

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

A decorative horizontal separator at the top of the page. It features a stylized floral or geometric pattern on the left, followed by a series of empty square boxes of varying widths.

1

1

□ 氣膠酸度與實測含水量對都會氣膠及沿海氣膠之貢獻變異 □

1

1

A decorative horizontal separator at the top of the page. It features a stylized floral or geometric pattern on the left, followed by a series of empty square boxes of varying widths.

計畫類別：個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 89-2211-E-041-020-

執行期間： 89 年 08 月 01 日至 90 年 07 月 31 日

計畫主持人：蔡瀛逸副教授

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
 - 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
 - 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
 - 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：嘉南藥理科技大學環境工程衛生系

中華民國 90 年 10 月 30 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

氣膠酸度與實測含水量對都會氣膠及沿海氣膠之貢獻變異

Contribution Variation of Aerosol Acidity and Measured Water Content Associated with Particles to Urban and Coastal Aerosols

計畫編號：NSC 89-2211-E-041-020-

執行期限：89 年 08 月 01 日至 90 年 07 月 31 日

主持人：蔡瀛逸(mtsaiyi@mail.chna.edu.tw)

嘉南藥理科技大學環境工程衛生系副教授

一、中文摘要

大氣氣膠的存在影響空氣品質，亦透過對太陽幅射的散光及吸光，改變地球與大氣系統的幅射容量，造成大氣環境之氣象特性的變化，微粒的吸濕特性在決定都會及區域性氣膠行為上扮演極為重要角色。大氣微粒特性中吸濕特性(hygroscopicity)及氣膠酸度主要受硫酸鹽、硝酸鹽、銨鹽、鈉鹽及氯鹽等溶解性吸濕物質所決定，而大氣煙霧在高濕度環境下常為濃厚。沿海地區的氣膠含水量與都會地區之氣膠含水量有所差異，而氣膠成分的不同亦代表氣膠酸度及氣膠 pH 的不同。因此本研究探討台南都會及沿海氣膠微粒在不同相對濕度下，發展以 Karl Fischer 滴定法及 pH meter，測定其氣膠吸濕含水量及氣膠酸度之差異。研究結果發現 2001 年初大陸砂塵暴前後之冬季高污染狀態與 2001 年夏季良好空氣品質狀態下之台南都會地區與沿海地區之大氣氣膠微粒化學組成時空變異，結果發現都會及沿海地區之主要化學成分組成含量則各有差異，無論是都會或沿海地區 PM_{2.5} 氣膠含水量均是氣膠之主要組成，在都會地區的冬季以 EC 佔組成比例最高，達 19.3%，其他依序為 Water(17.1%)，SO₄²⁻，OC。都會夏季亦以 EC 佔組成比例最高，達 24.4%，其他依序為 Water(16.0%)，SO₄²⁻，OC。而在沿海地區的冬季以 SO₄²⁻ 佔組成比例最高，達 21.0%，其他依序為 Water(20.5%)，OC，EC。沿海夏季則以 OC 佔組成比例最高，達 20.0%，其他依序為 EC(14.5%)，SO₄²⁻(13.6%)，Water(12.9%)。此外，都會地區之含碳組成以 EC 為主，與 NO₃⁻ 所佔氣膠組成之高比例，不同於沿海氣膠以 OC

為主要碳成份及較低 NO₃⁻ 比例，顯示都會交通污染排放影響較沿海地區嚴重。在砂塵暴期間，都會地區的 PM_{2.5} 組成中除 Sulfate 及 EC，沿海地區除 EC 佔氣膠比例略為增加外，兩地之其它主要物種組成均呈下降之勢，但都會或沿海地區未能分析出之 Unaccounted 佔 PM_{2.5} 氣膠的比例，在砂塵暴期間卻分別增加 7.5% 及 12%，顯示砂塵暴期間，北方氣流帶來的較乾燥空氣，使氣膠水份比例下降，且氣膠存在較多未能鑑別之金屬成份。由兩地之硫物種的光化轉化速率及氮物種光化轉化速率發現，台南都會地區之光化反應較沿海地區強烈，且硫物種的光化轉化速率遠大於氮物種。此外，在砂塵暴時期，兩地氣膠酸度均明顯增強。比較兩地氣膠酸度顯現，都會氣膠較沿海氣膠更具酸性，尤其都會氣膠酸度主要由 Sulfate 及 Nitrate 主導之勢明顯。

關鍵詞：氣膠含水量、氣膠酸度、Karl Fischer 法、氣膠化學特性

Abstract

Atmospheric aerosols affect the air quality and the global climate through changing radiation budget of the Earth-atmospheric system by scattering and absorption of solar radiation. The hygroscopic properties of atmospheric particles are important in determining the ambient behavior of urban and regional aerosols. The hygroscopicity and acidity of atmospheric particles are primarily determined by the presence of soluble substances; for instance, the water absorption properties of sulfate, nitrates, ammonium, sodium, and chloride are well known. Atmospheric haze is most intense at high

relative humidity. Water mass in coastal aerosols is different with in urban aerosols because of different aerosol chemical components. The difference of chemical composition is primarily responsible for the aerosol acidity and pH difference at different locations. Hence, in this study, we measure actually the water content in the aerosols on different relative humidity by Karl Fischer method. Since aerosol acidity and the water mass in the urban and coastal aerosols are different, we chemically analyze the PM_{2.5} particles at Tainan urban and coastal areas. Comparing the aerosol properties in Tainan urban and coastal areas, the high pH values associated with high sulfate and high nitrate concentration. Water contents in aerosol and the aerosol acidity in Tainan urban area are higher than those in Tainan coastal area.

Keywords: Aerosol water, Aerosol acidity, Karl Fischer method, Chemical characterization of aerosols

一、緣由與目的

氣膠微粒之主要成份可概分為含碳物質、金屬物質、水溶性無機鹽類及塵土物質，而水份含量亦是不可忽視的氣膠組成之一[1]。氣膠吸濕特性在都會及區域氣膠的大氣行為表現扮演相當重要的角色，潮解(deliquescence)即為最明顯的特性之一，一般所知，硝酸銨(NH₄NO₃)、氯化鈉(NaCl)及硫酸銨((NH₄)₂SO₄)的潮解分別在60%、75%及80%的相對濕度下發生。此外，近年大陸砂塵暴明顯影響台灣地區空氣品質，砂塵隨著冷高壓南下影響台灣，帶來長程傳輸的空氣污染物，當大陸高壓出海，受高壓迴流影響，導致污染物擴散不良，滯留台灣[2]。

水溶性無機鹽類包括硫酸鹽、硝酸鹽、銨鹽，在粒徑分佈上多集中於細粒徑(D_p≤2.5μm)範圍，此類氣膠微粒不論來自自然界或人類活動所產生，大多以純物質或相互混合之形式存在，形成(NH₄)₂SO₄, NH₄NO₃, NH₄Cl, NaCl 與 CaCO₃ 等物種[3]。此外, Mahlmann and Warneck (1995)[4]在背景地區的研究，更指出地表硝酸鹽微粒在粗粒來自海鹽，而人為污染所排放轉化之硝酸銨微粒位處細粒。上述之無機氣膠成份在不同相對濕度下的吸濕含量相異

[5]，而氣膠酸性主要亦受到氣膠微粒之無機組成與含水量影響[6]，會隨著微粒沈積影響健康。沿海地區的氣膠含水量與都會地區之氣膠含水量有所差異，而氣膠成分的不同亦代表氣膠酸度及氣膠pH的不同[7]。且其氣膠成份在高污染狀態下，含碳成份、硫酸鹽及硝酸鹽明顯較良好空氣品質狀態時高出數倍[8]。

因此，本研究探討分析台南都會及沿海地區之長期氣象因子變化及季節性差異。以季節性長期間連續採集日夜氣膠樣品並加以成份分析，瞭解在不同空氣品質下，氣膠微粒之水溶性離子及含碳成份變化，特別高污染時段之氣膠微粒化學組成變異。並將以Karl Fischer滴定直接量測法[1]及氣膠pH值萃取[9]，瞭解台南都會與沿海地區之大氣氣膠之含水量及氣膠酸度之時空序列變異。比較台南都會及沿海氣膠之吸濕特性空間差異。

二、研究方法

1. 都會與沿海氣膠之採樣

為探討台南都會與沿海地區氣膠微粒特性，本研究採用小型個人PM_{2.5}採樣器(MSP, Miniature personal environmental PM_{2.5} monitor)，以特殊開孔，配合10.0 Lpm流速的限流器採集PM_{2.5}微粒於石英濾紙濾紙(Pallflex 2500 QAT-UP, 37 mm)，進行微粒收集。都會區採樣地點在臺南市中山國中之環保署空氣品質監測站，其距主要道路200公尺，高14公尺處之樣品，臺南市垃圾焚化爐約在測站西北方10公里的海岸邊。沿海地區之採樣地點於距台南安平海岸約100公尺的龍崗國小頂樓，離地8公尺高，人口及交通密度遠低於都會區採樣地點，安平港區在採樣點北方約1公里處。大氣氣膠採樣時距約以12小時為一組樣品採樣，白天8時至晚上7時為白天樣品，自晚上7時至翌日早晨8時為夜晚樣品，大氣PM_{2.5}微粒採樣再區分冬季及夏季，其中冬季尚包括2001年初大陸砂塵暴時期之樣品。冬季採樣自2001年1月4日至1月16日止，都會與沿海地區各採集20組樣品，其中1月13日至1月16日的8組樣品為大陸砂塵暴影響台南地區之時期。夏季採樣自2001年6月3日至6月12日止，都會與沿海地區各採集20組日夜間樣品。總共採集80個

以上之PM_{2.5}微粒樣品，以利台南都會及沿海地區之大氣氣膠研究。

石英濾紙於採樣前後均在相對溼度40±5%的乾燥環境中調理24小時以上，再於溫度23±3°C，相對溼度50±3%之天平箱中稱取重量，使用之天平為Mettler AT261型，靈敏度顯示至10 μg。為求濾紙重量之精確，稱重均重覆三次以上，且由標準濾紙稱重之Shewhart管制程序品管濾紙稱重之可靠性。此外濾紙於採樣前的調理尚需在900°C之高溫環境調理4小時，去除可能附著之含碳空白，避免測定氣膠微粒含碳時過高的碳干擾[8]。

2. PM_{2.5}微粒之化學成份分析

台南都會與沿海地區PM_{2.5}氣膠微粒之化學成份分二項進行分析，一為陰、陽離子分析，另一則為含碳量分析。針對PM_{2.5}氣膠微粒之陰、陽離子成份，本研究使用離子層析儀(Dionex DX-120, Ion Chromatograph, 簡稱IC)進行陰陽離子分析。氣膠微粒碳分析包括有機碳(OC)、元素碳(EC)，兩者合為總碳含量(TC)，此乃利用元素分析儀(Heraeus elemental analyzer CHN-O-Rapid)分析。分析條件設定為：加熱時間1.1分鐘，氧化管溫度950°C，還原管溫度600°C，使用TCD偵測含碳微粒經熱處理後產生的CO₂含量。此外，利用乙醯苯胺(Acetanilide N=10.36%, C=71.09%, H=6.71%, O=11.80%)作為校正曲線的標準藥品。

採集之37mm石英濾紙樣品在調理稱重後，剪裁成四份，其中濾紙面積之1/2張進行陰、陽離子分析，面積之1/8張分析總碳，1/8張分析元素碳，另一1/4張進行含水量測定。用以分析陰、陽離子之1/2張濾紙首先放入PE瓶中加入5.0 ml之純水，以超音波振盪器(Branson 5210)振盪萃取90分鐘，再以0.2μm之醋酸酯纖維濾紙過濾，取其濾液注入IC進行陰、陽離子分析並以pH meter量測氣膠酸度[9]。此外，元素碳之分析乃將該1/8張濾紙先置於340°C~345°C的烘箱內加熱10分鐘，去除有機碳[8]，再連同另一未經加熱之1/8張濾紙，分別以元素分析儀量測碳成份，換算濾紙樣品中之元素碳及總碳，而有機碳含量則可由總碳含量減除元素碳得知。

3. 氣膠含水量之直接量測分析

將樣品濾紙切割後置入恆溫恆濕試驗機中，調理相對濕度及溫度，模擬於大氣採樣時期之平均濕度及溫度24小時後，快速取出置入已配製完成之10.0mL甲醇(methanol)萃取液玻璃密閉罐中，進行120分鐘之超音波振盪氣膠水分萃取，再將此樣品溶液注入氣膠懸浮微粒水份測定儀(Karl Fischer滴定儀)，使水樣溶液與Karl Fischer reagent作用。此系統之接管均以不氣漏之特殊接頭管線接連，以保持系統不受外來水汽滲入，影響測定準確性。每次實驗同時進行空白實驗，以確保水分測定之品質保證。氣膠懸浮微粒水份可測定低至10μg之含水量，其精確度達±0.25%。

三、結果與討論

1. 都會與沿海氣膠化學特性及其含水量比較

台南都會與沿海地區大氣氣膠PM_{2.5}之質量濃度時空變異如Fig. 1所示，結果發現都會及沿海地區之PM_{2.5}質量濃度在大陸砂塵暴之前分別介於為47-92 μg/m³及23-57 μg/m³，而在2001年1月13日至16日砂塵暴影響台南地區之時，都會及沿海地區之PM_{2.5}質量濃度最高濃度分別達125 μg/m³及89 μg/m³。此外，夏季都會及沿海地區之PM_{2.5}質量濃度分別介於為25-63 μg/m³及10-56 μg/m³，普遍低於冬季。Figure 2表示都會及沿海地區之平均PM_{2.5}微粒質量濃度及其化學物種濃度，都會地區PM_{2.5}氣膠質量濃度在冬季及夏季分別為74.9±20.2 μg/m³及38.8±9.7 μg/m³，沿海地區PM_{2.5}氣膠質量濃度在冬季及夏季分別為50.1±17.1 μg/m³及33.2±11.8 μg/m³，兩地均以冬季濃度較高，但其主要化學成分組成含量則各有差異，在都會地區的冬季以EC佔組成比例最高，達19.3%，其他依序為Water(17.1%), SO₄²⁻(15.8%), OC(13.4%), NO₃⁻(8.4%), NH₄⁺(7.1%), 海鹽(Cl⁻+Na⁺)(2.9%)。都會夏季亦以EC佔組成比例最高，達24.4%，其他依序為Water

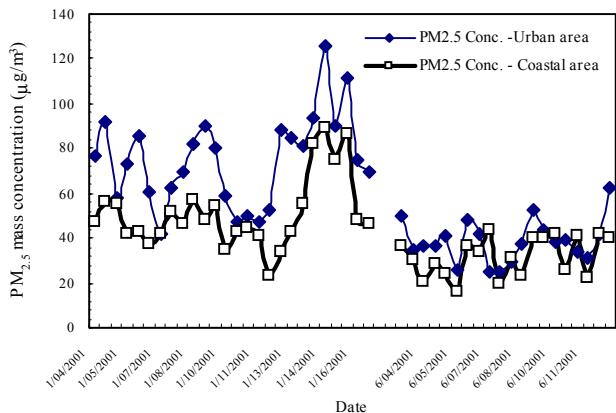


Figure 1. Time series showing variation in PM_{2.5} mass concentrations in Tainan urban and coastal areas during winter 2000 and summer 2001.

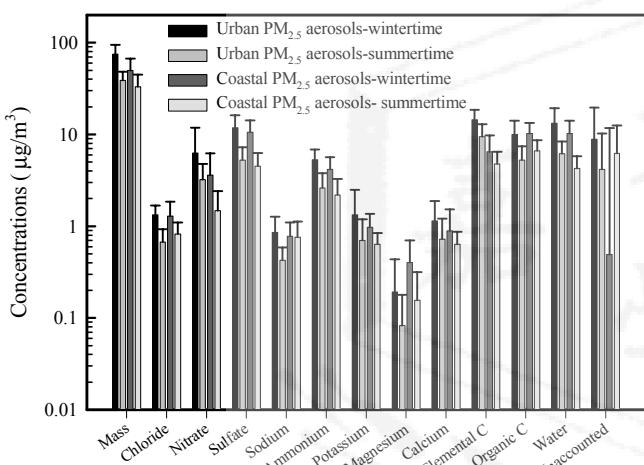


Figure 2. Average mass and chemical composition of PM_{2.5} aerosols in Tainan urban and coastal areas during wintertime 2000 and summertime 2001.

(16.0%)，SO₄²⁻(13.5%)，OC(13.5%)，NO₃⁻(8.3%)，NH₄⁺(6.7%)，海鹽(Cl⁻+Na⁺)(2.8%)。而在沿海地區的冬季以 SO₄²⁻佔組成比例最高，達 21.0 %，其他依序為 Water(20.5%)，OC(20.4%)，EC(12.9%)，NH₄⁺(8.3%)，NO₃⁻ (7.2 %)，海鹽(Cl⁻+Na⁺)(4.2%)。沿海夏季則以 OC 佔組成比例最高，達 20.0%，其他依序為 EC(14.5%)，SO₄²⁻(13.6%)，Water(12.9%)，NH₄⁺(6.6%)，NO₃⁻ (4.5%)，海鹽(Cl⁻+Na⁺)(4.8%)。由上述兩地氣膠組成比例的差異發現，無論是都會或沿海地區 PM_{2.5} 氣膠含水量均是氣膠之主要組成。此外，都會地區之含碳組成以 EC 為主，與 NO₃⁻所佔

氣膠組成之高比例，不同於沿海氣膠以 OC 為主要碳成份及較低 NO₃⁻比例，顯示都會交通污染排放影響較沿海地區嚴重。而沿海氣膠之 NH₄⁺比例較都會地區為高亦反應出沿海地區佈滿瀉湖及養殖魚塭之 NH₄⁺排放較多的當地現況。SO₄²⁻含量在兩地氣膠組成佔重要比例，與 NO₃⁻含量比較，顯示 SO₄²⁻主要存在 PM_{2.5} 之細微粒，且兩地均有明顯之 SO₄²⁻二次光化產物。

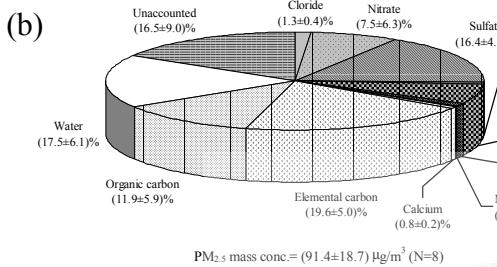
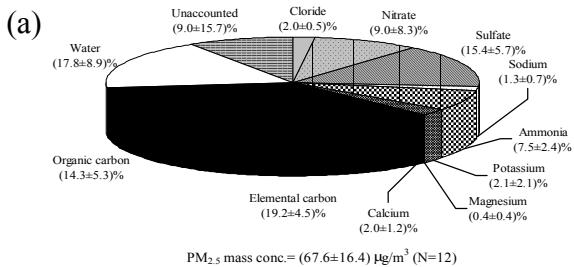
2. 砂塵暴對都會與沿海氣膠特性之影響

Figure 3 為 2001 年初大陸砂塵暴前與砂塵暴影響台南地區期間之都會與沿海地區 PM_{2.5} 氣膠組成比例圖。由圖發現兩地之 PM_{2.5} 質量濃度在砂塵暴期間均明顯增加，而都會地區的氣膠 PM_{2.5} 組成中除 Sulfate 及 EC 佔氣膠比例略為增加外，其它主要物種組成均呈下降之勢，但未能分析出之 Unaccounted 佔 PM_{2.5} 氣膠的比例，在砂塵暴期間卻增加 7.5%，顯示砂塵暴期間，氣膠存在較多未能鑑別之金屬成份，且由 Ca²⁺濃度比例亦在砂塵暴期間下降，顯示這些未能鑑別之金屬成份具有較難溶解成水溶性離子的屬性。而沿海地區的氣膠 PM_{2.5} 組成在砂塵暴期間，則除 EC 佔氣膠比例略為增加 0.1% 外，其他主要氣膠物種比例均呈下降，但未能分析出之 Unaccounted 佔 PM_{2.5} 氣膠的比例，在砂塵暴期間卻增加 12%，顯示砂塵暴期間，沿海氣膠存在較都會氣膠更多之未能鑑別金屬成份。此外，由兩地氣膠含水率的下降，顯示由北方氣流帶來的較乾燥空氣，使氣膠水份比例下降。

3. 都會及沿海氣膠微粒之酸鹼性

PM_{2.5} 氣膠之酸鹼性，以氣膠所含 SO₄²⁻、NO₃⁻和 NH₄⁺之當量濃度，計算之 NR 值判斷，而探討 SO₂ 和 NO₂ 氧化成硫酸鹽和硝酸鹽之氧化強度，以 SOR 及 NOR 判斷之[8]，其定義如方程式(1)-(4)所示。若 NR<1 表示微粒偏酸性，NR>1 表示微粒

Tainan urban area



Tainan coastal area

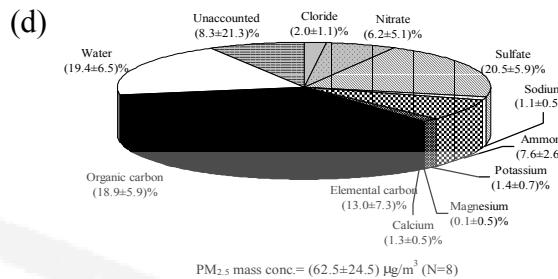
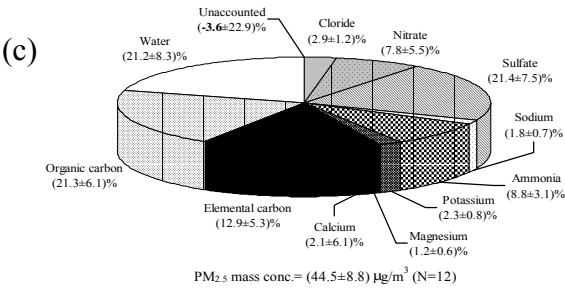


Figure 3. Contributions of various chemical species to PM_{2.5} particulates in Tainan urban and coastal areas during winter before yellow dust storm and during yellow dust storm 2001. (a) and (c): wintertime before yellow dust storm in Tainan urban and coastal areas, respectively (4th-12th, Jan., 2001); (b) and (d): wintertime during yellow dust storm in Tainan urban and coastal areas, respectively (13th-16th, Jan., 2001).

$$\text{Excess } \text{SO}_4^{2-} (\text{in } \mu\text{g}/\text{m}^3) = \text{SO}_4^{2-} (\text{in } \mu\text{g}/\text{m}^3) - 0.231 \times \text{Na}^+ (\text{in } \mu\text{g}/\text{m}^3) \quad (1)$$

$$\text{Neutralization ratio (NR)} = \frac{\text{NH}_4^+ (\text{in neq}/\text{m}^3)}{\text{Excess } \text{SO}_4^{2-} (\text{in neq}/\text{m}^3) + \text{NO}_3^- (\text{in neq}/\text{m}^3)} \quad (2)$$

$$\text{Sulfur oxidation ratio (SOR)} = \frac{\text{S}_{\text{Excess } \text{SO}_4^{2-}}}{\text{S}_{\text{Excess } \text{SO}_4^{2-}} + \text{S}_{\text{SO}_2}} \quad (3)$$

$$\text{Nitrogen oxidation ratio (NOR)} = \frac{\text{N}_{\text{NO}_3^-}}{\text{N}_{\text{NO}_3^-} + \text{N}_{\text{NO}_2}} \quad (4)$$

偏鹼性，NR=1 則微粒呈現中性，其中 NR 小於或等於 1 者，表示 SO₄²⁻及 NO₃⁻均與 NH₄⁺作結合。其中 S_{EXCESS SO₄²⁻}為大氣中非海水飛沫硫酸鹽之硫物種濃度，S_{SO₂}為大氣 SO₂之硫物種濃度，N_{NO₃⁻}為大氣硝酸鹽之氮物種濃度，N_{NO₂}為大氣中 NO₂之氮物種濃度，其單位均為 µg/m³。

Figure 4 為都會及沿海氣膠之 SOR 及 NOR 與 NR 之時間序列。由圖發現都會氣膠在砂塵暴之前其平均 NR 值為 1.1±0.7，略偏鹼性，此乃 1 月 11

日至 1 月 12 日之 NR 值過鹼，導致沿海氣膠在砂塵暴之前，其 NR 值為 0.9±0.2。在砂塵暴時期，兩地之 NR 值下降分別僅有 0.8±0.1 及 0.8±0.2，而在夏季都會及沿海 PM_{2.5} 氣膠之 NR 值分別為 0.9±0.3 及 1.0±0.3，顯示夏季之氣膠較砂塵暴時期為鹼，而由兩地之 SOR 及 NOR 發現，都會氣膠的 SOR 及 NOR 較沿海氣膠高，顯示台南都會地區之光化反應較沿海地區強烈。此外，硫物種的光化轉化速率遠大於氮物種，但在砂塵暴時期之 SOR 及 NOR 與其它時期的轉化速率並無明顯區別。

氣膠酸度配合水溶性陰陽離子濃度，依下式計算，比較台南都會及沿海氣膠之氣膠酸度[9]。

$$[\text{H}^+] = 2[\text{SO}_4^{2-}] + [\text{NO}_3^-] + [\text{Cl}^-] - [\text{NH}_4^+] - [\text{Na}^+] \quad (5)$$

其中所有的離子濃度單位均為 nmol/m³，兩地 PM_{2.5} 氣膠酸度結果如 Figure 5 所示 由 1 月 14 日兩地氣膠 pH 值降至約 4 左右，顯示在砂塵暴時期，兩地氣膠酸度均明顯增強。比較兩地氣膠酸度顯現，都會氣膠較沿海氣膠更具酸性，此外，由兩地氣膠 pH 值與氣膠酸性之相關性比較發現，兩者關係在都會及沿海氣膠分別為 -0.96 及

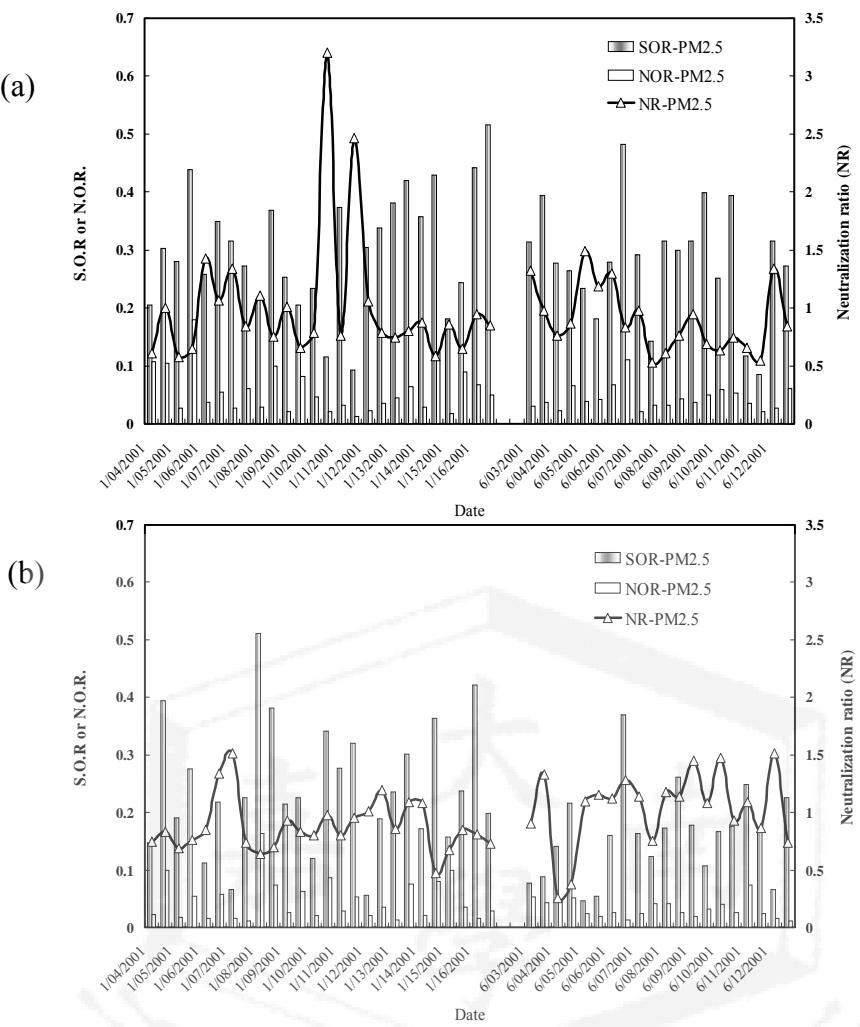


Figure 4. Various sulfur and nitrogen oxidation ratios and neutralization ratios in (a) Tainan urban area and (b) Tainan coastal area during wintertime 2000 and summertime 2001

-0.82，顯示氣膠酸度之計算可反應實際氣膠 pH 值狀態，尤其都會氣膠酸度主要由 Sulfate 及 Nitrate 主導之勢明顯。

四、結論

台南都會與沿海地區大氣 PM_{2.5} 氣膠之化學成分組成含量在冬季與夏季各有差異，無論是都會或沿海地區 PM_{2.5} 氣膠含水量均是主要組成，都會地區之含碳組成以 EC 為主，與 NO₃⁻所佔氣膠組成之高比例，不同於沿海氣膠以 OC 為主要碳成份及較低 NO₃⁻比例，顯示都會交通污染影響較沿海地區嚴重。在砂塵暴期間，都會或沿海地區未能分析之 Unaccounted 佔 PM_{2.5} 氣膠比例明顯增加，氣膠存在較多未能鑑

別之金屬成份。此外，都會地區之光化反應較沿海地區強烈，且硫物種的光化轉化速率遠大於氮物種。比較兩地氣膠酸度，都會氣膠較沿海氣膠更具酸性，尤其都會氣膠酸度主要由 Sulfate 及 Nitrate 主導之勢明顯。

五、計畫成果自評

本計畫之執行已順利達成預期目標，除了瞭解氣膠酸度與實測含水量對都會氣膠及沿海氣膠之貢獻變異，並探討冬季大陸砂塵暴時期之高污染時段及夏季空氣品質良好狀態時，氣膠微粒之水溶性離子及含碳成份變化，並以 Karl Fischer 滴定直接量測氣膠含水量及氣膠 pH 值萃取，瞭解

台南都會與沿海地區之大氣氣膠之含水量及氣膠酸度之時空序列變異。比較台南都會及沿海氣膠之吸濕特性空間差異。本計畫的執行，除了訓練數位學生，在空氣污染領域上，有關氣膠含水率之理論探討及實際大氣採樣與分析之各項儀器設備運用外，其部份成果除已投稿 *Journal of Aerosol Science* 外，近期也將在第十八屆空氣污染控制技術研討會發表，此外尚再將擇其本研究之主要成果投稿學術期刊。

六、誌謝

本研究承蒙國科會提供計畫經費補助(計畫編號 NSC 89-2211-E-041-020)，使研究得以順利完成謹致由衷謝忱。此外，感謝臺南市中山國中及龍崗國小提供採樣場地及協助。本研究承蒙學生林易玄、彭文正、簡偉庭、高維廷、劉邦躍、鍾昭全之協助，在此一併敬致謝意。

七、參考文獻

1. Ohta, S., M. Hori, S. Yamagata and N. Murao, "Chemical Characterization of Atmospheric Fine Particles in Sapporo with Determination of Water Content", *Atmos. Environ.*, Vol. 32, pp. 1021-1025 (1998).
2. Chang, S-C. and C.-T. Lee, "The Evaluation on PM₁₀ Concentration in Taipei under the Influence of China Dust Storm", Proceeding of 2001 Conference on Aerosol Science and Technology, pp. 2-7, September, Yunlin, Taiwan.
3. Harrison, R.M. and C.A. Pio, "Size-Differentiated Composition of Inorganic Atmospheric Aerosols of both Marine and Polluted Continental Origin", *Atmos. Environ.*, Vol. 17, pp. 1733-1738 (1983).
4. Mehlmann, A. and P. Warneck, "Atmospheric Gaseous HNO₃, Particulate Nitrate, and Aerosol Size Distributions of Major Ionic Species at a Rural Site in Western Germany", *Atmos. Environ.*, Vol. 29, pp. 2359-2373 (1995).
5. Tang, I.N. and H.R. Munkelwitz, "Simultaneous Determination of Refractive Index and Density of an Evaporating Aqueous Solution Droplet", *Aerosol Sci. Technol.* 15, pp. 201-207 (1991).
6. McInnes, L.M., Quinn, P.K., Covert, D.S. and Anderson, T.L., "Gravimetric analysis, ionic composition, and associated water mass of the marine aerosol", *Atmos. Environ.* 30: 869-884. (1996).
7. Tsai, Y.I. and M.T. Cheng, "Visibility and Aerosol Chemical Compositions near the Coastal Area in Central Taiwan", *Science of the Total Environment*, 231(1), pp. 37-51 (1999).
8. Gülsøy, G., M. Tayanc, and F. Ertürk, "Chemical analyses of the major ions in the precipitation of İstanbul, Turkey", *Environmental Pollut.* 105, pp. 273-280 (1999).

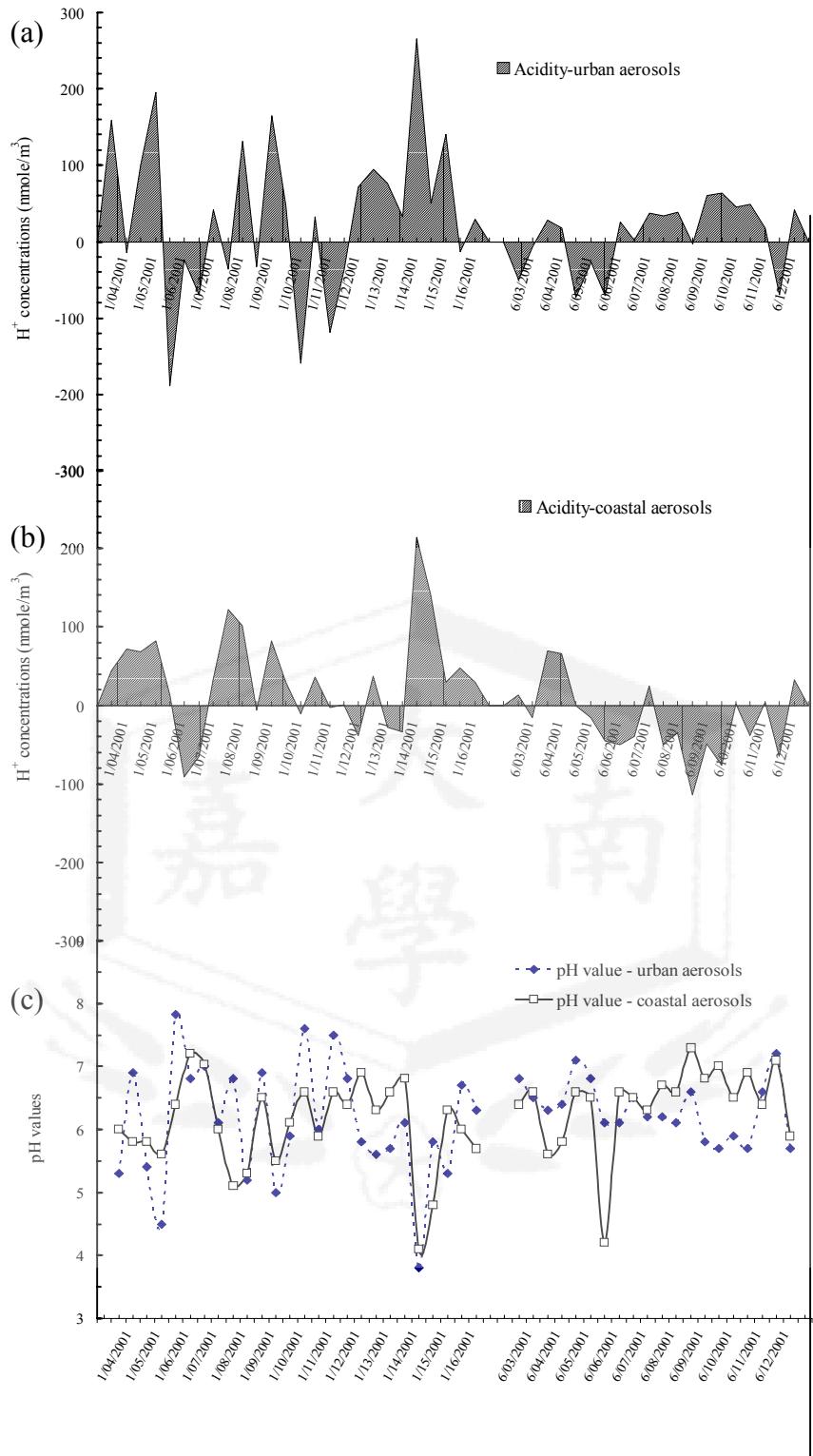


Figure 5. Temporal variation of (a) total extractable urban PM_{2.5} aerosol acidity; (b) total extractable coastal PM_{2.5} aerosol acidity; (c) pH values of the aerosol extracts in Tainan urban and coastal areas, respectively.

