地工技術

工程地質研討會

板塊運動的見證～海岸山脈(台23線) 與會報導

丁禕* 林榮潤* 魏倫瑋* 丁權**

一、前言

時間拉回 2016 年 7 月某個晚上，何樹根總工程師邀了幾位地工前輩、老師，及幾位青年軍成員，在松江路地工技術基金會辦公室，討論一個有趣的夢想：工程地質十大路線。跟以往作法有些許不同，希望邀集新一代年輕工程師(後文稱「青年軍」)來提案、規劃、籌備以及正式舉辦，讓往後的工程地質研討會能呈現新風貌。那天大家一起用 Google Map，把臺灣從頭看到尾，發現原來還有很多地方是地工人不甚熟悉，甚至沒人去過的。

「台 23 線？這條路在哪裡？」台 23 線引起了大家的好奇心，一條從花蓮縣富里鄉到臺東縣東河鄉的省道，從花東縱谷向東南延伸橫越了海岸山脈，來到太平洋。其實花東地區橫貫海岸山脈的道路有四條，最被地工界知曉的就是台 30 線玉長公路，另外三條由北到南分別是台 11 甲線光豐公路，花 64 線瑞港公路以及台 23 線富東公路。台 23 線雖位列省道，但名氣不高，甚至當天在場的許多工程師也未曾造訪。在一番熱烈討論後，這條可從花東縱谷，一路探看海岸山脈地形地層的橫貫路線，被推舉為 2017 年由青年軍主辦的第一場工程地質研討會。

籌辦過程中，東華大學環境資源系顏君毅副教授，義氣相挺答應出馬擔任本次解說，顏老師是地科學術界年輕一輩中的佼佼者，對臺灣東部中央山脈與海岸山脈的地質、地形、構造活動等，有相當深入的研究，台 23 線對顏老師而言更熟到像自家後院般。正式活動開跑前，六月先由籌備小組進行一趟路線預跑，確認各停駐點的露頭狀況，遊覽車行駛與停放問題，餐飲住宿設施等，將預跑成果編寫為正式活動手冊。顏老師也帶領小組預跑，看了許多私房露頭，籌備小組回來後說，跟著顏老師走一趟台 23 地質調查，等於是重新認識了一次海岸山脈與花東縱谷，實在太有收穫！

有了實力堅強的顏老師，籌備小組也積極製作野外手冊，小組每位成員平常都有繁忙工作，各自利用下班後的私人時間，撰寫野外手冊。這份工作無薪無酬，全靠大家著自願付出做義工，一起合作完成。接下來，在地工技術基金會辦公室，召開了幾次籌備會議，修改與定稿野外手冊，籌措活動所需設備，同時基金會的碧霞姊與馨瑤也忙碌處理報名事宜，聯繫旅行社，確認交通住宿餐飲等。一大群人，一大串繁瑣事項，大家各司其職逐項完成與底定，正式的工程地質研討會，準備出發了！

二、活動行程與內容

本次研討會訂於 2017 年 10 月 21-22 日，為二日行程，因適逢周六周日之故，往返花蓮的車票不易安排，在工作人員的努力之下全數訂到車票，10/21 前往花蓮的普悠瑪號早上 06:05 發車，非常考驗與會者的意志力，感謝這次參與者積極且準時，上午 05:45 集合無人遲到，順利搭上火車。八點到花蓮車站時，顏君毅老師與花蓮成員也帶著笑容出現，全員到齊。

本次的研討會內容安排還有一個創新之舉，乃是新增了停駐點的 UAV 直播。UAV (Unmanned Aerial Vehicle)是無人空拍機之縮寫，透過高空的視角可以看見更清楚的地形特徵全貌，克服了人類身高有限以及困難地形無法到達的問題。將 UAV 連結到操作者的電腦，並使用網路社群(如 Facebook)開直播，觀眾便可在自己的電腦或手機上，即時看到 UAV 所拍攝到的影像。為了這次辦停駐點直播，基金會還特別租借了行動 wifi，讓所有與會者都能順利透過網際網路，參與 UAV 直播觀察地形的體驗。二日的行程表如表一，停駐點地圖與地質圖如圖一、圖二所示。

* 財團法人中興工程顧問社 **富國技術工程股份有限公司

表一　工程地質研討會(32)行程表

日期	時間	地　點	考察與討論內容
10/21 (六)	05:45	集合：臺北車站東一門	
	06:05-08:14	臺北→花蓮	台鐵 202 普悠瑪號
	09:10-10:40	停駐點 1：舊台 11 線 15 號橋	礫岩區崩塌地工程(UAV 直播)
	13:40-15:15	停駐點 2：東河橋至登仙橋	東河石灰岩、八里灣層、都巒山層
	15:30-16:30	停駐點 3：美蘭河階	曲流與河階演育與成因(UAV 直播)
	18:00-18:30	工程地質座談會	
	18:30~	晚餐與會後交流	
10/22 (日)	06:00-07:30	晨喚與早餐	
	10:40-11:50	停駐點 4：舊玉里橋板塊邊界	歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊縫合處(UAV 直播)
	12:30-13:30	停駐點 5：南安瀑布	中央山脈玉里帶變質岩、年代與地質意義
	13:30-14:00	客城鐵橋	玉里熊空拍合照
	16:40-19:21	花蓮→臺北	台鐵 181 普悠瑪號

圖一　停駐點衛星地圖 (底圖：Google Earth)

圖二　海岸山脈南段地質圖 (經濟部中央地質調查所，1993)

三、舊台11線15號橋

本次研討會考察第一站，位於花蓮壽豐鄉的舊台 11 線 15 號橋，地形上東側臨海，西側傍山，陡峭的海岸景緻非常壯麗。由於台 11 線在此區原本的路段長期遭遇崩塌與落石，因此新台 11 線以隧道方式穿越，包括跳浪一至三號隧道與水璉隧道，舊台 11 線停止使用。欲考察舊台 11 線，須自水璉隧道南口(圖三 A 處)沿著舊路往北步行，至目的地水璉 15 號橋(圖三 E 處)約 1 公里長。顏老師一邊帶領大家往前，一邊解釋沿途地質現象(圖四)，並提醒大家留心腳邊已遭掏空的崩坍區及在地上漫流的混濁泥砂。然而，我們這趟在抵達 15 號橋之前，因道路下邊坡坍塌持續擴大且往上延伸至路面，形成怵目驚心的斷路(圖三 D 處)，不能再往前。行進至此，便啟動空拍機(UAV)拍攝本區地形地貌以及崩塌形貌，並使用社群軟體連線進行實況轉播。本次 UAV 由青年軍魏倫瑋操作，UAV 一下子就飛往海上消失在雲端，如果操作者沒有一定程度的信心與技巧，恐怕 UAV 一飛到肉眼看不到的地方就開始緊張，生怕

UAV 失事或墜毀。倫瑋操作 UAV 技術十分純熟，深獲在場大家讚賞。顏老師同步空拍直播解說，大家可以從自己手機連線看到高空拍攝的崩塌地情景，這是以往實地考察時難以見到的景象，均感震撼(圖五與圖六)。

1. 水璉礫岩與蕃薯寮層的地質故事

自工作隧道口往北經 15 號橋至跳浪隧道北洞口，道路旁出露地層均屬於八里灣層水璉礫岩段(圖七 G 處)，地行為陡直岩壁。此區為水璉礫岩標準剖面，水璉礫岩在 200-300 萬年前沉積，此時原始臺灣島(中央山脈的變質岩)已經出露地表，為八里灣層提供沉積料源。地球化學研究結果，本層礫石中所紀錄的礦物相溫度不高，代表埋藏深度較淺就受到剝蝕，推論當時山脈的規模與高度不大，屬輕度變質板岩。水璉礫岩最頂部溫度較高，類似現今中央山脈深埋的深度，因而可推定，水璉礫岩源自初具規模的中央山脈。

道路下邊坡出露較老的蕃薯寮層，岩性以泥質為主，蕃薯寮層沉積物來源包括一部份中國大陸邊緣、一部分呂宋島弧火山與一部份初露水面的臺灣島，這些沉積物在深海陸坡堆積，因搬運路程長，沉積物顆粒細，這些沉積物大多未變質，與八里灣層具輕度變質不同。八里灣層水璉礫岩段年代較新，蕃薯寮層年代較老伏於其下，二者界面為一層礫質泥岩，這層礫質泥岩若將其解釋為臺灣島突然間形成，顯然不合理；根據前人研究該礫石的礦物相結果，顯示溫度較低，深埋深度不深，可見臺灣島當時並不具規模，無法短時間內提供大量礫石料源。顏老師認為可能的原因，也許是沉積當時過渡帶的砂岩被堆積到更南邊與更北邊的區域，恰巧沒有在此出現，僅出現泥質礫岩。這樣的觀點，提供給現場大家思考。

2. 水璉礫岩與蕃薯寮層的邊坡破壞形式

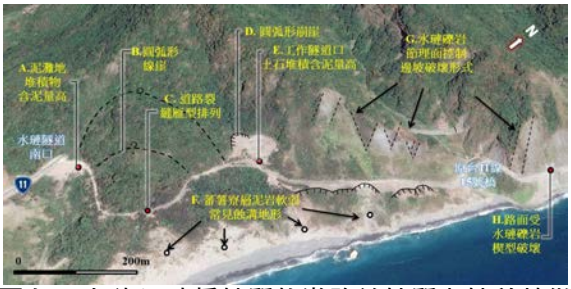
水璉礫岩質地堅硬自立性佳，具多組交叉狀節理，本區北段上邊坡破壞模式可能為節理控制(圖八與圖九)。而工作隧道(圖七 D 處、E 處)旁上邊坡地層亦為水璉礫岩，但其崩滑型態屬圓弧形破壞，與節理控制不同，推測此處歷經多次崩坍，為古崩塌地再次崩滑，厚層崩積物已覆蓋至隧道口(圖十)。

圖三 舊台11線15號橋考察路線 (底圖：Google Earth)

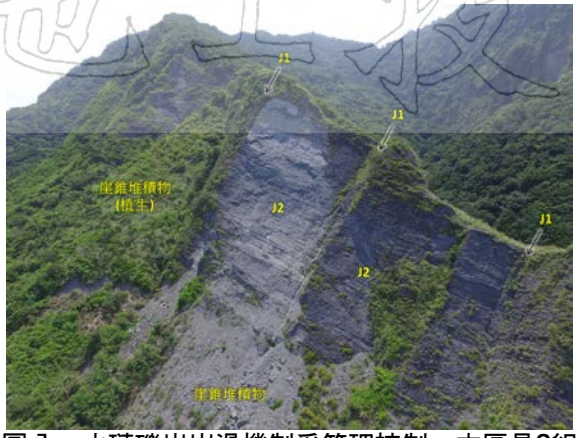
圖四 顏老師在崩裂的舊台11線講解水璉礫岩區地質現象 (魏倫瑋攝，2017/10/21)

圖五 UAV直播，由青年軍魏倫瑋(前排左六)示範，與會者皆興奮張望與拍照，拍攝地點詳圖三D處 (丁權攝，2017/10/21)

圖六 舊台11線道路崩塌處之UAV團照，拍攝地點詳圖三D處 (魏倫瑋攝，2017/10/21)



圖七 水璉15號橋地質旅遊路線地質與地貌特徵位置圖 (底圖：Google Earth)



圖八　水璉礫岩崩滑機制受節理控制，本區具2組以上節理。位置如圖七G處 (魏倫瑋攝)

圖九　本區水璉礫岩具3組以上節理，邊坡呈楔型破壞，路段損毀嚴重。位置如圖七H處 (魏倫瑋攝，2017/10/21)

圖十　工作隧道上邊坡弧形破壞，崩積物覆蓋隧道口。位置如圖七D處 (魏倫瑋攝，2017/10/21)

圖十一　蕃薯寮層岩性軟弱，海岸側蝕溝地形發達。位置如圖七F處 (魏倫瑋攝，2017/10/21)

道路下邊坡為蕃薯寮層(圖十一、圖十二)，岩性以砂泥岩互層為主，當海浪持續拍打較為鬆軟的本層造成坡腳掏蝕，使邊坡道路下方沒有足夠安定的力量支撐，便會造成路面裂隙、凹陷與崩坍。在跳浪段 3 號隧道南口至工作隧道之間路段，雙黃線路面常見裂縫與凹陷現象，路面裂縫甚至出現雁行排列(圖七 C 處、圖十三)，可見崩移方向指向蝕溝地形發達處，而上邊坡處亦已出現崩崖(圖七 B 處)。本站的終點(圖三 C 處)破壞形式也類似於坡址受蝕溝掏空後退，使路面破損，不過新出露的蕃薯寮層露頭可讓我們從道路上便一窺岩性(圖十四)。

圖十二　15號橋一端建於蕃薯寮層上，經多次修補仍崩滑破損。另一端建於水璉礫上，若避開楔型滑動破壞，反較穩固。位置如圖三E處 (魏倫瑋攝，2017/10/21)

圖十三　邊坡持續崩塌使路面開裂與陷落。位置如圖七C處 (丁權攝，2017/10/21)

圖十四　蕃薯寮層岩性為泥質砂泥岩互層，因質地鬆軟無足夠力量支撐，造成路面凹陷與崩坍。拍攝位置如圖三D處 (丁權攝，2017/10/21)

四、東河橋與登仙橋

中午在三仙台遊憩區簡單用過餐盒，大夥用最短時間飛奔來回三仙台後，便前往下一站—東河橋。

新、舊兩條東河橋位於馬武窟溪的出海口，也是台11線與台23線之交會口，兩座橋一紅一白形成醒目地標，跨越於馬武窟溪上，點綴了泰源幽谷之美景。為因應現代交通運輸，火紅的新東河橋於 1992 年一月竣工，而復古的舊東河橋(圖十五)，前身為 1930 年由日本工程師所設計的一座吊橋，命名為吉困橋，可連結靠海的東河部落和山側的泰源盆地，同時也是通往新港的唯一道路，後因颱風損毀，沒了吊橋，導致交通不便，故於 1953 年重建東河橋，為今日所見隻白色的舊東河橋。由於馬武窟溪南北兩岸出露不同地層，北段為八里灣層的砂頁互層與港口石灰岩、南段則為未固結的現代堆積層，故舊東河橋的北段橋墩設計為拱型、南段則為支架型，以因應不同基盤特性。當您矗立在舊東河橋，西迎向青山、綠水及河床白淨的石灰岩塊(圖十六)，東面火紅新橋、藍海、綠水及沙洲，別具有一番不同的意境(圖十七)。

接下來，顏老師帶大家從東河橋遊憩區牌樓往西徒步邁進，正式走進台 23 線，沿途可觀察道路兩側灰白色的港口石灰岩(東河石灰岩)，幸運的話還可以看到珊瑚與抱球藻等；此外，約在台 23 線 44.6K 處北側，可發現港口石灰岩整合於都巒山層火山碎屑岩之上(圖十八)，該邊界兩側有明顯的岩性變化。另外，在台 23 線約 40.5K 處，為登仙橋休息區，舊登仙橋已廢除，過去因遊客常餵食猴群，現已成為猴群專屬的休息區，但由於曾多次攻擊遊客，因此縣政府立有告示牌提醒遊客注意自身安全。行進至此，在地質圖上已從東河石灰岩區進入都巒山層石門火山角礫岩區(圖十九)，因火成岩質地堅硬，故在地形上形成聳立的山脈，河流也容易發展成曲流；俟西進至台 23 線 39.5K 後，在地質圖上又從石門火山角礫岩區進入八里灣層區，岩性的差異帶來地形上的轉變，有如柳暗花明又一村般，進入了海岸山脈面積最大的盆地—泰源盆地。

圖十五　顏君毅老師於舊東河橋上進行地質解說 (林榮潤攝，2017/10/21)

圖十六　矗立古橋西迎馬武窟溪青山、綠水及白淨石灰岩之意境 (林榮潤攝，2017/10/21)

圖十七　矗立古橋面向火紅新橋、藍海、綠水及沙洲之意境 (林榮潤攝，2017/10/21)。

圖十八　港口石灰岩與都巒山層整合交界面，左為都巒山層火山角礫岩，右為港口石灰岩 (林榮潤攝，2017/10/21)。

圖十九　登仙橋的猴群與都巒山層石門火山角礫岩 (林榮潤攝，2017/10/21)。

地工技術

五、美蘭河階

美蘭河階位於泰源盆地內，係由馬武窟溪下切侵蝕八里灣層而成(張，2017)。馬武窟溪發源於海岸山脈之富興山列(屬都巒山層)，往東南向進入泰源盆地(屬八里灣層)後，於盆地內形成曲流河階地形，而後切穿海岸山脈芝麻荖漏山列及都蘭山列(均屬都巒山層)，最後注入太平洋。一般而言，曲流大多發育在地勢低平且較為廣闊之處，然而此類區域因河流流速較為緩慢，其侵蝕力不若河流中、上游來的強勁，並不易形成階地地形，而臺灣因位處歐亞板塊與菲律賓海板塊碰撞帶，造山運動活躍、地殼隆升快速，使得馬武窟溪的曲流可不斷向下侵蝕，形成罕見的「下切曲流」，並留下美麗且珍貴的河階地形(賴與鄧，2015)。而這種曲流形成的河階，具有完整之弧形樣貌並層層排列，稱為劇場河階，在世界上非常罕見，也是臺灣造山活動極佳的地形證據！

顏老師在此講解美蘭河階與泰源盆地的地質史，同時倫瑋也讓 UAV 飛上天，大家透過連線直播，看到了空中拍攝的美蘭河階(圖二十)，真的是漂亮美麗又難得一見的地形，讓大家直接感受到大自然的鬼斧神工，一改過去大家只能在對岸路旁遠眺的限制，不禁讚嘆再三(圖二十一)。

至此，第一日的考察已圓滿完成，全體前往成功鎮東海岸海景渡假飯店下榻。

圖二十　由UAV拍攝之美蘭河階空拍畫面 (魏倫瑋攝，2017/10/21)

圖二十一　UAV於美蘭河階上空，拍攝站立於台23線上之全體學員 (魏倫瑋攝，2017/10/21)

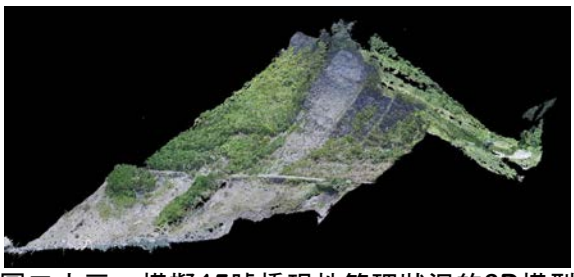
六、工程地質座談會

本日晚上的工程地質座談會，由何樹根總工程師擔任主持人，首先由青年軍魏倫瑋為大家介紹水璉段海岸公路與邊坡破壞，台 11 線更改路線(圖二十二)，以及舊水璉 15 號橋鄰近區域初勘 UAV 拍攝結果。在簡報中提供 QR code，與會者可用手機掃描並開啟開啟模擬現地節理狀況的 3D 模型網頁(網址為 http://homepage.ntu.edu.tw/~d03224007/Wedge_Failure.html)(圖二十三)，這種使用科技讓工程模型更方便展示的方式讓大家反應熱烈。來賓提問：「舊台 11 線先前破損如此嚴重，而且海岸線仍不斷後退，邊坡越來越不穩定，請問這樣的狀況除了不斷往陸側退縮有無其他方法可以解決?」回答：「沒辦法！」大家苦笑。

接下來顏老師為大家介紹海岸山脈地質故事（圖二十四），帶領大家了解海岸山脈的形成成因、泰源盆地的前世今生、都巒山層、蕃薯寮層與八里灣層所代表的意義、都巒山層(呂宋島弧)與石灰岩的故事、河階與海階的時間面與臺灣島的抬昇速率等，並與今明二日的停駐點關係做連結，讓大家印象更深刻。與台 23 線最有關的主題，便是泰源盆地的前世今生：當海岸山脈尚未形成、呂宋島弧系統尚未撞上臺灣前，當時泰源盆地為深海弧前盆地，由於菲律賓海板塊不斷往西北推擠歐亞大陸板塊，板塊連動使呂宋島弧與中央山脈發生蓬萊造山運動，這個過程中泰源盆地也不斷北移，同時海盆閉鎖、抬昇與變形。但根據實際上泰源盆地的地質調查結果，岩層並沒有出現強烈的斷層剪切現象，再根據美蘭河階定年資料，顯示盆地是相對穩定抬昇的狀態，故推論盆地基盤屬都巒山層，厚層火山島弧包覆盆地，使碰撞造山過程中，沉積盆地之地層沒有受到強烈變形。觀察現今海底地形構造，同樣屬於呂宋島弧系統的弧前盆地－臺灣南部的海域南縱海槽鄰近區域與北呂宋海槽，若板塊運動方式持續不便，未來很可能就是下一個泰源盆地。

在眾人掌聲之下結束了精采的演講，主持人何總工宣布晚宴開始。在地質、工程以及酒精的催化下，與會者探討各種議題，場面非常熱絡，酒酣耳熱。值得一提的是，顏老師酒量屬於海量級，千杯不醉。

圖二十二　舊跳浪隧道以及新水璉隧道工程比對照片



圖二十三　模擬15號橋現地節理狀況的3D模型(建模：黃韋凱)。

圖二十四　顏老師演講實況 (丁禕攝，2017/10/21)

圖二十五　台23線道路中斷施工情形 (丁禕攝，2017/10/22)

圖二十六　台23線崩塌路段出露的八里灣層露頭(丁禕攝，2017/10/22)

七、道路阻且難—台23線道路中斷

隔天(10/22)一早由成功鎮出發，前往台23 線，預定先至道路最高的鱉溪越瞧瞧。車行過了昨日的美蘭河階 10 餘分鐘，就被道路施工阻住去路。何總工與顏老師下車了解情形，施工單位告知因之前連日大雨，造成台23 線多處路段崩塌並落石不斷，目前封路搶修中(圖二十五、圖二十六)。雙方進行溝通，充分了解道路目前崩塌與落石狀況後，大家達成決議，安全第一，先從台 23 線撤退，轉進台 30 線，經由玉長公路抵達玉里，接續舊玉里橋板塊邊界之停駐點，放棄台 23 線五號橋等停駐點。在那個當下，做出這個決議雖然有所遺憾，畢竟鱉溪越、五號橋與吉拉米代社區，都是十分令人期待的考察點，可是安全因素是必須最優先考量的。顏老師也以自身經驗告訴大家，跑野外做地質調查本來就不是每次都能百分之百順利，大家安全第一，留得青山在，不怕沒柴燒！

我們撤出了台 23 線，沿著台 11 線北行，轉進台 30 線玉長公路，玉長公路明媚的風景與高處的展望非常迷人，也算稍稍彌補了一些缺憾。接著，來到了板塊邊界的入口—玉富自行車道，眾人在此下車，沿著自行車道，步行至舊玉里橋。

值得一提的小插曲是，本來這日中餐預訂出台 23 線後，於富里農會享用頗富盛名的富麗便當，便當早已事先定妥，但轉進台 30 線後，不會再經過富里。那麼，午餐便當怎麼辦呢？在玉富自行車道大家都下車往舊玉里橋出發後，何總工迅速借了台自小客車，趕快手機聯繫富里農會不內用改外帶，便駕車沿台 9 線衝去富里農會了。何總工的當機立斷，讓大家到了中午依然順利有熱熱的便當吃，也沒有因行程改變不行經富里，而失信於農會。即使台23 線的道路阻斷造成了不便，但最後事事都能圓滿完成，還是很值得感謝的！

為了彌補未能達成的停駐點，在此以 2017 年 6 月預跑資料補充介紹：

1. 鱉溪越

鱉溪越為台 23 線最高處，此處為分水嶺可從高處眺望泰源盆地(圖二十七)，以東為馬武窟溪，以西為鱉溪，故名鱉溪越。再往東行不久，出露八里灣層與蕃薯寮層邊界的礫質泥岩(圖二十八)。

2. 五號橋

以鱉溪五號橋為界，以西出露都巒山層，以東出露蕃薯寮層(圖二十九)，因岩性的不同使得地形上有劇烈改變，以西為峽谷景致小天祥，以東為低緩地形區。在五號橋下所見之岩性邊界為蕃薯寮層與都巒山層輪番出現彼此夾層的漸進式岩性漸變。

3. 吉拉米代社區

這段路原本預計採步行方式，全員從五號橋走至吉拉米代社區，觀察沿途岩性與地形之變化，這段路景緻優美，是一段兼具賞景與地質的好路線。途中可以見到先人在火山岩山壁上開鑿之引水渠道，引入灌溉吉拉米代社區之梯田(圖三十)。

八、舊玉里橋板塊邊界(玉富自行車道)

「臺灣位處於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊碰撞帶」幾乎是一句琅琅上口的句子，但這個碰撞帶位在臺灣的哪裡？對於人們的生活又有什麼樣的影響呢？且讓我們到玉富自行車道(圖三十一)一探究竟吧！

玉富自行車道位於玉里火車站與東里火車站之間，全長約 9.75 公里，橫跨秀姑巒溪，其前身為玉里火車站與安通火車站之間的鐵路橋梁，然因玉里斷層錯動的影響而持續產生高低落差，經多次修復後，遂於民國 78 年進行鐵路改線，舊鐵橋便被保留改建為自行車道，而產生高差之位置則設置板塊邊界造景，提供觀光與科學教育使用。

一行人浩浩蕩蕩沿玉富自行車道自秀姑巒溪右岸往左岸行進，途中可見受玉里斷層東側岩盤抬升而產生之落差(圖三十一)。在舊玉里橋上，花東縱谷國家風景區管理處設置了板塊邊界牌，參訪者只要一腳跨一邊，就表示一腳踩在歐亞大陸板塊，一腳踩在菲律賓海板塊上。但這時候有人提出疑問，板塊邊界真的就是一條線，真的就是一腳踩一邊這樣簡單？

圖二十七　台23線約24K眺望泰源盆地景緻(林榮潤攝，2017/06/24)

圖二十八　台23線約15.5K礫質泥岩露頭(林榮潤攝，2017/06/24)

圖二十九　五號橋下出露之露頭 (魏倫瑋攝，2017/06/24)

圖三十　沿山壁鑽鑿之引水渠道 (何樹根攝，2017/06/24)

顏老師用淺顯易懂的方式說明花東縱谷內斷層的分布以及活動性，也提醒大家，此處雖造景為板塊邊界，但事實上整個花東縱谷都是一個巨型的板塊邊界，由許多斷層共同構成，此處更正確的名稱，為「玉里斷層」。我們只是在大型板塊邊界帶上的渺小人類，沒有人能雙腳打開就能跨在兩個不同板塊上。最後，再讓我們用 UAV 與板塊邊界來張大合照吧(圖三十二)！之後，前往卓溪鄉的玉山國家公園南安遊客中心，往代表歐亞大陸板塊的中央山脈前進。

九、南安瀑布

南安遊客中心前方是一大片美麗的綠色稻田，抬頭即可看到的山就是中央山脈。這一天的行程至此，已從東海岸穿過海岸山脈，再跨越花東縱谷板塊交界帶，來到了中央山脈裡了。

車子沿著台 30 線，從南安遊客中心緩緩駛到南安瀑布旁，這個停駐點觀察重點是中央山脈玉里帶片岩(圖三十三)，同時顏老師跟大家講述一個很有趣的中央山脈年代故事。

過去學術界對中央山脈年代的看法，普遍認為變質度越高則年代越老。在中央山脈還沒有發現化石以及缺乏定年數據的日治時代，學者認為中央山脈變質岩大略年代為古生代到第三系，張麗旭教授於 1953 年發表臺灣地質圖，基於有孔蟲化石年代，認為板岩帶可能屬漸新世至始新世，部份可能為白堊紀，而片岩帶可能為中生代至古生代。目前流通最廣的經濟部中央地質調查所 2000 年出版之 50 萬分之一臺灣地質圖，其中央山脈東段玉里帶之年代，大約是中生代至始新世。

近期科學家們利用玉里帶板岩中夾雜的火成岩塊進行鋯石之鈾-鉛定年，試圖了解玉里帶中火成岩的生成年代以及玉里帶混同層的形成年代。所得到的結果，玉里帶混同層形成年代為 15-16 百萬年之後，是臺灣蓬萊造山運動時板塊隱沒產生的混同層；並非之前認為是白堊紀古太平洋板塊隱沒所形成的，此年齡較之前所認知的年代約年輕了 9 千萬年。

既有觀念中，中央山脈變質度最高的玉里帶，理所當然屬最古老的中生代，但在近期鈾-鉛定年結果新事證下，卻反而成為年代最年輕

圖三十一　玉富自行車道受玉里斷層錯動產生高低落差 (魏倫瑋攝，2017/10/22)

圖三十二　舊玉里橋板塊邊界無人機合影 (魏倫瑋攝，2017/10/22)

圖三十三　顏老師在玉里帶板岩前解說 (丁禕攝，2017/10/22)

的。這個結果改變了大家對臺灣蓬萊造山運動的看法，重新思考臺灣板塊運動與造山的關係，最新的解釋是這樣的：由海岸山脈最古老的奇美火成雜岩鋯石鈾－鉛定年，獲得最老的火成岩年代約 15 百萬年前，顯示是南中國海板塊開始隱沒的年代(陳，2009；Shao et al., 2015)。但在隱沒開始到造山期間，歐亞大陸邊緣隨南中國海板塊隱沒發生俯衝作用(underplating)，使脊樑山脈新生代岩層產生變質作用，形成板岩與片岩(Baziotis et al., 2017)，之後在碰撞過程中逐漸地隆起成為山脈；並非現今大部份學者認知的在弧陸碰撞時，脊樑山脈就即刻隆起成為山脈。晚新生代以來，菲律賓海與歐亞大陸板塊的弧陸碰撞過程，形成了兩個縫合帶，玉里帶與太魯閣帶邊界(壽豐斷層)是早期的板塊隱沒邊界，玉里帶與海岸山脈邊界(花東縱谷斷層)是後期板塊碰撞的邊界(Chen et al., 2017)。

原來，在我們面前的玉里帶片岩(圖三十四)，被理所當然認為有高度變質一定年代很古老，卻有這麼一段由老變新的故事，也讓我們對板塊構造運動有了更新一層的認識。

十、玉里熊

結束南安瀑布後，行程尚有空檔，青年軍團隊提議可至附近看「玉里熊」。玉里鎮公所為慶祝玉里地名滿 100 周年，2017 年夏天由農民以花蓮 23 號彩色米之秧苗，種植成臺灣黑熊的圖案，到了秋天稻子成熟後，便會在綠油油的稻田中呈現黑色的熊圖案。我們這天恰好正逢時節，玉里熊的圖案完整好看，UAV 拍下全體人員與玉里熊的合照(圖三十五)，而研討會也到了尾聲，用合照與海岸山脈、花東縱谷與中央山脈暫時說聲：後會有期，全體人員啟程回花蓮，轉普悠瑪號回臺北，平安返家。

圖三十四　南安瀑布附近的中央山脈玉里帶片岩露頭 (彭馨瑤攝，2017/10/22)

圖三十五　與會全體人員與玉里熊合照，畫下圓滿句點 (魏倫瑋攝， 2017/10/22)

十一、後記

研討會結束後，基金會俞清瀚董事長、學術研討會何樹根總工與青年軍開會檢討本次行程。在日期安排方面，訂於周六周日易與婚嫁好日衝突，使得許多原本有興趣者無法報名參與，且往返花蓮的火車票十分難訂，辛苦了這次的代辦旅行社，最後訂到清晨 06:05 發車之普悠瑪號，挑戰大家早起的毅力，幸而全員準時順利上車，未耽誤行程。

而在研討會第二日，行到台 23 線快越嶺前被道路施工阻住去路，才知前方道路坍方正在搶修，不得不立即改變路線，轉進台 30 線玉長公路至玉里。雖說道路邊坡因雨坍方是天公不作美之不可抗力因素，但未能事前查清台 23 線的即時道路通行實況，是青年軍沒有做好的地方，假若能至少在前一天確認路況瞭解無法通行，至少在規劃轉進路線上，可以爭取更充裕的時間，可以及時多安排縱谷或中央山脈考察點。這次青年軍沒有做好的地方，我們誠實檢討自己的疏失，並且將這份經驗傳承給下一次的研討會主辦青年們，願這些經驗，能讓往後的研討會改善過往的缺點，新增更多優質的優點，一次一次越辦越好。

參考文獻

張庭漪 (2017)，「泰源盆地河階地形成因之探討」，國立東華大學自然資源與環境學系碩士論文，共106頁。

張麗旭(1953) 臺灣地質圖(三十萬分之一)。臺灣省地質調查所出版。

陳文山(2009) 海岸山脈火山島弧與碰撞盆地的地層架構與年代。西太平洋地質科學，第9卷，第67-98頁。

陳麗華、王泰典、劉曉樺、闕禮琳(2012) 台11線東部濱海公路北段地工特性與修築養護對策探討，地工技術，第131期，第59-70頁。

經濟部中央地質調查所(1993) 海岸山脈地質圖(南幅)。

經濟部中央地質調查所(2000) 臺灣地質圖(1:500,000)。

鄧國雄、沈淑敏(1990) 臺灣海岸山脈泰源盆地河流地形之研究。師大地理研究報告，第16期，第199-224頁。

賴序衡、鄧屬予(2015) 縱橫泰源-台23線地質旅遊。地質，第34卷，第2期，第44-51頁。

Baziotis, I., Tsai, C.H., Ernst, W.G., Jahn, B.M., and Iizuka, I. (2017) New P–T constraints on the Tamayen glaucophane-bearing rocks, eastern Taiwan: Perple_X modelling results and geodynamic implications. J. metamorphic Geol., 35, pp. 35–54.

Chen, W.S., Chung, S.L., Chou, H.Y., Zugeerbai, Z., Shao, W.Y., and Lee, Y.H. (2017) A reinterpretation of the metamorphic Yuli belt: Evidence for a middle-late Miocene accretionary prism in eastern Taiwan. Tectonics, doi: 10.1002/2016TC004383.

Shao, W.Y., Chung, S.L., Chen, W.S., Lee, H.Y., and Xie, L.W. (2015) Old continental zircons from a young oceanic arc, eastern Taiwan: Implications for Luzon subduction initiation and Asian accretionary orogeny. Geology, 6, p. 479–482, doi:10.1130/G36499.1.

Yen, T.P. (1963) The metamorphic belts within the Tananao schist terrain of Taiwan. Proc. Geol. Soc. China, 6, p. 72–74.