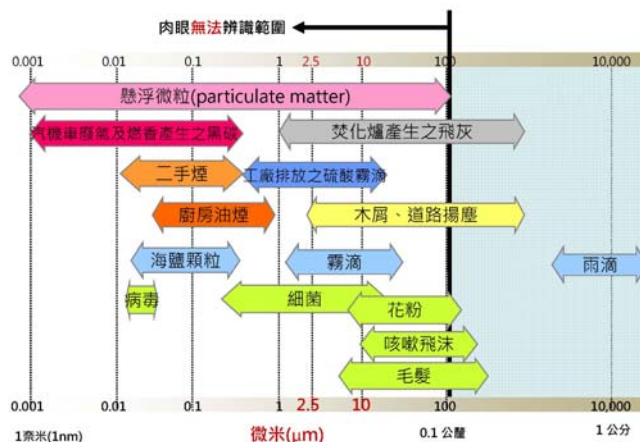


知識天地

您瞭解您吸入多少空氣污染物質嗎?

龍世俊副研究員（環境變遷研究中心）

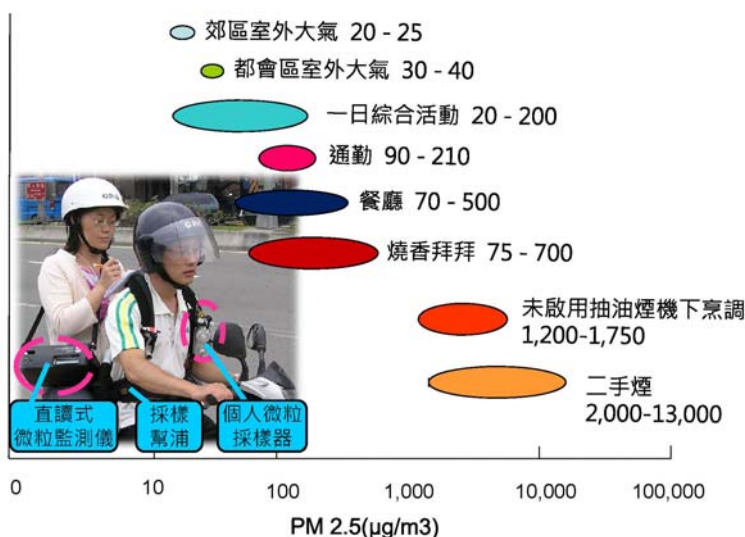
我們每天賴以維生的空氣中含有許多不可見的污染物質，其中可能影響我們心肺功能的懸浮微粒（particulate matter, PM）是指肉眼無法辨識、漂浮在空氣中類似灰塵的粒狀物，粒徑在 100 微米（ μm ）以下（圖一）。不同來源之 PM 組成成份及粒徑大小不同，而成份及粒徑攸關其健康效應，某些微粒化學成份會對人體造成急性刺激或慢性傷害，甚至有致癌性；而粒徑也很重要，人體的鼻腔結構能擋除粒徑大於 $10\mu\text{m}$ 的微粒，但是粒徑小於 $10\mu\text{m}$ 的微粒（ PM_{10} ）則伴隨呼吸進入人體，因此歐美國家及臺灣皆訂定 PM_{10} 之環境空氣品質標準。更加值得重視的是粒徑小於 $2.5\mu\text{m}$ 的微粒（ $\text{PM}_{2.5}$ ），由於它會深入肺部深處，具有更大的健康危害性。



圖一、不同來源之懸浮微粒粒徑分佈

率先針對微粒對健康影響做長期追蹤的是美國著名的六城市研究（six city study）¹，結果顯示環境大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度與心肺疾病死亡率成線性關係， $\text{PM}_{2.5}$ 濃度愈高，心肺疾病死亡率愈高。 $\text{PM}_{2.5}$ 平均濃度為 $29.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的城市居民，其心肺疾病死亡率是低污染（ $11\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）城市居民的 1.26 倍。此研究引發後續一連串相關研究，進而影響美國環保署在 1997 年訂定 $\text{PM}_{2.5}$ 環境空氣品質標準（24 小時平均濃度 $65\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，年平均濃度 $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ ），目前我國環保署也在研擬相關標準。根據本中心 2002 年起建置的臺灣懸浮微粒觀測網數據顯示，都會區 $\text{PM}_{2.5}$ 年平均濃度約為 $30\text{-}40\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，微粒對臺灣民眾的健康影響不可小覷。

為了更加釐清暴露與健康效應間之關係，需要知道民眾實際接觸污染物的濃度。「暴露評估學」(exposure science) 就是系統性地評量人體實際暴露濃度，解析影響暴露的環境因子及行為因子，並發掘潛在高暴露族群，目的是以科學數據瞭解暴露情形並提供有效阻絕暴露的方式，若能阻隔暴露途徑，就能保障人體健康。臺灣地狹人稠，工商活動頻繁，且居住型態為已開發國家中較少見的住商混合型式，加上特有的烹煮習慣、拜拜文化及汽機車通勤活動皆會大大增加微粒與人體接觸的機會及時間。例如臺灣民眾常近距離接觸燒香、汽機車廢氣等污染源，這些特定暴露情境下（如拜拜、通勤等）常發生尖峰（peak）暴露。要測量這些暴露情境下微粒有害成份的暴露濃度，需要以個人式採樣器（圖二左下角）配合縝密設計的採樣規劃以及暴露因子記錄，來解析重要暴露因子及其貢獻。若能找出可改善或可控制的環境因子及行為因子，將可作為健康風險管理之依據，提供給相關政府部門作為擬定污染防治政策之基礎，也可教育民眾作為自主健康管理之參考。以下介紹本研究團隊在臺灣本地進行的相關研究。



圖二、本團隊歷年來量測各活動 $\text{PM}_{2.5}$ 暴露濃度分佈示意圖，活動旁的數字顯示其 $\text{PM}_{2.5}$ 暴露濃度分佈範圍；左下角則為配戴個人微粒採樣器的照片

我們選定臺北、臺中、高雄三都會區 6 個不同型態的社區探討民眾微粒暴露，徵求總共 55 名不抽煙的志願者

配戴 24 小時個人採樣器，並同步在其居家室內外設置採樣器以量測室內外濃度，再以問卷記錄其採樣當天的活動地點及時間以及相關環境及行為因子。結果顯示工業區附近的居民住家室外微粒濃度較高，而民眾暴露濃度則主要受其行為活動影響。我們進一步發現暴露於工廠廢氣、烹調、燒香等污染源的民眾比未暴露者之微粒暴露濃度分別高出 38.4、22.9 及 20.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，交通廢氣及二手煙暴露時間較長者也比時間短者暴露濃度高²。上述高暴露行為皆是燃燒活動，亦會產生可能致癌成份--多環芳香烴 (polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)，因此後續研究中增列 PAHs 之分析。

在交通廢氣暴露方面，本研究團隊探討臺北都會區之機車、汽車及捷運通勤族微粒及 PAHs 之暴露濃度及影響因子。這些通勤族 PM_{2.5} 平均暴露濃度為 121.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，比環保署測站濃度高出 3-4 倍³。平均而言，機車騎士 PM_{2.5} 暴露濃度高於開車族及捷運客約 55-70.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，且機車騎士之粒狀 PAHs 暴露濃度也高於開車族，而捷運客幾乎不會暴露到 PAHs 這類可能致癌成份。因此選擇搭乘捷運，不僅節能減碳、降低污染排放量，也能減少自己暴露濃度。再者，機車騎士停在紅綠燈時之 PM_{2.5} 尖峰暴露可達平均值之 3-4 倍，若其能選擇紅綠燈較少的路徑通勤，就可降低暴露。此外，配戴一般市售棉布口罩至少可有效阻隔約三分之一之微粒暴露，也是自我保護的好方法。

在香枝燃燒方面，我們發現燃燒一枝香枝每分鐘約可排放 500-700 μg PM_{2.5} 及 0.4-0.5 μg PAHs，其危害程度不亞於抽煙、烹調等污染源⁴。密閉室內燒香造成的微粒濃度會比通風室內高出 4-5 倍，因此燒香時大開門窗或儘量遠離香爐都可有效降低暴露⁵。而去寺廟拜拜時，香爐中每枝燃燒的香枝會增加香客微粒暴露濃度約 0.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，在最嚴重的暴露情境中，一次拜香暴露佔了一天 24 小時總暴露量的 11%⁶，因此在拜拜盛行的臺灣社會如何減少此類暴露十分重要。選擇香客人數較少、香枝不多的時段或是選擇通風較好、香爐多位於室外之廟宇拜拜可降低暴露。

許多行為活動都會造成微粒暴露，現將本團隊歷年來量測各活動的 PM_{2.5} 暴露濃度彙整於圖二，圖中顯示最高的是近距離 (0.5-2 公尺) 的二手煙暴露。因此我們進一步探討民眾在餐廳吸煙區及非吸煙區中之微粒及 PAHs 暴露，發現其暴露濃度約為無污染源室內的 2-5 倍，吸煙及室外汽機車排放是主要來源，且餐廳隔間及空調方式無法有效阻隔污染物⁷。目前煙害防治法已正式上路，所有 3 人以上公共場所都已禁煙，此政策將有效阻絕公共場所二手煙暴露，保障民眾健康。

懸浮微粒不僅可由污染源直接排放，也可由光化作用產生所謂的「二次微粒」。在地球暖化趨勢下，光化作用會因溫度上升而強化，預期會生成更多二次微粒，再者，氣溫升高也可能造成更多森林大火，加重微粒污染。另一方面，天候變化也可能影響民眾待在室內外的時間比例或調整某些活動的參與時間，這些日常行為模式的變動也會影響整體暴露量。因此綜合探討氣象條件改變下，環境因子及行為因子改變連帶造成的民眾微粒暴露變化，以及各重要因子之貢獻，是極為重要的課題，也是本研究團隊之研究重點。

臺灣住商混合的居住型態使得民眾周遭環境存在眾多污染源 (寺廟、餐飲業、交通排放等)，而特有的風俗習慣如烹調及拜香等，亦使得民眾常近距離接觸排放源，種種因素使得臺灣民眾微粒暴露來源、途徑及情境較歐美國家複雜，藉由我們所執行的臺灣民眾微粒暴露評估研究可得知實際的暴露濃度。而暴露來源、高暴露族群及暴露因子貢獻的解析更能實質貢獻社會，不但提供科學數據給環保衛生單位作為管制暴露源之重要依據，並可建議民眾調整個人活動以避免高濃度暴露，有效達到自我防護；尤其對敏感族群，更希望能達到警示或預防的目的。未來更希望這些污染源及暴露因子的解析有助於擬定全球氣候變遷下臺灣民眾之調適策略，以妥善因應可能之衝擊。

參考文獻

1. Dockery, D.W., Pope, C. A., Xu, X., Spengler, J.D., Ware, J. H., Fay, M.E., Ferris, B.G., Speizer, F. E. "An Association between Air Pollution and Mortality in Six U.S. Cities", *New England Journal of Medicine*, 329, 24, 1753-9, 1993
2. Lung, S.-C. C., Mao, I-F., Liu, L-J. S. "Residents' Particle Exposures in Six Different Communities in Taiwan", *Science of the Total Environment*, 377 (1): 81-92, 2007
3. Lung, S.-C. C., Lin, C.C., Liu, C.H., Huang, S.Y. "Commuters' Exposure to Particulates and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Taipei, Taiwan", 2006 International Conference on Environmental Epidemiology & Exposure, September 2-6, 2006, Paris, France
4. Lung, S.-C. C. & Hu, S. "Generation Rates and Emission Factors of Particulate Matter and Particle-Bound Polycyclic Aromatic Hydrocarbons of Incense Sticks", *Chemosphere*, 50, 673-679, 2003c
5. Lung, S.-C. C., Kao, M., & Hu, S. "Contribution of Incense Burning to Indoor PM₁₀ and Particle-bound Polycyclic Aromatic Hydrocarbons under Two Ventilation Conditions", *Indoor Air*, 13, 194-199, 2003b
6. Lung, S.-C. C. & Kao, M., "Worshippers' Exposure to Particulate Matters at Two Buddhist Temples in Taiwan", *Journal of Air and Waste Management Association*, 53, 130-135, 2003a
7. Lung, S.-C. C., Wu, M-J., Lin, C-C., "Customers' Exposure to PM_{2.5} and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Smoking/non-smoking Sections of 24-hour Coffee Shops", *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 14, 7, 529-535, 2004