

# 嘉南藥理科技大學專題研究計畫成果報告

## 大氣衍生性氣膠之貢獻特性研究

計畫類別：☒個別型計畫 ☐整合型計畫

計畫編號：CNEV92-25

執行期間：92 年 1 月 1 日至 92 年 12 月 31 日

計畫主持人：蔡瀛逸

計畫參與人員：林易玄、翁子翔

執行單位：嘉南藥理科技大學環境工程科學系

中華民國 九十三年 二月 二十一日

# 大氣衍生性氣膠之貢獻特性研究

計畫編號：CNEV92-25

執行期限：92 年 01 月 01 日至 92 年 12 月 31 日

主持人：蔡瀛逸 嘉南藥理科技大學環境工程科學系副教授

本研究探討 2002 年秋冬高污染季節高雄縣境內林園、美濃、仁武、和大寮地區之  $PM_{10}$  及  $PM_{2.5}$  之水溶性懸浮微粒時空變異，其結果發現，在發生高污染事件日時，林園、美濃、仁武和大寮地區之  $PM_{10}$  微粒濃度均有明顯增加現象，分別為  $190.2 \mu g m^{-3}$ 、 $143.3 \mu g m^{-3}$ 、 $216.1 \mu g m^{-3}$  及  $154.7 \mu g m^{-3}$ ，其中硫酸鹽、硝酸鹽、銨鹽及有機碳等二次光化物質有明顯增加現象。以地殼元素、海鹽、元素碳、農廢煙煙及溴化鉛等作為原生性懸浮微粒之物種濃度判斷，各地區之地殼元素及燃燒程序污染排放是原生物種對微粒質量濃度最主要貢獻者，且在  $PM_{2.5-10}$  的粗微粒原生性物種所佔質量濃度比例較  $PM_{2.5}$  為高，其中海鹽在林園地區之  $PM_{2.5-10}$  較其他地點高，顯示靠海的林園其海鹽在  $PM_{2.5-10}$  的貢獻較顯著。縣境四地點之衍生性 OC、 $(NH_4)_2SO_4$ 、Nitrates 佔微粒質量濃度比例，在細微粒中介於 63%~71%，而美濃地區衍生性氣膠所佔比例最高，大寮最低，其中衍生性  $(NH_4)_2SO_4$  佔質量濃度比例，各地介於 30%~43%，其所佔質量濃度比例亦同，以美濃地區最高，雖然美濃地區當地無重大污染源，但其衍生硫酸銨高濃度，顯示硫酸鹽的境外移入貢獻極大，而當地因交通污染排放較少，產生之衍生硝酸鹽亦較其他地點為低。此外，四地區之粗粒衍生性氣膠佔質量濃度的 21%~24%，顯示二次氣膠主要分布在細粒中。

關鍵詞：高污染季節；氣膠酸鹼值；原生性懸浮微粒；衍生性懸浮微粒

## 一、前言

大氣懸浮微粒之化學組成主要以硫酸鹽、硝酸鹽、銨鹽、元素碳及有機碳為主。在部分地區，懸浮微粒高污染事件日下，在  $PM_{10}$  中硝酸鹽所佔的質量比例約為平日硝酸鹽質量比例的 2~3 倍，顯示當懸浮微粒高污染時，硝酸鹽微粒為主要之貢獻物種[1]。蔡等(2001)[2]在高屏地區高污染狀態的研究發現， $PM_{10}$  微粒中水溶性離子之濃度約佔  $PM_{10}$  濃度 45.4~56.2%，且均以  $SO_4^{2-}$ 、 $NO_3^-$ 、 $NH_4^+$  及  $Cl^-$  為主要物種。在污染事件日時各測站  $PM_{10}$  上  $NO_3^-$  之平均濃度較非污染事件日 ( $PM_{10} < 150 \mu g/m^3$ ) 時高出最多，且水溶性離子中只有  $NO_3^-$  在污染事件日所佔之比例較非污染事件日時高，其餘離子則無此現象。顯示在污染事件日時，導致各測站  $PM_{10}$  濃度之增加，最主要可是因  $PM_{10}$  上  $NO_3^-$  濃度大幅增加造成；各測站  $PM_{10}$  之濃度近 50% 由  $SO_4^{2-}$ 、 $NO_3^-$  及  $NH_4^+$  等衍生性氣膠所貢獻。陳與吳(1999)[3]在高雄縣的大氣微粒研究發現，全年懸浮微粒的成份以硫酸鹽最高，其次為 TC、 $NO_3^-$  及  $NH_4^+$ ，至於原生性污染物僅佔 5~7%。在 10 月至 2 月的高污染事件日較易發生的季節，氣膠仍以  $SO_4^{2-}$  濃度最高，其次為  $NO_3^-$  及  $NH_4^+$ ，再者為 OC 及 EC，原生性污染物在 5% 以下，而衍生性氣膠成份約佔 40~50%。

Lin (2002)[4]探討高雄市大氣中的化學物質特性與濃度的變化，在水溶性離子的成分， $SO_4^{2-}$ 、 $NO_3^-$  和  $NH_4^+$  佔  $PM_{2.5}$  質量濃度的 42.2%，且三種佔總水溶性離子的 90%。總碳包括有機碳與無機碳約貢獻 20.8%  $PM_{2.5}$  質量濃度。在  $PM_{2.5}$  的硫轉化速率(SOR)與氮轉化速率(NOR)發現其比例分別為 0.25 和 0.07，顯示  $SO_2$  轉換到  $SO_4^{2-}$  與  $NO_2$  轉換到  $NO_3^-$  的大氣中轉換比率以硫物種的轉化較快，而  $NH_4^+$  與  $SO_4^{2-}$ 、 $NO_3^-$  比值在 0.86，顯示高雄地區  $NH_4^+$  的結合形態大部分是  $(NH_4)_2SO_4$  及  $NH_4NO_3$ 。

$PM_{10}$  及  $O_3$  一直為高雄縣主要之指標空氣污染物，近年來的污染天數已持續下降，其空氣品質不良日數之比例由八十四年的 20.9%，降至九十年的 8.3%，達成環保署高屏空品區九十年之管制目標 10%。然而高雄縣乃工業重鎮，高污染行業甚為密集，持續解析懸浮微粒之成分及來源，以探知高雄縣空氣品質區之懸浮微粒污染，實有必要。此外，發生  $PM_{10}$  濃度高值時之污染時空變異，仍需持續關注，因此，本研究將採集秋冬高污染季節時之高雄縣境內林園、美濃、仁武、大寮和橋頭地區的  $PM_{10}$  及  $PM_{2.5}$  微粒，探討高雄縣大氣懸浮微粒之不同微粒粒徑範圍的水溶性化學組成時空變異，作為提供解析高污染季節之  $PM_{10}$  污染來源的資料依據。

## 二、研究方法

### 1. 大氣微粒之採樣及前處理

在空氣品質不良季節(10月至隔年3月),針對大氣懸浮微粒之採樣,在高雄縣境美濃、仁武、大寮、林園等4個測站,利用雙粒徑分道採樣器(Dichotomous samplers, Dichot)、個人採樣器(Personal environmental monitors, PEM)及哈佛採樣器(Harvard samplers)進行同步採集。採樣時段以日(上午7時~下午6時)、夜(下午6時~上午7時),代表日、夜之 $PM_{2.5-10}$ 粗微粒及 $PM_{2.5}$ 細微粒樣品,以瞭解縣內懸浮微粒之組成特性,Dichot之粗粒採樣流量為1.67 lpm,細粒採樣流為15.0 Lpm,PEM及Harvard samplers採樣流量均控制在10.0 Lpm。此外,以微孔均勻沈降衝擊器(Micro-Orifice Uniform Deposition Impactor, MOUDI™, Model 110),採集全天24小時之懸浮微粒,以瞭解微粒粒徑之質量濃度分布特性。操作流量為30 l/min,入口粒徑為18  $\mu m$ ,收集階層分十階,截取粒徑分別為9.9、5.6、2.5、1.8、1.0、0.56、0.325、0.174、0.1、0.056  $\mu m$ ,最後以37 mm之after filter收集剩餘之微粒。

本研究採樣點的選擇以環保署空氣品質監測站之位置為第一考量,但因門禁或方便考量,則選擇距環保署空氣品質監測站相近地點進行採樣,以下為各採樣點位置:橋頭測站(橋頭國中);美濃測站(美濃國中);仁武測站(八卦國小);大寮測站(潮寮國中);林園測站(汕尾國小)

### 2 大氣微粒水溶性離子成份

微粒中之水溶性離子成份分析,首先將濾紙置入廣口LDPE瓶中,滴入10 ml的去離子水,封緊瓶口,置入超音波震盪器(Branson 5210型)內震盪90分鐘,進行水溶性離子的萃取。萃取過濾後之萃取液置入有蓋的試管,將試管緊閉後,放入4°C冰箱內存放,避免水溶性離子揮發損失。過濾液以離子層析儀(Ion chromatography, Dionex Model DX-120 Isocratic system)分析之,並以電導度偵測器(Conductivity detector)做定量測定。使用之陰離子分離管為Dionex AS9-HC型,陽離子分離管為Dionex CS12型,分析的物種包括 $F^-$ 、 $Cl^-$ 、 $NO_3^-$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $Na^+$ 、 $NH_4^+$ 、 $K^+$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$ 等8種離子。而所使用之水溶性離子物種標準液,為Merck公司所製備的各離子標準溶液,其濃度皆為1000 ppm。求取各離子濃度之檢量線之相關係數大於0.995。整個離子濃度量測,由添加標準品回收率試驗(spike)證實少有基質干擾且具有良好之回收率,各離子回收率在97%至104%之間,可滿足本研究之需求。

## 3 大氣微粒碳含量分析

懸浮微粒中的碳含量分析利用W.C. Heraeus elemental analyzer CHN-O-Rapid元素分析儀進行,可用來測定微粒中碳含量。分析條件之設定為:加熱時間1.5分鐘,氧化管溫度950°C,還原管溫度600°C,並使用TCD偵測器偵測由氦氣(He)所攜帶之含碳微粒經熱處理後產生的 $CO_2$ 含量,轉換輸出訊號值至積分儀得估樣品重量百分率。

以1/4張濾紙進行含碳量分析,再切割成兩份1/8張濾紙,分別量測總碳含量及元素碳量。其中在採樣秤重後之1/8張的石英濾紙直接由元素分析儀進行分析,此時所得之測值即為總碳含量;同樣地,空白濾紙經相同步驟,所得之測值即為碳空白量。碳成分之儀器偵測極限(IDL)為0.09  $\mu g/m^3$ ,而方法偵測極限(MDL)為0.46  $\mu g/m^3$ ,均甚低於實際樣品之含碳濃度。在碳成份分析的品管,以每一批次的重覆性分析,來判斷分析結果的再現性,且以Acetanilide (N=10.36%, C=71.09%, H=6.71%, O=11.80%)作為校正曲線的標準藥品及標準參考樣品進行其碳量之量測,以確定分析之準確度。各類含碳量的分析,包括(1)總碳(total carbon, TC)的決定:將濾紙經樣品調理恆濕箱24小時乾燥稱重,未經高溫爐前處理,逕以元素分析儀分析,即為總碳。空白濾紙經同樣步驟,即為碳空白量;前者與後者差值即為該樣品所含之總碳量。(2)元素碳(elemental carbon, EC):將濾紙先置於340°C的高溫爐內,導入空氣,加熱10分鐘[5],以去除有機碳。利用元素分析儀分析經此前處理過的樣品濾紙,即為濾紙之元素碳。將空白濾紙,經同樣的步驟,所得即為碳空白量。前者與後者之差值即為實際樣品之元素碳量。(3)有機碳(organic carbon, OC):有機碳之量即為樣品所含之總碳量與元素碳之差值。

## 三、結果與討論

### 1. 秋冬兩季風向分布

本研究探討2002年10月~2003年3月在空氣品質不良季節之懸浮微粒化學特性,根據環保署設於採樣當地的空品監測站所提供的氣象資料,仁武地區位於四個採樣點的北邊,該地區的盛行風向以北風所佔比列最高,約佔60%,其次是西北風向。而美濃地區較靠近山區,所在位置的盛行風向以西南-西-西北之風向所佔比列最高。林園測站臨海,此點的盛行風大多來自西方,由風向來看由海面吹向陸地。大寮地區是位在林園地區的東方,此地區的盛行風以西北-北風比列最多。

### 2. $PM_{10}$ 之質量濃度分布

高雄縣四個採樣地區高污染季節的懸浮微粒

濃度，在四個地區中，秋季之  $PM_{2.5}$  質量濃度以仁武地區的  $91.5 \pm 41.6 \mu g m^{-3}$  最高，其濃度變異最大。其次是林園地區的  $84.5 \pm 36.3 \mu g m^{-3}$ ，美濃地區為  $73.4 \pm 19.4 \mu g m^{-3}$  及大寮地區的  $66.4 \pm 20.0 \mu g m^{-3}$ 。在  $PM_{2.5-10}$  粗微粒濃度，以林園地區的  $51.8 \pm 16.5 \mu g m^{-3}$  最高，依序是仁武、大寮及美濃地區，其濃度分別為  $48.4 \pm 22.4 \mu g m^{-3}$ 、 $42.9 \pm 26.4 \mu g m^{-3}$ 、 $38.9 \pm 8.4 \mu g m^{-3}$ 。由四個地點的微粒粒徑濃度可知，均以細微粒佔大多數，而美濃地區之  $PM_{2.5}$  濃度卻比屬工業區的大寮來得高，此原因可能因與較靠近山區，氣象條件較封閉，污染不易擴散有關。

在冬季方面， $PM_{2.5}$  細微粒以大寮與林園地區質量濃度最高，分別是  $72.0 \pm 21.3 \mu g m^{-3}$ 、 $71.4 \pm 19.3 \mu g m^{-3}$ ，而仁武地區在冬季則比秋季濃度低，為  $64.1 \pm 18.0 \mu g m^{-3}$ ，美濃地區為  $52.2 \pm 13.9 \mu g m^{-3}$ ，是冬季四採樣地點  $PM_{2.5}$  質量濃度最低的。 $PM_{2.5-10}$  質量濃度在大寮、仁武、林園三地差異及變異不大，而在美濃地區  $PM_{2.5-10}$  部分最低。

在大寮、仁武、林園地區懸浮微粒粒徑呈現雙峰分佈，大寮地區之微粒粒徑分布在  $0.32 \mu m$  及  $5.6 \mu m$  粒徑位置，呈現雙峰分布。林園地區之雙峰分布，出現在  $0.56 \mu m$  及  $2.5 \mu m$  粒徑位置。仁武地區之雙峰分布，分別在  $0.56 \mu m$  及  $3.2 \mu m$  處，尤其在  $0.56 \mu m$  的細粒徑是主要濃度波峰。美濃地區的微粒質量濃度分布平緩，在  $0.56 \mu m$  處略呈分布波峰。

微粒粒徑的變異，大寮地區有兩個粒徑區間變異較大，分別  $0.18-1.0 \mu m$  與  $1.8-10.0 \mu m$  兩範圍。仁武地區則在  $0.32-1.0 \mu m$  有明顯的變異量，尤其是在  $0.56 \mu m$  粒徑。林園地區在  $0.32-1.0 \mu m$  有明顯的變化，尤其在  $0.56 \mu m$  粒徑變化相當大。美濃地區的變異不若其他三地來的明顯，但可看出在  $0.18-0.56 \mu m$  有較明顯的變化。

根據以上各地區的粒徑分佈與變異的討論，並量測 2002 年 11 月 27、28 日不良空氣品質事件日之微粒發現，依環保署發佈原因是中南部地區稻田露天燃燒稻草所導致之空氣品質惡化，四測點量測之粒徑分布均呈現集中在  $0.32-1.0 \mu m$  的粒徑範圍，且濃度較 Fig.1 所呈現之該範圍粒徑之平均濃度高出 1.5~2.3 倍，顯示露天燃燒所產生的懸浮微粒多集中於此粒徑範圍，且產生的微粒多為二次氣膠。

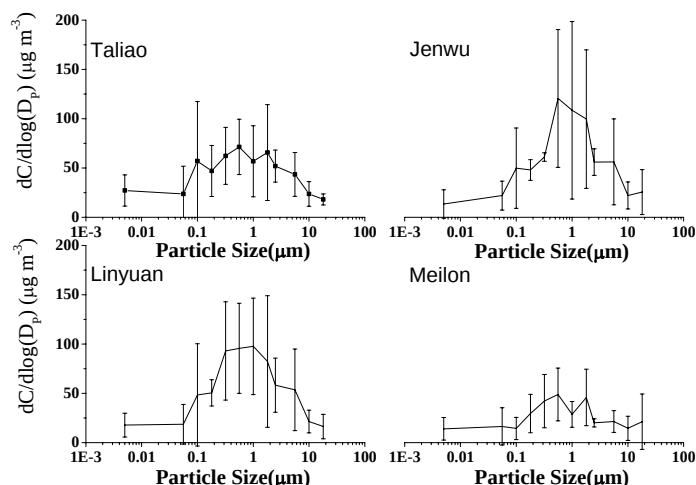


Fig. 1. The mass distribution of airborne particles at four areas in Kaohsiung County during September 2002 and March 2003.

## 2. 不同空氣品質狀態時之微粒水溶性離子與含碳組成

本研究依環保署自動監測之  $PM_{10}$  24 小時平均值劃分為三個空氣品質狀態，其質量濃度範圍分別是大於  $125 \mu g m^{-3}$  的高污染事件日 ( $PM_{10}$  episodes)、介於  $125$  至  $50 \mu g m^{-3}$  的一般空氣品質狀態 (moderate days) 以及低於  $50 \mu g m^{-3}$  的良好空氣品質狀態 (clear days)。其水溶性離子與含碳組成結果如 Fig. 2 所示。在  $PM_{2.5}$  部分，圖中為高雄縣四個採樣點所得的平均結果，在不同空氣品質狀態時之微粒水溶性離子均以  $NH_4^+$ 、 $NO_3^-$ 、 $SO_4^{2-}$ 、EC 及 OC 佔大多數，其他水溶性離子的比列影響不大。在一般空氣品質狀態下其主要的水溶性離子  $NH_4^+$ 、 $NO_3^-$ 、 $SO_4^{2-}$ 、EC 及 OC 質量濃度分別在  $5 \sim 10 \mu g m^{-3}$  範圍，但在高污染事件是發生時，其主要的離子與含碳成分有 0.5~1.0 倍的增加，其中以  $SO_4^{2-}$  濃度最高，約在  $17 \mu g m^{-3}$ ，其次為  $NO_3^-$  和 OC 兩成份，結果顯示高污染事件發生期間，微粒組成主要由二次氣膠貢獻。在其他細微粒部分，因為在 2002 年 11 月 27、28 日兩天有露天燃燒稻草的事件發生，所以在  $K^+$  離子的濃度貢獻上也比一般事件日來的高。

在  $PM_{2.5-10}$  部分，主要的成分也以  $NH_4^+$ 、 $NO_3^-$ 、 $SO_4^{2-}$ 、EC 及 OC 為多數，但就濃度而言，其含量不若細微粒高，此外，在高污染事件日以  $PM_{2.5-10}$  OC 的濃度最高，其次是  $SO_4^{2-}$ 、 $NO_3^-$ 。

含碳部分，在一般空氣品質狀態下，在  $PM_{2.5-10}$  之平均 OC/EC 比值為 1.1，高污染事件日時，OC/EC 比值平均提高至 1.4，此外，在良好空氣品質狀態下，大氣  $PM_{2.5}$  之 OC 及 EC 分別為  $7.3 \pm 1.1$

$\mu\text{g m}^{-3}$ 、 $5.2\pm0.9 \mu\text{g m}^{-3}$ ，平均 OC/EC 比值為 1.4，但在高污染事件日發生時，PM<sub>2.5</sub> OC 及 EC 濃度分別增加至  $17.9\pm4.8 \mu\text{g m}^{-3}$ 、 $17.1\pm6.6 \mu\text{g m}^{-3}$ 、 $17.3\pm5.1 \mu\text{g m}^{-3}$  與  $11.9\pm3.4 \mu\text{g m}^{-3}$ ，平均 OC/EC 比值為 1.5，顯示高雄縣在高污染事件日發生時，碳污染主要來自光化反應衍生的有機碳(Chow et al., 1996；Harrison et al., 1997)，與二次氣膠離子共同大量貢獻物種濃度於氣膠微粒中。

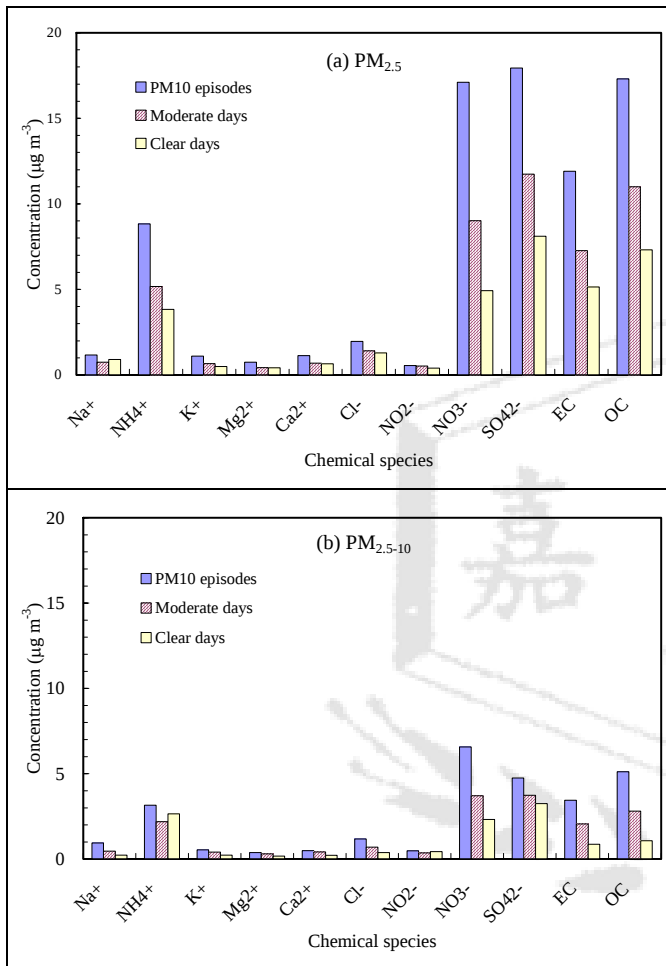


Fig. 2 Concentrations of soluble ions and carbon in particles during three different air qualities in Kaohsiung County during September 2002 and March 2003.(a) PM<sub>2.5-10</sub>; (b) PM<sub>2.5</sub>.

### 3. 不同空氣品質狀態時之氣膠微粒酸鹼性

日夜大氣氣膠之酸鹼性，以氣膠所含化學成分  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NH}_4^+$  的當量濃度，計算之 NR 值判斷(Tsai and Cheng., 1999)。高雄地區高污染事件日及一般空氣品質狀態之 PM<sub>2.5-10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 氣膠微粒 NR 值如 Figs. 3-4 所示，在 PM<sub>2.5-10</sub> 部份在日間和夜間的平均 NR 值分別為  $0.7\pm0.3$ 、 $0.8\pm0.3$ ，細微粒 PM<sub>2.5</sub> 部份日夜間 NR 值分別為  $0.7\pm0.2$ 、 $0.8\pm0.3$ ，顯示出現高污染事件日時其氣膠微呈現偏酸性。

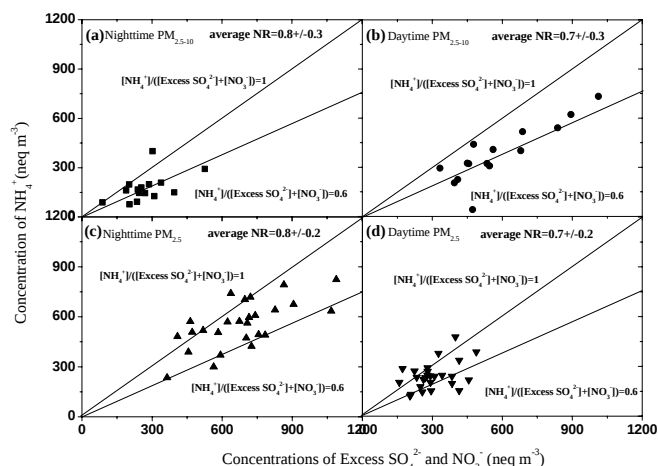


Fig. 3. Concentration equivalent ratio of  $\text{NH}_4^+$  to sum of excess  $\text{SO}_4^{2-}$  and  $\text{NO}_3^-$  for PM<sub>10</sub> episodes in Kaohsiung County. (a) night PM<sub>2.5-10</sub>; (b) day PM<sub>2.5-10</sub>; (c) night PM<sub>2.5</sub>; (d) day PM<sub>2.5</sub>.

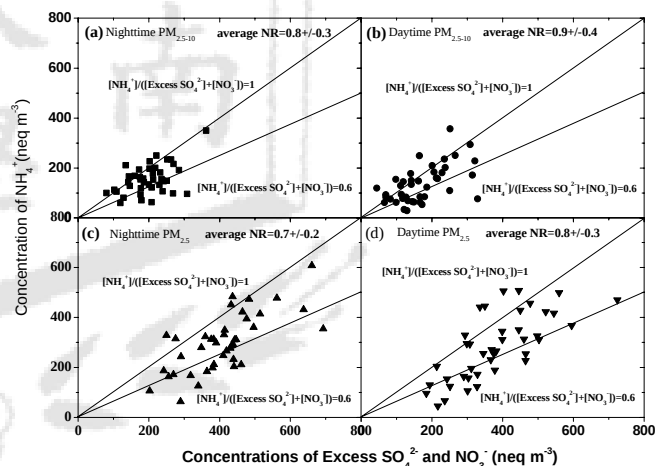


Fig. 4. Concentration equivalent ratio of  $\text{NH}_4^+$  to sum of excess  $\text{SO}_4^{2-}$  and  $\text{NO}_3^-$  for moderate days in Kaohsiung County. (a) night PM<sub>2.5-10</sub>; (b) day PM<sub>2.5-10</sub>; (c) night PM<sub>2.5</sub>; (d) day PM<sub>2.5</sub>.

在一般空氣品質狀態下，其日夜間的氣膠微粒，PM<sub>2.5-10</sub> 日夜間 NR 值分別是  $0.9\pm0.4$ 、 $0.8\pm0.3$ ，PM<sub>2.5</sub> 日夜的 NR 值各為  $0.8\pm0.3$ 、 $0.7\pm0.2$ ，氣膠亦是偏酸性。

由以上高污染事件日與一般空氣品質狀態下微粒結果得知，在高雄縣境，氣膠的特性都是呈現酸性，但在高污染事件日出現時會造成氣膠更偏於酸性，因為事件日發生時  $\text{SO}_4^{2-}$  與  $\text{NO}_3^-$  都有顯著的增加，導致氣膠呈現更強的酸性。

#### 4. 原生性及衍生性污染物對微粒污染貢獻

微粒成分在原生性懸浮微粒方面，利用地殼物質、海鹽、元素碳、農廢燻煙及溴化鉛對微粒污染貢獻探討。水溶性鹽類及有機碳之衍生性濃度利用 Chen et al. (1997)[6]微粒組成重建的方式及受體模式推估，進行硫酸銨、硝酸鹽、有機物等成分之濃度貢獻探討。

各地點之地殼元素(crustal matter)及燃燒程序污染排放(vehicular exhaust)是原生物種對微粒質量濃度最主要貢獻者，且在 PM<sub>2.5-10</sub> 的粗微粒原生性物種所佔質量濃度比例較 PM<sub>2.5</sub> 為高。Table 1 為地殼元素、海鹽、元素碳、農廢燻煙及溴化鉛等在各地點秋冬高污染季節原生性懸浮微粒之物種濃度。各地點的 PM<sub>2.5</sub> 燃燒程序污染排放的元素碳量較地殼元素為高，但 PM<sub>2.5-10</sub> 各地點在燃燒程序污染排放的元素碳量與地殼元素略有差異，但地殼元素佔其質量濃度比例，已較細微粒之比例大幅提高，顯示地殼元素在 PM<sub>2.5-10</sub> 的貢獻量不可忽略。此外，亦顯示原生性物種對質量濃度貢獻在粗細微粒的差異及物種比例的變化。其它如海鹽、農廢燻煙及代表使用有鉛汽油燃燒排放的溴化鉛等原生污染物在微粒質量濃度貢獻較少，但從美濃的溴化鉛含量亦可看出，兩地之交通污染排放，不若仁武、大寮、林園等三個工業地區之繁忙車輛交通污染排放。各地區亦有少數農廢燻煙排放，但污染貢獻量不高。海鹽對微粒質量的

Table 1. Species contribution of primary particles in PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>2.5-10</sub> in Kaohsiung County during high-polluted seasons, 2002.

|                                         | Taliao            |                      | Jenwu             |                      | Linyuan           |                      | Meilon            |                      |
|-----------------------------------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|
| ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )                | PM <sub>2.5</sub> | PM <sub>2.5-10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | PM <sub>2.5-10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | PM <sub>2.5-10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | PM <sub>2.5-10</sub> |
| PM mass                                 | 72.0              | 45.7                 | 64.1              | 42.3                 | 71.4              | 43.2                 | 52.2              | 34.1                 |
| Crustal matter                          | 5.3               | 7.0                  | 6.2               | 6.6                  | 3.6               | 6.8                  | 4.5               | 6.7                  |
| Sea Salt                                | 1.8               | 3.2                  | 2.5               | 4.5                  | 2.4               | 3.4                  | 1.6               | 2.3                  |
| Vehicular exhaust                       | 8.8               | 5.0                  | 7.1               | 4.4                  | 7.5               | 4.1                  | 6.3               | 4.3                  |
| Farming smoke                           | 0.7               | 0.0                  | 0.3               | 0.0                  | 0.4               | 0.4                  | 0.6               | 0.4                  |
| Lead bromide                            | 0.2               | 0.1                  | 0.2               | 0.1                  | 0.2               | 0.1                  | 0.1               | 0.1                  |
| Contribution from primary particles (%) | 23.4              | 33.3                 | 25.5              | 36.8                 | 19.8              | 34.1                 | 25.2              | 40.6                 |
|                                         | %                 | %                    | %                 | %                    | %                 | %                    | %                 | %                    |

貢獻，在仁武、大寮及美濃等地點呈現一致的低濃度貢獻，但在林園地區之汕尾國小採樣站，此距海岸甚近，海鹽在林園地區之 PM<sub>2.5-10</sub> 較其他地點高，顯示海鹽在林園 PM<sub>2.5-10</sub> 的貢獻較顯著。

表 2 為在各地點秋冬高污染季節大氣微粒原生性及衍生性水溶性鹽類及有機碳濃度。由四處地點所代表的高雄縣大氣微粒發現，衍生性物種濃度較原生性物種為多，且細粒中上述物種濃度

及比例較粗粒為多，縣境四地點之衍生性 OC、(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、Nitrates 佔微粒質量濃度比例，在細微粒中介於 63%~71%，而美濃地區衍生氣膠所佔比例最高，大寮最低，其中衍生性(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 佔質量濃度比例，各地介於 30%~43%，其所佔質量濃度比例亦同，以美濃地區最高。在四地區之粗粒衍生氣膠佔質量濃度的 21%~24%，顯示二次氣膠主要分布在細粒中，其中衍生性硫酸銨在細粒的貢獻特別明顯。此外，美濃地區當地並無重大石化工業，其細粒衍生硫酸鹽較其他地區貢獻明顯，顯示美濃衍生硫酸鹽多屬境外移入，而當地因交通污染排放較少，產生之衍生硝酸鹽亦較其他地點為低。

在原生硫酸鹽濃度的貢獻，地處石化工業區的林園及仁武地區有較高濃度，另外衍生硫酸銨貢獻尤其明顯。顯示兩地除產生原生性硫酸銨外，亦受到衍生性硫酸銨貢獻，代表交通污染排放的衍生硝酸鹽濃度在仁武、大寮及林園三大工業區的細微粒中貢獻顯著。

各地區四季之衍生有機碳的貢獻不若衍生硫酸銨多，但較原生有機碳的貢獻多，且多在細微粒。

由上述高雄縣五處採樣地點季節性的原生性及衍生性物種對氣膠微粒的貢獻發現，衍生性硫酸銨是高雄縣最主要的氣膠物種貢獻者，尤其是美濃地區當地無重大污染源，但其衍生硫酸銨

Table 2. Contribution of water-soluble and carbon species in PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>2.5-10</sub> in Kaohsiung County during high-polluted seasons, 2002.

| Location | size   | Pri. |     | Sec.                                            |                                                 | Pri.     |          | Sec.     |          |
|----------|--------|------|-----|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|          |        | OC   | OC  | (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | Nitrates | Nitrates | Nitrates | Nitrates |
| Taliao   | coarse | 0.4  | 6.1 | 0.5                                             | 5.6                                             | 0.8      | 3.9      |          |          |
|          | fine   | 2.9  | 8.2 | 1.0                                             | 13.8                                            | 1.2      | 6.8      |          |          |
| Jenwu    | coarse | 0.4  | 4.7 | 0.4                                             | 6.4                                             | 0.7      | 4.4      |          |          |
|          | fine   | 2.8  | 5.8 | 0.9                                             | 14.3                                            | 1.2      | 8.5      |          |          |
| Linyuan  | coarse | 0.5  | 5.5 | 0.4                                             | 7.7                                             | 0.8      | 3.0      |          |          |
|          | fine   | 3.1  | 5.6 | 1.3                                             | 16.2                                            | 1.8      | 8.2      |          |          |
| Meilon   | coarse | 0.3  | 3.3 | 0.2                                             | 4.3                                             | 0.2      | 3.2      |          |          |
|          | fine   | 2.4  | 5.1 | 0.7                                             | 14.7                                            | 0.8      | 4.4      |          |          |

高濃度，顯示因季節性的差異硫酸鹽的境外移入的貢獻極大。其次因地區不同和天氣的不同而氣膠物種貢獻略有不同，但衍生硝酸鹽及衍生有機碳在細微粒的貢獻顯著。

#### 四、結論

本研究探討 2002 年秋冬高污染季節高雄縣境內林園、美濃、仁武和大寮地區之 PM<sub>10</sub> 及 PM<sub>2.5</sub>

之水溶性懸浮微粒時空變異，在發生高污染事件日時，林園、美濃、仁武和大寮地區之  $PM_{10}$  微粒濃度均有明顯增加現象，其主要的離子與含碳成分有 0.5~1.0 倍的增加，其中以  $SO_4^{2-}$  濃度最高，約在  $17 \mu g m^{-3}$ ，其次為  $NO_3^-$  和 OC 兩成份。

在大寮、仁武、林園地區懸浮微粒粒徑呈現雙峰分佈，大寮地區之微粒粒徑分布在  $0.32 \mu m$  及  $5.6 \mu m$  粒徑位置，呈現雙峰分布。林園地區之雙峰分布，出現在  $0.56 \mu m$  及  $2.5 \mu m$  粒徑位置。仁武地區之雙峰分布，分別在  $0.56 \mu m$  及  $3.2 \mu m$  處，尤其在  $0.56 \mu m$  的細粒徑是主要濃度波峰。美濃地區的微粒質量濃度分布平緩，在  $0.56 \mu m$  處略呈分布波峰。依環保署在 11 月 27、28 日兩天發佈中南部地區稻田露天燃燒稻草所導致之空氣品質惡化，顯現  $K^+$  離子的濃度貢獻上也比一般空氣品質狀態時來的高。四測點量測之粒徑分布均呈現集中在  $0.32-1.0 \mu m$  的粒徑範圍，該範圍粒徑之平均濃度高出 1.5~2.3 倍，顯示露天燃燒所產生的懸浮微粒多集中於此粒徑範圍，且產生的微粒多為二次氣膠。

此外，高雄地區氣膠酸鹼性可由 NR 值來判斷，在一般空氣品質狀態及高污染狀態下的微粒 NR 值均顯示此地區的氣膠是偏酸性，但在高污染事件日的氣膠比一般空氣品質狀態時更偏酸。

以地殼元素、海鹽、元素碳、農廢燻煙及溴化鉛等作為原生性懸浮微粒之物種濃度判斷，各地區之地殼元素及燃燒程序污染排放是原生物種對微粒質量濃度最的主要貢獻者，且在  $PM_{2.5-10}$  的粗微粒原生性物種所佔質量濃度比例較  $PM_{2.5}$  為高。衍生性硫酸銨是高雄縣境最主要的氣膠物種貢獻者，尤其美濃地區當地無重大污染源，但其衍生硫酸銨高濃度，顯示硫酸鹽的境外移入貢獻極大。其次因地區不同而氣膠物種貢獻略有不同，但衍生硝酸鹽及衍生有機碳在細微粒的貢獻顯著。

## 五、參考文獻

1. 蔡瀛逸、鄭曼婷，“高污染狀態下大氣二次氣膠組成之探討”，第十五屆空氣污染控制技術研討會，pp. 711-718(1998)。
2. 蔡祈政、陳瑞仁、許美芳、高茂仁、鍾進忠、李家青，“高屏地區高污染狀態下  $PM_{10}$  中衍生性氣膠特性探討”，第十八屆空氣污染控制技術研討會 (2001)。
3. 陳賢焜、吳義林，“高雄縣懸浮微粒  $PM_{10}$  與  $PM_{2.5}$  之成份與來源”，高雄縣環保局研究計畫

期末報告 (1999)。

4. Lin, J.J, “Characterization of the major chemical species in  $PM_{2.5}$  in the Kaohsiung City, Taiwan,” Atmos. Environ., Vol. 36, pp. 1911~ 1920 (2002).
5. Tsai, Y.I. and M.T. Cheng, “Visibility and Aerosol Chemical Compositions near the Coastal Area in Central Taiwan.” Sci. Total Environ., Vol. 231, pp. 37-51 (1999).
6. Chen, W.C., C.S. Wang and C.C. Wei, “An Assessment of Source Contributions to Ambient Aerosol in Central Taiwan”, J. Air Waste Manage. Assoc., Vol. 47, pp. 501-509 (1997).

