

出國報告（出國類別：考察）

考察生質燃燒及越域傳輸監測技術

服務機關：行政院環境保護署 國立中央大學 國立中央大學

姓名職稱：謝炳輝科長 林能暉教授 王家麟教授

派赴國家：美國

出國期間：民國 93 年 12 月 5 日至 12 月 13 日

報告日期：民國 94 年 3 月 8 日

行政院及所屬各機關出國報告書提要

公務出國報告提要

頁數：24 頁(未含附錄)

報告名稱：

考察生質燃燒及越域傳輸監測技術

主辦機關：

行政院環境保護署

出國人員：

謝炳輝 行政院環境保護署 環境監測及資訊處 科長

林能暉 國立中央大學 教授

王家麟 國立中央大學 教授

出國類別：空氣品質監測規劃與站網管理出國考察

出國地區：美國

出國期間：民國 93 年 12 月 5 日至 12 月 13 日

報告日期：民國 94 年 3 月 8 日

分類號/目：I5/化學與環境科學

內容摘要：本次出國考察計畫主要觀摩丹佛美國國家海洋與大氣總署

(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)

氣候監測與診斷分析實驗室(Climatic Monitoring and

Diagnostics Laboratory, CMDL)及其所屬位於夏威夷大島(Big

Island)的Mauna Loa 全球背景監測站，以引進國際監測經驗並

蒐集相關資訊，作為本署評估鹿林山大氣背景站建置方式與儀

器設備參考規格，中央大學並由林能暉教授、王家麟教授，偕

同前往，本計畫之執行可供空氣品質監測業務推動參考，並可

增強我國與美國國家海洋與大氣總署及環境保護署之環保合作

關係。

一、 拜會美國氣候監測與診斷分析實驗室（CMDL）：

(一) CMDL 共分成 5 個研究部門：碳循環、鹵碳化合物及其他大氣微量物質、臭氧及水汽、氣膠與輻射、監測站運作。計有 51 位聯邦公務員及 37 位約聘科學家，另有 2 位海軍常備軍官協助。CMDL 任務即是進行長期大氣化學及空氣品質相關化學物種監測，長期觀測大氣成份的變動，以掌握全球/區域化學場受大氣污染物影響之情形。

(二) CMDL 與聯合國氣象組織(WMO)之全球大氣監測網(Global Atmosphere Watch, GAW)合作，許多一級標準均在此負責製造與校正，並定期提供訓練課程，協助各國培育人才。其下有 5 個世界級大氣背景站：Barrow, Mauna Loa, Samoa, South Pole 及 Trinidad Head。

二、 參訪美國夏威夷 Mauna Loa 火山之監測站：

(一) Mauna Loa 全球背景監測站位於夏威夷大島，海拔約 3300m，NOAA / CMDL 是全球運轉歷史最久，最適合代表北半球背景的觀測地點，眾所熟悉 Charles Keeling 教授的 CO₂ 觀測從 1958 年即在 Mouna Loa 開始觀測，其所量測出來之 CO₂ 長期成長趨勢圖，至今仍未中斷，而此站之高度與緯度與鹿林山接近。

(二) Mouna Loa 觀測項目除包括粒狀物、CO₂、CO、CFC_s、CH₄、水汽、Lidar、輻射計外，美國環保署亦設置汞監測儀器，以追蹤水銀的長程傳輸。

目 錄

第 1 章緒言	5
1-1 緣起	5
1-2 目的	6
1-2-1 美國家海洋與大氣總署(NOAA)氣候監測與診斷分析實驗室	6
1-2-2 夏威夷 Mauna Loa 背景監測站	6
1-3 考察行程與出席人員	6
第 2 章國家海洋與大氣總署(NOAA)考察紀要	8
2-1 氣候監測與診斷分析實驗室(CMDL)	8
2-1-1 簡介	8
2-1-2 大氣氣膠研究群組 (AERO)	10
2-1-3 太陽及大氣輻射群組 (STAR)	10
2-1-4 碳圈及溫室氣體 (CCGG)	11
2-1-5 觀測操作群組 (OBOP)	12
2-1-6 臭氧及水汽組 (OZWV)	12
2-2 標準氣體配置	13
第 3 章美國夏威夷全球大氣背景測站 (MLO) 考察紀要	15
3-1 美國夏威夷全球大氣背景測站簡介	15
3-2 夏威夷全球大氣背景測站負責人及操作運轉	16
3-3 夏威夷全球大氣背景測站測站環境	16
3-4 夏威夷背景站與我國鹿林山背景站相關性	18
3-5 CO 與 CFC 的系統	19
第 4 章結論與建議	23
附錄	
附錄一 Aerosol Sampling System for WMO Global Atmosphere Watch	
附錄二 Detailed Drawings of Aerosol Sampling Systems	

第一章 緒言

1-1 緣起

由於我國空氣品質監測站網儀器設備使用已超過十年，儀器設備老舊而且部分機型原廠停產，造成維修困難。加上環境變遷，先進國家對空氣品質監測的要求在質與量上亦日益提高，因此，本署乃擬定「環境品質監測站網汰換及毒災應變體系建置計畫」，並奉行政院 90.12.28 台九十環字第 076123 號函核定，自 91 年至 94 年逐年汰換並擴充空氣品質監測系統。

因應先進國家監測潮流，加強國際合作並與國際接軌，為監測站網汰換主要目標之一，落實在執行上包括設置光化學測站、設置微粒超級測站、增設中解析地球資源衛星遙測系統（MODIS）、建置微脈衝雷射雷達、設置臭氧一級標準實驗室和紫外線標準校驗實驗室等等，整個監測系統已具先進國家的規模。

同時由於我國位於東南亞，在地理區位上介於亞洲大陸與夏威夷群島間，美國國家海洋與大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)氣候監測與診斷分析實驗室(Climatic Monitoring and Diagnostics Laboratory, CMDL)在夏威夷大島(Big Island)的 Mauna Loa 設有全球背景監測站，如我國能籌設全球背景測站，不僅可以建立本土性的背景空氣品質基準資料，而且由於地理區位特殊，更可以為未來評估東南亞工業發展與生質燃燒對污染物長程傳輸，提供重要的參考資料。

有鑑於籌設背景站之需要，本署乃於 93 年度委託中央大學進行背景站的評估與規劃，並經由計畫主持人的安排，參訪並考察氣候監測與診斷分析實驗室與 Mauna Loa 全球背景監測站，引進國際監測經驗並蒐集相關資訊，作為本署評估鹿林山大氣背景站建置方式與儀器設備購置。

1-2 目的

1-2-1 美國國家海洋與大氣總署(NOAA)氣候監測與診斷分析實驗室(CMDL)

參訪美國國家海洋與大氣總署(NOAA)氣候監測與診斷分析實驗室(CMDL)，瞭解實驗室業務內容與相關全球背景空氣，觀摩污染物採樣分析、儀器設備操作及測站建置等相關技術，並與碳循環、鹵碳化合物及其他大氣微量物質、臭氧及水汽、氣膠與輻射、監測站運作等 5 大部門科學家洽談，以提供本署鹿林山背景站籌設及後續操作維護參考，並建立後續聯絡管道。

1-2-2 夏威夷大島(Big Island)的 Mauna Loa 背景監測站

實地觀摩夏威夷大島(Big Island)的 Mauna Loa 背景監測站，瞭解全球背景監測站運轉管理現況及國際間儀器比對執行情形，吸收先進監測經驗並蒐集相關資訊，作為本署未來設置測站及操作運轉方式參考。

1-3 考察行程與出席人員

本次考察期間自 93/12/5 至 92/12/13 日，考察期間分別與受訪單位人員及其專家進行意見交流，並實地觀摩美國國家海洋與大氣總署(NOAA)設於丹佛之氣候監測與診斷分析實驗室(Climatic Monitoring and Diagnostics Laboratory, CMDL)，並赴夏威夷大島的 Mauna Loa 全球背景監測站瞭解測站運作情形；相關行程如表一，行程簡介整理如附錄 1 所示，受訪人員如下：

1. 氣候監測與診斷分析實驗室(Climatic Monitoring and Diagnostics Laboratory, CMDL)受訪人員及其負責業務說明如下：

- (1) Russell C. Schnell 博士- CMDL 科學部門主管，位階僅次於主任，負責整個氣候監測與診斷分析實驗室科學研究與國際合作工作，協助

解說整個實驗室運作情形。

- (2) James Butler博士- 為CMDL副主任，負責N₂O及鹵碳化物部門。
- (3) Samuel Oltmans 博士- 負責臭氧觀測。
- (4) John Ogren 博士氣- 負責大氣氣膠之觀測之(與林教授指導老師 Vin Saxena 教授相當熟識。
- (5) Thomas Mefford 博士- 負責氣象資料庫管理與分析。
- (6) 趙從龍博士- 掌管全球CO₂標準品製作，為前中國科學院研究員，利用低溫乾冰法測定CO₂原級標準即為趙博士所發展。

2. Mauna Loa 全球背景監測站受訪人員

John Barnes 博士- Mauna Loa 監測站(MLO)負責人

表一、出國考察行程

日期	地點	工作內容
93/12/05 (日)	台北 到 丹佛	起程
93/12/06(一)	丹佛	抵達美國，拜會 CMDL (Climate Monitoring and Diagnostics Lab)並蒐集資料。
93/12/07(二)	丹佛--夏威夷 (Denver-Honolulu)	拜會 CMDL，前往夏威夷。
93/12/08(三)	夏威夷 (Honolulu-Hilo)	從歐胡島前往大島。
93/12/09(四)	夏威夷 (Hilo-Honolulu)	考察 Manau Loa Observatory 背景測站。
93/12/10(五)	夏威夷	拜會夏威夷大學及整理資料。
93/12/11(六)	夏威夷--舊金山	整理資料及轉機
93/12/12(日)	舊金山--台北	轉機返國
93/12/13(一)	舊金山--台北	返國

第二章國家海洋與大氣總署(NOAA)考察紀要

2-1 氣候監測與診斷分析實驗室(CMDL)

2-1-1 簡介

美國國家海洋與大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)氣候監測與診斷分析實驗室(Climatic Monitoring and Diagnostics Laboratory, CMDL)共分成 5 個研究部門：碳循環、鹵碳化合物及其他大氣微量物質、臭氧及水汽、氣膠與輻射、監測站運作。計有 51 位聯邦公務員及 37 位約聘科學家，另有 2 位海軍常備軍官協助。

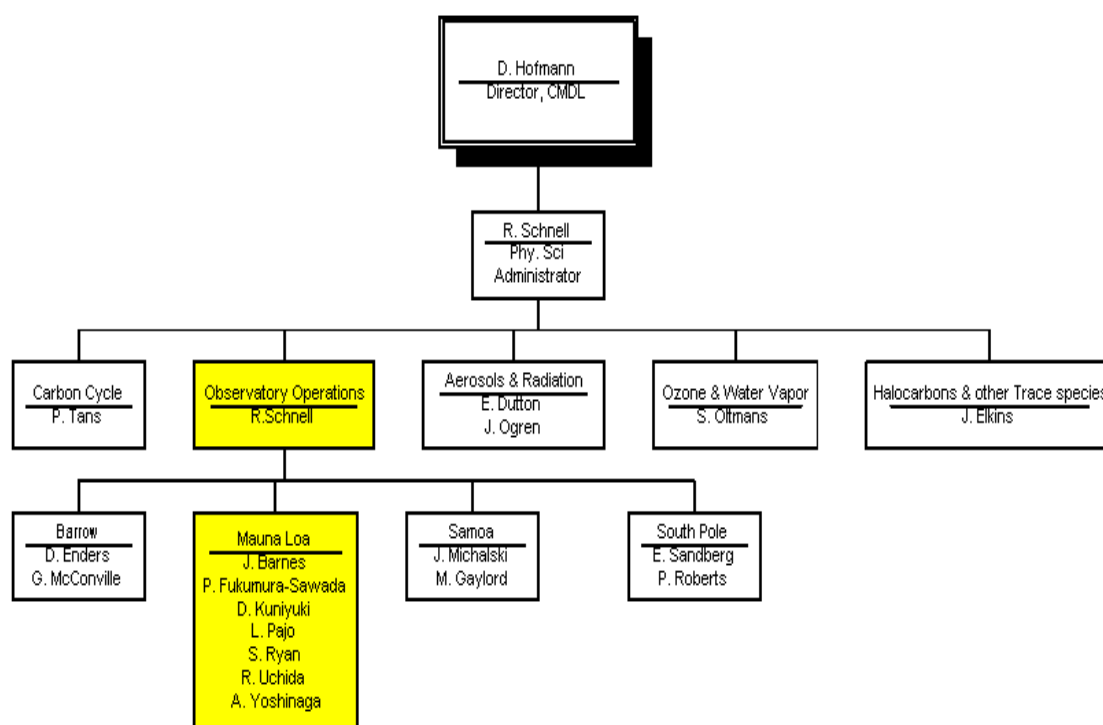


圖 1.美國氣候監測及診斷實驗室組織圖

CMDL任務即是經由長期精確量測大氣氣體 (atmospheric gases,)、氣膠 (aerosol particles)、太陽輻射 (solar radiation) 以瞭解控制氣候變動驅動力、臭氧破壞及基準大氣品質之地球大氣系統，並研發先進全球性及區域性環境資訊及服務產品。CMDL與聯合國氣象組織(WMO)之全球大氣監測網(Global

Atmosphere Watch, GAW)合作，許多一級標準均在此負責製造與校正，並定期提供訓練課程，協助各國培育人才。其下有 5 個世界級大氣背景站：Barrow, Mauna Loa, Samoa, South Pole及Trinidad Head。而其中最著名為夏威夷Mauna Loa 火山之監測站(約MLO, 3300m)所量測出來之CO₂長期成長趨勢圖。

林教授與謝科長於 6 日深夜 3 時抵達飯店，同日 9 時，CMDL 科學部門主管(僅次於主任)，Russell C. Schnell 博士親自接待(見圖 1 合照)，安排兩天行程。其與林教授熟識，曾於 2000 年來台參加過”空氣品質與大氣科學國際研討會”。對台灣印象深刻，相當友善。Schnell 博士親自帶領我們就上述 5 大監測分部，逐一參觀，並盡其所能介紹各實驗室功能及運作情形，其中看到遍布全球之鹵碳化合物收集樣本集中管理與分析，標準品之 QA/QC 嚴謹過程，文件與資料管理等，深深感到美國人做事認真態度，毋怪乎其為科學強國，引領世界，實為我學習對象，以下將就該實驗室主要研究群加以介紹：



圖 2. 林能暉教授、謝炳輝科長、Russell Schnell 博士合影

2-1-2 大氣氣膠研究群組 (Aerosols Group, AERO)

CMDL 於 1970 年代中期開始執行大氣氣膠監測，原是作為氣候變遷地球物理監測計畫的一部分 (Geophysical Monitoring for Climate Change, GMCC)。經由此一計畫的執行，對於大氣氣膠的特性開始有了科學性的發現。例如其中之一就是人為污染對區域及洲際尺度大氣氣膠的影響超過全球尺度。區域氣膠監測計畫的目標，在於建立不同氣膠的氣候變遷驅力特性資料：包括平均值、變異度及長期趨勢，同時也對影響這些特性的變化參數進行進一步的解析。CMDL 的氣膠監測成果不僅提供衛星遙測及全球模式的地面實測驗證資訊，同時也作為全球模式的關鍵氣膠參數。此次參訪承蒙氣膠觀測之 John Ogren 博士熱心友善接待 (與林教授指導老師 Vin Saxena 教授熟識，圖 3)，並提供測站氣膠採樣系統相關資料 (詳附錄)。

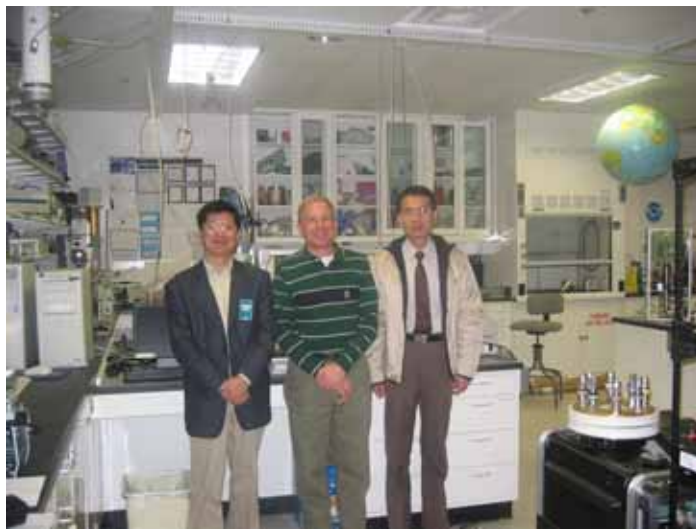


圖 3. 林能暉教授、謝炳輝科長、John Ogren 博士合影

2-1-3 太陽及大氣輻射

(Overview of Solar and Thermal Atmospheric Radiation, STAR)

太陽及大氣輻射組的任務為地球表面輻射收支的理論及實測研究，內容包括調查長期的氣候輻射變化，以及經由不同的全球性地面監測站網進行長期氣象觀

測。太陽及大氣輻射研究重心為探討觀測所發現變異的規模及造成原因，並與其他分組合作參與衛星遙測與氣候模式計算，同時對特定研究機構提供遙測波譜分析。進行 UV 的絕對量量測，以探討臭氧和太陽輻射的交互作用為較新近的研究計畫。

2-1-4 碳圈及溫室氣體 (Carbon Cycle Greenhouse Gases Group , CCGG)

碳圈及溫室氣體群組 (Carbon Cycle Greenhouse Gases group , CCGG) 研究範疇依資料性質分為背景測站及高塔的連續性監測，以及地面、海面與飛機上等任務型非連續監測。這些監測資料記錄碳圈有關氣體的時空分布，同時也是科學界瞭解全球碳循環的關鍵要素。氟氯碳化物及其他微量氣體監測組

(Halocarbons and other Atmospheric Trace Species group , HATS) 的任務在於量化溫室氣體氧化亞氮 (nitrous oxide, N_2O) 及氟氯碳化物的時空分布，並對其產生來源與消散規模進行研究探討。HATS組應用監測平台包括地面測高塔、輪船、飛機、火車和探空氣球等，來達成任務，本次訪問亦曾與負責 N_2O 及鹵碳化物之James Butler博士(亦為CMDL副主任，圖 4)洽談。

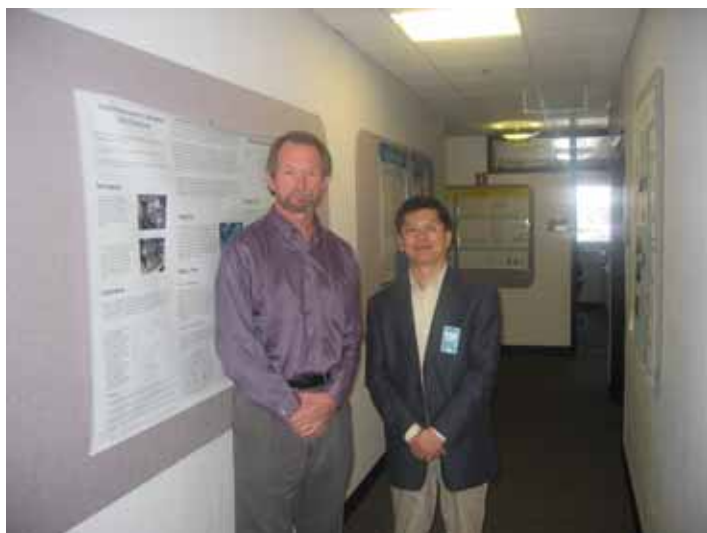


圖 4. 林能暉教授、James Butler 博士合影

2-1-5 觀測操作群組 (Observatory Operations Group, OBOP)

CMDL 在加州、夏威夷、美屬三毛亞、阿拉斯加及南極 (Barrow, Alaska; Trinidad Head, California; Mauna Loa, Hawaii; Samoa; and the South Pole) 共設有加五個全球背景測站，這些測站執行眾多的野外現場及遙測量測作業，量測範圍包括大氣及太陽輻射。前四個測站所有的科學研究計畫都是由 CMDL 總部督導，而測站每日的操作則由測站當地的主管負責。測站每日監測所得的氣象資料，經由觀測操作組處理並上載於網際網路，同時除了背景測站外，全世界許多國際合作測站亦由 CMDL 觀測操作組協助操作，而 Thomas Mefford 博士(圖 5)，則對氣象資料庫管理與分析詳細解說。



圖 5. 謝炳輝科長、Thomas Mefford 博士合影。

2-1-6 臭氧及水汽組 (Ozone & Water Vapor Group, OZWV)

臭氧和水氣研究組 (The Ozone and Water Vapor Group, OZWV) 主要在研究同溫層臭氧減少的現象與原因，平流層及對流層臭氧所扮演的角色，與水汽在氣候變動驅力及其對大氣化學自淨能力的調整機制。這些成果來自長期觀測及密集研究計畫，觀測及研究內容包括總臭氧 (total column ozone)、臭氧的垂直變化剖面、地表臭氧、上對流層及同溫層的水氣垂直變化剖面，以及傳輸模式和軌跡模擬，臭

氧觀測部門負責人為 Samuel Oltmans 博士(圖 6)。



圖 6. 謝炳輝科長、Samuel Oltmans 博士合影

2-2 標準氣體配置

監測設備研發、標準品配置及國際合作為氣候監測與診斷分析實驗室 (Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory, CMDL) 的三大特色，為因應從地表、海面到空中監測業務，所需的儀器設備均由實驗室的科學家及工程師研發製造，另方面測站使用的標準氣體，亦由實驗室自行配置，其中應用質量法建立二氧化碳的原級標準為中國旅美科學家趙從龍博士(前中國科學院研究員，圖 7)所發展。其原理為將含二氧化碳的氣體冷卻固化，將二氧化碳與其他氣體分離後，再加熱並利用波義耳定律，依二氧化碳的氣體分壓來計算絕對濃度。

趙博士並且指出一般氣體供應商所供應的標準氣體，其中所含二氧化碳來自石油燃燒，石油燃燒的二氧化碳並不含碳的同位素，所以其組成和自然界中的二氧化碳來源不同，因此不適合用於背景測站，CMDL 在 4000 公尺的高山上另有專屬的二氧化碳配置實驗室，採用自然環境中的二氧化碳。另方面由於背景站在監測精密度和準確性的要求相當高，趙博士也特別舉例指出，在實驗室的二氧化

碳二級標準鋼瓶係採用水平的方式存放，和一般測站直立存放的方式不同（如圖 7），主要原因在於氣體鋼瓶長期使用後氣壓將降低，由於二氧化碳的分子量較空氣重，可能會造成鋼瓶中二氧化碳上下的濃度不一致，全球背景站對品質要求之嚴格與長期累積經驗之重要由此可見。

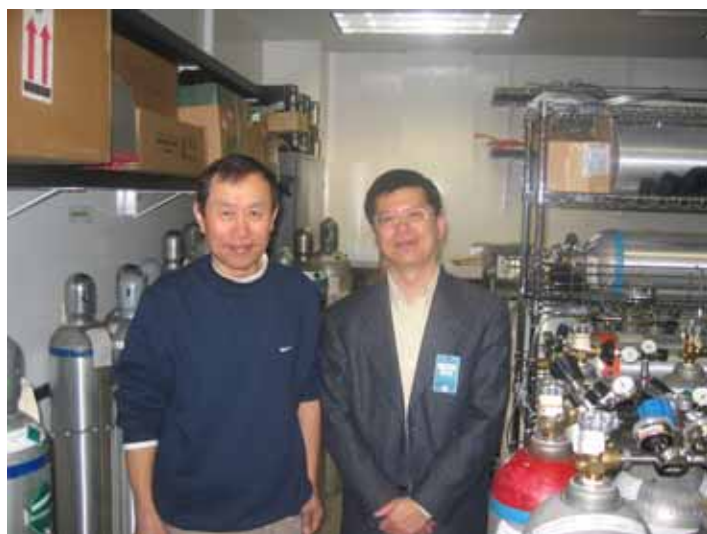


圖 7. 林能暉教授、 趙從龍博士合影
（林教授身旁平放之鋼瓶為二氧化碳二級標準氣體）

第三章 美國夏威夷全球大氣背景測站

(Mauna Loa Observatory , MLO)

考察紀要

3-1 美國夏威夷全球大氣背景測站簡介

Mauna Loa Observatory (MLO)為美國海洋及大氣署 (National Oceanic and Atmospheric Administration , NOAA) 所轄氣候監測診斷實驗室 (Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory , CMDL) 所屬大氣背景測站

(atmospheric baseline station) , MLO設置之目的在於執行CMDL的任務, 即是經由長期精確量測大氣氣體 (atmospheric gases,) 、氣膠 (aerosol particles) 、太陽輻射 (solar radiation) 以瞭解控制氣候變動驅力、臭氧破壞及基準大氣品質之地球大氣系統, 並研發先進全球性及區域性環境資訊及服務產品。

MLO同時也是國際同溫層變遷監測網 (Network for the Detection of Stratospheric Change , NDSC) 的主一級監測站。國際同溫層變遷監測網係一高感度遙測研究站網用於監測及解析同溫層的理化狀態。臭氧及與臭氧變化有關的化合物及影響參數為量測的主要目標。同溫層變遷監測網為國際高大氣層研究主要的一環, 此一站網來自美國國家及國際性組織所支持, 包括國際臭氧委員會 (International Ozone Commission) 、聯合國環境計畫署 (United Nations Environment Programme , UNEP)) 、以及世界氣象組織 (World Meteorological Organization , WMO) 。

就沿革而言, MLO背景測站是NOAA / CMDL所轄全球運轉歷史最久, 而且也是北半球最具代表性的背景觀測地點, 如國際知名Charles Keeling 教授的CO₂觀測從 1958 年即在Mouna Loa開始觀測, 至今仍未中斷, 且其科學與教育的重要性與日俱增。

3-2 夏威夷全球大氣背景測站負責人及操作運轉

John Barnes博士為NOAA 光達 (laser radar)的負責人 (*Station chief /Physical Scientist*),在Mauna Loa已 12 年。其光達主要用於量測氣膠及氣溫，利用不同波長光達的氣膠量測可以高達距地面 30 公里氣膠而氣溫可以量測距地面高達 70 公里的氣溫，執行的量測頻率通常每星期一次。John Barnes博士同時也負責紐西蘭紫外光譜儀的校正和維護，同時也是Mauna Loa Observatory 對外參訪及宣導演講的主要聯絡窗口。

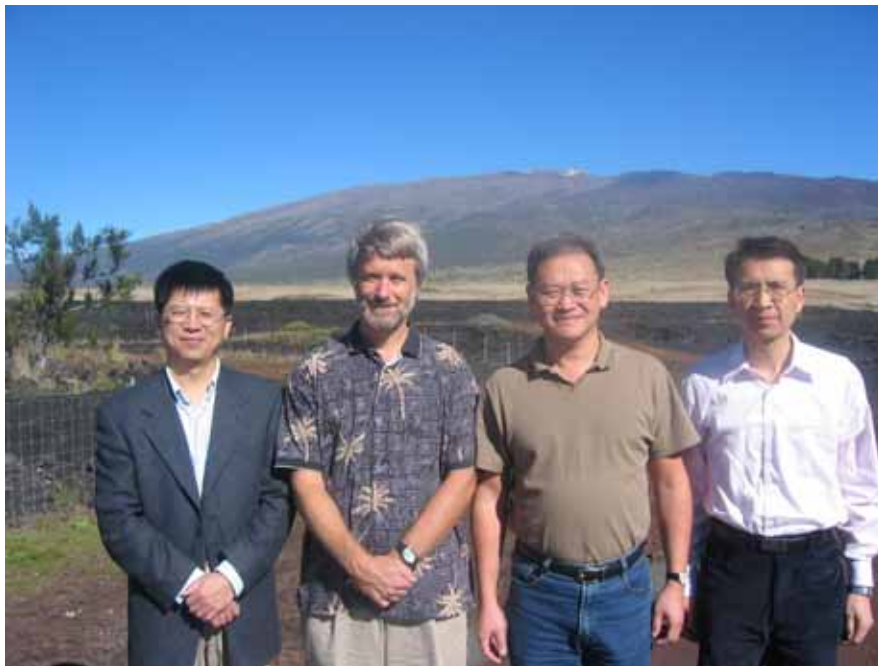


圖 8. 林教授、王教授、謝科長、John Barnes 博士合影

參訪時 Barnes 博士說明中特別提到在高山遭受雷擊的可能性很高，避雷設備則須周全，而整個測站人員大約維持 6 人，採每週輪值方式上山，不在山上的時間即留在市區(Hilo)辦公室，所有監測資料均以微波傳送，監測儀器也完全自動化，因此人力的負擔並不太重。

3-3 夏威夷全球大氣背景測站測站環境

Mauna Loa測站位於 4 千多公尺海拔的Mauna Loa活火山上，山頂為火山口，測站位於山頂下方，由Hilo市驅車前往約需 90 分鐘。由於是活火山，最近一次

的爆發約在 20 年前，因此山上幾乎沒有大型植物，四處所見皆為尚未風化的火山溶岩，山上溫度約在 6°C (山下溫度為 24°C)，一般風速頗大，濕度約在 20-40 % 間，相當乾燥且空氣已相當稀薄。測站主要建築有二，一為原先成立測站時的磚造平房，內有輻射觀測訊號接收設備以及CO₂量測的新與舊的二套系統。

全球聞名的Charles Keeling最早CO₂ NDIR光譜儀也放置在此，美國本土 NOAA/CMDL的 CO與CH₄採樣設備也存放在此一建築中。室外一隅另以木材結構搭建一粒狀污染物採樣平台，略高於平房屋頂，平台上為所有懸浮微粒採樣設備，以及部份輻射計。由於Keeling的CO₂量測已為全球大氣變遷作了絕佳的見証，因此為表彰此一成就於大門右側牆壁掛有一CO₂濃度變化圖形的銅製紀念牌，其上刻有Charles Keeling教授的姓名。

因量測項目的增加，舊站房空間不敷使用，因此於數年前於舊房舍對面 20 公尺遠外再搭建另一較大的平房造價約 1 百萬美金，其中包括了CO、CFCs、CH₄、Lidar，以及室外的輻射計，而CO與CH₄系統放置於同一室，CFCs系統另放一室，室內經年恆溫，Lidar則置於邊間，觀測時可將屋頂的觀測口升起打開。



圖 9. 氣象塔及氣體監測採樣塔

對於氣態物質如 CO_2 ， CO ， CH_4 ，CFCs的進樣方式是由採樣管延伸至室外一氣象塔頂，直線距離約 2 百公尺，塔高約 50 公尺，採樣管材質為 1/4” 鋁管，外披覆一層塑膠皮，防止表面腐蝕，以及防止雷擊時導電，由於 CO_2 ， CO 等氣體化性穩定，不至於快速與鋁反應，且由於必須使CFC通過而不受汙染因此不使用 Teflon管。

3-4 夏威夷背景站與我國鹿林山背景站相關性

由於我國係規劃鹿林山作為在東亞地區具有代表性的背景大氣測站，以評估台灣受到臨近國家污染傳送的影響程度，因此特別針對一氧化碳、氟氯碳化物等物質作為污染示踪劑（tracer）的量測技術進行先期評估，而 MLO 長期監測此二物種，具相當成熟技術與經驗。

選擇此兩種物質的原因在於 CO 與CFCs分別為燃燒、工業與民生活動的產物，對於東南亞地區的生質燃燒借由西風盛行風飄送至東亞上空影響台灣空氣品質的程度可借由 CO 的觀測得到證明，而對於中國民生與經濟的快速發展所造成的大量污染輸出也可借由 CO 和CFCs觀測得到證明，兩類物質的大氣生命期都在數月

(對於CO而言)至數年以上(對於CFCs而言)因此經過長程傳輸至東亞、太平洋地區也不至因大氣氧化而消失。

由於Mouna Loa具有上述區域特性，美國環保署也特別與其合作，於背景站設置汞監測儀器並由科學家參與相關監測，其目的在於探討汞和有機汞的長程傳輸。此外，就氣態污染物而言，其他大部份氣態的有機污染物則在長程傳輸的過程被氧化、稀釋而損失殆盡，因此CO與CFCs是指示長距離污染的有效指標，而在對東南亞或是中國污染輸出造成對台灣背景值升高的可能性能夠扮演釐清的角色，以下即針對Mouna Loa的量測項目作一介紹，尤其將強調其所使用的CO與CFCs的系統。

3-5 CO 與 CFCs 的系統

鹿林山背景測站量測CO與CFCs的分析系統將規劃為兩部分，一為放置於測站作為長期連續觀測的系統，二為置於實驗室用於驗證測站系統的分析設備。未來測站系統一旦被有效驗證後將發揮主要的背景監測功能。

在NOAA/CMDL的Mauna Loa背景值觀測站中，使用氣相層析技術進行CO和CH₄的分析，其中使用氧化汞還原法(Mercuric oxide reduction method)以分析CO，此方法最早由McCullough等人於1947年提出，其偵測器原理係利用CO流經高溫氧化汞(HgO)氧化床時，HgO上的氧原子被CO帶走而被還原生成汞蒸氣。

經由半個世紀的發展，目前利用氧化汞還原法機制運作的儀器，為美國Trace Analytical所生產的還原氣體分析儀進行分析，此型儀器之偵測原理即為上反應式，因汞原子和CO具有正比的關係，藉由共振紫外光光譜吸收法偵測汞原子的濃度，即可間接測得CO的濃度，此儀器可達2至10 ppb極低的偵測極

限，為美國 NOAA/CMDL 實驗室採樣罐分析以及 Mouna Loa 測站連續觀測所採用，自 1990 年架設採樣點與實地量測實驗中沿用至今。



圖 10. Mauna Loa 測站之 CO 分析儀正面外觀圖

CMDL 的採樣網在全世界遍布有約 70 個左右的地點，如圖 11 所示。其各地所收集的樣品，送至實驗室中進行分析，其實驗室內針對碳循環氣體所架構之分析系統組織圖如圖 12，採樣罐接上分析系統之後，樣品需於進樣前通過低溫冷卻槽，除去空氣樣品中的水氣，而再送入還原氣體分析儀中進行分析，以 Mauna Loa 為例，儀器在每一次氣體樣品分析，也分別以切換閥門的方式，同時注入 40~300 ppb 之低濃度及高濃度的標準品，針對每一次樣品分析的結果做檢量的動作。最後便將測量所得之數值輸入資料庫中，與網站連結以公佈。

World map showing the locations of NOAA Greenhouse Gas stations. The map includes latitude and longitude markings from 90°N to 90°S and 100°E to 100°W. A legend in the bottom left corner identifies symbols: red dots for Surface stations, teal squares for Observatories, blue stars for Aircraft stations, and green triangles for Towers. Open symbols indicate inactive sites. Numerous locations are labeled across the globe, including Ulaanbaatar, Mongolia, Shemya, Gold Bay, Barrow, Alert, Summit, Zeppelin, Pallas, Station M, Iceland, Mace Head, Azores, Izana, Bermuda (2), Barados, Ascension, Seychelles, Namibia, Mt. Kenya, Israel, Hungary, Romania, Ochnenkoff, Baltic, Obninsk, Kazakhstan (2), Mt. Waliguan, Algeria, Cape Grim, Mauna Loa, KumuKahi, Christmas Island, Am. Samoa, Rarotonga, Easter Island, Ushuaia, Palmer Station, South Pole, Halley Station, and Syowa. A NOAA logo is in the bottom right corner.

圖 11. 空氣樣品直接送往 CMDL 進行分析之全球採樣網

第四章 結論與建議

- 一、本署空氣品質監測站網汰換計畫目前已進入第四年，主要監測設備及站房等已完成汰換並且建置完成之逆溫儀、光化學監測站、微粒超級測站、中解度地球資源衛星遙測系統(MODIS)、標準校驗實驗室等等外，94 年將陸續進行剖風儀、監測車、背景測站、通量測站等先進儀器設備之採購及設置，未來可加強規劃中長期整合型研究計畫，以發揮空氣品質監測站網之效益。
- 二、考察美國美國國家海洋與大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)氣候監測與診斷分析實驗室(Climatic Monitoring and Diagnostics Laboratory, CMDL)，瞭解美國在基礎監測研究所投入的人力及物力，非一般國家所能望其項背，同時 CMDL 也對國際合作積極推動，Russell C. Schnell 博士表示幾乎每個月均有不同國家的科學家前往實驗室參訪，足證環境保護科學已全球化。然而以全球觀點在地行動的策略而言，未來應加強建立本土化基準資料，以資訊交換來參與國際合作。
- 三、考察美國美國國家海洋與大氣總署(NOAA)氣候監測與診斷分析實驗室(CMDL)設置於夏威夷大島(Big Island)之 Mauna Loa 全球背景監測站，有助於我國未來鹿林山設置全球背景測站。鹿林山背景站將來不僅可以建立本土性的背景空氣品質基準資料，而且由於地理區位特殊，更可以為未來評估東南亞工業發展與生質燃燒對污染物長程傳輸，提供重要的參考資料，與國際接軌。
- 四、此次訪美已和美國國家海洋與大氣總署(NOAA)氣候監測與診斷分析實驗室(CMDL)及夏威夷Mauna Loa全球背景監測站科學家建立初步接觸管道，未來宜配合台美環境保護合作計畫，加強人員間之互訪，以為將來長期合作奠基、引進美方經驗及技術並經由合作管道傳播我國背景空氣品質資訊。
- 五、汞長程傳輸監測為美國環保署國際合作的重點，台美合作計畫美方負責人Dan Thompson亦多次表達對汞監測的重視，由於美國環保署在Mauna Loa全球背

景監測站亦設有汞連續監測儀，未來鹿林山背景測站宜將汞的監測納入。

六、為確保監測數據品質，提供正確監測資訊，背景站監測作業之操作維護及品保程序相當重要，故亟需建立本土化操作維護及品保品管技術，同時相關人員培訓亦需積極規劃。

Aerosol Sampling System for WMO Global Atmosphere Watch

John Ogren <John.A.Ogren@noaa.gov>

NOAA Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory

Boulder, CO 80305, USA

revised September 7, 2004

1. Introduction

NOAA/CMDL operates five baseline stations that are part of the WMO/GAW network, as well as a number of regional aerosol monitoring sites. This document describes some of the essential features of those systems that are suitable for replication at other GAW sites. CMDL welcomes collaboration with GAW station operators desiring to initiate or upgrade aerosol sampling at their stations. The sampling systems described here are consistent with the recommendations for aerosol sampling systems prepared by the GAW Scientific Advisory Group for Aerosols (WMO #153, WMO/GAW Aerosol Measurements and Procedures: Guidelines and Recommendations).

2. Measurement System

The aerosol parameters that are continuously measured with the sampling system are light scattering coefficient, light absorption coefficient, and number concentration. An integrated impactor/filter sampling module samples particles for subsequent gravimetric and chemical analysis. This system provides measurements of four of the five core aerosol variables recommended for regional and global GAW stations, as well as two other variables recommended for global GAW stations:

- mass in two size fractions (core);
- major chemical components in two size fractions (core)
- light absorption coefficient (core)
- light scattering coefficient at various wavelengths (core)
- hemispheric backscattering coefficient at various wavelengths
- aerosol number concentration

Detailed specifications of the system are given in section 5 below. The instruments used by CMDL include:

- TSI model 3563 integrating nephelometer
- Radiance Research model PSAP absorption photometer
- TSI model 3010 or 3760 condensation nucleus counter
- NOAA/PMDL impactor/filter sampler.

The instrumentation is designed to be installed in a climate-controlled laboratory, with heating and air-conditioning as necessary to maintain a room temperature around 25 degrees Celsius. Some of the essential features of the sampling techniques used by CMDL are:

- an omnidirectional inlet that brings particles from 10 meters above ground level into the laboratory;
- control of relative humidity, to ensure that measurements of aerosol properties sensitive to

relative humidity are made under stable conditions, and also to avoid condensation of water in systems that are operated in air-conditioned laboratories;

- control of particle size, to allow determination of the properties of sub-micrometer and super-micrometer particles.

Photographs of the aerosol sampling systems deployed at two of CMDL's baseline observatories are shown below.

Figure 2-1: NOAA/CMDL aerosol sampling system at Mauna Loa Observatory. The major components in the 19" instrument rack (from bottom) are the particle size-cut control box, condensation nucleus counter, light absorption photometer, analog/digital subsystem, and inlet heater controller. The tall instrument to the right of the rack is the integrating nephelometer for measuring aerosol light scattering coefficient. The power supply for the nephelometer and the personal computer that operates the system rest on top of the rack.



Figure 2-2: NOAA/CMDL aerosol sampling system at Trinidad Head Observatory. This system is more complex than the one at Mauna Loa, and includes a second nephelometer for measuring the dependence of aerosol light scattering on relative humidity, as well as a filter sampling unit. The two nephelometers are to the left of the instrument racks. The upper-right rack contains most of the components shown in the photo above from Mauna Loa, while the upper-left rack contains the filter sampling unit. The lower-left rack contains the humidity and particle size-cut control units, and the lower-right rack contains storage drawers and an uninterruptible power supply.



The sampling system uses a variety of pumps and blowers to pull air through different components. A high-capacity blower is used for the main stack flow, and diaphragm and/or

carbon-vane pumps provide the vacuum for the instruments and filter samplers. In order to maintain acceptable noise levels inside the laboratory, the pumps and blowers are installed in a wooden box outside of the laboratory.

Figure 2-3: Pumpbox at Mauna Loa Observatory. The base of the 10-meter tower and the 10-cm stack bypass line are also seen in the photograph.



Figure 2-4: Pumpbox at Trinidad Head. Shelter from rain is provided by installing the pumpbox under the elevated instrument trailer at this site.



Figure 2-5: Pumpbox interior. Louvres (top) and a thermostat-controlled fan (bottom) prevent excess heat buildup. Time-delay relays (box at top left) provide a controlled recovery from power outages by spreading out the power surge when the pumps are started. The long cylindrical object is a filter that captures the graphite particles generated by the carbon-vane pump.



3. Inlet System

An elevated inlet provides air samples above the dust and flow disturbances at the surface. NOAA/CMDL uses a 10-meter tower to support a 20-cm diameter duct that brings air down to the laboratory. The inlet stack is made from polyvinyl chloride (PVC) sewer pipe, which is inexpensive and widely available. A metal hat prevents rain from entering the inlet stack, and a 5-cm diameter stainless steel tube extracts the sample flow from the centerline of the stack near its base. The stainless steel tube is wrapped with heating tape, and the tube is heated if necessary to reduce the relative humidity of the sample to 40%. The total stack flowrate is 1000 lpm and the flow through the stainless steel tube is 150 lpm; the excess 850 lpm is exhausted into the pumpbox by a high-capacity blower. The sample flow leaving the heated tube is split into four analytical lines (30 lpm each), with another 30 lpm flowing through a bypass line containing the temperature and RH sensor used to control the sample heater.

The characteristics of the site determine the details of the inlet system installation. It is preferable to bring the sample into the laboratory through the roof, to minimize bends in the flow. In some cases, however, it is necessary to bring the sample through the wall of the laboratory. The photographs below show some of the inlet system configurations used by CMDL. Note that the insulation has been removed from the sample lines in the photos; at most sites, the splitter and all downstream sample lines are heavily insulated to avoid a temperature drop, particularly at air-conditioned stations.

Figure 3-1: Inlet stack at Bondville station. The stack is cantilevered over the laboratory trailer so that the sample can be brought through the roof without any bends in the flow. Pumps and blowers are kept in the wooden box at the base of the stack. The 10-meter tower is supported by three guy wires and protected by a lightning rod.



Figure 3-2: Inlet stack at Gosan station (South Korea). Penetration through the roof was not allowed at this station, so sample air had to be brought in through a wall. This meant that the stack could be directly bolted to the tower.



Figure 3-3: Base of inlet stack at Gosan station. The tee-adapter directs the main stack flow to the blower in the pumpbox through 10-cm diameter PVC pipe. The 5-cm heated inlet tube is inserted into the main stack from the bottom, and extends to a point above the tee-adapter.



Figure 3-4: Lower part of inlet stack at Mauna Loa. The structure used to cantilever the stack away from the tower, which allows direct penetration of the inlet through the roof, is clearly visible. An access port is cut into the stack at the level of the top of the 5-cm stainless steel inlet, to allow filtered air checks of the entire system. The port is glued to the back of the white saddle adapter, seen just below and to the left of the pineapple.



Figure 3-5: Close up view of stack access port at Mauna Loa, with HEPA capsule filter installed on aerosol inlet.



Figure 3-6: Rain hat used at Mauna Loa. Galvanized steel was used at this arid site. Stainless steel is used at other sites.



Figure 3-7: Stainless steel rain hat used at Chebogue Point, Canada, for an intensive field study. Aluminum brackets and a stainless steel cooking pot provide a simple and inexpensive solution.



Figure 3-8: Inlet splitter at Gosan station, showing penetration through wall of trailer. This installation was flawed because the base of the splitter was about 50 cm too low, leading to a tighter bend in the 5/8"-ID sample lines (black, conductive silicone tubing) than desired.



Figure 3-9: Inlet splitter at Mauna Loa, with direct penetration of sample inlet through the roof. Conductive silicone tubing (5/8" ID) is used for active sample lines, and polyethylene tubing is used for the spare and bypass lines. A temperature and RH sensor is inserted into the bypass line through the union tee just below the base of the splitter. Readings from this sensor is used to control the inlet heater, so that the RH of the air leaving the splitter is kept below 40%. Rotameters are used to measure the sample flowrate in the spare and bypass lines, which are maintained at a 30 lpm flowrate.



4. Data Acquisition System

Data acquisition and instrument control are done with open source software. NOAA/CMDL has

written software in the C programming language for controlling the aerosol sampling system, and will freely provide this software to interested GAW stations. This software runs under the GNU/Linux operating system, which is freely available on the internet. The hardware requirements for running the CMDL aerosol software are modest (500 MHz Pentium-class CPU, 128 MB RAM, 12GB hard disk, USB port). CMDL has had good success using older laptop computers (IBM Thinkpad model T20), which are readily available used for about \$500. An image of a bootable CD-ROM that runs the CMDL aerosol data acquisition system can be downloaded from <ftp://ftp.cmdl.noaa.gov/aerosol/etc/cpd/cpdlive.iso>.

Measured data are normally transmitted over the internet once per day to a restricted ftp server at CMDL that allows anonymous, write only connections. Dial-up access over telephone lines is used where direct internet access is not available. The quantity of data transferred daily is around 150 kilobytes. Quick-look plots are generated automatically and available on the internet within 15 minutes after receipt of the data (see <http://www.cmdl.noaa.gov/aero/qcplots.html>). Daily review of these plots allow problems to be quickly identified, which helps avoid extended data loss caused by malfunctions. CMDL is willing to provide this level of automated processing to GAW stations that use the CMDL aerosol data collection software.

Incoming connections to the aerosol computer allow remote users to view the data (as text or time-series plots) for troubleshooting problems in real-time. The data acquisition software can also be upgraded remotely.

5. Specifications of NOAA/CMDL aerosol sampling system

Inlet system:

Diameter, main stack, cm	20
Flowrate, main stack, lpm	1000
Flow velocity, main stack, m/s	0.53
Reynolds number, main stack	7070
Particle stopping distance, main stack (cm)	0.02
Diameter, heated inlet tube, cm	4.76
Flowrate, heated inlet tube, lpm	150
Flow velocity, analytical sample line, m/s	1.4
Reynolds number, heated inlet tube	4440
Particle stopping distance, heated inlet tube (cm)	0.04
Diameter, analytical sample line, cm	1.59
Flowrate, analytical sample line, lpm	30
Flow velocity, analytical sample line, m/s	2.5
Reynolds number, analytical sample line	2670
Particle stopping distance, analytical sample line (cm)	0.07

Light scattering coefficient:

Method	Integrating nephelometer
Manufacturer and Model	TSI, Inc., Model 3563

Wavelengths (nm)	450, 550, 700
Noise level, 1-minute average (Mm^{-1}), 550 nm wavelength	0.2
Relative humidity (percent)	< 40
Particle size ranges measured (diameter, μm)	$D < 10$, $D < 1$
Angular integration ranges (degrees)	total scattering: 7-170 hemispheric backscatter: 90-170

Light absorption coefficient:

Method	Light transmission through fiber filter
Manufacturer and Model	Radiance Research, Particle/Soot Absorption Photometer (PSAP)
Wavelength (nm)	565, adjusted to 550
Noise level, 1-minute average (Mm^{-1})	0.1
Relative humidity (percent)	< 40
Particle size ranges measured (diameter, μm)	$D < 10$, $D < 1$

Particle number concentration:

Method	condensational growth followed by optical detection of single particles
Manufacturer and Model	TSI, Inc., Model 3010
Working fluid	n, butyl alcohol
Particle size range measured (diameter, μm)	$D > 0.010$

Chemical sampler:

Collection methods	Impactor with 8 backup filters
Size ranges sampled (μm)	$1 < D < 10$ (impactor), $D < 1$ (filter)
Sample duration, typical (hours)	168 (impactor), 24 (filters)
Sample volume, typical (m^3)	300 (impactor), 43 (filters)
Filter medium	Teflon
Analytical methods	gravimetric, ion chromatography
Species determined	total mass, major ions (Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-})