

全球防災新視野：跨國經驗、 科研創新與產業實踐

—專訪瓜地馬拉防災委員會執行秘書長克魯斯博士、 臺灣國家災害防救科技中心陳宏宇主任、 優聖系統有限公司楊育誠副總經理

祝康偉

《國際開發援助現場季刊》主編

2025年末的巴西貝倫(Belém)，《聯合國氣候變化綱要公約》第30次締約方會議(Conference of the Parties 30, COP30)在暴雨、停電與外交角力中畫下句點，最終文件刪除了「淘汰化石燃料」的具體路線圖，而富裕國家提出的1.3兆美元氣候資金，也僅停留在目標與倡議層次，且被推遲到2035年再具體討論，遠遠落後於科學界評估能有效遏止氣候崩潰的時間點。

表面看來，這似乎減緩了全球立即棄用化石燃料的轉型壓力，但芒刺在背的現實是，當全球減碳慢了下來，氣候風險卻不曾停下加速的腳步。從1.5°C防線——這由《巴黎協定》(Paris Agreement)設定、避免氣候系統跨入不可逆轉風險的溫升上限，幾乎失守的情況來看，等同預告了極端氣候將不再是偶發的黑天鵝，而是全球的新常態。

可預見的未來，超強颱風、暴雨和乾旱將變得更頻繁，也更難預測與控制。對於高度依賴進口能源的臺灣來說，這遠不只是能源轉型的問題，而將成為牽動國家存亡的重要考驗。尤其，會議結果清楚傳達了一個訊號：「國際間的互信正快速鬆動，氣候合作與資金支持的管道可能變得更現實，也更封閉。」身為非締約方的臺灣，若要爭取到制度性保障或資金援助，將面臨比過去更高、更複雜的門檻。

在此背景下，韌性(resilience)不再只是公共政策的工具性概念，而逐漸浮現為臺灣最具戰略價值的外交資產。透過強化在地災害管理能力、能源系統穩定度、基礎設施可靠度，以及在區域與全球的知識與技術貢獻，臺灣能夠在有限的國際空間中開闢新的合作途徑，並以實質能力換取必要的國際連結與政治支持。

因此，本期特別專訪了災害威脅嚴峻的友邦代表、我國防災科技研發核心單位，以及長期參與國際合作的民間企業，包括瓜地馬拉防災委員會(Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, CONRED)執行秘書長克勞丁·奧加爾德斯·克魯斯博士(Dr. Claudinne Ogaldes Cruz)、臺灣國家災害防救科技中心(National Science and Technology Center for Disaster

Reduction, NCDR) 陳宏宇主任，以及優聖系統有限公司楊育誠副總經理。

三位受訪者分別從治理需求、科技創新與海外實作的角度，深入闡述防災治理的挑戰、科技在決策支援中的關鍵作用，以及推動防災系統建置的實務經驗。本文將透過多元視角的分析，為讀者提供更清晰、深入且具前瞻性的觀察，理解臺灣在快速變動的全球氣候治理所面臨的風險與可能的定位。

一、瓜地馬拉防災委員會執行秘書長克魯斯博士： 臺灣在強化開發中國家災害韌性上具關鍵性角色

對開發中國家而言，氣候危機並非遙遠威脅，而是深刻衝擊社會與經濟的日常現實。以瓜地馬拉為例，極端降雨、乾旱、洪災與山崩等災害頻仍，使氣候適應與減災治理成為刻不容緩的國家議題。

身為瓜地馬拉防災委員會的執行秘書長，克魯斯博士深切呼籲，COP30 必須鞏固並推動關鍵成果與承諾，以加速全球氣候行動，特別是在氣候調適與災害風險降低領域，並提供具體的政治和財政支持。對於像瓜地馬拉這樣的開發中國家而言，當務之急是達成具有約束力的承諾，以保護生命、基礎設施和生計，以應對已然來臨的氣候危機。

(一) 開發中國家面對氣候危機的 4 個關鍵領域

基於此，他認為以下四個關鍵領域至為重要：

第一，提供可及且具預測性的氣候融資。國際社會必須建立新的量化氣候融資目標，大幅提高調適資金的占比，並確保開發中國家能直接取得資金。同時，應加速「損失與損害基金」的全面運作，制定清晰且具彈性的執行規則，使資源能真正流向高度脆弱的國家。此外，擴大預先行動導向的融資機制，讓各國在災害發生前即能調度關鍵資源，以降低人員傷亡與經濟衝擊。

第二，強化中美洲區域合作與共同願景。由於中美洲國家在氣候與地形上具有高度相似的脆弱性，區域整合勢在必行。應透過包括中美洲及多明尼加共和國災害預防協調中心 (Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres en América Central, CEPREDENAC) 在內的合作架構，深化技術交流、資料共享與跨境預警機制的強化，以提升整體區域的風險管理能力。

第三，將減災置於氣候調適的核心位置。各項承諾與政策應與《2015–2030 仙台減災綱領》保持一致，將災害風險降低視為推動調適行動的基礎性支柱。其中包含發展多重威脅早期預警系統 (Multi-Hazard Early Warning Systems, MHEWS)，並確保公共與私人投資不會在未來累積新的風險，而是朝向更韌性的發展模式。

第四，擴大氣候科技的取得與能力建構。開發中國家迫切需要取得包括早期預警系統、氣候與水文預測模型、地理空間監測工具等重要技術。國際合作不僅應保障技術可取得，亦須提供足夠的能力建構、維運訓練及在地化支持。同時，必須讓地方社區領袖及相關利益方參與決

策，使技術真正貼近需求並強化地方層級的韌性。

尤其是在全球氣候治理日益從「以碳為中心」（減緩）轉向「以韌性為中心」（調適與減災）的情勢下，國際社會已普遍接受氣候衝擊正在加速發生。對開發中國家而言，此一趨勢更強化其在談判中主張資金用於調適、預警系統建設及損失與損害機制的正當性，並使其能更有效地將自身需求納入全球氣候議程。

（二）開發中國家推動韌性建設的3大挑戰

他進一步指出，在強化氣候調適能力的過程中，開發中國家普遍面臨三項主要挑戰。第一，在技術層面，由於監測網路覆蓋不足、資料來源分散且預警系統整合有限，各類災害風險無法被全面掌握。第二，在資金方面，基礎設施現代化不足，限制防災與應變能力的提升，也使關鍵預警設備與資訊系統難以維持運作。第三，在人力資源上，欠缺具備資料分析、氣候模式研擬與國土管理專業的人才，導致政策規劃、風險評估與整體治理效能受到制約。

以瓜地馬拉與加勒比共同體（Caribbean Community, CARICOM）為例，兩者在推動多重威脅早期預警系統方面已有一定成果，例如透過區域性投資強化氣象服務、推動多重威脅預警路線圖，並導入社區為本的「全民早期預警」（Early Warnings for All, EW4All）倡議。然而，在實務操作中仍面臨若干技術瓶頸，包括感測器密度不足、雷達與監測設備維護困難導致監測不中斷性不足；傳統水文氣象預警模式因欠缺必要的專業能力與工具，無法順利轉型為多災害影響預報（Impact-Based Forecasting, IBF）。

在訊息傳遞方面，社區廣播、簡訊與警報器等渠道在偏鄉與弱勢族群中覆蓋有限，使預警資訊的可及性大打折扣；跨機關協調不足則影響疏散、道路封閉等應急措施的效率。此外，多數計畫高度依賴短期資金，造成設備校準、維護、備品更新與人才培訓難以長期持續，使系統效能在專案結束後走向弱化。

儘管如此，多災害預警系統在許多開發中國家仍呈現積極進展。他認為，若要實質提升社區韌性並強化災害應對能力，仍須跨越技術、資金與人力三重限制，並確保國際合作資源真正用於強化在地能力，而非僅止於提供設備。這包括與社區共同規劃系統與流程、推動技術可轉移與可維護、以更具彈性的方式滿足地方需求、促進傳統知識與現代科學整合，以及協助社區建立自主管理的預警與應變機制，從而更有效因應持續升高的氣候風險。

（三）臺灣優勢在於高度技術能量、多重威脅預警經驗及國合會務實合作模式

克魯斯博士十分肯定臺灣在防減災領域的經驗與專業能力。他指出，長期以來臺灣在協助瓜地馬拉國家防災委員會強化災害韌性方面扮演了不可或缺的角色。

其中，雙邊合作的第一階段「防災預警系統」計畫透過整合氣候資訊與技術工具，強化水文氣象監測站的功能並提升早期預警系統的整體效能，目前已進入收尾階段。接續的第二階段將聚焦於「強化防災治理能力」，全面提升政府災害治理與應變能力，進一步深化整體的國家韌性基礎。

此外，臺灣的地震預警系統（Earthquake Early Warning, EEW）具備秒級自動警報能力，其感測器架構與資料快速運算模式，不僅可供瓜地馬拉借鏡，亦能延伸應用於地震與土石流監測；相關的衛星遙測技術亦能用於降水偵測、土地覆蓋變化分析與災後即時判釋，進一步支持國土脆弱性地圖製作與流域監測工作。

他指出，臺灣在全球減災（Disaster Risk Reduction, DRR）領域的重要性，來自於高度成熟的技術能量、多重威脅預警系統的運用經驗，以及國合會推動的務實合作模式。瓜地馬拉已從雙邊合作中獲益，包括設備與技術支持、能力建構與制度發展。臺灣在地震、颱風及韌性基礎設施治理方面累積的經驗，對高度脆弱的國家具備重要參考價值。

他同時強調，全球正面臨氣候變遷所帶來的多重挑戰——包括人命損失、經濟衝擊、環境退化與社會不穩定。對最脆弱國家而言，其承受的風險遠超出可支配的應對能力，這一現實呼籲國際社會必須採取立即且具體的行動。唯有透過更公平且具雄心的國際合作，方能有效降低脆弱性，保護受威脅族群。

基於此，關鍵措施應包括：增加對氣候調適與減災的資金投入、強化多重威脅早期預警系統、加速科技與知識移轉、提升制度治理能力，並將韌性建構視為全球發展的重要核心。同時，也必須賦予最易受災地區更大的自主權，並充分承認地方政府、原住民族、民間社會與其他在地行動者於防減災與調適政策中的關鍵角色，使其能積極參與決策與執行，共同提升面對氣候風險的整體韌性。

二、國家災害防救科技中心陳宏宇主任： 臺灣從 AI 算力到韌性社區，打造科技決策與災防外交

克魯斯博士對臺灣防減災專業的讚許與信任，凸顯在氣候變遷日益加劇的今天，災害防救已不再只是依賴沙包、物資與災後修復的傳統模式，而是建立在科學數據、運算能力與社會治理等多重系統之上的全方位工程。

作為國家災害防救科技中心的掌舵者，陳宏宇主任不僅見證並推動臺灣災防體系的數位轉型，更致力將這套深具成效的「臺灣模式」深化、標準化並轉化為可輸出、可共享的國際合作資產。

在他的理解中，真正的災防能力並不限於技術本身，而在於如何把龐大而複雜的科學資訊轉化為可操作的公共決策，並確保科技工具能落地於最脆弱的社區與族群。唯有使科技真正進入政府治理流程與地方社會的日常運作，方能有效提升整體國家與社區的韌性，使其具備面對極端氣候與多重災害的持續性能力。

（一）當 Nvidia 遇上臺灣氣象大數據

在談及與科技巨頭 Nvidia 的合作時，陳宏宇主任直言：「這需要一個強大的算力中心，而臺灣在高效能運算領域具備堅實基礎。」他的語氣中透露出對臺灣科技能量的高度自信。

2023年，Nvidia 執行長黃仁勳公開提及與臺灣氣象單位的合作，甚至一度帶動市場波動。陳宏宇指出，這項合作之所以受到高度關注，其核心關鍵在於「速度」。過去以超級電腦運算氣象模式往往需要24小時，但導入GPU算力後，「大約2.5分鐘即可完成」。從1,440分鐘縮減至2.5分鐘，數百倍的效能提升，使災害預警時程大幅縮短，為決策者與第一線單位贏得更多提前部署的時間。

然而，他也強調，強大的算力必須建立在充足且高品質的資料基礎上。「Nvidia擁有算力，但臺灣擅長的是資料分析與情境判讀。」透過使用臺灣累積多年的氣象資料訓練AI模型，確實能顯著提升颱風路徑預測的精準度；但在「雨量預測」方面仍存有限性。他指出，颱風走向可以算得更準，但雨量落點與強度才是形成災害的根本變因。

這正凸顯出NCDR的戰略價值。NCDR整合了中央氣象署1,620座測站、水利署水位站、各地淹水感測器，以及全臺超過21萬支CCTV，以在地化、高密度的觀測資料，補足AI在微氣候降雨推估上的不足。透過專業團隊對資料的解讀與模型調校，使預警能力更貼近實際災害風險情境，甚至將民眾熟悉的「落雨小幫手」預警時程，從原本的2小時延長至3小時，為地方政府與社區爭取更寶貴的應處時間。

（二）臺式災防模式的「軟實力」與「誠意」

臺灣的災害防救經驗在推動「新南向政策」的過程中展現出獨特的國際合作價值。然而，陳宏宇主任坦言，跨國推動災防合作並非僅是技術輸出，更是一段深刻的文化學習歷程。

他指出，當初在國外協助建置太陽能板與感測設備時，曾出現合作單位於下班後關閉系統電源的情形。對當地而言，這是節能或避免被監控的直覺反應；但對災防體系而言，這將使設備失去監測功能。也有案例是設備因缺乏正確認知而被拆下作為玩具或模型。這使他深刻意識到，單純的硬體輸出若未能同步推動觀念建立與操作維護教育，往往難以形成可持續效益。

相較於中國大陸以港口、鐵路、機場等大型基建作為援助主軸，臺灣提供的多是精密但規模較小的災防設備。在尼泊爾，當地國會議員起初對這些儀器興趣缺缺，甚至視之為「不起眼的金屬零件」。然而，當設備在預警與減災上展現出實際效能後，態度隨即完全反轉，視其為重要資產；甚至有總理辦公室高層主動向媒體介紹其成效。

「我們的資源或許有限，但人才非常堅強。」陳宏宇強調，臺灣真正的優勢在於「軟實力」與「誠意」。例如印尼氣象氣候暨地球物理局（Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, BMKG）雖然擁有設備完善、環境豪華的辦公空間，仍願意自費派員赴臺接受專業訓練。此舉在國際援助領域並不常見，也反映出臺灣防災技術的可信度與專業價值。

透過城市對城市（City-to-City）合作備忘錄（MOU），以及與當地大學、研究機構共同推動專案，臺灣成功避開政治干擾，以務實的防災合作建立長期夥伴關係，在國際社群中累積起來自專業而非金額規模的信任。

（三）整合人文與科技，分析社會脆弱度與精準決策

除了硬體與科技工具，陳宏宇主任特別強調「社會脆弱度」的分析。這也是 NCDR 近年將自然科學與社會科學整合的重要里程碑。

「同樣的淹水事件，對一個以年輕人為主的社區與一個獨居老人居住密集的社區，其衝擊完全不同。」陳宏宇指出，NCDR 現階段不僅關注雨量圖，更建立了「社會風險圖」，透過大數據分析，能精準掌握各縣市鄉鎮的脆弱點，例如獨居老人比例偏高，或在地支持社會網絡不足等。

以花蓮堰塞湖危機為例，系統能提前評估受影響區域內需撤離的保全人口數量。雖然初期地方政府對這些「推算」數據存疑，認為「真的有這麼多人嗎？」然而，隨著一次次災害事件的驗證，地方首長逐漸學習如何利用這些資訊來精準調度資源。

陳宏宇主任強調：「我們不再只是提供一個全臺通用的防災計畫範本，而是告訴地方政府，你的『痛點』在哪裡，你的演練就應針對這些痛點設計。」從長照機構災害管理到弱勢族群名冊的建立，這套系統正迫使行政體系正視過去被忽略的社會死角，進而提升精準防災與應變能力。

（四）決策速度的差異，臺灣獨有的「樓上樓下」模式

訪談最後，陳宏宇主任點出了臺灣災防體系與日本等先進國家最大的不同：決策效率。

「在日本，學者可能在外面批評，政府官員則是戰戰兢兢；但在臺灣，我們就在應變中心的樓上。」陳宏宇主任描述了一個生動的場景：NCDR 位於 9 樓，中央災害應變中心位於 3 樓。當災害發生時，科研團隊直接帶著數據下樓，面對面直接向總統、院長報告。「我們的報告就是這樣，啪一下直接出來，媒體在上面拍，資訊完全透明。」

這種「科研幕僚」直接嵌入「行政指揮」的模式，讓科學數據能即時轉化為救災指令。不像國外研究單位往往只能事後檢討，臺灣的災防中心是在風雨中與決策者並肩作戰。

陳宏宇主任語重心長地總結：「我們不敢說能完全避免天災，但透過科技研發、落實應用到教育推廣，我們能做的就是盡全力減少災害，這就是臺灣災防科技存在的最大意義。」

三、優聖系統有限公司楊育誠副總經理： 踏實的援外經歷，提升技術的可複製性與永續性

近年來，臺灣積極運用科技專長展開國際防災合作，透過國合會對友邦提供「科技外交」援助。其中一項亮眼成果，是國合會與國立臺灣大學土木工程系何昊哲副教授團隊合作，在中美洲友邦貝里斯與瓜地馬拉建置智慧防災預警系統。該計畫充分運用人工智慧（AI）與物聯網（IoT）監測技術，不僅提供更精準的災害預警，也為當地居民爭取更多寶貴的應變時間，成為臺灣推動科技防災外交的成功案例。

在此計畫中，臺灣資通訊設備供應與系統整合商——臺灣優聖系統有限公司（US-System）參與了瓜地馬拉與貝里斯防災能力強化的實務工作。合作模式以學研與實務互補為特色：臺灣大學專注於災害機制分析、模型建立與資料詮釋；優聖則負責系統整合與落地，包括感測設備選型、通訊架構規劃、平臺開發，以及海外場域的布建與維運。這種分工模式讓研究成果真正落地，轉化為可運作的智慧防災系統。

（一）臺灣極端地形與氣候，鍛造民間企業適用高風險地區的防災技術

優聖楊育誠副總經理表示，公司專注於將感測設備與智慧化分析整合，打造完整的防減災解決方案。系統涵蓋戶外監控攝影機搭配AI影像辨識、傾斜感測與邊坡監測，以及工地與變電站周邊的微氣象與粉塵監測，並整合至雲端平臺，提供即時警報與推播功能。過去，優聖已在高風險邊坡、輸電鐵塔基礎及施工工地出入口等場域建置長期監測系統，透過即時監控降雨量、傾角、風速與粉塵濃度，搭配自有警報機制，在異常發生前發出警訊，讓業主及早採取預防措施，有效降低坍塌、土石流及環境污染風險。

他指出，臺灣極端的地形與氣候條件，如高山、陡坡，以及颱風、豪雨與土石流，使優聖在高壓環境中磨練出的技術，能直接應用於海外高風險地區。因此，公司的核心競爭力在於完整的軟硬整合能力、在地化的實務經驗與高度客製化的解決方案。不僅提供設備，還能從感測器選型、現場布建、通訊架構設計，到雲端資料庫、警報邏輯及可視化介面，全程完成整合。同時，優聖擅長將不同場域的實務痛點轉化為可量測指標，再透過系統落地執行，確保解決方案貼近現場需求，而非單純套用通用模板。

（二）援外經歷深化在地經驗，優化民間企業國際視野及技術

在海外援外經驗中，優聖多次與臺灣團隊前往開發中國家，協助建置示範性監測系統。楊育誠副總經理回憶，計畫推動過程中面臨多重挑戰，包括技術與環境落差，例如網路通訊品質、電力穩定度及設備取得困難，使規格無法完全照搬臺灣經驗；制度與治理問題，如資料管理、警戒值設定及不同單位分工，若未在初期討論清楚，即使系統完善也難以有效運作；以及文化與信任感問題，當地對新科技的接受度及對外來團隊的信任，影響合作深度，需要時間與誠意建立關係。

他分享了這段經歷帶來的深刻體會。首先，必須放下「輸出方案」的心態，多傾聽當地需求。所謂的「最佳做法」在當地未必可行，其限制往往不在技術，而在於網路、電力、維修能力及制度文化的差異。其次，系統設計必須簡單、耐用且易於維護，確保當地人能自行維運與調整，而非僅安裝一套高端設備就結束。更重要的是，重視人員能力建設比系統本身更關鍵，不僅包括技術訓練，還需陪伴當地團隊理解「為何要監測」及「如何使用數據做決策」，讓系統真正落地並有效運作。

為確保計畫順利實施，優聖強調一開始就明確設定目標，並以簡單且明確的指標對齊各方期待，避免技術細節淹沒「為何而做」的核心理念。同時，也需預先規劃交棒機制，例如操作

手冊、維護 SOP 及在地種子教練，確保系統能持續運作並由當地團隊有效掌握。

楊副總經理指出，這些踏實的在地經歷，帶給臺灣民間企業的最大收穫，在於不僅拓展了團隊的國際視野，更深化了對不同國家需求與現實條件的理解；同時，也促使優聖反思自身系統設計，思考如何透過簡化與模組化，提高系統在不同場域的可複製性與永續性，也為未來臺灣在國際防災合作中提供了寶貴的實務指引。

四、結語

臺灣素有「天然災害的實驗室」之稱，長期面對地震、颱風與洪災等嚴峻挑戰，累積了深厚且全球獨步的防災實戰經驗。不同於傳統以大型基礎設施為主的援助模式，臺灣憑藉豐沛的科技能量及成熟多元的災防實務，能向全球提供一套可長期在地化運作、以保障生命與財產為核心的韌性系統。該系統透過軟硬體整合，包括先進的科技防災、氣候韌性農業，以及成熟的社區自主防災模式，確保其永續運作與效益最大化。

面對全球氣候談判進展受限的現實，防災與人道援助合作已成為臺灣突破政治限制、實現國際參與的重要途徑。無論政府、科研機構或民間團體，臺灣透過輸出防災 Know-how，不僅提升合作國家的災害應變能力，更將自身經驗轉化為區域韌性建設的領導品牌。

進入後 COP30 時期，國際防災策略將更聚焦於「災害下的生存調適與韌性強化」。在此背景下，臺灣所具備的多元且經實戰檢驗的方案，不再只是單純的援助，而是具有全球影響力的「韌性外交」資產，充分彰顯其跨越政治藩籬、貢獻國際社會的獨特價值。