

# 研究成果

## 空氣污染的健康效應

黃景祥（統計科學研究所研究員）

1952 年 12 月的倫敦籠罩著濃厚煙霧，使死亡與致病因子明顯遽增，更衝擊社會大眾對空氣污染的認知及政府的規範與管制，同時也開啟空氣污染的研究。幾十年來，無數的事件與研究成果，使我們相信極端嚴重的空氣污染會立即危害健康。近年來，對主要空氣污染物濃度的控管，雖已降低立即重大危害健康事件的發生機率，但由歐美幾個主要流行病學研究指出，目前都市裡的空氣污染，仍對市民心肺健康有不同程度的影響。這些研究主要依據各種統計模型，它可分析出大都市每日空氣品質變化與心肺疾病健康事件發生次數的關係，所探討的健康事件，集中於比較嚴重的心肺疾病患者的急診、住院和死亡。

依據環保署的大氣空氣品質監測資料與健保局的完整就醫紀錄，使我們得以探討台灣的空氣品質是否也有健康效應。我們從健保就醫紀錄，擷取 1997-1998 年台北市設有急診部門的醫療院所，兩年間所呈報的每日急診人數，再依病因及年齡分別檢定，探究致病原因是否與當日或前幾日監測的空氣污染物濃度變化相關連。在控制天氣、星期假日及季節等可能干擾因子下，建構統計模型來探討空氣污染物，由第 25 百分位的低濃度轉為第 75 百分位的高濃度時，顯示各病因急診就醫相對增加的風險。結果發現細懸浮微粒  $PM_{2.5}$  濃度的變化，與各年齡層嚴重呼吸道疾病急診相對風險增加 4-6% 有顯著相關，同時亦與成年人和老年人心臟疾病急診相對風險增加 5% 有顯著相關。氣體污染物二氧化氮和一氧化碳，與小孩呼吸道疾病急診及成年人和老年人心臟疾病急診風險相關連。微粒與氣體污染物濃度同時提高，與小孩呼吸道疾病及成年人和老年人心臟疾病急診相對風險增加 9% 有顯著相關。為確認所建構模型的可靠性，我們同時分析腸胃疾病急診的資料，結果並未發現與空氣品質變化有直接的關連性。這證實我們分析嚴重心肺疾病急診與空氣污染關係的統計模型，受到就醫行為及醫療服務等干擾因素的影響是有限的。

該研究與其他歐美先進國家的大部分流行病學研究一樣，旨在探討一個大城市空氣品質的嚴重健康效應。我們以大城市為研究區域，其優點是人數眾多，較有機會收集足夠的每日健康事件，以利時間序列分析，但假設一個大區域裡所有人的污染暴露量均為相同，是該研究的缺點，因為事實上大區域內空氣污染物的空間分布，經常是不均勻的。在文獻上，利用監測站附近的醫院構成一個新的區域，或合併幾個鄰近的小行政區成為新的研究地區，是解決此問題的方法。雖然這種作法使得合併小行政區域內的空氣品質變異較小，但可能有些區域並沒有監測資料，或嚴重健康事件發生次數過於稀疏，所造成的統計推論偏差。我們認為如果空氣污染會有健康效應，應該會反映在輕微呼吸道方面疾病的就醫變化。因此選定下呼吸道疾病的門診為健康事件，同時選擇設有空氣品質監測站的 50 個鄉鎮市區作為研究區域。據此設計，我們從健保局 1998 年全國門診資料，整理出各地區、各年齡層每天下呼吸道疾病的門診人次。同時，考慮醫療設施、社會經濟情況與工作環境的條件下，定義研究族群為居住或工作於該地區，且生病並就診於該地區醫療院所的人數，而非該鄉鎮市區的戶籍人口。根據上述資料的時空特性，採取兩階段分析策略來簡化建立模型的過程。此過程的第一階段，是以一個時間序列模型，來估計每個地區當天、前一天，與前兩天的污染物濃度，對該地區研究族群下呼吸道疾病門診發生率的相對變化。第二階段，則採用貝氏統計模型，來改善第一階段各地區呼吸道疾病門診率相對變化的估計，並估計全國性的空氣污染與下呼吸道疾病門診率的相對變化。

研究顯示除了臭氧外，當天的二氧化氮、二氧化硫和懸浮微粒之日平均濃度值，以及一氧化碳連續八小時之平均最大濃度值，都與下呼吸道疾病門診率有顯著的關連性，其相關強度依序為二氧化氮、一氧化碳、二氧化硫、懸浮微粒。從年齡層觀察，65 歲以上的老年人比較容易受影響，也就是說污染物濃度對老年人呼吸道的健康效應較強。就暴露間隔時間長短而言，空氣污染的健康效應，會隨著暴露間隔時間的延長而遞減。同時也發現，有些地區性的因子，例如地區的人口密度和污染物的年平均濃度值（長期累積性的健康效應）等，會影響空氣污染所導致的急性健康效應。

最近針對族群探討長期空氣污染暴露的流行病學研究報告指出，居住在空氣污染較高的地區，除了影響急性健康效應外，長期暴露也將導致負面效應的累積。為了證實這些發現的真實性，與進一步瞭解效應機制，紐約大學懸浮微粒研究中心，完成第一個模擬人類長期暴露在不同濃度之懸浮微粒環境下的動物實驗，其中一個子計畫就是探討長期暴露在高濃度的懸浮微粒環境中，是否及如何造成心臟功能的負面影響。為期 5 個月的實驗裡，將植入心電圖與體溫發射器的正常老鼠（C57），和易發展為動脈粥狀硬化的老鼠（ApoE<sup>-/-</sup>），暴露於濃縮的大氣懸浮微粒中，每天 6 小時，每週 5 天。連續收集巨大量測數據，先整理出每 5 分鐘一筆的心跳、心率變異與體溫等資料，以檢測這些老鼠的心臟功能，是否因長期吸入濃縮的懸浮微粒濃度而有累積的效應關係。在這個合作計畫中，我們建構兩階段貝氏統計分析模型，來探討懸浮微粒的長期暴露對心跳與心率變異等健康效應，並釐清急性與慢性的影響，首先發現，半夜至凌晨是診斷健康效應改變的最佳時段。相對於暴露過濾空氣的對照組，ApoE<sup>-/-</sup>老鼠的心跳、體溫和活動量，在暴露實驗約 1 個月後開始下降，在 5 個月實驗結束時，這些健康效應的改變在統計上都是顯著的。同樣地，正常的 C57 老鼠之健康效應較小，且不顯著。在每日的暴露期間，ApoE<sup>-/-</sup>老鼠的心跳也產生立即顯著的下降效應。在心率變異效應方面，我們以正常心跳間期的標準差（SDNN），和相鄰心跳間期之差的均方根值（RMSSD），這兩個參數來評估，暴露的 ApoE<sup>-/-</sup>老鼠的心率變異參數，在前 6 週快速的提升，接著 12 週緩慢下降，在實驗結束前又微微地向上。同樣地，正常的 C57 老鼠之健康效應也較小，且不顯著。這意味著有危險因子者，長期暴露於高濃度的懸浮微粒中，會影響到自律神經系統的平衡，且可能進一步導致心血管疾病的發生。

這些跨領域合作計畫的共同特色，是藉由龐大的分析資料，來證實空氣污染的健康效應，也展示了我們嚴謹的統計分析在這些計畫的必要性與重要性。未來這方面的研究，可能產生更多不同結構與複雜的資料，對統計科學研究而言，將是一種機會，也是一種挑戰。

#### 參考文獻：

- 1.Hwang, J.S. and Chan, C.C.( 2002 )Effects of air pollution on daily clinic visits for lower respiratory tract illness. ( with commentary ) *American Journal of Epidemiology*, 155, 1-16.
- 2.Hwang, J.S., Hu, T.H. and Chan, C.C. ( 2004 ) .Air pollution mix and emergency room visits for respiratory and cardiac diseases in Taipei. *Journal of Data Science*, 2, 311-327.
- 3.Hwang, J.S., Nadziejko, C. and Chen, L.C( 2005 ) Effects of subchronic exposures to concentrated ambient particles in mice: III. Acute and chronic effects of CAPs on heart rate, heart-rate fluctuation, and body temperature. *Inhalation Toxicology*, 17, 199-207.
- 4.Chen, L.C. and Hwang, J.S. ( 2005 ) . Effects of subchronic exposures to concentrated ambient particles in mice: IV. Characterization of acute and chronic effects of ambient air fine particulate matter exposures on heart-rate variability. *Inhalation Toxicology*, 17, 209-216.