

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書
(出國類別：會議)

參加美國地球物理學會(AGU)
2008 年秋季會議

服務機關：行政院環境保護署

姓名職稱：蔡子衿環境監測技術師

尤思喻環境監測技術師

派赴國家：美國

出國時間：97 年 12 月 14 至 21 日

報告日期：98 年 2 月 5 日

出國報告 (出國類別：會議)

參加美國地球物理學會(AGU) 2008 年秋季會議

服務機關：行政院環境保護署

出國人 姓名職稱：蔡子衿環境監測技術師
尤思喻環境監測技術師

派赴國家：美國

出國時間：97 年 12 月 14 至 21 日

報告日期：98 年 2 月 5 日

參加美國地球物理學會(AGU) 2008 年秋季會議出國報告

摘要

本次參加由美國地球物理學會(AGU)舉辦之 2008 年秋季會議，蒐集衛星遙測技術及模式模擬對空氣污染物之監測應用、空氣污染物化學成分分析、懸浮微粒、雲和水氣交互作用之影響及長程傳輸污染物之監測與模擬等相關業務推動參考。會議參與的講題摘要如下：

- (1)懸浮微粒和雲的作用、(2)生物及人為排放物對微粒核化成長之影響。初步認識科學界目前致力於瞭解懸浮微粒、雲的交互作用，以及對全球氣候變遷及降水之議題。
- (3)懸浮微粒監測及模式的綜合比較、(4)衛星觀測資料對降水、空氣品質及雲微物理結構解析之應用。瞭解空氣污染物化學成分監測分析並和化學模式做綜合比較，以及衛星資料的應用性。
- (5)人為排放物對懸浮微粒和雲之影響、(6)懸浮微粒之間接影響—觀測及模式、(7)空氣品質、光化過程和氣象條件探討。瞭解相關模式對長程傳輸污染物監測與模擬之表現差異，以及探討光化作用、氣象條件影響空氣品質之重要性。
- (8)空中之沙塵—來源及終點、(9)懸浮微粒之間接效應及雲對懸浮微粒之影響。瞭解空氣污染局部氣流循環及沙塵之監測與模擬，懸浮微粒對氣候之間接效應及雲對懸浮微粒之影響。
- (10)植被、懸浮微粒及氣候的可能連結、(11)降低我們瞭解大氣汞循環之不確定性。瞭解植被、懸浮微粒和氣候的可能關係及大氣汞有害污染物之循環不確定性。

目次

一、會議背景說明.....	1
(一)目的	1
(二)緣起	2
二、會議過程說明	3
三、會議內容重點整理	7
(一) 氣膠之輻射效應	7
(二) 動力化學模式(WRFchem、Medel-3)	9
(三) 遙測儀器在氣膠監測之應用	10
(四) 大氣汞之監測模擬	11
四、心得和建議	13
附件一 參加會議相關照片	
附件二 會議議程	
附件三 會場簡報摘要節錄	
附件四 會場海報資料摘錄	

一、會議背景說明

(一)目的

本次參加由美國地球物理學會於舊金山舉辦的 2008 年秋季會議，至今已連續舉辦 40 年，現場共有來自世界各國之地球物理專家及學者計超過 16000 人與會，現場會議主題包括大氣科學(Atmospheric Sciences)、大氣及太空電離(Atmospheric and Space Electricity)、生物科學(Biogeosciences)、外層大氣學(Cryosphere)、教育及人類資源(Education and Human Resources)、測地學(Geodesy)、全球環境變遷(Global Environmental Change)、地磁學和古地磁學(Geomagnetism and Paleomagnetism)、水文學(Hydrology)、地球及太空科學(Earth and Space Science Informatics)、非線性地球物理學(Nonlinear Geophysics)、近地面地球物理學(Near-Surface Geophysics)、海洋科學(Ocean Sciences)、行星科學(Planetary Sciences)、公共事務學(Public Affairs)、古新世新學及史前氣候學(Paleoceanography and Paleoclimatology)、高層大氣物理學(SPA-Aeronomy)、太陽物理學(SPA-Solar and Heliospheric Physics)、磁器圈物理學(SPA-Magnetospheric Physics)、地球深層學(Study of the Earth's Deep Interior)、地殼物理學(Mineral and Rock Physics)、地震學(Seismology)、地殼物理學(Tectonophysics)、火山、地球化學及岩石學(Volcanology, Geochemistry, and Petrology)、美國生態科學(Ecological Society of America)等 25 個主題，計超過 1 萬篇文章及海報發表，為全球最大地球科學研討會之一。本次會議主題眾多，故針對與本署目前推動有關之衛星遙測監測技術與應用、模式模擬對長程傳輸空氣污染物之監測應用、懸浮微粒對氣候之影響、空氣污染區域海陸氣流循環之監測與模擬等業務主題之成果，作為本署業務推動參考。

(二)緣起

本署自民國 69 年前衛生署環保局時代開始建置我國空氣品質監測網，至民國 82 年 9 月於全國共設置 66 個空氣品質監測站、3 輛監測車、1 個品質保證實驗室及監測中心等，經陸續進行站網檢討，至民國 94 年全國空氣品質監測站網已增設至 76 站。為提供民眾更完整空氣品質監測資訊，監測地點由台灣本島擴充至澎湖、金門及馬祖 3 個外島，而為因應臨時性空氣品質機動調查所需，增加移動式監測站為 4 個。此外，順應國際監測趨勢，於民國 94 年 8 月開始於全部測站進行細懸浮微粒 PM_{2.5} 之監測。

環境遙測技術日益進步，各先進國家研究及投入環境遙測儀器及應用領域，為提升本署監測技術能量，於民國 91 年設置 3 台 MTP5-HE 逆溫儀、民國 94 年設置 1 台 DEGREANE PCL1300 剖風儀，輔助空氣污染事件個案解析及協助空氣品質預報等。並於民國 95 年於中部鹿林山設置 1 國際級大氣背景監測站，監測長程傳輸之空氣污染物，如大氣汞、CFCs 微量氣體等，且參與國際監測合作。此外，為進行懸浮微粒遙測之國際監測合作，在中央大學設置微脈衝雷射雷達及太陽輻射儀，監測懸浮微粒垂直剖面特性，於民國 96 年加入美國太空總署 MPLnet 及 Aeronet 之全球監測網。而為強化東亞沙塵傳輸監測，接收地球觀測衛星之中解析度成像分光輻射計衛星影響(MODIS)。為因應全球氣候變遷，民國 94 年於宜蘭棲蘭山設置二氧化碳通量測站，進行森林生態活動碳吸存估算。

為持續提升本署環境監測技術與能力，透過參加本次 2008 年美國地球物理學會秋季會議，參與大氣科學、全球氣候變遷及水文學等相關主題研究，瞭解國際學術界在環境監測領域之發展，有利於本署規劃、推動空氣品質監測之相關業務，並有助參與國際合作，提升國內監測技術之能見度。

二、會議過程說明

本次參加由美國地球物理學會(AGU)舉辦之 2008 年秋季會議，蒐集衛星遙測技術及模式模擬對空氣污染物之監測應用、空氣污染物化學成分分析、懸浮微粒、雲和水氣交互作用之影響、長程傳輸污染物之監測與模擬、空氣污染區域海陸氣流循環之監測與模擬等相關業務推動參考。行程與內容摘要說明如下：

12 月 14 日 啓程：台北至美國舊金山

12 月 15 日 美國地球物理學會秋季會議報到及參加開幕典禮，及參加的會議主題

General Contributions: Aerosols and Clouds I

- Biogenic and Anthropogenic Influences on Particle Nucleation and Growth I

參與各國學者報告(1)懸浮微粒和雲的作用、(2)生物及人爲排放物對微粒核化成長之影響。初步認識科學界目前致力於瞭解懸浮微粒、雲的交互作用，以及對全球氣候變遷及降水之議題共 8 個講題。

12 月 16 日 參加的會議主題

- Aerosol Multisensor and Model Intercomparison and Synergy
- Multiplatform and Multisensor Satellite Observations of Cloud-Precipitation Structures and Microphysics I

參與各國學者報告(1)懸浮微粒監測及模式的綜合比較、(2)衛星觀測資料對降水、空氣品質及雲微物理結構解析之應用。學習空氣污染物化學成分監測分析並和化學模式做綜合比較，以及衛星資料的應用性等共 14 個講

題。

12 月 17 日 參加的會議主題

- Anthropogenic Influences on Aerosols and Clouds I
- Aerosol Indirect Effects: Observations and Modeling I
- Air Quality, Photochemical Processes, and Complex Meteorology I

參與各國學者報告(1)人為排放物對懸浮微粒和雲之影響、(2)懸浮微粒之間接影響—觀測及模式、(3)空氣品質、光化過程和氣象條件探討。學習相關模式對長程傳輸污染物監測與模擬之表現差異，以及探討光化作用、氣象條件影響空氣品質之重要性等共 16 個講題。

12 月 18 日 參加的會議主題

- Cloud Effects on Aerosol I Posters
- Aerosol Indirect Effects: Observations and Modeling II Posters
- Airborne Mineral Dust: Sources, Emissions, Destinations
- Aerosol Indirect Effects III, and Cloud Effects on Aerosol II

參與各國學者報告(1)雲對懸浮微粒之影響(海報)、(2)懸浮微粒之氣候間接效應—觀測及模式(海報)、(3)空中之沙塵—來源及終點、(4)懸浮微粒之間接效應及雲對懸浮微粒之影響。學習空氣污染局部氣流循環及沙塵之監測與模擬，懸浮微粒對氣候之間接效應及雲對懸浮微粒之影響等共 8 個講題及海報區。

12 月 19 日 參加的會議主題

- Possible Links Among Vegetation, Aerosols, and Climate
- Reducing Uncertainties in Our Understanding of the Atmospheric Mercury Cycle I
- General Contributions: Aerosols and Clouds III

參與各國學者報告(1)植被、懸浮微粒及氣候的可能連結、(2)降低我們瞭解大氣汞循環之不確定性、(3) 懸浮微粒和雲的作用。學習植被、懸浮微粒和氣候的可能關係、大氣汞有害污染物之循環不確定性等共 12 個講題。

12 月 20-21 日 返程：美國舊金山至台北

三、會議內容重點整理

(一)氣膠之輻射效應

大氣中的氣體和懸浮粒子總稱為氣膠，氣膠可以吸收水汽或氣體而凝結進而成長，稱為凝結核 CN (Condensation Nuclei)，而 CN 之中能在大氣中形成雲滴促使雲生成的稱為雲凝結 CCN (Cloud Condensation Nuclei)，而能提高冰晶形成效率者稱為冰核 IN (Ice Nuclei)。而雲是大氣活動下的產物，在大氣與地球生態圈扮演相當重要的角色，雲對短波輻射有較強之散射作用，對長波輻射有吸收作用，因此雲的覆蓋率與雲內特性直接影響地球大氣中的溫度及能量平衡，透過水氣之蒸發－凝結－降水的過程，成為地球水文循環的重要一環。

氣膠、雲及輻射之交互作用（如圖 1）主要透過對太陽輻射之吸收與散射過程，可區分為直接效應(direct effect)與間接效應(indirect effect)。直接效應是指氣膠反射太陽輻射，增加日照反射率，故而使大氣氣溫下降。氣膠間接效應通常又可分為第一與第二間接效應兩部份：第一間接效應指出氣膠成為雲凝結核，增加雲滴數目，使雲的日照反射率增加；第二間接效應說明氣膠數量增加會使雲生命期增長、降低降水效率。

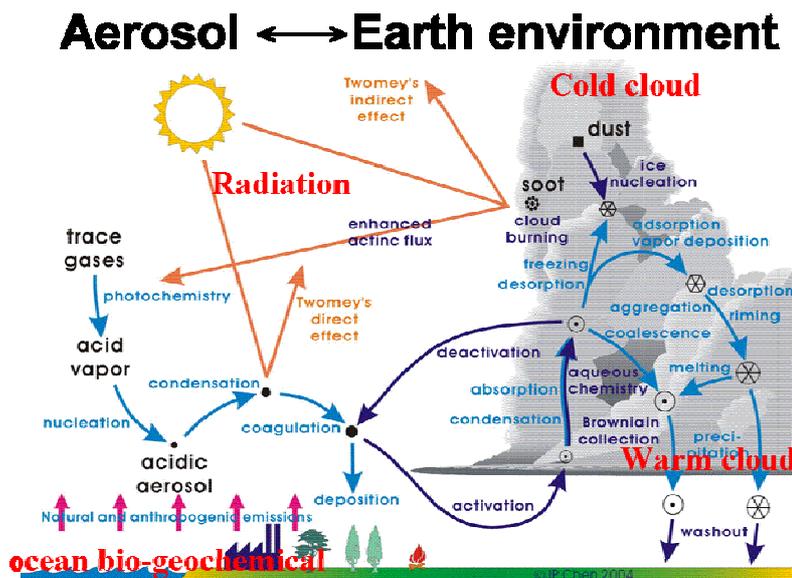


圖 1 概說氣膠和雲過程（淺藍色線）及其交互作用（深藍色線），對大氣輻射的影響（橘色線）。

目前學界已知氣膠的濃度多寡攸關雲滴粒徑大小分布、降水過程、雲頂高度、雲層厚度發展、閃電的發生等，對雲微物理過程、動力過程以及對流雲內粒子的帶電機制有很大的影響。氣膠也會影響雲的熱力結構與混態雲物理機制，甚至改變強對流所造成的砧狀卷雲結構，更進一步影響全球大氣輻射平衡，造成氣候上的變化。

而近幾十年來由於人類工業或活動造成污染物排放的氣膠越來越多，增添區域大氣化學變化在區域氣候變遷的不確定性與重要性，加上全球暖化已為各界關心之議題，且由聯合國環境署及世界氣象組織所成立之「跨政府氣候變遷小組」(IPCC)，於 2007 年所公佈之「氣候變遷報告」中提到懸浮微粒對於全球輻射效應的不確定性相當大(如圖 2)，因此懸浮微粒及氣候變遷的課題正為學界所致力探討研究，也是此次參加美國地球物理學會秋季會議的重點主題，包括美國密西根大學 Dr. Penner、美國加大 Dr. Chen 等利用氣候化學模式及美國大氣研究中心 Dr. Massie、美國猶他 Dr. Mace 等利用衛星遙測資料探討人為污染排放氣膠對於輻射之間接效應。

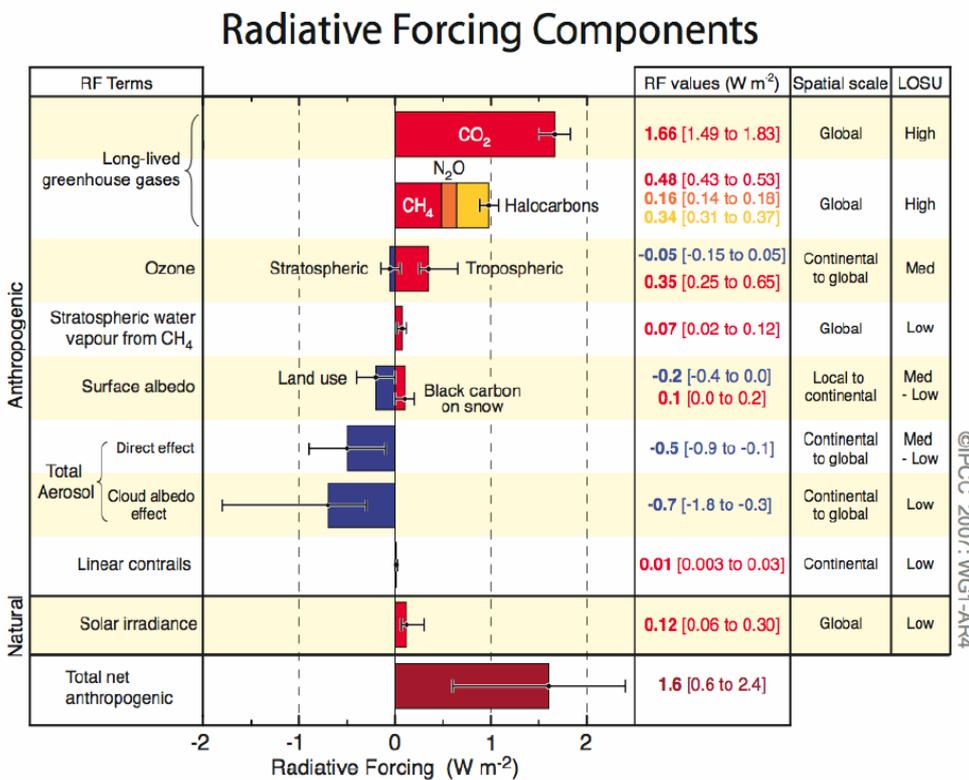


圖 2 跨政府氣候變遷小組(IPCC)於 2007 年公佈氣候變遷報告之輻射效應。

(二)動力化學模式(WRFchem、Model-3)

WRFchem是中尺度氣象模式(WRF)中耦合化學計算的模組，可同時進行化學場和動力場之運算，而WRF模式是由美國國家大氣研究中心(NCAR)、美國國家大氣海洋總署的預報系統實驗室與國家環境預報中心(FSL, NCEP/NOAA)共同發展出新一代的中尺度數值模式。此模式可用來進行高解析度模擬的數值模式，其發展主要目的是取代現有的中尺度數值模式，如MM5 (NCAR)、ETA (NCEP/NOAA)等，整合學術研究及作業單位所使用的數值模擬系統。

Models-3 為 Third-Generation Air Quality Modeling System 之通稱，是由美國 EPA 為分析模擬各種複雜之大氣物理、化學程序的系統化模式，並可應用於環境影響評估及決策分析而發展之系統。Models-3 的核心稱為 Community Multiscale Air Quality Modeling System，故亦可稱為 CMAQ 模式。CMAQ 的目的在於綜合處理複雜的空氣污染物如對流層的臭氧、懸浮微粒、毒化物、酸沈降及能見度等化學運算問題，此外，CMAQ 為多層次網格模式，即將模擬的區域分成大小不同的網格範圍來分別模擬，也因如此需要氣象模式作為氣象初始條件，所以 CMAQ 需要有 MM5 或 WRF 氣象模式提供模擬時所需的氣象資料。

由新一代動力化學模式 CMAQ 和 WRF-Chem 應用於進行空氣污染物濃度預報之研究中，瞭解中尺度氣象模式之輸出結果對於模擬空氣污染物濃度值會有很大的影響，在會場馬里蘭大學 Dr. Yegorova 及威斯康辛大學 Dr. Lin 分別以 WRFchem 和 CMAQ 進行臭氧的模擬，發現 WRFchem 對於濃度升高之時間可有效掌握，惟濃度值結果的表現並不佳。而 Dr. Lin 利用 MM5 和 WRF 模式輸出不同的氣象場給同樣設定之 CMAQ 模擬，發現模式之降水結果對臭氧濃度的影響最大，而降水結果之差異在於設定不同微物理參數法，故微物理參數法之設定對模擬污染物濃度定量結果的影響最顯著，而 NASA 的 Dr. Han 嘗試用 MM5 模擬冬季氣旋鋒面降水，並用不同的微物理參數法模擬的降水結果和 TRMM 衛星之降水資料進行比較，以了解不同微物理參數法之特性。

(三)遙測儀器在氣膠監測之應用

MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer)又稱為中解析度成像分光輻射度計，是搭載於 Terra 和 Aqua 衛星上的一個重要感測器。MODIS 感測器有三十六個波段（光譜頻率），空間解析力介於 250 公尺~1000 公尺，回覆期（指衛星能夠觀察到同一地點的最短間隔）為 1~2 天，在這樣的能力下，MODIS 感測器能夠提供動態且十分豐富的地球影像，其資料之應用可準確的預測全球變遷而幫助決策者做出保護環境的重要決定，資料應用範疇可包括海洋學、生物學和大氣科學與全球變遷。

CALIPSO (Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observation)為掛載於 CloudSat 衛星之儀器，包含有雷射雷達(CALIOP)跟紅外、可見光影像儀(IIR)，加上 CloudSat 上的雲剖面雷達(CPR)可提供全球單一地點時間之雲系及氣膠的垂直結構分布，於 2006 年 4 月發射至今。由於地面 lidar 觀測常因雲系的遮蔽干擾而無法求得雲系之上氣膠資料，而 CALIPSO 能有效彌補此資料之不足，對全球天氣及空氣品質的監測占有重要角色，此外，CALIPSO 搭配 A-train 群集衛星中之 PARASOL 和監測二氧化碳及溫室氣體之 OCO 儀器亦可增進對氣候系統過程之瞭解。

美國 NASA 的 Dr. Remer 分析 MODIS 自 2000 年以來的 8 年資料，發現氣膠光學厚度 AOD 在北半球大多數區域的值是降低，但南半球受到生質燃燒影響的區域卻是上升。此外，由於地面測站僅能監測局部地區的空气品質，而大範圍的衛星資料卻可彌補此資料之不足，在美國東岸 MODIS 反演之氣膠光學厚度和地面 PM 測值有很高的相關性，但排放污染較為顯著的美國西部並不好，會場中美國加州大學 Dr. Justice 利用 MODIS Deep Blue 新演算法所反演的 AOD 和加州 San Joaquin Valley 地面測站之 PM_{2.5} 資料作比對，加上 CALIPSO 之 CALIOP 所推求之氣膠高度資料，結果相關性比傳統 MODIS 的值還高，顯示此法對於環境監測的應用具有可行性。而美國 NASA 的 Dr. Chu 也針對 MODIS 之 AOD 和地面 PM 迴歸之相關性有類似的結果。

(四)大氣汞之監測模擬

汞是一個全球性污染物，美國和歐盟都將其列為毒性污染物，可區分為三大類，氣態元素汞(GEM)、活性氣態汞(GRM)和顆粒態汞(PHg)，其中後兩類會很快經由沉降移除，故元素汞是大氣汞之主要物種。此外，由於大氣汞的傳輸過程伴隨複雜之化學反應及乾濕沉降作用，加上自然界與人為排放後會經由食物鏈的生物累積及放大作用之過程，以及缺乏監測資料作為模式驗證，因此在掌握大氣汞傳輸濃度之難度相當高，如何降低儀器監測和模式模擬之不確定性為重要課題。

會場中美國 Lamar 大學 Dr. Lin 和威斯康辛大學 Dr. Littlefield 利用 WRF 模式搭配 CMAQ 進行大氣汞之傳輸模擬，並進行一連串的敏感度測試，結果發現改變汞的反應機制對於濕沉降的影響大於乾沉降，邊界條件(BC)對模擬濃度及沉降的影響大於初始條件(IC)，及改變模擬的解析度對濃度、乾沉降及總沉降結果差異不大，但是對濕沉降的模擬結果卻不一致。此外，美國麻州 Dr. Selin 亦利用一全球尺度之大氣汞模式(GEOS-Chem)，包含海洋中生物累積作用之生態系統，進行模擬結果之探討。最後由 Dr. Gustion 對全球大氣汞之循環及不確定性作導論和未來的研究方向。

四、心得和建議

- (一) 相關遙測技術的分析應用亦常見於本次會議報告中，包括 MODIS、TRMM、CloudSat、Atran、Lidar、Calipso 及 sunphotometer 等，用於懸浮微粒監測及降水時序空間分析，例如利用 MODIS、Lidar 及 Calipso 反演氣溶膠光學厚度(AOD)並和觀測資料比對結果，可應用於改善模式模擬懸浮微粒之濃度。而 TRMM、CloudSat 分析降水在地區及氣候上的變化趨勢，以瞭解工業或人為排放的懸浮微粒逐年增加，對降水過程包括冷雲和暖雲降水的淨效應影響為何。最後是輻射之遙測相關資料，試著去評估區域性乃至全球性之懸浮微粒—雲—氣候之交互作用，因為目前學界對其複雜的交互作用及機制尚不清楚。
- (二) 模式的應用及比較，包括區域性動力化學模式及全球氣候環流模式。現場看見的區域模式有 CMAQ(即 Model3，需搭配 WRF 或 MM5 的模擬作為氣象初始場)，及氣象化學耦合之 WRFCHEM，並去比較模擬局部環流影響空氣污染濃度或長距離傳送空氣污染物的結果，但此類模式的研究於今年會場並不常見。此外，全球氣候環流模式主要探討近十多年來人口發展較為密集的地區，包括中國、歐美等國，工業及人為排放的污染物對於輻射效應乃至氣候變遷所造成的影響，及預測以這樣的排放速度對未來全球溫度升降的淨效應。
- (三) 從此次會議探討的主題可以得知懸浮微粒在氣候變遷上扮演很重要的角色，並有許多相關研究進行中，惟目前尚未有較明確的共識，顯示未來相關議題仍是各界探索的重點。而本署應延續目前對於懸浮微粒之地面監測，以及光達、太陽輻射儀及 MODIS 等遙測儀器，除可提供學術界進行科學研究之必要資料，亦有助本署推動相關國際環境監測合作，及提升本署環境監測之技術和能量。
- (四) 會場有幾篇中國大陸學者對 2008 年北京奧運期間空氣品質之研究，包括利用衛星遙測、地面觀測資料及模式模擬之分析，顯示中國大陸具相關監測儀器及研究基礎，兩岸未來或可推動空氣污染監測交流合作。此外，目前各國學者近年致力於研究氣膠、氣候環境及水文循環的交互影響，本署可以結合國內學術單位，推動國際環境監測合作和

交流，以提升我國環境監測作業之技術能量和能見度。

- (五) 交流其他國家的空氣採樣分析儀器監測情形，了解監測儀器在不同的環境條件下運作情形是否亦有顯著的不同(例如：高低緯度國家使用輻射監測儀器的資料或是儀器排除差異影響的能力)討論空氣品質監測上所面臨到的問題以及資料分析的應用；並取得最新的監測儀器之相關訊息，可作為未來測站功能擴充的參考。
- (六) 我國空氣品質近年受到鄰近國家長程傳輸影響逐漸明顯，特別是來自中國大陸的空氣污染排放物，其中日、韓等國亦在其影響範圍。日、韓專家學者在東亞沙塵議題上皆有足夠的觀測經驗及資料，對於沙塵的監測、化學特性及其對空氣品質的影響了解甚高，尤其在沙塵預報模式發展部份，已具備相當程度的技術；透過參與 AGU 等國際性的大型科學會議，可以分享在台灣無法取得的最新研究及監測結果，並建立聯絡管道，未來可透過國際合作邀請該領域專家學者至台進行指導，以提昇空氣污染物的監測能力。
- (七) 國際交流均以英文為主，因此相關介紹我國空氣品質監測工作、資料和計畫之內容須提供英文版本，以促進實質交流。此外，未來應持續充實本署目前如鹿林山、二氧化碳通量、超級微粒及光化學評估等測站之監測成果，並多參與學術研討活動，以增加我國環境監測作業在國際舞台之能見度。

