

空間資訊系統於都市空氣污染議題之應用

口述作者 ■吳治達 / 國立成功大學測量及空間資訊學系副教授

文字整理 ■翁則豪 / 國立政治大學地政學系

城市發展隨著時代遞進，幅員逐漸增加，工業化與全球化促使整體規模更快速地變得龐大。當人們湧進都市，伴隨的便是新的環境問題與威脅，「空氣污染」已成為近年世界各國傾力處理的環境污染議題之一。根據世界衛生組織（World Health Organization, WHO）於 2018 年發佈的報告中指出，全球將近有 90% 的族群直接暴露於有害的空氣污染下，且空污已間接導致每年約 700 萬人死亡。在研究空污與公共衛生這項跨領域的議題上，「空間資訊技術」是目前國外最被廣泛運用的工具之一。透過地理資訊系統的空間分析功能，和航照、衛星光譜資訊以及地理空間資料庫等資訊，可以大尺度空間的視角觀察空氣污染整體變化與濃度升降的趨勢；倘若結合健康資料與統計模式，亦有推導出空氣污染與人體健康關聯性之可能，進而釐清空氣品質於公共衛生是否確實有所影響，提出規劃供決策者參考。本文關注近期台灣的政策，以及人口高齡化後的未來，空間資訊技術如

何應用於空氣污染流行病學的現行發展。

如何應對亞洲特有空氣污染源

空氣污染物質中，細懸浮微粒（Fine Particulate Matter, PM_{2.5}）為空氣中粒徑小於 2.5 μm 的極微小例子，其可透過鼻腔、支氣管以及肺泡組織進入微血管，經由血液循環刺激人體內各個不同器官、排放有毒成分。當 PM_{2.5} 在體內某處堆積後，即會造成氧化壓力與發炎反應，長期下來除了迸發過敏、氣喘等慢性呼吸道病症，亦有可能產生嚴重病變甚或癌症發生。以過去與許多合作夥伴做的實證研究為例，我們利用模擬的空氣污染數據，搭配台灣在地的健康資料進行分析。成果顯示 PM_{2.5} 與肝癌、終末期腎臟病（洗腎）、第二型糖尿病、下呼吸道感染、心血管疾病、死亡率、兒童濕疹、新生兒健康、女性眼部病變、產後憂鬱、老年人口肺功能、骨骼肌重及身體脂肪重，以及睡眠品質等健康面向，都具有統計上的顯著關聯程度。PM_{2.5} 的濃度主要受到當地污染源、跨區以及境外傳輸污染源影響，相較

於歐美，目前已經有許多實證研究指出亞洲各國的生活習俗造成 PM_{2.5} 濃度偏高。中式餐飲的料理方式、寺廟焚香祭拜、節日燃燒金紙等，都是形成「亞洲特有污染源」的因素。新冠肺炎疫情影響期間，是否持續舉辦大甲媽祖遶境一度令官方與民間僵持不下，就此足見這項每年農曆三月盛辦的習俗於信眾們心中的份量。環保署曾跟隨大甲媽祖出巡，同步監測沿途 PM_{2.5} 濃度的變化，發現只要有燃放鞭炮或大量燒香、燒金紙之處，PM_{2.5} 動輒出現超過 100g/m³ 的驚人數據。此外，亦有研究顯示，民眾站立於燃燒中香爐旁所暴露的 PM_{2.5} 濃度，竟是附近道路的 4 至 6 倍。種種調查催生 2014 年的「封爐政策」，台北市著名廟宇行天宮、龍山寺跟進響應，鼓勵雙掌合十祈願代替煙霧瀰漫的焚香文化。儘管政策施行起初遭到信眾質疑挑戰信仰、令廟宇四周販售燃香的攤商條地失去生活支撐，然而以都市空氣品質的觀點來看，這項政策確實有正面成效。然而，影響市區內空污變化的因子眾多，以台北市為例，大量繁忙的交通路網累積的汽機車排放、密集住宅與商業區內的人為排放、中式餐飲店及夜市中大火快炒的烹調方式所產生的大量油煙，在在都是造成北市空污濃度變化的可能原因。我認為單純評估封爐政策帶來的正面效應可能對整體影響甚微。然而考量 2012 年以來，衛福部和環保

署開始著手空污排放及管控介入、鼓勵國人汰換舊式汽機車，改使用新型且更為環保的新式汽機車與引擎馬達系統，再搭配前述封爐政策的推廣，才得以推論出多管齊下的施力，令台北市地區的空污污染確實有很大的改進效果。實證角度而言，我們過去結合土地排放源分布資料及機械學習所模擬的全台 PM_{2.5} 時空分布，以當時推估成果來看，台北市的 PM_{2.5} 濃度由 2012 年平均約 21.2 μg/m³，下降至 2020 年的 11.4 μg/m³，七年間的平均濃度則為 19.3 μg/m³，如果與環保署的年平均標準 15 μg/m³ 相比，台北市的 PM_{2.5} 污染確實逐漸在改進。

人口負成長與高齡化的台灣新常態

人口湧進都市時，需要針對空氣污染加劇的狀況研擬配套措施；當人口減少時，原本高強度高密度的土地利用可能產生變化，則在此情形下又該如何致力於都市計畫何種面向的檢討，來達到降低都市空氣污染流行病之效？改善空氣品質的調控方式不勝枚舉，我認為「增加綠地空間」會是一個成效佳的方法。以我個人過去針對大台北地區（意即台北市與新北市合稱）所進行空污模擬與分析的研究成果，透過衛星量測的整體環境綠蔽度指標——常態化差異植生指標（Normalized Difference Vegetation Index, NDVI）與大台北 PM_{2.5} 濃度具有高度的顯著負相關（Spearman

相關係數 ≈ 0.7)。由此看來，增加綠地確實有可能有效地降低大台北地區的PM_{2.5}污染；同時考量到綠地在調節區域溫度與微氣候，以及提供居民休閒遊憩甚至療癒空間等共效益，故我個人認為綠地之留設與規畫將是非常值得嘗試的政策選項。然而同時也要注意的，陸續開始有研究在探討「最小有效綠地面積」，亦即面積大小為何的綠地才真正具有改善環境及居民健康的能力。根據世界衛生組織（World Health Organization，WHO）的說法，住家周邊300m方圓內，應該要有一個0.5公頃以上的綠地，才具有實質效益。對照台灣目前綠地的規劃，即便都市內有許多零碎的「鄰里公園」，它調適周遭環境的能力可能比想像中來得侷限。此外應該種植何種植栽、以及園區內綠地的形狀、空間幾何結構與排列等，也是需要再進一步研究的議題。

根據內政部公布的最新統計資料，我國在2020年正式邁向人口負成長，意即死亡人數超過出生人數，人口增加率為負值。此外人口組成也在轉變，台灣推估在2040年將有一半的人口為50歲以上的中高齡人口，步入超高齡化社會。這些老年族群，因在空氣污染的籠罩下將蒙受較大的生、心理影響，歸類於所謂「脆弱人口」，在迎接如此未來之前，我們生活勢必需要預先做相當多的調適。經由我過去和台大公衛郭育良特聘教授及台大醫院

陳啟信主任，共同執行國家衛生研究院計畫的成果，發現PM_{2.5}與老年人口肺功能、骨骼肌重及身體脂肪重等均具有統計上的關聯。至於在減少空污對年長者的影響策略方面，我認為可從「改善環境」與「改變自身行為」兩個面向來嘗試。改善環境包括避免居住在鄰近排放源地區、家中增設空氣清淨機、鄰里內廣設綠帶等等；行為的調整則包括避免在污染尖峰時段出門、常戴口罩、減少家中焚香燒金紙的行為、避免大火高油煙的烹調方式等等。若說配合超高齡化社會的步調調整是擁抱一種新型態生活，那麼正值新冠肺炎疫情下的所有人，也都可視為經歷一種新常態（New Normal）。扣除掉火山爆發等天然因素不說，都市內的空氣污染最主要來源還是人類活動及行為下發展出的各式人為排放源，諸如工、商、交通、宗教等等均是。因此在COVID-19強烈的影響下，許多原本習以為常的日常活動或行為都暫停了下來，人們外出的時間變少了，接觸到室外污染的情況亦隨之降低。相對而言，待在家中辦工及生活的時間則大幅地增加，基於如此情境，我認為「室內空氣品質」的重要性將愈發重要；同時，雖然室外污染濃度會影響室內的空品狀況，但諸如烹調及焚香等行為，更是造成室內污染濃度大幅上升的主因。故調整個人行為減少排放，或許將是後疫情時代下，減少居民空污

暴露程度主要的調控手段之一。

結語

過去認為空間資訊技術僅侷限於測繪之途上，然而透過航遙測及地理資訊系統技術的協助，可釐清以往片面模糊的環境問題。如今舉凡醫療、教育、犯罪等領域都可見到空間資訊技術的應用與研究成果，清晰的分析使得我們在改進各方面問題的態度上轉為積極、改善方案亦變得具體，描繪出一個無論是對我們而言，還是下一代都更加明朗的未來。

學者工作小組、健康工作小組成員，同時身兼《BMC Public Health》期刊編輯與《International Journal of Environmental Research and Public Health》期刊客座編輯等職務。發表約一百篇學術研究報告於《Journal of Cleaner Production》、《Environmental Pollution》、《Science of the Total Environment》、《Environmental Research Letters》等國際期刊。



作者簡介

吳治達副教授為國立台灣大學森林環境暨資源學研究所博士、國立台灣大學森林學研究所資源

管理組碩士、哈佛大學公衛學院環境衛生學系 研究員、哈佛大學公衛學院全球環境與衛生中心訪問學者，目前擔任國立成功大學測量及空間資訊學系副教授，同時亦為國家衛生研究院國家環境醫學研究所 兼任副研究員。其專長在於使用地理資訊系統與衛星遙測研究空氣污染空間模擬、氣候變遷衝擊評估、環境綠蔽率健康效應等議題。校園之外，吳治達老師也是中華民國航空測量及遙感探測學會理事、未來地球中華民國委員會青年