海岸山脈中晚上新世至早更新世的水璉礫岩（Horng and Shea, 1996、林秋婷，2011）不在研究目標內。由於臺灣隸屬副熱帶與熱帶季風氣候，地表經常受到各式風化作用影響，在露頭保存狀況不佳時僅憑觀察不易判別礫岩的所屬單位。因此本研究加入礫岩內部礫石組成分析以及微體化石分析，作為辨認礫岩單位的依據。同時由露頭的礫石組成分析對比現今河道的礫石組成，可以幫助我們了解沉積物的來源，藉以推論該礫岩代表之沉積環境。

2.2.1 礫石組成分析

為了解礫岩內部與周遭現生河道的礫石岩性組成，本研究利用網格法(Howard, 1993、Wolman, 1954)於保存狀況良好之礫岩露頭與現生河道旁灘地進行礫石計數(圖 2-1)。首先將間距 20 公分的網繩平鋪於露頭或灘地之上，拾取網格交點下方的礫石以地質鎚敲擊檢視新鮮面，紀錄該礫石之岩性與三軸長度(最長軸 a、次長軸 b、最短軸 c)。採樣標準為大於 2mm 且可清楚辨認岩性礫石。若遇礫石不符合前述標準或交點覆蓋於已測量之礫石上，則平移網繩重新採樣。每一採樣點共統計 100 顆礫石。後續由此紀錄建立各點位的岩性組成與礫石粒徑統計。



圖 2-1、礫石計數工作照片。

將網繩(圖片中以黃色細線標示)平鋪於河床礫石灘地後拾取格點下礫石紀錄三軸長度與岩性，採樣地點為富源溪。

在統計粒徑大小時，根據研究目的不同會選用不同的軸長，一般常用最長軸或次長軸 (Folk, 1966、Wolman, 1954)。由於本研究希望將現生河道與礫岩露頭的結果比對，同時也要由過去該區域礫岩的相關紀錄進行檢驗。由過往文獻(王源等人，1992、衣德成等人，2012、許宸維，1987)的露頭描述與野外實察對比推測其應為最長軸的紀錄。因此本研究後續選用最長軸進行粒徑分析，分析步驟如下：首先將野外量測到的最長軸長度 (D，單位為 mm) 轉換為粒徑計算常用的 phi 值 (φ ，如公式一所示)。接著利用 Excel 試算表將粒徑由小至大排序成粒徑累積百分比。並依據 Fork and Ward (1957) 提出的平均粒徑 (M_z ，如公式二所示) 以及標準差 (σ ，如公式三所示) 計算方法，得到每一採樣點位礫石的平均最長軸與標準差。 φ 後數字代表該資料在累積百分比上的比例，之數值代表在累積百分比 50 的粒徑大小。

$$\varphi = -\log_2(D) \quad \text{公式一}$$

$$M_z = \frac{(\varphi_{16} + \varphi_{50} + \varphi_{84})}{3} \quad \text{公式二}$$

$$\sigma = \frac{(\varphi_{84} - \varphi_{16})}{4} + \frac{(\varphi_{95} - \varphi_5)}{6.6} \quad \text{公式三}$$

Fork and Ward (1957) 所提出的平均粒徑計算公式為沉積學中常用、普遍的簡易統計方法。他們認為若將資料切分為粗、中、細三份， φ_{16} 、 φ_{50} 與 φ_{84} 的數值可以代表資料中的平均粒徑。以此三數值計算可降低資料中因雙峰分布(bimodal)或偏度高的影響，獲得較可信的平均粒徑。Folk (1966) 統整其他平均粒徑計算方法認為該計算方法具有 88% 的信心水準。在標準差計算方面，Inman (1952) 認為可以透過在累積頻率曲線上找出 φ_{84} 與 φ_{16} 之間的一半距離，來近似計算頻率分佈的標準差(公式四)，同時也指出 φ_{95} 與 φ_5 之外的數值並不可靠。Fork and Ward (1957) 依據前述結果認為 φ_{95} 與 φ_5 之間的數值差異包含了 3.3 的標準差，並推演出公式五。但 Fork and Ward (1957) 認為公式四與公式五皆不能很好的處理具

有雙峰分布的數據，因此將兩者結合為公式三，並認為由此公式計算出的標準差數值可以做為礫石的淘選度指標。由大量的統計分析結果建立淘選度的指標數值，數值區間如表 2-1 所示。此指標提供了以樣本粒徑數值描述淘選度的方法。

$$\sigma = \frac{(\varphi_{84} - \varphi_{16})}{2} \quad \text{公式四}$$

$$\sigma = \frac{(\varphi_{95} - \varphi_5)}{3.3} \quad \text{公式五}$$

表 2-1、淘選度指標。引用自 Fork and Ward (1957)。

Sorting term	σ, φ units
Very well sorted	0.35
Well sorted	
Moderately well sorted	0.50
Moderately sorted	0.71
Poorly sorted	1.00
Very poorly sorted	2.00
Extremely poorly sorted	4.00

2.2.2 微體化石分析

Chang and Chen (1970) 與林秋婷 (2011) 皆報導秀姑巒溪剖面的八里灣層中存在有孔蟲、鈣質超微化石等海相指標化石，而舞鶴礫岩屬於陸相之河流沉積物 (衣德成等人, 2012)，若其沉積物來自海岸山脈，在二次堆積下這些海相微體化石較難保存下來。因此，本文欲以微體化石的有無作為判斷礫岩露頭所屬環境與地層單位的依據，依此判斷該礫岩是否為水璉礫岩。由於微體化石多保存於沉積能量較低的環境，於採樣時需選定礫岩基質中沉積顆粒較細之泥質沉積物進行採集。樣本處理步驟如下：

1. 將樣本以鐵杵敲擊、打成碎塊，取約 80g 的沉積物裝入燒杯加水靜置 2 至 3 天，目的為將沉積物顆粒泡至散開；
2. 以 63 μm 網目的篩網沖洗樣本，保留粒徑 63 μm 以上的沉積物顆粒，蒐集後放入烘箱烘乾；
3. 記錄烘乾後樣本重量，分裝於小玻璃瓶；
4. 將適量沉積物平鋪於塑膠平盤，在光學顯微鏡輔助下檢視沉積物；
5. 以小楷毛筆沾水將化石殼體挑出，紀錄檢視完樣本重量並鑑定化石種類。

2.3 構造剖面

本研究將野外觀察得到的位態與岩相判別資料整理並建立二維剖面，以瞭解岩層在空間上的分布狀況以及地下的構造形貌。本研究所運用的方法為急折帶法 (kink method)，繪製構造剖面步驟如下：首先建立一條垂直於主要斷層或地層走向的地形剖面；接著將野外獲得鄰近剖面的地層位態資料利用查表方式進行視傾角轉換，沿走向方向延伸投影至剖面上；然後將剖面上位置與數值相近的傾角整合為一特定數值的傾角區域，並在相鄰之傾角區域建立角平分線 (圖 2-2A)；再來將地層線依照傾角區域之角度延伸，遇分角線轉折成下一傾角區域角度 (圖 2-2B)；重複上一步驟使地層線相互連接即可得到包含地下構造的地質剖面 (圖 2-2C)。剖面繪製過程與假設在 3-4 會有更近一步的說明。

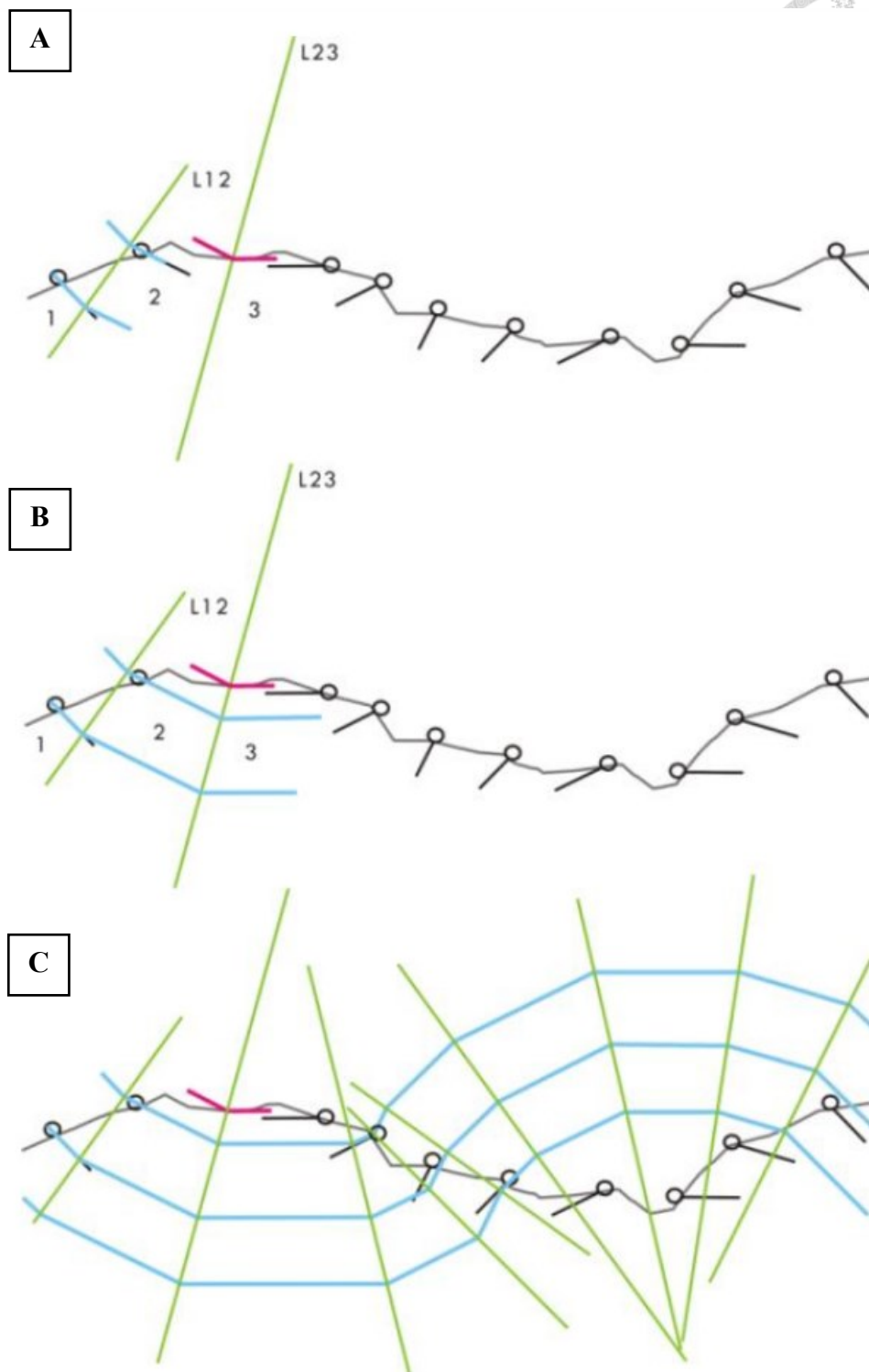


圖 2-2，急折帶法繪圖步驟，引用自 How to construct a cross section using the Kink method? (2015)。

(A) 定義一個區域的傾角為固定數值，如圖中 1、2、3 區，並建立相鄰傾角區域之分角線，如圖中綠線 L12、L23；(B) 將地層線延伸依照分角線轉折，使其符合傾角區域位態；(C) 重複以上步驟使地層線相互連接後即可得到構造剖面。

2.4 地形分析

鶴岡地區在地形上具有許多不同高度的平坦地形面，在地形學上稱之為階地；其中較為平坦的部分稱為階面，周圍較陡峭的部分稱為階崖。張瑞津（1992）指出鶴岡地區的階地系統與縱谷主流富源溪有關，但部分階地又受到海岸山脈側支流影響，整個區域階地的形成並不只受控於單一河流系統。同時階地的形成機制也相當複雜，除了一般認為因構造抬升下切形成的河階外，研究區域內也有因氣候事件堆積後下切的沖積扇階地。透過階面的圈繪與判識，本研究可以對整體區域的地形演育機制有更好的掌握，並從階面的變形情況探討背後所隱含的構造意義。

2.4.1 研究素材

本研究使用由航照製作、空間解析度為 5 公尺的數值高程模型(Digital elevation model, DEM)，利用 ArcGIS 進行階地的圈繪工作。ArcGIS 為美國環境開發公司（Environmental System Research Institute, ESRI）所開發出的地理資訊系統系列軟體總稱，本研究主要使用其中的 ArcMap 軟體。在 ArcMap 上可以將各式資料以圖層的方式套疊；利用內建的工具對資料進行更進一步地計算與分析，協助我們判斷這些資料在空間上的關係，並將成果以 TWD97 座標格式輸出製圖。

本研究在進行階地的圈繪工作前，利用 ArcMap 內建的 hillshade、slope 與 contour 等工具，將 DEM 轉換為更容易辨識階地的地圖（圖 2-3）。Hillshade（山體陰影）為模擬特定方向的光源下，因地形高區阻擋所會出現的陰影狀況，套疊在 DEM 上可以使地形更為立體；Slope（坡度）為利用鄰近的高程資料計算各資料點的坡度大小，可以使階面周圍坡度較高的階崖更加明顯；Contour（等高線）為製作等高線圖之工具，將 DEM 中固定間隔之相同數值相連使其形成封閉曲線，可以看出地形的坡向與坡度變化。藉由以上圖資交互比對後繪製階地分布。

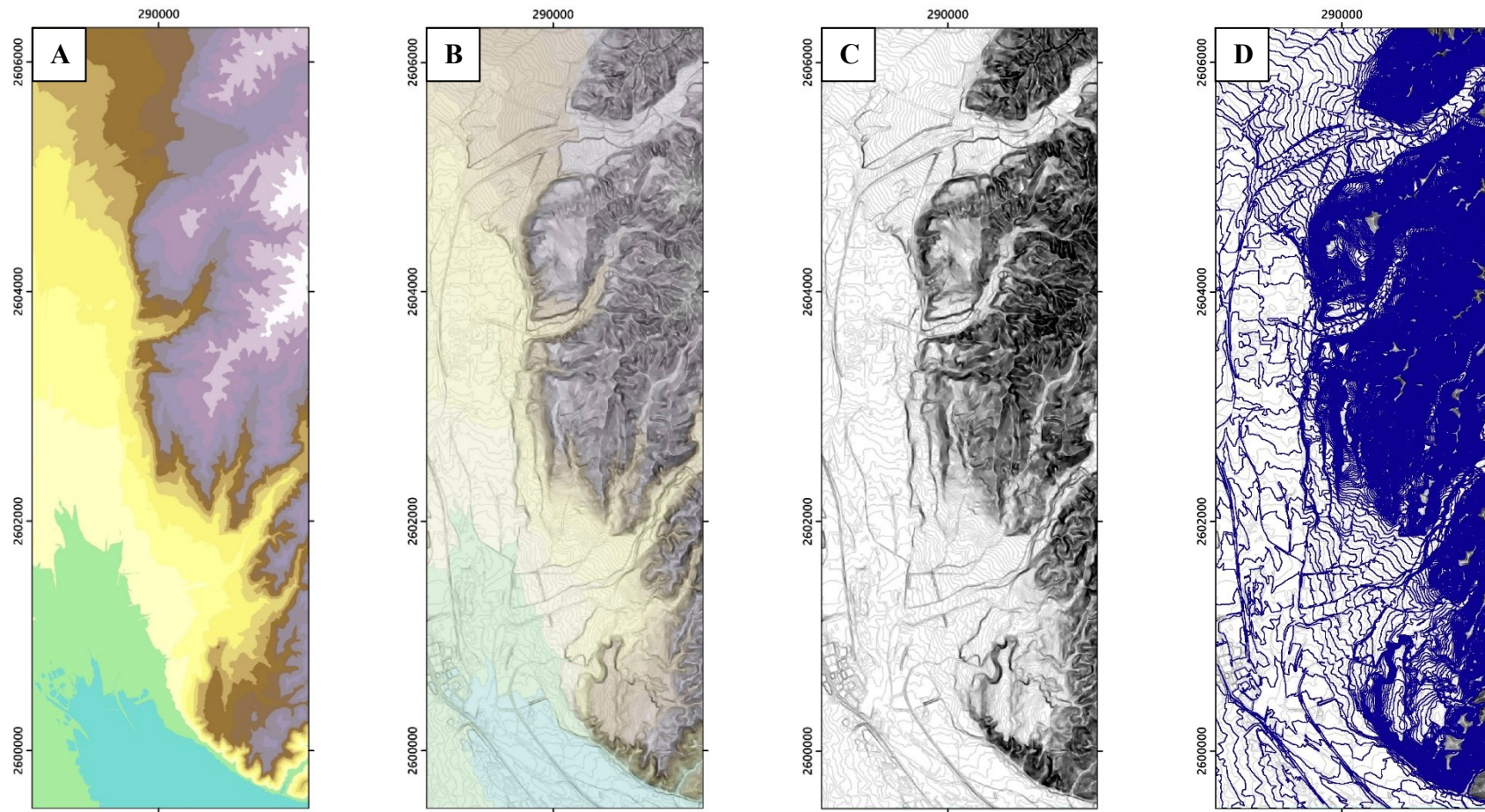


圖 2-3、研究區域地形分析用圖。

(A) 僅依高度分色的 DEM 地圖；(B) 加入山體陰影與坡度疊圖的 DEM 地圖，地形特徵較 A 圖更明顯與立體；(C) 以 DEM 製作的坡度圖，淺色區域表示地勢平坦，深色區域表示地形陡峭；(D) 間距 2 公尺之等高線圖套疊坡度圖。

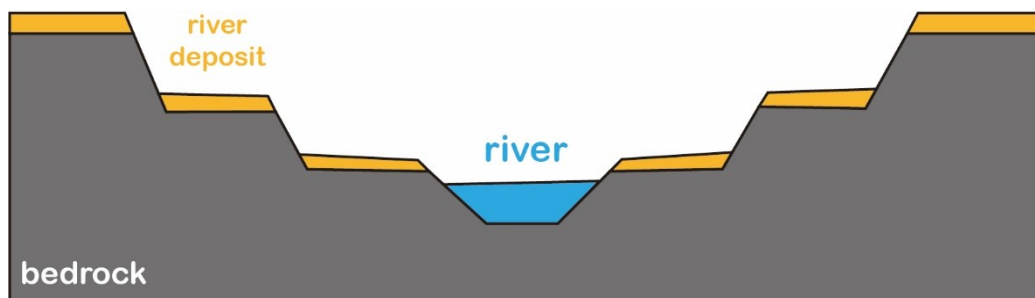
2.4.2 階地形成機制

階地依形成的營力可以分為河階與海階。鶴岡地區因處在縱谷內側，階地的發育主要受控於河流系統。在河流形貌學中，河階可以分為兩種類型：岩床型河階與沖積型河階（圖 2-4），Bull（1990）分別描述兩者的特徵與形成機制如下：

岩床型河階的特徵為：在階面之下能找到底岩岩床出露，且覆蓋在底岩之上的河道沉積物通常不會太厚。當河流的侵蝕基準面下降，原先的氾濫平原或河床面因河流下蝕而保留在高處。此類河階的階面代表了過去某一時期的河床面，透過與現生河床高度的比較便可以了解自階面發育以來河流的下切量，可作為岩床受構造抬升的指示，例如花蓮地區的秀姑巒溪河階群（Shyu et al., 2006b）。

沖積型河階的特徵為：在階面下具有十至上百公尺的河道沉積物，且底部通常沒有底岩出露。這些厚層的沉積物為事件性的大量堆積，在事件結束後，沉積物的頂面因河流下切形成階面。此類河階的發育不一定與構造有關，通常反映的是氣候事件造成的沉積物供應變化，例如嘉義山區的八掌溪階地（Hsieh et al., 2014）。

(A)



(B)

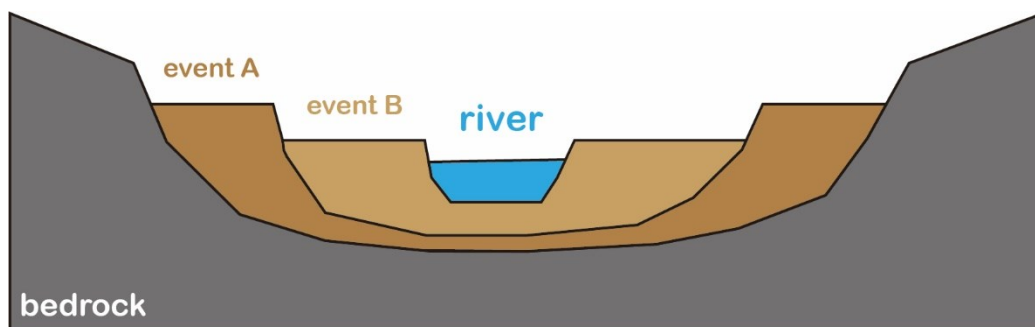


圖 2-4、岩床型河階與沖積型河階，修改自 García and Mahan (2014)。

(A) 岩床型河階 (Strath terraces)，底岩上覆河道沉積物 (黃色) 較薄，形成與岩床抬升有關。(B) 沖積型河階 (Alluvial terraces)，具有厚層事件性堆積的沉積物，形成與氣候事件有關。

本區域的階地形成機制相當複雜，階地的形成並不為單一河流所控制，不適合僅以前述定義分類。因此，本研究進一步將其細分為三類：主流階地、支流階地與崩積階地，詳細分類細節與舉例將於後續章節說明。



2.4.3 地形剖面

為了進一步探討地形面的形成與構造活動之間的關係，本研究利用 ArcMap 內建的剖面工具檢視階地面在側向的高程變化，並在大肚滑溪與鶴岡階地使用即時動態全球定位系統 (Real-Time Kinematic Global Position System, RTK-GPS) 獲得更精確的地形資料。RTK-GPS 運作原理如下 (圖 2-5)：設置於地面的固定站 (Base station) 與移動站 (Rover) 共同接收來自衛星的訊號，測量時至少需接收四顆衛星的訊號才能進行解算。固定站以無線電波向移動站發送訊號，用以進行差分計算並校正移動站的準確坐標與高程。本研究使用之 GPS 接收儀器為 Trimble R8s，在水平與垂直的空間解析度上分別為 8 mm 與 15 mm，可供檢視非常精細的高程變化。

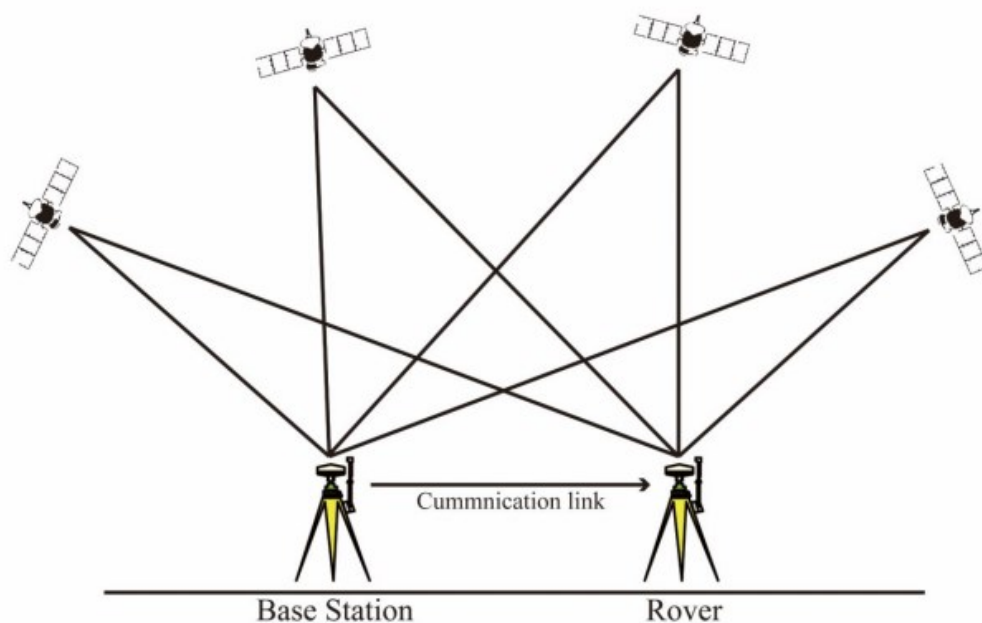


圖 2-5、RTK-GPS 運作示意圖，引用自蔡加洛 (2022)。

Base station 為固定站，Rover 為移動站，兩者接收衛星訊號後以無線電波進行即時校正。

由於 RTK-GPS 所量測得到的數值為橢球高，與 DEM 內的高程數值（正高）為不同參考面下的高程資料，在將資料輸入進 ArcGIS 繪製剖面之前需先進行校正。橢球高為地表面與一假想的理想橢球體之間的高程差；而 DEM 內的高程數值為地表面與大地水準面之間的高程差。參照內政部國土測繪中心的網頁說明，臺灣的大地水準面採用基隆驗潮站 1957 年至 1991 年之潮汐資料化算而得，所有正高皆相對於該水準面。為使兩者資料能互相比較，本研究於野外測量中利用 RTK-GPS 測量研究區域內一等水準點（瑞岡橋東岸/M1028）之橢球高高程數值，與內政部國土測繪中心的全國衛星追蹤站暨基本控制點查詢系統所提供之正高數值進行比對。將 RTK-GPS 測量得到的水準點高程減去正高得到兩者高差，再以此數值將所有橢球高數值轉換為正高，以進行後續地形剖面的檢視與判讀。

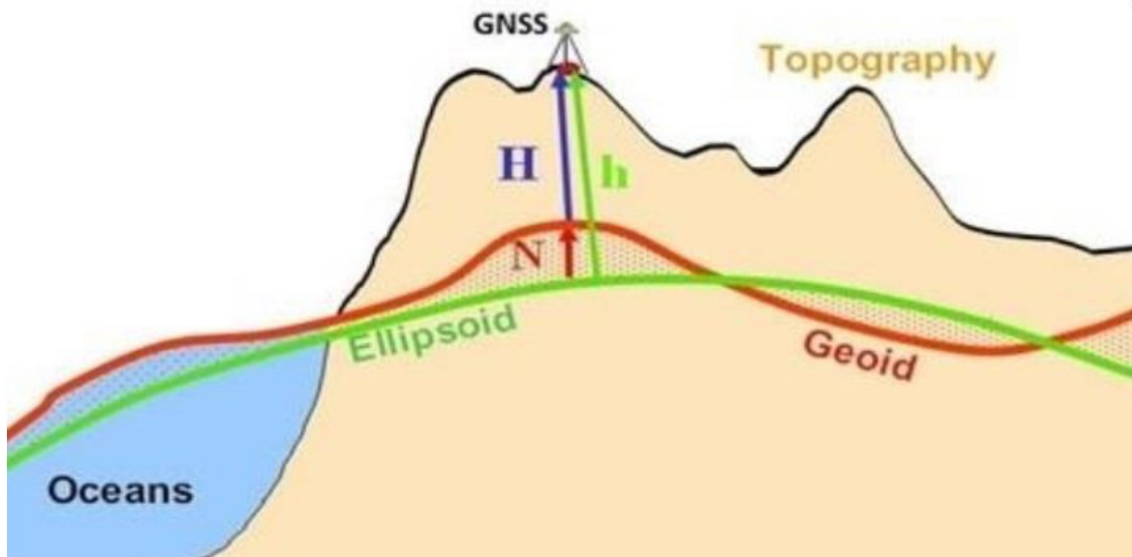


圖 2-6、橢球高 (h)、大地起伏 (N) 與正高 (H) 關係圖，引用自 Maciuk et al. (2021)。

參考橢球體 (Ellipsoid)：可以以簡單數學模型描述、形貌近似地球之理想橢球體；大地水準面 (Geoid)：以平均海水面為零點，向內陸包圍形成之封閉重力等位面。臺灣正高皆相對於基隆潮位站定義之水準原點，並不會出現圖中內陸大地水準面（紅線）變動的情況。

Chapter 3 野外調查成果



3.1 岩性地層露頭產狀與分布

本研究由野外調查將野外觀察之岩性地層露頭分為四類並將觀察位置標示於圖 3-1。本研究將明顯受構造傾動或含有中央山脈變質岩礫石之礫岩露頭認定為主要研究目標。野外調查結果顯示此類礫岩主要出露於大肚滑溪與鶴岡階地周遭，並在南北方向延伸上有局部的分布。該礫岩東側出露海岸山脈地層系統中的八里灣層，兩者的接觸關係與邊界於野外均未觀察到。屬於深海相的八里灣層水璉段與泰源段分布與地質圖（衣德成等人，2012）略有出入。在安夜西溪內，砂頁互層的泰源段出露在地質圖邊界更東的位置，與水璉段邊界位於圖 3-1 最東側深藍色點位處。在鶴岡溪中，水璉段礫岩出現在泰源段西側。與安夜西溪之地層空間關係相反。以上觀察顯示水璉段與泰源段邊界可能不如前人地質圖中平整，而是呈犬牙交錯狀。水璉段自北向南尖滅，泰源段則自南向北尖滅。研究區域內也存有無明顯變形的礫岩露頭，推測是比較年輕、未受構造活動影響的現生沖積層或階地堆積層。

本研究的主要研究目標礫岩露頭觀察紀錄如下。於研究區域北邊的大肚滑溪河床階崖具有連續性較佳的礫岩露頭。因其位態變化快速，具有較明確的構造意義指示，露頭觀察將於後續段落詳述。在其北側山前緣一小溪溝剖面可見礫岩位態朝西傾（圖 3-2）。研究區域南方，沿鶴岡階地南側瑞港公路出露之露頭為顆粒支持、變質岩礫石為主之礫岩，偶夾數十公分厚黃砂層，其位態與礫石長軸排列皆呈高角度朝東傾斜（圖 3-3）。鶴岡溪南岸階崖與階面上礫岩露頭內含有片岩礫石顆粒（圖 3-4），推測此類礫岩分布可能可以由鶴岡階地延伸至大肚滑溪北岸。本研究的觀察與陳文山與王源（1996）、衣德成等人（2012）地質圖畫法有所不同。研究區域北邊的海岸山脈西側出露之地層並非八里灣層泰源段，而是一塊與鶴岡地區舞鶴礫岩類似的礫岩單位。

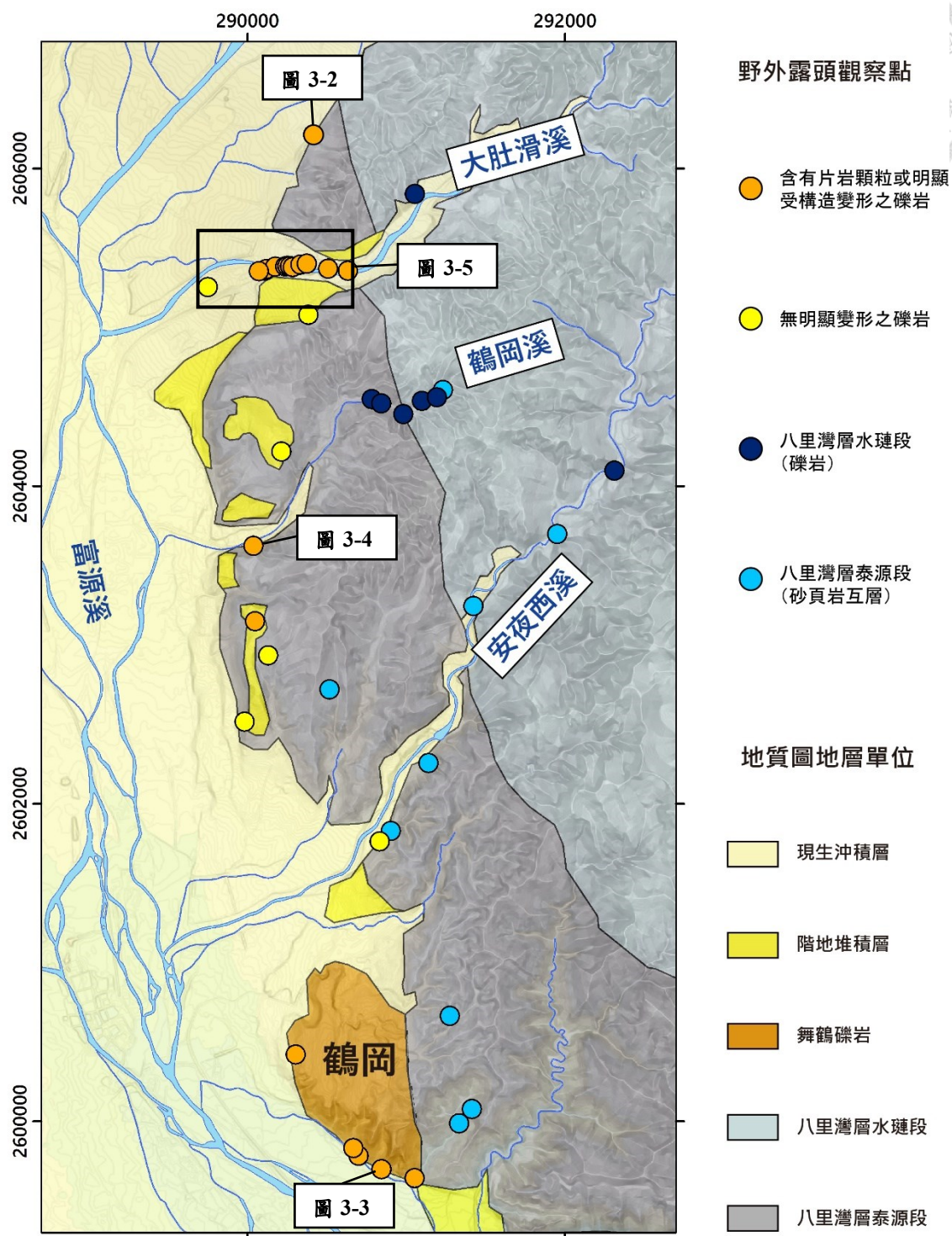


圖 3-1、野外露頭觀察點。

橘色點位為主要研究目標，藍色系點位為海岸山脈之八里灣層，露頭觀察分布與地質圖分布略有不同。地質圖資引用自經濟部中央地質調查所的山崩雲 WMTS 服務：五萬分之一全島無接縫地質圖，內容同衣德成等人（2012）之光復地區地質圖。

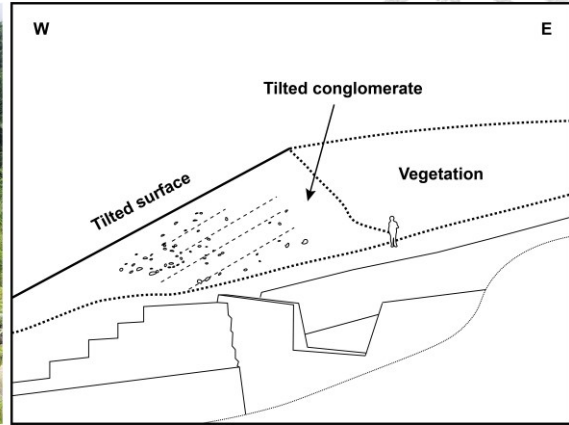


圖 3-2、大肚滑北邊之礫岩露頭。

該礫岩露頭內礫層排列與地形面平行朝西傾斜，礫石岩性以變質砂岩為主，位態為 $N46^{\circ}E\ 31^{\circ}W$ 。

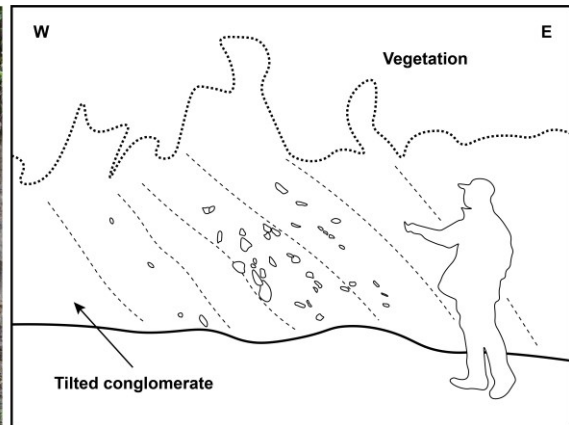


圖 3-3、瑞港公路之礫岩露頭。

該礫岩露頭礫石岩性以片岩為主，由礫石排列判斷其位態為 $N7^{\circ}W\ 43^{\circ}E$ 。



圖 3-4、鶴岡溪南岸階崖之礫岩露頭。

(A) 露頭高約四公尺，保存狀況欠佳，無法判斷位態。(B) 經地質錘敲擊檢視新鮮面確認內部含有片岩礫石顆粒。

於大肚滑溪內的礫岩露頭以縱谷斷層為界，下盤（西側）為未變形之年輕礫岩，上盤（東側）則出露受變形的礫岩，該受變形之礫岩可再依岩相組合與地層傾向初步分為兩段。於上下盤的河床階崖露頭皆可觀察到一層約 60 至 80 公分厚、深灰色基質支持的礫層覆蓋於露頭之上，該層位態大致與地形面坡度方向吻合，應屬於大肚滑溪中較年輕的河道沉積物，在斷層上盤東側的露頭中與下方礫岩呈交角不整合。各段分布範圍與位態如圖 3-5 所示，後續將分別敘述斷層露頭與各段地層單位（由西向東）之岩相組合特色。

於地形崖延伸處可見縱谷斷層露頭（圖 3-6），斷層帶在礫岩中相當不明顯，從礫層排列判斷疑似有複數斷層帶在此露頭中。斷層帶位態大致呈高角度朝東傾斜，地形高差與被錯移的細礫層顯示該斷層為逆移斷層。鐘令和（2003）整理於附錄中的歷史圖片顯示 1951 年地震大肚滑溪河床在東側約有 1.5 公尺的垂直抬升，Shyu et al.（2007）一文中修正為 1 至 2.1 公尺。本研究發現西側最前緣之斷層帶約有 0.8 公尺的垂直落差，但由地層判斷此落差已非原始地形，可能為受侵蝕後的 1951 年地震的同震變形。

斷層下盤露頭為淺灰至淡黃色基質支持未變形之年輕礫層（圖 3-7），層面不明顯，大致水平微微往下游方向傾斜，與上覆灰色年輕河道沉積物呈整合接觸。礫石多為球體或橢球體，淘選度差至中等，磨圓度中等至佳，長軸排列無明顯方向，以變質砂岩為主，推測為海岸山脈來源之沖積扇體。

斷層上盤受變形之礫岩可再依岩相組合與地層傾向分為 A、B 兩段。A 段岩相組合特色為礫層與黃棕色砂層交互出現，偶夾淺灰色泥層（圖 3-8A）。礫層呈顆粒支持或基質支持，淘選度中等至佳，磨圓度中等至佳。砂礫之間層面明顯，位態為南北向高角度往西傾，往東傾角漸緩。礫石組成以變質砂岩、砂岩為主，局部出現以片岩、大理岩為主的礫層，層厚約 12 公尺（圖 3-8C）。砂層多夾於礫層之間，層厚從 40 至 80 公分，多為無沉積構造之塊狀砂岩，部分露頭內有十公分級之交錯層。B 段西側岩相組合與 A 段類似，為顆粒支持之礫層夾無沉積構造之淡黃色砂層，但位態轉為高角度朝東傾（圖 3-9A）。岩相組合往東漸變為淺灰色基質支持之礫層，整體淘選度差，礫石顆粒漸小，磨圓度佳，礫層內層面不明顯（圖 3-9B）。礫石組成以變質砂岩、砂岩為主。局部出現含有片岩、大理岩之礫層，層厚約 6 公尺。該層內礫石明顯受剪切破裂（圖 3-9C），礫石破裂面呈兩組共軛解理面。

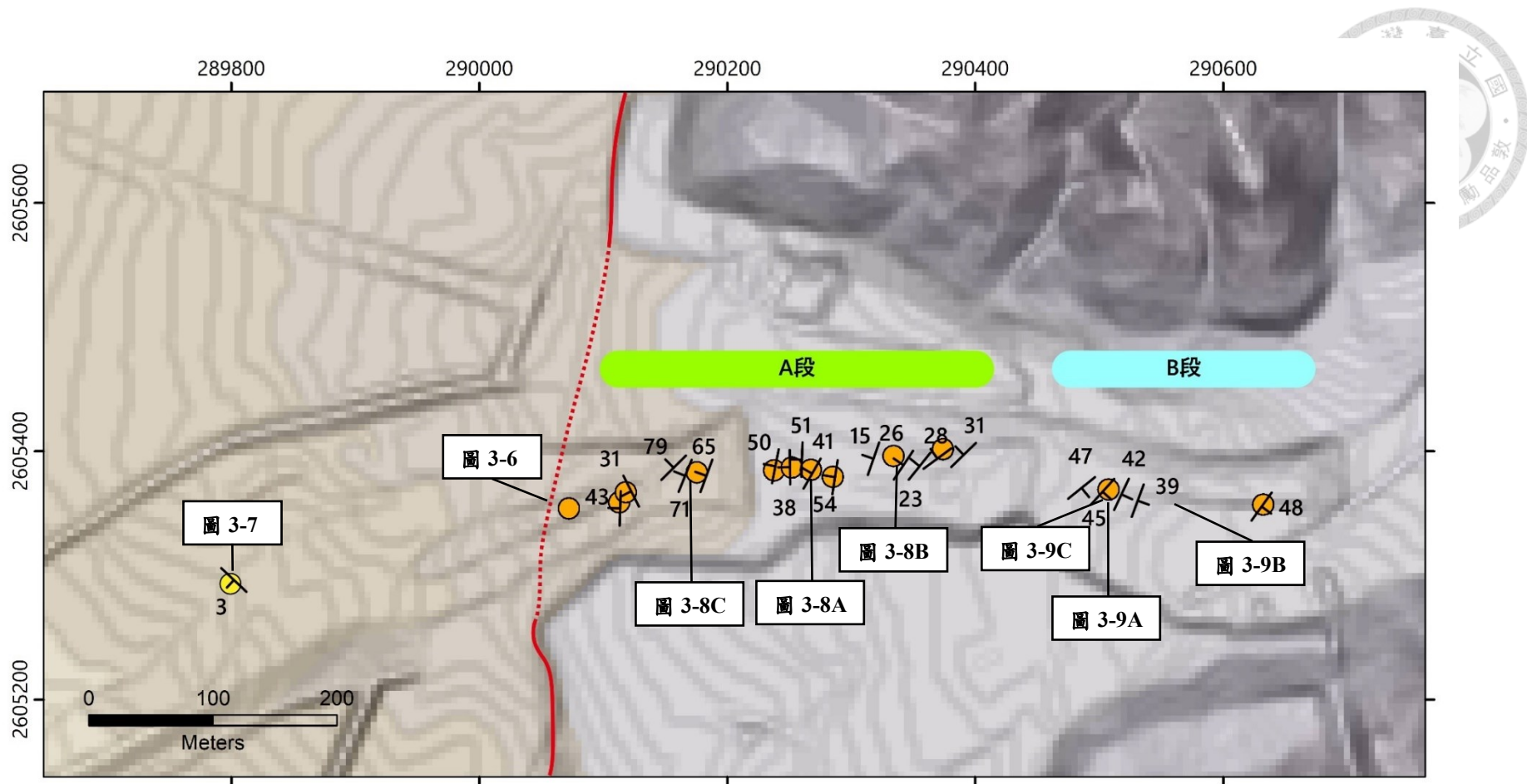


圖 3-5、大肚滑溪剖面分段圖。

本圖範圍標示於圖 3-1，紅色線段為參考林啟文等人（2021）與 Shyu et al.（2020）重新繪製之縱谷斷層，斷層上盤礫岩位態變化迅速，依照傾向與岩相組合分為西傾的 A 段與東傾的 B 段。橘點為受構造變形之礫岩，黃點為未變形之年輕礫岩。

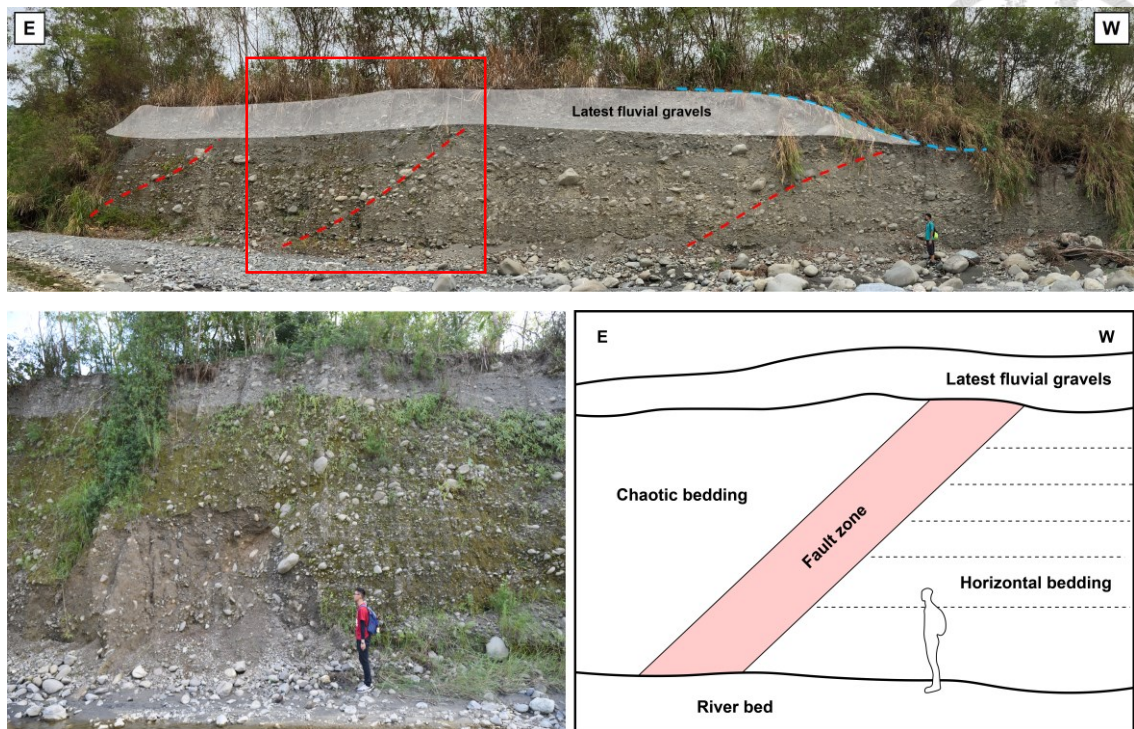


圖 3-6、大肚滑溪斷層露頭。

在露頭狀況好時較能清楚辨認斷層帶形貌，疑似有複數斷層帶在其中，其中一條斷層帶（紅色）位態為 $N20^{\circ}E\ 38^{\circ}E$ ，上覆最新一期青灰色的年輕河道礫石層。藍色虛線為地形頂面，西側斷層帶最前緣約有 0.8 公尺的落差。上圖拍攝日期為 2022.08.02；下圖拍攝日期為 2018.12.04。

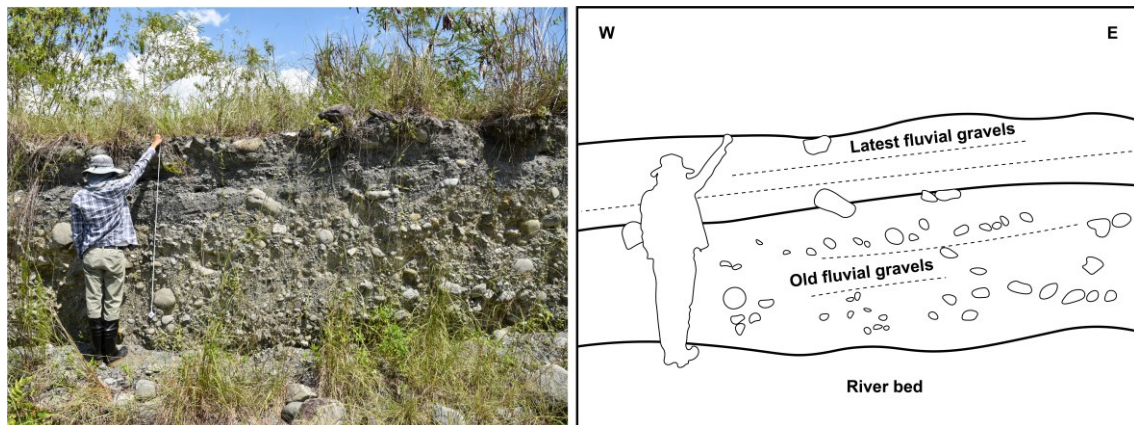


圖 3-7、斷層下盤之年輕礫岩露頭。

下方淺黃色顆粒支持之礫層位態為 $N47^{\circ}W\ 3^{\circ}W$ ，上覆基質支持青灰色礫層。推測兩者皆為海岸山脈來源之沖積扇體，中間存在一沉積間斷（假整合）。

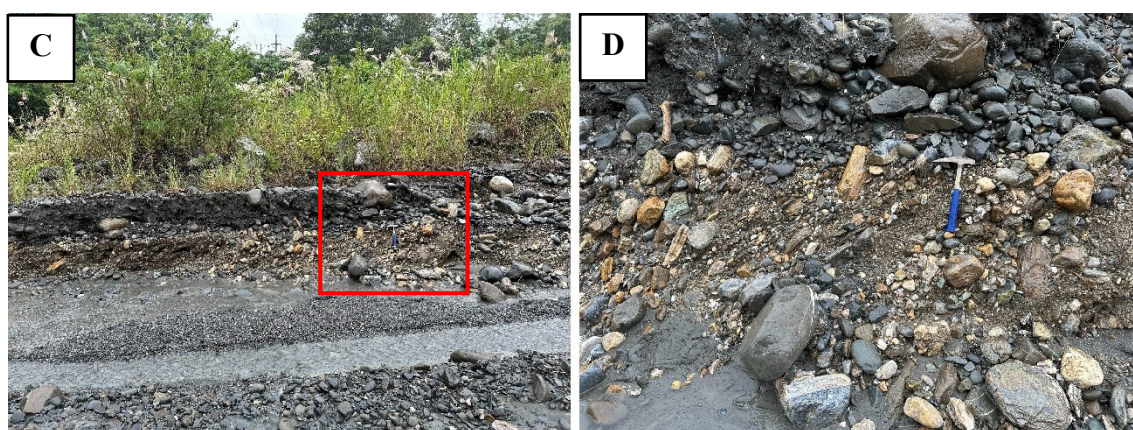
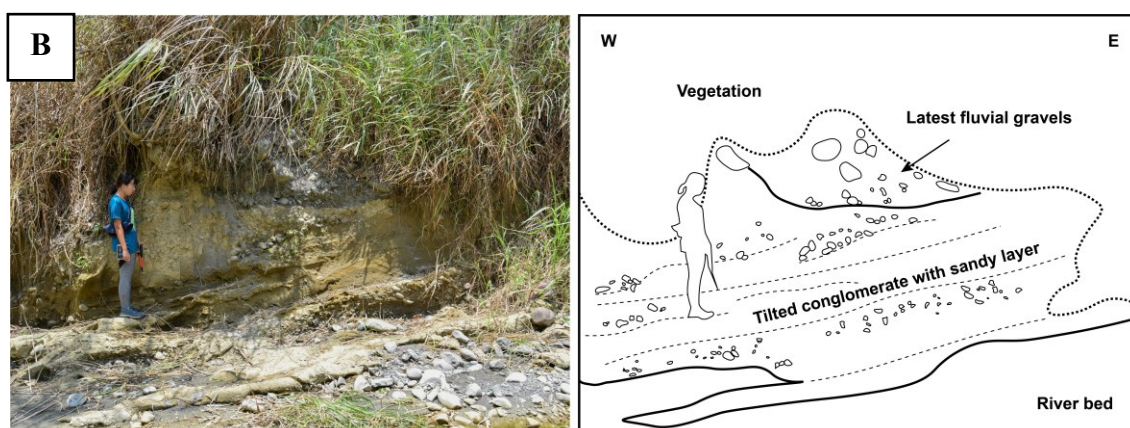
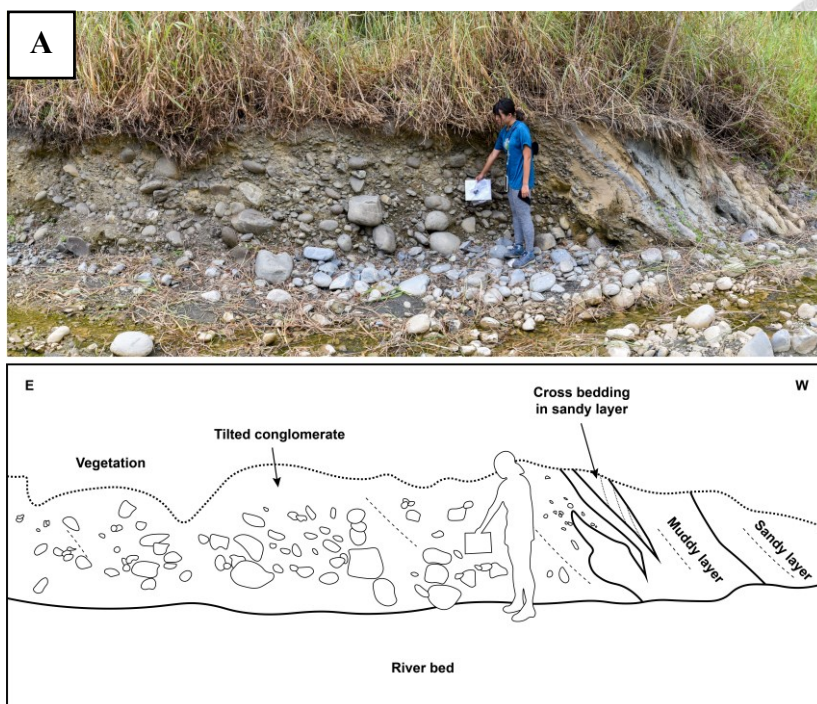


圖 3-8、大肚滑溪 A 段之礫岩露頭。

(A) 顆粒支持之中礫與黃棕色砂岩互層，右側夾有灰色泥層，砂層中夾有公分及交錯層，位態為 $N30^{\circ}E\ 41^{\circ}W$ 。(B) 黃棕色砂層夾雜細礫，位態為 $N39^{\circ}E\ 23^{\circ}W$ 。上方灰色部分為年輕河道沉積物。(C) 含有片岩與大理岩之礫層出露於河床，該層位態為 $N20^{\circ}E\ 65^{\circ}W$ 。(D) 為 (C) 中紅框放大圖。

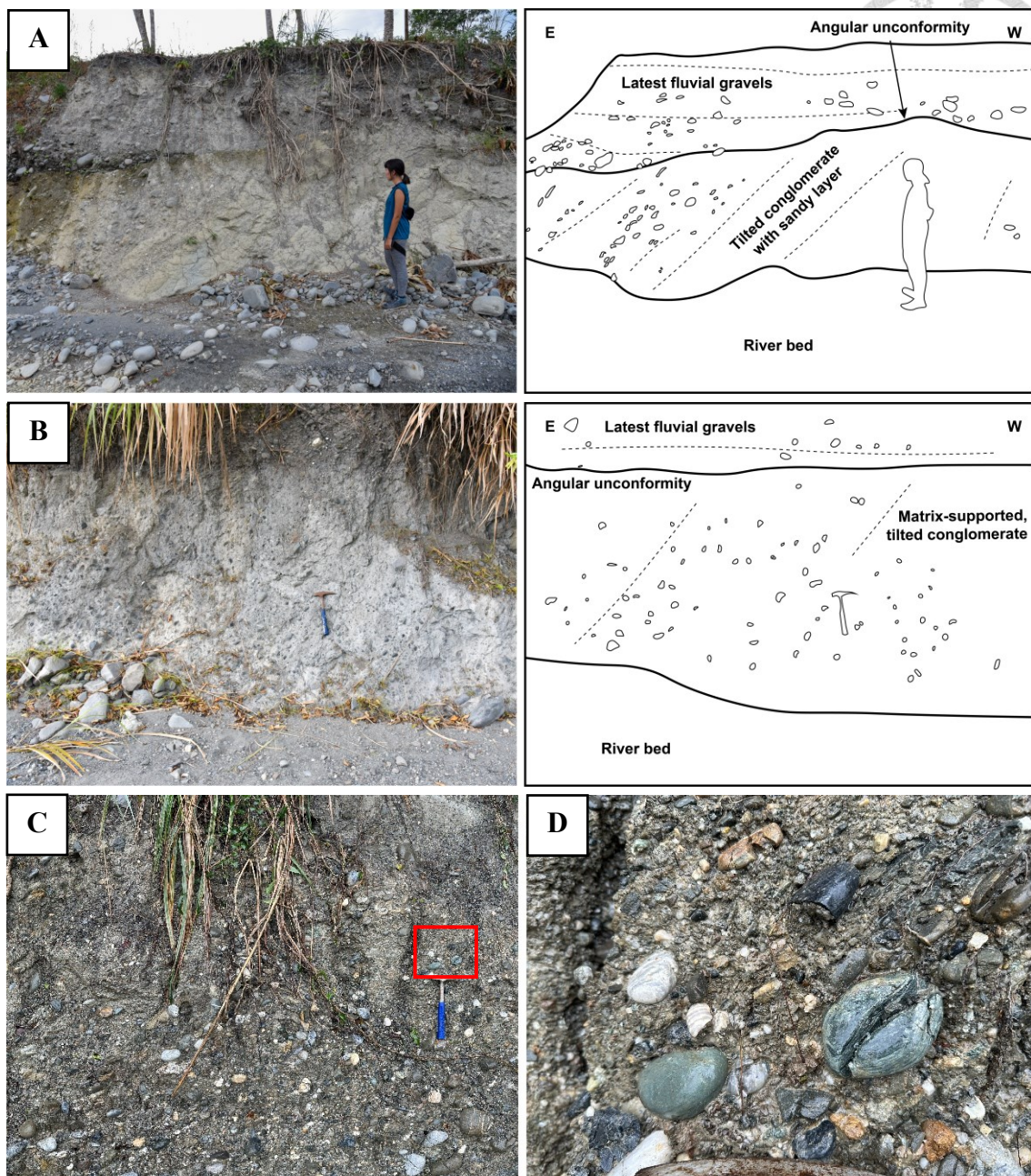


圖 3-9、大肚滑溪 B 段之礫岩露頭。

(A) 顆粒支持之礫層中夾有約 2 公尺無層理砂層，位態為 $N25^{\circ}E 42^{\circ}E$ 。礫岩上覆水平年輕河道沉積物，兩者呈交角不整合。(B) B 段東側為灰色基質支持之礫層，沉積物顆粒變細，位態不明顯。礫岩與上方水平年輕河道沉積物有明顯邊界。(C) 含有片岩之顆粒支持礫層，該層內礫石明顯受剪切破裂。(D) 為 (C) 中紅框放大圖。



3.2 礫石組成分析

以上礫岩露頭內部的礫石岩性組成在不同層位有些許變化，為了瞭解其沉積物的供應來源（中央山脈或海岸山脈）以及其原始環境。本研究在露頭出露狀況較好的區域以及周遭的現生河道進行礫石計數，並額外加入舞鶴地區之舞鶴礫岩共同比對。根據前人地質圖（王源等人，1992、衣德成等人，2012）中的岩體單位分布與現生河道的礫石組成調查結果，本研究將大理岩、片岩、變質燧石、變質火成岩與板岩歸類於中央山脈來源，以藍色與綠色系呈現於圓餅圖；變質砂岩與砂岩歸類於海岸山脈來源，以灰色系呈現於圓餅圖；脈石英有可能來自風化的片岩與變質砂岩中，因此不作為判斷沉積物來源的依據。

在現生河道礫石組成方面（表 3-1、圖 3-10），依據採樣點位分為三類：中央山脈側河道、海岸山脈側河道與兩側匯流後河道，以檢視並驗證不同來源之岩性組成。中央山脈側河道的礫石組成確實反映出集水區之岩性，片岩佔總比例五成以上，但在南北端有些許差異。北邊富源溪出現二至三成大理岩，於南邊紅葉溪則沒有大理岩出現，而是有少許的變質火成岩。在海岸山脈側河道的礫石組成以變質砂岩為主，推測是由水璉礫岩中的礫石再堆積而來，八里灣層中的砂泥層則因強度較弱而難以形成礫石出現。值得注意的是在海岸山脈側的現生河道中有出現極少數片岩、板岩與大理岩的礫石，由於過去水璉礫岩內也曾報導有少數此類礫石出現（林秋婷，2011），本研究認為從整體比例上來看應可忽略。

在露頭礫石組成方面（表 3-2、圖 3-11），依採樣區域分為三區：大肚滑（DDH）、鶴岡（HG）與舞鶴（WH）。大肚滑地區共有六處採樣點，大多以海岸山脈來源的變質砂岩與砂岩為主，其中 O-DDH02 與 O-DDH05 除了海岸山脈來源也出現中央山脈來源的片岩與大理岩等礫石。在鶴岡地區三處採樣點的結果顯示礫石來源包含兩側山脈，並且以中央山脈來源的礫石佔多數。在舞鶴地區兩處採樣點的結果顯示其來源僅有中央山脈。

在粒徑分析方面，現生河道與露頭的平均粒徑（ φ ）在-5 至-6 上下。各採樣點位整體平均粒徑在 4 至 7 公分，整體平均礫徑大小相仿。以現生河道的平均粒徑結果來看，並未因沉積物來源、礫石岩性與搬運距離等因素而出現明顯差異。因此在平均粒徑方面不多做比較與討論。由粒徑計算得到各採樣點位的淘選度多為中等，與本研究部分的野外紀錄不符。本研究認為於野外觀察時，所得紀錄為整體

露頭判斷。基質較多的露頭會記錄淘選度較差，而粒徑計算得到的淘選度僅限於礫石而不包含基質，因此會出現與野外紀錄不符的情形。此類狀況出現在海岸山脈側的現生河道與大肚滑溪 B 段東側基質較多的區域。





表 3-1、現生河道礫石分析結果。

Name	Ma	Mc	Sc	Mb	Sl	Vq	Ms	Ss	平均粒徑 (mm)	平均粒徑 (ϕ)	標準差 (σ)	淘選度
R-FY01	17	9	67	0	0	7	0	0	46	-5.52	0.42	Well sorted
R-FY02	36	2	59	1	0	2	0	0	62	-5.95	0.86	Moderately sorted
R-FY03	22	6	68	0	0	2	2	0	70	-6.14	0.91	Moderately sorted
R-HY01	0	25	61	7	0	7	0	0	68	-6.09	0.78	Moderately sorted
R-FX01	1	0	0	0	0	2	96	1	43	-5.42	0.76	Moderately sorted
R-FX02	0	0	3	0	0	2	95	0	43	-5.44	1.05	Poorly sorted
R-DDH01	0	0	0	0	3	1	87	9	61	-5.92	0.80	Moderately sorted
R-FY04	30	0	51	0	0	7	11	1	44	-5.45	0.74	Moderately sorted
R-FY05	20	4	60	0	0	4	12	0	56	-5.82	1.00	Moderately sorted
R-FY06	25	4	55	0	1	3	8	4	68	-6.09	0.82	Moderately sorted
R-FY07	23	6	43	0	0	5	23	0	48	-5.58	0.83	Moderately sorted
R-FY08	20	2	26	0	0	13	39	0	54	-5.75	0.90	Moderately sorted

Ma：大理岩 (Marble)；Mc：變質燧石 (Metachert)；Sc：片岩 (Schist)；Mb：變質基性岩 (Metabasite)，包含蛇紋岩、角閃岩、陽起石；Sl：板岩 (Slate)；Vq：脈石英 (Vein quartz)；Ms：變質砂岩 (Metasandstone)；Ss：砂岩 (Sandstone)。岩性下數字為記錄之礫石顆數。

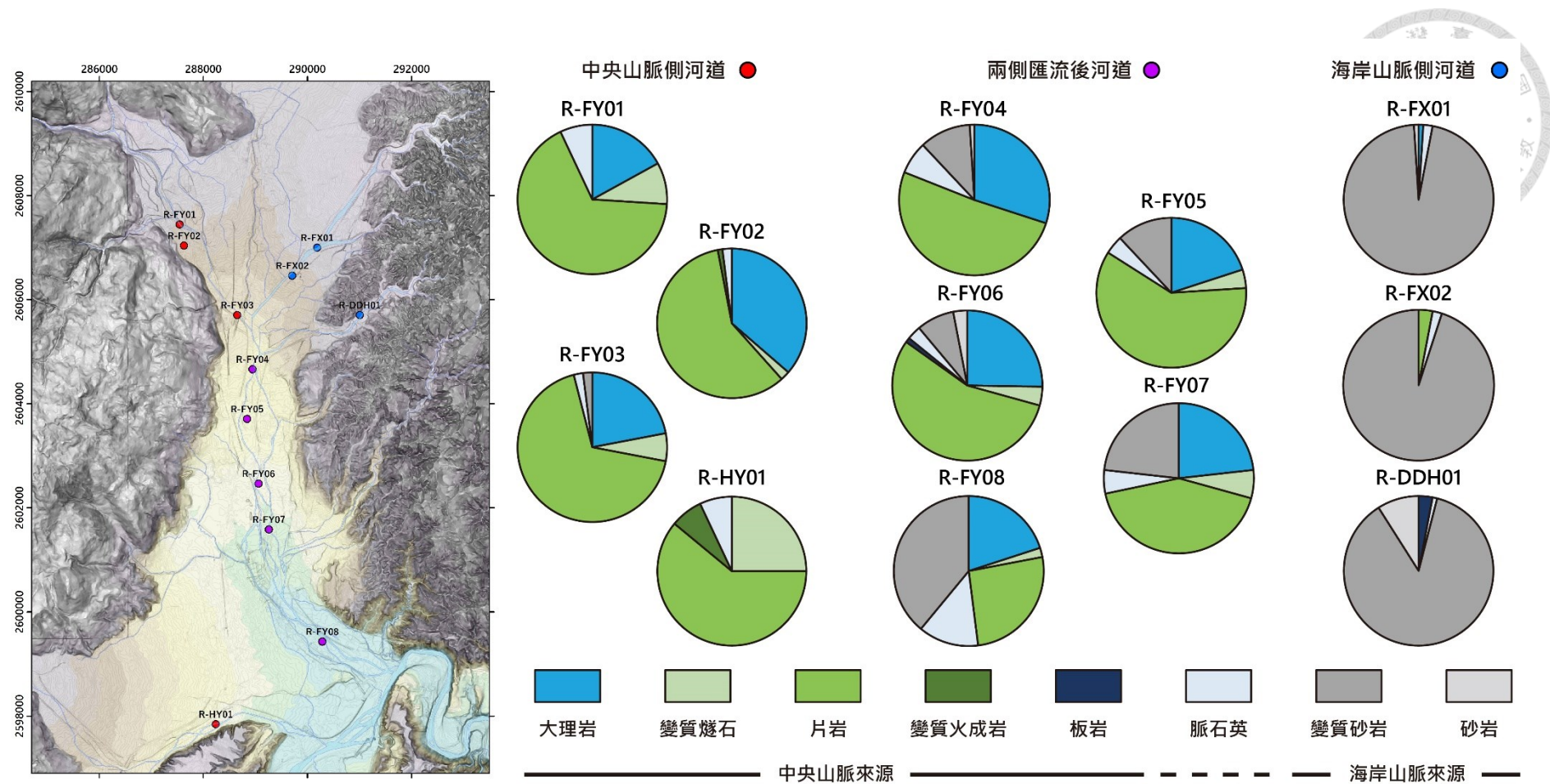


圖 3-10、現生河道採樣點與岩性組成圓餅圖。

紅色點代表中央山脈側河道，礫石岩性以大理岩、變質燧石、片岩與變質火成岩為主；藍色點代表海岸山脈側河道，礫石岩性以變質砂岩與砂岩為主；紫色點代表匯流後河道，以中央山脈來源之礫石佔多，並有往南減少的趨勢。



表 3-2、礫岩露頭礫石分析結果。

Name	Ma	Mc	Sc	Mb	Sl	Vq	Ms	Ss	平均粒徑 (mm)	平均粒徑 (ϕ)	標準差 (σ)	淘選度
O-DDH01	0	0	0	0	0	9	45	46	49	-5.62	0.70	Moderately well sorted
O-DDH02	29	27	20	1	2	10	11	0	63	-5.98	0.78	Moderately sorted
O-DDH03	0	0	0	0	0	2	95	3	61	-5.94	0.99	Moderately sorted
O-DDH04	0	0	0	0	0	5	95	0	38	-5.24	0.68	Moderately well sorted
O-DDH05	15	2	5	0	0	10	68	0	49	-5.60	0.96	Moderately sorted
O-DDH06	0	0	0	0	2	10	55	33	41	-5.36	0.85	Moderately sorted
O-HG01	2	12	45	8	1	14	18	0	67	-6.07	0.80	Moderately sorted
O-HG02	0	0	41	1	0	12	46	0	59	-5.87	0.97	Moderately sorted
O-HG03	1	9	54	0	0	14	13	9	68	-6.08	0.93	Moderately sorted
O-WH01	0	0	77	1	0	22	0	0	64	-5.99	0.92	Moderately sorted
O-WH02	0	0	89	0	0	11	0	0	57	-5.82	0.75	Moderately sorted

Ma：大理岩 (Marble)；Mc：變質燧石 (Metachert)；Sc：片岩 (Schist)；Mb：變質基性岩 (Metabasite)，包含蛇紋岩、角閃岩、陽起石；Sl：板岩 (Slate)；Vq：脈石英 (Vein quartz)；Ms：變質砂岩 (Metasandstone)；Ss：砂岩 (Sandstone)。岩性下數字為記錄之礫石顆數。

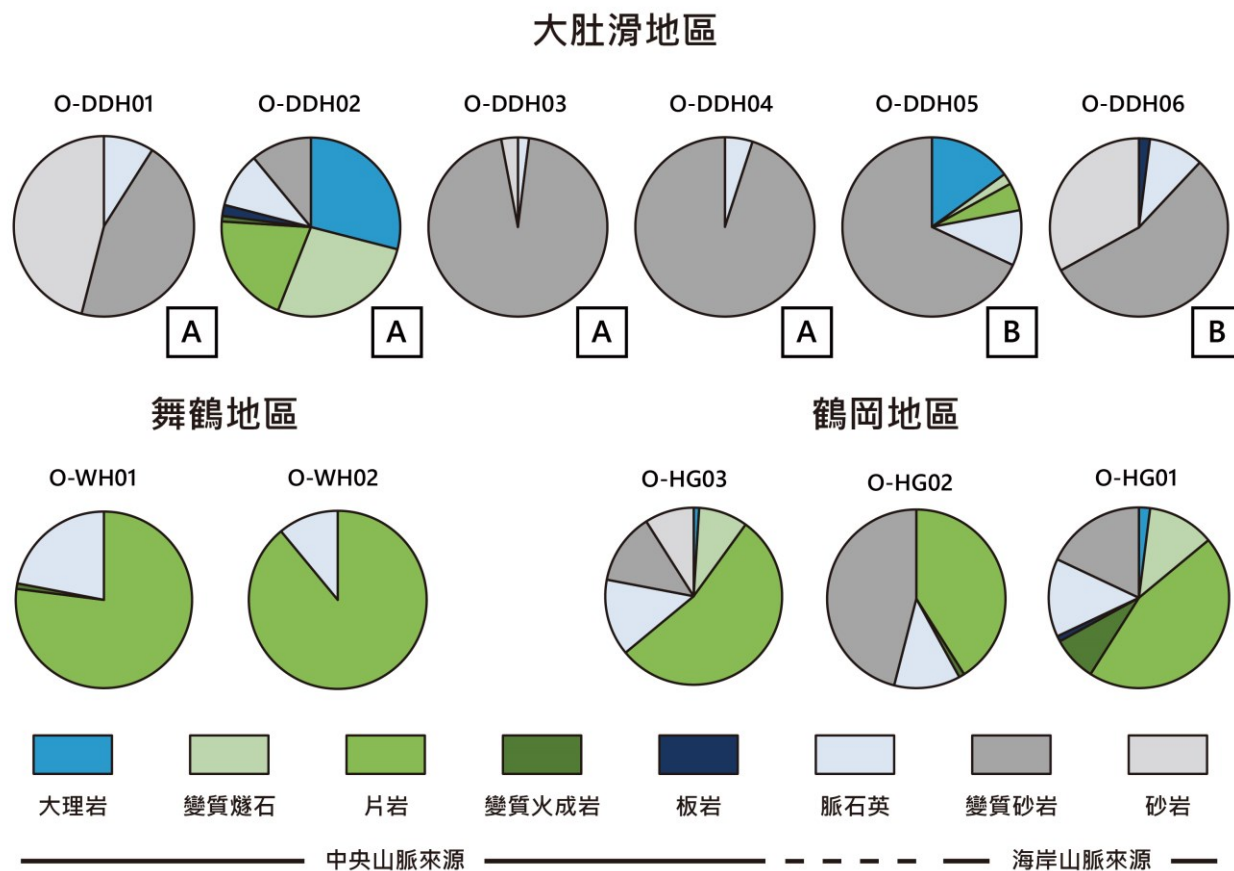
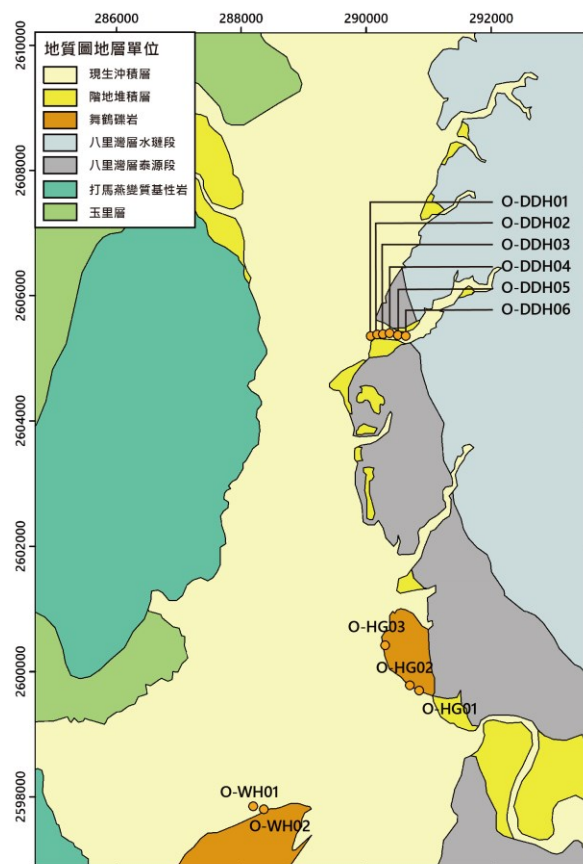


圖 3-11、礫岩露頭採樣點與岩性組成圓餅圖。

舞鶴地區的礫石岩性皆為中央山脈來源；鶴岡地區為海岸山脈與中央山脈來源共同出現；大肚滑地區則以海岸山脈來源為主，局部出現兩側來源組成。

3.3 微體化石分析

在初步的野外調查中，僅憑岩相觀察並無法很好的區分部分礫岩露頭是否屬於八里灣層中的水璉礫岩。本研究在大肚滑溪 B 段 (F-DDH01, F-DDH02) 與鶴岡溪 (F-HG01) 礫岩露頭中採取細顆粒沉積物，並於安夜西溪標準水璉礫岩露頭 (F-AYS01) 採樣驗證，在顯微鏡輔助下檢驗沉積物所含之微體化石種類。各採樣點點位如圖 3-12 所示，樣本數據參照表 3-3。將過篩完的乾重除以樣本重即可得到大於 63 μ m 的沉積物粗顆粒比。以一般做微體化石分析而言，除 F-DDH01 以外之樣本粗顆粒比均稍嫌過大，但仍能在其中找到微體化石出現。

F-AYS01 中具有最多有孔蟲化石殼體出現，完整殼體包含碎片約有二十幾隻，部分殼體有受應力變形的狀況 (圖 3-13)。F-HG01 中僅找到一塊破碎的有孔蟲殼體，另有發現軟珊瑚的骨針化石 (圖 3-14)。以上化石證據顯示該礫岩露頭為海相環境，地層應為水璉礫岩。F-DDH01 中發現一腹足綱殼體，因其特徵不明顯，無法鑑種作為環境指標化石 (圖 3-15)。F-DDH02 中則無任何化石殼體出現。在檢視沉積物過程中，F-DDH01 相較其他樣本內部出現許多植物碎屑 (圖 3-16)，顯示其應為靠近陸源之河流相或淺海相環境。綜合以上資訊，本研究依微體化石之種類與豐度判斷，大肚滑溪 B 段之礫岩與水璉礫岩應為不同地層單位。

表 3-3、微體化石樣本數據。

Name	樣本重 (g)	乾重 (g)	粗顆粒比 (%)	檢驗重 (g)
F-AYS01	80.50	25.51	31.69	8.25
F-HG01	80.22	55.16	68.76	22.02
F-DDH01	130.5	4.63	3.55	4.53
F-DDH02	88.31	49.77	56.36	30.56

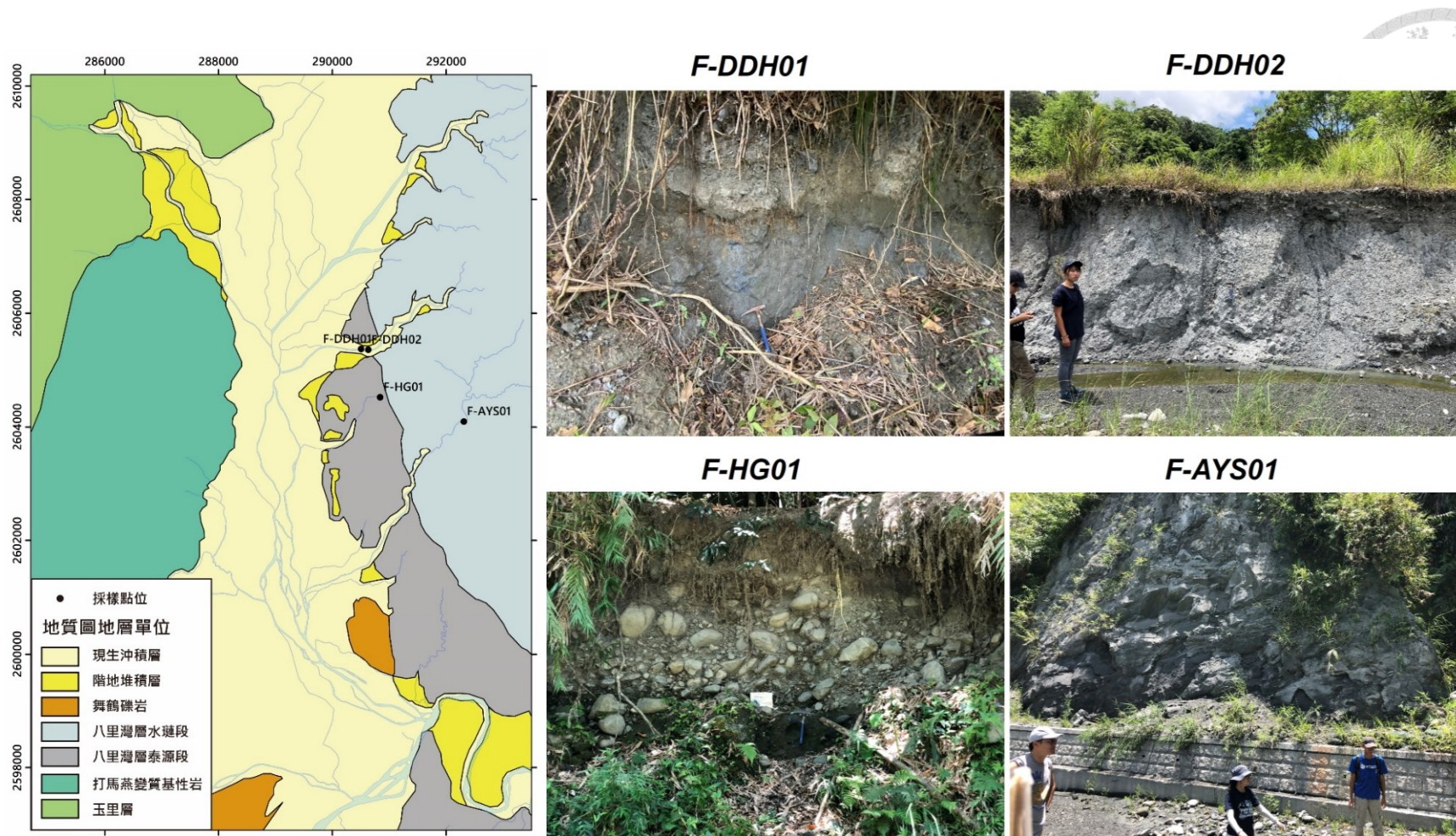


圖 3-12、微體化石採樣點位與露頭照片。

F-DDH01 採樣於一深色厚泥層；F-DDH02 採樣於基質中較細區域；F-HG01 採樣於照片下方深色基質較細區域；F-AYS01 採樣於礫層間砂泥層。

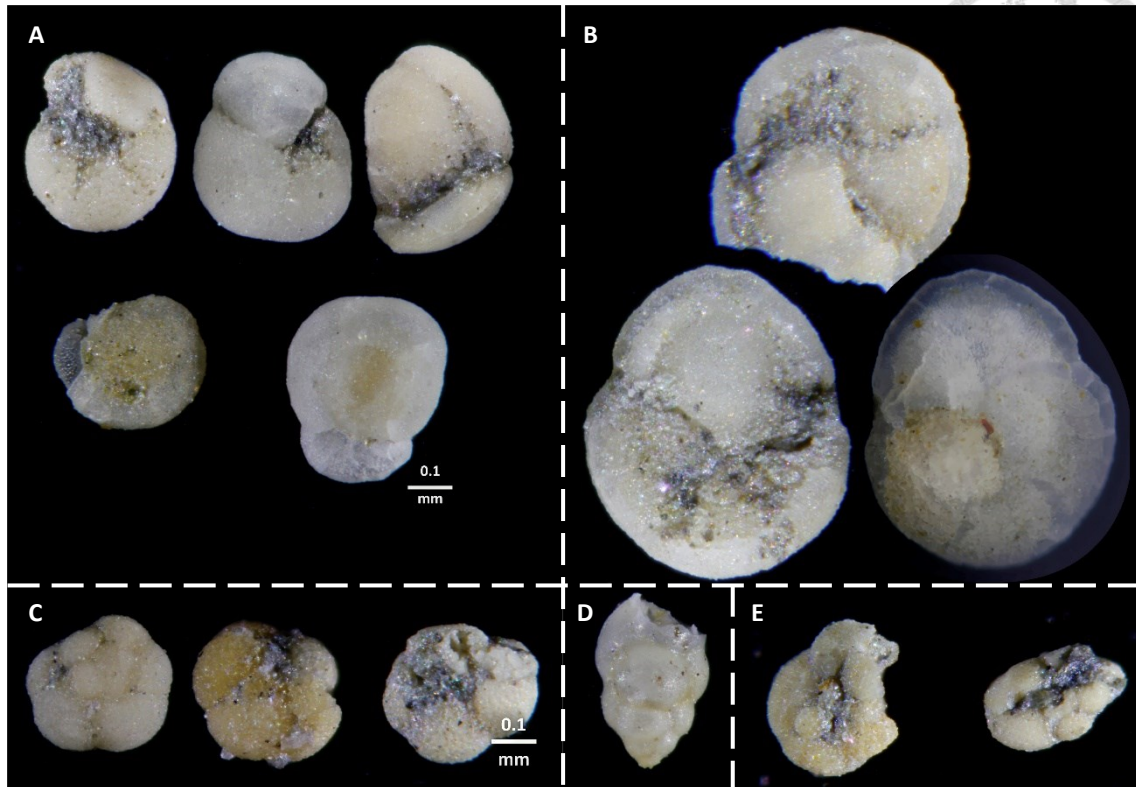


圖 3-13、F-AYS01 樣本之微體化石。

照片大小經手動縮放調整為相同比例尺。參考 Hesemann (2023) 有孔蟲資料庫初步鑑定結果，A 為 *Globorotalia crassaformis*；B 為 *Globorotalia tumida*；C 為 *Neogloboquadrina humerosa*；D 為底棲性有孔蟲，無法辨認種屬；E 為受變形之殼體，無法辨認種屬。

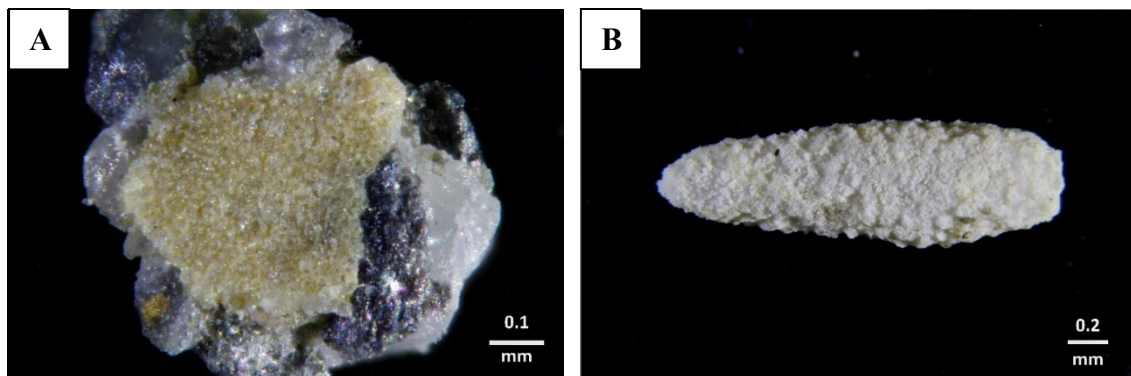


圖 3-14、F-HG01 樣本之微體化石。

(A) 有孔蟲殼體碎片，圖中比例尺因顯微鏡參數設定有誤，0.1mm 應更長。(B) 軟珊瑚骨針化石。

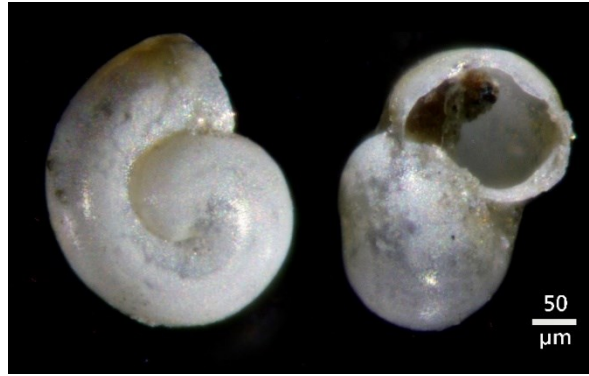


圖 3-15、F-DDH01 微體化石。

兩者為同一樣本不同角度擺放，由於殼體太小，僅能判斷其為腹足綱。

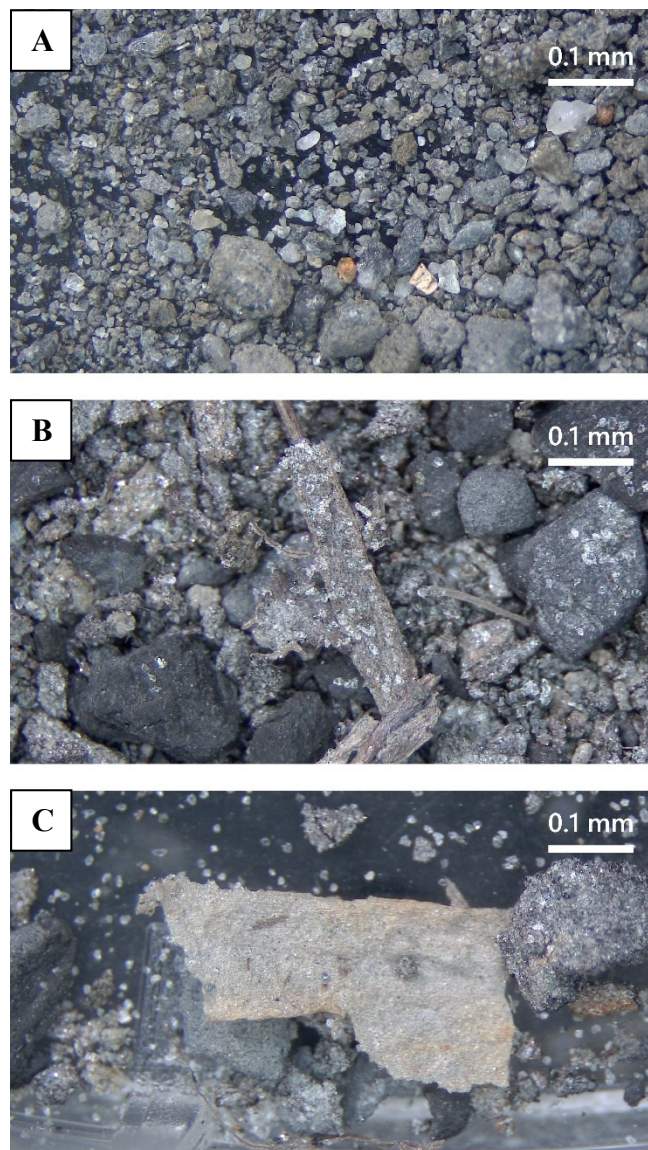


圖 3-16、顯微鏡下沉積物照片。

(A) 為 F-AYS01 樣本，(B) 與 (C) 為 F-DDH01 樣本，內含大量植物纖維碎屑。

3.4 大肚滑溪構造剖面

由野外礫岩露頭觀察與位態資料推論，大肚滑溪內部可能存在一斷層相關褶皺 (fault-related fold)，但背斜的兩翼並沒有出現明確的指準層可做對比。由礫石組成分析發現，在 A、B 兩段中各有一段礫石岩性組成較為特殊的層位 (O-DDH02 與 O-DDH05)。雖然兩者的組成比例與層厚並不相同，但在整段大肚滑溪中只有這兩段有出現中央山脈來源的礫石，可能指示兩者原先為同一層位的地層。因此本研究欲以該層位作為指準層，並繪製構造剖面檢視該背斜在空間幾何上是否成立以及大致形貌。

在參考斷層相關褶皺的模型敘述 (Suppe and Namson, 1979, Suppe and Medwedeff, 1990) 後，本研究設定一個簡易模型並做出以下假設：斷層上盤的地層等厚且不存在內部變形；在變形前 O-DDH02 與 O-DDH05 為同一層位。在上述假設下運用急折帶法繪製構造剖面，剖面線方向垂直於大肚滑溪內主要構造線 (縱谷斷層) 與平均地層位態方向。

由於礫岩中的位態本身並不一定準確，野外測量時也容易因露頭狀況產生誤差，因此本研究在判定同一傾角區域時給予較大寬容度，以將兩翼指準層對起來為目標。在進行視傾角轉換步驟時，發現真傾角與視傾角之間角度轉換皆在五度以內，小於同一區域傾角的角度變化，因此製圖時直接以量測到的傾角沿走向延伸投影至剖面上。另外，斷層上盤剖面總長約 500 公尺，野外所量測的位態資料皆在河床面，高度變化約為 10 公尺。在無垂直比例放大的狀況下地形起伏不明顯，因此剖面視為等高。

依整體的位態平均來看斷層上盤的傾角共可以分成五區，由西往東為 40、70、45、25、45 度 (圖 3-17)。野外觀察中含有中央山脈來源礫石之礫層以紫色線段標示於剖面上。以背斜西翼 O-DDH02 出露位置與厚度做為控制，移動分角線使該礫層在構造剖面上接近背斜東翼 O-DDH05 的位置。藍色線段表示自 O-DDH02 出發的礫層應有的構造形貌。初步繪圖結果與實際觀察結果有顯著差異。考慮到礫岩中的位態可能因量測方法出現真實位態較野外資料緩。為使兩翼指準層能更好得對在一起，本研究將 25 度的傾角區域修正為該區域中出現的最緩傾角 15 度。依此修正繪製的構造形貌如圖 3-17 所示。在調整後指準層與實際觀察位置約有 20 公尺的偏移，在總長 500 公尺的剖面中誤差約為 4%。

雖然最終繪圖結果無法將兩翼指準層完全對在一起，但野外量測的礫岩位態本就存在許多誤差。且野外觀察指準層層厚確實有出現變化，與繪製剖面的假設有衝突。本研究認為在如此簡易的模型假設下，此誤差偏移可以被接受。大肚滑溪的背斜構造在空間幾何上可以成立。此一繪圖結果顯示大肚滑溪西傾的 A 段與東傾的 B 段應視為同一套地層單位討論。

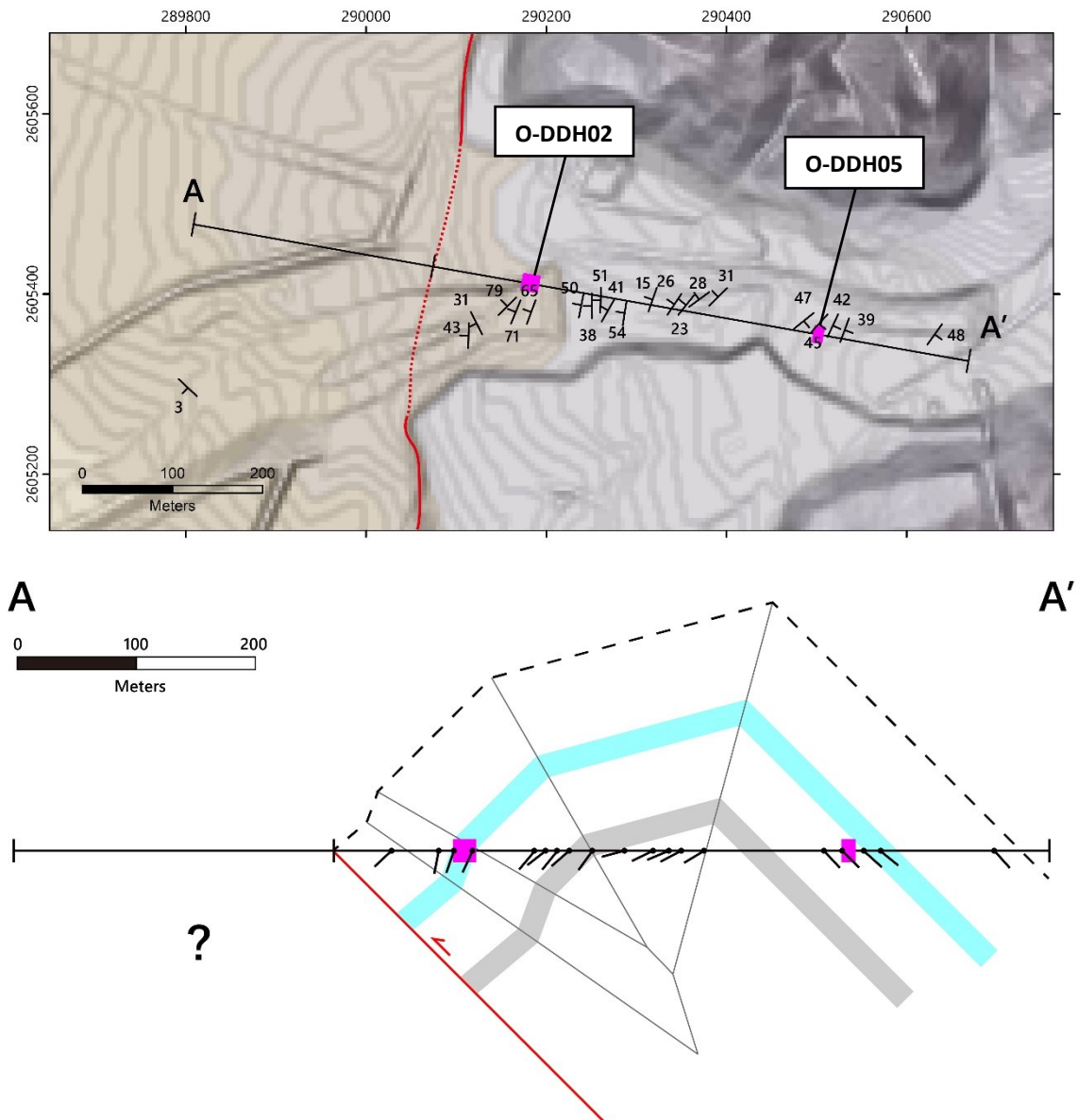


圖 3-17、大肚滑溪構造剖面。

紅色線段為縱谷斷層，依背斜後翼地層傾角向下延伸；紫色線段為野外實際觀察到指準層位出露位置；藍色線段為以 O-DDH02 厚度做為控制所畫出的地層延伸，與實際觀察到的位置約有 20 公尺的誤差。

Chapter 4 地形分析成果

本研究依據階地形貌推測這些階地形成的主控機制，並將其分為三類：主流階地、支流階地與崩積階地。主流階地高度較高，呈條帶狀南北分布於富源溪東側；支流階地高度較低，具有明顯扇狀外緣，分布於支流出口兩側；崩積階地具有明顯圓弧狀崩崖冠部，僅局部出現在鶴岡階地西緣。辨識成果如圖 4-1 所示，以下將分別敘述區域內主流階地與支流階地特徵。

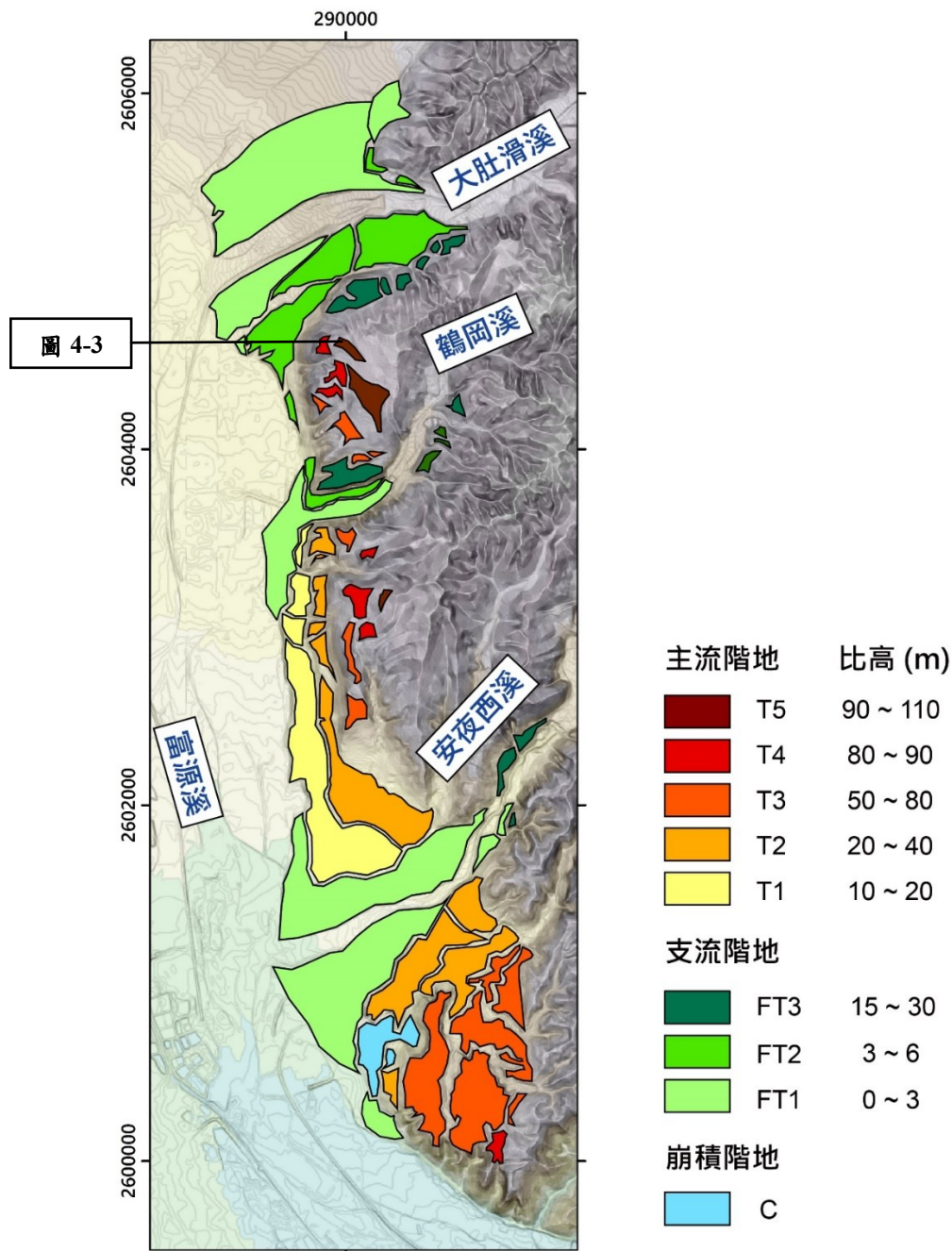


圖 4-1、鶴岡地區階地分布圖。

4.1 主流階地

主流階地依相對西側富源溪河床之比高可分為 5 階，編號方式由低至高排序，階序由西往東漸高。在鶴岡溪以南，T1 與 T2 在南北方向有很好的連續性，階面往南漸低，坡度變化與現今富源溪河道相似（圖 4-2）。T3 面於鶴岡地區發育最佳，階面受溪溝侵蝕影響，分為許多不同高度的小塊，整體階面朝西傾斜。T4 與 T5 階面較為破碎，連續性較差。

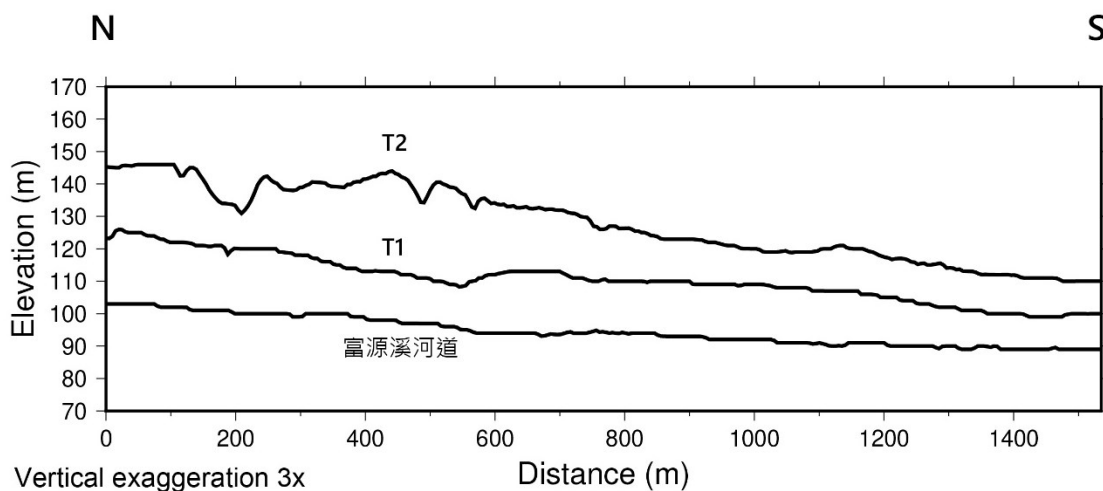


圖 4-2、鶴岡溪以南之階地與富源溪河道地形對比。

本圖僅為表示三者坡度在南北向變化相近，T1、T2 剖面詳細位置標示於圖 5-9，富源溪河道剖面為 T1 西側現生河床地形面，因在圖 4-1 範圍外而未標示。

野外調查結果顯示這些階面現今多為農田，種植柚子、檳榔、茶樹等經濟作物。階面上可觀察到磨圓度佳的礫石出現，多為海岸山脈來源之變質砂岩，在鶴岡 T3 階面則觀察到較多中央山脈來源之片岩。階地下方並未明確觀察到底岩出露，階面上也未觀察到八里灣層之砂頁岩殘餘碎塊出現，僅在鶴岡南側階崖發現底岩為含有中央山脈來源之傾斜礫岩。研究區域內 T3 以上的階面可以觀察到土壤層出現（圖 4-3），化育程度不如西南方舞鶴台地的紅土。對比 Shyu et al. (2016) 中階地土壤分類，本研究認為 T3 以上的階地年紀可能在 5,000 到 25,000 年間。綜合整體階地分布形貌與野外觀察來看，本研究認為這些階面代表了過去古富源溪的河床面。



圖 4-3、T5 階面露頭。

礫石階地已發育有厚層土壤，化育程度對應圖 4-4 (c)，推測階地的年紀在 5 - 25 ka 間，地點標示於圖 4-1。

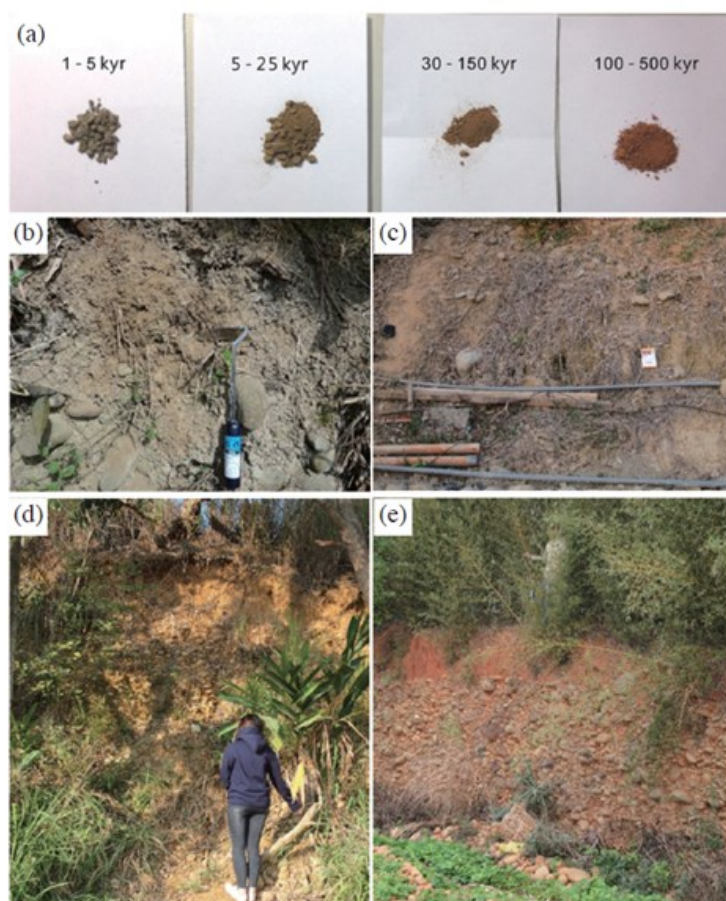


圖 4-4、礫石階地土壤化育程度分類，引用自 Shyu et al. (2016)。

(a) 階地土壤的紅化程度會隨著風化時間而增加，因此可以以土壤化育程度推算階地形成的年代；(b) 1 - 5 kyr 之階地土壤露頭；(c) 5 - 25 kyr 之階地土壤露頭；(d) 30 - 150 kyr 之階地土壤露頭；(e) 100 - 500 kyr 之階地土壤露頭。



4.2 支流階地

研究區域內共有三條海岸山脈的支流系統，三條支流外側皆可觀察到具扇形外緣的階地，北側大肚滑溪區域的等高線呈現同心圓狀向外擴散，為標準的沖積扇地形特徵。鶴岡溪與安夜西溪於扇頂上游也有局部階地發育，形成機制可能與下游沖積扇不同。由於此類階地的等高線走向皆與支流方向垂直，野外調查中階地表面未發育土壤層，與上一節的主流階地不同，因此將其歸類為支流階地。三處支流階地階序為以鄰近支流進行比高之結果，不同支流間的階序並無直接關聯。

大肚滑溪 FT2 階面被一南北線形崖截切，崖高 8 至 10 公尺，此線形位置可對應到溪床中縱谷斷層位置，因此判斷此線形崖應為斷層崖。Shyu et al. (2007) 指出此處在 1951 年的同震抬升量約為 1 至 2.1 公尺，顯示該斷層崖為多次地震累積的結果。野外調查顯示此處原始地形已受到人為活動影響，南北向的崖線被修整為一條往南漸高的道路，無斷層露頭出現。大肚滑溪南側有一系列高度較高的階地出現，由於其延伸方向與支流方向相近，加上階地南緣具有較高的地形存在，此處階地較不可能是西側主流河道河階，因此判斷為大肚滑溪的河階系統。階面等高線已無從判斷是否為沖積事件堆積形成。

4.3 小結

過去鶴岡區域階地的研究（石再添等人，1983、楊貴三，1986、張瑞津等人，1992）皆為在縱谷內大架構下的討論，並未考慮到來自海岸山脈的支流系統的影響。本研究由整體階地的形貌與坡向區分區域內主流與支流系統，並加入活動構造分布探討地形與構造之間的關係，主要聚焦在主流階地之形成機制。

本研究認為研究區域內的主流階地面代表了過去古富源溪的河床面，要形成現今的階面形貌有兩種可能情況：一是河床面原先在較現今還要高的高度，因下游侵蝕基準面下降，河床面因應侵蝕基準面平衡跟著下降；二是原始河床面與現今高度相近，但因斷層活動造成斷層上盤的河床面抬升。若情況一為真，富源溪的兩側皆會發育相同高度的階地系統。但在瑞穗以北至大肚滑地區，階地僅發育在海岸山脈側，說明形成機制可能較接近情況二，亦即階地面的形成與縱谷東側的斷層活動有關。

本研究加入了中央地調所的活動斷層分布圖（林啟文等人，2021）與臺灣地震模型計畫的孕震構造資料（Shyu et al., 2020）共同進行檢視（圖 4-5）。兩者斷層跡在於研究區域的中段位置有些許的差異，地調所版本的斷層跡位於 T2 西緣，而 Shyu et al.（2020）的版本則位於 T1 西緣。除了大肚滑溪沖積扇上的崖面確定為斷層崖外，其餘斷層跡沿線的階崖無法確認其為河蝕崖或是斷層崖。本研究認為既然主流階地面的形成為斷層活動抬升所致，考慮到縱谷斷層為東傾的逆移斷層，抬升的上盤區域應完整包含所有的主流階地，因此本研究認為 Shyu et al.（2020）的斷層跡較為合理。

縱谷斷層在此處具有震間鎖定、同震滑移的活動特性（Chen et al., 2007），本研究認為主流階地面的形成機制如圖 4-6 所示：在長時間跨度下，縱谷主流系統的侵蝕與堆積達到平衡，河床面維持在固定高度；當斷層發生同震抬升事件，上盤區域的底岩與主流河床面一同上升形成階面；此時被抬升的地形面受到主流河道的側蝕作用，同震形成的斷層崖可能會向東後退形成河蝕崖；在下一次同震抬升事件中，上盤區域的主流河床面形成新一期的階面。

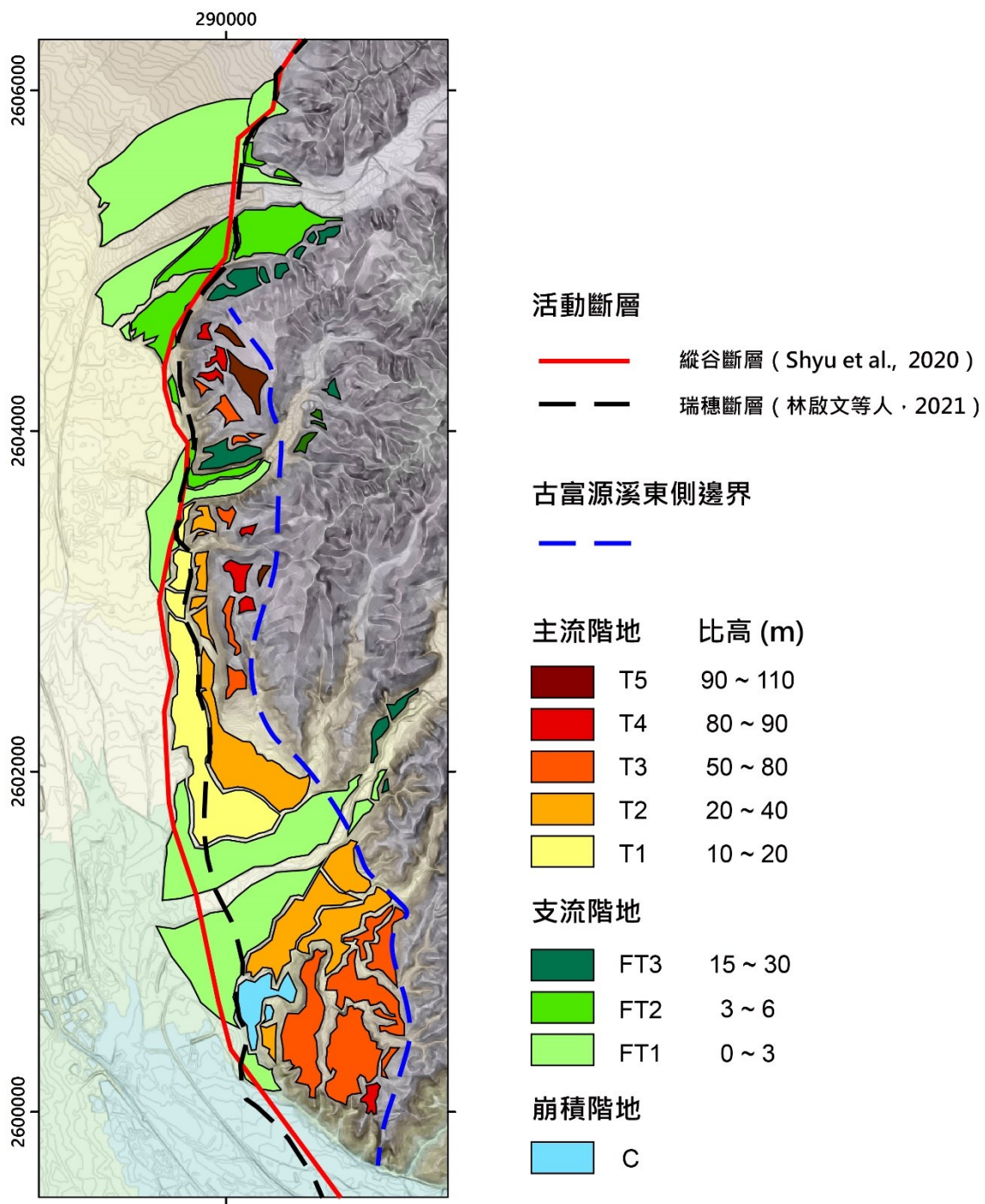


圖 4-5、階地與活動構造分布圖。

兩種版本的斷層跡有些許差異，由主流階地的分布來看 Shyu et al. (2020) 的版本較為合理。主流階地的分布也指示了過去富源溪流經的範圍。

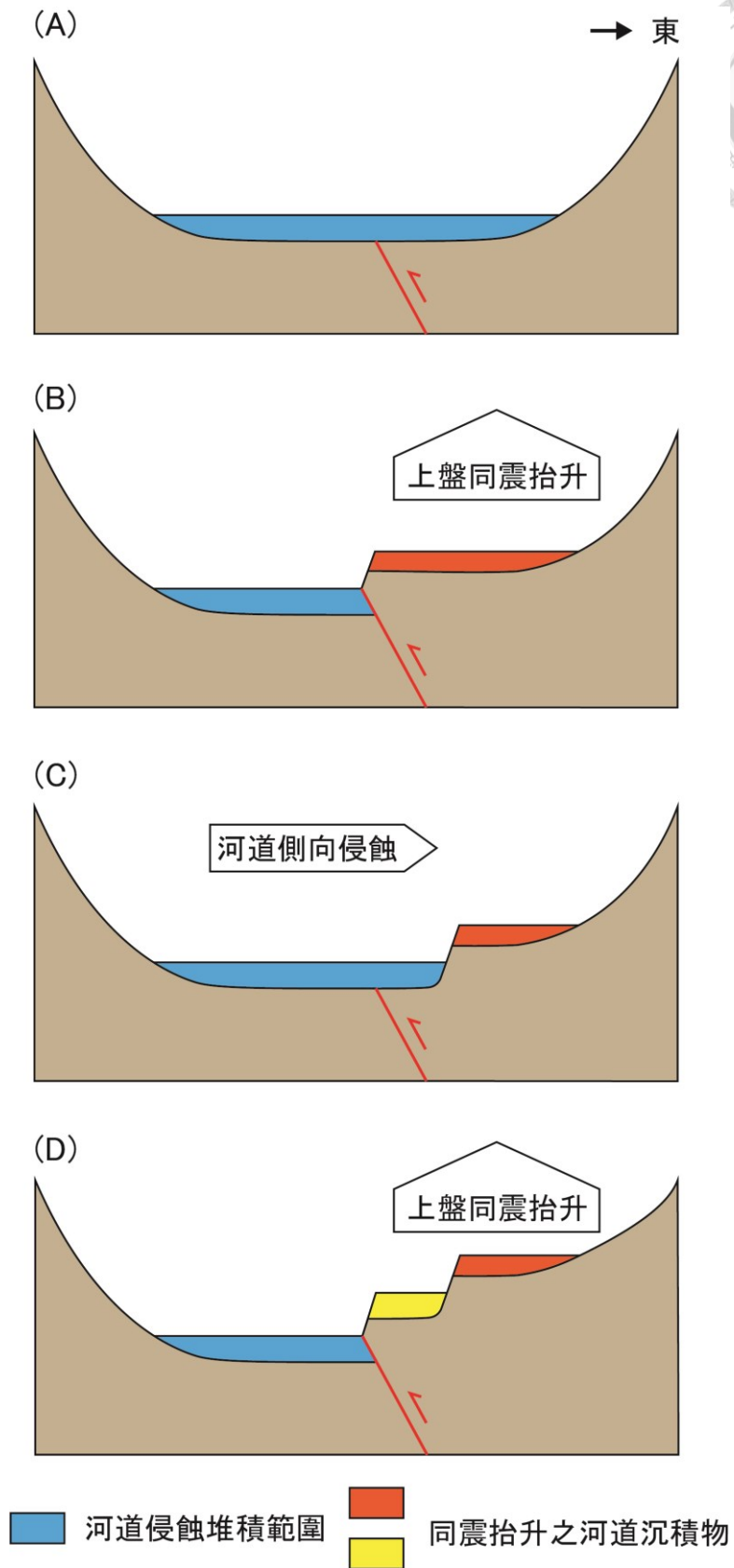


圖 4-6、主流階地形成機制示意圖。

鶴岡地區的主流階地為縱谷斷層的同震抬升與富源溪的側向侵蝕共同作用下形成。

Chapter 5 討論



5.1 鶴岡礫岩之沉積環境

根據前述的研究成果，大肚滑溪內斷層東側之礫岩、鶴岡地區之舞鶴礫岩與舞鶴台地區之舞鶴礫岩可能分別代表不同河流的沉積環境。前兩處的沉積環境可能較為相似，而與舞鶴台地區之標準舞鶴礫岩有差異。因此本研究將大肚滑溪內斷層東側之礫岩與鶴岡地區之舞鶴礫岩命名為鶴岡礫岩，並藉由野外露頭點位繪製其分布範圍（圖 5-1）。搭配前述成果討論該礫岩的古沉積環境，將其自舞鶴礫岩中獨立分出。首先經由初步的野外露頭觀察判斷，可以排除其為八里灣層中水璉礫岩的可能性。水璉礫岩中的礫石多為直徑數十公分以上的變質砂岩巨礫，且不同礫徑的層位變化明顯，於野外較易判斷岩層位態，砂岩層多為深灰色；鶴岡礫岩中的礫石粒徑則在十公分上下，於野外需靠近露頭細看才能判讀岩層位態，露頭整體顏色偏黃棕色，推測為風化作用所致。

由地緣位置判斷，鶴岡礫岩最有可能的沉積環境為海岸山脈的沖積扇或縱谷內部的瓣狀河，本文傾向解釋為後者。其中關鍵證據為礫岩的沉積物來源不單只有海岸山脈，部分點位也含有中央山脈來源的礫石。在鶴岡地區出露的礫石岩性包含了兩側山脈來源，與現今富源溪點位的組成相似。而在大肚滑地區中，雖多數層位的礫石以海岸山脈來源為主，局部依然有中央山脈來源與海岸山脈來源礫石共同出現的層位，顯示該區域在沉積時仍會接收到來自中央山脈的沉積物，整體環境應較偏向縱谷內部的瓣狀河而不是海岸山脈的沖積扇。另外在野外觀察中，鶴岡礫岩中夾有許多淘選度佳、數十公分厚的厚砂岩層，此類砂岩通常沉積於較穩定的水力環境中，而沖積扇環境多為不穩定的事件性堆積，較難出現上述的穩定水力環境。實際上在所有海岸山脈側的現生沖積扇河道中，也沒有觀察到任何大型沙洲的出現，因此本研究認為此類砂岩可能代表了縱谷內部瓣狀河系統中的沙洲環境。

綜上所述，本研究認為鶴岡礫岩的沉積環境為縱谷內部主流的瓣狀河系統，其沉積環境與舞鶴礫岩並不相同。由礫石岩性組成結果顯示舞鶴礫岩的沉積物皆為中央山脈來源，推測其沉積環境可能為中央山脈沖積扇。此沉積環境差異為本研究將鶴岡礫岩獨立自舞鶴礫岩的主要原因。鶴岡礫岩內部礫石的岩性組成在不同區域有些許變化，在研究區域北部的大肚滑溪具有較多海岸山脈來源的礫石，在南部

鶴岡地區則是中央山脈來源佔比較海岸山脈來源多。本研究認為這樣的差異可能來自於研究區域南北的沖積扇規模差異（圖 5-1）。從間距 10 公尺的等高線圖可以發現，海岸山脈側的沖積扇在研究區域北部較中央山脈側的發育來的大。過去鶴岡礫岩在沉積時，古富源溪在北邊可能因而接收到較多海岸山脈來源的沉積物。大肚滑溪以南的海岸山脈側沖積扇規模逐漸變小，輸入進古富源溪的沉積物相對也漸少。礫石岩性組成比例被中央山脈來源的沉積物反超。這樣的現象也可以在現生河道的沉積物來源比例中觀察到。

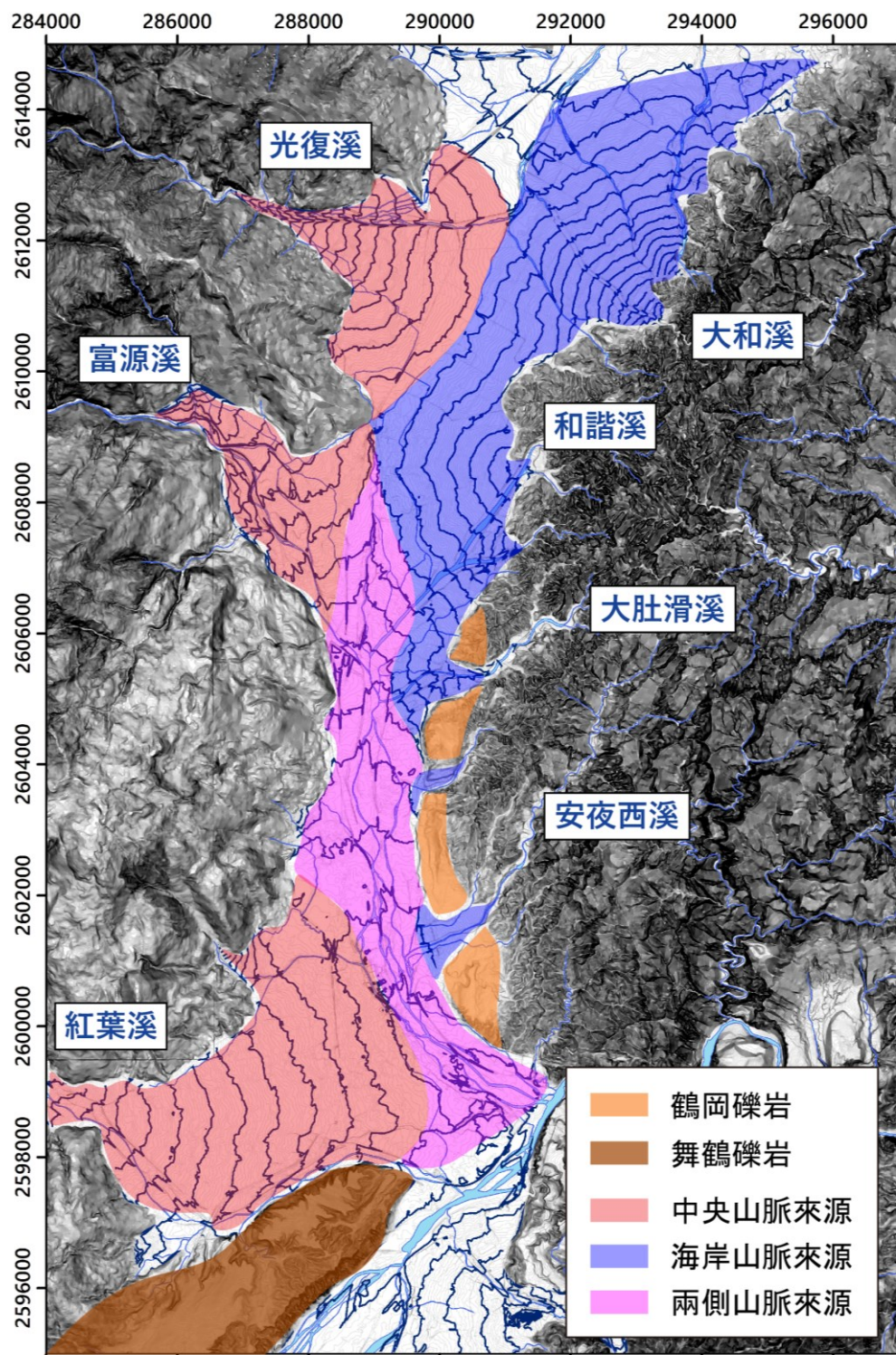


圖 5-1、鶴岡礫岩、舞鶴礫岩與兩側山脈沉積物來源分布圖。

本研究認為鶴岡礫岩的前身為古富源溪（縱谷內主流）之沉積物，分布於海岸山脈西側山前緣。而西南方舞鶴礫岩的前身則為紅葉溪沖出之沉積物。由現今地形來看，海岸山脈來源之沉積物在研究區域北邊較中央山脈來源多，因此鶴岡礫岩的沉積物在大肚滑地區是以海岸山脈來源為主，往南在鶴岡地區則是以中央山脈來源占多數。

5.2 鶴岡礫岩邊界之構造意義

一般而言，縱谷的主流河道系統應該會在地勢較低的區域發育，若是以構造的角度來看，會傾向發育在縱谷斷層的下盤區域，斷層的上盤則為被抬升的海岸山脈地層。既然鶴岡礫岩代表了過去縱谷內主流（古富源溪）的沉積物，其在沉積時應位於縱谷斷層的下盤，而其東側邊界應為當時縱谷斷層的位置。但由野外觀察發現，現今的鶴岡礫岩位於縱谷斷層的上盤，縱谷斷層出現在鶴岡礫岩的西側，意即鶴岡礫岩的兩側邊界可能均為斷層，東側的斷層為八里灣層與鶴岡礫岩之邊界，西側的斷層為鶴岡礫岩與年輕縱谷沉積物的邊界。本研究依此岩層關係提出研究區域的地體架構模型。

5.2.1 地體架構模型

在板塊聚合邊界，地體為消耗大量的水平縮短分量，逆斷層經常會沿著底部的基底滑脫面不斷向前發育分支斷層並造成上盤地塊的褶曲變形，形成一系列由逆斷層與背斜所構成的褶皺逆衝帶（Van der Pluijm and Marshak, 2004）。本研究認為研究區域內的地體架構可以套用上述概念（圖 5-2），在西側的斷層為較年輕且活躍的前緣分支，而東側的斷層為較早期形成的逆斷層。以下縱谷斷層皆指鶴岡礫岩西側的縱谷斷層，東側的縱谷斷層將以舊縱谷斷層代稱。

本研究認為在大肚滑溪發現的背斜構造可對應到此地體架構模型中鶴岡礫岩的褶皺系統。該背斜的西翼有一段高角度傾斜的區域，東翼的地層傾角則相對較緩，為斷層擴展褶皺（fault-propagation folding）之特徵（Suppe and Medwedeff, 1990）。斷層擴展褶皺為褶皺逆衝帶中常見的褶皺形成機制（Mitra, 1990），當地底下的逆斷層在發育過程中受阻無法向前滑動時，滑移量會以褶皺的形式消耗，在斷層尖端（fault tip）上部形成前翼陡後翼緩的不對稱背斜褶皺（圖 5-3）。

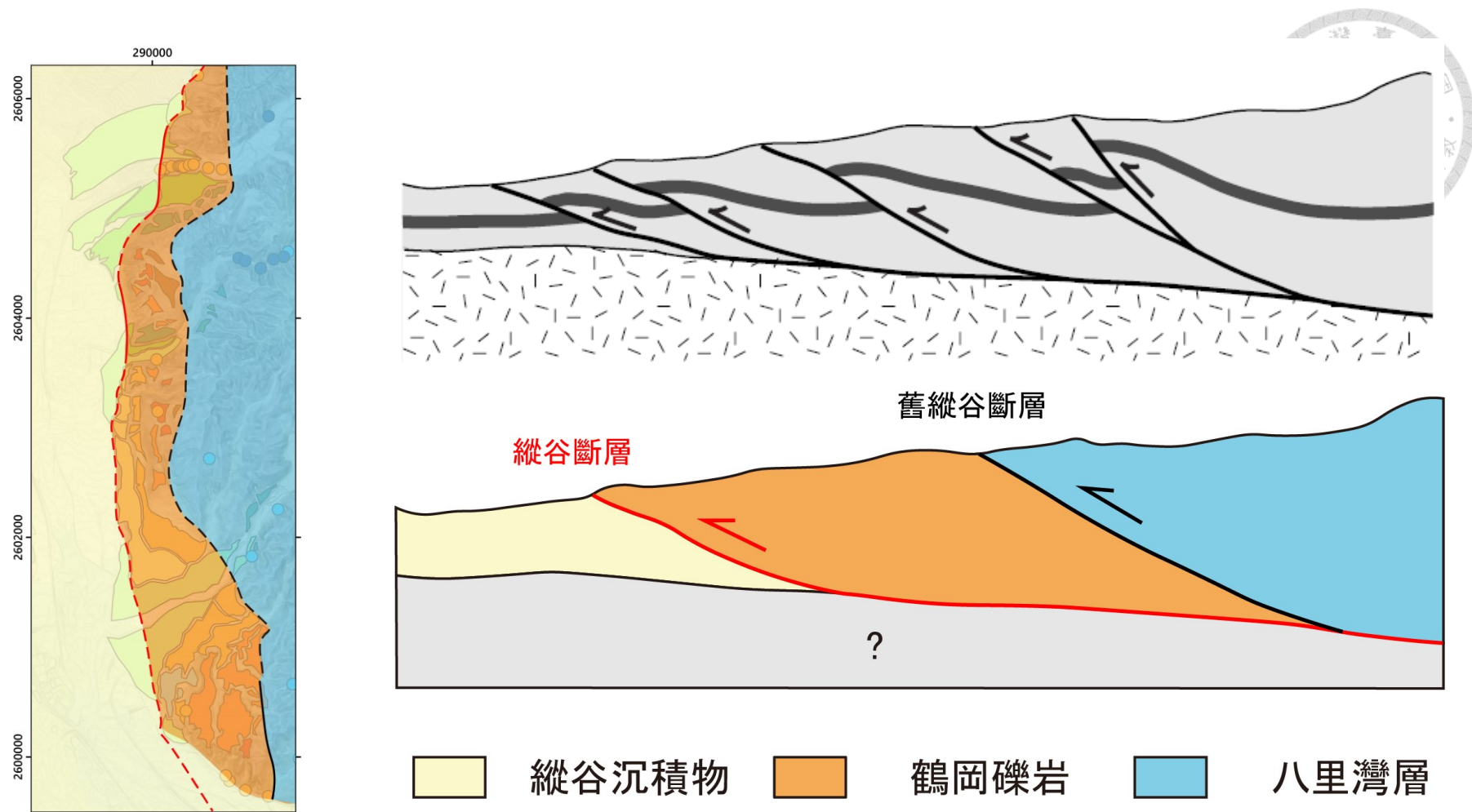


圖 5-2、鶴岡地區地體構造與褶皺逆衝帶示意圖，修改自 Van der Pluijm and Marshak (2004)。

本研究認為鶴岡地區的地體架構可以以褶皺逆衝帶類比。東側斷層（舊縱谷斷層）為八里灣層與鶴岡礫岩之邊界。此斷層為較早形成之斷層，現今活動性較低。西側斷層（縱谷斷層）為新生、較活躍的前緣分支構造，為鶴岡礫岩與年輕縱谷沉積物的邊界。

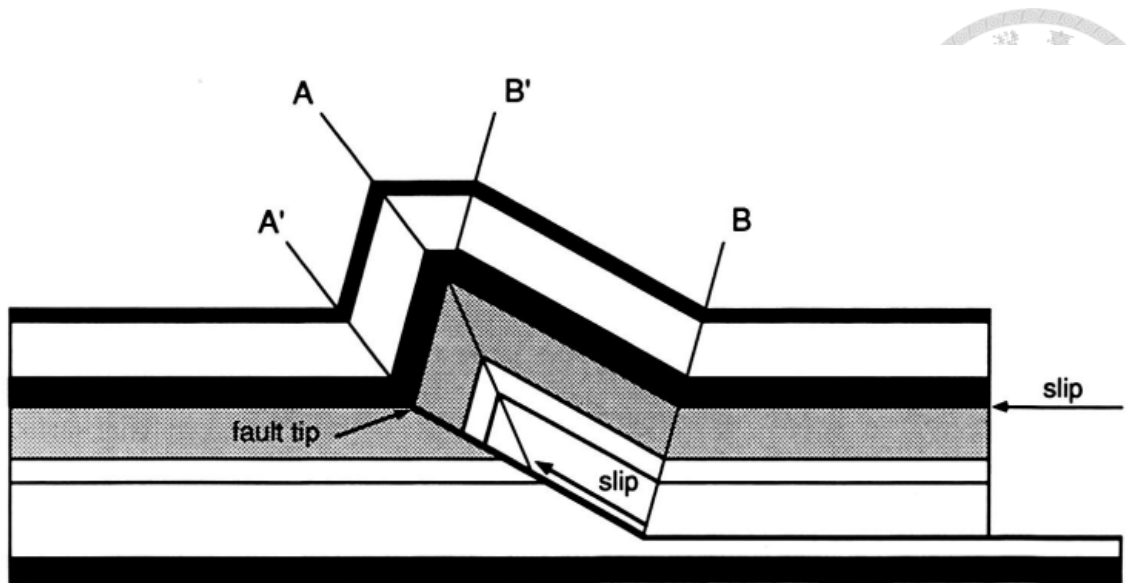


圖 5-3、斷層擴展褶皺剖面圖，引用自 Suppe and Medwedeff (1990)。

尚未破出地表的逆斷層在發育受阻無法向前滑動時，滑移量會以褶皺的形式消耗，在斷層尖端上部形成前翼陡後翼緩的不對稱背斜褶皺。對應大肚滑溪中的背斜形貌。

Suppe and Medwedeff (1990) 的斷層擴展褶皺模型對應至大肚滑溪中的構造剖面有兩處較為明顯的差異：一是斷層擴展褶皺模型中的斷層並未破裂至地表，而縱谷斷層在大肚滑溪則有地表破裂的歷史紀錄 (Hsu, 1962)，說明斷層在不同時期的變形機制可能發生變化；二是大肚滑背斜在前翼地層位態最陡處西側還有一處地層傾角較緩的區域，本研究在此提出兩種模式進行解釋。

第一種模式為縱谷斷層在破裂至地表時發育出了新的前緣分支。縱谷斷層在初期以盲斷層的形式發育，在斷層尖端發展斷層擴展褶皺 (圖 5-4 A)。後期當縱谷斷層持續向上發育時，縱谷斷層並不沿著原始的盲斷層方向生長，而是在更前方發展出一條新的分支斷層破裂至地表，在前翼形成一處地層傾角較緩的區域 (圖 5-4 B)。距離大肚滑溪北方三公里處的古地震槽溝研究 (Yen et al., 2008) 指出縱谷斷層在露頭尺度下具有至少三條逆斷層分支，本研究在大肚滑溪的斷層露頭也觀察到複數斷層分支的存在，顯示縱谷斷層每次破裂時，在地表附近並不一定會完全跟隨已存在的斷層弱面，而是有可能會發展新的分支破裂。

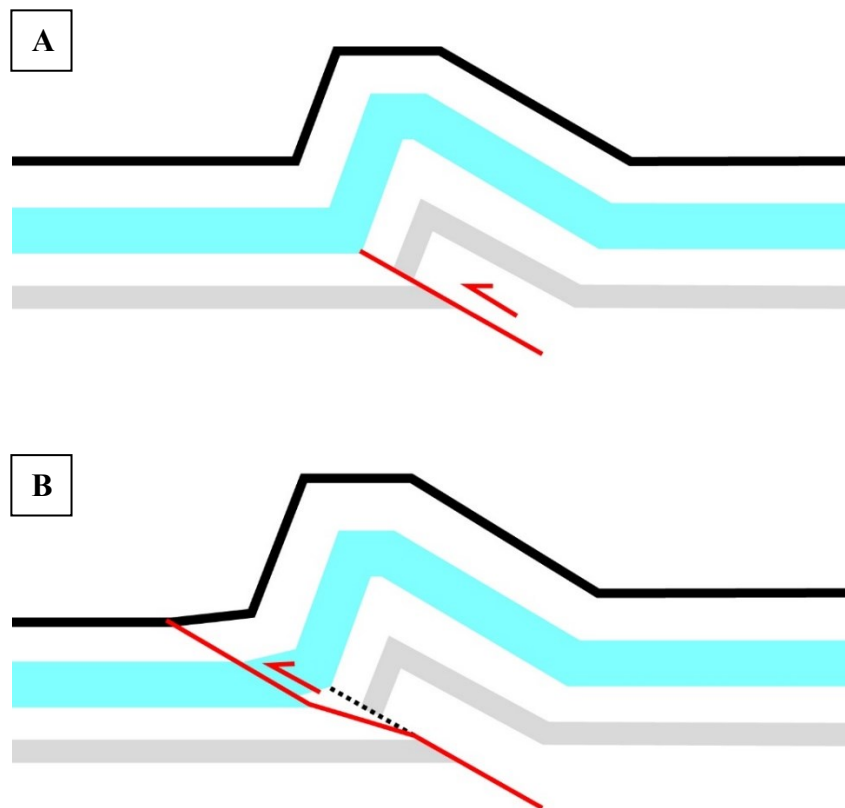


圖 5-4、縱谷斷層演育模式圖。

(A) 縱谷斷層以盲斷層的形式發育斷層擴展褶皺。(B) 縱谷斷層發育新的前緣分支破裂至地表。

第二種模式主要為前翼較緩的地層提供另一種形成的機制。縱谷斷層以盲斷層形式發育的過程中，斷層擴展褶皺逐漸長高。在變形發生前形成的地層（pre-growth strata）上部仍有大量沉積物持續堆積，新形成的地層因地形變化而出現不等厚的狀況，在前翼形成生長地層（growth strata）的形貌（圖 5-5）。後續縱谷斷層持續向前發育切出地表，上部地層受外力侵蝕至同一水平面，地層傾角便會出現靠近軸部陡，遠離軸部緩的特徵（圖 5-6）。受限於背斜前翼地層出露狀況，並無法判斷何種模式較為正確，兩種模式可能同時存在。以上模式皆展現縱谷斷層由地下盲斷層形式發育至切出地表的過程，顯示縱谷斷層為一條相當年輕的活動構造。

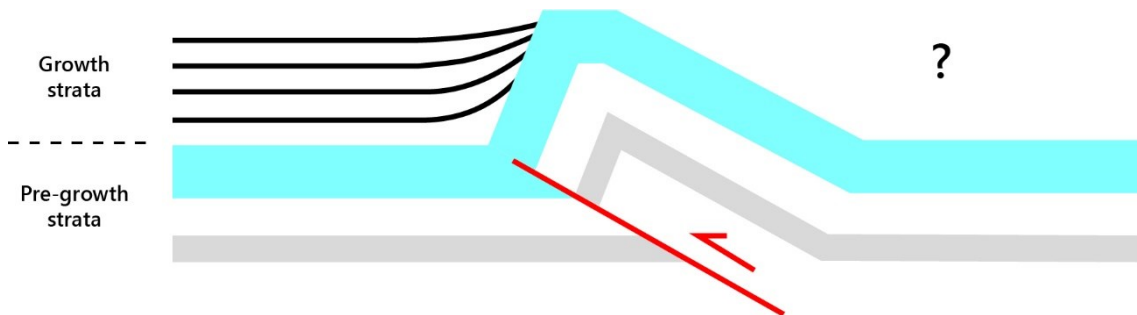


圖 5-5、生長地層模式圖。

Growth strata：構造活動發生期間形成之不等厚地層。Pre-growth strata：在構造活動發生前形成之等厚地層。由於野外觀察中背斜後翼位態無明顯變化，本研究僅聚焦在前翼。

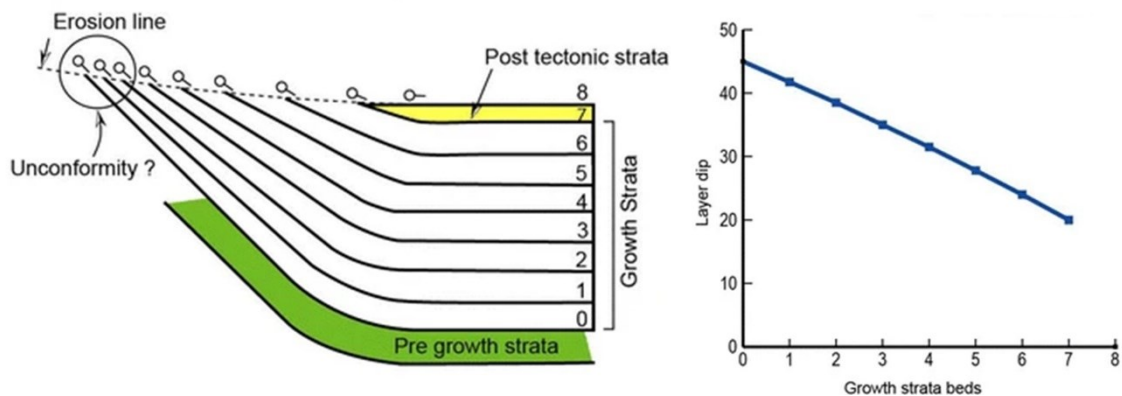


圖 5-6、生長地層傾角變化圖，修改自 Ahmadi et al. (2013)。

左圖說明生長地層在高度相近的侵蝕面下，地層傾角會有越年輕越緩的特徵，右圖顯示地層層序與傾角的關係。

5.2.2 舊縱谷斷層

在上述地體構造模型中，舊縱谷斷層為八里灣層與鶴岡礫岩之邊界，但本研究在野外調查中受限於露頭狀況，並未找到明確的邊界位置與斷層露頭。王源等人（1992）在製作玉里圖幅地質圖調查舞鶴礫岩時，於鶴岡階地東南側瑞港公路上觀察到八里灣層的泥岩逆衝至礫岩之上，認為兩者之間為斷層接觸，但受限於圖幅範圍，斷層並未繪製於地質圖上。在後續出版的海岸山脈地質圖（圖 5-7）中，王源與陳文山（1993）以實線斷層標示八里灣層與鶴岡礫岩之邊界，表示其也許在當時有觀察到該斷層的露頭。然而現今可能受到大量植被覆蓋影響，該處露頭已不復見。

本研究認為鶴岡礫岩為古富源溪之河道沉積物，因此古富源溪的東側邊界可視為舊縱谷斷層的位置，而古富源溪的東側邊界除了鶴岡礫岩的露頭外，也可以由主流階地的分布進行控制。因此本研究利用野外觀察獲得的露頭與階地分布，搭配地形上的特徵，將舊縱谷斷層依照線形崖谷向北延伸進大肚滑溪，同時整合前人認為的縱谷斷層位置（Shyu et al., 2020、林啟文等人，2021）共同繪製於圖 5-8。其中也可以觀察到在舊縱谷斷層的兩側並無明顯的地形高差變化，可能指示其近期活動性不高。

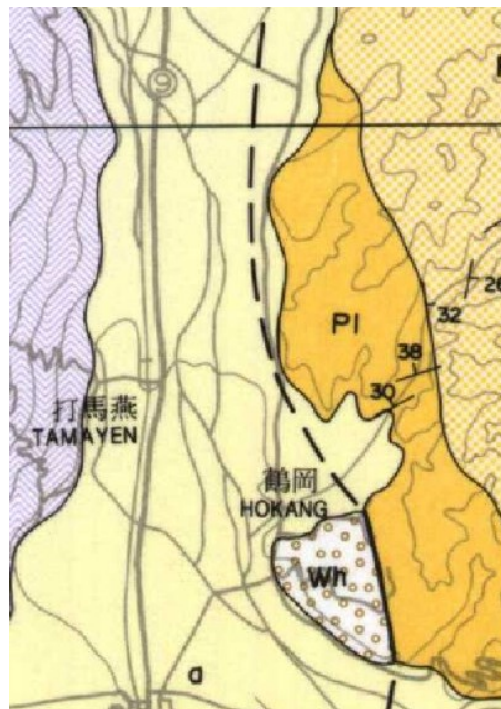


圖 5-7、十萬分之一海岸山脈北段地質圖，引用自王源與陳文山（1993）。

本研究認為圖中實線可代表在鶴岡地區的舊縱谷斷層位置。Pl：八里灣層；Wh：舞鶴礫岩（即本文中所定義的鶴岡礫岩）

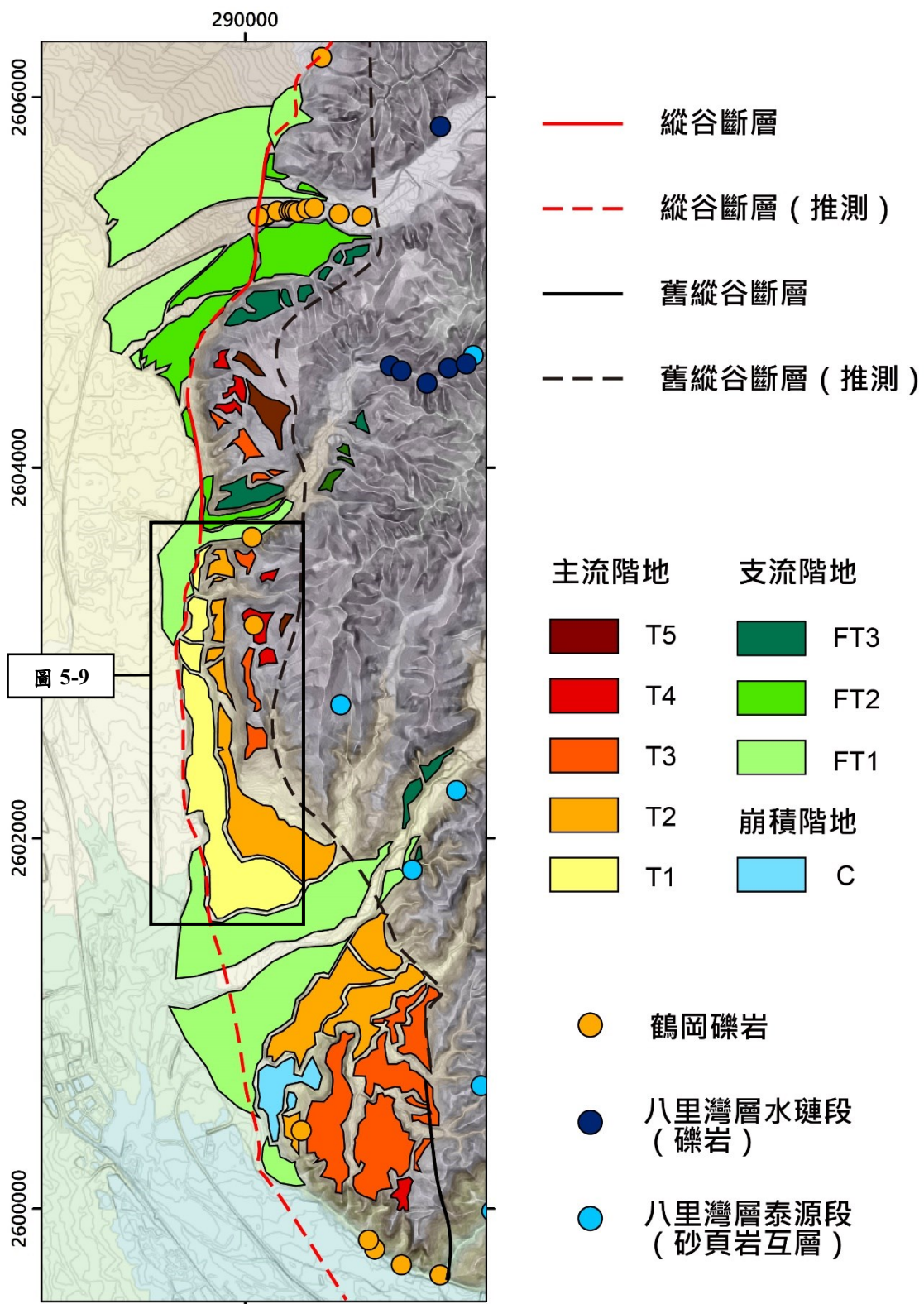


圖 5-8、研究區域主要構造分布圖。

縱谷斷層位於主流階地西緣，舊縱谷斷層需位於主流階地的東側，兩斷層之間即代表鶴岡礫岩的分布範圍。縱谷斷層實線部分參考 Shyu et al. (2007) 中 1951 明確地表破裂位置；舊縱谷斷層實線部分繪自王源與陳文山 (1993)。

5.2.3 存疑性次要構造與地形剖面

本研究由等高線圖發現鶴岡溪以南之主流階地有一西北—東南向的線形崖，為東北側高西南側低，並且在階序越高的階地上高差越大，但在地形剖面上此線形崖並不明顯（圖 5-9）。此線形崖與周圍主要構造的方向不同，過去在鶴岡地區也曾有部分文獻提及類似於這個走向的構造，例如楊蔭清（1953）指出 1951 年地震有出現西北—東南向的地裂；鍾令和（2003）指出在鶴岡國小南邊 150 公尺有延伸 1-2 公里的東西向地裂，寬 1 公尺，垂直落差最小半公尺（由現今地形判斷應為北高南低），可能與地調所「縱谷地震災害照片集」中圖說 15-6 中走向為 N40W 的地裂是同一條；另外在游明聖（1997）提出的瑞穗地區構造地形演育模式中，鶴岡台地西南方存在一鶴岡斷層，為一西北—東南走向之正斷層。本研究認為此處有兩條主要逆斷層構造：縱谷斷層與舊縱谷斷層，考慮到縱谷斷層在此處帶有左移分量，舊縱谷斷層應該也具有相似的活動特性。在兩條左移走滑斷層之間為伸張的應力環境，經常會發育次要的正斷層系統（圖 5-10），與主要構造方向呈共軛關係，因此本研究認為鶴岡溪以南之西北—東南向線形可能是縱谷斷層與舊縱谷斷層之走滑分量所形成的次生正斷層陷落。

在大肚滑地區，本研究利用 RTK-GPS 測量高精度的地形剖面檢視階面與構造之間的關係。結果發現該處縱谷斷層西側與東側的階面具有相同的坡度（圖 5-12，D-D'剖面），與現生河道的坡度相近，顯示該階面應為大肚滑溪的古沖積扇面。若將上盤階面做直線延伸，上下盤間的階面高差約為 8 公尺。在大肚滑溪沿線鶴岡礫岩露頭中發現的背斜構造並未造成此一階面的褶皺變形，顯示在沖積扇面形成後至今，此處斷層的變形機制已由斷層擴展褶皺轉變為以斷層面上的滑移為主。

在鶴岡階地上存在一南北向地形凹谷，張瑞津等人（1992）由南側階崖的直立礫層判斷，認為此地形凹陷為斷層活動所致；沈淑敏（2006）將其命名為鶴岡線形。以上文獻僅為初步地形上的觀察，對於鶴岡線形是否為斷層以及其活動特性並無深入討論。由 RTK-GPS 所測量的高精度地形剖面顯示（圖 5-12，E-E'剖面），本研究發現在鶴岡線形兩側的 T3 階面並沒有垂直方向上的高差變化，於野外調查中也沒有發現任何露頭證據指示其活動特性。相較於西側的主要逆斷層系統，該線形的長度與連續性皆較差，加上此一線形在 T2 上完全沒有跡象，因此本研究認為此一線形崖可能為區域中活動性較低的次要構造。由於此線形在地形上非常明顯，且

方向平行於主要構造，本研究認為此線形可能與鶴岡礫岩中的背斜構造有關。在背斜軸部區域，經常可以發現地層因拉張應力發育節理系統（圖 5-11），成為岩體較脆弱的區域，甚至會發育形成一系列小型的正斷層地塹系統。由於線形兩側的階面不存在顯著的高差，野外觀察也無法進一步確認地層內部是否存在相對位移，本研究在此提出兩種可能的形成解釋：第一種情況為地層內部不存在相對位移，鶴岡線形為背斜軸部的節理受後期侵蝕作用凹陷成溝；第二種情況為地層內部存在相對位移，鶴岡線形為背斜軸部因拉張而形成的淺部正斷層陷落。

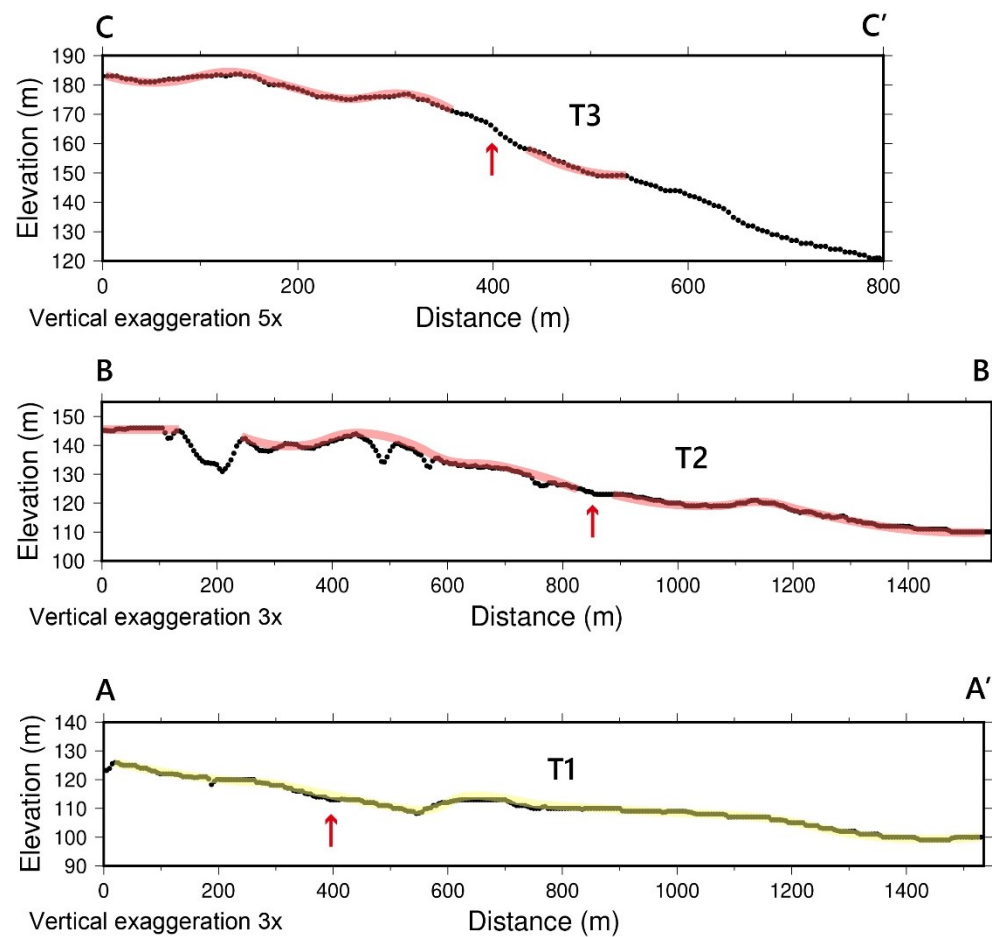
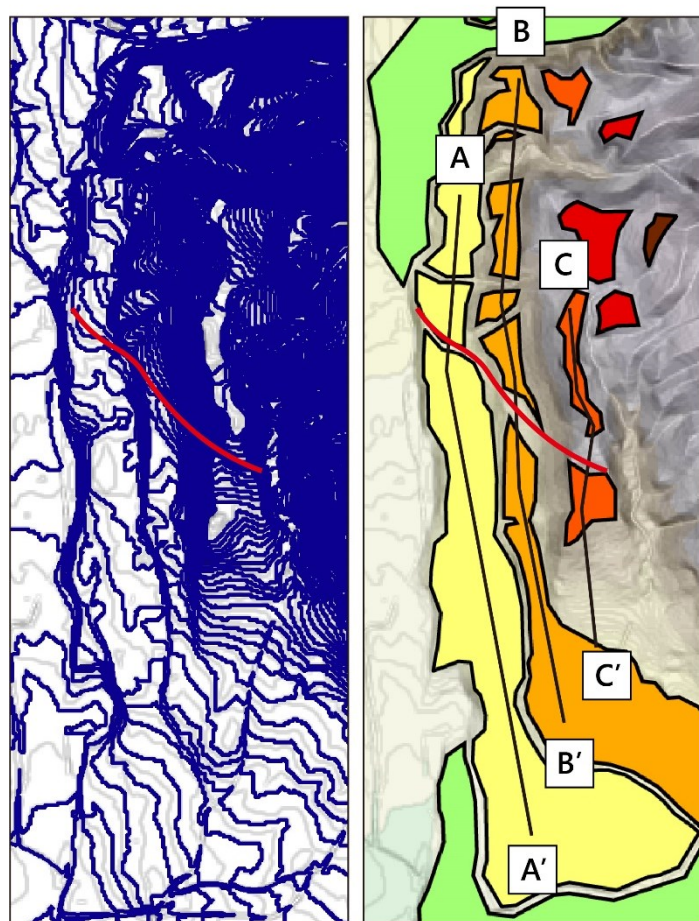


圖 5-9、鶴岡溪以南主流階地地形剖面。

由等高線圖發現疑似有一西北-東南走向線形崖通過主流階地階面（左圖紅線），但在 T1 與 T2 地形剖面上此線形崖並不明顯，在 T3 約有 15 公尺的高差。紅色箭頭指示線形崖位置，地形資料為精度 5m 之數值高程模型，範圍標示於圖 5-8。

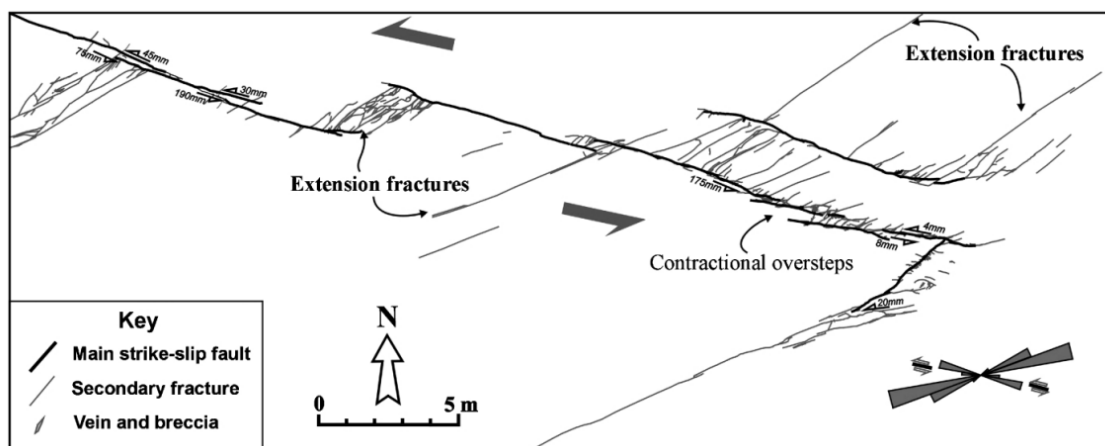


圖 5-10、左移斷層帶破裂示意圖，引用自 Kim et al. (2003)。

當左移斷層出現平行跳躍（overstep）的現象時，會在兩斷層之間發育次生的共軛正斷層系統，鶴岡溪南側主流階地上西北—東南向線形之形成機制可能與其相似。

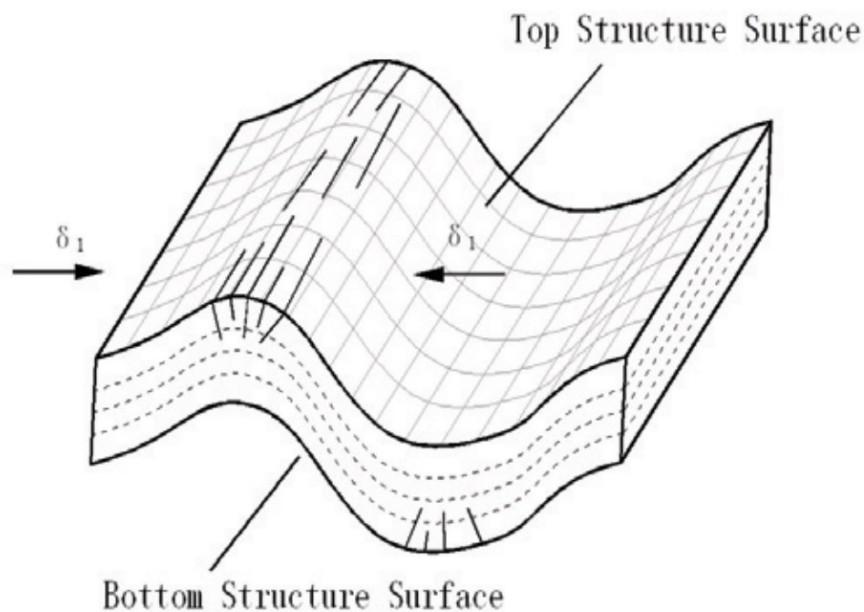


圖 5-11、褶皺破裂示意圖，引用自 Suo et al. (2012)。

岩層受應力作用，易於背斜軸部發育平行背斜走向之節理破裂，鶴岡階地上南北向地形凹谷的形成機制可能與其相似。

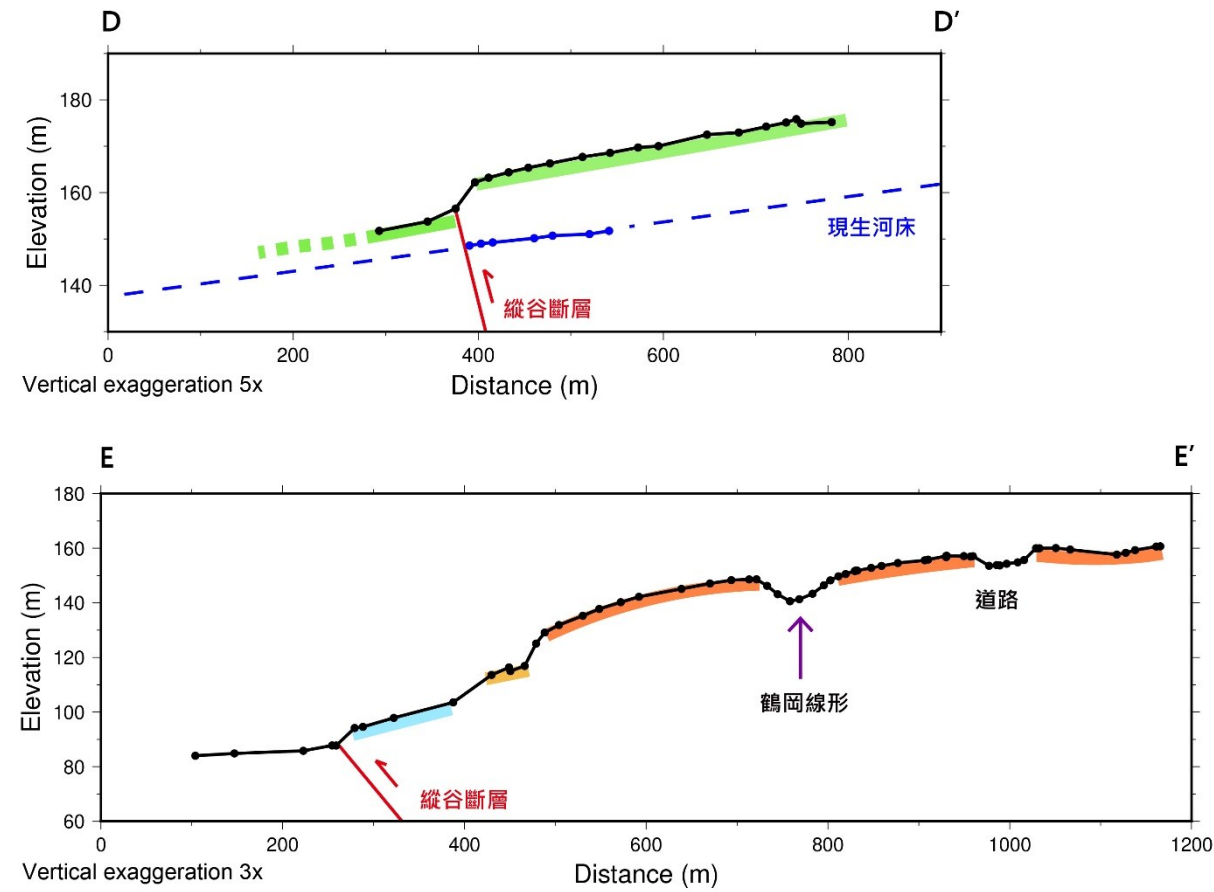
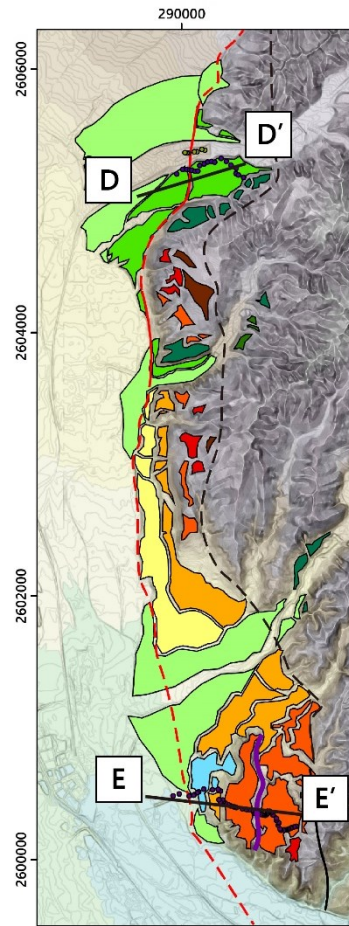


圖 5-12、RTK-GPS 地形剖面。

D-D'剖面顯示斷層兩側階面具有相似坡度，藍色虛線為現生河道地形面。E-E'剖面顯示鶴岡線形（左圖紫線）兩側階面無明顯高差。



5.3 區域地形演育

5.3.1 鶴岡礫岩年代

綜合上述的觀察與想法，本研究在此章節中將討論鶴岡礫岩、主要構造與地形之間的演化歷史。由於鶴岡礫岩的堆積年代尚不清楚，本研究將先利用鶴岡礫岩上覆的階地形成年代做為控制，推測鶴岡礫岩的可能形成年代。於研究區域稍北的大富槽溝研究中，Yen et al. (2008) 認為縱谷斷層的垂直抬升速率為 8.5 - 12.2 mm/yr。Chen et al. (2021) 由 14 年間 (2004 - 2018) 的水準測量資料推算，認為縱谷中段的縱谷斷層 (瑞穗斷層) 垂直抬升速率約為 10 mm/yr。以上方法所得為縱谷斷層短期的抬升速率。在長期的抬升速率方面，Shyu et al. (2006b) 由階地的定年結果搭配構造形貌得到斷層面上的滑移速率約為 22.7 mm/yr。由斷層面傾角 (30° - 50°) 以三角函數換算縱谷斷層的長期抬升速率為 11.4 - 17.4 mm/yr。地形變化所反應的為千年至萬年尺度長期構造活動速率，因此在計算階地年代時選用 Shyu et al. (2006b) 中滑移速率換算而得的長期抬升速率。

本研究假設研究區域內主流階地的抬升皆為縱谷斷層的活動造成。由階地比高與垂直抬升速率即可計算出階地累積抬升至現今高度的時間，以此作為階地可能的形成年代。由於比高與抬升速率均具有一定範圍，本研究利用兩者最大值與最小值計算可能的形成年代區間，取最大值與最小值的平均，並將數值四捨五入進位至小數點第一位，以得到各階地地面的形成年代，數據如表 5-1 所示。計算結果和野外觀察中以土壤發育狀況推論的年代區間可互相呼應。T3 以上年代老於五千年，最老的 T5 形成年代約在 7 千 4 百年前。由於鶴岡礫岩的形成年代需老於最老的主流階地形成年代，由上述方法計算出的階地形成年代可代表礫岩堆積年代的最小值。且階地堆積物與鶴岡礫岩間為交角不整合，兩者之間可能具有很長時間的年代差異。本研究僅能推估鶴岡礫岩開始堆積的年代老於 7 千 4 百年，可能與南方舞鶴礫岩由定年結果與階地發育得到的形成年代相近，為晚更新世形成的地層 (Chen et al., 1991、Shyu et al., 2006a)。

表 5-1、主流階地可能的形成年代。

	比高 (m)		形成年代 (ka)		
	Min.	Max.	Min.	Max.	Avg.
T5	90	110	5.2	9.6	7.4
T4	80	90	4.6	7.9	6.2
T3	50	80	2.9	7.0	4.9
T2	20	40	1.1	3.5	2.3
T1	10	20	0.6	1.8	1.2
長期抬升速率 (Shyu et al., 2006b)			11.4 - 17.4 (m/kyr)		

5.3.2 地形演育歷史

由地層層序與岩層年代，過去研究普遍認為縱谷內部的陸相沉積物的堆積年代始於晚更新世（衣德成等人，2012），因此本研究依主要構造系統與地層架構，提出研究區域內的地形演化階段：自晚更新世以來，縱谷內部以瓣狀河的環境堆積來自兩側山脈的沉積物，當時的縱谷斷層位於現今縱谷斷層跡以東，形成海岸山脈地層與陸相河流沉積物的岩性邊界（圖 5-13A）；隨碰撞擠壓作用持續，縱谷斷層在地下以盲斷層形式向西發育，造成上盤的縱谷沉積物（即本文定義之鶴岡礫岩）變形並形成斷層擴展褶皺。此時由於上盤區域在短期並未有大幅度的抬升，縱谷中的主流河道仍可將斷層擴展褶皺之隆起侵蝕削平，因此原始背斜地形並未有很好的保存（圖 5-13B）；後續西側的新分支（現今的縱谷斷層）切穿地表成為主要的活動分支，上盤的抬升使縱谷主流河道往西偏移而限縮在此構造的下盤，鶴岡稍北的烏漏地區因此成為北段縱谷平原內最窄的區域（張瑞津等人，1994）。同時位於上盤的河道面長期累積地形抬升，形成南北向分布的主流階地系統。由階地形成年代判斷此階段的開始時間應在 7 千 4 百年之前（圖 5-13C）；隨上盤抬升作用持續，海岸山脈側的支流向西流出並切穿這些南北向的階地，同時帶來大量的沉積物堆積形成沖積扇。在縱谷斷層的持續活動下，部分沖積扇面被斷層截穿形成現今的地形（圖 5-13D）。

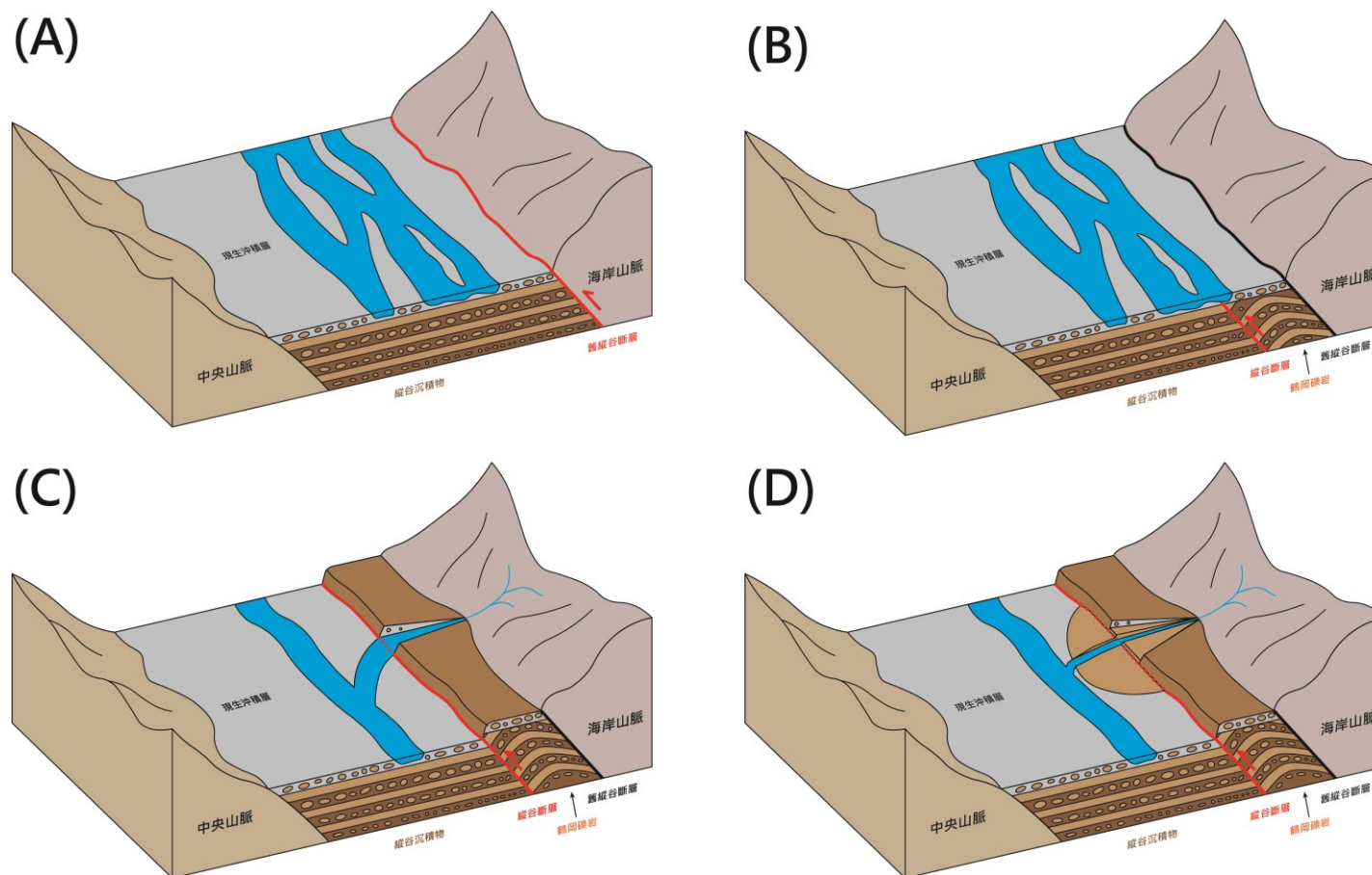


圖 5-13、地形演育示意圖。

縱谷內灰色部分為現生沖積層，下方棕色部分為較老的縱谷沉積物（鶴岡礫岩前身）。(A) 舊縱谷斷層過去為海岸山脈地層與縱谷沉積物間的活動邊界。(B) 現今的縱谷斷層為系統中向西發育的新分支，初期以盲斷層形式發育，在上盤地層形成斷層擴展褶皺。(C) 縱谷斷層切出地表，上盤抬升形成主流階地系統，受海岸山脈側支流下切。(D) 海岸山脈側支流帶來大量沉積物形成沖積扇，其地形面因縱谷斷層的持續活動而被截切。

Chapter 6 結論



本研究經由野外地質調查，釐清縱谷中部海岸山脈西緣（鶴岡至大肚滑地區）受構造活動變形的各個礫岩單位之基本性質與分布，並利用礫岩內部的礫石岩性組成與岩相推斷可能的沉積環境，再藉由以上調查成果提出並定義鶴岡礫岩。後續搭配該區域的階地地形分析成果，探討鶴岡礫岩所經歷的構造地形演化過程，得出以下幾點結論：

1. 地質圖過去認為是八里灣層泰源段的部分地區應修正為鶴岡礫岩。與舞鶴地區的舞鶴礫岩不同，鶴岡礫岩的沉積物來源包含了中央山脈與海岸山脈。在不同區域與層位間，兩側山脈來源的沉積物佔比有明顯變化。在研究區域北邊以海岸山脈來源為主，往南則是以中央山脈來源占比漸多。整體來看，鶴岡礫岩內部的礫石岩性組成與現今的縱谷主流（富源溪）河道的結果相近，其岩相也指示該礫岩之沉積環境為陸相的辮狀河系統。由此推測，鶴岡礫岩為過去縱谷主流河道的沉積物，其分布範圍代表了古富源溪的流域。
2. 由構造地形角度來看，縱谷主流河道會傾向發育於地勢較低處（縱谷斷層下盤），因此前身為縱谷主流河道沉積物的鶴岡礫岩在堆積時應位於縱谷斷層的下盤。本研究認為應存在一舊縱谷斷層於鶴岡礫岩的東緣，作為與海岸山脈地層間的岩性邊界，此斷層位置可由主流階地與岩性地層露頭分布控制，於地形表現上並不明顯，可能指示近期其活動性不高。
3. 現今的縱谷斷層為舊縱谷斷層新形成的前緣分支，其發育造成了鶴岡礫岩內部地層的變形與抬升，並成為研究區域內主要的活動構造，在大肚滑溪形成一斷層擴展褶皺。長期累積的構造活動使古富源溪的河道面大幅抬升，在海岸山脈西緣形成南北向的主流階地系統。由階地累計的抬升量與前人提出的構造抬升速率推估此分支構造應在全新世以前即開始發育，海岸山脈側遭錯動的年輕沖積扇面顯示此分支構造至今仍在持續活動。

參考資料



中文部分：

王源與陳文山（1993）。十萬分之一海岸山脈地質圖幅，經濟部中央地質調查所。

王源、楊昭男與陳文山（1992）。玉里圖幅及說明書，五萬分之一臺灣地質圖 48 號。

經濟部中央地質調查所，共 81 頁。

內政部國土測繪中心（無日期）。測繪知識－常用測繪名詞－高程基準(vertical datum)。2023.06.28，取自：

https://www.nlsc.gov.tw/News_toggle2.aspx?n=1538&sms=9699

石再添、張瑞津、黃朝恩、石慶得、楊貴三與孫林耀明（1983）。臺灣北部及東部活斷層的地形學研究。國立臺灣師範大學地理學研究報告，第九期，第 21-72 頁。

衣德成、陳治宇與林慶偉（2012）。光復圖幅及說明書，五萬分之一臺灣地質圖 41 號，經濟部中央地質調查所，共 95 頁。

何春蓀（2006）。臺灣地質概論，臺灣地質圖說明書（第二版第五刷）。經濟部中央地質調查所，共 163 頁。

沈淑敏（2006）。地震地質調查及活動斷層資料庫建置計畫——活動構造地形判釋及資料庫建置分析(2/2)。經濟部中央地質調查所，共 85 頁。

林朝榮（1957）。臺灣地形。臺灣省文獻委員會，共 424 頁。

林秋婷（2011）。臺灣東部海岸山脈活躍弧陸碰撞過程中弧前盆地上新世扇三角洲及更新世深海扇礫岩沉積研究。國立成功大學地球科學研究所碩士論文，共 66 頁。

林啟文、劉彥求、周稟珊與林燕慧（2021）。臺灣活動斷層調查的近期發展，經濟部中央地質調查所彙刊，第 34 號，第 1-40 頁。

徐鐵良（1954）。臺灣東部海岸山脈地形與近期上升運動。臺灣省地質調查所彙刊，第 7 號，第 9-18 頁。

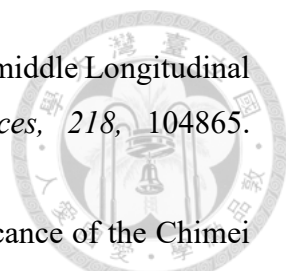
張瑞津、石再添、沈淑敏與張政亮（1992）。花東縱谷北段河階的地形學研究。國立臺灣師範大學地理學研究報告，第 18 期，第 241-292 頁。

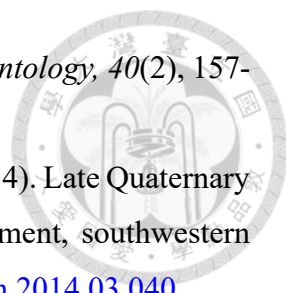
張瑞津、石再添、楊淑君、林譽方與陳翰霖（1994）。花東縱谷沖積扇的地形學研究。國立臺灣師範大學地理學研究報告，第 21 期，第 23-74 頁。

- 
- 許宸維 (1987)。臺灣海岸山脈光復到瑞穗地區八里灣層之沉積學研究。國立臺灣大學地質科學研究所碩士論文，共 69 頁。
- 陳文山 (2016)。臺灣地質概論。中華民國地質學會，共 204 頁。
- 陳文山與王源 (1996)。臺灣東部海岸山脈地質。經濟部中央地質調查所，臺灣地質之七，共 101 頁。
- 游明聖 (1997)。臺東縱谷活動斷層研究。國立臺灣大學地質科學研究所博士論文，共 140 頁。
- 楊貴三 (1986)。臺灣活斷層的地形學-特論活斷層與地形面的關係。私立中國文化大學地學研究所博士論文，共 178 頁。
- 楊蔭清 (1953)。四十一年來之花蓮地震。臺灣文獻，創刊號，67-71 頁。
- 蔡加洛 (2022)。臺東鹿野地區河流地形作用與山崩事件之交互影響。國立臺灣大學地質科學研究所碩士論文，共 101 頁。
- 鍾令和 (2003)。1951 年池上-玉里地震地表破裂與其指示之新構造意義。國立臺灣大學地質科學研究所碩士論文，共 138 頁。
- 顏一勤 (2015)。104 年度活動斷層補充地質調查案。經濟部中央地質調查所報告委託計劃編號：B10444，共 80 頁。
- 顏滄波 (1954)。關於大南澳片岩的幾個地質問題。臺灣省地質調查所彙刊，第 7 號，第 5-7 頁。

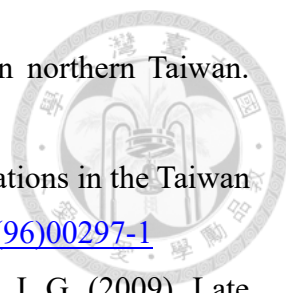
英文部分：

- Ahmadi, R., Mercier, E., & Ouali, J. (2013). Growth-strata geometry in fault-propagation folds: a case study from the Gafsa basin, southern Tunisian Atlas. *Swiss Journal of Geosciences*, 106(1), 91-107. doi:[10.1007/s00015-013-0122-z](https://doi.org/10.1007/s00015-013-0122-z)
- Biq, C. C. (1965). The East Taiwan Rift. *Petroleum Geology of Taiwan*, 4, 93-106.
- Bull, W. B. (1990). Stream-terrace genesis: Implications for soil development, *Geomorphology*, 3, 351-367.
- Chang, L. S., & Chen, T. H. (1970). A biostratigraphic study of the Tertiary along the Hsiukuluanchi in the Coastal Range, eastern Taiwan, based on smaller foraminifera. *Proceedings of the Geological Society of China*, 13, 115-128.
- Chen, H. Y., Lee, J. C., Tung, H., Chen, C. L., & Lee, H. K. (2021). Variable vertical movements and their deformation behaviors at convergent plate suture: 14-year-long

- 
- (2004–2018) repeated measurements of precise leveling around middle Longitudinal Valley in eastern Taiwan. *Journal of Asian Earth Sciences*, 218, 104865. doi:[10.1016/j.jseaes.2021.104865](https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2021.104865)
- Chen, W. S., Huang, M. T., & Liu, T. K. (1991). Neotectonic significance of the Chimei fault in the Coastal Range, Eastern Taiwan. *Proceedings of the Geological Society of China*, 34 (1), 43-56.
- Chen, W. S., Yen, I. C., Fengler, K. P., Rubin, C. M., Yang, C. C., Yang, H. C., Chang, H. C., Lin, C. W., Lin, W. H., Liu, Y. C., & Lin, Y. H. (2007). Late Holocene paleoearthquake activity in the middle part of the Longitudinal Valley fault, eastern Taiwan. *Earth and Planetary Science Letters*, 264(3-4), 420-437. doi:[10.1016/j.epsl.2007.09.043](https://doi.org/10.1016/j.epsl.2007.09.043)
- Dadson, S. J., Hovius, N., Chen, H., Dade, W. B., Hsieh, M. L., Willett, S. D., Hu, J. H., Horng, M. J., Chen, M. C., Stark, C. P., Lague, D., & Lin, J.C. (2003). Links between erosion, runoff variability and seismicity in the Taiwan orogen. *Nature*, 426(6967), 648-651. doi:[10.1038/nature02150](https://doi.org/10.1038/nature02150)
- Folk, R. L. (1966). A review of grain-size parameters. *Sedimentology*, 6(2), 73-93. doi:[10.1111/j.1365-3091.1966.tb01572.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1966.tb01572.x)
- Folk, R. L., & Ward, W. C. (1957). Brazos River bar [Texas]; a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Research*, 27(1), 3-26. doi:[10.1306/74D70646-2B21-11D7-8648000102C1865D](https://doi.org/10.1306/74D70646-2B21-11D7-8648000102C1865D)
- García, A. F., & Mahan, S. A. (2014). The notion of climate-driven strath-terrace production assessed via dissimilar stream-process response to late Quaternary climate. *Geomorphology*, 214, 223-244. doi:[10.1016/j.geomorph.2014.02.008](https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.02.008)
- Hesemann, M. (2023). The Foraminifera.eu Database. Accessed at <http://www.foraminifera.eu> on 2023-03-26. doi:[10/dt5p](https://doi.org/10/dt5p)
- Horng, C. S. & Shea, K. S. (1996). Dating of the Plio-Pleistocene rapidly deposited sequence based on integrated magneto-biostratigraphy: A case study of the Madagida-chi Section, Coastal Range, eastern Taiwan. *Journal of the Geological Society of China*, 39, 31-58.
- How to construct a cross section using the Kink method?* (2015, May 20). <http://geologylearn.blogspot.com/2015/05/how-to-construct-cross-section-using.html>
- Howard, J. L. (1993). The statistics of counting clasts in rudites: a review, with examples

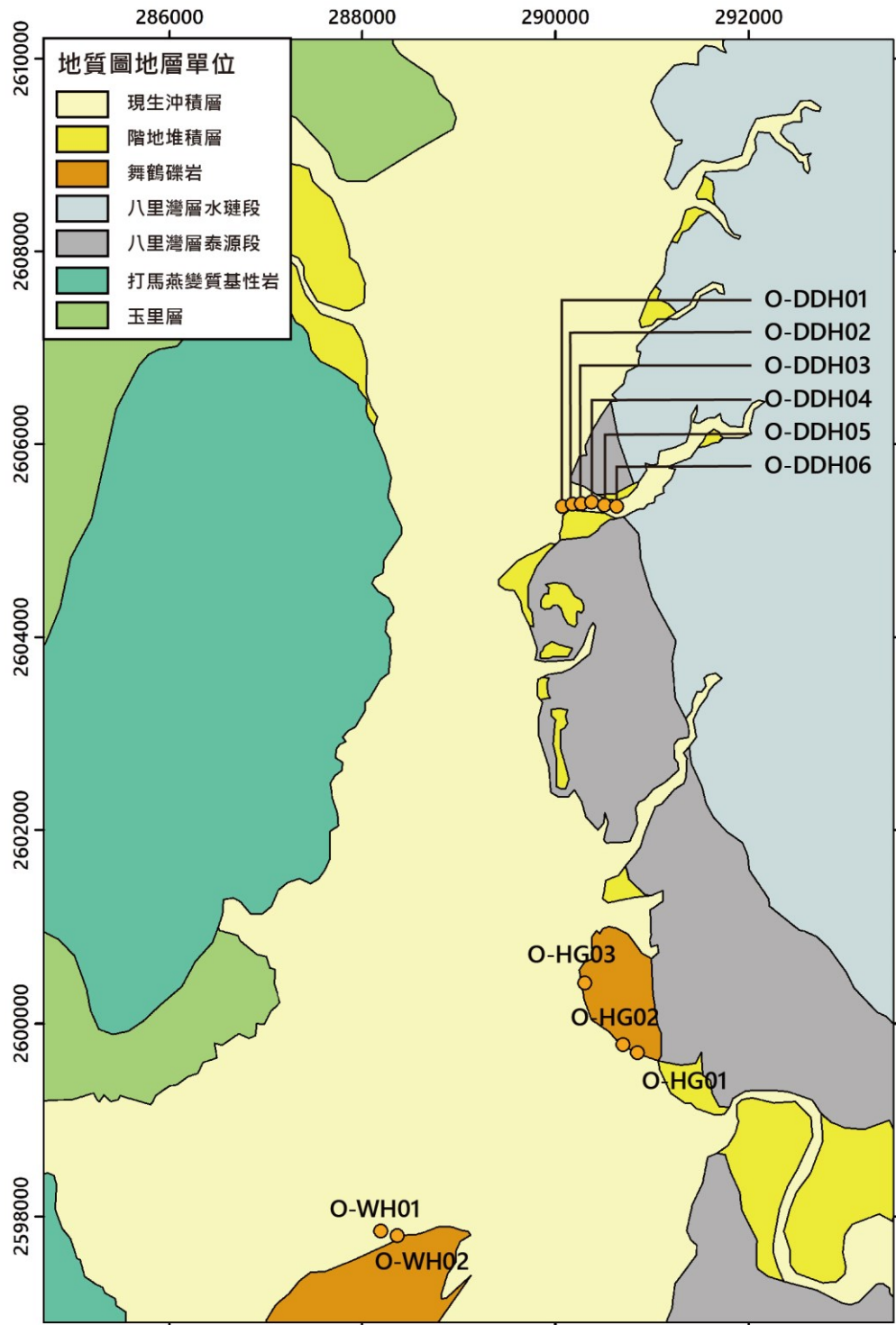
- 
- from the upper Palaeogene of southern California, USA. *Sedimentology*, 40(2), 157-174. doi:[10.1111/j.1365-3091.1993.tb01759.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1993.tb01759.x)
- Hsieh, M. L., Ching, K. E., Chyi, S. J., Kang, S. C., & Chou, C. Y. (2014). Late Quaternary mass-wasting records in the actively uplifting Pa-chang catchment, southwestern Taiwan. *Geomorphology*, 216, 125-140. doi:[10.1016/j.geomorph.2014.03.040](https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.03.040)
- Hsu, T. L. (1962). Recent faulting in the Longitudinal Valley of eastern Taiwan. *Proceedings of the Geological Society of China*, 1, 95-102.
- Inman, D. L. (1952). Measures for Describing the Size Distribution of Sediments. *Journal of Sedimentary Research*, 22 (3): 125-145. doi:[10.1306/d42694db-2b26-11d7-8648000102c1865d](https://doi.org/10.1306/d42694db-2b26-11d7-8648000102c1865d)
- Kim, Y. S., Peacock, D. C. P., & Sanderson, D. J. (2003). Mesoscale strike-slip faults and damage zones at Marsalforn, Gozo Island, Malta. *Journal of Structural Geology*, 25(5), 793-812. doi:[10.1016/s0191-8141\(02\)00200-6](https://doi.org/10.1016/s0191-8141(02)00200-6)
- Kuo Chen, H., Wu, Y. M., Chang, C. H., Hu, J. C., & Chen, W.S. (2004). Relocation of the eastern Taiwan earthquakes and its tectonic implications. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 15, 647-666.
- Maciuk, K., Apollo, M., Mostowska, J., Lepeška, T., Poklar, M., Noszczyk, T., Kroh, P., Krawczyk, A., Borowski, Ł., & Pavlovčič-Prešeren, P. (2021). Altitude on Cartographic Materials and Its Correction According to New Measurement Techniques. *Remote Sensing*, 13, 444. doi:[10.3390/rs13030444](https://doi.org/10.3390/rs13030444)
- Mitra, S. (1990). Fault-propagation folds: geometry, kinematic evolution, and hydrocarbon traps. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 74(6), 921-945. doi:[10.1306/0c9b23cb-1710-11d7-8645000102c1865d](https://doi.org/10.1306/0c9b23cb-1710-11d7-8645000102c1865d)
- Shyu, J. B. H., Sieh, K., Chen, Y. G., & Liu, C. S. (2005). Neotectonic architecture of Taiwan and its implications for future large earthquakes. *Journey of Geophysical Research: Solid Earth*, 110(B8). doi:[10.1029/2004JB003251](https://doi.org/10.1029/2004JB003251)
- Shyu, J. B. H., Sieh, K., Chen, Y. G., & Chung, L. H. (2006a). Geomorphic analysis of the Central Range fault, the second major active structure of the Longitudinal Valley suture, eastern Taiwan. *Geological Society of America Bulletin*, 118(11-12), 1447-1462. doi:[10.1130/b25905.1](https://doi.org/10.1130/b25905.1)
- Shyu, J. B. H., Sieh, K., Avouac, J. P., Chen, W. S., & Chen, Y. G. (2006b). Millennial slip rate of the Longitudinal Valley fault from river terraces: Implications for convergence across the active suture of eastern Taiwan. *Journey of Geophysical*

- Research: Solid Earth*, 111(B08403). doi:[10.1029/2005JB003971](https://doi.org/10.1029/2005JB003971).
- Shyu, J. B. H., Chung, L. H., Chen, Y. G., Lee, J. C., & Sieh, K. (2007). Re-evaluation of the surface ruptures of the November 1951 earthquake series in eastern Taiwan, and its neotectonic implications. *Journal of Asian Earth Sciences*, 31(3), 317-331. doi:[10.1016/j.jseaes.2006.07.018](https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2006.07.018)
- Shyu, J. B. H., Sieh, K., Chen, Y. G., Chuang, R. Y., Wang, Y., & Chung, L. H. (2008). Geomorphology of the southernmost Longitudinal Valley fault: Implications for evolution of the active suture of eastern Taiwan. *Tectonics*, 27, TC1019. doi:[10.1029/2006TC002060](https://doi.org/10.1029/2006TC002060)
- Shyu, J. B. H., Chuang, Y. R., Chen, Y. L., Lee, Y. R., & Cheng, C. T. (2016). A new on-land seismogenic structure source database from the Taiwan Earthquake Model (TEM) project for seismic hazard analysis of Taiwan. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 27, 311-323. doi:[10.3319/TAO.2015.11.27.02\(TEM\)](https://doi.org/10.3319/TAO.2015.11.27.02(TEM))
- Shyu, J. B. H., Yin, Y. H., Chen, C. H., Chuang, Y. R., & Liu, S. C. (2020). Updates to the on-land seismogenic structure source database by the Taiwan Earthquake Model (TEM) project for seismic hazard analysis of Taiwan. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 31, 469-478. doi:[10.3319/TAO.2020.06.08.01](https://doi.org/10.3319/TAO.2020.06.08.01)
- Suo, C., Peng, S., Chang, S., Duan, R., & Wang, G. (2012). A New Calculating Method of the Curvature to Predicting the Reservoir Fractures. *Procedia Environmental Sciences*, 12, 576-582. doi:[10.1016/j.proenv.2012.01.320](https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.320)
- Suppe, J., & Namson, J. (1979) Fault-bend origin of frontal folds of the western Taiwan fold-and-thrust belt. *Petroleum geology of Taiwan*, 16, 1-18.
- Suppe, J., & Medwedeff, D. (1990). Geometry and kinematics of fault-propagation folding. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 83(3), 409-454.
- Van der Pluijm B. A. & Marshak S. (2004). *Earth structure : an introduction to structural geology and tectonics* (2nd ed.). W. W. Norton & Company.
- Wolman, M. G. (1954). A method of sampling coarse river-bed material. *EOS, Transactions American Geophysical Union*, 35(6), 951-956. doi:[10.1029/TR035i006p00951](https://doi.org/10.1029/TR035i006p00951)
- Yen, I. C., Chen, W. S., Yang, C. C. B., Huang, N. W., & Lin, C. W. (2008). Paleoseismology of the Rueisuei Segment of the Longitudinal Valley Fault, Eastern Taiwan. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 98(4), 1737-1749. doi:[10.1785/0120070113](https://doi.org/10.1785/0120070113)

- 
- Yen, T. P. (1960). A stratigraphical study on the Tananao Schist in northern Taiwan. *Bulletin of the Geological Survey of Taiwan*, 12, 53-66.
- Yu, S. B., Chen, H. Y., & Kuo, L. C. (1997). Velocity field of GPS stations in the Taiwan area. *Tectonophysics*, 274(1-3), 41-59. doi:[10.1016/s0040-1951\(96\)00297-1](https://doi.org/10.1016/s0040-1951(96)00297-1)
- Yui, T. F., Okamoto, K., Usuki, T., Lan, C. Y., Chu, H. T., & Liou, J. G. (2009). Late Triassic–Late Cretaceous accretion/subduction in the Taiwan region along the eastern margin of South China – evidence from zircon SHRIMP dating. *International Geology Review*, 51(4), 304-328. doi:[10.1080/00206810802636369](https://doi.org/10.1080/00206810802636369)

附錄、礫石計數原始數據

附錄包含各採樣點點位、礫石岩性、礫石三軸長度以及最長軸之粒徑分布曲線。



露頭採樣點位置圖

點位編號：O-DDH01

N: 23.551000

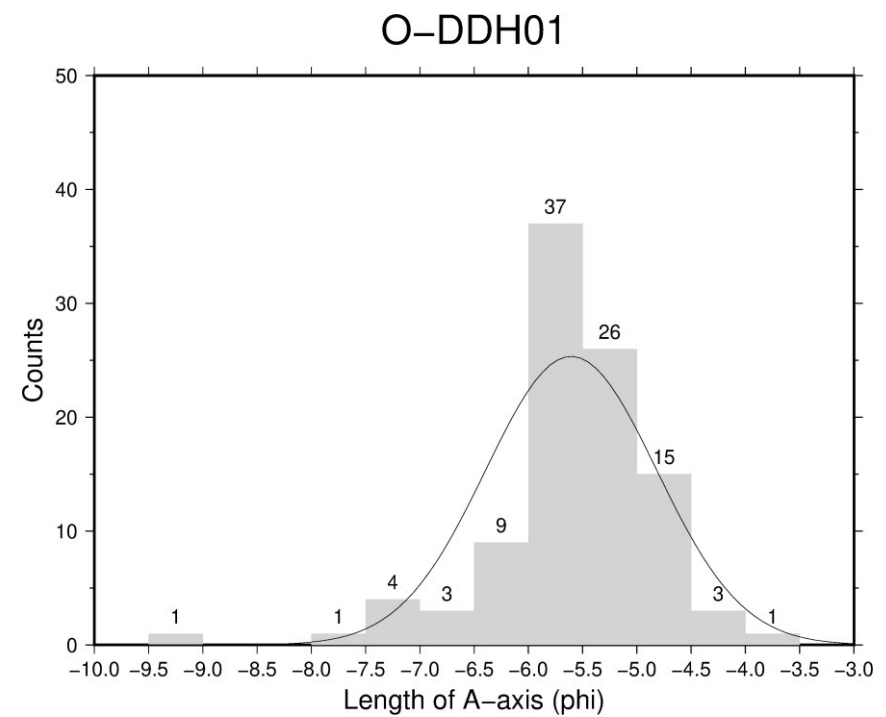
E: 121.392512

平均 (avg) 計算方法為全部加總後除以總數

單位：mm

岩性	A 軸	B 軸	C 軸	Ss	65	46	29	Ms	55	38	25	Ms	48	23	17
Ms	660	510	170	Ms	65	60	32	Ms	55	45	21	Ss	47	43	28
Ms	200	180	135	Ss	64	60	59	Ss	54	44	10	Ss	46	29	11
Ms	180	58	43	Ms	63	46	35	Ms	54	45	18	Ss	46	37	24
Ms	161	115	84	Ss	62	39	18	Ms	54	31	19	Ms	46	32	25
Ms	142	80	51	Ms	62	50	26	Ms	53	28	27	Ss	45	32	21
Ms	133	100	52	Ss	60	30	23	Ms	53	48	24	Ss	45	39	14
Ms	120	74	44	Ss	60	30	24	Ms	53	28	18	Ms	45	42	35
Ss	110	78	28	Ss	59	35	23	Ms	52	38	26	Ss	44	39	20
Ms	98	37	30	Ms	58	50	20	Ss	51	18	17	Ss	43	25	15
Ms	88	60	22	Ms	58	28	26	Ms	51	41	20	Vq	43	22	18
Ss	85	22	16	Ms	57	31	30	Ss	50	39	18	Ms	43	32	30
Ms	81	45	30	Ss	56	34	28	Ss	50	49	26	Ms	43	32	18
Ss	78	49	29	Ss	56	50	20	Ms	50	43	22	Ss	40	20	20
Ms	75	62	38	Ms	56	36	29	Ss	49	37	23	Ss	40	22	18
Ss	74	55	50	Vq	55	40	15	Ss	48	25	14	Ss	39	23	19
Ms	70	37	27	Ms	55	32	21	Ms	48	28	26	Ss	39	31	12

Ss	39	23	23	Ss	29	19	15
Ms	39	24	18	Ss	28	17	13
Ss	38	25	23	Ss	28	23	14
Ss	38	24	21	Ms	28	21	14
Ss	38	27	19	Ms	28	26	15
Ss	38	20	13	Vq	27	16	14
Ss	37	20	8	Ms	27	18	13
Ms	37	22	14	Vq	26	17	13
Ss	35	25	13	Vq	26	18	14
Ss	35	31	19	Ms	25	17	15
Ss	35	24	10	Ss	23	20	6
Ss	34	16	11	Vq	23	16	11
Ms	34	28	20	Ss	20	15	10
Ms	33	32	23	Vq	19	18	11
Vq	32	24	12	Ms	19	12	9
Ss	31	23	21	Vq	13	13	6
Ss	30	26	10	Avg	60	41	25



長軸粒徑分布圖

Ma：大理岩（Marble）；Mc：變質燧石（Metachert）；Sc：片岩（Schist）；Mb：變質基性岩（Metabasite），包含蛇紋岩、角閃岩、陽起石；Sl：板岩（Slate）；Vq：脈石英（Vein quartz）；Ms：變質砂岩（Metasandstone）；Ss：砂岩（Sandstone）

點位編號：O-DDH02

N: 23.551236

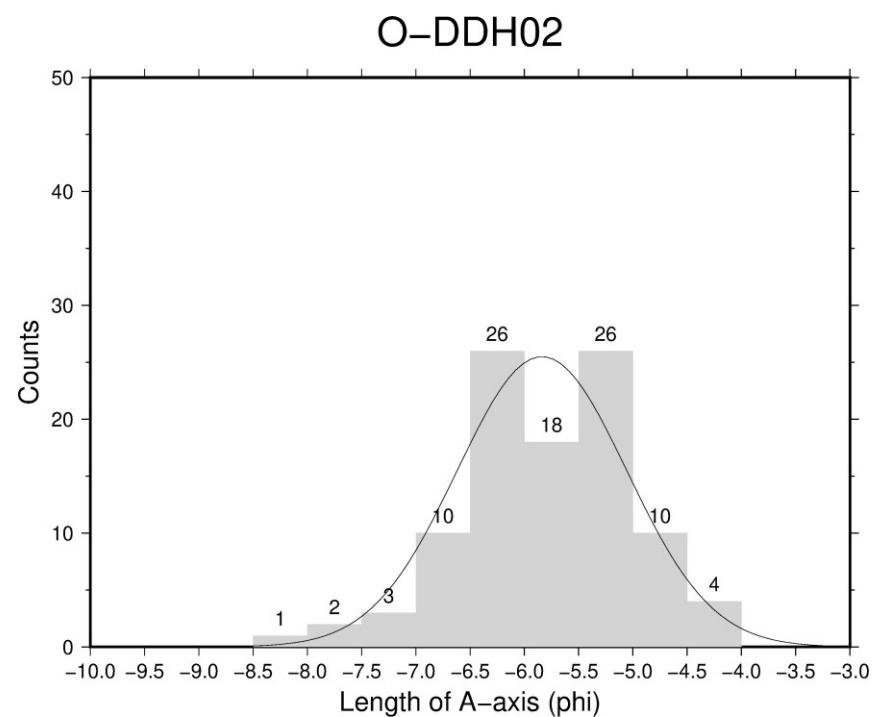
E: 121.393526

平均 (avg) 計算方法為全部加總後除以總數

單位：mm

岩性	A 軸	B 軸	C 軸	Ma	100	80	70	Ms	75	50	30	Ma	55	40	30
Mb	265	165	100	Mc	90	60	20	Ms	75	35	35	Mc	55	45	30
Sc	235	165	90	Mc	90	75	30	Ma	70	40	25	Sc	55	35	25
Sc	188	75	26	Vq	90	50	50	Mc	70	45	20	Ms	55	25	10
Vq	165	135	67	Ma	85	80	60	Mc	70	40	25	Ms	55	50	30
Ms	159	100	45	Ma	85	60	40	Sc	70	40	30	Ma	50	45	25
Sc	130	115	60	Ma	85	70	36	Ms	70	40	30	Vq	50	25	25
Ma	125	78	55	Ma	85	55	35	Mc	65	46	24	Mc	48	32	10
Mc	120	65	65	Sc	85	55	50	Mc	65	50	25	Mc	47	25	10
Sc	120	60	25	Sc	85	47	43	Ma	60	35	25	Ms	47	37	30
Ma	115	80	57	Sc	85	75	27	Ma	60	50	25	Mc	45	37	18
Ma	115	75	40	Ma	80	80	30	Mc	60	60	14	Mc	45	25	17
Sc	110	50	25	Sc	80	60	25	Mc	60	30	22	Mc	45	37	20
Vq	105	75	45	Mc	77	45	20	Vq	60	50	40	Mc	45	35	25
Ma	100	94	40	Mc	75	55	35	Sc	58	45	20	Mc	45	45	25
Ma	100	18	13	Mc	75	45	22	Ma	55	25	23	Sc	45	30	15
Mb	265	165	100	Sc	75	50	45	Ma	55	50	15	Vq	45	35	20

Ms	45	40	20	Sc	35	30	25
Ms	45	30	22	Vq	35	12	10
Ma	40	40	15	Ma	30	25	15
Ma	40	35	30	Sc	30	20	15
Mc	40	32	22	Sl	30	30	5
Mc	40	27	17	Sl	30	20	13
Mc	40	30	7	Vq	30	25	13
Ms	40	19	11	Ma	27	22	10
Ms	40	40	25	Ma	25	15	7
Sc	38	35	8	Mc	25	17	7
Mc	37	25	15	Sc	25	14	7
Vq	37	37	7	Sc	25	15	10
Mc	36	20	20	Vq	22	17	17
Ma	35	15	8	Ma	20	13	5
Ma	35	28	15	Ma	20	15	12
Ma	35	25	15	Mc	20	15	10
Ma	35	35	22	Avg	67	46	27



長軸粒徑分布圖

Ma：大理岩（Marble）；Mc：變質燧石（Metachert）；Sc：片岩（Schist）；Mb：變質基性岩（Metabasite），包含蛇紋岩、角閃岩、陽起石；Sl：板岩（Slate）；Vq：脈石英（Vein quartz）；Ms：變質砂岩（Metasandstone）；Ss：砂岩（Sandstone）

點位編號：O-DDH03

N: 23.551276

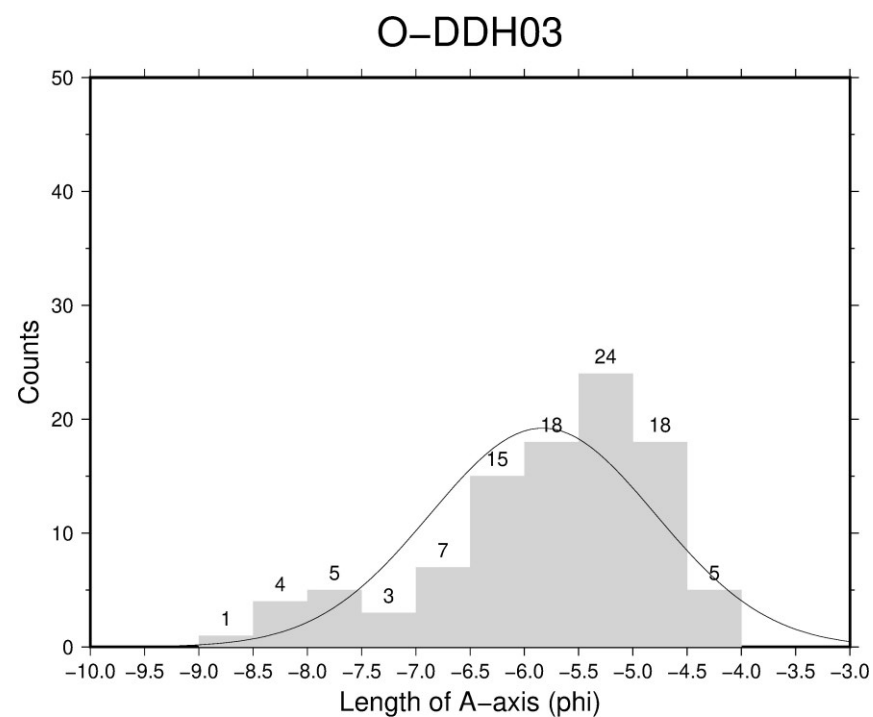
E: 121.394425

平均 (avg) 計算方法為全部加總後除以總數

單位：mm

岩性	A 軸	B 軸	C 軸	Ms	97	50	50	Ms	65	35	35	Ms	50	35	23
Ms	480	150	100	Ms	97	70	48	Ms	65	40	27	Ms	49	35	22
Ms	360	180	120	Ms	93	60	22	Ms	64	52	30	Ms	49	28	28
Ms	350	250	150	Ms	92	56	52	Ms	63	42	39	Ms	45	24	24
Ms	330	220	180	Ms	89	50	32	Ms	61	36	26	Ms	45	32	10
Ms	285	170	145	Ms	86	74	72	Ms	60	46	42	Ms	44	32	26
Ms	250	105	90	Ms	86	65	45	Ms	60	60	54	Vq	42	28	16
Ms	240	230	190	Ms	85	70	60	Ms	60	43	17	Ms	42	30	28
Ms	240	180	60	Ms	84	48	34	Ms	60	40	25	Ms	42	30	15
Ms	185	130	120	Ms	84	46	21	Ms	58	47	28	Ms	42	36	24
Ms	185	160	130	Ms	77	58	55	Ms	58	32	17	Ms	42	37	24
Ms	180	120	70	Ms	77	56	38	Ms	58	49	25	Ms	42	40	30
Ms	146	103	67	Ms	75	66	36	Ms	55	42	20	Ms	40	30	15
Ms	145	105	80	Ms	75	48	28	Ms	54	40	32	Ms	39	26	24
Ms	124	76	34	Ms	73	54	11	Ms	51	40	15	Ms	38	24	20
Ms	110	89	28	Ms	68	34	34	Ms	50	35	30	Ms	38	35	14
Ms	104	85	37	Ms	66	46	32	Ms	50	30	22	Ms	37	21	20

Ms	36	16	11	Ms	29	27	15
Ms	36	16	8	Ms	28	23	17
Ms	36	30	17	Ms	27	16	14
Ms	36	35	24	Ss	27	18	12
Ms	35	26	20	Ms	27	19	9
Ms	35	32	12	Ms	26	22	16
Ms	35	15	11	Ms	25	17	17
Ms	34	29	17	Ms	25	18	10
Ms	34	20	13	Ms	25	23	12
Ms	34	29	16	Ms	25	21	10
Ss	32	23	16	Ms	24	18	15
Ms	32	22	20	Ms	22	17	15
Ms	32	30	25	Ms	22	17	10
Ms	31	22	15	Ms	21	17	7
Ms	30	17	17	Ss	21	20	9
Ms	30	28	26	Vq	20	13	9
Ms	30	21	20	Avg	78	53	36



長軸粒徑分布圖

Ma：大理岩（Marble）；Mc：變質燧石（Metachert）；Sc：片岩（Schist）；Mb：變質基性岩（Metabasite），包含蛇紋岩、角閃岩、陽起石；Sl：板岩（Slate）；Vq：脈石英（Vein quartz）；Ms：變質砂岩（Metasandstone）；Ss：砂岩（Sandstone）

點位編號：O-DDH04

N: 23.551424

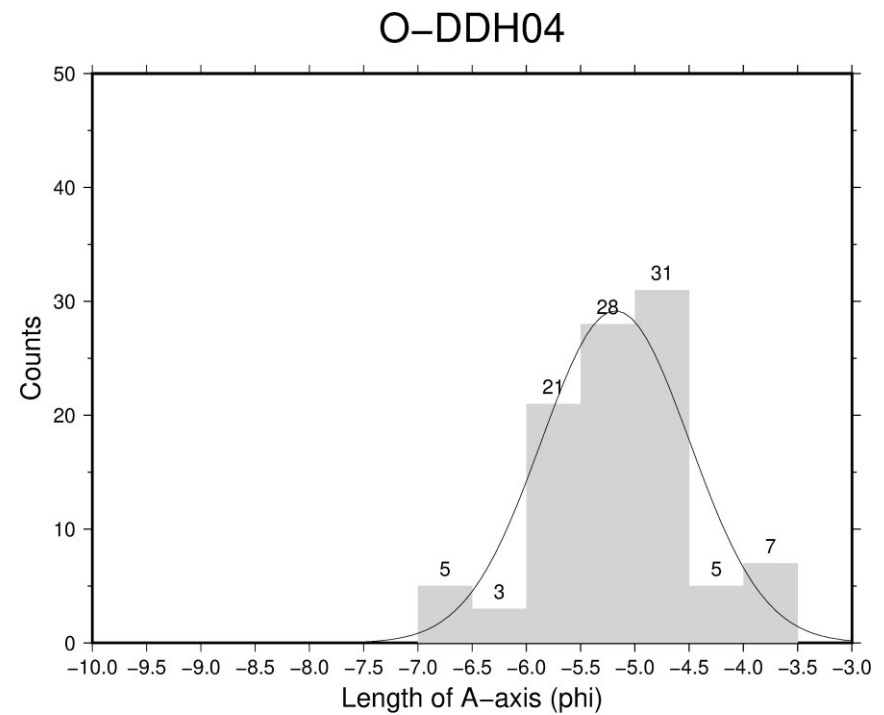
E: 121.395468

平均 (avg) 計算方法為全部加總後除以總數

單位：mm

岩性	A 軸	B 軸	C 軸	Ms	54	42	20	Ms	45	20	19	Ms	35	20	19
Ms	128	80	70	Ms	53	40	36	Ms	45	25	19	Ms	35	23	21
Ms	110	65	30	Ms	52	46	26	Ms	44	28	14	Ms	35	35	12
Ms	100	84	60	Ms	50	40	20	Ms	44	32	23	Ms	35	30	19
Ms	98	72	35	Ms	50	35	24	Ms	42	25	23	Ms	34	21	12
Ms	96	64	50	Ms	50	28	23	Ms	41	27	20	Ms	34	28	9
Ms	85	75	60	Ms	50	36	28	Ms	40	28	10	Ms	33	21	15
Ms	85	74	60	Ms	50	36	18	Ms	40	25	25	Ms	32	15	10
Ms	77	73	40	Ms	49	45	21	Ms	40	20	16	Ms	32	32	13
Ms	63	36	33	Ms	46	43	24	Ms	40	34	20	Ms	32	27	14
Ms	62	36	38	Ms	46	40	26	Ms	40	38	19	Ms	32	21	17
Ms	62	30	19	Ms	46	26	24	Ms	39	30	14	Ms	31	25	24
Ms	59	36	28	Ms	46	44	32	Ms	38	30	30	Ms	31	15	15
Ms	55	35	20	Ms	45	39	29	Ms	38	27	13	Ms	30	28	11
Ms	55	40	38	Ms	45	24	24	Ms	37	21	15	Ms	30	25	25
Ms	54	50	45	Ms	45	20	14	Ms	37	24	12	Vq	30	20	18
Ms	54	40	29	Ms	45	32	18	Ms	35	15	15	Ms	30	30	28

Ms	30	22	14	Ms	24	20	15
Ms	30	29	24	Vq	24	21	14
Vq	30	25	20	Ms	24	13	11
Ms	30	20	16	Ms	23	18	7
Ms	30	21	17	Ms	20	13	11
Ms	29	21	13	Ms	20	13	11
Ms	29	17	7	Ms	19	15	10
Ms	28	18	16	Ms	18	18	15
Ms	28	28	24	Ms	17	15	11
Ms	28	17	12	Ms	16	7	5
Ms	27	25	20	Vq	16	15	10
Ms	26	19	13	Vq	15	14	9
Ms	25	18	9	Ms	14	13	8
Ms	25	18	12	Ms	13	9	5
Ms	25	12	12	Ms	13	6	6
Ms	25	18	10	Ms	12	12	9
Ms	24	23	10	Avg	41	29	21



Ma：大理岩（Marble）；Mc：變質燧石（Metachert）；Sc：片岩（Schist）；Mb：變質基性岩（Metabasite），包含蛇紋岩、角閃岩、陽起石；Sl：板岩（Slate）；Vq：脈石英（Vein quartz）；Ms：變質砂岩（Metasandstone）；Ss：砂岩（Sandstone）

點位編號：O-DDH05

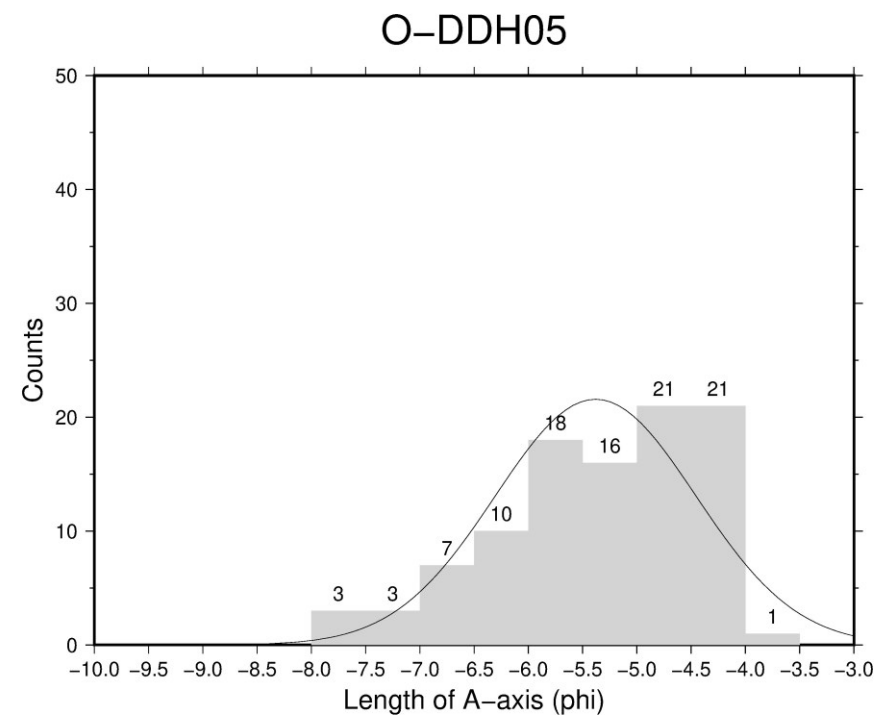
N: 23.551126

E: 121.396777

單位：mm
平均 (avg) 計算方法為全部加總後除以總數

岩性	A 軸	B 軸	C 軸	Ms	84	45	37	Ms	53	47	28	Mc	40	26	22
Ms	210	135	55	Ma	82	80	30	Ms	52	33	32	Ma	40	36	20
Ms	200	170	90	Ms	75	58	38	Ms	50	44	36	Vq	39	35	23
Ma	183	161	72	Ms	74	60	29	Ms	49	43	37	Sc	38	28	18
Ms	160	95	75	Ma	72	63	31	Vq	49	28	20	Ms	38	28	25
Ms	150	60	40	Ms	71	62	42	Ms	47	37	28	Ms	36	25	21
Ma	137	89	64	Vq	68	60	42	Ms	46	38	30	Ma	36	28	21
Ms	118	78	66	Ma	64	53	35	Vq	46	33	25	Sc	32	30	15
Ms	113	85	41	Sc	63	55	39	Ms	45	30	21	Ma	31	20	12
Ms	111	92	62	Ms	62	45	30	Ms	45	35	31	Ms	31	28	11
Ms	102	100	32	Ms	61	35	32	Ms	43	32	30	Ms	31	28	24
Ms	101	76	39	Ms	60	38	28	Vq	43	37	16	Ms	31	24	15
Ms	98	79	45	Mc	60	58	43	Ms	43	42	23	Ms	30	30	10
Ma	92	53	31	Vq	60	54	22	Vq	42	28	24	Ms	30	28	25
Ma	85	52	24	Ms	57	36	20	Ms	41	26	18	Ms	29	16	14
Ma	85	68	44	Vq	56	46	22	Ma	41	34	18	Ms	29	16	15
Ma	84	78	20	Ms	54	34	21	Ms	41	28	20	Ms	28	27	19

Ms	27	21	14	Ms	21	21	11
Ms	27	20	17	Ms	21	18	14
Ms	27	24	20	Sc	20	18	7
Ms	26	22	17	Ma	20	18	10
Ms	26	13	12	Ms	19	14	13
Ms	25	22	17	Ms	19	13	11
Ms	24	17	12	Ms	19	16	11
Ms	24	20	19	Ms	19	15	13
Vq	23	20	17	Ms	19	9	6
Ms	23	14	13	Ms	19	15	12
Ms	23	21	15	Ms	18	13	13
Ms	22	17	10	Ms	18	17	17
Ma	22	20	9	Ms	18	14	7
Ms	22	16	15	Ms	17	14	10
Vq	21	13	10	Sc	17	15	7
Ms	21	18	12	Ms	16	13	9
Ms	21	15	14	Avg	52	40	25



Ma：大理岩（Marble）；Mc：變質燧石（Metachert）；Sc：片岩（Schist）；Mb：變質基性岩（Metabasite），包含蛇紋岩、角閃岩、陽起石；Sl：板岩（Slate）；Vq：脈石英（Vein quartz）；Ms：變質砂岩（Metasandstone）；Ss：砂岩（Sandstone）

點位編號：O-DDH06

N: 23.551014

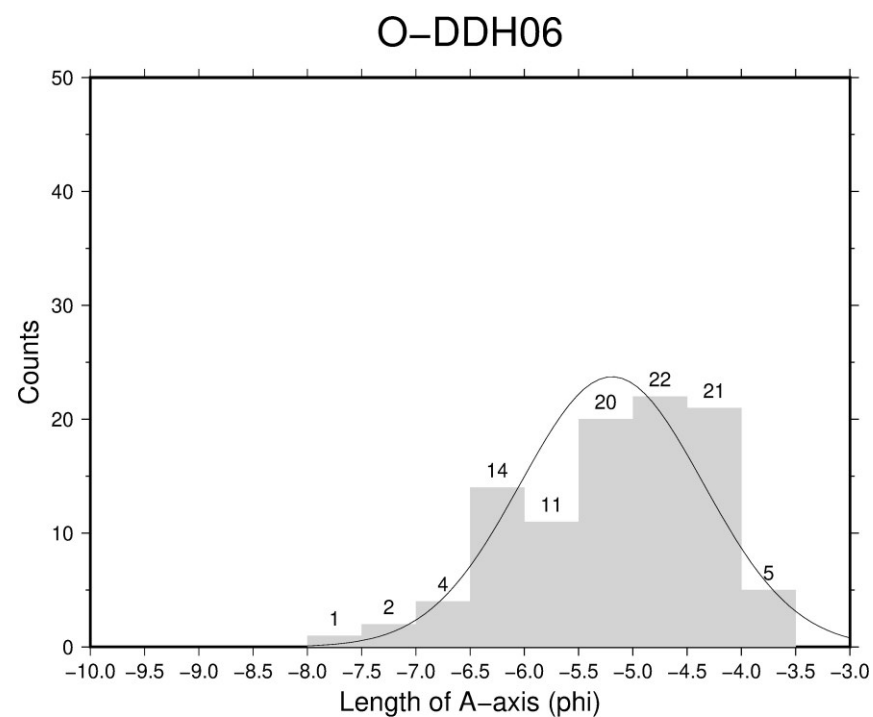
E: 121.397997

平均 (avg) 計算方法為全部加總後除以總數

單位：mm

岩性	A 軸	B 軸	C 軸	Ss	67	45	19	Ss	43	34	24	Ss	33	18	12
Ms	185	80	68	Ms	66	50	31	Ms	43	30	21	Ms	33	29	20
Ms	154	95	71	Ss	65	27	20	Ms	43	37	35	Ss	31	23	13
Ms	148	107	57	Ms	65	52	34	Ss	42	24	15	Vq	31	24	20
Ms	113	68	55	Ms	65	42	27	Ms	42	38	21	Ms	31	13	9
Ms	100	55	30	Ss	64	29	24	Ms	41	33	22	Ms	31	29	20
Ms	95	77	24	Ms	64	49	32	Ms	41	40	27	Ms	31	21	18
Ms	95	48	31	Ms	63	50	25	Sl	40	35	33	Ms	31	27	22
Ms	84	56	48	Ss	60	43	21	Ss	40	24	19	Ms	31	19	15
Ss	82	49	20	Ms	54	20	18	Ss	40	35	29	Ss	30	18	10
Sl	80	56	40	Ms	53	30	15	Ms	39	27	26	Ms	30	27	12
Ms	77	35	35	Ms	53	47	31	Ms	38	33	29	Ss	29	18	16
Ms	75	57	44	Ms	50	47	47	Ms	36	32	20	Ms	29	24	14
Ss	73	32	14	Ss	48	43	22	Ss	35	33	17	Ms	29	11	10
Ms	71	53	26	Ms	48	40	26	Ms	34	28	24	Ss	28	19	12
Vq	70	42	32	Ms	47	33	19	Ms	34	21	18	Ss	28	22	15
Ms	70	31	30	Ss	44	29	27	Ms	34	24	11	Ss	27	22	11

Ms	27	20	18	Ss	19	15	12
Ms	27	20	17	Vq	19	14	13
Ss	26	17	11	Vq	19	15	7
Vq	26	19	11	Vq	19	18	13
Ms	26	16	15	Ms	19	16	14
Ss	25	17	9	Ms	19	15	12
Ms	25	20	16	Ss	18	9	5
Ms	22	20	20	Ss	18	12	9
Ms	22	16	15	Ss	18	11	10
Ms	22	13	9	Vq	18	11	9
Ss	21	12	6	Ms	18	14	10
Ss	20	13	7	Ss	16	16	6
Ms	20	17	7	Vq	15	13	7
Ss	19	18	7	Vq	15	12	7
Ss	19	11	9	Vq	14	13	9
Ss	19	18	15	Ms	14	13	10
Ss	19	10	8	Avg	44	30	21



Ma：大理岩（Marble）；Mc：變質燧石（Metachert）；Sc：片岩（Schist）；Mb：變質基性岩（Metabasite），包含蛇紋岩、角閃岩、陽起石；Sl：板岩（Slate）；Vq：脈石英（Vein quartz）；Ms：變質砂岩（Metasandstone）；Ss：砂岩（Sandstone）

點位編號：O-HG01

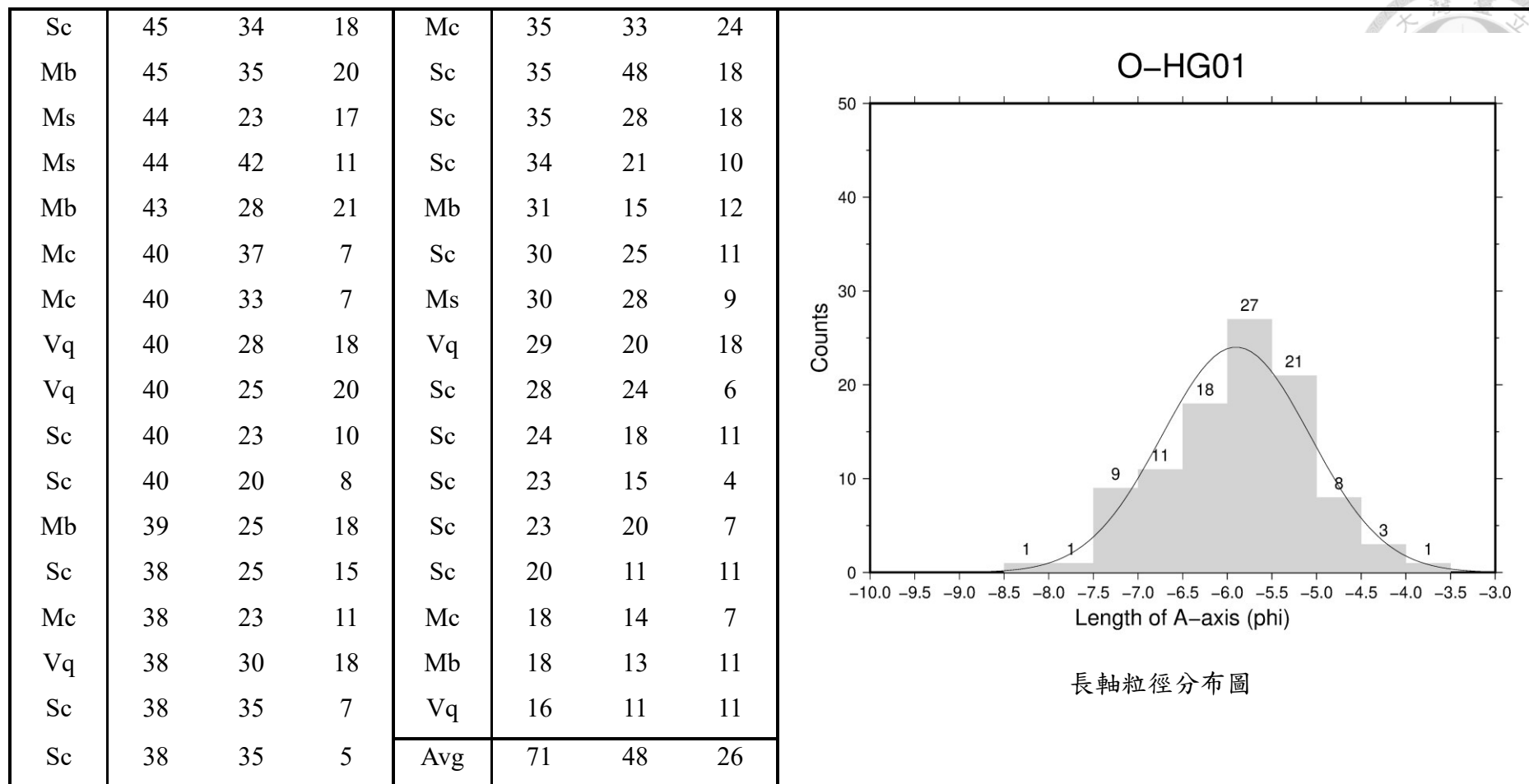
N: 23.499900

E: 121.399954

平均 (avg) 計算方法為全部加總後除以總數

單位：mm

岩性	A 軸	B 軸	C 軸	Sc	105	60	30	Mb	70	39	28	Sc	58	36	26
Mb	310	190	75	Sc	103	50	35	Ms	70	46	45	Ms	58	28	11
Sc	250	90	45	Sc	100	80	35	Ms	70	46	45	Ms	58	35	27
Sc	180	100	70	Sc	99	87	30	Sc	68	50	35	Ms	58	45	29
Mc	170	160	60	Ms	95	70	60	Sc	68	48	33	Ma	55	48	18
Sc	170	43	11	Ms	92	76	30	Sc	65	47	20	Sc	55	30	15
Sc	170	100	60	Sc	85	75	48	Sc	65	37	28	Sl	55	35	23
Sc	155	133	55	Sc	85	30	8	Sc	63	31	9	Vq	55	35	25
Sc	155	135	45	Mc	84	52	12	Ms	63	40	28	Ms	55	36	12
Ma	150	110	75	Vq	80	79	58	Sc	62	38	30	Mc	54	31	25
Sc	134	53	40	Vq	80	42	35	Sc	62	57	40	Sc	52	40	12
Sc	134	53	40	Ms	80	38	22	Mc	60	40	24	Mc	50	43	22
Vq	125	97	80	Ms	80	70	35	Vq	60	38	31	Vq	50	49	20
Mc	118	105	25	Ms	76	58	32	Sc	60	38	18	Vq	50	31	25
Ms	108	50	42	Vq	73	55	40	Sc	60	38	12	Vq	48	40	25
Sc	106	46	30	Mc	70	53	29	Ms	60	54	33	Sc	48	40	17
Sc	105	57	45	Mb	70	48	30	Sc	59	52	13	Ms	48	45	20



Ma：大理岩（Marble）；Mc：變質燧石（Metachert）；Sc：片岩（Schist）；Mb：變質基性岩（Metabasite），包含蛇紋岩、角閃岩、陽起石；Sl：板岩（Slate）；Vq：脈石英（Vein quartz）；Ms：變質砂岩（Metasandstone）；Ss：砂岩（Sandstone）

點位編號：O-HG02

N: 23.500676

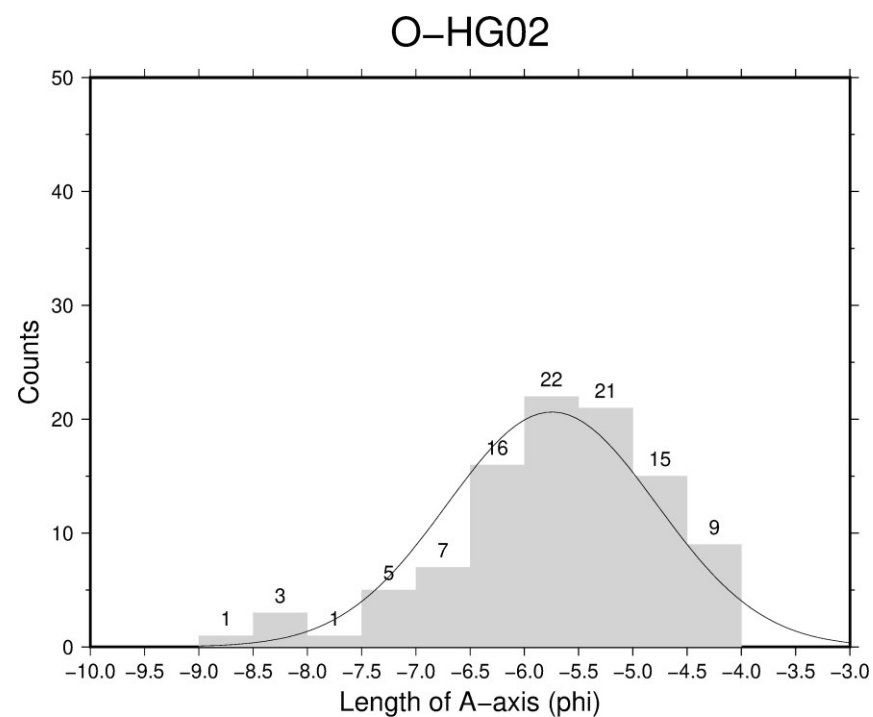
E: 121.398508

平均 (avg) 計算方法為全部加總後除以總數

單位：mm

岩性	A 軸	B 軸	C 軸	Ms	97	70	38	Ms	63	42	25	Ms	48	26	22
Sc	500	430	190	Ms	90	73	38	Mb	63	40	12	Ms	47	43	17
Sc	320	160	80	Sc	89	81	22	Ms	61	45	24	Sc	47	24	4
Sc	280	180	110	Ms	86	68	40	Ms	61	55	19	Vq	46	32	12
Sc	260	200	130	Ms	86	61	28	Vq	60	40	8	Ms	46	35	9
Sc	240	100	75	Ms	85	44	22	Sc	58	42	18	Ms	45	40	14
Sc	180	115	105	Sc	85	41	22	Ms	57	45	27	Sc	45	30	11
Ms	162	104	97	Ms	85	60	21	Vq	56	35	17	Ms	44	25	22
Ms	150	100	65	Vq	78	66	18	Ms	54	35	18	Ms	43	32	9
Sc	142	140	21	Sc	76	41	33	Ms	54	44	38	Sc	43	25	9
Sc	134	83	46	Sc	76	35	14	Ms	52	20	14	Sc	42	40	25
Sc	124	40	20	Ms	76	56	24	Sc	52	40	18	Sc	42	25	5
Ms	120	70	20	Ms	76	40	26	Ms	52	40	20	Sc	42	12	3
Ms	105	70	36	Ms	75	42	27	Sc	52	30	10	Ms	41	21	5
Ms	100	58	45	Sc	74	43	31	Sc	51	35	11	Vq	40	36	20
Ms	100	56	35	Ms	70	55	40	Vq	50	44	23	Ms	40	23	13
Sc	98	70	31	Sc	66	49	20	Ms	50	21	13	Sc	40	30	23

Ms	40	35	19	Sc	27	16	6
Ms	39	19	11	Sc	27	20	4
Vq	39	20	10	Ms	26	24	18
Sc	39	22	10	Sc	26	18	8
Sc	38	28	6	Vq	25	23	22
Sc	38	20	3	Sc	25	10	5
Vq	38	28	21	Ms	25	11	7
Ms	36	16	5	Sc	22	19	11
Ms	33	29	8	Vq	22	14	10
Sc	31	21	11	Sc	22	20	8
Ms	30	17	16	Sc	22	21	12
Sc	30	23	16	Ms	20	14	8
Vq	30	30	6	Ms	20	14	14
Ms	30	21	9	Ms	19	14	7
Sc	28	26	5	Ms	18	16	12
Ms	28	23	13	Vq	17	16	10
Sc	28	19	10	Avg	70	47	24



長軸粒徑分布圖

Ma：大理岩（Marble）；Mc：變質燧石（Metachert）；Sc：片岩（Schist）；Mb：變質基性岩（Metabasite），包含蛇紋岩、角閃岩、陽起石；Sl：板岩（Slate）；Vq：脈石英（Vein quartz）；Ms：變質砂岩（Metasandstone）；Ss：砂岩（Sandstone）

點位編號：O-HG03

N: 23.506456

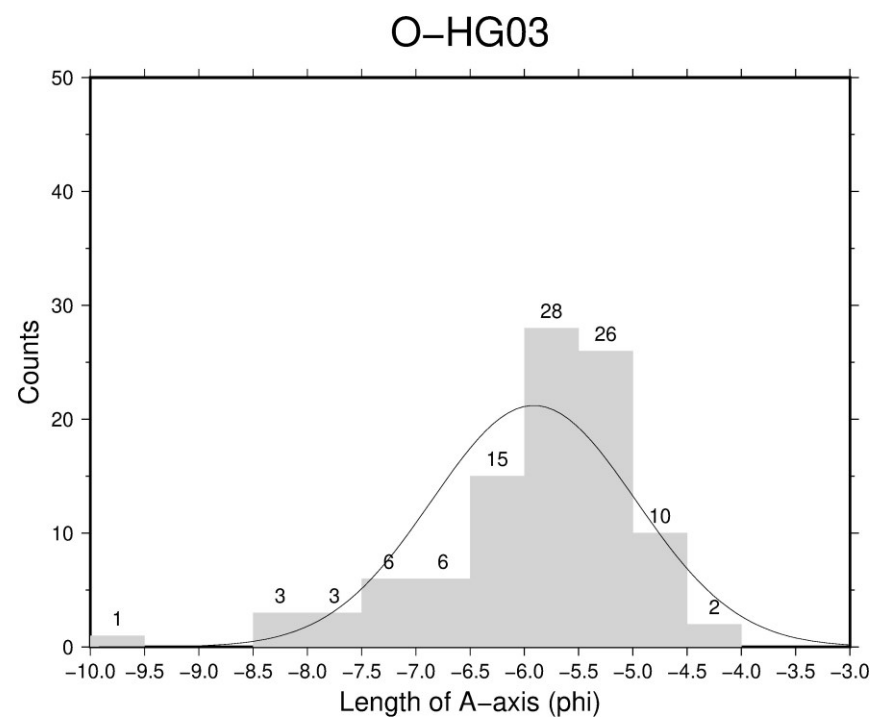
E: 121.394647

平均 (avg) 計算方法為全部加總後除以總數

單位：mm

岩性	A 軸	B 軸	C 軸	Sc	108	44	29	Sc	66	35	17	Sc	52	28	26
Ms	900	450	270	Ma	103	40	39	Ms	64	58	30	Ms	52	50	38
Sc	335	225	180	Sc	98	82	19	Mc	63	62	22	Sc	51	38	21
Sc	295	240	180	Ss	90	49	28	Ms	62	55	53	Vq	50	49	24
Ms	285	270	225	Sc	85	42	20	Ms	60	40	22	Mc	50	39	12
Sc	255	65	40	Vq	80	65	20	Ms	60	35	28	Sc	48	21	18
Sc	230	105	50	Mc	80	50	14	Sc	58	53	12	Vq	48	30	29
Sc	208	148	40	Sc	78	48	22	Sc	58	57	12	Sc	48	48	22
Sc	158	100	95	Ms	78	69	42	Mc	58	49	13	Sc	48	30	18
Sc	150	120	45	Vq	77	68	34	Sc	56	33	24	Mc	48	41	35
Sc	150	95	85	Sc	75	38	18	Vq	55	54	30	Sc	47	35	13
Ms	150	128	48	Sc	74	51	24	Ms	55	50	13	Vq	47	33	18
Sc	140	40	40	Ms	73	58	47	Sc	54	37	33	Sc	45	35	15
Ms	134	108	90	Sc	70	59	43	Ss	54	47	41	Sc	45	38	16
Mc	124	70	58	Vq	70	41	9	Mc	53	26	18	Vq	45	28	23
Sc	123	107	47	Sc	70	34	26	Sc	52	22	11	Sc	45	38	20
Sc	117	95	38	Sc	69	44	18	Sc	52	26	11	Sc	45	23	14

Sc	45	26	10	Sc	34	24	6
Sc	44	20	9	Sc	33	26	11
Sc	43	32	12	Ss	33	31	28
Ss	43	42	26	Sc	33	18	10
Ss	42	31	18	Sc	32	29	12
Vq	41	39	34	Vq	32	22	13
Sc	40	32	23	Ms	32	29	9
Sc	40	37	11	Sc	30	20	10
Sc	38	20	15	Vq	30	28	14
Sc	38	30	12	Ss	29	21	10
Sc	38	26	6	Sc	28	20	8
Ss	38	23	10	Ss	27	12	12
Sc	37	32	8	Mc	26	19	18
Vq	37	24	13	Vq	23	20	14
Mc	36	32	18	Vq	22	12	10
Ss	35	19	13	Sc	20	13	4
Sc	34	26	9	Avg	81	54	32



長軸粒徑分布圖

Ma：大理岩（Marble）；Mc：變質燧石（Metachert）；Sc：片岩（Schist）；Mb：變質基性岩（Metabasite），包含蛇紋岩、角閃岩、陽起石；Sl：板岩（Slate）；Vq：脈石英（Vein quartz）；Ms：變質砂岩（Metasandstone）；Ss：砂岩（Sandstone）

點位編號：O-WH01

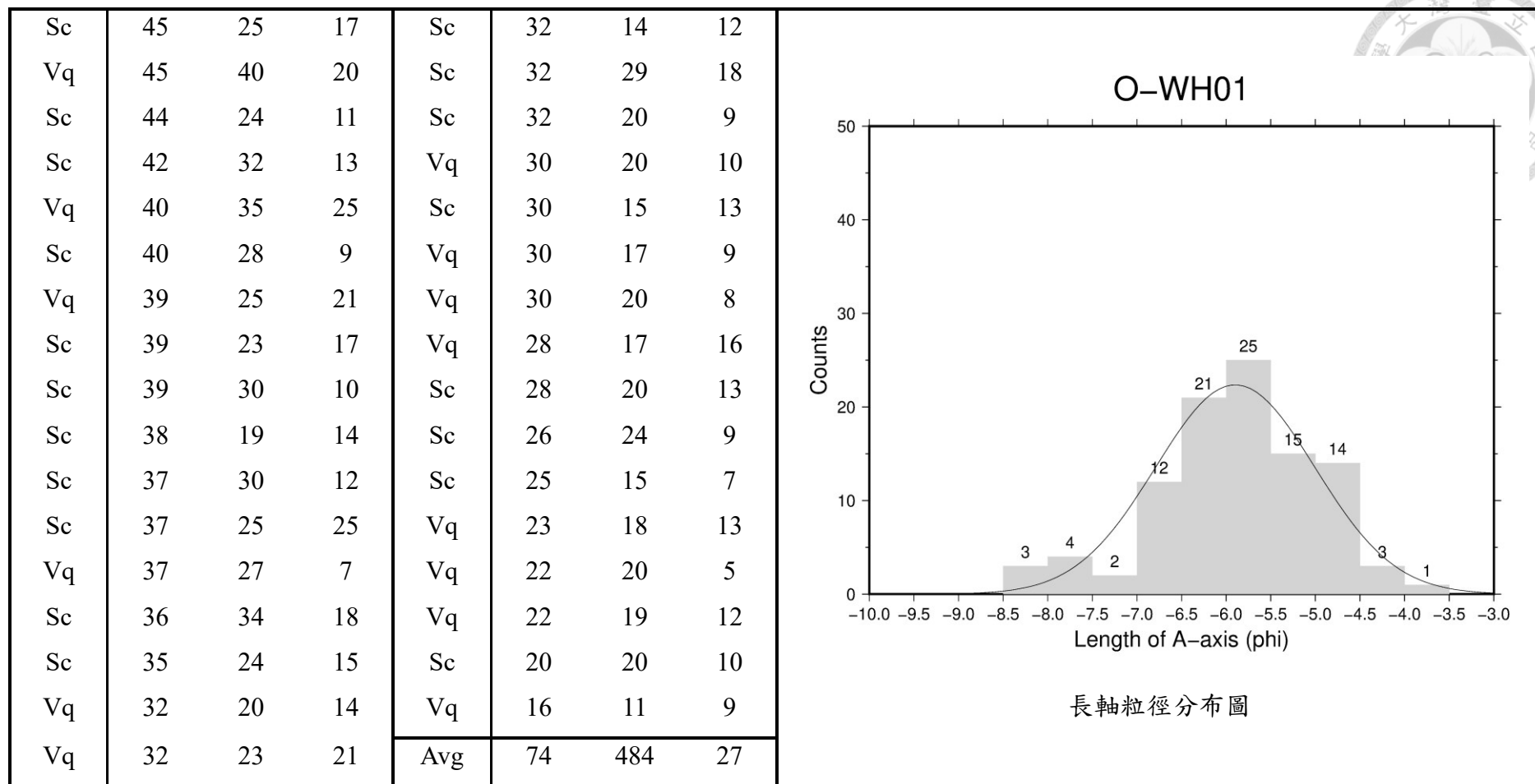
N: 23.483281

E: 121.373911

平均 (avg) 計算方法為全部加總後除以總數

單位：mm

岩性	A 軸	B 軸	C 軸	Sc	105	65	38	Sc	73	50	25	Sc	53	43	6
Sc	320	105	120	Sc	103	65	18	Sc	73	43	17	Vq	52	30	28
Sc	285	200	80	Vq	100	45	20	Sc	70	68	21	Vq	50	30	30
Sc	265	135	95	Sc	99	56	35	Vq	68	68	50	Vq	50	22	11
Sc	250	200	45	Sc	97	48	40	Sc	66	52	30	Sc	50	33	20
Sc	240	120	70	Sc	90	63	20	Sc	65	60	18	Sc	49	38	19
Sc	225	210	125	Sc	90	70	38	Sc	65	50	13	Sc	49	28	18
Vq	210	160	120	Sc	89	35	18	Sc	65	61	20	Sc	49	32	28
Sc	154	89	68	Sc	88	54	20	Sc	65	50	18	Vq	49	26	18
Sc	130	108	18	Sc	83	39	14	Sc	64	30	23	Sc	48	35	15
Sc	126	110	29	Vq	82	36	32	Sc	64	35	18	Sc	48	40	14
Sc	125	70	45	Sc	80	63	45	Mb	61	46	43	Sc	48	39	15
Sc	123	38	35	Sc	80	60	30	Sc	59	48	16	Sc	48	38	18
Sc	110	48	38	Sc	80	75	53	Sc	58	38	28	Sc	48	29	18
Sc	110	65	33	Sc	79	45	35	Sc	57	42	23	Sc	47	35	32
Sc	107	36	30	Sc	76	53	18	Sc	55	33	16	Sc	47	45	25
Sc	105	65	40	Sc	75	39	27	Sc	54	29	17	Sc	47	39	17



Ma：大理岩（Marble）；Mc：變質燧石（Metachert）；Sc：片岩（Schist）；Mb：變質基性岩（Metabasite），包含蛇紋岩、角閃岩、陽起石；Sl：板岩（Slate）；Vq：脈石英（Vein quartz）；Ms：變質砂岩（Metasandstone）；Ss：砂岩（Sandstone）

點位編號：O-WH02

N: 23.482825

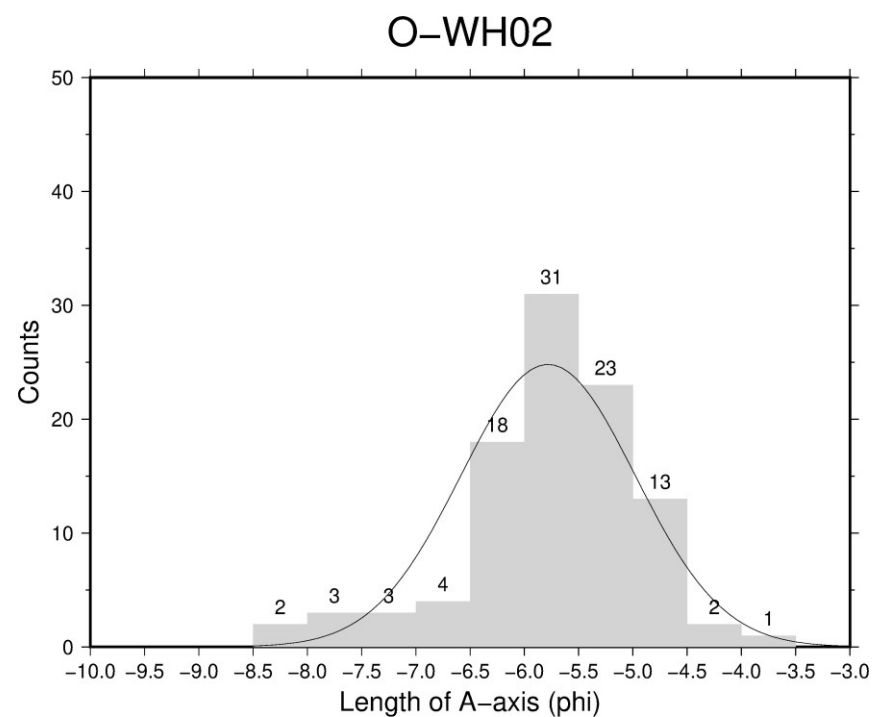
E: 121.375576

平均 (avg) 計算方法為全部加總後除以總數

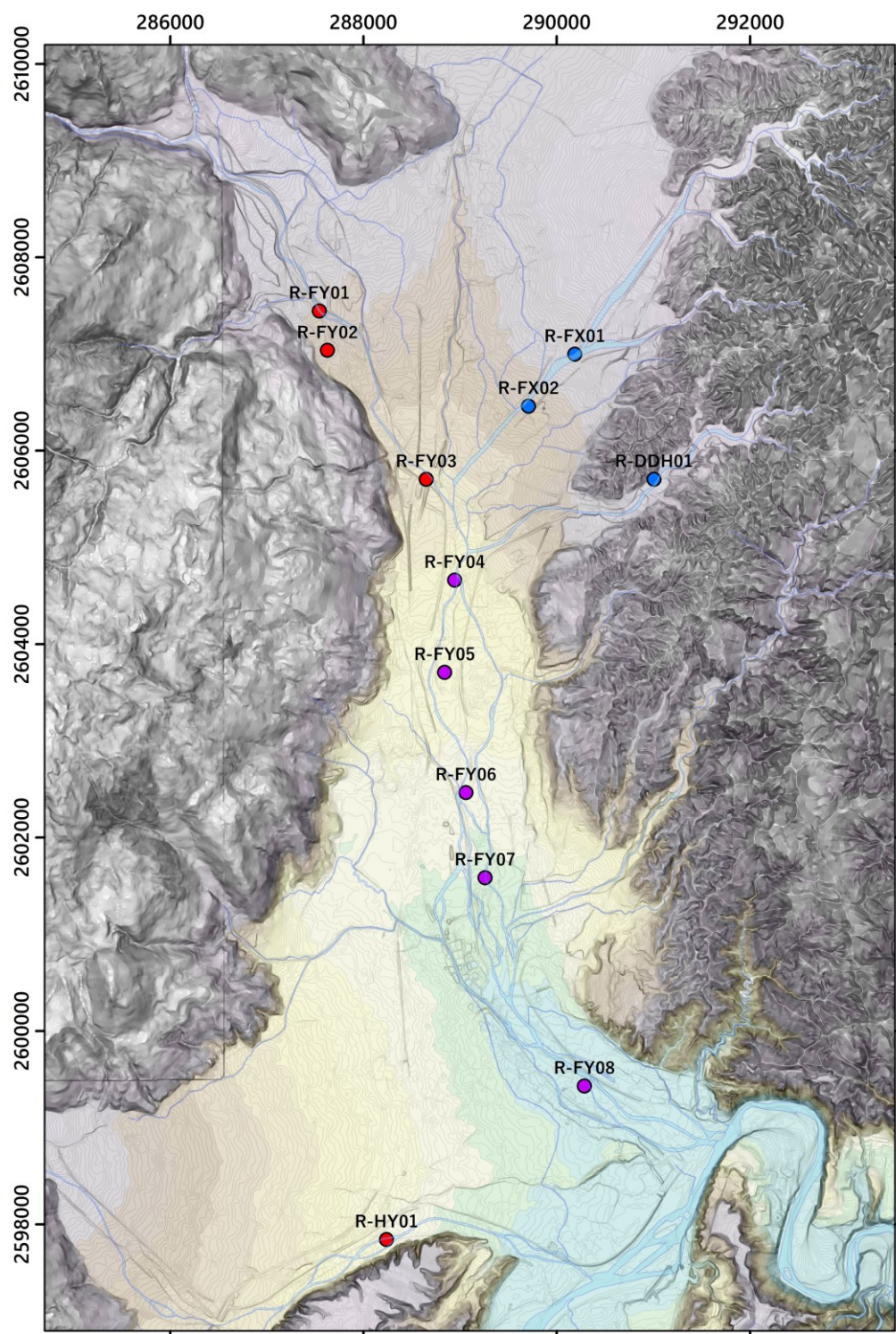
單位：mm

岩性	A 軸	B 軸	C 軸	Sc	80	60	24	Sc	63	25	10	Sc	54	36	28
Sc	360	170	100	Sc	80	40	23	Vq	62	38	23	Sc	52	38	29
Sc	265	218	68	Sc	80	45	20	Sc	61	51	7	Sc	52	43	19
Sc	225	145	93	Sc	78	52	9	Sc	61	38	35	Sc	51	44	19
Sc	215	145	90	Sc	75	46	28	Sc	60	25	11	Sc	50	43	13
Sc	205	130	65	Sc	75	43	21	Sc	60	37	7	Sc	50	31	11
Sc	180	105	43	Sc	73	44	20	Sc	60	45	20	Sc	50	38	15
Sc	135	81	73	Sc	72	43	16	Sc	59	28	10	Sc	47	45	24
Sc	135	130	95	Sc	72	54	13	Sc	59	33	16	Sc	47	26	6
Sc	125	82	30	Vq	70	70	35	Sc	58	40	13	Sc	46	28	10
Sc	118	62	16	Sc	70	55	11	Sc	58	32	18	Sc	46	36	25
Sc	102	90	15	Sc	70	54	12	Sc	57	30	14	Sc	45	25	9
Sc	93	43	13	Sc	70	55	14	Sc	56	34	13	Sc	45	22	10
Sc	90	49	19	Sc	69	45	18	Sc	56	18	11	Sc	45	25	10
Sc	86	49	13	Sc	63	36	14	Sc	55	27	13	Sc	43	25	8
Sc	82	52	10	Sc	63	40	11	Sc	55	49	19	Sc	42	29	12
Sc	80	36	25	Sc	63	35	16	Sc	55	45	18	Sc	42	30	7

Sc	41	30	9	Vq	32	28	13
Vq	41	34	10	Sc	32	14	8
Vq	40	28	11	Sc	31	18	8
Sc	40	35	14	Sc	31	21	8
Vq	40	19	11	Sc	31	24	6
Sc	40	25	12	Sc	28	18	2
Vq	39	18	13	Sc	28	19	6
Sc	39	29	9	Sc	27	13	3
Vq	39	29	11	Sc	27	25	11
Sc	39	20	20	Sc	26	18	6
Sc	38	25	16	Sc	26	25	10
Sc	38	30	10	Sc	25	20	9
Sc	38	20	2	Vq	23	23	13
Sc	38	17	6	Sc	22	17	12
Sc	36	25	7	Sc	21	14	3
Vq	36	29	20	Vq	15	13	5
Sc	35	12	8	Avg	66	43	19



Ma：大理岩（Marble）；Mc：變質燧石（Metachert）；Sc：片岩（Schist）；Mb：變質基性岩（Metabasite），包含蛇紋岩、角閃岩、陽起石；Sl：板岩（Slate）；Vq：脈石英（Vein quartz）；Ms：變質砂岩（Metasandstone）；Ss：砂岩（Sandstone）



現生河道採樣點位置圖

點位編號：R-FY01

N: 23.569950

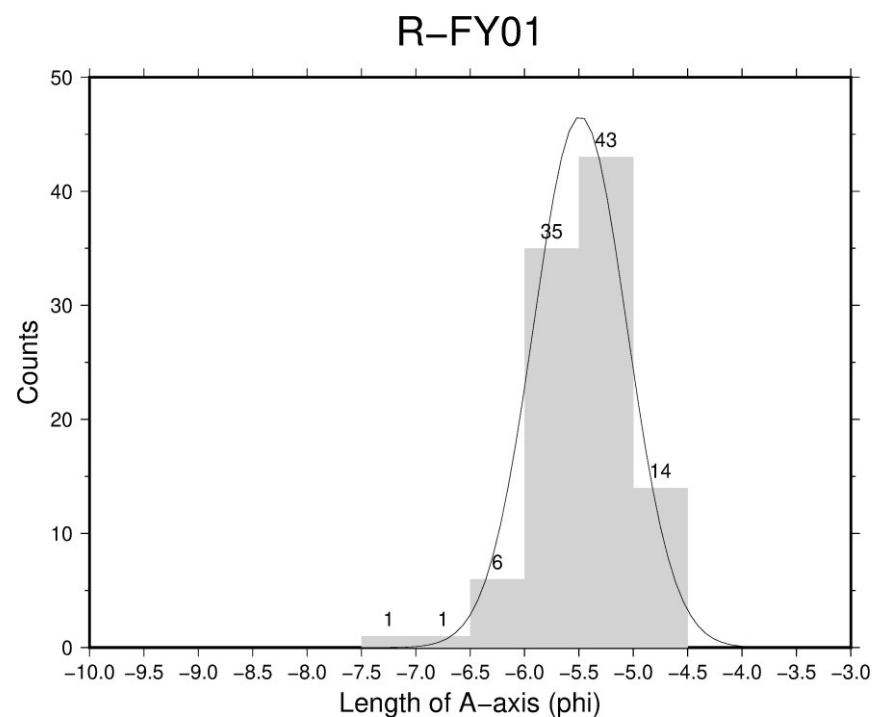
E: 121.367791

平均 (avg) 計算方法為全部加總後除以總數

單位：mm

岩性	A 軸	B 軸	C 軸	Sc	59	36	22	Sc	50	16	5	Vq	43	33	31
Sc	140	67	47	Mc	58	45	9	Ma	49	26	25	Sc	43	27	23
Mc	97	64	52	Ma	57	41	25	Vq	49	31	20	Sc	43	37	8
Sc	86	67	35	Sc	57	35	18	Sc	49	26	16	Sc	43	28	8
Sc	85	64	40	Sc	57	31	31	Sc	49	29	20	Vq	42	34	20
Sc	80	68	18	Sc	56	24	24	Ma	47	29	22	Sc	42	32	9
Ma	76	55	36	Mc	56	25	13	Sc	47	28	15	Sc	42	23	10
Sc	70	31	7	Sc	55	43	40	Sc	47	28	11	Sc	42	25	22
Mc	65	35	17	Vq	53	23	22	Sc	46	28	10	Sc	41	34	20
Ma	63	42	18	Sc	53	25	13	Mc	46	28	15	Sc	41	35	24
Sc	63	57	28	Sc	53	28	20	Ma	45	23	9	Ma	40	26	20
Sc	62	50	22	Ma	52	38	36	Sc	45	31	24	Ma	40	33	8
Sc	62	28	26	Ma	52	38	36	Sc	45	25	13	Sc	40	30	15
Vq	61	45	34	Sc	52	29	16	Sc	45	40	13	Sc	40	35	6
Sc	60	43	10	Sc	52	51	30	Sc	45	42	25	Sc	40	23	18
Sc	60	40	18	Ma	50	29	25	Ma	44	28	24	Sc	40	24	24
Sc	60	38	25	Sc	50	30	11	Sc	44	38	32	Sc	40	25	10

Ma	38	19	14	Ma	33	26	14
Ma	38	33	15	Sc	33	21	12
Ma	38	30	16	Sc	32	32	16
Sc	38	26	10	Sc	32	17	8
Sc	38	33	20	Sc	32	28	20
Sc	38	22	11	Sc	32	26	18
Ma	37	28	18	Sc	32	18	18
Sc	37	33	18	Sc	31	21	5
Mc	37	25	23	Sc	31	23	5
Sc	36	22	12	Sc	30	22	9
Sc	35	28	17	Sc	30	22	4
Sc	35	33	17	Vq	29	21	14
Sc	35	20	10	Sc	28	20	18
Sc	34	22	16	Mc	27	15	7
Sc	34	26	25	Vq	26	15	11
Mc	34	18	15	Sc	26	19	15
Mc	34	23	16	Avg	47	32	19



Ma：大理岩（Marble）；Mc：變質燧石（Metachert）；Sc：片岩（Schist）；Mb：變質基性岩（Metabasite），包含蛇紋岩、角閃岩、陽起石；Sl：板岩（Slate）；Vq：脈石英（Vein quartz）；Ms：變質砂岩（Metasandstone）；Ss：砂岩（Sandstone）

點位編號：R-FY02

N: 23.566269

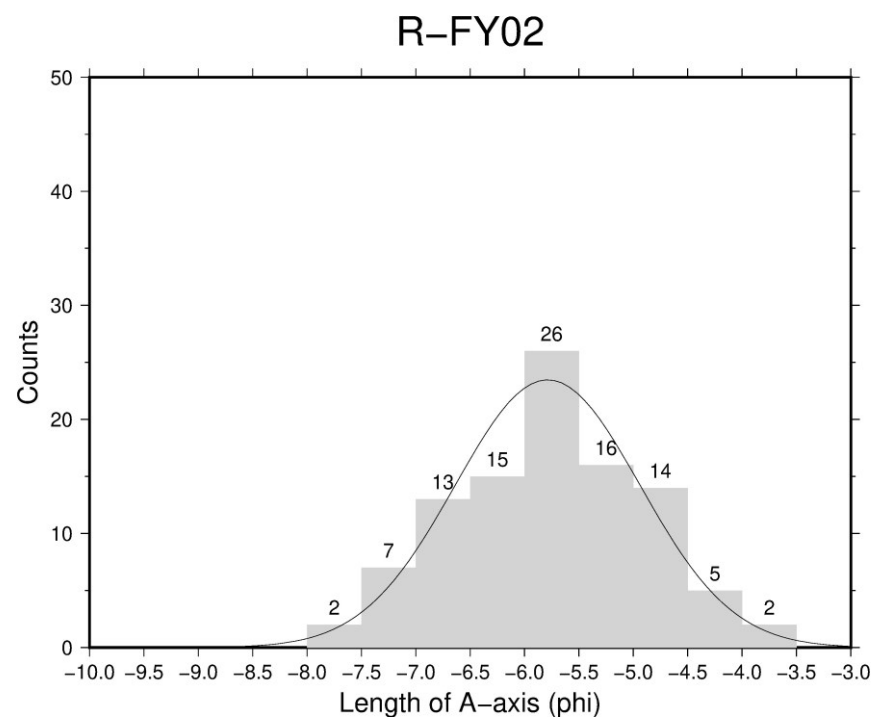
E: 121.368605

平均 (avg) 計算方法為全部加總後除以總數

單位：mm

岩性	A 軸	B 軸	C 軸	Sc	96	52	20	Ma	68	54	8	Sc	57	37	6
Sc	230	110	50	Sc	96	83	22	Sc	68	52	12	Sc	56	54	8
Sc	197	80	20	Sc	95	40	15	Ma	67	46	12	Ma	56	38	12
Sc	177	63	42	Sc	94	50	17	Sc	66	43	15	Sc	55	21	7
Sc	177	69	24	Ma	93	63	20	Sc	64	39	6	Sc	54	40	10
Ma	156	80	58	Ma	92	70	28	Ma	63	51	12	Ma	51	48	6
Ma	145	75	40	Ma	90	85	21	Ma	63	43	11	Sc	50	46	15
Sc	140	90	30	Sc	90	36	16	Sc	63	32	8	Ma	50	23	10
Mc	136	90	21	Sc	86	45	14	Sc	62	40	12	Sc	48	19	11
Ma	130	83	31	Sc	84	67	18	Sc	61	48	13	Sc	48	34	12
Ma	120	80	60	Ma	77	59	16	Sc	60	40	14	Sc	48	34	10
Sc	118	50	20	Mb	75	37	13	Sc	60	45	12	Sc	47	30	18
Sc	111	60	37	Sc	75	35	18	Sc	60	35	19	Ma	46	40	13
Sc	109	63	17	Sc	74	59	17	Sc	59	37	7	Sc	45	30	7
Ma	102	22	22	Ma	70	65	15	Ma	58	49	12	Sc	45	37	12
Ma	100	85	18	Ma	70	45	35	Vq	58	40	20	Sc	45	23	8
Sc	98	40	19	Ma	70	30	17	Sc	57	40	8	Ma	44	44	12

Ma	43	37	10	Sc	30	20	14
Sc	43	33	5	Ma	27	16	9
Sc	42	35	7	Sc	26	16	6
Sc	41	26	6	Sc	26	18	6
Ma	40	28	13	Sc	26	16	10
Ma	40	30	13	Sc	26	18	8
Sc	40	30	8	Sc	25	19	6
Ma	38	28	8	Sc	24	10	5
Ma	36	28	4	Sc	23	13	7
Vq	35	20	16	Ma	22	18	3
Ma	35	25	14	Sc	22	18	6
Sc	33	20	8	Ma	20	11	4
Mc	32	31	6	Sc	20	12	8
Sc	32	20	4	Sc	18	14	4
Ma	30	24	4	Ma	16	10	3
Ma	30	30	8	Ma	16	14	8
Sc	30	20	14	Avg	66	41	15



長軸粒徑分布圖

Ma：大理岩（Marble）；Mc：變質燧石（Metachert）；Sc：片岩（Schist）；Mb：變質基性岩（Metabasite），包含蛇紋岩、角閃岩、陽起石；Sl：板岩（Slate）；Vq：脈石英（Vein quartz）；Ms：變質砂岩（Metasandstone）；Ss：砂岩（Sandstone）

點位編號：R-FY03

N: 23.554213

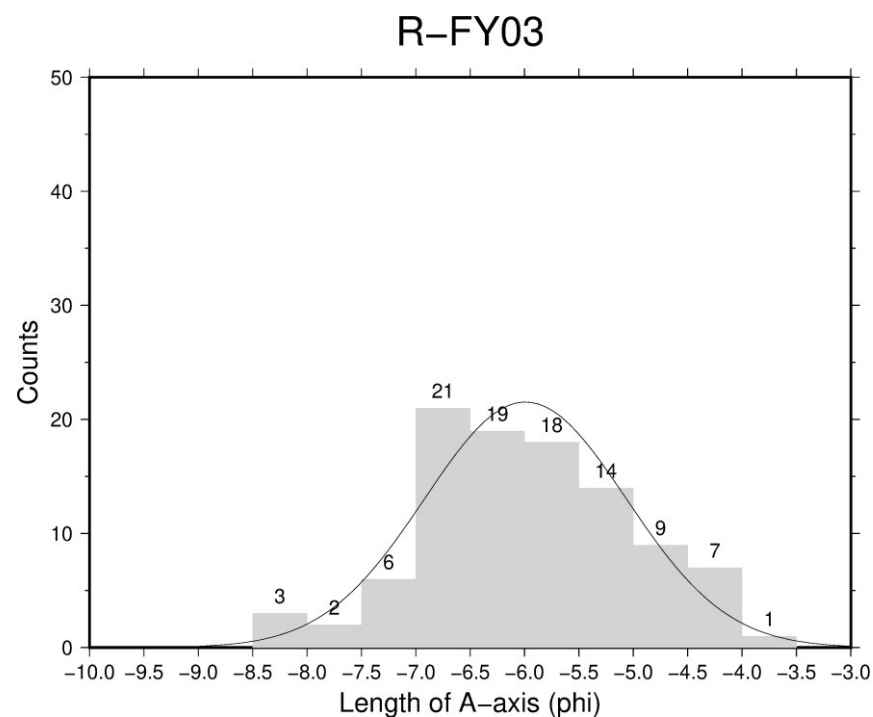
E: 121.378586

平均 (avg) 計算方法為全部加總後除以總數

單位：mm

岩性	A 軸	B 軸	C 軸	Ma	112	78	40	Ma	88	88	36	Sc	66	40	10
Sc	350	170	130	Ma	110	86	32	Sc	84	62	11	Sc	64	40	4
Sc	290	230	100	Ma	109	57	42	Sc	80	60	47	Sc	64	49	15
Sc	265	160	105	Sc	107	69	30	Ma	79	54	29	Sc	62	48	12
Sc	244	124	50	Sc	106	104	34	Sc	79	42	20	Mc	62	50	16
Sc	183	125	38	Sc	105	82	46	Sc	75	44	16	Sc	60	33	10
Sc	175	95	34	Sc	104	79	13	Sc	75	30	14	Sc	58	40	14
Sc	175	90	42	Sc	103	96	28	Ma	74	33	16	Sc	57	32	13
Sc	142	54	32	Sc	102	86	33	Sc	74	42	12	Sc	56	36	10
Sc	140	130	65	Sc	100	42	21	Sc	71	60	30	Ma	55	35	8
Sc	136	70	24	Mc	100	90	36	Mc	70	65	36	Ms	55	26	12
Sc	130	83	26	Sc	95	72	30	Sc	70	52	6	Ma	54	45	11
Sc	128	101	34	Sc	94	80	9	Ma	70	40	35	Sc	54	34	13
Ma	125	105	45	Sc	94	92	22	Ma	68	44	18	Sc	50	24	7
Sc	114	68	22	Sc	92	64	23	Sc	68	52	46	Sc	50	30	12
Sc	114	80	20	Sc	92	75	26	Ma	67	56	25	Ma	49	42	20
Ma	112	64	32	Sc	90	82	16	Ma	67	45	36	Sc	49	35	20

Ma	48	35	13	Sc	31	20	4
Sc	48	44	22	Sc	31	16	4
Sc	45	30	12	Ma	30	16	5
Vq	44	28	26	Sc	28	18	8
Sc	43	32	10	Sc	27	20	7
Ma	42	25	13	Sc	27	20	6
Vq	42	26	12	Sc	26	16	14
Sc	42	20	14	Sc	25	16	6
Sc	41	26	11	Sc	22	20	6
Ma	40	37	13	Ma	22	16	7
Sc	40	30	6	Mc	22	18	10
Sc	38	26	7	Ms	22	17	6
Sc	37	28	4	Mc	22	17	4
Mc	36	22	8	Sc	21	15	7
Sc	35	14	10	Ma	17	13	9
Sc	33	17	12	Ma	16	12	7
Sc	32	23	10	Avg	78	53	22



Ma：大理岩（Marble）；Mc：變質燧石（Metachert）；Sc：片岩（Schist）；Mb：變質基性岩（Metabasite），包含蛇紋岩、角閃岩、陽起石；Sl：板岩（Slate）；Vq：脈石英（Vein quartz）；Ms：變質砂岩（Metasandstone）；Ss：砂岩（Sandstone）

點位編號：R-HY01

N: 23.483227

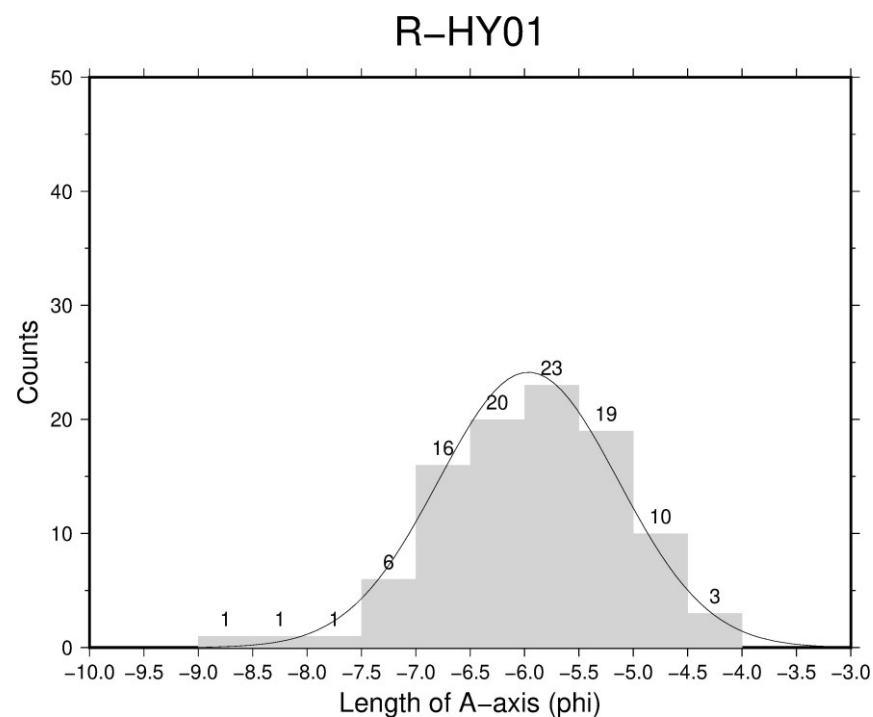
E: 121.374349

平均 (avg) 計算方法為全部加總後除以總數

單位：mm

岩性	A 軸	B 軸	C 軸	Sc	108	67	27	Sc	81	55	23	Mb	58	35	23
Sc	411	160	80	Mc	108	100	33	Mb	80	75	32	Sc	57	53	13
Sc	321	225	120	Mc	105	76	23	Sc	80	33	21	Mc	55	39	14
Mc	200	73	55	Sc	104	78	48	Vq	80	75	42	Mc	55	44	13
Mc	174	145	59	Sc	103	100	43	Mc	79	78	30	Sc	55	20	11
Mc	155	83	29	Sc	100	60	45	Sc	78	58	19	Sc	53	28	10
Mc	145	114	43	Sc	98	36	34	Sc	76	38	20	Sc	52	31	25
Mc	144	85	30	Mc	92	58	30	Mc	73	47	6	Vq	52	44	34
Sc	133	122	62	Sc	92	47	35	Sc	70	60	25	Mc	51	27	3
Mb	129	65	62	Vq	90	70	35	Sc	69	36	14	Sc	50	36	20
Sc	122	106	30	Sc	89	50	19	Sc	67	40	10	Sc	50	35	7
Sc	120	52	28	Sc	89	33	14	Sc	65	45	21	Vq	50	45	25
Sc	116	102	33	Mc	88	70	18	Sc	63	50	19	Sc	50	35	6
Sc	116	49	27	Sc	85	67	25	Sc	62	37	26	Mc	49	33	9
Mc	112	68	36	Sc	85	43	19	Sc	58	42	12	Mc	48	32	11
Mc	110	94	43	Sc	85	65	28	Sc	58	32	20	Mc	48	43	11
Mb	110	46	35	Mc	84	77	20	Sc	58	53	27	Mc	48	24	10

Sc	47	45	16	Sc	36	33	7
Mc	45	31	9	Sc	36	16	7
Vq	45	15	5	Vq	34	14	9
Mc	45	28	12	Sc	32	17	10
Mb	44	37	30	Sc	31	22	12
Sc	44	41	10	Sc	30	17	6
Sc	44	18	10	Sc	30	15	6
Sc	43	33	7	Sc	30	15	5
Mc	42	35	8	Mc	29	17	8
Sc	40	20	8	Mb	28	22	12
Sc	40	23	5	Mb	28	18	9
Sc	40	35	3	Sc	28	24	10
Sc	40	32	20	Sc	25	16	9
Sc	38	17	16	Sc	22	15	5
Sc	37	30	7	Sc	20	18	5
Sc	37	34	5	Vq	18	12	9
Sc	36	15	11	Avg	75	49	22



長軸粒徑分布圖

Ma：大理岩（Marble）；Mc：變質燧石（Metachert）；Sc：片岩（Schist）；Mb：變質基性岩（Metabasite），包含蛇紋岩、角閃岩、陽起石；Sl：板岩（Slate）；Vq：脈石英（Vein quartz）；Ms：變質砂岩（Metasandstone）；Ss：砂岩（Sandstone）

點位編號：R-DDH01

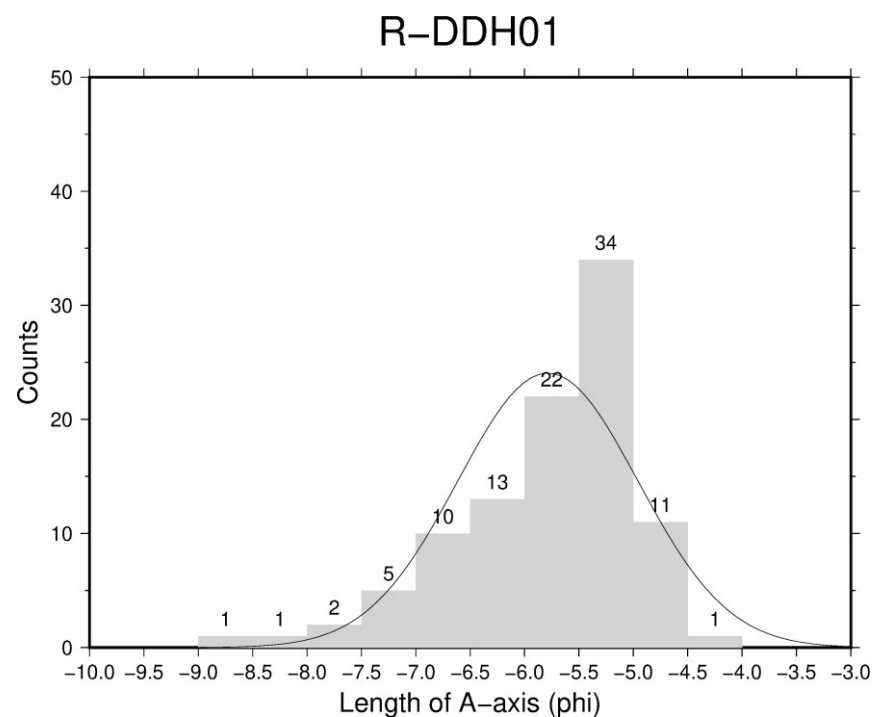
N: 23.554140

E: 121.401675

單位：mm
平均 (avg) 計算方法為全部加總後除以總數

岩性	A 軸	B 軸	C 軸	Ms	100	94	87	Ms	60	44	29	Ms	47	33	12
Ms	405	375	190	Ms	98	75	46	Ms	59	35	19	Ms	46	34	24
Ms	320	210	125	Ms	94	56	53	Ms	58	39	24	Ms	46	32	26
Ms	205	160	110	Ms	86	66	31	Ms	57	47	19	Ms	46	30	16
Ms	200	180	90	Ms	84	78	37	Ms	56	32	18	Ms	45	37	27
Ms	165	100	80	Ss	80	54	14	Ms	55	26	16	Ms	45	32	22
Ms	155	94	70	Ms	80	72	55	Ms	55	45	21	Ms	43	35	19
Ms	148	59	45	Ms	80	70	37	Ms	54	15	12	Ms	43	16	15
Ms	140	64	60	Ms	78	52	36	Ms	53	26	20	Sl	42	34	6
Ms	138	100	54	Ms	77	60	21	Ms	53	43	33	Ss	42	28	12
Ms	125	105	48	Ms	74	56	46	Ms	53	35	17	Ms	42	41	35
Ss	120	100	46	Ms	70	43	36	Ms	52	21	12	Ms	42	34	15
Ms	120	114	90	Ms	68	53	30	Ms	51	23	7	Ms	42	26	7
Ms	115	98	86	Ms	67	48	16	Ss	50	23	13	Ss	41	29	18
Ms	113	89	52	Ms	67	37	11	Ms	50	33	19	Ms	40	26	15
Ms	104	63	58	Ms	67	56	18	Ms	50	38	17	Ms	40	18	15
Ms	100	45	35	Ms	63	43	31	Ms	49	29	22	Ms	40	23	8

Ms	40	34	19	Ms	33	28	20
Ss	39	20	18	Ms	33	18	13
Sl	38	24	22	Ms	33	29	24
Ms	38	17	8	Ms	33	17	7
Ms	38	26	15	Ms	32	26	9
Sl	37	29	9	Ms	32	22	6
Ms	37	30	20	Ms	31	19	18
Ms	37	18	12	Ms	31	21	18
Ms	37	22	19	Ss	30	22	14
Ms	37	21	7	Ms	28	24	14
Ms	37	19	8	Vq	27	22	15
Ss	36	22	19	Ms	26	24	20
Ss	35	20	14	Ms	25	14	7
Ms	35	23	18	Ms	24	20	13
Ms	35	20	6	Ms	23	20	8
Ms	34	15	7	Ms	21	17	16
Ms	33	31	10	Avg	67	48	29



Ma：大理岩（Marble）；Mc：變質燧石（Metachert）；Sc：片岩（Schist）；Mb：變質基性岩（Metabasite），包含蛇紋岩、角閃岩、陽起石；Sl：板岩（Slate）；Vq：脈石英（Vein quartz）；Ms：變質砂岩（Metasandstone）；Ss：砂岩（Sandstone）

點位編號：R-FX01

N: 23.565848

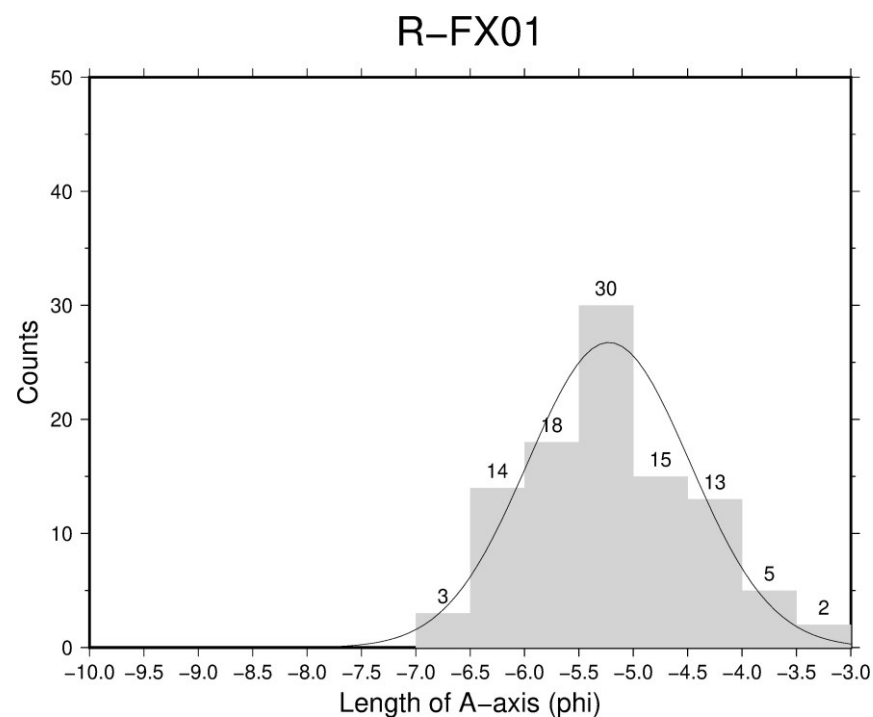
E: 121.393675

平均 (avg) 計算方法為全部加總後除以總數

單位：mm

岩性	A 軸	B 軸	C 軸	Ms	65	22	12	Ms	48	36	20	Ms	40	25	21
Ms	115	38	35	Ms	64	53	18	Ms	46	30	22	Ms	39	20	15
Ms	100	76	40	Ms	62	36	24	Ms	45	23	11	Ms	38	24	20
Ms	94	50	28	Ms	60	35	26	Ms	45	25	22	Ms	38	18	9
Ms	89	60	55	Ms	59	44	13	Ms	44	18	11	Ms	38	22	14
Ms	84	50	30	Ms	57	38	20	Ms	44	34	24	Ms	38	22	18
Ms	84	47	35	Ms	57	31	17	Ms	44	42	14	Ms	38	24	24
Ms	80	52	20	Ms	55	28	25	Ms	44	26	24	Ms	36	30	14
Ms	72	48	44	Ms	54	32	22	Ms	43	26	22	Ms	36	32	30
Ms	72	56	34	Ms	54	46	32	Ms	42	35	12	Ms	35	25	15
Ms	70	33	17	Ms	54	30	28	Ms	40	34	22	Ms	35	22	15
Ms	70	66	42	Ms	52	34	17	Ms	40	38	36	Ms	35	20	11
Ms	70	44	24	Ss	50	30	30	Ms	40	18	18	Ms	35	30	12
Ms	70	66	42	Ms	50	46	26	Ms	40	35	27	Ms	33	18	10
Ms	68	48	36	Ms	50	28	12	Vq	40	28	17	Ms	33	30	14
Ms	67	38	25	Ms	49	31	20	Ms	40	32	5	Ms	30	28	12
Ma	66	52	24	Ms	48	32	30	Ms	40	19	16	Ms	30	20	20

Ms	30	22	10	Ms	21	16	8
Ms	28	20	18	Ms	21	11	6
Ms	28	15	12	Ms	20	17	10
Ms	27	26	19	Ms	20	13	10
Ms	27	25	9	Vq	18	12	9
Ms	27	18	7	Ms	18	11	10
Ms	26	22	10	Ms	17	15	12
Ms	26	17	12	Ms	17	15	10
Ms	26	16	14	Ms	17	10	8
Ms	25	17	6	Ms	16	13	12
Ms	25	16	11	Ms	16	12	10
Ms	25	18	4	Ms	16	14	10
Ms	24	11	6	Ms	15	11	7
Ms	22	13	7	Ms	14	9	5
Ms	22	18	16	Ms	11	10	8
Ms	22	16	6	Ms	11	11	10
Ms	22	15	9	Avg	42	28	18



Ma：大理岩（Marble）；Mc：變質燧石（Metachert）；Sc：片岩（Schist）；Mb：變質基性岩（Metabasite），包含蛇紋岩、角閃岩、陽起石；Sl：板岩（Slate）；Vq：脈石英（Vein quartz）；Ms：變質砂岩（Metasandstone）；Ss：砂岩（Sandstone）

點位編號：R-FX02

N: 23.561015

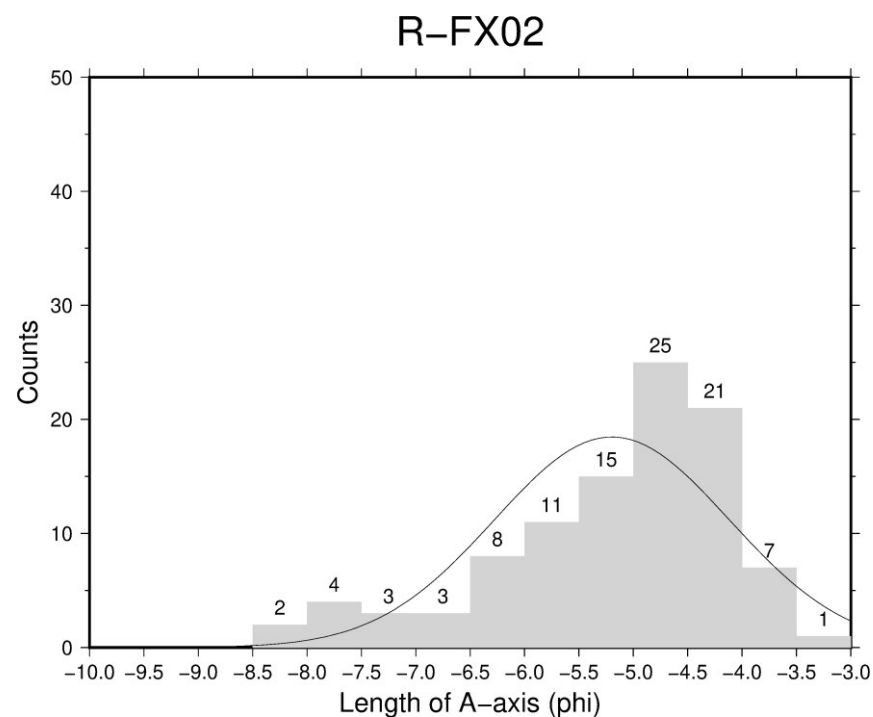
E: 121.388965

平均 (avg) 計算方法為全部加總後除以總數

單位：mm

岩性	A 軸	B 軸	C 軸	Ms	78	42	16	Ms	42	36	28	Ms	30	17	13
Ms	270	215	170	Sc	73	56	18	Ms	42	32	20	Ms	30	16	15
Ms	260	130	90	Ms	69	48	23	Ms	42	42	32	Ms	29	20	7
Ms	220	170	120	Ms	65	24	18	Ms	40	22	20	Ms	29	11	5
Ms	204	150	80	Ms	60	50	22	Ms	40	25	16	Ms	28	18	9
Ms	200	140	100	Ms	60	54	36	Ms	35	21	16	Ms	27	18	8
Ms	200	160	107	Ms	60	25	23	Ms	35	35	6	Ms	26	15	15
Ms	170	70	67	Ms	59	40	29	Ms	34	18	16	Ms	26	16	7
Ms	150	126	80	Ms	57	45	20	Ms	34	18	15	Ms	26	19	4
Ms	145	132	40	Ms	55	25	16	Ms	34	20	14	Ms	25	13	6
Ms	120	78	34	Ms	54	25	21	Ms	34	25	10	Ms	25	14	5
Ms	120	100	90	Ms	51	46	12	Vq	33	30	11	Ms	25	9	7
Ms	110	89	62	Ms	50	40	28	Sc	33	21	3	Ms	24	16	11
Ms	90	71	48	Ms	46	40	36	Ms	32	20	11	Ms	24	17	16
Sc	85	51	14	Ms	46	35	20	Ms	31	18	14	Ms	24	10	5
Ms	80	28	17	Ms	45	25	20	Ms	30	30	26	Ms	24	15	6
Ms	80	42	21	Ms	43	32	21	Ms	30	20	20	Ms	23	17	17

Ms	23	16	7	Ms	20	11	6
Ms	23	11	6	Ms	19	11	8
Ms	23	9	5	Ms	19	7	4
Ms	23	20	3	Ms	18	13	9
Ms	22	18	14	Ms	18	12	7
Ms	22	20	14	Ms	18	12	8
Ms	22	15	8	Ms	17	13	9
Ms	21	18	18	Vq	17	12	6
Ms	21	16	9	Ms	16	13	7
Ms	20	18	14	Ms	16	11	5
Ms	20	10	8	Ms	16	12	8
Ms	20	16	10	Ms	16	10	6
Ms	20	13	6	Ms	15	12	2
Ms	20	12	8	Ms	14	14	8
Ms	20	18	4	Ms	12	12	5
Ms	20	16	8	Ms	9	7	5
Ms	20	15	9	Avg	51	35	22



長軸粒徑分布圖

Ma：大理岩（Marble）；Mc：變質燧石（Metachert）；Sc：片岩（Schist）；Mb：變質基性岩（Metabasite），包含蛇紋岩、角閃岩、陽起石；Sl：板岩（Slate）；Vq：脈石英（Vein quartz）；Ms：變質砂岩（Metasandstone）；Ss：砂岩（Sandstone）

點位編號：R-FY04

N: 23.544777

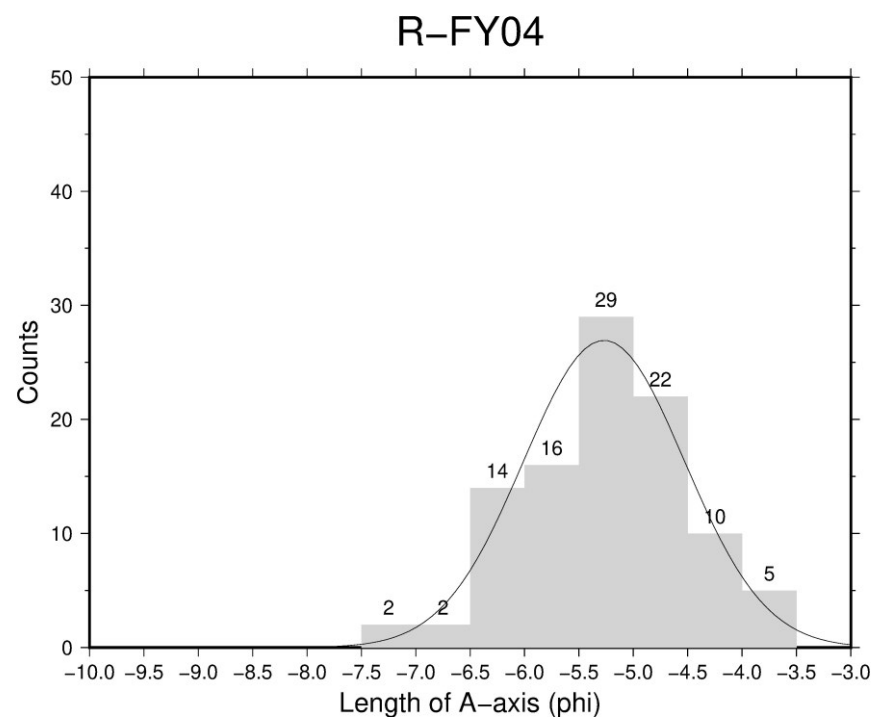
E: 121.381432

平均 (avg) 計算方法為全部加總後除以總數

單位：mm

岩性	A 軸	B 軸	C 軸	Ma	67	49	17	Vq	46	37	29	Sc	39	35	8
Sc	180	62	22	Sc	66	40	26	Ma	45	40	10	Ma	39	19	19
Sc	130	86	45	Sc	61	59	12	Sc	45	15	6	Ma	37	21	4
Sc	105	42	32	Ma	59	27	14	Sc	44	38	20	Ma	36	34	6
Sc	100	60	46	Sc	58	38	16	Sc	44	28	10	Ma	36	26	5
Sc	88	52	29	Ms	56	31	22	Sc	44	32	9	Sc	36	16	6
Ma	80	60	30	Sc	55	40	20	Ma	42	27	19	Ma	35	27	10
Sc	80	45	24	Sc	55	27	18	Sc	41	33	11	Ms	35	22	22
Sc	76	32	28	Sc	55	34	21	Ma	41	28	12	Sc	35	30	9
Ma	76	56	6	Ma	55	40	8	Sc	40	13	8	Sc	34	17	7
Sc	72	34	14	Sc	54	31	10	Sc	40	29	8	Ma	34	21	6
Ma	70	55	34	Sc	54	30	14	Ma	40	31	10	Ma	34	24	11
Ma	70	37	17	Sc	52	46	20	Sc	40	21	4	Ms	34	30	15
Sc	69	30	14	Sc	50	45	13	Ma	40	31	10	Sc	32	20	10
Ma	69	65	41	Ms	50	42	16	Ma	40	25	7	Vq	32	28	17
Sc	68	30	18	Sc	50	26	3	Ms	40	31	21	Sc	32	17	8
Ss	68	56	9	Ma	46	30	18	Sc	39	32	8	Sc	31	20	6

Sc	31	26	8	Ms	23	11	10
Sc	30	22	14	Sc	21	17	4
Vq	30	20	10	Sc	20	14	8
Ma	30	24	13	Sc	20	13	4
Vq	30	19	6	Ma	20	10	4
Ms	29	20	12	Sc	20	19	3
Ma	29	25	5	Sc	18	16	6
Sc	29	16	5	Ma	17	14	5
Sc	29	21	9	Vq	17	10	6
Sc	28	8	6	Ms	17	15	11
Sc	28	16	5	Sc	17	16	4
Sc	28	17	8	Ms	15	12	11
Ma	28	22	10	Vq	14	10	8
Ma	27	25	9	Ma	14	12	5
Ms	26	15	12	Sc	14	12	2
Vq	26	11	6	Ma	13	10	10
Ms	24	14	4	Avg	44	29	13



Ma：大理岩（Marble）；Mc：變質燧石（Metachert）；Sc：片岩（Schist）；Mb：變質基性岩（Metabasite），包含蛇紋岩、角閃岩、陽起石；Sl：板岩（Slate）；Vq：脈石英（Vein quartz）；Ms：變質砂岩（Metasandstone）；Ss：砂岩（Sandstone）

點位編號：R-FY05

N: 23.536178

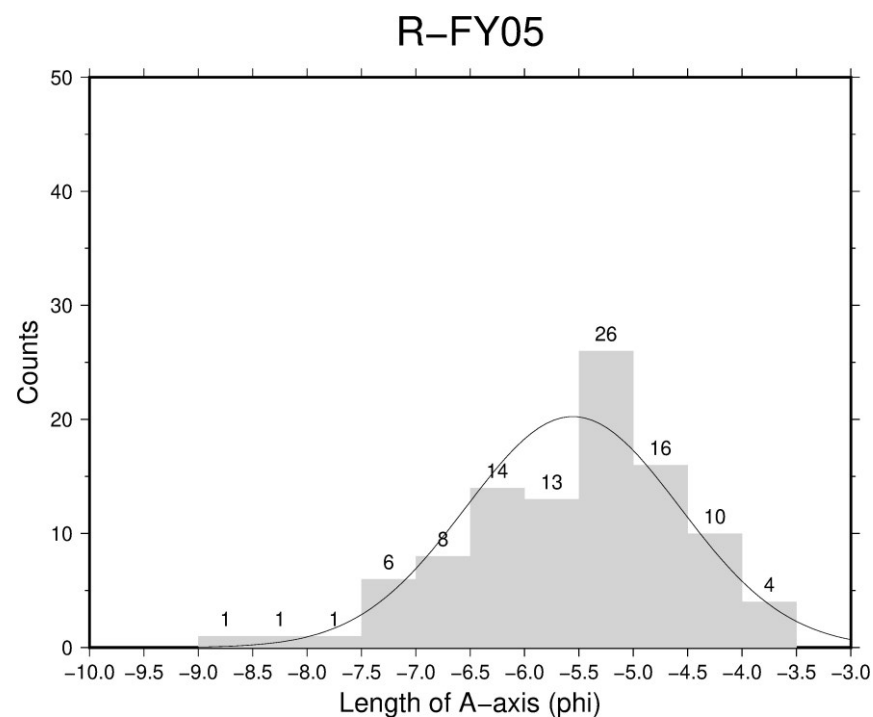
E: 121.380386

平均 (avg) 計算方法為全部加總後除以總數

單位：mm

岩性	A 軸	B 軸	C 軸	Sc	97	45	27	Sc	60	44	23	Sc	42	34	5
Sc	430	280	170	Sc	86	81	26	Ms	60	55	28	Sc	40	24	4
Sc	300	130	110	Ma	84	65	33	Ms	58	32	18	Ma	40	20	20
Sc	210	205	75	Sc	83	46	24	Sc	57	43	21	Ma	39	35	9
Ma	160	130	100	Ms	77	55	39	Sc	55	25	20	Sc	39	25	13
Sc	158	65	22	Sc	76	27	20	Sc	54	39	16	Sc	39	17	6
Ma	140	115	50	Ma	73	52	40	Sc	53	40	15	Vq	36	16	9
Sc	138	75	18	Mc	72	47	26	Ma	53	46	24	Ma	36	26	9
Sc	134	74	38	Sc	71	57	20	Sc	50	36	8	Ms	36	30	15
Sc	133	87	20	Sc	70	55	18	Sc	49	43	22	Sc	35	22	8
Sc	124	74	36	Ms	70	41	25	Sc	46	32	14	Sc	35	24	7
Sc	118	80	34	Ms	70	60	34	Ma	45	32	10	Sc	34	21	8
Ms	110	82	55	Sc	68	45	40	Sc	45	28	11	Sc	34	28	7
Ms	110	66	58	Sc	68	32	28	Ma	44	30	10	Ma	34	20	13
Sc	105	54	26	Sc	68	52	33	Ma	44	30	12	Sc	34	18	15
Sc	104	86	50	Ms	64	29	23	Sc	44	30	9	Sc	34	34	20
Ma	102	75	26	Sc	62	34	18	Sc	43	25	7	Sc	34	17	15

Sc	33	13	8	Mc	24	20	5
Sc	33	28	18	Vq	23	20	14
Sc	33	28	11	Sc	22	22	5
Sc	32	24	6	Sc	22	17	7
Mc	32	16	7	Ma	21	15	9
Sc	32	30	5	Sc	21	11	8
Sc	32	25	6	Sc	21	17	5
Sc	32	24	20	Ma	20	14	11
Ma	31	24	9	Sc	20	15	11
Ma	30	24	7	Sc	18	10	4
Sc	30	18	6	Sc	18	5	4
Ma	27	16	12	Vq	18	12	10
Ma	26	17	4	Ms	16	10	8
Ms	26	18	6	Vq	15	8	5
Ms	26	23	15	Sc	15	10	2
Sc	25	23	6	Ma	12	9	3
Mc	24	15	9	Avg	61	41	21



長軸粒徑分布圖

Ma：大理岩（Marble）；Mc：變質燧石（Metachert）；Sc：片岩（Schist）；Mb：變質基性岩（Metabasite），包含蛇紋岩、角閃岩、陽起石；Sl：板岩（Slate）；Vq：脈石英（Vein quartz）；Ms：變質砂岩（Metasandstone）；Ss：砂岩（Sandstone）

點位編號：R-FY06

N: 23.524950

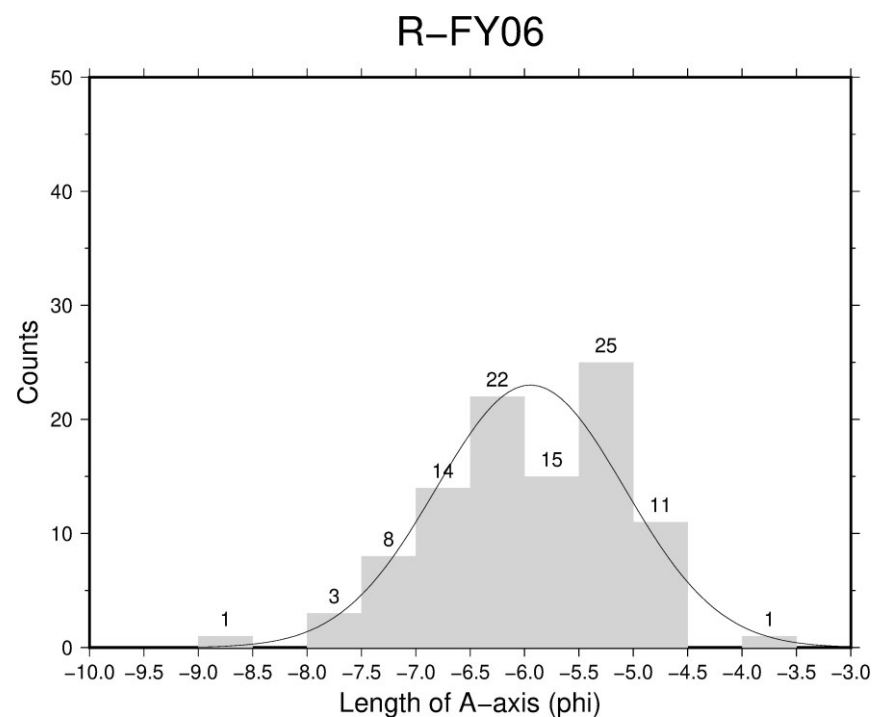
E: 121.382527

平均 (avg) 計算方法為全部加總後除以總數

單位：mm

岩性	A 軸	B 軸	C 軸	Ma	108	104	44	Vq	80	67	29	Sc	60	38	20
Sc	405	300	235	Sc	108	41	27	Sc	80	35	20	Ma	58	47	18
Sc	213	118	55	Sc	108	64	28	Sc	79	48	24	Sc	55	40	15
Sc	208	97	70	Ma	105	64	27	Ma	78	69	29	Ma	55	50	15
Sc	182	127	78	Ms	104	59	49	Vq	78	54	35	Ma	55	44	29
Ma	165	113	29	Vq	100	88	42	Sc	75	70	23	Sc	54	29	22
Sc	162	74	53	Sc	97	68	24	Ma	75	45	20	Ma	53	24	2
Ma	160	110	55	Sc	95	50	25	Ma	75	57	33	Sl	52	38	14
Ma	156	104	50	Ma	93	70	40	Sc	72	45	35	Ss	49	44	13
Sc	147	113	98	Sc	93	78	33	Ms	69	68	29	Sc	48	20	13
Sc	145	95	50	Ms	90	58	39	Ss	69	60	50	Ma	48	45	18
Sc	135	80	50	Sc	88	79	30	Sc	67	50	15	Mc	47	39	16
Sc	135	100	50	Sc	86	84	28	Ss	65	55	25	Sc	46	27	7
Ms	124	123	57	Sc	83	48	18	Mc	65	40	15	Sc	45	20	6
Sc	123	63	42	Ms	83	74	33	Sc	65	29	16	Ma	45	24	21
Sc	115	70	45	Sc	82	52	22	Ma	64	47	13	Ma	43	35	15
Sc	110	90	45	Ma	81	53	21	Ma	60	37	20	Ma	43	38	17

Ms	42	37	16	Sc	34	19	5
Ms	42	28	15	Ma	33	28	17
Sc	41	25	11	Sc	33	22	5
Mc	40	35	18	Sc	33	32	7
Sc	40	29	12	Ss	32	30	15
Sc	40	22	8	Sc	32	20	6
Sc	38	24	5	Ma	31	18	8
Ma	38	19	11	Sc	28	23	8
Sc	38	34	16	Ma	28	22	6
Sc	38	29	12	Sc	26	21	7
Sc	37	28	12	Sc	26	18	6
Mc	37	24	19	Sc	25	23	10
Sc	36	28	11	Sc	25	23	5
Sc	35	33	19	Sc	24	14	6
Sc	35	19	7	Sc	23	20	8
Ms	35	34	12	Ma	14	11	5
Sc	35	14	9	Avg	75	52	26



Ma：大理岩（Marble）；Mc：變質燧石（Metachert）；Sc：片岩（Schist）；Mb：變質基性岩（Metabasite），包含蛇紋岩、角閃岩、陽起石；Sl：板岩（Slate）；Vq：脈石英（Vein quartz）；Ms：變質砂岩（Metasandstone）；Ss：砂岩（Sandstone）

點位編號：R-FY07

N: 23.516983

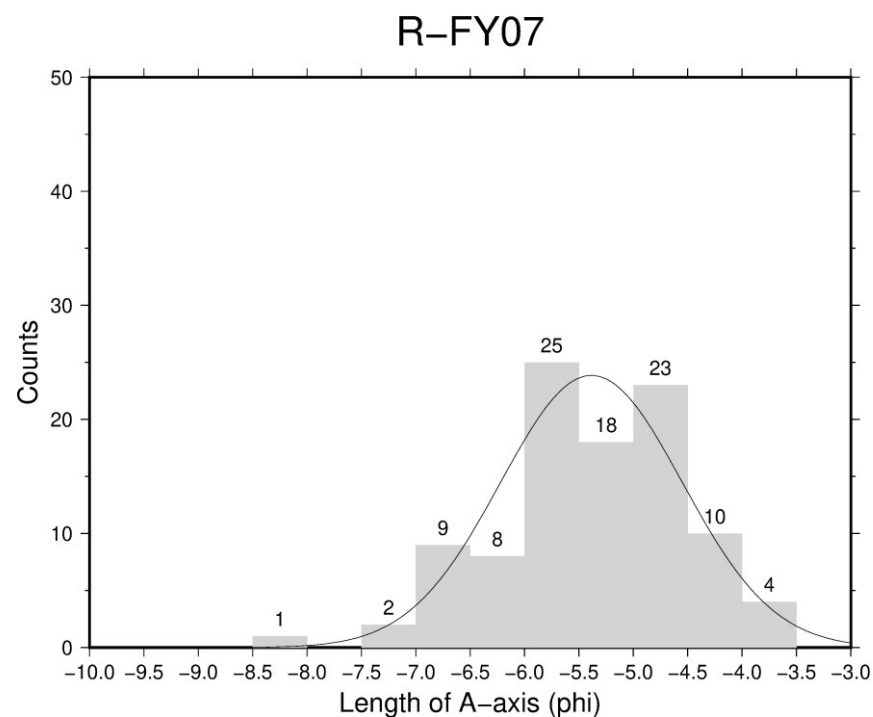
E: 121.384454

平均 (avg) 計算方法為全部加總後除以總數

單位：mm

岩性	A 軸	B 軸	C 軸	Sc	75	55	45	Ms	52	44	18	Ms	42	30	17
Ms	310	250	190	Ma	74	42	22	Sc	50	21	14	Sc	40	19	9
Ma	146	74	58	Mc	66	28	20	Ma	50	37	15	Mc	40	23	8
Ma	140	83	31	Sc	65	60	32	Sc	50	25	21	Sc	38	26	10
Sc	126	45	24	Sc	62	41	22	Sc	50	26	17	Ma	37	27	7
Sc	118	72	32	Ma	60	35	21	Sc	50	46	20	Mc	36	20	13
Ms	114	77	55	Ms	60	38	26	Vq	50	40	16	Vq	35	27	17
Ma	110	45	20	Ms	57	40	25	Sc	48	22	10	Mc	35	24	14
Sc	100	46	22	Sc	57	32	13	Ma	48	26	14	Ma	35	25	10
Sc	95	70	20	Ms	55	40	19	Mc	47	24	10	Ms	34	24	22
Ma	95	70	32	Sc	55	14	10	Sc	46	28	19	Ma	34	32	22
Ma	93	70	25	Vq	54	22	15	Ms	46	24	20	Sc	33	24	5
Ma	93	62	60	Ms	54	22	10	Ma	45	24	17	Ma	33	22	5
Sc	85	36	17	Vq	52	45	15	Sc	44	30	19	Sc	32	20	5
Sc	80	42	24	Ma	52	32	24	Ma	44	28	20	Ma	32	26	10
Sc	79	40	25	Sc	52	30	20	Sc	43	20	6	Ma	32	27	6
Ms	78	72	32	Ms	52	30	10	Mc	42	30	8	Ms	32	20	14

Sc	31	20	8	Sc	23	16	9
Sc	30	16	7	Vq	23	11	10
Sc	30	24	5	Sc	22	11	9
Sc	30	19	7	Ma	22	20	12
Ms	28	18	6	Ms	22	12	10
Sc	27	25	5	Ms	22	20	10
Sc	27	25	11	Sc	21	20	6
Ma	27	20	8	Sc	21	14	5
Sc	26	14	10	Ms	21	13	7
Ma	26	11	6	Sc	20	19	5
Sc	25	13	6	Ms	18	12	6
Sc	24	23	4	Ms	18	14	12
Sc	24	23	4	Ms	16	14	6
Ms	24	20	12	Ma	16	12	3
Ms	23	14	8	Ms	16	12	4
Sc	23	16	7	Sc	13	8	4
Sc	23	12	6	Avg	50	32	17



長軸粒徑分布圖

Ma：大理岩（Marble）；Mc：變質燧石（Metachert）；Sc：片岩（Schist）；Mb：變質基性岩（Metabasite），包含蛇紋岩、角閃岩、陽起石；Sl：板岩（Slate）；Vq：脈石英（Vein quartz）；Ms：變質砂岩（Metasandstone）；Ss：砂岩（Sandstone）

點位編號：R-FY08

N: 23.497521

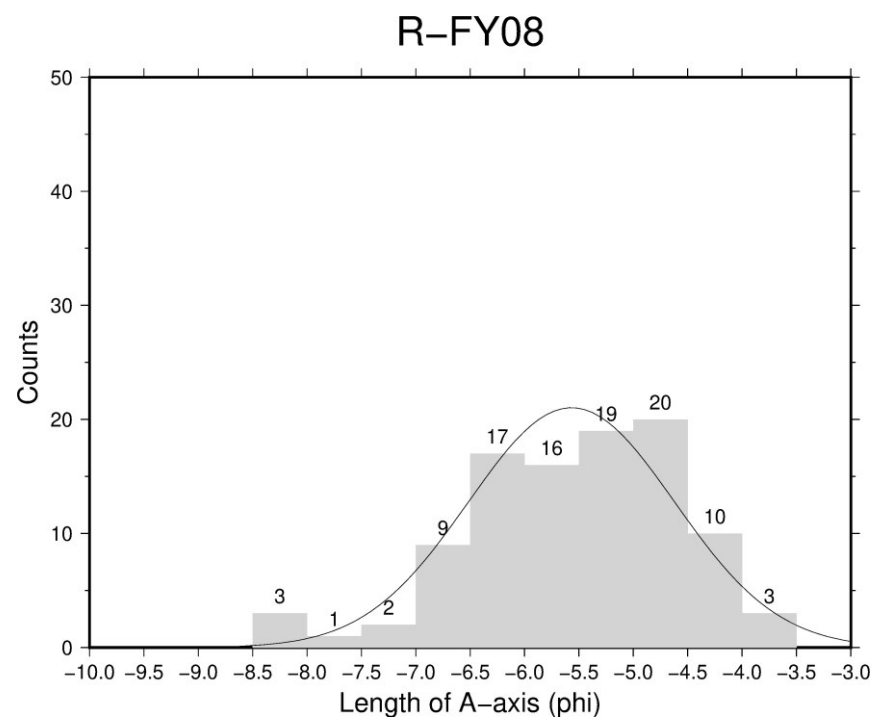
E: 121.394454

平均 (avg) 計算方法為全部加總後除以總數

單位：mm

岩性	A 軸	B 軸	C 軸	Sc	87	39	31	Ms	62	37	20	Sc	45	20	16
Sc	350	195	105	Sc	81	51	25	Ms	60	34	26	Vq	45	30	13
Ms	300	160	80	Ms	78	72	50	Ms	60	40	13	Ms	44	25	8
Ms	260	230	105	Sc	77	50	28	Ms	60	36	30	Sc	43	20	6
Sc	200	100	90	Ms	77	60	37	Sc	58	33	18	Vq	39	24	13
Sc	150	55	32	Ma	76	50	20	Ms	55	33	25	Sc	39	20	13
Sc	136	42	38	Sc	73	42	42	Sc	53	31	12	Vq	38	23	18
Ms	125	96	60	Vq	72	53	48	Ms	53	36	13	Ma	38	26	7
Ma	124	92	26	Ms	71	54	20	Sc	53	30	8	Sc	38	21	9
Ms	116	75	30	Vq	70	45	42	Ms	52	22	20	Vq	37	36	14
Ma	111	61	45	Sc	70	40	14	Ma	52	32	20	Sc	36	20	9
Ms	102	66	54	Ma	70	57	20	Ms	50	44	37	Ms	36	30	28
Ms	100	70	46	Ma	70	55	14	Sc	50	50	25	Ms	36	22	12
Sc	99	48	20	Ms	70	36	22	Ms	47	35	24	Ma	35	28	20
Sc	98	50	13	Vq	67	55	14	Ma	46	26	24	Ma	35	34	24
Ms	95	76	24	Sc	65	19	15	Sc	45	17	5	Ms	35	28	9
Sc	90	38	17	Ms	64	60	36	Ms	45	45	29	Ms	33	21	14

Ms	32	16	15	Ma	25	21	6
Ma	32	22	10	Vq	24	19	14
Mc	32	22	2	Vq	24	14	10
Vq	32	24	5	Ms	22	10	8
Ma	31	10	2	Ma	22	17	7
Mc	30	24	8	Ms	20	12	10
Ms	30	20	15	Vq	20	15	9
Sc	30	28	18	Ms	20	15	5
Ms	30	22	15	Ms	19	17	12
Sc	28	20	8	Ms	19	12	8
Ma	28	20	8	Sc	19	17	7
Ms	28	15	6	Ms	18	10	8
Vq	27	17	8	Ma	18	14	2
Ma	27	25	12	Ma	16	12	8
Ms	26	10	10	Ma	16	11	2
Ma	26	20	17	Ms	15	12	5
Vq	26	20	10	Avg	61	39	21



Ma：大理岩（Marble）；Mc：變質燧石（Metachert）；Sc：片岩（Schist）；Mb：變質基性岩（Metabasite），包含蛇紋岩、角閃岩、陽起石；Sl：板岩（Slate）；Vq：脈石英（Vein quartz）；Ms：變質砂岩（Metasandstone）；Ss：砂岩（Sandstone）