行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

大氣背景及高空邊界層氣膠二元酸之生成變異與其氣膠分 配貢獻 研究成果報告(精簡版)

計	畫	類	別	:	個別型
計	畫	編	號	:	NSC 95-2221-E-041-004-
執	行	期	間	:	95年08月01日至96年07月31日
執	行	單	位	:	嘉南藥理科技大學環境工程與科學系(所)

計畫主持人: 蔡瀛逸 共同主持人:陳建隆 計畫參與人員:臨時工資:張鈞堯、馬玉芊

報告附件:出席國際會議研究心得報告及發表論文

處 理 方 式 : 本計畫涉及專利或其他智慧財產權,2年後可公開查詢

中華民國 96年10月31日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告

大氣背景及高空邊界層氣膠二元酸之生成變異與其氣膠分配貢獻

計畫類別:■ 個別型計畫 □ 整合型計畫 計畫編號:NSC 95-2221-E-041-004-

執行期間:95年08月01日至96年07月31日

計畫主持人:蔡瀛逸

共同主持人:陳建隆

計畫參與人員:張鈞堯、馬玉芊

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交):■精簡報告 □完整報告

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

處理方式:除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、 列管計畫及下列情形者外,得立即公開查詢

■涉及專利或其他智慧財產權,□一年■二年後可公開查詢

執行單位:嘉南藥理科技大學環境工程科學系

中華民國 96 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 大氣背景及高空邊界層氣膠二元酸之生成變異與其氣膠分配貢獻

Formation variations of dicarboxylic acids in aerosol in atmospheric background and upper boundary layer and source apportionment to aerosol

計畫編號:NSC 95-2221-E-041-004-

執行期限: 95年08月01日至96年07月31日

主持人:蔡瀛逸(<u>mtsaiyi@mail.chna.edu.tw</u>) 嘉南藥理科技大學環境工程科學系教授 共同主持人:陳建隆 和春技術學院財務金融系助理教授 計畫參與人員:張鈞堯、馬玉芊

一、中文摘要

本研究探討阿里山背景高空邊界層地區 之大氣氣膠無機鹽類及二元有機酸 (low-molecular-weight dicarboxylic acids)之組 成變異,並探討氣膠之無機鹽類及二元有機酸 組成粒徑分布特性。同時比較台南郊區之大氣 氣膠無機鹽類及二元有機酸之組成特性變 異。背景環境之 SO2 濃度遠低於郊區所受之人 為污染排放。阿里山背景地區之 PM25 氣膠之 SO_4^{2-} 、 NO_3^{-} 、 NH_4^{+} 濃度日間比夜間為高,且 SO42-濃度最高,再者為 NH4+,而台南郊區高 污染及農廢燃燒時期,NO3對PM25 mass 的貢 獻有明顯增加。在阿里山背景地區二元有機 酸,以 oxalic acid 為最大量, succinic acid 次之, 再者為 malonic acid, 而二元有機酸均與 NH4 具有高度相關性,顯示阿里山之氣膠二元有機 酸之生成主要來自自然排放後經光化反應所 形成。台南郊區高污染時期氣膠二元有機酸日 夜間濃度有明顯增量,而濃度以 oxalic acid> succinic acid>maleic acid, 農廢燃燒時期, 二 元有機酸之日夜趨勢與高污染時非常相似,但 農廢燃燒氣膠含有大量 oxalic acid。在大氣氣 膠濃度粒徑分布上,阿里山背景地區無機鹽類 主要波峰分布在 0.46-2.4 µm 的 droplet mode、 5.7-11.3 µm 的 coarse mode 及 4-90 nm 的 nuclei mode, 二元有機酸最主要則是在 0.46-2.4 μm 的 droplet mode, 且 4 nm 有最初始二元有機酸 微粒之生成,高污染時的二元有機酸最大濃度 波峰集中於 0.19-0.32 µm 的 condensation mode, 顯示高污染時期氣膠有更明顯的二元有 機酸膠凝及光化產物生成貢獻。此外,以空氣 品質高斯軌跡傳遞係數模式 (Gaussian trajectory transfer- coefficient model, GTx)探討 氣膠污染貢獻來源發現以面源為最大,污染來 源佔 37%,其次為點源的貢獻量佔 21%,而上 風邊界濃度、高空沉降以及線源模式則分別佔 了 12%、16%及 14%,此結果對其台南空品區

之管制策略可提供參考。

關鍵詞:大氣氣膠、二元有機酸、分配貢獻

Abstract

In this research, variations of characteristic composition as well as size distributions of the atmospheric inorganic salts and low-molecularweight dicarboxylic acids (low-M_w DCAs) in aerosol for the background Ali Mountain and Tainan suburban regions during summer season, the autumn non-serious pollution period, the autumn high pollution period and the agricultural burning period were studied. The background environment SO₂ concentration is much lower than man-made pollution emission in Tainan suburban region. The background daytime concentrations of SO₄²⁻, NO₃⁻ and NH₄⁺ in PM_{2.5} aerosols in Ali mountain region are higher than nighttime concentrations. The quantity of ratio of NO_3^- to $PM_{2.5}$ mass is the highest during high pollution and agricultural waste burning periods. These observations indicate that during the high pollution and the agricultural waste burning periods, the contribution of NO_3^- to $PM_{2.5}$ mass apparently increases. Oxalic acid is the most abundant low-Mw DCAs in the Ali Mountain region followed by succinic acid and malonic acid. These low-M_w DCAs are highly correlated with NH₄⁺ demonstrating that the aerosol low-M_w DCAs in Ali Mountain are the photochemical products from natural emissions. In Tainan suburban region during high pollution period, concentrations of the daytime and nighttime low-M_w DCAs are obviously higher. Similarly, oxalic acid during summer is the most abundant followed by succinic acid and maleic acid. Additionally, daytime concentrations of the six observed low-M_w DCAs are 2 to 3 times higher than those during summer while during agricultural waste burning period, the diurnal variation tendency is quite similar to that during high pollution period. As the atmospheric particle size distribution is concerned, the Ali Mountain background inorganic salts show droplet mode (concentration peaks between 0.46-2.4 µm), coarse mode (concentration peaks between 5.7-11.3 µm) and nuclei mode (concentration peaks between 4-90 nm). The low-M_w DCAs are principally droplet mode with concentration peaks in 0.46-2.4 μ m; the 4 nm peaks shows the beginning formation of low-M_w DCA primary particles. For Tainan suburban region, the particle size distributions for both aerosol inorganic salts and low-M_w DCAs change from single peak or double peaks in summer to triple or multiple peaks in autumn. During the high pollution period, the maximum concentration peaks for low-M_w DCAs dominant in the condensation mode of 0.19-0.32 µm. This reveals that particle coagulation and photochemical products contribute to the observed aerosols during the high pollution period. Using the developed aerosol transformation mechanisms of the Gaussian trajectory transfer-coefficient model (GTx), the source apportionment reveals the most dominant contribution comes form area sources (37%) and follows by point sources (21%), upwind boundary sources (12%), top boundary sources (16%) and line sources (14%). These results could provide a view to applying proper and effective strategies for improving air quality in Tainan air basin.

Keywords: atmospheric aerosol, dicarboxylic acids, source apportionment.

一、緣由與目的

氣膠的化學組成因地區性不同,形成不同 的輻射特性及雲凝結核特性(Charlson et al., 1987),對全球氣候變遷的影響扮演相當重要的 角色(Hayasaka et al., 1992)。此外,大氣氣膠受 到關注主要乃因氣膠對健康與環境的影響,氣 膠粒徑大小對健康有不同影響,粒徑小於 2.5μm (PM_{2.5}), 之氣膠隨著呼吸而進入呼吸系 統,加上 PM2.5 微粒多具有強吸濕作用,進而 改變微粒粒徑大小,使其增長,而沉積於肺 部,危害健康(Berico et al., 1997)。環境中氣膠 微粒來源除了自然界產生之外,主要污染是人 為污染所造成,工業排放與交通廢氣排放均是 主要來源。氣膠中之成分含有元素碳(element carbon, EC)、有機碳(organic carbon, OC)、 SO_4^{2-} 、 NO_3^{-} 、 NH_4^{+} 、 Cl^- 、 Na^+ 、土壤顆粒及水 分等9個部份(Ohta and Okita, 1990; Tsai and Kuo, 2005) •

此外,二元有機酸組成在大氣氣膠的含碳 物質中的重要物種,由於它有潛在的吸濕特性 (hygroscopic properties)會改變全球的輻射平 衡,因其含有強親水基,其活化雲凝結核能力 甚至比非海鹽硫酸鹽更強(Facchini et al., 1999; Kerminen, 2001),能夠減少雲凝結核表面張 力,進而影響雲的形成(Facchini et al., 1999), 同時影響地球輻射平衡及降雨量。許多學者研 究中也發現在許多不同地方城市、農村、南北 極及海洋大氣都有著廣泛二元有機酸存在。

大氣環境中氣膠二元有機酸以 oxalic acid 為主要物種, 次之為 malonic acid 及 succinic acid (Kawamura and Ikushima, 1993; Yao et al., 2002)。然而二元有機酸之成份複雜,由上述所 述之前人研究可得知二元有機酸在環境中的 影響,但大多數研究(Limbeck et al., 2001; Yao et al., 2004)針對 succinic acid、malonic acid 及 oxalic acid 三種常見之二元有機酸進行探討, 較少探討 malic acid、tartaric acid 及 maleic acid 等物種。

除了在城市或近郊大氣中發現二元有機 酸外,在許多偏遠之地區亦有二元有機酸之發 現, Kawamura et al. (1996)研究發現在背景地 區北極研究指出,飽和二元有機酸(C2-C11),在 北極大氣氣膠及雪地樣品中仍可偵測到其濃 度, oxalic acid 濃度最高,其次為 malonic acid 和 succinci。而三種二元有機酸濃度,在春季 分別為 13.3-40.9 ng m⁻³、7.31-11.6 ng m⁻³及 7.8-15.37 ng m⁻³, 而冬季為 13.2-23.5 ng m⁻³、 3.19-5.03 ng m⁻³及 2.25-3.21 ng m⁻³, 而北極春 季時強的太陽輻射導致春季時二元有機酸濃 度均高於冬季。此外這三種二元有機酸濃度高 於 glutaric acid (C_5)及 adipic acid (C_6)濃度 5-20 倍。此外, Limbeck et al. (2001)在南非偏遠地 區也發現二元有機酸,其 oxalic acid 濃度為 79.2±42 ng m⁻³、malonic acid 濃度為 51.57±57 ng m⁻³及 succinic acid 濃度為 13.1±7.1 ng m⁻³。

大氣氣膠中各組成份分佈於不同之粒徑 範圍。Yao et al. (2002) 在香港的城市及農村地 區研究氣膠二元有機酸之粒徑分布發現,二元 有機酸之 oxalic acid 在城市與農村地區有相似 之粒徑分佈, oxalic acid 之粒徑範圍 落於 $0.177-0.32 \mu m$ 的凝結峰,而液滴峰的 oxalic acid 和 sulfate 有相關連性。當 sulfate 出現在 $0.32-0.54 \mu m$, oxalic acid 之粒徑範圍則出現在 $0.32-0.54 \mu m$, oxalic acid 之粒徑範圍則出現在 $0.32-0.54 \mu m$, oxalic acid 之粒徑範圍則出現在 $0.54-1.0 \mu m$, oxalic acid 也會出現在 $0.54-1.0 \mu m$, oxalic acid 也會出現在 $0.54-1.0 \mu m$, m, malonic acid 氣膠 微粒分佈最大波峰出現在 $0.56-2.5 \mu m$ 的液滴 峰,或在 $3.1-6.2 \mu m$ 粒徑範圍中發現。 由上述的文獻探討均顯示二元有機酸於 不同地區之組成特性與生成在大氣環境的重 要性。因此,本研究為了瞭解二元有機酸之來 源,並瞭解背景高空邊界層大氣氣膠低分子量 二元酸之組成變異及粒徑分布,因此將探討阿 里山背景及台南郊區之大氣氣膠之組成分布 形態及變異,並以日夜之濃度變化進行探討, 瞭解在光化環境下,氣膠二元酸之生成及化學 特性。此外,本研究所使用高斯軌跡傳遞係數 模式(Tsuang et al., 2003ab),其模式應用在台灣 地區空氣品質的模擬,得知污染貢獻來源。

二、研究方法

2.1 現地採樣

本研究之採樣地點為代表背景地區的阿 里山林務局第一員工宿舍旁進行採樣,海平面 環境以嘉南藥理科技大學為代表地點,是一典 型的郊區環境。採集夏季乾淨時期樣品、秋季 普通污染時期樣品、秋季高污染時期及視為農 廢燃燒時期樣品。為瞭解氣膠二元酸日夜之濃 度變化,本研究以多功能固/氣分離採樣器 (Versatile Air Pollutant Sampler, VAPS, URG-3000K)分別收集 PM2.5-10 及 PM2.5 之微 粒。為瞭解氣膠微粒之粒徑分佈,採樣設備使 用 MOUDITM (Micro- Orifice Uniform Deposit Impactor, MSP, MOUDITM-110)進行採樣,連續 採樣 48 小時為一組樣品。大氣微粒收集於鋁 箔紙(Aluminum foil, 47 mm), MOUDI[™]及 nano-MOUDI[™] 採樣器操作流量為 30.0±0.1 Lpm, 最後以 47 mm 之石英濾紙(TISSU Quartz 2500QAT-UP)收集剩餘之微粒。

2.2 採集樣品前之調理

採集之氣膠微粒濾紙之重量以 Metler AT261 Delta 5 位數分析天秤及 Sartorius CP2P 之6 位數微量天秤稱之。最後將微粒濾紙置入 4°C 之低溫冷藏箱中,減少微粒中較易揮發之 離子成份及有機酸之漏失,待分析氣膠水溶性 陰陽離子及二元有機酸時用之。

2.3 微粒之各成分分析

將採集之濾紙放入 PE 瓶中加入 10.0 mL 之純水,封緊瓶口,置入震盪機(Yihder TS-500) 振盪萃取 90 分鐘,再以 0.2 μm 之醋酸纖維濾 紙過濾,立刻將濾液注入 gradient pump (Dionex GP50)之 IC (Dionex DX-600)分析,其中管柱為 AS11 250×4mm ID, anion suppression system (ASRS-ultra),流洗液為 NaOH 溶液及 MeOH, 注入量為 1000 μL,分析樣品二元有機酸,包 括 succinic acid、malic acid、malonic acid、tartric acid、maleic acid、oxalic acid 等六種二元酸之 含量。剩下之濾液,再分析水溶性陰、陽離子 包括 F⁻, Br⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ (Hsieh et al., 2007)。

2.4 軌跡模擬

2.4.1. 乾沈降及溼沈降模組

在乾沈降速度模擬方面,目前模式所利用 的氣狀物乾沈降機制為 Pardro et al.(1991)的三 層阻尼模式,粒狀物乾沈降機制則參考 Seinfeld and Pandis (1998)。

2.4.2. 轉換機制模組

模式在計算粒狀物及氣狀物的溼沈降機制 則是以固定洗滌係數法為主, $SO_2 \mathcal{Q} NO_x 之洗$ $滌係數分別為 9.5 E⁻⁶ s⁻¹ <math>\mathcal{Q}$ 1.4 E⁻¹⁰ s⁻¹ (Hertel, 1995)。

本研究使用的光化模組是參考 CBM4 (Carbon Bond Mechanism IV)中的反應式,將計 算大氣中反應性強的自由基與二氧化硫作用 的機制。與 SO₂ 反應最主要的自由基來源有 OH·、HO₂·、CH₃O₂·等(Seinfeld and Pandis, 1998),並假設反應後皆會生成硫酸鹽,另外在 模式中假設夜間 SO₂最低轉換速率為 5% hr⁻¹。

三、結果與討論

3.1 背景及郊區大氣氣膠 PM_{2.5} 二元有機酸之 日夜濃度比較

阿里山及台南郊區季節性二元有機酸之濃 度分佈如 Figs. 1-5 所示,濃度分佈上二元有機 酸趨勢相似,均是以 oxalic acid 為最大量,其 次為 succinic acid, 再者為 malonic acid 或者 maleic acid。而六種二元有機酸濃度,以台南 郊區高污染時期為最高,其次為台南秋季非高 污染時期,再者為台南夏季時期,最低則為阿 里山。此外以高低濃度變異性發現,在高污染 時期,六種二元有機酸高低濃度變異性較小, 而阿里山及台南郊區秋季非高污染及夏季乾 淨大氣時期,二元有機酸高低濃度變異性較
 大,其中以秋季非高污染時期變異性最大。此 外在台南郊區高污染時期及秋季時期,六種二 元有機酸之 25%位數濃度~75%位數濃度範 圍,均分佈於較高之濃度,而台南夏季六種二 元有機酸 25% 位數濃度~75% 位數濃度範圍,較 阿里山的濃度範圍低。而在阿里山 succinic acid、malic acid、malonic acid 及 tartaric acid 二元有機酸濃度中位數較台南夏季高,其原因 可能與阿里山區相對濕度較高 88.5±7.1%的環 境,並有森林的自然二元有機酸之前趨物排

放,有助於二元有機酸有較高之濃度分佈趨勢 有關。而在台南郊區夏季的二元有機酸,以 oxalic acid 與 maleic acid 在中位數濃度為最 高,同時高於阿里山的 oxalic acid 及 maleic acid 中位數濃度。而在高污染時期二元有機酸之 oxalic acid、succinic acid 及 malonic acid 中位數 濃度,較台南秋季、夏季及阿里山之 oxalic acid、succinic acid 及 malonic acid 中位數 濃度,較台南秋季、夏季及阿里山之 oxalic acid、succinic acid 及 malonic acid 中位數濃度 高,而高污染時期二元有機酸與 NO₃之相關性 高,顯示高污染時期二元有機酸之來源主要為 交通排放廢氣所生成之。

而在農廢燃燒時期大氣 PM2.5 氣膠濃度二

元有機酸之分佈如 Fig. 5 所示,看出在趨勢上 農廢時期與高污染時期相似,在 oxalic acid 的 部份濃度變異性較小,且在 25%位數濃度~75% 位數濃度範圍,其值為 460-600 ng m⁻³,主要分 佈在高濃度,顯示農廢燃燒時期生物性燃燒產 生之廢氣,經過光化反應產生 oxalic acid 濃度 較高,另外在 succinic acid、malic acid 及 malonic acid,變異性比高污染時期大,農廢燃燒雖然 是氣膠二元有機酸來源之一,但其濃度之變異 性較大,而中位數濃度均偏高,顯示農廢燃燒 時期,二元有機酸大量生成,導致二元有機酸 主要分佈於高濃度。





Fig. 5. 台南郊區農廢燃燒時期大氣 PM2.5 氣膠濃度

3.2 背景及郊區大氣氣膠無機鹽類及二元有 機酸濃度百分比

Figs. 6-10 為大氣氣膠 PM2.5 分別於阿里 山背景地區及台南郊區夏季時期、秋季非高污 染時期、高污染時期及農廢時期各成份於大氣 氣膠中所佔之百分比,由阿里山背景地區之 PM25微粒組成(Fig. 6),發現無機鹽類所佔比 例以 SO42-為最大,其次為 NO3-,再次者為 NH4⁺, 阿里山採樣時期受到颱風外圍環流之影 響,使海鹽成份 Na⁺及 CI於阿里山也有相對 高的比例,其比例分別為2.71%及3.53%,而 二元有機酸佔 PM25 質量濃度 1.69%,其比例 高於台南郊區,顯示於背景地區二元有機酸有 較多之生成表現,而二元有機酸濃度比例又以 oxalic acid 為最大量,其次為 succinic acid, 而 malic aicd 於阿里山佔的比例為 5.21%,較高 於台南郊區,顯示阿里山背景區有較多 malic acid 來源貢獻。

台南夏季乾淨大氣時期PM_{2.5}微粒的組成 (Fig. 7),發現在台南郊區夏季氣膠含量中之無 機鹽類所佔比例以SO4²⁻最大,其次為NH4⁺, 再次者為NO3⁻,其濃度比例分別為19.5%、 17.6%及17.5%,而NH4⁺高濃度比例高於 NO3⁻,顯示夏季光化產物主要來源除了工業排 放廢氣外,生物排放源之排放也有明顯貢獻, 而海鹽飛沫CI⁻和Na⁺無機鹽類分佈於PM_{2.5}微 粒之含量合佔為7.8%。

在秋季非高污染時期之 PM2.5 微粒(Fig. 8),其無機鹽類中各光化物種 SO42-、NO3-及 NH_4^+ 成份分佈濃度為主要,而以 SO_4^{2-} 濃度最 高此現象與夏季時相似,顯示其污染源主要來 自工業排放廢氣為主,而高污染時期之 PM25 微粒(Fig. 9), SO4²⁻、NO3 及 NH4⁺佔 PM25 質量 百分比與夏季及秋季非高污染相同一樣為最 主要成份,但高污染時 PM_{25} 之 SO_4^2 濃度比例 反而下降,而以 NO3 濃度比例含量最多,顯 示高污染時期,除了工業排放廢氣貢獻外, NO3 濃度比例較高代表交通排放之污染源顯 著貢獻在氣膠濃度的增量。而農廢燃燒時期之 PM2.5 微粒(Fig. 10), 其無機鹽類所佔比例與高 污染時期相似,以 NO3 濃度比例為最大量, 其次為 SO4²⁻, 再次為 NH4⁺, 而 NO3 與 NH4⁺ 濃度比例與秋季其他時期相比,在農廢燃燒時 期 NO3 與 NH4⁺濃度比例有明顯的增量,但是 PM2.5之 SO42 濃度比例反而下降,顯示農廢燃 燒時期大氣氣膠光化產物組成主要以 NH4NO3 為主。此外,K⁺與 Cl⁻在農廢燃燒時 期,其濃度比例分別為1.6%及3.3%,與秋季

非高污染時期及秋季高染時期相比,二者濃度 比例有明顯上升趨勢,顯示農廢燃燒時期, K⁺與 Cl⁻有明顯貢獻量,且濃度相關係數更高 達 0.93,表示農廢燃燒時其有助於 KCl 氣膠 組成。

而二元有機酸在夏季時期佔氣膠PM2.5質 量濃度為 1.51±0.69%,與台南郊區其他時期相 比所佔的比例為最高,夏季時期二元有機酸以 oxalic acid 之含量為最多,其次為 succinic acid,再次者為 maleic acid。而秋季非高污染 時期及高污染時期,二元有機酸佔 PM25 質量 濃度之比例分別為 1.15±0.34% 及 1.22±0.27%,較夏季時期二元有機酸佔 PM25 質量濃度之比例為低, 而 oxalic acid 濃度比例 在秋季非高污染明顯上升比夏季時高,此外秋 季高污染時期 oxalic acid 濃度比例更高達 77.5%, 顯示高污染時期二元有機酸大量生 成, 並快速光化降解成 oxalic acid 的最終產 物。而農廢燃燒時期二元酸物種之含量比例 oxalic acid 及 maleic acid 濃度比例都有明上升 趨勢,其中 oxalic acid 佔總分析之二元酸的 78 %,比其他時期都高。且農廢燃燒時發現 NH4+ 含量上升, maleic acid 濃度比例會提升, 此現 象與夏季時表現相似。顯示大氣中氣膠 NH4+ 的含量增加有助於 maleic acid 之生成。

3.3 不同域區無機鹽類及二元有機酸濃度之 粒徑分布比較

針對 nuclei mode、condensation mode、 droplet mode 及 coarse mode 四種波峰,進行濃 度上的比較如 Table 1 指出,以夏天物種濃度 粒徑分布濃度為基準相比之下,阿里山背景地 區四種粒徑範圍中無機鹽類濃度,為台南夏季 濃度的 1-90%不等, 而阿里山 SO42-氣膠濃度 在成核峰、凝結峰、液滴峰及粗粒峰,濃度分 別為台南夏季濃度的2%、19%、19%及6%。 此外,阿里山Na⁺與Cl⁻氣膠濃度在 coarse mode 為台南夏季濃度的 4-5%,顯示阿里山受到海 洋飛沫的影響較小,此外阿里山背景地區分布 在 nuclei mode 的 K⁺及 condensation mode 的 NH4⁺,為台南郊區夏季時 K⁺及 NH4⁺之粒徑濃 度的 1.06 及 1.52 倍, 顯示在阿里山背景區生 物源有在初始微粒生成。而阿里山背景地區二 元有機酸粒徑濃度,在四種粒徑範圍濃度為台 南夏季時期的 1-50%,但 malic acid 在 condensation mode、drooplet mode 及 coarse mode 粒徑濃度,卻為台南夏季時期粒徑濃度 的 31.06、7.48 及 2.40 倍, 顯示在阿里山背景 區有 malic acid 大量生成,證實氣膠 malic acid 主要來源為生物之生長源排放(Röhrl and Lammel, 2001) •



PM_{2.5} mass concentration: 15.66±10.04 μg m⁻³
Fig. 6. 阿里山背景地區大氣 PM_{2.5} 氣膠中之各成分所佔之百分比



PM_{2.5} mass concentration: 23.75±8.00 μg m⁻³
Fig. 7. 台南郊區夏季大氣 PM_{2.5} 氣膠中之各成分所佔之百分比



PM_{2.5} mass concentration: 63.01±18.78 μg m⁻³
Fig. 8. 台南秋季非高污染大氣 PM_{2.5} 氣膠中之各成分所佔之百分比



PM_{2.5} mass concentration: 89.34±23.80 μg m⁻³
Fig. 9. 台南秋季高污染大氣 PM_{2.5} 氣膠中之各成分所佔之百分比



PM_{2.5} mass concentration: 60.78±17.78 μg m⁻³ Fig. 10. 台南農廢燃燒時期大氣 PM_{2.5} 氣膠中之各成分所佔之百分比

在高污染時期之物種粒徑濃度與夏季時 濃度比較,無機鹽類在四種濃度波峰明顯看 出, NH4⁺與K⁺在 condensation mode 及 nuclei mode 更為明顯增量,顯示農廢燃燒的高污染 時期在 NH4⁺與 K⁺有相對大量的貢獻,且秋季 非高污染 NO3 濃度在 condensation mode 為夏 季濃度 17.66 倍,高污染時期 NO3 濃度在 condensation mode 為夏季濃度 79.60 倍。顯示 高污染時交通排放廢氣,使 NO3 濃度在 condensation mode 更為明顯,此外 NO3在 nuclei mode 濃度,秋季非高污染時期為夏季 的3倍,而高污染時期為夏季的12倍,顯示 高污染時期光化產物在初始微粒有較大貢 獻。此外,高污染時期的後期農廢燃燒,其 malic acid 在 condensation mode 及 nuclei mode 分別為夏季濃度 468 倍及 15 倍,顯示農廢燃 燒使 malic acid 微粒在這兩粒徑範圍明顯生

成,而 droplet mode 波峰上的 malic acid 及 tartaric acid 濃度明顯上升,分別為夏季濃度的 52 倍及 40 倍。由此顯示農廢燃燒造成之生物 排放,導致 malic acid 在 condensation mode 及 更小微粒的 nuclei mode 均有明顯增量。

3.4 台南郊區大氣氣膠之污染貢獻分配

PM₁₀ 污染來源貢獻模擬之時間演化,將 阿里山背景氣膠平均濃度視為台南郊區之高 空沉降校正值,污染分為點源、線源、面源、 上風邊界濃度以及高空沉降等五種來源,模 擬台南郊區平均污染貢獻比例發現面源為最 大污染來源佔 37%,其次為點源的貢獻量佔 21%,上風邊界濃度、高空沉降以及線源模式 則分別佔了 12%、16%及 14%。顯示台南郊 區氣膠污染受到區域的面污染源影響最大, 但長程傳輸及高空沉降的影響亦不能忽略。

	nuclei mode		condensation mode		droplet mode		coarse mode	
	夏季濃度	背景 ^à /夏季 ^b	夏季濃度	背景/夏季	夏季濃度	背景/夏季	夏季濃度	背景/夏季
Na ^{+ c}	0.91	0.27	0.20	0.50	4.19	0.09	3.52	0.05
NH4 ^{+ c}	0.63	0.26	0.59	1.52	1.94	0.87	0.15	0.83
K ^{+ a}	0.30	1.06	0.25	0.77	0.78	0.75	0.40	0.59
Mg ^{2+ c}	0.21	0.62	0.11	0.48	0.49	0.28	0.37	0.21
Ca ^{2+ c}	0.37	0.79	0.17	0.51	0.77	0.28	0.84	0.17
Cl ^{- c}	0.60	0.57	0.19	0.57	2.96	0.13	4.26	0.04
NO3 ^{- c}	0.25	0.68	0.08	0.82	1.81	0.62	0.99	0.46
SO4 ^{2- c}	2.88	0.02	3.25	0.19	12.59	0.19	1.30	0.06
succinic acid ^d	33.7	0.07	7.35	0.31	26.69	0.25	11.42	0.11
malic acid ^d	0.96	0.32	0.08	31.06	0.82	7.48	0.38	2.40
malonic acid ^d	4.80	0.05	4.79	0.04	11.62	0.06	3.50	0.03
tartaric acid ^d	1.54	0.09	0.00	0.00	0.60	3.80	0.53	0.26
maleic acid ^d	8.53	0.01	2.36	0.03	5.20	0.10	3.23	0.01
oxalic acid ^d	97.64	0.11	186.57	0.34	493.51	0.35	26.98	0.48
		秋季/夏季		秋季/夏季		秋季/夏季		秋季/夏季
Na ⁺		1.19		2.90		1.21		1.38
$\mathrm{NH_4}^+$		1.50		5.14		4.40		2.18
K^+		2.32		2.91		2.76		1.50
Mg^{2+}		3.68		3.25		2.66		2.51
Ca ²⁺		3.57		3.34		3.14		2.56
Cl		1.14		3.00		1.11		0.97
NO ₃		3.80		17.66		13.15		11.51
SO42-		0.82		3.49		2.66		2.40
succinic acid		0.18		2.88		1.61		2.28
malic acid		2.27		284.43		31.28		22.01
malonic acid		3.74		5.96		10.00		6.35
tartaric acid		2.10		0.00		26.81		10.26
maleic acid		1.62		6.55		4.47		5.33
oxalic acid		8.82		10.87		4.18		2.99
		高污染/夏季		高污染/夏季		高污染/夏季		高污染/夏季
Na ⁺		1.19		2.67		1.25		1.43
$\mathrm{NH_4}^+$		7.40		8.96		4.71		3.60
K ⁺		7.06		8.08		3.69		1.89
Mg ²⁺		4.90		4.41		3.47		3.72
Ca ²⁺		4.21		4.89		4.75		4.78
Cl		1.90		6.50		2.25		1.62
NO ₃		11.96		79.60		15.33		9.64
SO_4^2		1.81		2.87		1.61		6.51
succinic acid		0.34		6.37		3.09		2.51
malic acid		15.32		467.77		51.98		18.03
malonic acid		4.00		9.84		8.38		4.98
tartaric acid		7.19		0.00		40.22		11.87
maleic acid		2.37		9.05		7.17		4.40
oxalic acid		6.26		9.06		2.28		7.59

Table 1. 不同域區無機鹽類及二元有機酸濃度之粒徑分布比較

d:濃度單位為 ng m⁻³



Fig. 11. 考量背景高空邊界層氣膠貢獻後之台南郊區大氣氣膠平均污染源貢獻比例圖

五、計畫成果

本計畫之執行已順利達成預期目標,本 研究結果顯示在阿里山背景地區二元有機 酸,以 oxalic acid 為最大量, succinic acid 次 之,再者為 malonic acid,而二元有機酸均與 NH4⁺具有高度相關性,顯示阿里山之氣膠二元 有機酸之生成主要來自自然排放後經光化反 應所形成。台南郊區高污染時期氣膠二元有機 酸日夜間濃度有明顯增量,而濃度以 oxalic acid>succinic acid>maleic acid, 農廢燃燒時 期,二元有機酸之日夜趨勢與高污染時非常相 似,但農廢燃燒氣膠含有大量 oxalic acid。在 大氣氣膠濃度粒徑分布上,阿里山背景地區無 機鹽類主要波峰分布在 0.46-2.4 μm 的 droplet mode、5.7-11.3 µm 的 coarse mode 及 4-90 nm 的 nuclei mode, 二元有機酸最主要則是在 0.46-2.4 µm 的 droplet mode, 且 4 nm 有最初 始二元有機酸微粒之生成,高污染時的二元有 機酸最大濃度波峰集中於 0.19-0.32 μm 的 condensation mode, 顯示高污染時期氣膠有更 明顯的二元有機酸膠凝及光化產物生成貢 獻。此外,以空氣品質高斯軌跡傳遞係數模式 (Gaussian trajectory transfer- coefficient model, GTx)探討氣膠污染貢獻來源發現以面源為最 大,污染來源佔37%,其次為點源的貢獻量佔 21%,而上風邊界濃度、高空沉降以及線源模 式則分別佔了12%、16%及14%,此結果對其 台南空品區之管制策略可提供參考。

本計畫的執行,除了培訓數位學生,在 空氣污染領域上,有關背景高空邊界層大氣氣 膠低分子量二元酸之組成變異及粒徑分布的 瞭解,且對氣膠有機成份等相關光化理論探討 及實際大氣氣膠採樣與分析之各項儀器設備 運用,並學習空品模式 GTx 軌跡模式加入背 景二元酸組成參數驗證。此外,本研究之研究 成果將投稿國際學術期刊。

六、誌謝

承蒙國科會提供計畫經費補助(計畫編號 NSC 95-2221-E-041-004-),使本研究得以順利 完成,謹致由衷謝忱。

七、參考文獻

1. Berico, M., Luciani, A., Formignani, M., 1997. Atmospheric aerosol in an urban area-measurements of TSP and PM_{10} standards and pulomonary deposition assessment. Atmospheric Environment 31, 3659-3665.

- Charlson, R.J., Lovelock, J.E., Andreae, M.O., Warren, S.G., 1987. Oceanic photoplankton, atmospheric sulphur, cloud albedo and climate. Nature 326, 655-661.
- Facchini, M.C., Mircea, M., Fuzzi, S., Charlson, R.J., 1999. Cloud albedo enhancement by surface-active organic solutes in growing droplets. Nature 410, 257-259.
- 4. Hatakeyama, S., Ohno, M., Weng, J., Takagi, H., Akimoto, H., 1987. Identification of C2–C10 ω -oxocarboxylic acids, pyruvic acid and C2–C3 α -dicarbonyls. Environmental Science and Technology 21, 52-63.
- Hertel, O., Christensen, J., Runge, E.H., Asman, W.A.H., Berkowicz, R., Hovmand, M.F., 1995. Development and testing of a new variable scale air pollution Model-ACDEP. Atmospheric Environment 29, 1267-1290.
- 6. Hsieh, L.-Y., Kuo, S.-C., Chen, C.-L., Tsai, Y.I., 2007. Origin of Low-molecular-weight Dicarboxylic Acids and their Concentration and Size Distribution Variation in Suburban Aerosol. Atmospheric Environment 41, 6648-6661.
- Huang, X.F., Hu, M., He L,-Y., Tang X.-Y., 2005. Chemical characterization of water-soluble organic acids in PM_{2.5} in Beijing, China. Atmospheric environment 39, 2819-2827.
- Kawamura, K., Ikushima, K., 1993. Seasonal changes in the distribution of dicarboxylic acids in the urban atmosphere. Environmental Science and Technology 27, 2227-2235.
- Kawamura, K., Kasukabe, H., Barrie, L.A., 1996. Source and reaction pathways of dicarboxylic acids, ketoacids and dicarbonyls in Arctic aerosols: one year of observations. Atmospheric Environment 30, 1709-1722.
- Kerminen, V.-M., 2001. Relative roles of secondary sulfate and organics in atmospheric Cloud condensation nuclei production. Journal of Geophysical Research 106, 17321-17333.
- Limbeck, A., Puxbaum, H., Otter, L., Scholes, M.C., 2001. Semivolatile behavior of dicarboxylic acids and other polar organic species at a rural background site (Nylsvley, RSA). Atmospheric Research 35, 1853-1862.
- 12. Ohta, S., Okita, T., 1990. A chemical characterization of atmospheric aerosol in Sapporo. Atmospheric Environment 24A,

815-822.

- Padro, J., Hartog, G.D., Neumann, H.H., 1991. An investigation oh the ADOM dry deposition module using summertime O₃ measurements above a deciduous forest. Atmospheric Environment 25A, 1689-1704.
- 14. Seinfeld, J.H., Pandis, S.N., 1998. Atmospheric chemistry and physics. John Wiley & Sons, Inc., New York, U.S.A.
- Tsai, Y.I., Kuo, S.-C., 2005. PM_{2.5} aerosol water content and chemical composition in a metropolitan and a coastal area in southern Taiwan. Atmospheric Environment 39, 4827-4839.
- 16. Tsuang, B.-J., Chen, C.-L., Lin, C.-H., Cheng, M.-T., Tsai, Y.-I., Chio, C.-P., Pan, R.-C., Kuo, P.-H., 2003a. Quantification on the source/receptor relationship of primary pollutants and secondary aerosols by a

Gaussian plume trajectory model: Part II. Case study. Atmospheric Environment 37, 3993-4006.

- Tsuang, B.-J., Lee, C.-T., Cheng, M.-T., Lin, N.-H., Lin, Y.-C., Chen, C.-L., Peng, C.-M., Kuo, P.-H., 2003b. Quantification on the source/receptor relationship of primary pollutants and secondary aerosols by a Gaussian plume trajectory model: Part III. Asian dust-storm periods. Atmospheric Environment 37, 4007-4017.
- Yao, X., Fang, M., Chan, C.K., 2002. Size distributions and formation of dicarboxylic acids in atmospheric particles. Atmospheric Environment 36, 2099–2107.
- Yao, X., Fang, M., Chan, C.K., Ho, K.F., Lee, S.C., 2004. Characterization of dicarboxylic acids in PM2.5 in Hong Kong. Atmospheric Environment 38, 963-970.



行政院國家科學委員會補助國內專家學者出席國際學術會議報告

96年4月27日

報告人姓名	蔡瀛逸	服務機構	嘉南藥理科技大學				
		及職稱	環境工程科學系教授				
時間	2007/04/18-2007/04/20	本會核定					
會議	蒙古 烏蘭巴托	補助文號	NSC $95 - 2221 - E - 041 - 004 - $				
地點	(Ulaanbaatar, Mongolia)						
會議	(中文) 第四屆沙塵暴國際研言						
名稱	Dust/Sand Storms and Associated Dustfall						
發表	(中文) 2001 年 1 月亞洲沙塵暴來襲南台灣大氣 PM _{2.5} 空氣品質						
論文 題目	(英文) Atmospheric PM _{2.5} Air Quality in Southern Taiwan Affected by January 2001 Asian Dust Storm						
1							

報告內容包括下列各項:

一、參加會議經過

每二年易地舉辦的沙塵暴國際研討會,本次第四屆研討會在亞洲沙塵暴沙源地一蒙古共和國首府烏蘭巴托(Ulaanbaatar, Mongolia)舉行,由蒙古國家氣象、水文及環境監測署(National Agency for Meteorology, Hydrology and Environmental Monitoring, Mongolia)贊助,蒙古氣象及水文研究所(Institute of Meteorology and Hydrology, Mongolia)籌備舉辦,在蒙古國家自然與環境部的國際會議廳(Conference Hall, Ministry of Nature and Environment, Mongolia)舉行,會議時間從 2007 年 04 月 18 日至 2007 年 04 月 20 日止。本次會議總計有 22 篇論文投稿,與會國際人士 10 人,包括中國有 3 位、日本有 2 位、韓國有 2 位、美國有 1 位、台灣有 2 位,除了筆者之外,尚有中山大學的袁中新教授。另外蒙古該國研究沙塵暴的專家學者約 10 餘位,整個研討會就在人數不多,但卻互動密切的氣氛中展開。

此會議在蒙古受到極高度重視,在 opening ceremony,由該國的資訓、監測及評估局局 長(Director, Information, Monitoring and Evaluation Department) Dr. D. Dagvadorj 擔任主持人, 闡明本次會議主題為延伸我們對沙塵暴及沙塵污染的知識以面對 21 世紀。國家自然與環境部 部長 Dr. I. Erdenebaatar 在致歡迎詞時,感謝我們的到訪,並說明沙塵暴對蒙古的影響及沙源 的自然演變。另外,蒙古國家科學院副院長(Vice President, Mongolian Academy of Sciences) Prof. Dr. N. Altarisukh 代表蒙古科學界對來訪的各國專家學者表達學術交流的期盼。

會議議程在室內共 5 個 oral sessions,另外一個 poster session。在 4 月 18 日全天及 4 月 19 日早上舉行,本次研討會討論主題聚焦在沙塵暴的相關議題,包括:沙塵暴的形成機制、

沙塵暴的傳輸、沙塵暴的量測分析、氣膠化學、氣候變遷與沙塵暴、沙塵暴模擬及預測、沙塵暴影響評估等七項沙塵暴相關的研究及實務議題。

由於會議室是在多張桌子所拼合出的兩面長方形桌,所有與會的各國專家學者被安排面對面或並肩而坐,令我感動的是在會議人員引導各國代表入座時,在我面前的國家識別牌「TAIWAN」真實地映入眼簾,與其他與會者平起平坐,也感受到學術交流本應避免政治干擾,才能廣泛交流。Opening ceremony 後各國專家學者依議程逐一報告沙塵暴相關研究成果,筆者的口頭論文報告—「2001 年 1 月亞洲沙塵暴來襲南台灣大氣 PM_{2.5} 空氣品質」被安排在 4 月 18 日下午 3:20-3:40,發表完後除當場的討論外,在 coffee break 時,多位學者對發表的迴響及深入的問題討論,筆者均充分地交換意見及經驗交流,蒙古的學者也多位表示學術合作的意願,藉此也提高台灣在沙塵暴研究在國際間的知名度,此外對於個人之研究可因瞭解沙塵暴沙源背景及現況,將有極豐富的啟發及研究助益。

為期一天半的室內會議結束後,主辦單位安排前往蒙古氣象及水文研究所參訪該國的氣 象預報系統,同時也瞭解目前蒙古如何提高預報發生沙塵暴的時間與地點及沙塵強度的準確 度。離開該研究所時,戶外竟飄下陣陣白雪,但卻不覺得寒意。但在下午的半日蒙古首府烏 蘭巴托的市區觀光,因最後到了郊區,荒涼至極,不知名的河道也積著冰雪,零度以下的寒 風刺骨對來自亞熱帶地區的筆者受不了,想起「風吹草低見牛羊」、「蘇武牧羊北海邊」、 「不叫胡馬渡陰山」等等以前僅能意想卻無法體會的景物浮現腦海裡。尤其他們帶我們到一 革命先烈紀念碑,風速之強,空氣之冷冽,筆者至回國近一週來至今依然印象深刻,冬季寒 流來襲,氣象單位常提到的蒙古高壓想必就是這麼一回事。

另外令我印象深刻的是,原以為蒙古的主要空氣污染就是沙塵暴,但首府烏蘭巴托都市 的交通工具所帶出的空氣污染竟是相當嚴重,這裡的車輛各式各樣,但都是老舊車輛,雖然 是靠右行使的道路,但駕駛座有在右側的,也有在左側的,交通號誌似乎沒有太大的參考 性,車輛與行人爭道,汽車的喇叭聲不絕與耳。瞭解後才知中國的、韓國的、日本的、俄羅 斯的,只有還可以動的老舊車輛在這裡都可以找的到,當局似乎也無從管理交通排放的空氣 污染,整個都市空氣中瀰漫著濃濃的硫氧化物、柴油味及粒狀污染物,又因冬季,整個都市 灰灰的,找不到整片的綠色樹木,僅有光秃秃的行道樹露著早春的綠葉,但僅有的葉片也有 著厚厚的灰塵覆蓋著。雖然如此,烏蘭巴托還是有值得一覽之處,主辦單位帶領我們去烏蘭 巴托近郊半山腰的喇嘛教聖地,瞭解喇嘛的養成教育及生活情況。同時也到當地的羊毛精品 店,觀看編工精緻的羊毛製品,惟因極具保暖,在台灣恐用不上,故無進一步購買的欲望。

第三天會議單位安排早上9點前往 Hustai National Park 做沙源地的實地考察,這個國家 公園位距烏蘭巴托西方約95 km 遠,雖曰「95 km」看似不遠,但在蒙古並無高速公路,因此 在顛簸的道路上整整花了近兩個鐘頭才在11 點到達,一路上離開市區後遠處的山坡上蒙古包 一個一個的,不時看到馬兒羊兒一群一群低著頭在已經枯黃的草原上啃食,泛黃的丘陵一座

2

接一座,挨著綿延不絕,無法一眼望盡,彷彿身入武俠小說中所描述的「大漠荒野」,有一 股悽涼與愁悵。Hustai 是一個擁有獨特地貌的地方,景觀非常豐富,有一望無際的巒山大草 原(mountain steppe),也有世界上唯一自然野生不受馴養的野馬。此外 Hustai National Park 具 有代表蒙古沙漠典型的 sand dunes,是一種被風吹積而成的沙丘,筆者亦藉此機會近身觸摸 可能引發亞洲沙塵暴的這些沙土,感覺質地細緻,比國內墾丁海灘的海沙還細,對於可吹襲 數千公里遠的沙塵有更深刻的瞭解。

二、與會心得

此研討會是少數以沙塵暴為焦點的國際會議。近十年探討亞洲沙塵暴相關議題的期刊論 文不少,許多論文也都先經各屆會議中宣讀後進而再發表於國際期刊,顯見此研討會的重要 性,尤其這屆會議就在引發亞洲沙塵暴的蒙古,除了可藉論文研討獲得學術交流之外,還多 了近身觀察沙源地的機會,來自南韓的資深學者 Prof. Y.S. Chung (Korea Centre for Atmospheric Environment Research)在室內會議中一直強調亞洲沙塵暴不應有中國長久以來所 稱的黃沙(yellow dust)這類的俗稱,他認為沙塵的顏色應是赤灰或赤黃色,所以會議中花了逼 些時間討論是否統一稱呼,雖然與會者對於他的意見表示尊重,但對此命名卻無共識,尤其 是筆者及來自中國內蒙古師範大學的海春興教授認為黃沙之名有其地理因素不應偏廢,且在 中國所觀察的顏色就帶有「黃土色」的概念,會否因各國語言的認知,對於 yellow 的感受不 同,實難統一。但當在 Hustai National Park 做沙源地的實地考察時,韓國的 Prof. Chung 終於 與與會者的認知有了一致的看法,認同沙塵的「yellow」。

此外,本屆研討會是這四屆參與人數最少的一屆,比起 2003 年 11 月在日本名古屋舉行 的第二屆會議 200 餘人與會的盛況不可同日而語。探究原因除了前往蒙古的交通並不便利, 加上四月中旬蒙古氣溫尚為寒冷外,主辦單位也因經費有限及經驗不足,不敢大量發出會議 的 announcement 給各國學者,亦無網站資訊,使得各國學者在不知研討會訊息的狀況下,造 成前來與會的人數銳減,且筆者的會議邀請函是在 3 月 20 日前後才因時間緊迫,特別請求主 辦單位提早給予,始得順利辦理蒙古簽證及校內出國程序,踏上旅程到了烏蘭巴托國際機場 一度因機場設備簡陋,旅途勞頓,讓我懷疑此次會議是否值得筆者如此大費周章前來與會, 但從主辦單位的接機開始,筆者發現一切顧慮都是多餘了,此次會議因與會學者不多,使得 本次會議舉辦雖小型,但既成功又溫馨,所有的與會者在會議期間都能享用到蒙古的美食及 貴賓般的招待與安排,並與蒙古掌管科學與學術界的政府要員面對面廣泛交換意見,瞭解蒙 古科技的現況,獲益良多。

三、考察參觀活動

此次主辦單位安排前往會議舉行地點不遠的蒙古氣象及水文研究所,該國的一些重要單位也都圍繞在總統府周圍,氣象及水文研究所也在此範圍。與會者參訪該國的氣象預報系統,同時也瞭解目前蒙古如何提高預報發生沙塵暴的時間與地點及沙塵強度的準確度。該國的沙塵預報使用美國發展的 MM5 模式再加上該國自行發展的預測模式一起預判沙塵暴的規

模及時地。雖然蒙古氣象及水文研究所的內部建築極為老舊,設備也不是很好,但工作人員 卻都很用心且樂在其中。參訪完後繞經總統府前方的大廣場,這個大廣場據悉約可容納 50 萬 人,而若大莊嚴的成吉思汗大型雕像就豎立在廣場北側、左右另有一略小的雕像,一位是忽 必烈,另一位大汗筆者就記不得了,但這些雕像身影氣勢雄偉,在這三位大汗前面的遼闊廣 場上矗立著兩位蒙古將軍衣著鐵衫騎著戰馬,時空彷彿回到當時 13-14 世紀蒙古鐵騎踏遍歐 亞大陸,令人震攝的強盛軍容。眺遠一望,遠處的整片山坡竟如一個大畫布,畫出如歷史書 本中成吉思汗的肖像,可以感受到成吉思汗在蒙古人心中的歷史地位。就連烏蘭巴托國際機 場稱為成吉思汗國際機場,烏蘭巴托最高級的五星級飯店也叫成吉思汗飯店,招待貴賓最好 的烈酒叫成吉思汗酒,感覺整個蒙古只要是有「成吉思汗」的名號,就是一種尊榮。

四、建議

本次參與在烏蘭巴托的第四屆沙塵暴國際研討會,成果豐碩,除藉此與各國研究沙塵暴 之專家學者交換研究心得外,也吸取很多寶貴經驗與靈感,尤其能親自到沙塵暴沙源地的蒙 古沙漠更是難得的體會,對日後研究亞洲沙塵暴的學術議題有更深一層感受。建議國內之專 家學者多能在參與多國舉辦之國際研討會,不盡然是大型研討會即使是小型的會議都會有不 同的收獲與體驗。在此筆者有感於研究的不能閉門造車,應多與各國之研究學者專家交流, 才能以獲裨益,願以此次的與會心得與大家分享共勉之。

五、攜回資料名稱及內容

本次研討會除攜回一冊會議議程及論文集外,尚帶回關於蒙古國家科學院的相關介紹與 表達尋求相關沙塵暴合作的邀請函。

Atmospheric PM_{2.5} Air Quality in Southern Taiwan Affected by January 2001 Asian Dust Storm

Ying I. Tsai^{1,*}, Chien-Lung Chen²

1. Department of Environmental Engineering and Science, Chia Nan University of Pharmacy and Science, 60, Sec. 1, Erh-Jen Rd., Jen-Te, Tainan 717, Taiwan, ROC

 Department of Finance, Fortune Institute of Technology, No. 1-10, Nwongchang Rd., Daliao, Kaohsiung 831, Taiwan, ROC

* Corresponding author. Tel: +886-6-266-0208; fax: +886-6-266-9090

E-mail address: mtsaiyi@mail.chna.edu.tw

In this paper we study the impact of an Asian dust storms (ADS) on the PM_{2.5} aerosol extant in Tainan, a city in southern Taiwan. PM25 aerosol was collected at an urban and a coastal site in Tainan before the ADS (4-12 January 2001) and during the ADS (13-16 January 2001). Backward wind trajectories show that air parcels arriving in Tainan during the ADS at 500 m above ground level originated 96 hours earlier in the Gobi Desert in southern Mongolia. The strong winds (indicated by the extended length of the 96-hour backward trajectory), which aided long-range transport (LRT), passed through the economically developed regions along the east coast of China, adding their aerosol pollutants to the mix before it arrived in Tainan. Winds arriving at 1000 m above ground level during the ADS originated 96 hours earlier in central China, and hence mixed with aerosol pollutants from cities and industrial regions in this region (e.g. Wuhan and Nanjing) and the east coast before crossing the Taiwan Strait to Tainan. PM_{2.5} mass concentrations during the ADS (January 13-16) rose to 125 μ g m⁻³ at the urban site and 89 µg m⁻³ at the coastal site, demonstrating that the ADS caused a significant deterioration in local air quality. The mass percentage of Ca²⁺ in PM_{2.5} increased noticeably during the ADS and there was a higher non-sea-salt SO_4^{2-} /elemental carbon ratio. This latter change was due to a heightened level of non-sea-salt SO_4^{2-} , which has a serious impact on air quality in southern Taiwan, and was likely sourced from sulfur integrated into the ADS aerosol as it passed major cities and industrial districts in China. The percentage water content in PM_{2.5} was at its lowest during the ADS. Despite having the highest levels of the potentially hygroscopic sulfate, ADS aerosol has lower water content than aerosol before the ADS. It is probable that its hygroscopic potential is not realized because it instead combines with Ca²⁺ to form CaSO₄, a major component of sand dust.