

研究成果自述

Statement of Research Achievements

王玉純 教授 | 中原大學環境工程學系・中央研究院環境變遷研究中心

前言 研究定位、方法與資料

自 2003 年歐洲熱浪造成大規模超額死亡以來，氣候變遷對公共衛生之衝擊成為全球關注焦點。氣候相關健康風險受極端事件之頻率、強度與持續天數、在地族群健康狀態、社會經濟與環境因子（如 PM_{2.5}、臭氧濃度）之共同調節，且風險具高度區域異質性，因此在地化與區域化的評估有其必要。本人自 2005 年起投入臺灣與亞太地區之環境—健康關聯研究，研究方法以分布滯後非線性模式（DLNM）、隨機效應整合分析（meta-analysis）與貝氏階層模式為核心，串接全國 2,300 萬人口之全民健保就醫與生命統計巨量資料、氣象與空氣品質測站資料、衛星與再分析資料，以及 IPCC RCP 氣候推估情境，量化暴露—反應關係並轉化為可供決策之氣候服務。以下依五大研究主軸，說明關鍵發現、學術貢獻與政策應用。

主軸一 極端溫度、氣候變遷與人體健康

研究背景與切入點

臺灣為亞熱帶濕熱海島且冷氣機普及，極端溫度（熱浪與寒流）之健康衝擊具顯著區域差異。本人系統性量化環境溫度與全死因、循環、呼吸、腎臟、腦血管及心理疾病之死亡與就醫風險，並進一步辨識脆弱次族群、暴露指標最適化與未來情境推估。

關鍵發現（具體效應量）

- 臺灣低溫所致之超額健康損失普遍高於高溫；以 2005–2018 為基線，**循環系統疾病** 之冷相關死亡風險最高，其次為全死因與呼吸道疾病（**Public Health, 2023**）。
- 極端溫度閾值以第 99 百分位 **32°C**（高溫）與第 5 百分位 **14°C**（低溫）界定；高齡（≥65 歲）為對溫度最敏感族群，全人口住院與住院天數均受影響（**J Epidemiol Community Health, 2023**）。
- 極端高溫（30.1°C）顯著提高心理疾病風險，於滯後 14–21 日達高峰；65 歲以上男性之全心理疾病風險 **RR 1.18**（**95%CI 1.11–1.25**），45–64 歲女性藥物濫用 **RR 1.33**、65 歲以上失智症 **RR 1.19**（**Int J Biometeorol, 2025**）。
- 跨國應用於印度 Ahmedabad，證實納入風速、日照與衣著之 **UTCI 生物氣象指標** 較單一最高溫有更佳模式配適，女性對熱更敏感，並量化當地高溫行動計畫（HAP）之減災成效（**Int J Biometeorol, 2025**）。

學術貢獻與政策應用

研究確立「循環系統疾病死亡」可作為溫度—健康關聯之關鍵監測指標，並指出臺北都會宜採人體生物氣象指標、中南部以日均溫即足；溫度—死亡風險估計值經國家衛生研究院採用以推估未來高溫衝擊。在高齡化與暖化交

互作用下，RCP 情境推估顯示冷相關死亡下降、熱相關死亡顯著上升，相關證據已提供衛生福利部、環境部與勞動部研擬高溫調適與預警政策。

主軸二 空氣污染之健康衝擊與健康風險評估

研究背景與切入點

本人探討懸浮微粒 (PM_{2.5}、PM₁₀) 之質量濃度與化學組成、揮發性有機物 (VOC)、臭氧及亞洲沙塵暴對死亡、急診與到院前緊急救護之急性效應，並近年轉向以自然為本之減量策略與即時健康風險指標。

關鍵發現 (具體效應量)

- 以 WHO 空氣品質指引為基準推估：臺灣若將 PM_{2.5} 降至 **< 15 µg/m³**，可避免高齡族群約 **5,571 例死亡** (含心血管疾病 889 例、呼吸道相關 934 例) (**Air Quality, Atmosphere & Health, 2024**)。
- PM 化學組成與特定健康結果關聯各異——硫酸鹽 >17、硝酸鹽 >15、有機碳 >15、元素碳 >4 µg/m³ 時，分別提高胸痛、到院前心跳停止、呼吸窘迫等緊急救護風險，主張空品管理應定期評估 PM 組成之健康效應。
- 最新研究量化 PM_{2.5} 與臭氧對南臺灣緊急救護派遣之**交互 (聯合) 效應**，凸顯多污染物共同暴露之健康負荷 (**Aerosol Air Qual. Res., 2026**)。
- 以自然為本減量：綠簾系統 (GCS) 可低成本有效降低陽台 PM_{2.5} (**Building and Environment, 2024**)；社區綠視率 (GVI) 愈高、常綠喬木愈多，環境 PM_{2.5} 愈低 (**Sci Total Environ, 2024**)。

學術貢獻與政策應用

研究建立臺灣 PM_{2.5} 質量與組成之健康風險特徵，提出可作為預警之關鍵組成、臨界暴露時點與警示閾值，並為區域污染優先管制與都市綠化規劃提供科學依據；工業區學童 VOC 長期調查更指認固定源特徵污染物與致癌 / 非致癌風險，供敏感族群公共設施配置之參考。

主軸三 氣候變異與傳染病之亞太區域研究

研究背景與切入點

即使在基礎建設完善地區，氣候變異仍改變傳染病之發生與傳播。本人分析氣象與空氣品質對腹瀉、腸胃炎、腸病毒、結膜炎與流感之風險，並納入聖嬰—南方振盪 (ENSO) 與季風異常等大尺度氣候訊號，研究場域橫跨臺灣、尼泊爾、索羅門群島與印尼。

關鍵發現 (具體效應量)

- 臺灣：極端低溫提高全部與病毒性腹瀉風險，極端高溫僅與細菌性腹瀉相關，極端強降雨顯著影響特定病因腹瀉 (**Sci Total Environ, 2023**)；高溫並會強化停水事件之健康衝擊——停水期間腸胃炎 **RR 12.1**、皮膚病 **RR 4.48**、眼疾 **RR 40.3**。

- 索羅門群島：平均溫度於滯後 1 個月使類登革熱風險上升 (**IRR 2.19** · **95%CI 1.09–4.37**) ； **反聖嬰** 使風險增為 **IRR 4.54** · **聖嬰** 則使風險下降 72.8–76.7% (**BMC Infectious Diseases, 2023**) 。
- 尼泊爾：季風季使 5 歲以下兒童腹瀉率上升 **21%** (**IRR 1.21**) · 反聖嬰 +32%、聖嬰 -8% · 山區效應更強 (**IRR 1.51**) (**PNAS Nexus, 2022**) 。
- 印尼中爪哇：建立氣候變異與登革熱風險之關聯模式，支援登革熱防治與社區調適 (**Climate Services, 2024**) 。

學術貢獻與政策應用

由於 ENSO 與季風較天氣具更長之可預測前置期，相關發現為氣候敏感傳染病之季節至次季節早期預警奠定基礎；透過參與貝蒙論壇 (Belmont Forum) AWARD-APR 國際計畫，本人帶領團隊推動以科學證據為基礎的社區調適與衛生教育，建構具區域代表性的氣候—傳染病研究網絡。

主軸四 健康預警系統、氣候服務與調適決策

研究背景與切入點

本人致力將溫度—健康與傳染病風險研究，由歷史觀測延伸至即時、季節與長期氣候預測資料之應用，發展可供決策之氣候服務，落實由科學證據到調適行動的完整鏈結。

具體成果與實務轉化

- 建置臺灣心肺疾病死亡與登革熱風險之網頁預警雛形，並開發索羅門群島類登革熱早期預警系統 (SoSAFE)，協助該國提升災防、公共衛生與資料管理能量。
- 整合過往慢性病與登革熱研究，與中央氣象局、中央研究院合作自動化氣象服務產品，建立兼具溫度健康風險與登革熱預警之整合資訊平台。
- 建立亞太地區腹瀉疾病之季節至次季節預警與社區教育方案；與國家衛生研究院合作建立氣候變遷健康衝擊之調適決策方法，並辨識高敏感脆弱族群與都會區 (如新北市) 之調適路徑。
- 與國泰金融控股合作進行極端溫度相關死亡、住院與醫療風險之情境分析，支援其氣候相關財務揭露 (TCFD) 。

主軸五 水質、綠色化學與環境永續

研究背景與切入點

本主軸延伸本人於環境工程之專業，涵蓋水質、污染源解析、能源轉型健康共效益與環境永續治理，銜接學術研究與機構永續實踐。

關鍵發現與貢獻

- 系統性回顧氣候對亞洲河川生化需氧量 (BOD) 之影響：升溫加速微生物活性並降低溶氧，少雨則加劇污染物濃度，跨境河川 (湄公河、阿姆河、恆河) 尤需關注，呼應永續發展目標 SDG 6 (**Sustainable Environment Research, 2025**) 。

- 以灰色模式 GM(1,1) 推估印尼甘蔗殘株露天燃燒之戴奧辛 (PCDD/Fs) 排放，平均約 **309 pg TEQ/年**，並繪製省級年通量空間分布，指認 Lampung 與東爪哇為高排放區 (**Atmosphere, 2024**) 。
- 水庫優養化成因分析、河川水質長期趨勢與污染源解析、再生水回收之職業健康風險評估，提供水體污染管理之科學依據。
- 多年承接環境部綠色化學多元教育推廣計畫，推動安全替代與全民環境素養；評估生質能源替代燃煤之健康共效益與排放；現職於校務研究暨永續發展處，將 SDGs 與淨零轉型嵌入校務決策與大學社會責任 (USR) 。

結 語

綜整上述五大主軸，本人之研究以「環境暴露—健康風險—調適行動」為一貫主線，從本土極端溫度與空氣污染的健康量化，延伸至亞太區域氣候敏感傳染病，再轉化為可操作的預警系統與政策建議，並回饋至水資源與機構永續治理。研究兼具學術原創性（方法整合與區域比較）、嚴謹性（巨量人口資料與統計模式）與政策影響力（跨部會與跨國應用），未來將持續深化氣候變遷健康調適與淨零轉型之健康共效益研究。

※ 本自述之數據與效應量引自所列各期刊論文原文（含 95% 信賴區間之相對風險 RR / 發生率比 IRR 與情境推估）；完整書目請參閱本人著作目錄與履歷。