

出國報告（出國類別：研習）

前往美國田納西大學進行相關空氣 品質模式評估工具操作研習

服務機關：行政院環境保護署

姓名職稱：梁喬凱 薦任技士

派赴國家：美國田納西大學

出國期間：民國 100 年 7 月 25 日至 8 月 5 日

報告日期：民國 100 年 10 月 17 日

摘要

美國環保署為有效利用科學及資訊化工具進行空氣品質決策資訊之提供，多年來發展出一套結合排放清冊、控制成本、空氣品質模式以及健康風險評估的決策支援系統 **Air Benefit And Control Assessment System (ABACAS)**。此系統能夠計算各種空氣品質改善的情境，並提供所需要的成本及所造成空氣品質變化，且能進一步評估伴隨情境下民眾健康風險改變的情況。**ABACAS** 有三大主要部分，一為 **ACN (Air Control Net)**，二為 **RSM (Response Surface Model)**，三為 **BenMAP (Environmental Benefits Mapping and Analysis Program)**，台灣經由中美環保技術合作協定計畫已經建立本土的 **ACN**，也就是 **TECAS (Taiwan Emission Control Analysis System)**，此結合排放清冊、控制技術及控制成本的平台，已成功運用到台灣清淨空氣計畫。在目前在中美合作項目下，**RSM** 也已進行導入之前置工作，未來將逐步發展屬台灣本土化空氣品質決策支援系統，然為熟習了解這些決策系統開發及運用，本研習將前往中美合作計畫下所委託開發台灣本土化空氣品質台灣決策系統之田納西大學，進行大氣空氣品質模式 **Models-3/CMAQ** 模擬操作研習，以實地操作了解該工具發展過程及原理；此外，本次研習並出席參與美國環保署空氣品質計畫及標準辦公室 **OAQPS (Office of Air Quality Planning and Standards)** 所辦理開發 **BenMAP** 及 **ABACAS** 系統會議，及參訪其研究及發展辦公室 **ORD (Office of Research and Development)**，了解美方最新決策支援系統工具發展及其相關空氣品質控制技術，皆有助於台灣環保署評估相關空氣品質策略應用，本次研習成果可謂相當豐碩。

目錄

壹、目的及背景說明.....	1
1.1 背景說明.....	1
1.2 目的.....	2
貳、研習過程.....	3
2.1 Models-3/CMAQ (7/27-7/29)	4
2.2 TECAS (Taiwan Emission Control Analysis System) (7/29)	12
2.3 RSM (7/30、8/4)	20
2.4 美國決策支援系統 ABACAS (Air Benefit And Control Assessment System) 系統開發會議 (8/1-8/2)	29
2.4.1 8月1日	30
2.5.2 8月2日	34
參、心得與建議.....	38
3.1 學習心得.....	38
3.2 建議.....	38
肆、附件.....	40

壹、目的及背景說明

1.1 背景說明

本次前往田納西大學進行大氣空氣品質模式 Models-3/CMAQ 及相關評估工具模擬操作研習，為基於台灣環保署與美國環保署所簽訂中美環保技術合作協定計畫下所進行之工作，本項合作計畫自民國 91 年起美方應用先進空氣品質模式 Models-3/CMAQ 協助模擬評估台灣受空氣品質境外及長程傳輸之影響，及協助台灣環保署發展本土化空氣品質模式決策支援系統 ABACAS 工具等多項合作工作，除台灣環保署外，國內空氣品質模式技術支援中心、國立中央大學、國立成功大學、中鼎公司、長榮大學等單位亦為該計畫下共同合作夥伴，長年以該計畫執行 Models-3/CMAQ 模擬分析，整合提供東亞地區之排放量與氣象資料進行長程傳輸之評估，並提供台灣模式技術支援中心相關輸入及輸出資料、辦理多次講習會議及年度計畫進度報告，也曾訓練國內兩位 Ph.D 學生前往田納西大學進行長期（1 年至 2 年）大氣空氣品質模式模擬操作研習，該計畫成果發表於 5 個以上之國際研討會及講習會並曾發表兩篇於期刊中，另外，在決策工具建置方面，業已完成 TEDS7.0 架構在 Google Earth 上之展示系統及美國 EPA 所建立 ACN 系統介面予以中文化 TECAS 並將 GHG 污染物加入 TECAS 系統功能應用中，目前所進行中美環保技術合作協定計畫第 9 號執行辦法，將開始進行 RSM 系統發展前置作業，未來也將導入建置 BenMAP 系統，以完成建置屬本土化台灣空氣品質模式決策支援系統 ABACAS 工具。然該計畫執行長久以來，皆委由美方協助執行大氣空氣品質模式模擬及開發相關空氣品質決策支援工具，雖國內相關學術單位、顧問公司等皆同時參與計畫合作交流，也曾遣派學生前往田納西大學進行長期（1 至 2 年）氣品質模式研習，該計畫成果雖豐碩，惟在此期間台灣環保署並未建置所屬人員運用計畫下所開發等模式工具之能力，對於未來台灣環保署空氣品質政策制定還仍需透過美方或其他單位輔佐，顯有遺憾；故辦理本次出訪研習，由台灣環保署人員進行短期（2 星期）培訓，建置所屬人員執行模式等工具之能力，以達成完整技術轉移之目標。

1.2 目的

本研習之目的以建置台灣環保署人員能獨立運作執行中美環保技術合作協定計畫下所開發空氣品質模式及相關決策系統工具，前往美國田納西大學，進行相關大氣空氣品質模式 Models-3/CMAQ 模擬及相關決策系統工具操作研習，透過模式原理學習、實際操作，提升本署人員對模式認知，以達到技術轉移目標，未來將有助推廣國內空氣品質模式應用於台灣環保署評估空氣品質模式相關法規、政策等對空氣品質改善之有效性；另本次研習期間恰逢美方舉行美國決策支援系統 ABACAS 工具開發會議，並實地前往美國環保署空氣品質計畫及標準辦公室 OAQPS 參與該項會議，對於未來美方協助台灣環保署建置本土化決策支援系統 ABACAS 工具能更深度了解，以掌握空氣品質模式科技發展之新趨。

貳、研習過程

本次研習主軸除以實際操作了解中美環保技術合作協定計畫下空氣品質模式 Models-3/CMAQ 及所開發相關決策系統工具外，因研習期間恰逢美方舉行美國決策支援系統 ABACAS 工具發展會議，並實地前往美國環保署空氣品質計畫及標準辦公室 OAQPS 參與該項會議，對於未來美方協助台灣環保署建置本土化決策支援系統 ABACAS 工具能更深度了解，以掌握空氣品質模式科技發展之新趨，本次研習地點主要在田納西大學及美國環保署 OAQPS 進行，研習期間為 100 年 7 月 25 日至 8 月 5 日，共計 12 日，實際研習行程安排如表 2.1 所示：

表 2.1 實際研習行程

日期	行程	活動內容
7 月 25 日(一)	台北=>桃園機場=>洛杉機 LA=>孟菲斯 Memphis=>諾克斯維 knoxville	起航及抵達目的地
7 月 26 日(二)	田納西大學	CMAQ 操作環境介紹、CMAQ 模式原理
7 月 27 日(三)	田納西大學	CMAQ 模式各模組運算學習
7 月 28 日(四)	田納西大學	CMAQ 模式實務操作
7 月 29 日(五)	田納西大學	TECAS 模式介紹及模式案例運用
7 月 30 日(六)	田納西大學	應用地表反應模式(RSM)介紹
7 月 31 日(日)	knoxville=>North Carolina RTP	車程
8 月 1 日(一)	美國環保署空氣品質計畫及標準辦公室 OAQPS	參與會議
8 月 2 日(二)	美國環保署空氣品質計畫及標準辦公室 OAQPS	參與會議
8 月 3 日(三)	North Carolina RTP=>knoxville	車程
8 月 4 日(四)	田納西大學	應用地表反應模式(RSM)案例運用
8 月 5 日(五)	knoxville=>亞特蘭大=>洛杉機 LA =>桃園機場=>台北	返航及抵達台北

研習人員抵達目的地第一天（7/26），由美國田納西大學土木暨環境工程系

Dr.Fu (JOSHUA S. FU, Ph.D) 接見並介紹學校環境及其研究團隊，另為其本研習人員熟習整體研習課程的了解，特安排中國廣州華南理工大學環境科學與工程學院朱云副教授及其研究團隊，進行美國環保署目前在空氣品質決策系統工具發展之介紹，下圖 2.1 為本次研習相關人員合照。

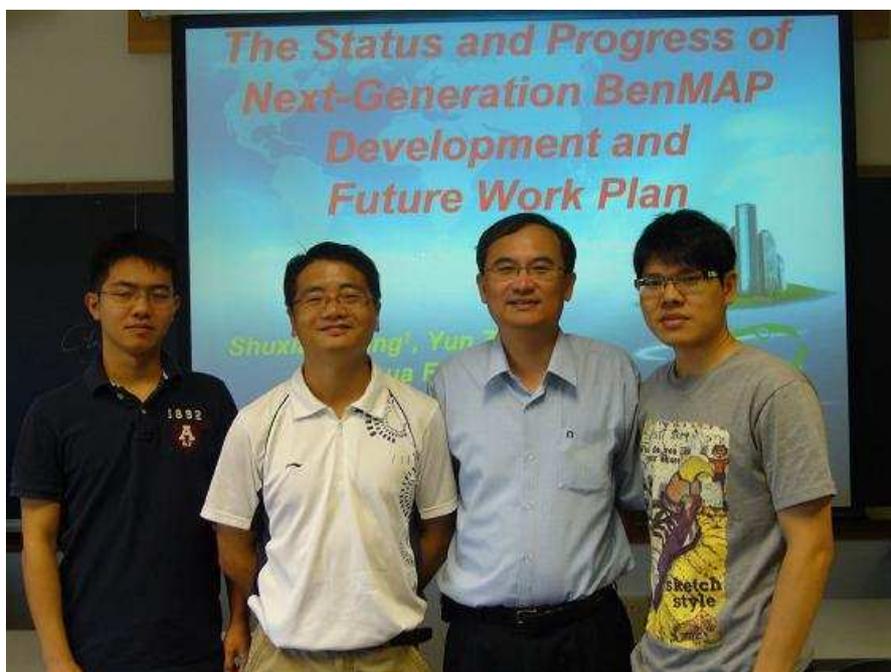


圖 2.1 本次研習相關人員合照

緊接第二天 (7/27) 後馬上進行 Models-3/CMAQ 空氣品質模式及各項相關空氣品質決策系統工具操作研習，各項研習內容分列如下：

2.1 Models-3/CMAQ (7/27-7/29)

2.1.1 模式介紹

Models-3 為 Third-Generation Air Quality Modeling System 之通稱，由美國 EPA 於 1998 年 6 月首次公布，Models-3 為美國 EPA 為系統化各種模擬分析複雜之大氣物理、化學程序的模式，以應用於環境影響評估及決策分析而發展之系統。而 Models-3 之主要運算核心稱為 CMAQ (Community Multi-Scale Air Quality) modeling system，整體 Models-3 之運作如下圖 2 所示。主要的流程為：由 MM5 取得之氣象資料與 SMOKE 運算之排放量資料，最後均輸入 CMAQ 中，以進行化學機制之模擬。整個模擬工作可約略分為三大部分：

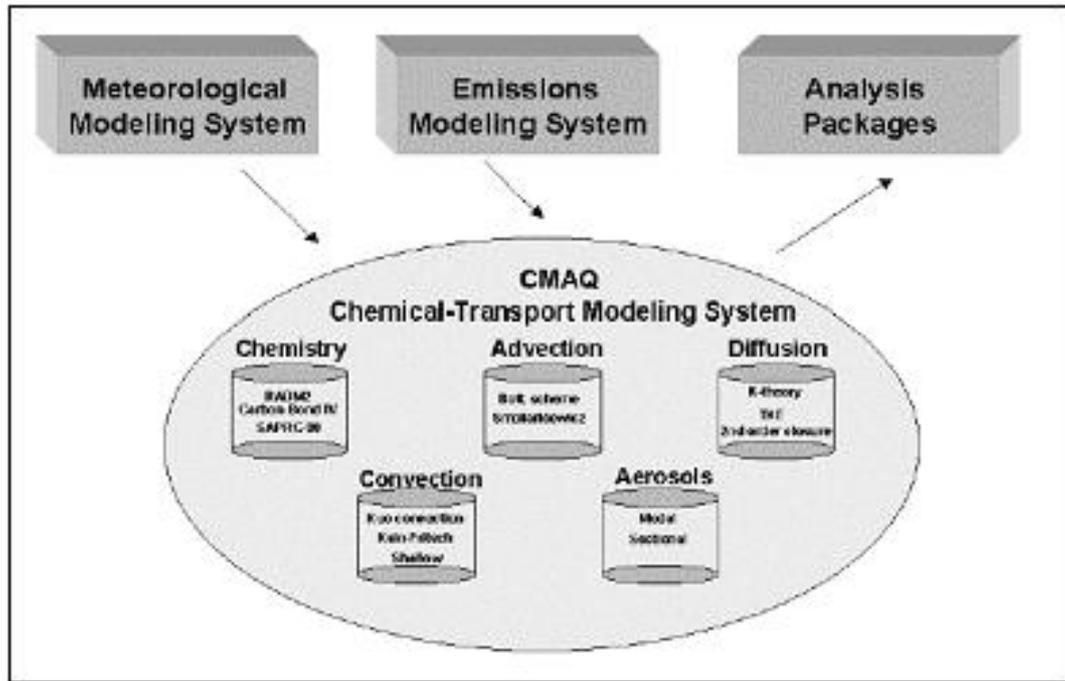


圖 2.1.1 Models-3 運作架構

(一) MM5 氣象模組：三維空氣品質模式中，最先需要模擬的為挑選之事件日的氣象資料，因而氣象資料的模擬為相當重要的一環。Models-3 所使用的氣象資料為 MM5 氣象模式第二版所提供。舉凡模式所需要的網格經緯度資料、高層資料、垂直分層、土地利用型態、大氣壓力及雲霧資料等等，均由 MM5 模式所提供。不過需要特別留意的是，Models-3 本身並不提供 MM5 模擬的相關模組，亦即 MM5 為獨立於 Models-3 的一個模式，由於 Models-3 需要 MM5 來進行氣象資料的提供，因此在進行 Models-3 之前，需要先取得 MM5 的資料。在取得 MM5 資料後，以 Models-3 的 MCIP (Meteorology-Chemistry Interface Processor) 模組進行資料的格式轉換 (轉成 I/O API 格式)。MM5 提供的資料約有：模擬區域的網格資料 (網格大小及網格尺寸等)、模擬的時間 (使用 Julian date 的時間設定)、垂直分層 (使用 sigma layer 作為垂直分層的基準)、地形資料 (使用 Lambert 投影法)、溫壓等氣象資料。

(二) SOMKE 排放源模組：在 Models-3 的官方網站中，針對排放源的部分以 MEPPS (Models-3 Emission Processing and Projection System) 模組來進行，不過此一模組在 Sun 工作站上執行效率不彰，並需要昂貴的 SAS 及 Arc/Info 等軟體支援。最新版的排放量資料處理模組已於 2001 年 05 月釋出

(US-EPA 已於 2001 年 8 月釋出 SMOKE 的操作手冊)，稱為 SMOKE (Sparse Matrix Operator Kernel Emission System)，這個排放量處理模組不但免費，並且已包含 SAS 與 Arc/Info 的功能在其中。SMOKE 模式的特色為：此模式包含了固定源、移動源、面源及生物源的處理模組，可將排放源分成四種情況分別處理，此外，此模式支援 IDA (Inventory Data Analyzer) 格式，因而排放源前處理亦變的單純。由於臺灣地區使用的排放量資料庫 (TEDS) 已將排放源分成點、線、面源，其中，移動源以面源的型態表示之，因此僅需以固定源、面源與生物源之資料型態進行排放量處理即可。

(三) CMAQ 模組：在氣象資料與排放庫資料模組處理完畢之後，便進入 Models-3 的核心 CMAQ 模組處理。CMAQ 中，主要包含下列數個模組：

- 初始值模組{Initial conditions processor (ICON)}；
- 邊界值模組{Boundary conditions processor (BCON)}；
- 光解速率常數模組{Photolysis rate processor (JPROC)}；
- 化學反應機制處理{CMAQ Chemical-transport model processor (CCTM)}。

BCON/ICON：初始值與邊界值條件因為模擬的狀況，可分為固定值與由外層網格提供的型態，通常固定值為最外層網格的輸入型態，至於內層網格則以外層的模擬結果帶入，以增加模式的準確度。

JPROC：另外，在光解速率模組中，主要以緯度座標與季節進行乾淨天空的光解速率常數計算，至於雲程序則包含在 CCTM (化學反應機制) 當中，亦即雲程序所造成的光解速率常數變化，將於 CCTM 進行時才開始計算。

CCTM：在 CCTM 這個化學機制模組中，共包含有下列數種機制：垂直對流效應、水平對流效應、垂直擴散效應、水平擴散效應、雲程序機制、氣相化學反應機制、液相化學反應機制與雲混合模式機制、氣懸膠動力與粒徑機制、煙流化學效應、氣膠乾沈降速率模擬、模式流程分析模組。

因此，進行一次完整的 Models-3 模擬時，所需要的輸入資料如下所列：

- MM5 氣象資料
- 排放源資料
- 最外層網格之初始值與邊界值

- 光解速率常數（光化學反應查照表）
- 模式編譯過程中，使用者設定參數

2.1.2 軟硬體需求

由於 Models-3 是一個開放的模式，所以可以被移植到各種平台上，因此，目前 Models-3 的版本可以說非常的多，只要你具有修改 Fortran 語言的能力，就可以將他移植到你所熟悉的工作平台。不過，說起來容易，做起來難，原因出在各種 Models-3 所需要的編譯或者是處理資料時的 library 的問題，除非您可以很熟悉，並且能夠將所有的 Models-3 之 library 完全的搞定，否則，還是使用 US EPA 的版本，目前，US EPA 提供的版本可以約略的分成三版：

（一）Sun or Cray 等 Unix 版本：這些 Unix 版本是 US EPA 當初發展的時候所使用的機型，尤其是 Sun 的機型，所有的 Fortran 語法完全是依據 Sun 的 Fortran 90 所進行開發的，另外，所支援的各項 library 也幾乎是以 Sun 的機器為準則，因此，如果你想要 Models-3 模擬，那就買一台高規格 Sun 的 Ultra 機器，Sun 對於 Models-3 的支援度也最高，在 US EPA 的網站上所公告釋出的 Models-3 的 stand-alone 版本，就是以 Sun 為主要的服務對象。

（二）Windows NT 版本：由於微軟的勢力太大了所以使用 Windows 工作站的數量是相當可觀的，所以，為了服務這些使用者，US EPA 也釋出 Windows NT 可以使用的 Models-3 版本，Windows NT 是專門提供伺服器使用的軟體，與我們一般常聽到的 Windows 98 這個作業系統是不一樣的東西，因此，Models-3 可以在 NT 上面 run，但是不能在 Windows 98 上面 run。

（三）Linux 版本：Linux 是目前蠻受歡迎的一個作業系統，他是在 1990 年由一個芬蘭的大學生所開發的系統。這個作業系統由於具有比較簡單的核心，並且與 Unix 的操作方法幾乎完全相同，在 Linux 上面所使用的編譯語法也與 Unix 類似，因此，Linux 也被稱為 Unix-Like 的一個作業系統。使用 Linux 最大的好處就是，由於他的核心較小，故而使用一般的個人電腦 PC 就可以進行 Linux 的安裝與架設了。此外，目前這個作業系統最大的優勢乃在於其免費的使用上，任何人均可免費的取得該程式，並且也可以進行任何的改版或者修改，而沒有所謂的版權問題。由於 Linux 具有如此的優勢，並且與 Unix 也甚為相近，

因此近來 US EPA 也針對 Linux 進行一小部分的 Models-3 的釋放，目前有少部分的功能已經可以在 Linux 上面跑了

綜上，使用建議以 Linux 作業平台來操作 Models-3 會是一個比較好的選擇。因為不但所有的資料都是免費的，並且速度快（不論是模式模擬速度或是網路速度等等），而在非進行模式模擬的期間，該伺服器還可以使用來作為 mail server, proxy server, Web server 及資料備份伺服器等附加功能，因此，建議的硬體配備為：

- CPU：核心數越高所能運算的速度也越快，CPU 是為 Models-3 運作的心臟。RAM：由於近來的 RAM 相當的便宜，所以能加多少就加多少，RAM 永遠不嫌多。Hard Disk：如前所述，硬碟是越大越好，因為資料量相當的多，以一輸出 115*75(3KM*3KM) 格網點大約需要 10GB，若包括輸入則需 15GB。
- VGA：目前一般的 32MB 的 VGA 卡就可以了。同時，由於 Linux 對於硬體的支援度比較不足，因此，在選購 VGA 或者是硬體方面，最好參考一下『臺灣 FreeBSD/Linux 硬體支援資料庫』裡面所提供的硬體資訊。
- Network Card：由於 Linux 具有相當穩定而且功能強大的網路能力，所以資料傳輸介面不妨以網路卡進行之，這裡建議使用 Intel 或 3COM 的比較高檔的網路卡來設置你的主機，因為網路流量會比較穩定。

軟體需求：

- System (OS)：由於 Linux 是免費的，所以開發的廠商也不少，因此其 distribution 相當的多，例如 Red Hat, FreeBSD, Debian, SuSE, Mandrake 等等的版本。目前氣膠室使用的是 Red Hat 7.1 這一個版本，並且已經在這個作業系統上面跑過 CMAQ 與 SMOKE 了，情況不錯。
- Compiler：目前在 Linux 上面使用的 Fortran 90 大多是使用 PGI workstation 這一套網路試用版，你可以在 PGI 的網頁上下載最新的 Fortran 90。

- 所需額外的軟體：
 - NetCDF:作輸出入的文件格式應用程式
 - IOAPI：管理 NetCDF 數據讀寫程式
 - CVS:文件管理備份系統
 - MPICH:並行計算程式
- SMOKE 軟體：由於 MEPPS 並不支援 Linux，所以排放源資料庫必須使用 SMOKE 來處理。然而 SMOKE 的官方網站尚未公佈 Linux/PC 版本的資訊，在這裡，我們使用 US EPA 所 release 出來的版本進行編譯，結果使得 SMOKE 可以在 Linux/PC 上面。
- Models-3 主程式：同樣也是使用 stand-alone 版本即可；
- 秀圖處理軟體：同樣也是使用 PAVE 就很好了。

2.1.2 實地操作

在 Models-3 實地操作部份，由美國田納西大學土木暨環境工程系教授 Dr. Fu 博士生 Xin-Yi Dong 指導，教授過程如下圖 2.1.2 所示，在 Models-3/CMAQ 的實地操作實例，我們選用了 2006 年 12 月 11 日為案例日，並以 TEDS7.0 為排放資料，選用了包涵整個亞洲及台灣領域的網格（12km 至 4km）進行 PM_{2.5} 模擬，解析度如下圖 2.1.3 所示。

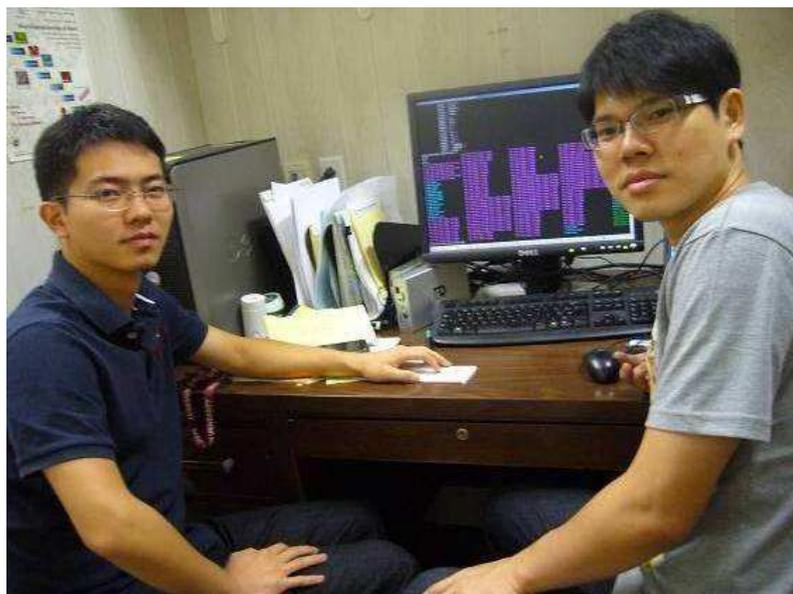


圖 2.1.2 Models-3 實際操作研習過程

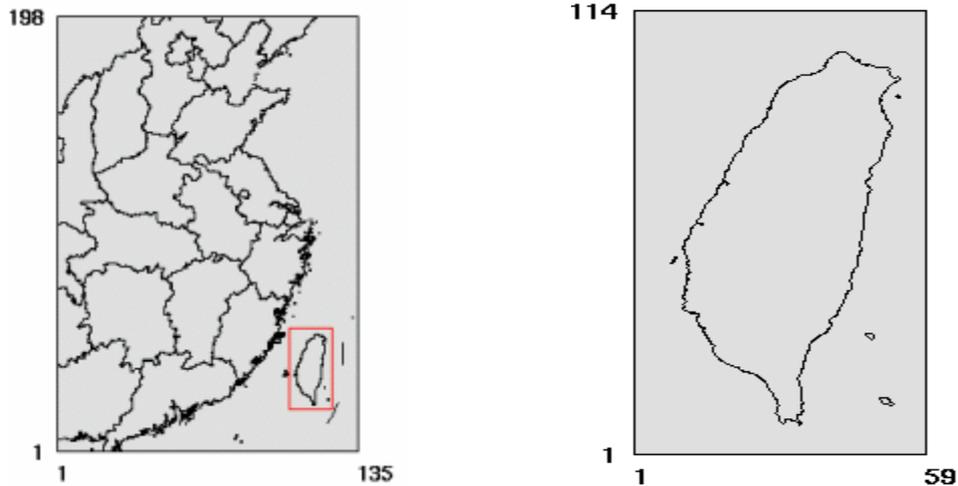


圖 2.1.3 Models-3/CMAQ 模式所使用 12km 及 4km 解析度範圍

垂直高度並選用 14 層分別為 38 m、92 m、186 m、230 m、356 m、482 m、1300 m、1850 m、2557 m、3806 m、6083 m、9511 m、16,262 m，再進行 Models-3/CMAQ 模式前所需建立基本資料如下(1)可執行文件(2)氣象場(2)排放檔(3)光化學反應查找表(4)邊界條件(5)初始條件，首先利用最新的氣象化學介面處理程式 Newest Meteorology/chemistry Interface Processor (MCIP) version 2.2 處理 MM5 所產生氣象資料進行轉換成可讓 Models-3/CMAQ 使用格式，經由 MM5 分析氣象場資料顯示（如圖 5）在地面層的流場（1000hpa）有一個漩流場發生在沿岸靠近台灣海峽附近，這使得西北風從台灣中部吹向台灣南部產生分離的流場，這些分離的流場更進一步吹向台灣的南部，並在屏東、高雄外海產生一個弱的風場。由於大氣屬穩定條件，大氣邊界層的上升會隨著大氣溫度上升而增高，在冬季大氣邊界層可高達 800 公尺至 1200 公尺，代表空氣污染物會垂直擴散並且混合，隨著我們從不同高度風場圖來看，有兩個漩流場在西台灣形成，其中在中部的是正旋型，另一個是反旋型的，在圖 2.1.4 顯示有部份的流場在台灣的西半部，這些位置非常接近空品測站所測得的高值地方，我們能夠了解這兩股渦流影響高空氣品質污染有極的關係。除圖 2.1.4 中可知，分散性流場及熱對流是在台灣南部的空氣污染物傳輸影響極的的因子，此外，白天和晚上其流場有相當大的不同，由於陸地及海面的加熱在白天產生海風，晚上因冷卻作用而產生陸風，這些風場皆會造成不同方向的空氣污染傳輸，在在顯示，台灣的空氣污染傳輸是

一個非常複雜的過程。

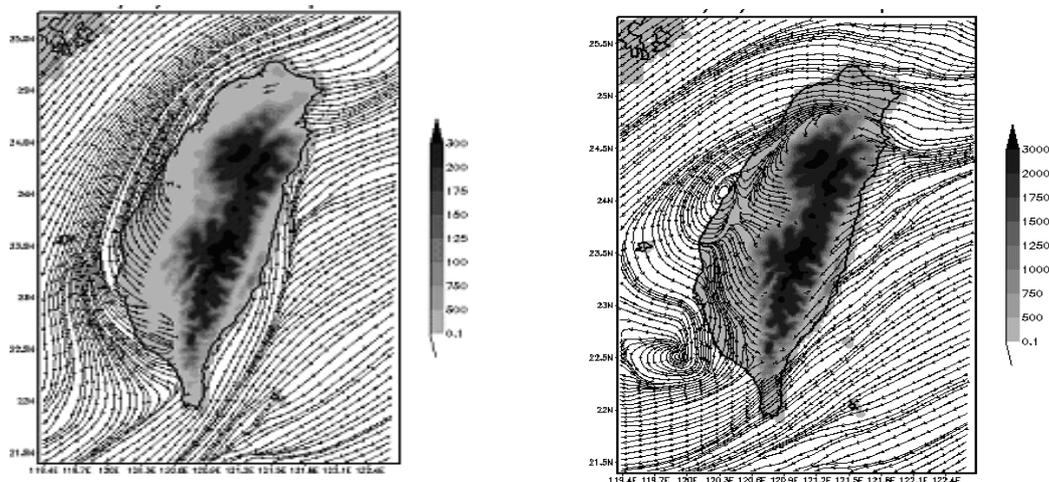


圖 2.1.4 12 月 11 日早上 7 點 MM5 風場圖模擬結果 (a)1000hpa、(b)900hpa

另外，利用 SMOKE 處理排放資料，亞洲排放量使用 INTEX-B 2006 區域性排放清單及台灣排放清單 TEDS7.0，經運算分析繪圖台灣排放量顯示如下圖 2.1.5 至圖 2.1.6，在 SO_x 及 NO_x 部份顯示都會區有較大量的排放，皆集中於北部、中部及南部地區。

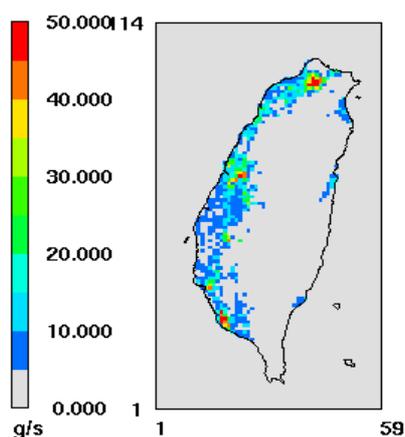


圖 2.1.5 TEDS 4-km NO_x 排放量

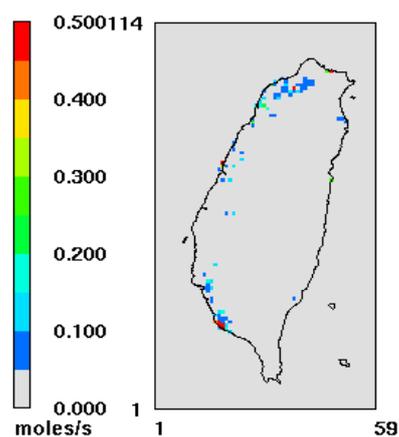


圖 2.1.6 TEDS 4-km SO₂ 排放量

經模式處理完成結果如圖 2.1.7，PM_{2.5} 模擬結果與氣象圖具有一致性關係，因該日在台灣南部地區有滯留風場的存在，使污染物會有累積作用，而造成臭氧濃度增加。

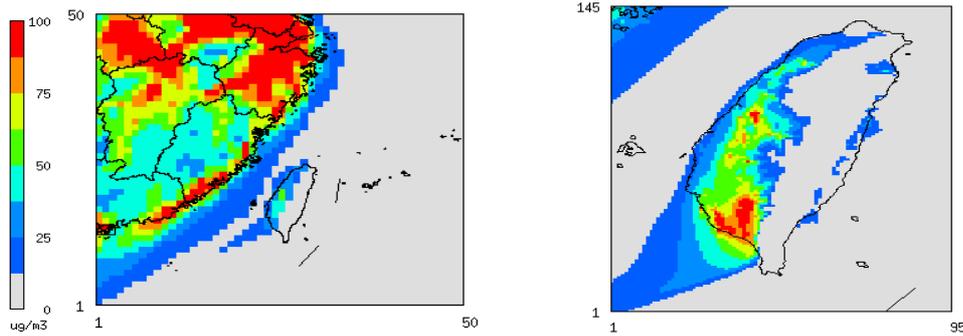


圖 2.1.7 12 月 11 日 PM_{2.5} 日平均濃度分布

2.2 TECAS (Taiwan Emission Control Analysis System) (7/29)

2.2.1 軟體介紹

ACN (AirControlNet) 是美國一個針對空氣品質管理的決策支援系統，可以發展運用對其控制策略及成本的估算，該系統是由美國環保署 E.H. Pechan & Associates 所發開，ACN 可以廣泛運用各種專業人士，如策略分析、工程、經濟及其他針對空氣品質控制策略其成本及成效性估算，該系統可以讓決策者了解可以的控制策略及獲得所產生的污染物排放減量及該策略所需的花費，ACN 的核心是由一相關 Visual FoxPro version 7.0 的資料庫所發展出一項應用軟體，包括控制策略、效率、成本資訊；在控制策略中包括各種點源、面源、移動源污染物如 NO_x、SO₂、VOC、PM_{2.5}、PM₁₀、OC、EC 等等的減量策略並與效率及成本的關連性連結，因此，ACN 是一個對於支援空氣品質管制策略的強大工具，然美國 ACN 無法讓其他國家使用，必須藉由建立起其所屬排放源資料庫，因此，在中美環保技術合作計畫下完成建立台灣 ACN 系統介面並予以中文化即為台灣排放控制分析系統 TECAS (Taiwan Emission Control Analysis System) 並將 GHG 污染物加入 TECAS 系統功能，且使用者不需安裝 Visual FoxPro 去執行這個工具，僅需藉由安裝軟體即可執行，而最小電腦需求為：

Windows 98, Windows 2000, or Windows XP

CPU Speed = 233 MHZ

RAM = 64 MB

Hard Drive Free Space = 650 MB

Display – Mode VGA/Colors = 256/Resolution = 800 x 600.

其軟體安裝完成後展示如下圖 2.2.1：

TECAS 的開發是建立在台灣空氣污染物排放清冊及相關控制策略和成本資料庫，依污染源的的特性分四項來源、點源、面源、移動源、生物源：

(1) 點源：點源是固定的污染排放，如電廠，點源常分為兩種， Electricity Generating Units (EGU) or utilities and Non-Electricity Generating Units (non-EGU).

(2) 面源：面源可能來自於小的點源，如加油站或乾洗店、或廣泛分佈的固定源，如野火、農業施肥，當如果各別來看這些來源的話，其實也不足以夠成點源，如一個乾洗店在一個城市，但如果若如將一個城市內每個乾洗店都包函在內，那所產生的污染供獻就非常可觀，因此，這些污染源都包函在排放清單裡面。

(3) 移動源：移動源的來源是由各車輛或具有燃燒汽油及柴油引擎，這些包函道路上的交通工具（車輛），非道路上的交通工具（飛機、船、割草機等）。

(4) 生物源：生物源的排放是非屬人為排放的清單，主要來源都是由植物所排放，經由 SMOKE 中 BEIS2 土地分類檔案獲得生物性 isoprene, monoterpene, non-methane VOCs and nitric oxide NO 排放速率計算其排放量，並考慮不同季節排放情形。



圖 2.2.1 台灣排放控制分析系統（TECAS）操作介面

由於台灣所建立的排放清冊（TEDS）所用的格式並不符合 ACN 所使用，此外，在決策選用方面亦截然不同，所使用的花費成本也不一樣，要建立 TECAS，即必需重新編撰模式程式碼，底下就建立 TECAS 介紹：

2.2.2 控制策略輸入

在 ACN 各種控制策略是經由從各種文獻來分析各種控制技術及花費成本，所以，ACN 除了包涵控制策略資料還有相關的花費成本，控制的效率是被用來計算某一污染物排放減量，而花費成本是用來計算應用這些控制策略後所需的成本，ACN 運用 Cost POD 來進行連結可行控制策略，Cost POD 就如同 SCCs 定義一群具有相同的排放特性、控制技術及控制成本的分類，Cost POD 可以擁有一個或數個控制策略，包括控制選用、效率及花費，所有的排放減量及控制花費的計畫都在 Cost POD 裡進行，圖 2.2.2 及圖 2.2.3 顯示兩個建立出 ACN 所需的控制策略的架構，每一個架構需要兩個輸入，即排放清單及控制策略。在第一步驟中，“make_meas_all.prg”運作各別的模組對三個主要的部份 non-utility point sources, utility sources, and area sources. 每個模組皆使用一個 NEI 排放清單的檔案格式當作程式起始點，此三個模組皆連結前述所提控制策略、控制效益及成本花費到排放清單. Cost POD 即為連結排放清單及控制策略的橋樑，在 MEAS_ALL 第二步驟中如圖 2.2.3，三個模組所產生的結果將互相連結一起，兩個移動源所發展的控制策略檔案稱 meas_all.dbf。

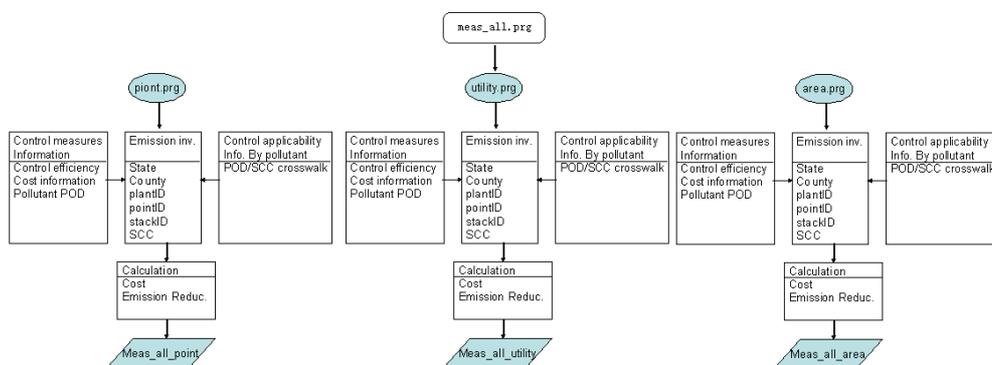


圖 2.2.2 發展電廠及非電廠點源及面源模組

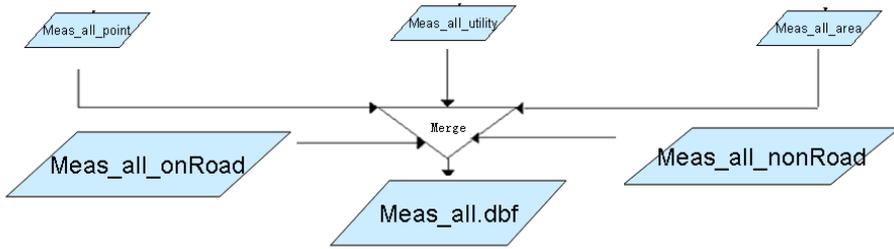


圖 2.2.3 排放來源最後合併

2.2.3 將所有 meas_all.dbf 轉換至 ACN 為輸入檔

圖 2.2.4 提供了一將所有 meas_all.dbf 資料庫轉換至 ACN 程序圖，如圖所示，該流程分為再轉換格式及增加資料發展輸入檔案二個程序（即 acn_CalculateIncrementalData.prg and acn_CreateDSFromMeasall.prg）提供 ACN 使用，表 2.2.1 詳列了 ACN 輸入檔案名稱，另圖 2.2.5 表示表 2.2.1 各檔案間之關係。

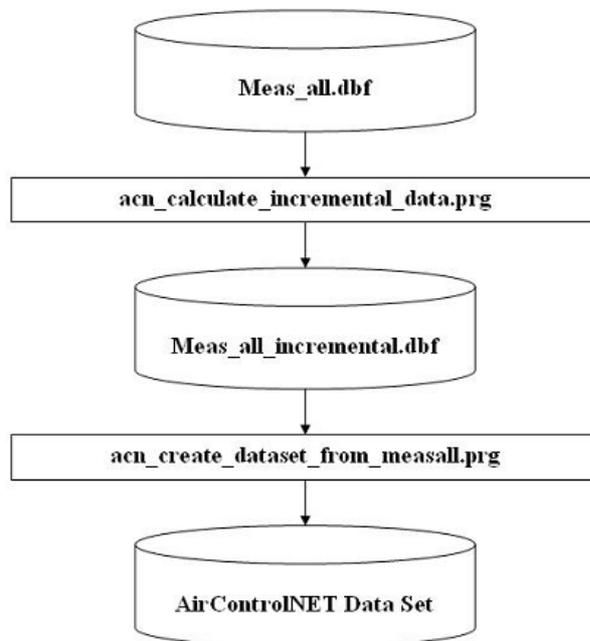


圖2.2.4 ACN資料庫發展架構圖

表2.2.1 ACN資料輸入檔案名稱

FILE NAME	Description
1. tacn_Keys_<>.DBF (1)tacn_Keys_<>.CDX	Main key table. Links to all data set tables. Key index file.
2. tacn_Emissions_<>.DBF (2)tacn_Emissions_<>.CDX	Emission and cost table. Emission and cost index file.
3. tacn_Effectiveness_<>.DBF	Control Efficiency and Rule Effectiveness table.
4. tacn_Keys_IgnorePollutant_<>.DBF	Indicates which keys should be ignored.
5. tacn_Keys_MaxtPollutant_<>.DBF	Indicates which keys are Maxt rows.
6. tacn_Keys_RemsadTotals_<>.DBF	REMSAD Totals for each key.
7. tlacn_geographic_<>.DBF	Geographic lookup table. Contains State, county, and msa information.
8. tlacn_meas_<>.DBF	Measure lookup table.
9. tlacn_SCCSector_<>.DBF	SCC and Sector lookup table.
10. tlacn_sic2_<>.DBF	Sic2 lookup table.
11. tlacn_sic4naics3_<>.DBF	Sic4 and Naics3 lookup table.
12. tlacn_plant_<>.DBF	Plant lookup table.
13. tlacn_point_<>.DBF	Point lookup table.
14. tlacn_stack_<>.DBF	Stack lookup table.
15. tlacn_segment_<>.DBF	Segment lookup table.

* <>.DBF 表示資料的名稱

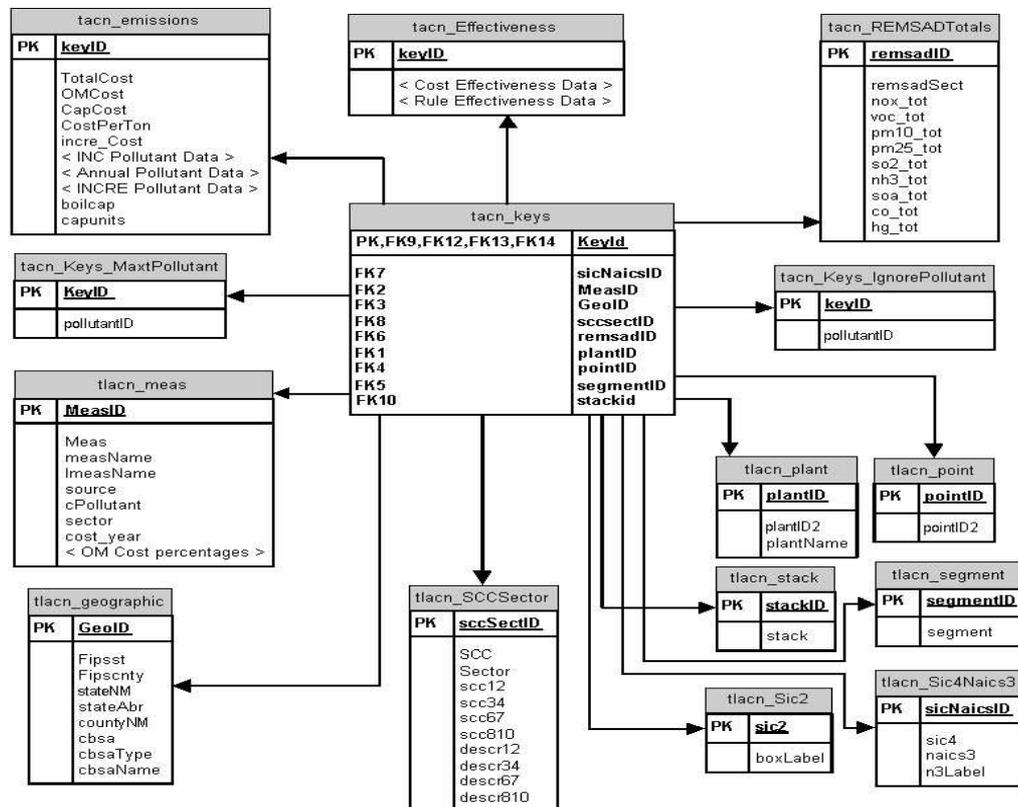


圖 2.2.5 表 1 中各資料格式間關係圖

2.2.4 產生 TECAS

爲了發展台灣 TECAS 有二項重要步驟，一是收集控制策略及各種污染源花費成本資訊，二是制作表格供 ACN 使用，這種一共有 543 控制策略包涵在 ACN，另外其中有 17 個連結 on-road mobile，表 2.2.2 提供了在 ACN 中控制策略的數量，表 3 移動源在 ACN 控制策略資料庫，由於台灣環保署歷年來執行許多計畫，這些計畫與道路上移動源有關，因此，收集一些控制策略從台灣環保署計畫，並且形成 ACN 所需格式，計畫來源如下所示：

- TEPA, 2007, Update and Management of Air Pollution Emission Inventory and Estimation for Air Pollution Degradation (II), EPA-95-FA11-03-D067.
- TEPA, 2008, Update and Management of Air Pollution Emission Inventory and Estimation for Air Pollution Degradation, EPA-96-FA11-03-A174.
- TEPA, 2008, Reduce of Automobile Emission and Management of Communications and Transportation, EPA-96-FA13-03-A185.

共有 37 種控制策略針對機車、汽車、柴油車的策略名稱、策略數量、車輛種類、車輛來源及主要污染物皆放入至 ACN 裡，此外，控制效率(%)、每一污染物的排放減量(g/km)及花費成本(USD/ton)亦同。然而並非每個控制策略都有其花費成本資料，所示，採用美國國家科學研究(US National Academy of Science, 2002)和各種台灣環保署的計畫，其各污染物控制效率及花費成本如表 2.2.3，由於部份缺乏控制效率(#14 and #16)或花費成本(#1)，因此，刪除部份控制策略，一共有 35 種控制策略在 TECAS，表 2.2.4 爲最終 TECAS 中控制策略。

表2.2.2 ACN控制策略數量

Major Pollutant	Utility	Non-Utility	Area	Onroad	Nonroad	Total
NH ₃	0	0	3	0	0	3
NO _x	26	411	15	15	8	475
PM	24	152	13	13	0	202
SO ₂	6	34	1	0	0	41
VOC	0	8	65	5	12	90
Hg	5	0	0	0	0	5

表2.2.3 移動源在ACN控制策略資料庫

measid	meas	measname	source	pollutant	sector
12	HDD10	2010 Heavy Duty Engine and Vehicle Standards	Highway Vehicles - Heavy Duty and Diesel-Fueled Vehicles	NOx	MOB
13	HDD15	2015 Heavy Duty Engine and Vehicle Standards	Highway Vehicles - Heavy Duty and Diesel-Fueled Vehicles	NOx	MOB
14	HDD20	2020 Heavy Duty Engine and Vehicle Standards	Highway Vehicles - Heavy Duty and Diesel-Fueled Vehicles	NOx	MOB
15	HDD30	2030 Heavy Duty Engine and Vehicle Standards	Highway Vehicles - Heavy Duty and Diesel-Fueled Vehicles	NOx	MOB
16	HDR399	Voluntary Diesel Retrofit Program: Selective Catal	Highway Vehicles - Heavy Duty Diesel Engines	NOx	MOB
479	T210	2010 Tier 2 Motor Vehicle Emissions and Gasoline S	Highway Vehicles - Light Duty and Gasoline-Fueled Vehicles	NOx	MOB
480	T215	2015 Tier 2 Motor Vehicle Emissions and Gasoline S	Highway Vehicles - Light Duty and Gasoline-Fueled Vehicles	NOx	MOB
481	T220	2020 Tier 2 Motor Vehicle Emissions and Gasoline S	Highway Vehicles - Light Duty and Gasoline-Fueled Vehicles	NOx	MOB
482	T230	2030 Tier 2 Motor Vehicle Emissions and Gasoline S	Highway Vehicles - Light Duty and Gasoline-Fueled Vehicles	NOx	MOB

表2.2.4 每種污染物控制策略其控制效率

#	measname	vehotyp	Control Efficiency (%)					Cost		
			PM10	PM2.5	NOx	VOC	SO2	CO	10 ³ NTD/ton	USD/ton
1	機車五期排氣標準-二行程機車	MC2			25	25		71	---	---
2	機車五期排氣標準-四行程機車	MC4			63	63		71 ^{*2}	0.95	29
3	推廣使用電動機車-取代二行程機車	MC2	99		22	100		99	5756	176881
4	推廣使用電動機車-取代四行程機車	MC4	96		90	100		99	5378	165283
5	推廣使用電動自行車-取代二行程機車	MC2	99		74	100		100	285	8745
6	推廣使用電動自行車-取代四行程機車	MC4	99		97	100		100	265	8139
7	推廣噴射引擎機車-取代四行程化油器引擎	MC4			71	67		66	5.6	172
8	機車定檢/攔檢-二行程機車	MC2						43	56	102
9	機車定檢/攔檢-四行程機車	MC4						59	77	243
10	加速老舊二行程機車淘汰	MC2			47	28		25	359	11027
11	加速老舊四行程機車淘汰	MC4			35	36		53	379	11635
12	汽油車四期排氣標準-汽油小客車	PLDGV			72	71			57	1765
13	汽油車四期排氣標準-汽油小貨車	LDGT			90	81		32	12	353
14	汽車遙測	PLDGV							140	4294
15	推廣使用 LPG 車輛	BLDGV			2	1	19		640	19667
16	推廣油電混合汽車(Hybrid)	PLDGV							664030	20406629
17	推動酒精汽油車輛(E10)	PLDGV				12		24	1774	54524
18	加速老舊耐用汽車淘汰	PLDGV			71	75		82	108	3329
19	柴油車四期排氣標準-輕型車	LDGT			93				637	19570
20	柴油車四期排氣標準-柴油大貨車	HDDT			60	62			439	13498
21	柴油車四期排氣標準-大客車	HDBGV			60	62			574	17631
22	柴油車四期排氣標準-公車/客運車	BUS			60	62			41	1256

23	柴油車動力計檢驗-柴油大貨車	HDDT	65					285	8751	
24	大客貨車加裝防制設備-柴油大貨車	HDDT	62			57		57	3422	105151
25	大客貨車加裝防制設備-大客車	HDGV	62			57		57	24950	766853
26	大客貨車加裝防制設備-公車/客運車	BUS	62			57		57	1726	53054
27	大客貨車調修-柴油大貨車	HDDT	65						245	7516
28	大客貨車調修-大客車	HDGV	65						1650	50721
29	大客貨車調修-公車/客運車	BUS	65						127	3894
30	推廣 CNG 公車	BUS	37		21	20		19	4908	150820
31	生質柴油(B1) -柴油大貨車	HDDT	3			6			72	2209
32	生質柴油(B1) -大客車	HDGV	3			6			530	16272
33	生質柴油(B1) -公車/客運車	BUS	3			6			36	1111
34	複合動力低污染公車	BUS	49		34	25	35	37	-305	-9364
35	推動柴油車汰舊-柴油大貨車	HDDT	59		45	79		75	122	3735
36	推動柴油車汰舊-大客車	HDGV	5		3	5			582	17875
37	推動柴油車汰舊-公車/客運車	BUS	73		30	56		51	71	2170

2.2.5 實際操作

在台灣排放控制分析系統（TECAS）實際操作研習部份，亦由美國田納西大學土木暨環境工程系教授（JOSHUA S. FU, Ph.D.）博士生 Xin-Yi Dong 指導，本次實際操作分最大減量及最小成本兩種情境操作練習：

2.2.5.1 最大減量情境

首先選擇 NO_x 污染物在高雄市境內進行移動源最大減量，在減量策略方面有加嚴使用中汽車排氣標準(200 ppm)-汽油小貨車、加嚴使用中排氣標準-公車/客運、加嚴使用中排氣標準(4500 ppm)-二行程機車、加嚴機車新車型審驗標準-新車排氣標準-四行程機車、補助購買零排放車輛(電動機車)-四行程機車、加嚴使用中排氣標準-柴油大客車、加嚴使用中排氣標準-柴油大貨車，其結果如圖 2.2.6 所示，所需年度總成本為 349,074 美元，NO_x 年總減少量為 3,476 噸。

2.2.5.2 最小成本情境

首先選擇 NO_x 污染物在高雄市境內所有電力事業進行 50% 排放減量，計算其運用現有減量策略氣體燃料-發電鍋爐製程-BACT 最小成本，其結果如圖 2.2.7 所示，預計每年計需成本為 63,625 美元，NO_x 年總減少量為 5,784 噸。



圖 2.2.6 TECAS 最大減量情境操作練習

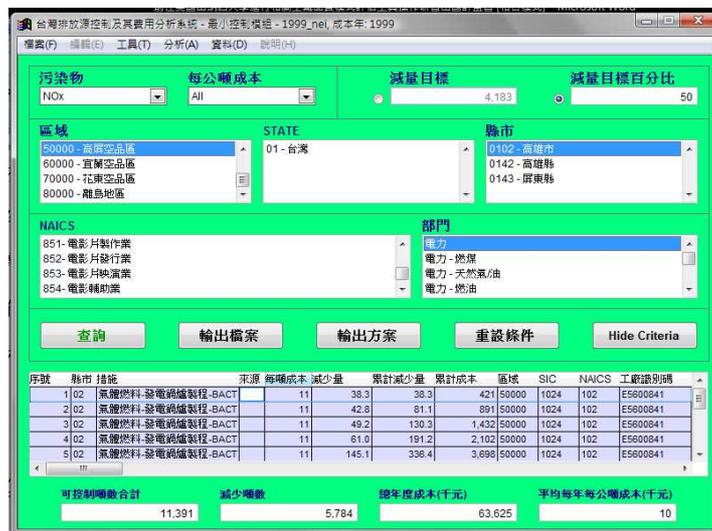


圖 2.2.7 TECAS 最小成本情境操作練習

2.3 RSM (7/30、8/4)

2.3.1 軟體介紹

RSM 全名為 Response Surface Modeling，顧名思義是能反應出模式結果的一種介面，它是一種經由不同環境設定下所運行一群模式的結果，而所使用的模式即為 Models-3/CMAQ 模式，再經由數值運算能讓使用者直接在此介面操作即能獲得模式結果，並輸出相關比較圖表，更有數據、圖表等統計意義，該軟體使用介面如下圖所示，此外，由於這些模式模擬情境皆已預設並模擬完成，亦可大大

減少軟體使用的運算能力，RSM 亦整合數學統計上模式輸出及輸入的關係，更增加了數據上的準確性，以提供決策者能夠獲得更快速且精確的模擬結果，由於 RSM 提供了廣泛的模式輸出結果，我們可以應用這些結果來知道各種排放控制減量策略會如何影響空氣品質結果以獲得最佳空氣品質策略，由於目前台灣版本 RSM 軟體正於本年度中美環保技術合作協定進行開發，本次 RSM 研習將以美國版本為主，以下就美國 RSM 軟體內容進行介紹：

RSM 是一個多重型的空氣品質模式且利用多種模擬組合的數學統計關係的一個簡單的預測模式，美國已成功的針對 PM2.5 及臭氧的 RSM 建制測試，底下將就利用 Models-3/CMAQ 模式發展 RSM 的原理步驟說明，包括模式模擬範圍及架構選用、各種控制策略、資料驗證等，其發展步驟如下圖 2.3.1 所示：

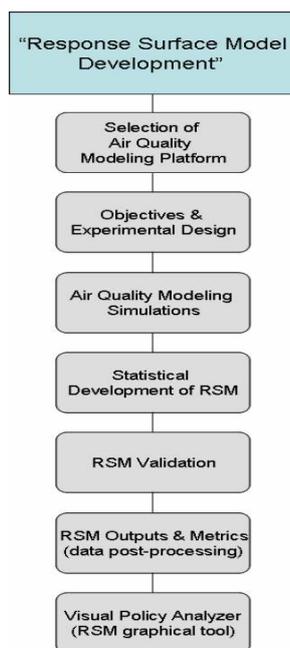


圖 2.3.1 發展 RSM 的關鍵步驟

2.3.2 CMAQ 建立

RSM 的建立主要是利用 Models-3/CMAQ 進行 36 km 解析度 148 x 112 網格大小，垂直高度 14 層，而模式範圍包涵整個美國領土，維度 24 至 52 經度 126 至 66 度，模擬範圍如下圖 2.3.2 所示。

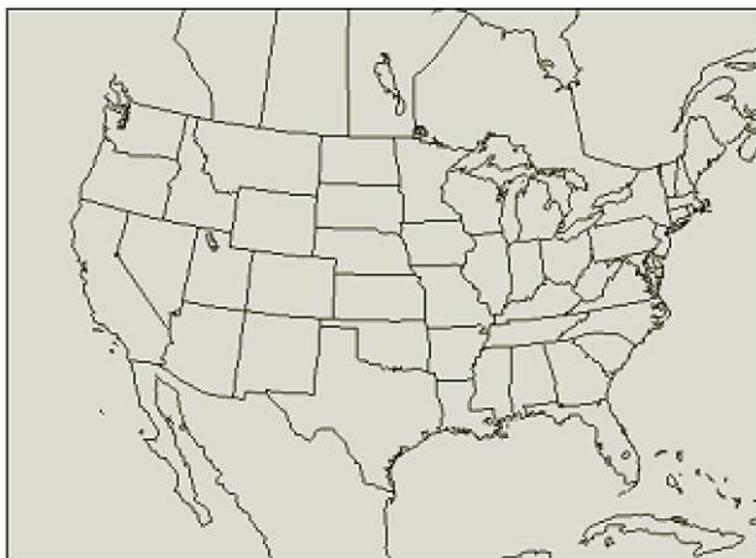


圖2.3.2 建立RSM模擬範圍

2.3.3 數值統計

在 Models-3/CMAQ 模式裡面先進行模擬幾組不同排放污染物濃度後，在 RSM 中將運用此 Models-3/CMAQ 運算出結果進行 Latin Hypercube 統計模式計算，找出一組相關性回歸曲線公式，以減少 Models-3/CMAQ 所需運算的數量，例如預將移動源 NO_x 排放濃度變化由 0% 至 120%，若設定每 1% 為變數，光一組不同污染物濃度即要進行 120 次的模式運算，假定 Models-3/CMAQ 僅需進行 20 次模式運算，其餘 100 次的運行結果，即可經由 RSM 數值回歸統計獲得各種結果，惟設定濃度數值間隔變化（即 0.1% 或 1%）將決定其 RSM 所需運算的規模大小，目前輸入 RSM 前 Models-3/CMAQ 所建立的模式結果已進行 2005 年 2 月、4 月、7 月、10 月 4 個月份，各種不同污染物濃度進行模式，以供 RSM 進行數值回歸統計計算。

2.3.4 排放控制因子與控制範圍設定

RSM 的使用目標主要是能藉由調整不同的減量策略能夠馬上獲得其減量結果，而不需在花費時間經由 Models-3/CMAQ 模式模擬運算，因此，另一方面決定各種減量策略亦影響 RSM 及 Models-3/CMAQ 電腦運算量，此外，這些減量策略間不同污染物的變化亦會相互影響，如 O₃ 濃度生成與 NO_x、VOC 有關，

因此，不同控制減量策略將決定 RSM 所需運算的計算量，目前所建置的污染物種類為 NO_x、SO_x、NH₃、POC、PEC、VOC，另外，在污染源減量來源為電廠點源、非電廠點源、面源、移動源，在 RSM 下共計 12 種減量策略，其代號表示如下所列：

1. NO_x EGU = NO_x 電廠點源排放
2. NO_x NonEGU Point and Area = NO_x 非電廠點源及面源排放
3. NO_x Mobile = NO_x 移動源排放
4. SO_x EGU = SO_x 電廠點源排放
5. SO_x NonEGU Point = SO_x 非電廠點源排放
6. SO_x Area = SO_x 面源排放
7. NH₃ Area = NH₃ 面源排放
8. NH₃ Mobile = NH₃ 移動源排放
9. POC/PEC Point (EGU and NonEGU) = 元素碳及有機碳點源電廠及非電廠點源排放
10. POC/PEC Mobile = 元素碳及有機碳移動源排放
11. POC/PEC Area = 元素碳及有機碳移面源排放
12. VOC All = VOC 所有源排放，包括電廠點源、非電廠點源、面源、移動源排放

2.3.5 區域性或地區性的設定

基於前述 12 個控制減量策略，再進一步劃分區域性及地區性的設定，所設區域性即所控制減量的來源是由所預進行減量地區外的減量，由控制該地區外的減量來了解對其該地區的減量成效，反之，在地區性的設定，其以當地的減量控制來看其減量成效，由區域性及地區性的設定，可判別其減量成效受外部影響的程度，目前美國版本 RSM 所設定的都市為 9 個城市，如下圖 2.3.3 所示，分別為 Northeast Corridor、Philadelphia、Chicago、Atlanta、Dallas、San Joaquin、Salt Lake City、Phoenix、Seattle。

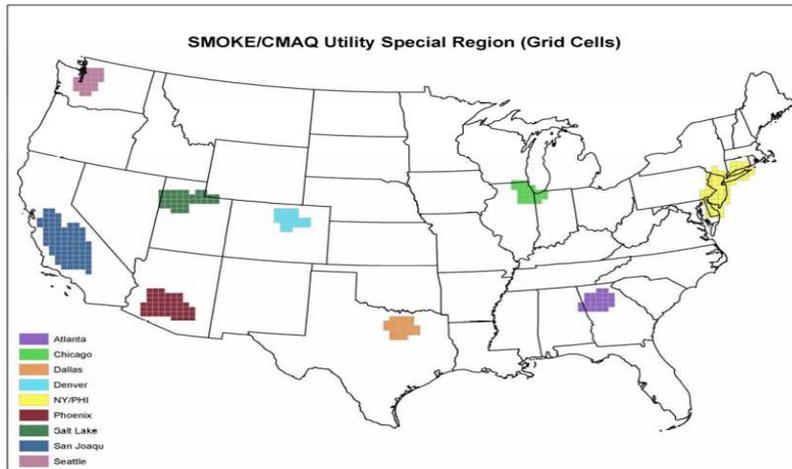


圖 2.3.3 RSM 各城市設定範圍

2.3.6 圖像顯示建立

RSM 輸出影像圖表主要有二項軟體建置，底下各別就其所運用功能介紹：

- 空氣策略評估程式 Air Strategy Assessment Program (ASAP)： ASAP 使用一系統方法將資料與模式進行整合評估，可加速運算所預展現資料量讓同一性質資料可同步運算，ASAP 像是一個圖像使用介面，可讓使用者將同一性質資料進行調整，即馬上可獲得圖像，其展現方式有柱狀圖、疊圖、XY 圖、回歸圖、長條圖，以下圖 2.3.4 柱狀圖為例。

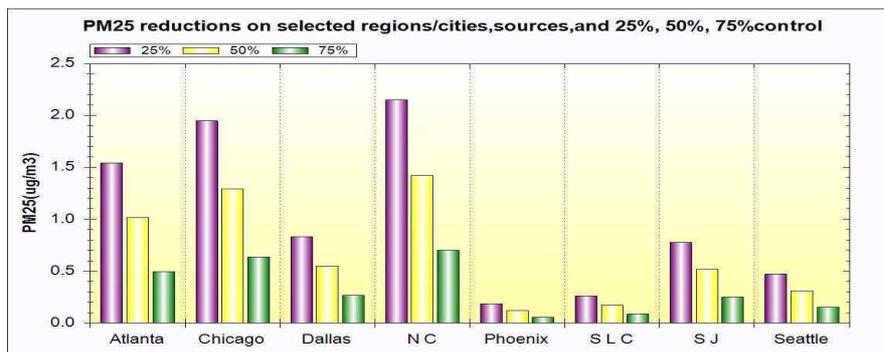


圖 2.3.4 RSM 影像輸出圖

- 顯示策略分析工具 Visual Policy Analyzer (VPA) tool：配合 ASAP 使用，VPA 如同一數值演算工具輸入給 ASAP 圖像輸出，當使用者如預在顯示圖像中修改不同設定，不需經過重新設定，即可在圖像介面直接進行調整，即可獲得圖像結果。

2.3.8 實際操作

在 RSM 實際操作研習部份，由中國廣州華南理工大學環境科學與工程學院朱云副教授指導，如下圖 2.3.5 所示。



圖 2.3.5 RSM 實際操作研習過程

在 RSM 操作系統裡我們選用了 12 組策略參數組合，相關組合代號意義請詳上述原理介紹，分別為 NO_xEGU、NO_xnNonEGU + Area、NO_xMobile、SO_xEGU、SO_xNonEGU Point、SO_xArea、VOCAll、NH₃Area、NH₃Mobile、POC & PECEGU + NonEGU、POC & PECMobile、POC & PECArea，進行 PM_{2.5} 污染物其控制變化，在各策略操作參數下我們選用控制減量範圍為 120%-0%，並且以間距 1% 為設定調整值，每項策略操作參數各有 120 組不同變化情形，在區域性設定我們選用 Chicago、San Joaquin、Atlanta、Salt Lake City、Phoenix、Northeast Corridor、Seattle、Dallas 八個城市，並進行區域性 (region) 及地區性 (local) 兩種不同設定，故共有 24 種策略操作參數，總計本案例全部運算量共需 120²⁴ 的變化組合進行 RSM 數值迴歸，在未設定任何減量策略情境下 (即左列 24 項控制操作參數均為 1)，其 PM_{2.5} 污染物濃度分布情形如下圖 2.3.6 所示，經由所獲得 24 種策略操作參數結果，我們可以經由調整各不同減量情境進行預測對其 PM_{2.5} 污染物濃度影響，首先先進行控制區域性的減量影響，即控制八個城市外的污染物減量，本次使用調整 NO_xEGU、NO_xMobile 及 NH₃Area 八個城市外污染物減量 50%，所獲得結果如圖 2.3.7，可得知在美國東半部將可獲得的減量 2.5ug/m³，另外同樣使用調整 NO_xEGU、NO_xMobile 及 NH₃Area 污染物減量 50%，應用於地區性設定，即控制八個城市的減量，其結果如圖 2.3.8 顯示減

量效果無太大差異。

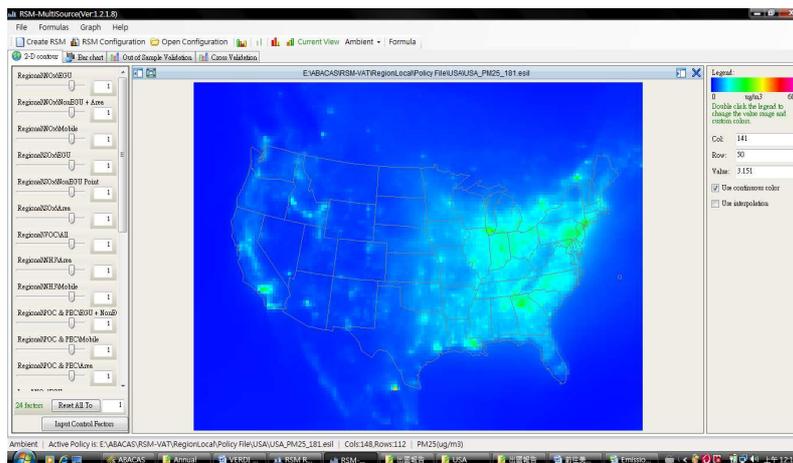


圖 2.3.6 PM_{2.5} 污染物濃度分布

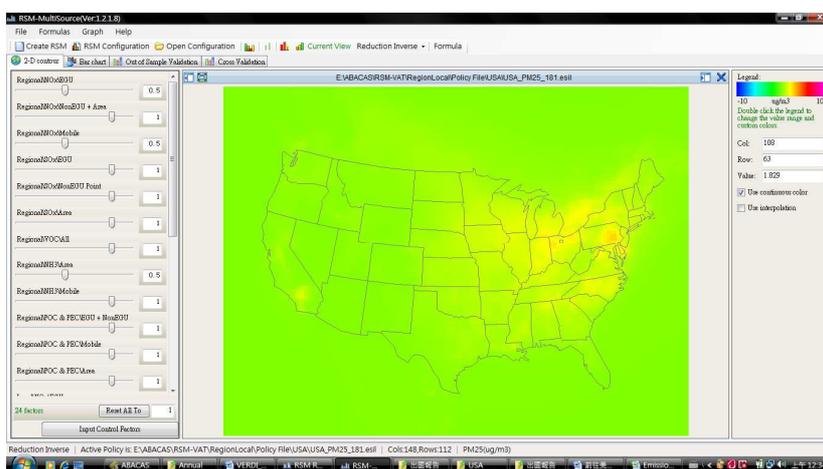


圖 2.3.7 區域性的減量影響 PM_{2.5} 污染物濃度分布

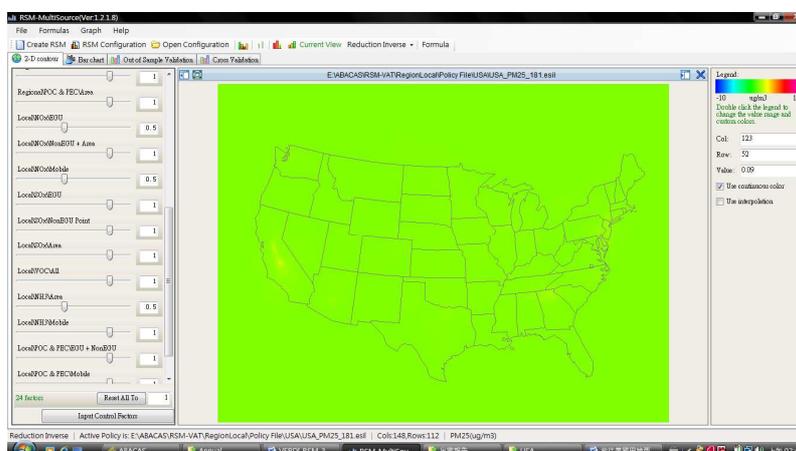


圖 2.3.8 地區性的減量影響 PM_{2.5} 污染物濃度分布

其次我們進行此八大城市受 NO_xEGU、NO_xMobile 及 NH₃Area 策略操作參數減量 50%，進行分析，在區域性減量方面結果如圖 2.3.9 顯示，可得知將可獲得在 Northeast Corridor 最大 PM_{2.5}1.056ug/m³ 減量，Chicago PM_{2.5}1.396ug/m³ 減量次之，在地區性減量方面結果如圖 2.3.10 顯示，可得知將可獲得在 San Joaquin 最大 PM_{2.5}0.186ug/m³ 減量，Atlanta PM_{2.5}0.179ug/m³ 減量次之，其結果顯示以進行區域性減量將產生 PM_{2.5}有最大的減量效應。

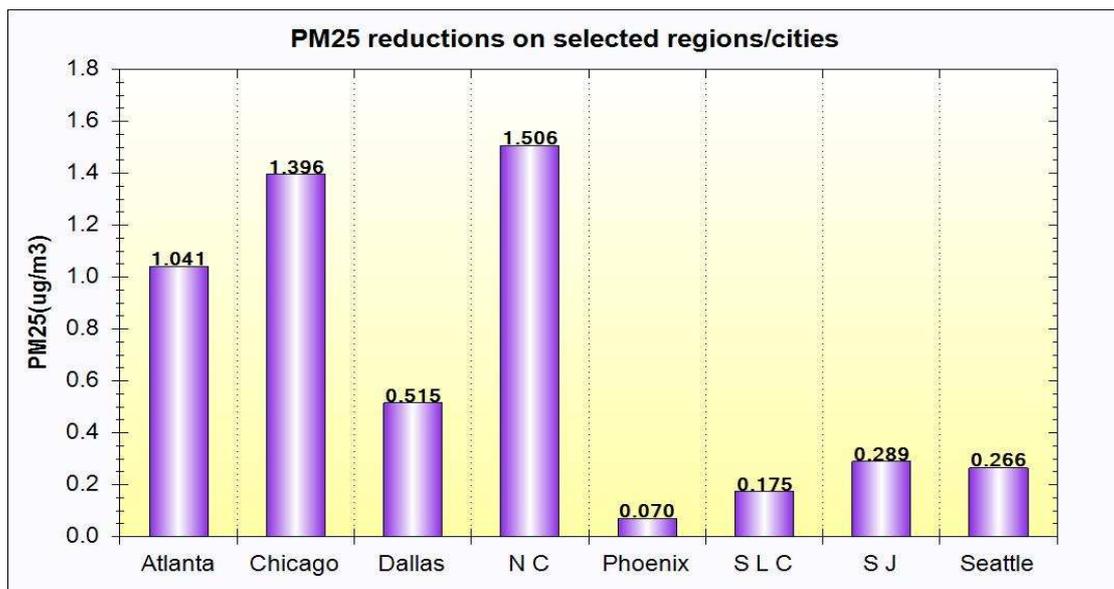


圖 2.3.9 各城市受區域性減量 PM_{2.5} 濃度

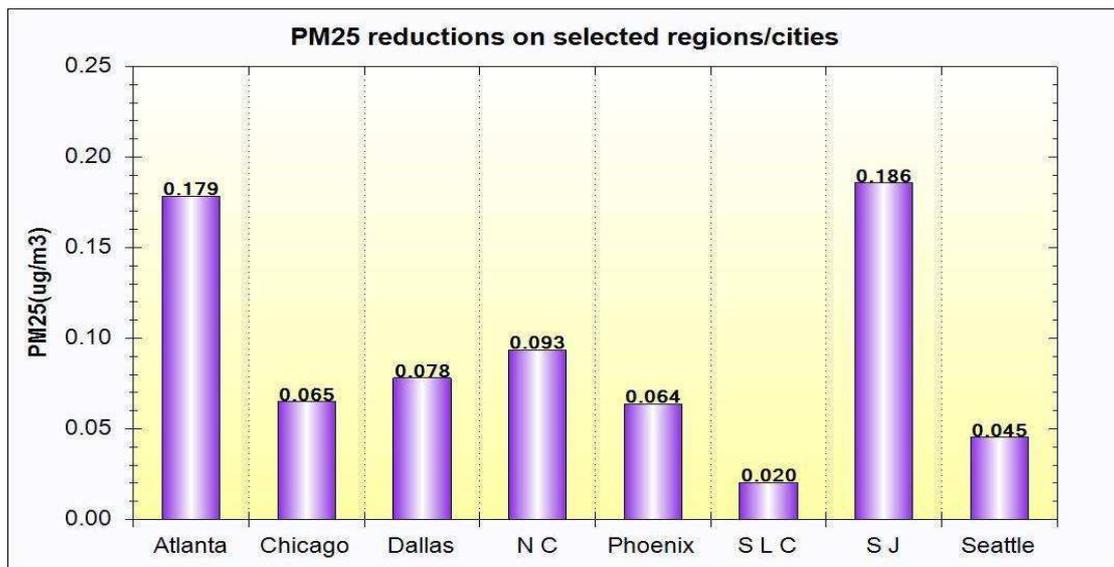


圖 2.3.10 各城市受地區性減量 PM_{2.5} 濃度

另外，我們再嘗試以區域性 NOxEGU、NOxMobile 及 NH3Area 策略操作參數減量 25%、50%、70%，對其各城市 PM_{2.5} 濃度減量效益進行分析，其結果如圖 2.3.11 無論在控制減量 25%、50%、70% 部份，皆以 Northeast Corridor 城市獲得 PM_{2.5} 濃度減量效益最大，分別為 2.15ug/m³、1.425ug/m³、0.7ug/m³

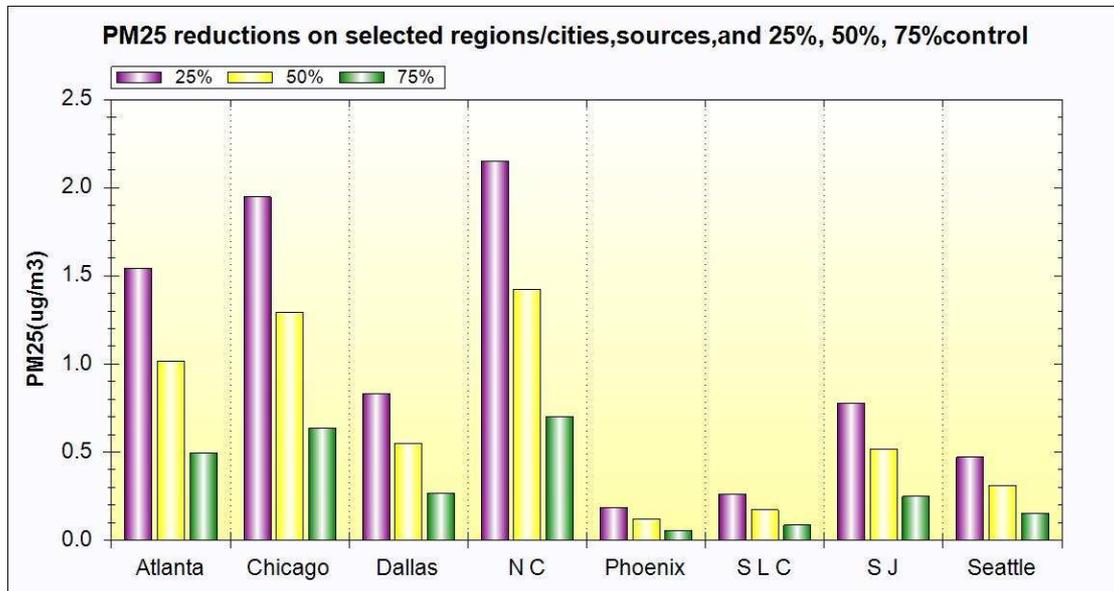


圖 2.3.11 不同 PM_{2.5} 濃度減量策略其區域性影響結果

另外，分析控制單從某一城市進行各策略操作參數進行減量，來判斷那種策略參數控制具有最佳的 PM_{2.5} 污染物濃度減量，以 Chicago 城市為例，將其控制其各策略操作參數減量 50%，可獲得如圖 2.3.12 所示，可得知在區域性控制方面 NH3area 可獲得 PM_{2.5}0.8ug/m³ 減量，SOxEGU PM_{2.5}0.76ug/m³ 減量為次之，此外，我們將區域性 (x 軸) 及地區性 (y 軸) 各策略操作參數進行回歸比較，如圖 2.3.13 所示，由此圖可得知若決策者預進行 PM_{2.5}2.0ug/m³ 減量，其可藉由地區性各策略操作參數減量 50%，對應其區域性各策略操作參數減量 35% 來達成，另外，我們亦可獲得當區域性其各策略操作參數為增量情形 (即大於 1)，在任何地區性各策略操作參數減量皆會造成 PM_{2.5} 增量情形，可知 Chicago 城市 PM_{2.5} 污染主要受其他區域影響較大。

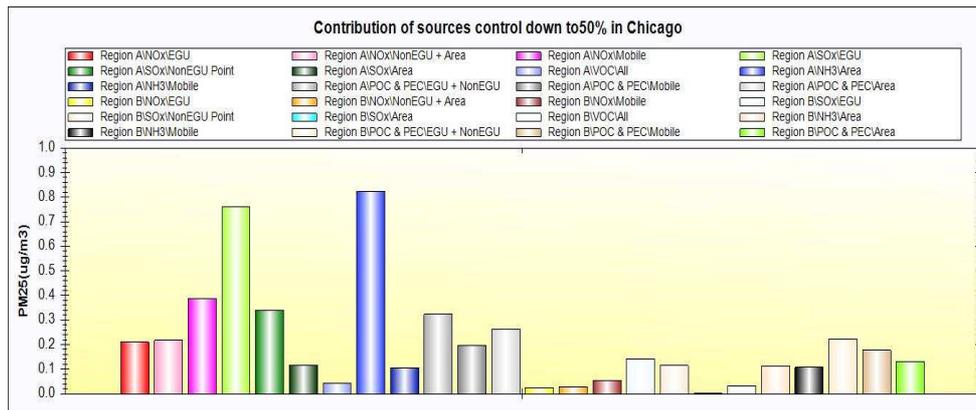


圖 2.3.12 Chicago 各策略操作參數減量 50%

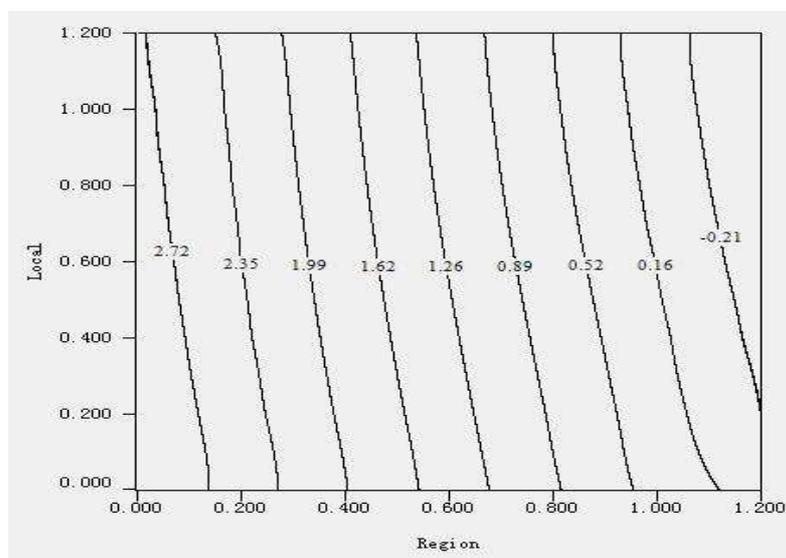


圖 2.3.13 Chicago 各策略操作參數區域性 (x 軸) 及地區性 (y 軸) 回歸

2.4 美國決策支援系統 ABACAS (Air Benefit And Control Assessment System) 系統開發會議 (8/1-8/2)

本次研習前往參與為期二天美國環保署空氣品質計畫及標準辦公室 OAQPS (Office of Air Quality Planning and Standards) 辦理開發 BenMAP 及 ABACAS 系統會議，其會議議程詳附件一內容，並參訪美國環保署研究及發展辦公室 ORD (Office of Research and Development)，其美國環保署 OAQPS 建築物外觀如圖 2.4.1 所示，另本次前往團隊如圖 2.4.2 所示，由左至右為中國清華大學大氣污染控制所王肅肖教授 Shuxiao、美國環保署 Carey、台灣環保署研習人員 Ciao Kai、

美國田納西大學土木暨環境工程系教授 JOSHUA、中國華南理工大學環境科學與工程學院朱云教授 Dustin。



圖 2.4.1 美國環保署大樓建築外觀



圖 2.4.2 前往美國環保署團隊合照

2.4.1 8月1日

2.4.1.1 議題：Presentation and Demo of Next-Generation BenMAP Prototype

參與人員：International BenMAP development team – Shuxiao/Dustin/ Joshua)
(Lead: EPA BenMAP team – Broyon/Neal/Charlie)

摘要：本議題主要是進行中國清華大學大氣污染控制所王肅肖教授 Shuxiao

及華南理工大學環境科學與工程學院朱云教授 Dustin 協助美國環保署進行開發美國新一代的 BenMAP 系統，簡報資料詳如附件二，在美國新一代 BenMAP 系統中所將可讓使用者自由增加引用 PM 對人體健康相關文獻計算風險值，提供更友善的操作介面，可進行平行運算提高系統運算效率，整合 GIS 軟體能產生更生動圖片，增加資料 QA/QC 數據計算以確保資料正確性，BenMAP 系統連結 RSM 並可達到 ABACAS 功能。



圖 2.4.3 8 月 1 日上午開會情形

2.4.1.2 議題：Meeting with Taiwan EPA official to discuss the use of FRM & continuous method for PM_{2.5} standard setting

參與人員：Neil Frank, CK Liang

摘要：Neil Frank 為美國環保署向空氣品質計畫及標準辦公室 PM_{2.5} 監測、標準制定專家，由於台灣環保署正刻於 PM_{2.5} 標準制定，然為台灣環保署自 2006 年來 76 個空氣品質監測站所監測 PM_{2.5} 為連續採樣方式，美方在 PM_{2.5} 標準制定要求符合 RFM (Reference Federal Method) PM_{2.5} 採樣規範，或採連續採樣方式符合 FEM (Federal Equivalent Method)，惟發現美方發布 PM_{2.5}AQI 是採用連續採樣方式亦未符合 FEM，為釐清以上問題，藉本次參訪行程向 Neil Frank 討

論，具 Neil Frank 表示，美方採用連續採樣方式所發布 $PM_{2.5}AQI$ 的數值是經由與 RFM 進行回歸後所產生數值，美方可容許連續採樣方式運用 $PM_{2.5}AQI$ ，可不需符合 FEM，此外，美方雖建議連續採樣方式可符合 FEM 運用於法規建制，然 RFM 與 FEM 在相關研究中仍有相當的差距，與地區性有極大的影響，最後，Neil Frank 表示除非台灣空氣品質監測站 RFM 與 FEM 相關性很穩定，否則建議台灣仍採 RFM 建立 $PM_{2.5}$ 標準制定。



圖 2.4.4 本次研習人員與 Neil Frank 合照

2.5.1.3 議題：Visit High Bay with Taiwan EPA official

參與人員：Chun Wai Lee, CK Liang

摘要：參訪美國環保署 ORD 進行燒煤所產生廢氣中汞及有害污染物的監測研究，由 ORD Chun Wai Lee 陪同參訪並介紹，該研究設備為發展在地採樣分析先進技術，能即時監控廢氣中汞及有害污染物的濃度，而不用在採樣移送至實驗室進行分析，目前該系統已發展到第 4 代，未來技術成熟後，將應用到各種固定污染源廢氣中汞及有害污染物的監測，此外，該研究室也進行廢氣中 $PM_{2.5}$ 濃度的動物性試驗，以白老鼠為對象，利用不同 $PM_{2.5}$ 濃度及餵食不同食物進行試驗，其結果發現在 $PM_{2.5}$ 低濃度下生存的白老鼠較高濃度下生存的白老鼠體內身物所累積的毒性高，另外，若白老鼠餵食水果其毒性生成排毒酶素較高。

圖 2.4.5 參訪美國 ORD 照片



2.5.2 8月2日

2.5.2.1 議題：Work plan for RSM、ABACAS & RSM-VAT

Development application in YRD

參與人員：Carey/Shuxiao

摘要：進行討論美國環保署協助建置中國長江三角州 Yangtze River

Delta(YRD)的 RSM 發展，會議簡報資料詳如附件三，會議中進行 RSM 決定功能上的設定，包括 CMAQ 網格大小、模擬範圍、模擬年份及月份、排放檔資料來源、減量策略情境等，由於明年預計將於上海舉行 ABACAS 研習會、亦討論各團隊的分工，由美國田納西大學進行 CMAQ 模式模擬，並由中國華南理工大學進行 RSM 軟體開發並要在研習會前開發初版完成，以確保該會議可使用軟體，會議中也討論到進行發展 RSM 所使用 CMAQ 模式所需求 CPU 容量的來源，以供足夠的電腦能力完成 RSM 軟體開發，未來的開發後亦將進行 YRD 的 ABACAS 系統建制。



圖 2.4.6 8月2日上午開會情形

2.5.2.2 議題：OAQPS Tour

參與人員：Dustin/Shuxiao/Joshua

摘要：由美國環保署 Carey 代領本次研習人員及中國華南理工大學環境科學與工程學院朱云教授 Dustin 參訪 OAQPS 內部設施，包括內部辦公室、員工健身房、圖書館、餐廳等設施，如圖 2.4.7 所示。

圖 2.4.7 環保署 OAQPS 內部各種設施



2.5.2.4 議題：The Status of Control Cost Tools and Taiwan RSM Project

講者：Joshua

摘要：本議題為進行中美環保技術合作協定下協助台灣環保署開發 RSM 之進度報告，會議簡報資料詳如附件四，由美國田納西大學研究團隊執行本項工作，目前已進行 2007 年 1、4、7、10 月份 CMAQ 模式模擬，並選用台灣北部、中部、南部、西部為區域性，以 NO_x-Point、NO_x-Area、NO_x-Mobile、SO₂-Point、SO₂-Area、VOC-Mobile、SO_x-Area、NH₃-Area、All-Long range transportNH₃-Total 為設定情境進行初步 RAM 建置，預計年底前完成台灣 RAM 界面建置，該議題亦進行討論未來中美環保技術合作事宜，未來亦以效仿美國環保署台灣版本 ABCAS 系統建置，另本次會議中途 OAQPS 處長 Steve Page 出席參加會議，進行了解美國環保署與中國及台灣在空氣品質模式決策系統工具的發展。



圖 2.4.8 8 月 2 日上午開會情形

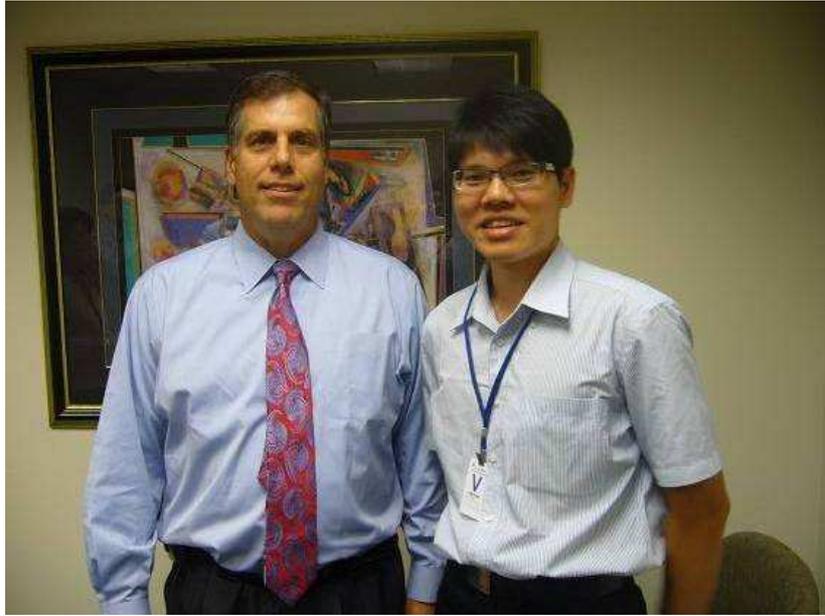


圖 2.4.9 本次研習人員與 OAQPS 處長 Steve Page 合照

參、心得與建議

3.1 學習心得

1. 經由本次前往美國田西納大學研究團隊指導帶領操作 Model3/CMAQ 空氣品質模式，了解其模式內容架構原理，及實際進行模式模擬運算的基本步驟，並獲得實際一般進行模式模擬所需前處理資料及運算時間，將有助於未來署內人員在各固定污染源設置、變更固定許可証審查、環境影響評估案件中所使用項空氣品質模式模擬，能提供更剖析專業之意見。
2. 台灣環保署與美國環保署中美環保技術合作所開發出的空氣品質決策系統工具，經本次研習人員實際進行操作後，了解其工具能迅速且精確地提供決策者數據及圖表，對於決定者即能有效了解其所制定的空氣品質保護策略，造成的空氣品質效率，將有助於在空氣品質保護政策上提供明顯的目標。
3. 經由出席美國環保署所辦理開發 BenMAP 及 ABACAS 系統會議，了解美國環保署在空氣品質決策系統工具上的新穎技術，以結合空氣品質成效、成本估算及風險健康三大主軸連結系統為目標，未來亦將成為美國制定各種法規標準及策略制定的工具，此一研究開發值得台灣環保署效仿對象。
4. 中國清華大學及中國華南理工大學與美國環保署已進行多年研究合作，共同發展美國及中國版本空氣品質決策系統工具，透過會議的出席並有興與中國大陸學者進行空氣品質工作上的交流，並也了解中國大陸亦進行建置所屬空氣品質決策系統工具。

3.2 建議

1. 本次研習因考量研習時間性，在 Model-3/CMAQ 方面僅以研習其理論、功能、模式架構為主軸，無法針對模式內各模組實際程式功能上的了解，建議未來可進行 Model-3/CMAQ 模式研習僅以 Model-3/CMAQ 該項研習為主軸，針對不同模組加以研習操作，以完整了解 Model-3/CMAQ 模式內背後實際數學運算原理機制。

2. 藉由本次研習中美合作計畫下所發展 TECAS 系統，發現該系統仍有部分缺失問題如系統選單的分類層級不夠因應需求使用，設計的方式不易操作使用、每個策略的減量成本數據需要更精確本土化數據及每個策略僅可對應一個 SCCcode，所以在業別中（如鋼鐵業）中並不是每一次都有控制策略等問題等待需後續修正改版。
3. 經由踏訪出席美國環保署所辦理開發對 BenMAP 及 ABACAS 系統會議，了解其空氣品質決策系統工具，除美國環保署進行開發外，中國大陸亦進行開發所屬空氣品質決策系統工具，台灣環保署應持續支持建立此一本土空氣品質決策系統工具，除以掌握科技之新趨，未來更有可效助於各種空氣品質保護政策執行。
4. 鑑於台灣環保署與美國環保署所訂定中美環保技術合作協定第九號辦法第 7 項活動所辦理之開發台灣本土 RSM 建置工作將於本年度底結束，未來將無法再透過美國環保署協助台灣環保署進行 RSM 建置工作，有鑑於此，未來應將透過其他管道方式持續推動本項工作進行，以完成台灣所屬本土空氣品質決策系統工具建置。

肆、附件

附件一、The agenda for BenMAP & ABACAS Development Meetings August 1-2, 2011 at EPA RTP Campus, 109 T.W. Alexander Drive, Research Triangle Park, NC

附件二、The Status and Progress of Next-Generation BenMAP Development and Future Work Plan 簡報資料

附件三、Yangtze River Delta (YRD) RSM/CMAQ Application 簡報資料

附件四、The Status of Control Cost Tools and Taiwan RSM Project 簡報資料