

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書  
(出國類別：考察)

環境品質監測氣體校驗及品保作業  
考察

服務機關：行政院環境保護署

姓名職稱：黃欣俊技正

派赴國家：美國、日本

出國時間：104年10月12日至10月27日

報告日期：104年11月

出國報告 (出國類別：考察)

# 環境品質監測氣體校驗及品保作業 考察

服務機關：行政院環境保護署

出國人 姓名職稱：黃欣俊技正

派赴國家：美國、日本

出國時間：104 年 10 月 12 至 10 月 27 日

報告日期：104 年 11 月

## 摘要

本次參加由美國國家標準與技術研究院(National Institute of Standards and Technology；以下簡稱 NIST)、USEPA Research Triangle Park (EPA RTP)、EPA Region 1 (New England Regional Laboratory)、麻薩諸塞州環保署 (Massachusetts Department of Environmental Protection；MADEPT)、紐約州環保署 (New York State Department of Environmental Conservation；NYDEC)、大阪府立環境科學中心、京都市衛生環境研究所及 Thermo Fisher Scientific, MetOne、Horiba 及住友氣體等監測儀器與氣體製造公司協助提供之空氣品質監測氣體校驗及品保作業考察參訪，期程共計 16 日。主要考察內容包括標準氣體及流量追溯認證系統、臭氧標準光度計 (SRP) 最新發展、PM 相關法規與未來趨勢、微粒標準風洞實驗室設計與應用、空氣品質監測站運轉管理與 QA/QC 作業方法、監測數據資料處理 (含資料有效性確認方法及註記、查詢等)、儀器最新應用發展、美國及日本空氣品質監測站查核及實驗室儀器校驗作業技術等。

本署自民國 91 年起更新建置第 3 代空氣品質監測儀站網，大幅提升監測運轉品質。由於資訊科技之高速發展，資料交流應用更為廣泛快速，因此監測數據品質維護作業之挑戰更為嚴峻與重要。由於監測計量標準多追溯校正自美國國家實驗室，且美國在環境監測技術及品質管理系統之發展建置較為長遠，經驗豐富。為強化國內空氣品質監測儀器運轉及管理之作業技術，同時藉由國際觀摩參訪機會，一併檢視比較國內外空氣品質監測站數據水準及提升測站管理效能，特規劃本次技術參訪活動，進行臺美測站相關作業技術之交流學習。另考量鄰近氣候環境條件較為相近的日本，除具有相關監測儀器研發的技術，並也已經執行空氣品質監測作業多年，因此另於回程順道參訪日本主要儀器及氣體製造廠場的製造與品質管理過程，以及參觀位於大阪的國設大氣環境監測站與京都省的一般大氣與交通監測站之運轉管理模式，藉以檢討比較國內外差異性，提出技術交流心得，提供本署未來監測站網之運轉策略應用參考。

# 目錄

一、前言及目的.....	1
二、過程說明.....	2
(一) 行程.....	2
(二) 地點及討論主題.....	3
(三) 行程.....	5
三、心得與建議.....	17

## 附件一、活動照片

**NIST SRP Lab**  
**NIST PM & SRM 分析**  
**NIST Fluid Flow Group**  
**NIST Wind Tunnel**  
**EPA RTP Campus**  
**EPA Region 1 (New England Lab)**  
**MADEP**  
**Thermo Fisher Scientific**  
**NYDEC (N-Core Station-Queens Collage)**  
日本住友精化千葉工廠  
日本 **HORIBA**  
日本國設大阪環境大氣測定所  
日本京都市環境大氣測定所  
日本京都市自動車排氣測定所

## 附件二、簡報資料

**Welcome to NIST**  
**EPA RTP- NAAQS, AQI, AirNow**  
**EPA Region 1-PM<sub>2.5</sub> Continuous Monitor**  
**Comparability Assessments**  
**-Final Ozone NAAQS Ambient Air**  
**Monitoring in New England**  
住友精化

## 京都市大氣污染日常監控系統

### 附件三、其他參考資料

- A. Field Standard Operating Procedures for the EPA Through-The-Prob(TTP) Performance Evaluation Program. April 10.2015**
- B. Massachusetts Ambient Air Monitoring Network Assessment. July xx, 2015**
- C. MASSAD Standard Operating Procedures (SOP) for PM<sub>2.5</sub> and Low Volume PM<sub>10</sub> Laboratory Operations 04/23/14**

# 一、前言及目的

## (一)前言

國內空氣品質監測作業自民國 91 年更新汰換以來對於監測作業品質的管理主要參考美國環保署 (USEPA) 制定的相關參考指引或作業手冊據以執行，多數監測計量標準如校正標準氣源與流量等亦皆追溯自美國國家實驗室 (NIST)。近年來儀器發展日新月異，功能逐漸強化，且操作介面更為友善，由於本署第 3 代儀器運轉迄今已逾 10 餘年，儀器逐漸老舊，維護成本逐漸增加，即將面臨再度更新汰換的階段，藉由本次觀摩參訪機會，以掌握流量量測技術與標準原及儀器與品質管理的最新發展，以利後續監測作業品質的提升。

本次研習期程計 16 日，主要內容包括標準氣體及流量追溯認證系統、臭氧標準光度計 (SRP) 最新發展、PM 相關法規與未來趨勢、微粒標準風洞實驗室設計與應用、空氣品質監測站運轉管理與 QA/QC 作業方法、監測數據資料處理 (含資料有效性確認方法及註記、查詢等)、儀器最新應用發展、美國及日本空氣品質監測站查核及實驗室儀器校驗作業技術等。

## (二)目的

本次考察主題為環境品質監測氣體校驗及品保作業。主要目的係學習美國及日本在環境監測站網及儀器運轉維護管理模式與計量量測及物質參考標準技術最新發展現況，並比較監測數據處理之差異，提供本署空氣品質監測網站運作管理強化應用參考。同時藉由空氣品質監測站及監測設施查核作業現場實作觀摩，進行現場討論及意見交換及請教空氣品質監測設備實際應用曾經遭遇之問題，俾獲得改善建議方式。

## 二、過程說明

本次研習期程自 104 年 10 月 12 至 10 月 27 日。協辦單位包括美國國家標準與技術研究院(National Institute of Standards and Technology；以下簡稱 NIST)、USEPA Research Triangle Park (EPA RTP)、EPA Region 1 (New England Regional Laboratory)、麻薩諸塞州環保署 (Massachusetts Department of Environmental Protection；MADEPT)、紐約州環保署 (New York State Department of Environmental Conservation；NYDEC)、大阪府立環境科學中心、京都市衛生環境研究所及 Thermo Fisher Scientific、MetOne、Horiba 與住友氣體等監測儀器與氣體製造公司。各單位主要參與人員及相關行程與考察參訪地點、討論主題如下：

### (一) 行程

主要行程如下表：

活動日期	活動內容	備註
10 月 12 日	啟程	高雄-東京-美國華盛頓特區
10 月 13 日~15 日	NIST Lab Tour	美國 (MD)
10 月 16 日	USEPA RTP Lab Tour	美國 (NC)
10 月 17 日~18 日	資料彙整及參訪內容討論	北卡羅萊納-波士頓
10 月 19 日	EPA Region 1 New England Regional Laboratory Tour & MADEPT Station Tours/ Air Toxics and PAMS Lab Tour	麻薩諸塞州 (MA)
10 月 20 日	ThermoFisher Scientific Tour	麻薩諸塞州 (MA)
10 月 21 日	紐約州環保署 (NYDEC) Station Tours	紐約州(New York)
10 月 22-23 日	路程	紐約-東京
10 月 24 日	日本住友氣體公司參訪	東京
10 月 25 日	路程	東京-京都
10 月 26 日	Horiba 儀器公司、日本國設大阪大氣環境測定所參訪	京都
10 月 27 日	京都市衛生環境研究所大氣環境測定站與交通測站參訪及返程	大阪-台北

## (二) 地點及討論主題

1、地點：美國國家標準與技術研究院(NIST)、USEPA RTP、EPA Region 1 New England Regional Laboratory、麻薩諸塞州環保署 (MADEPT)、紐約州環保署 (NYDEC)、Thermo 儀器公司、日本國設大阪大氣環境測定所、京都市衛生環境研究所及 Horiba 儀器與住友氣體公司

2、內容摘要：

Monday(Oct 12)：

啟程：高雄-東京-美國華盛頓特區。

Tuesday(Oct 13)：

Morning: Overview of NIST Material Measurement Laboratory Tour –James Norris

Afternoon: O<sub>3</sub> Standard Reference Photometer ( S R P ) Tour

Wednesday(Oct 14)：

Morning: Physical Measurement Laboratory Tour-John D. Wright、Aaron N. Johnson、Iosif Shinder

Afternoon: NIST Transient Flow Facility (TFF) & Wind Tunnel

Thursday(Oct 15)：

Morning: NIST Standard Reference Material ( S R M )-James Norris

Afternoon: Follow up on Technical information

Friday(Oct 16)：USEPA RTP

●Aerosol Wind Tunnel–Russell W.Wiener、Shawn Ryan、

Marshall Gray、Paul Lemieux

●NAAQS-Scott Jenkins

●PM Analytical Lab–Ingrid George

●Dyno & PM Sample Collection Lab–Richard Snow

●PM Filter-Weighing Lab–James Faircloth

●Air Quality Index ( AQI ) –Susan Stone

●Air NOW–Lourdes Morales

Saturday & Sunday(Oct 17~18)：

北卡-波士頓、MetOne 儀器及 Region1 參訪內容討論-David W. Gilmore

Monday(Oct 19) : EPA Region 1 , New England Regional Laboratory -Robert Judge

- Final Ozone NAAQS Ambient Air Monitoring in New England.
- PM<sub>2.5</sub> Continuous Monitor Comparability Assessments
- Quality Assurance Overview
- Follow up on Technical information & Discuss: maintenance, calibration, precision checks, and data review (Specific analysts).
- 麻薩諸塞州環保署 (MADEPT) Station Tours/ Air Toxics and PAMS Lab Tour

Tuesday(Oct 20) : Thermo Fisher Scientific 儀器公司-Alan Matta 、Mike Loncar 、Jeffrey Ambs 、Christopher S. Wilson

- Manufacturing Tour
- Instrumentation discussion.

Wednesday(Oct 21) :

紐約州環保署 (NYDEC) Station Tours – David M. Wheeler

Thursday & Friday (Oct 22~23) :

路程：紐約-東京

Saturday (Oct 24) : 日本住友精化(Sumitomo Seika Chemicals)千葉廠-赤藤工廠長

- 參觀工廠：各種氣體製造設備、分析儀器、SRM 確認程序、VOC 製造設備、基準質量大型天秤
- 討論：關於 JCSS 標準氣體、特定 2 次標準氣體、「值」的管理、JCSS 標準氣體管理標準、審查內容、擴大不確定度、氣體效期、鋼瓶管理、分析儀器管理及其他

Sunday(Oct 25) :

路程：東京-京都；Data Review and Information Arrangement

Monday(Oct 26) :

Horiba 儀器公司、日本國設大阪大氣環境測定所參訪

Tuesday(Oct 27)：

京都市衛生環境研究所大氣環境測定站與交通測站參訪及  
返程（大阪-台北）

### （三）內容

#### 1、美國國家標準與技術研究院(National Institute of Standards and Technology；以下簡稱 NIST)

##### （1）簡介

由於工業發展與儀器校正需求及許多量測單位定義的不一致，影響諸多消費性產品與建設工程品質，美國愛在 1901 年依憲法賦予國會權力通過成立國家標準



局（National Bureau of Standards；為 NIST 之前身），並隸屬於美國商業部轄下重要的技術研究機構，主要任務為藉由精密量測技術發展，包括由多位曾獲諾貝爾獎的國際頂尖專業研究人才，及一流的儀器設備組成的研發團隊所進行的相關創新研究等，強化經濟穩定性與民眾生活品質。其組織架構主要包含材料量測實驗室、物理量測實驗室、資訊技術實驗室、奈米科技中心、中子研究中心、通訊技術實驗室等 6 大研究單位，及其他工服與行政管理資源部門。人力資源共 3,000 名雇員、1,800 位科學家及工程師，另有 2,800 位客座研究學者。2014 年總預算額度為 US\$850M。現階段主要研究項目包括精密工業製造技術（Advanced Manufacturing）、電腦資訊工程及網路安全（IT & Cybersecurity）、保健（Healthcare）、法學（Forensic Science）、災後復原（Disaster Resilience）、網路實體系統（Cyberphysical Systems）、精密通訊（Advanced Communications）等。為避免環境對精密儀器的相關干擾（如交通流量、噪音及震動等），NIST 總部設於 DC 近郊的 Gaithersburg, Md. (headquarters—234-hectare/578-acre campus)，為本次考察主要地點；另第 2 院區位於 and Boulder, Colo. (84-hectare/208-acre campus)。本次行程

主要參訪 NIST 總部的材料量測實驗室 (Material Measurement Laboratory) 和物理量測實驗室 (Physical Measurement Laboratory)。

## (2) 材料量測實驗室 (Material Measurement Laboratory)

核心功能包括氣體成分與特性分析、分析方法建立、標準參考物質的生產與實驗室認證等。目前總計生產 1,300 多種的標準參考物質 (Standard Reference Material; 簡稱 SRM)，包括本署空氣品質監測站追溯校正用標準氣體及臭氧參考標準光度計 (SRP) 等。NIST 以重量法自行配製的標準氣體作為國家原級標準源 (Primary Standard)，除備有精確的自動平衡秤重系統 (Automated Balance System) 及真空抽引設備 (Gas Manifold for Evacuating and Filling Cylinders)，分析過程大部分採用嚴謹的單機分析儀器，以避免殘留污染物的干擾，確保標準氣體品質。NIST 另委託氣體製造公司依要求生產提交次級標準氣體，然後經 NIST Primary Standard 逐一進行成分純度驗證分析後供作標準參考物種 (SRM)，由 NIST 直接販售供給下游氣體製造公司當作下一級的標準氣體，其中經 NIST 抽 10% 或部分進行驗證分析後的氣體稱做 NTRM (NIST Traceable Reference Materials)，另氣體生產公司自行生產銷售，並依美國環保署規定方法 (USEPA Protocol rules) 使用 NTRM 或 SRM 追溯驗證的標準氣體稱為 GMIS (Gas Manufacturers Intermediate Standard)，同時美國環保署要求各空氣品質監測站的工作標準氣體 (稱為 EPA Protocol Gas) 須另依環保署訂定的程序追溯驗證到 NIST 相關 SRM 或 NTRM、GMIS 等標準氣體，以確保品質。

SRP 係由 NIST James E. Norris 與 USEPA 自 1980 年代開始合作開發，量測原理主要係利用臭



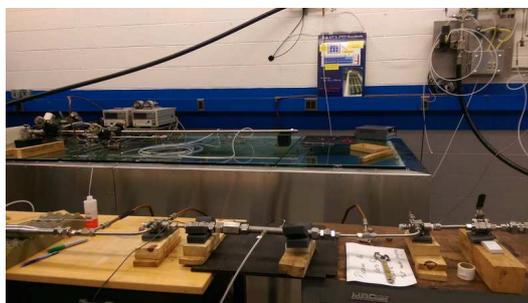
氧對紫外光在 253.7 nm 頻譜具有最大吸收度之特性，進行臭氧濃度分析。利用紫外線光度計進行臭氧量測的系統，一般可依系統核心之光學結構，分為(1)單光束 (徑) 和(2)雙光束 (徑) 等兩種主要類型。量測系統主要包括紫外光臭氧分析儀(含燈管、偵測器等光學系統以及氣體流動系統)、儀器遮蔽罩(主要用來防止儀

器撞毀或摔損，並保持系統恆溫)、訊號處理器以及其他附屬配備(如臭氧產生機、零級氣體產生機及校正用標準件)等。目前於全世界各實驗室(包含計量機構以及環保機構)已有近 60 台 SRP 系統在運作，為國際計量組織(BIPM)所採用的臭氧分析最高追溯校正標準源。NIST 除備有最原級標準件，並設有另一傳遞標準件，提供定期巡迴美國各環保署空氣品質管理中心進行遊校使用，同時針對全球已建置共約 45 套的各級標準件進行定期檢校比對，以確保整體臭氧 SRP 網路的校正數據品質。由於 SRP 發展迄今已 30 餘年，鑒於各類材質與電子科技的精進，目前 NIST 正在進行 2 代系統更新。本次更新對反應室並未作太大的改變調整，因此整體精確性能並無太大影響，只是操作介面的設計將更為友善，研發人員正積極對軟體功能進行偵錯測試，但因部分相關軟體工程師及材料設計人員的離職等因素，開發進度略有落後，對本署後續汰換更新採購進度將需密切注意。

### (3) 物理量測實驗室 (Physical Measurement Laboratory)

核心功能為基準量維持、校正服務、重量與流量量測技術發展等。

NIST 的低壓氣體流量原級設備為 PVTt ( Pressure, Volume, Temperature, and time )，其可提供校正的流量範圍為 0.01 slm 至 2000 slm，較我國度量衡標準



實驗室的範圍大(0.01 slm 至 300 slm)。由於氣體流量為受到溫度、壓力變化影響的可壓縮流體，因此流率要追溯到原級標準單位有其難度。PVTt 法氣體流量檢測裝置是一種應用廣泛的原級氣體流量標準計量裝置及設備，利用定量氣體鋼瓶在恆溫水槽下的量測系統裝置，提昇準確度等級，其量測不確定度可達 0.02% 或更高，通常提供作為次級標準使用的皮托管、文氏管噴嘴、音速噴嘴熱質式等流量計的量值原級標準追溯裝置及設備。隨着氣體流量檢測技術提高和一般民用及工業用氣體流量計在各行各業的廣泛使用，對 PVTt 法氣體流量檢測裝置需求也日益增加。目前國內的國家標準實驗室亦採用 PVTt 法氣體流量檢測裝置作為原級標準。風

速標準系統則係於 40 年前先完成風洞主體後才建構流量實驗室的建築物，主要利用雷射都普勒測速系統(laser Doppler velocimetry, LDV)為標準件，以及透過一個循環式的風洞來提供穩定風速所組成，其所能提供的最低校正風速為 0.15 m/s，而最大校正風速則依測試段截面積而定，此循環式風洞的測試段為兩個可交換式測試段，其截面積分別為 2.1 m x 1.5 m 與 1.2 m x 1.5 m，前兩年針對風機進行一些維修並提高電壓之後，目前風洞可操作的最高風速已經提高至 45 m/s 以及 75 m/s。目前此風洞主要在進行的研究為針對三維皮托管或是 S 型皮托管於不同安裝角度(yaw angle、pitch angle)、風速等條件下的量測特性做分析，其目的主要是希望可以了解當利用三維皮托管或是 S 型皮托管進行煙道排放量測時的不確定度以及因為安裝效應所導致之不準確度。



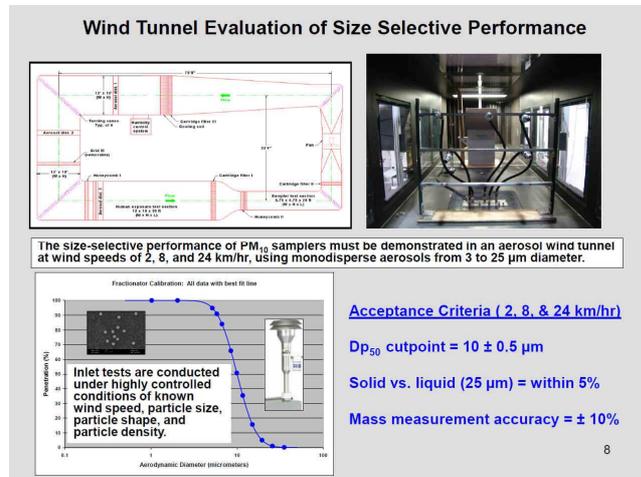
## 2、美國環保署（USEPA Research Triangle Park；簡稱 EPA RTP）

EPA RTP 位於北卡羅萊納州的 Durham，為美國環保署空氣污染相關研究及法規訂定的主要執行單位。佔地約 1.2 million square feet，相關研究及實驗設備齊全，



包含微粒成分分析 GC-Mass 及無塵秤重室等。由於聯邦法規規定環保署每 5 年應對空氣品質標準（NAAQS）提出檢討修訂，因此在今年（2015）10 月 1 日，經由 1000 多件研究報告評估審議結果，將臭氧 8 小時標準從 75ppb 調降加嚴為 70ppb，其主要考量仍在臭氧對健康的影響。另在今年 2 月也開始對 PM 空品標準進行相關修訂研討，其中包括超細微粒（Ultrafine Partical 及微粒成分）對健康的影響。另 EPA 的懸浮微粒風洞為一個佔地約 26 m x 13 m 的循環式風洞，其測試段有分為兩個部分，前段的截面積約為 3.6 m x 3.0 m，可將人體模型放置於此測試段以進行懸浮

微粒於低風速下對於人體的健康影響的基本研究，後段的截面積約為 1.8 m x 1.5 m，此段的最大風速可以 24 km/h，可以根據 CFR(code of federal regulations)來針對手動與自動的懸浮微粒採樣器 (FRM，FEM)進行性能驗證，目前此風洞主要是針對懸浮微粒於大氣環境中的擴散效應進行研究，此研究屬於國土安全局 ( National Homeland



Security Research Center) 與美國環保署的合作計畫。另 Susan Stone 與 Lourdes Morales 則簡介現行美國的 Air Quality Index (AQI)與 Air Now，基本上 Air Quality Index 與 Air Now 的資料主要是擷取自動儀器的數據，以達到即時公布與通知民眾為目的，並未針對數據進行驗證的程序，而懸浮微粒標準規範多以手動儀器的數據為主。此外，為提升監測技術，EPA RTP (National Exposure Research Laboratory ; NERL ) 與感測商品工業及學校單位等最新合作研發的太陽能自動切換供電式社區型空品監測站系統 ( Village Green Project )，目前可進行臭氧及細懸浮微粒的即時監測，並提供民眾與學術研究單位，利用智慧手機上網進行互動學習及掌握社區即時空氣品質進行相關研究，兼具環保的社區空氣品質監測功能及教育意義，值得國內進一步評估參考應用。

### 3、美國環保署第 1 分區(EPA Region 1，New England Regional Laboratory)

EPA Region 1，New England Regional Laboratory 位於 New England 地區 Chelmsford, Mass，轄區範圍包括 Connecticut, Maine, Massachusetts, New Hampshire, Rhode Island, Vermont 等六大州和 10 Tribal Nations，負責提供空品監測分析及資料評估與品保作業相關支援，同時每年定期對轄區至少完成 20%的測站 TTP ( Through The Probe；定期每年與 Region 2 TTP Lab 進行比對且維持 5% RPD 以內) 績效查核 (現行查核點已增為 10 個濃度選項點，以反應平均偏低濃度的環境實際狀況)，執行方法包

括使用移動箱型車內含 EnviroNics 9100 稀釋校正器和 API 701 零級空氣自動供應器進行標準氣體（含維持 2% 誤差的高中低及超低等不同濃度的混合  $\text{CO}_{1000-25\text{ppm}}$ 、 $\text{SO}_2_{100-1\text{ppm}}$ 、 $\text{NO}_2_{100-1\text{ppm}}$  氣體及臭氧產生器；臭氧產生器需每季定期與 SRP#9 進行比對驗證，確保非零點的  $\text{bias}\pm 3\%$ 、 $\text{slopes}\pm 1.03$ 、 $\text{intercepts}\pm 3\text{ppb}$ ）稀釋，及導入 50ft 的鐵氟龍管線對分析儀進行濃度比對（傳遞標準分析儀器多為 THERMO 廠牌），查核前並詳細計算氣體管線駐留時間（Residence time）及 Ozone line loss，以確保空品測站的準確誤差維持在聯邦法規（40CFR Part58 Appendix A）的相關規定。每位現場執行 TTP 查核的技術專家每年皆必須經過 US EPA/OAQPS 的訓練認可（含學科及術科測驗通過）才能具有資格執行現場查核工作。另 U.S. EPA 要求風速計必須每年校正並且必須追溯至 NIST，惟各空品監測站可自行選擇送回儀器製造商或是其他的校正實驗室進行校正，或是縮短校正週期。轄區目前主要空氣污染仍是臭氧和 PM，為此，未達標地區所需執行光化前趨污監測（PAMS）共達 11 站。另為評估  $\text{PM}_{2.5}$  自動監測儀器在空氣品質標準監測的可行性，Region 1 徵求自願租借儀器供應廠商，執行一系列長期的自動監測與 FRM 手動監測儀的比較，由於採樣樣品的後續處理不同，其結果發現多數儀器雖可符合規範要求，惟部分儀器從整體小尺度數據散佈圖觀查仍呈現極大變異。由於 FRM 的濾紙品質穩定性、一致性會影響量測數據的長期可比較性，因此建議對儀器的精密穩定性能應審慎評估。

另 Region1 正積極參與研發一種低成本的簡易可攜式社區監測型空品監測儀，可針對  $\text{NO}_2$  及 PM 進行即時監測。其主要組成包括 CairPol CairClip  $\text{NO}_2$  sensor、Thermo Scientific personal DataRAM  $\text{PM}_{2.5}$  monitor、a Honeywell temperature and relative humidity (RH) sensor。



#### 4、美東空品測站參訪：

測站參訪主要包括位於麻薩諸塞州環保署（MADEPT）的細懸浮微粒（ $\text{PM}_{2.5}$ ）手動連續式採樣監測站及紐約州環保署（NYDEC）的 N-Core

空氣品質監測站。MADEPT 為一獲認證的白金綠能大樓，實驗室備有相關檢測分析儀器，除負責測站儀器校正、現場儀器功能檢修及資料檢核等，並建置獨立的品保部門，定期執行測站的品保查核。頂樓同時設置一人工 PM<sub>2.5</sub> 採樣監測站，自 1999 年起設置，每 3 天採樣一次，是位於商業與住宅混合區的社區尺度型監測站。轄區共 24 個空品監測站分布於 19 個城市，依規定執行定期 Air Toxic、PM 濃度及成分、NAAQS



及 PAMS 等採樣監測，其中包含 1 個國家級毒性物質監測網站(National Air Toxics Trends Sites；NATTS)、4 個光化前驅物測站（PAMS）及一個 PM<sub>2.5</sub> 成分監測網站 Speciation Trends Network (STN)。目前轄區空氣品質皆已達法規標準，現階段正努力確保臭氧濃度達 2015 年 10 月公布的最新標準。各類型空品監測站皆依聯辦法規及環保署規定各尺度類型測站設置要求，並定期檢視監測成效評估調整，對 PM<sub>2.5</sub> 的儀器也積極評估以自動 FEM 方式取代 FRM；目前已有 2 個站採 FEM 儀器執行空品任務的採樣監測，同時更新自動監測 DAS 功能，以提供更具時效性及品質的資料處理能力。

NYDEC 轄區共有 50 多個空品測站，其中位於紐約市皇后區皇后學院（Queens Collage）的空氣品質監測站為一多功能研究型監測站(屬



USEPA Region 2 負責在紐約州的 5 個 N-Core 型測站之一)，除一般大氣污染物監測儀外，國家級核心測站多備有超細微粒計數器及高精密性（trace level）氣狀分析儀（SO<sub>2</sub>, CO, nitrogen oxides (NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>y</sub>））及成分監測儀器（speciated PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10-2.5</sub>），並整合 PAMS O<sub>3</sub> 前驅物監測及毒化污染物監測(NATTS sites)等，以提供更精準的監測資訊以利健康研究與空氣品質標準訂定參考。儀器主要由聯邦環保署統一採購設置（主要以 Thermo 廠牌為主），委由紐約州環保單位執行操作維護。設備的確

效主要由儀器部門執行驗證後提供操作單位線上運轉，其校正及數據迴歸修正作業方式僅於每年一次多點校正後執行，與本署現行方式為最大差異。各項監測及品質保證管控作業皆由相關單位及專業技術人員負責執行，特別是儀器之追溯校正及氣體之比對供應等，皆責由特定品保校驗實驗室技術人員進行專業之定期操作，校驗實驗室則備有一級標準光度計，由 NIST 每年定期巡迴比對。

#### 5、日本環境監測作業相關參訪：

由於日本環境氣候條件與國內較為相近，為借鏡日本在空氣品質監測作業的作法，本次特自費參訪包括日本國設大阪大氣環境測定所、京都市衛生環境研究所大氣環境測定站與交通測站、日本住友氣體公司及 Horiba 儀器公司。

##### ( 1 ) 日本住友精化 ( Sumitomo Seika Chemicals ) 千葉廠

日本住友精化株式會社創於 1944 年，本社位於大阪、東京，製造工廠分別位於別府姬路及千葉。主要產品包括精密化學製品、吸水性樹脂及微粒樹脂三大類產品，其中精密化工的標準氣體生產則佔總產能的 20%，以 1969 年設立的千葉工廠為主要廠場（為住友公司設置年代最為久遠的工廠），為獲日本國家認可（JCSS）三大標準氣體製造公司之一，其中僅住友提供客製化標準氣體生產。工廠用地約 33,000m<sup>2</sup>，員工約 80 人。標準氣體的製造可以分為三種不同的方法：流量比混合法、壓力比混合法、質量比混合法，可依客戶的需求而採用不同的方式執行，『流量比混合法』主要是針對氣體種類少、數量多的客戶需求，目前依然採用這個方法的標準氣體製造廠商並不多，而 Sumitomo Seika Chemicals 最多可以一次填充 32 支標準氣體瓶為其獨創特色（精度維持±1%），增加氣體產能。『壓力比混合法』則是適合氣體種類多、數量少的客戶需求，其缺點為混合精度的



相對值比較差，『質量比混合法』則是用於製造標準氣體，Sumitomo Seika Chemicals 為全球第一家採用這個方式生產氣體的氣體製造商，而目前這個方式已經被世界上的其他公司廣泛的使用。容器耐壓檢查、塗裝及精密的大質量氣體秤重天平（秤量 30Kg、偵測極限 1mg、量測不確定度 3mg）及分析（GC 及 Horiba 酸性氣體分析儀等）設備，共生產 154 種濃度範圍的特定二次標準氣體氣體，經 NML 指定 CERI 校正機關，每半年/年抽驗氣體純度，同時特定二次標準氣體（即社內標準源氣體）定期與 NIST SRM 氣體驗證，確保氣體的生產品質。由於緊鄰住宅區，異味與揮發性毒物處理皆非常小心謹慎，品管嚴謹，堪稱日本最優。鋼瓶材質以錳鋼為主，而非如美國的鋁製鋼瓶，雖價格較為便宜，惟鋼瓶處理技術精良，大幅降低氣體鋼瓶的使用成本。一般標準氣體有效期限僅提供 1 年，且礙於法規，特定二級標準氣體僅供廠內生產時用標準氣體驗證使用，並無法直接販售。

## （2）HORIBA 儀器製造公司

HORIBA 公司創立於 1954 年，去年 HORIBA 的營業額為 1380 億日圓(14 億美元、460 億台幣)，銷售利益為 137 億日圓(1 億 4 千萬美元、46 億台幣)，全球員工數約 5800 人。HORIBA 長期致力於研究開發，每年投入開發經費佔營收比例約一成(2013 年約 7.8%)。HORIBA 集



團的研發與生產據點分布全球，包括歐、美、亞、非等地，環境產品的研發中心為京都與美國加州。集團公司的產品主要著重於對環境與生態的品質提升。旗下五大事業群包括自動車測試系統、環境監測分析系統、醫療儀器、半導體及科學儀器。空氣品質監測站建置經驗超過 60 年，環境監測儀器以 AP-370 series 為主，對於測站所需的監測品項有完整的產品線，且對

於法規所要求的監測項目 HORIBA 的 AP 系統大部分皆已取得歐美認證，對法規未要求測項也有對應儀器。HORIBA 於 1964 年起因受日本環保署之邀，著手開始研發 AP 分析儀，第一台 AP 分析儀於 1973 年上市。2000 年後，每年 AP 銷售台數約為 1,000 台，現已超過 15,000 台，為空品監測儀器主要生產研發公司之一。產品品管程序除備有各項精密設備如溫濕度測試分析室及標準氣體等協助驗證，惟主要品管仍有賴人工進行各項製程產品最終確認。另 Horiba 的水野先生為驗證 PM 儀器效能，特自行研發簡易氣膠風洞設備（約 2.5m \* 1m \* 1.2m），以法規規定的已知固態粉末作為氣膠產生源，利用一些低流量空氣流動所產生的紊流以及浮力來達到均勻腔體內固態顆粒的分佈以及避免沉降效應，協助在實驗室測試懸浮微粒採樣器的濃度量測值，而後再將懸浮微粒採樣器移置企業總部大樓樓頂進行現場測試，過去的現場測試結果與實驗室測試結果大致上都很符合，為現行 PM 儀器準確性能最簡易的實驗室驗證方法，成本考量上頗有參考應用價值。

### (3) 國設大阪大氣環境測定所

大阪府共設約 90 個空品測站，其中位於大阪市立環境科學中心的大氣監測站屬國設 9 個測點之一的



一般測站。備有 SPM、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、O<sub>3</sub>、NMHC、THC、SPM 與 PM<sub>2.5</sub> 等自動監測設備及風向、風速、溫度、雨量等氣象設施。日本空品監測主要分為一般大氣與自動車排氣(交通)站，監測作業並未制定繁雜的品保品管作業系統，其品管作業主要採儀器源頭管制與人員管理，即藉由儀器合格驗證與計量人員資格認證制度確保測站操作運轉品質，計量人員為計量檢定工作的主體，在計量檢定工作中發揮主導效用，並定期保持穩定

及有計畫的技術專業培訓，以持續提高專業技術水平，因此計量數據代表計量檢測人員的人格和尊嚴，對量測數據的評價就是對其人格的評斷，惟整體而言在文件管理相較美國仍頗為欠缺，測站運轉作業迄今仍保留原始類比記錄紙存檔方式，以確保資料的真實性。

(4) 京都市衛生環境研究所大氣環境測定站與交通測站

京都市空氣品質監測業務依大氣污染防制法第 22 條



規定，由京都市衛生環境研究所環境部門負責推行，其監測設備及測站的例行保養維護管理與數據處理則委託民間企業負責執行。日本測站設置數量標準以每 75,000 人口數 1 站及 25km<sup>2</sup> 面積設置 1 站為原則。全國共設置約 2000 個大氣監測站（含普通監測站及汽車尾氣監測站等），京都市和京都府在 1969 年被指定為大氣污染防制法的指定區域，開始執行大氣相關污染物監測，1973 年啟動 SPM 監測，並依 2009 年日本制定 PM<sub>2.5</sub> 空品標準，於 2011 年開始執行 PM<sub>2.5</sub> 監測。京都市目前共設有 19 個監測站。（包含中央監控站 1 個、普通大氣監測站 9 個、汽車尾氣站 5 個、氣象站 2 個與移動站 1 個等共 19 個站）。本次參訪王生一般大氣監測站，除 SPM、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、O<sub>3</sub> 等自動監測設備外，PM<sub>2.5</sub> 為採用室外型自動監測設備進行採樣，並裝置電熱器進行除濕，目前暫定 PM<sub>2.5</sub> 測量標準為日平均 70μg/m<sup>3</sup>。另自 2012 年開始跟據環境省的 PM<sub>2.5</sub> 成分分析指南（2011 年 7 月制定）及細顆粒物 PM<sub>2.5</sub> 成分測定手冊（2012 年 4 月制定）實施成分分析（FRM 採樣器），現階段分析結果以硫酸離子在春夏季最多，硝酸離子在夏季最少；尾氣南站的 EC 元素碳比王生站多。此外另參訪一汽車尾

氣站（交通測站），其目的主要是建立交通狀況與區域空氣品質的交互關係，以協助京都市政府來調整交通狀況，若當地區域空氣品質變差，京都市會考慮調整交通號誌的時間或是想辦法將車輛引導至其他路線，以改善空氣品質，而這些數據資料也會成為未來京都市政府在建設新道路的依據。

### 三、心得與建議

#### (一) 心得：

##### 1、研發人才設備精良，引領全球計量標竿

Traceable to NIST 為監測設備校準追溯經常列為檢視的必要條件之一。主要由於 NIST 專業研究人才眾多，在標準品的製作與品質管理作業嚴謹，且設備先進。為提升標準氣體生產品質，降低各項量測干擾不確定度，NIST 採用專一物種單機分析，減少相關污染干擾的可能，並定期參與各國國家實驗室的同儕比對，標準校正作業品質獲國際肯定。以美國雄厚的財力，維持一流技術水平其實並不難為，可貴的是，人才技術養成的大成本挹注，卻能擴大無私傳承精神，特別設置國際人才培訓與技術交流專責單位，規劃各專業領域提供世界各國人員參與交流研習合作機會（觀諸 USEPA RTP 的研發技術單位亦然），對全球環境議題技術交流提升大有助益。國內基於監測成本考量，亦宜積極推展監測儀器研發與相關標準物質校準追溯技術，以降低監測運作成本，同時可將技術外移協助東南亞鄰近國家，以為減少跨境污染危害防制成本及共同維護環境品質而努力。

##### 2、監測成效定期檢視，資源調度切合時宜

無論是空氣品質標準或測站的設置，美國皆在法規明訂要求各級州政府單位應每 5 年定期檢視評估。由於管理考核制度的明確，各單位也皆能落實定期藉由審慎資料統計解析程序，逐一檢視歷年污染濃度變遷與設置效益，使測站設置功能得以符合環境需求，提供空氣品質改善策略措施實質應用參考價值，避免虛設空轉。國內測站建置迄今雖曾幾度邀請專家學者進行檢討評估，惟因客觀條件複雜，地方囿於財政及技術困難，加上測站設置土地取得不易，因此迄今仍未進一步落實調整。

### **3、品保組織架構完善，各階程序文件完備**

數年前的美西監測品保研習與今日美東參訪所見著實並無太大差異，主要由於聯邦環保署在全國監測品質管理方面制定完整之標準作業系統，各州及地區環保單位皆可具體參引相關標準作業程序，同時為達成聯邦及州政府訂定之相關空氣品質改善目標，其監測作業運轉操作、維護、數據有效性確認等，多由編制內員工負責，並設置完善之量測運轉操作維護部門、儀器維修校正管理部門、實驗室分析單位，以及獨立之品質保證作業專責部門。研究與技術開發及現場執行單位與品保管理單位等，權責分工清晰，各司其職，發揮最大監測效能，以確保整體監測數據品質，使全國監測品質維持一定水平與數據可信度及可比較性。國內地方與中央監測作業實質分工仍未見具體成效之展現，宜儘速研議檢討調整，以落實空品監測作業，發會最大資源效益。

### **4、人力培訓認證嚴謹，技術傳承穩健永續**

美國每年對現場操作維護人員以及查核作業人員舉行測驗認可制度，以及日本對操作相關技術人員的認證制度，皆為目前國內所欠缺的品質管理要項。由於完整的文件管理及詳盡之儀器標準作業程序（SOP）建檔，加上縝密的技術訓練與人力資源培訓規畫，使得整體測站之操作運轉技術，得以無縫傳承，值得參酌並妥慎規畫。

### **5、環境議題論證理性，監測專業充分展現**

儀器廠牌系統性差異、負值及  $PM_{2.5} > PM_{10}$  等理論上非可存在的狀況，由於儀器的解析度及環境溫溼度與區域污染特性等等諸多因素的干擾，確實經常出現在實際量測的結果。參訪期間詢問美、日監測資料的狀況，對前述情形多不甚以為意，也勿需戰戰兢兢特別為該數據進行任何篩選處置。惟因國內一般民眾對環境議題的熱衷與關心，所謂愛之深責之切的心態下，反而減少理性探討的空間，造

成監測單位在資料解讀上耗費更多的成本，進行過度的分析評估，以思考及提供對大眾釋疑的最適方式與佐證資料。

## **6、美日互見品管巧思，切磋擷長精益求精**

本次研習由於參與單位較多，內容頗為豐富，行程安排亦相對緊湊。學習過程中總為適應時差倍感負荷，惟藉由多方參與討論觀摩，並與相關監測儀器專家及技術人員之高度互動，對美國東岸與日本環境省在環境空氣品質監測作業的成果，以及儀器應用現況，有了更深入的了解。整體而言，國內監測執行技術、數據品質目標相較美日仍屬較為嚴謹，惟美國健全的品質管理制度及完整的文件化、日本的計量專業人力管理，仍多有值得借鏡之處。

## **(二) 建議事項**

### **1、建構氣膠風洞實驗室，協助 PM 儀器效能驗證。**

由於微粒儀器仍無標準品以提供儀器準確性的驗證，現階段主要採用現場 FRM 比對方式進行精密性判斷，惟 FRM 儀器仍以濾紙收集秤重為主，由於台灣為一高濕的採樣環境，濾紙長時暴露過程的干擾增加分析諸多不確定性，仿效 Horiba 儀器公司建立簡易穩定的氣膠風場，以協助儀器確效，似為目前可行方案之一。

### **2、建立環境監測儀器型式認證制度，提升監測作業維護效能**

環境監測儀器型式認證制度為目前美、日皆採行的監測運轉模式，一經認可或檢測合格的儀器皆可隨時上線或替換執行監測作業，提供更為機動的儀器調度彈性及一定程度可信賴的數據品質。由於國內目前仍無環境監測儀器的認證機制，因此對於環境監測儀器的系統性差異仍具許多爭議性，儘速建立國家級監測儀器驗證制度，統整量測技術及品質，應可提升監測作業維護效能及數據可信賴度。

### **3、納入計量人員認可制度，穩定培訓監測專業人力**

除儀器認證制度外，專業量測技術人力為日本現行量測作業品質管

理最重要之一環。量測技術人員經由國家檢定合格後始可任用，並依專業養成對所認可之業務負完全責任。國內在規劃監測技術人力訓練及世代交替培訓系統時，宜納入嚴謹的量測人員認可制度，以提升量測作業品質，並有效穩定監測專長之人力。

#### **4、檢討儀器每日校修模式，兼顧成本效益與儀器穩定性能**

相較美國及日本對儀器調整修正的作業模式，國內現行監測儀器每日校正與線性迴歸數據修正方式，雖屬較為嚴謹的作法，惟從氣體使用量、運轉成本及二點線性迴歸精實性考量，應有空間可參考美日的雙週例行檢查及每年一次的校正調修模式，同時也可避免儀器因高頻率的微調，反而影響既有的穩定性能。

#### **5、重新評估儀器最適線性，精實反應環境濃度**

調降儀器偵測適用濃度範圍或另增設 Trace level 等級的微量濃度監測站點，以更精確反應環境實際低濃度狀況，同時配合調整品保查核濃度，確保儀器展現最適現性。

#### **6、持續深耕國際技術交流平台，增長國內監測技術及國際能見度**

由於國際認證系統將技術傳承列為國家實驗室的核心要件之一，美國 NIST 身為國際上最具規模的國家實驗室之一，除備有國際頂尖研究人才及設備，並非常樂於協助各國相關領域專業人事赴 NIST 進行中長期的合作研習。此外 USEPA RTP 亦在空氣監測法規標準等相關研究上具備國際主導量能，並設有國際技術交流合作窗口，國內應積極與這些單位建立穩定的互動平台，定期派員進行相關研究學習，以快速掌握環境監測最新發展，提增國內監測專業技術，並藉由合作研究擴展國際能見度。

#### **7、其他建議：**

- (1) 華盛頓 DC 駐美國臺北經濟文化代表處科技組周家蓓組長有鑒於美方對本署臺美合作計畫案撥款作業程序屢表微言，建議本

署指派環保專責外交人員駐美協助辦理相關經費核撥及計畫執行細節事宜，並針對臺美合作計畫案的經費核銷另建立專案會計審核制度，以改善雙方因會計審核作業程序差異致延緩經費核撥事宜，以利雙方長期合作的順暢。

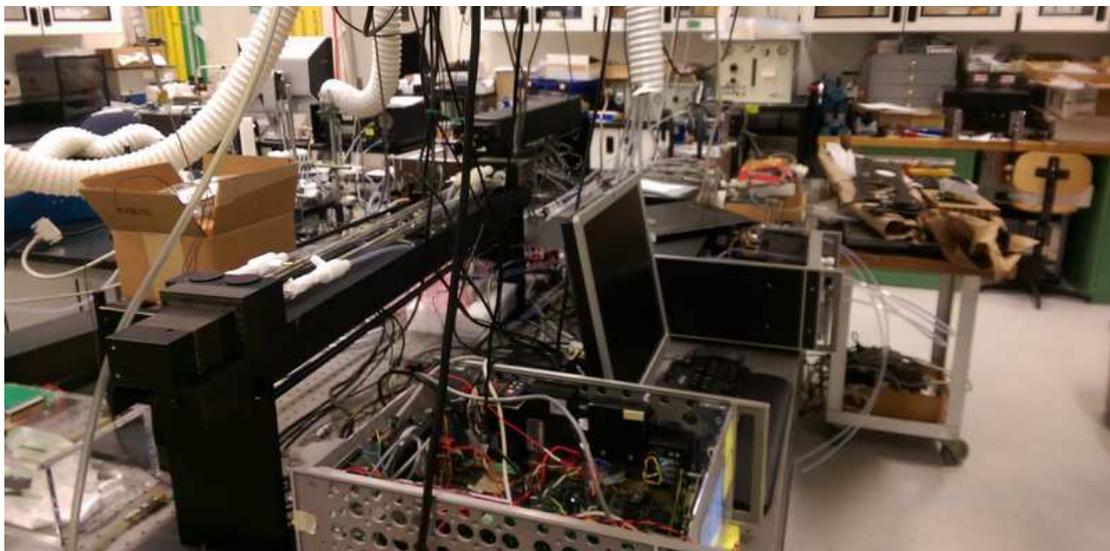
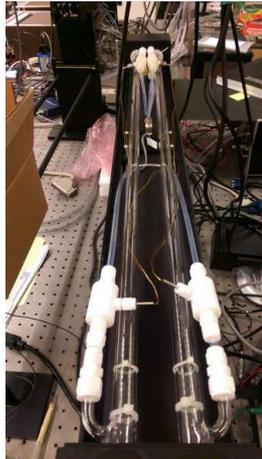
- (2) EPA RTP 研發組黃總務長 (Whung Pai-Yei) 表示，美方在登革熱預估模式有最新的研發成果，可提供國內相關技術協助，建議本署相關單位如有需求可儘速與之聯繫。其他諸多空氣污染相關研究計畫亦可洽談合作，以協助改善環境污染相關問題。

# 附件一

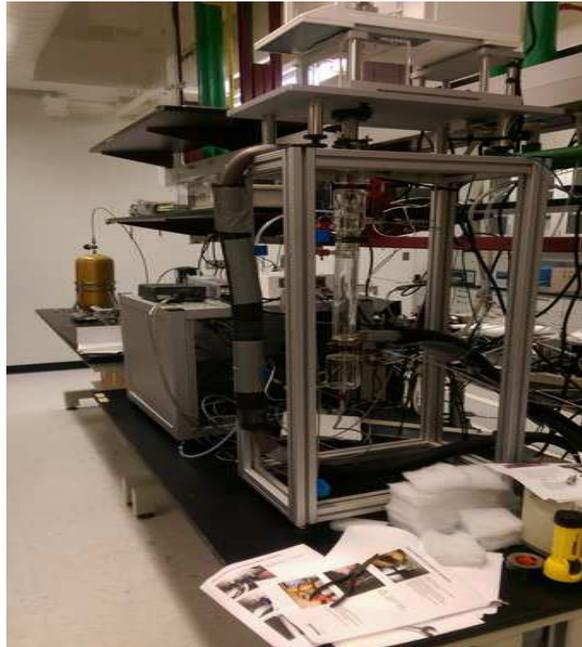
## 活動照片

**NIST SRP Lab**  
**NIST PM & SRM 分析**  
**NIST Fluid Flow Group**  
**NIST Wind Tunnel**  
**EPA RTP Campus**  
**EPA Region 1 (New England Lab)**  
**MADEP**  
**Thermo Fisher Scientific**  
**NYDEC (N-Core Station-Queens Collage)**  
日本住友精化千葉工廠  
日本 **HORIBA**  
日本國設大阪環境大氣測定所  
日本京都市環境大氣測定所  
日本京都市自動車排氣測定所

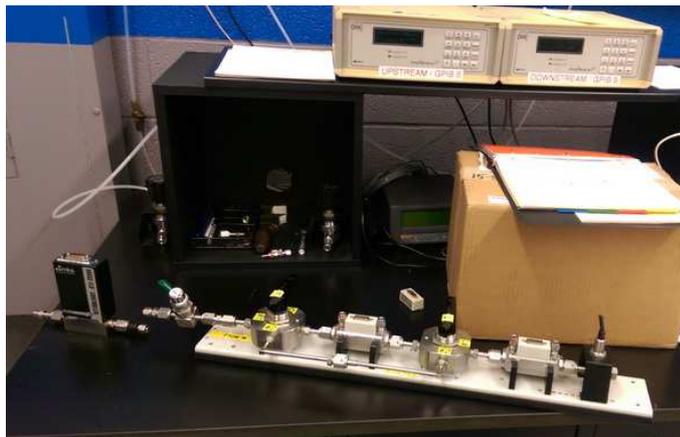
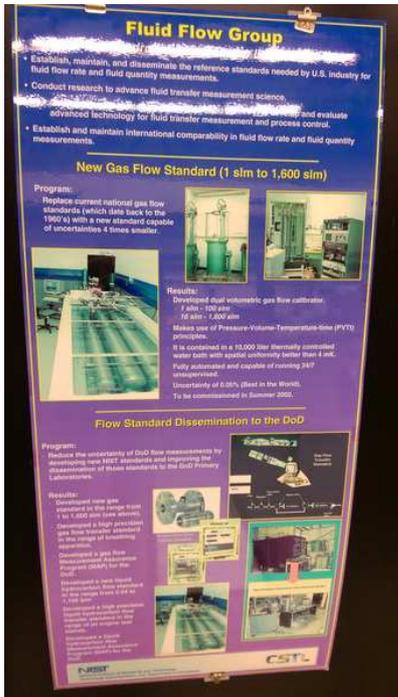
# NIST SRP Lab



# NIST PM & SRM 分析



# NIST Fluid Flow Group



# NIST Wind Tunnel



# EPA RTP Campus



EPA Region 1 (New England Lab)



MADEP



# Thermo Fisher Scientific



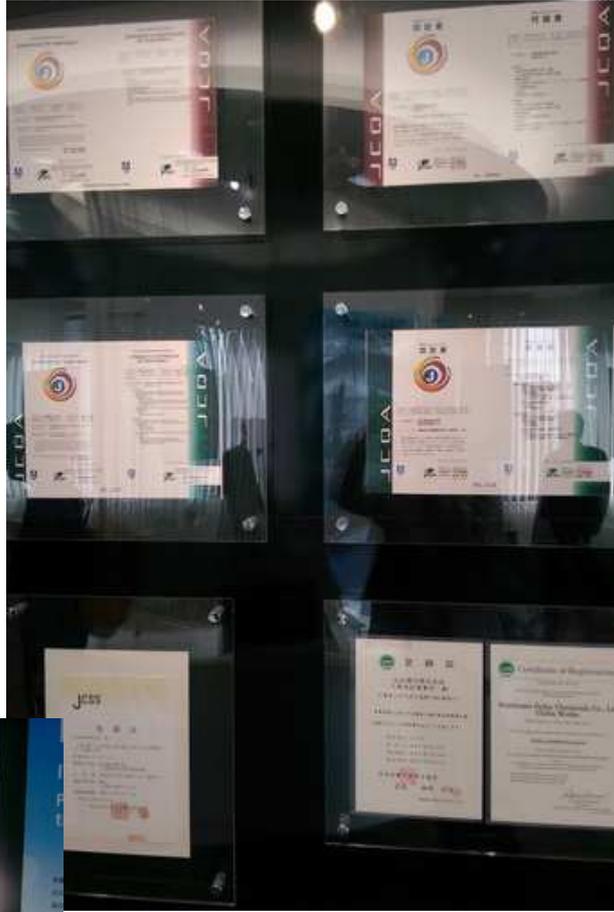
# NYDEC (N-Core Station-Queens Collage)



NYDEC (N-Core Station-Queens Collage)



# 日本住友精化千葉工場





# 日本國設大阪環境大氣測定所





# 日本京都市環境大氣測定所



# 日本京都市環境大氣測定所



# 日本京都市環境大氣測定所



# 日本京都市自動車排氣測定所



# 日本京都市自動車排氣測定所

