

嘉南藥理科技大學專題研究計畫成果報告

大氣硫物種及氮物種之氣/固化轉化特性研究

計畫類別：個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：CNEV92-24

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：戴君龍、郭素卿

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

大氣硫物種及氮物種之氣/固化轉化特性研究

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

Abstract

The chemical composition and water content of atmospheric PM_{2.5} aerosols in a Tainan urban and coastal area were evaluated in January (winter) and April (spring) of 2002. Controlling relative humidity (RH) at 40±5 %, it was found that NH₄⁺, SO₄²⁻ and NO₃⁻ were the dominant water-soluble ionic species in both winter and spring. These accounted for an average 44.6% and 36.1% of PM_{2.5} mass at the urban site in winter and spring, respectively, and 44.6% and 38% at the coastal site, demonstrating that secondary aerosols were a larger part of the PM_{2.5} mass in winter at both sites. Utilizing the property of free-water methanol to extract aerosol water, water content was measured by GC-TCD and Karl Fischer methods. Detection limit by GC-TCD and Karl Fischer methods were 11μg and 10μg respectively. The water content (mass concentration) of atmospheric PM_{2.5} aerosols controlled at RH 60±2% and measured by Karl Fischer method was 31.3±8.4% and 38.0±7.2% at the coastal site in the daytime and nighttime, respectively, and 25.76±16.9% and 24.3±21.5% at the urban site. The water content was clearly higher in the coastal area in both winter and spring. Apart from urban winter, when daytime water content was slightly higher than nighttime, nighttime values were higher than daytime. Controlling RH at 60±2%, the measured water content was clearly higher than and different from values calculated using the water ascending model (Lee and Hsu, 1998). It may be that the water absorptive properties of soluble organic carbons in aerosols are not taken into consideration in this model.

關鍵詞: PM_{2.5} aerosols；酸鹼性；硫物種及氮物種；氣/固化轉化

一、前言

大氣氣膠潮解特性與相對濕度及溫度有關⁽¹⁾。氣膠微粒的吸濕特性隨著環境相對濕度的增加，粒徑有增長的現象，因而改變雲霧液滴之濃度，氣膠微粒的基本物理特性也隨之產生變化，因此測量大氣氣膠中化學組成來評估區域性能見度之變化、微粒對於人體健康危害效應，以及全球氣候變遷的影響極為重要。

空氣品質不良乃南台灣都會地區及工業區長期面臨的問題，其中懸浮微粒及臭氧乃為最主要之污染物。探討微粒組成與粒徑大小之間的關係是項挑戰性的課題，主要乃因大氣氣膠之複雜特性，其主要成份包括含水量，無機鹽類，如SO₄²⁻、

NO₃⁻、NH₄⁺、sea salts等及重金屬^(2~3)。大氣氣膠中海鹽、光化學反應之水溶性機鹽類具有很好的吸濕特性，但所代表之含水量卻較少研究^(1,4,5)。

海島型氣候之臺南地區，相對濕度年平均約在 76%，大氣採樣現場濕度通常比一般標準濾紙調理條件的控制濕度(RH: 40±5%)高，為避免收集之微粒含水量被低估，且探討南台灣大氣氣膠含水量，本研究將氣膠樣品直接增濕到相對濕度 85±2%後，降濕至相對濕度 60±2%，應用 GC-TCD⁽⁶⁾及 Karl Fischer 電位分析⁽⁷⁾測定氣膠含水量，以建立南台灣都會及沿海氣膠含水量的相關資料。

二、研究方法

1. PM_{2.5} 氣膠之採樣及前處理

本研究於2002年1月7日至2月5日及2002年4月9日至5月9日間，採用兩組PM_{2.5}採樣器(MSP, PEM-PM_{2.5})，抽氣流量控制在10 lpm，採集PM_{2.5}微粒於石英濾紙上(Pallflex 2500 QAT-UP, 37 mm)。採樣器排列在一起，間隔3公尺，同時進行微粒收集。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，離地面高度為14公尺。沿海地區之採樣地點位於臺南市龍崙國小頂樓，距台南安平海岸約100公尺，離地面高度為8公尺，人口及交通密度遠低於都會區採樣地點。大氣氣膠採樣時距約以12小時為一組樣品，白天8時至晚上7時為白天樣品，晚上7時至翌日8時為夜間樣品，採集大氣PM_{2.5}微粒。並於採樣前，37 mm石英濾紙放置在相對濕度40±5%的乾燥箱調理24小時以上，再於溫度23±3°C，相對濕度50±5%天平中稱取重量，使用天平為Mettler Tledo AT261，靈敏度顯示至10 μg。

2. PM_{2.5}微粒氣膠化學成分之測定

採集之PM_{2.5}氣膠進行化學成份分析。將37 mm石英濾紙樣品放置於玻璃瓶中，加入10 mL蒸餾水，以超音波振盪器(Branson 5210)振盪萃取90分鐘，再以醋酸酯纖維濾紙過濾，取其濾液注入離子層析儀(Dionex DX-120)，進行包括SO₄²⁻、NO₃⁻、NH₄⁺、Cl⁻等陰陽離子物種分析。

3. 氣膠含水量之量測分析

(1) 氣膠含水量之測定

本研究設計一套能與目前大氣實際採樣程序相配合的微粒含水量量測技術。Fig. 1為微粒含水量直接量測設備的示意圖。將保存於40±5% RH之樣品濾紙稱重後，放入溫度25±1°C的恆溫恆濕試驗機調理，增濕至85±2% RH，進行氣膠潮解吸濕平衡，再降濕為60±2% RH恆溼環境，經24hrs平衡後稱重，取出置入相對濕度20±5%之樣品控制箱內操作，以防止因濕度改變所造成之誤差。於控制箱內快速取出樣品濾紙置入玻璃密閉罐中，加入10 ml無水甲醇(JT Beak)(反應前加分子篩降低甲醇含水量<100 ppm)，進行120分鐘之振盪、萃取後，分別注入GC-TCD(Perkin Elmer, Autosample)及Karl Fischer(Mitsubishi, CA-20)電位儀測定水量。

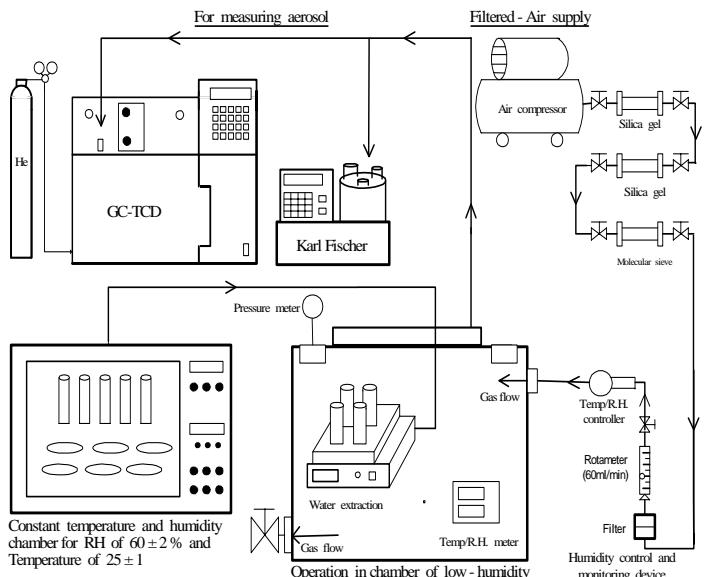


Fig. 1 Schematic diagram of the experimental setup for aerosol water mass measurement.

(2) 偵測極限及回收率測定

在相對濕度20±5%控制箱中，分別取不同體積蒸餾水，注入10 ml無水甲醇內，經120分鐘盪萃取，分別注入GC-TCD及Karl Fischer電位儀中測定含水量，建立檢量線。此外配製檢量線中最低濃度，分別注入GC-TCD及Karl Fischer滴定儀中測定含水量，連續測定七次，求其偵測極限。在空白石英濾紙上分別添加蒸餾水，利用無水甲醇萃取後，分別注入GC-TCD及Karl Fischer電位儀測定含水量，由理論值與實際值比值求得回收率。

(3) 單一鹽類硫酸銨潮解及再結晶特性

玻璃空瓶經烘箱乾燥150°C約1hr後稱重。加入適量經研磨過之硫酸銨，密封玻璃瓶，放入恆溫恆濕試驗機中，將溫度控制在25±1°C，每隔24 hr控制濕度分別在35%、36%、40%、60%、70%、72%、75%、77%、80%、85%、90%，以進行硫酸銨潮解及再結晶實驗。分批取出置入相對濕度20±5%之樣品控制箱內操作，加入10 ml無水甲醇於玻璃密閉罐中，進行120分鐘之振盪、萃取後，將萃取液分別注入GC-TCD及Karl Fischer中測定，記錄不同濕度下單一物種鹽類潮解及再結晶時的含水量。利用硫酸銨晶體探討單一鹽類潮解及再結晶特性，以確認本研究方法的可行性，並與(NH₄)₂SO₄微粒含水量相關研究^(4,6)比較。

四、結果與討論

1. GC-TCD 和 Karl Fischer 電位儀測定之比較

Table 1是含水量以GC-TCD和Karl Fischer電位儀測定方法之比較，由表可知GC-TCD及Karl Fischer偵測極限分別為 $11\text{ }\mu\text{g}$ 、 $10\text{ }\mu\text{g}$ ，回收率分別為60.8 %、60.7 %。GC-TCD及Karl Fischer濃度檢量線相關係數達0.9995、0.9966。顯示本研究使用無水甲醇萃取氣膠含水量的能力及線性表現良好，且GC-TCD及Karl Fischer量測氣膠含水量具有相當的準確性，是一可進行水量量測的分析方法。

Table 1 Comparison of water measured by GC-TCD and Karl Fischer methods.

	GC-TCD	Karl Fischer
Detection limit	$11\text{ }\mu\text{g}$	$10\text{ }\mu\text{g}$
Recovery ratio	60.8 %	60.7 %
Correlation coefficient, R^2	0.9995	0.9966

2. 硫酸銨的潮解再結晶

運用GC-TCD及Karl Fischer量測氣膠含水量方法，驗證硫酸銨潮解再結晶的遲滯現象，和文獻上的資料(4,6)比較，Tang et al. (1995)⁽⁴⁾是針對單顆粒氣膠微粒之含水量量測，Lee and Hsu (1998)⁽⁶⁾則針對單一鹽類氣膠微粒之含水量加以探討，本研究則使用硫酸銨晶體在不同相對濕度下，驗證硫酸銨潮解再結晶曲線。

由硫酸銨之潮解再結晶圖(Fig. 2, Fig. 3)之結果得知，在增濕過程中，在相對濕度77 % 未達到硫酸銨潮解點前，GC-TCD及Karl Fischer含水量測定結果皆為零，相對濕度增加至硫酸銨潮解點RH 80 % 時，GC-TCD及Karl Fischer所測得含水量急遽增加為8.2 mole $\text{H}_2\text{O}/\text{mole } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、7.8 mole $\text{H}_2\text{O}/\text{mole } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ，與Tang et al. (1995)⁽⁴⁾及Lee and Hsu (1998)⁽⁶⁾之結果相符合。在降濕過程中，到達硫酸銨再結晶點時，硫酸銨結晶外部會先行再結晶，結晶內部仍有部份水存在，必須在相對濕度更低時，才能將水分完全釋出。Tang et al. (1995)⁽⁴⁾的結果指出， $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 再結晶相對濕度為37 %，潮解點相對濕度為80 %，Lee and Hsu (1998)⁽⁶⁾及本研究針對 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 之再結晶相對濕度為35 %，潮解點相對濕度為80 %。顯示本研究以GC-TCD及Karl Fischer測量含水量之遲滯現象與Tang et al. (1995)⁽⁴⁾及Lee and Hsu (1998)⁽⁶⁾之結

果有其一致性。

由硫酸銨之潮解再結晶圖(Fig. 2, Fig. 3)結果比較得知，以Karl Fischer測定水分的方法與Tang et al. (1995)⁽⁴⁾及Lee and Hsu (1998)⁽⁶⁾的水分量測結果比較，其誤差較以GC-TCD的量測為小，並且具有測量時間較短，無需建立檢量線等優點，整個程序具有實用、準確、簡單及符合經濟性的特質，亦驗證Ohta et al. (1998)⁽⁷⁾所提出的Karl Fischer電位法可方便偵測大氣氣膠中含水量。

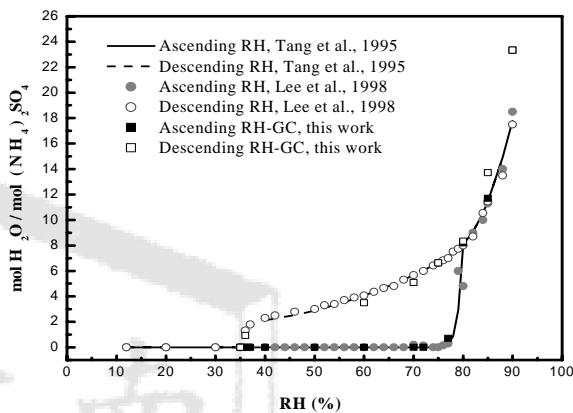


Fig. 2 Humidograph of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ measured by GC-TCD in the ascending RH and descending RH cycles at $25\pm1^\circ\text{C}$.

3. 台南都會及沿海氣膠含水量之量測分析

氣膠含水量多寡主要依相對濕度及氣膠組成而定，於高濕度環境中採樣後，調理至天平室恆濕環境中，所損失的水分不容忽視，若將採樣後實際樣品調理至天平室恆濕環境中，直接增濕到當時大氣相對濕度，所測量到的含水量將被低估的，因未考慮到氣膠在大氣中複雜的組成及潮解與再結晶作用。因此，本研究將採樣後實際樣品調理至天平室恆濕環境中，直接增濕到平均大氣相對濕度85 % 後，降濕至相對濕度 $60\pm2\%$ 測定氣膠含水量。Table 2為台南都會及沿海地區實測含水量與降濕模式模式計算含水量⁽⁶⁾之比較，台南都會地區冬春兩季實測含水量分別為 $33.1\pm33.6\text{ }\mu\text{g/m}^3$ 、 $35.1\pm16.9\text{ }\mu\text{g/m}^3$ ，推估吸濕性無機鹽類中主要由非海鹽硫酸鹽類為主導，計算 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 NH_4NO_3 、 NaCl 降濕模式之都會地區冬春兩季含水量之總和為 $17.1\pm11.2\text{ }\mu\text{g/m}^3$ 、 $7.9\pm3.4\text{ }\mu\text{g/m}^3$ 。沿海地區冬春兩季實測含水量分別為 $50.6\pm20.1\text{ }\mu\text{g/m}^3$ 、 $56.1\pm19.5\text{ }\mu\text{g/m}^3$ ，推估 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ，

NH_4NO_3 , NaCl 降濕模式之沿海地區冬春兩季含水量之總和為 $15.1 \pm 8.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $5.1 \pm 3.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。結果發現兩地實測含水量與以降濕模式計算之含水量差異很大。其主要可能原因是實際氣膠組成複雜，並且隨著地區性不同，氣膠組成也會隨之改變，氣膠含水量隨著濕度環境有所不同，則變化極大。而計算降濕模式含水量時，所使用水溶性離子並未計算大氣其他易吸濕之無機鹽類及吸濕性有機物，故以降濕模式計算之含水量有所低估。針對兩地之實測含水量、理論含水量及各水溶性離子濃度之相關性如 Table 3 及 Table 4 所示，實測含水量與各水溶性離子濃度並無相關性，理論含水量與氣膠質量、 NO_3^- 、 NSS-SO_4^{2-} 、 SO_4^{2-} 、 NH_4^+ 等水溶性離子具有高相關性，顯示實際氣膠含水量除由水溶性無機鹽類結合形態之物種吸濕所得到，尚有未測量之物種對氣膠含水量的貢獻並未計算。本研究之氣膠的組成(相對溼度控制在 $40 \pm 5\%$)中，水溶性無機鹽類佔 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度百分比平均為 $41.3\% \sim 50.8\%$ ，未鑑定量佔 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度平均為 $49.2\% \sim 58.7\%$ ，未鑑定量部分中含碳物質佔相當重的比例，特別是水溶性有機碳物質佔總碳的 $40\% \sim 30\%^{(8)}$ ，此類有機氣膠中含有強親水基，使有機氣膠變成具有活性，與非海鹽硫酸鹽均具有活化雲凝結核的性質，甚至其活化雲凝結核能力比非海鹽硫酸鹽更強^(8,9)，顯示水溶性有機碳物質具有相當之吸濕特性，因此僅以吸濕性無機鹽類估算所得氣膠含水量，低估真實氣膠含水量，因此尚需對吸濕性有機氣膠之吸濕特性進一步探討。

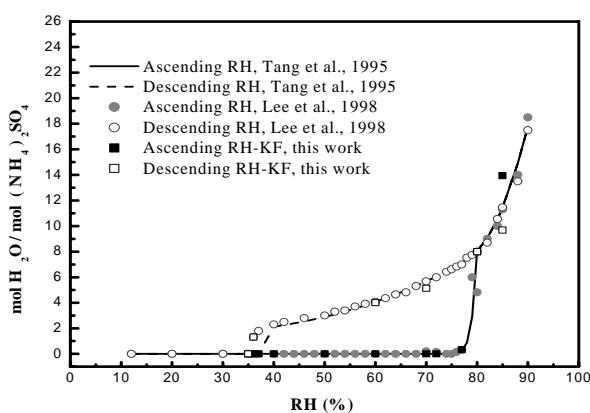


Fig. 3 Humidograph of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ measured by Karl Fischer in the ascending RH and descending RH cycles at $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

Table 2 Comparison of measured $\text{PM}_{2.5}$ water at Tainan and calculated aerosol water using the descending RH process by Lee and Hsu (1998).

Location	Measured aerosol water in this study	Measured aerosol water of descending RH process
	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\text{RH } 60 \pm 2\%$) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4, \text{NH}_4\text{NO}_3, \text{NaCl}^a$
Winter, urban area	33.1 ± 33.6	17.1 ± 11.2
Spring, urban area	35.1 ± 16.9	7.9 ± 3.4
Winter, coastal area	50.6 ± 20.1	15.1 ± 8.4
Spring, coastal area	56.1 ± 19.5	5.1 ± 3.9

^a Assume the major chemical composition in aerosol.

4. 冬季都會和沿海 $\text{PM}_{2.5}$ 氣膠含水率之變異

台南都會地區和沿海地區冬季大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 氣膠，其平均含水量佔 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度為百分比如 Fig. 4 所示，沿海地區日夜 $\text{PM}_{2.5}$ 氣膠平均含水率分別為 $31.3 \pm 8.4\%$ 、 $38.0 \pm 7.2\%$ ，都會地區日夜 $\text{PM}_{2.5}$ 氣膠含水率平均為 $25.7 \pm 16.9\%$ 、 $24.3 \pm 21.5\%$ ，顯示冬季沿海地區 $\text{PM}_{2.5}$ 氣膠含水率明顯高於都會地區，沿海地區夜間 $\text{PM}_{2.5}$ 氣膠含水率高於都會地區，都會地區日夜 $\text{PM}_{2.5}$ 氣膠含水率相當。

5. 春季都會和沿海 $\text{PM}_{2.5}$ 氣膠含水率之變異

台南都會地區和沿海地區春季大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 氣膠，平均之 $\text{PM}_{2.5}$ 含水率如 Fig. 5 所示，沿海地區日夜 $\text{PM}_{2.5}$ 氣膠含水率平均為 $40.0 \pm 9.6\%$ 、 $48.2 \pm 7.5\%$ ，都會地區日夜 $\text{PM}_{2.5}$ 氣膠含水率平均為 $32.3 \pm 9.7\%$ 、 $34.9 \pm 9.0\%$ 。顯示春季的沿海地區 $\text{PM}_{2.5}$ 氣膠含水率亦明顯高於都會地區，日夜含水率比較，在春季無論沿海或都會地區其 $\text{PM}_{2.5}$ 含水率均以夜間高於日夜。

此外，沿海地區之氣膠含水率無論冬春兩季均高於都會地區由沿海氣膠海鹽佔氣膠成份比例較都會地區為高亦顯示其吸濕海鹽對沿海氣膠含水率之貢獻較都會地區顯著。

6. 在相對濕度 $60 \pm 2\%$ 時之 $\text{PM}_{2.5}$ 氣膠組成

採集台南都會及沿海地區在 2002 年 1 月及 2002 年 4 月間 $\text{PM}_{2.5}$ 氣膠微粒，相對濕度控制在 $60 \pm 2\%$ 測定氣膠的含水量，並將採樣後先前調理

Table 3 Correlation matrix of measured H₂O, theoretical H₂O, PM_{2.5} mass, and chemical compositions in PM_{2.5} aerosols for Tainan urban and coastal area, January 2002. (Nos. = 59)

Variable	Mea. H ₂ O	The. H ₂ O	PM _{2.5} mass	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	NSS-SO ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
Mea. H ₂ O ^a	1.00											
The. H ₂ O ^b	-.18	1.00										
PM _{2.5} mass	-.04	.73	1.00									
Cl ⁻	.04	.58	.69	1.00								
NO ₃ ⁻	.15	.72	.80	.65	1.00							
NSS-SO ₄ ^{2-c}	.01	.71	.85	.74	.75	1.00						
SO ₄ ^{2-d}	.02	.71	.85	.74	.75	1.00	1.00					
Na ⁺	.23	.28	.49	.74	.53	.57	.58	1.00				
NH ₄ ⁺	.02	.71	.90	.80	.79	.91	.91	.61	1.00			
K ⁺	-.05	.63	.88	.57	.66	.73	.73	.41	.76	1.00		
Mg ²⁺	-.05	.39	.45	.23	.20	.36	.36	.17	.30	.47	1.00	
Ca ²⁺	.07	.36	.55	.74	.58	.49	.50	.48	.56	.46	.18	1.00

a. Measured aerosol water

b. Theoretical aerosol water using the descending RH process by Lee and Hsu (1998)⁽⁶⁾.

c. Non-sea salt sulfate

d. Total sulfate (including sea-salt sulfate)

Table 4 Correlation matrix of measured H₂O, theoretical H₂O, PM_{2.5} mass, and measured chemical compositions in PM_{2.5} aerosols for Tainan urban and coastal area, April 2002. (Nos. = 59)

Variable	Mea. H ₂ O	The. H ₂ O	PM _{2.5} mass	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	NSS-SO ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
Mea. H ₂ O ^a	1.00											
The. H ₂ O ^b	-.28	1.00										
PM _{2.5} mass	-.09	.81	1.00									
Cl ⁻	-.11	.50	.52	1.00								
NO ₃ ⁻	-.13	.75	.81	.61	1.00							
NSS-SO ₄ ^{2-c}	-.12	.82	.87	.52	.84	1.00						
SO ₄ ^{2-d}	-.12	.82	.87	.53	.84	1.00	1.00					
Na ⁺	-.21	.25	.19	.55	.26	.18	.20	1.00				
NH ₄ ⁺	-.18	.66	.78	.64	.79	.82	.82	.36	1.00			
K ⁺	-.17	.49	.54	.24	.35	.45	.45	.09	.39	1.00		
Mg ²⁺	-.15	.38	.39	.26	.27	.32	.32	.12	.28	.39	1.00	
Ca ²⁺	-.13	.40	.38	.19	.27	.36	.36	.23	.26	.33	.65	1.00

Footnotes are described as same as Table 3.

稱重環境維持在相對濕度 40±5 % 時之水溶性離子物種濃度，換算為相對濕度 60±2 % 的質量濃度百分比。Fig. 6 顯示都會地區平均含水量在冬春兩季分別佔 25.1±19.0 %、33.7±9.4 %，SO₄²⁻佔 14.2±4.3 %、8.6±3.0 %，NO₃⁻佔 13.1±9.0 %、5.3±2.8 %，NH₄⁺佔 8.9±2.7 %、12.0±4.1 %，sea salt(Na⁺+Cl⁻)佔 2.2±0.8 %、1.8±0.0 %，crustal (Ca²⁺+Mg²⁺+K⁺)佔 2.6±0.8 %、2.3±0.0 %，其他未解析者佔 33.9±23.4 %、37.1±12.4 %。沿海地區平均含水量分別佔 34.9±8.5 %、44.5±9.4 %，SO₄²⁻佔 13.8±5.9 %、6.3±3.5 %，NO₃⁻佔 12.0±5.0 %、3.4±3.7 %，NH₄⁺佔 8.7±2.7 %、12.1±6.7 %，sea salt 佔 2.7±0.0 %、2.3±0.0 %，crustal 佔 2.5±0.0 %、2.4±0.0 %、其他未解析者佔 26.5±15.9 %、29.7±16.5 %。由兩地冬春兩季之 PM_{2.5} 氣膠組成顯示氣膠含水量是氣膠組成極重要之物種，其次為二次光化物

種，由未解析量約佔 PM_{2.5} 質量濃度的 26.5 % ~ 37.1%，其組成主要可能為有機碳、元素碳、金屬、有機酸類等⁽¹⁰⁾，需再探討。

五、結論

本研究進行台南都會及沿海地區 2002 年 1 月及 4 月冬春兩季 PM_{2.5} 大氣氣膠含水量之探討。將氣膠樣品控制在相對濕度 60±1%，利用無水甲醇可充分萃取氣膠微粒含水量的能力，將萃取液分別注入 GC-TCD 及 Karl Fischer 測定氣膠微粒含水量。GC-TCD 及 Karl Fischer 偵測極限分別為 11 μg、10 μg，回收率分別為 60.8 %、60.7 %。並運用此測定方法驗證硫酸銨潮解再結晶的遲滯現象，得到與文獻相同之硫酸銨潮解點為 RH 80 %，再結晶點為 35 %，發展一套與目前大氣實際

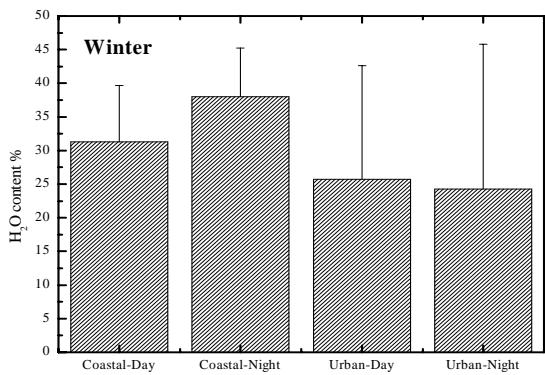


Fig. 4 Mean aerosol water in Tainan urban and coastal areas, January 2002.

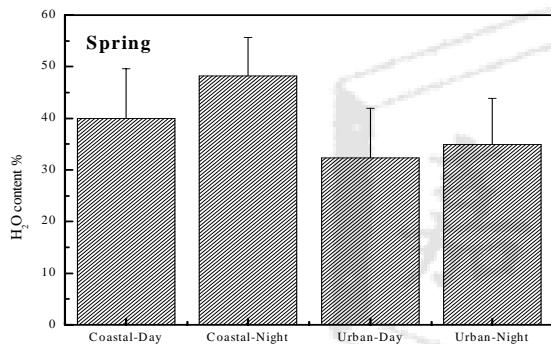


Fig. 5 Mean aerosol water in Tainan urban and coastal areas, April 2002.

採樣程序相配合的微粒含水量量測技術。相對濕度控制在 $60\pm 2\%$ 測定氣膠的含水量，得到沿海地區平均含水量分別佔 $34.9\pm 8.5\%$ 、 $44.5\pm 9.4\%$ ，都會地區平均含水量在冬春兩季分別佔 $25.1\pm 19.0\%$ 、 $33.7\pm 9.4\%$ 。由沿海氣膠海鹽佔氣膠成份比例較都會地區為高，亦顯示其吸溼海鹽對沿海氣膠含水率之貢獻較都會地區顯著。

六、參考文獻

- Chang, S.Y., and C.T. Lee, "Applying GC-TCD to Investigate the Hygroscopic Characteristics of Mixed Aerosols," *Atmos. Environ.*, 36, pp. 1521-1530 (2002).
- Zhang, X., B.J. Turpin, P.H. McMurry, S.V. Hering, M.R. Stolzenburg, "Mie Theory Evaluation of Species Contributions to 1990 Wintertime Visibility Reduction in the Grand Canyon," *J. Air Waste Manage. Assoc.*, 44, pp. 153-162 (1994).
- Harrison, R.M. and M. Jones, "The Chemical Composition of Airborne Particles in the UK Atmosphere," *Sci. Total Environ.*, 168, pp. 195-214 (1995).
- Tang, I.N., K.H. Fung, D.G. Imre, and H.R. Munkelwitz, "Phase Transformation and Metastability of Hygroscopic Microparticles Aerosol," *Aerosol Sci. Technol.*, 23, pp. 443-453 (1995).
- McInnes, L.M., P.K. Quinn, D.S. Covert, and T.L. Anderson, "Gravimetric Analysis, Ionic Composition, and Associated Water Mass of the Marine Aerosol," *Atmos. Environ.*, 30, pp. 869-884 (1996).
- Lee, C.T., and W.C. Hsu, "A Novel Method to Measure Aerosol Water Mass," *J. Aerosol Sci.*, 29, pp. 827-837 (1998).
- Ohta, S., M. Hori, S. Yamagata, and N. Murao, "Chemical Characterization of Atmospheric Fine Particles in Sapporo with Determination of Water Content," *Atmos. Environ.*, 32, pp. 1021-1025 (1998).
- Kleefeld, S., A. Hoffer, Z. Krivácsy, and S.G. Jennings, "Importance of Organic and Black Carbon in Atmospheric Aerosols at Mace Head, on West Coast of Ireland ($53^{\circ}19'N$, $9^{\circ}54'W$)," *Atmos. Environ.*, 36, pp. 4479-4490 (2002).
- Yao, X., M. Fang, and C.K. Chan, "Size Distributions and Formation of Dicarboxylic Acids in Atmospheric Particles," *Atmos. Environ.*, 36, pp. 2099-2107 (2002).
- Tsai, Y.I. and M.T. Cheng, "Visibility and Aerosol Chemical Compositions near the Coastal Area in Central Taiwan," *Sci. Total Environ.*, 231, pp. 37-51 (1999).

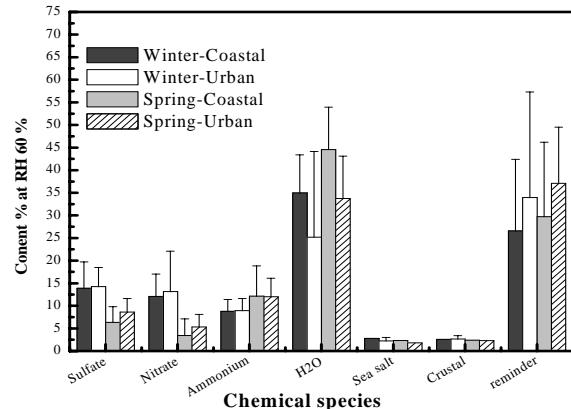


Fig. 6 Mean chemical composition of $PM_{2.5}$, which was conditioned at $60\pm 2\%$ RH, in Tainan urban and coastal areas during January and April 2002.

