

出國報告（出國類別：開會）

參加 2025 年亞洲大洋洲區地球科學 協會（AOGS）研討會

服務機關：經濟部地質調查及礦業管理中心

姓名職稱：洪國騰技正

派赴國家：新加坡

出國期間：2025/7/27~8/2

報告日期：2025/8/12

目 錄

一、	摘要	1
二、	目的/背景介紹	2
三、	會議過程	5
四、	心得及建議	14

一、摘要

亞洲大洋洲地質科學會（AOGS）會議主題涵蓋地球科學領域各大學門，包括大氣科學、水文科學、固體地球、海洋科學、行星科學、生物地質、跨領域地質科學等，今年在新加坡濱海灣的金沙展覽中心（Sand Expo & Convention Centre）舉辦，為期 6 天。職本次發表與本中心計畫相關之大屯火山岩漿活動自主研究階段性成果，藉由會議發表與國外研究者交流討論以精進研究內容。本次會議心得主要有三點，第一是機器學習/神經網絡/人工智慧模型方法已日漸普及，電腦強大的運算能力適合分析人腦無法消化的巨量資料並處理複雜變因，如何將其融入日常環境監測資料的實際運用是值得投入的發展方向。第二是無人機應用的推廣與深化，可預見未來無人機勢必在現場調查扮演更為重要的角色，積極強化機關內部人員之無人機操作能力與考取證照人數，對於未來機關辦理緊急災害調查、地質遙測、礦場監管查核等一般業務可達事半功倍之效。第三是交通部中央氣象署氣象中心同仁投稿踴躍，機關鼓勵同仁自主研究風氣，除可展現同仁工作專業素養，亦有益於機關整體專業能力與形象之提升。

二、目的/背景介紹

亞洲大洋洲地質科學會 (The Asia Oceania Geosciences Society, 簡稱 AOGS) 是亞洲地區地球科學界年度例行盛事，會議主題涵蓋地球科學領域各大學門，包括大氣科學、水文科學、固體地球、海洋科學、行星科學、生物地質、跨領域地質科學等主要學門，是亞洲地科研究者最常參加的大型國際學術交流活動，其中 80% 參加者來自亞洲，20% 來自其他地區，今年會議在新加坡濱海灣的金沙展覽中心 (Sand Expo & Convention Centre) 舉辦 (圖 1)，7/27 至 8/1 為期 6 天。



圖 1、2025AOGS 年會會場，位於新加坡濱海灣的金沙展覽中心 4 樓。

職本次參加亞洲大洋洲地質科學會 2025 例行年會係發表在本中心台灣火山活動監測研究計畫資源支持下進行大屯火山活動相關自主研究之階段性成果，發表題目為「Magma Evolution from Storage to Eruption: Implications to the Status of Magma Reservoirs beneath Tatun Volcano Group from the Perspectives of Petrologic Data (岩漿從儲集至噴發的演化: 基於岩石學資料對大屯火山群岩漿庫的隱示)」(圖 2)，會議論文編號 SE17-A003。藉由國際會議發表與國外相同領域研究者交流意見，收集想法與建議，做為未來研究內容精進之基礎，並學習國外相關領域研究之新觀念理論或技術發展，設法汲取其方法、經驗或創見。

Thu-31 Jul: AS68-A010

AOGS2025 22nd Annual Meeting
27 Jul - 1 Aug 2025

Magma Evolution from Storage to Eruption: Implications to the Status of Magma Reservoirs beneath Tatun Volcano Group from the perspectives of Petrologic data

Guo-Teng Hong^{1,2}, Kuo-Lung Wang^{2,3}, Cheng-Hong Chen², Yoshiyuki Iizuka³

¹Geological Survey and Mining Management Agency, MOEA, Taiwan

²Department of Geosciences, National Taiwan University, Taiwan

³Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taiwan

Abstract

This study aims to find the Tatu Volcans Group (TVG) magma stagnation depth as a proxy of the reservoir depth beneath the bathothermobarometry compared with known geophysical data to evaluate the magma reservoir status through time. With the calculated pressure-temperature paths and ascent rates of four sequential magma units in a borehole drilled at Mt. Tatu, the previous TVG eruptive behavior could be constructed for its potential hazard assessment. 57 mineral targets (amphibole, pyroxene, titanomagnetite) from four porphyritic and/or aegirine lava units (Pleistocene in age) respectively were examined by EPMA for their compositional and textural characteristics.

The amphibole phase shows a concise ascending path from 24 to 5 km in depth with temperatures decreasing from 1,040 to 820°C. Clinopyroxene-orthopyroxene pairs display a more converging pressure

and higher temperature range indicating the depth from 20 to 5 km with temperatures decreasing from 1,200 to 920°C. Thermal exsolution strips of titanomagnetite reflect a lower temperature range between 900 and 500°C.

The pressure-*time*-temperature data roughly depict the magma stagnation depths equivalent to the reservoir location in the Pleistocene and record a clear magma ascent path through crystallization. Compared with the 15–8 km deep magma reservoir proposed by the teleseismic model (Huang et al., 2020), this study infers a larger, more diverging range of magma ponding depth that may favor a deeper source region. The high consistency between the Pleistocene magma stagnation depths and model-inferred magma reservoir may imply the potential of magma extrusion beneath the northern Taiwan region in the long term.

Introduction



Figure 3: Spatial distribution of volcanoes in northern Taiwan

- The hazard potential of Tates volcano group (TVG) is of great concern for capital security issues.
- The study aims to understand the previous volcano behavior by petrological approaches in a hazard evaluation point of view.

Geological Background



Figure 2: The Tatun volcano group (TVG) is subdivided into 6 volcano subgroup in northern Taiwan.



Figure 4: Isochron dating giving the ages of extrusive rocks in each volcanic subglacier.

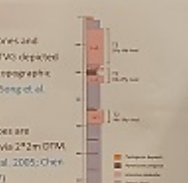


Figure 3: Lithologic column of drilling core DT-01

- The eruptions of these volcano subgroups highly overlapped in time and space.
- Most volcanoes within the TNG may be sourced from the same reservoir(s).



Figure 5: Extractive ages of exposed lithosomes in each volcano subgroup. Time (part of the lithosomes) are summarized from Fig. 4.

Methods

- Amphibole reaction rims
- Rim thickness $\rightarrow$ P-T path of decompression
- Estimation of magma ascent rate
- P-T conditions at magma crystallization
- Magma ponding depths (reservoirs)
- Applicable mineral pairs
- P-T estimations: Amph, Pyx/Anst, two-Pyx, 1-Pyx
- Melt compositions in equilibrium with Amph



Results



Figure 7: thermobarometric results of amphibole and 2-pyroxene pairs from the 4

- Amp crystallized at slightly higher P-T than pyx except in LV3.
 - The larger the extrusive quantity is, the wider the P-T extends.
- Uncertainty for Amp (Ridolfi et al. 2010):
 +22°C, +70MPa, for 2-Pyx (Patrike 2008):
 +56°C, +50MPa



Figure 8: DT-DI magma ascent rate estimated with amphibole rim (other reference data cited from Rutherford (2008)).

- Extrusive magma ascent rates estimated in DT-01 core are consistent with several known cases around the world (e.g., St. Helens, Soufriere Hills, Unzen, Black Butte).
- No explosive magma ascent rates are observed in DT-01 core.

Discussion

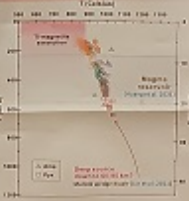


Figure 9: Magma stagnation depth indicated by the P-T constraints of the mineral is consistent with the magma reservoir depth proposed by the teleseismic model (18–20 km; Huang et al., 2021). Mantle-wedge diapirs inferred from P-wave scattering in the depth of 60–95 km (Jin et al., 2021) may be a melt supplier.

Known facts:

- P-T constraints from Amp pairs, and Fe-Ti oxides pairs.
- Amp & Pyx crystallized in temperature/depth range.
- Amp has Pyx inclusions.

Observation-based inference

- Ice crystallized prior to coagulate melt
- Ice clots (glomerulophytic) support that crystal fraction changed the melt composition mafic to intermediate (from And crystallized)

More Works

- Magma evolution path and reservoir conditions implied by Ar–Ar decomposition measurements.
- Geophysical model of the magma reservoir as present.
- Temporal and spatial variation of the magma reservoir since Pleistocene.
- Reactivation potential of TWS magma reservoir in the future.

圖 2、職發表於 2025AOGS 年會的論文海報，會議專題論文編號 SE17-A003。

本中心（前身地調所）最早自 90 年代開展大台北地區特殊地質災害調查計畫，建立大屯火山與龜山島火山之地質環境資訊基礎調查資料並確立其潛在活火山之定位。2011-2020 年間，機關計畫角色逐漸轉變為針對火山背景活動的監測

以及監測技術精進。2021 年起，隨著災防法的修訂納入火山活動災害，計畫內容增加火山活動潛勢調查與災害圖資建置。有鑑於早期火山研究對於其噴發活動年代界定並不精確，近年研究成果傾向認為大屯火山與龜山島比過去認知更為年輕，影響其長期活動潛勢/災害風險評估甚鉅。2024 年起，計畫重心定為火山噴發活動年代重新解析與再活動可能性評估。本自主研究扣合中心計畫目標，以大屯火山岩漿庫演化為題，為國內首見以岩石化學方法評估過去岩漿庫深度範圍，並與近年地物資料獲致之岩漿庫位置進行比較之研究，預期結果可視為大屯火山岩漿庫長期演化評估與再活動潛勢之關鍵證據。

三、會議過程

本次會議行程如下表 1。

表 1、參加 2025AOGS 年會之出國行程表。

預定起訖日期	天數	起訖地點	工作內容簡述
2025/7/27	1	台北-新加坡	啟程:台北→新加坡
2025/7/28-8/1	5	新加坡	參加 AOGS 年會
2025/8/2	1	新加坡-台北	回程:新加坡→台北
小計	7		

職本次參與議程包括大會特邀演講、地震、火山、大氣等學門專題討論。其中口頭報告專題討論有「SE04-從東南亞和東亞的活動構造到地震災害」、「SE10-我們從規模 7.6 Noto 地震與規模 7.4 花蓮地震學到甚麼」、「SE17-東亞和東南亞火山與地震學」、「SE19-從歷史與地質紀錄推測古地震、海嘯和火山爆發」、「SE11-慢-快地震科學」；海報專題討論有「SE 固體地球地質」、「AS 大氣科學」，個別議程主題要旨與報告概要分述如下。

「大會特邀演講-Kamide 講座」由日本東北大學唐啟賢助教授以「菲律賓海板塊西緣地震與無震滑移的特徵」為題報告其最新發表成果(圖 3)，該研究主要探討 2022 年兩起重大地震事件，第一起是發生在菲律賓海板塊西緣斷層上、規模>7 的事件，無地表破裂，以 GNSS 與 SAR 衛星等測地資料分析顯示同震滑移發生於斷層 11-20 公里深度，生震層可能厚達 30 公里。第二起地震是發生在台灣東部縱谷板塊縫合帶的旗山地震序列，序列從規模 6.5 的前震開始，17 小時後發生規模 7.0 主震，地震來自西傾中央山脈斷層，藉由測地資料能夠清楚描繪發震的中央山脈斷層和接鄰的縱谷斷層之間的同震滑移和震後變形現象。最後以 25 年 GNSS 長期觀測資料討論南琉球弧前構造的淺部慢滑移事件，引申出對於琉球下方隱沒板塊解析之貢獻以及比對歷史海嘯事件致災地震的同調性，闡明日後應強化海床斷層構造之活動特性與其致災性研究之重要性。



圖 3、大會特邀演講-Kamide 講座由日本東北大學唐啟賢助教授報告「菲律賓海板塊西緣地震與無震滑移的特徵」。

「大會特邀演講-特聘講座」由台灣國立中央大學許樹坤教授以「琉球-台灣-菲律賓板塊聚合邊界的關鍵構造」為題分享其長年海域調查成果精要（圖 4），由菲律賓海板塊向北隱沒產生弧前盆地內正斷層張裂之構造發育觀點，指出琉球島弧的宮古島下方活動構造日後引發地震海嘯之可能。



圖 4、大會特邀演講-特聘講座由台灣國立中央大學許樹坤教授報告「琉球-台灣-菲律賓板塊聚合邊界的關鍵構造」。

「SE04-從東南亞和東亞的活動構造到地震災害」專題包括：以高精度地表變形資料與宇宙源核種定年探討晚第四紀中國青海-西藏斷層滑移速率（Haoyu Zhou, SYU, China）、以高密度連續 GNSS 資料量測泰國地殼變形（Dr Weiwei Wu, Institute of Earthquake Forecasting, CEA, China）、新加坡克朗河盆地的潛在活動斷層證據（Prof Aron J. Meltzner, NTU, Singapore）、以 GNSS 和 InSAR 資料估算南海海槽和中央構造線的穩定耦合關係（Kohei Shimotsuma, Univ. Tsukuba, Japan）等講題。本場次的研究內容著重以各種地表變形觀測資料估算重要斷層構造之活動特性，上述方法在台灣地震斷層研究領域已有廣泛應用，本中心所產製的全台 GNSS 地表變形觀測網與跨斷層精密水準測量資料已是國內活動斷層觀測、地震災害調查、災害潛勢評估仰賴的重要基礎資料之一，本專題彰顯上述基礎觀測資料在斷層活動研究仍舊扮演不可或缺的關鍵角色。

「SE10-我們從日本能登半島規模 7.6 地震與台灣花蓮規模 7.4 地震學到甚麼」專題包括：地震震央群集顯示的能登半島斷層幾何形貌（Dr Yasunori Sawaki, Ritsumeikan Univ., Japan）、能登半島地震近地表層的同震弱化與震後癒合現象（Dr Miroslav Hallo, DPRI, Kyoto Univ., Japan）、能登半島地震後的都市環境變化（Yu-Yun Liu, NTOU, Taiwan）、能登半島地震海嘯對南韓近岸的變形效應（Prof Tae-Kyung Hong, Yonsei Univ., South Korea）、花蓮規模 7.4 地震的海岸抬升和海嘯堆積層（Prof Yu Wang, NTU, Taiwan）、地震預警和震後評估的 Shapemap 演進技術-以花蓮規模 7.4 地震為例（Dr Shu-Hsien Chao, NCREC, Taiwan）等。本專題研究內容係藉由地震災害的地震特徵與地表地質調查解析致震斷層的幾何形貌、滑移特性、致災方式、與相鄰活動斷層之相互關係，以及區域地震活動潛勢，有助於日後擬定斷層活動監測方針、災害風險評估與強化防災措施。

「SE17-東亞和東南亞火山與地震學」專題包括：以分散式聲波感測光纖系統 DAS 偵測日本櫻島火山泥石流（Prof Haruhisa Nakamichi, Kyoto Univ., Japan）、美國 Muana Loa 火山 2022 年噴發觸發火山滑脫面去活化現象（Mizuki Matsuda,

ERI, Univ. Tokyo, Japan)、地表變形模擬結果呈現的日本櫻島火山 2015 年岩漿侵入事件 (Takumi Kemmochi, Univ. Tokyo, Japan)、P 波衰減證據指示新生代中國東北板塊間火山作用的可能成因 (Dr Hanlin Liu, ITPR, CAS, China)、近場紀錄提供的斷層破裂物理新觀點 (Prof Hongfeng Yang, CUHK, Hong Kong SAR) 等。本專題的內容較為發散，惟各講題對台灣火山監測研究皆有不同面向的啟示，如日本發展中的火山災害光纖監測技術，反映國際上光纖監測技術進展已接近商業化成熟階段，在台灣亦有光纖技術應用於斷層研究的案例 (中研院團隊-花蓮米崙斷層) 以及置入地熱探勘井的首次試驗 (本中心-大屯火山馬槽)，該技術的應用有機會在台灣相關環境監測領域深植。而地震與地表變形分析在地殼內岩漿遷移之力學研究的相關應用，則是台灣火山研究欠缺著墨、日後亟需加強的面向。

「SE19-從歷史與地質紀錄推測古地震、海嘯和火山爆發」專題包括：1952/3/19 Mw6.3 平壤市郊地震的震源特性與地震災害 (Prof Tae-Kyung Hong, Yonsei Univ., South Korea)、從地震活動與近期強震重新檢視 1951 年台灣台東地震 (Dr Ming-Che Hsieh, NCU, Taiwan)、解析 1945 年印度次大陸西岸 Makran 隱沒帶海嘯與歷史海嘯衝擊的情境模擬 (Nayan Kirpashankar Sharma, IITK, India)、日本古地震的震央與規模 (Dr Kazuki Koketsu, Keio Univ., Japan)、東京都會區有感與致災地震的歷史與未來概率 (Prof Kenji Satake, NCU, Taiwan)、以 AMT 技術分析位於沖繩海槽系統西端宜蘭平原地下斷層系統以評估地震再現性 (Dr Ping-Yu Chang, NCU, Taiwan)。本專題著重於分析歷史地震或海嘯紀錄以評估未來災害再現性，案例來自韓國、日本、印度、台灣等地，藉由研究討論分享以不同方法進行地震災害評估之經驗成果、呈現面向與應用展望。

「SE11-慢-快地震科學」專題內容甚多，包含 16 篇講題，僅擇要列舉如下：巨大逆衝斷層地震循環對淺慢地震發生的調節-南海 vs. Cascadia 案例 (Dr Kelin Wang, GSC, Canada)、慢滑移作為斷層應力的關鍵性指標 (Dr Valere Lambert, UCSC, United States)、日本關東地區兩種巨大逆衝型地震和房總慢滑移事件的數

值模擬 (Dr Takanori Matsuzawa, NRIESDR, Japan)、速率強化斷層的應力驅動不穩定-動力破裂條件 (Dr Eyüp Sopacı, EOS, Singapore)、慢與快地震和滑移不穩定性 (Prof Satoshi Ide, Univ. Tokyo, Japan)、使用循環神經網絡的 B 值估算法 (Dr Naofumi Aso, Tokyo Univ. Sci., Japan)、南海隱沒帶 20 年期間深部低頻地震特徵 (Prof Aitaro Kato, ERI, Univ. Tokyo, Japan)、以新指標分類淺隱沒帶的一般地震和構造顫震 (Dr Akiko Toh, JAMEST, Japan)、地震破裂時應變局部化的原始力學模擬 (Prof Luca Dal Zilio, NTU, Singapore)。以上研究顯示慢地震或慢滑移對於斷層能量釋放的重要意義，惟其作用機制對於斷層長期活動性的影響以及其與大型地震之間的相互作用關係有待更多理論研究與觀察結果解明。

「SE 固體地球地質」海報專題今年的火山學相關研究僅有四篇，除職之外，另三篇研究分別為 1.西南日本古近紀 Mineoka-Setogawa 含蛇綠岩套混同層中高鎂安山岩的岩石成因學-原始岩漿經地殼吸收作用的角色 (Tsumugi Kato, Chiba Univ., Japan) (圖 5)、2.印尼 Sumatra 島構造與火山作用固有關聯性之初步評估 (Andrea Verolino, NTU, Singapore) (圖 6)，以及 3.台灣大屯火山群特徵群震前地震活躍通道的波速增加現象 (Prof CH Lin, IES, Academia Sinica, Taiwan) (圖 7)。研究 2.以統計學多變量方法分析各種環境變因，嘗試歸納出主控斷層構造或火山作用背後的潛在作用機制。研究 3.林正洪教授揭露大屯火山群大油坑下方具高度地震活動性的流體通道構造，其 P 波速度構造層析剖面呈現出時間變化，顯示大油坑區域淺部地殼流體壓力經常改變，可能反映某種火山淺部流體遷移機制，對於解析火山地下熱液活動提供重要觀察證據。

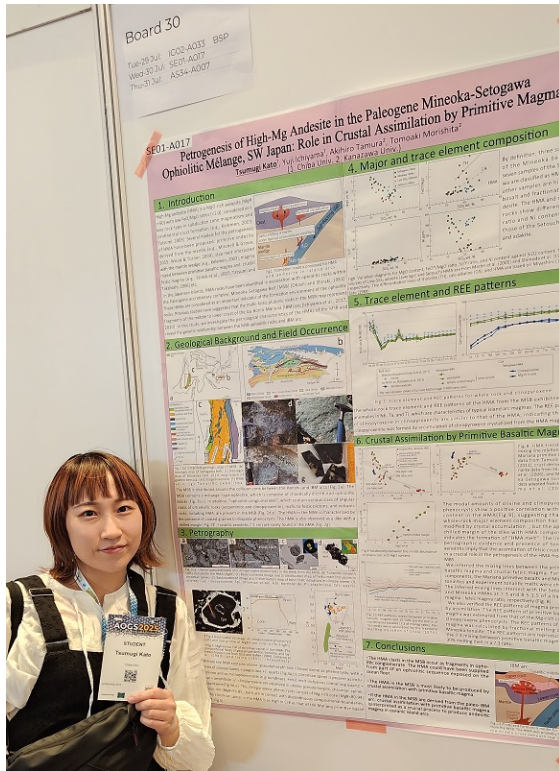


圖 5、日本千葉大學 Tsumugi Kato 報告西南日本古近紀 Mineoka-Setogawa 含蛇綠岩套混同層中高鎂安山岩的岩石成因。Kato 同學為碩士生，分享研究的熱忱值得學習。

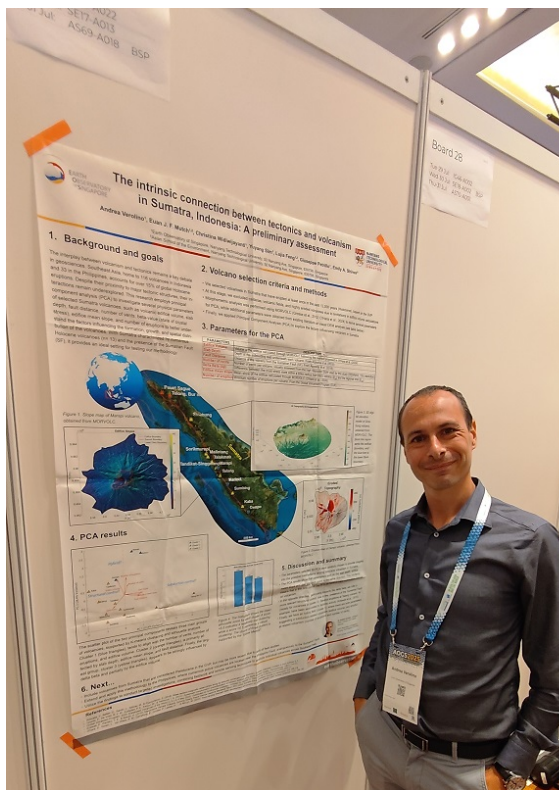


圖 6、新加坡南洋理工大學 Andrea Verolino 博士報告印尼 Sumatra 島構造與火山作用固有關聯性之初步評估。Verolino 博士為火山災害模擬評估專家，曾於 2 年前造訪台北，與職一同調查大屯火山群紗帽山附近火山沉積物剖面。

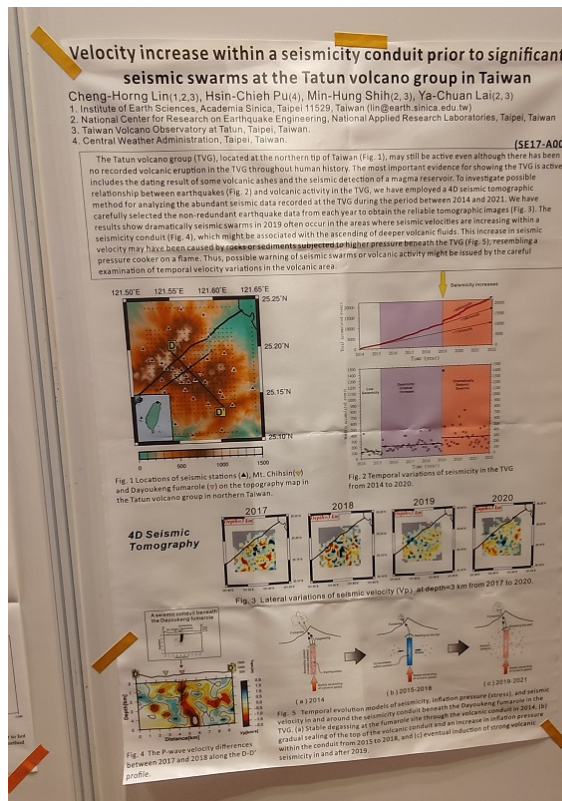


圖 7、中研院林正洪特聘研究員報告台灣大屯火山群特徵群震前地震活躍通道的波速增加現象。林正洪博士為台灣大屯火山觀測所主任，本中心長年與台灣大屯火山觀測所合作進行台灣火山監測工作。林正洪博士本次發表成果揭露大油坑區域淺部地殼熱液流體遷移現象，對於解析火山地下熱液活動提供重要觀察證據。

「AS 大氣科學」海報專題：職根據個人興趣選擇其中四篇較為生活化的環境汙染研究以及一篇專業大氣科學論文，與論文作者討論交流，包括運用無人機監測與地理 AI 預測模型分析都市區空氣品質變化、基於地理 AI 預測模型視覺化空氣臭氧指標之空間分布特性並評估居住曝露度之不平等程度(Chen-Yen Tsai, NCKU, Taiwan)(圖 8)、兩篇有關印度當地河流塑膠微粒的組成特性分析與塑膠圈共生菌多樣性之研究(Bhattacharjee, IISERKM, India; Singh, IISERKM, India)(圖 9、10)，以及一篇探討在聖嬰南方震盪與 MJO 交互現象下跨赤道北方湧升之垂直構造與發生模式研究(Dr. Qoosaku Moteki, JAMSTEC, Japan)(圖 11)。另外也發現，交通部中央氣象署的同仁投稿非常踴躍，至少有 10 篇海報論文發表，可謂成果豐碩。

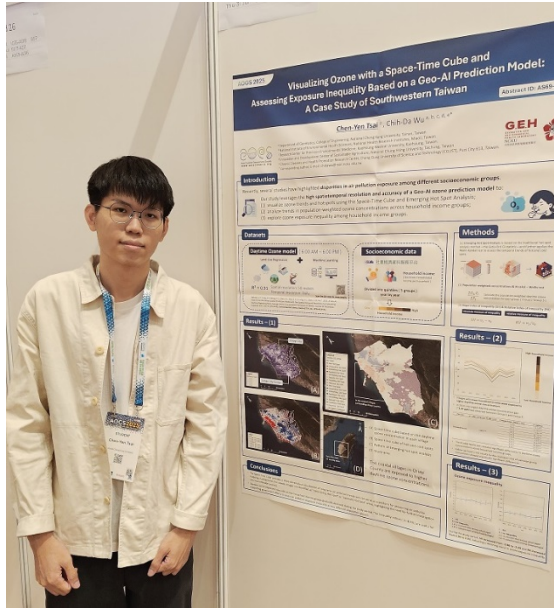


圖 8、台灣成功大學蔡同學報告基於地理 AI 預測模型視覺化空氣臭氧指標之空間分布特性並評估居住曝露度之不平等程度。

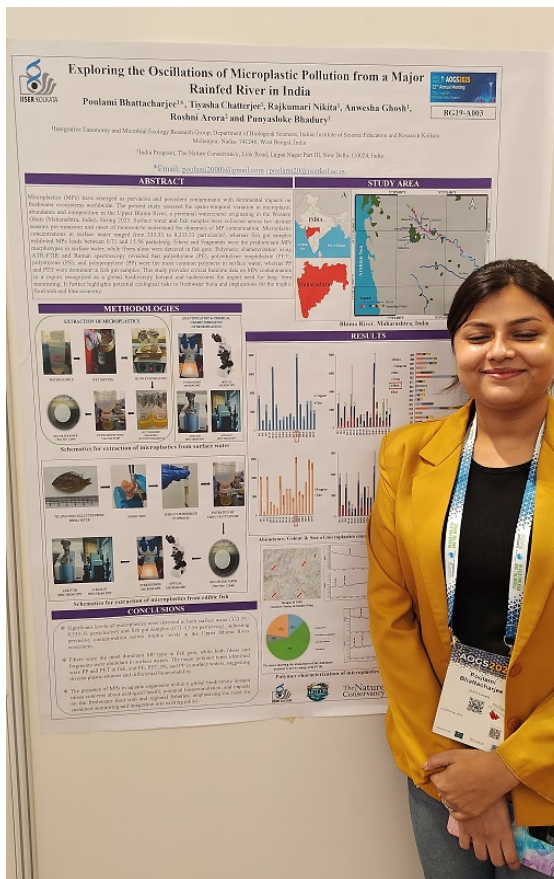


圖 9、印度 IISER TVM 研究院的 Bhattacharjee 報告印度當地河流塑膠微粒的組成特性分析。

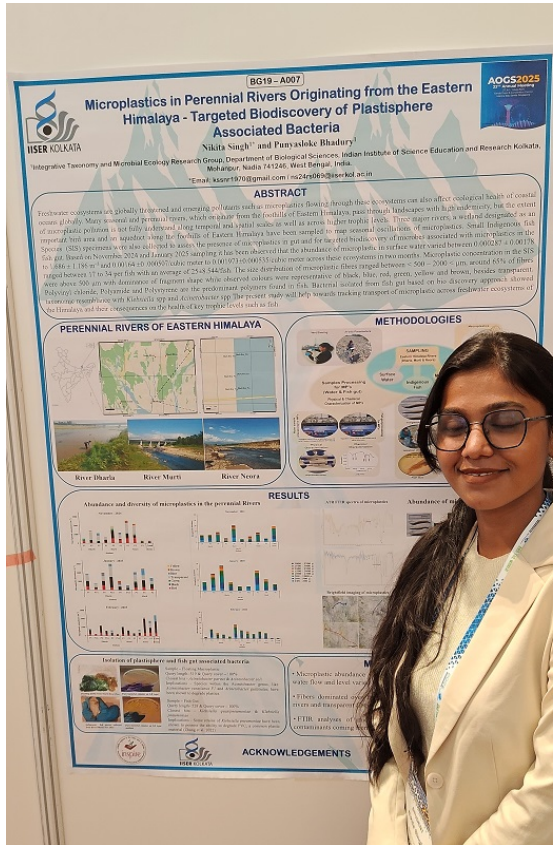


圖 10、印度 IISER TVM 研究院的 Singh 報告源自喜馬拉雅地區之印度河流中塑膠微粒構成的塑膠圈 (plasticsphere) 共生菌多樣性研究。

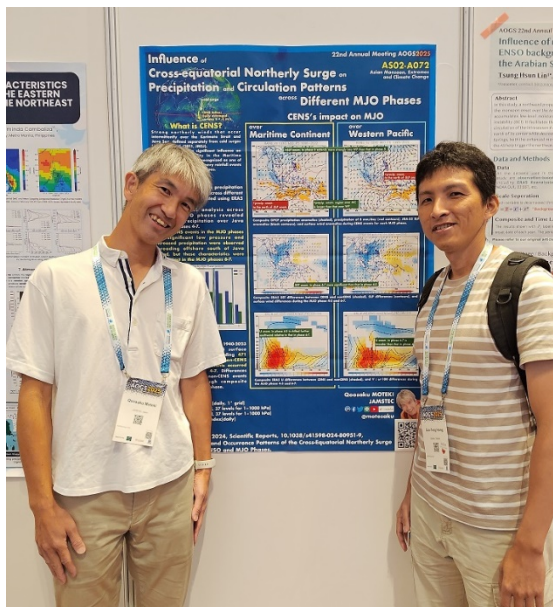


圖 11、日本 JAMSTEC 茂木耕作研究員報告聖嬰南方震盪與 MJO 交互現象下跨赤道北方湧升之垂直構造與發生模式研究。該篇研究已刊登於國際知名學術期刊 Scientific Reports (2024) 14:29116.

四、心得及建議

今年度 AOGS 年會的火山學領域投稿數量少，以致原定的火山學技術進展相關專題討論並未開成。缺乏火山學者的參與，在本組著重的火山活動調查監測相關工作上較難有同儕研究的深入互動。惟本次與會的中研院林正洪特聘研究員現場分享許多他個人有關台灣北部地殼速度構造與岩漿庫研究進展的未公開消息，例如運用三維地震層析技術解析大油坑區域 5 公里內震波低速帶隨時間變化，反映淺部地殼流體壓力的明顯改變，暗示流體遷移的壓力釋放現象（本次投稿題目，論文準備中）。另外根據林的未發表資料發現北台灣地下 13 公里處強反射，有助於進一步修正大屯火山岩漿庫賦存範圍（論文準備中），還有宜蘭平原地下震波速度構造的新發現（論文構思中），上述研究論文正式發表後，將翻新我們對於北台灣火山岩漿活動之板塊形貌控制與動力學成因機制的認識。

本次會議的心得主要有三點，第一是此行發現各領域皆出現不少應用機器學習/神經網絡/人工智慧模型方法的新穎研究，以機器學習/神經網絡模型運算分析巨量資料的方法論嚴然成為學界新興潮流。去年 NCDR 與本組開展業務合作，將本組長年收集之火山氣體連續監測資料導入 NCDR 自行開發的專利機器學習模式訓練模型自動判釋監測資料異常，目前仍在初步試驗，希望未來能產出實用成果並開展其他資料運用領域之合作。

第二是無人機應用的推廣與深化，如今無人機已廣泛運用在各種自然場域環境因子的數據調查或任務式監測。本中心各種災害場址/礦場之地質/地貌調查中亦不乏無人機的貢獻。可預見未來無人機勢必在現場調查扮演更為重要的角色，因此積極強化機關內部人員之無人機操作能力與考取證照人數，對於未來機關辦理緊急災害調查、地質遙測、礦場監管查核等一般業務可達事半功倍之效。

第三是交通部中央氣象署氣象中心同仁投稿相當踴躍，現場觀察至少有 9 篇氣象中心同仁（第一作者）與 1 篇地震中心同仁（第二作者）的論文海報，顯見

氣象署鼓勵同仁投入自主研究之風氣，氣象署同仁展現的工作專業素養令人敬佩，同仁積極參與自主研究亦有益於機關整體專業能力與形象之提升，可謂相輔相成。