

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

※ ※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※

※ 臭氧及 PM₁/PM_{2.5}/PM₁₀ 氣懸微粒之暴露及健康風險評估 ※

※子計畫一：臭氧及 PM_{2.5}總暴露量及健康風險之評估(Ⅲ) ※

※ ※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※

計畫類別：☐個別型計畫 ☒整合型計畫

計畫編號：NSC89-2621-Z-002-058

執行期間：89 年 8 月 1 日至 90 年 7 月 31 日

計畫主持人：王秋森

執行單位：國立台灣大學公共衛生學系

中華民國 90 年 8 月 31 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告
臭氧及 PM₁/PM_{2.5}/PM₁₀ 氣懸微粒之暴露及健康風險評估
子計畫之一：臭氧及 PM_{2.5} 總暴露量及健康風險之評估(III)
Total Exposure and Health Risk Assessment
of Ozone and PM_{2.5} (III)

計畫編號：NSC89-2621-Z-002-058

執行期限：89年8月1日至90年7月31日

主持人：王秋森 國立台灣大學公共衛生學系

e-mail: cswang@ccms.ntu.edu.tw

計畫參與人員：朱志杰，黃堦 雄

國立台灣大學環境衛生研究所

一、中文摘要

此項計劃以臭氧及 PM₁/PM_{2.5} 總暴露量及健康風險之評估為主軸，在本年度執行的內容計分二大部份：(一) 台北市古亭國小學童臭氧暴露評估與室內臭氧濃度之分佈，以及(二)台北都會區住家室內外 PM₁ 氣懸微粒特性及來源之探討。

在第一部份，本研究選擇台北市古亭國小之學童進行臭氧暴露之研究。於2000年10月至2001年4月期間，在選定日的八小時上課時間，使用 Ogawa 被動式採樣器針對教室內外、操場與學童個人進行採樣，個人有效樣本共68個。結果顯示，學童個人臭氧暴露濃度八小時平均值冬季為16.9 ppb (樣本數 n=21)，遠低於春(31.5 ppb, n=35)、秋(27.3 ppb, n=21)兩季，且達統計上的差異(p<0.01)。另外，使用時量平均的原理根據學童處於各微環境中之時間，推估個人臭氧暴露八小時平均濃度。推估值與實測值濃度進行回歸分析，判定係數達0.76。此外，針對室內換氣率與臭氧濃度分佈進行量測，結果顯示教室內4個不同量測點的換氣率有明顯差異，顯示室內空氣並非完全混合。臭氧濃度分佈量測的結果亦顯示教室內臭氧濃度在水平方向的分佈並不均勻。學童個人臭氧暴露濃度實測值往往出現相當大的差異，臭氧濃度水平分佈的不均勻可能是其肇因之一。

在第二部份，本研究選擇台北都會區

二個住家(分別在中山區及大安區)探討在有烹飪污染源且使用排油煙機之情況其室內與室外環境中 PM₁ 微粒之質量濃度，與烹飪時爐上和烹飪者鼻前微粒粒數粒徑分佈。結果顯示，住家室內外 PM₁ 微粒質量濃度比值非假日與假日並沒有達到統計上顯著差異。住家室內外 PM₁ 微粒質量濃度比值在不烹飪時與烹飪時也沒有達到統計上顯著差異。另外煎、炒時爐上的微粒粒數濃度遠高於烹飪者鼻前，顯示排油煙機能有效將煎、炒產生的油煙排出室外，但較細粒徑微粒有可能擴散至鼻前。C23-C26 正烷類(化石燃料及植物蠟質之追蹤劑)在住家室內外 PM₁ 微粒中的質量百分率其經過標準化之碳數分佈圖顯示室內與室外分佈圖形相似，表示室內 PM₁ 微粒主要來自穿透建築封的室外汽機車排放微粒。以追蹤劑推估住家室內外環境 PM₁ 微粒源自汽機車排氣微粒比率，室外(54%)稍高於室內(49%)。

關鍵詞：個人臭氧暴露平均濃度、換氣率、室內臭氧濃度分佈、微粒粒數粒徑分佈、正烷類、碳數分佈

Abstract

This research project has the overall object of studying ozone and PM₁/PM_{2.5} exposures of various population groups in Taiwan. The studies conducted this year consisted of two parts: (1) assessment of

ozone exposure of students at Ku-Ting Elementary School in Taipei city and the distribution of indoor ozone concentrations, and (2) study of the characteristics and sources of indoor and outdoor PM_{10} in residential buildings in Taipei city.

The first part of this study was conducted during October 2000 to April 2001. The ozone concentrations indoors and outdoors of selected classrooms and the ozone concentrations to which selected students were exposed during school hours were determined by Ogawa passive samplers. The number of personal samples were 68. The results showed that 8-hr (8 AM ~ 4 PM) mean exposure concentrations were 16.9 ppb (sample size $n=21$) in winter, 31.5 ppb ($n=35$) in spring, and 27.3 ppb ($n=21$) in fall. There was a statistically significant difference between winter and other two seasons ($p < 0.01$). Based on the principle of time-weighted average, the student's time activity records were used to estimate the mean exposure concentrations. The coefficient of determination for the correlation between estimated exposure concentrations and measured values was 0.76. The measured air change per hour differed markedly among the four sites selected in a third-floor classroom, indicating that the indoor air was not well mixed. Measurements also showed that the horizontal distribution of indoor ozone concentrations was not uniform. The relatively marked differences in some personal exposure data can be partially explained by the nonuniformity in horizontal distribution of ozone concentrations.

In the second part of this study, the mass concentrations of outdoor and indoor PM_{10} were measured in two apartments (in Zhong Shan district and Da An district of Taipei city) with cooking as the major indoor particle source. Particle number size distributions over the stove and in front of the cook's nose were also measured, with the exhaust fans over the stoves turned on. The measured Indoor/Outdoor (I/O) ratio of PM_{10} did not show a statistically significant difference between weekdays and weekends. There were no statistically significant differences in

I/O ratio of PM_{10} during daytime between the days with cooking and the days without cooking. The particle number concentrations over the stove were markedly higher than those just in front of the cook's nose, indicating that the exhaust fans removed the fume effectively. However, some finer particles were likely to disperse to the cook's nose. The normalized distribution pattern of particulate n-alkanes (a tracer of fossil fuels and plant wax) with respect to carbon number was similar between indoor and outdoor PM_{10} , indicating that the particles in vehicular exhausts that penetrated through building envelopes were the major sources of indoor PM_{10} . Estimates from the concentrations fractions of n-alkanes showed that the particles in vehicular emissions contributed 54% of outdoor PM_{10} and 49% of indoor PM_{10} .

Keywords: mean personal O_3 exposure level, air exchange rate, distribution of indoor ozone concentrations, particle number size distribution, n-alkanes, distribution pattern of n-alkanes

二、緣由與目的

臭氧與懸浮微粒同為台灣都會區及其下風處目前的主要空氣污染物。根據環保署發佈的每日空氣污染指標值(PSI)，以往多以 PM_{10} 為指標污染物，但自 1997 年以後，臭氧即成為最主要的指標污染物。

流行病學的研究結果顯示，成年人在一般的活動狀態下暴露於 82 ppb 的臭氧濃度，肺功能將會降低，而小孩即使暴露於濃度低於 82 ppb 的臭氧即會產生同樣的健康效應，而且沒有一個明顯的閾值。近年來台灣三大都會區(台北、台中、高雄)下風處的臭氧濃度每日最高小時值大於 120 ppb 的次數相當多，可見其污染程度已足以產生不可忽視的健康效應。週界環境中臭氧污染的特點是它在時間與空間分佈的變化幅度相當大，而且室內與室外的濃度有顯著差異。因此臭氧總暴露量的評估是一個較為複雜的問題。本計畫本年度有關臭氧研究的內容旨在評估臭氧在週界大氣環

境及室內環境中的濃度在時間及空間上的分佈，並利用個人採樣器[1]針對國小學童進行暴露評估。同時使用文獻上[2,3]的數學模式，藉由本計畫獲得的教室室內、室外和操場上的臭氧濃度數據以及環保署空氣品質監測站的臭氧監測數據，配合個人的時間活動資料，以估計學童個人臭氧暴露量。

有關室內與室外氣膠相關性的評估，國外雖然早在 1981 年即有相關文獻出現[4]，但在 1990 年代以後才逐漸受到重視。本研究群於近年開始進行研究，並已獲得初步成果[5,6]。影響室內氣膠濃度及特性的因素包括室外滲入以及室內人為活動(如吸菸、烹飪)。在本年度中本計畫有關室內與室外氣膠相關性的研究，乃針對台北地區二個有烹飪污染源的住家進行 PM_{10} 微粒採樣。同時，藉由室內及室外氣膠微粒中所含 $C_{23}\sim C_{26}$ 正烷類(可當作汽機車排放微粒的追蹤劑)的分析，以了解汽機車排放微粒對室內、室外 PM_{10} 微粒的貢獻。

三、結果與討論

1. 學童個人臭氧暴露平均濃度量測

2000 年 10 月~2001 年 4 月採樣結果顯示台北市古亭國小學童個人臭氧暴露平均濃度秋季為 27.3 ppb (樣本數 $n=21$)，冬季為 16.9 ppb ($n=21$)，春季為 31.5 ppb ($n=35$)。經統計分析顯示冬季臭氧暴露平均濃度明顯低於春、秋兩季，而春季與秋季之間的臭氧暴露濃度並無明顯差異。

2. 學童個人臭氧暴露推估模式

本研究使用被動式採樣器所測得之教室內外臭氧濃度比值(I/O)、室外與監測站旁臭氧濃度比值(O/A)、及操場與監測站旁臭氧濃度比值(F/A)，根據時量平均原理推估台北市古亭國小學童個人採樣當日日間八小時臭氧暴露平均濃度，結果顯示推估值與當日實測值之相關性分析判定係數為 0.76，表示模式具良好之推估能力；此外，若使用於 2000 年 10 月~2001 年 4 月期間所測得的 I/O、O/A、F/A 之平均值以相同方式推估各採樣日個人臭氧暴露平均濃

度，其與實測值之相關性分析判定係數為 0.71，僅略低於前述使用採樣當日之 I/O、O/A、F/A 之實測值進行推估之結果(0.76)。因此推論台北市都會區內國小建物形式與古亭國小相似者，應可利用本研究使用被動式採樣器所測得之 I/O、O/A、F/A 平均值推估學童個人臭氧暴露平均濃度。

3. 教室室內臭氧濃度之水平分佈

教室內不同量測點的換氣率有明顯差異，顯示室內空氣並非完全混合，且在量測室內臭氧濃度分佈結果發現各量測點與室外參考點之濃度比值差異甚大，表示室內臭氧濃度在水平方向分佈不均。由此推論學童座位可能影響其暴露量。而在室外走廊及空曠場地上，臭氧濃度在距離樓地板(或地面)2 公尺內之分佈相當均勻，因此對個人暴露應無影響。

4. 住家室內與室外 PM_{10} 微粒質量濃度

本研究在台北市中山區及大安區各選擇一個住家進行氣懸微粒採樣與分析。將中山區(3F)住家室內與室外 PM_{10} 微粒質量濃度作相關性探討，日間室內之 PM_{10} 微粒質量濃度為室外之 0.84 倍，判定係數為 0.64；夜間室內之 PM_{10} 微粒質量濃度為室外之 0.78 倍，判定係數為 0.71。而大安區(13F)住家，日間室內之 PM_{10} 微粒質量濃度為室外之 0.86 倍，判定係數為 0.51；而夜間室內之 PM_{10} 微粒質量濃度為室外之 0.76 倍，判定係數為 0.51。兩個住家室內 PM_{10} 微粒質量濃度均低於室外，而中山區住家室內外相關性較高，主要是其開一扇窗，室外微粒滲入較多。

5. 烹飪產生的油煙微粒

本研究選擇的兩個住家其排油煙機能有效地將烹飪產生的油煙微粒抽出至室外，但較細粒徑微粒有可能擴散至鼻前。針對烹飪時客廳與廚房氣懸微粒，在中山區住家使用 Aerodynamic Particle Sizer 測量(粒徑範圍為 0.5~1.84 μm)結果顯示，廚房爐上微粒粒數眾數直徑之尖峰高度比烹飪者鼻前高了 11~27 倍；同樣地在大安區住家測量結果，其尖峰高度高了 5~57 倍。而以 Scanning Mobility Particle Sizer 測量(粒徑範

圍為 0.013~0.805 μm)，其尖峰高度高了 43~86 倍。結果並顯示爐上和鼻前的微粒粒數粒徑分佈隨著烹煮食物不同而有改變。另外，烹飪產生的油煙微粒對客廳影響甚小，客廳微粒粒數粒徑分佈主要是受室外懸浮微粒影響。

6. 汽機車排放微粒的貢獻

汽機車排放 PM_{10} 微粒中 C23~C26 正烷類碳數分佈，明顯地分佈在低的碳數(C23 和 C24)，在 C25 的碳數則呈現較低的質量分率(此為化石燃料的特徵)；三種樹葉(榕樹、楓香、和台灣椿樹)表面蠟質之 C23~C26 正烷類，其碳數分佈呈生物源典型的鋸齒狀。本研究選擇的兩個住家 PM_{10} 微粒中，室內環境的 C23~C26 正烷類標準化碳數分佈形狀與室外類似。根據追蹤劑碳數分佈進行推估結果顯示，中山區(3F)住家 PM_{10} 微粒源自汽機車排氣微粒貢獻在非假日日間室內與室外分別為 47 %和 55 %，夜間室內與室外分別為 52 %和 55 %；假日日間室內與室外分別為 52 %和 66 %，夜間室內與室外分別為 53 %和 50 % (以上貢獻率根據 4 個樣本為平均值)。大安區(13F)住家非假日日間室內與室外分別為 58 %和 51 %，夜間室內與室外分別為 37 %和 52 % (樣本數皆為 8)。

四、成果自評

本計畫在本年度的研究內容與原計畫相當符合。在國小學童臭氧暴露評估的研究，已建立一個相當準確的個人暴露推估模式，並根據實測值建立推估模式所使用的參數數值，此項結果應具有學術及應用價值。在室內外 PM_{10} 氣懸微粒特性及污染源的探討，結果顯示即使室內有烹飪污染，其 PM_{10} 微粒中源自汽機車排放的貢獻所佔比率，室內(49 %)仍與室外(54 %)相差不多。其原因為汽機車排放微粒的粒徑分佈偏向較小的粒徑 ($0.1 \sim 1 \mu\text{m}$)，故較不易沉降。此項結果顯示，即使在室內，汽機車排放微粒的健康風險仍與室外相當。本計畫有關汽機車排放微粒對室內 PM_{10} 氣膠的影響的研究結果，將在美國氣膠研究協會第 20 屆年會發表。與執行本計劃相關

的碩士論文列於參考文獻[7, 8]。

五、參考文獻

- [1] Koutrakis P, Wolfson JM, Bunyaviroch A, Froehlich SE, Hirano K, and Mulik JD. (1993) Measurement of ambient ozone using a nitrite-coated filter. *Analy Chem*; 65: 209-214.
- [2] 李元鼎(1999)，台北市中山區國小學童之臭氧暴露評估，國立台灣大學環境衛生研究所碩士論文，台北市。
- [3] 呂宗烟(2000)，台北都會區下風處國小學童之臭氧暴露評估，國立台灣大學環境衛生研究所碩士論文，台北市。
- [4] Dockery DW and Spengler JD. (1981) Indoor-outdoor relationship of respirable sulfates and particles. *Atmospheric Environment*; 15: 335-343.
- [5] 林乾坤(1999)，台北都會區室內與室外細粒徑氣懸微粒之相關性研究，國立台灣大學環境衛生研究所碩士論文，台北市。
- [6] 楊慈定(2000)，台北都會區室內外細粒徑氣懸微粒特性及污染源之探討，國立台灣大學環境衛生研究所碩士論文，台北市。
- [7] 朱志杰(2001)，台北市古亭國小學童臭氧暴露評估與室內臭氧濃度之分佈，國立台灣大學環境衛生研究所碩士論文，台北市。
- [8] 黃堦雄(2001)，台北都會區住家室內外 PM_{10} 氣懸微粒特性及來源之探討，國立台灣大學環境衛生研究所碩士論文，台北市。