#### 菌蝕作用對原油碳同位素組成之影響

林殷田<sup>1</sup>、俞聖法<sup>2</sup>、徐敬閎<sup>1</sup>、賴慶晏<sup>2</sup>、徐偉軒<sup>2</sup>、葉世國<sup>1</sup> (1)臺灣中油公司探採研究所、(2)中央研究院化學研究所

油-油和油-岩對比雖常以生物指標化合物對比作為主要鑑別方式,但油氣在形成以後至移棲到儲集層的過程間,常會受到岩層中的有機物以及不同來源的油之混合。生物指標化合物雖然可以提供混合有機物的來源,但混合源在油中所佔的比例卻不易從生物指標化合物的特徵中分辨出來。而原油成份中穩定碳同位素組成,可以協助估算不同來源的貢獻比例。因此當進行油-油對比時,具類似生物指標化合物的不同油樣之間,可利用穩定碳同位素組成之差異來區分。

然而,依菌蝕程度之不同,常見不定程度碳同位素組成之改變,進而影響油-油和油-岩對比的正確性。因此本研究進行菌蝕作用對原油穩定碳同位素組成之影響。研究結果顯示,利用單一菌種進行原油菌蝕實驗可見其低碳數之正烷烴在初期即被分解近 50%,隨著菌蝕時間增加,其高碳數之正烷烴亦持續降解。隨著正烷烴降解越多,整體穩定碳同位素組成亦逐漸變重。更進一步,分析其特定分子碳同位素組成,降解初期亦逐漸趨向較重的碳同位素組成,再逐步下降至接近未菌蝕前之比值。此結果符合動力學同位素效應,較輕的 <sup>12</sup>C 組分,具較高的比例,可較快速地持續地被菌蝕。然而,當菌蝕逐漸劇烈,則開始有更多的 <sup>13</sup>C 的組分被分解,則會反向地使得碳穩定同位素比值又再次降低,逐漸逼近原始菌蝕前的比值。此項趨勢,與 <sup>12</sup>C/<sup>13</sup>C 的動力學同位素效應,呈現高度的正相關。

中文關鍵字:菌蝕作用、原油、同位素效應

#### 大量沉積物和碳酸鹽輸入對疊層石微生物群落生長和層理構造

#### 的影響之野外實驗研究

周哲立<sup>1</sup>、梁碧清<sup>1</sup> (1)成功大學地球科學系

疊層石,層層堆疊而成的層理構造可以藉由微生物群落捕捉沉積物碎屑、生物礦化作用或無機碳酸鹽礦物沉澱三個過程形成。層理產狀的規則形成在特定環境下明暗層理可反映日夜更替的光合作用及礦物沉積差異。藉由分析疊層石微生物菌落的生長及層理構造可以尋找調節沉積過程的環境及生物影響因子。疊層石的野外露頭及多面向的實驗室觀察可提供適合微生物菌落生長的環境的線索。

本研究是基於前人對於現生疊層石的野外環境因素以及傳立葉轉換紅外光譜(FTIR)之室內分析進行延伸,設計野外實驗,在現生疊層石產地-墾丁風吹沙地區,透過增加沉積物及碳酸鹽供應量,觀察特定時間內的微生物群落變化及成長,後續採樣進行 DNA 定序,岩石薄片進行礦物沉積的 SEM 觀察微生物和礦物的交互作用,及大量輸入沉積物對疊層石明暗層理形成的影響,並且採集野外樣品再次進行 FTIR 光譜分析,比對微生物質和礦物的訊號變化。此次的沉積添加物挑選現地容易採集的珊瑚礁以及貝殼進行加工,磨碎至顆粒大小150 μm 以及更細顆粒來做為沉積物投放的材料,並於實驗設置完成一個月後進行野外樣品採集以及進行下一步室內分析。

大量輸入沉積物預計增加疊層石明層的幅度,絲狀光<mark>合細菌捕捉沉積物的空間結合會</mark>更加顯著,預計沉積物的輸入及溶解使得無機沉澱作用也將增加。在類似風暴時間沉積物掩埋加劇的狀況,光合細菌具有光趨向性和逃離生物封鎖的動力,預計光合細菌或者層的生物礦物作用將加劇,疊層石暗層也會增加。

中文關鍵字:疊層石、沉積物輸入、碳酸鹽輸入、光合細菌、傅立葉轉換紅外 光譜

#### 以生物整治法處理風化油品污染土壤 - 現地模場試驗

羅凱泓<sup>1</sup>、陳韋廷<sup>1</sup>、林舜隆<sup>2</sup>、王騏瑋<sup>2</sup>、李信佳<sup>3</sup>、許藝騰<sup>3</sup>、高志明<sup>1</sup> (1)中山大學環境工程所、(2)臺灣中油公司探採研究所、(3)和協環保科技股份有限公司

土壤被石油碳氫化合物所污染是一個普遍且嚴重的問題。油污染土壤大多是 由於油槽或管線的滲漏而造成。在受油品污染土壤場址中,風化油品相較於其他 油品不僅含碳數高且化學穩定性佳,不易在環境中分解,故對環境生態影響較大。 因此,開發經濟有效且對環境友善的整治工法有其必要性。本研究評估以生物堆 處理風化油品污染土壤之可行性。研究中以現地模場進行生物堆試驗,評估生物 堆最佳操作參數。由於風化油品中主要碳氫化合物之生物可利用性較低,因此本 研究將營養基質(碳基生物復育劑)與嗜油菌株混拌入污染土壤,再結合生物可分 解界面活性劑,使土壤中風化油品達到增溶效果,以提升風化油品生物分解效率。 本研究所開發之碳基生物復育劑可有效促進嗜油菌株生長,生物復育劑中含有生 物可利用碳源,可使嗜油菌菌量在試驗過程得以快速成長。試驗結果顯示,添加 碳基生物復育劑的生物堆可在 56 天內移除土壤中 46%之總石油碳氫化合物(total petroleum hydrocarbon, TPH),相較於僅添加氮磷營養鹽與嗜油菌液生物堆高出 10%之 TPH 移除率。試驗結果顯示,碳基生物復育劑在界面活性劑增溶效果下, 嗜油菌分解 TPH 的活性更為顯著,TPH 移除率達到 68%。添加界面活性劑可增 加污染物(TPH)生物可利用性,並達到促進 TPH 降解的目標。由於生物堆中營養 鹽被微生物所消耗,總菌量自第35天逐漸降低,造成各組生物堆在實驗後期之 TPH 移除速率降低。此結果也說明土壤中的營養鹽在整治後期成為 TPH 移除速 率之限制因子。綜上所述,TPH 污染生物整治法結合界面活性劑可有效提升風化 油品的生物分解效率,而適當設計及操作的生物堆可做為整治受風化油品污染土 壤的處理方法。

中文關鍵字:總石油碳氫化合物、生物加強法、生物堆、界面活性劑、風化油品

#### 廉價光達應用於地表 3D 地圖建立之研究

張有和<sup>1</sup>、張成華<sup>1</sup> (1)東華大學自然資源與環境學系

攝影測量是建立傳統地圖之最佳選擇,也被利用於建立數值地表模型,雖然 以垂直攝影方式建立的地表高程變化相當完整,但卻被稱為 2.5D 地圖,因為例 如建築物側面等處因拍攝死角沒有資訊。近年來利用無人載具以側拍方式建立建 物側面資訊能比較完整建立 3D 地圖,但是無可諱言側拍仍有許多攝影死角例如 不規則柱面,造成 3D 地圖不夠完整。解決方式可以利用空載或地面光達進行掃 描以彌補此缺陷,但因為光達設備十分昂貴,所以此方法無法普及。另外完整的 3D 地圖建立耗費大量人力,需要更新的速率也比傳統地圖來的頻繁,急需當地 人員擔任建立 3D 區域地圖之重任,這些人員也不可能投資昂貴的光達設備。2019 年底起出現較多廉價光達(1%傳統光達價格),例如 Livox 系列產品 (https://www.livoxtech.com/), Livox Mid-40 以小範圍(FOV=380)利用非重複性掃 描,掃描最小角度 0.050,可以達到 2 公分精確度與最遠 260 公尺掃描距離。一 年間也出現許多免費光達操作軟體可用於靜態掃描(Livox Viewer 0.11.0、Livox SDK、OpenPyLivox)建立完整 3D 點雲資料,再利用相同點拼接不同掃描位置點 雲得到最後完整點雲資訊。也可以利用動態掃描 SLAM(Simultaneous Localization and Mapping)方式以慢速(低於 5 公里/小時)進行掃描(LOAM、Livox mapping、 LeGO-LOAM)建立大規模 3D 點雲資訊。本研究利用 Phantom 4 RTK 無人機建立 東華大學環境學院 3D 地圖,再比較利用 Riegl Z360i 地面光達與 Livox Mid-40 光達建立完整 3D 點雲,結果顯示廉價 Livox Mid-40 光達(600g)因為易於攜帶性 價表較高,但如果嚴格要求資料準確度 Riegl Z360i 地面光達點雲準確度優於 1 公分(Livox Mid-40 約 2 公分),但因無人機建立之點雲資料一般約為 2-5 公分解 析度,所以使用廉價光達大配無人機建立 3D 地圖值得進一步推廣。

中文關鍵字:地面光達、空載光達、點雲

#### 通往人工智慧的巨量空間資料處理工具 - TronGisPy

王禹翔<sup>1</sup>、王選仲<sup>1</sup>、方子齊<sup>1</sup>、黃梓育<sup>1</sup>、沈哲緯<sup>1</sup> (1)與創知能股份有限公司

歸功於電腦硬體運算資源的長足進展,人工智慧(AI, Artificial Intelligence) 建模與巨量資料科學的技術應用門檻也隨之降低,並且伴隨著 Python 程式語言 的崛起,以飛快的速度擴散在各式各樣的領域之中,就連地球科學與地理資訊也 同樣無一倖免。從過去仰賴商用軟體(如 ArcGIS、MATLAB、Super GIS、ENVI、 eCognition 等)、底層語言(如 C++、Fortran 等),到至今開源軟體(如 QGIS、GMT、 SAGA GIS、Python、R 等)百花齊放,地球科學在踏入資料科學的層次時,依然 面臨著巨量資料消化困難、處理繁瑣等困境,進而影響流程自動化與分析智慧化 的可能性。興創知能(ThinkTron Ltd.)致力發展「智慧空間資訊服務」,以自身 AI 專案經驗,開發開源的地理資訊系統(GIS, Geographic Information System)資料分 析工具-TronGisPy,該工具支援 Python 環境下的各種空間資料分析,同時也是網 格資料(包含衛星影像、航攝影像)的 AI 前處理工具。基於 GDAL (Geospatial Data Abstraction Library)所開發的 TronGisPy, 能夠幫助研究人員快速應用在許多科學 領域,包含地球科學、海洋大氣、森林資源與土木防災等分析工作。2020 年底 TronGisPy 已在 GitHub 免費開源(https://github.com/thinktron/TronGisPy), 平行化 運算設計大幅降低巨量網格資料讀寫分析之效率;能夠支援各種網格資料讀寫、 座標轉換、格式轉換和內插補值;也設計了網格資料與向量資料的互動,以及高 效率的地形特徵運算模組,大幅提升向量圖資與 DEM 資料分析之可用性。本研 究將展示多個資料分析應用案例,期待 TronGisPv 的持續擴充,並作為資料科學 應用的入門工具,創造地球科學研究發展的新紀元。

中文關鍵字:Python、人工智慧、開源工具、網格資料、空間資訊

#### 多媒體載具應用於活動斷層與災害潛勢之展示

柯明淳<sup>1</sup>、楊清淵<sup>1</sup>、塗冠婷<sup>1</sup>、王仲昀<sup>2</sup>、楊泓軒<sup>2</sup>、邱能賢<sup>2</sup>、曲新天<sup>2</sup> (1)國家災害防救科技中心、(2)兔豚有限公司

921 集集地震的災害記憶隨著民眾的年齡增長與社會事件發生逐漸受到替代,但於 2016 年美濃地震、2018 年花蓮地震兩次的地震災害後,再次喚起民眾對於地震與活動斷層議題之關注,然而產官學等不同層面之單位,現階段所有的活動斷層基本資料、災害情境模擬等資訊皆屬於科學研發結果,對於一般民眾而言,這些科學研發成果仍因過於艱深而無法與其生活環境之關聯性。國家災害防救科技中心與兔豚有限公司嘗試將目前博物館或展場常使用的多媒體互動遊戲方式整合中央地質調查所、中央氣象局、國家災害防救科技中心以及各學術研究單位對地震研究之成果,開發一組能展示活動斷層與災害潛勢互動式多媒體載具,提供防災科普教育或展覽使用,讓民眾透過使用互動式資料查詢之方式,了解生活中活動斷層與其發生地震後,災害對於自我居住環境之影響。

本次開發之互動式多媒體載具,為一個長 121 公分、寬 75 公分、延展高度為 210 公分之雙向投影立體投影模型,主要以實體模型搭載浮空式按鈕多媒體介面,展示臺灣地區 33 條活動斷層基礎資料與其模擬之地震災害情境、3 條臺灣島北、中、南之地質構造剖面與 1904 年至 2018 年 27 起歷史災害事件等地震情境資料,同時各地震模擬事件與歷史災害事件之等震圖也已參考 2020 年中央氣象局之新制震度進行編修,未來互動式多媒體載具將協助國家災害救科技中心於活動斷層與地震災害潛勢等不同防災相關科普教育之使用,藉以加深民眾對於地震災害對其生活影響之印象。

中文關鍵字:多媒體載具、活動斷層、災害潛勢

#### 利用人工智慧辨識岩石薄片影像

林逸威<sup>1</sup>、李沅銘<sup>1</sup>、蘇俊陽<sup>1</sup>、林玉儂<sup>2</sup> (1)臺灣中油公司探採研究所、(2)中央研究院地球科學研究所

岩石薄片影像分析是計算儲集岩礦物組成和孔隙率的方法。儲集岩的岩性及命名需由礦物組成而得,孔隙率則是攸關儲集岩層之儲量。本研究嘗試利用人工智慧將儲集岩的岩石薄片影像分割為石英、長石、岩屑、黏土、孔隙等五類以便進行沉積岩分類,以及計算孔隙率。

研究方法分為四個步驟:(1)影像前處理,包含平行偏光與垂直偏光影像之掃描、拼接、校正、切割等;(2)建立訓練/驗證影像集,利用影像分割,將影像進行分類,並將其切割、轉換成輸入資料集;(3)建立/訓練模型,利用 Matlab 等軟體,建立多層感知器、CNN 等模型,並利用訓練/驗證影像集訓練模型;(4)驗證模型,檢驗模型預測之準確率,評估代價函數是否達到最小值等,以選定適合之人工智慧模型。

本研究將 A 井上福基砂岩層之岩石薄片進行上述步驟處理,比較人工智慧模型預測之礦物分割與人工分割之間的差異,並將其預測之礦物組成比例、孔隙率,與前人文獻所計算之結果進行差異性比較。目前初步測試,利用多層感知器模型,僅分類石英、岩屑、黏土、孔隙等四種影像,利用 6000 張 4x4 像素影像進行訓練及驗證,並利用 2000 張 4x4 像素影像進行測試,準確率可達 90.7%。

中文關鍵字:儲集岩、光性礦物、人工智慧

### 110 年地質與地球物理學術研討會 EM1-P-008 Earth Materials 礦物及岩石學

#### 以主導動力學曲線研究赤鐵礦還原磁鐵礦反應

陳青毅<sup>1</sup>、鄧茂華<sup>1</sup> (1)臺灣大學地質科學系

赤鐵礦是自然界中常見的穩定鐵氧化物,廣泛分佈於岩石和土壤中,赤鐵礦經過還原反應之後會形成磁性礦物磁鐵礦。赤鐵礦對氧化還原環境十分敏感,故可以作為研究古環境變化的指標,在古氣候、古地磁的研究上,都具有十分重要的作用。主導動力學曲線模型(Master Kinetics Curve Model, MKC)是參考主導燒結曲線模型(Master Sintering Curve Model, MSC)之推導方式,以一般化學反應速率方程式為基礎推導而出的動力學模型,可經由分析擬合數組實驗數據而得到反應預測曲線,其具有使用方便、預測準確、應用範圍廣三個主要優點。根據前人研究,目前已成功將主導動力學曲線應用於燒結、相變、黏土礦物脫水、熱分解、氧化等反應。尚未有更進一步研究證實可應用於其他類型反應,故本研究以赤鐵礦還原反應探討主導動力學曲線於還原反應之適用性,將實驗得到之數據以主導動力學曲線擬合並預測其反應,擬合數據包含熱重分析實驗數據、熱膨脹分析實驗數據、前人文獻數據。

中文關鍵字:主導動力學曲線模型、擬合曲線、赤鐵礦、磁鐵礦、還原反應

### 110 年地質與地球物理學術研討會 EM1-P-009 Earth Materials 礦物及岩石學

#### 丹泉石之長晶合成及其致色機制之研究

倪嘉晟<sup>1</sup>、陳燕華<sup>1</sup> (1)成功大學地球科學系

在自然界中極少數的黝簾石因為含微量釩元素,致色形成藍紫色的高單價實石『丹泉石』;由於丹泉石至今仍無人工合成的文獻,本研究嘗試將三氧化二釩與黝廉石進行混摻實驗。一般黝簾石的合成會以高溫高壓法進行,但高溫高壓法有著危險性、能源成本高、結晶顆粒較小等缺點,且短時間內相轉變速度快容易形成混相等問題,故本研究欲以水熱法取代傳統高溫高壓法進行黝簾石的長晶合成。

對比 Byrappa (2006)利用矽線石為起始物去合成黝簾石,本研究選用其同分異構物在低壓相較易生成的紅柱石為起始原料,並探討在酸性條件下不同溫度、壓力及反應時間對合成黝簾石的影響。藉由 X 射線衍射儀(XRD)分析混摻後的晶格大小及合成礦物成分,且在高溫下進行熱處理顯色,進行人工丹泉石的合成。

初步成果顯示:利用水熱法可成功合成黝簾石,發現當壓力提高及拉長反應時間可使生成物趨向純相,接下來我們會選用最適當的合成參數進行丹泉石混摻實驗,並加以探討其致色之機制。

中文關鍵字:黝簾石、丹泉石、水熱合成、致色成因



110 年地質與地球物理學術研討會 EM1-P-010 Earth Materials 礦物及岩石學

#### 石墨包裹矽奈米顆粒之結構討論

李晨瑜<sup>1</sup>、陳志穎<sup>1</sup>、楊智淵<sup>2</sup>、鄧茂華<sup>1</sup> (1)臺灣大學地質科學系、(2)師範大學地球科學系

矽元素與碳元素在地殼中極為豐富,分別排名於第二及第十五,擁有容易取得且用途廣泛的優勢。因此本團隊利用這兩個元素的普及性,首次合成出石墨包裹矽奈米顆粒,期待能將其應用擴展到電池產業。石墨包裹矽奈米顆粒(Graphite Encapsulated Silicon nanoparticles, GES)具有核-殼層狀結構,外殼由石墨片及非晶質碳堆疊,核心則是由矽或碳化矽多晶組成,是粒徑約20-100 nm 的球狀奈米複合材料。本研究利用熱重分析及X光粉末繞射分析觀察GES的熱行為,可得知GES的碳層在約200℃時會開始氧化為碳氧化合物,碳化矽在約550℃時會開始分解為石墨和矽,以此分析結果提出GES的核心有以下三種可能結構:第一,矽與碳化矽晶粒混雜;第二,由碳化矽粒包圍矽晶粒;第三,由矽晶粒包圍碳化矽晶粒。期望將來可以透過進一步的實驗來確認GES之結構是否符合本研究提出之假說。

中文關鍵字:石墨、矽、碳化矽、核殼結構、奈米顆粒

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 EM2-P-011 Earth Materials 礦物及岩石物理

#### 含水鎂 - 鈣鋁榴石之紅外光譜特性

孫浩誠<sup>1</sup>、張耘瑗<sup>1</sup>、杲紹伊<sup>1</sup>、邱仁謙<sup>2</sup>、龔慧貞<sup>3</sup> (1)中央研究院地球科學研究所、(2)中央大學地球科學系、(3)成功大學地球科學系

大體積壓力機可產生高壓且高溫的環境,常被拿來合成地球深部的礦物。本研究使用大體積壓力機,在 6 GPa 與 1000-1400° C 的環境下,合成不同比例鎂鈣鋁榴石固溶體系列樣品。在合成實驗的初始材料中掺入氫氧化鋁(Al(OH)3),使樣品腔內的總含水量(H2O)達到 5 wt%左右,作為合成含水鎂-鈣鋁榴石中之結構水的來源。為了探討氫原子(H)進入不同比例鎂-鈣鋁榴石晶體結構的特性,本研究運用傅立葉轉換紅外光譜儀(FTIR)來測量樣品的含水量以及探討其 OH 振動模(vibration mode)的特性。含水鎂-鈣鋁榴石 OH 振動模的頻段主要落在紅外光譜3400~3700 cm<sup>-1</sup> 的範圍內,在鈣鋁榴石(Grossular)的紅外光譜中,OH 振動模主要由兩個峰組成,分別在3601 cm<sup>-1</sup> 與3621 cm<sup>-1</sup> 的位置。隨著樣品中鎂含量的增加,OH 振動模的位置會往低波數的方向移動,且信號的半高寬增大。利用紅外光譜訊號峰下面積做計算可以得到晶體的含水量,發現整個固溶體系列樣品的含水量大部份都低於500 ppm wt,在 Py40Gr60成分比例的晶體大約可以到800 ppm wt 的含水量,惟有 Py65Gr35成分比例的晶體的含水量特別高,可達1500 ppm wt 以上,推測晶體含水量多寡可能與晶體合成的溫度以及共存礦物相的出現有關。

中文關鍵字:鎂-鈣鋁榴石、傅立葉轉換紅外光譜儀、OH 振動模

#### 臺灣本島結晶岩類岩石力學特性初探

邱琮翔<sup>1</sup>、魏倫瑋<sup>2</sup>、莊伯禹<sup>2</sup>、柯建仲<sup>2</sup>、李在平<sup>1</sup>、陳臆涵<sup>1</sup> (1)臺灣電力股份有限公司、(2)中興工程顧問社

岩石力學特性係為諸多岩石工程設計與分析的重要關鍵因子,如隧道工程、地熱與石油資源開採及核廢料處置場建置等,除可透過現地調查技術來瞭解與掌握各種岩層之力學特性外,一般最常採用岩心樣本進行室內試驗,然過去岩石力學試驗規劃僅著重於一般物性及單軸抗壓與彈性參數量測,對於國際岩石力學學會(International Society of Rock Mechanics, ISRM)所規劃之試驗完整性及本土結晶岩類之力學試驗數據相對較少著墨,本研究以臺灣本島結晶岩類中變質花崗岩(含花崗岩與花崗片麻岩)及大理岩之岩心樣本為對象,參考 ISRM 建議方法規劃13 項岩石力學實驗室試驗,其目的在於獲取不同深度結晶岩類之岩石力學相關參數,藉以評估其在空間分布上的變化,以及各項參數之不確定性。

初步試驗結果顯示,變質花崗岩之含水量、抗剪強度、靜彈性模數、柏松比、 楊氏模數、剪力模數、統體模數、熱傳導係數、熱擴散係數及比熱等參數,呈現 出較大理岩為低之現象;在孔隙率、吸水率、單位重、比重、消散耐久性及體積 應變方面,呈現高於大理岩之趨勢;在單軸壓縮強度、三軸壓縮強度、抗張強度 及節理面抗壓強度等參數部分,則概略呈現兩者數值相近的現象。此一系列試驗 成果有別於過去常認定變質花崗岩力學強度高於大理岩之刻板印象。

此研究所獲之岩石力學相關參數,係國內少數針對結晶岩類進行大量試驗之 結果,其分布特性、參數不確定性等均可提供未來岩石力學相關模型建置之參考 依據,有助於提升其準確性及應用性。

中文關鍵字:變質花崗岩、大理岩、岩石力學、參數不確定性

### 110 年地質與地球物理學術研討會 EM2-P-013 Earth Materials 礦物及岩石物理

## Petro-physical properties identification of gas hydrate and free-gas in Yuan-An Ridge, Southwest Taiwan

Dwi Ayu Karlina<sup>1</sup> · How-Wei Chen<sup>1</sup>

(1)Department of Earth Sciences, National Central University

Hydrate and free gas existence in the unconsolidated marine sediments produce significantly large effect on the elastic properties changes in Yuan-An Ridge. Simultaneous Prestack Inversion (SPI) were used to distinguish the physical properties changes. SPI use conjugate gradient matrix inversion method in junction with computing angle-dependent reflectivity responses which follows Fatti's equation. Hence, quality control on SPI result by comparing synthetic to real data in angle gather is very important. SPI has two assumptions. First, the constant ratio of S-wave velocity over P-wave velocity within a rock layer and the background trend should corresponds to wet clastic. Vp/Vs ratio is later converted to natural logarithm P-Impedance (Zp) and S-Impedance (Zs). Second, based on Gardner equation, natural logarithm of density has linear relationship with P-impedance. Hence, the synthetic responses is computed by reflectivity method defined by the combined effects from P-impedance, S-Impedance, and density. Consequently, the elastic properties including Vp, Vs, density, Zp, Zs, Vp/Vs ratio can be obtained. Other associate elastic properties such as P-wave modulus, shear modulus, Young modulus, Bulk modulus, Poisson's Ratio, λρ, and μρ can be derived through known models and its corresponding equations. The parameters to characterize gas hydrate and free gas in unconsolidated marine sediment can be derived through the approach demonstrated. Parameters which are very sensitive to the gas hydrate and free gas existence in Yuan-An Ridge are  $\lambda \rho$ , and  $\mu \rho$ . They can be separated from background trend through cross plot.

Keywords: elastic properties, free gas, Fatti's equation, gas hydrate, and incident angle

### 110 年地質與地球物理學術研討會 EM2-P-014 Earth Materials 礦物及岩石物理

# Temporal evolution of dynamic friction coefficients during rock deformations revealed by Fisher-Shannon Method

Hong-Jia Chen<sup>1</sup> · Tsung-Hsi Wu<sup>1</sup> · Chien-Chih Chen<sup>1</sup> · Li-Wei Kuo<sup>1</sup> · Luciano Telesca<sup>2</sup> · Michele Lovallo<sup>3</sup>

(1)Department of Earth Sciences, National Central University (2)Institute of Methodologies for Environmental Analysis, National Research Council, Italy (3)ARPAB, 85100 Potenza, Italy

Earthquake rupture is a complex dynamic process owing to strengthening and weakening of fault friction during rapid slip. The mechanism of dynamic friction variations involves different physical and chemical processes. The temporal dynamics of the fault friction during such a slip still remains poorly understood. The objective of our research was to analyze the temporal information of the dynamic friction coefficients during different deformation stages. We used the Fisher-Shannon method to estimate the disorderness in the time series of the dynamic friction coefficients. We observed that the disorderness is significantly affected because of the strengthening and weakening of dynamic friction. During the strengthening in the process of melt patches, the disorderness increases due to the rough surfaces; during the weakening in the process of the steady-state slip, the disorderness decreases due to the fully melting lubrication. Therefore, we concluded that the temporal information of the dynamic friction coefficients might respond to the physical and chemical processes, and the Fisher and Shannon indicators would help us to identify the different deformation stages.

Keywords: earthquake rupture process, rock deformation, dynamic friction coefficient, Fisher information, Shannon entropy

### 110 年地質與地球物理學術研討會 EM2-P-015 Earth Materials 礦物及岩石物理

#### 電阻式加熱鑽石高壓砧之設置與應用

曹懿麒<sup>1</sup>、林俊宏<sup>1</sup>、陳朝志<sup>1</sup>、簡祐祥<sup>1</sup>、張仁韋<sup>1</sup>、謝文斌<sup>1</sup> (1)中央研究院地球科學研究所

本實驗室致力於研究地球深部礦物在高溫高壓下的物理性質以及其如何影響整個地球內部的熱演化以及動力學等的過程。由於地球內部的高壓與高溫為影響地球內部礦物物理性質的重要因素,能夠在實驗裝置中同時產生高溫及高壓條件將可使實驗結果更接近地球內部的狀態。近年我們發展了電阻式加熱之鑽石高壓砧,在鑽石砧周邊放置環形加熱線圈,線圈以 S 型熱電偶金屬線(白金 90 wt%+ 銠 10 wt%) 纏繞,另外採用 R 型熱電偶黏著於鑽石側來測量樣品的溫度,搭配絕緣、絕熱層以及高熱傳導的材料,可使鑽石砧內樣品室的溫度加熱至約 600 ℃(~900K)。本研究以 Phase D (MgSi₂O₄(OH)₂)為例,此礦物相能穩定存在於下部地函頂部,其晶體結構內能含有約 10 wt%的 H₂O,為地球深部水循環中一重要含水礦物。探討 Phase D 在高溫高壓下的物理特性將有助於我們探討下部地函淺層如何受含水礦物影響,以及在地球動力學上的演化機制。我們使用電阻式加熱鑽石砧結合時間解析熱光反射技術 (time-domain thermoreflectance, TDTR),測量Phase D 在高溫高壓環境下之熱傳導與聲速等物理性質的變化。未來也希望這套系統不僅可以用來研究地球深部各種礦物的物理性質,也可用應用於行星科學、材料科學以及跨領域的合作研究上。

中文關鍵字:鑽石高壓砧、時間解析熱光反射技術

#### 台灣海峽玄武岩之震測特性初探

張頌平<sup>1</sup>、林亮甫<sup>1</sup>、Arif Mirza<sup>1</sup>、劉家瑄<sup>1</sup>、謝獻祥<sup>1</sup>、許鶴瀚<sup>2</sup> (1)臺灣大學海洋中心、(2)臺灣大學海洋研究所

台灣新生代地層中可觀察到多期的岩漿入侵事件,澎湖群島與台灣西部平原 的一千公尺深處皆有玄武岩的分佈。這些玄武岩空間分佈和特徵過去還未普遍了 解,如在淺層地層存在玄武岩層,則會影響離岸風力發電機的基礎設置。因此本 研究利用海域高解析度反射震測資料,探討彰濱外海的離岸風力發電風場之地質 特性,以火花放電(Sparker)作為聲源,頻率介於數百至數千赫茲,理論垂直解析 度可達一公尺左右。再經過資料處理提高訊噪比,及消除覆反射後得以呈現海床 以下數百公尺深的清晰影像。在處理完成的震測剖面中,可觀察到數米至十餘米 厚的玄武岩分布,這些岩層頂部的反射訊號極性與海床極性相同的強振幅反射, 底部則呈現反極性特徵的強振幅反射,顯示岩層相較其上、下方地層具有較高的 震波傳遞速度與密度。在研究區域中,玄武岩層呈現多層分佈,深部的岩層為侵 入岩,可透過的幾何形貌可區分出岩蓋(Loccolith)、岩床(Sill)等火成岩特徵;在 最淺層的岩層為噴發岩,從震測剖面預估這些噴發型的玄武岩層的深度可從水下 50 公尺深,逐漸往東變深達 800 公尺深,進覆(onlap)於其上的是向東變厚的前陸 盆地沉積物。而前陸盆地的沉積物中並沒有觀察到類似的火成岩震測特徵,推測 本區域最年輕的玄武岩形成年代應與前陸基底不整合面的年代相仿,約為7-8百 萬年前。其與澎湖島玄武岩的年代,和西部平原鑽井得到樣本的年代相接近,顯 示為相同時期岩漿活動的產物,而整體火成岩空間分佈則因前陸撓區作用逐漸往 東變深。

中文關鍵字:台灣海峽玄武岩、離岸風力發電、火花放電反射震測

### 110 年地質與地球物理學術研討會 ER1-P-017 Energy and Resource 天然資源與能源研究

#### 利用泥漿測錄之全烴指數與烴類氣體組成特性比辨識油氣層之產狀

李沅銘<sup>1</sup>、張錦澤<sup>1</sup> (1)臺灣中油公司探採研究所

鑽井工程中之泥漿測錄(Mud logging)為鑽進過程之泥漿循環至地面,透過氣相層析儀分析泥漿中的總氣體含量和氣體成分,而氣體成分基本分析甲烷至戊烷(C1-C5),通常更高碳數烷烴類氣體與輕碳數烷烴類成分氣體相比其含量通常極低導致無法偵測,因此僅取基本分析之泥漿氣體成分進一步計算全烴指數(Total gas Index)與烴類氣體組成特性比(Ch Ratio),本研究將結合上述兩者計算公式並帶入實際礦區資料,分別為 Block I 和 Block II,並藉由鑽桿測試或是完井結果進行對比。

藉由 Block I和 Block II 地層測驗之流體產狀結果對比全烴指數與烴類氣體組成特性比圖,本研究嘗試將地層流體產狀分為產氣層(Gas Zone)、產油層(Oil Zone)、產油及水層(Oil/Water Zone)和無生產價值層(Nonproductive)。此方法界定方式在全烴指數大於 10,000 的條件下,烴類氣體組成特性比小於 0.5 指示為產氣層,大於 0.5 時則為產油層;當全烴指數小於 10,000 且烴類氣體組成特性比小於 1 指示為無生產價值層,而當烴類氣體組成特性比大於 1 且全烴指數介於 5,000-10,000 之間指示為產油層,全烴指數介於 1,800-5,000 之間指示為產油及水層,全烴指數小於 1,800 時則為無生產價值層,分析結果作為描述地層與辨識油氣層產狀之評估。未來可嘗試將此劃分規則套用於其他礦區或井資料,瞭解其他礦區資料應用下的狀況,並修正出更精確的劃分數值,找出最佳的應用方式。

中文關鍵字:泥漿測錄、全烴指數、烴類氣體組成特性比、油氣層

#### 鹽水坑頁岩冷泉碳酸鹽固體瀝青之烴組成

蕭良堅1

(1)臺灣中油公司探採研究所

固體瀝青(Solid Bitumen)為在不同熱演化階段生成並殘留於地層中的固態 有機物。其組成的變化可能反映油氣生成、排放、運移、儲聚與破壞過程。鹽水 坑頁岩為早期上新世地層,其露頭可發現許多冷泉碳酸鹽(Cold-Seep Carbonates) 存在。過去研究已經發現現代海床氣苗可形成冷泉碳酸鹽,而對冷泉碳酸鹽的穩 定碳同位素分析也能辨識氣苗的來源,顯示其可能為油氣存在指標。本研究的固 體瀝青樣品採自於楠梓仙溪甲仙大橋下,鹽水坑頁岩野外露頭之冷泉碳酸鹽。對 固體瀝青樣品進行熱裂-氣相層析質譜儀 (Pyrolysis Gas Chromatography Mass Spectrometry, Py-GC-MS)分析後,結果顯示瀝青樣品裂解後有較多輕碳氫化合 物出現,組成以芳香烴及極性化合物為主,如苯、酚等,以及多環芳香烴萘、菲 系列化合物。而樣品中飽和烴類化合物,以及 C20 以上化合物所佔比例不多。進 一步繼續使用分段熱裂分析,自300℃開始,到600℃為止,每隔50℃為單位對 樣品進行熱裂分析。在300℃與350℃溫度段圖譜相近,以萘與菲系列化合物為 主。而自 400°C 開始, 萘、菲等芳香烴化合物與高極性化合物仍占多數, 同時並 未發現如油母質有烯-烷雙峰出現的情形。固體瀝青的出現可能反映油氣生成或 移棲過程,也有可能為有機物在埋藏過程中轉化而成。關於出現在鹽水坑頁岩冷 泉碳酸岩表層的固體瀝青所代表的意義仍需要進一步研究。

中文關鍵字:固體瀝青、熱裂氣相層析質譜儀、冷泉碳酸鹽

#### 台灣油氣地化組成分群及因素分析

林詩佳<sup>1</sup>、張錦澤<sup>1</sup>、林殷田<sup>1</sup>、許峻嘉<sup>1</sup>、莫慧偵<sup>1</sup>、郭昱賢<sup>1</sup>、 林政遠<sup>1</sup>、吳素慧<sup>1</sup>、林麗芬<sup>2</sup>

(1)臺灣中油公司探採研究所、(2)逢甲大學統計學系

中油公司針對原油、凝結油及天然氣樣品之分析方法,主要包含天然氣組成分析、天然氣同位素分析、凝結油/原油輕碳氫化合物分析、凝結油/原油同位素分析等,透過地化方法解析油氣特性及探勘潛能。本研究藉井的凝結油/原油樣品輕碳氫化合物成分資料、井的天然氣樣品成分組成與甲烷、乙烷、丙烷碳同位素資料,以及南資料、地表氣苗天然氣樣品成分組成與甲烷、乙烷、丙烷碳同位素資料,以及南部井及地表氣苗天然氣樣品成分組成與甲烷、乙烷、丙烷碳同位素資料等4種資料組合,採用歐式距離華德法進行階層式分群分析,比對區域地質背景及油氣特性進行解析。發現分群方法可能區分竹苗地區鄰近構造之油氣及南部天然氣樣品在移棲過程因構造、斷層及地塊分布造成的地化特性差異,並以其6群分群結果因素分析,探討各分群間主要影響之成分。

中文關鍵字:輕碳氫化合物、天然氣組成、穩定碳同位素、階層式分群、因素

#### 由螞蟻體屬性研究A礦區碳酸鹽岩背斜構造油藏

張國雄<sup>1</sup>、李健平<sup>1</sup>、蘇俊陽<sup>1</sup> (1)臺灣中油公司探採研究所

碳酸鹽岩是重要的儲油岩和生油岩,在全世界的各大油氣田中,碳酸鹽岩分布面積雖僅佔 20%,卻是世界各大石油公司極為重視之探勘標的。中東 A 礦區三維震測資料顯示地層深部仍存在大型背斜構造,然而傳統三維震測資料體卻很難針對背斜構造內之小斷層進行合理的解釋。

藉由 A 礦區三維震測資料體,應用螞蟻體屬性轉換技術,解釋深部背斜構造中可能存在但無法摘取之小尺度斷層,透過參數設置和運算以突顯可能存在之小斷裂。此轉換可突顯小斷層之分布及連續性,藉以偵測可能遺漏之孔洞型油氣藏。

本研究先分別嘗試多種濾波,進行資料處理測試。進而做邊界探測,利用預處理完之三維震測資料再進行方差(variance)與混沌(chaos)等屬性之測試。轉換成螞蟻體屬性後可萃取出數量眾多之小尺度斷層,小尺度斷層值可再轉換成孔洞屬性。由檢視孔洞屬性,可發現分布於背斜構造周圍之巨型孔洞,或許可提供另一種鑽探思維。

中文關鍵字:碳酸鹽岩、螞蟻體屬性、混沌、方差



#### 由螞蟻體屬性研究某礦區碳酸鹽岩背斜構造油藏

張國雄<sup>1</sup>、李健平<sup>1</sup>、蘇俊陽<sup>1</sup> (1)臺灣中油公司探採研究所

碳酸鹽岩是重要的儲油岩和生油岩,在全世界的各大油氣田中,碳酸鹽岩分布面積雖僅佔20%,卻是世界各大石油公司極為重視之探勘標的。阿布達比礦區三維震測資料顯示地層深部仍存在大型背斜構造,然而傳統三維震測資料體卻很難針對背斜構造內之小斷層進行合理的解釋。

藉由某礦區三維震測資料體,應用螞蟻體屬性轉換技術,解釋深部背斜構造中可能存在但無法摘取之小尺度斷層,透過參數設置和運算以突顯可能存在之小斷裂。此轉換可突顯小斷層之分布及連續性,藉以偵測可能遺漏之孔洞型油氣藏。

本研究先分別嘗試多種濾波,進行資料處理測試。進而做邊界探測,利用預處理完之三維震測資料再進行方差(variance)與混沌(chaos)等屬性之測試。轉換成螞蟻屬性體後可萃取出數量眾多之小尺度斷層,小尺度斷層值可再轉換成孔洞屬性。由檢視孔洞屬性,可發現分布於背斜構造周圍之巨型孔洞,或許可提供另一種鑽探思維。

中文關鍵字:碳酸鹽岩、阿布達比礦區、螞蟻屬性體

#### 台電公司碳捕集、再利用與封存業務發展現況

黃鐘<sup>1</sup>、楊明偉<sup>1</sup>、莊宗諭<sup>1</sup>、沈威辰<sup>1</sup>、詹堯如<sup>1</sup>、黃連通<sup>1</sup>、楊萬慧<sup>1</sup>、 黃宣維<sup>1</sup>、蕭以晨<sup>1</sup>、黃孟涵<sup>2</sup>、Kathryn Robbins<sup>2</sup>、童忻<sup>3</sup>

(1)臺灣電力股份有限公司、(2)美國馬里蘭大學地質系、(3)中央研究院地球科學研究所

近年來因大氣二氧化碳濃度不斷增加,故全球各研究機構均提出不同減碳路 徑,其中二氧化碳捕集、再利用與封存(Carbon Capture, Utilization and Storage, CCUS)被認為在2050年之後,每年將減去全球至少10%的碳排放量,因此我國 的長期減碳路徑圖中,亦有執行 CCUS 之規劃。由於我國能源近 98%為進口,且 幾乎為化石燃料,因此我國的碳排放量歷年來均無法產生顯著的下降。又因為我 國位處孤島,因此較難仿效歐陸或北美國家利用其廣大之土地面積進行高占比的 綠能建設,由我國 2025 年的電力能源占比規劃中,綠能僅占 20%,而火力發電 (包含燃氣與燃煤) 將近80%的比例就略見一二。因減碳並非一蹴可及之工程, 在我國轉型為低碳排國家之路程中,尚需要依賴化石燃料作為過度時期的能源供 應者,因此我國展開大規模 CCUS 的步調應儘早開始,以降低 2050 年達到符合 溫室氣體減量及管理法減碳要求的困難。台電公司自 2008 年起開始各項 CCUS 相關之研究,並於2014年完成碳封存試驗場域井下地質資料分析、2018年完成 碳封存試驗場域環境背景值監測網建構、2019 年完成台中減碳技術園區內微型 碳捕集測試區之建立、2020年完成台中減碳技術園區基本設計、2021年完成「台 中發電廠第九、十號機發電計畫環境影響說明書第五次變更內容對照表(設置減 碳技術園區),專案小組第二次審查會。台電公司後續將持續進行 CCUS 相關工 作,碳捕集與再利用部分將藉由台中減碳技術園區之先導設施進行研究,碳封存 部分將持續進行環境背景值監測以及展開封存量估算、封存技術可行性與安全性 評估等相關工作,以期在2050年時的排碳量達到溫室氣體減量及管理法之要求。

中文關鍵字:二氧化碳捕集、二氧化碳再利用、二氧化碳封存、淨零碳排

### 110 年地質與地球物理學術研討會 ER1-P-023 Energy and Resource 天然資源與能源研究

#### 應用能值理論評估四草濕地生態經濟價值之初步研究

周秀月<sup>1</sup>、陳燕華<sup>2</sup>、曾清凉<sup>2</sup>、吳銘志<sup>2</sup> (1)臺南市政府、成功大學地球科學系、(2)成功大學地球科學系

濕地是水域與陸地之間的過渡性生態系統,它兼具有水域和陸地生態系統的特點,且具有其獨特的結構與功能。濕地的功能與價值,不僅是其為許多動、植物重要的棲息地,且其具有「氣候調節、淨化水質、調節水患、保護海岸、生態保育、社會經濟」,以及「教育」與「遊憩」等服務功能與價值,其重要的生態環境效益,對人類更有其重大的貢獻。

本研究旨在應用能值理論進行濕地之能量利用,並評估其所代表之環境生態的經濟效益;濕地的生態經濟效益評估可分成四個階段與步驟,包括:(1) 建立概念性的能值分析系統;(2) 能值指標系統分析表製作與能值計算;(3) 能值指標估算;(4) 依能值指標系統分析表和能值圖,進行探討濕地生態系統服務功能之價值。

本研究以四草濕地為標的區域,從 2016 年~2020 年,以能值分析理論為基礎,應用太陽能所釋放出的能量,根據能值轉換率,計算其進入系統中的太陽能焦耳(sej),藉由此量化生態系統對社會服務的經濟功能價值,評估濕地的生態經濟與水績發展對策及系統服務功能。提供臺灣地區濕地自然保護區的科學研究、規劃與永續經營和管理應用等之能值評價原理和方法範例。

中文關鍵字:能值理論、生態經濟、自然濕地、太陽能焦耳

### 110 年地質與地球物理學術研討會 ER2-P-024 Energy and Resource 溫泉與地熱能源

#### 非彈性應變回復法現地應力評估的統計分析與精進

蔡維倫<sup>1</sup>、陳炳權<sup>2</sup>、楊士寬<sup>1</sup>、葉恩肇<sup>1</sup>、林立虹<sup>2</sup>、柯建仲<sup>3</sup> (1)臺灣師範大學地球科學系、(2)臺灣大學地質科學系、(3)中興工程顧問社

隨著科技水平不斷進步,為提升生活品質,人們對於交通網路建設、天然資源開採、廢棄物處置與空間開發及擴建等需求與日俱增。在這些工程發展的促使下,現地應力在工程及研究上相當重要的參數。現地應力不僅影響開發中結構物的穩定性,對於地下岩盤壓力、水文環境及對不同深淺層岩盤的開挖破壞行為強度控制有著相當關聯性,因此,近年來現地應力狀態的研究日趨重要及重視。現地應力測量有多種不同方法,如套鑽法、水力破裂和非彈性應變回復法等,其中又以非彈性應變回復法(Anelastic Strain Recovery,ASR)為目前的耗費成本較低、效率較高的現地應力測量方法(孫東生等人,2014)。ASR 法是利用地下深處岩石因應力解壓後所產生的應變回復來推算三維現地應力方向和規模的方法。

前人使用的非彈性應變回復分析程式是以 18 個應變計測量 9 個方向的回復正應變規模,重建三維應變張量,進行三維主應變場的演算,轉換成主應力方向與規模,但結果只獲得一組平均數值,並未分析各方向與規模的偏差量,以致無法提出可信的數據供工程單位參考使用。本研究預計進行原程式的改進,將原本 9 個方向改以 6 個獨立方向為一組單位,並於每個獨立方向使用 4 個應變計進行量測,運用抽樣的方式進行重複演算,將比對每一組結果之應力方向與規模的異同,完整地獲得統計意義與誤差範圍的結果。

統計分析方法之樣本取於臺東南橫大崙溪,深度 140 米之片岩樣本。ASR 初步分析結果顯示為非典型安德森斷層應力場形式。最大、次大和最小主應變之位態分別為 141.14°/45.79°E、36.22°/14.05°E和 293.74°/40.81°W,水平最大應力的擠壓方向為西北-東南向,主應力由大到小分別為 3.66、2.22 和 2.06 MPa。葉理傾向和傾角分別為 296.18°和 65.31°,葉理面的法向量與三軸主應變相距較遠,推測本樣本可能沒受到葉理面力學異相性的影響。

未來工作將會進行抽樣與統計分析,將這些新資料運用新的改良方式進行演算,得到較高可信度的應力場大小。冀望未來此新技術可以廣泛運用於各項工程 開發與地質科學學術研究。

中文關鍵字:非彈性應變回復法、現地應力場

### 110 年地質與地球物理學術研討會 ER2-P-025 Energy and Resource 天然資源與能源研究

#### 澳洲西北海域 Roebuck 盆地之油氣發現及其涵示

李政益1

(1)臺灣中油公司探採研究所

與澳洲西北海域其他多產盆地相比,Roebuck 盆地的探勘活動相對稀少,其基本原因在於自 1963 年探勘之始以來,此盆地幾乎沒有任何顯著的油氣發現。然 Apache Northwest Pty Ltd 於 2014 年在 Phoenix South 1 井發現石油。其後Quadrant Northwest Pty Ltd 亦於 2015-2018 年至鄰近區域鑽井,並陸續找到石油及天然氣伴凝結油。估計上述發現所蘊含的油氣蘊藏量達 524.8 MMboe。

綜觀過去近 60 年來在 Roebuck 盆地的探井分布圖,並將近幾年油氣發現之儲層位置與鄰近盆地之石油系統作比較後,可歸結出幾個重點。其一,這些發現皆位於 Roebuck 盆地南部。其次,這些發現都位於中三疊紀砂岩層中,與鄰近盆地的儲層層位明顯不同。其三,澳洲西北海域通常是以產天然氣為主,因此在Roebuck 盆地找到石油是相當特殊的案例。這些重點暗示 Roebuck 盆地存在一個有別於鄰近盆地的石油系統。此石油系統可能以早三疊紀海進頁岩或中三疊紀早期之河相-三角洲相頁岩做為生油岩,以河相-三角洲相層間砂岩為儲層,並以層間頁岩或中三疊紀晚期之海進碳酸鹽岩為蓋層。此外,儲集這些油氣的地層代表一發育於中三疊紀的河相-三角洲相,而古地理重建指出此河道系統乃沿著二疊紀東岡瓦那大陸張裂時所發展出的張裂支軸而發育。

中文關鍵字:西北陸棚、中三疊系、石油系統

#### 台灣地熱兩相流孔板產能量測及分析

林欣澤<sup>1</sup>、王令銓<sup>1</sup>、魏柏丞<sup>1</sup>、謝秉志<sup>1</sup>、施威任<sup>2</sup>、曾紹宇<sup>1</sup> (1)成功大學資源工程學系、(2)金屬工業研究發展中心

隨著科技及產業的發展,台灣的能源消耗量逐年攀升,連帶著二氧化碳排放量也跟著上升。而近年隨著環保意識的升高,使用再生能源就成為了降低二氧化碳排放量的一個重要方式。太陽能、風電以及地熱為常見的再生能源,而地熱能源有著不受天氣影響,產量較為穩定的優勢,可以不間斷的輸出電力,因此,地熱能源是未來再生能源開發不可或缺的一部份。

台灣位處太平洋火山地震帶上,為一地熱資源豐富的島國,因此在台灣許多地方都能看見溫泉業者的蹤跡。一般來說,地熱發電係經過詳盡的地質及地物調查,在進行儲集層熱能探勘之後,接下來的重要工作就是進行地熱產能測試。目前常用的產能測試方法是使用唇壓測試法以及分離器測試法,主要使用於較大型的(MW等級)且具有較大的基地腹地的地熱案場中。台灣有很多的溫泉具備好的熱能,雖屬於較小型的(kW等級)地熱潛能案場,但如果良善的進行開發利用,可以讓溫泉業者有參與台灣能源轉型的機會。但要使用這些溫泉地熱,前述的產能測試設備可能會因為現有場地較小而不方便使用。因此,尋求合適於台灣溫泉地熱的有效小型產能測試方法變成發展溫泉地熱案場的一項關鍵工作。

除了唇壓測試法以及分離器測試法之外,近年來國際間也開發了流孔板兩相流產能測試技術。利用流孔板進行產能測試的好處是使用腹地的需求較低,設備容易運送及方便於現場組裝,本研究認為其相當合適於台灣小型的溫泉地熱案場中。流孔板產能量測其實在台灣已經有很長久的歷史也相當成熟,其多用於石油工業的生產礦區中進行天然氣的流量量測。目前,台灣的油氣生產已經進入開發後期,這些設備的使用率也逐漸降低。若能夠運用天然氣礦區的流孔板設備於地熱案場進行地熱流體的兩相流測試中,也可以達成台灣油氣產業既有設備的資源循環利用。

因此,本研究的主要目的是針對小型(kW等級)的台灣溫泉地熱案場開發出流孔板兩相流產能測試技術,以國際流孔板兩相流地熱產能計算模式為基礎,篩選出適合於台灣溫泉地熱使用的流孔板兩相流產能測試方程式。本研究同時也啟動流孔板兩相流產能測試的現場實驗,運用流孔板量測儀器於台灣溫泉地熱場址,透過現地試驗蒐集產能測試的實測數據,以應用於本研究所發展的流孔板兩相流產能測試模式中。期能透過本研究,有效的推展台灣溫泉地熱的開發。

中文關鍵字:地熱開發、兩相流、流孔板

### 110 年地質與地球物理學術研討會 ER2-P-027 Energy and Resource 溫泉與地熱能源

#### 大屯山馬槽地區地下熱液換質礦物相種類研究

李沅銘<sup>1</sup>、林章凱<sup>1</sup>、李瑋倫<sup>1</sup> (1)臺灣中油公司探採研究所

大屯山地熱系統依據過去地熱鑽探井資料,在馬槽地區具有最高的地溫梯度,過去在此地區之地熱鑽探井也曾產出弱酸性熱水,也有許多地球物理探勘及地球化學探勘資料來探討此火山型地熱系統,但是對於受到熱液換質的安山岩質熔岩流所造成的礦物相轉變相關研究相對較少。為了進一步掌握此地熱系統之地下模式,以及比對過去地球物理探勘與地球化學探勘之結果,本研究藉由馬槽一號井及馬槽二號井地熱鑽探井井下岩樣,進行岩石薄片之岩象分析、全岩 XRD 粉末繞射分析及半定量黏土礦物百分比組成,得到井下熱液換質礦物相組成、分帶及熱液換質程度量化,進而探討其熱源、地下熱水水質、井下溫度、安山岩質火山熔岩流中和能力和造成此熱液換質礦物相分帶之原因。

研究分析顯示馬槽一號井深度區間於 0-500 公尺為黏土化帶,組成以蒙脫石及混層黏土礦物為主,其中 300-500 公尺為進階黏土化帶;500 公尺以下則為絹英帶,組成以石英和絹雲母兩種礦物為主,其中 500-830 公尺有部分綠泥石化,830-1,620 公尺以下則有部分青磐岩化現象,1,620 公尺以下則進入五指山層。馬槽二號井深度 0-400 公尺則僅受到輕微熱液換質作用,在 400-1,166 公尺為黏土化帶,1,166 公尺以下則進入五指山層。絹英帶背後所隱含的意義為大屯山地熱系統本身之地下流體可能為酸性,在此區域過去產出弱酸性熱水與其上覆巨厚之安山岩質熔岩流酸性中和能力相關,然而在部分綠泥石化的區間,有可能存在較酸性的地下流體。未來若是在此區域有更多的井下岩性資料便能夠建立井下熱液換質分帶之岩性模型,以更進一步了解此區域之地熱系統。

中文關鍵字:大屯山、馬槽、換質礦物相、黏土礦物組成、熱液換質種類

### 110 年地質與地球物理學術研討會 ER2-P-028 Energy and Resource 溫泉與地熱能源

#### 利用 Open Source 架構建置線上地熱地質探勘資料整合查詢平台

鍾權偉<sup>1</sup>、董倫道<sup>1</sup>、林蔚<sup>1</sup>、溫心怡<sup>1</sup>、黃淞洋<sup>1</sup>、林朝彥<sup>1</sup>、陳棋炫<sup>2</sup>、 陳勉銘<sup>2</sup>

(1)工業技術研究院材料與化工研究所、(2)經濟部中央地質調查所

地熱探勘是地熱開發中風險最高的階段,政府部門若能提供可靠的地熱地質 資訊,降低地熱開發前期的投資風險,自然能吸引並促成企業投資;因此,提高 地熱地質資訊的精度與可靠度為地熱開發成功的關鍵。而在地熱開發前期,所需 參考之資料,其包含之專業領域、資料種類及數據格式繁多,不僅是文獻參考資 料、數據處理成果、分析過程等內容,還包含各類空間資訊資料等,因此本計畫 主要利用及組合開源軟體(Open Source)之網頁框架技術、資料庫軟體、空間資訊 系統等,將地熱探勘前期所需相關資料,進行彙整、收納於不同資料庫中,並建 構線上查詢與展示資料界面,除資料列表及基本查詢外,亦提供空間查詢功能, 提供地熱探勘相關人員可利用此一平台,針對特定區域進行資料綜合檢視,以利 後續找尋與推測高潛能區域,作為未來進階開發參考之依據。此外,本計畫以開 源軟體進行建構,除可降低專業軟體或封閉式開發造成之後續維護成本外,亦可 由相關人員依據相同架構進行建構,作為後續個人或單位使用。地熱地質探勘資 料整合查詢平台,主要使用 WordPress 內容管理系統(CMS, Content Manager System)作為查詢平台之前後端介面設計與開發,連接 MySQL 資料庫系統儲放文 件資料與詮釋資料,使用 PostgreSQL、PostGIS、GeoServer 作為空間屬性資料儲 放與查詢。後續資料維護與使用上,亦可直接使用 QGIS 等開源 GIS 軟體直接連 接 PostgreSQL 資料庫或 GeoServer 等 GIS 資料庫,進行更進階之資料分析與製 圖等需求,提供使用者不同軟體面向之需求。

中文關鍵字:地熱地質探勘、開源軟體、資料庫

### 110 年地質與地球物理學術研討會 ER2-P-029 Energy and Resource 溫泉與地熱能源

#### 仁澤周遭地區野外構造量測與斷層擦痕應力反演分析

林朝彦<sup>1</sup>、黄淞洋<sup>1</sup>、葉恩肇<sup>2</sup>、溫心怡<sup>1</sup>、陳棋炫<sup>3</sup>、林昶成<sup>3</sup> (1)工業技術研究院材料與化工研究所、(2)臺灣師範大學地球科學系、(3)經濟部中央地質調查所

台灣位處於歐亞板塊與菲律賓海板塊隱沒碰撞帶上,特殊的地理位置使該島擁有豐富的溫泉與地熱資源。近年環保意識抬頭,綠色能源已成為當前政府極力推動與發展的重點核心,而在地熱資源開發的議題上,如何有效評估場區導水裂隙與應力之間的關聯性,於先期評估的調查上甚為重要。

野外地質構造調查與量測可以間接提供該區的構造演化歷史與地質特性,並 結合斷層擦痕應力反演分析,進而探討應力場的演育序列,從中了解區域裂隙、 節理、礦脈、斷層擦痕與大地應力場的關聯性,配合地表地熱徵兆踏勘調查,可 以評估該地區之熱水上湧通道與裂隙成因等議題,其成果將可供給後續詳細調查 階段與場址調查階段之評估參考。

本調查區域包含:土場溪、排骨溪溫泉與梵梵溫泉等主要地區。依據野外調查結果,推測應力場主要以西北擠壓的橫移斷層應力場為主,部分地區可量測到正斷層應力場證據。擦痕反演分析顯示,鳩之澤溫泉(土場溪)為左剪之橫移斷層為主,水平最小擠壓方向(G3)為東北-西南向;梵梵溫泉主要為正斷層,水平最小擠壓方向(G3)為東北-西南向。此應力型態造就本區形成一組近南北向高角度,連續性較佳的裂隙或剪切構造,可能為本區主要的導水通道,且在礦脈(Vein)的觀察上也可得到相似的結果。另外,於排骨溪可量測到現生的導水通道與剪切帶構造。

中文關鍵字:地熱、導水裂隙、斷層擦痕、構造

#### 土場仁澤地熱區熱液流體之地球化學特性

溫心怡<sup>1</sup>、張育德<sup>1</sup>、謝佩珊<sup>1</sup>、董倫道<sup>1</sup>、陳棋炫<sup>2</sup>、林昶成<sup>2</sup>、陳勉銘<sup>2</sup> (1)工業技術研究院材料與化工研究所、(2)經濟部中央地質調查所

地熱資源探勘的目標在於了解地下熱源分布與地質構造環境。地熱流體包含熱水和氣體,富含地熱儲集層之地球化學特徵,可經由斷層或裂隙等地質通道向上遷移至地表,常以溫泉和噴氣(亦或溫泉氣泡)的形式呈現。因此,藉由研究地熱流體之成分及同位素,能解析其來源與特性。本研究利用流體地球化學的方法,於宜蘭山區土場仁澤與英士地區進行野外地熱流體露頭調查量測,並分析溫泉水和溫泉氣泡樣本組成成分及氫、氧、氦和碳等同位素;另盤點既有資料觀察其長期變化趨勢,以提供宜蘭土場仁澤地區之地熱發展潛能綜合評估所需基本資料。

中文關鍵字:地熱流體、流體地球化學、同位素、土場仁澤地熱區



### 110 年地質與地球物理學術研討會 ER2-P-031 Energy and Resource 溫泉與地熱能源

#### 大屯火山北面水文觀測站設置與觀測分析

蔣立為1

(1)工業技術研究院綠能與環境研究所

建立水文循環及水文地質概念模式,是地熱區廣域水文地質調查的重要工作,因地熱熱流量與氣候變化息息相關。為因應全球氣候變遷,減少地熱區地表水資源損失,應積極增設次(子)集水區水文觀測站,長期觀測地表及地下水水文的變化,再依據觀測數據設計地熱區截流設施,使地表水可以停留時間較長,增加地熱區地下水的入滲量,進行天水深循環(約4-5km)入滲,以與上升高溫熱水進行混和,再經由構造形成地表地熱徵兆區,以利後續地熱電廠的永續開發(sustainable exploitation)。

大屯火山北面(磺嘴山區)地熱區水文觀測站集水區,分別包含磺溪及萬里磺溪集水區。磺溪及萬里磺溪兩集水區面積分別為 50 及 40 km²。地熱區水文觀測站觀測項目包括:(1)50/100 cm 深度的土壤含水量(water content)、(2) 磺溪/萬里磺溪水位(river stage)、(3) 磺溪/萬里磺溪表面流速(surface velocity)、(4) 皿蒸發量、(5)50/100 cm 深度的土壤張力值、(6)50/100 cm 深度的地溫(ground thermal)、(7) 降水量、(8) 環境中溫度與濕度及(9) 日照強度等。另由河川水位及流速可計算磺溪及萬里磺溪流率及流量。

磺溪水文觀測站自 2017 年 7 月 5 日起進行觀測,至 2018 年 12 月 04 日止共記錄 12,356 筆資料,完成一個水文年的資料。萬里磺溪水文觀測站自 2017 年 10月 18 日起進行觀測,至 2018 年 12 月 04 日止共記錄 9,866 筆資料,同樣完成一個水文年的資料。

中文關鍵字:大屯火山地熱區、水文觀測站、水文循環

### 110 年地質與地球物理學術研討會 ER2-P-147 Energy and Resource 溫泉與地熱能源

#### 宜蘭土場地熱模式

黄緯誠<sup>1</sup>、陳思婷<sup>1</sup>、廖啓岳<sup>1</sup>、楊國威<sup>1</sup>、廖明威<sup>1</sup> (1)台灣中油探採事業部

宜蘭土場地熱區為臺灣具地熱發電潛能區之一,位於宜蘭縣蘭陽溪支流之田 古爾溪畔,沿田古爾溪一帶佈露高溫野溪溫泉及地熱徵兆,溫泉均屬弱鹼性碳酸 氫鈉泉,推測地下地熱儲集潛能高。過去本公司於此區曾進行地熱地質調查並進 行地熱井鑽探,雖均鑽遇高溫之地層,但當時之熱水汽產量、發電技術及儲集層 管理等技術尚無法達到商業開發標準。近年為因應政府綠色能源政策,再次啟動 宜蘭仁澤土場地熱區之地熱發電潛能測勘。

土場地熱區出露地層為中新世廬山層,地層走向為北 30 度至 60 度東,向東南傾斜約 50 至 80 度,主要為單斜構造型態。參考早期之地表溫泉、裂隙調查、地球物理調查及鑽井等資料,並依據近年執行地表地質調查及土場 14 及 15 號井的井下為電阻電測影像資料等,綜合研判於土場 8、14 和 15 號井井坪附近有數條北北東走向小斷層組成約 400 公尺寬之透水斷層帶經過,使熱水在深度 800 公尺以內沿著此斷層帶向西北側延伸,而形成土場地熱區淺部層狀高溫地熱儲集岩。而深部上湧帶儲層可能由近東西向之數條斷層組成,使高溫熱水可從地下深處上湧至淺部地熱儲集岩。本研究將以過去研究為基礎,整合地表地質精查及井下地質資料,探討地熱地質模式,釐清此地熱好景區位置及相關機制。

中文關鍵字:土場地熱區、淺部層狀地熱儲集層、深部上湧帶、地熱地質模式

110 年地質與地球物理學術研討會 ER3-P-033 Energy and Resource 地球科學在深層地質處置上的應用

#### 深地層三維熱傳導分析研究

蘇鈺婷<sup>1</sup>、梁書嚴<sup>2</sup>、康景翔<sup>1</sup>、李在平<sup>1</sup> (1)臺灣電力股份有限公司、(2)中興工程顧問社

我國用過核子燃料最終處置參考國際作法,規劃採用工程與天然障壁所形成的多重屏障系統,將用過核子燃料包覆於廢棄物罐、緩衝材料、回填材料,並深埋約300m至1000m的地下岩層中進行深地層處置,將其與人類環境隔絕。由於廢棄物罐裝載之用過核子燃料會產生衰變熱,並經由緩衝材料、回填材料及處置母岩向外傳導,然緩衝材料溫度過高可能使其特性產生變化,因此需考量各廢棄物罐擺放間距與隧道間距之影響性。

本研究利用熱傳模擬結合岩石熱特性的測量結果,評估處置系統相鄰廢棄物罐擺放間距及隧道間距的合適性。參考本島結晶岩區域之溫度井測與井錄分析結果,地溫梯度為 0.217 °C/100 m,配合岩石熱特性設定資料,取平均岩石熱傳導係數 2.46 [W/m·K]進行案例分析。研究結果顯示當廢棄物罐初始熱負載為 1200 W 時,廢棄物罐擺放間距 7 m 與隧道間距 30 m 以上之距離可確保緩衝材料溫度控制在有效範圍內。

中文關鍵字:衰變熱、岩石熱特性、地溫梯度、熱傳導係數

### 110 年地質與地球物理學術研討會 ER4-P-034 Energy and Resource 全球尺度下的能源探勘

# A new insight on 3-D deterministic fracture network and fracture intensity measurements from digital outcrop: a case study from Kimmeridge bay, England

R. Plateaux<sup>1</sup> · Francesco Palci<sup>2</sup>

(1)Independent Researcher · (2)Imperial College London, Royal School of Mines, Prince Consort Rd, Kensington, London

The need to model 3-D fracture networks to better predict their impact on fluid flow and rock stiffness has strongly increased in recent years. Most fracture exposures, however, essentially reveal 2-D fracture traces (e.g.: outcrop, mine wall, rock core). Characterizing fracture properties such as fracture density/intensity, an essential input for most Discrete Fracture Network packages, remains often poorly constrained and/or scale-dependent when measured from outcrop for sub-surface modelling.

In this contribution, a 3-D deterministic fracture network is grown from over 2500 2-D fracture traces mapped out from digital photographs in Kimmeridge Bay (UK). The newly 3-D fracture network comprises rectangular strata-bound fractures of a height corresponding to the strata thickness. Cutting through faults are also modelled and their heights are constrained by their traces observed in proximal cliffs.

The well-constrained 3-D DFN is an excellent opportunity to measure fracture intensities P<sub>10</sub>, P<sub>21</sub> and P<sub>32</sub> (respectively 1-D, 2-D and 3-D sampling) using common techniques from subsurface and outcrop studies. Indeed, the 3-D fracture intensity is not measured but often approximated from P<sub>10</sub> and P<sub>21</sub> measurements, although being the 'holy grail' parameter for DFN creation. We develop a new algorithm to measure a true 3-D fracture intensity enabling a comparison with traditional measurements of fracture intensities. P<sub>10</sub> and P<sub>21</sub> were measured along horizontal pseudo wells created through the deterministic DFN within the strata-bound layer. The Terzaghi correction, often applied on P<sub>10</sub>, tends to overestimate P<sub>32</sub> by a maximum factor of 25 times. Lower sampling resolution offers a higher chance to have more fracture per unit sampling, hence tends to reveal a more linear relationship between P<sub>10</sub>, P<sub>21</sub> and P<sub>32</sub>. The comparison also demonstrated a dependence of the sampling grid resolution on fracture intensity measurements.

Keywords: fracture intensity, Discrete Fracture Network, natural fracture, sub-surface, outcrop

#### 前鹽石油系統要素分析-以巴西 Espírito Santo 盆地與

#### Santos 盆地為例

洪作緒<sup>1</sup>、李政益<sup>1</sup> (1)臺灣中油公司探採研究所

自 2006 年在巴西 Santos 盆地之 Tupi 油田的重大發現後,前鹽石油資源便受到石油探勘業的注目。其單井高產及龐大蘊藏量之特徵對探勘者而言極具吸引力。因此,儘管深水、產層深度深以及蒸發岩特性等條件使開發成本相對高昂,然近十數年來,在巴西深水前鹽礦區所取得的一連串成功,已直接證實前鹽石油資源實具探勘及開採潛力。本研究以 Espírito Santo 盆地與 Santos 盆地之探勘資料,結合南大西洋盆地之演化架構及演化歷史,嘗試分析此區域前鹽石油系統的生、儲、蓋等要素,期能增進對此高探勘潛能區的了解。

Espírito Santo 盆地與現在的前鹽石油開發熱區 Santos 盆地同位於巴西東側海域,兩者與南大西洋中段一系列盆地擁有相似的盆地演化架構及演化歷史。自早白堊紀以來,岡瓦那大陸即開始張裂而逐步形成南大西洋。在此期間,南大西洋中段經歷了同張裂期、過渡期、漂流期三個主要階段。其中於同張裂期之構造低區所堆積的湖相頁岩形成了前鹽石油系統中的生油岩;總有機碳含量(TOC)為1-5%,屬於良好至極優之生油岩。此外,堆積於構造高區的同張裂期殼灰岩及過渡期之微生物碳酸鹽岩則成為前鹽儲集層,局部地區的儲層厚度可達數百米。最後,在過渡期晚期所堆積的厚層蒸發岩則形成優良蓋層,足以圈開大量油氣。

中文關鍵字:南大西洋、前鹽石油系統、蒸發岩、碳酸鹽岩、湖相頁岩

#### 褶皺帶石油系統與探勘標的研究-以伊拉克北部札格羅斯褶皺帶為例

賴光胤<sup>1</sup>、謝秉融<sup>1</sup>、莫慧偵<sup>1</sup>、李珀儂<sup>1</sup>、簡至暐<sup>1</sup> (1)臺灣中油公司探採研究所

中東札格羅斯褶皺帶屬油氣豐富的超級盆地,伊拉克北部札格羅斯褶皺帶地區未來仍具有大油氣田的探勘潛力。本研究透過蒐集區域地質與探勘資料及區域石油系統資料,針對伊拉克北部札格羅斯褶皺帶之區域構造演化與石油系統進行綜合解釋分析。札格羅斯褶皺帶是由阿拉伯板塊和歐亞板塊聚合作用而成,依據區域主要斷層架構,札格羅斯褶皺帶由西南往東北,可分成低褶皺帶、高褶皺帶與疊瓦帶等3個走向平行的構造分帶。由伊拉克北部札格羅斯褶皺帶整合的石油系統資料顯示,本區域豐沛的油氣蘊藏,大多來自於厚層碳酸鹽岩及蒸發岩所構成的成藏組合,其中侏羅系 Sargelu Fm.為此區最重要的生油來源,古近系的Kirkuk 群是大油氣田最重要的生產層,不僅發育有原生孔隙,還發展有次生溶洞孔隙。此外有以硬石膏組成之蒸發岩為主的蓋層,頁岩及泥灰岩在局部地區也發揮良好的封閉作用。

台灣西部麓山帶油氣構造可分為南北兩區,其中打鹿頁岩中的打鹿砂層為麓山帶北區最重要之產油氣層,而其最主要的生油岩為漸新統-中新統生油岩,並以背斜相關構造為主要封閉型態。札格羅斯褶皺帶已被證實的探勘標的的地層年代範圍很廣,其中,最重要的是上白堊系、漸新統及中新統的探勘標的。根據石油系統的研究,依儲集岩類型與封閉型態,札格羅斯褶皺帶探勘標的類型,主要以碳酸鹽岩為儲集層與以背斜構造為封閉型態。西部麓山帶與札格羅斯褶皺帶因兩地石油系統中的儲集岩特性不同,所以主要探勘標的類型亦不同。然而比較以碳酸鹽岩為主要探勘標的的儲集層,則竹苗麓山帶井下打鹿頁岩同一時代之石灰岩,或可做為未來之可探目標。再比較札格羅斯褶皺帶探勘標的分布狀況,以低褶皺帶構造分帶最多,高褶皺帶次之,因此在西部麓山帶應可再往變形前緣方向尋找變形程度較小之背斜構造為探勘標的。

中文關鍵字: 札格羅斯、麓山帶、探勘標的

# 110 年地質與地球物理學術研討會 G1-P-037 Geodesy 測地學與活動地殼變形

# 花蓮至宜蘭間地殼變形特性研究 2011-2020

張有和1、張成華1、錢正明2

(1) 東華大學自然資源與環境學系、(2)工業技術研究院材料與化工研究所

板塊隱沒帶地殼變形常受斷層所控制,宜蘭-花蓮間是板塊隱沒方向反轉之 區域,海域有明顯隱沒造成之海下地形,陸地上此區域除了米崙斷層外並沒有其 它活動斷層,所以此區域地表變形監測,可以提供隱沒帶板塊邊界地表地殼變形 特性岩之研究題材。東華大學東部地震中心與工業技術研究院在南澳與花蓮市間 自 2011 年起逐步加密設置 19 個 GPS 連續觀測站(NDH1-5 與 HGC1-9, 另有 5 個 站設置未滿半),配合氣象局提供之連續站資料,和平網有 HGC1-7、HUAP 等 8 個站;花蓮網有 HGC8-9、NDH1-5、HUAL、PEPU 與 NDH4 等十個站。研究結 果顯示 2018 年 2 月 6 日花蓮地震前後,(1)和平網 HGC1-HGC4 地震前時間序列 較長(1333-2252 天), 其中 HGC1-HGC4 地震前後, 速度場向東南自 41.6 mm/yr 轉變為地震後(1031-1050 天)增速為 53.2 mm/yr、由下沉 3 mm/yr 變為抬升 16 mm/yr。HGC5-7(1031-1050 天)地震後記錄向東南 57.6 mm/yr 與抬升 6.4 mm/yr。 (2) 花蓮地區 NDH1-5 地震前(1141-1495 天) 速度場往東 10.6 mm/yr 轉變為地震後 (1039-1045 天)往南南東 25.1 mm/yr、由下沉 4.6 mm/yr 變為抬升 22.1 mm/yr; HGC8(三棧亞泥礦區)與 HGC9(美崙山)地震後(1043 天),速度場分別是往東南 31 mm/yr 與東南東 16.2 mm/yr、抬升分別是 44.22 mm/yr 與 20.49 mm/yr。(3)花蓮網 2018年2月6日地震時因米崙斷層活動之影響,斷層兩側連續站有同震變形, 米崙斷層上盤(東側)包括 NDH5、HGC9 與 HUAL 往東北東移動; 米崙斷層下盤 (西南側)包括 PEPU、NDH1、NDH2、NDH3、NDH4 與 NDHU 往南或南南西移 動,最大水平位移量超過1公尺。和平網自地震前開始加速往東南移動一週內水 平位移約 10 公分。長期 GPS 連續站時間資料顯示隱沒帶地殼變形受到隱沒速度 與區域應力影響造成不同程度之地殼變形,未來須針對不同岩性之岩體變形差異 與是否誘發斷層破裂進一步研究。

中文關鍵字:全球衛星定位系統、連續站、隱沒帶

# 110 年地質與地球物理學術研討會 G1-P-038 Geodesy 測地學與活動地殼變形

### Results of Taiwan active faults monitoring in recent years

Chien-Liang Chen<sup>1</sup> \ Jiun-Her Liang<sup>1</sup> \ Kuo-En Ching<sup>2</sup> \ Wu-Long Chang<sup>3</sup> \ Ray Y. Chuang<sup>4</sup> \ Jyr-Ching Hu<sup>5</sup> \ Yin-Hsuan Chen<sup>1</sup> \ Shen-Hsiung Liang<sup>1</sup> (1)Central Geological Survey, MOEA, Taiwan \ (2)Department of Geomatics, National Cheng-Kung University \ (3)Department of Earth Sciences, National Central University \ (4)Department of Geography, National Taiwan University \ (5)Department of Geosciences, National Taiwan University

In order to understand the crustal deformation pattern, analyze anomalies for earthquake precursor and realize the activities of active faults, the Central Geological Survey, MOEA has established an island-wide active fault observation network of GNSS, precise leveling, borehole strainmeter, ground-water level and soil gas geochemical monitoring in Taiwan. We referred the experiences on earthquake probabilities model and tried to apply it in Taiwan to calculate probabilities for potential earthquake of active faults.

On the part of integrated monitoring data, we combined several GNSS stations around active faults into triangles to calculate GNSS strain and analyze the correlation between GNSS strain and borehole strain. Furthermore, the GNSS, precise leveling and PS-InSAR data were used to make velocity profiles across 33 active faults in Taiwan. On the part of earthquake probabilities analysis, this research evaluated the slip rate and slip deficit rate of active faults by DEFNODE model. The acquired data were provided to assess fault parameters, and calculated recurrence intervals and occurrence probabilities of active faults. Only if we continue implementing the survey project, we can turn the long-term geodetic data into useful information for disaster prevention and reduction.

Keywords: active faults, crustal deformation pattern, analyze anomalies, DEFNODE model

# 110 年地質與地球物理學術研討會 G2-P-039 Geodesy 全球導航與測地重力衛星應用於地球科學研究

# Taiwan Geodetic Model-GNSS data processing and observation results sharing platform

Hsin Tung<sup>1</sup> \ Hrong-Yue Chen<sup>1</sup> \ Ya-Ju Hsu<sup>1</sup> \ Wen-Tzong Liang<sup>1</sup> \ Ruey-Juin Rau<sup>1</sup>

(1)Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taiwan

Since the first continuous GNSS station, S01R, was established in Baisha, Penghu Island, in 1992, more than 450 continuous GNSS stations operate daily until now. Data from these stations have been used to produce high-precision, three-component velocity fields as well as position time series that track time-varying crustal deformation from small interesting area to entire Island of Taiwan. In order to keep receiving as well as analyzing these valuable and enormous data, a huge investment of manpower and material resources is required from fields to laboratories. Since the field conditions are controlled by the installation institutes, we focus on carefully dealing with the data collected from all the corporate partners. To achieve the goal of providing a fast service of data collecting and coordinate positioning for earth sciences research, the Taiwan Geodetic Model (TGM) platform originated by Institute of Earth Sciences, Academia Sinica (IESAS) aims to increase the quantity and availability of the data and to deliver products based on the raw data. High quality computed products such as stations positions, time series, velocities and strain rate fields provide researchers in Earth Science with relevant information for finding new data patterns, making new discoveries and even creating new science.

Keywords: Taiwan Geodetic Model, TGM, GNSS

# 110 年地質與地球物理學術研討會 G3-P-040 Geodesy 遙感探測技術

### LiDAR-DEM 地形紋理分析於岩性分類 - 以南横公路向陽至

# 嘉寶區域為例

曾鐘儀<sup>1</sup>、林慶偉<sup>1</sup>、劉守恆<sup>1</sup> (1)成功大學地球科學系

因為 LiDAR 數值高程模型 (Digital Elevation Model, DEM) 能一定程度上穿透植被,反映精細的地表紋理特徵,本研究希望透過不同岩性在地形上紋理之差異,進行岩性分類,輔助山區地質調查時劃定岩性界線。本研究選擇南橫公路向陽至嘉寶約70平方公里地區作為研究區域,應用範圍內高精度 LiDAR-DEM 作為研究材料,並利用其衍生之紋理資訊進行岩性分類並與相關地質調查資料進行比對。

進行地形紋理分析之前需要先決定最佳空間尺度,故利用半變異元分析,先瞭解地形紋理具相關性的空間大小,再透過灰階共生矩陣(Gray Level Cooccurrence Matrix, GLCM)的七種紋理特徵(平均值、方差、同質性、對比度、差異性、熵及相關性),統計地形紋理特性作為分類指標。參照初步地質調查與前人研究資料在三種主要的岩性單元(片岩區、變質火成岩區及板岩區)範圍選定樣本區,將上述紋理特徵以監督式學習分類器的最大概似分類法(Maximum Likelihood Classifier, MLC)進行分類,將分類結果比對前人文獻中具有細部地質調查成果之整合岩性圖,估計紋理分類結果的準確度。

初步研究成果中分類準確度分別為: 片岩區 45%;變質火成岩區 37%;板岩區 50%。在片岩區與板岩區交界明顯,且兩岩性界線分布與前人現地調查地質圖大致相符。未來將持續尋找更具岩性區別度的地形紋理,並配合其他分類器,以求得最佳的紋理分析與分類組合。最後實地進行調查,驗證岩性分類結果與界線分布。

中文關鍵字:數值高程模型、紋理分析、灰階共生矩陣、最大概似分類法、岩性分類

# 以 GPS 與 InSAR 2.5D 速度場探討宜蘭平原之變形特性

曹博涵<sup>1</sup>、胡植慶<sup>1</sup>、饒瑞鈞<sup>2</sup>、邱俊穎<sup>1</sup> (1)臺灣大學地質科學系、(2)成功大學地球科學系

宜蘭平原位於臺灣島東北部,被認為是沖繩島弧向西至臺灣島的延伸區域。 本研究應用長期 GPS 速度場與衛載合成孔徑干涉雷達(satellite-based InSAR)技術, 針對宜蘭平原之長期地表變形進行觀測,並探討其在地體構造上之意義。GPS 水 平速度場,可進一步解算為區域內長期應變速率與旋轉速率;並且,由於 C 波段 雷達衛星 Sentinel-1 衛星系可提供升軌與降軌兩個方向的變形速率,可再解算成 東西向與垂直向的速率,為 2.5D 變形場。藉上述觀測資料與解算所得之結果, 有助於探討長時間內宜蘭平原廣範圍的變形特性。GPS所得之觀測速度場中,宜 蘭平原內 GPS 水平速度以 1.0~40.0 mm/yr 朝西南方向移動,在平原內部之垂直 速度呈現約 10 mm/yr 的沉降。水平速度由南向北呈現遞增趨勢,於蘇澳一帶達 最大值約 40 mm/yr;垂直速度則在宜蘭平原中央之宜蘭斷層區域達到最大沉降 速率約 10 mm/yr。而在 InSAR 於 2016 年至 2020 年的觀測成果中,宜蘭平原在 升軌視衛星方向平均速度為-18~3 mm/yr;降軌視衛星方向平均速度為-19~7 mm/yr。進一步解算之 2.5D 成果中,東西方向速率自呈現由北向南遞增之趨勢, 宜蘭平原南端達最高值向東 20 mm/yr;垂直方向速率則在宜蘭斷層一帶達最高 沉降速率 10 mm/yr。由 GPS 速度解算所得之應變速率顯示,宜蘭平原南端為伸 張量最高處,被認為是宜蘭平原主要之張裂區域。但在 GPS 速度場與 InSAR 成 果中,宜蘭平原北半部的宜蘭斷層區域為主要沉降之區域,而非伸張量最高之平 原南端。除了弧後張裂的因素外,宜蘭斷層區域亦可能存在地下水位變化引致之 地表下陷,使其沉降速率高於平原南端。

中文關鍵字: 宜蘭平原、GPS 速度場、合成孔徑干涉雷達、2.5D

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 G3-P-042 Geodesy 遙感探測技術

### 以多軌道干涉合成孔徑雷達(InSAR)方法評估台灣中部彰化和

### 雲林區域的高鐵沿線地層下陷引起的水平變形

邱俊穎<sup>1</sup>、胡植慶<sup>1</sup> (1)臺灣大學地質科學系

彰化與雲林區域近 30 年的研究顯示,該區域地質水文特性與農作需求的抽 水行為,導致該區成為台灣地層下陷嚴重區域之一。本研究利用 2015 至 2019 年 Sentinel-1 多時合成孔徑雷達干涉技術 (Multi-Temporal InSAR, MTI)計算彰雲區 域在視衛星方向(Line of Sight, LOS)的變形速度場,並結合升軌與降軌的視衛星 方向變形資料計算東西方向與垂直方向的變形速度場,以了解彰化與雲林區域的 地表變形現象。MTI 所得到的變形速度場與 GNSS(Global Navigation Satellite System)顯示的速度場相當接近,大概是 GNSS 的 0.8~0.9 倍,這中間的差異可能 由於 InSAR 對接近衛星飛行方向的變形測量不敏感,有一部分實際變形量並沒 有產生明顯的相位變化,因此沒有被記錄到。但 MTI 結果仍提供了大範圍、面 狀的變形監測,某種程度上可以為無監測站的區域提供地表變形資料,作為已知 地層下陷<mark>區</mark>影響範圍的評估,以及提供是否有其他異常變形區需要作為監測站佈 設的熱點篩選資訊。研究的成果顯示,大範圍沉降區域主要涵蓋在雲林縣的褒忠 鄉、元長鄉、土庫鎮與虎尾鎮,另外在麥寮鄉與台西鄉的沿海一帶也較小範圍的 沉降區域;而彰化縣則有三個小區域沉降中心,分別為二林鎮、埤頭鄉與溪州鄉 和溪湖鎮與鹽埔鄉。我們也發現這些沉降中心的區域似乎伴隨著較大的東西向水 平速度場,而且這些水平速度場在沉降中心的兩側有反向的趨勢,指向沉降中心。 也因此在不同的沉降中心邊緣或沉降中心與沉降中心之間會有明顯水平變形速 度場的差異。這些受到地表沉降所引致的東西向水平變形差異,很有可能會造成 近似南北向的結構物,例如台鐵與高鐵軌道或月台產生錯位或破壞。

中文關鍵字:多時期干涉合成孔徑雷達技術、濁水溪沖積扇、地層下陷

# 110 年地質與地球物理學術研討會 GC2-P-044 Global Change 古環境與全球氣候變遷

# Monitoring environmental changes with dendrochemistry: Challenges and potential solutions

Hsin-Lin Wei<sup>1</sup> · Chuan-Chou Shen<sup>1</sup> · Huei-Ting Lin<sup>2</sup>

(1)Department of Geosciences, National Taiwan University · Research Center for Future Earth, National Taiwan University · (2)Institute of Oceanography, National Taiwan University

The numerous advantages of tree rings make it an essential environmental and climatic archive for the pre-instrumental eras. Trees distribute widely, being easily accessible, providing replicates, and preserving multiple proxies with intra-annual resolution. The physical properties, e.g., ring widths and ring densities, have been used to reflect variations in temperature, precipitation, sea surface temperature for more than one century. Chemical proxies, including elements and isotopes, in tree rings have been widely valued and developed as new environmental proxies in recent decades. Apart from oxygen and carbon isotopes in tree-ring cellulose used as sound climatic recorder, elements, e.g., Hg, Pb, and Cd, were new proxies for diverse environmental change topics, such as industrialization, air pollution, and soil contamination, in the Anthropocene. However, the movement and diffusion of elements across the rings, called radial translocation, intensifying during the sapwood transforms into heartwood, blur the elemental records. Correction for the radial translocation makes the application of tree-ring elements more useful and robust. To extend the usage of tree-ring elements as reliable environmental proxies, we comprehensively review articles published in the literature and summarize the critical mechanisms leading to radial translocation, including elemental mobility, tree physiology and anatomy, and heartwood formation process. In this study, we also propose a possible strategy to overcome the radial translocation effect.

Keywords: radial translocation, dendrochemistry, tree ring, biomonitoring

# 110 年地質與地球物理學術研討會 GC2-P-045 Global Change 古環境與全球氣候變遷

# 南中國海東北部過去三萬八千年以來浮游性有孔蟲豐度與

### 海表温度變化

陳子軒<sup>1</sup>、林殿順<sup>1</sup>、王子軍<sup>1</sup> (1)中央大學地球科學系

本研究利用位於臺灣西南海域,水深 1,315 公尺的 MD18-3568 岩心(岩心總長 20.7 公尺),透過浮游性有孔蟲的種屬與豐度變化及古海表溫度的建立,探討南中國海東北部所受東亞季風的影響。本岩心為懸浮堆積的泥質半遠洋沉積物,岩心浮游性有孔蟲碳十四定年結果顯示,本岩心自 38,000 年以來為連續、穩定沉積。本研究採集 40 個樣本,將樣本處理為含有 300 隻以上的浮游性有孔蟲化石。鑑定其種屬並計算各種屬絕對豐度及相對豐度後,初步結果顯示,Globigerinoides ruber、Trilobatus sacculifer、Neogloboquadrina dutertrei 及Pulleniatina obliquiloculata 等四種在副熱帶常見之種屬,在大多數樣本中所佔的浮游性有孔蟲比例平均可達六成以上。冷水種 Globigerina bulloides 的比例平均約一成,其餘種屬的比例共佔約兩成。配合古海表溫度及碳十四定年所得之年代模式,可建立三萬八千年以來南中國海東北部浮游性有孔蟲的豐度及東亞季風強度變化。

中文關鍵字:南中國海、浮游性有孔蟲、海表溫度、東亞季風

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 GC2-P-046 Global Change 古環境與全球氣候變遷

# Rare earth elemental geochemistry in foraminifera and its application to paleo-monsoon dynamics

Yogaraj Banerjee<sup>1</sup> · Li Lo<sup>1</sup> · Chuan-Chou Shen<sup>1</sup>
(1)Department of Geosciences, National Taiwan University

The rare earth elements (REE) are chemically coherent group with the variation of their stability constants in an ordered way. The partitioning between phases may lead to fractionation of the light REE relative to the heavy REE which have been attributed to differing mineral-seawater partition coefficients within the group. The relative abundance of REE have been used as useful proxy to understand the deep ocean circulation pattern, terrestrial/oceanic inputs, precipitation. However, there are two major challenges: (1) understanding on the susceptibility of REEs in the diagenetic environment (marine pore water), which precluded estimating alteration of the primary foraminiferal signal, and (2) the cleaning procedure typically used to remove contaminant phases was subject to the effects of REE reabsorption. Here in our ongoing project, we are carrying out REE analysis on well-preserved planktonic foraminifera recovered from two cores of MD05-2925 and ODP-1115B in the western Pacific to reveal the monsoon dynamics in the northern Australian and Indonesian region over last 800-kyr. In order to address the challenges related to the diagenetic alteration and cleaning procedure, we have (1) screened the well-preserved samples from the altered one, and (2) developed a cleaning procedure to remove all coatings and contaminant phases. A protocol for analysing REE from femtogram of carbonate samples including foraminifera was developed on ICP-SF-MS. Previous study using planktonic foraminifera G. ruber REE/Ca records of core MD05-2925 clearly demonstrated the role of obliquity cycle on the precipitation pattern at the tropical southern hemisphere in the Pacific over the last 282-kyr. Here in the present study, we are further extending the approach for the last 800-kyr for understanding the role of precession and obliquity forcing over the past late Quaternary glacial-interglacial cycles. The initial results of this ongoing project will be presented at the conference

Keywords: REE, foraminifera, monsoon

# 110 年地質與地球物理學術研討會 GM-P-047 Geomorphology 地形學與地質景觀及地質公園

# A study of knickpoints and its multiple causality in northeastern Taiwan

Chin-Yi Yang<sup>1</sup> · Ting-Wei Huang<sup>1</sup> · Pei-Shan Hsieh<sup>1</sup>
(1)Industrial Technology Research Institute

Knickpoints located on the stream profile separating into different gradient can provide important nick information for drainage network. The generation of knickpoint is widely used to discuss the evolution of drainage network. There are several knickpoint related researches focused on large scale tectonic discussion in Taiwan, however, regional scale analysis of existence and distribution of knickpoint is rare. In this study, we use auto-extracted program to obtain stream network, knickpoint and river steepness index from 20 m DEM (published by Ministry of the Interior), and apply it to discuss the possible causes of knickpoints in the relatively small drainage basin.

In this study, the drainages of Naao, Heping, and Kanagan are chosen as case studies, there are some reasons as following: (1) the lithology of the Heping drainage is complicated (marble, gneiss, and schist), and WEP boundary may have crossed through this drainage causing subsidence and uplift. (2) the Kanagan drainage is a small drainage basin located on southeast side of Heping drainage. A shallow micro-seismic swarm in Kanagan drainage is discoverd, besides, the Kanagan river flows through simple lithology (marble and gneiss). (3) the Naao drainage is northern of Heping drainage and also on the north side of WEP boundary. This means that this drainage basin is far away from the collision. (4) there are several historic and existence landslides prevailed on these drainage basins. These regional affected factors can play an important role in the genesis and development of knickpoints.

Keywords: drainage, knickpoint, river steepness index

# 曾文溪出海口最近期變遷年代再探討

陳彦傑<sup>1</sup>、陳秀琍<sup>2</sup>、王子碩<sup>3</sup>、黃文亭<sup>4</sup>、陳家琦<sup>4</sup>、鐘大歡<sup>1</sup> (1)嘉南藥理大學觀光系、(2)自由工作者、(3)聚珍臺灣、(4)中央氣象局臺灣南區氣象中心

綜合目前的文獻資料分析,自 17 世紀的 1832 年以來,曾文溪的出海河段或出海口曾變遷過 4 次。而其中對於曾文溪出海口的最近期變遷年代仍各有說法。近年來由於許多文史、地理等數位化資料庫系統的出現,其強大的查詢與比對能力使得研究人員乃至一般民眾皆能進行時間與空間資料的交互查詢比對,並對臺灣各地相關的地理變遷有所了解。本研究綜合「臺灣百年歷史地圖」的時空分析以及《臺灣日日新報》報導與《臺灣總督府檔案》記載的蒐尋與比對,發現曾文溪出海口最近期變遷年代應為「昭和 3 年(1928 年)9 月」。而造成此一出海口變遷的原因主要是 1928 年整個 8 月的連日大雨,加上 8 月 9-12 日以及 9 月 3~6 日的颱風所帶來的風雨。這連月來累積的水力與破壞,讓曾文溪的主流在 1928 年 9 月 3~6 日的颱風期間,向西沖破當時十份塭(今台南市七股區十份里)附近的沙洲,並沿當時十份塭附近的細流出海。

中文關鍵字:曾文溪、<mark>改</mark>道、臺灣百年歷史地圖、臺灣日日新報、臺灣總督府 檔案

# 聲波阻抗逆推解釋技術應用於B礦區碳酸鹽岩儲集層

古佳艷<sup>1</sup>、張資宜<sup>1</sup> (1)臺灣中油公司探採研究所

本研究應用聲波阻抗逆推分析解釋技術於海域 B 礦區,該區主要目標層為碳酸鹽岩儲集層類型。由於此礦區有較複雜的石油系統,且過去對碳酸鹽岩較缺乏相關探勘經驗,故研究首先根據井上電測資料分析儲油層、含水層、蓋層之聲波阻抗特徵差異。震波資料之聲波阻抗逆推方法以確定性逆推法(Constrain Sparse Spike Inversion)進行主要目標層之震波逆推處理,選擇已有油氣發現之碳酸鹽岩儲集層為主要分析範圍,求取聲波阻抗屬性資料體,其主要處理程序為低頻趨勢地質模型建立、震波逆推參數測試及震波逆推。震波逆推解釋流程則是以井資料為控制點,配合聲波阻抗逆推結果,利用地層切片(horizon slice)屬性萃取技術求取此區碳酸鹽岩儲油層可能封閉範圍,共完成3個構造暨岩性圈閉與6個可能儲油分布範圍估算。

綜合以上研究成果,可歸納碳酸鹽岩儲集層之特徵如下:(1)各層碳酸鹽岩儲層不一定較上方蓋岩之聲波阻抗低,但產油區間普遍比大套儲層本身呈現低聲波阻抗的特徵,且產油區間上方均存在一聲波阻抗較高的緻密層。此與井下電測資料之產油層物性特徵的結果相符,推測可作為局部的蓋岩。但在B礦區之外也有白雲岩質石灰岩(dolomitic limestone)儲集層上下夾雜有硬石膏(anhydrite)薄層之特殊岩性組合的例外。(2)碳酸鹽岩油氣聚集之有利條件,除構造圈閉之外:(i)深部儲集層整體而言為高密度、高聲波阻抗之緻密層,低聲波阻抗、低密度、高孔隙率特徵之區間有利於油氣儲存。(ii)淺部儲集層其上方具有緻密層可作為局部蓋岩以阻隔下方油氣往上移棲,低聲波阻抗、高孔隙率、低頁岩含量特徵之區間有利於油氣儲存。未來探勘目標可往上述有利油氣聚集之特徵儲集層中。

中文關鍵字:碳酸鹽岩儲集層、震波逆推、聲波阻抗、地層切片

# 110 年地質與地球物理學術研討會 GP-P-050 Geophysics 地球物理與地球物理探勘與環境地球物理

# Determination of site effects in damaged area during the 24<sup>th</sup> August 2016 Chauk Earthquake

Ei Mhone Nathar Myo<sup>1</sup> \ Tun Naing<sup>2</sup> \ Lin Thu Aung<sup>3</sup> \ Kaung Sithu<sup>4</sup> \ Thinn Hlaing Oo<sup>5</sup> \ Khaing Nyein Htay<sup>6</sup>

(1)Department of Geology, Yangon University (2)Department of Engineering Geology, Yangon Technological University (3)Earth Observatory of Singapore, Nanyang Technological University (4)Department of Geology, Pathein University (5)Myanmar Earthquake Committee (1)

(6) Myanmar Geosciences Society

An intraslab earthquake (Mw 6.8) struck central Myanmar on 24th August 2016, with the epicenter close to the ancient city of Bagan along the Irrawaddy River. This ~84 km deep earthquake caused wide spread damages to buildings and pagodas in the central Myanmar, including 270 millennium-old Buddhist pagodas in the ancient Bagan. Post-earthquake investigation suggests most of earthquake-damage buildings are built on the Holocene alluvium or on the Upper Miocene to Pleistocene Irrawaddy Formation, which are mainly composed of fluvial deposits and friable sandstone. In order to understand the site condition nearly these earthquake-damage buildings, this study analyze the microtremor signals collected from 10 different townships in the central Myanmar to estimate the shallow shear wave velocity (Vs30) and the local soil conditions. In total, we deployed microtremor station at 27 sites and log the microtremor signals for about 20 minutes at each site. We then use Chroun 2007 program to estimate the fundamental frequency and horizontal to vertical spectral ratio (HVRs) to determine the condition of underlying soil layers. Our results suggest most of the damaged buildings during the 2016 earthquake are located on the Class C or Class D soil layers. Our analyses also suggest many of our surveyed sites are characterized by thick and slow sediment layers. Such soil and sediment conditions along the Irrawaddy River may play certain roles controlling the spatial distribution of building damages during the 2016 Chauk earthquake.

Keywords: earthquake damage, microtremor, fundamental frequency, microtremor HVRs, Vs30, site class.

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 GP-P-051 Geophysics 地球物理與地球物理探勘與環境地球物理

# 後龍溪、大安溪流域與竹南沿海河系山區地下水地層電阻特性分析

劉家維<sup>1</sup>、陳文山<sup>1</sup>、彭筱涓<sup>1</sup>、李奕亨<sup>1</sup>、蔣立為<sup>1</sup>、梁嘉宏<sup>2</sup>、 賴慈華<sup>2</sup>、紹屏華<sup>2</sup>

(1)工業技術研究院綠能與環境研究所、(2)經濟部中央地質調查所

受到全球氣候劇烈變化,臺灣的地面水文環境產生極大的改變,為增進臺灣 水文地質基本調查資料,本研究針對竹南沿海河系流域、後龍溪流域、大安溪流 域,運用地球物理方法之聲頻大地電磁探測及地電阻影像剖面探測,分析目標區 域之電性地層構造與特徵,藉以瞭解臺灣北部山區地下水資源之蘊藏與分布特性。 聲頻大地電磁探測針對研究區域內的重要地質構造與主要地層單元進行調查,以 垂直主要構造線方向,完成一條跨越臺灣北部的東西向水文地質電性剖面。由地 層電阻率分布研判,DD'剖面 AMT(聲頻大地電磁)探測,同時涵蓋平原區與山區, 總計佈設 20 個測點。整體看來剖面西北段頭嵙山礫岩層,應屬高電阻特性,呈 現低電阻係反應可能含有地下水。剖面往東鄰接卓蘭層,淺部為泥岩特徵之低電 阻反應,深部則為砂泥互層,較有含水潛能。剖面中段(DD100)開始進入中新世 地層,電阻型態與地層位態相當成高角度分布,低電阻多與此區段數條斷層構造 有關,研判地下水可能富含於鄰近斷層構造的砂岩層。剖面東南段自測點(DD150) 以東,進入變質岩區,高山地層呈現高電阻特徵,低電阻出現於背斜構造兩側, 顯示地下水分布主要仍與地質構造有關。斷層構造造成地層破碎,形成地下水往 下入滲通道,形成低電阻特徵的地下含水層。另共完成 88 個 EM(多頻道電磁)測 點之量測,測點高程分布於  $90 \, \text{m} \, \equiv 1,800 \, \text{m} \, 之間,最大高程之測點為 <math>1,752 \, \text{m}$ , 測點多數位於 200 m 以下以及 900 m 至 1,600 m 區間,雖 200 m 至 900 m 間測點 數量較少,但仍可在高程之變化上得到更多的統計數據,更能貼近以山區地下水 蘊藏含水層為主要目標之調查。本年度亦增加比對岩屑層厚度與坡度之關聯性分 析,經全區數據比對,發覺無明顯坡度與岩屑層厚度之關聯性。因應鯉魚潭水庫 之伏流水取水計畫,兩條地電阻測線依大安溪伏流水探勘井位佈設,選址於大安 溪經國道一號三義段下游河道中進行探勘,施測兩條正交共計 1,210 m 之地電阻 探測(RIP),一條 605 m 位於北岸河階測線(測線 A/Line A),施測方向為平行河流 方向,並於其 330 m 處進行另一條 605 m 長垂直河道之測線量測(測線 B/Line B)。 測線 A 地表下 10 m,呈現大範圍低電阻區域,研判為地下伏流水反應;而測線 B約 180 m處與 250 m處,地表下具明顯低電阻區域,推測為伏流水位置。

中文關鍵字:地球物理探測、音頻大地電磁法、直流電阻法

110 年地質與地球物理學術研討會 GP-P-052 Geophysics 地球物理與地球物理探勘與環境地球物理

# 透地雷達應用於場址調查案例研究

鍾陳東<sup>1</sup>、沈顯全<sup>1</sup> (1)臺灣中油公司探採研究所

地球物理探勘利用儀器在地表進行非破壞性探測,如磁力、重力、電磁或震波測勘等方法。其中,透地雷達探測技術在地表對地下發射一種高頻電磁波,當地下物的介電常數發生變化時,電磁波產生反射現象而為地表所接收,由累積接收的反射訊號可分析解釋地下物的形貌與地層特性等。此技術在先進國家已廣為使用,依照探測天線頻率之高低不同,分別可應用於鋼筋位置調查、混凝土裂縫空洞調查、管線調查、空洞調查、地層層位調查、水中沉積物調查與考古調查等。

本研究應用 400 MHz 天線頻率之合罩式透地雷達於不同場址進行調查,分別為南部煉油廠內之管線調查和北部加油站之環境調查,藉由雷達波反射訊號在剖面上的形態特徵來判釋管線、地層掏空、污染現象等特徵,藉以協助後續工程之作業與開發。由工作成果得到場址之管線分布和地層掏空現象,然而部分場址因地表水泥鋼筋網格干擾而無法判釋出管線和污染現象

中文關鍵字:透地雷達、地球物理探勘、非破壞性檢測、管線調查

110 年地質與地球物理學術研討會 GP-P-053 Geophysics 地球物理與地球物理探勘與環境地球物理

# 三維高斯平滑在震測解釋上的應用

蘇俊陽<sup>1</sup>、李健平<sup>1</sup>、張國雄<sup>1</sup> (1)臺灣中油公司探採研究所

在油氣探勘的工作中,震測解釋是從震測資料中提取地下地質資訊,進行地下層面及構造分析工作。其成果可進一步結合震波屬性分析方法,以了解地層的岩石分布特性及油氣的可能分布位置。由於震測資料包含各種雜訊和資料缺陷,依照專家人工判讀的解釋工作需要大量時間,其成果亦具有不確定性。近年商業探勘解釋軟體發展許多自動解釋的工具,但受限於資料品質不佳,其成果仍需專家人工品管。

高斯平滑被廣泛地用於影像處理,能有效處理隨機雜訊,但實際操作時,受控於參數  $\sigma$ (標準偏差)的設定,亦可能造成影像失真。本研究藉由三維高斯平滑處理一個構造簡單的震測資料,在水平向及垂直向上設定不同參數對震測訊號進行處理。藉由實際井下地質資料的對比、進行人工及自動解釋、繪製地下構造圖,以及進行震波屬性分析,綜合評估成果,找到適合的工作流程及參數來幫助震測解釋工作的進行。

中文關鍵字:震測解釋、高斯平滑

# 澳洲西北海域羅巴克盆地之構造與探勘標的初探

廖韡智<sup>1</sup>、蘇俊陽<sup>1</sup>、李健平<sup>1</sup> (1)臺灣中油公司探採研究所

澳洲周圍海域分布多個有油氣蘊藏的盆地或構造,在澳洲西北海域,自西到東有北卡納文盆地(North Carnarvon Basin)、羅巴克盆地(Roebuck Basin)、布洛斯盆地(Browse Basin)、波拿帕盆地(Bonarparte Basin)一系列自古生代起發育的張裂盆地,這些盆地分佈的區域合併稱為西澳超盆地(Westralia Superbasin)。北卡納文盆地、布洛斯盆地與波拿帕盆地都已有數十年的油氣開發歷史,唯獨羅巴克盆地近幾年才發現大型油田。本研究整理已發表的文獻,並使用自澳洲政府購買之開放礦區震測資料進行分析解釋構造與探勘標的的工作。

羅巴克盆地可分為斜坡區的 Rowley 次盆地與陸棚區的 Bedout 次盆地,這兩個次盆地以 Bedout 高區分隔,盆地內主要構造方向為東北-西南走向,與西澳超盆地的主要構造方向一致。震測資料分析顯示,在新近紀之前,羅巴克盆地多是處在張裂或沉降的環境,故堆積了極厚層的沉積物,若僅計算較可能有油氣產生與儲集的古生代與中生代的沉積物堆積厚度,南邊的 Bedout 次盆地厚約 10 公里,至北邊的 Rowley 次盆地則可達約 15 公里厚。羅巴克盆地內的油氣探勘則是2015 年後才有比較顯著的成果,在陸棚區的 Bedout 次盆地下方,一個同時受構造與地層因素控制的探勘標的中,發現油氣儲集在三疊系地層內,探勘結果估計區域內儲藏超過 500 萬桶油當量(500 MMboe),為近年來澳洲最大的探勘成果。

與西澳超盆地中其他油氣田的儲集地層相比,羅巴克盆地發現油氣儲集的地層,位在較深且較老的三疊系地層中,在侏羅系與白堊系地層內則少有油氣被探勘發現,推測與其沉積物堆積特性、構造分布及熱成熟的歷史有關。在同一區域內,可能也有極具油氣潛能的同類型探勘標的存在,未來將持續對此一區域進行分析研究。

中文關鍵字:澳洲西北海域、羅巴克盆地、震測資料

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 GP-P-055 Geophysics 地球物理與地球物理探勘與環境地球物理

# 應用自組織特徵映射神經網路於儲集層特性描述

周昆瑩<sup>1</sup>、蘇思仔<sup>1</sup>、黃俊銘<sup>2</sup>、郭陳澔<sup>2</sup>、宋時驊<sup>1</sup>、蔡文瑜<sup>1</sup>、顏家葦<sup>1</sup> (1)台塑石化股份有限公司、(2)中央大學地球科學系

自組織特徵映射神經網路(Self-Organizing Map)是由芬蘭人工類神經網路學者 Teuvo Kalevi Kohonen博士於 1982 發表的非監督式學習方法,其優點在不改變輸入資料的拓撲(Topographic)特性下,可將 N 維度的資料映射至二維的視覺化空間上,同時可透過權重係數的調整,促使類神經網路收斂。本研究即應用此方法,在多重震測屬性資料的環境下,取得自組織特徵映射結果,主要分為以下階段:1.利用主成分分析(Principal Components Analysis)等方法,在屬性資料庫中篩選出適當的屬性資料組合,作為自組織特徵映射神經網路的屬性資料輸入層。2.將屬性資料輸入層匯入自組織特徵映射神經網路,設定最適分群數並取得多重屬性資料的特徵映射結果。3.利用群聚分析並結合油氣井的地層標定,將自組織特徵映射圖中的類神經元歸納出有意義的地質資訊,用以解釋目標儲集層。

本研究聚焦於類神經元透過細分類、群集特徵、取樣匹配等提取類別特徵的方法,在完成屬性資料於自組織特徵映射神經網路的訓練後,進而在自組織特徵映射圖中歸納出類神經元的群聚,再以油氣井的地層標定匹配各個類神經元群聚,識別出目標儲集層所關聯的群聚與類神經元,最後提取出適當的類神經元將目標儲集層的分布特性描述出來,作為油藏評估與探井選址的參考。

中文關鍵字:主成份分析、自組織特徵映射神經網路、群聚分析

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 GP-P-056 Geophysics 地球物理與地球物理探勘與環境地球物理

# 井下地電阻影像法於土壤與地下水污染調查應用

沈顯全1

(1)臺灣中油公司探採研究所

地層電阻率深受孔隙水質影響,相同地質條件因污染物質造成水質變化而使電性產生顯著差異時,監測地層電阻率變化可應用於污染場址範圍調查。本計畫應用地表-井內地電阻影像法等地球物理技術,展示描繪出調查場址污染範圍,期望運用地物監測技術提升污染整治成效的可行性;同時井內地電阻影像法明顯可以增加深部解析度,達到高解析度的成像效果。

在污染整治階段中灌入藥劑整治為重要的化學方法,但在滲透率差之地層中, 重力或壓力會造成整治藥劑沿著優勢流徑傳輸,所以藥劑傳輸路徑監測非常重要。 本計畫於研究場址進行藥劑灌入時進行孔內電阻率監測,透過動態電阻率監測描 繪出藥劑分布範圍與反應時間,可提供藥劑灌注時動態調整適當的數量與深度, 達到提升整治效果。

中文關鍵字:環境污染調查、地電阻法、孔內電阻法





#### 110 年地質與地球物理學術研討會 GP-P-057 Geophysics 地球物理與地球物理探勘與環境地球物理

### 利用高鐵振動訊號進行地下構造解析 - 回顧與初探

劉家維<sup>1</sup>、柳志錫<sup>1</sup> (1)工業技術研究院綠能與環境研究所

台灣高鐵全線縱貫臺灣人口密集的西部地區,路線全長349.5公里,最高營運時速300公里,連結臺灣南北成為一日生活圈,是國人依賴的大眾交通工具之一,結至2020年1月總載客數已超過6億人次,載客數量眾多,而其安全性的考量也是眾人所關心的議題,鐵路下方乘載的土層是否因為行進或地殼活動而產生危害性的變化,需要透過眾多分析方法綜合調查。高速列車行進所產生的振動訊號是透過高速列車與高速鐵路之間的變形擠壓而產生的,具有頻帶寬、低頻強與重複性好等優點,其優點成為近年來國際矚目的研究題材之一。

鑒於國內相關研究甚少,本研究彙整近年來利用高鐵振動訊號的發展與展現於高鐵現地量測的初步成果。利用高鐵振動探勘的分析方法為移動式震源問題,其數學形式上複雜難解,現今解析思路為使用全波形(full waveform)的方法進行探勘工作,但其在應用上仍有一大段路程,另外一種分析方法則為利用環境噪訊(ambient noise)法解析,此方法能獲得的有效的頻散曲線,我們團隊經由現地量測,結果能有效解析地層特性。高鐵列車行進重複性高,震源穩定,若能有效運用其振動特性解析地下構造,並加以監測,勢必能對鐵路行經安全多加一份保障。

中文關鍵字:高速鐵路、振動、探勘

# 110 年地質與地球物理學術研討會 GP-P-058 Geophysics 地球物理與地球物理探勘與環境地球物理

# 利用類神經網路重建中東某碳酸鹽岩礦區井下岩性

邱維毅<sup>1</sup>、伍允豪<sup>1</sup>、鍾陳東<sup>1</sup>、蘇清全<sup>1</sup> (1)臺灣中油公司探採研究所

本公司以往油氣潛能評估之礦區目標地層多屬碎屑岩之沉積環境,對碳酸鹽岩之石油系統與油氣探勘均缺乏相關經驗。因此,期藉由分析中東地區碳酸鹽岩探勘資料,提升本公司對於碳酸鹽岩儲集層之認識。本研究比對全岩芯描述資料與電測資料,利用數位化之全岩芯描述內的岩性資訊,以類神經網路分析方式嘗試比較不同岩性與電測資料組合間的關聯,期尋找出與岩性對比良好之合適電測資料組合,將其應用於同區域其它并位未採取岩芯區段的岩性識別上。

本研究整理完成研究區域內 18 口鑽井的全岩芯數位化工作且建立 16 種常見岩性之岩性模板。基於岩芯數化結果,再利用 Petrel 震測解釋軟體內之類神經網路運算功能進行岩性分類。分類結果顯示,無論是改變學習之井測曲線組合或是簡化岩性分類,均無法如預期達成藉由類神經網路區分岩性之目的。初步認為可能造成類神經網路岩性分類結果不佳之因素可能為:(1) 聲波井測、密度井測、中子孔隙率井測等井測方式主要反映出地層之物理結構,而非碳酸鹽岩受二次成岩作用影響下之次生孔隙;(2) 岩芯描述的間距多小於或等於井測間距,使岩芯描述之岩性邊界難以對應至井測曲線上之變化邊界。

本研究結果雖不如預期,但經比較過去文獻後,建議未來若有碳酸鹽岩之類 神經網路重建岩性工作,可先進行詳細沉積環境與岩石物性分析,再於侷限之目 標層段內進行,或有助於類神經網路之岩性識別。

中文關鍵字:中東、碳酸鹽岩、岩性辨識

# 工程地質探勘資料庫系統

張閔翔<sup>1</sup>、魏正岳<sup>1</sup>、莊釗鳴<sup>1</sup>、黃佳偉<sup>1</sup>、侯進雄<sup>1</sup>、賴品妙<sup>2</sup>、王炫詠<sup>2</sup> (1)經濟部中央地質調查所、(2)晏晟科技股份有限公司

經濟部中央地質調查所於國土資訊系統架構體系中,屬於自然環境基本資料庫分組,負責整合建置全國地質鑽探相關資料。本所利用地理資訊系統技術開發工程地質探勘資料蒐集工具軟體,持續辦理作業規範研修,以資料作業規範為基礎,建置資料庫查詢系統網站以及配套教育訓練,進行工程地質探勘資料蒐集,同時逐年更新資料蒐集工具軟體,提供國土資訊系統相關分組與全國民眾豐富的地質鑽探資訊,有效達成國土地質資料之「分散建置,集中管理」之作業目標。

近年來由於地質法之施行,民眾更加重視居住環境,對地質資料的了解需求日益殷切。為落實地質鑽探資料蒐集建置與資料公開,配合空間資訊技術之演進,以及第四至第五階段電子化政府雲端化相關作業,將工程地質探勘資料庫以WebGIS網頁視覺化方式呈現及對外揭露地質資訊,直接支援「地質資料蒐集管理辦法」施行後相關地質調查報告書及鑽探資料查詢業務,近期又增加鑽探資料蒐集建置範圍,改良資料蒐集工具軟體,完善資料彙整與供應機制,並增設教育推廣課程,讓民眾以簡明易懂之方式瞭解居住之地質環境,使國人能趨吉避凶、減輕地質災害的威脅,也提供國內重要工程建設之參考依據。

中文關鍵字:地質資料、鑽孔資料、網際網路空間資訊平台、地工技術調查

# 國土地質倉儲暨地質資料整合查詢系統

魏正岳<sup>1</sup>、鄭文昕<sup>1</sup>、張閔翔<sup>1</sup>、莊釗鳴<sup>1</sup>、侯進雄<sup>1</sup>、柯文浩<sup>2</sup> (1)經濟部中央地質調查所、(2)群琰地理資訊公司

經濟部中央地質調查所配合行政院國家發展委員會「NGIS2020 時空資訊雲建置計畫—落實智慧國土」公共建設計畫,辦理「地質圖資建置及開放應用計畫」,運用資料倉儲高效率之整合管理架構,逐年蒐集並整合開放地質相關資料,完善國土地質資料整合式管理供應平台與空間資料倉儲服務,與其它國土資訊系統相關資料庫系統進行接軌,開放相關需求單位進行資料應用並持續辦理基礎資料建置。

本計畫於 109 年度完成核心地質圖資擴充建置、跨單位協作機制及開放資料等作業,以先進之空間資訊技術建置整合式地質資料協作應用平台,強化地質資料即時更新及開放供應,提供中央及地方政府進行加值應用;計畫執行成效包含: (1) 擴充地質資料庫基礎應用環境及配套。(2) 地質圖資建檔管理與更新。(3) 資料介接、流通、管理與供應。(4) 資料管理推廣與諮詢服務。

在服務網站及既有倉儲系統功能改版方面,109年度完成單點詳細資訊及介接外部圖台街景服務之開發;擴建行動裝置專用網頁,提供不同行動裝置作業系統(如: Android, iOS)正確瀏覽;另新增自產圖資上傳功能,提供使用者上傳 SHP、CSV、GeoJSON、GPX 及 KML 等 5 種格式圖資,自行判釋圖資坐落之地質資訊,以利實施後續分析作業,擴大地質資料之應用層面。

中文關鍵字:地質資料、國土地質倉儲、查詢系統

### 利用無人機進行航拍與點雲建模 - 解析新北市萊萊地區地質構造

白庭瑜<sup>1</sup>、蔡耀萱<sup>2</sup>、詹瑜璋<sup>3</sup>、葉致翔<sup>4</sup>、孫正瑋<sup>5</sup> (1)臺灣大學地質科學系、(2)臺灣大學地理環境資源學系、(3)中央研究院地球科學研究所、 (4)臺灣大學土木工程學系、(5)臺灣大學地質科學系、中央研究院地球科學研究所

以傳統遙測方法所建出之數值高程模型進行構造判釋工作,其公尺級的解析 度造成細部以及地勢平緩地區之構造判釋上的困難,使得傳統模型已無法適用於 如海蝕平台等高程無太大起伏,卻包含如裂隙及節理等細部構造的地方。隨著無 人機航拍技術之進步,現已可透過無人機航拍照片建立公分級解析度之三維網格 模型,在室內進行構造判釋,並輔以野外查核,解決傳統地質調查時因地形崎嶇 或發生地質災害等因素而導致人力難以抵達的問題。本研究區域位於新北市萊萊 地區之海蝕平臺,位處鶯仔瀨向斜南翼,岩層以漸新世的大桶山層為主,岩性為 硬頁岩與砂岩互層, 地層出露良好且無植被覆蓋, 並出露岩脈以及數個大幅度彎 曲構造。在此利用無人機進行航拍,將所取得之照片進行空間平插、點雲計算並 且建立公分級解析度之三維網格模型,將成果匯入 ArcGIS Pro,在三維環境,藉 由不同視角的輔助,判釋構造及岩層,將構造線打點標記出來,計算其位態並且 進行野外查核,最終將資料繪製於赤平投影圓上計算褶皺軸之走向及傾沒角。研 究成果分為東邊及西邊兩個部分,其中,西側之裂隙大致呈東北-西南走向、部分 呈馬尾狀破裂且平移斷層帶有左移分量,推測此區曾受東北-西南向之左剪力作 用;東側除了與澳底層媽崗段之砂岩接觸、有東西向發育良好之節理系統,亦有 數條西北-東南向之右移斷層錯開岩脈。此外,兩區域之大幅度彎曲構造中,層理 之傾角一致性高,計算其褶皺軸傾沒角在 10 度上下,推論萊萊地區之大幅度彎 曲構造非因崩移作用所形成,而是大尺度擠壓之下所產生之小區域緩褶皺。

中文關鍵字:無人機、攝影測量、三維地質製圖、高解析度網格模型、三維 GIS

# 無人機光達系統點雲型態與數值高程模型特徵研究

江晉霆<sup>1</sup>、詹瑜璋<sup>1</sup>、孫正瑋<sup>1</sup>、張國楨<sup>2</sup> (1)中央研究院地球科學研究所、(2)台北科技大學土木工程系

本研究區域為宜蘭縣大同鄉梵梵,本研究將此區域分成三大區塊,依序為河 灘地、密林區、人造物區。本研究針對密林區中竹、闊葉林以及河灘地上之芒草、 礫石等在點雲模型裡的樣貌分析。本研究主要使用 RIEGL 公司所生產的雷射掃 描儀(miniVUX1-DL)與無人多旋翼機(Ricopter)進行掃描任務,任務完成後也使用 RIEGL 之點雲解算軟體 Riprocess 解出點雲模型後,即可針對不同的植被、人造 物....等不同地貌切出剖面進行檢視。為了探討系統誤差,本研究在模型中找出相 對水平的地方,例如:柏油路、堤防、屋頂。並在這些區塊選取1平方公尺的範 圍對其進行統計分析,即可找出此模型之系統誤差。本研究判定地面點數量方式, 針對不同地貌如裸露地、竹林區、闊葉林區、竹、闊葉混合林區分別切出5平方 公尺,以統計的方式判定地面點數量的多寡,從圖中可知道植被越茂盛的區塊地 面點數量越少。光達可能無法或不易穿透植被茂盛的密林區及闊葉林區,造成這 些區塊點雲模型有空洞的情形產生,此種現象類似於光達無法穿透人造區結構物 的現象,因此將其定義為房屋效應。人造物區點雲模型中因為有房屋效應的關係, 若將人造物去除,反而會讓模型產生空洞。本研究將人造物表面歸類於地面點雲, 獲取更完整的數值地表模型,以達到充分利用點雲資料的目的。分類出地面點雲 後,可以產製出數值高程模型,從數值高程模型上即可判<mark>定此研</mark>究區<mark>域的地質構</mark> 造現況。從系統誤差分析中,本研究在相對水平區塊上,擴取1平方公尺的點雲 做統計分析,此無人機光達系統之系統誤差大約在 3~5 cm。此研究成果對於未 來的山崩與侵蝕研究提供適合精度的應用基礎。

中文關鍵字:無人機、光達、點雲、數值高程模型

# Development of Seismic data acquisition system for low-cost accelerometer with Raspberry-Pi (RFidget)

Utpal Kumar<sup>1</sup> · Lu-hsuan Chen<sup>1</sup> · Chu-Te Chen<sup>1</sup> · Wen-Tzong Liang<sup>1</sup>
(1)Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taiwan

We aim to develop a new seismic data acquisition system, equipped with functions of both local recording and real-time data streaming, for low-cost accelerometers (RFidget) using Raspberry-pi 4 attached with a PhidgetSpatial MEMS sensor (1403 1B). The full scale of this sensor is  $\pm 2g$  and the machine noise level is less than one gal, which makes this RFidget unit suitable for strong motion monitoring. The design is to convert digital data from the PhidgetSpatial sensor into a standard data format (preferably miniSEED) and then either to record the evenly sampled data locally or to enable data streaming from each RFidget directly to a recording server in a realtime manner. The RFidget system comprises three primary components-local clients, webserver, and desktop software. The local clients aim to record and send the stream the data to the webserver in real-time. The webserver aims to collect the data from the clients and preprocess it for near real-time delivery. The open-source desktop software with PyQt5 based graphical interface provides efficient tools to receive, analyze and visualize the data from the webserver in real-time. With this design for RFidget units, the building monitoring for seismic risk assessment, rapid array mobilization for aftershocks, and educational seismic network deployment will become easier for researchers. We'll demonstrate our preliminary results in the poster area. The RFidget software will be openly accessible to the scientific community.

Keywords: data acquisition, accelerometers, open source software

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 H1-P-064 Hydrology 水文與水文地質

# 屏東平原未飽和地下水流數值模擬

林均祥<sup>1</sup>、劉台生<sup>1</sup> (1)中正大學地球與環境科學系

2020 年台灣面臨有史以來第二次未受颱風侵襲的罕見水文事件,導致 2021 年 3 月已經開始在台中地區進行分區停水的措施。相對於不易保存的地表水,地 下水則為一種可以永續經營的水資源。屏東平原為台灣第二大的沖積平原,擁有 豐富的地下水資源,但也同時面臨地層下陷、海水入侵及地下水汙染等挑戰。前 人研究考慮的屏東平原地下水流數值模擬,多半建構在飽和含水層的基礎,但若 考慮伏流水開發等應用,則未飽和效應為一個值得探討的影響因子。本研究考慮 屏東平原地下水分區,根據現有觀測井的地下水位,考慮平原中從扇頂到扇尾的 部分屏東平原地區為模擬區域,考慮第一含水層及第一阻水層,以 van Genuchten 保水曲線模式,進行未飽和地下水流數值模擬。根據研究區域中地質鑽探井所獲 得第四紀泥層定年資料,可建立模擬區域中含水層及阻水層的三維地質構造分布, 並根據扇頂、扇央及扇尾的分布設定含水層的水力傳導係數。降雨入滲則參考過 去研究,以分區的方式設定不同的入滲量。本研究以商用軟體 FEFLOW 7.3 版進 行地下水流數值模擬,並以降雨入滲量、邊界河流補注量,以及水力傳導係數等 作為校正參數,利用 PEST 理論對模擬結果進行校正,可獲得符合水利署地下水 觀測井所量測的地下水位。後續研究會將模擬區域的深度擴展到第三個阻水層, 並進行詳細的參數敏感度分析。案例分析則將以屏東平原傍河取水的伏流水開發 案,重新評估現有的取水方案。

中文關鍵字:屏東平原、未飽和地下水流數值模擬、水資源

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 H1-P-065 Hydrology 水文與水文地質

# 在有限厚度含水層中受不同地表溫度時變性影響的地溫-

### 深度剖面之熱傳輸模式

張家豪<sup>1</sup>、蔡瑞彬<sup>1</sup> (1)臺灣大學生物環境系統工程學系

地層中的溫度(地溫)已被廣泛用作估算含水層中地下水流的示踪劑。先前的研究通常假定含水層的厚度為無限,以簡化地下熱流問題的數學模式。然而,可預期的,此簡化模型將無法描述在真實含水層(有限厚度)中的熱傳輸情形。有鑒於此,本研究發展一個熱傳輸模式,用於描述有限厚度含水層中的地溫-深度剖面。此地溫剖面受熱傳導-平流方程式(heat conduction-advection equation)控制,而含水層底部設定為恆溫條件,通過拉氏變換(Laplace transform)可求解該模式。藉由此解,本研究分析了三種不同地表溫度的時變性對地溫剖面的效應。研究結果顯示,地溫剖面呈現的輪廓能確實反映不同的時變性。此外,含水層的熱導率(thermal conductivity)、熱容量(heat capacity),及地下水流量對地溫剖面的影響相當顯著。

中文關鍵字:熱傳輸、地溫剖面、地下水流量

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 H1-P-066 Hydrology 水文與水文地質

# 屏東平原地下水補注區之水文地質補充調查成果

林榮潤<sup>1</sup>、柯建仲<sup>1</sup>、梁嘉宏<sup>2</sup>、陸挽中<sup>2</sup>、賴慈華<sup>2</sup>、邵屏華<sup>2</sup> (1)中興工程顧問社、(2)經濟部中央地質調查所

民國 81 至 97 年期間,「台灣地區地下水觀測網整體計畫」於屏東平原地區 共完成 52 站之水文地質調查研究。全區面積共 1,231 平方公里,平均每 24 平方 公里有一站,而各站之平均距離約 5 公里,共繪製了 13 條水文地質剖面。而為 了達到地下水水資源保育與永續利用,經濟部中央地質調查所於 103 年度完成屏 東平原地下水補注區之劃設,且於 108 年度執行屏東平原地下水補注區補充水文 地質調查,包括:4 孔地質調查井之取樣與分析工作,以及建置 2 站複井抽水試 驗站,進行分級、定量抽水試驗。綜合調查成果顯示,於鄰近地下水補注敏感區 中,由扇頂至下游分布的剖面,分別有剖面十三、十一、十、八、與七等,可比 對本次新增 4 處鑽孔,進行剖面編修與繪製;而位於荖濃至隘寮溪與林邊至力力 溪之沖積扇扇頂區,分別完成載興站與四林站之抽水試驗,其成果皆符合扇頂區 高透水性之水文地質特性,有助於釐清補注邊界與劃設。

中文關鍵字:屏東平原、地下水補注、水文地質

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 H1-P-067 Hydrology 水文與水文地質

# 臺灣北段山區水文地質調查之研究

梁嘉宏<sup>1</sup>、柯建仲<sup>2</sup>、林榮潤<sup>2</sup>、賴慈華<sup>1</sup>、邵屏華<sup>1</sup>、王詠絢<sup>1</sup> (1)經濟部中央地質調查所、(2)中興工程顧問社

目前臺灣正遭逢 56 年來的乾旱缺水危機,尤以桃竹苗地區最為嚴重,本所自 99 年起即投入山區地下水資源調查評估,其整體計畫之思維架構係起源於山區屬地下水資源的重要補注來源區域,在政府提倡多水源多系統聯合經營區域性水資源策略下,山區地下水資源不失為重要之水資源調配來源,然而對於評估山區地下水蘊含量現況所需之水文地質基本調查資料卻相當匱乏。據此,為瞭解山區地下水之水量與水質,本所遂及規劃為期 12 年之臺灣山區地下水資源調查。

本文係針對 109 年度調查範圍位於香山沿海河系、中港溪、後龍溪、竹南沿海河系、大安溪等北段山區流域,藉由水文地質鑽孔及地下水觀測井網之建置,進行地下水位變動之觀測,並藉由一系列孔內水文地質調查技術來瞭解山區水文地質架構,調查試驗工作包含:孔內電井測、井徑、孔內攝影、地下水流速、孔內波速、封塞水力試驗及抽水試驗等,獲得各鑽孔地質單元之孔隙率、透水係數及導水係數等水文地質參數資料;另為提升水文地質調查資料之精度,本文亦發展出孔內高精度地下水流速量測技術,藉由更細緻之地下水的區段流速差異分析,可更加詳細掌握山區站址周圍之水文地質特性。整體而言,欲掌握山區之岩層地下水資源,須深入進行詳細之開發區段實務研究。

中文關鍵字:水文地質調查、山區地下水資源、地下岩層水力特性

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 H1-P-068 Hydrology 水文與水文地質

# 宜蘭龍德井異常地溫梯度之數值模擬

陳文福<sup>1</sup>、陸挽中<sup>2</sup>、賴慈華<sup>2</sup>、邵屏華<sup>2</sup>、黃智昭<sup>2</sup> (1)嘉南藥理科技大學溫泉產業研究所、(2)經濟部中央地質調查所

宜蘭平原區觀測井的垂直地溫梯度顯示有兩處地溫異常高: 礁溪及龍德,地溫梯度可達 0.077 (°C/m),礁溪為著名的溫泉區,研究較多,龍德站的研究較少,本研究利用垂直井溫來推算龍德站阻水層的垂直流向及流速,並探討該井異常垂直地溫梯度的成因。地溫分布主要受到地表面溫度、地層熱傳導(conduction)及地下水流動(convection)的影響,經由熱傳(heat transfer)公式的數值模擬,可以推算地下水的流速及流向。計算結果顯示: 阻水層 T1-1 垂直流速約-3~-4×10-8 m/s (負值表示往上流),垂直流動方向並與水位觀測一致;T1-2 及 T1-3 因為溫度曲線顯示對流傳遞溫度的效應低於熱傳導,只能算出流速的上限。T1-2 小於 -5×10-8 m/s,T1-3 小於-5×10-9 m/s。根據模擬結果,龍德地區的地熱異常,推測斷層破裂帶應沒有切穿沉積層,否則破裂帶的流速應該比較快,本研究模擬的流速約 3.5×10-8 m/s,相當泥質地層的流速,表示下部岩盤的熱進入觀測的地層後,應主要以熱傳導向上傳熱。

中文關鍵字:地溫梯度、數值模擬、宜蘭平原

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 H1-P-069 Hydrology 水文與水文地質

# 應用羅吉斯迴歸法建立山區地下水資源開發潛能場址預測模式

廖逸凡<sup>1</sup>、董名家<sup>1</sup>、許世孟<sup>1</sup> (1)臺灣海洋大學河海工程學系

裂隙岩體渗透性參數能提供山區地下水資源開發場址遴選或施工規劃前重要的關鍵資訊,然受限於傳統工程有著很多經費、人力與時間成本等問題,實務上取得之渗透性參數調查資料量往往不足以代表場址水文地質現況,故如何以更有效率與低成本的方式辨識候選場址的岩體滲透性質是尚待解決的問題。

鑑此,本研究蒐集全臺山區各流域共計 474 筆裂隙岩體之水文地質與水力試驗資料,以此跨域且多岩性的資料為基礎,篩選出七項具代表性之地質特徵,分別為岩石品質指標 (RQD)、地層深度指標(DI)、剪裂泥含量指標(GCD)、岩性渗透率指標(LPI)、裂隙頻率(FF)、裂隙寬(FW)、與流速(v),作為推估裂隙岩體渗透性之因子,共設計出五種因子組合模式,嘗試透過羅吉斯迴歸分析法建構出具開發潛能場址發生機率與選定因子間的關係,並產出以地質特徵預測達到岩體渗透性係數門檻值成功機率之迴歸模式,而門檻值之設計以 K=10E-6 為基準,高於門檻值時即代表該場址之水資源開發潛力足以滿足地方性供水需求。

成果顯示,本研究設計之五種因子組合模式預測矩陣正確率均達 85%以上, 且模式正確率隨採用因子數上升而提高,其中七項因子之組合模式正確率高達 93.7%,顯著性良好。最後,應用 ROC (receiver operating characteristic) 曲線下面 積(AUC)來評估所建模式之正確性,而本研究所建立之五種因子組合模式 AUC 值達均 0.9 以上,模式辨識力強。

總結以上分析成果,結合地質特徵因子與羅吉斯迴歸分析方法所建立之預測模式,將能以更有效率的方式瞭解候選場址之水文地質狀況,為地下水資源開發評估所需基本資料提供更具實務性之參考。

中文關鍵字:裂隙岩體、羅吉斯迴歸、滲透係數、地質特徵、ROC 曲線

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 H1-P-070 Hydrology 水文與水文地質

# 孔內多層式光纖光柵水壓與溫度感測系統研發與測試

何彥德<sup>1</sup>、蔡瑞彬<sup>2</sup>、王子賓<sup>3</sup>、張良正<sup>4</sup> (1)臺灣大學、(2)臺灣大學生工系、(3)健行科技大學、(4)陽明交通大學

含水層常作為地下水使用的來源,一旦遭受地下水污染將立即影響供水安全性,同時地下水復育亦將面臨極大的挑戰。為了預測整治藥劑與污染團在深層含水層的移動路徑,了解地下水系統的狀態是很重要的(如地下水質、水位與水溫等),然而傳統環保署觀測井多僅在特定深度開孔,且只能觀測含水層的平均狀態,因此提供的地下水相關資訊相當有限。有鑒於此,本研究使用光纖布拉格光柵(Fiber Bragg Grating, FBG)研發出多層地下水壓與溫度量測系統,可以在同一鑽孔內同時進行多個不同深度的水壓與溫度量測。光纖具有可遠距離穩定傳輸訊號、訊號不易受水與電磁波干擾與無火花安全性高等優點,而本研究所開發之FBG 多深度水壓與溫度量測系統則進一步透過室內測試與現地測試,以展現本系統之觀測能力。



#### 110 年地質與地球物理學術研討會 H2-P-071 Hydrology 地下水與傳輸

# 裂隙岩體地下水流之格林元素法數值模擬

曾冠編<sup>1</sup>、劉台生<sup>1</sup> (1)中正大學地球與環境科學系

以邊界值元素法(boundary element method, BEM)進行離散裂隙岩體中地下水 流數值模擬,雖可省去離散化模擬區域的繁瑣步驟,但其數值理論卻無法有效處 理介質的異質性及異向性。格林元素法(green element method, GEM)承襲 BEM 的 數學基礎,但利用格林第二等式(The second Green's identity)及格林函數的通解, 可有效地將網格中的質量守恆轉換成網格邊界上的法線通量,並同時可處理介質 的異質性及異向性。針對低母岩滲透性的離散裂隙岩體,本研究目前已完成穩態 地下水流的 BEM 數值理論,能夠處理的邊界條件包含 Dirichlet 及 Neumann 邊 界條件,Robin 邊界條件則仍在繼續發展。利用 Python 程式語言,本研究已發展 出三維裂隙岩體地下水流數值模擬的 BEM 數值模擬程式,並考慮數個基本測試 案例,以及文獻中發表的基準案例,將本研究的 BEM 數值解,與商用軟體 FracMan 7.4 版的數值模擬結果互相比對,發現 BEM 解與 FracMan 解完全一致。 後續研究方向首先要處理本研究 BEM 程式的計算效率,以期能夠適用於大尺度 裂隙岩體中的地下水流數值模擬。BEM 理論發展部分,則將持續精進數值理論, 使其能夠襖考慮 Robin 邊界條件,以及處理暫態項、涵/源項,以及裂隙與圍岩之 地下水交換。此外,將持續利用文獻中的基準案例,全面性驗證此 BEM 數值模 擬程式,並將此程式應用於大尺度裂隙岩體中的地下水流數值模擬。

中文關鍵字:格林元素法、離散裂隙岩體、地下水流

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 H2-P-072 Hydrology 地下水與傳輸

# Challenges in the preservation of disaster remains-Example of the Chelungpu Fault Preservation Park

Cheng-Shing Chiang<sup>1</sup> \ Tyan-Ming Chu<sup>2</sup> \ Wen-Hao Chou<sup>3</sup> \ Shin-Ho Lee<sup>1</sup> \ Jer-Fu Wang<sup>4</sup>

- (1) National Museum of Natural Science \( (2) Pro-Vision Environmental Engineering Corporation \( \)
- (3)Center for Ecology and Environment, Tunghai University (4)Department of Civil and Disaster

  Prevention Engineering, National United University

Taiwan has had a major earthquake every 30-60 years. Therefore, earthquake museums were needed for long-term earthquake education and geoheritage exhibitions. Earthquake museums highlight disaster risks and preparedness information. The purpose of preserving earthquake remains is to educate visitors about Taiwan's natural disasters and provide a memorable experience that inspires earthquake preparedness.

The Chushan trench across the Chelungpu fault is a good example of Chichi Earthquake rupture. This trench has recorded the five most important earthquake events on the Chelungpu fault. Although the Chelungpu Fault Preservation Park (CFPP) has worked to preserve these earthquake remains, they have been threatened due to seepage over the years. The aim of this paper is to analyze trench seepage and explore the development of an anti-seepage model, to provide a reference for earthquake remains and museum development worldwide.

Keywords: earthquake museum, inheritance protection, earthquake remains, seepage

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 H2-P-073 Hydrology 地下水與傳輸

### 溫度變化與黏土礦物傳輸特性之改變

梁書嚴<sup>1</sup>、林文勝<sup>2</sup> (1)中興工程顧問社、(2)臺灣大學

國際原子能總署建議高放射性廢棄物應採深地質處置方式,利用深部岩層的隔離阻絕特性,將用過核子燃料深埋於300至1000公尺的地下岩層中,藉由工程與天然障壁所形成的多重障壁系統,可有效圍阻或遲滯核種的外釋與遷移,使用過核子燃料的放射性不致影響人類健康與環境安全。多重障壁是指利用廢棄物包件、緩衝材料與回填材料共同構成之工程障壁,與處置母岩構成之天然障壁,所形成的層層保護,利用隔離、遲滯等原理,確保放射性廢棄物衰變到無害的程度,並避免影響生物圈環境。

工程障壁中的緩衝材料多使用膨潤土為主要成分,因膨潤土具有非常低的導水特性、非常好的回脹能力,並具有高吸附性,可以遲滯核種進入到自然界中,而用過核子燃料產生的衰變熱,可能導致的緩衝材料劣化或是發生變質,溫度低時膨潤土吸水膨脹,孔隙水進入到膨潤土中成為層間水,溫度升高會使膨潤土釋出水分子到孔隙之間成為孔隙水,並導致膨潤土本身體積收縮,此時緩衝材料的孔隙率就會升高。傳統討論核種傳輸的模型,通常使用緩衝材料的總孔隙率,並未修正孔隙率對核種傳輸的影響,本研究依照我國核廢料之燃耗使用 COMSOL Multiphysics 模擬早期失效中工程障壁系統與母岩中的熱分布情形,同時修正孔隙率,計算不同時間段的孔隙率變化與核種傳輸的情形,並使用有吸附能力與有無吸附能之核種分別進行分析,結果顯示修正孔隙率後,所得之濃度穿透曲線較為保守,在未來的安全分析中可朝此方向同步進行修正與結果分析。

中文關鍵字:孔隙率、膨潤土脫水、核種傳輸、功能安全評估。

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 H2-P-074 Hydrology 地下水與傳輸

## 利用氫氧同位素估算馬槽溪流域地下水平均滯留時間以及其意義

陳奕伶<sup>1</sup>、郭欽慧<sup>1</sup> (1)中國文化大學地質學系

估算與建立區域地下水平均滯留時間,是瞭解區域水化學與地下水補注的關 鍵,但過去相關研究較少,尤其是山區更少。因此,本研究嘗試利用 201208-201408 期間,3 口位於大屯火山群馬槽溪流域中監測井(TB-MW26、TB-MW29、TB-MW30)之地下水穩定氫氧同位素,分別估算各井之地下水平均滯留時間,藉此 研判區分流域地下水補注來源與機制。結果顯示三口井的 D-excess 值相近,落在 20~22 之間,顯示主要補注來自於同一來源同一時段;而地下水平均滯留時間分 別為 27、57、73 天,代表本區域平均滯留時間都相對短暫,意味著補注相當快 速。另外,由穩定氫氧同位素值擬合曲線之週期及振幅變化,發現 TB-MW29 與 小油坑雨水擬和度高,顯示本水井主要補注來源為天水;而 TB-MW26、TB-MW30 的穩定氫氧同位素值擬合曲線之週期及振幅變化與小油坑雨水相似度降低,顯示 TB-MW26、TB-MW30除了天水的補注之外,另有其他補注來源或機制參與其中。 經比對空間關係,顯示 TB-MW26、TB-MW30 是位於馬槽溪南岸而 TB-MW29 位 於北岸。透過地下水平均滯留時間發現本研究流域中地下水的天水來源雖然相同, 但是卻有不同的補注機制,並且根據地下水平均滯留時間可以界定出地下水流上 下游的關係。預計進一步結合水化學資料,根據主要離子組成和離子濃度變化的 異同,建構完整區域水文地質。

中文關鍵字: 地下水、穩定同位素、平均滯留時間

## 以界面活性劑處理受石油碳氫化合物污染土壤:

#### 吸附及傳輸效應評估

周心怡<sup>1</sup>、李信佳<sup>2</sup>、何詠詩<sup>1</sup>、許藝騰<sup>2</sup>、高志明<sup>1</sup> (1)中山大學環境工程研究所、(2)和協環保科技股份有限公司

油品洩漏為國內外土壤及地下水污染的主要原因之一,而國內屬於油品污染 的場址亦有增多之趨勢。當發生油品洩漏時,石油碳氫化合物會經由土壤逐漸滲 入到含水層並且形成非水相溶液,並緩慢溶解至地下水中,造成整治困難。界面 活性劑淋洗法因其整治效率與經濟效益較高,是常用的現地修復技術,對於土壤 中石油碳氫化合物的去除有較好的處理效果。界面活性劑能降低油水界面張力, 增加碳氫化合物的溶解性,進而增加石油碳氫化合物的去除效果。本實驗針對十 二烷基硫酸鈉(Sodium dodecyl sulfate, SDS),烷基苯磺酸鹽(Linear Alkylbenzene Sulfonate, LAS), 脂肪酸甲酯磺酸鈉 (Methyl Ester Sulfonates, MES)及生物可分 解型的 SP25 四種界面活性劑在土壤中的吸附及傳輸效應進行試驗及評估。若界 面活性劑在土壤中吸附消耗較低,則其在現地整治中傳輸範圍較大,但亦可造成 溶出之污染物通過優勢逕流導致非預期的傳輸,故選擇合適的界面活性劑進行現 地整治必須事先審慎評估。SDS, LAS 及 MES 屬於陰離子型的界面活性劑, SP25 屬於非離子型界面活性劑,其對脂類親和性較佳。本研究選用之四種界面活性劑, SDS, LAS 已有許多文獻及市售產品標章可證明生物分解性大於 95%, MES, SP25 主成分均為天然植物提取且經測試生物分解性可大於 98%,具有更高的生 物降解性,選用上述界面活性劑可避免在整治期間對環境造成二次污染,達到環 境友善的整治目標。研究結果顯示,界面活性劑注入後表面張力由 72 降至約 36 mN/m,此時 SDS,LAS,MES 及 SP25 所需濃度分別為 0.08%、0.2%、4%及 0.025%。本研究選用 3%界面活性劑進行管柱淋洗與吸附實驗,管柱試驗乾土壤 重量為 580 g, 土壤孔隙體積 (pore volume, PV) 為 250 mL, SDS, LAS 及 MES 出流水 2 PV 時的表面張力已達到原界面活性劑的表面張力,顯示藥劑已經貫穿 土壤。由於 SP25 是非離子型,在土壤中的吸附消耗量較大,因此 SP25 在 6 PV 才達到貫穿結果,顯示非離子型界面活性劑與有機污染物有較強的親和力。石油 碳氫化合物在環境中屬於非極性物質,因此石油碳氫化合物對非離子型 SP25 親 和力高於其他三種陰離子型界面活性劑。測試結果顯示,SP25 能更有效率達到 使石油碳氫化合物由土壤中脫附和溶出的目標,SP25 之吸附特性也使藥劑於現 地灌注上較不會透過優勢逕流導致非預期的傳輸,可準確灌注於計算好之孔隙體 積中,生物分解性之測試結果仍以 SP25 最佳,故綜合評估結果, SP25 應較適合 使用於現地整治。

中文關鍵字:石油碳氫化合物、界面活性劑、吸附、土壤污染

## 萬丹鯉魚泥火山區域重力加密測量結果

薛雅駿<sup>1</sup>、李紘慶<sup>1</sup>、張晟文<sup>1</sup>、薛立晨<sup>1</sup>、羅佑中<sup>2</sup>、鄭凱謙<sup>1</sup> (1)中正大學地球與環境科學系、(2)中央大學地球科學系

臺灣西南部因特殊的地質條件,形成許多泥貫入體與泥火山,其中位處屏東萬丹的鯉魚山泥火山有長期的間歇性噴發特性,噴發紀錄最早可回溯到1772年。除了少數幾年外,自2015年開始幾乎每年都至少有一次的噴發。目前我們還不太了解泥貫入體與泥火山的活動方式與機制,因此我們設立大地測量監測網,自2018年起進行固定觀測來了解地表幾何變形特性。同時進行萬丹泥火山的相對重力網加密,補強原本相對重力網點數稀疏的問題。本研究將提出2021年重力加密測量的結果與初步重力異常圖。

中文關鍵字:泥火山、重力測量、鯉魚山



## 車瓜林斷層北段調查與活動性研究

劉彦求<sup>1</sup>、顏一勤<sup>2</sup>、黃志遠<sup>1</sup>、許晉瑋<sup>1</sup> (1)經濟部中央地質調查所、(2)顏一勤應用地質技師事務所

本研究進行車瓜林斷層沿線調查與條帶地質圖測繪,以確認斷層的詳細位置、斷層帶特性與控制點等,並彙整資料討論其活動性。車瓜林斷層位於臺灣南部,為逆移斷層,呈東北走向,北起高雄市內門,向西南延伸經旗山區大廍庭山,西南端在燕巢區附近為沖積層所掩覆,在此以北斷層出露,長度約24公里,為此斷層北段;南段隱伏於沖積層以下,具長約6公里之線形崖向西南西延伸至橋頭糖廠附近尖滅。車瓜林斷層野外大多有良好露頭可以追蹤,斷層帶寬約數十公尺至百餘公尺,常見數條髮辮狀的斷層泥帶交織而成厚度更大的斷層帶。

國道 3 號田寮 3 號橋北橋台與道路等人工結構物,跨越車瓜林斷層與旗山斷層有潛移現象與結構破壞,國工局在此區進行大地監測,確認斷層兩側有明確相對位移與快速抬升。依據中央地質調查所於車瓜林斷層南段之線形崖排鑽取樣,車瓜林斷層可能於 7,500 年內有活動紀錄,而 25,000 至 10,500 年前期間,車瓜林斷層可能有多次的活動事件。依現有鑽探資料與線形崖之相關性,車瓜林斷層南段可能往西南西繼續延伸,最後何處尖滅、遭截切或隱伏於沖積平原之下,以及其活動事件等資料仍需更多調查工作確認。

中文關鍵字:車瓜林斷層、旗山斷層、龍船斷層、古亭坑層、大廊庭山透鏡 體、GPS 衛星測量

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 M5-P-078 Multidisciplinary Theme 活動造山帶之風化侵蝕與物質傳輸

## Mineralogical and chemical variability of bedload sediments in small mountainous rivers of Taiwan: Provenance versus weathering control

Pin-Ru Huang<sup>1</sup> · Kuo-Fang Huang<sup>1</sup> · Ruo-Mei Wang<sup>1</sup> · Po-Chao Wu<sup>2</sup> · Shail Vijeta Ekka<sup>3</sup> · Chorng-Shern Horng<sup>1</sup> · Kalyani Nayak<sup>4</sup> · Andrew Tien-Shun Lin<sup>5</sup>

(1)Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taiwan (2)Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taiwan, Earth System Science Program, Taiwan International Graduate Program (TIGP), Academia Sinica, College of Earth Sciences, National Central University (3)Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taiwan, Earth System Science Program, Taiwan International Graduate Program (TIGP), Academia Sinica, College of Earth Sciences, National Central University, Earth System Science Program, Taiwan International Graduate Program (TIGP), Academia Sinica, College of Earth Sciences, National Central University (4)Earth System Science Program, Taiwan International Graduate Program (TIGP), Academia Sinica, College of Earth Sciences, National Central University, Earth System Science Program, Taiwan International Graduate Program (TIGP), Academia Sinica, College of Earth Sciences, National Central University, Earth System Science Program, Taiwan International Graduate Program (TIGP), Academia Sinica, College of Earth Sciences, National Central University, Earth System Science Program, Taiwan International Graduate Program (TIGP), Academia Sinica, College of Earth Sciences, National Central University

The island of Taiwan is among the highest uplift rate and most rapidly denudating environments globally because of extensive rainfall/typhoon events and frequent earthquakes. The contrasting geological/geomorphological setting of Taiwan provides a unique and unrivaled natural laboratory to systematically evaluate the relative importance of sediment provenance and weathering process in determining mineralogical and chemical characteristics of bedload sediments. In this study, bedload sediments were collected from the four selected river catchments, including Liwu, Hsiukuluan, Beinan, and Kaoping Rivers in order to further constrain the main controls on sediment chemistry of bedload. Bulk-geochemical analyses including major elements and RRE are obtained from XRF and ICP-MS. In addition, semi-quantitative mineralogical analyses, including bulk-sediment and fine-grain clay, are carried out through random powder and oriented mounts clay slide measured by XRD. By combining all these mineralogical and geochemical constraints, we will be able to understand how provenance and weathering controls on mineralogical and chemical characteristics of bedload sediments in small mountainous rivers of Taiwan.

Keywords: weathering indices, erosion characterization, mineralogy analysis, Taiwan rivers

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 NH1-P-079 Natural Hazards 山崩與土石流災害

## 從廣域地表變形行為探討台二甲 11K 路段之崩塌機制

陳致憲 <sup>1</sup>、陳奕中 <sup>1</sup>、陳柔妃 <sup>2</sup> (1)中國文化大學地質學系、(2)臺北科技大學材料及資源工程系

台2甲串連了陽明山主要多個觀光景點,更是陽明山對外連接的主要道路, 而近年來坍方頻傳,經常造成道路交通中斷。本研究將結合時域性相關點合成孔 徑雷達干涉技術技術,並利用多期 ALOS、ALOS2 影像之地表平均變形成果產 製該崩塌區之地表長期平均形變量,配合空載光達地形特徵之判釋成果,藉以釐 清崩塌區域內潛在活動區塊之時空變形特徵,並再進一步分析在火成岩上的淺層 崩塌機制。

本研究成果顯示 TCP-InSAR 分析方法,適用於大範圍、長期緩慢運動之邊坡,能夠在光達地形定性描述邊坡特性之餘,提供定量化的地表變形成果,有助於建立廣域科技應用於山區道路養護管理。相較初期投入大量人力及時間進行現地調查,更為快速、經濟獲取定量化地表變形資料,並可以提供細部調查及工程整治作為參考依據。同時易致災路段之時序變形資料,其變形趨勢及其分區分塊特性,可整合於現有道路邊坡分級規範,透過整合於道路邊坡管理系統,有助於後續規劃修築工程以及設置災害管理值。

中文關鍵字:空載光達、合成孔徑雷達干涉技術

# 110 年地質與地球物理學術研討會 NH1-P-080 Natural Hazards 山崩與土石流災害

# 「見微知著,引以為鑒」以臺鐵猴硐崩塌事件端看區域構造與 地表作用的影響

姜佳辛<sup>1</sup>、陳奕中<sup>2</sup>、陳柔妃<sup>2</sup> (1)中國文化大學地質學系、(2)臺北科技大學材料及資源工程系

臺灣位處菲律賓板塊和歐亞板塊的交界處,受到活躍的造山運動影響,地震 活動頻發,且屬於副熱帶季風氣候,夏季降水豐沛,容易致使邊坡不穩,發生落 石、崩塌、土石流等自然災害, 危及鄰近的交通路線與設施。然而在臺灣環島鐵 路動線中,宜蘭線為連接東部幹線的重要樞鈕,沿線地勢陡峭、存在多處潛在崩 塌。交通部臺灣鐵路管理局為了加強鐵路邊坡安全管理,自 2016 年起委託聯合 大地工程顧問公司置執行邊坡全生命周期維護管理,將全台主線、支線共 5073 處邊坡分為 ABCD 四級,並建置預警管理系統。本研究以 109 年 12 月 4 日發生 在宜蘭縣瑞芳-猴硐間的坍方為例,應用日本宇宙航空研究開發機構(Japan Aerospace Exploration Agency, JAXA)發射 L 波段的 ALOS、ALOS-2 雷達衛星, 結合多時序合成孔徑雷達干涉技術(Multi-temporal InSAR, MT-InSAR),針對鐵路 軌道及其周圍環境產製長期地表變形速率,配合既有的邊坡分級產製邊坡量化。 此次崩塌位處猴硐背斜軸部,地層年代為中新世大寮層,岩性以厚層砂岩與砂頁 互層為主,數組發育良好的張裂節理,使得地表逕流容易沿著裂隙進入岩層,易 成為潛在滑動面,使不穩定的塊體沿破裂面或是土岩界面滑落。由 InSAR 初步 成果,發現在此次坍方上方存在一個古崩塌區,而鄰近褶皺軸部發育多處潛在崩 塌或舊崩塌地,需要相關單位對周邊地區持續關注。

中文關鍵字:空載光達、多時序合成孔徑雷達干涉技術、數值高程模型地形、 邊坡分級

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 NH1-P-081 Natural Hazards 山崩與土石流災害

## 應用 Sentinel-1A/B 雷達衛星資料進行地表變形研究

陳奕中<sup>1</sup>、蕭弘翊<sup>2</sup>、李若品<sup>1</sup>、吳俊龍<sup>3</sup>、鐘啟榮<sup>3</sup>、陳柔妃<sup>1</sup> (1)臺北科技大學材料及資源工程系、(2)中國文化大學地質學系、(3)行政院農委會水土保持局

全球極端氣候之下,各地崩塌、地滑及土石流等地質災害事件頻傳,如何即 時掌握各種坡地災害潛勢,進而化被動為主動,為當前防災科技上重要課題。近 年來多元多尺度衛星監測方法有效地應用於各項地表變形觀測,其中合成孔徑雷 達干涉分析技術(Interferometric Synthetic Aperture Radar, InSAR)能夠快速獲取廣 域地表變形資訊,全天候不受雲霧影響的特性,使得世界各國紛紛發射承載不同 波段的雷達衛星。有鑒於此,歐空局自 2014 年即發射 C 波段 Sentinel-1A 衛星其 再訪週期為 12 天, 2016 年 Sentinel-1B 升空後, 每 6 天即可獲取一幅雷達影像。 本研究選用雷達衛星 Sentinel-1A/B,以桃園市-復興區-T002 光華崩塌地為例,現 地監測儀器 2021 年 1 月初即發現邊坡變位速率具有顯著增加趨勢。為進一步釐 清崩塌地活動性及機制,本研究藉由多時序合成孔徑雷達干涉技術(Multi Temporal InSAR, MT-InSAR)解算該區地表長期平均變形速率及累積變形量,結 果指出光華崩塌自 2020/01/06 起,坡腹隨時間呈現逐漸下滑趨勢,2021/02/05 至 2021/02/11 期間伴隨多日累積降雨因素,坡腹加速下滑,累積變形量持續從 400 mm 增加至 700 mm, 然另藉由 2010-2014 多期數值高程模型(DEM)之崩塌量體 變化及地形反映出下邊坡之地質材料主要源於冠部岩體滑落累積於坡腹坡趾而 成,因此至2021/02/11後於降雨停止後地表未有持續性活動情形。

中文關鍵字:合成孔徑雷達干涉分析技術、Sentinel-1A/B 雷達衛星、空載數值 高程模型地形、多時序合成孔徑雷達干涉技術

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 NH1-P-082 Natural Hazards 山崩與土石流災害

#### 應用 Sentinel-1A/B 合成孔徑雷達衛星進行大位移量之地表變形研究

陳奕中<sup>1</sup>、蕭弘翊<sup>2</sup>、李若品<sup>1</sup>、吳俊龍<sup>3</sup>、鐘啟榮<sup>3</sup>、陳柔妃<sup>1</sup> (1)臺北科技大學材料及資源工程系、(2)中國文化大學地質學系、(3)行政院農委會水土保持局

全球極端氣候頻傳,發生崩塌、地滑及土石流等地質災害事件日益漸增,如何即時掌握各種坡地災害潛勢,進而化被動為主動,為當前防災科技上重要課題。近年來多元多尺度衛星監測方法有效地應用於各項地表變形觀測,其中合成孔徑雷達干涉分析技術(Interferometric Synthetic Aperture Radar, InSAR)能夠快速獲取廣域地表變形資訊,世界各國也紛紛發射不同雷達波段衛星,以期成為。有鑒於此,本研究選用 C 波段雷達衛星 Sentinel-1A/B,每 6 天即可獲取一幅全臺高時間解析度雷達影像資料。本研究區域為農委會水土保持局長期監測桃園市復興區光華崩塌地,自 2021 年初起該區定點監測發現邊坡變位速率有增加趨勢,為進一步釐清崩塌地活動性及機制,本研究藉由多時期合成孔徑雷達干涉技術(Multi Temporal InSAR, MT-InSAR)解算該區地表長期平均變形速率及累積變形量,結果指出光華崩塌自 2020/01/06 起,坡腹隨時間呈現逐漸下滑趨勢,2021/02/05 至2021/02/11 期間伴隨多日累積降雨因素,坡腹加速下滑,累積變形量持續從 400 mm 增加至 700 mm,然另藉由 2010-2014 多期數值高程模型(DEM)之崩塌量體變化及地形反映出下邊坡之地質材料主要源於冠部岩體滑落累積於坡腹坡趾而成,因此至 2021/02/11 後於降雨停止後地表未有持續性活動情形。

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 NH1-P-083 Natural Hazards 山崩與土石流災害

## 結合 Sentinel-1 衛星與角反射器於新竹縣泰崗聚落之地表變形研究

李若品<sup>1</sup>、吳俊龍<sup>2</sup>、陳奕中<sup>1</sup>、陳柔妃<sup>1</sup> (1)臺北科技大學材料及資源工程系、(2)行政院農委會水土保持局

近年來合成孔徑雷達干涉分析技術(Interferometric Synthetic Aperture Radar, InSAR),有效地運用在自然災害管理、地表變形觀測領域,本研究選用 C 波段 Sentinel-1A/B 合成孔徑雷達衛星,每 6 天即能獲取臺灣的雷達衛星影像資料,因其位處於山區、植被茂盛,因此在前期 ALOS/ALOS-2 雷達衛星 InSAR 分析之分析成果中,在邊坡上挑選 5 處相對活躍區域,建置高強度且穩定反射的角反射器 (Corner Reflector),以利於精確辨認位置並提高其同調性。同時使用空載光達數值高程模型(Airborne LiDAR derived DEM) 進行構造地形分析,搭配航空照片以及現地調查成果,評估大規模崩塌潛勢區位之活動性特徵。

本研究使用多時域合成孔徑雷達干涉技術(Multi Temporal InSAR, MT-InSAR) 地表變形分析,產製該區域廣域之地表長期平均形變量與累積形變量,其成果顯示崩塌坡面呈現整體性下滑趨勢,並於坡度較大之地區具有較大的變形量,而在下邊坡地區同時受河流側蝕影響,具有持續擴大的現象,未來可能的致災方式為坡趾受坡面侵蝕溝發育及向源侵蝕影響,持續性地表潛變將導致坡體失去支撐,影響到崩塌地上方的泰岡聚落。配合現地調查結果顯示,位於大規模崩塌冠部泰崗聚落之擋土牆已受到剪切及拉張之現象、周圍鄰近地區房舍窗戶已明顯傾斜,位於巷邊坡路旁之排水溝已呈現平行邊坡之張力裂隙,部分路段地面更呈現圓弧形破壞。

誌謝 本研究計畫承蒙 行政院農業委員會水土保持局「109 年大規模崩塌 潛勢區廣域地表觀測活動性評估」提供研究經費 謹致謝忱。

中文關鍵字:合成孔徑雷達干涉分析技術、Sentinel-1A/B 雷達衛星、角反射器、空載數值高程模型地形、多時序合成孔徑雷達干涉技術

## 110 年地質與地球物理學術研討會 NH1-P-084 Natural Hazards 山崩與土石流災害

#### InSAR 技術結合現地監測進行崩塌後續治理績效評估

蕭弘翊<sup>1</sup>、紀建宇<sup>2</sup>、楊智堯<sup>2</sup>、張嘉興<sup>2</sup>、林志交<sup>3</sup>、陳奕中<sup>4</sup>、陳柔妃<sup>4</sup> (1)中國文化大學地質學系、(2)臺灣世曦工程顧問股份有限公司、(3)中興測量有限公司、 (4)臺北科技大學材料及資源工程系

臺灣超過70%區域位於山坡地,且公路邊坡災害現象頻繁,除了位於岩體破碎的年輕造山帶外,在經年累月受到颱風及地震等自然災害侵襲之下,如何進行道路維護、確保山區公路邊坡安全,為政府相關單位所面臨之嚴峻課題。台24線三地門至霧台路段邊坡,受到2009年莫拉克風災重創後已逾10年,但每當歷經颱風降雨或地震事件時仍偶有落石、岩屑崩滑或路基下陷等災害發生。其中34.5K路段在莫拉克風災受創嚴重,而後又受2010年凡那比颱風影響,坡面及路基嚴重流失,雖然已針對此路段進行邊坡改善工程以及現地與監測,但井下儀器安裝後不久隨即發生損壞,說明此一邊坡部分地區持續活動、仍具災害復發可能,故需要進行長期觀測。

本研究利用空載光達數值高程模型(Airborne LiDAR derived DEM)針對台 24線 34.5K 崩塌區域進行道路主體、上下邊坡及周遭環境之微地形分析,結合航空照片判釋與現地調查,進行治理工程後續災害潛勢及地表變形監測等工作,藉以釐清本區後續道路維護與邊坡災害預警應注意的重點區域。本研究使用 2007-2011年 ALOS 衛星雷達 12 幅原始影像與 2014-2019年 ALOS2 衛星雷達 15 幅原始影像,配合多時域合成孔徑雷達干涉技術(Multi Temporal InSAR, MT-InSAR)進行地表變形分析,以瞭解研究區域內長期地表變形分佈特性,進行邊坡後續治理績效評估,以期達成具體量化工程整治成效。

本研究初步使用兩期(2010 年與 2017 年)空載光達高精度數值高程模型,計算出兩期地形的量體變化,並結合 MT-InSAR 產製廣域之地表長期平均形變量與累積形變量,透過現地調查及現場監測儀器比對檢核,進行道路整體安全性評估、提供工程單位整治建議參考及檢核工作,加強道路通行之安全及後續管理維護。 誌謝 本研究計畫承蒙 台灣世曦工程顧問股份有限公司「台 24 線三地門至霧台路段科技應用調查與坡地穩定評估委託技術服務工作」計畫案提供研究經費 謹致謝忱。

中文關鍵字:空載光達、多時域合成孔徑雷達干涉技術、數值高程模型地形、 變化分析

## 遙測技術監測澎湖外垵地滑之初探

曾奕銓<sup>1</sup>、呂政豪<sup>1</sup> (1)澎湖科技大學觀光休閒系

海岸地滑為全球需面臨的一個重要課題,尤其是沿海低窪地區及島嶼。澎湖 外垵村北側及西側地滑,高為50公尺,故本研究欲透過遙測技術進行地滑體的 位移偵測,以瞭解其活動性與其特徵。初步研究成果顯示,本研究從 2019 年 5 月至今,進行5次的高精度無人機航空攝影測量,三軸精度分為控制點及檢核點, 其中控制點平均精度為 X 軸(經度): 0.027 m±0.010 m、Y 軸(緯度): 0.025 m±0.009 m、Z 軸(正高): 0.032 m±0.0105 m; 檢核點平均精度為 X 軸(經度): 0.036 m±0.010 m、Y 軸(緯度): 0.042 m±0.028 m、Z 軸(正高): 0.045 m±0.020 m。本研究採用差 分數值地形模型分析(DoD),從這兩年的初步監測發現,整體地滑體變動不顯著, 指示可能為一穩定的崩塌地。但仍有局部落石發生在遊客經常活動的懸崖邊或因 海岸侵蝕古崩積物所造成的小型弧形地滑;為檢視資料正確性,本研究採用全站 儀進行現場點位測量,發現懸崖邊呈現微量下陷,兩者資料皆為吻合,顯示使用 技術可信度高。後續本研究將持續收集更多期的遙測影像,運用光學影像配準與 關連技術 (COSI-Corr) 與進行 DInSAR 多時距(長期、短期)的地表位移偵測,利 用上述技術配合影像來源,可延長監測時間,找尋出其活躍區、穩定區,未來可 作為開方觀光及防治的一項依據。此外,也將結合現地測量與蒐集相關環境資料, 以了解地滑體的活動特徵與影響因素。

中文關鍵字:澎湖、海岸地滑、無人飛行載具、光學影像配準與關連技術

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 NH1-P-086 Natural Hazards 山崩與土石流災害

## 降雨山崩即時系統之修訂

簡留玄<sup>1</sup>、黄春銘<sup>1</sup>、李璟芳<sup>1</sup>、朱偉嘉<sup>2</sup>、林錫宏<sup>2</sup>、紀宗吉<sup>2</sup> (1)中興工程顧問社、(2)經濟部中央地質調查所

本研究精簡經濟部中央地質調查所「降雨引致山崩潛勢評估模式精進與圖資更新」計畫建置之「降雨誘發山崩預警資訊系統」,將斜坡單元警戒化整為 4 個不同尺度(斜坡單元、村里、鄉鎮及縣市),並更名為「降雨山崩即時系統」(RiLRS),以供各單位防災整備參考。

本研究擬將台灣中部高山區納入「降雨山崩即時系統」之警戒範圍,因此,針對高山區之山崩災例及斜坡單元山崩潛勢進行增補。山崩災例部分,台灣中部高山區人跡罕至且交通不便,本研究將盡可能蒐集山區道路沿線及有人居住的聚落附近之崩塌地資訊;斜坡單元山崩潛勢部分,需將高山區斜坡單元山崩潛勢補足,本研究將使用經濟部中央地質調查所「山崩與地滑地質敏感區進階劃定資料增建」計畫產製之全臺斜坡單元,重新調整北、中、南、東等 4 區之斜坡單元山崩潛勢。

本研究以既有現地調查資料及前述新增之山崩災例,針對北中南東4個分區不同潛勢等級的雨量門檻值重新修訂,修訂後之雨量門檻值將回饋至降雨山崩即時系統,於梅雨、汛期等易致災季節應證門檻值之正確性,以利後續滾動更新,達到防災目的。

中文關鍵字:山崩、山崩潛感、雨量門檻值

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 NH1-P-087 Natural Hazards 山崩與土石流災害

## 莫拉克颱風後高屏溪流域崩塌地多時序變異性分析

李品毅<sup>1</sup>、林慶偉<sup>1</sup>、巫光軒<sup>1</sup>、劉守恆<sup>1</sup> (1)成功大學地球科學系

近二十餘年,台灣遭逢許多重大土砂災害之侵襲,邊坡崩塌的消息時有所聞, 且降雨引發的崩塌一再發生,可能與極端降雨事件效應有關。故本研究選定 2009 年莫拉克颱風作為極端降雨事件,以探討極端強降雨的效應對於其後續降雨事件 引發之崩塌的影響與影響時長,且 2009 年莫拉克颱風雨量多集中於台灣南部地區,所以本研究以高屏溪流域作為分析區域。

本研究選定高屏溪流域計約 3,320 方公里為分析區域,利用自 2008 年起至 2019 年間 20 幅之 SPOT 衛星影像,結合數值地形,以人工判釋圈繪崩塌地,影像判釋結果持續追蹤崩塌地發生的位置及其演育趨勢,並與 2009 年莫拉克風災至 2019 年之間,雨量事件累積雨量達到 500 mm 的雨量資料與崩塌判釋結果進行迴歸關聯性分析,以了解高屏溪流域崩塌地歷經莫拉克風災極端降雨事件後的崩塌發育時序變化與分布特性。本研究工作項目及分析之重點包括:(1)崩塌目錄建置;(2)坡面單元崩塌率變異歷程分析:新生、擴大或復育;(3)雨量與崩塌關係分析。

分析結果顯示各區域新生崩塌率、舊有崩塌擴大率及新增崩塌率與有效降雨雨場之累積雨量、降雨延時及最大降雨強度之迴歸關聯性分析,各崩塌類型有將近3年期間受到莫拉克颱風影響使崩塌資料與雨量相關性較低,故莫拉克效應影響期間為2009年~2012年,共計3年。因此將莫拉克颱風效應影響後(2013年~2019年)之舊有崩塌擴大率與累積雨量及最大降雨強度進行迴歸關聯性分析。結果顯示莫拉克颱風效應影響後之舊有崩塌擴大率與累積雨量及最大降雨強度之迴歸關聯性具有正相關之趨勢。

中文關鍵字:莫拉克颱風、高屏溪流域、極端降雨、崩塌、變異分析

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 NH1-P-088 Natural Hazards 一般地質災害

## 應用 Sentinel-1 衛星資料瞭解 2020 日本九州水災

王聖東<sup>1</sup>、吳善薇<sup>1</sup> (1)中國文化大學地質學系

全球暖化和極端氣候的影響下,短時強降雨、滯留梅雨鋒面和颱風事件日益 增加,導致區域性旱澇異常,以日本為例,較常見的是水災,研究水災有多種方 法,以現地調查和空拍調查為主,而本研究則應用 Sentinel-1 衛星調查。Sentinel-1 為歐洲太空總署哥白尼計畫下之首任務,分別由 1A 和 1B 所組成, C 波段成 像,重複觀測週期為6天,不受日夜和天氣影響,資料密度和 Sentinel-1 前瞻式 合成孔徑雷達技術-Terrain Observation with Progressive Scans SAR (TOPSAR)可以 满足研究水災所需,另外,Sentinel-1 的產品有多種格式,本次所使用的為 Level 1 GRD 影像,並運用 ArcGIS 和 SNAP 軟體,前者為較廣為人知的地理資訊系統 的商業軟體,後者為歐洲太空總署所提供的影像分析軟體,在進行 ArcGIS 分析 之前衛星影像要先在 LINUX 系統下執行輻射地形校正的工作,校正後的影像才 可以進行下一步的分析;在進行 SNAP 分析時校正工作相對 ArcGIS 簡單,因為 在 SNAP 裡有內建輻射地形校正的功能,能直接進行分析,最後比較結果,以 2020 日本九州水災為例,經過初步分析,農地有明顯淹水的情況,可能導致當季 農作物歉收,並呼籲政府作相對應的改善或規劃,避免重蹈覆轍。本研究利用兩 筆相同觀測時間及地點的衛星資料,分別使用 ArcGIS 及 SNAP 分析後並與當地 的災情報導進行比較,瞭解何種方法分析是最接近真實淹水狀況,提供給之後研 究水災的人作為參考。

中文關鍵字:Sentinel-1 衛星影像、水災、日本九州

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 NH1-P-089 Natural Hazards 山崩與土石流災害

## 廣域大規模崩塌潛勢區之活動性評估與滑動面反演

簡呈展<sup>1</sup>、吳俊龍<sup>2</sup>、郭志禹<sup>3</sup>、陳奕中<sup>1</sup>、陳柔妃<sup>1</sup> (1)臺北科技大學材料及資源工程系、(2)行政院農委會水土保持局、(3)中央研究院應用力學中心

本研究使用合成孔徑雷達干涉技術(Interferometric Synthetic Aperture Radar, InSAR),應用 2007-2011 年 ALOS 雷達衛星觀測資料,計算全台 190 處大規模崩塌潛勢區之廣域地表變形資訊。由於 InSAR 技術所獲得為相對於雷達觀測方向(Line of sight, LOS)的變形量,與一般傳統測量所獲得的地面資料不同,而全台為數眾多大規模崩塌潛勢區之地表資料複雜、不易解釋。本計畫以 ALOS 衛星升軌運行方位(Ascending orbit)之方位角為 350 度為界,考量衛星觀測幾何所造成的誤差,190 處大規模崩塌潛勢區內有 113 個邊坡坡向朝東,而 77 個邊坡坡向朝西,在進行大規模崩塌活動性評估時,將其不同坡向之地表變形量轉換到坡面運動位移,有助於進行活動性計算與排序。

本研究提出大規模崩塌潛勢區位之活動性指標(Landslide Active Index)進行崩塌活動性計算,分別為「崩塌面積活動性指標」,其物理意義為單位面積之平均下降值,以及「觀測點活動性指標」,其物理意義為單位觀測點下降量。依據風險矩陣的概念,經整合排序之後全台 190 處中計有 36 處高活動性,佔 19%。 其次,指活動性中者,共計 37 處,佔 19%。低活動性共計有 117 處,佔 62%。

本研究利用 InSAR 地表變形資料,進行南投縣-仁愛鄉-D066 大規模崩塌潛勢區之滑動面反演。首先應用最小平滑曲面模式進行破壞面推估,可得最大深度約為 69 公尺,崩塌區平均深度約為 30 公尺,最大深度位置約與崩塌體重心位置重合,推估崩塌滑動面平均坡度約為 29.2 度。同時應用彈性錯位模式,獲得最大深度約為 37 公尺,對比二種不同反演模式所推估之破壞面深度相差 7 公尺。

中文關鍵字:合成孔徑雷達干涉技術、ALOS 雷達衛星影像、活動性指標、滑動面反演分析

# 110 年地質與地球物理學術研討會 NH1-P-090 Natural Hazards 山崩與土石流災害

## 整合地表與地中資料建立光華崩塌地之工程地質力學模式

林于超<sup>1</sup>、李忠勳<sup>1</sup>、林承翰<sup>1</sup>、林銘郎<sup>1</sup> (1)臺灣大學土木工程學系

光華崩塌地位於桃園市復興區 T002 大規模崩塌範圍內,自 2018 年起持續有變形徵兆,並已規劃完成兩階段的整治工程,以減少地表水入滲與排出坡體內之地下水。然而從今年一月底起,該邊坡之活動性突然劇增,相關權責單位也在1月30日成立了災害應變小組,除了加強對此地區之監測工作,同時也封閉光華農路與堆置貨櫃於光華道路,提前預防崩塌發生可能之危害。

過去針對光華崩塌地之破壞模式已有前期調查報告,但較少有針對地中原始資料之深入探討。目前由於邊坡活動性旺盛,地中監測儀器難以維持,故相關部門改採取地表監測為主。因此,本研究擬整合現有的地表與地中資料,藉由遙測影像資料瞭解崩塌範圍以及不同時期的地貌變遷;搜集多期地形資料瞭解大尺度的地形特徵(如蝕溝、水系或節理),輔以近期高精度地表測繪資料建構可靠的變形位移剖面;地質資料方面,將透過野外調查區域之地層位態與節理分布,釐清近期地表地貌之變形徵兆,並藉由 2018 年與 2019 年鑽探取得之岩心,重新進行岩心判釋與岩體評分,以評估該邊坡之工程地質參數。

透過野外調查與地表地中監測資料,本研究最終將建立光華崩塌地之三維工程地質力學模式,並據此提出一合理的破壞機制。此三維工程地質力學模式將可於未來應用在建立數值分析模型,進行邊坡穩定分析或運移堆積分析,以求探討監測儀器佈設與整治工法設計之有效性。

中文關鍵字:岩石邊坡、光華崩塌地、地表地中資料、野外調查、三維工程地質力學模式

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 NH1-P-091 Natural Hazards 山崩與土石流災害

#### 臺 20 線 142K+500~144K 路段多期光達高精度數值地形分析應用

王貽德<sup>1</sup>、何岱杰<sup>2</sup>、許書凱<sup>3</sup>、黃貞凱<sup>3</sup>、林志交<sup>4</sup>、林慶偉<sup>1</sup> (1)成功大學地球科學系、(2)臺灣電力股份有限公司、(3)黎明工程顧問股份有限公司、 (4)中興測量有限公司

拉克風災重創臺 20 線南橫公路,過去 10 年公路總局第三養護工程處持續不斷進行道路災修及重建工程,但仍有部分路段強降雨後持續破壞,甚至擴大破壞規模。且臺 20 線南橫公路在海拔 1,000 公尺以上路段邊坡陡峭,人力不易抵達,無法以人力巡檢或調查道路邊坡狀況。

為此本計畫在臺 20 線南橫公路 142K+500~144K 利用光達高精度數值地形分析潛在大規模崩塌及邊坡微地形特徵並配合現場調查檢核微地形特徵;以 2011 年與 2019 年光達高精度數值地形之變化分析地表地形變化、可能滑動面深度與潛在崩塌土方量。

計畫成果顯示在臺 20 線南橫公路 142K+500~144K 路段多重山脊、張力裂隙、坡腹隆起與趾部侵蝕等潛在大規模崩塌微地形構造明顯;現場調查發現重力變形與右移斷層特徵;透過以 2011 年與 2019 年光達高精度數值地形之變化分析顯示潛在大規模崩塌可能滑動深度約 55 公尺,涵蓋道路里程 143K~144K,該區域在 2011 至 2019 年間坡趾水平退縮約 16 公尺,潛在崩塌活動面積約 70 公頃,潛在崩塌土方量約 38,500,000 立方公尺。

中文關鍵字:高精度數值地形、多期高精度數值地形分析、潛在大規模崩塌

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 NH1-P-092 Natural Hazards 山崩與土石流災害

## 台灣東北部地區潛在大規模崩塌精進判釋暨補充調查

陳佳芬<sup>1</sup>、巫光軒<sup>2</sup>、羅百喬<sup>3</sup>、林慶偉<sup>4</sup>、秦德<sup>1</sup>、謝有忠<sup>5</sup>

(1)聯合大地工程顧問公司、(2)財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會、

(3)臺北科技大學資源工程所、(4)成功大學地球科學系、(5)經濟部中央地質調查所

本計畫名稱為「潛在大規模崩塌精進判釋暨補充調查」,利用空載雷射掃瞄 (Light Detection And Ranging, LiDAR)產製之高精度數值高程模型 (Digital Elevation Model, DEM),與同步拍攝之正射影像,進行精進判釋及現地調查,自 106至110年以分年分區方式完成相關判釋、調查、分析與評估等工作成果。工作項目為(1)既有區域面積10公頃以上潛在大規模崩塌之精進判釋、(2)既有區域面積2公頃以上至10公頃以下潛在中等規模崩塌之補充判釋及現地調查、(3)新增區域坡地聚落潛在大規模及中等規模崩塌判釋及現地調查、(4)新增重點區域的地質敏感特性評估。完成工作成果資料可提送相關防減災的權責機關,做為各單位進行規劃工程治理、監測預警、土地管理與居民遷移等相關作為之參考。

本年度(109年)為第四年工作,完成圖幅數量為 121 幅比例尺 1/5,000 精進圖幅與 50 幅比例尺 1/5,000 新增圖幅,潛在大規模崩塌精進判釋結果總計為 273處,其中 176處為前計畫判釋成果,97處為本計畫判釋成果,在 273處潛在大規模崩塌之中,有 88處可能影響 34處聚落住戶安全;潛在中等規模崩塌精進判釋結果總計為 436處,有 54處可能影響 12處聚落住戶安全。

於完成 50 幅新增圖幅重點區域的地質敏感特性評估,對於環境地質敏感因子資料進行檢查判釋,其結果為山崩 761 處,土石流 136 處,順向坡 1122 處,河岸侵蝕 55 處,向源侵蝕 121 處,潛在大規模崩塌 31 處與潛在中等規模崩塌 111 處。另完成 115 處聚落安全評估,其結果為 28 處聚落評估為安全,86 處聚落評估為有條件安全,僅 1 處聚落評估為不安全。

本研究感謝經濟部中央地質調查所「結合大規模崩塌地質防災資訊服務計畫」支持。

中文關鍵字:空載雷射掃瞄、數值高程模型、潛在大規模崩塌

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 NH2-P-093 Natural Hazards 地震災害

## Mapping seismicity in Albania from various catalogs

Edlira Xhafaj<sup>1</sup> · Chung-Han Chan<sup>1</sup> · Kuo-Fong Ma<sup>2</sup>

(1)Taiwan International Graduate Program (TIGP)–Earth System Science Program, Academia Sinica and National Central University, Taiwan, Earthquake-Disaster & Risk Evaluation and Management (E-DREaM) Center, National Central University, Taiwan \( (2)\)Taiwan International Graduate Program (TIGP)–Earth System Science Program, Academia Sinica and National Central University, Taiwan, Earthquake-Disaster & Risk Evaluation and Management (E-DREaM) Center, National Central University, Taiwan, Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taiwan

Earthquake catalogs are a key component in seismic hazard assessment. Given the long continuity of history in Europe, compiling a catalog involves combining several sources from different periods. This task is particularly of importance for seismically active regions like Albania, which is among the most affected by severe earthquakes, part of the Alpine-Mediterranean seismic belt. Located in Southern Europe, where the Eurasian plate connects to with tectonic setting of the Aegean subduction zone, which extends along the Albanian coast into the complex subduction of the Adriatic Plate to the North. Seismicity is among the highest in Albania, and despite its short extend of only 360 km North-South and 150 km East-West, accounts for 7.2% of the overall seismic energy released in Europe, an earthquake with  $M \ge 6.5$  occurs every year. To map the seismicity recorded in the past two millenniums, earthquake parameters from several catalog sources are combined to illustrate seismic activity in Albania. In this study, we consider the catalogs from the Institute of GeoSciences in Albania (IGJEUM), Seismic HAzard haRmonization in Europe (SHARE), Euro-Mediterranean Seismological Center (EMSC), and International Seismological Centre Bulletin (ISC). For magnitude harmonization, we convert all other magnitude scales into moment magnitude based on regression relationships suitable for the study region. Based on a time series of the seismicity, the magnitude of completeness for various observation periods could be determined. Considering the assumption of the Poissonian model for temporal distribution of seismicity, we remove foreshocks and aftershocks using declustering approaches. We identify several area sources based on the tectonic setting and propose a seismic model for each area using the Gutenberg-Richter law based on the earthquake parameters from the declustered catalog. Such seismic model could provide crucial parameters for subsequent probabilistic seismic hazard assessment.

Keywords: earthquake catalog, declustering, seismic hazard, magnitude of completeness, area source

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 NH2-P-094 Natural Hazards 地震災害

## 臺灣北部地震帶判識、構造特性分析與其防災之應用

楊清淵<sup>1</sup>、柯明淳<sup>1</sup>、陳文山<sup>2</sup>、洪嘉佳<sup>2</sup>、柯孝勳<sup>1</sup> (1)國家災害防救科技中心、(2)臺灣大學地質科學系

透過長時間的地震觀測、槽溝鑽井工作與古地震的分析,地球科學家了解到 地震震源破裂位置具有一定的重複性,如何有效掌握發震構造特性將有助於研判 地震災情分布與餘震可能發生地區,進而提升災害搶救之效能,一直為地震防災 的工作重點。在科技部經費支持下,國家災害防救科技中心與臺灣大學、成功大 學將臺灣本島內被視為誘發大規模地震的 33 條活動斷層,逐步完成其地下構造 面的向量化資料建置,但由於地震發生區域多在構造資料缺乏之地下深部位置, 故本研究嘗試以建置「地震帶」之方式,補足構造資料之不足。

本研究整合前人已發表的地下速度構造、地震分布與震源機制解資料,將濁水溪以北之區域繪製 15 條東西向地質剖面,同時透過 GOCAD Mira Geoscience 軟體,逐步比對並繪製臺灣北部地震帶之分布位置。根據現階段研究成果顯示,臺灣北部 6 個地質構造分區共存在 13 個潛在的地震帶,目前各地震帶除已完成構造特性分析與過去引發的地震事件說明外,當各次地震事件發生之時相關地震資訊也將再作為地震帶範圍之修正,於未來整合地震災害情境評估後,協助災害重點區域劃定與防災規劃。

中文關鍵字:活動斷層、地震帶、地震防災

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 NH2-P-095 Natural Hazards 地震災害

## 斷層地下面解資料應用於地震災損評估之合理性

柯明淳<sup>1</sup>、楊清淵<sup>1</sup>、黃明偉<sup>1</sup>、吳佩庭<sup>2</sup>、方星尹<sup>1</sup>、楊耿明<sup>2</sup> (1)國家災害防救科技中心、(2)成功大學地球科學系

如何針對地震情境模擬設定一個合理的地震規模協助地區進行地震災害防救計畫之施作,常為地震減災工作者探討的重點,而目前常用之地震規模之設定主要為依照地形判釋、野外地質調查、地物探勘之結果所劃定的斷層長度或依斷層傾角、平衡剖面假設斷層的斷層面大小,透過經驗公式換算為地震規模後於地震情境模擬之使用。為增加地震災害的防災能量,在科技部防災學門的支持下,國家災害防救科技中心、台灣大學與成功大學逐步建立含中央地質調查所公告之33條活動斷層、16條學理上符合活動斷層定義之斷層以及東部與南部海域之地下地質向量化資料,並定期依調查或探測資料成果之增加再進行修正。

為有效使用構造的地下向量化資料,今年度團隊嘗試將建構新竹斷層與新城斷層的向量化地下面解資料轉化後,新竹斷層與新城斷層之地震規模皆約為ML6.4,小於現今常用之ML6.8,故配合斷層面長寬、走向以及傾角等資料,並透過國家災害防救科技中心的地震衝擊資訊平台(Taiwan Earthquake Impact Research and Information Application Platform, 簡稱 TERIA) 針對兩條斷層的地震情境進行模擬,未來除提供災害管理者新的地震情境,也嘗試比對不同斷層參數所產生之地震情境結果,討論目前所建構之地下地質向量化資料對於地震防災應用之合宜性與合理性。

中文關鍵字:活動斷層、地震情境、地震規模

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 NH2-P-096 Natural Hazards 地震災害

## 住宿式長照服務機構地震災害風險評估 - 以嘉義市為例

劉淑燕<sup>1</sup>、劉怡君<sup>1</sup>、謝蕙如<sup>1</sup> (1)國家災害防救科技中心

臺灣位於環太平洋地震帶上,由於板塊交界處的聚合活動,飽受地震的威脅,如 1999 年九二一大地震、2016 年美濃地震導致數以百計甚至數以萬計的人員傷亡,對社會經濟造成重大衝擊。加上人口過度集中及城市化快速發展,在現今的環境條件下,若發生大規模地震災害,其造成的損失規模與社會衝擊較以往更加擴大嚴重。

臺灣已於 1993 年成為高齡化社會,根據內政通報統計,從我國歷年人口結構觀察,高齡者 (65 歲以上) 比例逐年上升,2019 年底已占總人口數 15.28%,面對高齡化與少子化的衝擊,臺灣對於老人照護的需求日漸增加。由於生理狀況的差異性與不同的移動能力,當災害發生時,高齡者相對屬於避難弱勢族群。而地震的來臨難以預測,從得知地震發生到震波傳遞往往只有數分鐘甚至十數秒的應變時間,因此,如何協助高齡者在震災來臨時能安全避難已是間不容緩的課題。本研究擬以住宿式長照服務機構為研究對象,探討在最大可能地震發生的極端情境下,易致災地區的機構之建築結構、空間分布與災害的關係,以利相關單位制訂防災政策與應變業務計畫之參考。

中文關鍵字:高齡者、住宿式長照服務機構、地震災害、風險評估

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 NH2-P-097 Natural Hazards 地震災害

# A study of the landscape transition along the surface ruptures of the 1999 Chi-Chi earthquake and Chelungpu Fault over the past 20 years in central Taiwan

Jin-wei Hsu<sup>1</sup> · Yen-Chiu Liu<sup>1</sup> · Chih-Yuan Huang<sup>1</sup> · Shih-Ting Lu<sup>1</sup> · Po-Tsun Chen<sup>1</sup> · Yen-Hui Lin<sup>1</sup>

(1)Central Geological Survey, MOEA, Taiwan

The Chi-Chi earthquake occurred on September 21, 1999 was the largest earthquake of the century in Taiwan (M<sub>L</sub>=7.3). The strong ground motion attacked and induced building damages and over 2,300 fatalities. The thrust of Chelungpu Fault also induced about 100 km long of the surface ruptures and remarkable co-seismic displacement in Central Taiwan. The geologist of Central Geological Survey (CGS) recorded and defined the surface ruptures, fault traces and co-seismic deformations after the earthquake immediately. A survey report included more than 240 sites of outcrops and surveying data were published in November, 1999. After 20 years that the Chi-Chi earthquake had occurred, most of the observational sites of Chelungpu Fault recorded in the survey report mentioned above and some associate vestiges were surveyed again in this study. Compared the images taken right after the earthquake and recorded in 2019, the environment near fault were different apparently caused by artificial activities such as excavations or constructions. Only a few of building or structures retained the damaged states. The co-seismic uplift and the fault scarps still can be recognized in the field. However, the slopes of scarps were gentler at most of sites expect the sites with retaining wall constructions. In fact, the rupture traces of Chelungpu Fault have disappeared soon because of the natural erosion or artificial activities and hard to define today. The importance of the immediate records after earthquake was manifested through the comparing of images in the present and the past. Taiwan is a seismicallyactive island and hard to avoid the earthquake because we located on the boundary of plates and fire ring. Even though the earthquake can't be forecast so far, hope the image records in this study can remind the people that the disaster of large earthquake, and the researches of active faults can provide useful information for disaster prevention and reduction are what we expect.

Keywords: 1999 Chi-Chi earthquake, Chelungpu Fault, fault scarp, surface ruptures, central Taiwan

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 NH3-P-098 Natural Hazards 一般地質災害

## 應用 InSAR 技術於海岸地表環境變形觀測

陳宜祥<sup>1</sup>、區雪儀<sup>2</sup>、蕭弘翊<sup>1</sup>、陳致憲<sup>1</sup>、姜佳辛<sup>1</sup>、曾美云<sup>1</sup>、 陳奕中<sup>3</sup>、陳柔妃<sup>3</sup>

(1)中國文化大學地質學系、(2)成功大學地球科學系、(3)臺北科技大學材料及資源工程學系

隨著空間資訊的發展,雷達衛星具備全天時、大範圍及高解析度對地觀測的 能力,已被廣泛應用於火山、地震、山崩及地層下陷等,此一技術在工程基礎設 施以及結構物監測等方面同樣極具發展潛力。合成孔徑雷達干涉測量技術通過分 析處理雷達獲取的微波相位資料,可獲取高精度大面積地表變形資訊,本研究透 過不同監測技術之整合,評估空間與時間尺度下之最佳監測方法或組合,同時加 強多元多尺度時空監測資料之整合分析與運用。本研究使用歐洲太空總署 Sentinel-1A 上升軌自 2020 年拍攝期程內之雷達影像資料,研究區域鄰近蘆竹海 岸為主,影像時間從 2020/06/04 至 2020/11/19 為止,共計 15 幅原始影像。透過 雷達影像干涉圖,可以發現研究區域干涉同調性受到海沙運移、植被覆蓋等影響, 初步成果平均單位點密度為 2188 點/平方公里。蔥集頻率為每 12 天為一期,衛 星影像圖資蒐集共 15 期。本研究成果顯示 2020/06/04 以來蘆竹地區以蘆竹 5 及 1 號站累積地表變形速率達 20 mm 最為顯著;大園地區以觀園 1 號站累積地表 變形速率達 30 mm 最為顯著;觀音地區以觀園 17 號站累積地表變形速率達 20 mm 最為顯著。為了釐清連接各風機間的線路以及維修道路,本研究依據各影像 對地表變形資訊,。以蘆竹地區為例,繪製研究區時序地表變形剖面剖面在蘆竹 5 及 7 號站累積地表變異量達 30 mm。MT-InSAR 分析方法,適用於大範圍、長 期緩慢運動之地區,提供定量化的地表變形成果,瞭解未來海岸變化,以及時因 應採取保護措施。

中文關鍵字:多時域合成孔徑雷達干涉技術

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 NH3-P-099 Natural Hazards 一般地質災害

## 竹林地區潛在大規模崩塌「高雄市-六龜區-D009」災害調查初探

許錕安<sup>1</sup>、賴文基<sup>1</sup>、蔡正修<sup>2</sup>、劉文賢<sup>2</sup> (1)成功大學防災研究中心、(2)行政院農委會水土保持局

本研究針高雄市-六龜區-D009(竹林地區)潛在大規模崩塌,進行地質鑽探、地球物理探測、地下水文及地中變形觀測,透過地下探測搭配地表地質調查,將針對大規模崩塌變動機制及活動性進行探討,作為後續集水區大規模土砂災害風險分析及調適策略研擬之依據。

地質鑽探調查與分析,合計 3 處鑽孔共 150 公尺。鑽探過程詳實紀錄水位變化,進行地下水文分層。BW2 孔岩芯判釋,由上而下大致可分為岩屑層(0~2.35公尺)及岩盤(20.0~34.5公尺),其間為風化或破裂較嚴重之岩盤,33~40.0公尺存在明顯剪裂及碎裂泥質,疑似本處滑動面。地電阻探測,分別為通過 BW1 及BW3 的 L-1 横剖面(450公尺);通過 BW1 及 BW2 的 L-2 縱剖面(250公尺),深度均大於 50公尺。從地層電性上,較明顯可區分成(1)岩屑層、(2) 風化岩層及(3)岩層等三種地電阻分層。

針對高雄市-六龜區-D009 大規模崩塌區,根據 109 年7月至11月份傾斜管 與地下水監測資料。本高雄市-六龜區-D009 大規模崩塌區三處監測井位,由於監 測期尚短,加上缺乏重大降雨事件,故均欠缺明顯滑動特徵,且從地質鑽探岩芯 判釋之滑動面較深(地下 36~47 公尺),地下水位除 BW2 井位有常態地下水位, 其餘地下水位接近孔底,僅有降雨期間有明顯水位。

109 年坡面調查監測成果地表與地下皆無明顯位移,僅探測到 BW-2 具可能 滑動面及其於豪雨期間地下水位有異常升高趨勢,110 年將擴大地表地質調查, 以及相關監測設備持紀錄維運,待後續事件考驗後作進一步解析。

中文關鍵字:災害調查、潛在大規模崩塌、竹林地區

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 NH3-P-100 Natural Hazards 一般地質災害

## 臺北盆地下陷的成因探討-岩漿庫底部掏空或單純的斷層陷落盆地

陳彦禎1

(1)臺灣海洋大學球科學研究所

臺北盆地下陷的研究過去普遍認為與沖繩海槽的弧後張裂有關,並且從大的地體構造模型來解釋斷層作用造成盆地下陷。但由於盆地下方僅有沉積物鑽井岩心,缺發更深部的岩盤岩心資料,目前也缺乏高解析度的重力異常資料,無法得知過去盆地下方是否存在著岩漿庫的可能?近20幾年來,增加了許多鑽井資料,使我們得以研究台北盆地的地下沉積物地質特徵。循著前人研究的成果,統整盆地周圍的岩心資料、火成岩分布的範圍,與使用 GIS 計算盆地下陷量體與火山噴發量體的大小,希望了解大屯火山群的火山噴出岩漿體積與地層下陷量是否可能有關。使用 GIS 劃出台北盆地構造等深圖,利用林口臺地與台北盆地的高差,計算出台北盆地下陷體積。其次套用義大利火山地質學者 Acocella 之砂箱實驗噴出體積與下陷體積關係,結合內政部 30 公尺 DEM 與台大宋聖榮教授大屯火山群地質圖,計算出大屯火山噴出岩體體積。綜合計算結果,分析台北盆地下陷體積與大屯火山岩漿噴出體積是否相關,用另一個可能的角度思考台北盆地形成的可能。另外,我們也將結合地層對比的方法,計算林口臺地與台北盆地的地層的相對陷落速率,探討盆地底部是否可能有岩漿庫掏空,或過去認為單純的構造張裂陷落之可能性。

中文關鍵字:台北盆地、大屯火山、鑽井、基盤等深圖、GIS

## 斷層傾角對斜移斷層錯動引致上覆土層變形之影響

彭昱熙<sup>1</sup>、方儒雅<sup>1</sup>、林承翰<sup>1</sup>、林銘郎<sup>1</sup> (1)臺灣大學土木工程學系

自地質法公告迄今,中央地質調查所已公告 33 條活動斷層,並依照活動斷層兩側共 300 公尺易受斷層錯動或地表破裂的範圍為準則來劃設 15 條活動斷層地質敏感區。針對正、逆斷層錯動引致上覆土層地表變形的研究,在探討不同斷層幾何與覆土層厚度(基盤位置)的影響上已有相當的成果,而針對平移斷層的研究近年來也有諸多討論。上述研究成果均指出斷層傾角為影響斷層錯動引致地表變形的重要因素之一,另有,台灣目前許多活躍的斜移斷層尚未被深入研究,如位於西南部的車瓜林斷層,近期監測資料顯示其運動是以平移為主,並帶有少許逆衝分量。儘管目前對該斷層之地表變形型態所知甚少,且車瓜林斷層於沖積平原區之傾角仍未有定論,然而為防患未來斷層持續潛變可能造成鄰近的工程結構物出現損壞、變形,實有先行一步研究之需要。

本研究設計不同傾角的斜移斷層縮尺砂箱模型,經由試驗觀察覆土層的地表線型、地貌分布、破裂跡的發展歷程與分布趨勢,再建立基於離散元素法的三維數值模型,模擬結果與砂箱試驗校核後,可由數值模擬觀察覆土層的地中變形和應變集中帶分布。斜移斷層綜合了走向與傾向滑移斷層的地表變形特徵,走向滑移分量之雷氏剪裂與傾向滑移分量之斷層崖結合,產生形貌複雜的破裂跡。初步研究結果顯示,當斜移斷層傾角改變,地表變形帶之中心線受傾向滑移分量影響產生偏態,進而改變整體變形集中帶之分布。藉由對覆土層變形行為進行定性及定量分析,本研究統整不同斷層傾角之斜移斷層其地表與地中變形特徵,有助於推測斷層破裂跡於覆土層中的發展,判斷破裂跡可能出露位置與變形帶範圍,提供近斜移斷層人工構造物災害防治之參考依據。

中文關鍵字:斜移斷層、近地表變形、砂箱試驗、離散元素法模擬

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 O-P-102 Marine Geology and Geophysics 海洋地質與地球物理

## 台灣西南外海增積岩體高屏峽谷之地形與沉積特徵

張立<sup>1</sup>、林殿順<sup>1</sup>、許樹坤<sup>1</sup> (1)中央大學地球科學系

高屏海底峽谷源頭與高屏溪出海口相連,將大量台灣從造山帶來的沉積物可直接經由高屏峽谷傳輸至馬尼拉海溝與南中國海蔘海平原。峽谷路徑穿過活躍的馬尼拉增積岩體,因此構造活動對峽谷系統的沉積作用以及峽谷路徑發育有顯著的影響。本研究使用多音束水深資料、反射震測剖面、海床底質剖面及沈積物岩心來討論高屏峽谷沿線的地形、沉積物分布以及構造活動之間的關係。

研究深資顯示高屏峽谷上游是蜿蜒的曲流狀峽谷,但峽谷兩側沒有明顯向上 堆積的「堤岸」,故將峽谷兩側以「峽谷邊緣」稱之。峽谷軸部與兩側峽谷邊緣 間的高程差(以下以「峽谷深度」稱之)約為200至500公尺,峽谷軸部平均坡度 為-1.78%,由沉積物分布可知濁流主要受限於高屏峽谷內。在高屏溪出海口附近 的峽谷源頭所採的岩心中,觀察到因陸上洪泛作用所形成的異重流沉積物。上游 峽谷的發育位置受控於泥貫入體發育的影響。高屏峽谷中游的路徑筆直,沿著北 北西-南南東走向的分歧斷層發育,峽谷深度約為 500 至 800 公尺,峽谷軸部平 均坡度為-1.52%,峽谷中游上段主要是搬運的環境,峽谷軸部有礫石堆積。峽谷 西側平台以泥質沉積為主,推測濁流主要仍受限於高屏峽谷內。高屏峽谷下游的 峽谷路徑蜿蜒,依據峽谷的路徑幾何特性與沉積特性,本研究將下游分為上部與 下部討論。下游上部在地形與震測剖面中可見此區峽谷兩側具有向上堆積的「堤 岸」特徵,且曲流狀峽谷經歷側向遷移、曲流帶寬可達 15 公里,峽谷兩側有大 量的海底山崩崖。峽谷深度約為 130 至 400 公尺,峽谷軸部平均坡度為-0.64%。 峽谷下游上部深度較淺,濁流較容易溢出峽谷堤岸,沉積於峽谷兩側的深海盆地; 峽谷西側 15 公里外、高出峽谷周圍深海盆地 170 公尺的海脊上的岩心中也含有 大量的濁流沉積物。峽谷下游下部在一系列隆起的海脊間發育,時而穿過海脊、 時而蜿蜒於海脊之間。峽谷下游下部最後與澎湖峽谷一同匯入馬尼拉海溝。

中文關鍵字:高屏峽谷、增積岩體、濁流、異重流、沉積物

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 O-P-103 Marine Geology and Geophysics 海洋地質與地球物理

## 臺灣海域天然氣水合物及熱液礦產資源調查資料庫介紹

莊閔涵<sup>1</sup>、葉影澄<sup>1</sup>、林依蓉<sup>2</sup>、陳松春<sup>2</sup>、王詠絢<sup>2</sup>、劉家瑄<sup>1</sup>、 許鶴瀚<sup>3</sup>、陳姿婷<sup>3</sup>

(1)臺灣大學海洋中心、(2)經濟部中央地質調查所、(3)臺灣大學海洋研究所

自 2004 年中央地質調查所於臺灣西南海域推動天然氣水合物資源潛能調查, 以及 2016 年接續推動的東北海域礦產資源潛能調查工作以來,多個工作團隊針 對臺灣海域進行資源潛能調查,其中包括反射震測、地熱流、地熱模擬、高解析 聲納、磁力、地球化學、海床觀測等各式調查研究工作。為了能有效管理及應用 上述各式海域資料,本團隊協助地調所進行各類資料彙整,並負責資料庫建置與 維護工作。17年來,地調所及各工作團隊已在周遭海域執行了84個調查航次, 收集來的地球物理資料包括總長 26,444.5 公里的反射震測剖面、36,870 公里的海 床底質剖面、225 站地熱流量測、約14,268 平方公里的多音束水深資料、約2,038 公里的高解析底拖聲納剖面、191 站的海底地震儀觀測,及約 6,834 公里的磁力 資料;在地球化學與海床觀測工作方面,共彙整了551站的岩心資料,另保存底 拖海床觀測影像紀錄、特殊海床觀測影像及水下遙控無人載具調查的觀測影片、 採樣紀錄與溫度資訊。另外,透過岩心及水樣分析、解釋,也收錄了多個岩心之 基本描述、沉積物粒徑、地化特性、礦物組成、磁學性質以及間隙水地化資訊等 多種分析資料。為能有效管理上述資料,本資料庫利用地理資訊系統的建置,將 各項資料進行數位化,並依據不同資料屬性、需求目的、<mark>工作年度及主題目錄建</mark> 立資料圖層;同時通過資料的大數據整合將空間資訊進行視覺化工作,展示巨量 資料的分析成果,並藉由地理資訊系統的優勢及圖資平台的發佈,發展相關的加 值服務。另外針對多元的地球化學量化分析資料,則是再建置 MySQL 關聯式資 料庫協助管理,讓地化分析資料的更新更趨完整。未來也希冀能透過學術合作工 作的推動,讓這些珍貴的海域調查資料能發揮更高的價值。

中文關鍵字:天然氣水合物、熱液礦產資源、海洋資料庫、地理資訊系統

# 110 年地質與地球物理學術研討會 O-P-104 Marine Geology and Geophysics 海洋地質與地球物理

## 台灣西南海域古水道之震測反射特徵與演育

涂嘉勝<sup>1</sup>、許庭瑄<sup>1</sup> (1)臺灣中油公司探採研究所

古水道之演育與分布在油氣探勘上有重要意義,因水道除了可作為沉積物輸送管道之外,其下切侵蝕作用形成之空間內也可充填水道沉積物,這些充填沉積物可能為細砂、粗砂、礫石混合組成,成為具探勘潛力之油氣儲集岩,且在其側向與垂向上可因泥質沉積物存在而成為封阻,形成油氣封閉構造。

台灣海域早期(1990年代)的反射震測資料,因受當時軟硬體之限制,其震測資料處理流程與方法大多較簡易,使得最終震測成像結果與現今處理方法所得之結果有明顯差異,造成許多有地質意義之沉積特徵在早期的震測資料成像中並不容易被觀察到。本研究使用位於台灣西南海域 F 構造東側之早期二維震測資料,利用重合前時間移位法 (PSTM)之重處理剖面並進行解釋後,於中新世地層頂部發現一系列呈低連續性、中至高振幅之反射特徵,此反射特徵具明顯受後期水道切蝕,且其頂部以侵蝕面與上新世地層接觸,推論此套地層應為處於大陸棚上受後期水道侵蝕之三角洲或水下扇沉積。自上新世開始,研究地區地層開始快速增厚,且越年輕地層其水道發育也越活躍,水道側向移棲與垂向疊加特徵也更明顯,以上這些結果可作為未來在尋找探勘目標之參考。

中文關鍵字:震測、水道、儲集岩

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 O-P-105 Marine Geology and Geophysics 海洋地質與地球物理

# Stress magnitude and orientation estimations with logging data in a deep coal-bearing formation near Shimokita, Japan

Hung-Yu Wu<sup>1</sup> · Weiren Lin<sup>2</sup> · Yoshinori Sanada<sup>3</sup>

(1)Department of Resource Engineering, National Cheng-Kung University (2)Graduate School of Engineering, Kyoto University (3)Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Borehole C0020A, near the Shimokita Peninsula, Japan is located in a forearc basin that formed as a result of subduction between the Pacific and North American plates. This borehole was drilled during the IODP 337 expedition that collected high-resolution wire-line resistivity logging, caliper data, geophysical properties measurements, and core samples. Riser drilling operations produced good borehole conditions to the depth of 2480 mbsf. Based on high-resolution Formation MicroImager (FMI) images, breakouts and tensile fractures are observed along the borehole wall to indicate in-situ stress orientations and magnitude. Here we construct a geomechanical model from the observation of borehole failure and the physical properties measured from wire-line logging in the coal-bearing formations. This model provides a stress orientation and magnitude profile with the depth. The bottom hole leak-off test revealed the magnitude of minimum horizontal principal stress (Shmin) and is consistent with our model. To satisfy the occurrence of borehole enlargements and tensile fractures, the orientation of horizontal maximum principal stress is pointed to NE-SW, and stress magnitude was inferred to be within the normal-faulting stress regime.

Keywords: Shimokita, breakout width, stress state

## 臺灣海峽離岸風場之海域地質環境優勢與挑戰

蘇品如<sup>1</sup>、陳松春<sup>1</sup>、林依蓉<sup>1</sup>、邵屏華<sup>1</sup>、許鶴瀚<sup>2</sup>、劉家瑄<sup>2</sup>、謝獻祥<sup>2</sup> (1)經濟部中央地質調查所、(2)臺灣大學海洋中心

臺灣離岸風電正如火如荼發展,然而,地質不確定性常為離岸風電最大成本 變因,影響設計、時程、施工方法等,因此對地質環境的深入了解,是風場開發 不可或缺的資訊,也是極為重要的國土資料。已公告的潛力風場集中於彰化、雲 林外海由濁水溪口向西北方向延伸的彰雲砂脊,地震、颳風及洪水頻仍,易有事 件性的沉積作用,加上海流效應,海床地貌並不穩定。藉由精密水深資料發現: 廣泛分布在彰雲砂脊、澎湖水道、梧棲外海及觀音凹陷等處海床的沙波有東西向 遷移的特徵,位移距離可高達約100公尺/年,如以波高10公尺計算,沙波飄移 對海床地形可能造成±10~20公尺的差異。此外,這些未固結的近代砂質沉積物 快速堆積,在沉積層內部往往形成過飽和壓力環境,在遭受地動時極易產生液化, 在傳統震測和電火花剖面中也已觀察到流體煙囪現象。從震測剖面則發現彰濱海 域有許多正斷層分布,目前在彰濱外海發現超過 100 條的正斷層,部分切穿過末 次冰期不整合面,尤其西彰雲沙脊西側,沉積盆地地層厚度向西漸薄,部分正斷 層切穿至近海床處。竹苗外海在淺部地層也有逆衝斷層活動,新竹陸域的3條活 動斷層(湖口斷層、新竹斷層、新城斷<mark>層)是</mark>否往西南延伸進入風機場址海域,仍 需進一步調查確認。震測剖面中尚可<mark>發現澎湖</mark>北方海域疑似有火成岩侵入特徵, 火成岩或斷塊構造高區或可提供穩定的地層面供風機架設,然而分布範圍仍須釐 清,以免貿然鑽井造成機具損壞。綜上,海域地質仍需更詳細地調查及彙整解釋, 以釐清風場海域地質安全議題,需由政府和風電廠商共同努力。

中文關鍵字:離岸風電、海域地質環境

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 O-P-107 Marine Geology and Geophysics 海洋地質與地球物理

# New application of inspection technology of materials engineering in gemology: Coated synthetic moissanite

Tsung-Jen Wu<sup>1</sup> · Sheng-Rong Song<sup>1</sup> · Wen-Shan Chen<sup>1</sup> · Wen Lin<sup>2</sup> · Chien-Tai Cheng<sup>3</sup> · Hui-Jun Ji<sup>4</sup>

(1)Department of Geosciences, National Taiwan University (2)Department of Materials and Mineral Resources Engineering, National Taipei University of Technology (3)Department of Materials Science and Engineering, National Taiwan University (4)School of Materials Science and Engineering, Shanghai University

Synthetic silicon carbide (Moissanite) is a diamond substitute that has some physical properties similar to natural diamonds, such as the refractive index and specific gravity. Some colored silicon carbide samples on the microscope will appear the uneven distribution of color on the surface, and the color is highly concentrated around the edge in diiodomethane solution. Generally, an interface layer will be added between the coating layer and the matrix to avoid agglomeration of coating material by surface energy. Therefore, we can be inferred that they are coated samples. The examination using the ED-XRF for color and colorless samples that more elements of V, Co, Mn, Cu were detected in blue silicon carbide (colorless ones were without those four elements). Inspection by AIS + AES method, since the substrate is silicon carbide, it can be found that the distribution of oxygen decreases rapidly below the depth of 45-55 nm from the surface, while the proportion of carbon increases rapidly, and vanadium also decreases rapidly around the depth of 45-55 nm. It clearly shows that the coated layer is a silicon dioxide film doped with vanadium with a thickness being about 45-55 nm. High-resolution analyzed results from FIB + AC-TEM + EELS methods are consistent with AIS + AES methods. EPMA testing result of coated layer contains trace element: V and Co, which can make up for the problem of undetectable trace elements in AIS+AES and FIB + AC-TEM + EELS methods.

Keywords: coating, coated, SiC, moissanite

## 淺談深水沉積系統陸源有機碳的傳輸與堆積 - 以台灣西南海域高屏

## 海底峽谷系統中段堤側區域為例

俞舜文<sup>1</sup>、林殿順<sup>2</sup>、蔡龍珆<sup>3</sup>、林殷田<sup>1</sup>、簡至暐<sup>1</sup>、張詠斌<sup>4</sup>、 林玉詩<sup>4</sup>、黄美惠<sup>4</sup>、陳松春<sup>5</sup>、蘇品如<sup>5</sup>

(1)臺灣中油公司探採研究所、(2)中央大學地球科學系、(3)中央大學應用地質研究所、 (4)中山大學海洋科學系、(5)經濟部中央地質調查所

在傳統的觀念中,河流傳輸的陸源有機碳(Terrigenous Organic Carbon)大多堆 **積於三角洲或陸棚環境中,僅有少量陸源有機碳會被傳輸並堆積於深水環境中;** 然而,近來越來越多的研究發現,在深水沉積系統的沉積物中仍然有大量的陸源 有機碳存在(如美國的墨西哥灣與非洲的剛果深水沉積系統)。因此,研究深水沉 積系統陸源有機碳的傳輸與堆積,將有助於全球碳循環(Global Carbon Cycle)模 式的建立;此外,深水沉積系統中的陸源有機碳可為油氣生成的來源,故研究深 水沉積系統陸源有機碳的堆積模式,亦將有助於深水石油系統的探勘。本研究利 用經濟部中央地質調查所於 2010 年時,租用法國 Marion Dufresne 研究船在高屏 峽谷中段的西部堤側所採集的巨型活塞岩心 MD178-3291 為研究材料,對末次冰 期以來高屏海底峽谷系統中段堤側區域陸源有機碳的傳輸與堆積進行討論。本研 究進行的分析項目包括:整體岩心的岩性描述、沉積物中有孔蟲的碳十四定年、 沉積物的總有機碳(TOC)與氮(TN)含量分析,以及有機質的穩定碳同位素分析。 結果顯示,在 26,000 年至 17,000 年前,沉積物有機碳的含量大多大於 0.60% (最 高可達 0.77%),且有機質穩定碳同位素的  $\delta^{13}$ C 值則介於-22.0%至-23.0%之間; 而在海水面開始加速上升(約 17,000 年前)至 12,000 年前, 沉積物有機碳含量的 值逐漸變小(約由 0.70%降至 0.55%),且有機質穩定碳同位素的  $\delta^{13}$ C 值約由-22.50 ‰變輕至-24.50‰,顯示此時期沉積物有機碳含量雖然逐漸減少,但陸源有機碳 的供應卻逐漸增加,造成這種現象的原因可能是因為海水面開始加速上升,高屏 峽谷系統的沉積與侵蝕平衡剖面開始進行調整、上部斜坡的侵蝕作用增加,使得 原本堆積在上部斜坡的碎屑沉積物與陸源有機碳因受到侵蝕而被進一步再搬運 至較水深處堆積,增加了高屏海底峽谷深水區域的陸源有機碳供應量,但又由於 碎屑沉積物的供應量亦同時增加,因此稀釋了沉積物中有機碳的含量(沉積物有 機碳含量變小)。而後,在12,000年前迄今,高屏海底峽谷系統中段堤側區域沉 積物的有機碳含量與有機質穩定碳同位素  $\delta^{13}$ C 值的變化雖又趨於穩定,但有機 碳含量與  $\delta^{13}$ C 的值皆仍較 26,000 年至 17,000 年前的值小,顯示此時期峽谷系統 雖然沒有沉積與侵蝕平衡剖面的調整作用,但仍有較多的碎屑沉積物與陸源有機 碳供應,這可能是由於在12,000年前開始,陸上強降雨件事開始變為頻繁,增加 了高屏海底峽谷系統強濁流事件的發生,因此加強了深水區域陸源有機碳的供應。 綜上所述,控制高屏峽谷系統深水區域陸源有機碳的傳輸與堆積的因素,除了海

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 O-P-108 Marine Geology and Geophysics 海洋地質與地球物理

水面的變化外,氣候造成的因素(如陸源沉積物供應的變化)亦為另一重要原因。

中文關鍵字:高屏海底峽谷、深水沉積系統、陸源有機碳



#### 110 年地質與地球物理學術研討會 O-P-109 Marine Geology and Geophysics 海洋地質與地球物理

#### 「南沖繩海槽斷層及火山分布」地質主題圖繪製

林依蓉<sup>1</sup>、陳松春<sup>1</sup>、王詠絢<sup>1</sup>、蘇品如<sup>1</sup>、邵屏華<sup>1</sup>、楊懿丞<sup>2</sup>、 許鶴瀚<sup>2</sup>、劉家瑄<sup>2</sup>、許樹坤<sup>3</sup>

(1)經濟部中央地質調查所、(2)臺灣大學海洋中心、(3)中央大學地球科學系

經濟部中央地質調查所於 105 年開始推動四年期的「臺灣東北海域礦產資源 潛能調查」科技發展計畫,運用國內現有的海域地質調查方法與探測技術,分年 擇區於臺灣東北海域南沖繩海槽進行地質調查工作。計畫自 108 年結束,共計完 成面積約 4,800 平方公里的多音束水深探測、測線長度約 3,292 公里的多頻道反 射震測探測,及測線長度約955公里的底拖側掃聲納暨底質剖面資料。臺灣東北 海域的南沖繩海槽,為菲律賓海板塊向北隱沒至歐亞板塊所形成的弧後張裂盆地, 水深以海槽中心最深,海槽中心分布有數條東-西走向的海床線形構造,亦可清 楚辨識出數個明顯的火山地形,部分火山錐體清晰可見;由南-北向横跨海槽中 心的震測剖面,可以發現南沖繩海槽有一張裂中心,張裂中心南北兩側分布許多 正斷層,並且北側的正斷層往南傾,南側的正斷層往北傾,呈一地塹形貌,將此 區域命名為中央地塹,中央地塹亦可觀察到大量的火成岩體出露,往西則火成活 動漸減,海槽亦逐漸收窄消失,取而代之的則是受到東北-西南向正斷層陷落造 成的宜蘭海脊北嘴,在最西側的宜蘭陸棚仍是以東北-西南走向之正斷層為主, 而西北側的基隆陸棚,則分布東北-西南走向之南傾正斷層。本研究藉由分析震 測剖面, 判釋出噴出火山及切穿海床之斷層位置, 並依據地形分析, 進行火山範 圍之圈繪以及斷層位置之側向連接,最後繪製出臺灣東北海域南沖繩海槽的斷層 及火山分布地質主題圖,並規劃於 111 年出版。未來經濟部中央地質調查所也將 持續進行海域地質及資源調查,完善海域地質基礎資料,以作為政府藍色國土規 劃、資源永續經營與防、救災計書的基本參考依據。 經濟部中央地質調查所於 105 年開始推動四年期的「臺灣東北海域礦產資源潛能調查」科技發展計畫,運 用國內現有的海域地質調查方法與探測技術,分年擇區於臺灣東北海域南沖繩海 槽進行地質調查工作。計畫自 108 年結束,共計完成面積約 4,800 平方公里的多 音束水深探測、測線長度約3,292公里的多頻道反射震測探測,及測線長度約955 公里的底拖側掃聲納暨底質剖面資料。臺灣東北海域的南沖繩海槽,為菲律賓海 板塊向北隱沒至歐亞板塊所形成的弧後張裂盆地,水深以海槽中心最深,海槽中 心分布有數條東-西走向的海床線形構造,亦可清楚辨識出數個明顯的火山地形, 部分火山錐體清晰可見;由南-北向横跨海槽中心的震測剖面,可以發現南沖繩 海槽有一張裂中心,張裂中心南北兩側分布許多正斷層,並且北側的正斷層往南 傾,南側的正斷層往北傾,呈一地塹形貌,將此區域命名為中央地塹,中央地塹 亦可觀察到大量的火成岩體出露,往西則火成活動漸減,海槽亦逐漸收窄消失, 取而代之的則是受到東北-西南向正斷層陷落造成的宜蘭海脊北嘴,在最西側的 宜蘭陸棚仍是以東北-西南走向之正斷層為主,而西北側的基隆陸棚,則分布東

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 O-P-109 Marine Geology and Geophysics 海洋地質與地球物理

北-西南走向之南傾正斷層。本研究藉由分析震測剖面,判釋出噴出火山及切穿海床之斷層位置,並依據地形分析,進行火山範圍之圈繪以及斷層位置之側向連接,最後繪製出臺灣東北海域南沖繩海槽的斷層及火山分布地質主題圖,並規劃於111年出版。未來經濟部中央地質調查所也將持續進行海域地質及資源調查,完善海域地質基礎資料,以作為政府藍色國土規劃、資源永續經營與防、救災計畫的基本參考依據。

中文關鍵字:南沖繩海槽,斷層,海底火山



#### 從10秒邁向7秒的地震預警系統

陳達毅1

(1)中央氣象局地震測報中心

地震預警系統能在災害性的地震波抵達前提出警報,讓民眾預先採取防範措 施以避免或降低破壞性震波所造成的災害。地震預警是目前最有效的防震減災手 段,經過20年研究與測試,中央氣象局於2014年開始將地震警報發送給學校及 防災單位,2016 年開始透過手機簡訊與電視台新聞頻道發送警報給全國民眾。 為了讓近震央區也能夠擁有預警時間,嘗試以現地型地震預警技術,建立六都客 製化地震預警系統。在此4年期計書中將分年建置,依序為雙北、臺南高雄、臺 中及桃園。計畫完成後,都會區民眾不僅可以接收到原有的 10 秒地震預警系統 資訊,也可以接收到現地型客製化地震預警系統資訊。若不考慮警報從氣象局發 出去之後中間經過電信業者轉傳的時間,僅考慮氣象局送出警報的時間,2020年 4 月上線的 10 秒地震預警系統,平均而言地震後約 10 秒可從氣象局發布地震警 報,其中花費的時間歷程包含:資料傳輸延遲約 1.5 秒、採用 P 波計算規模約 3 秒、系統解算時間約1秒、訊息傳遞時間約1秒,剩下3.5秒為系統等待觸發測 站的時間。系統在接收到4個觸發測站之後開始到第一個解算結果,為求穩定, 目前採用第三個解,用來對外發布警報。平均而言,到第三個解時,系統需蒐集 6個以上的觸發測站。因此可以說,為了達到10秒地震預警,必須在3.5秒內至 少蒐集 6 個觸發測站。以 P 波每秒 6 公里的速度計算,必須在離震央 21 公里的 範圍內有 6 個能正常運作的地震站,才能達到 10 秒地震預警的目標。換句話說, 此等待觸發測站的 3.5 秒時間內,若地震觀測網的密度很高,只要 1 秒就能夠蒐 集到 6 個站,則地震預警時間為資料傳輸延遲約 1.5 秒,加上採用 P 波計算規模 約3秒,加上系統解算時間約1秒,加上訊息傳遞時間約1秒,共7.5秒。2020 年 4 月上線的 10 秒地震預警系統,屬於區域型地震預警模式,在目前的系統架 構下,發布警報所需的固定時間成本為:資料傳輸延遲約 1.5 秒、採用 P 波計算規 模約3秒、系統解算時間約1秒、訊息傳遞時間約1秒等,共約6.5秒。參考附 圖,6都地震觀測網在提高密度之後,大部分情形都可在1秒左右蒐集到6個以 上地震站,因此有機會將地震警報發布時間由地震後 10 秒縮短至 7 秒左右。另 一個將地震警報發布時間由地震後 10 秒縮短至 7 秒左右的主要原因來自於演算 模式的改變,先前採取區域型地震預警模式,利用最靠近震央的觀測站,於地震 發生之後快速決定地震震源參數,根據這些參數預估遠離震央處各地的震度,再 針對預估震度大於預設門檻的地區發布警報。若改採現地型地震預警模式,則不 需要解算地震震源參數,僅採用 P 波 3 秒資訊預估隨後抵達震波的震度,此方法 速度較快但是誤差較大。為了降低誤報,須採用多個測站共同驗證再發布警報(假 設為3至5個站同時預估震度達發布門檻)。因此,若所需固定的時間成本與區 域型模式相同,皆為6.5秒,於1秒內只要能取得3至5個站所預估的震度達發

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 S1-P-110 Seismology 一般地震學研究

布門檻,就能夠完成7秒地震預警的目標。最後一項達成7秒地震預警目標的努力方向為,縮短目前的系統架構下發布警報所需的固定時間成本。降低傳輸延遲0.5秒,P波計算規模取2秒,訊息傳遞時間縮短0.5秒等,在此理想狀況下,所需的時間成本將降低為4.5秒,比現行系統所需6.5秒快2秒。六都客製化地震預警系統,就是要實作現地型模式的地震預警系統,再搭配上地震密度的提升(於六都地區增加103個地表強震站),以及藉由新建置的井下地震站(於六都地區增加30個站)所提升的訊號品質,不僅讓現地型模式的地震預警系統更能夠發揮,也讓原來區域型模式的地震預警系統有機會再縮短警報發布時間。未來地震預警系統,於區域型與現地型模式共同運作下,應有機會完成7秒地震預警系統。

中文關鍵字:地震預警、井下地震站、強震站、現地型地震預警



### 110 年地質與地球物理學術研討會 S1-P-111 Seismology 一般地震學研究

#### 西南太平洋索羅門群島地區之大地應力變化

羅仲宏<sup>1</sup>、簡珮如<sup>2</sup>、曾泰琳<sup>1</sup>、黃柏壽<sup>2</sup>、陳于高<sup>3</sup> (1)臺灣大學地質科學系、(2)中央研究院地球科學研究所、(3)中央研究院環境變遷研究中心

為探討索羅門群島雙島鏈之斷層構造及區域應力的分布與隱沒系統的關聯, 本研究參考 Global Centroidal Moment Tensor (GCMT)的中大規模(M>=4)震源機 制解,並進行應力反演。根據 GCMT 震源的空間分布,我們將索羅門群島大致 區分為北方島鏈一區和南方島鏈沿著 San Cristobal Trench 的索羅門海段、中部西 省區域以及東部瓜島三個區。北方島鏈地區的最深震大約為 180 km,反映出 90 Ma 太平洋板塊向南隱沒到澳洲板塊下的遺跡。20 Ma 隱沒反轉後,澳洲板塊開 始向北隱沒至太平洋板塊下方,其中索羅門海區域的地震深度可達 500 km,有 著 roll-back 的隱沒特徵。接著往東為新生的板塊隱沒,因此中部西省地區卻僅有 50 km 的中淺震, 直到東部瓜島地區才又出現 140 km 的隱沒帶深震。分析沿著 海溝的不同震源機制解,整體地震群的 P 軸走向同板塊聚合方向,但淺部(<50 km)的 T 軸卻有不同。索羅門海區域的 T 軸在海溝南方因有 outer rise, T 軸方向 也同板塊聚合方向,向北跨越海溝後 T 軸則呈現 down-dip compression 的型態。 中部西省區域的 T 軸卻平行海溝,且無 outer rise。東部瓜島地區則又出現 outer rise,跨越海溝後 T 軸則呈現 down-dip extension 的樣貌。我們首先針對中部西省 區域的地震進行應力反演,結果顯示最大主應力 σ 與板塊聚合方向一致,而 σ2 與 σ3 的大小相近,顯示出該地震源機制的型態在走向滑移與逆斷層之間互換。 後續將會進行其他地區的震源機制應力反演,並且拓展震源機制解算區域至巴紐 地區與北東加地區。未來亦將結合近期於群島上布設的兩大地震觀測網,持續評 估測站資料品質,並使用台灣所發展之地震矩張量逆推法,求解之震源機制,評 估速度模型及結果穩定性,嘗試建立一適合該區域之全波形逆推流程。

中文關鍵字:索羅門群島、震源機制、應力反演

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 S1-P-112 Seismology 一般地震學研究

#### 臺灣東北外海碰撞系統之中、深源地震特性研究

黄怡陵<sup>1</sup>、黄瑞德<sup>2</sup>、莊宜珊<sup>3</sup>、張文彦<sup>4</sup>、林祖慰<sup>5</sup>、林采儀<sup>2</sup>、林瓊瑤<sup>2</sup> (1)臺灣海洋大學地球科學研究所、(2)中國文化大學地質學系、(3)臺灣海洋大學附屬基隆海事高級中等學校、(4)東華大學自然資源與環境學系、(5)中央氣象局地震測報中心

本研究使用世界觀測網(IRIS DMC)之遠震 P 波資料,挑選震矩規模 5.5(含)以上,發生於臺灣東北外海碰撞系統內之中、深源地震進行震源參數特性研究。分析演算所得之震源參數與 USGS 和 GCMT 之結果相較顯示,在深度解上,本研究的結果與這兩大單位的解非常一致,但在震矩的估算上,本研究的結果都偏低。在斷層面解的比較上,本研究結果與兩大單位的解大部份十分一致,但有三個特殊事件三方結果呈現差異。本研究目前的結果中並沒有估算破裂方向性對震源歷時的影響,此時求得的震源歷時為平均震源歷時,由震源歷時與地震矩關係結果得知,本研究的估算結果介於前人估算所得的關係式之間(參見 Kikuchi and Ishida, 1993; Singh et al., 2000; Hwang et al., 2018),此結果顯示此研究區域的構造十分複雜,並非典型的隱沒構造。震源歷時與深度關係結果顯示此兩參數沒有顯著的相關性,平均震源歷時大約 5 秒,這與前人研究結果不甚一致(參見 Bos et al., 1998; Houston et al., 1998; Tocheport et al., 2007),再次顯示此區域構造的複雜性,此也隱含著,即使估算的是平均震源歷時,震源的破裂方向性也仍需要被考量。

中文關鍵字:震源深度、震源歷時、地震矩

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 S1-P-113 Seismology 一般地震學研究

# AutoQuake: An automatic and flexible algorithm of high precision earthquake catalog building

Cheng-Nan Liu<sup>1</sup> · Hsin-Hua Huang<sup>1</sup> · Hsi-An Chen<sup>1</sup> · Yu-Fang Hsu<sup>1</sup>
(1)Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taiwan

The earthquake detection and location are fundamental for many aspects in seismology but has long been a labor-intense and time-consuming task. Rapid advances of machine learning and parallel computing make automating such a task become possible. Here we developed an automatic algorithm that consists of three main steps from detection, association, to location, each of which could be replaced by other existing tools flexibly. In detection, we leverage current machine learning pickers (e.g. PhaseNet, Earthquake Transformer) to discriminate earthquake signals from other impulsive noise which would otherwise be a problem for traditional amplitude-based (e.g. STA/LTA) pickers. In association, we design an efficient CPU/GPU-accelerating grid-scan association method that utilizes Automatic Multiscale-based Peak Detections (AMPD) algorithm to provide robust initial event locations. The locations and associated picks are then pipelined to a double-difference location method (3D-DD) to produce a final catalog with high precision. The algorithm is fully automated and capable of switching between 1-D and 3-D velocity models easily. We test the AutoQuake with the 6 February 2018 Hualien earthquake sequence and demonstrate that a more compact distribution of aftershocks with a slightly less number compared to the final Central Weather Bureau catalog can be obtained. The AutoQuake could be a promising tool for real-time seismic monitoring and providing useful constraints on studies including spatiotemporal evolution of seismicity, physical mechanisms of faulting, and seismic hazard assessment.

Keywords: AutoQuake, automatic algorithm, machine learning, grid-scan association, 31 AMPD, double-difference relocation

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 S1-P-114 Seismology 一般地震學研究

#### 初探台灣地區中、大規模地震拐角頻率(fc)與地震矩(M0)之關係

黄瑞德<sup>1</sup>、陳柏融<sup>1</sup>、林瓊瑤<sup>1</sup>、黄怡陵<sup>2</sup>、張文彦<sup>3</sup>、林采儀<sup>1</sup>、 林祖慰<sup>4</sup>、張若磐<sup>5</sup>

(1)中國文化大學地質學系、(2)臺灣海洋大學地球科學研究所、(3)東華大學環境學院暨自然資源 與環境學系、(4)中央氣象局地震測報中心、(5)臺南應用科技大學通識教育中心

本研究分析台灣地區中、大規模地震的震源時間函數頻譜,並以  $w^2$  震源模型調查地震矩( $M_0$ )與拐角頻率(fc)的關係,藉此進一步了解台灣地區地震是否具有震源自相似特徵(靜應力降(Ds)與  $M_0$  無關),以及震源上揚時間、破裂時間與整個震源歷時的比例關係。結果顯示  $M_0$ ~ $fc^{-2.54}$ ,偏離震源自相似下的  $M_0$ ~ $fc^{-3}$ ,但符合  $M_0$  μ  $fc^{-(3+e)}$  (e £ 1.0; Kanamori and Rivera, 2004, BSSA),然而  $M_0$ ~ $fc^{-2.54}$  並不能說明 Ds 隨  $M_0$  增加而增加的現象(Oth, 2013, EPSL),因此,本研究認為  $M_0$ ~ $fc^{-3}$  可以成立,但是在 DsVr3 為定值的條件下(Vr 為破裂速度)。最後,本研究得到  $M_0$  與 fc 的最佳關係為  $M_0=0.28*10^{16}$   $fc^{-3}$  ( $M_0$  單位為 Nm,fc 單位為 Hz)。比對先前有關台灣震源歷時與  $M_0$  的研究(Hwang et al., 2020, PAGEOPH),平均上得到震源破裂時間與整個震源歷時的比值約為 0.88,也就是震源上揚時間約是整個震源歷時的 0.12 倍,符合一般中、大規模地震的觀測。本研究初步結論台灣地區中、大規模地震並不具有震源自相似特徵,但仍維持  $M_0$ ~ $fc^{-3}$  的關係。

中文關鍵字:震源時間函數、地震矩、拐角頻率、W<sup>-2</sup>震源模型、震源自相似性、破裂時間、上揚時間

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 S1-P-115 Seismology 一般地震學研究

#### 中央氣象局新一代地震測報系統設計與規劃構想

陳達毅1

(1)中央氣象局地震測報中心

中央氣象局地震測報系統是臺灣在地震活動監測、地震警報發布與地震資料 蒐集上面一套重要的系統,涵蓋範圍包括:資料接收、資料交換、資料整合、資 料展示、資料處理、資料儲存與資料供應。自 1989 年地震測報中心成立以來, 初期以電話線路傳輸地震資料,並自行開發人工處理地震波形資料的介面程式, 經過數十年的修改與精進,完成了一套妥善率高且十分穩定的系統,人工處理數 十萬筆地震目錄資料,發送近萬筆有感地震報告,不僅在地震防災上提供準確且 快速的資訊,在資料方面累積了非常豐富地震資料供學術界研究使用,使得我們 更了解臺灣的地震地體構造。2012年起,24位元地震觀測網上線運作,不僅訊 號解析度由 16 位元提升至 24 位元,也將不同種類的地震觀測儀器資料,藉由美 國地質調查所研發的 Earthworm 系統整合至同一個平台,使得短周期地震網、強 震網、寬頻網、井下地震網、海底地震網,甚至是外單位的地震網,包括:中研 院寬頻網和 IRIS 觀測網,也一起整併至氣象局地震觀測系統中,使得地震觀測 網密度與測站包覆度有巨幅地提升。在此同時,新的地震測報作業也在此 Earthworm 平台展開,透過自行開發的地震監測模組發展地震預警系統,在 2014 年起對中小學校園及防救災單位正式發送預警訊息,2016 年起透過電視台與國 家級警報向全國民眾發布預警訊息,2020年4月推出10秒地震預警系統,使得 地震預警系統能夠針對發生於陸地上的淺層地震,在地震發生後 10 秒內發布警 報。另外,為了提升地震資料品質與地震資料可用性,2020年委託中研院規劃建 置新一代地球物理資料庫系統,重新整理測站詮釋資料,設計新的資料索取介面, 修改資料儲存格式,希望能建立一個國際級的地震資料中心。在此背景之下,考 量到近年來新興地震觀測技術愈來愈成熟,原來進行人工定位與地震發布的軟體 所使用的開發環境(Visual Basic)不再支援,早年氣象局自行設計的資料格式無法 滿足目前需求。因此,開始有設計新一代地震測報系統的構想,參考國際上通行 的地震資料處理系統,譬如:SeisComP和 Seisan,與國際通用的資料格式,選擇 合適的開發環境,希望能重新建立符合未來作業需求的地震測報系統。本研究將 盤點現行地震測報系統與近年來最新地震測報技術,於資料處理方面提出符合需 求的演算機制,於人工資料處理與地震發布方面提出符合需求的操作介面與程 序。

中文關鍵字:地震測報、地震預警、地震觀測網、資料管理中心

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 S1-P-116 Seismology 一般地震學研究

## Spatiotemporal relationship of background earthquake and aftershock

Yi-Hsuan Wu<sup>1</sup>

(1)Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taiwan

For the seismic risk assessment, background and triggered earthquakes /aftershocks are the same important. Background earthquakes are rare but vital component in the earthquake catalog. Because the occurrence of background earthquakes refers to the result of tectonic loading, some characteristics of background earthquakes may be representative of fault physical parameter. Another important component in the earthquake catalog, also the majority of earthquakes, is triggered earthquakes/aftershocks that result from increasing stress induced by a main shock. One known feature of triggered earthquake/aftershocks is that they are usually clustered. The mechanics of background earthquakes and triggered earthquakes results in different properties for them in space and time. Giving a correlation distance that is defined as the shortest distance between earthquakes of same magnitude in 10n (n=-2.0-1.0) times of the averaged inter-event time, the histogram of the correlation distance can be better fitted by two combined distribution. The distribution of shorter correlation distance can be well described by power law and that of longer correlation distance was better described by lognormal distribution, hereafter the correlation distances were termed power law correlation distance and lognormal correlation distance accordingly. The distribution of power law correlation distance and magnitude showed an increasing trend of power law correlation distance following magnitude within 10 km when the magnitude is smaller than 4.5 in California region and 4.7 in Taiwan. Similarly, an increasing trend of lognormal correlation distance correlated with magnitude occurred within 50 km when the magnitude is smaller than 4.5 and 4.7 in California region and Taiwan, respectively. The results imply that 4.5 and 4.7 may be the characteristic magnitude for California region and Taiwan.

Keywords: seismicity, power law, lognormal distribution, bimodal distribution, characteristic magnitude

### 110 年地質與地球物理學術研討會 S1-P-117 Seismology 一般地震學研究

#### 台灣地震科學資料服務平台

陳主德<sup>1</sup>、陳履軒<sup>1</sup>、李文蕙<sup>1</sup>、邱昊德<sup>1</sup>、李其芳<sup>1</sup>、梁文宗<sup>1</sup> (1)中央研究院地球科學研究所

近年來觀測地震學的進展神速,基礎研究及環境監測均仰賴長期的連續地震觀測紀錄,因此大量連續資料的需求逐漸增加。過去十年來,台灣地震科學資料服務計畫已對十數個地震觀測計畫建立了個別的地震資料庫,地震測站的總數超過 800 部,地震數據量極為龐大。隨著測站密度及資料數量的增加,同時索取多個計畫的資料逐漸成為常態。本計畫旨在提供一個新的資料服務系統,整合所有借用台灣地震科學中心儀器所繳回的地震資料,並提供了測站與資料分佈時間查詢、線上波形繪圖、資料品質管理,以及連續資料下載的功能,使用者可利用單一帳號跨計畫查詢並下載所需的地震波形資料,大幅提升使用效能並擴大資料的價值。本系統開發架構基於前後端分離概念,將系統分成前端介面、訊息傳遞及後端處理共三個模組,並用容器化技術將各模組包裝成微服務,不僅讓資訊人員方便進行測試與維護,也使本系統在必要時,能藉由調整微服務的數量來服務更多使用者。目前這個服務平台的測試版已經上線,歡迎有興趣使用的同仁註冊參與測試。

中文關鍵字:台灣地震科學資料中心、儀器中心、地震波形、網路服務

### 110 年地質與地球物理學術研討會 S1-P-118 Seismology 一般地震學研究

#### 深部地震活動性對應地震 b 值特性探討:以高屏地區為例

張議仁<sup>1</sup>、葉玉蓮<sup>2</sup>、黃有志<sup>1</sup>、林哲民<sup>1</sup>、溫士忠<sup>2</sup> (1)國家地震工程研究中心、(2)中正大學地球與環境科學系

在2010~2016年間,台灣西南部高屏地區發生了三起規模介於6.3~6.6的中型地震,這三起地震均與地表斷層系統無關,許多研究顯示其發震構造與深層早期正斷層系統有關。這些地震都造成了重大人員傷亡,並對當地社會產生了經濟影響。為了解此區的地震活動特性,本研究以地震b值重新探討台灣高屏地區深部斷層系統再活化下所顯示出的高地震潛勢區域。

從 G-R 關係式顯示地震發生頻率與地震規模之間的關係,但對於空間與時間上並無著墨。本研究嘗試從時間及空間上的分區來進一步探討深層孕震構造的潛勢。近年的地震資料收集較為完善,主要是儀器偵測能力與數量上的大幅增長,所以用更精細的範圍來進行探討比對。研究成果顯示在不同時間區段低b值分布呈現帶狀分布,範圍在三起中強地震的震源區附近。另外對資料亦進行深度上的分區,結果顯示淺部地殼為地震b值較高,深部地殼顯示低的b值暗示著較高的地震潛勢。本研究希冀得到較符合該區的參數,這也表示了對此區域需尋找適宜的統計範圍,最後再進一步對不同的時間區段進行討論

中文關鍵字:台灣高屏地區、地震 b 值、地震活動度、孕震带

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 S1-P-119 Seismology 一般地震學研究

# Partial coherence corrections of tilt and compliance noises recorded in broadband ocean-bottom seismographs

Chih-Ming Lin<sup>1</sup> · Hsiu-Cheng Yeh<sup>1</sup> · Pei-Ying Patty Lin<sup>1</sup> · Jing-Hui Tong<sup>2</sup> · Chen-Hsiang Alex Hung<sup>3</sup> · Ban-Yuan Kuo<sup>4</sup>

(1)Department of Earth Sciences, National Taiwan Normal University \( (2)Department of Geosciences, National Taiwan University \( (3)Department of Physics, National Taiwan Normal University \( (4)Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taiwan (4)Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taiwan (5)

Most of the broadband ocean bottom seismographs (BBOBS) were designed in a free-fall system with acoustic communications to minimize the cost of the deployment and recovery cruises. The BBOBS is released on the sea surface and free-fall then will sit on whatever patch of the seafloor. The week coupling with the seafloor and water wave effects result in higher noise level and seafloor deformation, which are often called tile and compliance noises respectively. In this work, we show how to reduce the vertical seismic noise by subtracting out the coherent signals from two horizontal and pressure components. The noise-effects on vertical from each component would not be independent and dominant in different frequency ranges. We apply a frequency-domain approach to describe the relationships between multi-component time series based on the multi-component partial coherence matrix. Also, the tilt and compliance noises vary continuously throughout a several-month deployment. The multi-component partial coherence matrix is determined daily for optimal noise removal. We then remove tilt and compliance signals in different frequency ranges sequentially from vertical components of BBOBS. Our preliminary results show that the corrected vertical waveforms are better coherent with the vertical waveforms recorded in close-by land stations especially for longer period waveforms ( $> \sim 50$  sec). The signals measured on the seafloor benefit from the reduction of tilt and compliance noises sequentially by particle coherence prior to the seismic data processing (i.e. surface waves phase velocity measurements).

Keywords: ocean bottom seismograph, partial coherence, tilt noise, compliance noise

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 S1-P-120 Seismology 一般地震學研究

#### 使用構造地質解之三維斷層幾何模型進行動力學地震模擬

陳麒任<sup>1</sup>、吳元傑<sup>1</sup> (1)中山科學院核能研究所

以物理為基礎的地震動力學模擬有助於我們洞悉未來地震情境,有助於辨識 地震災害的風險。本研究主要目的係在正演方式進行動力學地震模擬中,加入非 平面斷層建模方式,提升模擬的真實性。研究案例為文獻資料較豐富的車籠埔斷 層與集集地震,斷層幾何模型不同於以往使用地震斷層面解,改使用構造地質解 的車籠埔-三義斷層三維幾何模型。地震動力學模擬使用三維分離元素分析軟體 與自行撰寫之動態破裂程式。本研究完成建立地形和非平面斷層面的建模技術, 且可以進行地震動力學模擬,未來將以集集地震做驗證,若可行,此技術將可應 用於其他斷層以及評估各種地震情境。

中文關鍵字:斷層模型、動力學模擬、地震



#### 探討地震波之建築物放大效應

塗冠婷<sup>1</sup>、黄明偉<sup>1</sup> (1)國家災害防救科技中心

高密度之 P 波警報器(P-alert)觀測網,可提供即時高解析度震度圖,於災害 性地震發生時可協助防救災相關單位判斷可能發生的災情,但因儀器架設於建築 物牆壁上,使儀器紀錄之地震波形會參雜建築物效應,因此相對於中央氣象局自 由場強地動觀測網(Taiwan Strong Motion Instrumentation Program, TSMIP)之最大 地動加速度值(Peak Ground Acceleration, PGA), P-alert 觀測之 PGA 可能有高估 現象。為修正 P-alert 地震波形的建築物效應,本研究使用台灣西南部地區的 2015~2020 年間規模大於 4.5 的地震事件並計算 P-alert 測站與其鄰近 TSMIP 測 站之建築物修正頻譜,假設兩測站於頻率域中的震源效應、路徑效應及場址效應 相同,差別在地震波訊號是否含有建築物效應,故將兩測站的傅式頻譜相除,求 得頻率相依的建築物修正頻譜,並藉著建築物修正頻譜校正 P-alert 傅式頻譜,最 後比較修正前與修正後 P-alert 與 TSMIP 的 PGA 比值,探討此方法校正建築物 效應成果。統計<mark>未經過建</mark>築物修正之東西分量 PGA 比值平均值為 1.19,標準差 為 0.6,修正後之 PGA 比值平均值為 0.94,標準差為 0.37;南北分量修正前之 PGA 比值平均值為 1.14, 標準差為 0.51, 修正後之 PGA 比值平均值為 0.94, 標 準差為 0.29。經由統計成果顯示修正後的 PGA 比值平均值接近 1,且標準差值 皆降低,因此,使用頻率相依之建築物修正頻譜可有效的修正 P-alert 建築物效應 及其 PGA 值。

中文關鍵字:台灣西南部、P-alert 觀測網、建築物修正頻譜、頻率相依、PGA 比值

### 110 年地質與地球物理學術研討會 S2-P-122 Seismology 工程地震學

# Preliminary study on evaluation of distribution of pulse index from various fault slip model used in stochastic finite-fault simulation

Jyun-Yan Huang<sup>1</sup> · Shu-Hsien Chao<sup>1</sup> · Che-Min Lin<sup>1</sup>

(1)National Center for Research on Earthquake Engineering, Taiwan

Evaluation of velocity pulse was an important issue in engineering seismology especially for near source region. The long period velocity pulse has caused serious building damages in recent large earthquakes in Taiwan such as 2016 Meinong and 2018 Hualien earthquakes. Owing to the urgent need to understand characteristics of the velocity pulse, several identification or extraction methods were mentioned earlier including pulse indicator (PI), principle component method (PC), peak ground velocity (PGV) ratio or energy ratio of extraction pulse and instantaneous power etc. However, it's still very hard to predict the future occurrence of velocity pulse and we may lack of enough near fault records to build a reliable model, that we may need simulation to help construct the probability evaluation of the space distribution for an expected fault plane. In addition, long period velocity time history was reproducible from stochastic finitefault simulation technique has been checked from an exercise for 2016 Kumamoto, Japan earthquake, owing to the long period pulse-like motion were basically generated from wave superposition in finite-fault effect and would not effect from random phase condition of the certain frequency band. Meanwhile, a random asperity fault models covered high possibility of the occurrence on a fault were applied to finite-fault method for evaluation of peak ground acceleration (PGA) range for un-happened fault to provide a possible way for evaluated of the uncertainty generated from source effect previously. In this study, we would firstly evaluate the reproducible of velocity waveform for space distribution of 2016 Kumamoto earthquake records. Afterward, we would provide a case study for Shanchiao fault in Taiwan using random asperity model for stochastic finite-fault technique to calculate wide-spreading velocity waveforms and check for abovementioned pulse indexes to narrow-down some possibility of occurrence of directivity or super-shear effects.

Keywords: velocity pulse, finite-fault simulation, Kumamoto Japan earthquake, Shanchiao fault Taiwan

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 S4-P-123 Seismology 觀測地震學

# Three-dimensional crustal velocity structures in Northern Indochina from multiple seismic datasets

Ha Vinh Long<sup>1</sup> · Hsin-Hua Huang<sup>2</sup> · Le Minh Nguyen<sup>3</sup> · Van Duong Nguyen<sup>3</sup> · Quang Khoi Le<sup>3</sup> · Thi Giang Ha<sup>3</sup> · Dinh Quoc Van<sup>3</sup> · Bor-Shouh Huang<sup>4</sup> · Tu Son Le<sup>3</sup>

(1)Department of Earth Sciences, National Central University, Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taiwan (2)Department of Earth Sciences, National Central University (3)Institute of Geophysics, Vietnam Academy of Science and Technology, Vietnam (4)Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taiwan

The Northern Indo-China Peninsula is the extension of southeast Tibet-Himalaya syntax and a tectonically complex region composed of multiple micro-continents such as the South China Block, Indochina block, and Simao block. The relative movements between micro-continents result in several large-scale shear zones (e.g. Red River shear zone) along which moderate seismicity occurs. Knowledge of the detailed 3-D crustal structure is therefore crucial to improve our understanding of shear zones and seismic hazards in the region. In this study, we collect more than 1000 earthquakes recorded by multiple seismic networks in Vietnam, Lao, Thailand, and stations from IRIS within the region of 18° to 25° latitude and 100° to 110° longitude. We then perform a joint tomographic inversion integrating arrival times of the P- and S-direct waves traveling in the crust and the head waves along the Moho. The obtained velocity model shows a good correlation with shallow geological features at shallow depths. At deeper depths of the crust, several velocity anomalies bounded by and across the fault zones and micro-continent boundaries are also revealed and discussed.

Keywords: traveltime tomography, Northern Vietnam, Vp/Vs ratio, crustal structure, Vietnam seismic network, Northern Indo-China

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 ST1-P-124 Stratigraphy 地層與古生物研究

#### 層序地層分析應用於波斯灣海域油田

蘇清全<sup>1</sup>、邱維毅<sup>1</sup>、蘇俊陽<sup>1</sup>、張國雄<sup>1</sup> (1)臺灣中油公司探採研究所

本研究根據岩心描述、鑽井岩屑分析和電測曲線的趨勢判釋沉積相,並建立碳酸鹽岩沉積相模式。波斯灣海域之地層劃分為 9 種沉積相: 1. 洋盆 (Basin)、2. 遠端外斜坡 (Distal Outer Ramp)、3. 近端外斜坡 (Proximal Outer Ramp)、4. 遠端中斜坡 (Distal Middle Ramp)、5. 碳酸鹽岩地台邊緣 (Platform Margin)、6. 礁後 (Backreef)、7. 半開放水域 (Restricted Open Marine)、8. 潮間帶 (Intertidal)、9. 潮上帶 (Supratidal)。

整合沉積相與全球海水位之變化趨勢,在中侏羅紀之 Araej 地層至白堊紀中期之 Laffan 地層之間共劃分了 19 個層序,分別為 Diyab 層的 5 個次層序;Arab 的 4 個次層序;Hith 層序;Thamama Group 的 Habshan、Lekinwair、Kharaib 和 Shuaiba 層序;Narh 層序;Mauddud 層序;Shilaif 層序;Mishrif 的 2 個次層序。

層序對比之結果顯示海域礦區之 Arab-Hith 儲蓋系統在 B 好景區形成優異之儲蓋系統,並有油氣之生產,但在 M 好景區及以東的地區有油氣逸散的風險;Thamama-Narh 儲蓋系統受 Mandous 構造中南北走向之鹽丘構造截切,影響儲蓋系統的封阻性,使得油氣沿著鹽丘構造向淺部地層移棲; Mishrif-Laffan 儲蓋系統中蓋岩層普遍不厚,且局部地區出現沉積不整合面,存在油氣逸散的風險; Halul-Fiqa 儲蓋系統之 Halul 層有作為儲集岩層的可能, Fiqa 層之巨厚泥質沉積物,可作為封阻油氣之蓋岩。根據油氣測試結果, M 與 K 好景區的 Halul 層皆有油氣發現,本研究區域應有探勘淺層油氣的潛能。

中文關鍵字:碳酸鹽岩、層序地層分析、波斯灣

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 ST1-P-125 Stratigraphy 地層與古生物研究

#### 底棲性有孔蟲 Elphidium taiwanum Nakamura 1937

#### 之分類學有效性探討

簡至 <sup>1</sup> (1)臺灣中油公司探採研究所

希望蟲屬是近濱環境中相當常見的底棲性有孔蟲類群。Elphidium taiwanum是中村正義於1937年命名之化石種,其形態與Elphidium craticulatum非常相似,實際上,在中村氏的原始描述中,兩者的唯一區別僅在於E. taiwanum的終圈房室數量(約30個)少於E. craticulatum(40個以上)。此外,Hofker亦於1968年描述了發現於雅加達灣、型態與上述兩者類似的Elphidium batavum;黃敦友(Huang, 1969)認為E. batavum應是E. taiwanum的同物異名。然而,Elphidium batavum至今仍被視為有效命名,而在諸多關於底棲性有孔蟲現生種的研究中,上述的三個物種也並未被清楚的區分,都被歸類為E. craticulatum。因此,對於這三個型態相似的物種及其命名一分類學有效性的問題,相當值得探討與釐清。本研究即以形態學及分類學描述的基礎為出發點,比較三個希望蟲屬物種的異同,並依據國際生物命名規約之原則,探討並判別E. taiwanum的分類學有效性。

中文關鍵字:底棲性有孔蟲、分類學、希望蟲屬、微體古生物學

#### 屏東大鵬灣地區岩芯調查與沉積環境的討論

許寧珊<sup>1</sup>、王藝豪<sup>1</sup>、曾律瑗<sup>1</sup>、鍾佳妤<sup>1</sup>、李佩臻<sup>1</sup>、吳柏霖<sup>1</sup>、顏君毅<sup>1</sup> (1)東華大學自然資源與環境學系

近百年來臺灣西南部的海岸變遷頻繁,多處港灣海岸前進後退的狀況不等,而大鵬灣為一囊狀潟湖,此處的沉積物來源可能為北邊的東港溪及南邊的林邊溪從上游帶來的沙土以及沿岸流所帶來的海洋沉積物海岸變遷類型以堆積海岸為主。本研究可由大鵬灣周圍多口岩芯鑽井資料觀察地下堆積的沉積物層序建立沉積環境來看海岸環境變化並期望能由岩芯多筆資料交叉比對推測大鵬灣附近地下沉積層的變化。

本研究岩芯資料包括東港溪、大鵬灣、林邊溪三個地方的十二口鑽井,除大鵬灣一號井、大鵬灣二號井的岩芯為 20 公尺外,其餘十處鑽井皆為 8 公尺。研究過程依岩芯粒徑變化紀錄沉積層序,繪製地層柱,並用 X 射線螢光光譜儀(XRF光譜儀)分析岩芯沉積物所含的化學元素,有利於推測沉積物來源屬於海相或陸相,進而得知沉積環境。

我們可由岩芯中粒徑變化的厚度得知大鵬灣地區沉積環境變化的快慢,海進、海退在不同時期對當地地層堆積的影響。並比對十二口鑽井資料觀察東港溪、大鵬灣、林邊溪可能因地形有差異而有不同的沉積層出現。加上 XRF 光譜儀所分析出來的化學元素,可以知道某層沉積物的來源為海相或陸相,在建構研究區域的沉積演化史時是有利的證據。

中文關鍵字:大鵬灣、岩芯、沉積環境、X射線螢光光譜儀

#### 110 年地質與地球物理學術研討會 ST3-P-127 Stratigraphy 沉積學

#### 台灣西南部中新世井下層序地層與沈積環境研究

鄭洪任 <sup>1</sup>、林殿順 <sup>1</sup>、涂嘉勝 <sup>2</sup> (1)中央大學地球科學系、(2)臺灣中油公司探採研究所

台灣西南部陸海域地區為探勘之潛力區域,為了建立完整層序地層架構,本研究利用台灣中油公司提供之台灣西南部陸域井位資料,進行沉積環境與層序地層之分析。主要方法是利用伽瑪射線、自然電位、聲波井測以及電阻率等電測曲線的變化,劃分出不同特徵的曲線,再加上其岩心或岩屑紀錄中的特殊沉積物進行沉積環境分析。接著再依據其垂直的環境變化劃分出不同的次層序來建立層序地層。目前研究之範圍位於 B 斷層以南、義竹斷層以北之嘉義地區中新世地層,在初步分析其沉積環境後,研究結果顯示該地區木山層為河流相至濱海相環境;碧靈頁岩至打鹿頁岩時期則呈現濱面至遠濱相環境;觀音山砂岩至南莊層時期則開始出現受潮汐以及波浪影響的堰洲島、潟湖、潮坪等環境。且根據鑽井之地層厚度發現,八掌溪砂岩於義竹斷層以北地區厚度約為 60~100 公尺;以南厚度最厚可達到約 1000 公尺。因此,依據(Lin, 2003)之分類將晚漸新世至中新世地層分為三個時期 (1) 30~21 Ma,木山層及其更老之地層,處於張裂階段,義竹斷層開始錯動並形成地塹(Graben) (2) 21~12.5 Ma,碧靈頁岩至觀音山砂岩時期,呈穩定的熱沉降 (3) 12.5~6.5 Ma,南莊層時期,由於 B 斷層及其南部斷層開始發育,形成一階地(Terrance)。

中文關鍵字:井下電測,層序地層,沉積環境

#### 台灣南部地層沉積環境與 XRD 分析

李瑋倫<sup>1</sup>、李沅銘<sup>1</sup> (1)臺灣中油公司探採研究所

本研究分析南部地層樣本 13 筆,採樣地點包含北港溪、平林溪、粗坑溪、楠梓仙溪、曾文溪等流域,以頁岩地層為主。樣本進行了全岩 X 光粉末繞射、乾燥順向試片(Air-dried)、乙烯乙二醇飽和試片(Glycolated)、慢掃描繞射等四項檢驗。

試驗一共得到 52 筆檢驗資料,全岩 X 光粉末繞射結果顯示樣本除了大量的石英質外,亦包含黏土礦物;再經由乾燥順向試片將黏土礦物萃取過後進行繞射掃描,大多數黏土礦物應以伊萊石為主,並有少量的高嶺土與綠泥石出現;乙烯乙二醇飽和試片結果則沒有發現任何的蒙脫石的存在;慢掃描繞射結果顯示大多數樣本以綠泥石為主,僅少數樣本有高嶺土存在。

過去研究顯示,高嶺土較常出現在近濱海區,綠泥石居中,伊萊石則集中在遠濱海區,而根據本研究 XRD 結果,平林溪流域的木山層及北寮層自慢掃描試驗中有單一高嶺土峰值出現,而二仁溪的古亭坑層及部分鹽水坑頁岩樣本則出現高嶺土與綠泥石雙峰值現象,對照野外採樣地層描述,木山層及北寮層皆發現圓丘狀交錯層出現;而鹽水坑頁岩為厚層頁岩夾有薄層風暴砂岩,屬於外遠濱帶。

中文關鍵字:台灣南部、XRD、沉積環境

#### 新城斷層的地質調查與構造特性

江婉綺<sup>1</sup>、陳柏村<sup>1</sup> (1)經濟部中央地質調查所

本研究針對頭前溪至中港溪之新城斷層沿線進行地質調查,共發現3處斷層露頭,可作為新城斷層跡位置控制及斷層構造特性研究,並由野外調查成果繪製新城斷層地質圖。

新城斷層北端,在頭前溪一帶的剪切作用劇烈,斷層泥帶寬約3公尺,緊鄰斷層上盤的卓蘭層,在層內局部有網脈狀的剪切構造發育,研判為新城斷層的斷層變形帶,整體範圍寬約200公尺。

新城斷層往西南切過頭前溪南岸階地,斷層線跡順著近東北向的斷層崖(線形崖地形特徵明顯)延伸,續往西南切過大確頂一帶的丘陵地,由地質調查結果可知斷層上盤為卓蘭層,呈東北東走向、向南傾約10至30度,鄰近斷層的岩層可觀察到密集剪裂帶及變形帶的發育,整體斷層帶的範圍約150公尺,斷層下盤為頭嵙山層香山砂岩段,岩層呈東西至西北西向、緩向南傾,無斷層擾動的跡象。

新城斷層再往西南,斷層上、下盤岩層都是頭嵙山層香山砂岩段,斷層兩側的層位落差變小、岩性相近,上盤岩層約呈東北走向、向東傾 10 至 30 度,而斷層下盤岩層則近乎水平。在新城村新豐宮附近,有很好的斷層露頭可觀察到新城斷層的斷層特性,於此處新城斷層為數條規模不大的斷層共組(斷距約數至十餘公分),而非呈現一條主要的斷層型態,與頭前溪一帶的斷層形貌有很大的差異。本露頭中觀察到斷層主要位態為近南北向、向東傾 10 餘度、向西逆移,強烈的剪切現象主要集中於灰黑色泥岩層中,緊鄰斷層的上盤岩層受到斷層變形影響,位態轉為近東西向、向北傾 30 餘度,呈單斜褶皺變形形貌,另外,距主斷層約 100 公尺的範圍內,發現 2 條分支斷層為近南北向、向東傾 25 度、向西逆衝,造成岩層向北傾斜角度達 60-70 度。

新城斷層經鹽港溪再往西南,斷層上盤岩層之傾斜角度逐漸變小,由於斷層 上下盤兩側岩層都很緩、近水平,加上人為開發較多、露頭少,故斷層線跡位置 輔以地形判釋,地質證據較少。

新城斷層南端,切過中港溪北岸的階地,斷層線跡順著呈南北向之階地崖線 往南延伸,斷層走向轉為南北向,往南隱伏到沖積層下。

綜合前述野外資料顯示,新城斷層的構造特性包含:1. 斷層北段的錯距較大,往南段遞減;2. 斷層北段的主斷層形態為單一主斷層的密集剪裂帶,至斷層中段(新城一帶),主斷層由數條規模不大的斷層共組,斷層帶內有分支斷層發育;3. 斷層帶的地表寬度由北往南變小;4. 新城斷層的地形特徵於南北兩端較為明顯,中間切過丘陵地的部分則地形特徵較不明顯。

中文關鍵字:新城斷層、斷層跡、斷層帶



### 110 年地質與地球物理學術研討會 T1-P-130 Tectonophysics 地震地質及新期構造

#### "Probabilities Model Map" for Active Faults in Taiwan

Shen-Hsiung Liang<sup>1</sup> · Yi-Rui Li<sup>2</sup> · Yi-Rong Zhuang<sup>2</sup> · Yin-Tung Yen<sup>2</sup> · Chien-Liang Chen<sup>1</sup> · Bruce H. Shyu<sup>3</sup>

(1)Central Geological Survey, MOEA, Taiwan \( (2)Sinotech Engineering Consultants, Inc., Taiwan \( (3)Department of Geosciences, National Taiwan University

Central Geological Survey (CGS) release a map of active fault probabilities for Taiwan Island. The map showed the 50-year conditional probability of earthquakes for the 33 active faults in Taiwan. Actually, CGS has been publishing active fault maps in Taiwan since 1998. There are 33 active faults published in the 2012 version of the active fault map.

Because Taiwan is located at the boundary between the Philippine Sea Plate to the east and the Eurasian Plate to the west. Due to the fast plate motions, it is a country with high seismic activities. According to the past 100 year records, the most destructive earthquakes in Taiwan were mainly caused by inland active faults.

In addition, the active fault potential information was required strongly after the huge impacts of the economy and society due to the 1999 Chi-chi earthquake for the hazard seismic assessment requirement of public construction. Therefore, the investigations and researches related to the active faults have been one of the hot topics in the earth science community in Taiwan in recent years.

In 2021, CGS focused on the improvement of fault parameters and earthquake probability assessment of the 33 active faults in Taiwan. This map for the practice in engineer application, it can be needed to estimate of maximum seismic intensities for the design of buildings, critical facilities and lifelines. Also, for the application of public education, it can expand public education to strengthen the perspective for earthquake hazard and risk mitigation.

Keywords: Probabilities Model, Central Geological Survey, active faults

### 110 年地質與地球物理學術研討會 T1-P-131 Tectonophysics 地震地質及新期構造

#### 臺灣地震模型 - 海域孕震構造資料庫之建置

陳承鴻<sup>1</sup>、徐澔德<sup>1</sup> (1)臺灣大學地質科學系

臺灣地處年輕的活躍造山帶,島上有許多孕震構造與地震活動,若能在災害性地震發生前有適當的風險評估與準備,將能大幅降低災害造成的損失。在科技部臺灣地震模型(TEM)計畫的資助下,本團隊致力於整理臺灣區域的孕震構造,包括繪製可能構造線位置並建立相關構造參數表,如長期滑移速率、可能發震規模與再現周期等,並已於2020年發表新版45條陸域孕震構造資料庫。由於臺灣的地震災害不僅侷限於陸地上的構造,因此未來本團隊除了持續更新陸域構造之成果,下一階段主要目的為建置臺灣周圍海域的孕震構造分布及其相對應的資料庫。目前本計畫著手於資料收集與彙整階段,期望能整合過去數年間,學界與業界針對臺灣海域的地質研究成果,進一步分析海域孕震構造的可能位置與地下延伸方式,並初步計算構造之參數,以利後續地震危害度計算,達到更全面的防震防災準備。

中文關鍵字:臺灣地震模型 (TEM)、地震災害、孕震構造

#### 從臺灣中部地區彰化斷層之斷層地形探討其活動特性

廖培忻<sup>1</sup>、徐澔德<sup>2</sup>、張淵淑<sup>1</sup> (1)臺北市立中山女子高級中學、(2)臺灣大學地質科學系

彰化斷層位於臺灣中部,大致位於后里臺地、大肚臺地及八卦臺地的西緣, 為向東傾斜的逆斷層,是臺灣中部主要的活動斷層之一,在中央地質調查所的活 動斷層資料中,亦將其分類為第一類活動斷層。根據歷史文獻記載,西元 1848 年 在臺灣中部曾發生一次災害型地震,造成彰化及其周邊地區的嚴重災害,前人由 相關資料推論,此次地震可能即是彰化斷層錯動所引起。由此可見,了解彰化斷 層之未來地震災害潛勢,對於人口稠密的臺灣中部地區至為重要。然而由於過去 對於彰化斷層地表出露的位置看法不一,部份研究認為其為一盲斷層,因而斷層 古地震事件的地表錯動量資料更不完整,使其地震災害潛勢的計算參數難以取得。 過去於國外有許多前人研究利用地形,例如水系或冰川堆積物的錯移量得知走滑 斷層的古地震事件錯動量,但於逆衝斷層的相關研究則非常稀少,因此本研究分 析數值高程模型,找出彰化斷層可能的出露位置及斷層錯動地形,並使用全站儀 測量斷層崖高度,進而推算斷層一次錯動的抬升量與對應的地震矩規模。本研究 繪製出的彰化斷層的斷層線長度約 71.7 公里,根據測量與計算結果,彰化斷層 一次錯動的抬升量可能為 0.7±0.1 公尺, 由抬升量 0.7 公尺及斷層近地表傾角 45 度計算,如果彰化斷層全段破裂,產生的地震其震矩規模可能為 7.3。若考慮抬 升量及傾角換算造成的誤差,震矩規模的範圍將介於7.2到7.7之間。本研究所 計算出的震矩規模與前人針對 1848 年彰化地震,利用歷史紀錄的災害範圍所推 估得到的規模相近,顯示該地震很有可能的確為彰化斷層錯動所產生。本研究所 測量與計算得到的參數,在彰化斷層未來地震災害潛勢的計算上,將可以提供重 要的參考與控制。

中文關鍵字:彰化斷層、斷層崖、1848年彰化地震

### 110 年地質與地球物理學術研討會 T1-P-133 Tectonophysics 地震地質及新期構造

#### An exploration of the intention of "new evidence" in the Amendment Procedure of the Geologically Sensitive Area: Taking the amendment of the Active Fault Geologically Sensitive Area of Milun Fault for example

Jin-wei Hsu<sup>1</sup> · Shih-ding Lu<sup>1</sup> · Yu-Jen Chang<sup>1</sup> · Wen-Hsing Cheng<sup>1</sup>

(1)Central Geological Survey, MOEA, Taiwan

According to the Regulations for the Delineation, Amendment and Revocation of Geologically Sensitive Area Status, the active fault Geologically Sensitive Area of Milun Fault (F1011) that based on the new evidence of the surface ruptures occurred in 2018 Hualien earthquake has been the first amendment procedure since the Geology Act came into force. About the intention of the "new evidence" in the statute, the definition in the Administrative Procedure Act and Code of Criminal Procedure can be classified as: (1) The evidence that existed, or was established, but was not investigated in time before the procedure is finished, or (2) the evidence that only come to light or become established after the procedure. Moreover, the integration of the evidence becomes established after the procedure and that existed evidence during or before procedure were also regarded as new evidence in the actuality.

In the procedure of the amendment of the Geologically Sensitive Area of Milun Fault, the new evidences of surface ruptures occurred in 2018 were appeared after the original announcement and deliberation of the geologically sensitive area. Therefore, these surface ruptures can be regarded as the second classification of new evidence mentioned above. Besides, the surface ruptures occurred in 1951 Hualien earthquake that had been considered but not adopted during deliberation of delineation were confirmed by 2018 Hualien earthquake because of the similar trend and geological implication. The ruptures of 1951 Hualien earthquake can be categorized as the first classification of new evidence mentioned above if we consider that as the evidence in the amendment procedure of the Geologically Sensitive Area of Milun Fault.

Regardless of the classification of new evidence applied in the amendment procedure, the geological evidences and indeed research should be the most important foundation no matter the delineation or amendment of geologically sensitive area.

Keywords: Regulations for the Delineation, Amendment and Revocation of Geologically Sensitive Area Status, active fault geologically sensitive area, Milun Fault, new evidence, 2018 Hualien earthquake

### 110 年地質與地球物理學術研討會 T1-P-134 Tectonophysics 地震地質及新期構造

#### 活動斷層地質敏感區(F0021 梅山斷層)劃定簡介

劉彦求<sup>1</sup>、林燕慧<sup>1</sup>、石同生<sup>1</sup>、黄志遠<sup>1</sup>、許晉瑋<sup>1</sup>、陳柏村<sup>1</sup>、盧詩丁<sup>1</sup> (1)經濟部中央地質調查所

梅山斷層為右移斷層,約呈東北東走向,1906年3月17日嘉義發生規模7.1的地震,造成了1,266人喪生與大約2萬至3萬餘戶的房屋全倒、半倒或受損。大森房吉(Omori,1907)地質調查資料顯示,地表破裂分布於雲林縣與嘉義縣境內,東起雲林縣古坑鄉與嘉義縣梅山鄉於華興溪交會處的下莊附近,以西南西走向延伸至嘉義縣民雄鄉山子腳附近,長約12公里;另一分支由民雄鄉陳厝寮西方向西延伸至民雄車站附近,長約4公里,兩段總長約16公里。

依據大森房吉(Omori,1907)地質調查資料,在開元後以東該斷層北側為升側,開元後以西至山子腳一帶斷層南側為升側,在山子腳以西的區域斷層兩側則沒有明顯抬升。梅山斷層在1906年地震時,斷層兩側的變形狀況呈現橫移斷層的特性,整體為對稱形態。

本地質敏感區位於嘉南平原與斗六丘陵的交接帶,依地勢變化由西至東包括平原區、隆起河階—沖積扇區與丘陵區;丘陵區以東則為西部衝上斷層山地(林朝祭,1957)。

梅山斷層活動斷層地質敏感區位於臺灣西南部,自雲林縣古坑鄉與嘉義縣梅山鄉交會處的華興溪北岸,以西南西方向延伸經梅山鄉梅北村、三美莊、開元後、大林鎮中坑、埤頭、人狗坑、溪底、民雄鄉山子腳、過溪仔、寶珠湖至東勢湖,終止於民雄車站附近,長約16公里,總面積約5.0平方公里。

中文關鍵字:1906 年梅山地震、梅山斷層、地表破裂、右移斷層、Omori、活動斷層地質敏感區

### 110 年地質與地球物理學術研討會 T2-P-135 Tectonophysics 大地構造及造山作用

#### 造山帶楔形體演化的熱力學耦合數值模擬 - 以臺灣為例

張家彬1、李元希1、譚諤2

(1)中正大學地球與環境科學系、(2)中央研究院地球科學研究所

臺灣造山作用導因於菲律賓海板塊的呂宋島弧以每年7至8公分的速度向歐亞板塊聚合所致,造山作用開始於約6.5百萬年。臺灣造山楔形體可分為五個構造區域,由東向西依次為屬於菲律賓海板塊的海岸山脈,中生代大南澳變質帶與東部板岩區、中央山脈西側新生代板岩區、雪山山脈板岩區與西部的褶皺逆衝帶。西部的褶皺逆衝帶為未變質的沉積岩與變質的雪山山脈和中央山脈以斷層接觸,由北至南的邊界為雪山山脈的水里坑斷層、地利斷層與南部中央山脈的潮州斷層。在臺灣中段分別在雪山山脈與中央山脈形成兩個變質度高區,其間為中央山脈變質度最低的鷹山層。

對造山楔形體的變形,利用庫倫變形的楔形體或 S 點的模型分析楔形體的變形,其結果多反應大尺度且均勻的變質與變形型態,對於造山帶中常見現象如造山帶中變質岩體與麓山帶間由一主要斷層分隔或如臺灣造山帶中發育兩個變質高區皆無法預測。此外造山帶多位於大陸邊緣,伴隨許多張裂作用時的正斷層,這導致造山帶底部滑脫面常為斷坪-斷坡構造型態。

為能較真實模擬造山楔的變形行為,本研究利用熱-力學耦合的數值分析, 參考推土機模型,以地震層析成像為邊界條件,將楔形體受後阻體推動變形,考 慮不同的侵蝕模型及滑脫面斷層型態,並以臺灣造山帶做為模擬對象。

本研究模擬出近似於現今臺灣造山帶的構造特性與低溫定年年代,模型顯示侵蝕作用對於造山楔的高度與出露變質溫度及年代極為重要。雪山山脈變質高區的形成導因於斷坡構造之上發育的背斜構造,此斷坡構造並導致分隔變質岩區與低度變質區的主要斷層發育。中央山脈出露的高度變質岩受控於深部岩層的塑性變形行為與中央山脈斷層,且在整體楔形體的變形中消耗大部分的縮短量,在模型運動初期至少佔總縮短量的70至80%,隨著時間推移,當後阻體越靠近斷坡,中央山脈消耗的縮短量佔比會逐漸減少,雪山山脈消耗的縮短量佔比則增加,雪山山脈在模型後期佔總縮短量的50%。本研究雖以臺灣造山帶為模擬對象,但模擬結果將可應用到其他造山帶。

中文關鍵字:雪山山脈、中央山脈、造山作用、數值模擬、熱年代學

### 110 年地質與地球物理學術研討會 T2-P-136 Tectonophysics 大地構造及造山作用

#### Fault growth model of Penghu Basin, offshore W. Taiwan

Pin-Rong Wu<sup>1</sup> \ Kenn-Ming Yang<sup>1</sup>

(1)Department of Earth Sciences, National Cheng-Kung University

Evolution of fault systems are the key for revealing the development of rift basins. A fault system is formed by linkage of fault segments. Two models have been proposed for the fault growth of a fault system: (1) isolated model or propagating model, in which individual faults coalesce with each other through increasing displacement and lateral propagation of tips; and (2) constant length model, in which isolated faults propagate rapidly to their final length in the early stage and are followed by accumulation of displacement and linkage without lateral tip-propagation. Several methods and models have been proposed to test the validity of the alternative models.

In this study, we made detailed tectonostratigraphic analysis of Penghu Basin, with a grid of seismic sections to investigate the basin to assess the appropriate fault growth model for the fault systems and to establish the evolutionary model of the basin as well.

Keywords: fault growth, isolated model, constant length model, Penghu Basin



### 110 年地質與地球物理學術研討會 T2-P-137 Tectonophysics 大地構造及造山作用

# Preliminary thermal metamorphic documentation of metasedimentary rocks in Northwest Vietnam and implications for tectonic evolution

Nguyen Thi Kim Dung<sup>1</sup> · Chih-Tung Chen<sup>1</sup>
(1)Department of Earth Sciences, National Central University

Tectonics in northwestern Vietnam are mostly the results of two collision events: the Indosinian event and the India-Asia collision that happened during the Permo-Triassic and the Cenozoic, respectively. Northwest Vietnam lies on the convergent boundary between the Indochina block to the southwest and the South China block to the northeast with distinct geological characteristics. Closure of the Paleo-Tethys led to the collision between the Indochina and South China blocks, and this collision formed the suture zone in the Middle Triassic. Since the early Cenozoic, Indian and Asian continents started to collide, and this collision caused the extrusion of the Indochina block. Most published papers on structures and dating are mainly focused on igneous rocks along the Song Ma Suture Zone and the Red River Shear Zone, while metasedimentary rocks outcropping around the suture zone and the faults in this area have not been thoroughly understood. Therefore, we applied the geothermometer method Raman spectroscopy of carbonaceous material (RSCM) to acquire the peak temperature condition, which is combined with field and microstructural observations along with stratigraphy information to further interpret and reconstruct the tectonic evolution of Northwest Vietnam. A total of 20 metamorphic samples were collected in the Dien Bien province to Lai Chau province, Vietnam. The Raman spectroscopy of carbonaceous material (RSCM) geothermometer is applied to the samples to obtain their peak metamorphic states. The temperature results from RSCM, which are distributed in the range of 215°C to 561°C. In future work, this study will include microstructural results to investigate regional deformation. The results are expected to help explain mountain building processes in the Indosinian period as well as the influence of the later Himalaya-Tibet event on the active Dien Bien Phu fault in the Cenozoic of Northern Vietnam.

Keywords: Northwest Vietnam, South China block, Indochina block, RSCM

### 110 年地質與地球物理學術研討會 T2-P-138 Tectonophysics 大地構造及造山作用

# Active normal faulting in north-central Vietnam illuminated by geomorphic analysis

Vu Anh Dao<sup>1</sup> Yu-Chang Chan<sup>2</sup> Chih-Tung Chen<sup>1</sup> Thi-Hue Dinh<sup>2</sup>
(1)Department of Earth Sciences, National Central University
(2)Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taiwan

Quang Nam basin and surrounding region in north-central Vietnam is seismically active with numerous recent earthquakes and associated geohazard, while there has been limited research regarding the tectonic deformation of the central Vietnam, especially neotectonic features including fault scarps or surface ruptures. This work integrates existing structural data with new detailed geomorphic analyses of the fluvial network to characterize deformation patterns and potential active movements in northcentral Vietnam. Relationship between faults and geomorphology is quantified using 30-m ASTER DEM to extract channel and basin metrics including steepness, concavity, and stream length-gradient indices of modeled river longitudinal profiles. In particular, convex segments of longitudinal profiles (knickpoints) are investigated in the spatial context of suspected active faults. Several knickpoints arise locally from lithological boundaries of different erodibility; however, many knickpoints distributed along-strike of major faults having a clear tectonic origin. The results of the normalized steepness index (k<sub>sn</sub>) exhibit relative higher values on the channels intersecting with the NE-SW to E-W trending faults which are regarded as normal faults by investigation of shearsense indicator in recent fault scarps. This work recognizes the existence of active faults in the area which pose seismic threat including tectonic subsidence to several million habitants of Da Nang and Hoi An cities and adjacent region.

Keywords: Central Vietnam, active fault, river profile, normalized steepness index (k<sub>sn</sub>), tectonic geomorphology, knickpoint.

### 110 年地質與地球物理學術研討會 T3-P-139 Tectonophysics 中尺度地質構造

#### 臺灣東北角萊萊地區褶皺型態探討

吳明諭<sup>1</sup>、魏格<sup>2</sup>、戚務正<sup>2</sup>、羅偉<sup>1</sup> (1)臺北科技大學資源工程研究所、(2)中央研究院地球科學研究所

臺灣東北角沿海露頭多分布於海蝕平台上,其中有許多錯綜複雜的裂隙,可能是多期的破裂並疊加後產生的結果,與不同時期的地質構造有關,尤其以斷層構造為主,斷層產生時會影響周圍的岩石產生新一期的裂隙或干擾原先的裂隙。但除了斷層構造外,褶皺構造也是影響裂隙發育的一大因素,故討論該地區的裂隙幾何時也需將褶皺構造一併探討。

本研究先前分析東北角海岸萊萊地區的裂隙與斷層關係已有初步的結果,於濱海公路 110.5 km-111.5 km 處之主斷層走向大致呈現東北-西南方向,該斷層受到左剪應力的影響,於 110.5 km 處發育出尖端破壞帶(tip damage zone)的馬尾狀構造(horsetail splays)及反向斷層(antithetic fault)之裂隙幾何樣貌,於 111.5 km 處發育出圍岩破壞帶(wall damage zone)的雁型排列斷層(en-echelon fault),但該結果只考量斷層構造對裂隙的影響,並未考量到褶皺構造的影響,為了將褶皺影響的情況考量到裂隙演化過程內,本次研究主要針對該區之褶皺構造,繪製地質剖面,由岩層層面位態的變化與中視褶皺的幾何分析,觀察褶皺不同部位的裂隙性質與變化,同時配合萊萊地區外海的地球物理炸測資料,整合出該區域褶皺與斷層對裂隙的影響情形。

中文關鍵字:臺灣東北角、萊萊、褶皺型態、裂隙分析

### 110 年地質與地球物理學術研討會 T3-P-140 Tectonophysics 中尺度地質構造

#### 南投濁水溪變質碎屑岩的褶皺特徵之研究

劉佳玫<sup>1</sup>、陳品維<sup>1</sup>、江東憲<sup>1</sup> (1)中國文化大學地質學系

本研究於南投武界至巴庫拉斯地區調查結果顯示,位於南投濁水溪沿線的變質碎屑岩呈現一系列的褶皺,堪稱雪山山脈帶的褶皺天堂。此處變質碎屑岩以板岩、粉砂質板岩及變質砂岩為主要組成,因組成岩體的顆粒大小不同時,當岩體在變質作用的影響之下,由於岩體的變形程度差異,進而影響河流發育型態與河床岩體看起來不連續的形貌。本研究將透過地質調查方式,觀察不同尺度的褶皺特徵,採集各種岩性組合的變質碎屑岩,於室內分析碎屑岩的岩象,最後,綜合中視尺度及顯微尺度,提供南投濁水溪沿線變質碎屑岩的褶皺特徵發育之訊息。

中文關鍵字:變質碎屑岩、褶皺、濁水溪、南投



#### 熱液礦床區含石英安山岩岩象特徵之研究

黄品瑄<sup>1</sup>、洪瑋澤<sup>1</sup>、劉佳玫<sup>1</sup>、蔡裕偉<sup>1</sup> (1)中國文化大學地質學系

基隆火山群位於臺灣東北部,於每年10月至隔年4月受到東北季風影響甚劇。另外,基隆火山群多處為熱液礦床區,因此,此處的岩石將記錄受到風化作用及熱液蝕變作用的影響過程。本研究將利用岩象學分析於基隆山、牡丹山、本山、草山以及雞母嶺等5個火山體的含石英安山岩特徵,以影像分析法量化5個火山體的礦物百分比,以了解在風化作用的影響下礦物相的轉變。

本研究總共分析了 109 個標本,標本中顆粒度小於 40 µm 者視為石基,普通 角閃石礦物顆粒邊緣及礦物內部皆有出現黑色外質,因此將其依照呈現出的樣貌 及光學特性進行分類,一共分為 5 類。其中第一類(I)為普通角閃石外圍呈現黑色外觀,礦物內部呈現普通角閃石的光學特性;第二類(II)為普通角閃石完全無法 以光學特性判斷,其外型為普通角閃石;第三類(III)為普通角閃石轉變為黑雲母,外型為普通角閃石,內部呈現黑雲母的光學特性;第四類(IV)為普通角閃石轉變為方解石,外型為普通角閃石,內部呈現方解石的光學特性;第五類(V)為普通角閃石轉變為緣泥石,外型為普通角閃石,內部呈現綠泥石的光學特性。基隆山、牡丹山礦物組成主要為斜長石和普通角閃石;前者第一類和第二類的普通角閃石 估了近 90%;後者則 5 種類型的普通角閃石都有,其中又以第三類含量最多。本山的礦物組成與基隆山和牡丹山相同,然而,普通角閃石類型則以第二類含量最多。本山和雞母嶺礦物組成主要為斜長石、普通角閃石和輝石類,且兩座火山體皆以第二類的普通角閃石含量最多。目前,初步判斷鄰近熱液礦床區的含石英安山岩受到風化作用影響易產生洋蔥狀的外形,且岩石中含量最多的普通角閃石類型也較多,因此,可從中觀察風化過程的產物。

中文關鍵字:熱液礦床區、含石英安山岩、岩象學、普通角閃石、輝石類

#### 大屯火山群南側地震活動之探討

賴雅娟<sup>1</sup>、史旻弘<sup>1</sup>、林正洪<sup>2</sup>、李曉芬<sup>1</sup>、洪國騰<sup>3</sup> (1)國家地震工程研究中心、大屯火山觀測站、(2)中央研究院地球科學研究所、 國家地震工程研究中心、大屯火山觀測站、(3)經濟部中央地質調查所

地震活動為火山監測中相當重要的一個項目,分析地震的時空分佈變化將有助於探討區域內應力的變動情形。因此於大屯火山群佈設一高密度的寬頻地震網監測該區域的地震活動,過去近二十年的觀測資料顯示大屯火山群的地震主要集中分佈在三個區域,由西至東分別為七星山、大油坑至擎天崗及八煙至磺嘴山區域,其餘地區的地震活動則相對低且零散。但近期自2020年7月開始於七星山南側區域開始發生數起規模大於2.0的微震,該區域地震活動延續至8月,且活動性有稍高的趨勢,除微震數量增加,較大規模事件也增加,且震央分佈呈南北向線形。該區域雖為大屯火山區域背景活動度偏低的區域,但過去觀測資料中大屯火山區最大規模的2014士林地震即發生在該區域。該發震區域的震源深度集中在6-8公里,而地震活動高的七星山、大油坑及八煙區域的震源深度集中在6-8公里,而地震活動高的七星山、大油坑及八煙區域的震源深度集

中文關鍵字:大屯火山群、地震活動

#### 大屯火山群之常見次聲波訊號

史旻弘<sup>1</sup>、林正洪<sup>2</sup>、賴雅娟<sup>1</sup>、李曉芬<sup>1</sup>、鄧嘉睿<sup>1</sup>、林欽仁<sup>2</sup> (1)國家地震工程研究中心、(2)中央研究院地球科學研究所

次聲波(Infrasound)是指頻率低於 20 Hz 的聲音訊號,一般而言人類的耳朵無 法感知,但動物卻可以感受到次聲波的頻率甚至利用來溝通。在自然界中,大規 模的自然現象,如火山噴發或隕石進入大氣層,都能產生強烈的次聲波訊號,在 地球表面傳播數千公里甚至更遠,而諸如劇烈天氣狀況、極光、海浪、雷擊、地 震,也都能產生次聲波訊號。同樣人為活動,若有產生爆炸或爆裂等物理行為, 如核子試爆、火箭發射、軍事和工業行為所造成之爆炸,甚至飛機之超音速飛行、 發動機、風力發電機組等人為工業機具運作同樣也能產生。目前,世界上最大的 次聲波監測網屬於國際監測系統 IMS (International Monitoring System) 的一部分, 此系統隸屬於聯合國全面禁止核試驗條約組織(Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization, CTBTO)。該組織之主要任務為利用設置在全球各地的監測 站,監測是否有核子試爆後產生之各種信號,以確定是否有國家進行核子試爆。 該監測網所紀錄之各種資料,也同時提供給研究人員,針對不同之研究分析使用。 而次聲波訊號之監測也常使用在火山地區,用以確定各種火山地區特有聲波訊號 之來源的定位,如火山噴發、噴氣孔、火山泥流或山崩等。本研究將使用大屯火 山群地區之次聲波監測網所記錄到之各種訊號,確定其來源與可能之成因,提供 大屯火山群活動監測參考。

中文關鍵字:次聲波、大屯火山群、大屯火山觀測站

### 110 年地質與地球物理學術研討會 V2-P-145 Volcanology and Geochemistry 火山學

#### 大屯火山群與龜山島近期地化監測之時空變化

李曉芬<sup>1</sup>、林正洪<sup>2</sup>、羅清華<sup>3</sup>、賴雅娟<sup>1</sup>、史旻弘<sup>1</sup>、劉進興<sup>1</sup>、 張麗琴<sup>1</sup>、洪國騰<sup>4</sup>

(1)國家地震工程研究中心、(2)中央研究院地球科學研究所、(3)臺灣大學地質科學系、 (4)經濟部中央地質調查所

以流體地球化學方法來監測火山活動是目前火山學界廣泛使用,也是最有效的方法之一。工作團隊於大屯火山群已進行多年的地化監測工作,除了定期於火山噴氣口及溫泉區直接採集樣品分析之外,還採用連續土壤氣體監測站的方式來監測火山活動。自 2018 年年底開始,在主要噴氣口的氣體成分分析中發現氦氣有明顯增加現象,2019 年整年的變化更為明顯,至 2020 年時稍微回復,然而與過往的背景值相較之下仍偏高。同時期噴氣中的氯化氫濃度亦出現明顯增加現象。不過氦同位素(3He/4He)在此期間顯示相當穩定沒有明顯變化,另一重要指標的CO2/Stotal 比值亦顯示系統偏向以熱液活動為主。溫泉水樣品的分析結果在 2020年也發生陽離子濃度異常增加現象,於大油坑與八煙地區最為顯著。由於陽離子的變化可能和熱液滷水與圍岩反應相關,因此初步判斷是熱液活動增強的訊號。

工作團隊於 2020 年也開始採集龜山島海底溫泉樣品分析其主要氣體組成。然而比較過往的資料出現明顯的差異。樣品中的空氣組成與往年分析結果相較之下比例較重,然而氦同位素又顯示氦氣主要為深部(岩漿)來源。預想造成這個現象的可能原因為前幾年的海底山崩改變了部分氣體來源,造成有較多的空氣端成分(N2和 Ar)進入系統,但是因為空氣中的氦氣量少且不易進到海底系統,因此沒有造成氦同位素的變化。

中文關鍵字:大屯火山群、龜山島、大屯火山觀測站、流體地球化學

#### 臺灣西南外海永安海脊岩芯沉積物之砷分布及其意義

楊鈞恩<sup>1</sup>、洪崇勝<sup>2</sup>、楊懷仁<sup>1</sup> (1)成功大學地球科學系、(2)中央研究院地球科學研究所

臺灣西南部嘉南平原部分地下水含高砷濃度(>0.35 ppm),但其砷的來源 與遷移機制尚無定論。地下水賦存於沉積岩層中,故沉積物與地下水密切相關, 沉積物中砷的分布特徵因而成為瞭解地表砷循環之重要因子。本研究分析中央地 調所於永安海脊鑽取岩芯(MD178-3274)之沉積物。以每 30 cm 間距,密集採 集,以建立沉積物砷濃度與深度之連續變化,並挑選其中 33 個樣本,進行砷的 連續萃取分析,解析砷於各寄主中之分佈比例,以推測砷釋出潛勢。

永安海脊岩芯長度 24.7 m,沉積物粒徑為粉砂、黏土偶掺有深褐色或黑色結核顆粒。所分析 82 個樣本的砷含量介於 1.57 到 13.3 ppm 之間 (平均值為 7.7 ppm),為典型之沉積物砷含量 (全球沉積物平均砷含量約為 8 ppm)。此砷濃度範圍低於嘉南平原沉積物的砷含量 (最高至數百 ppm),暗示臺灣西南外海沉積物抬升上陸之後,又歷經數次砷富集作用。砷連續萃取結果顯示,以 0.05 M 磷酸氫鈉 (NP) 萃取之吸附的砷為總砷量的 12 %~40 %,大多大於 20 %,明顯高於一般沉積物吸附砷之比例 (以孟加拉砷汙染地區為例,<15%),此等高比例之吸附砷暗示可由脫附而釋出大量砷。又以鹽酸萃取的砷約佔總砷的 10 %~20 %,此部份的砷,一般被認為由錳氧化物釋出。相較於全球嚴重砷汙染地區沉積物之主要砷寄主—針鐵礦而言,錳氧化物更容易因還原作用而分解釋出砷,又為另一种釋出機制。整體而言,錳氧化物更容易因還原作用而分解釋出砷,又為另一种釋出機制。整體而言,鍾續萃取分析結果呈現臺灣西南外海沉積物具高砷釋出潛勢,釋出的砷於地下水與沉積物間循環,於適當的氧化還原環境中再富集,形成嘉南平原的高砷沉積物。

洪崇勝等人(2015)依沉積物磁性礦物種類,將永安海脊岩芯沉積物分為 0-7.52 m (I)、7.52-18.30 m (II)、18.30-24.70 m (III) 等三區,分別代表尚未還原的均一粒徑碎屑 (I)、強烈還原環境的少量碎屑源磁性礦物 (II) 及溫和還原環境的還原態硫複鐵礦及黃鐵礦 (III)。然分析結果顯示總砷濃度無法與此區分完全對比,深度 19.52 m 以上之沉積物的砷濃度在 4 到 13 ppm 之間震盪,於未還原帶與強還原帶內無法明確區分,但在深度 19.52 m 以下之溫和還原帶,濃度明顯下降,最低值為 1.57 ppm,似又與氧化還原環境變化有關。再者,吸附砷的比例在 8.42 m~8.72 m 處達最大值 (40%),恰為未還原帶與強還原帶的分界,砷分佈又有受氧化還原環境變化控制的跡象。現有數據顯示,砷分佈與磁性礦物種類之相關性仍需以其他岩芯資料驗證,若屬實,再探討肇因。

中文關鍵字:砷、沉積物、連續萃取

#### Geochemical and age characteristics of the volcanic rocks in West-Central Java

Andrie Al Kausar<sup>1</sup> · Yu-Ming Lai<sup>2</sup> · Lediyantje Lintjewas<sup>1</sup> · Iwan Setiawan<sup>3</sup> · Hao-Yang Lee<sup>4</sup> · Long Xiang Quek<sup>2</sup>

(1)Department of Earth Sciences, National Taiwan Normal University; Research Center of Geotechnology, LIPI, Indonesia (2)Department of Earth Sciences, National Taiwan Normal University (3)Research Center for Geotechnology, Indonesian Institute of Sciences (4)Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taiwan

Java Island is a part of the Sunda Arc located in the Sundaland southeastern margin. It was formed by the subduction of the Indo-Australian Plate beneath the Eurasia Plate. Island are magmatism begins in the early Cenozoic and continues to erupt until Recent. The previous dating works of magmatic rocks mainly used K-Ar method, which may show younger ages due to the low closure temperatures of muscovite and biotite (350-300 °C). Moreover, the geochemical analyses only focus on particular volcanoes. In this study, we focus on eastern West Java and Central Java, using zircon U-Pb geochronology and whole-rock geochemistry to study five volcanic bodies in this area. A total of 28 volcanic rock samples were collected from West Java (Mt. Sunda, Mt. Malabar and Mt. Guntur) and Central Java (Mt. Slamet and Mt. Merapi). Geochemistry of the West-Central Java samples varies from basalt, andesite to dacite. They are comparable to calc-alkaline to high-k calc-alkaline volcanic rocks. There is no clear difference between the REE patterns of these samples. Primitive mantle normalized trace element diagram shows typical subduction signature, enriched in LILE (Rb, Ba, Th, U, and K) and depleted in HFSE (Nb, Ta, and Ti). Zircon U-Pb dating results show that volcanic rocks in Mt. Sunda (andesite, 4.05 Ma; dacite, 3.77 Ma), Mt. Malabar (basaltic andesite, 6.74 Ma; dacite 4.37 Ma) and Mt. Guntur yielded a weighted average of 0.73 Ma. Both Mt. Slamet and Mt. Merapi samples are mafic and did not yield any zircon U-Pb age. The mafic volcanic rocks tectonic discrimination ternary diagrams (TiO2-MnO-P2O5 and Nb-Zr-Y) show that the samples from West-Central Java were probably formed in an island arc subduction process. Using the formula from the correlation of Indonesian active volcanic geochemistry with Benioff Zone depth, the depth of these magmas may have ranged about 131-201 km below the surface.

Keywords: Java Island, Sunda arc, geochemistry, zircon U-Pb geochronology

### 110 年地質與地球物理學術研討會 V5-P-148 Volcanology and Geochemistry 地殼與地函的岩石圏構造交互作用

### Characterizing the granitic rocks of the Doba basin, southern Chad Tran Thi Hue<sup>1</sup> \ John Gregory Shellnutt<sup>1</sup> \ Tung-Yi Lee<sup>1</sup> \ Meng-Wan Yeh<sup>1</sup> \ Chih-Cheng Yang<sup>2</sup>

(1)Department of Earth Sciences, National Taiwan Normal University (2)CPC-Taiwan, Exploration and Production Business Division

This preliminary study attempts to characterize the granitic rocks in order to make first-order observations and determine if they could be part of the same intrusive body. The granites from the Djabi-1 well (2440-2473 m depth) are mostly potassium feldspar (~30 vol%), plagioclase (~25 vol%) and, quartz (~25 vol%) with a small amount (~20 vol%) of mafic minerals (e.g., biotite, clinopyroxene, hornblende). The granites from Mouroumar-1 well (2250-2350 m depth), are mainly potassium feldspar (~60 vol%), plagioclase (~15 vol%), quartz (~18 vol%) with a minor amount (~7 vol%) of mafic minerals (e.g., biotite, clinopyroxene, hornblende). The granites from Benoy -W2 well (3180-3230m depth) are mainly potassium feldspar (~55 vol%), plagioclase (~20 vol%), quartz (~20 vol%) with a minor amount (~5 vol%) of mafic minerals (e.g., biotite, clinopyroxene, hornblende). The granites from Kiagor -1 well (2700-2736.3 m depth) are a large amount of potassium feldspar (~50 vol%), plagioclase (~20 vol%), and quartz (~20 vol%) with a minor amount (~10 vol%) of mafic silicate minerals (e.g., biotite, clinopyroxene, hornblende). The granites from Bebalem-1 well (2965-3000 m depth) have main components of potassium feldspar (~40 vol%), plagioclase (30 vol%), quartz (~20 vol%), and mafic minerals (~10 vol%). All of the rocks are coarse-grained and granular and mostly slight pink (Benoy-W2, Kiagor-1, and Bebalem-1 wells) to reddish (Mouroumar-1 well) color for the exception of the rocks from the Djabi-1 well which are darker due to the greater abundance of mafic silicate minerals. The mineralogy of the granites suggests that there were at least three distinct magma pulses beneath the Late Cretaceous sedimentary rocks of the Doba basin.

Keywords: Chad, Doba basin, granite, Central African Orogenic Belt, Late Ediacaran