

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書  
(出國類別：研習)

赴日研習大氣環境與微粒監測、預報技術

服務機關：行政院環境保護署  
姓名職稱：黃健瑋環境監測技術師  
派赴國家：日本  
出國期間：102年9月15日至21日  
報告日期：102年12月20日

## 摘要

本次前往日本自動儀器製造公司(HORIBA)、埼玉縣環境科學國際中心(Center for Environmental Science in Saitama)、參加日本大氣環境年會、參訪亞洲大氣污染研究中心(Asia Center for Air Pollution Research)及新潟縣國家監測站。研習內容包含瞭解日本 PM<sub>2.5</sub> 相關法規演進、PM<sub>2.5</sub> 測定與成分分析方法、PM<sub>2.5</sub> 高值預警作業、自動監測儀器與標準方法之比較及大氣環境相關監測之研究等。

近年來，細懸浮微粒(PM<sub>2.5</sub>)備受大眾關注，我國雖自 2006 年開始在空氣品質監測站進行 PM<sub>2.5</sub> 的自動監測，但至 2012 年才公告修正空氣品質標準，增訂 PM<sub>2.5</sub> 空氣品質標準，並建置 PM<sub>2.5</sub> 採樣及標準檢測方法。日本自 1999 年即開始進行 PM<sub>2.5</sub> 相關的研究，並於 2006 年重新審視環境基準，最後於 2009 年公告環境基準值。有鑒於日本在大氣環境及 PM<sub>2.5</sub> 之領域已有長期研究及成熟之技術發展，故本次前往日本研習相關技術及進行交流，將有助於本署擴充大氣環境監測及懸浮微粒監測能量，及提升監測作業之效率。

此外，日本注意到空氣污染物受天氣系統影響造成跨境之長程傳輸為現今主要的趨勢，因此該國亦積極在亞洲地區進行國際合作，在本次研習過程中可發現，所參訪之研究單位皆有針對跨境傳輸污染物進行相關實驗計畫。如我國亦能增加推動國際合作，無論與日本或其他先進國家進行技術交流或資料交換，必有助於強化我國空品監測。

# 目錄

摘要	I
目錄	II
一、目的及背景說明	1
二、研習過程	2
(一)堀場製造所監測儀器技術學習	2
(二)參訪埼玉縣環境科學國際中心	3
(三)與日本環境省官員交流、討論	5
(四)參加日本大氣環境學會年會	6
(五)參訪亞洲大氣污染研究中心及國家監測站	7
三、心得及建議事項	8
附件 1、研習期間相關照片	
附件 2、埼玉縣環境科學國際中心(CESS)介紹	
附件 3、CESS 相關研究介紹(2012 年)	
附件 4、日本 PM <sub>2.5</sub> 監測介紹	
附件 5、PM <sub>2.5</sub> 質量濃度測定及成分分析	
附件 6、濾膜測定法與自動儀器並行試驗之現況及今後課題	
附件 7、PM <sub>2.5</sub> 測定法	
附件 8、PM <sub>2.5</sub> 常時監測之測定技術趨勢	
附件 9、PM <sub>2.5</sub> 自動監測儀器的現況及今後的課題	
附件 10、PM <sub>2.5</sub> 常時監測的現況及今後的趨勢	
附件 11、大氣環境年會演講摘要	
附件 12、大氣環境年會儀器展覽	
附件 13、亞洲大氣污染研究中心介紹	
附件 14、東亞地區酸沉降監測網介紹	

## 一、目的及背景說明

本署長期進行空氣品質監測，全國現有 76 個一般性空氣品質監測站，可提供完整、高品質、有代表性及有效的連續監測數據，以做為空氣品質保護及防制空氣污染工作的重要依據。藉由監測數據可判知法規的符合性、了解空氣污染物的長期趨勢、評量管制策略的有效性、發展及驗證空氣品質預報模式等。

近年來，懸浮微粒為各國空氣品質的重要課題之一，尤其以細懸浮微粒(PM<sub>2.5</sub>)備受大眾關注。細懸浮微粒為懸浮在空氣中，氣動粒徑小於 2.5 μm 以下的粒子，根據相關文獻資料顯示，其對人體健康危害影響重大，主要來源分為自然及人為行為產生，而人類行為則以燃燒為主，如石化燃料及工業排放、移動源廢氣等燃燒行為，並會藉由天氣系統造成跨境長程傳輸。本署自 2006 年開始，於空氣品質監測站進行 PM<sub>2.5</sub>的自動監測，後於 2012 年完成 PM<sub>2.5</sub>空氣品質標準及建置採樣與標準檢測方法。

日本於 1999 年開始進行人體暴露在 PM<sub>2.5</sub> 下對健康影響的研究，2006 年重審環境基準值，並開始建置國家監測站，至 2009 年設置環境基準專門委員會及測定專門委員會，並於同年公告環境基準值。另在預警（報）上，今(2013)年開始發布「PM<sub>2.5</sub> 注意特報」，用以提醒高敏感性族群及老人、小孩可能有高 PM<sub>2.5</sub> 濃度的發生，應特別留意。今年 5 月，日本 PM<sub>2.5</sub> 測定專門委員會主席坂本和彥教授來訪，與本署針對相關議題進行交流及討論。

有鑑於日本在大氣環境、懸浮微粒測定與相關預警（報）已有成熟且先進之技術，本次研習目的及重點包括汲取日本大氣環境監測及預警（報）之技術及經驗，過程中也將與日本官方（環境省）及產業界針對我國目前在環境監測及預警(報)之執行面上進行學習及討論，期能藉由此次研習，擴充我國大氣環境與微粒監測能量，提升監測及預警（報）作業效率，提供民眾更適時之空氣品質相關資訊。

## 二、研習過程

### (一) 堀場製造所監測儀器技術學習

9月16日萬宜颱風於日本中部愛知縣登陸，堀場製作所(HORIBA)所在地「京都」亦為氣象廳所發布大雨注意報的警戒地區，該製作所考量人員安全上午停止上班，午後風雨減緩，始至該製作所聽取簡報並參觀廠區。簡報內容包含日本PM<sub>2.5</sub>監測介紹、該製作所生產PM<sub>2.5</sub>監測儀器原理介紹及與目前日本其他廠牌監測儀器之比較等。

日本PM<sub>2.5</sub>法規起始同樣參考自美國，根據1993年哈佛大學的免疫學調查，環境大氣中的懸浮微粒濃度與死亡率存在著相關性，美國因此在1997年訂定PM<sub>2.5</sub>的法規，並在2006年重審環境標準。而日本於1999年開始進行人體暴露在PM<sub>2.5</sub>下對人體健康影響的研究，2006年重審環境基準值，並開始建置國家監測站，2009年設置環境基準專門委員會及測定專門委員會，於同年公告環境基準值。

目前日本PM<sub>2.5</sub>測定方法有以下四種，(1)手動採樣(參考方法):抽引定流量空氣進入採樣口，其採樣流率設定為16.7L/min，當細懸浮微粒通過濾紙時被留下，再以秤重方式得到質量濃度；(2)TEOM法：微量振盪天秤法，採樣抽氣通過濾紙使細懸浮微粒停留在濾紙上，濾紙的質量會導致振盪頻率的變化，藉由此振盪頻率變化計算出微粒質量；(3)射線法：與手動採樣方法同為抽氣採樣，當細懸浮微粒停留在濾紙上，再利用<sup>14</sup>C射線通過濾紙時，由其衰減程度即可計算出濃度；(4)光散射法：當光源照射到細懸浮微粒上造成散射現象，散射的強度可由微粒的形狀、大小及折射率等條件量測，微粒吸收部份則使用補值的方式。

又根據資料分析顯示，相對濕度會對樣品造成影響，因此日本監測儀器現有四種主要除濕方法，(1)加熱法：採用加熱器加

熱方式，將採樣氣體導入到氣體引流管加熱後，達到降低相對濕度目的。此方法可能因加熱溫度不均，造成水分與半揮發性物質揮發，導致質量的損失；(2)擴散法：利用吸濕性的高分子膜，將採樣管內的採樣氣體，與採樣管外的乾燥空氣相互流通後，選擇性的吸收水分再排出。此方法半揮發性物質的損失雖然較少，但因除濕能力較低，可能有無法應付相對濕度較高的情況；(3)混合乾燥氣體法：將乾淨且不含微粒的乾燥空氣引入採樣管內混合，藉以降低相對濕度。此方法須注意的是，所混入的乾淨乾燥空氣會使通過濾紙的空氣體積變大，且採樣氣體中的微粒與半揮發性物質可能因此揮發；(4)演算法：以實際量測到的數據，輔以利用溫度及濕度來補正質量濃度。此方法在高濕度時，可能因微粒潮解等因素，造成補正係數與實際質量濃度有差異。

最後探討手動採樣分析方法可能的誤差原因，其中採樣儀器的誤差部分包括「分級裝置」、「採樣流量」、「溫度與壓力」等。另秤重過程可能的誤差原因包括「存放濾紙的溫(濕)度條件」、「秤重時的溫(濕)度條件」及「天秤的穩定性」。又濾紙的操作過程也是可能的誤差原因。

## (二) 參訪埼玉縣環境科學國際中心

9月17日前往參訪埼玉縣環境科學國際中心(CESS)，該中心總長為日本PM<sub>2.5</sub>測定專門委員會主席坂本和彥教授，其亦為本次研習日方聯絡代表。該中心主要提供四大功能，包含環境教育、實驗研究、環境資訊提供及國際交流。其中實驗研究部分，除本次主要學習之大氣環境外，另有全球暖化對策、自然環境、廢棄物資源循環、化學物質、水環境及土壤地下水等相關研究。而國際交流部分，該中心在PM<sub>2.5</sub>研究上，近期針對長程傳輸進行相關監測，主要研究中國大陸北京PM<sub>2.5</sub>成分分析、PM<sub>2.5</sub>跨境傳輸對日本的影響等，又該計畫除與中國大陸外，另有與南韓共同合作。

此外，該中心亦積極推動東亞地區空氣污染監測計畫，除前述國家外，東南亞的泰國同為合作對象。該中心近期研究包括其對 PM<sub>2.5</sub> 的長期觀測、2013 年中國大陸北京 PM<sub>2.5</sub> 的特徵、PM<sub>2.5</sub> 跨境污染對日本的影響及日韓中合作計畫（詳細資料如附件 2、3）。

該中心對 PM<sub>2.5</sub> 進行長期連續監測(儀器使用 TEOM 1400a)、每天及每週採樣(儀器皆使用 FRM 2025)。在 2009 年以前因尚無建立環境基準，故採樣頻率為每週一次，優點為在研究上較方便，因人工採樣較費時；缺點為採樣時間較長，揮發性物質可能會揮發，所得濃度會較每天採樣來得低。而每週採樣設定之濕度為 50%，不同於每天採樣設定之濕度為 35%，經分析比較，兩者所得結果差異在 10%以內。另由長期(2000.9-2013.1)資料顯示，在該中心所量測到的 PM<sub>2.5</sub> 質量濃度是有呈現下降趨勢。以季節變化來看，秋、冬季的 PM<sub>2.5</sub> 濃度較高，秋季主要是生質燃燒所造成，冬季則是受跨境長程傳輸所影響，另可能因冬季溫度較低，使揮發性物質較不易揮發，及冬季易有逆溫層產生，造成污染物的累積。除 PM<sub>2.5</sub> 外，亦有 PM<sub>1</sub> 的採樣觀測，PM<sub>1</sub> 約為 PM<sub>2.5</sub> 的 95%，主要是 2 次生成所產生。

為了解不同地區 PM<sub>2.5</sub> 的特徵研究，除中國大陸的北京外，亦同時於上海、日本的新宿、富士山及 CESS 進行採樣分析。而研究指出，北京 PM<sub>2.5</sub> 的排放來源包括交通工具(22%)、燃煤發電廠及鍋爐(17%)、沙塵(16%)、從工業製程的塗料揮發(16%)、農村地區的生質燃燒(4.5%)及來自天津與河北的跨境污染(24.5%)。另該中心最新的國際合作計畫為日、韓、中 3 國共同對 PM<sub>2.5</sub> 及 PM<sub>1</sub> 的採樣觀測，由於研究範圍橫跨東亞地區，亦希望臺灣能加入共同研究。

### (三) 與日本環境省官員交流、討論

9 月 18 日前往新潟參加第 54 屆日本大氣環境年會，原訂行

程為聽取口頭發表演講、參觀海報發表及環境監測儀器展覽，因環境省水與大氣環境局官員（大氣環境課課長輔佐、環境技官）及日本環境衛生中心課長到場，改進行 PM<sub>2.5</sub> 議題交流、討論，相關議題如下(詳細資料內容如附件 4-10)：

1. 日本目前監測現況是由地方政府執行，並依據法定受託事務的處理基準，其中關於測站數量及配置，首先應考量人口及可居住地之面積，若當地人口達 75,000 人或可居住面積達 25km<sup>2</sup>（以較少者為準）即應設置 1 測站，另可考量當地環境濃度、地形與氣象條件做數量的調整。至去年(2012)年底，已達預訂 PM<sub>2.5</sub> 測站數量目標之建置率的 50%。日本測定方法與堀場製作所簡報內容相同，故不重複敘述。而日本常時監測為連續逐時資料，故自動儀器需通過等價性評價試驗，即與標準測定法(FRM)比較，差異在規定之範圍（管理限界線）內，且兩者呈現良好的線性關係，始可通過認證。試驗方法為參加試驗機種與標準方法各兩台同時進行，以兩兩相互比較，試驗時期為夏、冬兩季各 50 天，試驗場所為都市及非都市各一個地方。
2. 在日本，PM<sub>2.5</sub> 的成分分析為重要的課題，其必要性在於可了解 PM<sub>2.5</sub> 對人體健康的影響及推估 PM<sub>2.5</sub> 產生的來源，例如透過金屬成分分析可知是否由中國大陸跨境傳輸而來。目前環境省亦正積極推動 PM<sub>2.5</sub> 成分分析，陸續在地處較偏遠之國家監測站辦理實施。而地方政府如預算足夠，四季皆會實施辦理，如預算不足則只辦理夏、冬兩季。2012 年以前 PM<sub>2.5</sub> 成分分析方法包括以下四種：(1)成分分析用微小粒狀物補集法、(2)離子成分分析法、(3)無機元素的多元素同時測定法（酸分解/感應耦合電漿質譜分析(ICP-MS)法）及(4)炭素成分分析法，在 2013 年增加「多環芳香族碳氫化合物」分析方法。
3. 今(103)年所發布之 PM<sub>2.5</sub> 注意特報，其非依照法令制定，且為

暫定方針，未來仍會進行檢討改善，主要用意為提醒高敏感性族群（呼吸道疾病患者、小孩及老人等），避免高污染濃度時在戶外長時間進行劇烈運動。而該暫定方針所定訂日平均值超過  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，為參考美國所訂定  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  即會對人體健康造成影響，再由日本的專家委員會討論以基準值( $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )的 2 倍所得之結論。每日  $\text{PM}_{2.5}$  的注意特報使用的資料時間區間為上午 5-7 時，經由統計分析得出平均超過  $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，當日  $\text{PM}_{2.5}$  濃度即可能超過  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，並由地方政府決定是否發布。另資料分析結果顯示，所選取時間區間越晚（如 5-12 時），其平均值與日平均值相關性越高。故為提醒民眾防範，除環境省規定之 5-7 時平均值外，地方政府亦可視情況增加發布。

4. 我國及其他國家偶而有出現  $\text{PM}_{2.5}$  數據會大於  $\text{PM}_{10}$ （稱之為「倒掛」）的情形，經詢問在日本無發現過如此情形，日方表示，可能原因為「採樣流量錯誤」、「濾膜的濕度差異」及「系統誤差」，其中系統誤差發生在低濃度時，因儀器偵測的極限即可能造成此情況。另有國外研究認為可能因揮發性物質揮發所造成，日方認為，如  $\text{PM}_{2.5}$  及  $\text{PM}_{10}$  的採樣流量相同，則揮發性物質理論上也應相同，則不至於有此問題。
5.  $\text{PM}_{2.5}$  議題在日本亦非常受到民眾的重視，尤其多數是從中國大陸經由跨境長程傳輸到該國，為避免民眾之恐慌，日本採取主動告知及教導之方式，透過政府單位與大學的教授合作，於地方開辦講習活動，以讓民眾對於  $\text{PM}_{2.5}$  能更加了解，並可增加自我防範的能力。

#### **(四) 參加日本大氣環境學會年會**

9 月 19 日原訂行程為至亞洲空氣污染研究中心研習，因前一日與環境省官員會晤，改於今日參加大氣環境年會，聽取口頭發表演講、參觀海報發表及環境監測儀器展覽。

當日聽取口頭發表演講為日、韓、中等三國學者針對「近期東北亞 PM<sub>2.5</sub> 污染及其對健康影響現況」相關研究成果之國際座談會，演講議題包含「東北亞地區 PM<sub>2.5</sub> 污染現況」、「中國大陸微粒子污染的特性」、「以觀測站網為基礎了解日本 PM<sub>2.5</sub> 實際狀況」、「大氣氣膠的即時特性：從奈米微粒到亞洲沙塵微粒」、「以流行病學研究 PM<sub>2.5</sub> 對身體健康的影響」、「東亞地區因 PM<sub>2.5</sub> 和臭氧過早死亡的負擔」，各議題演講摘要如附件 11。

另會場中海報發表會及環境監測儀器的展覽，其中海報發表部分多以 PM<sub>2.5</sub> 成分分析及 PM<sub>2.5</sub> 對身體健康影響為主要研究主題；而環境監測儀器展上，日本主要環境儀器製造公司皆有設置攤位參展，展示各家最新環境儀器設備，其中又以 PM<sub>2.5</sub> 監測儀器為大宗。藉由參觀該展覽，有助於了解日本對大氣環境研究方向及相關儀器之技術發展，相關資料如附件 12。

#### (五) 參訪亞洲大氣污染研究中心及國家監測站

9 月 20 日參訪亞洲空氣污染研究中心(ACAP，詳附件 13)及新潟縣國家監測站，該中心的源起於研究區域大氣污染及酸沉降，其中又以後者為主，並建置東亞地區酸沉降監測網(EANET，詳附件 14)，並成為跨政府間聯繫管道。而最新的趨勢如 PM<sub>2.5</sub> 污染問題，包含跨境長程傳輸等，以及區域性空氣污染造成全球氣候變遷等，皆為該中心目前主要研究方向。新潟縣國家監測站臨近日本海，最初設立目的為酸沉降監測，因此主要監測設備為氣象方面的儀器，後續由環境省支持，開始大氣環境相關監測，包含懸浮微粒、臭氧、二氧化硫、二氧化氮等相關監測。

由於中國大陸的沙塵（日本稱為黃砂）會因天氣系統而傳輸至鄰近國家，包括日本、南韓及我國皆有受其影響，因此亞洲空氣污染研究中心其中一項監測作業即為中國大陸的沙塵動態監

控，此為與中國大陸及南韓之合作計畫，在沙塵源區如蒙古，及可能是沙塵移動路徑上的韓國、日本設置光達(Lidar)。本署在鹿林山背景測站計畫中亦有設置光達監測，但與該中心不同，是屬美國航空暨太空總署(NASA)的監測網下。而此國際合作計畫，因為在中國大陸的沙塵源區設有監測點，當源區起沙時即可透過資料交換，即時了解最新沙塵資訊，並經由各地監測點追蹤沙塵之走向，可提早進行防護措施。

本次參觀的新潟縣國家監測站，其建置即是以酸沉降監測為主要作業，而在日本國家監測站多設置在偏遠、離島地區，其目的為補足地方監測缺漏的部分，但也因交通不便，故無法像我國酸沉降監測可以每日派人收樣。該測站酸沉降採樣方法為儀器內建置一轉輪，上面裝置 15 個採樣管，再分別連接至採樣筒，不論是否有降水，每天皆會旋轉，即每天皆有採樣筒為樣本，如此每半個月至現場收取降水樣本即可。此採樣筒只要 3 小時即可滿水，如為長時間連續降水，多出來的雨水則會導入至儀器底部的儲水槽，但此缺點即若為連續多天的降水，則無法辨識是哪一天的降水樣本。

### 三、心得及建議事項

- (一) 日本國內因可自行製造 PM<sub>2.5</sub> 自動監測儀器，除訂其標準監測方法，另有與標準方法（手動監測儀器）之比較，即設定控制界線（參考美國之統計管理方法），以確定不適合與不合格機種的機率，使自動監測與標準方法數據接近，始可核發儀器認證。此認證辦法之試驗期間選定夏季及冬季各 50 天，試驗場所選定都市區及非都市區，試驗儀器需標準方法儀器與自動監測儀器各兩台同時進行，如雙方數據有差異，皆以標準方法為準，自動監測儀器則不予通過合格認證，該儀器必須進行改善作業，使得再申

請認證。

- (二) 日本訂定 PM<sub>2.5</sub> 高值注意特報(暫定),旨在提醒敏感性族群(呼吸道疾病、幼兒及年長者等)避免在戶外長時間劇烈運動,而該注意特報由地方政府決定是否發布。選取時間區間為每日 5-7 時之平均值,超過 85  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  即該日平均可能達 70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。而由資料分析結果顯示,所選取時間區間越晚(如 5-12 時),其平均值與日平均值相關性越高。故為提醒民眾防範,除環境省規定之 5-7 時平均值外,地方政府亦可視情況增加發布。又該 PM<sub>2.5</sub> 日平均達 70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  對敏感性族群影響,為環境基準之日平均值 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  的 2 倍,此為參考美國之日平均值達 65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  即敏感性族群需注意,及召集各界專家學者開會討論結果。
- (三) 日本除 PM<sub>2.5</sub> 濃度監測外,成分分析亦是必須的,除了可了解 PM<sub>2.5</sub> 所含物質對人體健康的影響外,更可用以推估污染來源及有效瞭解各地區 PM<sub>2.5</sub> 特性與政策上的檢討。主要分析項目有離子成分、無機元素成分及碳素成分等分析。該分析是由地方政府執行,地點基本挑選 PM<sub>2.5</sub> 高濃度地區,而環境省也持續增加在國家監測站實施,地點主要挑選較偏遠之地區,分析項目並增加多環芳香族碳氫化合物。現今日本監測儀器製造,亦陸續發展成份分析檢測功能。
- (四) 亞洲空氣污染研究中心設有光達(Lidar),為進行中國大陸沙塵監測,其非屬美國太空總署(NASA)監測網下,而是與中國大陸及南韓之合作計畫。中國大陸在蒙古地區設有監測點,可立即透過資料交換,了解沙塵源區之狀況,並經由各地監測追蹤沙塵之走向。由此可知,跨境長程傳輸污染為現今主要趨勢,日本皆積極在東亞地區進行國際合作,除此中國大陸沙塵監測外,另埼玉縣環境科學國際中心亦進行中國大陸 PM<sub>2.5</sub> 跨境監測計畫。建議本署相關委辦計畫如「鹿林山背景測站計畫」等,可增加與該國或

其他先進國家進行技術交流或資料交換，有助本署強化我國空品監測。

- (五) PM<sub>2.5</sub> 污染目前在全球皆為人民高度關切，日本除當地污染源排放，多數是從中國大陸經由跨境長程傳輸到該國，經過媒體與網路資訊發布，該國民眾亦迫切想要了解相關議題。建議可參考日本作法，採取主動告知、教導之方式，該國政府與大學教授合作，於地方開辦講習活動，讓民眾了解相關知識，除可以自我防範外，亦可避免民眾恐慌。

## 附件 1、研習期間相關照片



圖 1.攝於堀場製造所，與小林剛士經理及周妙鳳經理合照。



圖 2.攝於 CESS 內部監測站，與梅澤夏實部長及米持真一研究員合照。



圖 3. 攝於日本大氣環境年會，與日本 PM2.5 測定委員會主席坂本和彥教授、日本環境衛生中心高橋克行課長及環境省大氣環境課後藤隆久課長輔佐合照。



圖 4. 日本大氣環境年會海報展覽會場。



圖 5.亞洲大氣污染研究中心內之光達(Lidar)。



圖 6.攝於新潟縣國家監測站，由亞洲大氣污染研究中心大泉毅部長進行監測作業介紹。