

微粒空氣污染研究：公衛環職領域

從學術研究到政策法規，提升空氣品質

文・圖／鄭尊仁

環境職業健康是公共衛生傳統三大領域，1993年公共衛生學院成立，職業醫學與工業衛生研究所也在同年成立，1996年環境衛生研究所成立，2019年兩所合併成為環境與職業健康科學研究所。

環職所的誕生及使命

環境污染與人體健康息息相關，過去大家熟知地下水砷污染導致烏腳病，以及瘧疾原蟲經由蚊子傳染瘧疾。後來產業發展，勞工發生職業病，而工廠的污染也擴散到廠區外面，污染空氣、水及土壤，影響民眾健康，環職所的使命就是藉由研究發現，管制污染源，保護大家健康。

微粒空氣污染

臺灣經濟起飛，1970年代就有空氣污染防治法規，但是隨著經濟發展，1980年代空氣污染變得更嚴重。空氣污染物包含氣狀及粒狀污染物，過去30年，臺灣最重要的空氣污染物是粒狀污染物，特別是細懸浮微粒（fine particulate matter），又稱為PM2.5。細懸浮微粒每年在全世界造成約4百萬人提早死亡，是最重要的環境健康議題。PM2.5主要來自發電廠及汽機車燃燒化石燃料等。因為PM2.5對健康危害最大，所以大家關心的標準及管制也是以PM2.5為主，以下提及的空氣污染大多是指PM2.5。

1993年公衛學院成立，環職健康領域許多老師陸續參與微粒空氣污染研究，從暴露科學及管制到流行病學及毒理學，不僅貢獻世界空氣污染導致健康危害相關知識，也幫助了解臺灣空氣污染的情況，協助制定空氣污染標準，改善空氣品質。

早期微粒空氣污染研究

王秋森在國際氣膠界享有盛名，1991年到公衛學院任教，因為具有氣膠背景，很自然的開始探討懸浮微粒的物理化學性質，同時也帶領國科會空氣污染整合計畫。王老師也創立臺灣氣膠研究學會，及氣膠及空氣品質研究（*Aerosol and Air Quality Research*）國際學術期刊，培養國內許多空氣污染研究人才。

詹長權於1990年回到公衛學院任教，協同王榮德及陳保中，參考美國六城市研究，進行空氣污染及大氣微粒的流行病學研究，並且開始購置採樣工具進行細懸浮微粒量測，發現學童的呼吸道疾病及肺功能與空氣污染有關。

細懸浮微粒（PM2.5）研究

1997年美國首先制定PM2.5標準後，國際開始進行PM2.5研究。詹長權說服環保署，參考美國環保署PM研究中心，開始針對PM2.5進行微粒空氣污染健康風險評估專案研

究計畫，詹長權聘請紐約大學陳隆紀擔任顧問，中研院黃景祥擔任統計諮詢，建立超級測站，邀請中央大學李崇德量測PM2.5濃度，及探討微粒物理化學特性，同時也進行毒理機制研究，引進微粒濃縮器，探討微粒呼吸道及心血管毒性。當時陽明大學黃嵩立進行呼吸道研究，鄭尊仁則做心血管毒性研究。（圖1）。專案計畫結束後，團隊納入更多公衛老師申請空汙基金延續PM2.5研究。

PM2.5與心血管疾病因果關係是重要議題，詹長權在有心肺疾病病人及健康大學生的小組（panel study）研究，發現PM2.5會影響心跳、血壓及自主神經變動。鄭尊仁進行動物實驗，證實暴露濃縮微粒會導致心跳及血壓變化，還有心律變異性，其團隊更進一步發現，直接暴露沒有濃縮的大氣微粒會加重高血糖大鼠的血糖，還有血管壁增厚，甚至產生腎臟的動脈硬化。這些研究證實PM2.5空氣污染是人體心血管疾病的危險因子，也是後來制訂PM2.5本土法規標準的重要科學證據，同時也被美國心臟學會科學委員會引用，證實PM2.5會引起心臟病，不僅要注意三高，也要注意微粒空氣污染。

空氣污染流行病學研究

流行病學研究探討空氣污染與健康的相關，本所許多老師具有流行病學背景，都有參與空氣污染健康研究。

詹長權除了探討心血管疾病，利用大資料庫結合暴露評估，探討空汙與肺癌的相關。他也關注雲林石化業周邊居民健康研究，累積許

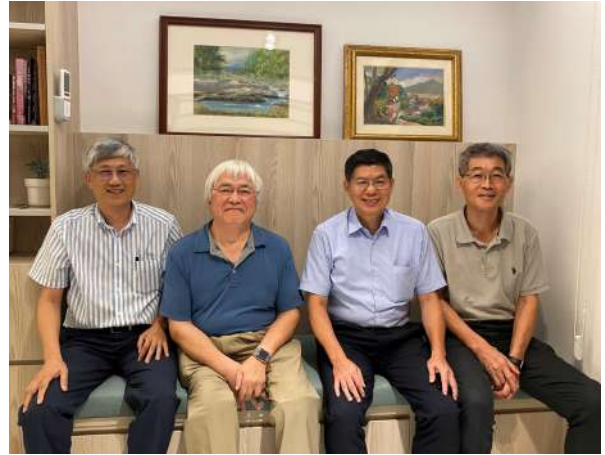


圖1：微粒空氣污染健康風險評估計畫公衛成員：左起：鄭尊仁、陳隆紀、詹長權、黃景祥。

多重要成果，促使政府注意石化業周邊居民的健康權益。

蘇大成是心臟科專科醫師，早期跟詹長權合作研究發現大學生的心血管指標受到空汙影響，後來與吳章甫合作，進一步發現年輕人內皮細胞及頸動脈中內皮層會受到空汙影響。這些研究成果對於空氣污染與心血管疾病的相關，提供更堅強的証據。

郭育良長期關注空氣污染引起的學童呼吸道疾病，發現微粒空氣污染與氣喘過敏疾病及肺功能有關，而在空氣污染改善後，氣喘的發生及肺功能都有改善。另外，郭育良也發現，母親在懷孕期間暴露較高的空氣污染物，與嬰孩的先天疾病有關。除了學童疾病，其團隊最近也發現微粒空氣污染與巴金森氏症的發生風險有關。（圖2）

除了本所老師，流預所林先和利用疾病負擔平台，估算臺灣因為空汙造成的不同疾病發生數目，發現空氣污染是心肺疾病最重要環境因子，對於政策有貢獻。另外，程蘊菁長期經營老人世代研究，結合空汙資料，發現空汙與失智有關。



圖2：郭育良（左1）及研究團隊。

呼吸毒理學研究

鄭尊仁建立了呼吸毒理研究平台，除了探討PM2.5急性毒性，也自行開發簡易大氣微粒暴露腔，進行微粒長期呼吸毒理實驗，被許多國際研究室採用。系列空氣污染毒理學研究，特別是微粒研究，支持流行病學研究發現，建立因果關係，強化了建立微粒空氣標準的科學證據。另外毒理研究也提供流病研究的方向，例如亞洲沙塵暴的流病研究還不清楚，其團隊動物實驗證實沙塵暴微粒可以導致心肺毒性。這個平台後來也進行PM2.5與神經系統毒性研究，結果顯示長期PM2.5暴露導致神經退化性疾病。

空氣污染量測、暴露評估及保護

暴露評估是空氣污染研究重要一環，詹長權及吳章甫都有重要貢獻，他們進行微粒量測，了解大氣微粒在都會、工業及郊區不同地區的濃度及微粒特性，以了解空汙的來源，協助政府制定管制策略。另外流行病

學研究需要精確的暴露評估，除了利用環保署空氣品質監測站，也發展土地利用回歸模式，結合衛星量測，提供精準暴露評估，以成就良好的流行病學研究。

空氣污染嚴重時，為了避免吸入微粒，需要配戴口罩，陳志傑在實驗室探討氣膠的變化及過濾控制。探討不同濾材及裝置的過濾效率，對於大氣微粒及職場的呼吸防護有重大貢獻，在SARS及新冠肺炎期間，他也積極提供呼吸防護諮詢及建議。

協助環保署建立大氣微粒標準

2011年彰化國光石化廠的籌設案，引起民眾關心微粒空氣污染，政府承諾制定PM2.5標準。當時鄭尊仁研究團隊剛好進行環保署的PM2.5標準研議計畫，他們結合國內外研究，參考世界衛生組織及各國標準，提出以健康考量為基準的標準，年平均15微克每立方公尺，最後被環保署採用，於2012年開始實施，之後北部空氣污染逐年改善達標，南部也有改善，但還有努力空間。2016年郭育良及2020年陳保中分別借調國衛院擔任環境醫學所所長，主導大氣微粒國家政策型計畫，深化本土實證研究，研究成果協助環保署於2024年修正大氣微粒標準。

推動龍山寺封爐

早期詹長權及其團隊曾經量測龍山寺空氣中細懸浮微粒濃度並發表論文，後來蘇大成也進行量測，引起社會大眾注意，之後陳保中得到寺方的合作，進行完整量測，讓寺

方決定先減香，然後再封爐，是學術專業結合行動，改善空氣品質典範。（圖3）

傳達空氣污染相關知識，影響社會大眾關心空氣污染

本所老師除了利用專長，協助政府機關在空汙政策法規的制訂，也常在電視及雜誌等媒體宣導正確知識，臺大公衛學院也曾召開記者會（圖4），提升大家對空氣污染危害的認識，這些研究成果也透過關心空氣污染的彰化醫療界聯盟、臺灣健康空氣行動聯盟及地球公民基金會等環保團體，督促政府改善空氣品質，保護大眾健康。

結論

公衛環職領域老師在1990年代，空氣污染嚴重時，開始在學術研究領域，從微粒量測到暴露評估，以至於流行病學研究，同時搭配毒理學研究，組成強力的研究網路，貢獻知識，同時善用專業，協助政府制訂法規



圖3：陳保中（左3）龍山寺減爐記者會。



圖4：2015年公衛學院空汙記者會。前排左1蘇大成；左2鄭尊仁；左3陳為堅；右1陳保中；右2吳章甫；右3詹長權。

標準，同時倡議空氣污染管制，提升空氣品質，保護民眾健康。（本期專題策畫／公衛學院郭柏秀副院長）



鄭尊仁 小檔案

現任公衛學院環境職業健康科學研究所研究員及兼任教授。曾任公衛學院環境職業健康科學研究所及公衛系教授，也是醫學院環境職業醫學科合聘教授。畢業於台北醫學大學醫學系，哈佛大學公共衛生學院公共衛生碩士及癌症生物博士，並完成美國內科及預防醫學專科訓練取得專科醫師資格，曾擔任臺大醫院安全衛生室主任，臺大環境保護暨職業安全衛生中心職業衛生組組長，職業醫學與工業衛生研究所所長。專長環境職業醫學、分子流行病學及毒理學，研究領域包括氯乙烯勞工世代，空氣汙染，奈米科技及塑膠微粒健康風險等。曾擔任期刊環境健康展望（*Environmental Health Perspectives*）審查編輯委員及副主編，呼吸毒理（*Inhalation Toxicology*）編輯委員，及氣膠及空氣品質（*Aerosol and Air Quality Research*）編輯。