NCDR-115-02-B-015

經費來源：☐ 01 當年度公務預算 ■ 02 委託補助計畫
機　密(E): ☐是 ■否
出國類別： ☐ A 考察/訪問　　■ B 學術會議/研討會
☐ C 進修/研究　　☐ D 工作會議

2026 Asia Oceania Geosciences Society, AOGS
亞洲大洋洲地球科學學會

出國報告書

單位名稱：　國家災害防救科技中心 氣候變遷組

出國人姓名職稱：　李欣輯 研究員
蕭逸華 助理研究員
朱芳儀 助理研究員

出國地點：　日本福岡
出國日期：　民國 115 年 08 月 02 日至 115 年 08 月 08 日
報告日期：　民國 115 年 08 月 21 日

摘　要

本次赴日本福岡參與亞洲大洋洲地球科學學會第23屆年會(Asia Oceania Geosciences Society 23rd Annual Meeting, AOGS 2026)，主要任務為掌握地球科學與災害風險研究趨勢、參與國際學術交流。

AOGS 2026 議程橫跨大氣、生物地球、水文、跨領域、海洋、行星、太陽與地球、固體地球等八大科學分會。大會重點呈現三項共同趨勢：第一，地球系統研究由單一圈層走向跨圈層與跨尺度整合；第二，衛星、雷達、測地觀測、高解析模式、資料同化及集合預測持續提升極端事件的可預測性；第三，研究成果更重視由危害機制轉譯至淹水損失、沿海風險、關鍵基礎設施及治理決策。

本研討會氣候變遷組共發表了 1 篇口頭報告及 4 篇研究海報。重點投稿主題為 HS05- Hydrological Changes in Watersheds Under Climate Change: Global Insights, Advanced Modeling, and Monitoring Innovations 主題，針對氣候變遷情境下淹水及水資源相關研發成果進行發表；以及 IG02- Natural Hazards and Disaster Risk 主題發表坡地風險研發成果；並於 SS12-Linear-shaped Precipitating Systems: Mechanisms and Impacts 之降雨機制與災害衝擊的特別場次發表氣候變遷情境下機率式淹水損失風險分析成果。

目　　次

1. 目的……..……..……...……...1

2. 參訪紀要……...2

3. 重點發表內容……16

4. 心得與建議……..…..……..……...24

5. 出國效益……..……..…….25

1. 目的

參與本次 2026 AOGS 研討會，主要目的在於深入探討全球氣候變遷趨勢下，各界專家先進於災害衝擊評估、水資源管理與氣候調適之研究新知，並針對我國在氣候變遷調適領域之成果進行學術交流與發表。本次團隊共發表五項研究成果，旨在透過跨領域的科學方法與實務工具，展示臺灣在氣候變遷因應策略上的科學轉化能力：

首先，在風險量化與決策支援方面，發表了「氣候變遷情境下機率式淹水損失風險分析」，探討臺南市三爺溪流域於全球暖化程度 2 ˚C (GWL2˚C)情境的機率性淹水損失，並透過結合蒙地卡羅模擬與調適效益分析，提出系統化的風險降低方案；同時發表「氣候變遷情境下水資源系統早期預警機制研究」，結合機器學習模型（XGBoost 與 SHAP），建立曾文-烏山頭水庫之多指標旱災預警框架。在空間規劃與調適評估方面，發表「運用氣候變遷視覺化平臺評估農業用地洪水風險」，藉由國家災害防救科技中心「氣候變遷災害調適平臺（Dr.A）」，精確量化宜蘭縣農業用地之淹水風險與調適效益；並發表「臺灣石門水庫集水區氣候變遷下坡地災害調適差距與高風險區辨識」，利用 TRIGRS（Transient Rainfall Infiltration and Grid-based Regional Slope-Stability Model）模型模擬崩塌潛勢，辨識調適差距及高風險區，以作為資源優先配置之參考依據。此外，亦針對流域尺度災害發表「氣候變遷災害與衝擊指標分析：以水議題為例」，展示透過網頁視覺化平臺整合多源氣候數據，實現高風險區域的精細化評估與互動分析。

除了上述五項研究成果發表外，我們亦藉此機會向國際展示 TCCIP 計畫與 Dr.A 平臺之氣候變遷資料服務、危害衝擊圖資展示及災害風險圖臺等成果，體現臺灣將複雜科學數據轉化為決策應用之專業。透過參與本次 AOGS，除了與國際頂尖學者交流各地之分析工具與最新研究技術外，更期望能將研討會中蒐集之國際資訊，帶回作為後續精進我國氣候變遷調適策略規劃之重要參考。

2. 參訪紀要

此次赴日本福岡參與 AOGS 2026，主要目的為分享臺灣在氣候變遷淹水損失機率風險分析之研究成果、蒐集國際地球科學與災害風險研究趨勢，並與亞洲及其他地區之大氣、水文、海洋與跨領域研究團隊進行交流。AOGS 為亞太地區重要的地球科學國際學會，其年會匯集地球內部、地表水循環、大氣海洋、生態系統、日地系統與行星科學研究。2026 年會於 8 月 2 日至 8 日在日本福岡舉行，主要科學議程集中於 8 月 3 日至 7 日，場地以福岡國際會議中心（Fukuoka International Congress Centre, FICC）為主。

大會重點主題包括:(1)線狀降水與短延時強降雨形成機制;(2)衛星、雷達與資料同化對強天氣預報之應用;(3)機率式氣象驅動與水文不確定性;(4)淹水危害、暴露與損失函數之串接;(5)海平面、風暴潮、地層變動及沿海風險;(6)海嘯與關鍵基礎設施之連鎖衝擊。此外，由於本次會議多達數百場口頭報告及上千篇海報，因此，大會將議題區分為大氣科學(AS)、生物地球科學(BG)、水文科學(HS)、跨領域地球科學（IG)、海洋科學（OS)、行星科學（PS)、太陽與地球科學（ST） 及固體地球科學（SE）等 8 類。



圖 1 會議參與人員

2.1 重點演講紀要

1. Keynote Speaker (Prof. Fei Chen, 香港科技大學)

Prof. Fei Chen 指出亞洲高密度都市快速擴張，人口、交通、能源、供水、醫療與關鍵基礎設施高度相依，短延時強降雨、熱浪或淹水一旦發生，往往不再是單一氣象事件，而會形成地鐵停駛、道路中斷、商業停擺、坡地災害與弱勢族群撤離困難等連鎖衝擊。傳統全球或區域模式受解析度限制，對熱帶深對流、都市熱島、建築粗糙度、人為熱及局部氣流輻合的掌握不足，常使強降雨位置、峰值與發生時間出現偏差。演講提出 Urban-PREDICT 整合架構，透過物理科學、社會科學、都市規劃與終端使用者共同參與，將「預報準確」進一步轉化為「風險可降低」。技術面採用 MPAS-A 可變解析網格，在全球尺度計算的同時，將城市區域細化至 1 公里甚至 500 公尺，並整合都市冠層、建築高度、土地利用與人工智慧，以提升強對流和多災種預警能力；治理面則藉由政府、救災單位、社區及非政府組織共創，檢驗預警是否可被理解、是否能觸及弱勢族群，以及是否足以支持提前停班停課、交通管制、抽水站操作與避難部署。對臺灣而言，真正可落地的方向不是只追求更高解析度，而是建立「高解析氣象—淹水模擬—基礎設施衝擊—人口暴露—決策門檻」的完整鏈結，讓模式結果可以直接支援地方政府與應變中心的行動。

演講後段特別強調重分析資料對風險決策的基礎性價值。SEA4C 計畫建立涵蓋東南亞全區的 4 公里資料集，結合自 1969 年起超過 50 年的歷史重分析與至 2060 年的未來推估，形成兼具公里尺度、長時間序列與未來情境的區域氣候資料。他會中指出重分析的關鍵意義，在於將歷史觀測與數值模式一致整合，提供時間連續、空間完整且物理上相容的氣候場，可用來重建過去極端事件、校準淹水與衝擊模式、估算不同重現期風險，並建立氣候變遷前後可比較的基準。照片中的降雨機率分布亦顯示，ERA5 約 25 公里資料對高強度小尺度降雨的

尾端呈現不足，而 SEA4C 4 公里資料能捕捉每小時 100 毫米以上的低頻極端降雨；同一場風暴在不同解析度下，會形成完全不同的淹水範圍、基礎設施暴露與調適投資判斷。因此，重分析資料的重要性不僅是提高圖面精細度，而是避免系統性低估極端風險，最後他再指出唯有把長期一致的重分析資料轉換成可追溯、可更新、可決策的風險資訊，才能讓高解析氣候資料有更多實用的價值。

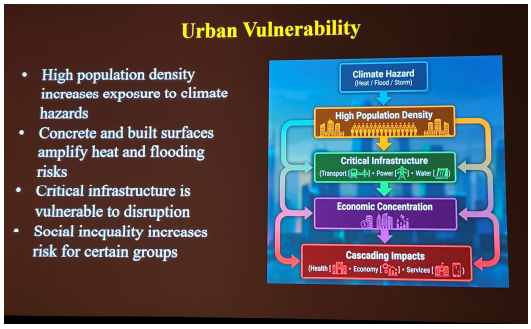


圖 2 高密度發展城市的脆弱性

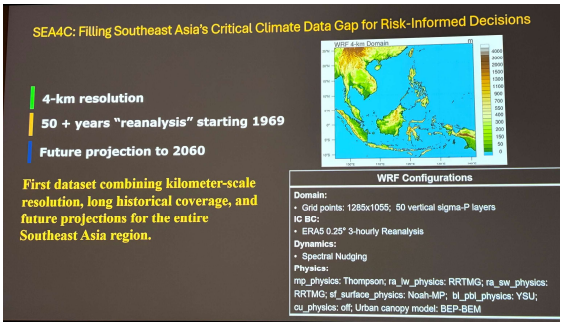


圖 3 重分析資料的研究

2. Keynote Speaker 2 (Prof. Simon Wallis, The University of Tokyo)

本演講以隱沒帶的熱狀態為主軸，說明一個板塊向另一板塊下方俯衝時，如何形成地震、海嘯、火山、岩漿與熱液礦床，並控制水、氣體及岩石由地表進入深部地球的循環。隱沒帶廣泛分布於環太平洋，包括日本、菲律賓、臺灣及美洲西岸，因此不只是基礎地球科學問題，也直接關係人口密集區的災害風險、資源形成與長期地球演化。講者強調，理解「隱沒帶究竟有多熱」並非單純量測溫度，而是要辨識熱來源、板塊耦合深度、變形位置及含水礦物反應等相互連動的機制。

會中提到隱沒帶熱構造會決定地震發生條件、岩漿生成、變質作用、礦床形成，以及揮發分循環。重要控制因子包括板塊年齡與速度、上覆板塊熱狀態、剪切加熱，以及板塊與地函開始耦合的深度。但由於隱沒帶多位於海底或數十至上百公里深處，直接觀測十分困難。講者主張結合岩石學證據與數值模式：岩石可保存曾經歷的壓力、溫度、流體與變形資訊，地表出露的高壓變質岩甚至可代表曾被帶入約 100 公里深處的物質；數值模式則可重建熱傳、剪切加熱、板塊耦合與流

體反應。兩者互相校驗，才能降低只依賴單一模型假設的風險。未來需加強海底鑽探、地震與熱流觀測、變質年代及礦物反應研究，並量化參數不確定性，以建立可比較不同隱沒帶的整合架構。

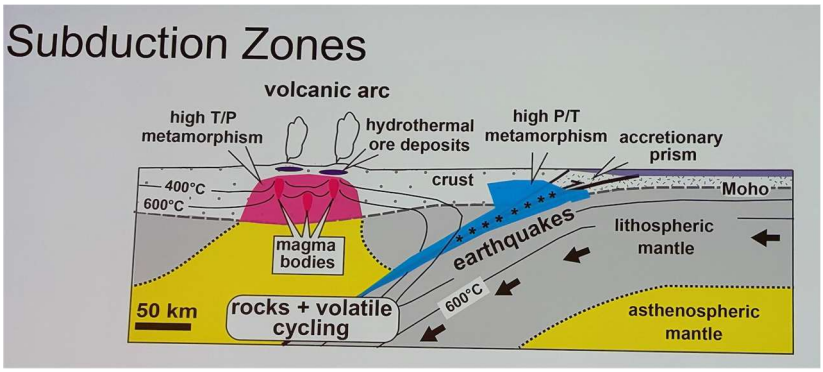


圖 4 隱沒帶熱構造示意圖

2.2 重點議題紀要

1. 新能源：臺灣與日本地質氫能應用研究比較 (SE34)

本場次共有 2 篇臺灣及 3 篇日本的研究報告。從臺灣研究的結果來看，目前最具應用價值的成果，是臺灣已從區域尺度的地球物理潛勢判釋，進一步進入現地土壤氣與逸氣驗證。研究利用低重力、高磁化、高熱流及蛇紋岩或深部構造分布等線索，辨識花東交界與宜蘭平原西北側為優先調查區；清水地熱區量得土壤氫濃度約 11 至 996 ppm、平均約 149 ppm，部分逸氣樣本超過 450 ppm，羅山泥火山亦可辨識氫訊號。此成果代表臺灣已不只停留在地質假設，而是確認部分地熱、泥火山與斷層系統存在天然氫活動。然而，從災害風險與工程落地觀點，現有成果仍不具商業儲量。真正需要交付的下一階段產出，應是建立可重複的監測網、完成同位素來源判別、量測氫通量與補注速率，並以淺鑽或科學鑽探確認產氫層、遷移通道、儲集層與蓋層。尤其臺灣斷層活動頻繁，開發評估必須同步納入地下水污染、氣體洩漏、誘發地震及土地使用風險，才能形成可供政策決策的場址分級與示範井名單。

日本的核心成果不是單一場址發現，而是已由日本新能源產業技

術綜合開發機構（New Energy and Industrial Technology Development Organization, NEDO）建立跨政府、產業與學研機構的研發鏈，將地質氫定位為能源安全與淨零轉型的國產能源選項。其研發策略特別重視「刺激式氫能」，亦即利用地下含鐵岩體，透過注水、化學控制或增加反應面積促進原位產氫，以降低天然儲集區不足的地理限制。北海道大學的低溫蛇紋岩化實驗提供了直接可操作的技術參數：在 90°C、兩週反應條件下，較新鮮、低灼燒減量的超鎂鐵質岩產氫較高；方輝橄欖岩的產氫量高於純橄岩，且溶解矽可能透過維持較低 pH、促進礦物持續溶解而提升低溫產氫。這些結果可進一步轉化為場址岩性篩選、注入流體配方、水岩比、反應時間與增產設計。NEDO 已透過先期計畫、場址辨識、核心技術、捕集回收、風險管理及技術經濟分析等工作包，逐步朝示範井及地下原位產氫回收前進。

兩國的主要差異，在於臺灣目前可以透過現有技術「確認天然氫存在與辨識潛勢區」，日本則已進入「如何主動增產、回收並形成產業鏈」的任務導向研發。臺灣的優勢是板塊交界、地熱與泥火山系統多元，現地氫訊號明確；不足則是研究較分散，尚缺統一的國家級資料平臺、分階段驗證門檻及示範工程。日本的優勢是由 NEDO 擔任創新加速器，把基礎礦物反應、場址探勘、鑽井、增產、回收、安全與經濟性納入同一計畫管理。從會中的報告看來，日本的發展可作為臺灣的借鏡，臺灣下一個關鍵里程碑，可以學習日本的發展模式，開始完成至少一處具連續監測、鑽探資料、產能測試與風險評估的示範場址，如此才能將目前的潛勢研究，轉化為可投資、可監管且可評估成效的應用成果。

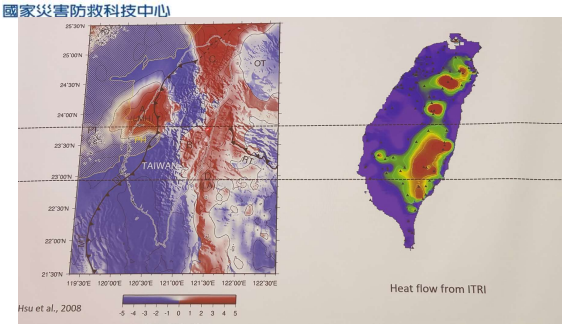


圖 5 臺灣具潛力的氫能開發熱區

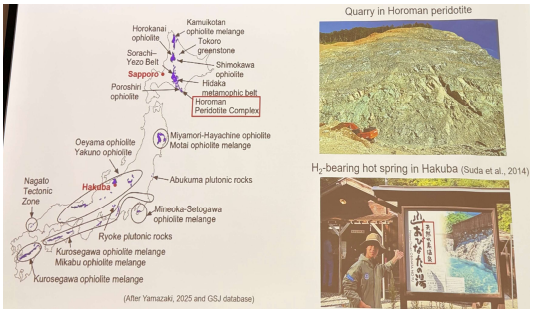


圖 6 日本具潛力的氫能開發熱區

2. Digital Twin 研究：加拿大、日本與臺灣的研究發展(IG33)

本場次共有 5 篇研究報告，包括加拿大／北美 SHIELD 2 篇、日本海岸與複合洪水數位孿生 1 篇，以及臺灣西部海岸暖化與地層下陷風險研究 2 篇。

加拿大／北美的研究主要分享 SHIELD 計劃（A Cross-Layer Extensible Framework for Disaster Digital Twins）。此研究把災害數位孿生由單一危害模擬提升為跨層級、跨系統的韌性治理平臺。架構由自然環境、建成基礎設施與社會人口三層組成，強調地形、水文與氣象變化會透過道路、電力、供水及通訊等系統產生級聯失效，最終影響醫療、避難、公共安全與弱勢照護。此種分析方式的重點不在重建一個逼真的虛擬城市，而在於回答「某種災害發生後，哪些服務會中斷、哪些族群最先受影響、何種資源配置最有效」。SHIELD 同時導入多模態人工智慧、邊緣運算、任務導向壓縮與合成情境技術，使衛星、無人機、影像、感測器及社群回報可在頻寬與能源有限的災區環境中快速處理。尤其 CareDEX 與 Paraflow 等應用，將高齡者、身心障礙者、依賴氧氣或透析者，以及無障礙運輸需求納入決策，反映北美模式高度重視社會服務持續性與公平性。未來關鍵則在資料隱私、跨機關交換、模型可信度與地方客製化；若缺乏制度與演練整合，再先進的 AI 也可能停留在研究展示階段。

日本的海岸數位孿生發展研究，主要呈現以伊勢灣為核心的複合洪水情境模擬，及以海嘯即時預測與觀光地區疏散為核心的動態決策

支援。伊勢灣研究結合區域氣候模式、降雨逕流模式與暴潮—波浪—淹水模式，透過多條颱風路徑與暖化情境，證明最大暴潮與最大河川洪峰未必出現在同一路徑，且兩者可能在不同時段與高潮位重疊，形成兩次高風險窗口。這使日本從傳統「單一設計水位」轉向多路徑、多時序與多危害交互作用的風險管理。另一方面，東北大學團隊已可利用 GNSS 地殼位移、超級電腦與 GPU 叢集，在數分鐘內完成高解析度海嘯淹水預測，並疊加手機人口、道路、醫療與垂直避難建築資料，直接支援搜救與避難決策。觀光海岸的研究則進一步處理居民、遊客、外國旅客、高齡者與行動不便者的差異，透過 VR 訓練、AR 導航、多語警示與行為評估，建立 Prepare、Guide、Evaluate 的閉環流程。整體而言，日本模式強調高精度物理模擬、即時運算與實地疏散應用的結合，技術成熟度高，且具明確的災時決策導向；其後續挑戰是如何整合不同部門資料、表達不確定性、維持警示一致性，並把地方實驗擴展為可跨社區部署的標準化服務。

臺灣案例的研究重點，在於將全球暖化、海平面上升與地層下陷三項長期驅動因子納入同一海岸風險框架。研究整合 ERS、Envisat 與 Sentinel-1 等長期 InSAR 資料，並以 GNSS 與水準測量校正，建立臺灣西部海岸三維地表運動與垂直地層下陷速率。成果顯示，多數地區下陷速率已有減緩，但填海造陸區、沿海平原與部分養殖區仍存在顯著局部風險，說明治理成效與殘餘風險並存。進一步的淹水模擬將海平面上升、極端降雨、河川洪水與持續下陷耦合，指出未來沿海淹水不只是海水倒灌，而是地勢降低、排水餘裕減少、河川洪峰增強與極端氣候共同形成的複合災害。此研究對臺灣西南沿海地區特別重要，因西部海岸同時聚集工業區、交通設施、農漁業、都市聚落與關鍵基礎設施，一旦只使用靜態淹水圖或固定下陷速率，容易低估長期累積效應。臺灣目前較強的是長期監測、國土尺度風險辨識與氣候情境分析，但講者表示即時資料同化、災時運算、人口動態、避難行為與跨

部門決策平臺是目前發展的瓶頸，需要持續更新至數位孿生的資料庫，才能由「風險圖資」進一步轉化為進行防災管理的動態治理工具。

最後綜整三者的差異可概括為：加拿大／北美 SHIELD 重視跨層級系統與社會照護，關注基礎設施失效如何轉化為醫療、交通與弱勢族群的連鎖衝擊；日本重視高精度物理模式、即時預測與疏散操作，強調從危害模擬快速轉譯為警示、導航和救援決策；臺灣則以長期地表監測、氣候變遷與地層下陷的複合風險分析見長，著重國土尺度的風險辨識與調適規劃。換言之，北美偏向「系統與社會韌性」、日本偏向「即時應變與使用者服務」、臺灣偏向「空間治理」，但其共同目標都是讓數位孿生成本有效防災工具，可以提前預警，降低災害造成的死亡、服務中斷與經濟損失，並成為平時減災、災時應變與災後復原的決策工具。

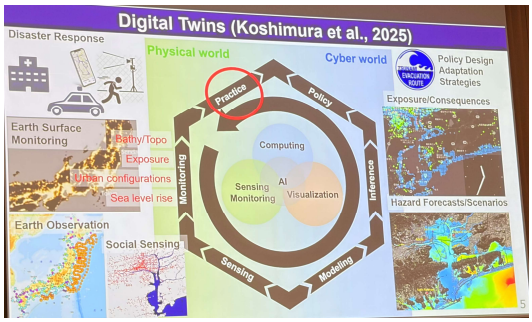


圖 7 加拿大/北美 SHIELD 架構

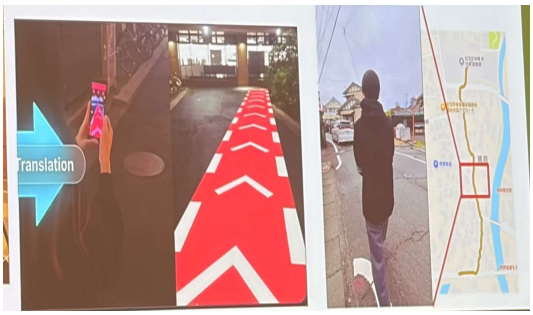


圖 8 海嘯範圍預測結合手機疏散指示

3. 氣候變遷下的乾旱研究 (HS54)

本場次共有 5 篇研究報告，包括印尼 1 篇、印度 1 篇、中國 1 篇，以及南韓 2 篇。印尼的研究為農業缺水的討論，2001 至 2021 年第二、第三期稻作季為範圍，結合 ERA5-Land 降水與潛在蒸散量、MODIS NDVI、短波輻射及官方產量資料，建立一公里稻作產量資料集，並以 SPEI-3 與去趨勢產量異常檢驗乾旱衝擊。最重要的發現是，乾旱強度本身只能解釋部分減產，灌溉來源、治理制度與地方調適能力才是決定脆弱性的關鍵。水庫型農區具有跨季節蓄水能力，但當降雨不足使水位下降時，管理機關會縮減灌溉面積、延後種植或調整配

水，下游農戶因而呈現較線性、可預期的產量下降。社區型農區依賴河川、池塘、地下水及地方協調，產量反應較分散，顯示農民組織、井泵設備、共享用水規則、收入多元化及既有乾旱經驗可形成緩衝。研究亦指出，社區型農區平均產量損失約 16.2%至 25.7%，高於水庫型的 13.3%至 20.3%，但其產量對乾旱強度變化反而較不敏感。尺度分析方面，各尺度相關係數中位數約 0.18 至 0.21，乾旱訊號大致穩定，但只有一公里尺度能清楚區分兩類灌溉系統；粗尺度適合國家預警與糧食安全規劃，細尺度則更能揭示治理、公平配水與地方韌性。政策上，水庫區應提升配水透明度與下游公平，社區型區域則宜加強小型蓄水、井泵、農民組織及生計多樣化。

印度研究則聚焦在馬哈拉施特拉邦東部維達爾巴，該區超過六成五人口依賴農業，且多屬雨養農業，因此季風失常容易迅速轉化為減產、負債與社會危機。研究以 1981 至 2014 年印度氣象局觀測降雨為基準，使用 NASA NEX-GDDP CMIP6 偏差校正資料，分析 2015 至 2100 年 SSP245 與 SSP585 情境，並比較 SPI-3、SPI-6、SPI-12 及 SPI-24 等不同時間尺度。方法上先進行資料品管、網格統一與個別模式績效評估，再建立多模式集合。結果顯示，多模式集合的綜合績效分數為 0.862，明顯優於最佳單一模式 MPI-ESM1-2-HR 的 0.595，證明集合方法可降低單一模式偏差。未來兩種情境下年降雨量整體增加，尤其 SSP585 遠未來增幅較明顯，但這不代表乾旱消失；短期 SPI 仍會出現明顯負值，乾濕交替與季節內降雨不均仍可能衝擊播種及作物關鍵生育期。SPI-3 與 SPI-6 適合季節預警與農事調度，SPI-12 與 SPI-24 則更適合水庫、地下水及跨年度配置。研究提醒，管理者不應只看年平均雨量，而應重視降雨時序、持續時間與空間差異。具體調適方向包括雨水儲存、灌溉效率提升、耐旱品種、作物多樣化及農業保險；未來若能整合土壤水分、地下水與作物產量資料，便可將氣象乾旱指標進一步轉化為可操作的農業風險預警。相較臺灣，國內相關的研究

已相當多，臺灣的進展較會中報告的相對成熟。

南韓的研究則是嘗試將社會經濟指標加入氣候變遷造成的缺水衝擊。該研究指出，水資源短缺不只是降雨不足或乾旱發生的自然現象，而是氣候危害、用水暴露與調適能力共同作用的結果。研究以韓國 4,912 個最小行政單元為分析尺度，危害面採用標準化逕流指數（SRI），並將乾旱發生機率、嚴重度與持續時間整合為加權分數；暴露面則依住宅、農業與工業三部門分別估算，不僅計算用水量，也納入人口、住宅用水價值、作物產量與收入、作物需水量、工廠與製造業附加價值、產業別單位用水等指標。脆弱度再加入地方經濟能力、財政自主、水源穩定天數、替代水源、消防與災害保險、教育與行政量能等條件。此設計的核心價值，是避免只用面積或總取水量判斷風險：兩個規模相近地區，可能因人口密度、作物種類、產業結構與備援水源不同，而呈現完全不同的缺水衝擊。換言之，社會經濟指標讓氣候訊號能轉化為「哪些地方會承受較大生活、農業或產業損失」的決策資訊。

未來推估分為歷史期（1981–2020）、近未來（2021–2060）與遠未來（2061–2100），並採用 IPCC AR6 之區域氣候模式與 SSP-RCP 代表情境，評估氣候變遷對逕流與水文乾旱的影響。研究特別強調，僅模擬氣候不足以反映真實風險，因人口與產業也會改變用水需求。人口大幅下降通常會降低住宅用水暴露，但人口減少較慢、人口移入或都市集中地區，風險反而可能維持或升高；工業面則依新設工業區面積乘以產業別單位用水量，納入半導體、氫能、先進製造及 AI 資料中心等發展需求。這表示即使韓國總人口下降，特定產業聚落仍可能因高耗水投資而形成新的缺水熱點。結果顯示，忠清南道與部分慶尚北道的高風險型態可能延續，但江原道、京畿道等地的風險分布可能明顯改變。此種「氣候供給變化＋社會經濟需求變化」的聯合應用，可協助政府提前把產業選址、都市成長、供水設施與替代水源納入長期

規劃，而非等到旱災發生後才被動限水。目前臺灣研究已累積大量氣候降尺度資料、水文/水資源模擬能力與多項缺水指標分析等成果，但如何將社會經濟指標加入氣候變遷造成的衝擊評估，是臺灣未來研究可以借鏡的地方。

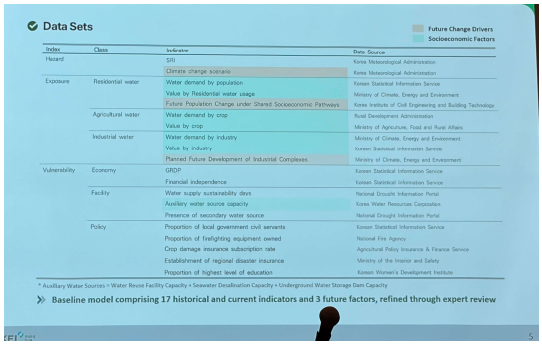


圖 9 社會經濟指標因子

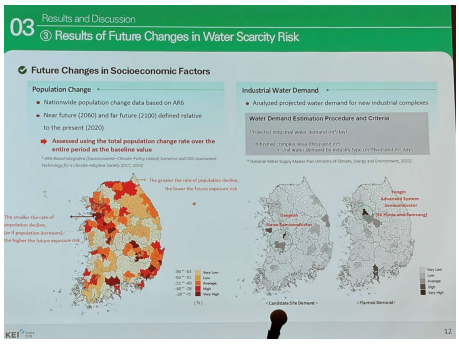


圖 10 綜合指標下之氣候變遷衝擊熱區變化

4. 氣候變遷下的風暴潮如何影響沿海地區鹽份變化(Satoshi Tajima, University of Neuchatel, Switzerland) (HS43)

該研究的重點結果，說明氣候變遷的影響可能讓沿海含水層在反覆風暴潮後，變成無法完全淡化，進而造成土壤特續鹽化的動態變化過程。研究先建立氣候變遷前的動態穩態，再以此為初始條件，輸入氣候變遷後改變的風暴潮強度與發生頻率。依據簡報結果，數值模型採二維合成半島含水層，並考慮海水入侵、密度差驅動流、非飽和與飽和水流等耦合過程。模擬顯示，風暴潮發生後，鹽水會進入沿海含水層，使總鹽質量快速上升，之後再隨地下水沖淡與排出逐步下降。當風暴潮每十年發生一次、最大浪高約二公尺時，含水層可在下一次事件前大致回到氣候變遷前狀態，表示具有「完全恢復」能力；然而當最大浪高提高到四公尺，單次輸入的鹽量增加，系統在兩次事件間無法完全排除殘留鹽分，總鹽量便逐次累積。這種累積並非無限增長，而是最後收斂到一個較高的新週期平衡，也就是原有動態穩態被氣候變遷推移。

研究的核心判斷不是只看單次風暴潮有多高，而是比較「鹽分輸

入速度」與「含水層自然恢復速度」。若事件間隔夠長、強度較低，鹽分可在下一次風暴潮前排出，長期附加鹽量接近零；若風暴潮更強或更頻繁，恢復時間不足，鹽分就會留在含水層中，造成地下淡水資源長期鹽化。講者的模式顯示，高強度風暴潮事件會使鹽水團向陸側與更深處移動，且每次事件後的回復路徑不再回到原點，反映鹽水分布與總鹽量同時改變。因此，氣候變遷對沿海地下水的風險是累加性的：即使每次風暴潮都是短暫事件，前一次留下的鹽分仍會影響下一次事件，最終改變含水層的長期水質與可利用性。

5. 無人機技術用於潮間帶殼狀珊瑚藻生態監測(Po-Chein Lin 博士生，臺灣中央大學) (IG18)

本研究以潮間帶殼狀珊瑚藻（Crustose Coralline Algae, CCA）為監測對象，嘗試建立低成本、可重複且具空間一致性的自動化調查方法。CCA 是潮間帶與珊瑚礁生態系的重要底棲生物，可提供幼生附著基質、參與碳酸鈣沉積，並反映海岸環境變化。然而，傳統人工踏查不僅受潮汐、地形與安全限制，也難以在大範圍內維持一致的分類標準。低空無人機能快速取得高解析度正射影像，再搭配機器學習進行像元分類，可將零散的現場觀察轉化為具座標、可量化及可比較的覆蓋率資料。就應用研究而言，真正有價值的是此方法成本低，可持續更新 CCA 分布圖、對於海洋環境的監測有相當大的幫助。

會中講者指出，目前此研究的限制是 CCA 顏色會隨水深、濕潤程度、光照、附著物及環境條件改變，使其 RGB 光譜與岩石、其他藻類或陰影相近，造成分類混淆。這代表單純增加 RGB 影像數量，未必能根本解決辨識瓶頸。後續應優先導入多光譜或高光譜 UAV 感測器，利用近紅外、紅邊及更細緻的光譜特徵提升 CCA 與非 CCA 的可分性；同時可結合數位高程、表面粗糙度、潮位、坡度及現地樣區資料，建立多模態分類模型。如此才能由單次研究提升為長期海岸生態監測工具，提高研究的應用價值。

6. 氣候變遷衝擊於區域水文議題：從調適與減緩到更全面的因應 Climate Change Impacts on Regional Hydrological Issues: Beyond Adaptations and Mitigations (HS25)

該主題主要探討氣候變遷下不同區域所面臨之水文環境變化、洪水風險及相關調適與減緩議題，研究案例涵蓋日本、越南、菲律賓等地。報告內容包括未來氣候變遷下河川水溫變化推估、越南河內都會區綠色基礎設施對都市熱島效應之減緩、日本河岸帶森林皆伐對洪水災害減輕之影響，以及利用都市淹水模擬評估不同洪水控制方案等；另亦運用人類－水系統耦合動態模型，探討調適能力與洪災財富不平等之關係。主要由氣候與水文環境變化及洪水災害模擬，進一步延伸至調適措施、都市規劃及社會經濟影響等面向，呈現區域水文議題在氣候變遷影響下跨領域風險評估與調適研究之發展方向。其中，以下就都市綠色基礎設施之降溫效益，以及洪水風險評估模式更新兩項研究進行說明。透過綠色基礎設施緩解都市熱島效應：以越南河內都會區為例「Urban Heat Island Mitigation Through Green Infrastructure: Insights from the Hanoi Metropolitan Area, Vietnam 」，主要探討都市綠地作為綠色基礎設施對減緩都市熱島效應之效益。隨著都市化快速發展，建成區擴張及人工地表增加，使都市高溫與熱島效應日益顯著，而都市綠地可透過植被蒸散、遮蔭及調節局部氣流等方式降低環境溫度，因此可作為因應都市高溫的重要調適措施。

透過衛星遙測資料結合機器學習，模擬不同植被增減及氣候暖化情境下的地表溫度與都市熱壓力變化。結果顯示，增加都市植被可有效降低地表溫度及改善都市熱環境，而植被減少則會加劇都市升溫，且夏季的影響較為明顯。其中，植被增加 10%的情境下，夏季地表溫度約可降低 0.56°C；植被減少 10%時，則約增加 0.58°C。然而，當進一步考量氣候暖化情境時，氣候增溫可能抵銷部分都市綠地所帶來的降溫效益，顯示都市綠化雖具有調適效果，但仍需考量未來氣候持續

暖化所帶來的影響。

此外，該研究進一步分析都市綠地降溫效益的空間範圍，結果顯示，降溫效果主要集中於綠地周邊約 300 公尺內，並隨距離增加逐漸減弱。其中，夏季的降溫效果最為明顯，距離綠地 0 至 100 公尺範圍內的降溫效果最為明顯，最大降溫幅度約可達 2.14°C，並隨距離增加逐漸減弱，至約 700 至 800 公尺後已趨於不明顯。研究結果說明，都市綠地不僅是減緩都市熱島及高溫衝擊的重要調適措施，其空間配置亦會影響實際降溫效益，因此未來都市氣候調適與綠色基礎設施規劃，除增加綠地面積外，亦應考量綠地的空間分布與配置，以提升整體降溫效益及都市氣候韌性。

另一項研究由東京大學 Allan Tejada 與 Akiyuki Kawasaki 發表，主題為沿用過時模型對洪水風險估算之影響「How does reusing an outdated model affect the flood risk estimate? 」，以菲律賓馬尼拉都會區馬利金納市（Marikina City）為研究區，探討在河川環境、都市發展及社會經濟條件持續改變下，若仍沿用未更新的洪水風險模式，可能對風險評估結果造成的影響。洪水風險由危害度、脆弱度及暴露度共同組成，隨著河川工程、土地利用、人口及資產分布等條件改變，原有模式可能無法反映當前實際風險。研究以 2009 年颱風 Ondoy 洪災時期與河川整治後作為比較情境，分別考量不同時期的危害度、脆弱度及暴露度變化，評估沿用既有模式所造成的洪水風險估計差異。

結果顯示，2009 年洪災後的河川整治使河道通洪能力由約 1,500 m^3/s 提升至 2,500 m^3/s，有效降低洪水危害及淹水範圍。整體而言，河川整治後洪水危害及家戶脆弱度均有所降低，但隨都市持續發展，人口與資產暴露增加，使整體潛在災害損失仍可能增加。

研究指出，防洪工程雖可降低洪水危害，但都市發展所增加的人口與資產暴露，可能抵銷部分減災效益，形成「堤防效應」。因此，若沿用未更新的洪水風險模式，可能高估目前風險，且洪水事件規模愈

大，估計差異愈明顯；若僅更新危害度而忽略脆弱度與暴露度變化，亦可能高估防洪工程的風險降低效益。研究顯示，洪水風險評估應同步考量危害度、脆弱度及暴露度隨時間的變化，以更合理反映當前風險，並提升防洪與氣候調適決策的有效性。

3. 重點發表內容

3.1 氣候變遷情境下機率式淹水損失風險分析 (SS12-A006)

劉俊志、蕭逸華及李欣輯等人共同發表「Probabilistic Flood Loss Risk Analysis under Climate Change Scenario」。以臺南市南部都會區及三爺溪流域為案例，探討氣候變遷下洪水災害風險的量化方法，並提出結合機率風險分析與調適效益評估的新架構。研究首先比較特定事件(Deterministic)與全機率事件(Probabilistic)兩種風險分析方法。決定論主要針對歷史事件或單一最壞情境進行模擬，適合個別案例分析，但無法反映氣候變遷帶來的不確定性；相較之下，機率風險分析則將危害、暴露與脆弱度的不確定性納入模型，可建立超越機率曲線(Exceedance Probability Curve, EPC)、最大可能損失(Probable Maximum Loss, PML)及平均年損失(Average Annual Loss, AAL)等指標，更適合分析極端降雨事件將更加頻繁的衝擊。

案例研究選定臺南市南部及三爺溪流域，由於該區位於原臺江內海低窪地帶，人口密集且工業聚落集中，具有高度淹水潛勢。研究採用 2019 至 2022 年間已完成的河道拓寬、堤防加高及滯洪池等治理工程作為調適分析基礎，並以全球暖化程度 2°C (GWL2°C)為氣候情境，整合 31 個全球氣候模式(GCM)與 99 組 GCM-SSP 組合進行降雨推估，以充分反映不同氣候模式間的不確定性，接著利用 SOBEK 淹水模式模擬洪水及 TLAS 系統估算住宅、商業、工業等不同土地利用之洪災損失；最後透過蒙地卡羅模擬建立 EPC 曲線與 AAL 等風險指標，完成機率風險分析。

研究結果顯示，在 GWL2˚C 情境下，未來設計降雨普遍增加，導致淹水面積及平均淹水深度皆呈現上升趨勢。其中，中位數結果顯示，約 50 年重現期淹水面積增加約 40%，平均淹水深度增加約 10%，且重現期越長，不同氣候模式之間的不確定性越高。以整體風險而言，臺南市南部平均年洪水損失(AAL)比現況增幅達 22.6%，顯示氣候變遷將造成的衝擊是相當顯著的。此外，各類土地利用中，以工業區損失最高，其次為住宅及商業區，反映三爺溪流域工業聚集對整體經濟風險具有重要影響。

在調適策略評估方面，研究建立包含分洪、滯洪池、堤防加高、河道拓寬及污水分流等措施，共 432 種不同組合方案，利用淹水模擬與損失評估分析其效益。結果指出，污水分流及分洪措施為最有效的單一措施，而最佳組合方案可使洪水損失降低約 35%，顯示多元工程措施整合可大幅提升防洪效益。然而研究亦發現部分調適措施可能產生不當調適(Maladaptation)的現象，例如單純提高堤防高度，反而可能增加局部區域淹水風險，說明調適措施並非越多越好，而需透過整體系統分析評估其綜合效益。

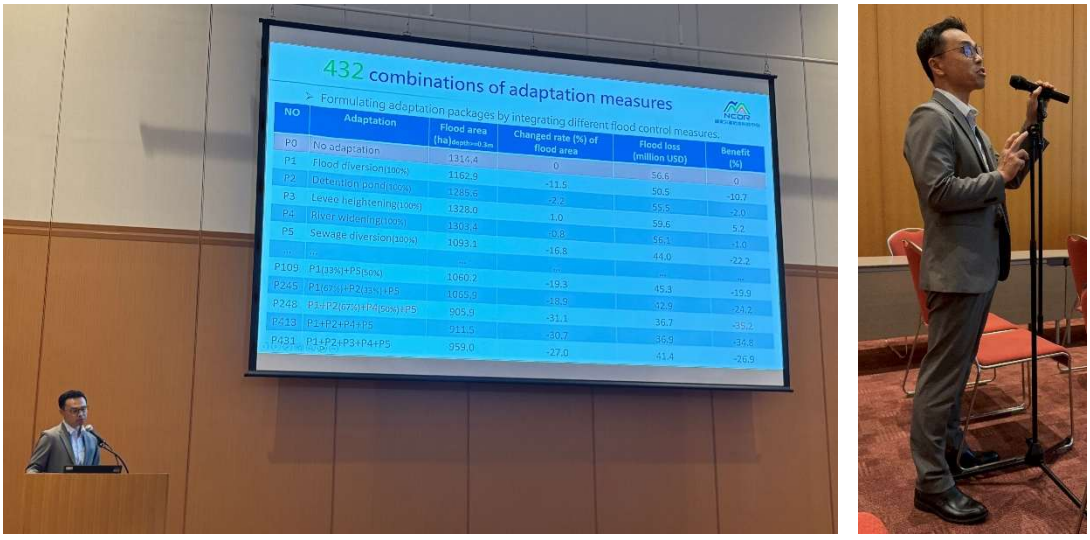


圖 11 口頭報告與綜合討論

3.2 氣候變遷災害與衝擊指標分析：以水議題為例 (HS05-A001)

蕭逸華、陳俊哲、曾宏偉、劉星妤、李欣輯、石棟鑫等人共同發

表「Indicator-based Analysis of Climate Change Hazards and Impacts: a Case Study on Water-related Issues」。本研究針對國家科學及技術委員會 TCCIP 計畫架構下，各災害領域風險辨識圖臺之研發成果進行展示，旨在突破過去單一領域研究的局限，建構一套整合多元氣候變遷數據的分析環境，將複雜的數值模型結果轉化為直觀的資料視覺化與互動分析介面。

在系統架構設計上，透過前端過濾介面、地圖操作控制（如多維度縮放、圖層動態疊加）及後端數據管理系統，實現了數據的高效存取與呈現。這套系統架構不僅解決了各單位資料格式不一的整合挑戰，更方便使用者輕鬆瀏覽不同災害之危害衝擊數據，是連結科學成果與實務決策的關鍵橋樑。

在應用價值與具體成效方面，本研究以水資源與淹水風險為核心切入點，利用年降雨變異、連續乾旱日數及淹水發生機率等多項關鍵指標，建立了一套標準化的風險評估邏輯。研究進一步透過空間分析，將氣候災害圖層與易受災的農業經濟區進行精確疊加，成功辨識出不同時間尺度下的高風險區域。這項研究成果不僅顯著提升了災害風險評估的細緻度，更提供了科學化、具備空間地理資訊（GIS）支撐的決策參考依據。

3.3 氣候變遷情境下水資源系統預警機制研究 (HS05-A013)

曾宏偉、林祺恆、蕭逸華、李欣輯等人共同發表「A Study on Early Warning Mechanisms for Water Resource Systems Under Climate Change Scenarios」。本研究針對曾文-烏山頭水庫系統，建構一套整合多重指標的乾旱預警架構。為提升極端氣候下的水資源系統韌性，系統性地將標準化逕流指數(SRI)、水庫蓄水量以及季節週期(月份)作為輸入訊號，發展可預測未來 1 至 6 個月水情狀態(例如：正常 Good/警戒 Watch)的早期預警模型。

在研究方法上，主要採用極端梯度提升樹模型(XGBoost)進行分

類預測，並結合 SHAP (SHapley Additive exPlanations)可解釋性分析技術。藉由導入 SHAP 技術可量化各特徵因子對預測結果的貢獻度，有助於釐清不同預測時序下的乾旱驅動成因。分析結果指出，未來 1 個月預警模型的整體預測準確率可達 83.6%。此外，水資源系統在不同時間尺度下，其乾旱的驅動機制會發生顯著轉移。例如：短期乾旱預測(t+1)主要受當前水庫蓄水量的影響，反映出即時水情控管之關鍵性；而長期預測(t+6)則轉為由季節週期與長延時逕流指數(例如：SRI-10)所主導。

3.4 運用氣候變遷視覺化平臺評估農業用地洪水風險 (HS05-A021)

林祺恒、朱芳儀及紀佳法等人於 HS05 共同發表「Applying Visualized Climate Change Platform to Assess Flood Risk for Agricultural Land」。以國家災害防救科技中心研發之氣候變遷災害風險調適平臺(Dr.A)資料，探討以氣候變遷資料建構地方氣候調適評估機制的方法。遵循臺灣環境部 2023 年施行《氣候變遷因應法》中「調適專章」以及 2025 年公布之《氣候變遷風險評估作業準則》。模擬政府機關推動氣候變遷調適法定程序過程，如何應用 Dr.A 以 TCCIP CMIP6 統計降尺度資料建構之風險圖資；研究設定為土地利用部門在面對淹水議題時的操作流程，以宜蘭縣農業用地為評估對象，將氣候變遷統計降尺度資料落實於空間分析，建立一套標準化且可重複操作的氣候變遷風險評估範例。

經由空間圖資套疊比較升溫情境下淹水風險變化情形。結果顯示，宜蘭縣整體農業用地中有 37%（約 85.6 平方公里）面臨淹水威脅；在基期（全球升溫約 1˚C）下，約 52%（44.64 平方公里）的受威脅農地處於低風險等級（Risk Lv.1 與 Lv.2）；升溫 1.5˚C 情境時，最高風險等級（Risk Lv.5）的農地比例上升至 61%（51.92 平方公里），即中低風險區均轉化為高風險區。進一步透過調適差距（Adaptation Gap）分析，指認出不同產業類型與鄉鎮尺度的優先處理區位。再利用土地

利用結構評估，顯示受風險影響的農地中，93.7%為農作物用地，水產養殖與畜牧用地則分別占 5.4%與 0.4%，套疊分析後在全縣綜合風險與農作物用地方面，均以「壯圍鄉」的風險增加幅度與威脅程度最為顯著；在水產養殖業方面，淹水風險則高度集中於「五結鄉」；而畜牧業的高風險區位則指認於「宜蘭市」與「礁溪鄉」。透過不同尺度進行高風險區位解析，示範優先挑選進行調適措施區域之方法，本研究建構如何應用現有氣候變遷資料，提供依循政策完成標準化風險評估的一種可行方法，流程可作為未來各界應用之參考。

3.5 臺灣石門水庫集水區氣候變遷下坡地災害調適差距與高風險區辨識 (IG02-A024)

朱芳儀、紀佳法、陳麒文、李欣輯、林祺恒、李明旭等人共同發表「Identification of Climate Change Adaptation Gaps and High-Risk Areas for Landslide Disasters in the Shihmen Reservoir Watershed of Taiwan」。氣候變遷下颱風降雨具增強之趨勢，加上臺灣山區地形陡峭、地質條件較為脆弱，未來坡地崩塌災害風險可能隨之增加。因此，本研究以石門水庫集水區為研究區，透過集水區尺度之坡地災害風險評估，分析現況與未來暖化情境下崩塌衝擊及災害風險之變化，並藉由比較不同氣候情境之評估結果，辨識氣候變遷下之「調適差距（Adaptation Gap）」及高風險區，以作為後續調適措施規劃、資源配置及坡地災害風險管理之參考。

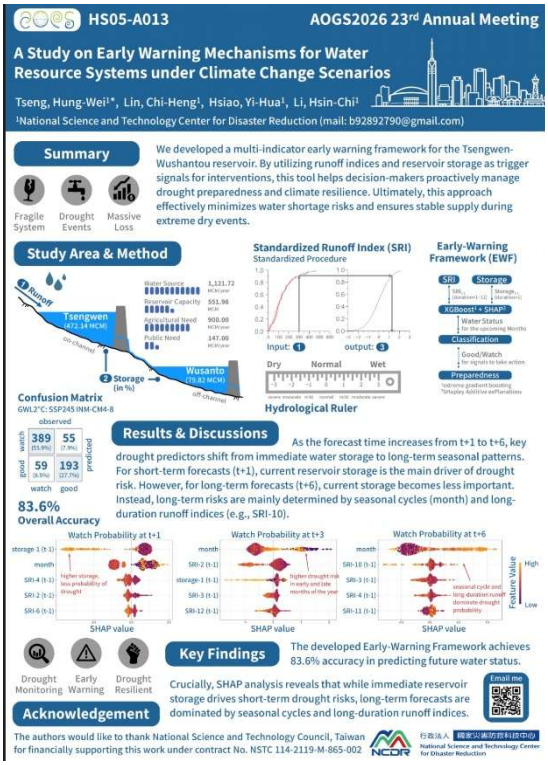
本研究運用動力降尺度颱風降雨資料，搭配 TRIGRS 淺層崩塌數值模式，分別評估現況及未來暖化情境下各子集水區之崩塌率與崩塌機率，並據以分析崩塌衝擊及災害風險。進一步比較不同情境下崩塌率與崩塌機率之變化，以辨識氣候變遷造成之調適差距，並結合現況人口暴露度，進行高風險區之辨識與排序。

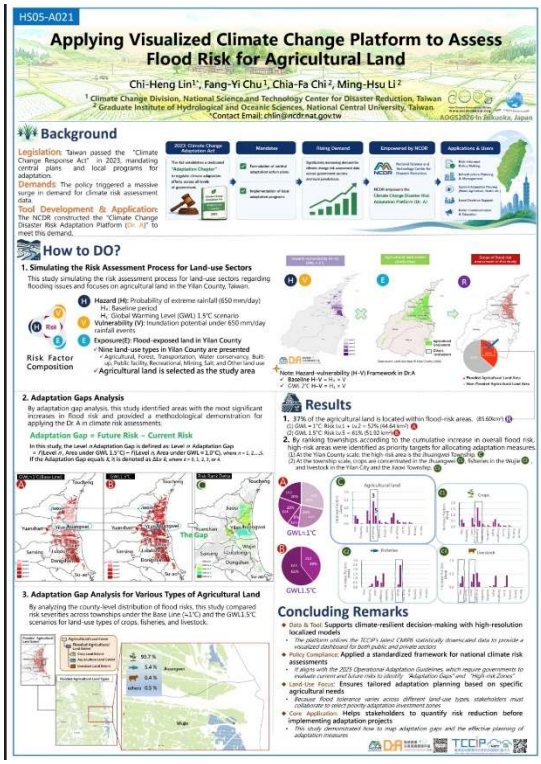
研究結果顯示，現況及未來情境下之崩塌衝擊主要集中於集水區中、上游，災害風險較高區域則主要分布於集水區中游西側；比較不

同情境後，部分子集水區之崩塌率或崩塌機率呈現增加，顯示未來氣候變遷可能進一步提高坡地災害風險。透過調適差距與人口暴露度之整合分析，共辨識出 14 處高風險子集水區。進一步分析其風險組成，可辨識未來相較於現況具有較大調適差距，且人口暴露程度較高之區域，作為後續調適措施及資源優先投入之參考。同時，亦可釐清不同高風險區主要是受到崩塌衝擊增加或人口暴露程度較高所影響，提供後續研擬不同調適策略之依據。

海報發表期間，亦與日本及臺灣等學者進行交流，針對研究方法、風險評估結果呈現方式及後續研究應用方向等議題交換意見。透過交流了解不同研究領域於氣候變遷風險評估與調適研究之方法及應用，作為後續研究精進之參考。


HS05-A001
2026 AOGS
Asia Oceania Geosciences Society
Annual Meeting
FUKUOKA, JAPAN
Indicator-based Analysis of Climate Change Hazards and Impacts:
a Case Study on Water-related Issues
Introduction
The Official Website of TCCIP:
Exclusive Access: for Various Users
ARK for Central Agencies: Risk Adaptation
Physical Risk Adaptation Tool
[EX] Water resources: hazard levels
[EX] Flood: Impact levels (overlaying agricultural zones)
[EX] Slope: Landslide / Population


HS05-A013
AOGS2026 23rd Annual Meeting
A Study on Early Warning Mechanisms for Water Resource Systems under Climate Change Scenarios
Summary
Study Area & Method
Standardized Runoff Index (SRI)
Early-Warning Framework (EWF)
Confusion Matrix
Hydrological Ruler
Results & Discussions
83.6%
Overall Accuracy
Key Findings
Acknowledgement


HS05-A021
Applying Visualized Climate Change Platform to Assess Flood Risk for Agricultural Land
Background
How to DO?
Results
Concluding Remarks

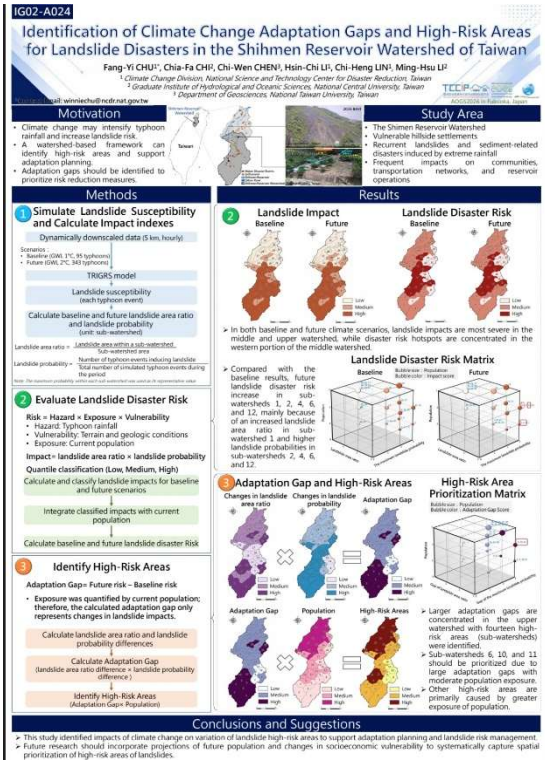

IG02-A024
Identification of Climate Change Adaptation Gaps and High-Risk Areas for Landslide Disasters in the Shihmen Reservoir Watershed of Taiwan
Motivation
Study Area
Methods
Results
Conclusions and Suggestions

圖 12 發表海報

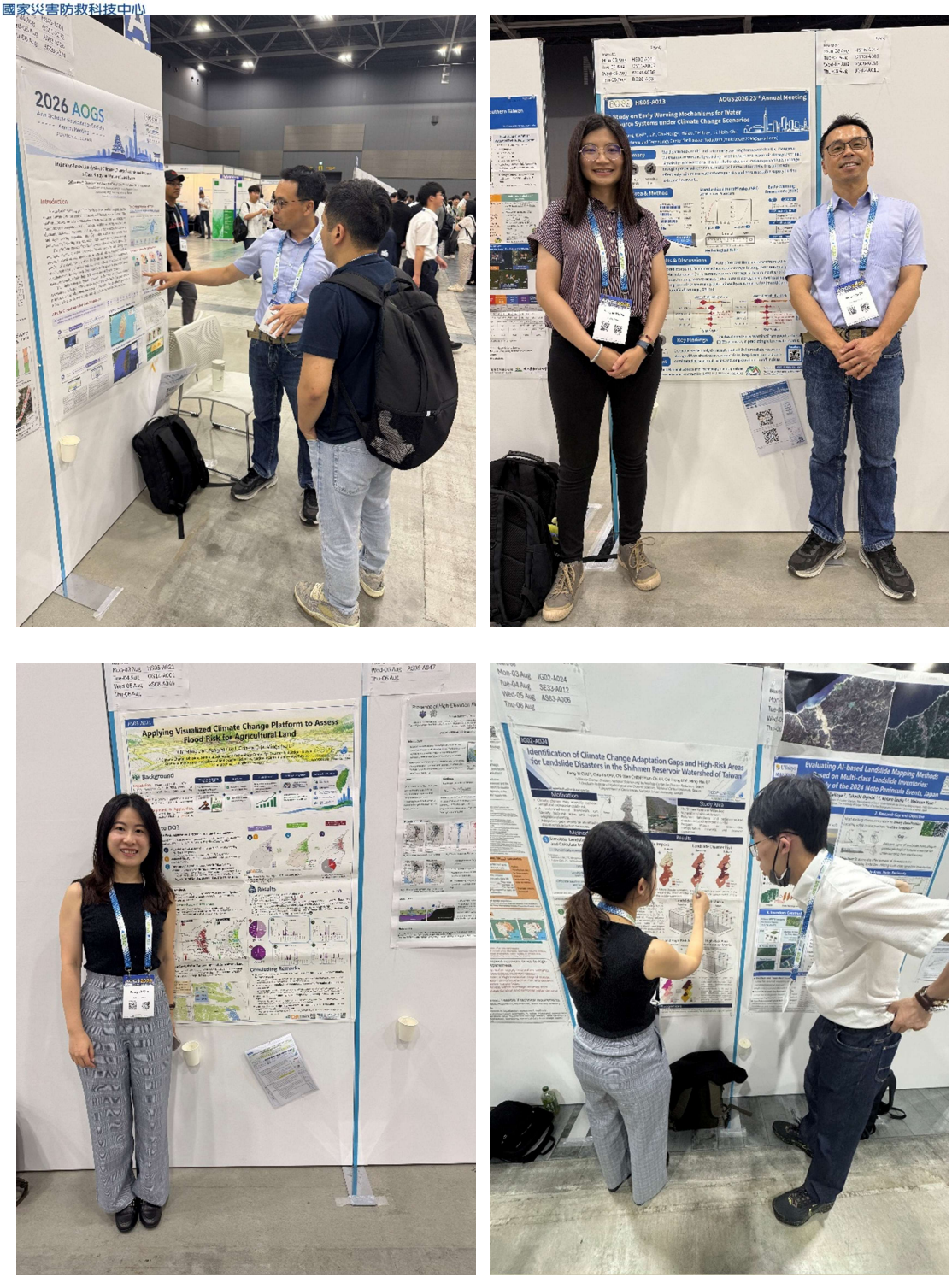


圖 13 海報發表討論與交流

4. 心得與建議

綜觀 AOGS 2026 的整體發展趨勢，當前地球科學的前沿已不再侷限於單純提高模式解析度，而是進一步將「觀測、機制、預測、衝擊與決策」緊密串聯，形塑出可實際運作的風險治理鏈。在具體作法上，透過衛星、雷達、測地與海洋觀測掌握事件與長期變化證據，結合高解析模式、資料同化與集合預測提升可預報性，並藉由機率式損失與關鍵設施分析，將科學研究成果成功轉譯為可供決策者採取行動的風險資訊。結合上述國際趨勢與我國推動現況，針對臺灣未來的研究與工作方向，提出以下具體建議：

- **由單一設計事件轉向機率風險**：建立多模式、多事件的淹水與損失集合評估，完整呈現超越機率曲線、信賴區間以及各項不確定性來源。
- **強化線狀降水客觀辨識**：整合衛星、雷達、雨量站與數值模式等多源資料，建立更貼近臺灣梅雨與颱風環境的事件分類標準與客觀辨識門檻。
- **推動沿海複合情境模擬**：同時納入海平面上升、風暴潮、極端波浪、地層下陷及港區暴露等因子，避免以單一平均海平面簡化或代表實際的沿海風險。
- **由設施損害擴展至系統服務**：深入評估交通、能源、通訊與醫療等關鍵基礎設施之間的相依性，進一步分析服務中斷及其引發的間接經濟損失。
- **提高風險評估透明度**：公開具體資料來源、模型假設條件、限制與不確定性說明，確保研究結果具備可追溯性，並能有效與利害關係人進行溝通。
- **持續深化國際合作**：以線狀降水、機率式淹水損失及沿海複合災害為主軸，積極推動跨國共同資料庫建置、比較研究、聯合

論文發表與實質人員互訪。

5. 出國效益

本次參與 AOGS 2026 的核心效益，除了全面掌握國際地球科學與災害風險研究的最新趨勢外，亦成功向國際社會推廣我國在氣候變遷淹水損失機率分析方面的實質成果，同時為極端降雨、水文風險、沿海複合災害及關鍵基礎設施等領域奠定國際合作網絡。以下為本次出國之核心效益架構與後續深化重點：

- **推廣臺灣機率式淹水損失風險研究**

透過 SS12 場次的發表，向國際研究社群清楚展示臺灣如何將氣候情境、降雨事件、淹水模擬與損失函數有效整合為機率風險評估結果。此方法成功將傳統「單一事件淹水深度」的思維，轉化為「不同損失門檻被超越可能性」的機率資訊，大幅提升研究成果對調適決策、風險分級與殘餘風險溝通的實務適用性。

後續調整重點為整理國際學者針對事件取樣、極端值尾端處理、模式校正、損失函數及不確定性傳遞等議題之寶貴回饋，作為後續研究修正與國際期刊論文投稿的重要依據。

- **建立極端降雨與水文風險國際交流**

AOGS 匯集了較多亞洲地區之研究案例，極具潛力推動線狀降水事件的跨國比較研究。未來可進一步研議建立共同事件清單與統一的客觀分類條件，深入比較各地的環境門檻、地形效應、模式解析度及集合預報表現。此外，水文分會中關於機率式氣象驅動與不確定性的研究，亦可作為精進國內淹水風險分析的上游方法支援。

- **強化沿海複合災害與跨領域合作**

本次研討會凸顯出海平面上升、風暴潮、地層下陷、海流及港區暴露等因子，必須被納入同一個完整的風險架構中進行整合評估；而相關的海嘯與關鍵基礎設施研究，更深刻提醒災害損失不應僅停留在

單一設施的實體受損，更應進一步擴大估算交通、能源、通訊及供應鏈等系統性服務中斷所帶來的間接影響。此一發展方向，將可完美銜接並深化我國未來針對沿海城市、港區與關鍵基礎設施之複合災害防救研究。

- **深化多元領域的科學數據轉化與決策支援**

本次發表強調運用氣候變遷推估數據（如 CMIP6 情境、GCM 降雨推估）與空間圖資工具（如網路互動圖臺、Dr.A 平臺、GIS 空間模擬），將複雜的氣候科學數據轉化為可視化的風險圖資與指標。藉由淹水、水資源、農業與坡地等不同領域的具體案例分析，辨識高風險區及調適差距，以對應「氣候變遷因應法」等實務決策與調適規劃需求，做為推動跨領域的調適策略整合之重要研發成果推廣。