

出國報告（出國類別：國際研討會發表）

參加維也納 **2025** 年歐洲地球科學聯合會年會（**EGU 2025**）

服務機關：交通部中央氣象署 地震測報中心

姓名職稱：宋冠毅 技士

派赴國家/地區：奧地利/維也納

出國期間：114 年 4 月 25~26 日、28~30 日

報告日期：114 年 6 月 30 日

研習摘要

本次出國參與 2025 年歐洲地球科學聯盟年會（EGU25），係代表交通部中央氣象署地震測報中心(以下稱本中心)針對地震預警、監測技術與地震資訊平台進行前瞻觀摩與國際交流。透過參與地震預報模型應用、光纖分布式聲波感測（DAS）技術發展、國際資料服務平台設計、以及與 SeisComP 維運單位 Gempa 公司之技術會談，本次研習明確對應我國當前地震監測與資料服務需求，取得多項可供後續測試及應用發展之方向。會議期間職亦發表口頭報告，針對 2024 年 4 月 3 日花蓮地震期間本署地震監測系統與預警系統之即時應變表現進行說明，同時和與會專家交流討論。整體而言，本次研習不僅提升我方對國際技術趨勢的掌握，更具體強化了在觀測策略、系統建構與跨國協作面向的規劃視野，對本中心未來業務推動具實質助益。

目次

研習摘要.....	1
目次.....	2
參訪目的.....	3
參訪及學習過程.....	4
(一) 出國行程規劃表及學習歷程.....	4
(二) 會議參與大綱.....	4
(三) 會議學習回顧.....	5
(四) 口頭報告與回饋.....	9
心得及建議.....	11

參訪目的

臺灣位於歐亞大陸與菲律賓海板塊交界，地震活動頻繁，強震風險甚高。為強化本中心於地震預警、目錄建置與觀測網優化等領域的技術能量，積極參與國際學術交流與前瞻技術觀摩實屬必要。本次代表本中心參與「2025 年歐洲地球科學聯盟年會（EGU25）」，除展示本署成果外，亦藉由實地觀摩歐洲各單位於地震科學與資訊應用領域的最新研發成果，深入了解其系統架構與觀測策略，以及汲取對我國具參考價值之實務經驗。

本次參訪之具體目的如下：

1. 掌握地震預警與監測技術於國際間的實務應用，特別是光纖分布式聲波感測（DAS）於火山監測與地震預警中的最新應用，探索補強島內儀器空缺帶及外海監測，提升即時傳輸能力之可行方案。
2. 認識地震預報模型（如 ETAS）在震後應變、餘震警示及風險溝通上的可行性與限制。
3. 了解國際地震資訊系統設計與服務模式，包括 API 接口、視覺化查詢平台、FDSN 格式標準接軌等，作為我國資訊提供優化之參考。
4. 討論以 SeisComP 建置新一代地震測報系統在高密度測網下之應用瓶頸與優化可能，尋求效能調校與模組整合之解決策略。
5. 透過與歐洲地震研究機構、儀器製造商及資訊平台單位之經驗交流，了解國際技術最新發展。

本次參加會議除了解國際先進技術外，也藉此與歐洲地震社群進行交流，以強化我國地震防災技術能量，提升地震即時應變與科學決策基礎。

參訪及學習過程

一、出國行程規劃表及學習歷程

日 期	地點	工作摘要
114年4月25日	臺灣桃園-奧地利維也納	4月25日晚上23:30自桃園機場出發至奧地利維也納。
114年4月26日	奧地利維也納	會前準備相關資料、測試軟體與相關程式功能等
114年4月27日	個人休假	恰逢週日假期
114年4月28日	奧地利維也納	會議報到及聆聽歐洲地球科學聯合會海報與簡報
114年4月29日	奧地利維也納	聆聽歐洲地球科學聯合會海報與簡報及SeisComP運作問題討論
114年4月30日	奧地利維也納	口頭報告及聆聽歐洲地球科學聯合會海報與簡報

二、會議參與大綱

● 會議學習回顧

- (一) 光纖分布式聲波感測（DAS）應用觀察
- (二) 地震預報之觀察與業務啟發
- (三) 地震資訊服務與系統架構之觀察與反思
- (四) 儀器商技術交流與觀察啟發
- (五) SeisComP 地震監測軟體應用與 Gempa 公司技術討論

● 口頭報告與回饋

三、會議重點回顧

(一) 光纖分布式聲波感測 (DAS) 應用觀察

本次 EGU 會議中多篇演講聚焦於光纖分布式聲波感測技術 (Distributed Acoustic Sensing, DAS) 在地震監測、地震與火山預警領域的應用，顯示該技術已成為地震科學領域的重要研究趨勢，對提升地震預警與災害潛勢有極大的提升。

1. 光纖技術於火山活動監測之應用潛力: 研究人員展示如何利用既有的光纖電纜作為監測工具，記錄地下火山活動時產生的微小震動與變化，進而建立火山內部活動的即時影像。該方法具有高時間與空間解析能力，可補足現有 GNSS 或傾斜儀在反應速度與監測範圍上的限制。對我國如大屯火山群等具火山潛勢地區而言，未來可考慮應用此技術，強化火山活動的監測與預警能力。
2. 光纖技術輔助地震預警系統之研究: 有研究指出，DAS 紀錄可用於地震規模估算，特別是利用 S 波與 Ps 波初期振幅推估地震規模，可在強震下維持穩定估算能力，降低傳統 DAS 振幅發生飽和而低估地震影響。此一成果對於提升地震預警系統資訊準確性，具有潛在應用空間。
3. 光纖技術於地震監測系統整合的應用觀察: 在本次 EGU 會議中觀察到瑞土地震服務中心 (SED) 與 Bedretto，已成功將光纖分布式聲波感測技術 (DAS) 資料整合至 SeisComP 系統之中，實現與傳統地震儀資料的同步分析與自動處理。透過格式轉換與即時解碼流程，DAS 可納入現行監測架構，強化微震事件的識別能力，亦有助於補強傳統測網在空間分布上的限制。此應用展示光纖技術已可實務運作於地震監測流程中，未來在我國地震監測作業、誘發地震追蹤及高地震活動的場域中，具備實質導入潛力。

整體而言，DAS 技術已由學術研究逐步邁向實務應用，不僅於火山活動預警、地震規模估算展現潛力，更可透過與現有監測系統整合，補強地震監測之空間與解析度限制。對於地震活動頻繁、四面環海且具火山潛勢的臺灣而言，光纖

感測技術未來具備可行性與實用性，建議持續追蹤技術發展，並評估該技術應用之可能性，以強化本署整體地震測報能量與災害應變效能。

(二) 地震預報之觀察與業務啟發

地震預報 (earthquake forecasting) 為近年地震學研究的熱門主題之一。在本次 EGU 會議中，相關主題聚焦於餘震活動的統計建模與地殼應力變化的參數分析，並進一步嘗試將機率模型與物理機制結合，提升對地震發生機率的掌握能力。會議中也多次提及 ETAS 模型 (Epidemic-Type Aftershock Sequence) 在短期震後預測上的應用成果，並討論其在實務預警上的限制與改進方向。

目前地震預報研究仍以餘震活動為主要預測對象，可提供地震後震區活動趨勢、規模分布與發生機率等資訊，有助於強震後進行防災應變與風險評估。不過在預測主震或大型地震的研究仍處於探索階段，作為地震測報業務單位，對地震預測的態度須持續審慎。雖然民間與決策者關心「下一個大地震」會發生在哪裡，但預報資訊若缺乏穩定性與充足的科學根據，可能會造成誤導與不必要的社會恐慌。因此，在推動相關研究與技術引進時，應謹慎評估預報模型的可解釋性、預測準確性與對公眾提供資訊的傳達時機等。我方建議持續關注國際在此領域的技術進展，並思考在震後應變、餘震預警或災區資源調度上可能導入之應用場景，作為推動地震防、減災政策提升之輔助工具。

(三) 地震資訊服務與系統架構之觀察與反思

1. SeisComP 公共資訊服務的建構模式：荷蘭皇家氣象研究所 (KNMI) 分享其將 SeisComP 系統部署於 AWS 雲端的經驗，整合 container-based 架構與良善的模組運作流程，成功將地震事件自動處理、參數發布與資料查詢功能整合，並設有完善的服務監控與回復機制。此模式可提供我國未來於 SeisComP 平台上發展公開地震目錄介面、強化資訊可近性與系統穩定性的參考。
2. ORFEUS 平台的 API 架構與圖形化服務設計：歐洲 ORFEUS 資料平台除支援大量波形與強震動資料之開放存取外，亦提供成熟的 Web API 查詢架構，

使開發者可程式化存取事件參數與測站資料，並強調資料格式與國際標準（如 FDSN）一致。其網站另設有圖形化介面，展示如地動參數（ground motion parameters）、有限破裂模型（finite fault models）等進階產品，以利學界、工程界與決策單位應用。對我國而言，這些功能顯示資料不僅應「開放」，更應「易用」，未來 GDMS 系統與強震網介面之強化方向可從中借鏡。

有鑒於國際趨勢，我方可在符合資安前提下，建立以 SeisComP 結合 Web 之前端服務架構，包括：地震事件查詢、圖形化查閱、API 存取介面；並逐步推動更多元、更符合國際通用之資料格式供各界查詢與下載，以提升臺灣資料在全球地震資訊體系中的連結性與能見度。

(四) 儀器商技術交流與觀察啟發

在本次 EGU 年會期間，參觀多家地震觀測儀器商的展出，透過實體展示、現場解說與型錄資料，掌握現今儀器技術的最新發展趨勢，並思考其對我國地震觀測網優化與未來部署策略之啟示。

1. 高整合感測能力與多參數觀測：多數新型儀器皆強調感測模組的整合性，不僅可同時監測地震波、氣壓、溫度等變化，亦具備 GNSS 同步定位功能，使單一設備即可兼顧地震、火山活動或氣候環境的多元觀測需求。此類設備有助於提升觀測效率。
2. 強化資料回傳與遠端管理能力：新一代設備普遍支援即時資料傳輸與遠端參數設定，並搭載系統自我診斷功能，可透過網路監控儀器健康狀態、自動回報異常或更新韌體。此特性可有效減少人工部分作業，提升整體網路維運效率，特別適用於人力有限下，我國地震觀測網持續擴張之現況。
3. 支援高頻寬與低功耗長時間運作：展示中亦觀察到多款儀器具備高頻寬設計，可捕捉微小前震或快速衰減波形訊號，對小地震監測與地震活動分析特別有利。另在電源管理方面，多款設備支援低功耗運作與高容量儲存設計，可於不易更換電池或不便接電地點長期穩定運行，具高度實用性。

面對地震頻繁、地理環境複雜的環境，未來觀測設備之選型應兼顧感測多元性、回傳穩定性與遠端管理能力，並可考慮優先部署於人力不易到達或維護困難的區域。建議後續可針對小區域的測站，優先評估導入具備高整合、高自動化機制與多參數的感測儀器進行測試，作為新一代地震觀測網規劃的技術依據。

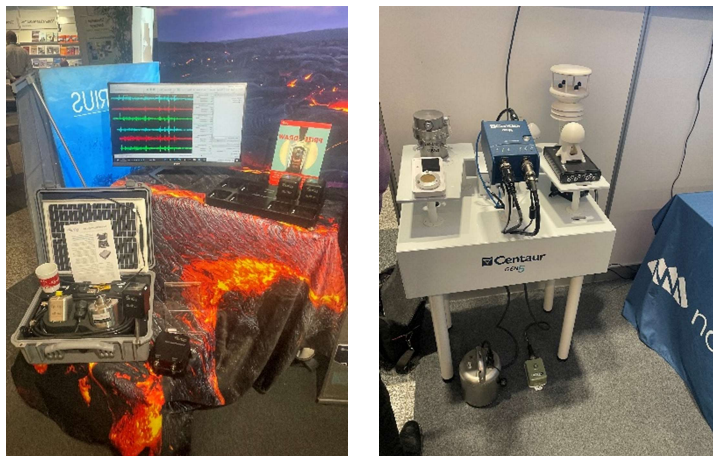


圖 1、赴 Guarlp 及 nanometrics 公司認識地震儀器最新發展。

(五) SeisComP 地震監測軟體應用與 Gempa 公司技術討論

本次會議期間，特別安排與 SeisComP 軟體維運單位 Gempa 公司進行深入技術交流。由於我方已購置並使用其商業模組進行地震自動定位與地震預警服務測試，故本次交流聚焦於系統實務運作中所遭遇的挑戰與優化建議，期望藉此提升整體地震測報效能。

1. 針對臺灣地震特性提供在地化反饋：我國地震活動頻繁、測站密度高，且常出現餘震密集序列、大規模海域主震等複雜情境，對 SeisComP 系統之資料處理能力與演算法穩定性構成挑戰。本次與 Gempa 討論內容包括震後餘震序列處理效率，並提供實務操作經驗與具體案例，供其後續版本更新與功能優化參考。
2. Gempa 回應與未來合作方向：Gempa 對我方提供之意見表示高度重視，並說明其已於新版模組中優化震源定位參數調校機制，亦著手改善震後大量事件處理時的計算效能與資料管理流程。雙方同意未來可就特定功能測試、參數設定建議與跨版本穩定性驗證等面向，建立更持續、深入的合作管道，使

SeisComP 系統能更貼近臺灣實務環境下的測報需求。

3. 對本署整體測報策略之意涵：SeisComP 為我國新一代地震速報與地震目錄自動化系統之核心軟體，其效能優化與系統穩定性攸關整體測報品質與時效。透過本次技術反饋與雙向交流，可促使該公司更加了解臺灣的監測需求與業務壓力，進而在系統設計與功能開發上提供更精準、有效的支援。

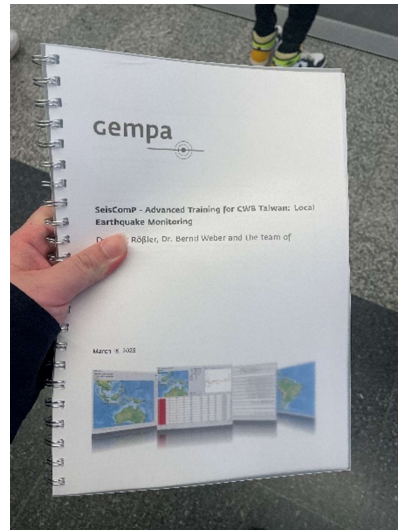


圖 2、與 Gempa 公司 CEO 進行討論後獲得最新軟體教育訓練手冊。

四、口頭報告與回饋

本次 EGU25 年會中，以口頭報告方式分享，報告題目為「Application of SeisComP at the Central Weather Administration (CWA) for Earthquake Monitoring and Early Warning: A Case Study of the 2024 ML 7.2 Hualien, Taiwan, Earthquake Sequence」。本研究聚焦於 2024 年花蓮主震及其後續餘震期間，在高密度地震活動條件下 SeisComP 架構下的即時系統反應與整合表現。

報告內容首先回顧本署建置之自動地震監測系統（Taiwan Earthquake Monitoring System, TEM）運作成果，說明系統如何整合機器學習 EQTransformer 與傳統方法 SeisComP 之 scautopick 波形偵測模組，於主震後 4 天內自動處理逾 5,000 筆地震事件。人工比對結果顯示，其震央誤差約 4 公里、深度誤差約 5 公里、規模誤差約 0.18，展現出不錯的準確度。本成果獲多位學者正面回應，肯定

本署導入機器學習技術進行地震目錄自動建置之策略，認為此作法有助於在地震頻繁發生、餘震密集的情境下，克服人力不足限制，實現即時掌握地震活動之目標，展現高度實務應用潛力。

接續介紹本中心與瑞士 ETHZ-SED 合作開發之地震預警系統（ESE），說明其整合點震源模型 Virtual Seismologist（VS）與線震源模型 FinDer 的模組特性與互補性。在花蓮主震中，FinDer 成功推估破裂方向與長度，與後續 30 日餘震分布高度吻合，提升預警警報之空間涵蓋與事件規模掌握能力。

此外，報告亦提出目前系統於高密度測網下的參數調整挑戰，並與本中心現行 EEW 系統之點震源模型架構進行對比，指出 ESE 系統在規模演算、警報範圍與即時性上具整體提升潛力。本次報告收到多位專家提問與建議，會中專家建議本中心可進一步導入即時 GNSS 測站，並利用該儀器計算 PGD（Peak Ground Displacement）以強化規模估算，以避免芮氏規模飽和於大型地震中產生誤差。同時，多位歐洲測報單位表示亦採用 SeisComP 軟體為基礎，並具備豐富經驗，此訊息將增加本中心未來以 SeisComP 發展相關測報系統之信心。

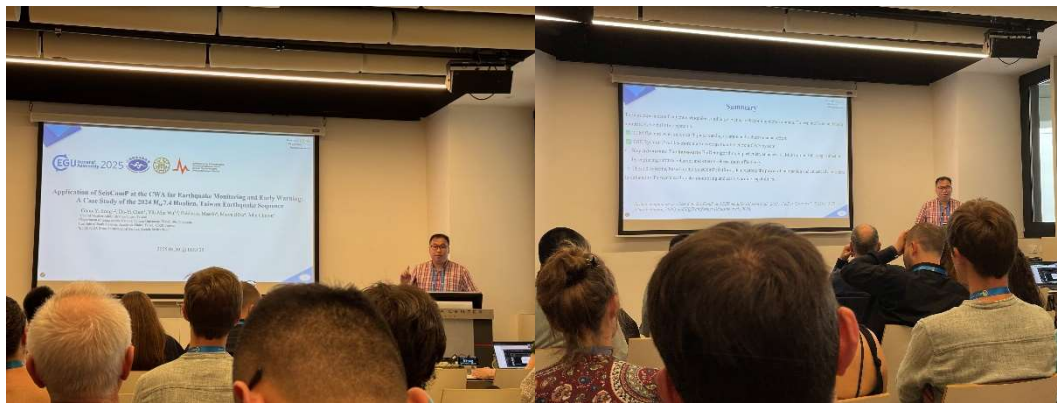


圖 3、分享 2024 年花蓮地震以 SeisComP 建立地震監測系統與地震預警系統的相關成效。

心得及建議

本次赴歐參加 EGU 年會，針對地震預警與監測技術進行全面觀摩與交流，實地吸收多項具啟發性的技術成果與應用經驗，綜整會議所得提出以下業務建議：

(一) 推動 DAS 應用強化地震與火山即時監測系統

- 國外研究主題與應用觀察：從本次會議的演講與海報展示可見，光纖分布式感測技術（DAS）已逐步由學術研究走向實務應用。該技術具備高時間與空間解析度，能夠在大範圍、多測站點實現地震與火山活動之即時監測，並可應用於地震預警、地震監測與火山活動分析等業務工作。
- 對本署業務啟發與建議：持續追蹤 DAS 於地震與火山監測之國內外學術與技術發展，另可考慮於大屯火山群或地震活動頻繁之區域進行測試，探索未來將 DAS 納入地震觀測網之可行性與擴充策略，以補強現有地震觀測站空缺帶之即時監測能力。

(二) 應用地震預報模型支援震後災害應變作業

- 國外研究主題與應用觀察：多項國際研究聚焦於餘震預測模型（如 ETAS）在震後活動之時空機率推估，並嘗試融入物理參數以提升模型表現與預測能力。相關成果可延伸應用於主震發生後的災害風險評估、資源調度與資訊輔助判斷上的應用潛力。然而，針對主震預測部分，仍面臨較高不確定性與技術挑戰，尚待進一步驗證與強化。
- 對本署業務啟發與建議：持續關注地震預報技術之國際發展，並可優先推動其於震後應變判斷、餘震熱區警示及災區資源調度等資訊應用，以提供災後決策之重要科學依據。至於主震預測議題，則建議觀察其技術發展成熟度的同時，審酌其對外發布之策略與適切時機。

(三) 優化資訊平台提升地震資料開放與可用性

- 國外研究主題與應用觀察：荷蘭 KNMI 展示其於 AWS 雲端部署 SeisComP 系統的經驗，透過 container 架構實現事件處理、參數發布與查詢整合，並具

備完整的服務監控與回復機制；而歐洲 ORFEUS 平台則提供具國際標準（如 FDSN）之 Web API 架構與視覺化地震產品查詢服務，包括地動參數與有限破裂模型等，便利資料開發與應用推廣。上述案例顯示，推動地震資料開放，除應提供完整的資料內容外，亦強化資料取得之便利性與系統操作之友善性，以提升不同領域使用者對地震資料之存取效能與實用價值。

- 對本署業務啟發與建議：建議優化本署的地震資訊平台，強化 GDMS 系統之資訊呈現能力與查詢效率，並評估導入視覺化查詢介面，以提升用戶的使用可近性。另可在符合政府資安規範的前提下，擴充開放資料之種類與存取方式，促進地震資料於學術研究、防災應變、產業發展之多元應用發展。

(四) 升級觀測設備擴充地震監測網

- 國外研究主題與應用觀察：多家地震觀測儀器商之儀器設計，已朝向高整合度、多參數感測與遠端管理能力發展。新儀器可同時監測地震波、氣壓、溫度等環境變化，並整合 GNSS 定位功能，提升站點的觀測效能。另亦普遍具備即時資料回傳、自我診斷與遠端維運能力，並支援高頻寬、低功耗與長時間穩定運作的特性，適用於偏遠或人力不易維護之地區。上述特性顯示，觀測儀器正逐步朝向智慧化、自動化與多功能方向發展，對提升地震觀測網之穩定性與即時反應能力具高度助益。
- 對本署業務啟發與建議：建議未來更新地震觀測儀器時，可優先考量具多參數感測、低功耗與遠端監控功能之新型設備，並針對臺灣島內高風險區域及現有強震儀測站，逐步增設速度型地震儀以提升監測密度。同時，亦可於特定地區進行試驗性部署，導入高整合與自動化之儀器作為驗證基礎，提升整體觀測網之實用性與可擴充性。

(五) 深化 SeisComP 合作提升地震測報業務效能

- 國外研究主題與應用觀察：與 SeisComP 系統維運單位（德國 Gempa 公司）進行技術討論，雙方針對大型地震與密集地震序列等情境下系統所面臨之挑

戰深入交流，並由我方回饋臺灣實務經驗，提供其系統優化之參考依據。

- 對本署業務啟發與建議：持續回饋 SeisComP 系統之應用經驗與實務瓶頸，除有助於提升該系統在臺灣運作之穩定性，亦能促進全球地震監測社群之經驗整合與技術共進。若相關技術挑戰能逐步克服，將有助於提升地震預警系統之時效性與可靠度，並強化本署地震目錄之自動化建置效能。

(六) 導入 AI 技術強化地震目錄自動化整合流程

- 成果回饋與國際交流：我方於口頭報告中分享 AI 技術結合 SeisComP 進行地震目錄自動建置之實務經驗，獲與會學者高度肯定，認為此策略在餘震頻繁、事件量龐大的情境下具高度實用性。
- 對本署業務啟發與建議：持續推動 AI 模型於地震目錄自動化流程之應用，並建立常態化比對與驗證機制，以確保自動化成果之準確性與穩定性。後續亦可使用臺灣資料所訓練的 AI 模型，提升臺灣地震活動之辨識能力，增進自動化系統之整體表現。

(七) 結合 GNSS 觀測資訊改善預警規模估算表現

- 成果回饋與國際交流：針對 2024 年 0403 花蓮地震時，預警系統規模低估議題，獲專家建議引入 GNSS 觀測資料，計算 PGD (Peak Ground Displacement) 作為規模估算之補充依據。此舉可強化對大規模破裂事件之掌握，提升預警系統在大型地震事件下之規模準確性。
- 對本署業務啟發與建議：鑒於本署目前已建置 GNSS 觀測網，後續可進一步研究並應用其即時資料，與現行地震預警系統整合進行複合型規模估算，特別針對規模 6.5 以上地震之破裂長度與能量釋放情形進行分析，以提升預警系統之整體反應效能與在大型地震情境下之資訊準確性。

綜合上述，本次赴維也納參與 EGU 年會，不僅掌握地震測報領域之最新研究與技術趨勢，亦透過與國際專家之交流過程，獲得多項業務啟發，涵蓋儀器升級、技術優化與資料應用等。建議本署後續持續關注國際發展動態，並深化跨國

交流與地震專業社群之鏈結，作為強化我國地震測報業務與災防科技發展之重要基礎。

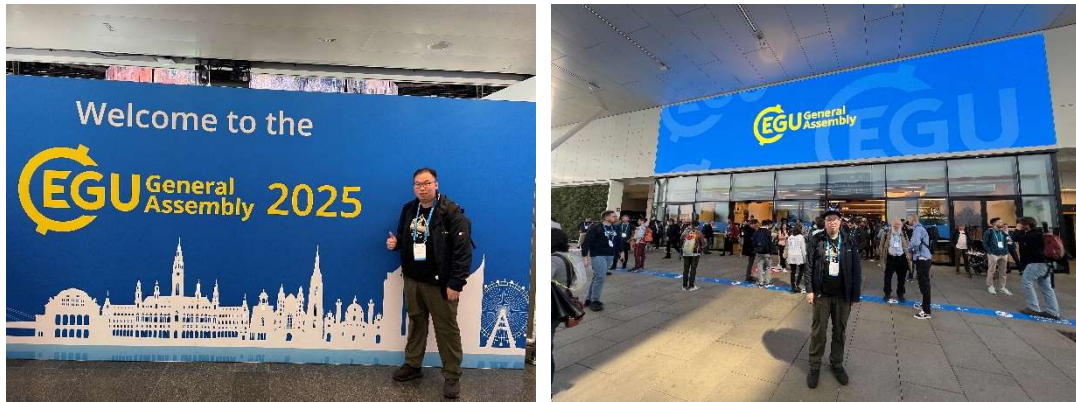


圖 4、於 EGU25 年會會場拍照留念。