

第一章 緒論

1-1 前言

近年來台灣由傳統產業轉為工業，經國人不斷努力與奮鬥造就現今的高科技產業。由於經濟發展對於國民所得大為提升，人民在生活水準與教育程度上均普遍提高的同時，對於生活環境品質的要求亦日趨強烈。然而，文明快速的進步、工商業的蓬勃發展，再加上汽機車數量急遽增加，使得空氣污染的情況日趨嚴重。

在眾多環境議題當中，「空氣」為生物體每天生活都會接觸且不可或缺的，就人類而言每天暴露於大氣環境中，若空氣遭受到污染時，呼吸道及皮膚將是最容易受到損害之部位；而對於其他生物體而言，甚至有可能對於整個生態環境造成莫大的影響。

空氣污染事件的發生主要來自於工廠及汽機車所排放的空氣污染物，藉由特定的天氣條件所造成。根據環保署 1997 ~ 2006 年監測資料顯示，空氣品質最好的季節為每年夏季（6~8 月）；而空氣品質不好的季節則以每年秋季為主（9~11 月）。以懸浮微粒（PM）濃度而言，濃度值較高的季節為春季（圖 1-1.1）；以臭氧（O₃）濃度而言，濃度值較高的季節為秋季（圖 1-1.2）。另外，再以近 10 年空氣污染指標統計資料顯示（圖 1-1.3），台灣地區 O₃ 濃度影響程度已超越其他污染物，顯示 O₃ 問題越來越嚴重。

每年夏、秋兩季台灣常受到颱風之影響，當颱風接近及登陸台灣時，其外圍環流所挾帶之強風或豪雨，將有利於空氣污染物之沈降、稀釋或不利生成，且空氣品質較佳；而當颱風初始形成或尚未靠近台灣時，其外圍環流所影響之部分地區空氣品質狀況，需視颱風的強度及其所在之位置而有所差異。由近幾年空氣品質資料中可發現，當颱

風中心距離台灣西南或東南方位約 1000 ~ 2000 km 時，其外圍環流受到中央山脈的地形屏障影響下，西半部地區位於其背風面，天氣型態穩定，將有可能造成中部地區發生高污染事件 (PSI > 100)，其統計上發生之機率約 76.2 %，尤以 O₃ 為主要指標污染物 (Cheng *et al.*, 2005；陳正平等，2005；吳權芳，2005；林宜穎，2006)。

1-2 研究動機與目的

臭氧 (O_3) 為二次光化學污染產物，於平流層中僅為薄薄的臭氧層 (約20~30 km)，可以吸收並阻擋太陽所輻射出來對人體有害之紫外線，且能遮蔽活動於地球表面之生物體不受紫外線侵害，並有調節地表溫度之功能。但於近地面層即對流層 (平均約 12 km) 內，若 O_3 濃度過高，生物體吸入過多 O_3 ，將會導致呼吸系統結構及功能上之傷害，並直接與間接地抑制農作物及植物的生長 (高秋實、袁書玉，1992；張家豪等，2001；張家豪等，2002；Yang *et al.*, 2004；林佐美，2004；林政剛等，2004)。

然而台中火力發電廠的建設、台中工業區的進駐與台中科學園區的設立，帶動整個中部地區之工商業發展，再加上台灣高速鐵路烏日站的設立，人口不斷的湧入、工廠及汽機車密度逐漸增加，使得人為活動所排放出來之空氣污染物 (NO_x 、NMHC) 會藉由當時的氣象條件 (晴朗無雲的天空、高太陽輻射量、高溫度、低相對濕度及低風速等) (Güsten *et al.*, 1998；Minoura, 1999；Seaman *et al.*, 2000)，經光化學反應後，產生 O_3 。受到地理條件與氣象條件之影響， O_3 於中部地區內傳輸擴散，使得中部地區空氣品質逐漸惡化；再則因中部地區缺乏完整之大氣垂直剖面結構資料，對於中部地區複雜之地理條件無法得以詳盡解析。

遂此，本研究為2005年9月15日至9月19日韋森特 (Vicente) 颱風外圍環流影響台灣之天氣型態下，蒐集中部地區地面測站之氣象資料 (風速、風向、溫度及相對濕度等) 與污染物資料 (O_3 、NO、 NO_2 及 CO 等)，以探討 O_3 與NO之滴定效應 (Titration Effect) 量化及污染物來源；並利用繫留探空儀 (Tethersonde) 垂直監測，蒐集大氣垂直結

構之氣象資料（風速、風向、氣壓、溫度及相對濕度等）及採集不同高程之污染物濃度（ O_3 、NO、 NO_2 及CO 等）。另外，於本研究中亦引用由澳洲聯邦科學與工業研究機構（Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, CSIRO）所屬之大氣研究部門所研發之空氣污染模式（The Air Pollution Model, TAPM），研究中加入風場同化資料，藉此模擬本研究期間中部地區之大氣環境、 O_3 濃度及氣塊（Air Parcel）軌跡於中部地區之移動路徑，以瞭解污染物之來源。再則由於本模式在台灣尚未被正式引用，故本研究希望藉此機會來驗證此模式在中部地區之適用性（Cheng *et al.*, 2006；薛朝安、程萬里，2006）。

第二章 文獻回顧

空氣污染物自污染源排放於大氣環境之中，造成空氣品質惡化，除了與污染源排放速度有關之外，其當時之大氣條件對於空氣污染物之傳輸、擴散及化學反應等，皆佔舉足輕重之地位。因此在探討空氣品質變異之影響外，仍須加以探討污染源與氣象條件之相互關係。

2-1 臭氧之生成機制

大氣層中平流層之 O_3 具有保護地球環境功用；而當對流層之 O_3 濃度升高時，對於生活在此之生物體則會造成不利的影響與傷害。本節主要以對流層內 O_3 作一文獻回顧。

對流層 O_3 有兩個主要來源：平流層的輸入及對流層的光化學反應。儘管平流層中大氣垂直運動很弱，平流層與對流層之間大氣交換也很慢，但許多觀測結果均證實對流層所含的 O_3 有一部份來自於平流層。而自從洛杉磯光化學煙霧出現後，各研究學者便開始找尋真相，瞭解到當大氣環境受到碳氫化合物 (HCs) 及氮氧化物 (NO_x) 的參與下，通過光化學反應可以產生 O_3 。遂此，便成為現今對流層 O_3 之主要來源 (Chan *et al.*, 1998；王明星，1999)。

光化學反應的物種常以相當複雜的機制存在於大氣環境中，一般認為藉由自然源與人為源所排放之碳氫化合物 (HCs) 與氮氧化物 (NO_x) 經光化學反應後，便產生具有刺激性及氧化性物質，如臭氧 (O_3)、二氧化氮 (NO_2)、醛類 (RCHO)、過氧化氫 (H_2O_2) 及過氧乙醯硝酸酯 (PAN) 等有害物質，其中又以 O_3 作為光化學煙霧之主要指標污染物。當污染源排放一氧化氮 (NO) 在大氣環境中，藉由滴定效應 (Titration Effect) 即迅速被氧化成 NO_2 ；另外排放源亦會排放出

碳氫化合物 (HCs)，其中又以甲烷 (CH₄) 最為豐富，但此化合物的光化學反應並不活躍，因此一般學者常會以非甲烷碳氫化合物 (NMHC) 來做探討 (Seinfeld and Pandis, 1998; Chen *et al.*, 2002)。

過去研究結果顯示，O₃ 之生成有決定性因子，包括氣象因子及其前驅污染物質 (NO_x, NMHC) 所佔之比例。發現當太陽輻射旺盛、低雲量、高溫度、低相對濕度與低風速之天氣條件下容易產生高 O₃ 污染事件，而不同地區所造成的影響亦有所差異 (林忠銓等，1991; Gusten *et al.*, 1998; Minoura, 1999; 江世民、黃靜雯，2000; Cheng, 2001; Cheng, 2002; Liu *et al.*, 2002; Krzyzanowski, 2004; 徐志灝，2005)。

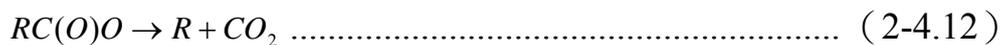
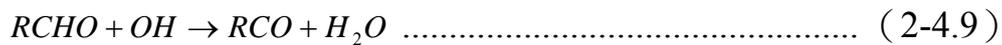
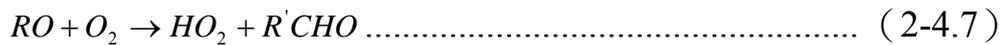
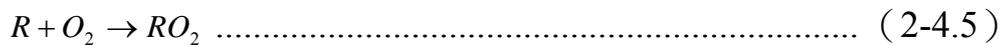
對流層之 O₃ 主要由 NO₂ 經光化學反應所造成，白天大氣中 NO₂ 經太陽紫外線分解 (吸收波段 $\lambda \leq 420\text{nm}$) 而解離成 NO 及 O 分子，同時再藉由觸媒 M 等介質 (可能為 N₂ 或 O₂) 催化，產生 O₃，見反應式 (2-4.1) ~ (2-4.2)。而 O₃ 同時又具有強氧化劑之特性，與 NO 反應迅速氧化成 NO₂ 與 O₂，即所謂滴定效應 (Titration Effect)。因為每個 NO 分子參與滴定反應時將會失去一個 O₃ 分子，因此在都市環境中常藉由 NO 的排放與 O₃ 參與滴定反應，以阻止 O₃ 的累積並消耗大氣中之 O₃，使其不會造成二次污染 (黃怡嘉，2001; 張良輝等，2002; 林清和等，2005)，見反應式 (2-4.3)



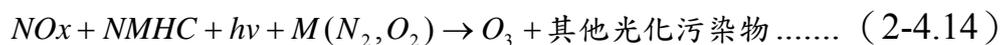
其中 J 為光化係數， k 為反應係數。(圖 2-1.1) 為簡易的光化學反應結構示意圖。

除了 NO_x 會直接地影響 O₃ 生成之外，NMHC 亦是另一個間接影

響 O₃ 生成之污染物。當 NMHC 經過一連串複雜反應，其光解速率比 NO 消耗 O₃ 生成 NO₂ 要來的快時，將會導致 O₃ 濃度累積。其中 NMHC 污染物種以烷類 (RH) 及醛類 (RCHO) 為主要反應物，在大氣環境中受 OH 自由基轉化後，均有助於 NO 反應成 NO₂ (柳中明等, 1994; 張佳恩, 1998; 周俊德等, 2001)。烷類 (RH) 見反應式 (2-4.4)~(2-4.8)，醛類 (RCHO) 見反應式 (2-4.9) ~ (2-4.13)



結合上述 NO_x 與 NMHC 的反應式，將得到一個生成 O₃ 的總反應式 (2-4.14)：



根據 (Carslaw and Beevers, 2004; Guerra *et al.*, 2004; Mazzeo *et al.*, 2005; Cheng *et al.*, 2005) 研究結果顯示，污染源排放污染物藉由大氣作用而傳輸至下風處，因此便有學者利用總氧化物 (O_x = NO₂ + O₃) 與氮氧化物 (NO_x = NO + NO₂) 的比值，來探討污染來源是屬於當地貢獻 (Local Contribution) 還是屬於區域貢獻 (Regional Contribution)。在外界無影

響下， NO_2 與 O_3 的濃度和應為定值，當 NO_2 的排放量固定，則 O_x 濃度主要為 O_3 所主導，但在強日光照射下，光化反應隨之增強，於都會區上風處快速產生 O_3 ，隨著當時的風速風向傳送至下風處時，促使下風處 O_x 濃度增高，因此可由下風處的 O_x 濃度來推測 NO_2 或 O_3 是屬於區域貢獻。

2-2 臭氧污染與綜觀天氣型態之相關研究

國外許多學者在研究中指出，高 O₃ 污染事件經常與綜觀天氣型態有密切關係。香港學者 (Chung *et al.*, 1999) 分析 1994 年氣象與污染資料顯示，綜觀天氣型態為西伯利亞高壓、冷鋒過境、低壓通過及熱帶氣旋等天氣條件下，容易將大陸地區人為活動所排放之污染物傳送至香港地區，造成香港地區高污染事件。(Ding *et al.*, 2004) 分析 2001 年 9 月在珠江地區受到納利 (Nari) 颱風的影響，由於颱風所造成的沈降氣流及氣流以逆時針方向旋轉，將大陸地區之污染物傳送至珠江地區，導致高 O₃ 事件的發生；另外研究中也發現到發生高 O₃ 事件經常與西太平洋的熱帶低壓活動有關。(So and Wang, 2003) 研究分析 1999 年 8 月 19 日至 8 月 20 日山姆 (Sam) 颱風接近香港時，則發現當熱帶氣旋於中國海東方約 600 ~ 700 km 海面上形成時，大尺度的下沉氣團經常會越過香港地區，天氣型態穩定的情況下有利於 O₃ 的形成與增加。(Boian and Kirchhoff, 2005) 分析造成巴西南部表面 O₃ 濃度上升之天氣型為高壓迴流型。(Lam *et al.*, 2005) 利用香港大氣污染與傳輸模式 (Pollutants in the Atmosphere and their Transport over Hong Kong, PATH) 對於觀測資料與模式之模擬結果，解析 1999 年 8 月 19 日至 8 月 20 日香港地區發生高 O₃ 事件之氣象場結構，其結果顯示，造成污染事件的發生與熱帶氣旋越過複雜地形有關。澳洲學者 (Zawar-Reza *et al.*, 2005) 利用空氣污染模式 (The Air Pollution Model, TAPM) 來模擬紐西蘭地區當綜觀風場為西風時之風場變化。其結果顯示，由於南島的山脈海拔高度約 1000 m，因此風場會分割為南北兩支繞流的形式，並且其過山氣流所造成之氣流沉降及海風的吹入，進而造成污染事件的發生 (圖 2-2.1)。在美國學者 (Seaman and Michelson, 2000) 的研究

中亦利用 MM5 模式與觀測值作一模擬，結果顯示出導致美國東北地區高 O₃ 事件發生之天氣型態與百幕達高壓有關。

在國內亦有多位學者針對高 O₃ 事件與天氣型態作一相關研究。(林能暉等, 2000) 根據過去經驗，將影響台灣地區的天氣型態分成 15 大類，結果顯示，最常發生高污染的天氣類型為高壓迴流型、鋒前暖區型、鋒面滯留或過境台灣型，以及分裂高壓中心位於長江口附近等天氣型態。(李清勝等, 2000) 研究不同季節導致西部地區發生高 O₃ 污染事件之天氣型態，結果發現當台灣於熱季時，以太平洋高壓脊線型與熱帶低壓北移或颱風影響型為主；於冷季時，以大陸冷高壓出海型與迴流型為主。(楊宏宇, 1993) 分析導致北部地區空氣品質劣化發生時之天氣類型及其相關性，研究結果顯示在鋒前暖區型與高壓迴流型之天氣型態下高 O₃ 發生機率偏高。(白珏玲, 1998; Cheng, 2000; Cheng, 2001; 黃怡嘉、程萬里, 2001) 則發現中部地區受高壓迴流及熱帶低壓影響之天氣型態下，容易有高 O₃ 之情形發生。(Chen *et al.*, 2003; Lin *et al.*, 2004) 分析南部地區在冬季與秋季時台灣地區受高壓迴流之天氣型態，影響西部沿海在下風處地區容易造成高 O₃ 濃度污染。

2-3 臭氧污染與局部環流之相關研究

局部環流種類繁多，便有學者按照其發展成因分類如下(戚啟勳，1993)：

- (一) 因局部冷卻而產生的熱力環流：如山風(重力風、下坡風)；冰河風(瀑風)。
- (二) 因局部受熱而產生的熱力環流：如谷風；乾燥的熱力環流(沙暴、塵暴)；積雲性對流。
- (三) 由於相鄰的局部地區一日內的冷暖而產生的熱力環流：如海風和陸風；熱力性的對流陣雨及雷雨。
- (四) 動力性環流：如大規模的垂直渦流；焚風；山嶺及鋒面陣雨或雷雨；龍捲風。

海陸風是一種濱海地區常見的局部環流形式，海風通常在白天日出後3~4小時開始發展，藉由太陽輻射使得地表受熱速度較海面來得快，且因地表與海面比熱不同，熱空氣上升，冷空氣下降所產生之熱力環流，於1200 LST~1500 LST時可達極盛時期，此環流可延伸至內陸20~60 km；入夜後由於地表降溫較海面快，因此白天吹海風夜晚吹陸風(柳中明、蘇維中，1997；湯舜然，1999；黃超群，2001；Cheng, 2002)。

國內、外已有多位學者研究海陸風發展與O₃污染之相關性。德國(Güsten *et al.*, 1998)研究顯示，O₃濃度主要受局部海陸風環流所影響，夜間逆溫層將O₃侷限在萊茵河谷較高層之處，白天受到太陽輻射，地表增溫效應，導致海風環流，遂將高層O₃傳送至地表。香港(Wang *et al.*, 2001)研究結果顯示，夜晚陸風逐漸增強，會將污染物帶至沿海，至隔日上午到下午，污染物會再藉由海風而傳送回來。希臘(Suppan *et*

al., 1998) 研究發現，當雅典地區發生海陸風環流時，在海風期間 O₃ 濃度會比平常高出 57 %，而盆地內的 O₃ 濃度又會比盆地外的 O₃ 濃度高出 66 %。(黃超群等，2001；Cheng, 2002) 探討台灣中部地區在海風條件下 O₃ 濃度之分佈情形，結果顯示海風會將沿海地區及都會區所產生之空氣污染物傳送至內陸地區（如南投），加上地形因素使得人為活動排放較少污染物之地區容易發生高 O₃ 濃度污染之情形。(Liu *et al.*, 2002) 利用模式模擬台灣北部地區海風及影響 O₃ 分佈情形，結果顯示，陸風能傳送光化學所產生的 O₃ 及其前驅物至海上，O₃ 會在海面上累積，等到白天海風發展時再傳回至陸地。(Liu *et al.*, 2001) 亦利用一個三維模式來模擬香港地區海風系統對內邊界層的發展與空氣污染物的傳輸擴散。

其他學者研究結果亦顯示，於白天，濱海地區所排放之污染物會藉由海風的吹送帶往內陸地區，使得內陸地區污染物容易累積。至入夜後海風減弱，陸風逐漸發展時，內陸地區所累積之污染物會再經由陸風而傳送至沿海一帶，污染物在無消耗或稀釋之情況下，將會依舊存留於大氣之中，甚至有可能造成隔日發生高污染的現象 (Ding *et al.*, 2004；Luhar and Hurley, 2004；Lam *et al.*, 2005)。

2-4 軌跡模式探討污染物來源之相關研究

空氣污染已成為現今改善空氣品質之議題，然而空氣品質的污染或惡化乃是已呈現之結果。因此，為了去瞭解其空氣污染物之來源或其傳輸方向，便有學者利用軌跡模式來追蹤空氣污染物所影響之地區及其發生污染之來源。爾後，軌跡模式便能明確地描述污染源與受體者之間的因果關係。(Boian and Kirchhoff, 2005) 利用網格分析及顯示系統 (Grid Analysis and Display System, GRADS) 來探討巴西南部大尺度氣塊傳輸之 O_3 濃度來源，其結果顯示污染物來源來自於較北方的城市。(Alvalá *et al.*, 2004) 利用逆軌跡線來探討大西洋南邊大氣中追蹤氣體 (CH_4 及 CO) 之散佈情形，其結果發現軌跡線會有季節性的差異，而從研究期間之逆軌跡線來看，其氣體會先由太平洋南邊開始，經過南美洲而到達大西洋南邊。(Lin and Wu, 2003) 利用半統計模式 (Semi-Statistical Model) 來評估南台灣每日平均 NO_x 濃度之來源影響與氣象影響，其結果以逆軌跡資料得知在南台灣大部分的 NO_x 濃度來源為工業區及發電廠。(Tsuang *et al.*, 2003) 藉由高斯煙羽軌跡模式 (Gaussian Plume Trajectory Model) 考慮軌跡線隨氣象條件及地形的特性，並利用計算沿著軌跡線及軌跡線附近網格之污染源傳遞係數，來模擬受體點 SO_2 、 NO_x 、硫酸鹽、硝酸鹽及懸浮微粒的濃度。(Cape *et al.*, 2000) 利用氣塊逆軌跡 (Air-mass back trajectories) 來分析說明愛爾蘭島之污染物來源。(Gimeno *et al.*, 1999) 利用有條件的機率函數 (Conditional Probability Functions, CPFs) 來探討西班牙地理表面 O_3 濃度之來源，結果顯示造成西班牙地理表面 O_3 濃度之來源有兩主要地區，其為歐洲中部與地中海中央地區所排放較高的 NO_x 濃度所致。(Asman *et al.*, 1995) 利用大氣化學與沈降模式 (Atmospheric Chemistry

and Deposition model, ACDEP)，廣泛的應用其軌跡模式，來估算丹麥海水氮的沈降。(莊秉潔等，2003) 利用高斯軌跡模式 (Gaussian Trajectory Transfer-Coefficient Modeling System, GTx) 之擴散機制，計算不同網格污染源對受體點之傳遞係數，而軌跡線上所獲得之污染物濃度即為污染源對受體點所造成的貢獻濃度。

2-5 文獻探討

綜合上節所述，在眾多學者研究當中，均已明白顯示高 O_3 濃度與天氣型態及局部環流之相關特性，亦引用許多模式來驗證大氣中污染物之傳輸情形，足以顯示當台灣地區於部分之綜觀天氣型態條件下，將容易造成高污染事件，且台灣四面環海，中部地區受到海陸風的影響較為顯著，因此亦容易造成污染物於此地區上之傳輸。

然而，學者們多以宏觀的方式來解析高 O_3 事件，對於污染物來源的貢獻程度、 O_3 與 NO_2 的滴定效應量化及高空污染物分佈情形等研究議題，諸位學者較少研究。再則，本團隊過去之研究均以氣象條件來探討空氣品質狀況，因缺乏垂直之大氣結構資料與污染物濃度監測，鮮少探討污染物在地形特徵與空間分佈，且對於污染物之化學反應解釋較為缺乏。

因此，吾人便吸收眾多學者之研究成果經驗，與針對過去本研究團隊之研究缺點進行改進，嘗試更進一步地深入探討，藉此解析污染物是從何方傳輸、高 O_3 事件期間 O_3 與 NO_2 之滴定程度，及發生高 O_3 事件前，污染物是否有殘留於高空進而導致高 O_3 事件等研究議題，並利用空氣污染模式（TAPM）來模擬當時之大氣條件與 O_3 濃度分佈情形，之後再以軌跡線來瞭解氣塊之移動路徑，以探討污染物於中部空品區之時空分佈情形。

第三章 研究方法

3-1 研究背景

台灣地理位置位在北緯 21°53'42"至 25°17'48"之間，是屬於副熱帶（或稱亞熱帶）的氣候，其中北部為副熱帶季風氣候區，南部則為熱帶季風氣候區。另一方面，台灣是一海島，受到暖濕氣流和洋流之影響（如：熱帶低壓、颱風外圍環流），因此又屬於海洋性氣候；但因為距離大陸很近，而且天氣系統大都是從西邊向東邊移動，所以台灣免不了要受大陸性氣候的影響（如：高壓出海、高壓迴流）。另外，從台灣本身來說，台灣面積雖然很小，但中部和東部都有叢山峻嶺，高度在 500 m 以上的山地、丘陵和台地約佔總面積的 46 %，南北縱走的中央山脈、雪山山脈和玉山山脈，都是高度在 3,000 m 以上的山岳地帶；在西部尚有高度約在 1,000 ~ 2,000 m 之間的阿里山山脈，這些對台灣氣候均有重大影響，使台灣山區和平地，南部和北部，西部和東部呈現截然不同的降雨型態和溫度變化之氣候特性。

台灣中部地區包含台中縣、台中市、彰化縣及南投縣等四個縣市，其地理位置位於適中，西臨台灣海峽，東依中央山脈，面積約 7,400 km²。因此，中部地區除了同時擁有盆地與鄰海平原之外，其特殊地形自成一明顯之區域，空氣污染物便有著獨特的傳輸特性。當高壓系統中心位在台灣北方或東北方時，台灣於高壓迴流（佔33.9%）之天氣型態下（圖3-1.1），或西太平洋上熱帶低壓北移（佔42.9%）及颱風（佔8.8%）之天氣型態影響下（圖3-1.2），綜觀風場呈現東風形勢，受到中央山脈的地形屏障阻擋下，風場會轉變成南北兩支繞流，北支繞流造成西北風吹入中部地區，以及盛行東風遇到中央山脈過山後之下沈氣流，由於氣流屬於又乾又熱會有輻合的現象，使得西部地區容易產

生微弱氣壓 (Cheng, 2000)。此外，中部地區位於中央山脈之背風面，綜觀風場 (東風) 影響微弱且天氣型態穩定，污染源排放污染物不易擴散，造成較靠近內陸之地區 (大里、南投、竹山等) 容易因地形地勢的影響而產生污染物濃度有累積的現象。

為了探討高 O₃ 污染事件與氣象條件之關係，本研究於 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日，韋森特 (Vicente) 颱風接近台灣本島之天氣型態下，於南投地區進行繫留探空監測及空氣污染物採樣，藉以瞭解氣象條件及污染物濃度之水平傳輸與垂直剖面變化。本研究亦引用澳洲聯邦科學與工業研究機構 (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, CSIRO) 所屬之大氣研究部門研發之空氣污染模式 (The Air Pollution Model, TAPM) 模擬中部地區氣象與 O₃ 濃度之趨勢，在與中部地區各監測站之監測數據進行比對分析，期許本套模式未來能真正適用及運用於台灣地區。

3-2 中部地區監測資料收集

本研究為探討此高 O₃ 事件期間水平氣象與污染物濃度分佈，匯集中央氣象局於台中地區所設置台中氣象站與梧棲氣象站之氣象觀測資料，以及環保屬於中部地區所設置空氣品質監測站（包含豐原、沙鹿、西屯、忠明、大里、彰化、二林、南投及竹山等 9 個監測站）之氣象與污染物濃度監測資料。各測站所監測之項目如表 3-2.1 所示，而各測站分佈如圖 3-2.1 所示。於匯集完監測站之監測數據後，經整理及格式轉換，繪製中部地區風場與 O₃ 濃度之空間分佈圖。

3-3 繫留探空

本文配合台中縣環保局研究計畫「94 年度台中縣中部空品區氣象與污染成因調查及改善策略研擬計畫」，於南投地區利用繫留探空監測之方式進行季節性採樣分析，測量高空的大氣壓力、溫度、相對濕度、風向及風速，並以 Teflon 材質製成的空氣採樣袋收集大氣不同高程之空氣樣本，藉以探討中部內陸地區之低層大氣垂直結構與污染物垂直分佈（圖 3-3.1）。

在進行繫留探空採樣監測前，必須選擇適當釋放繫留氣球的地點，需有空曠的平地，且其周圍應避免航道範圍、高大建築物或樹木、天線及避雷針等尖銳的物件，以利於釋放繫留探空儀之安全性及操作性。在執行監測前 24 小時，於選定之監測地點完成繫留探空儀及空氣品質監測儀之架設、暖機及校正等預備工作，以便監測工作順利進行。其監測採樣方法與步驟如下所述：

- （一）絞盤需架設於無較高建築物或障礙物之平台，目的為避免進行採樣時繫留汽球在釋放過程中受其干擾，將絞盤以麻繩固定，預防風速過大時造成移動。
- （二）進行垂直氣象監測與無機氣狀污染物採樣，於每日 0000 LST、0300 LST、0600 LST、0900 LST、1200 LST、1500 LST、1800 LST 及 2100 LST 進行，在採樣時間前約 20 分鐘將繫留氣球釋放到採樣高度。
- （三）利用繫留氣球將繫留探空儀（Tethersonde）及定時採樣泵與 Teflon 採樣袋上升至離地面高度 0 m、50 m、100 m、300 m、600 m 及 1000 m 進行監測採樣，每次時間約為 10 分鐘。

- (四) 監測到之氣象數據經由無線天線傳輸至數據轉換機中，再經由數據轉換機傳送到個人電腦，並將當時所監測到之近地面氣象資料（風速、風向、溫度、濕度、氣壓、降水情況、雲量及能見度等）紀錄下來。
- (五) 採樣完畢後收下 Teflon 採樣袋，利用空氣品質分析儀分析採樣袋中各污染物（包括 O₃、NO、NO₂ 及 CO）濃度，並將讀值紀錄下來。
- (六) 將監測採樣出來之數據整理成繪圖軟體所需要之格式並繪出垂直氣象剖面圖及垂直污染物濃度剖面圖。

3-4 使用儀器設備

3-4.1 探空監測儀器說明

- (一) 探空氣球：直徑約 4 m 之廣告氣球，其淨重約 5 Kg，當氣球內充滿氫氣時，其體積為 33.51 m³。在地表、靜風狀態下浮力約為 29.6 Kg。由於氫氣會逐漸逸散，特別是在夜間靜風時，浮力不足無法將氣球及儀器升至空中，所以在採樣過程中需視氣球浮力之情況而予以補充氫氣。
- (二) 繫留探空儀 (Tethersonde)：美國 AIR 公司製造之氣象感應接受器 Air Model TS-5A-SP，包括氣象資料量測 (氣溫、風速、風向、相對濕度) 及資訊傳送器。感應器置於一類似飛機的模型上，模型附有平衡桿及尾翼，可隨風向轉動，並繫於氣球下方約 1 m 絞線上待氣球上升 (下降) 過程中進行探測高度及各項氣象資料，將數值傳回至地面負責接收訊號的電腦中。表 3-4.1 為 Tethersonde 氣象監測的各項探測項目之操作參數。
- (三) 資料接收器 ADAS (Atmosphere Data Acquisition System)：IS-5A-RCR 400-406 MHz，接收繫留探空儀所發出的微波訊號，並轉換成可讀取其格式之氣象資料。
- (四) 絞盤及絞線：其功能為輔助氣球上升及下降時提供一動力，並使氣球得以繫留置空中穩定。表 3-4.2 為各項操作係數。

3-4.2 空氣採樣設備說明

- (一) 空氣採樣器：考量到探空氣球浮力有限，所以使用之採樣器為『定時採樣器』，其設計乃參考利園環境顧問公司的自製採樣器。採樣器上設有定時開關裝置，所使用之電源為 2 個 1.5 V

的 1 號乾電池及 1 個 9 V 的乾電池，含電池總重約為 480 kg 重，採樣抽器流量約為 0.056 l/s，體積為 14 × 7 × 3.5 cm。本研究所設定之空氣採樣器開始採樣時間均設為一致，於 10 min 後所有空氣採樣器將會同停止抽氣。

- (二) 採樣袋：U.S. SKC 公司生產的 10 L Teflon Sample Bag 232-08，其材質為透明的 Teflon 採樣袋，採樣接頭為 PE 的材質。

由於繫留探空監測採樣氣體為 High-Sensitive Compounds，且由地面施放至高空抽氣採樣到分析氣體需要 30 分鐘過程。因此在氣體分析過程中，可能會發生採樣袋的清洗造成殘留之影響，引起氣體衰退或增長。因此設計一實驗測試採樣袋清洗次數對 O₃ 濃度的影響。

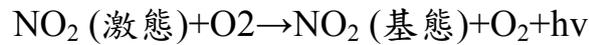
實驗結果顯示採樣袋之清洗次數應至少清洗 6 次（去除率已達到 90 % 以上）方可作為乾淨之採樣袋，以達到所監測出之氣體濃度得以正確且無較大偏差。因此本研究決定於每次採樣完成時均會清洗採樣袋 6 次為基準（實驗結果詳文見[附錄一](#)）。

3-4.3 空氣品質分析儀器說明

本研究所使用之空氣品質分析儀如表 3-4.3 所示，儀器使用前需確認各儀器的操作參數達到標準，各項儀器操作參數詳如[附錄二](#)，儀器多點校正紀錄表詳如[附錄三](#)。

- (一) 氮氧化物分析儀 (API Model 200A)
1. 測定方法：採用化學發光法 (Chemiluminescence Method)。
 2. 測定原理：將抽進儀器的氣體與 O₃ 反應，則試料氣體中之 NO 與 O₃ 反應形成激態的 NO₂，再放出一特定波長之螢光

而形成基態的 NO₂，反應式如下：



螢光之強度與 NO 的濃度成正比，利用光電倍增管(Photomultiplier Detector) 測定其螢光度可得知試料氣體中 NO 之濃度。NO_x 濃度之測定則必需在進入反應室之前先利用還原介質使之還原成 NO，再利用上法測定，即可測得試料氣體中 NO_x 測定的濃度，NO_x 濃度與 NO 濃度之差即為 NO₂ 濃度 (API Model 200A NO_x Analyzer Operator manual, 1994)。

(二) 臭氧分析儀 (API Model 400)

1. 測定方法：O₃ 之測定方法採用紫外線光度計法 (Ultraviolet Photometric Method)。
2. 測定原理：由於 O₃ 在不同光譜內對紫外線光吸收能力不同，故可利用 O₃ 在特定光譜內對紫外線光吸收能力之差異，由其差異值與濃度成正比之關係而作定量分析。差異值越大，表示 O₃ 濃度越大；O₃ 對於波長為 254 nm 之紫外線吸收能力最強，將試料氣體以波長為 254 nm 紫外線照射，由其吸收量變化即可分出試料氣體中 O₃ 之濃度 (API Model 400 O₃ Analyzer Operator Manual, 1994)。

(三) 一氧化碳分析儀 (API Model 300E)

1. 測定方法：一氧化碳之測定係採用紅外線偵測法 (Infrared Measurement)。
2. 測定原理：於反應室中，當紅外線穿過高濃度 N₂/CO 輪轉時，信號分別通過 CO 及 N₂，利用紅外線穿過高濃度 CO

時，紅外線放射源完全被高濃度 CO 所吸收，此時所偵測之信號為 ZERO ，當紅外線通過 N₂ 時，紅外線不被吸收而進入反應室中，由反應室中的 CO SAMPLE 氣體所吸收，此兩種信號相減即為正確之測值。(API Model 300E Carbon Monoxide Analyzer Operator Manual, 2002)。

3-5 主成份分析 (Principal Component Analysis)

本研究利用統計套裝軟體 (Statistical Analysis System, SAS) 來做主成份分析 (Principal Component Analysis, PCA)，此分析方法首先由 k. Pearson (1901) 提出，再由 Hotelling (1933) 加以發展的一種統計方法 (楊浩二，1984)。

主成份分析所著重的在於如何轉置原始數項，使其成為一些相互獨立之線性組合變數。其分析方法乃是將許多變數所包含之各種情資，盡量能夠合成幾個變數加以表示，並予以其線性組合，且經由線性組合而得到之成份 (Components) 仍擁有原變數最多的資訊，利用求特徵值 (Eigenvalue) 及特徵向量 (Eigenvector) 之方法，過濾出佔最大變異數之型態，此即為最主要之特徵型態；換句話說，即在不同成份中能顯示出最大的個別差異，進而找出數據間之相關性 (Seto *et al.*, 2000；Turias *et al.*, 2006)。

主成份分析時以各變數相互間多少具有關連性為考量點，即各變數之係數分別表示該變數與該主成份之相關程度。其表示方法主要由 p 個觀測變數 X_1, X_2, \dots, X_p 等之線性結合式，重新結合成數組相互無相關的新組合，此一新組合為 p 個變數的綜合特性質，稱之為主成份 m 。由於在進行主成份分析時，其運算方式是以矩陣為出發點，因此如果 p 個變數之單位或變數量不盡相同時，則應先將數據資料標準化後再進行分析 (Harrison *et al.*, 1997；Chio *et al.*, 2004；Kim Oanh *et al.*, 2005)。

當主成份分析完成時，所求取最大的變異數即為第一主成份；而再次求取與第一主成份無相關之最大變異數即為第二主成份；同理可求得第三主成份及第四主成份等。然而，分析之目的在於使用較少的變數來縮減過多的情資。因此 m 值要盡可能的少，而為了容易解釋，

一般會取三成份或累積到 80 ~ 90 % 的寄與率 (Coefficient of determination)。當選擇到第三成份就能滿足時，則第四成份及其他成份即可不必再求取。最後所求得之 m 個成份一定比 p 個變數少，才能達到主成份分析之目的 (蘇芸卉，2002；廖琇怡，2005)。

研究中主要是先針對各地區之滴定反應情況，由五天的監測資料中選取同一階段於同一時間內超過三天以上，且滴定反應之穩定性最高 (即線性關係最強) 之時段來作 O_3 濃度的主成份分析。分析結果之數值 (Number) 代表欲分析之群組數量，而當 O_3 濃度反應特徵值 (Eigenvalue) 超過 0.8 以上則被本文選取作為分組之依據。

3-6 空氣污染模式 (The Air Pollution Model version 3.0)

本研究所引用之研究工具為澳洲聯邦科學與工業研究機構 (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, CSIRO) 所屬之大氣研究部門研發之空氣污染模式 (The Air Pollution Model, TAPM)。其設計為可應用於一般個人電腦平台，適用於 Windows 98/ME/NT4/2000/XP 等作業系統。本模式結合了氣象與空氣污染物擴散傳輸模擬之三維巢狀網格模式 (圖 3-6.1)，並藉由使用者圖形化介面 (The Graphical User Interface, GUI) 進行模擬設定，輸入模式所需資料 (如綜觀氣象資料、土地利用資料、污染物背景濃度資料及污染物排放資料等)，便可簡單且快速執行模式 (Hurley *et al.*, 2001; Hurley, 2005)。

TAPM 模式主要可分為三大模組：

(一) 氣象模組

TAPM 為一不可壓縮、選擇性非靜力或靜力狀態、具有隨地勢垂直座標系統之三維氣象模組。同時，可選擇不同參數條件 (如雲雨之微物理過程、亂流關閉、深層土壤體積濕度含量、海表面及土壤溫度)，其模擬變數包括風速、風向、溫度、相對濕度、壓力及混合層高度等氣象因子。此模式忽略地球曲率之影響，因此在水平方向 (即 x, y 方向) 模擬之網格空間距離範圍須在 $1000 \text{ km} \times 1000 \text{ km}$ 以內，但在水平空間解析度最小至 100 m ，可針對都會區之空氣污染等小區域模擬。氣象模組之主要參數與方程式如下說明，平均風場主要由動量方程之東西向水平分量 u (m/s) 及南北向水平分量 v (m/s) 定義；垂直向會追隨地勢速度 $\dot{\sigma}$ (m/s) 採用連續方程定義之。虛位溫 θ_v (K) 則由一個結合熱與水汽之質量守恆方程所定義。艾克納 (Exner) 壓力方程

式定義為 $\pi = \pi_H + \pi_N$ ($\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$)，乃由流體靜力學和非流體靜力學兩者參數組合而成，關於以上參數之方程式及變數說明如下所示 (Pielke, 1984)：

$$\frac{du}{dt} = F(u) - \frac{\partial \overline{w'u'}}{\partial \sigma} \frac{\partial \sigma}{\partial z} - \theta_v \left(\frac{\partial \pi}{\partial x} + \frac{\partial \pi}{\partial \sigma} \frac{\partial \sigma}{\partial x} \right) + fv - N_s (u - u_s) \dots\dots\dots (3-6.1)$$

$$\frac{dv}{dt} = F(v) - \frac{\partial \overline{w'v'}}{\partial \sigma} \frac{\partial \sigma}{\partial z} - \theta_v \left(\frac{\partial \pi}{\partial y} + \frac{\partial \pi}{\partial \sigma} \frac{\partial \sigma}{\partial y} \right) - fu - N_s (v - v_s) \dots\dots\dots (3-6.2)$$

$$\frac{\partial \dot{\sigma}}{\partial \sigma} = - \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) - u \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{\partial \sigma}{\partial x} \right) + v \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{\partial \sigma}{\partial y} \right) \dots\dots\dots (3-6.3)$$

$$\frac{d\theta_v}{dt} = F(\theta_v) - \left(\frac{\partial \overline{w'\theta'_v}}{\partial \sigma} \frac{\partial \sigma}{\partial z} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + S_{\theta_v} - N_s (\theta_v - \theta_{vs}) \dots\dots\dots (3-6.4)$$

$$\frac{\partial \pi_H}{\partial \sigma} = - \frac{g}{\theta_v} \left(\frac{\partial \sigma}{\partial z} \right)^{-1} \dots\dots\dots (3-6.5)$$

$$\frac{dq}{dt} = - \frac{\partial \overline{u'q'}}{\partial x} - \frac{\partial \overline{v'q'}}{\partial y} - \frac{\partial \overline{w'q'}}{\partial \sigma} \frac{\partial \sigma}{\partial z} + S_{qv} + S_{qc} - N_s (q - q_s) \dots\dots\dots (3-6.6)$$

其中 $\sigma = Z_T \left(\frac{Z - Z_T}{Z_T - Z_S} \right)$ 、 $\frac{\partial \sigma}{\partial x} = \frac{\partial Z_S}{\partial x} \left(\frac{\sigma - Z_T}{Z_T - Z_S} \right)$ 、 $\frac{\partial \sigma}{\partial y} = \frac{\partial Z_S}{\partial y} \left(\frac{\sigma - Z_T}{Z_T - Z_S} \right)$ 、

$\frac{\partial \sigma}{\partial z} = \left(\frac{Z_T}{Z_T - Z_S} \right)$ ， $S_{qv} = -P_{VC} - P_{VR}$ ， $S_{qc} = P_{VC} - P_{CR}$ ， $S_{qr} = P_{CR} + P_{VR}$ ， x, y 代表

水平座標軸 (m)， t 表示時間 (s)， σ 為TAPM 模式所使用之垂直座標軸， Z, Z_T, Z_S 分別表示狄卡兒垂直座標軸、模式頂端高度 (m) 及地形高度 (m)， $f, u_s, v_s, \theta_{vs}, q_s$ 分別為科氏力參數、大尺度綜觀風場、虛位溫及比溼。比溼 q ，其定義為 $q = q_v + q_c$ ，即水汽與雲雨比溼之總和， N_s 為大尺度推進係數 [$1 / (24 \times 3600)$]， S_{qv}, S_{qc}, S_q 則定義為水氣輻合方程式中微物理來源項。

(二) 空氣污染物模組

TAPM主要由四個不同形式污染物模組所構成，分別為尤拉網格模組（Eulerian Grid Module, EGM）、拉格朗日粒狀物模組（Lagrangian Particle Module, LPM）、煙流上升模組（Plume Rise Module, PRM）以及建築物尾流模組（BuildingWake Module, BWM）。其中，尤拉網格模組以預測方程處理空氣污染物濃度模擬及其與溫度場之間的相互關係，可加以說明反梯度通量；拉格朗日粒狀物模組則能更精確地計算出近污染源排放出污染物濃度到受體點的分散情形；煙流上升模組乃用以處理煙流動量及浮力效應；建築物尾流模組則應用於因地面建築所造成之摩擦力改變效應，此模組多使用於小尺度污染物傳輸模擬（如都會區環流現象或都市熱島效應等）。

尤拉網格模組以巢狀網格技術為基礎，利用預測方程計算模擬物種濃度變化，其中包含了在大氣中的擴散、平流及沈降效應等物理及化學程序，可說是TAPM 模式的核心模組。以下僅針對尤拉網格模組作一說明，而拉格朗日粒狀物、煙流上升以及建築物尾流等模組之相關介紹，可參照TAPM 相關文獻（[Hurley et al., 2005](#)）。在污染物排放輸入資料方面，TAPM 所考慮之污染物排放類型相當完整，其中包含點源、線源、面源以及網格表面源，而網格表面排放資料包括一般網格表面排放、生物源表面排放、木質燃燒排放、車輛廢氣及其他易蒸發（汽油、柴油及液態天然氣等）之排放等資料。TAPM 主要的空氣污染物模組（尤拉網格模組）中，所含之變數及方程式如式 3-6.7 所示：

$$\frac{d\chi}{dt} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial \chi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial \chi}{\partial y} \right) - \left(\frac{\partial \sigma}{\partial z} \right) \times \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\overline{w \chi} \right) + S_x + R_x \dots \dots \quad (3-6.7)$$

其中 $\frac{d\chi}{dt}$ 為模擬濃度值項， χ 為濃度值； $\frac{\partial}{\partial x}\left(K_x \frac{\partial \chi}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(K_y \frac{\partial \chi}{\partial y}\right) - \left(\frac{\partial \sigma}{\partial z}\right)$ 為水平及垂直通量項； S_x 為污染排放項； R_x 為化學反應項，而 K_x 為模組之擴散係數，其污染物濃度之擴散係數比率為 $K_x = 2.5K$ 與氣象純量之變化一致。

化學反應程序部分採用物種簡併方式，針對計算能力及時間之考量，將眾多大氣化學主反應式簡併到模擬可接受範圍內。TAPM 所採用之大氣光化學模式機制為架構於 CBM-4 (Carbon-Bond Mechanism-IV) 上之半經驗機制，稱為 GRS (Generic Reaction Set) 機制。其中考慮 13 個反應物種及 10 個反應式，其物種分別為再生性煙霧 (Smog Reactivity, Rsmog)、基本水池 (Radical Pool, RP)、過氧化氫 (H_2O_2)、一氧化氮 (NO)、二氧化氮 (NO_2)、臭氧 (O_3)、二氧化硫 (SO_2)、穩定非氣狀有機碳 (Stable Non-gaseous Organic Carbon, SNGOC)、穩定氣狀氮產生物 (Stable Gaseous Nitrogen Products, SGN)、穩定非氣狀氮產生物 (Stable Non-gaseous Nitrogen Products, SNGN)、穩定非氣狀硫產生物 (Stable Non-gaseous Sulphur products, SNGS)、懸浮微粒物質 (Airborne Particulate Matter, APM) 及更細小之微粒物質 (Fine Particulate Matter, FPM) 等污染物種進行半經驗光化學機制或沈降機制之模擬 (包括乾、濕沈降過程)，這些物種之反應式如 (表 3-6.1) 所示。

在本模式中使用 Rsmog 之反應方程式代表揮發性有機物 (VOCs)。Rsmog 濃度之定義乃以一個易反應之係數乘上 VOC 之濃度，例如 Johnson, 1984 使用 $[R_{smog}] = 0.0067[VOC]$ 來模擬 1980 年澳洲都會區汽機車之空氣污染控制 (Hurley *et al.*, 2005)。

(三) 氣塊軌跡模組

TAPM 軌跡模組包含順、逆軌跡，乃配合模擬出來之逐時風場資料，以過去時間往上推稱為逆軌跡，以未來時間往下推稱為順軌跡，如此連續累加計算，即可求得氣塊之移動路徑，有關軌跡模式之方程式與參數說明如下所示：

$$\text{順軌跡： } \vec{r}_{i+1} = \vec{r}_i + \vec{U}_i \cdot \Delta t \dots\dots\dots (3-6.9)$$

$$\text{逆軌跡： } \vec{r}_{i+1} = \vec{r}_i - \vec{U}_i \cdot \Delta t \dots\dots\dots (3-6.10)$$

其中 \vec{r}_i 表示氣塊 (Air Parcel) 於時間 t_i 之位置； \vec{U}_i 表示 \vec{r}_i 於時間 t_i 之風速； Δt 表示時間間隔。

3-7 模式所需資料

本模式所需資料及操作流程，基於文字說明或許尚不太清楚之緣故，因此吾人遂繪製簡略之模式模擬操作流程圖呈現（圖 3-7.1），其氣象資料來源與污染物排放資料來源亦如下列各節所述：

3-7.1 氣象資料來源

氣象模組所使用之基本參數分別為綜觀氣象場資料、地形高度資料、植被與土壤型態資料、海表面溫度資料等。綜觀氣象場觀測資料由 CSIRO 模式中心所提供之綜觀氣象（CAS 1999+）資料庫，其為全球性分析與預報系統（Global Analysis and Prediction, GASP）資料，數據資料為每 6 小時一筆，經緯度間隔為 0.75 或 1.00 度（約 75 km 或 100 km）（圖 3-7.2）；地形高度資料以及植被與土壤型態資料採用美國地質觀測站（US Geological Survey, USGS）之地球資源觀測系統（Earth Resources Observation Systems, EROS）的主動分散式檔案中心（Distributed Active Archive Center, DAAC）資料，經緯度間隔為 30 秒（約 1 km）；海平面溫度資料則採用美國國家大氣研究中心（US National Central for Atmospheric Research, NCAR）所提供之全球月平均海面溫度資料，其經緯度間隔為 1 度（約 100 km）（Gras *et al.*, 2001；Hurley, 2005）。研究中除了使用綜觀氣象資料外，亦加入當地風場同化資料，其目的在於綜觀氣象資料之尺度太大，要模擬中小區域之風場尚無法準確掌握。因此，加入當地之風場監測資料，使其模擬出來之結果更接近當時之變化趨勢。風場同化使用之資料來源包含台灣中部地區 2 個中央氣象局（台中、梧棲）與 10 個環保屬（豐原、沙鹿、西屯、忠明、大里、彰化、線西、二林、南投、竹山）之風場（風速、風向）小時監測資料。

3-7.2 污染物排放資料來源

污染物模擬所需之污染源排放資料採用中鼎顧問公司於 2000 年及 2003 年為基準所推估之『台灣空氣污染物排放數據資料庫』(Taiwan Emission Data System) TEDS-5.1 版及 TEDS-6.0 版。在所有污染源排放資料當中，共分為四種不同之排放源（包含點源、線源、面源及生物源等）。點源為一般固定或較大的排放者（如工廠），共輸入全台灣 57 個點源排放源；線源為汽、機車行走之交通道路（如國道、縣道、省道），共輸入全台灣 32 條線源排放源；面源為難以捕捉或較小的排放者（如家庭）；生物源則為生物所排放之碳氫化物或人為所排放之揮發性有機物，其與面源合併計算共區分全台灣為 27 個區域。本研究所使用之 TEDS-5.1 版提供全台灣點源、線源、面源及生物源之排放資料；而 TEDS-6.0 版則提供中部地區點源、線源及面源之排放資料，以補足 TEDS-5.1 版於中部地區排放資料不足之缺陷，並修改因政府提倡減量政策，而將原本 TEDS-5.1 於通宵電廠及台中電廠之兩大電廠之排放量修正為 TEDS-6.0 之排放量。解析度為 $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ ，其模式模擬所需之污染物種資料包含 SO_2 、 NO_x 及 Rsmog（即 $\text{VOC} \times 0.0067$ 所換算）等。

3-8 模式網格設定

本研究採用四層巢狀網格模擬，水平方向網格解析度 ($dx \times dy$) 分別為 $10\text{ km} \times 10\text{ km}$ 、 $3\text{ km} \times 3\text{ km}$ 、 $1.5\text{ km} \times 1.5\text{ km}$ 及 $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ ，其網格數 ($nx \times ny$) 均為 80×80 格 (表 3-8.1)，其第一巢最大網域涵蓋範圍包含台灣本島及其周圍海域，因本模式對於最大網域範圍被限制在不可超過 $1000 \times 1000\text{ km}$ (即 $nx \times dx_1 < 1000\text{ km}$)，最小網域則為本研究所探討之台灣中部地區 (圖 3-8.1)。垂直方向分層為 10、25、50、75、100、150、200、250、300、350、400、450、500、600、750、1000、1250、1500、1750、2000、2250、2500、3000、3500、4000、4500、5000、6000、7000、8000 m 等共 30 層。模擬時間為 2005 年 9 月 13 日 0000 LST 至 9 月 20 日 2300 LST，共 192 小時；於氣象物理機制選擇方面，開啟地表植被機制 (Surface Vegetation)、Non-hydrostatic Pressure 及 Prognostic Eddy Dissipation rate 等物理機制，雖然研究期間內無明顯的降雨跡象，但本研究仍將 Rain Processes 開啟，目的在於將雲雨的影響列入考慮。於污染物化學機制選擇方面，選用尤拉網格模組與拉格朗日粒狀物模組，使其在運算時能均能將此二網格模組交叉運算。另外本研究亦加入氣象資料同化 (Meteorological Data Assimilation) 使模擬結果與實際觀測更為準確 (Luhar and Hurley, 2002; Hurley *et al.*, 2002; Luhar and Hurley, 2003)。

3-9 模式模擬結果性能評估

3-9.1 氣象場模擬

氣象模擬結果將參考國外學者所使用模擬結果之性能評估統計方法，其說明如下 (Hurley *et al.*, 2002 ; Hurley *et al.*, 2003 ; Elbir, 2004 ; Hurley *et al.*, 2005 ; Wilson and Peyman 2006) :

(一) 皮爾森相關係數 (Pearson Correlation Coefficient, r)

藉由方程式在規則的數值變量中，乃針對監測 (觀測) 數值與模擬數值之間的關係作其相關係之比較，所呈現之 r 值介於 $1 \sim -1$ 之間。若 r 值等於 1 ，表示完全正相關；若為 -1 ，表示完全負相關。

$$r = \frac{N \left(\sum_{i=1}^N O_i P_i \right) - \left(\sum_{i=1}^N O_i \right) \left(\sum_{i=1}^N P_i \right)}{\sqrt{\left[N \left(\sum_{i=1}^N O_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^N O_i \right)^2 \right] \left[N \left(\sum_{i=1}^N P_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^N P_i \right)^2 \right]}} \dots\dots\dots (3-9.1)$$

其中 P_i 表示模擬值， O_i 表示監測值， N 表示總模擬小時時數。

(二) 均方根誤差 (Root Mean Square Error, RMSE)

藉由方程式瞭解數值與數值之間誤差值，其值愈接近 0 表示監測 (觀測) 數值與模擬數值愈接近吻合。

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2} \dots\dots\dots (3-9.2)$$

其中 P_i 表示模擬值， O_i 表示監測值， N 表示總模擬小時時數。

(三) 一致性指數 (Index of Agreement, IOA)

藉由方程式瞭解數值與數值之間一致性的程度，於此乃針對監測 (觀測) 數值與模擬數值作一比較，所呈現出之數值會介於 $0 \sim 1$ 之間。若 IOA 數值等於 0 ，表示所比較的數值之間完全不一致；若 IOA 數值等於 1 ，則表示所比較的數值之間呈現完美的一致性。

$$IOA = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|P_i - O_{mean}| + |O_i - O_{mean}|)^2} \dots\dots\dots (3-9.3)$$

其中 P_i 表示模擬值， O_i 表示監測值， O_{mean} 表示監測值平均， N 表示總模擬小時時數。

(四) 技術熟練程度 (Measures of Skill)

藉由方程式瞭解模式所模擬之數值，是否已準確掌握，或者在模擬技術上以達到熟練之程度。 $SKILL_V$ 數值接近 1 愈好； $SKILL_R$ 數值小餘 1 愈好。

$$SKILL_V = \frac{P_{std}}{O_{std}}, \quad SKILL_R = \frac{RMSE}{O_{std}} \dots\dots\dots (3-9.4)$$

其中 P_{std} 表示模擬值之標準偏差， O_{std} 表示監測值之標準偏差， $RMSE$ 表示均方根誤差。

3-9.2 臭氧濃度模擬

O_3 濃度模擬結果將參考行政院環境保護署所公告之「空氣品質模式模擬規範」，其乃依據空氣污染防制法第六條第四項，網格模式模擬結果性能評估規範中所指定的模擬結果定量分析方式，統計方式說明如下：

(一) 相關係數 (Correlation Coefficient, R)

計算同一小時 O_3 所有模擬與監測 (觀測) 濃度之相關係數。 O_3 濃度計算前應先剔除監測 (觀測) 濃度值小於 30 ppb 之數據，其統計結果應 > 0.4 以上。

$$R = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[\frac{(P_i - \bar{P})(O_i - \bar{O})}{S_P S_O} \right] \dots\dots\dots (3-9.5)$$

其中 P_i 表示模擬值， O_i 表示監測值， \bar{P} 表示模擬值平均， \bar{O} 表示監測值平均， S_p 表示模擬值標準偏差， S_o 表示監測值標準偏差， N 表示總模擬小時時數。

(二) 常化偏差 (Over Bias, OB)

針對 O_3 之模擬計算同一小時 O_3 模擬與監測 (觀測) 平均濃度之常化偏差，瞭解模式是低估或高估的傾向。 O_3 濃度計算前應先剔除監測 (觀測) 濃度值小於 30 ppb 之數據，其統計結果應在 $\pm 15\%$ 以內。

$$OB = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{P_i - O_i}{O_i} \right) \dots\dots\dots (3-9.6)$$

其中 P_i 表示模擬值， O_i 表示監測值， N 表示總模擬小時時數。

(三) 絕對誤差 (Gross Error, GE)

針對 O_3 之模擬計算同一小時 O_3 所有模擬與監測 (觀測) 濃度之平均常化絕對誤差量。 O_3 濃度計算前應先剔除監測 (觀測) 濃度值小於 30 ppb 之數據，其統計結果應在 35% 以內。

$$GE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{P_i - O_i}{O_i} \right| \dots\dots\dots (3-9.7)$$

其中 P_i 表示模擬值， O_i 表示監測值， N 表示總模擬小時時數。

第四章 結果與討論

本文選取熱帶低壓或颱風較為容易發生之季節，選定日期為 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日，此期間正好為太平洋高壓脊與韋森特 (Vicente) 颱風生成、略過與結束之際。統計環保署於中部地區 9 個空氣品質監測站之監測資料，以及利用繫留探空 (Tethersonde) 於南投地區監測大氣垂直剖面之結構與污染物濃度垂直分佈。藉以探討 O_3 濃度分佈及傳輸情形、發生高 O_3 濃度事件之污染物來源以及 O_3 與 NO_2 之滴定效應量化。而研究中引用空氣污染模式 (TAPM) 來模擬當時之大氣環境與 O_3 傳輸，其模擬之結果與實際監測進行準確性之比較，再以國內、外學者所使用之模式模擬結果之評估方法，進行數據統計分析，以評估本模式對於台灣複雜地形之適用性。本研究後半段則利用空氣污染模式 (TAPM) 之軌跡模組，以順、逆軌跡線來探討研究期間氣塊 (Air Parcel) 於中部地區之來源方向與移動路徑對於 O_3 事件之影響。

4-1 2005 年秋季綜觀天氣型態

2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日，由中央氣象局所提供之地面天氣圖顯示 (圖 4-1.1 ~ 圖 4-1.5)，於此期間台灣綜觀天氣型態主要受到日本東方海域上的高壓與南海地區韋森特 (Vicente) 颱風外圍環流之影響。9 月 15 日 (圖 4-1.1) 原本位於黃河河口附近之高氣壓因東移出海至約 $140^\circ E$, $40^\circ N$ 海面上，對於台灣地區的天氣有很大的影響；而在南海地區菲律賓外海附近之低壓系統遂以逐漸增強為熱帶低壓系統，且持續向西移動。此時，台灣地區已屬於晴朗之天氣，臭氧及其前驅污染物便容易開始累積。9 月 16 日 (圖 4-1.2) 高壓系統持續向東移動，

其中心位置已移至日本東方 150 °E，42.5 °N 之海面上；而原本位於南海地區菲律賓外海的熱帶低壓遂於 12 Z 增強為輕度颱風，中心位置約在 114.2 °E，11.4 °N，即胡志明市東方 820 km 海面上。9 月 17 日（圖 4-1.3、圖 4-1.6）輕度颱風韋森特（Vicente）向北北西轉西北方向移動，由於颱風距離台灣約 1000 km 遠，且原本停留於日本東方海面上之高壓系統，逐漸增強並持續向東移動，其向西南方向所延伸出來之高壓脊仍然影響到台灣地區之天氣，受到其外圍沈降氣流及太平洋高壓脊之影響下，台灣地區大氣穩定，呈現晴朗炎熱之天氣，地面風場屬於較為微弱之東南風將不利於污染物擴散。9 月 18 日（圖 4-1.4）韋森特（Vicente）颱風已向西移動至海南島東南方，中心位置約在 108.7 °E，17 °N 海面上；而太平洋高壓系統所產生的高壓脊已不再影響台灣。9 月 19 日（圖 4-1.5）台灣東北方有一小型高壓出現，且於菲律賓東方海面上又產生小型熱帶低壓向西移動，台灣地區綜觀風場屬於微弱之東南東風。由（表 4-1.1）各氣象狀況顯示，9 月 15 日至 9 月 19 日，5 天 9 小時（0800 LST ~ 1700 LST）之平均太陽輻射量為 1.59 MJ/M²，平均日照時數為 6 hr，平均總雲量為 4，平均溫度為 31.4 °C，平均相對濕度為 67%，平均風速為 2.0 m/s，均為晴朗且炎熱的天氣。

4-2 空氣品質監測

由於 9 月 15 日至 9 月 19 日台灣地區之綜觀氣象條件受到太平洋高壓脊所帶來的穩定天氣型態，與韋森特 (Vicente) 颱風所造成之外圍沈降氣流相互影響下，中部地區呈現空氣品質不良 (PSI > 100) 之情形。由環保屬於中部地區各空氣品質監測站之空氣污染指標 (Pollutant Standards Index, PSI) 值變化趨勢圖 (圖 4-2.1) 顯示，在 9 月 15 日各空品監測站之 PSI 值均屬於普通等級，但其 PSI 值已有明顯上升之趨勢。9 月 16 日大里監測站首先超過其空氣品質標準 (PSI 值為 108)，其他空品監測站則還屬於普通等級。9 月 17 日各空品監測站均達到最高值，PSI 值最高為豐原監測站 (PSI 值為 122)，其次為大里監測站 (PSI 值為 110) 與南投監測站 (PSI 值為 107)，其他空品監測站之空氣品質也均呈現不良等級。9 月 18 日以後各空品監測站之 PSI 值則降回普通等級，且 PSI 值已有明顯下降之趨勢。由此空氣品質變化趨勢可知，當台灣於此天氣型態下，中部地區之空氣污染物將不利於擴散，進而造成高 O₃ 濃度事件之發生。

整體而言，此期間發生高污染事件日之主要指標污染物皆為 O₃，因此再由各空品監測站之各污染物濃度變化趨勢圖來看，O₃ 之小時濃度最大值 (圖 4-2.2) 顯示，各空品監測站之 O₃ 濃度最大值皆出現在白天 1100 LST 至 1700 LST 之間。9 月 17 日，其中以豐原監測站之 O₃ 濃度值最高 (達 137.3 ppb)，其次為大里監測站 (128.1 ppb) 與南投監測站 (125.7 ppb)，其他空品監測站之 O₃ 濃度最大值亦均超過 100 ppb 以上。NO₂ 之小時濃度最大值 (圖 4-2.3) 顯示，整體各空品監測站之 NO₂ 濃度以 9 月 16 日大里監測站 (47.6 ppb) 與 9 月 17 日彰化監測站 (47.6 ppb) 最高，其次為 9 月 17 日大里監測站 (45.1 ppb)。

CO 之日平均濃度值 (圖 4-2.4) 顯示, 在 9 月 17 日各空品監測站之 CO 日平均濃度均為最高, 其中以忠明空品監測站最高 (0.8 ppm), 其次為豐原空品監測站 (0.7 ppm), 其他空品監測站之 CO 日平均濃度值約 0.2 ~ 0.6 ppm 之間。

4-2.1 O₃ 濃度時空分佈

由近中部地區之各空氣品質監測站所測得風速、風向及 O₃ 濃度分佈圖 (圖 4-2.5 ~ 圖 4-2.14) 顯示, 9 月 15 日晨間, 台灣地區呈現較微弱之東南風及南風, 隨時間, 風向由南風轉為西風及西北風, 風速漸漸增強, 到了下午, 原本在苗栗及三義地區的 O₃ 則因受到北風及東北風增強的影響, 將污染物向南擴散。同時, O₃ 濃度於大里一帶也呈現較高的濃度 (圖 4-2.5 與圖 4-2.6)。9 月 16 日中午 1200 LST, 中部沿海地區呈現微弱之西風及北風, 將苗栗和三義地區之 O₃ 濃度帶至台中、豐原及大甲一帶, 但午後由於風速增強而將 O₃ 濃度稀釋 (圖 4-2.7 與圖 4-2.8)。9 月 17 日中午 1200 LST, 中部沿海地區呈現西風及西北風, 將沿海地區之污染物向內陸傳輸, 於台中都會地區及其以北地區之 O₃ 濃度值明顯上升, 豐原地區之 O₃ 濃度值高達 137.7 ppb, 南投地區亦於下午 1400 LST 時也出現 O₃ 濃度高值約 125.7 ppb (圖 4-2.9 與圖 4-2.10)。9 月 18 日於中午 1200 LST 時, 中部沿海地區呈現西風及西北風, O₃ 濃度值皆普遍偏低; 1500 LST 時, 污染物向內陸地區傳送, 在大里一帶有較高之 O₃ 濃度值約 97.2 ppb; 於 1800 LST 時, 南投及埔里地區之 O₃ 濃度仍有約 70.0 ppb (圖 4-2.11 與圖 4-2.12)。在 9 月 19 日中午 1200 LST 時, 內陸地區受海風之影響, 將中部沿海地區之污染物向南方及東南方傳輸, 促使大里及南投地區呈現偏高的 O₃ 濃度值

分別為 109.3 ppb 及 107.7 ppb；1500 LST 時，於南投及竹山地區之 O_3 濃度值達約 100.0 ppb。在夜間，藉由陸風的影響，將污染物由陸地往海面傳送（圖 4-2.13 與圖 4-2.14）。

由上述得知，大部分測站均於 9 月 17 日時發生 O_3 濃度高值。因此，再由（圖 4-2.15）顯示沿海至內陸地區 NO_2/O_x 比值變化，發現一有趣的變化，即 94 年 9 月 17 日清晨 0000 LST ~ 0600 LST 時沙鹿、西屯及忠明之 NO_2/O_x 比值由 0.2 緩慢上升至 0.6，顯示此段時間之 O_3 濃度正慢慢被 NO 所滴定；而南投地區之 NO_2/O_x 比值由 0.7 下降至 0.2 左右，顯示於此時段南投地區已有明顯的 O_3 濃度累積。到了 1000 LST ~ 1600 LST 其 NO_2/O_x 比值均為 0.1 ~ 0.2 之間，乃因上午人為活動開始排放 NO_x ，隨著太陽輻射逐漸旺盛， NO_2 受到光化學作用而轉化為 O_3 ，再加上之前 O_3 濃度之殘留，造成於午後各地均達高 O_3 濃度污染，因此比值較小。傍晚 1900 LST 以後近地面之 O_3 受 NO 滴定效應及沈降作用影響使得 O_3 與 NO 濃度下降，西屯與忠明之 NO_2/O_x 比值均明顯上升；反觀沙鹿及西屯於 2200 LST 前之 NO_2/O_x 比值均為持在 0.4 以下，顯示午後時段產生大量的 O_3 濃度，而導致較高的 O_3 濃度會延遲進行參與 NO 滴定反應時間。此外，造成南投高 O_3 污染事件，與當時之風場有關。由 O_3 水平濃度變化趨勢圖顯示（圖 4-2.16）， O_3 會先在沿海及都會區產生較高的濃度，藉由白天日出後 2 ~ 3 小時，地表逐漸升溫、海風環流逐漸升成之影響，於中午海風環流最強時將沿海及都會區之 O_3 及其前驅污染物傳輸至南投地區。由於南投地區四周環山，污染物不易擴散因此造成高 O_3 濃度事件。再由 CO 濃度作為追蹤氣體（圖 4-2.17），則可發現南投之 CO 濃度大致維持水平狀態（0.2 ~ 0.7 ppm），而沙鹿、西屯及大里之 CO 濃度（0.5 ~ 0.9 ppm）均

明顯比南投高，由此即可推斷造成南投高 O_3 濃度污染，主要還是由於受到海風環流及地形之影響，遂將污染物傳輸至南投，進而導致高 O_3 濃度事件。然而，導致南投高 O_3 濃度污染，除了其前驅污染物、追蹤氣體及當時風場可推斷之外，亦可藉由非甲烷碳氫化合物（NMHC）濃度來推斷，以西屯及南投監測站之 NMHC 濃度得知（圖 4-2.18），9 月 17 日清晨，西屯地區的 NMHC 濃度呈現約 1 ppm 及 0.75 ppm，而南投地區 NMHC 最高濃度卻僅有約 0.4 ppm，白天時，南投地區 NMHC 濃度則在 0.1 ppm 以下，比西屯地區還要低許多，在由 NMHC/ NO_x 之比值關係可發現（圖 4-2.19），9 月 17 日清晨，西屯站與南投的 NMHC/ NO_x 比值與 NMHC 濃度有相同的變化，於 9 月 17 日中午，西屯及南投站之 NMHC/ NO_x 比值有明顯的增加，午後則南投地區 NMHC/ NO_x 比值則再度出現高值約 10，而西屯站之 NMHC/ NO_x 比值約 30 出現時間比南投要晚一點，就整體而言，夜間 NMHC/ NO_x 與 NMHC 濃度有相同的變化趨勢，推測夜間 NMHC 與 NO_x 濃度都無明顯的產生源，於白天，西屯及南投測站 NO_x 濃度因光化反應消耗而劇減，造成 NMHC/ NO_x 比值有明顯的增加，但與 NMHC 濃度對照，南投地區 NMHC 濃度相當低且 NMHC/ NO_x 曲線與 NO_x 有相同趨勢變化，相反地，西屯地區於白天 NMHC 濃度比南投高但無明顯的增減，NMHC/ NO_x 比值卻有顯著的增減，因此，可推測西屯地區 NO_x 濃度的增減也可能會造成臭氧的影響。

4-2.2 O_3 與 NO_2 滴定反應

整理研究期間 O_3 、 O_x ($O_x = O_3 + NO_2$) 及 NO 與 NO_2 之濃度，並繪製各空品監測站 O_3 濃度與 O_3/O_x 比值線性圖（圖 4-2.20 ~ 圖

4-2.28)，其斜率越大代表滴定反應越強烈，斜率趨近水平則代表滴定反應微弱、NO 濃度與 NO₂ 濃度線性圖（圖 4-2.29 ~ 圖 4-2.37）及反應出現天數之時段分佈圖（圖 4-2.38 ~ 圖 4-2.46）顯示，NO₂ 與 O₃ 之滴定反應大部分都可分為三個時段。第一時段為夜晚至清晨之時段（即 NO₂ 濃度與 O₃ 濃度正劇烈反應時）；第二時段為日出後至中午前之時段（即 NO₂ 受光化學作用逐漸產生 O₃ 濃度，使其 O₃ 濃度逐漸增加時）；第三時段為中午太陽輻射最旺盛之時段（即 O₃ 濃度大量增加時）。

由（圖 4-2.20）豐原監測站 O₃ 濃度與 O₃/O_x 比值顯示，第一階段之 O₃ 濃度與 O₃/O_x 比值快速上升（ $R^2 = 8.39E-01$ ），且當 O₃ 濃度快速上升（7.7 ~ 97.8 ppb）的同時，NO₂ 濃度也呈現上升的情形（其滴定反應比率為 5.27E-03）；再由（圖 4-2.29 (a)）NO 濃度與 NO₂ 濃度線性圖顯示，亦可說明當 NO 濃度快速上升（0.6 ~ 11.5 ppb）的同時，NO₂ 濃度呈現緩慢上升的情形（ $R^2 = 5.65E-03$ ）。第二時段之 O₃ 濃度與 O₃/O_x 比值趨近於水平（ $R^2 = 6.37E-02$ ），表示當 O₃ 濃度急遽上升（98.1 ~ 137.3 ppb）的同時，NO₂ 濃度並無隨之上升，反而是因為 O₃ 濃度於太陽輻射旺盛下大量的被產生，NO 濃度不足無法同時快速的參與滴定反應產生 NO₂（其滴定反應比率為 3.14E-04）；再由（圖 4-2.29 (b)）NO 濃度與 NO₂ 濃度線性圖顯示，亦可說明此時段之 NO 濃度不高（0.5 ~ 3.0 ppb），因此在有限的 NO 濃度與大量的 O₃ 濃度參與滴定反應時，產生少量的 NO₂ 濃度，因此呈現負相關（ $R^2 = 6.17E-01$ ），而累積了大量的 O₃ 濃度。

由（圖 4-2.21）沙鹿監測站 O₃ 濃度與 O₃/O_x 比值顯示，第一時段之 O₃ 濃度與 O₃/O_x 比值快速上升（ $R^2 = 8.68E-01$ ），且當 O₃ 濃度快速上升（1.8 ~ 35.9 ppb）的同時，NO₂ 濃度也呈現上升的情形，表

示 O_3 濃度與 NO_2 濃度反應速率相當（其滴定反應比率為 $1.86E-02$ ）；再由（圖 4-2.30 (a)） NO 濃度與 NO_2 濃度線性圖顯示，亦可說明當 NO 濃度快速上升的同時， NO_2 濃度也呈現上升的情形（ $R^2 = 9.76E-02$ ）。第二段之 O_3 濃度與 O_3/O_x 比值較為緩慢上升（ $R^2 = 6.82E-01$ ），且當 O_3 濃度穩定上升（ $36.0 \sim 77.6$ ppb）的同時， NO_2 濃度亦是穩定上升的情形（其滴定反應比率為 $7.05E-03$ ）；再由（圖 4-2.30 (b)） NO 濃度與 NO_2 濃度線性圖顯示，亦可說明當 NO 濃度穩定上升的同時， NO_2 濃度呈現上升的情形（ $R^2 = 6.37E-01$ ）。第三時段之 O_3 濃度與 O_3/O_x 比值較為平穩（ $R^2 = 3.31E-02$ ），表示當 O_3 濃度急遽上升（ $78.0 \sim 118.0$ ppb）的同時， NO_2 濃度並無隨之上升，反而是因為 O_3 濃度於太陽輻射旺盛下大量的被產生， NO 濃度不足無法同時快速的參與滴定反應產生 NO_2 （其滴定反應比率為 $7.97E-04$ ）；再由（圖 4-2.30 (c)） NO 濃度與 NO_2 濃度線性圖顯示，亦可說明此時段之 NO 濃度不高（ $0.1 \sim 1.8$ ppb），因此在有限的 NO 濃度與大量的 O_3 濃度參與滴定反應時，產生少量的 NO_2 濃度，因此相關性較差（ $R^2 = 1.53E-01$ ）。

由（圖 4-2.22）西屯監測站 O_3 濃度與 O_3/O_x 比值顯示，第一時段之 O_3 濃度與 O_3/O_x 比值快速上升（ $R^2 = 8.61E-01$ ），且當 O_3 濃度快速上升（ $2.7 \sim 14.0$ ppb）的同時， NO_2 濃度也呈現上升的情形，表示 O_3 濃度與 NO_2 濃度反應速率相當（其滴定反應比率為 $3.22E-02$ ）；再由（圖 4-2.31 (a)） NO 濃度與 NO_2 濃度線性圖顯示，亦可說明當 NO 濃度快速上升的同時， NO_2 濃度也呈現上升的情形（ $R^2 = 2.84E-02$ ）。第二段之 O_3 濃度與 O_3/O_x 比值較為穩定上升（ $R^2 = 8.22E-01$ ），且當 O_3 濃度穩定持續上升（ $14.2 \sim 87.1$ ppb）的同時， NO_2 濃度開始有緩慢下降的情形，表示 O_3 濃度已逐漸被 NO 濃度所滴定

(其滴定反應比率為 $6.78E-03$)；再由(圖 4-2.31 (b)) NO 濃度與 NO_2 濃度線性圖顯示，亦可說明當 NO 濃度穩定上升的同時， NO_2 濃度呈現緩慢下降的情形 ($R^2 = 8.05E-04$)。第三時段之 O_3 濃度與 O_3/O_x 比值較為平穩 ($R^2 = 4.86E-02$)，表示當 O_3 濃度急遽上升 (88.2 ~ 116.8 ppb) 的同時， NO_2 濃度並無隨之上升，反而是因為 O_3 濃度於太陽輻射旺盛下大量的被產生，NO 濃度不足無法同時快速的參與滴定反應產生 NO_2 (其滴定反應比率為 $8.96E-04$)；再由(圖 4-2.31 (c)) NO 濃度與 NO_2 濃度線性圖顯示，亦可說明此時段之 NO 濃度不高(0.1 ~ 1.5 ppb)，因此在有限的 NO 濃度與大量的 O_3 濃度參與滴定反應時，產生少量的 NO_2 濃度，因此呈現負相關 ($R^2 = 2.22E-01$)。

由(圖 4-2.23) 忠明監測站 O_3 濃度與 O_3/O_x 比值顯示，第一時段之 O_3 濃度與 O_3/O_x 比值快速上升 ($R^2 = 6.75E-01$)，且當 O_3 濃度快速上升 (2.8 ~ 22.3 ppb) 的同時， NO_2 濃度也呈現上升的情形，表示 O_3 濃度與 NO_2 濃度反應速率相當 (其滴定反應比率為 $2.60E-02$)；再由(圖 4-2.32 (a)) NO 濃度與 NO_2 濃度線性圖顯示，亦可說明當 NO 濃度快速上升 (0.9 ~ 11.6 ppb) 的同時， NO_2 濃度也呈現上升的情形 ($R^2 = 7.02E-02$)。第二段之 O_3 濃度與 O_3/O_x 比值呈現穩定上升趨勢 ($R^2 = 7.60E-01$)，且當 O_3 濃度穩定持續上升 (23.0 ~ 87.0 ppb) 的同時， NO_2 濃度開始有緩慢下降的情形，表示 O_3 濃度已逐漸被 NO 濃度所滴定 (其滴定反應比率為 $5.52E-03$)；再由(圖 4-2.32 (b)) NO 濃度與 NO_2 濃度線性圖顯示，亦可說明當 NO 濃度穩定上升的同時， NO_2 濃度呈現緩慢下降的情形 ($R^2 = 1.27E-03$)。第三時段之 O_3 濃度與 O_3/O_x 比值較為平穩 ($R^2 = 1.01E-02$)，表示當 O_3 濃度急遽上升 (88.7 ~ 114.9 ppb) 的同時， NO_2 濃度並無隨之上升，反而是因為 O_3 濃度於

太陽輻射旺盛下大量的被產生，NO 濃度不足無法同時快速的參與滴定反應產生 NO₂（其滴定反應比率為-6.09E-04）；再由（圖 4-2.32 (c)）NO 濃度與 NO₂ 濃度線性圖顯示，亦可說明此時段之 NO 濃度不高（0.6~2.5 ppb），因此在有限的 NO 濃度與大量的 O₃ 濃度參與滴定反應時，產生少量的 NO₂ 濃度，因此呈現負相關（R² = 1.57E-01）。

由（圖 4-2.24）大里監測站 O₃ 濃度與 O₃/O_x 比值顯示，第一時段之 O₃ 濃度與 O₃/O_x 比值快速上升（R² = 6.82E-01），且當 O₃ 濃度快速上升（2.7~29.9 ppb）的同時，NO₂ 濃度也呈現上升的情形，表示 O₃ 濃度與 NO₂ 濃度反應速率相當（其滴定反應比率為 2.55E-02）；再由（圖 4-2.33 (a)）NO 濃度與 NO₂ 濃度線性圖顯示，亦可說明當 NO 濃度快速上升的同時，NO₂ 濃度也呈現上升的情形（R² = 3.70E-03）。第二段之 O₃ 濃度與 O₃/O_x 比值呈現穩定上升趨勢（R² = 5.33E-01），且當 O₃ 濃度穩定上升（20.2~107.1 ppb）的同時，NO₂ 濃度也有緩慢上升的情形，表示 O₃ 濃度有緩慢地被 NO 濃度所滴定（其滴定反應比率為 3.87E-03）；再由（圖 4-2.33 (b)）NO 濃度與 NO₂ 濃度線性圖顯示，亦可說明當 NO 濃度穩定上升的同時，NO₂ 濃度亦呈現緩慢上升的情形（R² = 3.73E-03）。第三時段之 O₃ 濃度與 O₃/O_x 比值較為平穩（R² = 2.90E-02），表示當 O₃ 濃度急遽上升（107.9~128.1 ppb）的同時，NO₂ 濃度並無隨之上升，反而是因為 O₃ 濃度於太陽輻射旺盛下大量的被產生，NO 濃度不足無法同時快速的參與滴定反應產生 NO₂（其滴定反應比率為-3.18E-04）；再由（圖 4-2.33 (c)）NO 濃度與 NO₂ 濃度線性圖顯示，亦可說明此時段之 NO 濃度不高（0.5~2.4 ppb），因此在有限的 NO 濃度與大量的 O₃ 濃度參與滴定反應時，產生少量的 NO₂ 濃度，因此呈現負相關（R² = 2.52E-03）。

由（圖 4-2.25）彰化監測站 O_3 濃度與 O_3/O_x 比值顯示，第一時段之 O_3 濃度與 O_3/O_x 比值快速上升 ($R^2 = 8.65E-01$)，且當 O_3 濃度快速上升 (1.3 ~ 17.1 ppb) 的同時， NO_2 濃度也呈現快速上升的情形，表示 O_3 濃度與 NO_2 濃度反應速率相當 (其滴定反應比率為 $3.16E-02$)；再由（圖 4-2.34 (a)）NO 濃度與 NO_2 濃度線性圖顯示，亦可說明當 NO 濃度快速上升的同時， NO_2 濃度也呈現快速上升的情形 ($R^2 = 3.31E-01$)。第二段之 O_3 濃度與 O_3/O_x 比值呈現穩定上升趨勢 ($R^2 = 6.16E-01$)，且當 O_3 濃度穩定上升 (17.0 ~ 66.4 ppb) 的同時， NO_2 濃度也有緩慢上升的情形，表示 O_3 濃度有緩慢地被 NO 濃度所滴定 (其滴定反應比率為 $7.06E-03$)；再由（圖 4-2.34 (b)）NO 濃度與 NO_2 濃度線性圖顯示，亦可說明當 NO 濃度穩定上升的同時， NO_2 濃度亦呈現緩慢上升的情形 ($R^2 = 1.30E-02$)。第三時段之 O_3 濃度與 O_3/O_x 比值亦呈現穩定上升趨勢 ($R^2 = 4.29E-01$)，表示當 O_3 濃度穩定上升 (68.1 ~ 114.1 ppb) 的同時， NO_2 濃度並無隨之上升，反而是因為 O_3 濃度於太陽輻射旺盛下大量的被產生，NO 濃度不足無法同時快速的參與滴定反應產生 NO_2 (其滴定反應比率為 $4.97E-03$)；再由（圖 4-2.34 (c)）NO 濃度與 NO_2 濃度線性圖顯示，亦可說明此時段之 NO 濃度不高 (0.8 ~ 3.2 ppb)，因此在有限的 NO 濃度與大量的 O_3 濃度參與滴定反應時，產生少量的 NO_2 濃度，因此呈現負相關 ($R^2 = 2.24E-02$)。

由（圖 4-2.26）二林監測站 O_3 濃度與 O_3/O_x 比值顯示，第一時段之 O_3 濃度與 O_3/O_x 比值快速上升 ($R^2 = 6.42E-01$)，且當 O_3 濃度快速上升 (3.5 ~ 32.2 ppb) 的同時， NO_2 濃度呈現平穩上升的情形 (其滴定反應比率為 $1.91E-02$)；再由（圖 4-2.35 (a)）NO 濃度與 NO_2 濃

度線性圖顯示，亦可說明當 NO 濃度快速上升的同時，NO₂ 濃度呈現平穩上升的情形 ($R^2 = 6.30E-03$)。第二段之 O₃ 濃度與 O₃/Ox 比值較為穩定上升 ($R^2 = 4.70E-01$)，且當 O₃ 濃度穩定持續上升 (32.3 ~ 91.9 ppb) 的同時，NO₂ 濃度呈現上升的情形 (其滴定反應比率為 $2.26E-03$)；再由 (圖 4-2.35 (b)) NO 濃度與 NO₂ 濃度線性圖顯示，亦可說明當 NO 濃度穩定上升的同時，NO₂ 濃度呈現上升的情形 ($R^2 = 1.65E-01$)。第三時段之 O₃ 濃度與 O₃/Ox 比值呈現下降趨勢 ($R^2 = 8.84E-01$)，表示當 O₃ 濃度急遽上升 (93.7 ~ 118.1 ppb) 的同時，NO₂ 濃度亦急遽上升 (其滴定反應比率為 $-5.59E-03$)；再由 (圖 4-2.35 (c)) NO 濃度與 NO₂ 濃度線性圖顯示，亦可說明此時段之 NO 濃度大致穩定 (2.2 ~ 3.4 ppb)，而 NO₂ 濃度亦明顯上升 ($R^2 = 7.97E-01$)。

由 (圖 4-2.27) 南投監測站 O₃ 濃度與 O₃/Ox 比值顯示，第一時段之 O₃ 濃度與 O₃/Ox 比值快速上升 ($R^2 = 4.37E-01$)，且當 O₃ 濃度快速上升 (4.3 ~ 33.2 ppb) 的同時，NO₂ 濃度則呈現下降的情形，表示 O₃ 濃度的反應速率仍然大於 NO₂ 濃度 (其滴定反應比率為 $1.44E-02$)；再由 (圖 4-2.36 (a)) NO 濃度與 NO₂ 濃度線性圖顯示，亦可說明當 NO 濃度快速上升的同時，NO₂ 濃度呈現下降的情形 ($R^2 = 3.02E-02$)。第二段之 O₃ 濃度與 O₃/Ox 比值快速上升 ($R^2 = 5.01E-01$)，且當 O₃ 濃度快速上升 (34.3 ~ 70.8 ppb) 的同時，NO₂ 濃度也呈現快速上升的情形，表示 O₃ 濃度正被消耗，而 NO₂ 濃度正被產生 (其滴定反應比率為 $9.31E-03$)；再由 (圖 4-2.36 (b)) NO 濃度與 NO₂ 濃度線性圖顯示，亦可說明當 NO 濃度快速上升的同時，NO₂ 濃度也呈現快速上升的情形 ($R^2 = 4.60E-01$)。第三時段之 O₃ 濃度與 O₃/Ox 比值較為平穩 ($R^2 = 1.66E-02$)，表示當 O₃ 濃度急遽上升 (76.5 ~ 125.7 ppb)

的同時，NO₂ 濃度並無隨之急遽上升，反而是因為 O₃ 濃度於太陽輻射旺盛下大量的被產生，NO 濃度不足無法同時快速的參與滴定反應產生 NO₂（其滴定反應比率為 3.99E-04）；再由（圖 4-2.36 (c)）NO 濃度與 NO₂ 濃度線性圖顯示，亦可說明此時段之 NO 濃度不高（0.2 ~ 2.2 ppb），因此在有限的 NO 濃度與大量的 O₃ 濃度參與滴定反應時，產生少量的 NO₂ 濃度（R² = 7.90E-02）。

由（圖 4-2.28）竹山監測站 O₃ 濃度與 O₃/O_x 比值顯示，第一時段之 O₃ 濃度與 O₃/O_x 比值快速上升（R² = 8.55E-01），且當 O₃ 濃度快速上升（2.4 ~ 14.3 ppb）的同時，NO₂ 濃度呈現下降的情形，表示 O₃ 濃度的反應速率仍然大於 NO₂ 濃度（其滴定反應比率為 3.84E-02）；再由（圖 4-2.37 (a)）NO 濃度與 NO₂ 濃度線性圖顯示，亦可說明當 NO 濃度快速上升的同時，NO₂ 濃度呈現緩慢下降的情形（R² = 8.79E-02）。第二段之 O₃ 濃度與 O₃/O_x 比值較為穩定上升（R² = 7.16E-01），且當 O₃ 濃度穩定持續上升（16.1 ~ 66.5 ppb）的同時，NO₂ 濃度有下降的情形，表示 O₃ 濃度已逐漸被 NO 濃度所滴定（其滴定反應比率為 7.40E-03）；再由（圖 4-2.37 (b)）NO 濃度與 NO₂ 濃度線性圖顯示，亦可說明當 NO 濃度緩慢上升的同時，NO₂ 濃度呈現下降的情形（R² = 5.67E-02）。第三時段之 O₃ 濃度與 O₃/O_x 比值較為平穩（R² = 2.34E-02），表示當 O₃ 濃度急遽上升（69.2 ~ 103.2 ppb）的同時，NO₂ 濃度並無隨之上升，反而是因為 O₃ 濃度於太陽輻射旺盛下大量的被產生，NO 濃度不足無法同時快速的參與滴定反應產生 NO₂（其滴定反應比率為 6.77E-04）；再由（圖 4-2.37 (c)）NO 濃度與 NO₂ 濃度線性圖顯示，亦可說明此時段之 NO 濃度不高（0.1 ~ 0.8 ppb），因此在有限的 NO 濃度與大量的 O₃ 濃度參與滴定反應時，產生少量的

NO₂ 濃度，因此呈現負相關 ($R^2 = 1.27E-02$)。

4-2.3 O₃ 濃度主成份分析

由上節各空品監測站之 O₃ 濃度與 O₃/O_x 比值及其滴定反應時間，可整理成三段共同反應時間 (表 4-2.1)。第一段共同反應時間為 0000 LST ~ 0600 LST，第二段共同反應時間為 0900 LST ~ 1000 LST，第三段共同反應時間為 1200 LST ~ 1300 LST。因此本節探討當中部地區於此天氣條件下造成高 O₃ 濃度事件之 O₃ 濃度反應特徵分佈，透過 SAS 與 Excel 電腦套裝軟體之主成份分析，藉以分類出同一時段內有相同反應速率之地區。

由 (表 4-2.2 與圖 4-2.47) 第一時段之 O₃ 濃度反應特徵顯示，大致可以分為三群，其 O₃ 濃度反應特徵值可達到 0.88。再由 (圖 4-2.50) 第一時段之 O₃ 濃度反應特徵分佈圖顯示，第一群 O₃ 濃度反應相同之空品監測站分別為沙鹿、西屯、彰化、二林。可說明於此天氣條件下，清晨時段 (0000 LST ~ 0600 LST)，較靠近沿海地區之空品監測站，O₃ 濃度反應均有相同的反應速率；第二群 O₃ 濃度反應相同之空品監測站分別為豐原、忠明、大里。可說明與此天氣條件下，清晨時段 (0000 LST ~ 0600 LST)，較靠近都會地區之空品監測站，O₃ 濃度反應均有相同的反應速率；第三群 O₃ 濃度反應相同之空品監測站分別為南投、竹山。可說明與此天氣條件下，清晨時段 (0000 LST ~ 0600 LST)，較靠近內陸地區之空品監測站，O₃ 濃度反應均有相同的反應速率。

由 (表 4-2.3 與圖 4-2.48) 第二時段之 O₃ 濃度反應特徵顯示，大致可以分為二群，其 O₃ 濃度反應特徵值可達到 0.96。再由 (圖 4-2.51) 第二時段之 O₃ 濃度反應特徵分佈圖顯示，第一群 O₃ 濃度反應相同之

空品監測站分別為忠明、大里、二林。可說明與此天氣條件下，上午時段（0900 LST ~ 1000 LST），較靠近都會區之空品監測站， O_3 濃度反應有相同的反應速率；而靠近沿海地區之二林空品監測站，則有可能是因為海風形成，將海面上之污染物帶入，於是 O_3 濃度反應速率與都會區相同。第二群 O_3 濃度反應相同之空品監測站分別為沙鹿、西屯、南投、竹山。可說明與此天氣條件下，上午時段（0900 LST ~ 1000 LST），二個屬於內陸地區之空品監測站， O_3 濃度有著相同的反應速率；而二個較靠近沿海地區之空品監測站，可能因為人為活動或者 O_3 濃度的殘留，於日出 2~3 小時過後， O_3 濃度開始反應，於是反應速率與內陸地區相同。

由（表 4-2.4 與圖 4-2.49）第三時段之 O_3 濃度反應特徵顯示，大致可以分為三群，其 O_3 濃度反應特徵值可達到 0.87。再由（圖 4-2.52）第三時段之 O_3 濃度反應特徵分佈圖顯示，第一群 O_3 濃度反應相同之空品監測站分別為西屯、忠明、大里、彰化。可說明與此天氣條件下，中午時段（1200 LST ~ 1300 LST），較靠近都會區之空品監測站， O_3 濃度反應有相同的反應速率；第二群 O_3 濃度反應相同之空品監測站分別為沙鹿、竹山。可說明與此天氣條件下，中午時段（1200 LST ~ 1300 LST），靠近沿海地區之沙鹿空品監測站，有可能是因為台中海區所排放之 O_3 前驅污染物，與內陸地區之竹山空品監測站所累積及海風帶入之污染物，經由光化學作用，因此 O_3 濃度反應有相同的反應速率。第三群 O_3 濃度反應相同之空品監測站僅為南投，可能因為地形影響，因此在 O_3 濃度變化上呈現單一獨立的現象。

綜合上述之 O_3 濃度反應特徵，顯示 O_3 濃度於此天氣條件下，依時間變化與光化學作用，其濃度的變化或反應的速度，在夜間時可明

顯分為三群（沿海地區、都會地區、內陸地區），表示此時間之 O_3 濃度變化與中部地區之特殊地形有著密不可分的關係；而隨著時間的增加，太陽輻射逐漸旺盛的同時，人為活動也逐漸排放 O_3 前驅污染物。因此到了第二及第三時段 O_3 濃度變化則無明顯地形關係。

4-2.4 O_3 、 NO_2 與 CO 之污染物來源

由上節 O_3 濃度主成份分析中，僅能分類出同一時段內，有哪些空品監測站之 O_3 濃度變化是為相同，但卻無法確認其污染物屬於當地貢獻或者區域貢獻。因此本節探討此研究期間造成中部地區高 O_3 濃度事件之污染物（ O_3 、 NO_2 與 CO ）來源，利用當時之風向（若風速 < 1.5 m/s 時，視為靜風狀態），以四個方位來推斷污染物來源，藉以瞭解污染物於此時段內，雖有相同濃度變化，但其屬於當地貢獻或者區域貢獻。

由（圖 4-2.50）可看出第一時段之 O_3 濃度反應特徵分佈，發現沙鹿、西屯、彰化、二林有著相同反應特徵。因此，依此反應特徵由（圖 4-2.53）顯示，雖然各監測站所監測到之 O_3 濃度來自不同方向，但整體均顯示靜風狀態佔多數，沙鹿靜風狀態佔 73.5 %、西屯靜風狀態佔 67.3 %、彰化靜風狀態佔 67.2 %、二林靜風狀態佔 86.7 %。（圖 4-2.54）也顯示，各監測站之 NO_2 濃度於靜風狀態下佔較多數，沙鹿靜風狀態佔 40.2 %、西屯靜風狀態佔 66.6 %、彰化靜風狀態佔 55.2 %、二林靜風狀態佔 59.9 %。再由（圖 4-2.55） CO 濃度為追蹤氣體則亦顯示，雖然於此時段內 CO 濃度會從不同方向貢獻，但掌控當地濃度變化仍屬靜風狀態佔多數，沙鹿靜風狀態佔 53.4 %、西屯靜風狀態佔 73.4 %、彰化靜風狀態佔 58.6 %、二林靜風狀態佔 75.5 %。由以上各污染物來源顯示，於第一時段各監測站會被分類為有相同反應特徵，乃

是由於大多數監測站均以靜風狀態佔多數，表示屬於當地貢獻為主。由（圖 4-2.50）可看出第一時段之 O_3 濃度反應特徵分佈，發現豐原、忠明、大里有著相同反應特徵。因此，依此反應特徵由（圖 4-2.56）顯示，造成其 O_3 濃度反應相同之原因，除了靜風狀態以外，豐原靜風狀態佔 50.5 %、忠明靜風狀態佔 57.2 %、大里靜風狀態佔 88.2 %；另外來源方向亦佔重要因素，各監測站均以東南或西南方向傳輸，豐原東南方向傳輸佔 47.0 %、忠明東南與西南方向傳輸各分別佔 21.8 % 與 21.0 %、大里西南方向傳輸則佔 11.8 %。（圖 4-2.57）也顯示，各監測站之 NO_2 濃度除了靜風狀態以外，豐原靜風狀態佔 41.3 %、忠明靜風狀態佔 58.1 %、大里靜風狀態佔 87.3 %；另外受到東南或西南方向所傳輸亦佔重要因素，豐原東南方向傳輸佔 56.3 %、忠明東南與西南方向傳輸均佔 20.9 %、大里西南方向傳輸則佔 12.7 %。再由（圖 4-2.58） CO 濃度為追蹤氣體則亦顯示，此期間之污染物受靜風狀態與傳輸方向所影響，豐原靜風狀態佔 54.4 %、東南方向傳輸佔 43.6 %，忠明靜風狀態佔 61.8 %、東南與西南方向傳輸各分別佔 19.1 % 與 19.0 %，大里靜風狀態佔 91.2 %、西南方向傳輸佔 8.9 %。由以上各污染物來源顯示，於第一時段各監測站會被分類為有相同反應特徵，乃是由於各監測站均之靜風狀態佔與來源方向各佔一半，表示除了受當地貢獻影響外，亦受到東南或西南方向所傳輸過來之污染物所影響。由（圖 4-2.50）可看出第一時段之 O_3 濃度反應特徵分佈，發現南投、竹山有著相同反應特徵。因此，依此反應特徵由（圖 4-2.59）顯示，造成其 O_3 濃度反應相同之原因，靜風狀態仍佔多數，竹山靜風狀態佔 100 %、南投靜風狀態雖佔 46.2 %，但由於此時段屬於清晨時段（0000 LST ~ 0600 LST），陸風發展及過山之沈降氣流，將高空之污染

物向下傳輸，使得南投會受到東南（佔 36.3 %）或西南（佔 17.5 %）方向所傳輸之污染物所影響。(圖 4-2.60) 也顯示，各監測站之 NO_2 濃度以靜風狀態為主，竹山靜風狀態佔 100 %、南投靜風狀態佔 60.1 %，而陸風發展及過山之沈降氣流，將高空之污染物向下傳輸，使得南投會受到東南（佔 25.1 %）或西南（佔 14.7 %）方向所傳輸之污染物所影響。再由(圖 4-2.61) CO 濃度為追蹤氣體則亦顯示，此期間之污染物以靜風狀態為主，竹山靜風狀態佔 100 %、南投靜風狀態佔 64.6 %，但因陸風發展及過山之沈降氣流，將高空之污染物向下傳輸，使得南投會受到東南（佔 25.4 %）或西南（佔 10.0 %）方向所傳輸之污染物所影響。由以上南投與竹山空品監測站之污染物來源顯示，於第一時段會被分類為有相同反應特徵，乃是由於內陸地區複雜的地形有關。大部分之污染物均屬當地所貢獻；另外，再藉由過山所挾帶之沈降氣流，將原本殘留於高空之污染物，向下傳輸而影響內陸地區。

由(圖 4-2.51) 可看出第二時段之 O_3 濃度反應特徵分佈，發現忠明、大里、二林有著相同反應特徵。因此，依此反應特徵由(圖 4-2.62) 顯示， O_3 濃度均來自不同方向，各空品監測站皆以西南方向傳輸為主，忠明西南方向傳輸佔 61.1 %、大里西南方向傳輸佔 64.4 %，二林西南方向傳輸佔 34.0 %。由於二林屬於沿海地區，因此污染物亦會受到海風（佔 27.6 %）的影響，將原本停留於海面上之 O_3 ，藉由海風吹拂而把 O_3 濃度帶入。(圖 4-2.63) 也顯示， NO_2 濃度主要來自西南方向，忠明西南方向傳輸佔 67.4 %、大里西南方向傳輸佔 50.2 %，二林西南方向傳輸佔 35.3 %。由於二林屬於沿海地區，因此污染物會受到海風（佔 18.8 %）的影響，將原本停留於海面上之 NO_2 ，藉由海風吹拂而把 NO_2 濃度帶入。再由(圖 4-2.64) CO 濃度為追蹤氣體

亦顯示，污染物主要是以西南方所傳輸，忠明西南方向傳輸佔 64.5 %、大里西南方向傳輸佔 45.3 %，二林西南方向傳輸佔 34.0 %。且二林較靠近沿海地區，因此污染物會受到海風（佔 20.5 %）的影響，將原本停留於海面上之 CO，藉由海風吹拂而把 CO 濃度帶入。由以上各空品監測站之污染物來源顯示，上午時段（0900 LST ~ 1000 LST）污染物會由西南方所傳輸；而沿海地區之二林監測站，亦受海風影響將污染物傳入。由（圖 4-2.51）可看出第二時段之 O₃ 濃度反應特徵分佈，發現沙鹿、西屯、南投、竹山等空品監測站有著相同反應特徵。因此，依此反應特徵由（圖 4-2.65）顯示，各空品監測站之污染物濃度，均以不同方向傳輸。沙鹿因屬沿海地區，因此 O₃ 濃度多屬西風系（佔 54.4 %）所影響；西屯因受大度台地影響，因此 O₃ 濃度以北風系（佔 64.7 %）所影響；南投因受八卦台地影響，因此 O₃ 濃度以東北方向（佔 51.0 %）傳輸為主；竹山則因地形地勢所影響，海風於此時段尚未到達內陸地區，因此仍屬靜風狀態（佔 70.8 %）為主。（圖 4-2.66）也顯示，NO₂ 濃度均以不同方向傳輸。沙鹿因屬沿海地區，因此 NO₂ 濃度多屬西風系（佔 71.8 %）所影響；西屯因受大度台地影響，因此 NO₂ 濃度以北風系（佔 57.7 %）所影響；南投因受八卦台地影響，因此 NO₂ 濃度以東北方向（佔 43.7 %）傳輸為主；竹山則因地形地勢所影響，海風於此時段尚未到達內陸地區，因此仍屬靜風狀態（佔 62.3 %）為主。再由（圖 4-2.67）CO 濃度為追蹤氣體亦顯示，污染物會以不同方向傳輸。沙鹿受西風系（佔 59.0 %）所影響；西屯以北風系（佔 57.7 %）所影響；南投以東北方向（佔 64.8 %）傳輸為主；竹山則仍屬靜風狀態（佔 64.4 %）為主。由以上各空品監測站之污染物來源顯示，上午時段（0900 LST ~ 1000 LST）污染物會因地形地勢所影響，

沿海地區受西風系影響將污染物傳入，內陸地區則因海風尚未到達，因此容以當地貢獻為主。

由（圖 4-2.52）第三時段之 O_3 濃度反應特徵分佈圖，發現西屯、忠明、大里、彰化均有著相同反應特徵。因此，依此反應特徵由（圖 4-2.68）顯示，各空品監測站之 O_3 濃度以不同方向傳輸為主，西屯以東北方向（佔 80.5 %）傳輸、忠明以西北方向（佔 90.1 %）傳輸、大里受西風系（佔 90.6 %）所影響、彰化以東北（佔 56.4 %）方向傳輸為主，其次為西北（佔 43.7 %）方向傳輸。（圖 4-2.69）也顯示， NO_2 濃度均以不同方向傳輸。西屯以東北方向（佔 76.0 %）傳輸、忠明以西北方向（佔 86.6 %）傳輸、大里受西風系（佔 86.4 %）所影響、彰化以東北（佔 61.6 %）方向傳輸為主，其次為西北（佔 38.5 %）方向傳輸。再以（圖 4-2.70）CO 濃度為追蹤氣體亦顯示，更能顯示污染物均以不同的方向傳輸。西屯以東北方向（佔 82.6 %）傳輸、忠明以西北方向（佔 88.6 %）傳輸、大里受西風系（佔 87.6 %）所影響、彰化以東北（佔 51.4 %）方向傳輸為主，其次為西北（佔 47.2 %）方向傳輸。由以上各空品監測站之污染物來源顯示，中午時段（1200 LST ~ 1300 LST）污染物均以區域貢獻為主，因而造成中午時段各地空氣品質皆屬不良等級。由（圖 4-2.52）第三時段之 O_3 濃度反應特徵分佈圖，發現沙鹿、竹山有著相同反應特徵。因此，依此反應特徵由（圖 4-2.71）顯示， O_3 濃度均以西北方向傳輸為主，沙鹿西北方向傳輸佔 81.5 %、竹山西北方向傳輸佔 75.0 %。（圖 4-2.72）也顯示， NO_2 濃度均以西北方向傳輸。沙鹿西北方向傳輸佔 80.7 %、竹山西北方向傳輸佔 77.3 %。再以（圖 4-2.73）CO 濃度為追蹤氣體亦顯示，更明顯表示污染物由西北方向傳輸。沙鹿西北方向傳輸佔 82.7 %、竹山西北

方向傳輸佔 81.0 %。由以上各空品監測站之污染物來源顯示，中午時段（1200 LST ~ 1300 LST）污染物均以區域貢獻為主。沙鹿地區可能是由台中海區所排放之污染物所影響；竹山地區可能是受到都會區所產生之污染物，藉由中午海風達到最強時而傳輸。由（圖 4-2.52）第三時段之 O₃ 濃度反應特徵分佈圖，發現此時段唯獨南投空品監測站。因此，由（圖 4-2.74）顯示，O₃ 濃度會以西北方向（佔 50.8 %）傳輸為主，其次為東北方向（佔 40.0 %）傳輸。（圖 4-2.75）顯示，NO₂ 濃度則以東北方向（佔 47.5 %）傳輸為主，其次為西北方向（佔 45.9 %）傳輸。再以（圖 4-2.76）CO 濃度為追蹤氣體亦顯示，更能顯示污染物仍以西北方向（佔 48.0 %）傳輸為主，其次則為東北方向（佔 43.8 %）傳輸。由此可發現造成南投地區於中午時段（1200 LST ~ 1300 LST）高 O₃ 濃度之原因，乃在於沿海地區及都會地區所產生之污染物，藉由海風的吹送將污染物傳輸至南投。

4-3 繫留探空監測

本研究於南投市設置繫留探空監測地點，於監測階段裡，台灣地區主要受到太平洋高壓脊與韋森特（Vicente）颱風外圍環流所影響。因此將針對混合層高度（圖 4-3.1）、垂直風場（圖 4-3.2）、三個不同時段之近地面（約 15 - 50 m）與高空（約 300 - 600 m）之滴定效應量化（圖 4-3.3 ~ 圖 4-3.5）以及污染物濃度垂直剖面監測（圖 4-3.6 ~ 圖 4-3.11）進行分析。

4-3.1 垂直氣象場

9 月 15 日上午受台灣南方熱帶低壓之影響下，沿海地區混合層高度自 50 m 發展至 1000 m，於南投地區之混合層高度則由 185 m 發展至 945 m，且風向呈現南風形式，風速有隨高度而增強趨勢；午後混合層高度隨太陽輻射減弱而降低，風向則轉為較強之北風且風速於高度 600 m 以下有漸漸變強之趨勢（5 m/s）；夜晚陸風發展，地表釋放長波幅射而冷卻，垂直對流影響減弱，沿海地區混合層高度由 1000 m 降低至離地表約 20 m，南投地區之混合層高度也下降至 245 m，風向轉為較弱之南風。高度 600 m 以上，風向為微弱西風。9 月 16 日上午沿海地區混合層高度自 20 m 發展至 1000 m，而南投地區之混合層高度則由 245 m 發展至 605 m，可能是因為受到明顯南風影響造成風切現象，導致混合層高度發展受限於此高度；午後近地面風向呈現多變化形式，且於 300 m 以下呈現較大的東北風及北風；而 300 m 以上隨著高度的增加，風場轉為較弱之西風系。夜晚南投地區 600 m 以下風速微弱，且混合層高度停留至 515 m，將不利於污染物向高處擴散。9 月 17 日上午，沿海地區混合層高度自 30 m 發展至 160 m；南投地區之混合層高度則由

285 m 發展至 335 m，風速亦屬於微弱南風系（2~3 m/s）。中午時，沿海地區之混合層高度發展至 1000 m；南投地區之混合層高度亦發展至 100 m。午後混合層高度隨太陽輻射減弱而降低，南投地區之混合層高度降低至 675 m，且 500 m 以下風場為西風，風速約 4 m/s。夜間，地表釋放長波幅射而冷卻，垂直對流影響減弱，沿海地區混合層高度由 910 m 降低至 100 m，南投地區之混合層亦降低至 285 m。9 月 18 日上午，隨著日出過後，地表加溫，沿海地區混合層高度自近地面 20 m 發展至 840 m；而南投地區之混合層高度亦由 145 m 上升至 585 m，風場以微弱南風垂直分佈。中午時，太陽輻射旺盛，使得沿海地區及南投地區之混合層高度均發展至 1000 m，風場亦屬於南風系且垂直分佈。下午南投地區近地面 200 m 風速約 6 m/s，且隨高度上升至 700 m 風速漸弱且風向轉變為西風；700 m 以上風向由西風慢慢轉變為微弱的北風。夜晚時，地表釋放長波幅射而冷卻，垂直對流影響減弱，沿海地區混合層高度由 190 m 降低至近地面約 40 m，內陸地區之混合層則由 585 m 下降至 125 m。9 月 19 日清晨，400 m 以下風速為 4 m/s 的南風系；而 400 m 以上風速減弱（1 m/s）且轉變為較微弱的北風。午後太陽輻射旺盛，沿海地區及南投地區之混合層高度均發展至 1000 m；而南投地區近地面至 250 m，風速漸強且轉變為西風，250 m 以上風向則由西風逐漸轉變為微弱之北風，顯示已有明顯的海陸風分層現象。夜晚，近地面溫度下降，垂直對流影響減弱，沿海地區之混合層高度降低至 50 m；南投地區之內陸地區之混合層高度也降低至 225 m，而風場呈現南風系且垂直分佈。

4-3.2 垂直滴定反應與污染物分佈

於第一時段中 (0000 LST ~ 0600 LST) (圖 4-3.3)，近地面 (15 - 50 m) O_3 濃度與 O_3/O_x 比值快速上升 ($R^2 = 5.92E-01$)，而高空 (300 - 600 m) 之 O_3 濃度與 O_3/O_x 比值緩慢上升 ($R^2 = 3.40E-01$)。顯示此時段近地面與高空均有明顯的滴定作用。第二時段 (0600 LST ~ 1200 LST) (圖 4-3.4) 近地面 (15 - 50 m) O_3 濃度與 O_3/O_x 比值明顯下降 ($R^2 = 3.69E-01$)。顯示近地面之 NO_2 濃度已被大量消耗， O_3 濃度不斷地增加。高空 (300 - 600 m) 之 O_3 濃度與 O_3/O_x 比值亦開始緩緩下降 ($R^2 = 3.12E-01$)。顯示高空之 NO 濃度開始不足，因此當 NO 與 O_3 參與滴定反應時便產生較少之 NO_2 。第三時段 (1200 LST ~ 1500 LST) (圖 4-3.5) 近地面 (15 - 50 m) O_3 濃度與 O_3/O_x 比值呈現水平狀態 ($R^2 = 3.64E-04$)，且高空 (300 - 600 m) 之 O_3 濃度與 O_3/O_x 比值亦趨近水平 ($R^2 = 4.70E-03$)。顯示此時段不論近地面或高空之 O_3 濃度均大幅增加， NO 濃度無法及時滴定大量的 O_3 ，因此滴定作用均不明顯。

9 月 15 日清晨受到區域環流之影響，風向為南風及西南風所主導，且風速隨高度上升而增強，最大風速為 8 m/s，使 O_3 前趨污染物濃度不易生成累積，下午 1500 LST 後，風向轉為北風及西北風，風速 7 ~ 8 m/s，污染物由市區傳送至內陸導致 O_3 濃度 82.5 ppb (圖 4-3.7)。9 月 16 日中午 1200 LST 後，風向由南風轉為北風與西北風之形式，且混合層高度發展至約 570 m，較不利於污染物垂直方向擴散， O_3 濃度增至 82.0 ppb；當日夜間則因高空風向為較微弱之西南風， NO_2 濃度 (圖 4-3.6 (b)) 有累積現象約 35.6 ppb，且因適逢週末交通流量大，於近地面至高度 100 m 處， CO 濃度 (圖 4-3.8) 出現最大值 1.8 ppm。9 月 17 日上午由於南沙群島有熱帶低氣壓形成，風向呈現較微弱之東南風，

風速隨高度上升減弱；當日午後 1200 LST ~ 1500 LST 則因太陽輻射強烈 (1.34 ~ 2.52 MJ/m²)，且由於 9 月 16 日已有累積較高濃度之 NO、NO₂ (圖 4-3.6 (a)與圖 4-3.6 (b)) 受光化學之作用，因此在近地面 O₃ 小時濃度值高達 121.5 ppb。9 月 18 日中午熱帶低壓遠離，平均風速較弱且風向以南風及東南風所主導，混合層高度發展至 1000 m 利於污染物垂直方向擴散，因此一次污染物濃度於近地面至高空變化不大。9 月 19 日上午高壓出海之天氣型態，中部地區天氣型態穩定，綜觀系統微弱，於 1200 LST 時光照強烈光化作用旺盛，因此 O₃ 小時濃度值升高至 102.8 ppb。

由上述得知，南投地區於 9 月 17 日時有發生 O₃ 濃度高值。因此，由 9 月 17 日當日所採集到高空 NO_x 及 O₃ 濃度垂直分佈趨勢圖顯示 (圖 4-3.9 與圖 4-3.10)，清晨主要以微弱西南風及東南風為主，在風速不大之情形下污染物會受到混合層高度所侷限，污染物明顯被夜間之混合層抑制在高度 200 m 以下，當日白天高空 800 m 以下風向由東南風轉為西風，平均風速約 2 ~ 3 m/s，隨光化反應及 O₃ 夜間的累積，O₃ 前驅物被消耗產生 O₃，使近地面 O₃ 濃度達 121.5 ppb。再由 CO 濃度作為追蹤氣體 (圖 4-3.11)，則可發現於 0000 LST 時，CO 濃度由近地面 1.1 ppm 隨高度上升至 600 m 時濃度遞減至 0.8 ppm。0300 LST 時，由於混合層高度大約為 300 m，因此 300 m 以上 CO 濃度呈現垂直分佈約 0.7 ppm。0600 LST 時，CO 濃度則幾乎呈現垂直分佈的情況，其濃度約 0.6 ~ 0.7 ppm。0900 LST 人為活動開始排放污染物，近地面 50 m CO 濃度上升至 1.0 ppm；且受太陽輻射使得地表溫度緩慢上升，混合層高度發展約 370 m，高空 600 m 之 CO 濃度依然維持在 0.7 ppm。1200 LST 時，高空 600 m 以下風速較大，且由於溫度上升快速，因此將近

地面之 CO 濃度往上帶，CO 濃度由 0.9 ppm 上升至 1.1 ppm；600 m 以上 CO 濃度依然維持垂直分佈狀態，其濃度約為 0.9 ppm。1800 LST 時，由於正處下班時間，因此污染物不斷排放，近地面之 CO 濃度上升至 1.7 ppm；高空 100~400 m 風速較大，因此 CO 濃度有被吹散而下降之情形，其 CO 濃度約 0.7 ppm。

4-4 TAPM 模式模擬結果

由 TAPM 模式所模擬之 9 月 17 日 0000 LST 至 2100 LST，中部地區近地面 10 m 之水平風場與 O₃ 濃度分佈圖（圖 4-4.1 與圖 4-4.2）顯示，在 0000 LST 時（圖 4-4.1 (a)），都會地區屬於微弱之東南風，沿海地區屬於微弱之西風，其 O₃ 濃度均在 40.0 ppb 以下。0300 LST（圖 4-4.1 (b)）內陸地區風場呈現微弱之東風，其應屬於高山之沈降氣流所產生之陸風，使內陸地區之 O₃ 濃度約 40.0 ~ 50.0 ppb，沿海地區之 O₃ 濃度則仍為 40.0 ppb 以下。0600 LST（圖 4-4.1 (c)）內陸地區之 O₃ 濃度約 50.0 ppb，可能由高山之 O₃ 濃度往山下帶入所致，沿海地區則開始有海風生成。0900 LST（圖 4-4.1 (d)）時，由於太陽輻射逐漸旺盛，海面上之風場為西北風，近地面風場為東南風，且人為活動開始，遂將 O₃ 濃度往沿海地區傳輸。都會地區及內陸地區之 O₃ 濃度約 60.0 ~ 70.0 ppb，沿海地區 O₃ 濃度則約 40.0 ~ 50.0 ppb。1200 LST（圖 4-4.2 (a)）海風逐漸發展，中部地區風場呈現較強之西北風，將台中沿海地區及都會地區所產生 O₃ 前驅污染物往內陸傳輸，使得西屯、忠明、大里及彰化等地區之 O₃ 濃度達 140.0 ppb 左右，而南投地區之 O₃ 濃度則有逐漸上升之趨勢，其 O₃ 濃度約 90.0 ~ 110.0 ppb。1500 LST（圖 4-4.2 (b)）海風發展最強，中部地區風場仍為西北風，沿海地區之 O₃ 濃度有逐漸下降之趨勢（40.0 ~ 60.0 ppb）；而內陸地區之南投與竹山，則因海風吹拂之影響，造成 O₃ 濃度由都會地區往內陸地區傳輸，O₃ 濃度約 90.0 ~ 110.0 ppb。1800 LST（圖 4-4.2 (c)）太陽下山，海風逐漸減弱，各地區之 O₃ 濃度均以明顯下降至 40.0 ~ 50.0 ppb；而內陸地區之南投與竹山，則因地形之影響，使得 O₃ 濃度不易消散而累積，O₃ 濃度約 100.0 ~ 140.0 ppb。2100 LST（圖 4-4.2 (d)）陸風逐漸發展，將原本已逐漸消

散之 O_3 濃度再次帶往內陸地區，使得南投地區再次受到 O_3 濃度之影響 (70.0 ~ 80.0 ppb)；而沿海地區之近地面 O_3 濃度則以明顯被消耗至 40.0 ppb 以下。

4-4.1 氣象場模擬結果評估

於風速模擬方面，中部地區各空品監測站於近地面 10 m 之風速變化趨勢圖 (圖 4-4.3 與圖 4-4.4) 顯示，沿海地區之平均風速 (梧棲 2.3 m/s、沙鹿 2.1 m/s、彰化 2.0 m/s、二林 1.7 m/s)，都會地區之平均風速 (豐原 2.0 m/s、台中 1.4 m/s、大里 1.7 m/s)，以及內陸地區之平均風速 (南投 1.5 m/s、竹山 1.1 m/s)，整體來看均有掌握到當時之情況 (平均風速 1.7 m/s)；唯西屯 (平均風速 1.3 m/s) 與忠明 (平均風速 1.4 m/s) 所模擬之平均風速較監測值之平均風速低估約 0.4 ~ 0.5 m/s。再由中部地區各空品監測站之監測值與模擬值之風速統計性能評估 (表 4-4.1) 顯示，監測值之平均風速為 1.8 m/s，模擬值之平均風速為 1.7 m/s。監測值與模擬值之相關係數為 0.8 ~ 1.0，其中又以梧棲、沙鹿及大里之相關性最高 (相關係數均為 1.0)，其次為豐原、忠明、彰化、二林及竹山 (相關係數均為 0.9)。均方根誤差為 0.2 ~ 0.8，一致性指數為 0.8 ~ 1.0，其中亦以豐原、梧棲、沙鹿、大里、二林及竹山 (一致性指數均為 1.0) 等監測站之監測值與模擬值有非常高之一致性。

整體顯示本模式已能準確掌握當時之風速變化情形，並且所模擬之風速均呈現正相關之趨勢，其平均技術熟練度之 SKILL_V 值為 1.0 (數值接近 1) 與 SKILL_R 值為 0.5 (數值小於 1) 亦均達到國外學者所建議模擬結果之性能評估標準範圍。

於風向模擬方面，中部地區各空品監測站於近地面 10 m 之風向變

化趨勢圖（圖 4-4.5 與圖 4-4.6）顯示，梧棲之監測值與模擬值均為東南風與西北風；豐原之監測值與模擬值均為東南風與西北風；沙鹿之監測值與模擬值均為西南風與西北風；西屯之監測值為東北風與西北風，模擬值則為西南風與西北風，顯示受到大度台地之影響，模式在此部分較無掌握到；忠明之監測值與模擬值均為西南風與西北風；台中之監測值與模擬值均為西南風與西北風；大里之監測值與模擬值均為西南風與西北風；彰化之監測值與模擬值均為西南風與西北風；二林之監測值與模擬值均為西南風與西北風；南投之監測值為東北風與西南風，而模擬值則為西南風與西北風，顯示受到中央山脈與八卦台地之阻擋，模式在此部分較無完全掌握到；竹山之監測值與模擬值均為西南風與西北風。

於溫度模擬方面，中部地區各空品監測站於近地面 10 m 之溫度變化趨勢圖（圖 4-4.7 與圖 4-4.8）顯示，沿海地區之平均溫度（梧棲 28.5 °C、沙鹿 28.8 °C、彰化 28.8 °C、二林 28.5 °C），都會地區之平均溫度（豐原 28.5 °C、西屯 29.1 °C、忠明 29.1 °C、台中 29.0 °C、大里 29.1 °C），以及內陸地區之平均溫度（南投 29.1 °C、竹山 28.5 °C），整體來看均有掌握到當時之情況（平均溫度 28.8 °C）；其中西屯、大里、彰化、二林、南投、竹山等地區之監測值與模擬值大約相差 0.9 ~ 1.0 °C。再由中部地區各空品監測站之監測值與模擬值之溫度統計性能評估（表 4-4.2）顯示，監測值之平均溫度為 29.5 °C，模擬值之平均溫度為 28.8 °C。監測值與模擬值之相關係數為 0.8 ~ 0.9，其中又以豐原、梧棲、沙鹿、西屯、忠明、台中、大里、彰化及二林（相關係數均為 0.9）之相關性最高。均方根誤差為 1.0 ~ 2.1，一致性指數為 0.8 ~ 0.9。

整體顯示本模式已能準確掌握當時之溫度變化情形，並且所模擬

之溫度均呈現正相關之趨勢，其平均技術熟練度之 SKILL_V 值為 1.3（數值接近 1）與 SKILL_R 值為 0.8（數值小於 1）亦均達到國外學者所建議模擬結果之性能評估標準範圍。

4-4.2 O₃ 濃度模擬結果評估

於 O₃ 濃度模擬方面，中部地區監測值與模擬值近地面 10 m 之 O₃ 濃度變化趨勢圖（圖 4-4.9 與圖 4-4.10）顯示，整體來看平均 O₃ 濃度在都會區（西屯 69.1 ppb、忠明 69.2 ppb、大里 56.6 ppb）及沿海地區（彰化 71.6 ppb、二林 58.3 ppb），均有掌握到良好之趨勢（平均 O₃ 濃度約 67.9 ppb）；而內陸地區（南投 82.5 ppb、竹山 73.7 ppb），於夜間時則有高估之現象，模擬值較監測值高約 30 ppb。其原因乃由於本研究所使用之排放資料，於內陸地區較為不足，再者受到複雜地形所影響。因此，模式在模擬內陸地區時，夜間因無充分之 O₃ 前驅污染物得以消耗白天之 O₃ 濃度，造成模擬值之 O₃ 濃度無法下降。再由中部地區各空品監測站之監測值與模擬值之 O₃ 濃度統計性能評估（表 4-4.3）顯示，監測值之平均 O₃ 濃度為 69.4 ppb，模擬值之平均 O₃ 濃度為 67.9 ppb。監測值與模擬值之相關係數為 0.0 ~ 0.7，其中又以大里（相關係數為 0.7）之相關性最高，其次為沙鹿（相關係數為 0.6）、西屯（相關係數為 0.6）及彰化（相關係數為 0.5）；而各空品監測站之常化偏差為 -14 ~ 20 %，絕對誤差為 12 ~ 27 %。

整體顯示本模式已能準確掌握當時之 O₃ 濃度變化情形，並且所模擬之 O₃ 濃度平均相關係數為 0.4 (> 0.4)，其常化偏差（±15 % 以內）與絕對誤差（35 % 以內）亦均達到「空氣品質模式模擬規範」所建議之標準範圍。

4-5 TAPM 氣塊軌跡線推算

由4-2.2 節得知各空品監測站之 O_3 濃度與 O_3/O_x 比值及其滴定反應時間，可整理成三段共同反應時間。第一段共同反應時間為0000 LST ~ 0600 LST，第二段共同反應時間為0900 LST ~ 1000 LST，第三段共同反應時間為1200 LST ~ 1300 LST。再由4-2.3 節得知 O_3 濃度之主成份分析中，已分類出同一時段內，有哪些空品監測站之 O_3 濃度變化是為相同。之後再由4-2.4 節初步得知，於此三個時段內污染物是由何方向所傳輸。因此，本節乃利用TAPM 之氣塊 (Air parcel) 順、逆軌跡線推算功能，來印證並瞭解氣塊於當時之移動路徑是否與污染物傳輸方向有其一致現象。而在探討模式模擬氣塊移動路徑時，首先需先假設每天於第一個時段 (0000 LST ~ 0600 LST)、第二個時段 (0900 LST ~ 1000 LST) 及第三個時段 (1200 LST ~ 1300 LST) 之氣象條件均相同之情形下，並依據4-2.4 節之污染物來源所共同出現之日期與時間，方可進一步探討氣塊軌跡移動路徑。

由 (圖4-5.1) 沙鹿、西屯、彰化、二林於第一時段 (共同出現之時間為9月15日0300 LST) 之氣塊順、逆軌跡移動路徑圖顯示，沙鹿於此時段 (模擬時間第52小時) 之氣塊軌跡由東南往西北方向移動，此與 (圖4-2.53 (a)、圖4-2.54 (a)、圖4-2.55 (a)) 污染物來源方向 (東南方與西南方) 相同。西屯於此時段 (模擬時間第52小時) 之氣塊軌跡由西南往東北方向移動，此與 (圖4-2.53 (b)、圖4-2.54 (b)、圖4-2.55 (b)) 污染物來源方向 (西北方) 相差約 90° ，推測乃由於模式模擬此地區時，受到大度台地所影響，因此於地形上之解析度不夠而造成偏差。彰化於此時段 (模擬時間第52小時) 之氣塊軌跡由西南往東北方向移動，此與 (圖4-2.53 (c)、圖4-2.54 (c)、圖4-2.55 (c)) 污染物來源方向 (西

南方)相同。二林於此時段(模擬時間第52小時)之氣塊軌跡由西南往東北方向移動,此與(圖4-2.53(d)、圖4-2.54(d)、圖4-2.55(d))污染物來源方向(東南方與西南方)大致相同。由(圖4-5.2)豐原、忠明、大里於第一時段(共同出現之時間為9月15日0300 LST)之氣塊順、逆軌跡移動路徑圖顯示,豐原於此時段(模擬時間第52小時)之氣塊軌跡由東南往西北方向移動,此與(圖4-2.56(a)、圖4-2.57(a)、圖4-2.58(a))污染物來源方向(東南方)相同。忠明於此時段(模擬時間第52小時)之氣塊軌跡由西南往北方向移動,此與(圖4-2.56(b)、圖4-2.57(b)、圖4-2.58(b))污染物來源方向(東南方與西南方)大致相同。大里於此時段(模擬時間第52小時)之氣塊軌跡由西南往東北方向移動,此與(圖4-2.56(c)、圖4-2.57(c)、圖4-2.58(c))污染物來源方向(西南方)相同。由(圖4-5.3)南投、竹山於第一時段(共同出現之時間為9月16日0500 LST)之氣塊順、逆軌跡移動路徑圖顯示,南投於此時段(模擬時間第78小時)之氣塊軌跡由西南往北方向移動,此與(圖4-2.59(a)、圖4-2.59(a)、圖4-2.59(a))污染物來源方向(東南方與西南方)大致相同。竹山雖然於此時段均屬於靜風狀態(圖4-2.59(b)、圖4-2.59(b)、圖4-2.59(b)),但仍以氣塊軌跡(模擬時間第78小時)移動路徑來看,氣塊軌跡由西南往東北方向移動。顯示模式模擬此地區之氣塊移動路徑,並不會影響到當地之污染物濃度仍以靜風狀態為主。

由(圖4-5.4)忠明、大里、二林於第二時段(共同出現之時間為9月17日0900 LST)之氣塊順、逆軌跡移動路徑圖顯示,忠明於此時段(模擬時間第106小時)之氣塊軌跡由西北往東南方向移動,此與(圖4-2.62(a)、圖4-2.63(a)、圖4-2.64(a))污染物來源方向(西南方與西北方)大致相同。大里於此時段(模擬時間第106小時)之氣塊軌跡由

西往東南方向移動，此與（圖4-2.62 (b)、圖4-2.63 (b)、圖4-2.64 (b)）污染物來源方向（西南方與西北方）相同。二林於此時段（模擬時間第106小時）之氣塊軌跡由西南往東南方向移動，此與（圖4-2.62 (c)、圖4-2.63 (c)、圖4-2.64 (c)）污染物來源方向（西南方與西北方）相同。由（圖4-5.5）沙鹿、西屯、南投、竹山於第二時段（共同出現之時間為9月17日0900 LST）之氣塊順、逆軌跡移動路徑圖顯示，沙鹿於此時段（模擬時間第106小時）之氣塊軌跡由西往東南方向移動，此與（圖4-2.65 (a)、圖4-2.66 (a)、圖4-2.67 (a)）污染物來源方向（西北方與西南方）相同。西屯於此時段（模擬時間第106小時）之氣塊軌跡由西北往東南方向移動，此與（圖4-2.65 (b)、圖4-2.66 (b)、圖4-2.67 (b)）污染物來源方向（西北方與東北方）相同。南投於此時段（模擬時間第106小時）之氣塊軌跡由西南往東南方向移動，此與（圖4-2.65 (c)、圖4-2.66 (c)、圖4-2.67 (c)）污染物來源方向（東北方與西南方）大致相同。竹山於此時段（模擬時間第106小時）之氣塊軌跡由西往東南方向移動，此與（圖4-2.65 (d)、圖4-2.66 (d)、圖4-2.67 (d)）污染物來源方向（西北方）相同。

由（圖4-5.6）西屯、忠明、大里、彰化於第三時段（共同出現之時間為9月17日1200 LST）之氣塊順、逆軌跡移動路徑圖顯示，西屯於此時段（模擬時間第109小時）之氣塊軌跡由西北往東南方向移動，此與（圖4-2.68 (a)、圖4-2.69 (a)、圖4-2.70 (a)）污染物來源方向（東北方）相差約 90° ，推測乃由於模式模擬此地區時，受到大度台地所影響，因此於地形上之解析度不夠而造成偏差。忠明於此時段（模擬時間第109小時）之氣塊軌跡由西北往東南方向移動，此與（圖4-2.68 (b)、圖4-2.69 (b)、圖4-2.70 (b)）污染物來源方向（西北方）相同。大里於此

時段（模擬時間第109小時）之氣塊軌跡由西北往東南方向移動，此與（圖4-2.68 (c)、圖4-2.69 (c)、圖4-2.70 (c)）污染物來源方向（西北方）相同。彰化於此時段（模擬時間第109小時）之氣塊軌跡由西北往東南方向移動，此與（圖4-2.68 (d)、圖4-2.69 (d)、圖4-2.70 (d)）污染物來源方向（東北方與西北方）大致相同。由（圖4-5.7）沙鹿、竹山於第三時段（共同出現之時間為9月17日1200 LST）之氣塊順、逆軌跡移動路徑圖顯示，沙鹿於此時段（模擬時間第109小時）之氣塊軌跡由西北往東南方向移動，此與（圖4-2.71 (a)、圖4-2.72 (a)、圖4-2.73 (a)）污染物來源方向（西北方）相同。竹山於此時段（模擬時間第109小時）之氣塊軌跡由西北往東南方向移動，此與（圖4-2.71 (b)、圖4-2.72 (b)、圖4-2.73 (b)）污染物來源方向（西北方）相同。由（圖4-5.8）南投於第三時段（時間為9月17日1200 LST）之氣塊順、逆軌跡移動路徑圖顯示，南投於此時段（模擬時間第109小時）之氣塊軌跡由西北往東南方向移動，此與（圖4-2.74、圖4-2.75、圖4-2.76）污染物來源方向（西北方與東北）相同。

綜合上述各時段之氣塊軌跡移動路徑，顯示TAPM 所模擬之氣塊順、逆軌跡移動路徑，與各空品監測站之污染物來源有非常相似之處，足以顯現本模式之氣塊軌跡能夠詳盡解析污染物之來源。

第五章 結論與建議

綜合 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日中部地區等 9 個監測站之監測資料，探討 O₃ 與 NO₂ 之滴定效應 (Titration Effect) 量化及污染物來源；再由繫留探空 (南投) 監測資料，瞭解大氣中氣象與污染物之垂直結構與分佈；另外，亦引用空氣污染模式 (TAPM) 並加入當地風場資料同化，模擬本研究期間中部地區之大氣環境及 O₃ 傳輸情形，並以軌跡模式來探討氣塊 (Air Parcel) 於中部地區之移動路徑對於 O₃ 事件之影響。研究所得之結論於建議說明如下：

5-1 結論

- (一) 由綜觀氣象條件顯示，每年夏、秋兩季，台灣經常受到熱帶低壓北移或颱風所影響。由於中央山脈之阻擋，其外圍環流所挾帶之下沈氣流，不利於污染物擴散，進而容易造成中部地區發生高 O₃ 濃度。
- (二) 由滴定效應量化顯示，5 天的研究數據中可分成三段滴定反應，第一段滴定反應之線性關係最強 ($R^2 > 0.8$)；而第三段滴定反應之線性關係最微弱 ($R^2 < 0.1$)。
- (三) 造成第一段滴定反應最強烈之原因，在於 NO 濃度不斷與 O₃ 濃度反應，產生大量的 NO₂ 濃度；第二段之滴定反應則有開始變得較為平緩趨勢；直到第三段滴定反應，則由於大量的 O₃ 濃度被產生，而 NO 濃度來不及與其參與滴定反應，因此反應微弱。
- (四) 由主成份分析 (PCA) 顯示，於不同時段均有不同的群組關係，其中第一時段 (0000 LST ~ 0600 LST) 可分為三群；第二時

段可分為二群 (0900 LST ~ 1000 LST)；第三時段 (1200 LST ~ 1300 LST) 可分為三群。

- (五) 由於中部地區之地理條件特殊，因此於 O₃ 濃度變化上，會與地理位置及其地形有明顯關係。尤其以第一時段 (0000 LST ~ 0600 LST) 最為顯著，共可分為三個地區 (沿海地區、都會地區、內陸地區)。
- (六) 由繫留探空垂直監測資料顯示，第一時段 (0000 LST ~ 0600 LST) 近地面 (約 15 - 50 m) 與高空 (約 300 - 600 m) 均有明顯滴定變化；到了午後 (1200 LST - 1500 LST) 時，則無論近地面或高空均已無明顯滴定反應，因此午後時段內陸地區容易造成高 O₃ 濃度情形。
- (七) 9 月 16 日 1500 LST 時，混合層高度發展約 500 m，NO₂ 濃度也隨之上升至 17.5 ppb。O₃ 前驅物藉由白天海風而被傳輸，並在 9 月 16 日夜間低風速 (< 1.5 m/s) 之情形下，造成內陸地區污染物的累積。
- (八) 9 月 17 日中午，太陽輻射旺盛 (2.52 MJ/m²)、低風速 (約 2.5 m/s) 及高溫 (約 30 °C) 之情形下，促使 O₃ 濃度形成並累積，導致南投 O₃ 濃度垂直剖面於 100 m 以下有最高濃度 121.5 ppb。
- (九) 由 TAPM 模擬結果顯示，由於本次模擬已加入氣象資料同化，因此整體之模擬結果均已掌握到當時之變化趨勢，且有非常良好之相關性，並期待本模式未來能正式成為台灣空氣污染模式。
- (十一) 於風速之模擬方面，監測值與模擬值之平均相關係數為 0.9，

平均均方根誤差為 0.4，平均一致性指數為 0.9，平均技術熟練度 SKILL_V 與 SKILL_R 分別達到 1.0 與 0.5。

(十二) 於溫度之模擬方面，監測值與模擬值之平均相關係數為 0.9，平均均方根誤差為 1.5，平均一致性指數為 0.9，平均技術熟練度 SKILL_V 與 SKILL_R 分別達到 1.3 與 0.8。

(十三) 於 O₃ 濃度之模擬方面，監測值與模擬值之平均相關係數為 0.4，平均常化偏差為 3 %，平均絕對誤差為 19 %，均已達到「空氣品質模式模擬規範」之標準範圍。

(十四) 由氣塊軌跡線顯示，其氣塊軌跡之移動路徑與污染物來源方向相似。表示本模式未來在解析污染物來源時，可充分利用其氣塊順、逆軌跡線來加以分析。

(十五) 第一時段 (0000 LST ~ 0600 LST) 之氣塊軌跡線，雖然會有不同方向之移動路徑，但由污染物來源方向可看出，於此時段之污染物來源雖有少量來自不同方向，但仍然以靜風狀態 (calm > 80 %) 為主。表示此時段受到區域貢獻小，當地貢獻較大。

(十六) 第二時段 (0900 LST ~ 1000 LST) 之氣塊軌跡線，雖然均由西北或西南方向移動，但由於海陸風的交替時期，再加上人為活動開始，污染物容易來自不同方向的傳輸情形。表示受到當地貢獻小，區域貢獻較大。

(十七) 第三時段 (1200 LST ~ 1300 LST) 之氣塊軌跡線，由於正處海風發展最強時期，氣塊明顯均由西北方向移動，容易將海面上殘留之污染物傳輸進來，再加上各地的污染物不斷產生，因此受到區域貢獻影響大。

5-2 建議

- (一) 由於本研究主要針對 2005 年秋季受到太平洋高壓脊與韋森特颱風影響之天氣型態下，來探討滴定效應與時間變化及其屋污染物來源。因此建議未來可以另一案例（同樣天氣型態或不同季節）做研究，比較兩天氣型態或兩季節之滴定反應；亦可針對長時間來做滴定效應與污染物來源之探討。
- (二) 本研究於模式模擬上已能掌握到當時之氣象變化（CORR > 90 %）且模式之技術熟練度亦已達到最好之狀態（SKILL_V \cong 1、SKILL_R < 1）；但於 O₃ 濃度變化趨勢上，整體掌握度雖已達到規範標準，卻仍然有限，推測與排放資料不足有關。因此期望未來於排放資料庫上能更詳盡，以便掌握更好之趨勢，並可更進一步做減量模擬推估。
- (三) 本模式尚有些缺失（如無法模擬大尺度之綜觀氣象場、無法修改地形資料與綜觀氣象資料、無法對於污染物之成份進行模擬等），未來若有機會應持續與 CSIRO 聯絡，希望改進此部分。
- (四) 本研究於 O₃ 濃度模擬上，以 NO_x 排放量為主，生物源所排放之 VOC 部分為輔，乃因與排放資料不足有關。因此亦建議未來於排放資料庫上能更詳盡，以便掌握更好之趨勢。
- (五) 本研究已大略瞭解中部地區空氣污染物之來源，未來待排放庫資料更詳盡時，將可進行排放量減量模擬推估，以作為行政機關之改善管制方向。

參考文獻

- Advanced Pollution Instrumentation, Inc., 1994. Instruction Manual Model 200A Nitrogen Oxides Analyzer Operator Manual.
- Advanced Pollution Instrumentation, Inc., 1994. Instruction Manual Model 400 Ozone Analyzer Operator Manual.
- Advanced Pollution Instrumentation, Inc., 2002. Instruction Manual Model 300E Carbon Monoxide Analyzer Operator Manual.
- Alvalá, P. C., Boian, C., Kirchhoff, V. W. J. H., 2004. Measurements of CH₄ and CO during ship cruises in the South Atlantic. *Atmospheric Environment*, 38, 4583-4588.
- Asman, W. A. H., Berkowicz, R., Hovmand, M. F., 1995. Development and testing of a new variable scale air pollution model-ACDEP. *Atmospheric Environment*, 29, 1267-1290.
- Boian, C., Kirchhoff, V. W. J. H., 2005. Surface ozone enhancements in the south of Brazil owing to large-scale air mass transport. *Atmospheric Environment*, 39, 6140-6146.
- Cape, J. N., Methven, J., Hudson, L. E., 2000. The use of trajectory cluster analysis to interpret trace gas measurements at Mace Head, Ireland. *Atmospheric Environment*, 34, 3651-3663.
- Carslaw, D. C., Beevers, S. D., 2004. Investigating the potential importance of primary NO₂ emissions in a street canyon. *Atmospheric Environment*, 38, 3585-3594.
- Chan, L. Y., Chan, C. Y., Qin, Y., 1998. Surface ozone pattern in Hong Kong. *Journal of Applied Meteorology*, 37, 1153-1165.
- Chen, C. L., Tsuang, B. J., Tu, C. Y., Cheng, W. L., Lin, M. D., 2002. Wintertime vertical profiles of air pollutants over a suburban area in central Taiwan. *Atmospheric Environment*, 36, 2049-2059.

- Chen, K. S., Ho, Y. T., Lai, C. H., Chou, Y. M., 2003. Photochemical modeling and analysis of meteorological parameters during ozone episodes in Kaohsiung, Taiwan. *Atmospheric Environment*, 37, 1811-1823.
- Cheng, W. L., Liang, J. J., Cheng, G.Y., Hsueh, C. A., 2006. Ozone episodes associated with typhoon Vicente near Taiwan. SETAC Asia/Pacific 2006 meeting to be held in Beijing, China.
- Cheng, W. L., Hsu, C. H., Huang, J. D., Shi, J. L., 2005. Air pollution monitoring in Taiwan: An application of tethersonding in coastal central Taiwan. *Kor. J. Env. Hlth*, 31, 215-220.
- Cheng, W. L., 2002. Ozone distribution in coastal central Taiwan under sea-breeze conditions. *Atmospheric Environment*, 36, 3445-3459.
- Cheng, W. L., 2001. Synoptic weather patterns and their relationship to high ozone concentrations in the Taichung Basin. *Atmospheric Environment*, 35, 4971-4994.
- Cheng, W. L., 2000. A vertical profile of ozone concentration in the atmospheric boundary layer over central Taiwan. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 75, 251-258.
- Chio, C. P., Cheng, M. T., Wang, C. F., 2004. Source apportionment to PM₁₀ in different air quality conditions for Taichung urban and coastal areas, Taiwan. *Atmospheric Environment*, 38, 6893-6905.
- Chou, C. C. K., Liu, S. C., Lin, C. Y., Shiu, C. J., Chang, K. H., 2006. The trend of surface ozone in Taipei, Taiwan, and its causes: Implications for ozone control strategies. *Atmospheric Environment*, 40, 3898-3908.
- Chung, K. K., Chan, J. C. L., Ng, C. N., Lam, K. S., Wang, T., 1999. Synoptic conditions associated with high carbon monoxide episodes at a coastal station in Hong Kong. *Atmospheric Environment*, 33,

3087-3095.

- Ding, A., Wang, T., Zhao, M., Wang, T., Li, Z., 2004. Simulation of sea-land breezes and a discussion of their implications on the transport of air pollution during a multi-day ozone episode in the Pearl River Delta of China. *Atmospheric Environment*, 38, 6737-6750.
- Elbir, T., 2004. A GIS based decision support system for estimation, visualization and analysis of air pollution for large Turkish cities. *Atmospheric Environment*, 38, 4509-4517.
- Gimeno, L., Hernández, E., Rúa, A., García, R., Martín, I., 1999. Geographical sources of surface ozone concentrations in Spain. *Physics and Chemistry of the Earth*, 24, 523-526.
- Gras, J. L., Keywood, M. D., Ayers, G. P., 2001. Factors controlling winter-time aerosol light scattering in Launceston, Tasmania. *Atmospheric Environment*, 35, 1881-1889.
- Guerra, J. C., Rodríguez, S., Arencibia, M. T., García, M. D., 2004. Study on the formation and transport of ozone in relation to the air quality management and vegetation protection in Tenerife (Canary Island). *Chemosphere*, 56, 1157-1167.
- Güsten, H., Heinrich, G., Sprung, D., 1998. Nocturnal depletion of ozone in the upper Rhine valley. *Atmospheric Environment*, 32, 1195-1202.
- Harrison, R. M., Deacon, A. R., Jones, M. R., 1997. Sources and processes affecting concentrations of PM₁₀ and PM_{2.5} particulate matter in Birmingham (U.K.). *Atmospheric Environment*, 31, 4103-4117.
- Hurley, P., 2005. The Air Pollution Model (TAPM) User Manual, CSIRO. Atmospheric Research.
- Hurley, P. J., Physick, W. L., Luhar, A. K., 2005. TAPM: a practical to prognostic meteorological and air pollution modeling. *Environmental Modelling & Software*, 20, 737-752.

- Hurley, P., Manins, P., Lee, S., Boyle, R., Ng, Y. L., Dewundege, P., 2003. Year-long, high-resolution, urban airshed modeling: verification of TAPM predictions of smog and particles in Melbourne, Australia. *Atmospheric Environment*, 37, 1899-1910.
- Hurley, P., Manins, P., Lee, S., Boyle, R., Ng, Y. L., Dewundege, P., 2002. Year-long urban airshed modelling in Melbourne: verification of TAPM for photochemical smog and particles. Proceedings of the 16th International Clean Air & Environment Conference of CASANZ, Christchurch, New Zealand, 19-22 August.
- Hurley, P. J., Blockley, A., Rayner, K., 2001. Verification of a prognostic meteorological and air pollution model for year-long predictions in the Kwinana industrial region of Western Australia. *Atmospheric Environment*, 35, 1871-1880.
- Kim Oanh, N. T., Chutimon, P., Ekbordin, W., Supat, W., 2005. Meteorological pattern classification and application for forecasting air pollution episode in a mountain-valley area. *Atmospheric Environment*, 39, 1211-1225.
- Krzyzanowski, J., 2004. Ozone variation with height in a forest canopy-results from a passive sampling field campaign. *Atmospheric Environment*, 38, 5957-5962.
- Lam, K. S., Wang, T. J., Wu, C. L., Li, Y. S., 2005. Study on an ozone episode in hot season in Hong Kong and transboundary air pollution over Pearl River Delta region of China. *Atmospheric Environment*, 39, 1967-1977.
- Lin, C. H., Wu, Y. L., Lai, C. H., Lin, P. H., Lai, H. C., Lin, P. L., 2004. Experimental investigation of ozone accumulation overnight during a wintertime ozone episode in south Taiwan. *Atmospheric Environment*, 38, 4267-4278.

- Lin, C. H. and Wu, Y. L., 2003. Semi-statistical model for evaluating the effects of source emissions and meteorological effects on daily average NO_x concentrations in South Taiwan. *Atmospheric Environment*, 37, 2051-2059.
- Liu, H., Chan, J. C. L., Cheng, A. Y. S., 2001. Internal boundary layer structure under sea-breeze conditions in Hong Kong. *Atmospheric Environment*, 35, 683-692.
- Liu, K. Y., Wang, Z., Hsiao, L. F., 2002. A modeling of the sea breeze and its impacts on ozone distribution in northern Taiwan. *Environmental Modelling & Software*, 17, 21-27.
- Luhar, A. K., Hurley, P. J., 2004. Application of a prognostic model TAPM to sea-breeze flows, surface concentrations, and fumigating plumes. *Environmental Modelling & Software*, 19, 591-601.
- Luhar, A. K., Hurley, P. J., 2003. Evaluation of TAPM, a prognostic meteorological and air pollution model, using urban and rural point-source data. *Atmospheric Environment*, 37, 2795-2810.
- Luhar, A. K., Hurley, P. J., 2002. Comparison of meteorological and dispersion predictions obtained using TAPM with the Kincaid (rural), Indianapolis (urban) and Kwinana (coastal) field data sets. 8th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Sofia, Bulgaria.
- Mazzeo, N. A., Venegas, L. E., Choren, H., 2005. Analysis of NO, NO₂, O₃ and NO_x concentrations measured at a green area of Buenos Aires City during wintertime. *Atmospheric Environment*, 39, 3055-3068.
- Minoura, H., 1999. Some characteristics of surface ozone concentration observed in an urban atmosphere. *Atmospheric Research*, 51, 153-169.
- Pielke, R. A., 1984. *Mesoscale Meteorological Modeling*. Academic Press, Orlando, 612 pp.

- Seaman, N. L., Michelson, S. A., 2000. Mesoscale meteorological structure of a high-ozone episode during the 1995 NARSTO-Northeast study. *Journal of Applied Meteorology*, 39, 384-398.
- Seinfeld, J. H., Pandis, S. N., 1998. Atmospheric chemistry and physics from Air Pollution to climate change. John Wiley & Sons, Inc., 1326 pp.
- Seto, S., Oohara, M., Ikeda, Y., 2000. Analysis of precipitation chemistry at a rural site in Hiroshima Prefecture, Japan. *Atmospheric Environment*, 34, 621-628.
- So, K. L., Wang, T., 2003. On the local and regional influence on ground-level ozone concentrations in Hong Kong. *Environmental Pollution*, 123, 307-317.
- Suppan, P., Fabian, P., Vyras, L., Gryning, S. E., 1998. The behaviour of ozone and peroxyacetyl nitrate concentrations for different wind regimes during the medcaphot-trace campaign in the greater area of Athens, Greece. *Atmospheric Environment*, 32, 2089-2102.
- Tsuang, B. J., Lee, C. T., Cheng, M. T., Lin, N. H., Lin, Y. C., Chen, C. L., Peng, C. M., Kuo, P. H., 2003. Quantification on the source/receptor relationship of primary pollutants and secondary aerosols by a Gaussian plume trajectory model: Part III - Asian dust-storm periods. *Atmospheric Environment*, 37, 4007-4017.
- Turias, I. J., González, F. J., Martín, M. L., Galindo, P. L., 2006. A competitive neural network approach form meteorological situation clustering. *Atmospheric Environment*, 40, 532-541.
- Wang, T., Wu, Y. Y., Cheung, T. F., Lam, K. S., 2001. A study of surface ozone and the relation to complex wind flow in Hong Kong. *Atmospheric Environment*, 35, 3203-3215.
- Wilson, J. G., Peyman, Z. R., 2006. Intraurban-scale dispersion modeling of

particulate matter concentrations: Applications for exposure estimates in cohort studies. *Atmospheric Environment*, 40, 1053-1063.

Yang, C. Y., Chang, C. C., Chuang, H. Y., Tsai, S. S., Wu, T. N., Ho, C. K., 2004. Relationship between air pollution and daily mortality in a subtropical city: Taipei, Taiwan. *Environment International*, 30, 519-523.

Zawar-Reza, P., Kingham, S., Pearce, F., 2005. Evaluation of a year-long dispersion modelling of PM₁₀ using the mesoscale model TAPM for Christchurch, New Zealand. *Science of the Total Environment*, 349, 249-259.

王明星，1999，大氣化學，氣象出版社，北京市。

白珏玲，1998，中部地區臭氧濃度特徵與天氣型態相關探討，碩士論文，東海大學環境科學系。

江世民、黃靜雯，2000，台灣地區北中南區域性臭氧型態分析與比較，第十七屆空氣污染控制技術研討會論文集。

李清勝，2000，導致台灣地區高污染之氣象分析與預報，行政院環保署研究計畫報告。

林佐美，2004，都會區空氣品質與呼吸性疾病就診人數之研究，碩士論文，東海大學環境科學系。

林忠銓、鍾榮興、張能復，1991，空氣污染事件日午間混合高度實驗研究，第八屆空氣污染控制技術研討會論文集。

林宜穎，2006，颱風或熱帶低壓與中部空品區空氣品質之相關探討，碩士論文，中央大學大氣物理研究所。

林清和、賴進興、吳義林、石正宏，2005，高屏地區臭氧儲留層之特性與其對於地面臭氧濃度之貢獻研究，第二十二屆空氣污染控制技術研討會論文集。

- 林能暉，2000，北中南空品區 O₃ 與 PM₁₀ 污染之氣象條件研究，國科會/環保署科技合作研究計畫報告。
- 林政剛、林國雄、洪培元、黃正賢、劉光宇，2004，空氣污染，美商麥格羅·希爾國際股份有限公司 台灣分公司，台北市。
- 周俊德、程萬里、黃超群，2001，中部地區混合層內平均風場之建構與其在近地面臭氧分佈之影響分析，中華民國環境保護學會會誌，24，181-202。
- 吳權芳，2005，颱風外圍環流對空氣品質之影響，環境資料庫暨空氣品質監測系統建置成果發表會論文集。
- 柳中明、蘇維中，1997，區域氣象環境與高臭氧之相關分析，大氣科學，25，27-50。
- 柳中明、蔡育文、左台利、羅俊光、劉紹臣，1994，碳氫化合物組合與近地面臭氧生成，大氣科學，22，431-452。
- 高秋實、袁書玉，1992，環境化學，科技圖書股份有限公司，台北市。
- 徐志灝，2005，台灣中部氣象因子對污染物濃度分佈影響之探討，碩士論文，東海大學環境科學系。
- 陳正平，2005，空氣品質預報與中解析度影像接收系統維護及資料分析，行政院環境保護署九十四年度科技研究發展專案計畫。
- 莊秉潔，陳建隆，郭珮萱，杜佳穎，蔡徵霖，曾國信，藍詠耀，2003，高斯軌跡模式應用於台灣，第二十屆空氣污染控制技術研討會論文集。
- 戚啟勳，1993，大氣科學，大中國圖書公司，台北市。
- 張良輝、簡慧貞、呂鴻光，2002，臭氧污染控制物種與空氣污染防治策略之分析，中華民國環境保護學會學刊，25，95-116。

- 張家豪、蕭逸雲、程萬里，2002，1997-1999 年中部地區空氣污染與醫院醫療人數之研究，中華職業醫學雜誌，9，111-120。
- 張家豪、蕭逸雲、程萬里，2001，中部地區空氣污染與醫院醫療人數之相關研究，第十八屆空氣污染控制技術研討會論文集。
- 張佳恩，1998，高屏地區海陸風場對高臭氧生成之影響，碩士論文，台灣大學大氣科學研究所。
- 黃怡嘉、程萬里，2001，中部空品區高臭氧日氣象條件之解析，中華民國環境保護學會會誌，24，26-50。
- 黃超群、程萬里、郭冠廷，2001，中部地區海陸風環流與高臭氧污染之相關分析，東海科學，3，57-80。
- 黃怡嘉，2001，中部空品區天氣型態對臭氧濃度相關之解析，碩士論文，東海大學環境科學系。
- 黃超群，2001，中部地區海陸風環流與高臭氧污染之相關分析，碩士論文，東海大學環境科學系。
- 湯舜然，1999，台灣地區海陸風之特性分析，碩士論文，台灣大學大氣科學研究所。
- 楊宏宇，1993，台灣地區空氣品質與天氣類型分類相關性研究，博士論文，中國文化大學地學研究所。
- 楊浩二，1984，多變量統計方法，華泰書局，台北市。
- 廖琇怡，2005，高雄市臭氧特性與氣象因子之相關性探討，碩士論文，國立中山大學環境工程研究所。
- 薛朝安、程萬里，2006，颱風外圍環流對中部地區臭氧事件之探討，第二十三屆空氣污染控制技術研討會論文集。
- 蘇芸卉，2002，統計互動式網路學習系統之理論與架構，碩士論文，

東海大學統計研究所。

中央氣象局全球資訊網，<http://www.cwb.gov.tw/V5/index.htm>。

中華民國行政院環境保護署全球資訊網，
<http://www.epa.gov.tw/main/index.asp>。

澳洲 CSIRO 全球資訊網，<http://www.cmar.csiro.au/>。

表 3-2.1 本研究所使用之中部地區地面氣象與空氣品質監測站資料表

縣市	測站名	WS	WD	TEMP	O ₃	NO	NO ₂	SO ₂	CO	NMHC
台中縣	梧棲	●	●	●	-					
	豐原	●	●	●	●	●	●	●	●	
	沙鹿	●	●	●	●	●	●	●	●	
	大里	●	●	●	●	●	●	●	●	
台中市	台中	●	●	●						
	西屯	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	忠明	●	●	●	●	●	●	●	●	
彰化縣	彰化	●	●	●	●	●	●	●	●	
	二林	●	●	●	●	●	●	●	●	
南投縣	南投	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	竹山	●	●	●	●	●	●	●	●	-

註：WS = 風速，WD = 風向，Temp = 溫度，O₃ = 臭氧，NO = 一氧化氮，NO₂ = 二氧化氮，SO₂ = 二氧化硫，CO = 一氧化碳，NMHC = 非甲烷碳氫化合物。

表 3-4.1 繫留探空儀氣象監測之各項探測項目操作參數表

項目	偵測範圍	準確度
溫度	-40 °C ~ 50 °C	± 0.5 °C
濕度	0 % ~ 100 %	± 3 %
氣壓	600 ~ 1050 hpa	± 1.0 hpa
風速	0 ~ 20 m/s	± 0.5 m/s
風向	0 ~ 360 °	± 10 °

表 3-4.2 絞盤各項規格表

項目	操作參數
絞盤規格	TS.3 AW Electric Winch Serial 3021
淨重	28 Kg
釋放速度	0 ~ 1.8 m/s
最大負荷	45 Kg
操作溫度	0 ~ 50 °C
輸出馬力	1/2 HP
電源供應	95 ~ 135 VAC, 50.60 Hz Amps Maz.
絞盤線	長 1000 m，拉力 360 pound

表 3-4.3 空氣品質分析儀之廠牌、型號與校正過後之相關係數表

儀器名稱	廠牌與型號	S/N 碼	相關係數
氮氧化物	API 200A	110	0.9999
臭氧	API 400	426	1.0000
一氧化碳	API 300E	221	0.9999

表 3-6.1 TAPM 使用之化學反應式

Reactions	Reaction rates
$R_{smog} + hv \rightarrow RP + R_{smog} + \eta SNGOC$	$R_1 = k_1 [R_{smog}]$
$RP + NO \rightarrow NO_2$	$R_2 = k_2 [RP][NO]$
$NO_2 + hv \rightarrow NO + O_3$	$R_3 = k_3 [NO_2]$
$NO + O_3 \rightarrow NO_2$	$R_4 = k_4 [NO][O_3]$
$RP + RP \rightarrow RP + \alpha H_2O_2$	$R_5 = k_5 [RP][RP]$
$RP + NO_2 \rightarrow SGN$	$R_6 = k_6 [RP][NO_2]$
$RP + NO_2 \rightarrow SNGN$	$R_7 = k_7 [RP][NO_2]$
$RP + SO_2 \rightarrow SNGS$	$R_8 = k_8 [RP][SO_2]$
$H_2O_2 + SO_2 \rightarrow SNGS$	$R_9 = k_9 [H_2O_2][SO_2]$
$O_3 + SO_2 \rightarrow SNGS$	$R_{10} = k_{10} [O_3][SO_2]$

表 3-8.1 TAPM 模式網格設定

Model	Nest	Resolution (km)	Nx × Ny	Nz
TAPM	Domain 1	10	80 × 80	30
	Domain 2	3	80 × 80	
	Domain 3	1.5	80 × 80	
	Domain 4	1	80 × 80	

表 4-1.1 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日各氣象狀況

Items	Solar radiation	Sunshine duration	Cloud cover	Temperature	Relative humidity	Wind speed
Date	(MJ/M ²)	(0.1 hr)		(°C)	(%)	(m/s)
2005/9/15	1.35	0.5	4	31.3	69	2.3
2005/9/16	1.50	0.5	5	31.5	66	1.8
2005/9/17	1.54	0.5	4	31.4	68	1.6
2005/9/18	1.88	0.7	5	31.7	66	2.2
2005/9/19	1.70	0.6	3	30.9	66	2.2
Average	1.59	0.6	4	31.4	67	2.0

註：Cloud cover 為全球通用之十分量表示。

表 4-2.1 大於三天之共同參與滴定反應時間

Station	First phase	Second phase	Third phase
Fengyuan	0:00 - 06:00	-	-
Shalu	0:00 - 06:00	9:00 - 10:00	12:00 - 13:00
Hsitun	0:00 - 06:00	9:00 - 10:00	12:00 - 13:00
Chungming	0:00 - 06:00	9:00 - 10:00	12:00 - 13:00
Tali	0:00 - 06:00	9:00 - 10:00	12:00 - 13:00
Changhwa	0:00 - 06:00	-	12:00 - 13:00
Erhlin	0:00 - 06:00	9:00 - 10:00	-
Nantou	0:00 - 06:00	9:00 - 10:00	12:00 - 13:00
Chushan	0:00 - 06:00	9:00 - 10:00	12:00 - 13:00

表 4-2.2 第一時段之 O₃ 濃度反應特徵分析

Number	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
1	4.35	2.76	0.48	0.48
2	1.59	0.71	0.18	0.66
3	0.88	0.18	0.10	0.76
4	0.70	0.09	0.08	0.84
5	0.61	0.24	0.07	0.90
6	0.38	0.08	0.04	0.95
7	0.30	0.17	0.03	0.98
8	0.14	0.10	0.02	1.00
9	0.04		< 0.01	1.00

表 4-2.3 第二時段之 O₃ 濃度反應特徵分析

Number	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
1	4.98	4.01	0.71	0.71
2	0.96	0.38	0.14	0.85
3	0.58	0.23	0.08	0.93
4	0.36	0.25	0.05	0.98
5	0.11	0.10	0.02	1.00
6	0.01	0.01	< 0.01	1.00
7	< 0.01		0.00	1.00

表 4-2.4 第三時段之 O₃ 濃度反應特徵分析

Number	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
1	4.27	2.83	0.61	0.61
2	1.44	0.57	0.21	0.82
3	0.87	0.63	0.12	0.94
4	0.24	0.08	0.03	1.00
5	0.16	0.14	0.02	1.00
6	0.02	0.02	< 0.01	1.00
7	0.00		0.00	1.00

表 4-4.1 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日中部地區各空品監測站之監測值與模擬值之風速統計性能評估表

SITE_NAME	MEAN_OBS	MEAN_TAPM	STD_OBS	STD_TAPM	CORR	RMSE	IOA	SKILL_V	SKILL_R
Fengyuan	1.9	2.0	0.8	0.9	0.9	0.4	1.0	1.29	0.5
Wuchi	2.6	2.3	1.6	1.4	1.0	0.4	1.0	0.9	0.2
Shalu	2.2	2.1	1.0	1.0	1.0	0.3	1.0	1.0	0.3
Hsitun	1.8	1.3	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Chungming	1.8	1.4	0.7	0.8	0.8	0.7	0.8	1.2	1.0
Taichung	1.4	1.4	0.8	0.8	0.9	0.4	0.9	0.9	0.4
Tali	1.8	1.7	0.97	0.8	1.0	0.2	1.0	0.9	0.3
Changhwa	2.2	2.0	1.0	1.0	0.9	0.5	0.9	1.0	0.5
Erhlin	1.7	1.7	1.0	1.0	0.9	0.4	1.0	1.1	0.4
Nantou	1.7	1.5	0.6	0.6	0.8	0.4	0.9	1.1	0.7
Chushan	1.1	1.1	0.7	0.7	0.9	0.3	1.0	1.0	0.4
Average	1.8	1.7	0.9	0.9	0.9	0.4	0.9	1.0	0.5

註：SITE_NAME 表示監測站名，MEAN_OBS 表示監測值平均，MEAN_TAPM 表示模擬值平均，STD_OBS 表示監測值標準偏差，STD_TAPM 表示模擬值標準偏差，CORR 表示皮爾森相關係數（數值愈接近 1 代表愈精確），RMSE 表示均方根誤差（數值愈接近 0 代表愈準確），IOA 表示一致性指數（數值愈接近代表不一致，數值愈接近 1 代表非常一致），SKILL_V 表示技術熟練度（數值愈接近 1 代表模擬愈好），SKILL_R 表示技術熟練度（數值小於 1 代表模擬愈好）。

表 4-4.2 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日中部地區各空品監測站之監測值與模擬值之溫度統計性能評估表

SITE_NAME	MEAN_OBS	MEAN_TAPM	STD_OBS	STD_TAPM	CORR	RMSE	IOA	SKILL_V	SKILL_R
Fengyuan	28.4	28.5	1.8	2.4	0.9	1.1	0.9	1.4	0.6
Wuchi	29.1	28.5	1.4	1.7	0.9	1.0	0.9	1.2	0.7
Shalu	29.5	28.8	1.6	2.1	0.9	1.3	0.9	1.3	0.8
Hsitun	30.0	29.1	1.9	2.4	0.9	1.3	0.9	1.3	0.7
Chungming	29.5	29.1	1.7	2.8	0.9	1.4	0.9	1.6	0.8
Taichung	29.1	29.0	2.2	2.8	0.9	1.1	0.9	1.3	0.5
Tali	30.3	29.1	2.3	2.9	0.9	1.7	0.9	1.3	0.8
Changhwa	29.9	28.8	1.6	3.1	0.9	2.1	0.8	1.9	1.3
Erhlin	29.5	28.5	2.3	3.1	0.9	1.6	0.9	1.4	0.7
Nantou	30.0	29.1	2.4	2.2	0.8	1.6	0.9	0.9	0.7
Chushan	29.5	28.5	2.7	1.7	0.8	1.9	0.8	0.6	0.7
Average	29.5	28.8	2.0	2.5	0.9	1.5	0.9	1.3	0.8

註：SITE_NAME 表示監測站名，MEAN_OBS 表示監測值平均，MEAN_TAPM 表示模擬值平均，STD_OBS 表示監測值標準偏差，STD_TAPM 表示模擬值標準偏差，CORR 表示皮爾森相關係數（數值愈接近 1 代表愈精確），RMSE 表示均方根誤差（數值愈接近 0 代表愈準確），IOA 表示一致性指數（數值愈接近代表不一致，數值愈接近 1 代表非常一致），SKILL_V 表示技術熟練度（數值愈接近 1 代表模擬愈好），SKILL_R 表示技術熟練度（數值小於 1 代表模擬愈好）。

表 4-4.3 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日中部地區各空品監測站之監測值與模擬值之 O₃ 濃度統計性能評估表

SITE_NAME	MEAN_OBS	MEAN_TAPM	STD_OBS	STD_TAPM	CORR	OB	GE
Fengyuan	70.4	66.6	26.2	13.6	0.4	6 %	24 %
Shalu	69.1	63.6	22.8	19.8	0.6	0 %	17 %
Hsitun	74.1	69.1	23.2	20.9	0.6	0 %	17 %
Chungming	75.8	69.2	20.8	14.7	0.5	-2 %	12 %
Tali	75.9	56.6	29.5	28.6	0.7	-14 %	20 %
Changhwa	62.9	71.6	20.2	23.4	0.5	10 %	15 %
Erhlin	61.4	58.3	21.1	21.8	0.3	2 %	21 %
Nantou	68.2	82.5	26.2	23.9	0.2	20 %	27 %
Chushan	66.9	73.7	19.3	14.1	0.0	10 %	16 %
Average	69.4	67.9	23.3	20.1	0.4	3 %	19 %

註：SITE_NAME 表示監測站名，MEAN_OBS 表示監測值平均，MEAN_TAPM 表示模擬值平均，STD_OBS 表示監測值標準偏差，STD_TAPM 表示模擬值標準偏差，CORR 表示相關係數（數值應 > 0.4），OB 表示常化偏差（數值在應在 ±15 % 以內代表準確），GE 表示絕對誤差（數值應在 35 % 以內代表準確）。

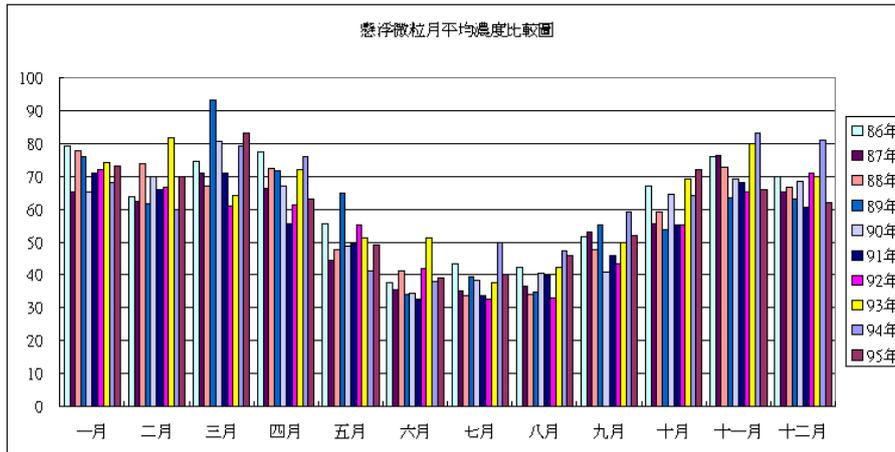


圖 1-1.1 1997 年至 2006 年台灣各月平均 PM 濃度變化圖。

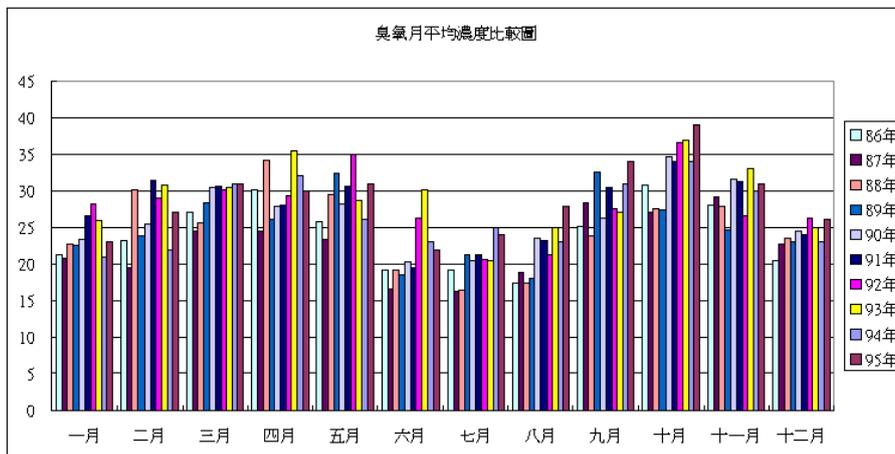


圖 1-1.2 1997 年至 2006 年台灣各月平均 O₃ 濃度變化圖。

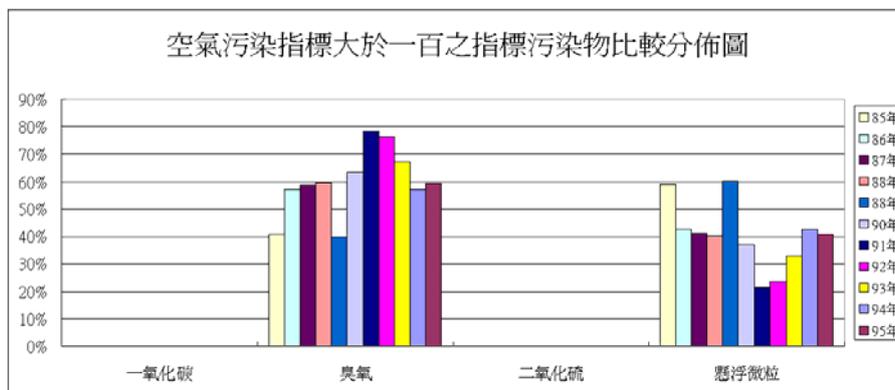
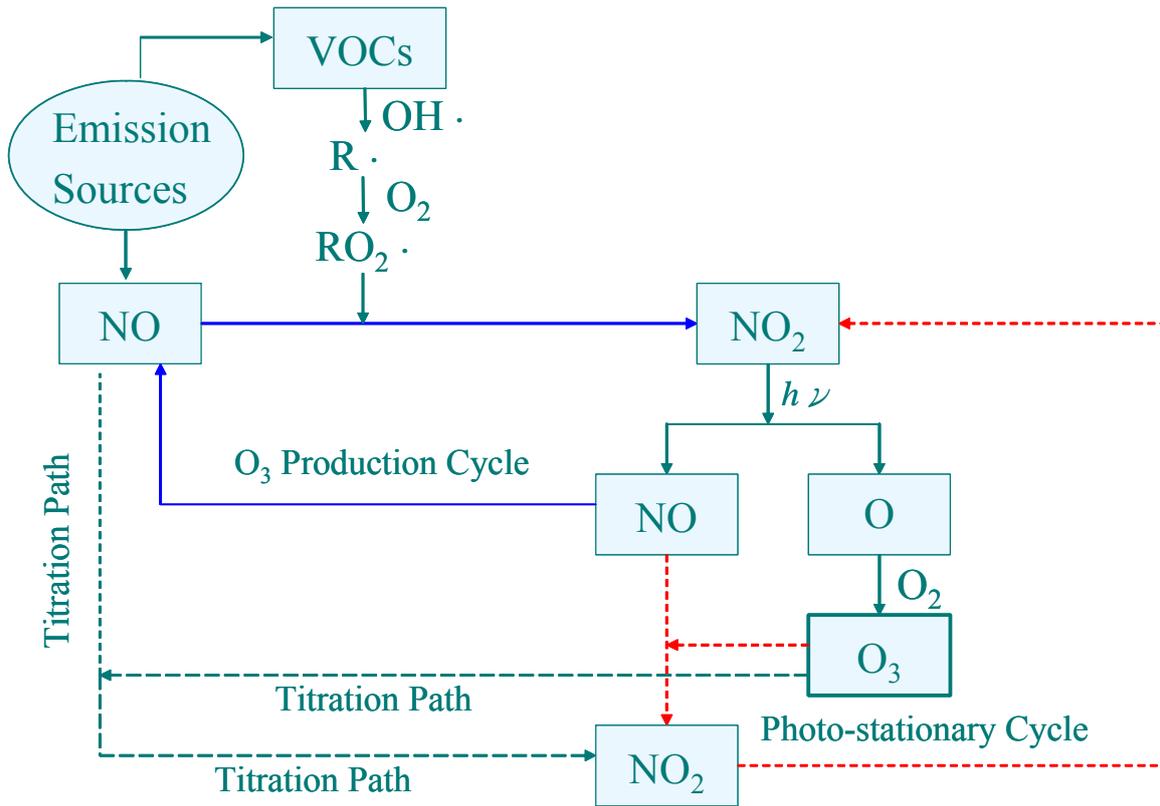


圖 1-1.3 1997 年至 2006 年台灣空氣污染指標 (PSI > 100) 之指標污染物比較分佈圖。



節選自：Chou *et al.*, 2006

圖 2-1.1 光化學反應與滴定反應結構示意圖。

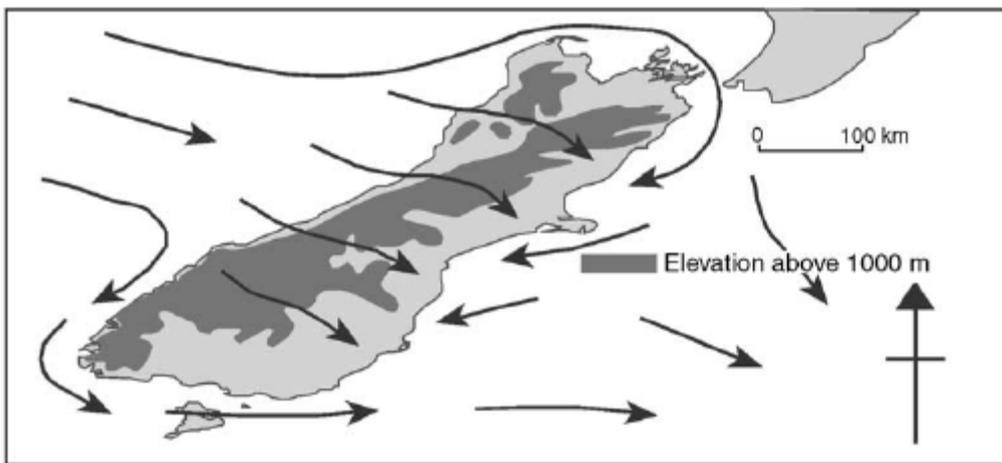
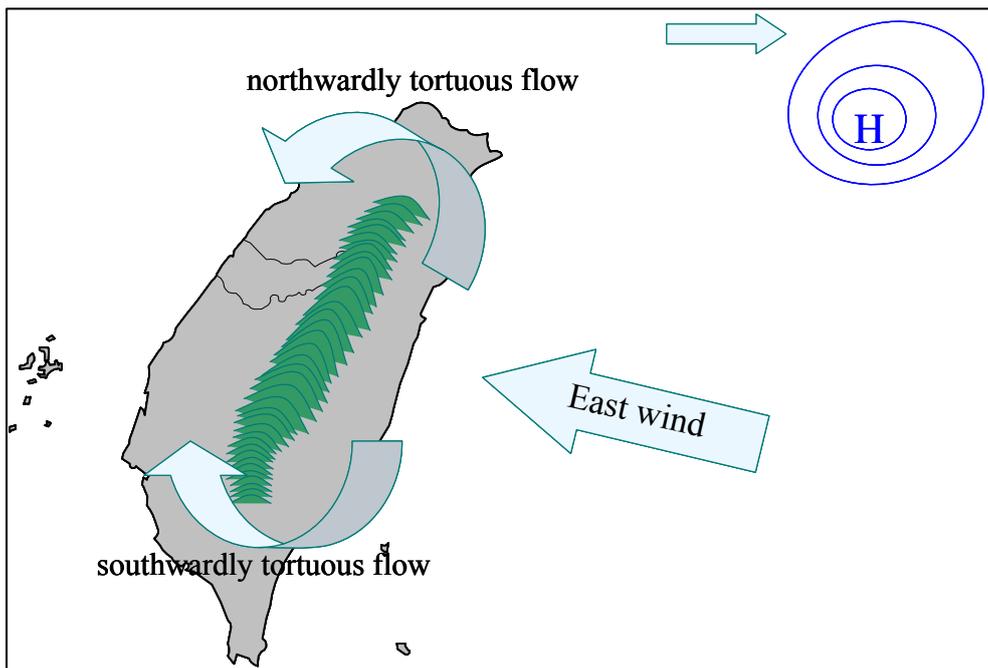
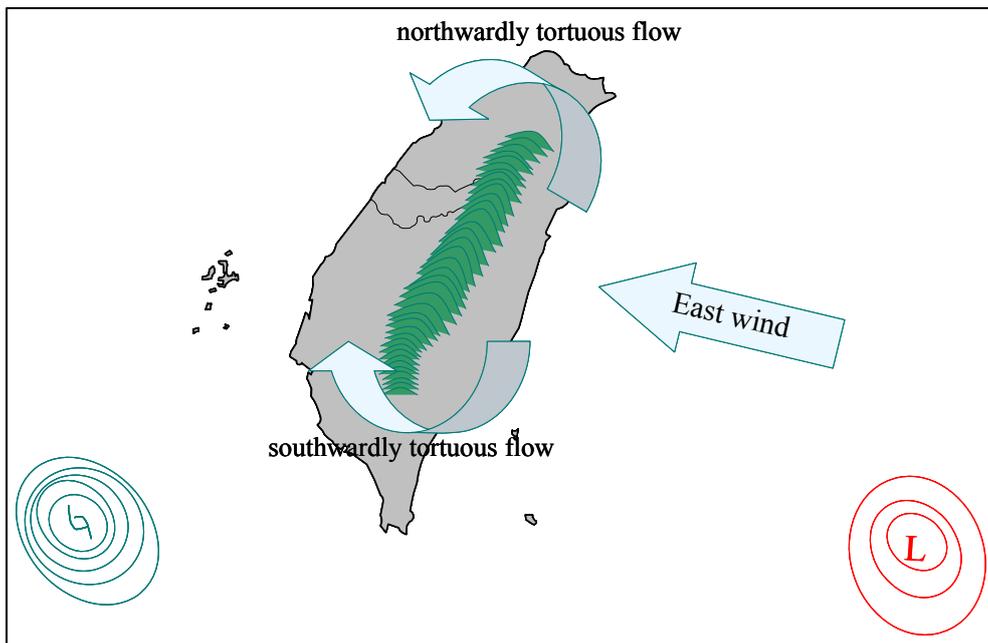


圖 2-4.1 綜觀風場為西風時受到南島高山之地形阻擋產生繞流示意圖。



(a)



(b)

圖 3-1.1 綜觀風場流動示意圖 (a) 高壓出海或高壓迴流之天氣型態、
(b) 熱帶低壓北移或颱風之天氣型態。

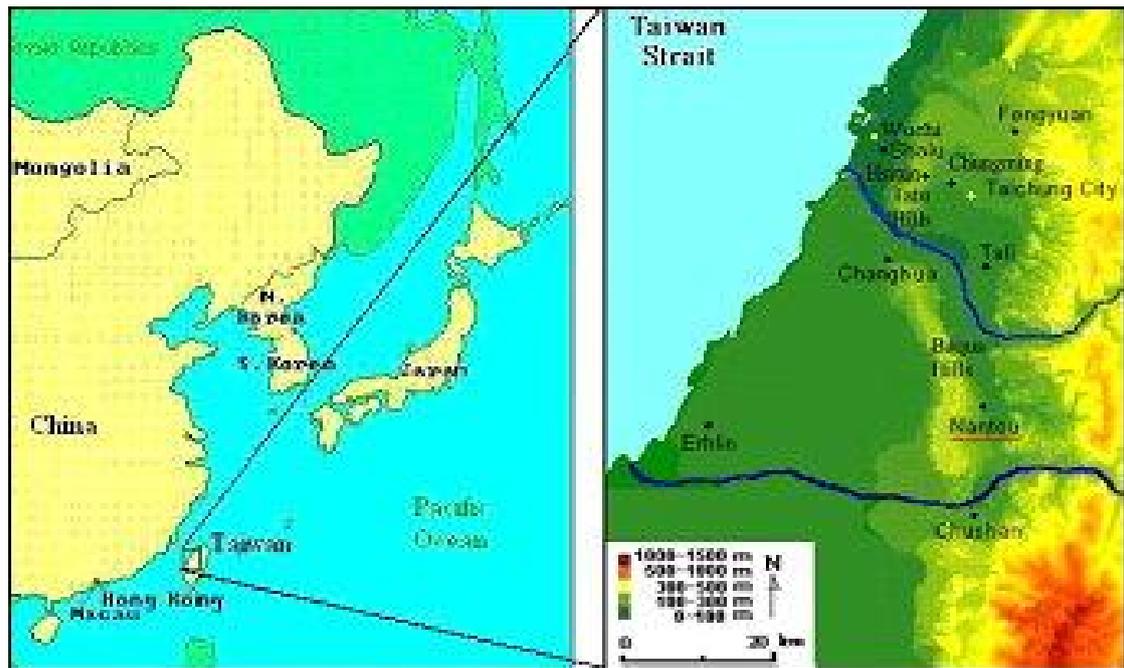


圖 3-2.1 台灣中部地區各監測站位置分佈圖。

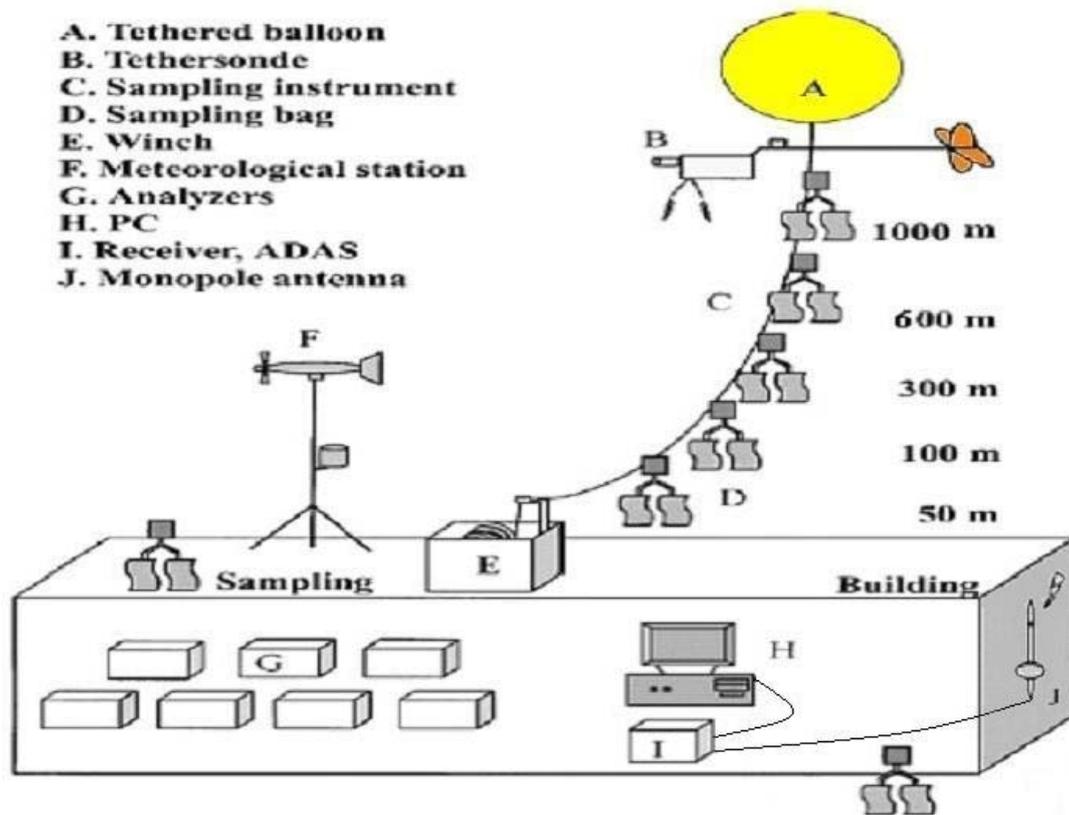


圖 3-3.1 繫留探空與空氣污染物監測採樣之儀器架設示意圖。

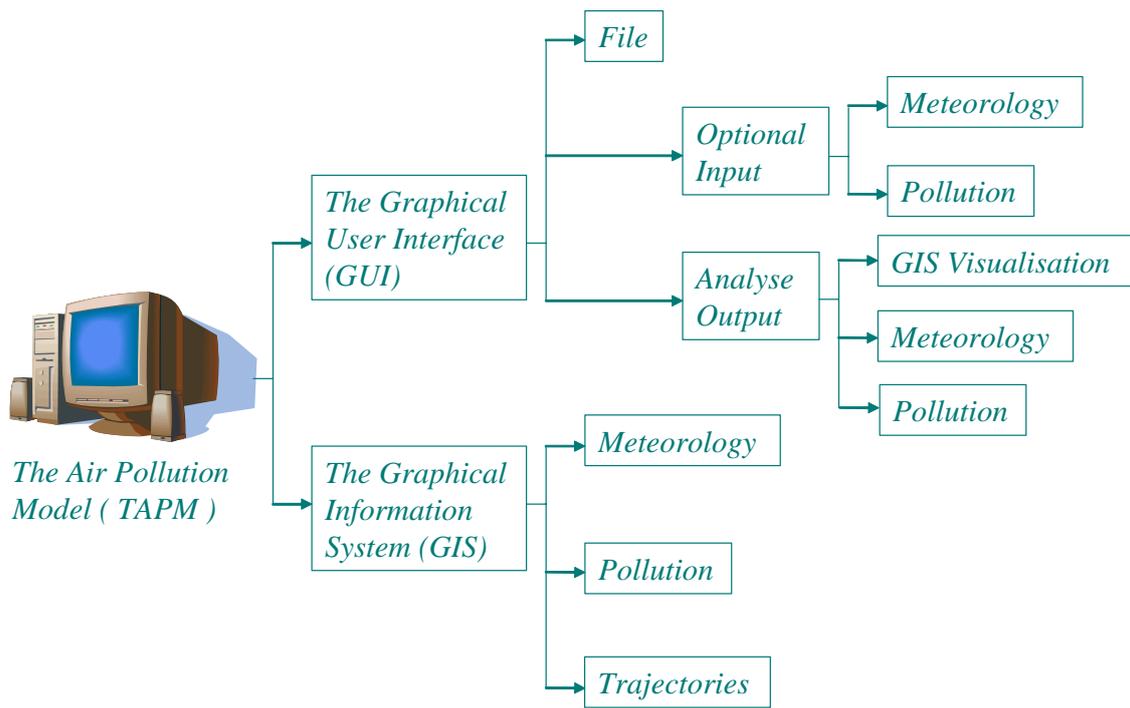


圖 3-6.1 空氣污染模式 (TAPM) 架構示意圖。

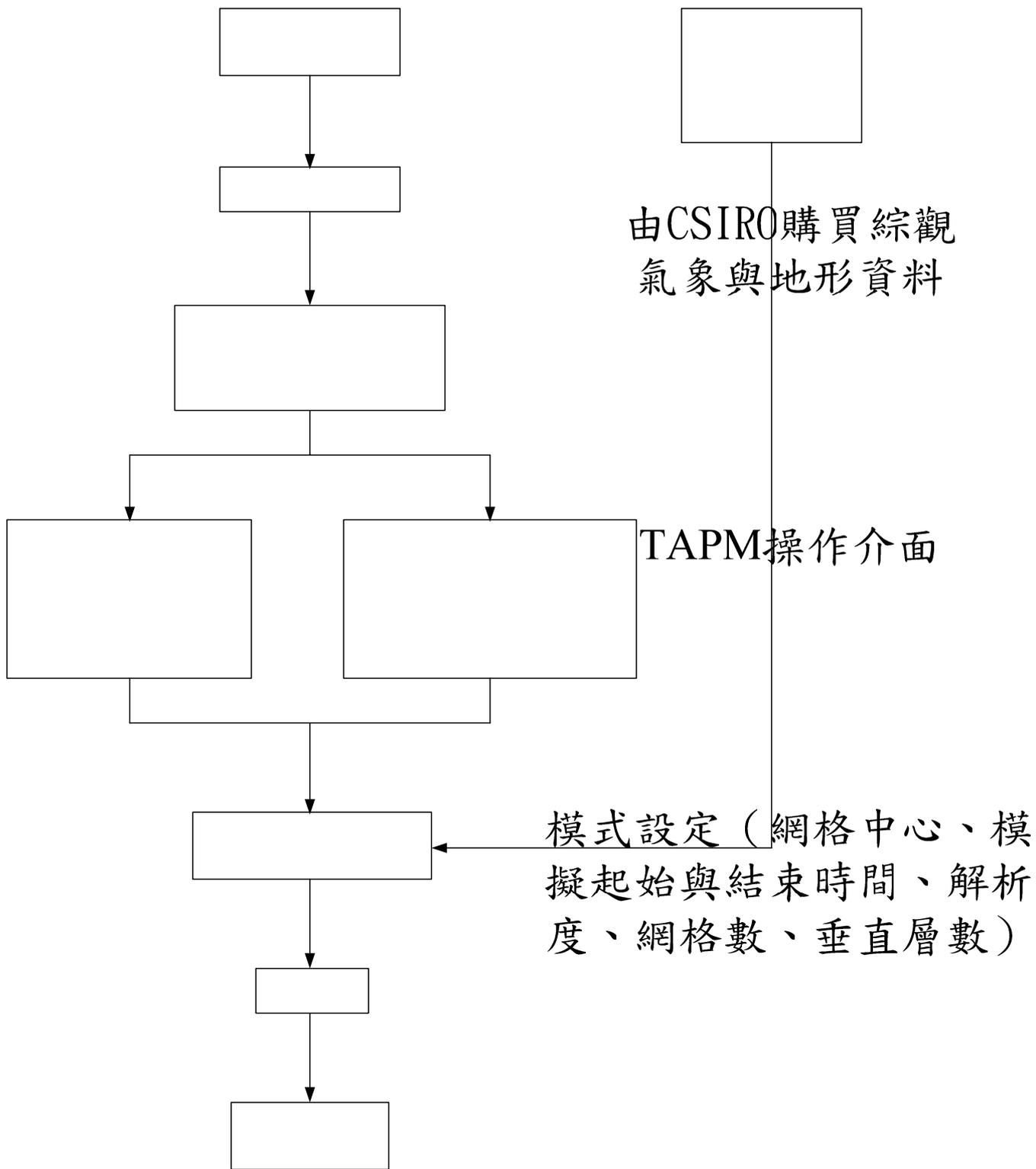
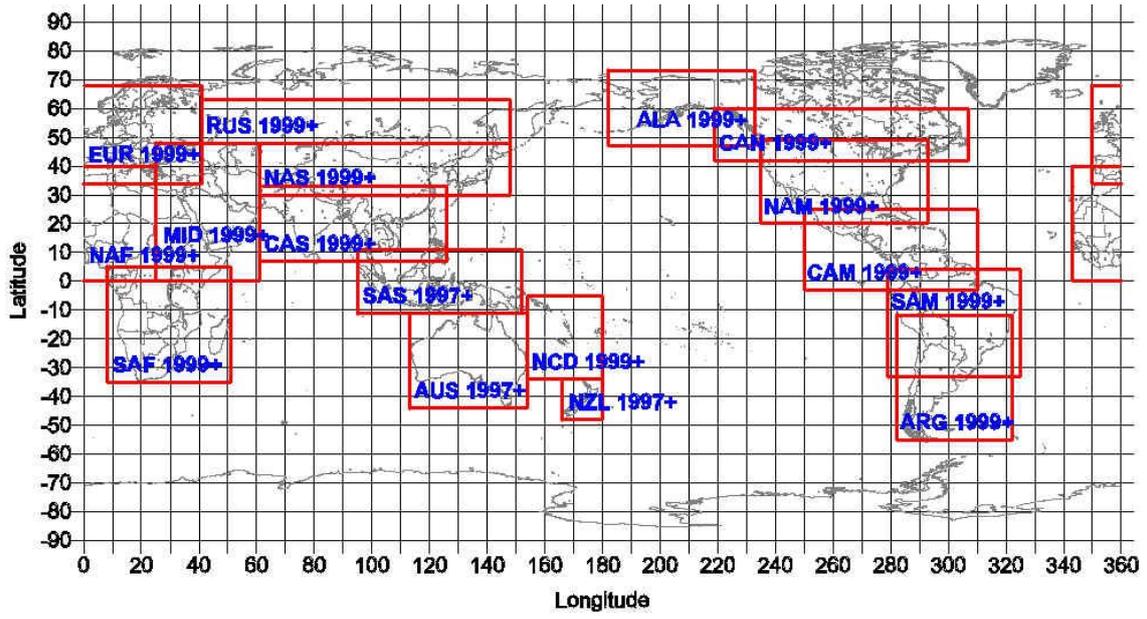


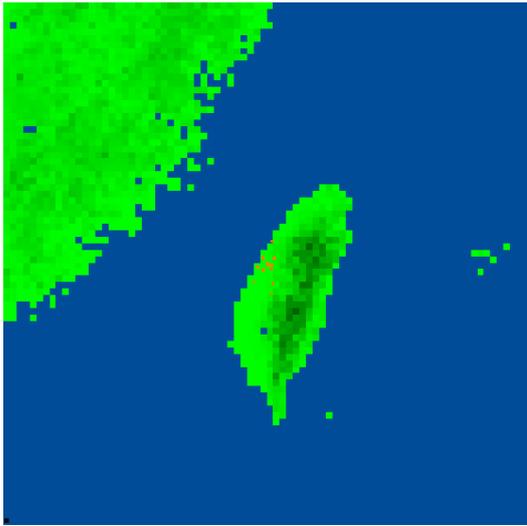
圖 3-7.1 模式模擬操作程序圖
 氣象場設定 (模擬巢數
 與各巢解析度設定、開
 啟地表植被機制、非靜
 力方程、降雨過程、預
 測渦流消散率)

污染物設
 與拉格
 組、輸入
 景濃度、
 面源及生

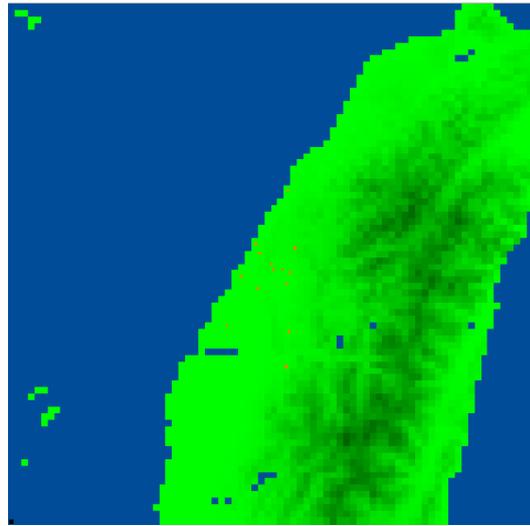


資料來源：澳洲 CSIRO 全球資訊網

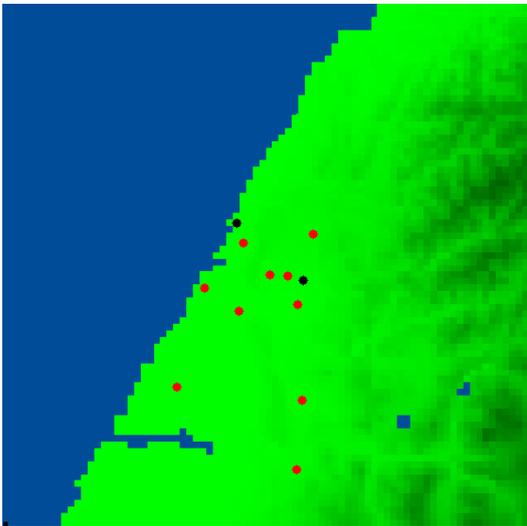
圖 3-7.2 全球氣象資料範圍概要圖。



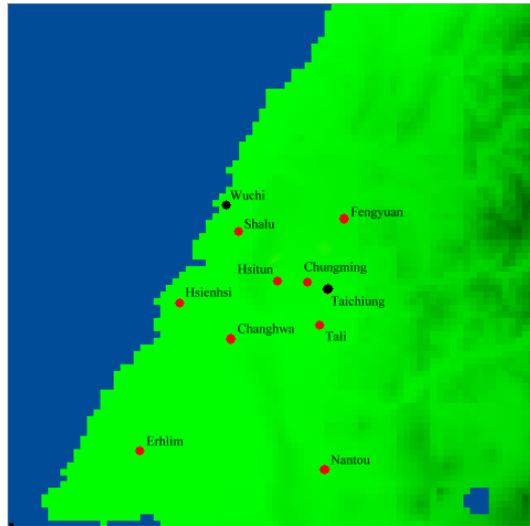
(a) Domain 1



(b) Domain 2



(c) Domain 3



(d) Domain 4

圖 3-8.1 TAPM 網格模式範圍，使用四層巢狀網格，解析度分別為(a) $10\text{ km} \times 10\text{ km}$ 、(b) $3\text{ km} \times 3\text{ km}$ 、(c) $1.5\text{ km} \times 1.5\text{ km}$ 、(d) $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ 。

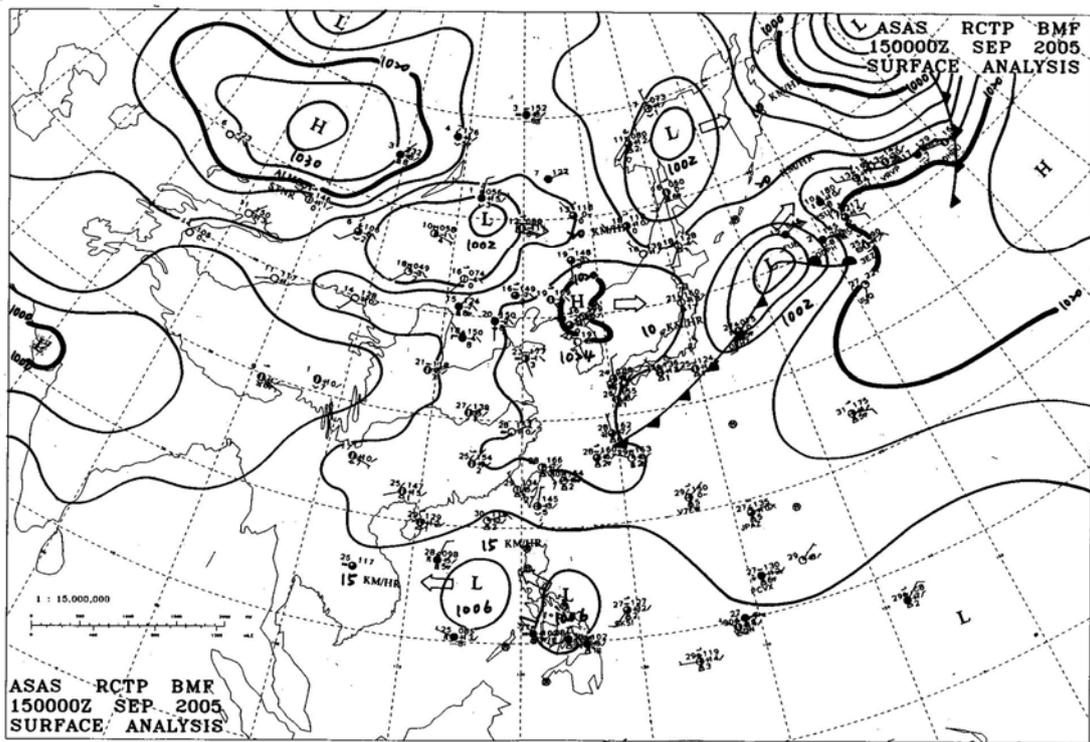


圖 4-1.1 2005 年 9 月 15 日 00 Z 之綜觀天氣圖。

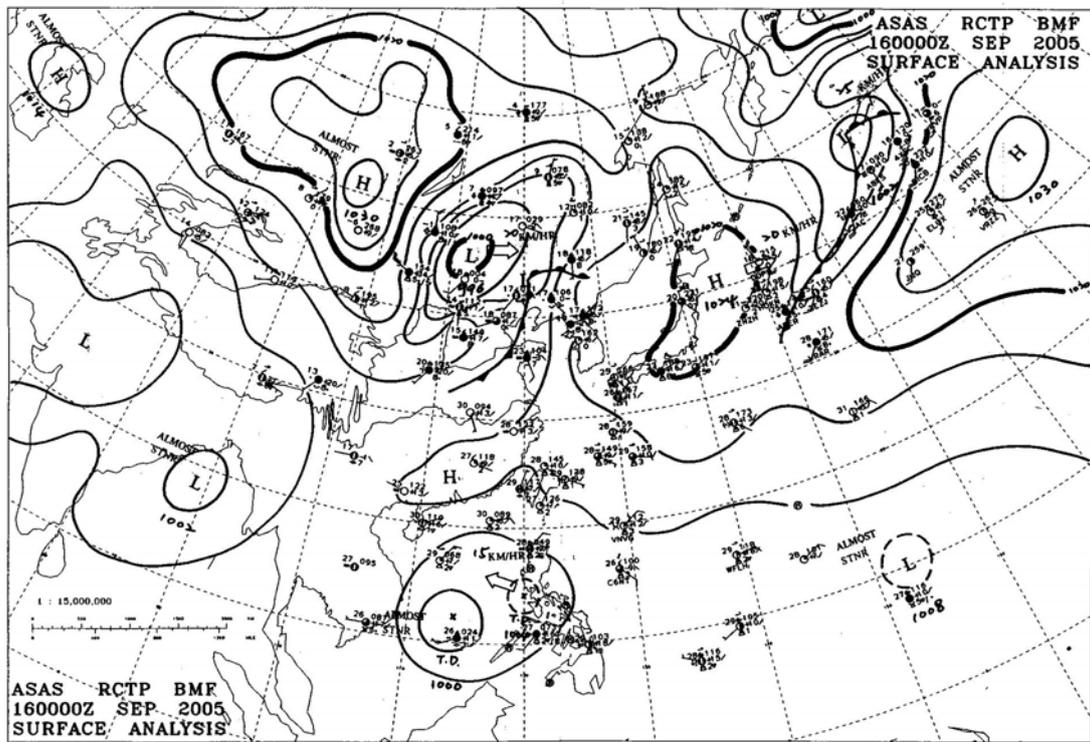


圖 4-1.2 2005 年 9 月 16 日 00 Z 之綜觀天氣圖。

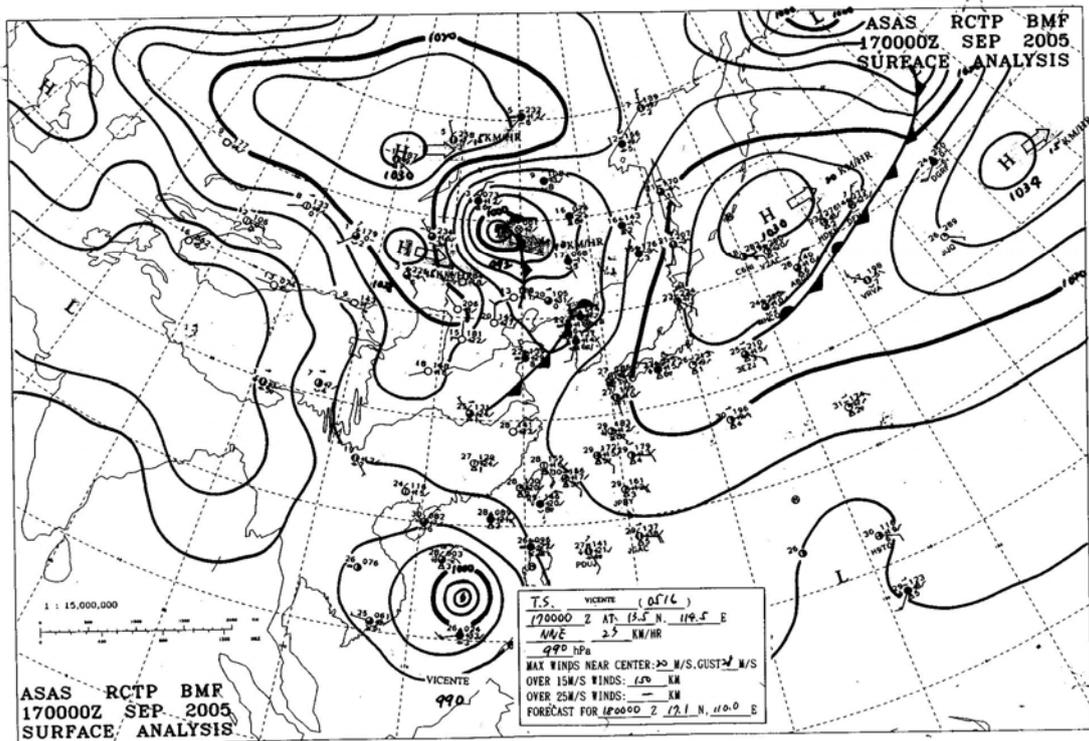


圖 4-1.3 2005 年 9 月 17 日 00 Z 之綜觀天氣圖。

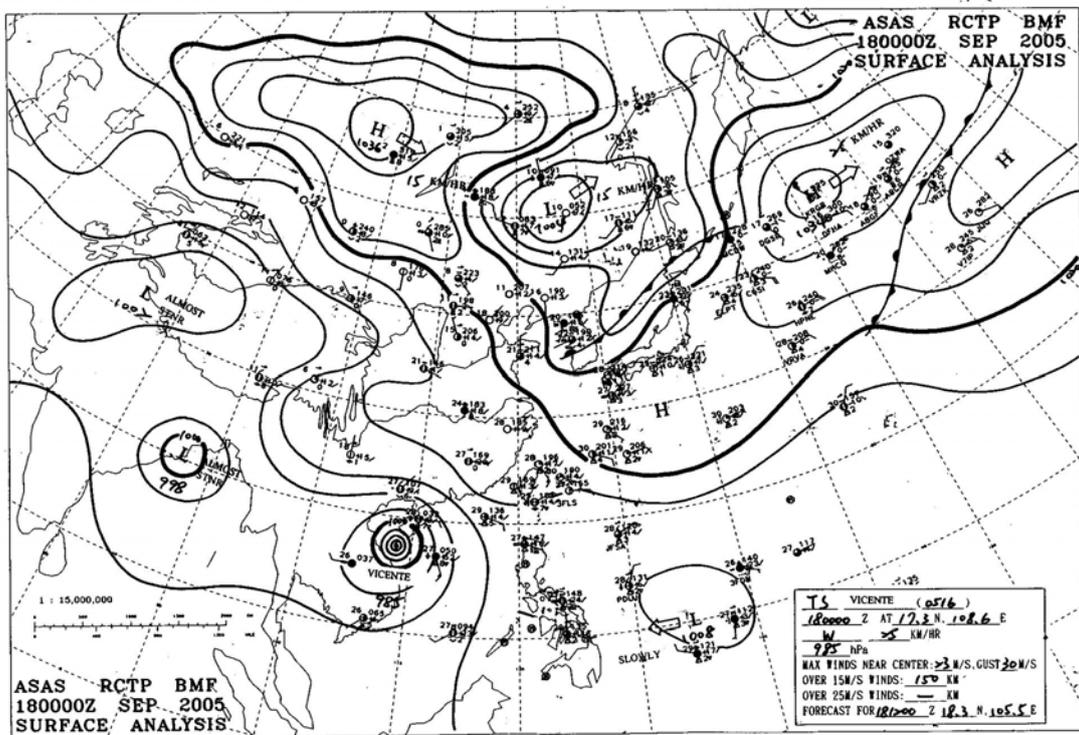


圖 4-1.4 2005 年 9 月 18 日 00 Z 之綜觀天氣圖。

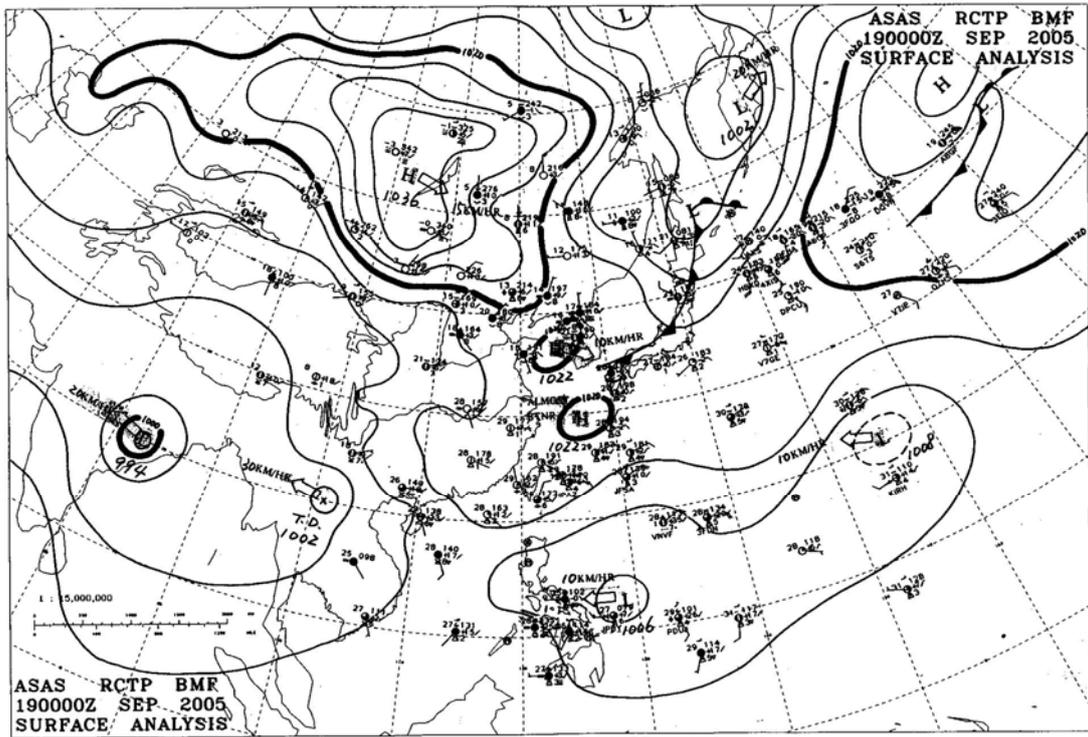


圖 4-1.5 2005 年 9 月 19 日 00 Z 之綜觀天氣圖。

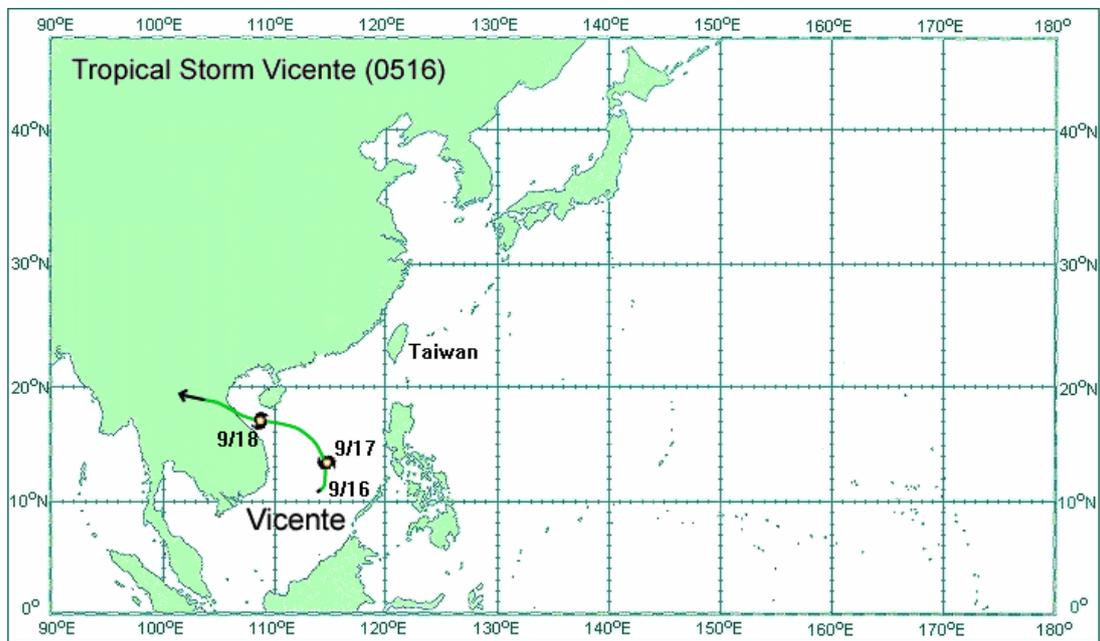


圖 4-1.6 2005 年 9 月 16 日至 9 月 18 日韋森特(Vicente)颱風路徑圖。

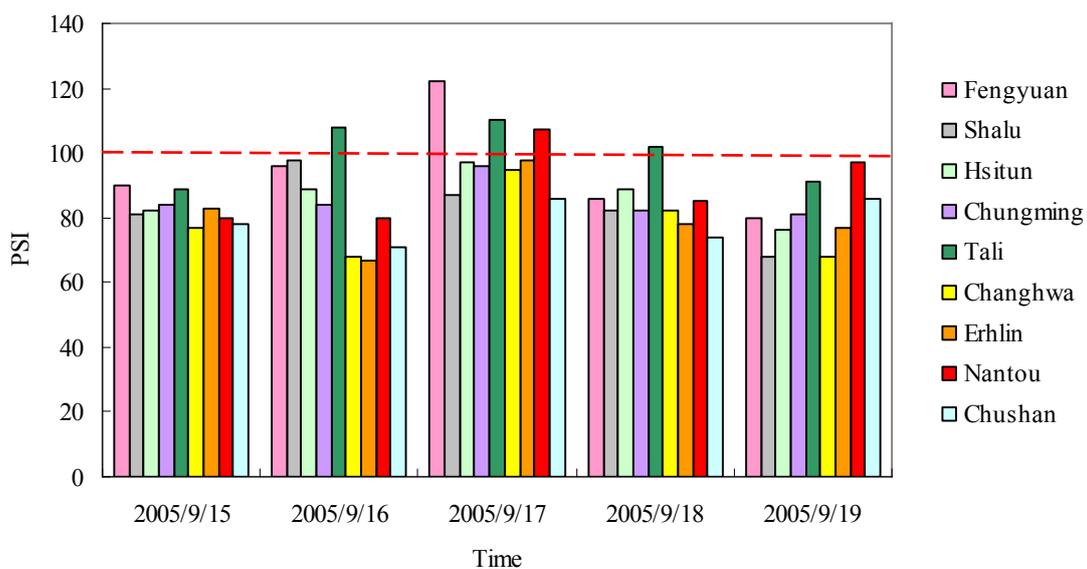


圖 4-2.1 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日中部地區各空氣品質監測站之 PSI 值變化趨勢圖。

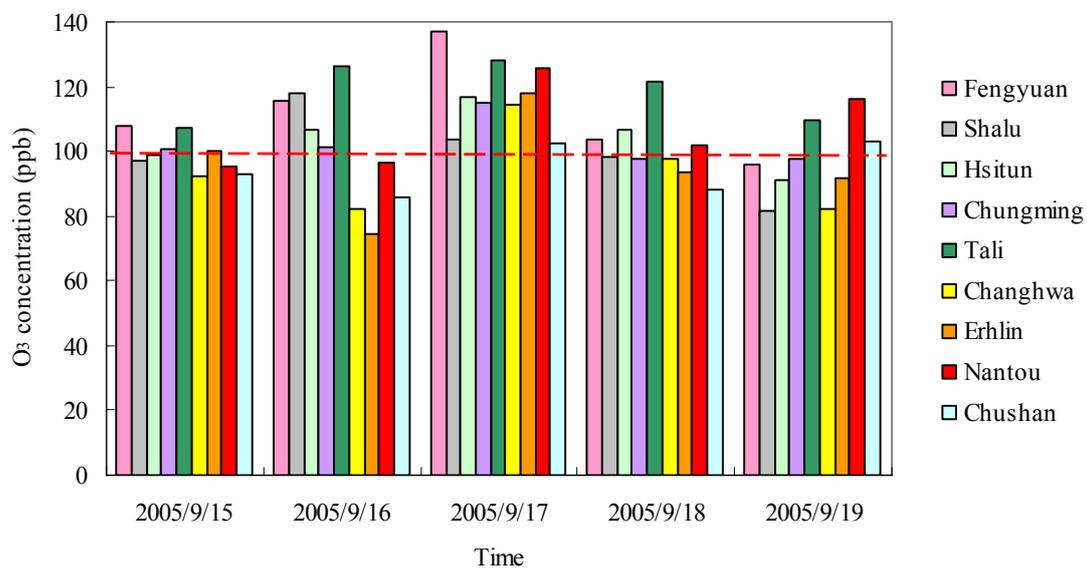


圖 4-2.2 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日中部地區各空氣品質監測站之 O₃ 小時濃度(ppb)最大值變化趨勢圖。

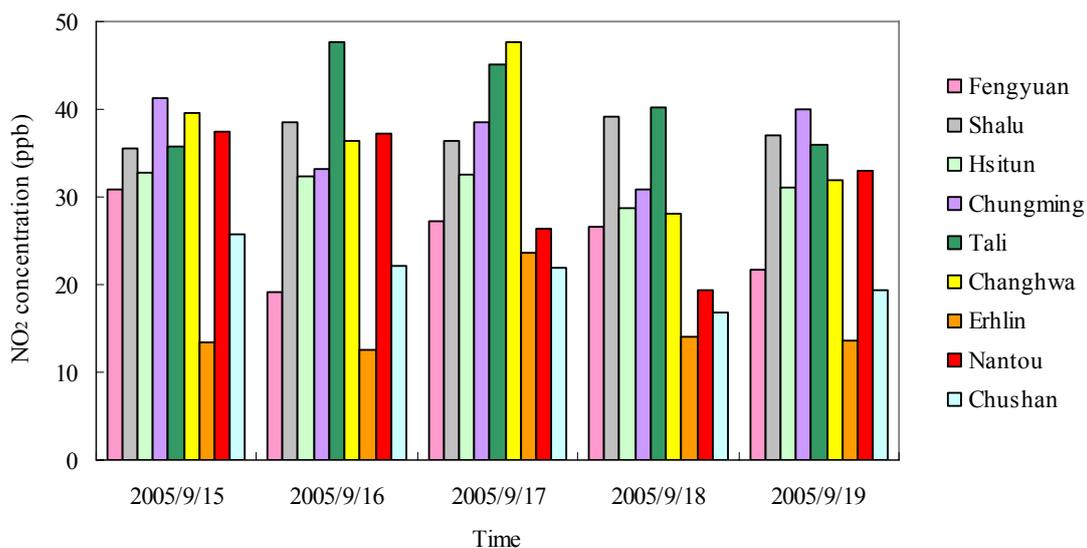


圖 4-2.3 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日中部地區各空氣品質監測站之 NO₂ 小時濃度(ppb)最大值變化趨勢圖。

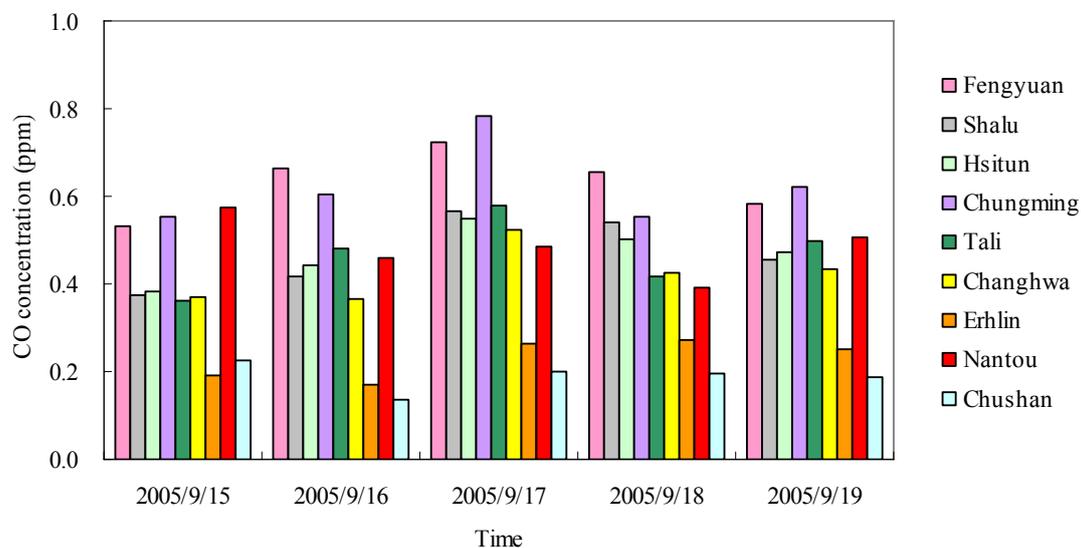
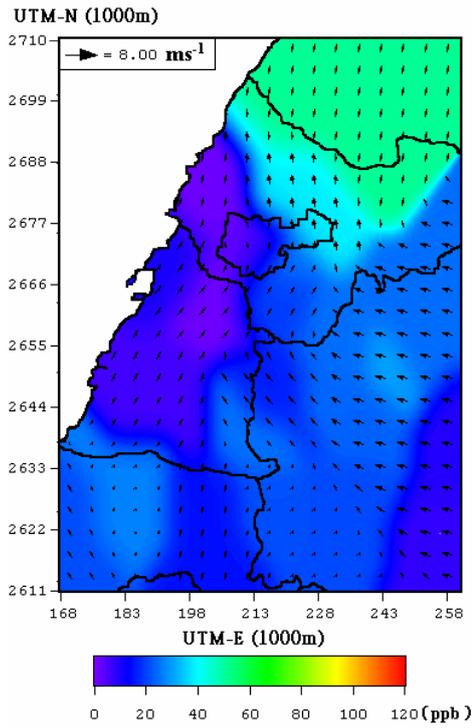
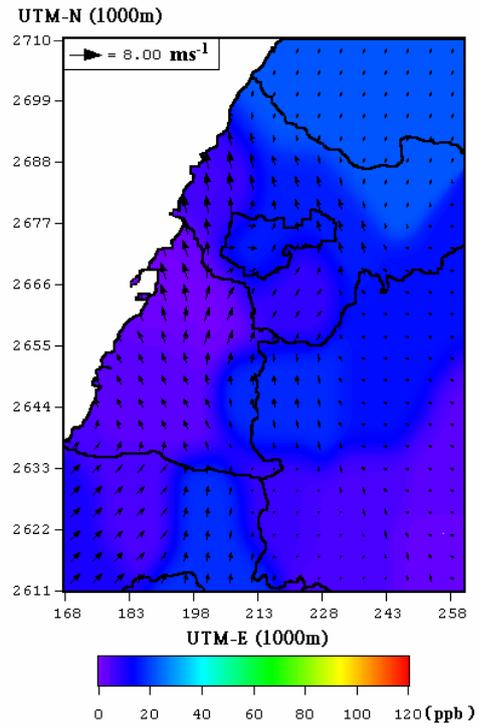


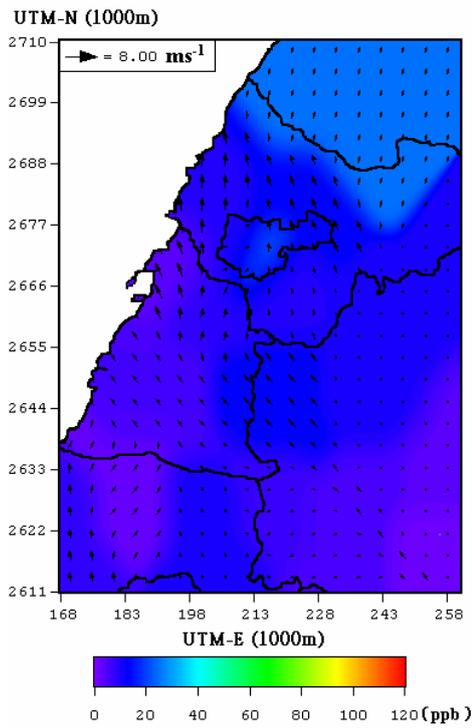
圖 4-2.4 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日中部地區各空氣品質監測站之 CO 日平均濃度(ppm)變化趨勢圖。



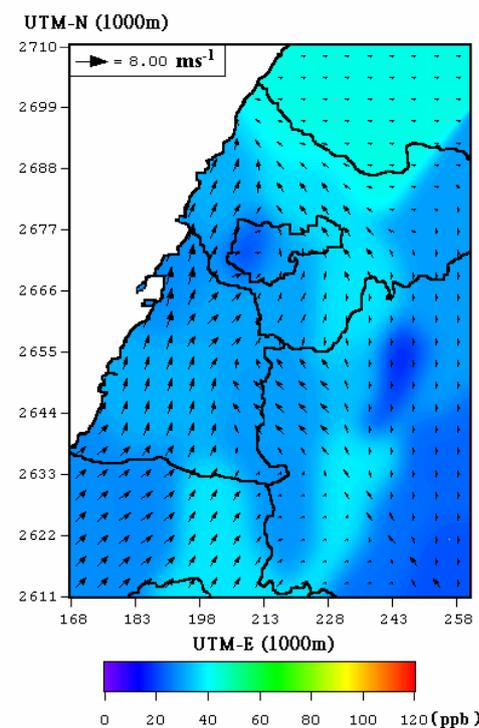
(a) 9/15 0000 LST



(b) 9/15 0300 LST

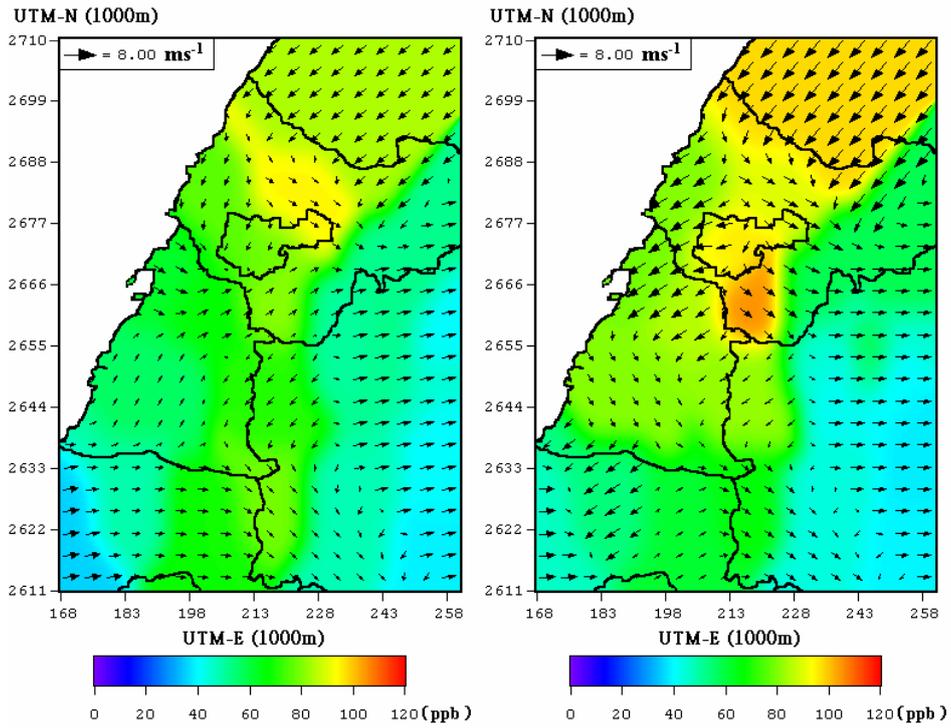


(c) 9/15 0600 LST



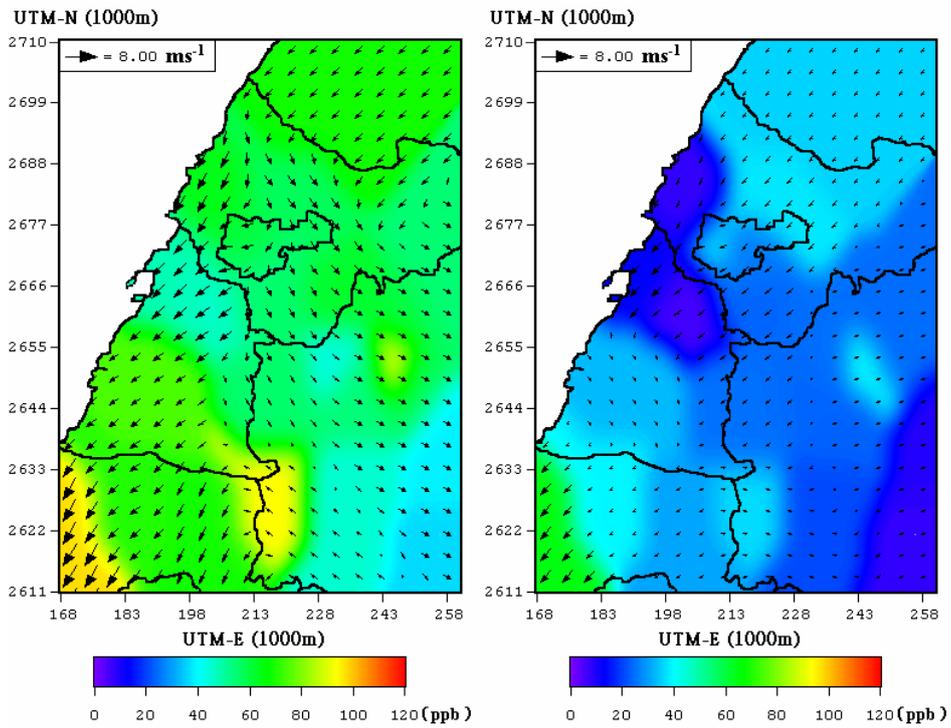
(d) 9/15 0900 LST

圖 4-2.5 2005 年 9 月 15 日 0000 LST ~ 0900 LST 中部地區之水平風場與 O_3 濃度(ppb)分佈圖。



(a) 9/15 1200 LST

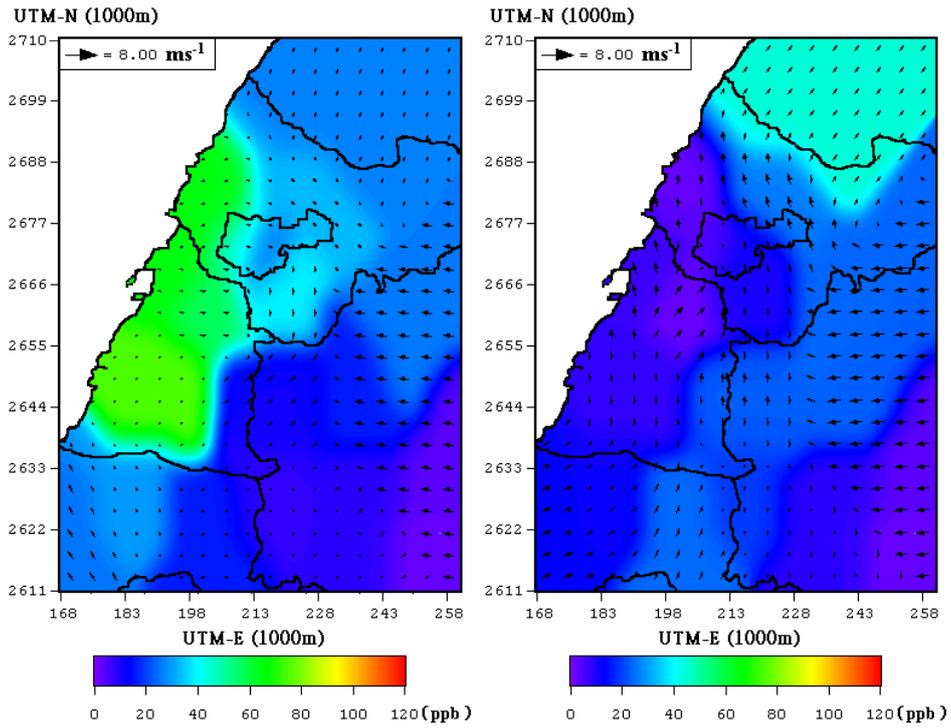
(b) 9/15 1500 LST



(c) 9/15 1800 LST

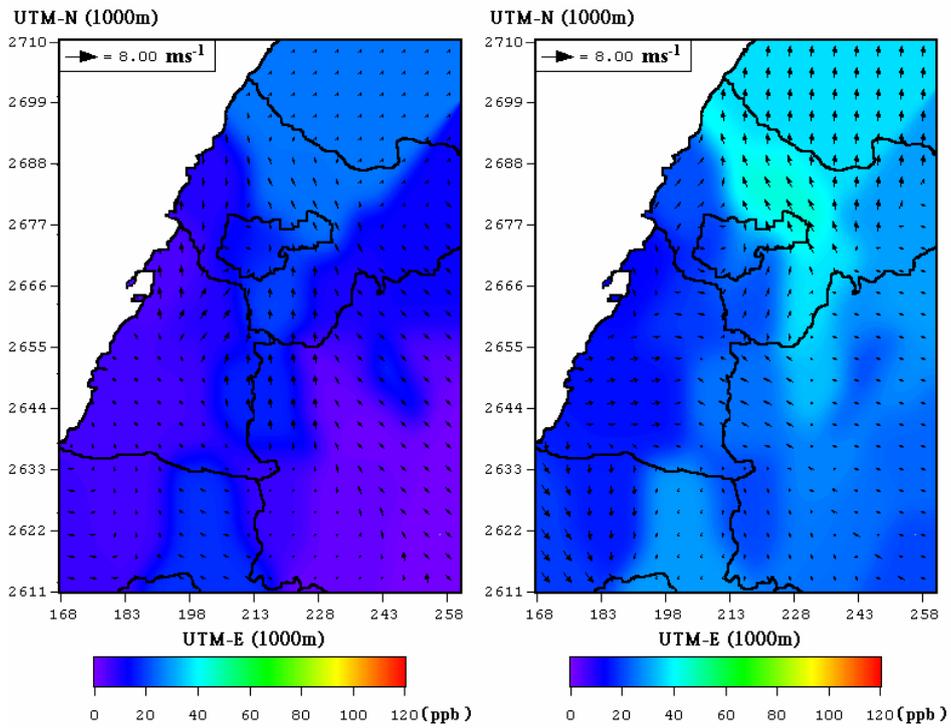
(d) 9/15 2100 LST

圖 4-2.6 2005 年 9 月 15 日 1200 LST ~ 2100 LST 中部地區之水平風場與 O₃ 濃度(ppb)分佈圖。



(a) 9/16 0000 LST

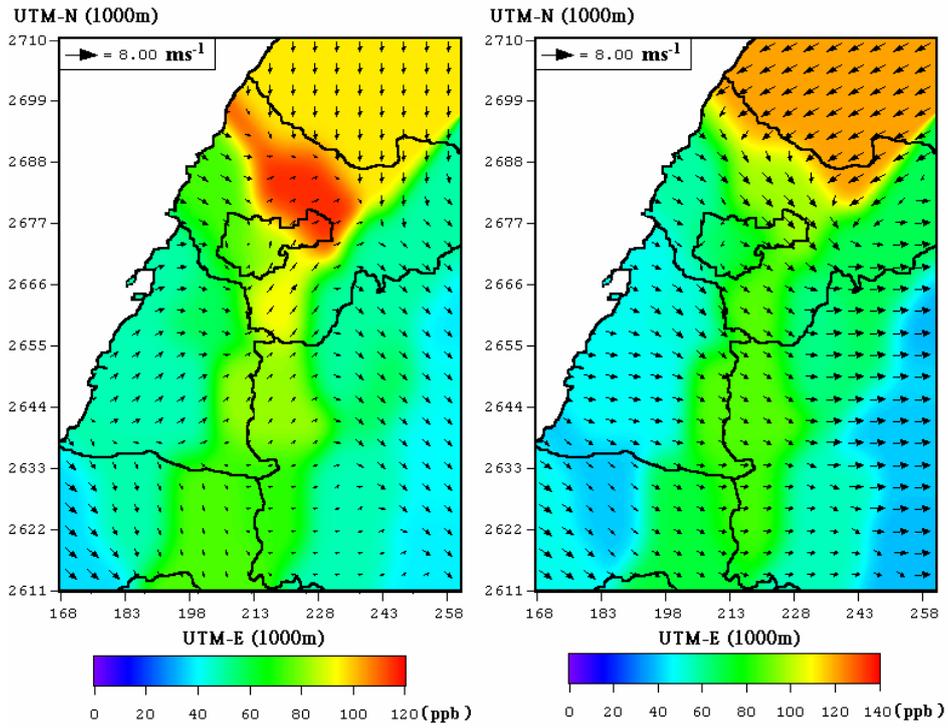
(b) 9/16 0300 LST



(c) 9/16 0600 LST

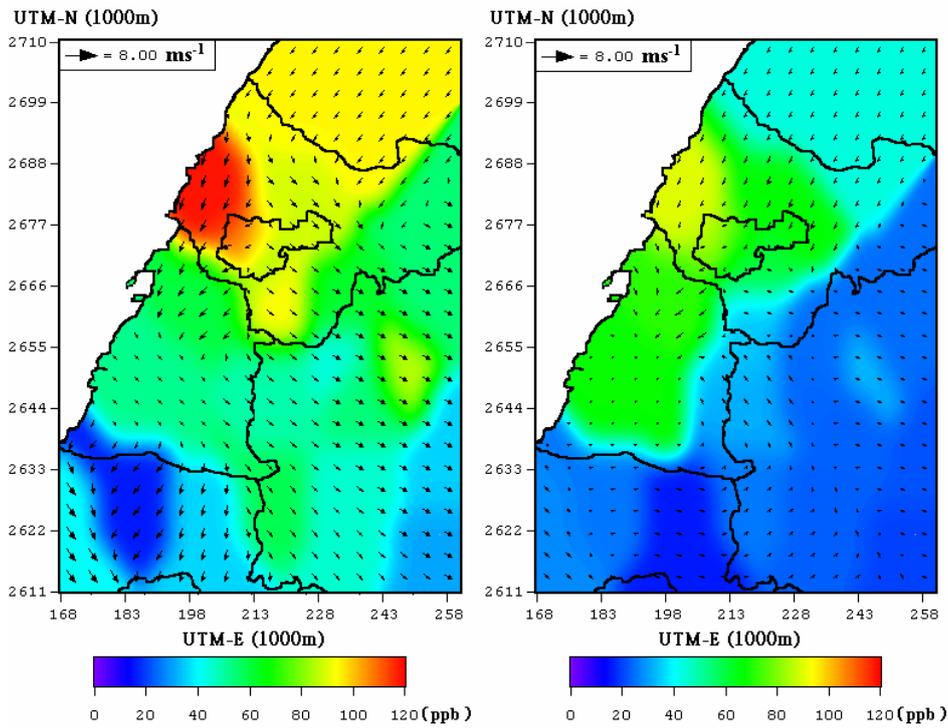
(d) 9/16 0900 LST

圖 4-2.7 2005 年 9 月 16 日 0000 LST ~ 0900 LST 中部地區之水平風場與 O_3 濃度(ppb)分佈圖。



(a) 9/16 1200 LST

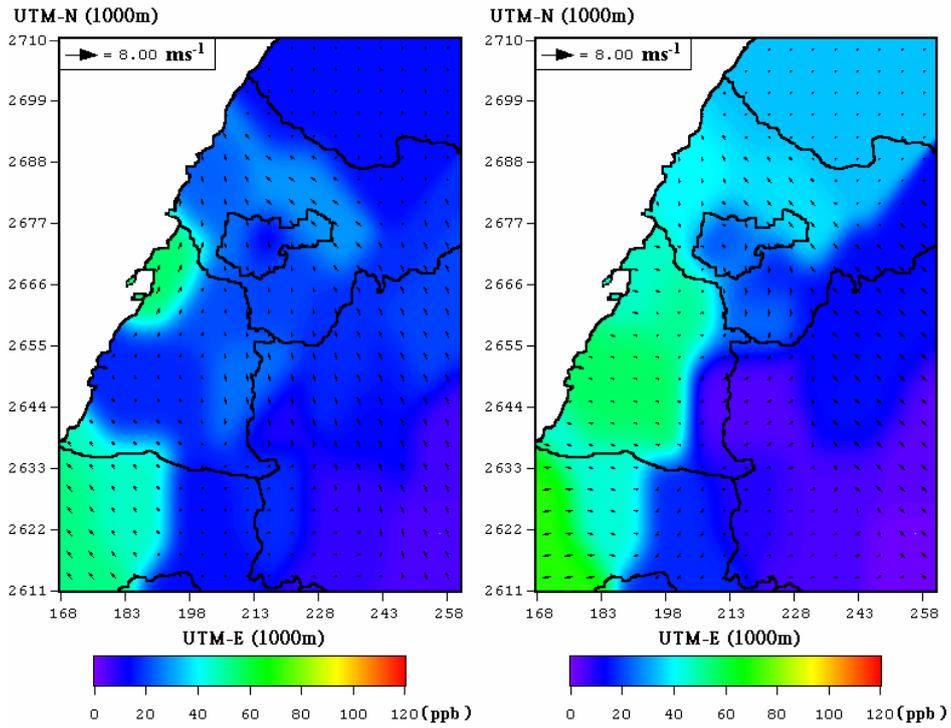
(b) 9/16 1500 LST



(c) 9/16 1800 LST

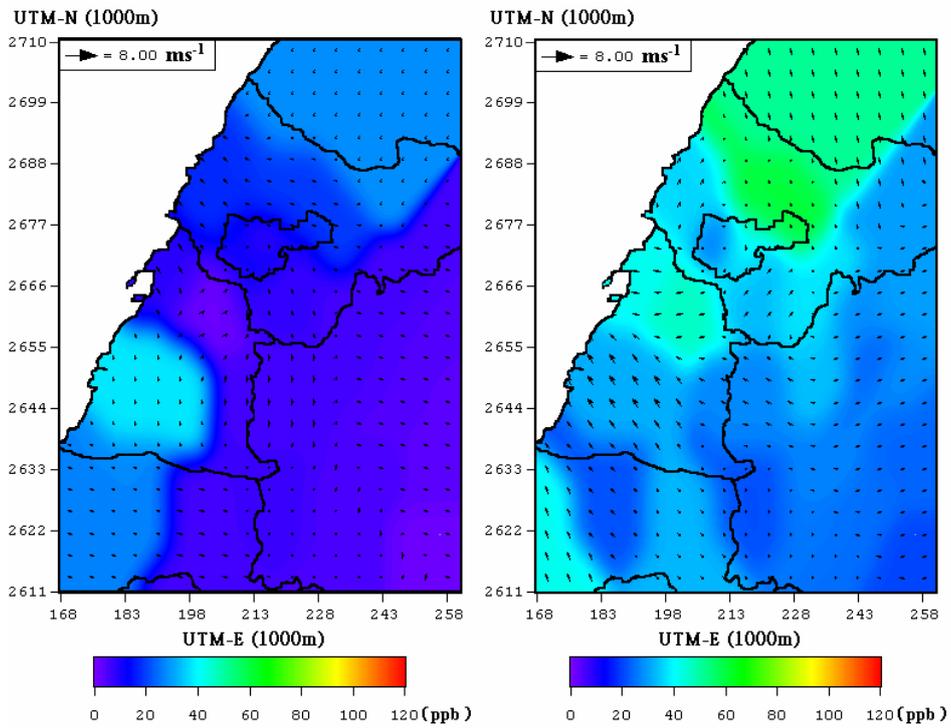
(d) 9/16 2100 LST

圖 4-2.8 2005 年 9 月 16 日 1200 LST ~ 2100 LST 中部地區之水平風場與 O₃ 濃度(ppb)分佈圖。



(a) 9/17 0000 LST

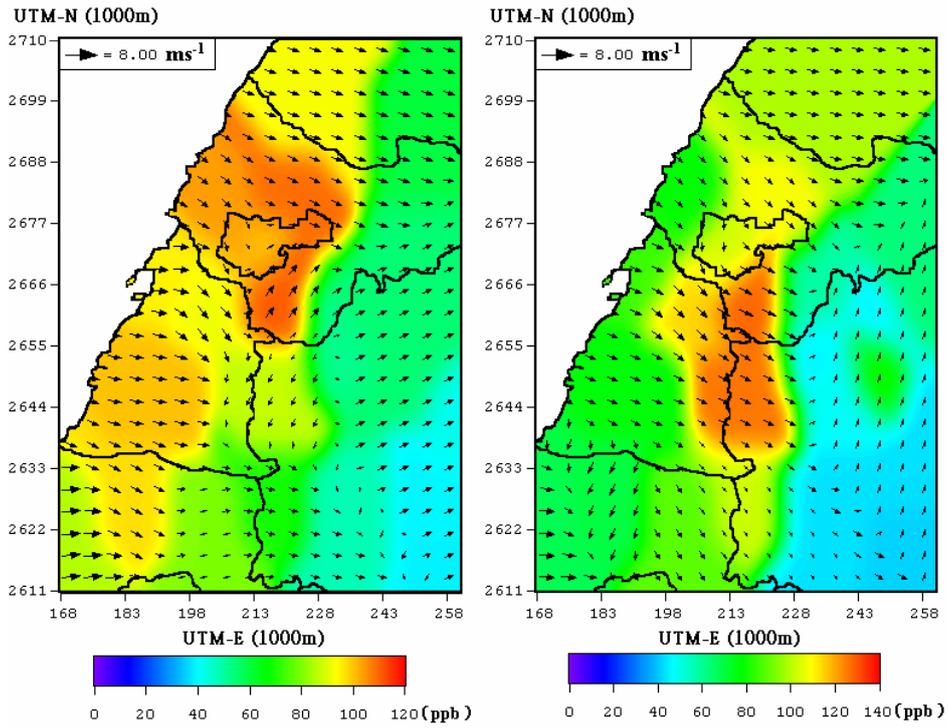
(b) 9/17 0300 LST



(c) 9/17 0600 LST

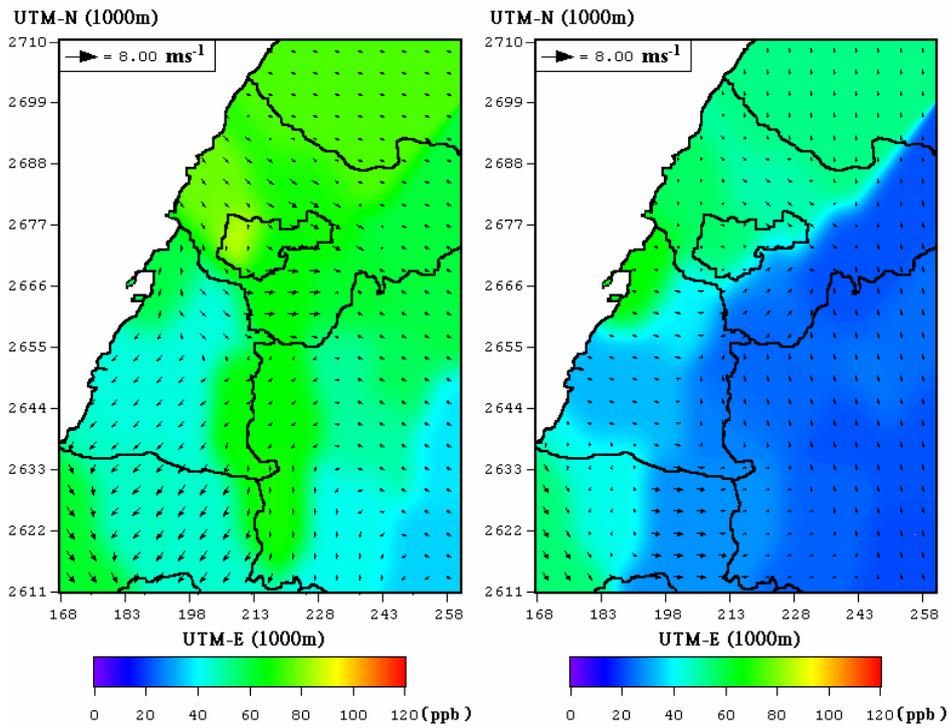
(d) 9/17 0900 LST

圖 4-2.9 2005 年 9 月 17 日 0000 LST ~ 0900 LST 中部地區之水平風場與 O₃ 濃度(ppb)分佈圖。



(a) 9/17 1200 LST

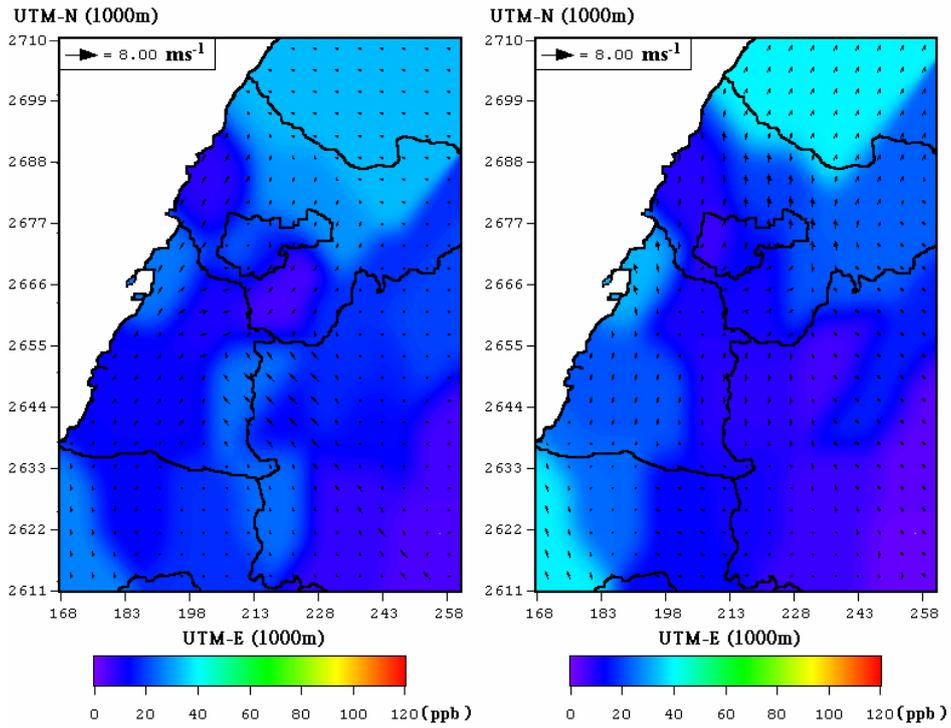
(b) 9/17 1500 LST



(c) 9/17 1800 LST

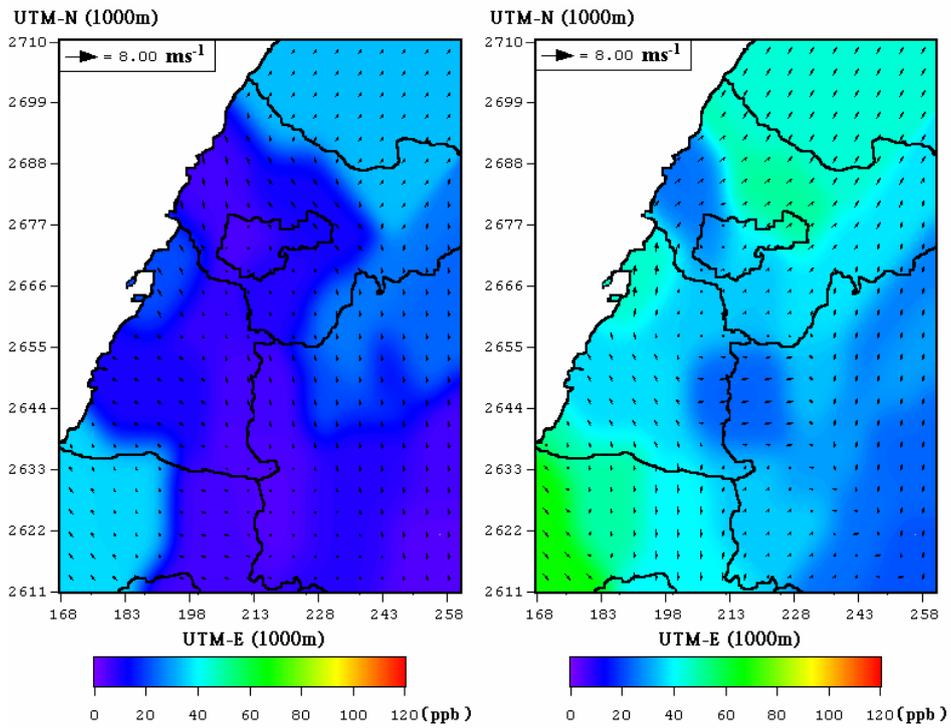
(d) 9/17 2100 LST

圖 4-2.10 2005 年 9 月 17 日 1200 LST ~ 2100 LST 中部地區之水平風場與 O₃ 濃度(ppb)分佈圖。



(a) 9/18 0000 LST

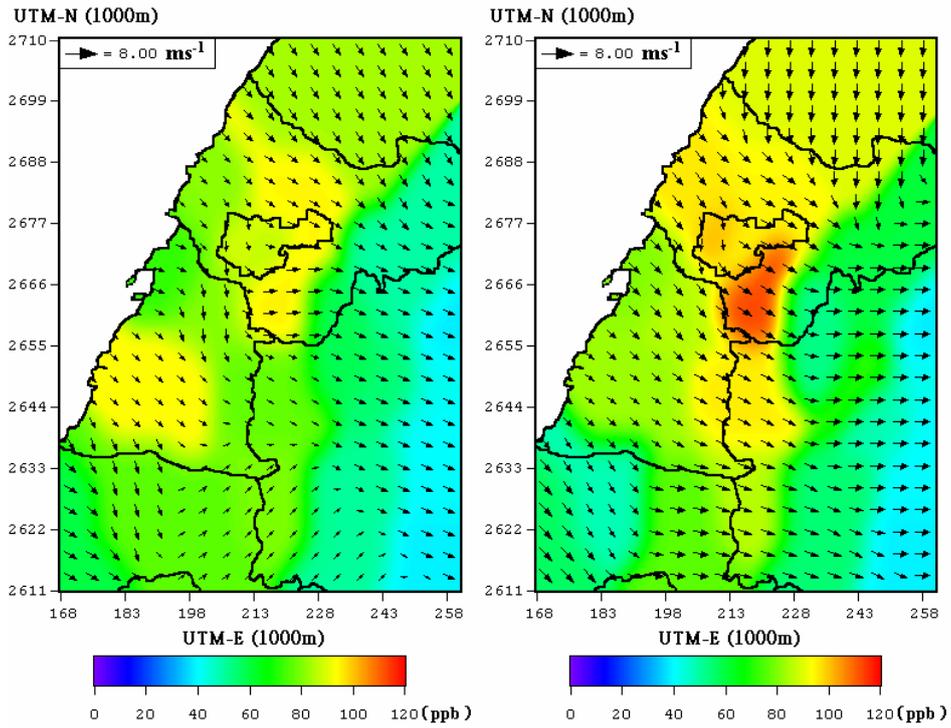
(b) 9/18 0300 LST



(c) 9/18 0600 LST

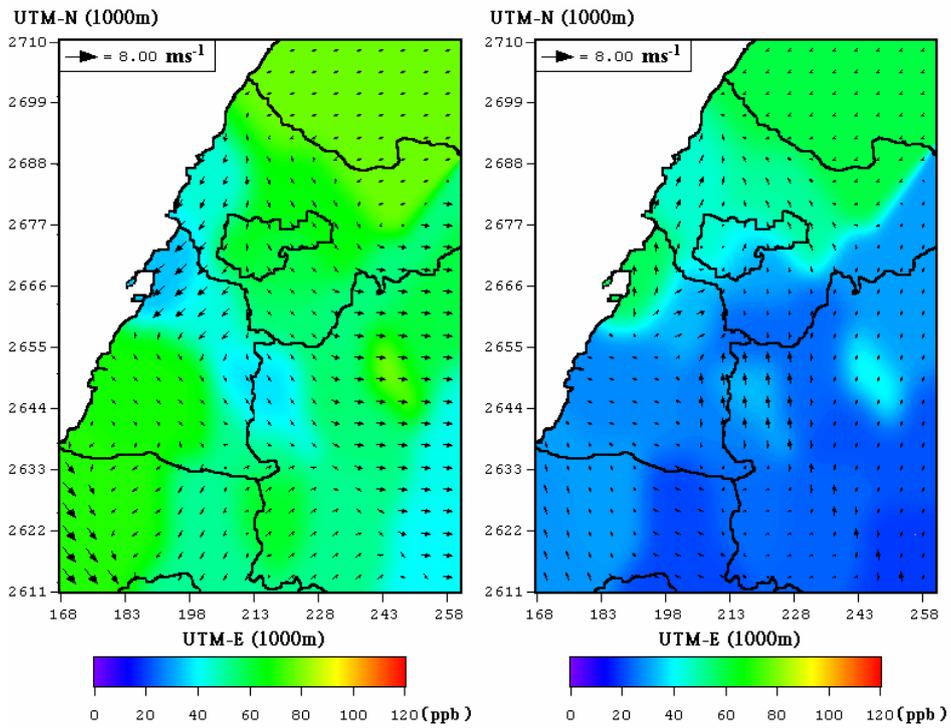
(d) 9/18 0900 LST

圖 4-2.11 2005 年 9 月 18 日 0000 LST ~ 0900 LST 中部地區之水平風場與 O₃ 濃度(ppb)分佈圖。



(a) 9/18 1200 LST

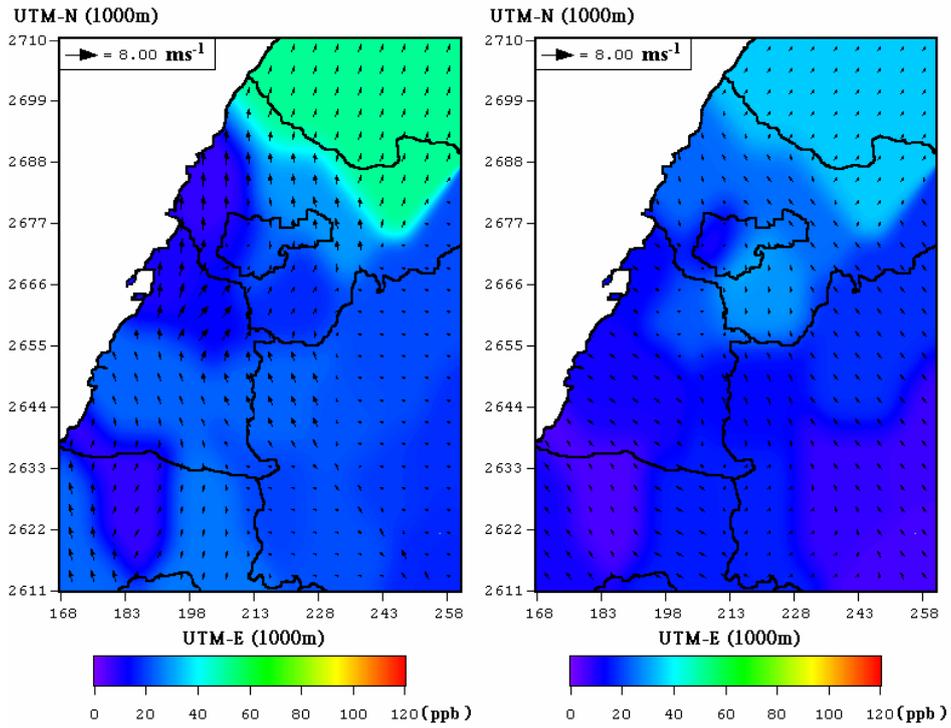
(b) 9/18 1500 LST



(c) 9/18 1800 LST

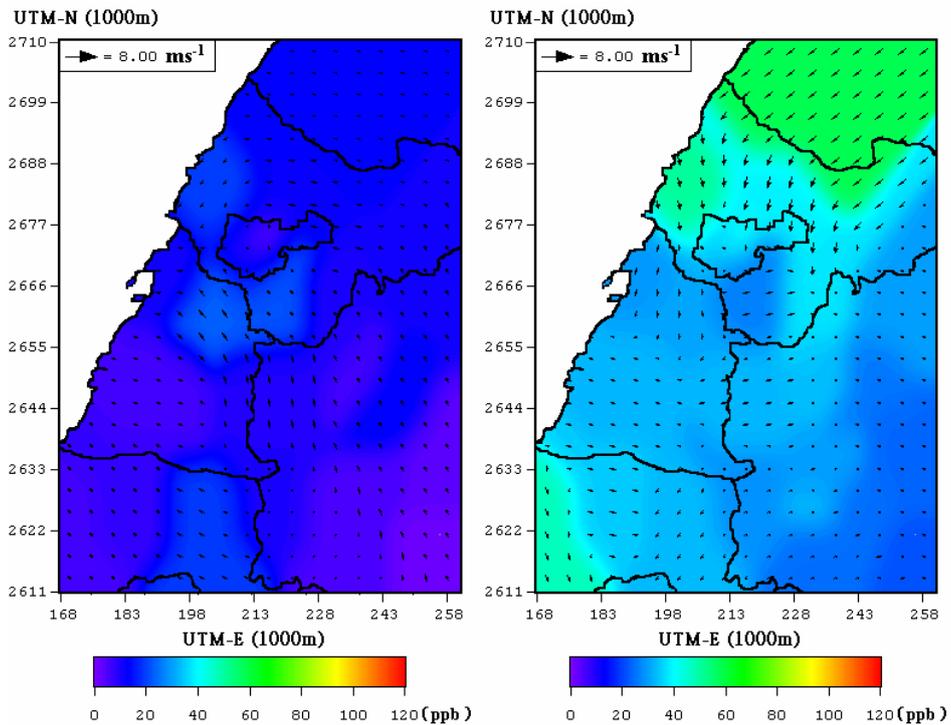
(d) 9/18 2100 LST

圖 4-2.12 2005 年 9 月 18 日 1200 LST ~ 2100 LST 中部地區之水平風場與 O₃ 濃度(ppb)分佈圖。



(a) 9/19 0000 LST

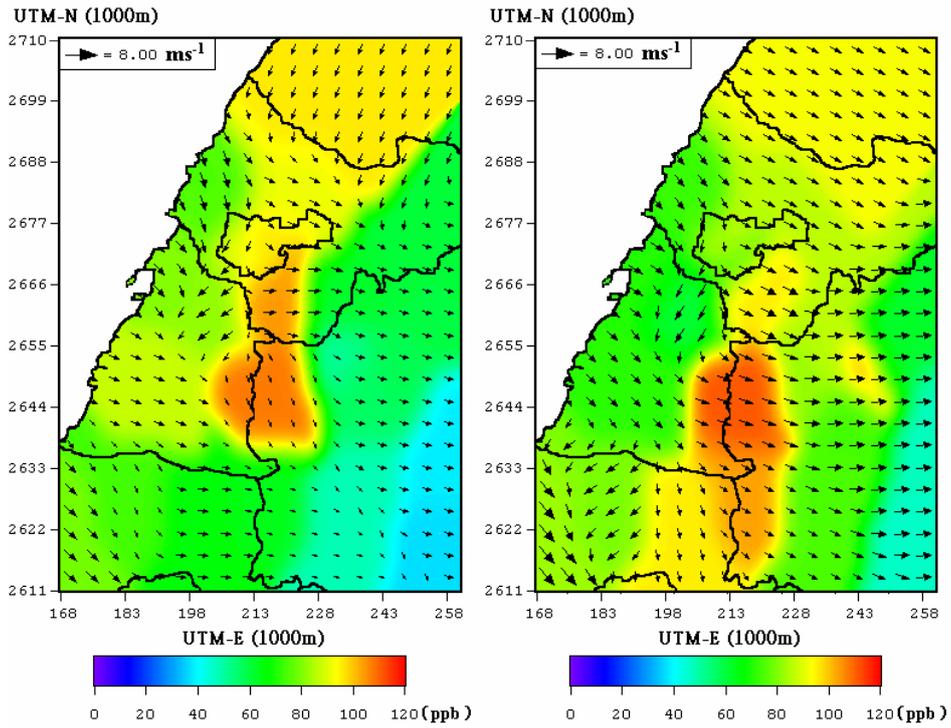
(b) 9/19 0300 LST



(c) 9/19 0600 LST

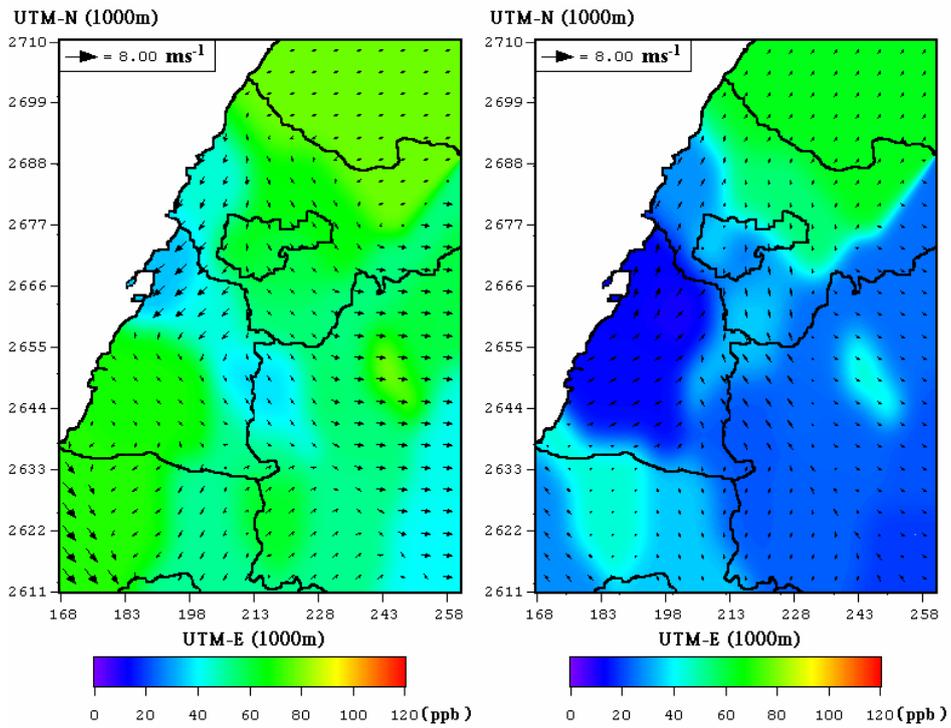
(d) 9/19 0900 LST

圖 4-2.13 2005 年 9 月 19 日 0000 LST ~ 0900 LST 中部地區之水平風場與 O₃ 濃度(ppb)分佈圖。



(a) 9/19 1200 LST

(b) 9/19 1500 LST



(c) 9/19 1800 LST

(d) 9/19 2100 LST

圖 4-2.14 2005 年 9 月 19 日 1200 LST ~ 2100 LST 中部地區之水平風場與 O₃ 濃度(ppb)分佈圖。

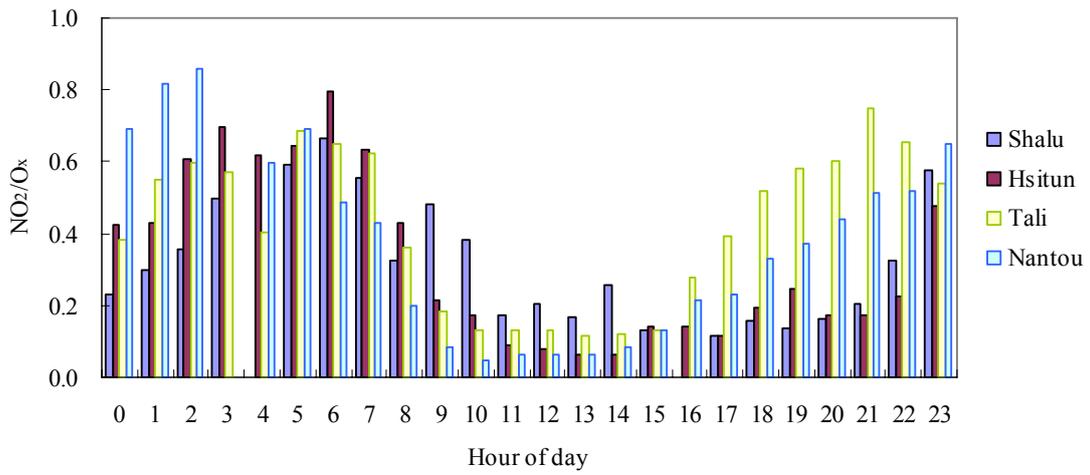


圖 4-2.15 2005 年 9 月 17 日沙鹿、西屯、大里與南投等監測站之 NO₂/O_x 比值變化圖。

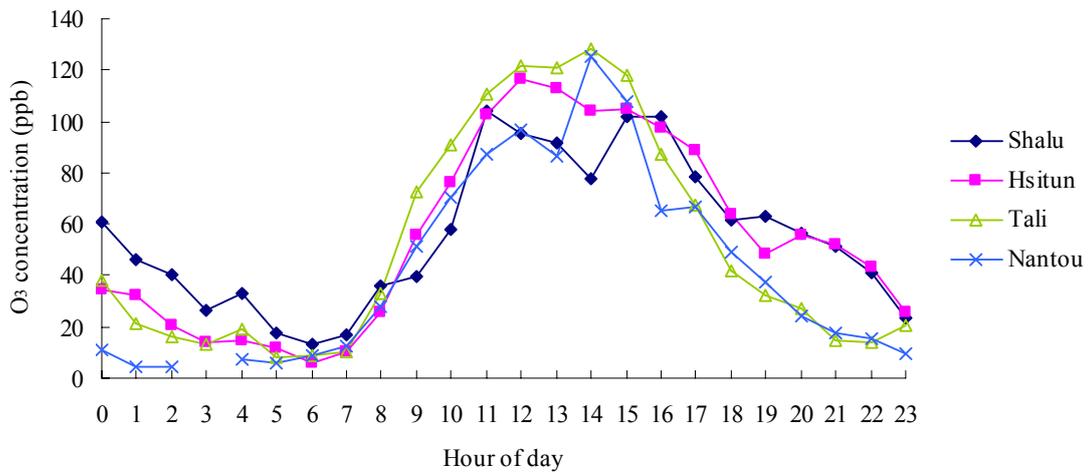


圖 4-2.16 2005 年 9 月 17 日沙鹿、西屯、大里與南投等監測站之 O₃ 水平濃度(ppb)變化趨勢圖。

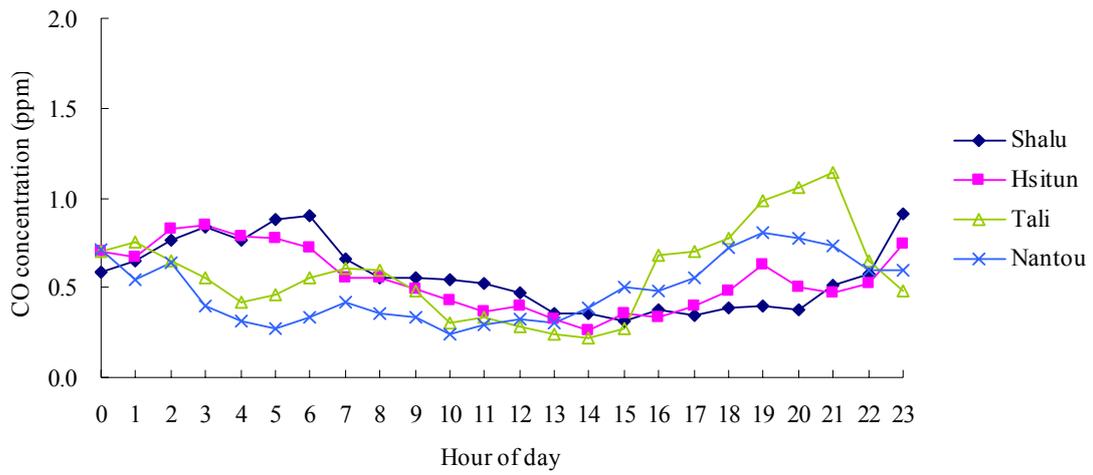


圖 4-2.17 2005 年 9 月 17 日沙鹿、西屯、大里與南投等監測站之 CO 水平濃度(ppm)變化趨勢圖。

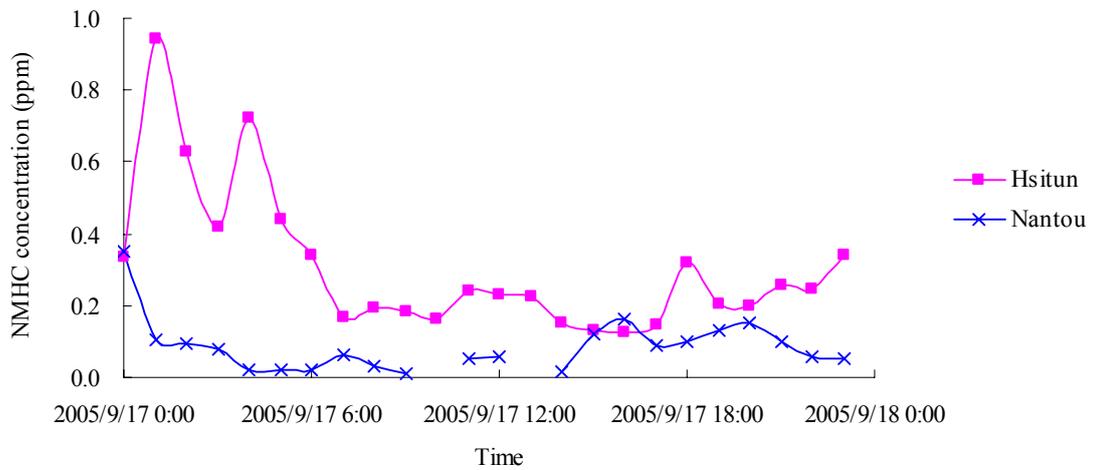


圖 4-2.18 2005 年 9 月 17 日西屯與南投監測站之 NMHC 濃度(ppm)變化趨勢圖。

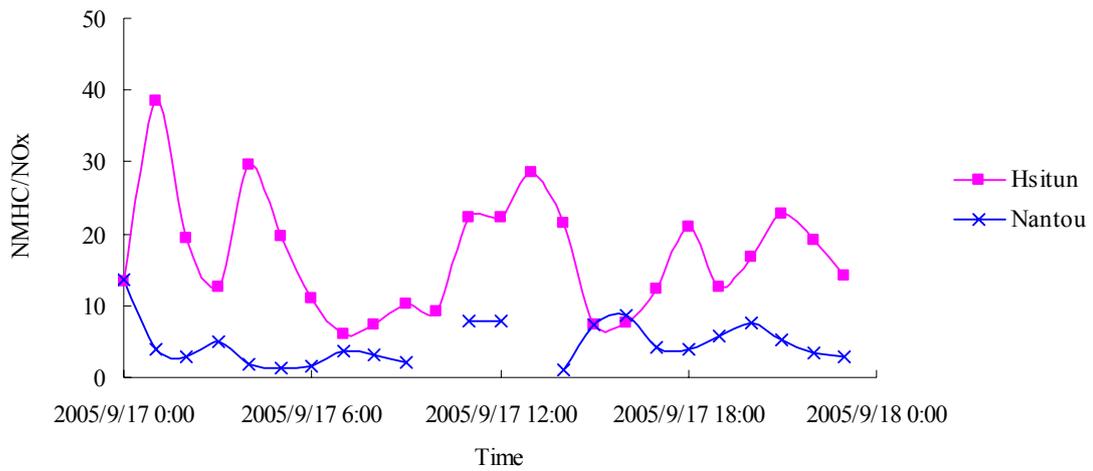


圖 4-2.19 2005 年 9 月 17 日西屯與南投監測站之 NMHC/NO_x 比值變化趨勢圖。

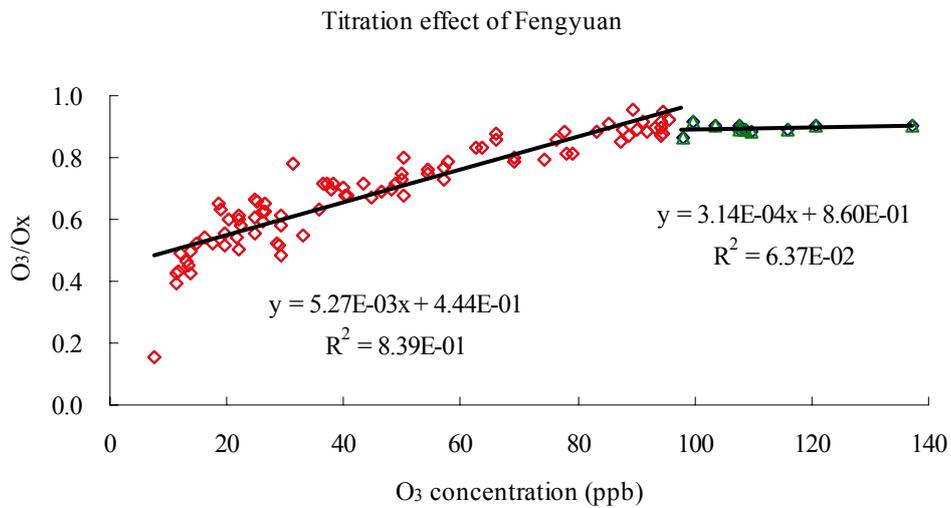


圖 4-2.20 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日豐原監測站 O₃ 濃度與 O₃/O_x 比值線性圖。

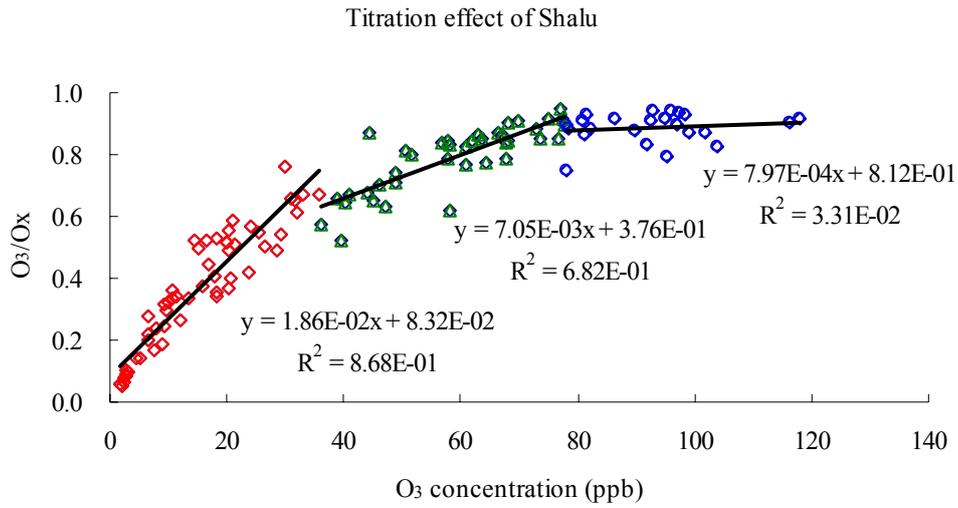


圖 4-2.21 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日沙鹿監測站 O₃ 濃度與 O₃/O_x 比值線性圖。

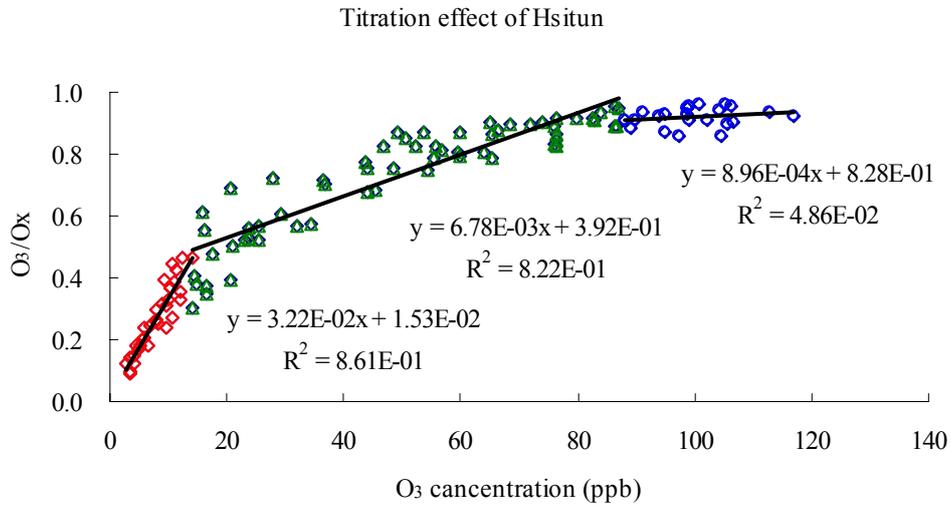


圖 4-2.22 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日西屯監測站 O₃ 濃度與 O₃/O_x 比值線性圖。

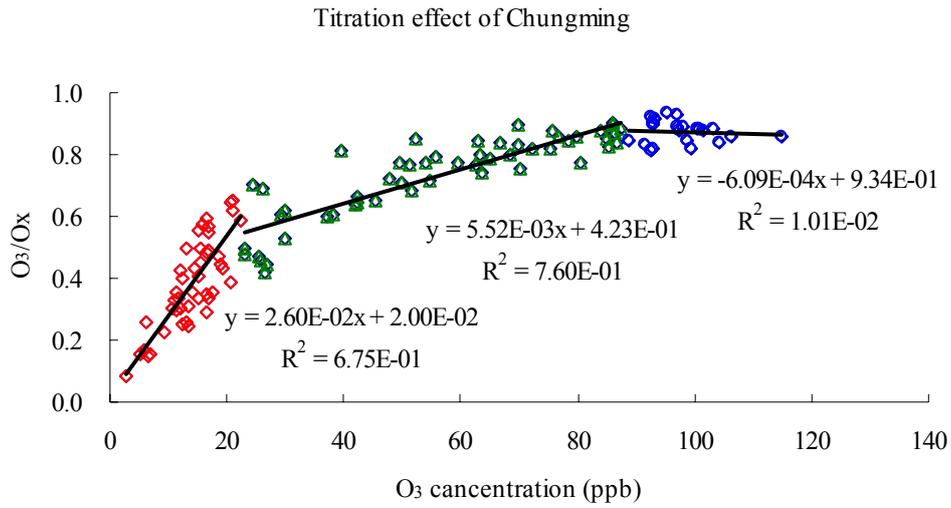


圖 4-2.23 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日忠明監測站 O_3 濃度與 O_3/O_x 比值線性圖。

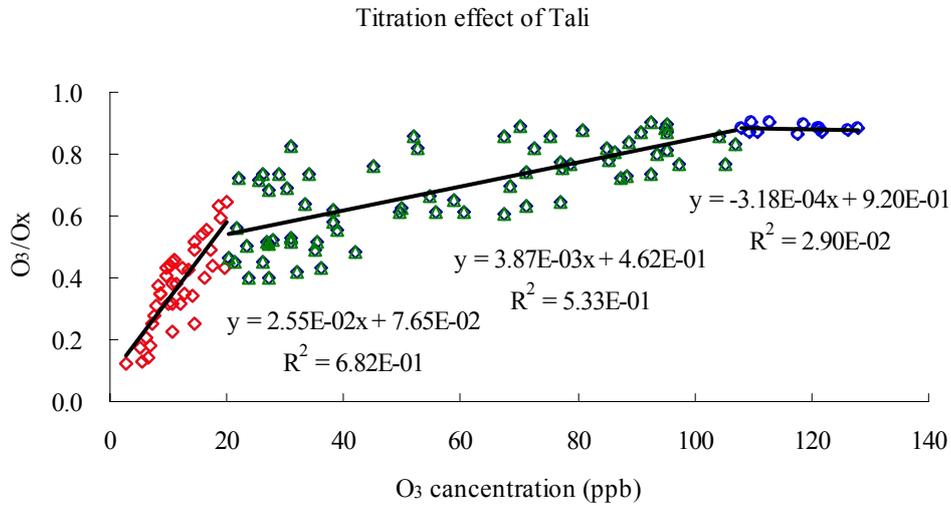


圖 4-2.24 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日大里監測站 O_3 濃度與 O_3/O_x 比值線性圖。

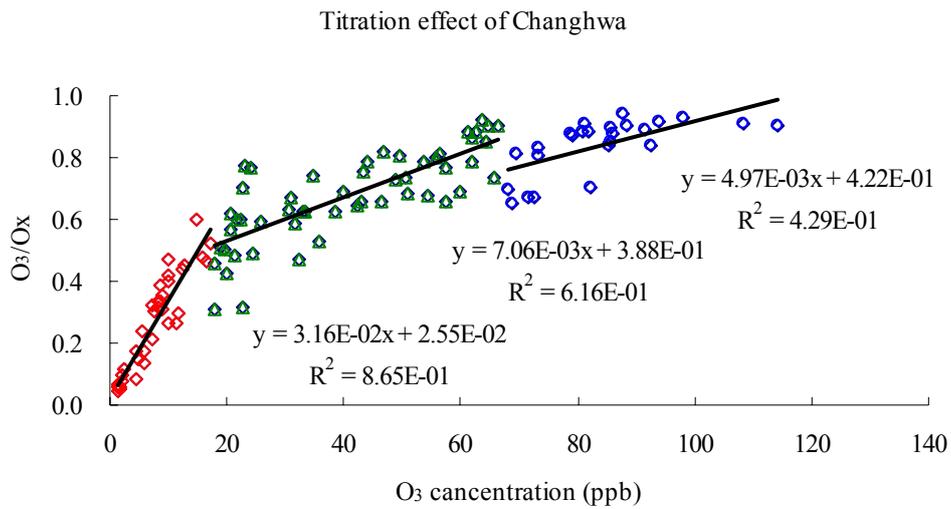


圖 4-2.25 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日彰化監測站 O₃ 濃度與 O₃/O_x 比值線性圖。

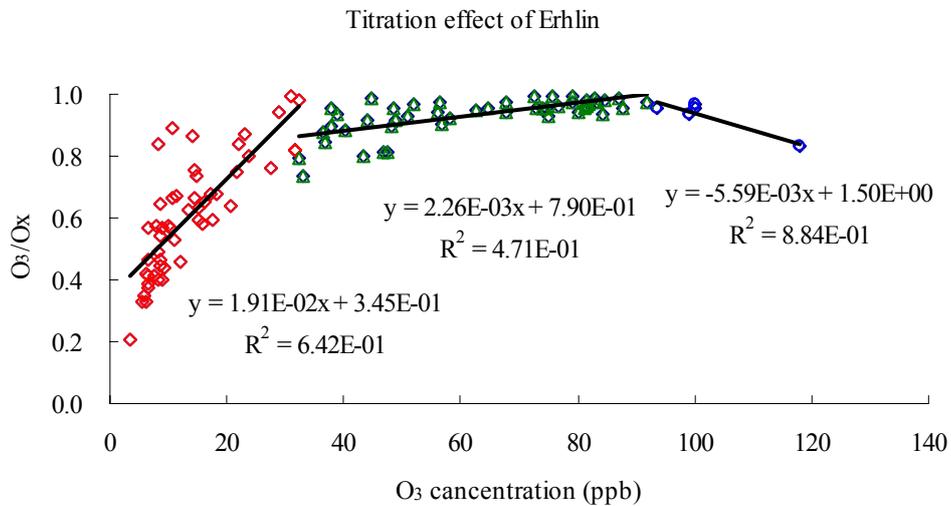


圖 4-2.26 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日二林監測站 O₃ 濃度與 O₃/O_x 比值線性圖。

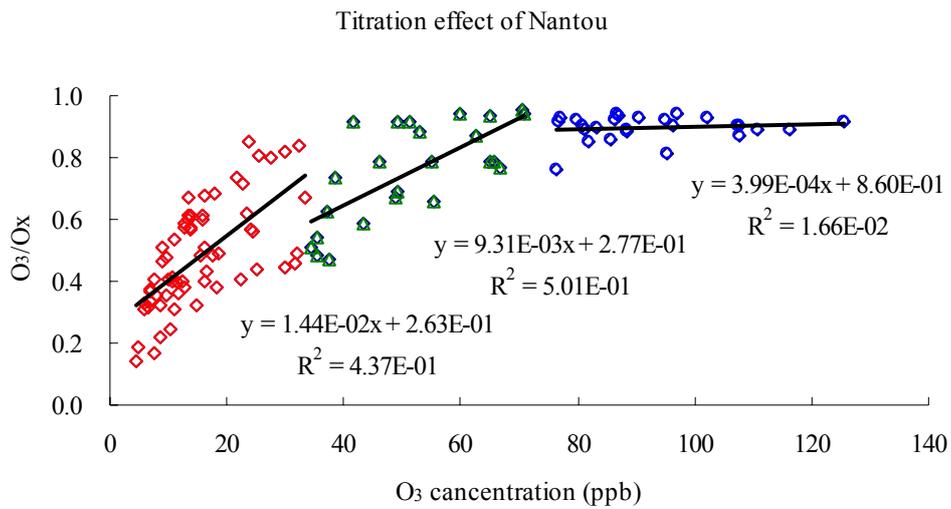


圖 4-2.27 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日南投監測站 O_3 濃度與 O_3/O_x 比值線性圖。

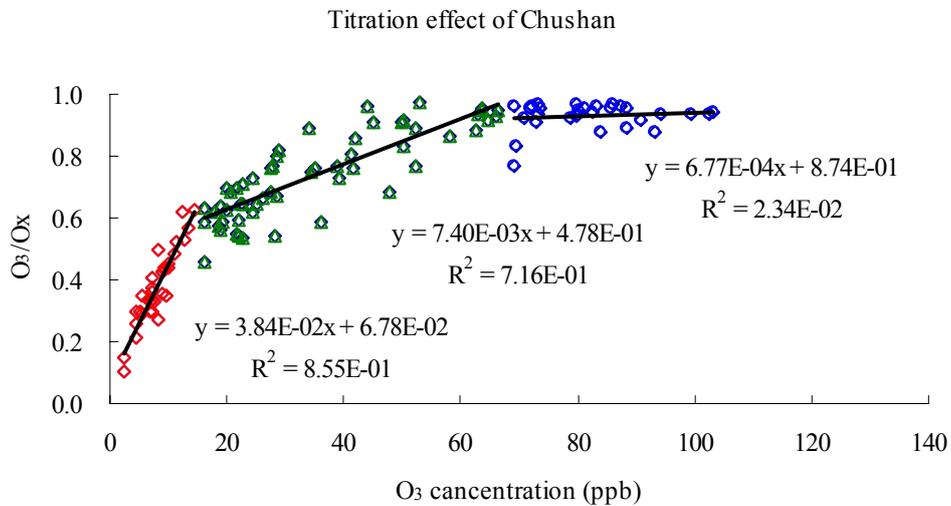
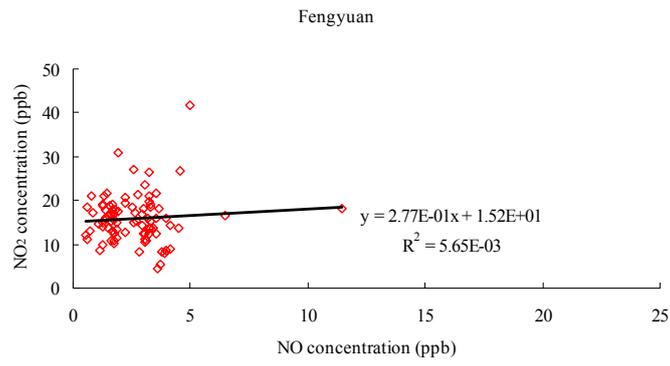
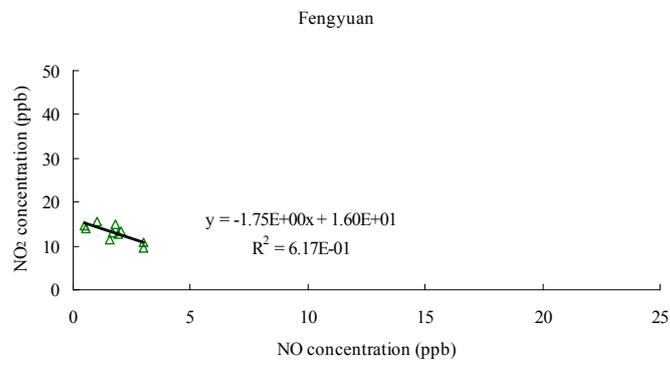


圖 4-2.28 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日竹山監測站 O_3 濃度與 O_3/O_x 比值線性圖。

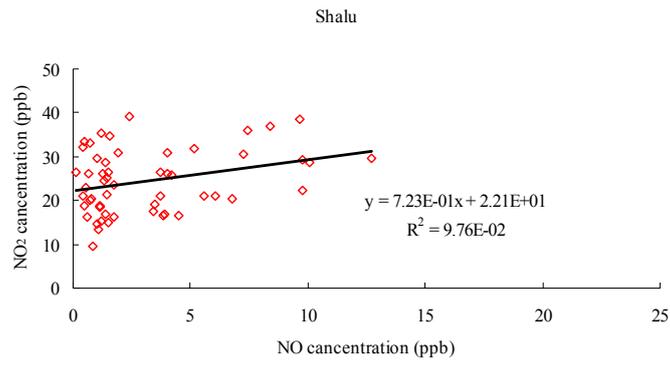


(a)

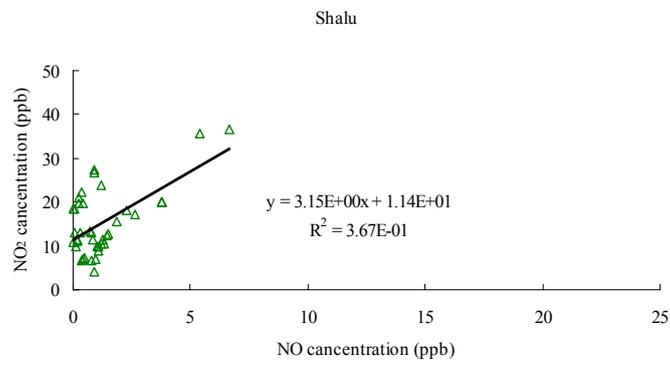


(b)

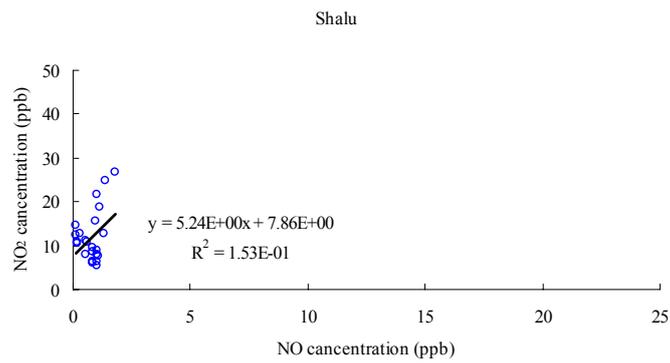
圖 4-2.29 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日 豐原 監測站 NO 濃度與 NO₂ 濃度 線性圖 (a) 第一 時段、(b) 第二 時段。



(a)

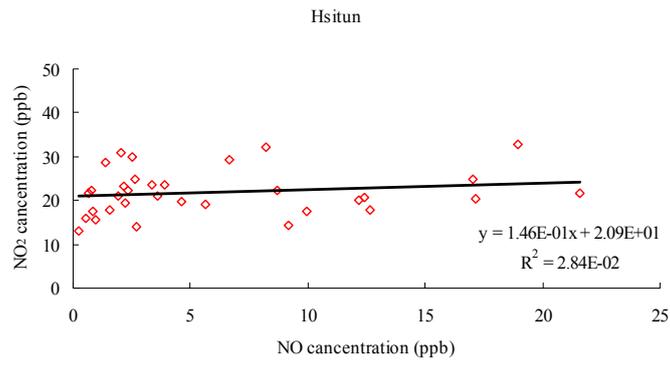


(b)

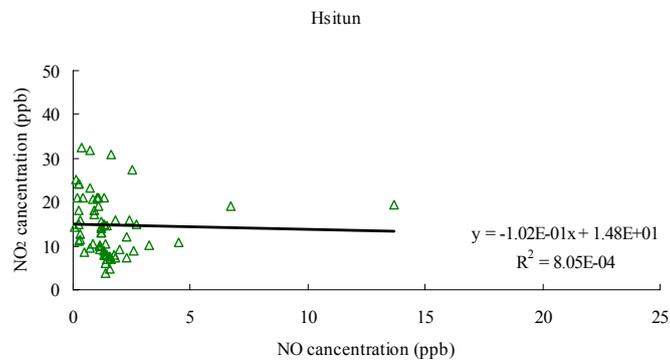


(c)

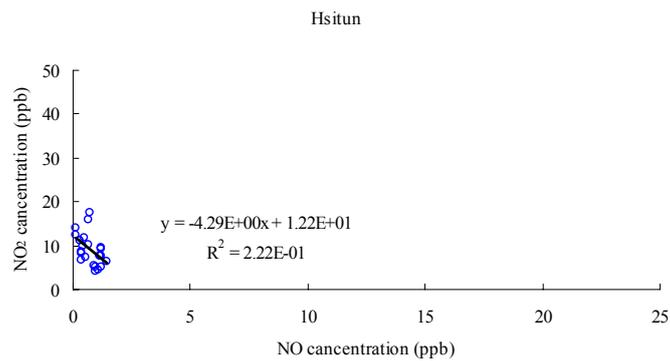
圖 4-2.30 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日沙鹿監測站 NO 濃度與 NO₂ 濃度線性圖(a)第一時段、(b)第二時段、(c)第三時段。



(a)

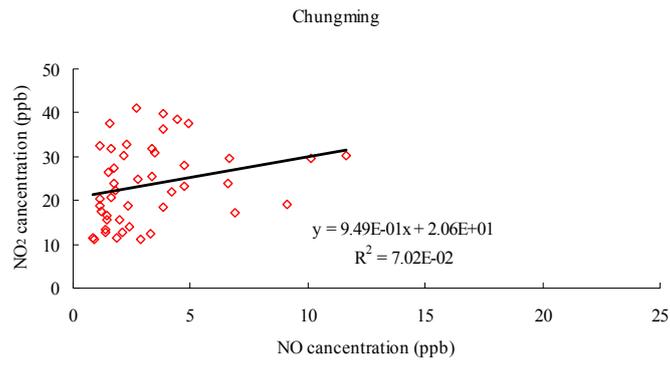


(b)

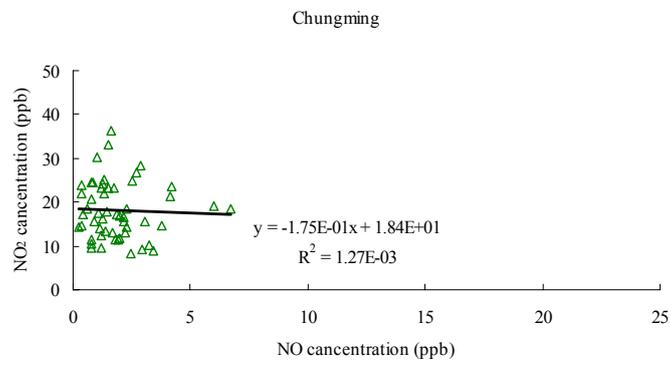


(c)

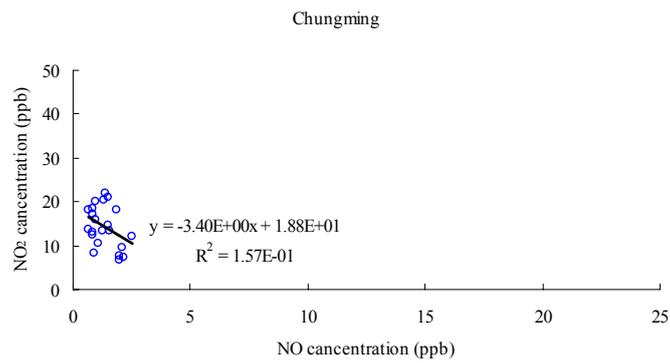
圖 4-2.31 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日 西 屯 監 測 站 NO 濃 度 與 NO₂ 濃 度 線 性 圖 (a) 第 一 時 段、(b) 第 二 時 段、(c) 第 三 時 段。



(a)



(b)



(c)

圖 4-2.32 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日 忠明 監測 站 NO 濃 度 與 NO₂ 濃 度 線 性 圖 (a) 第 一 時 段、(b) 第 二 時 段、(c) 第 三 時 段。

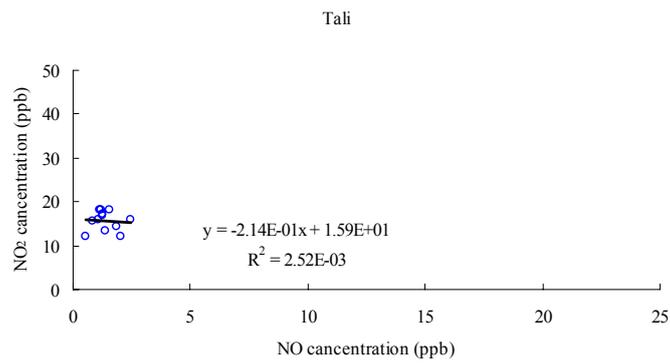
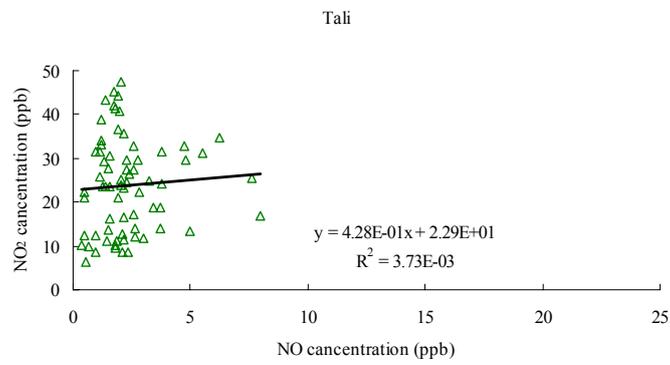
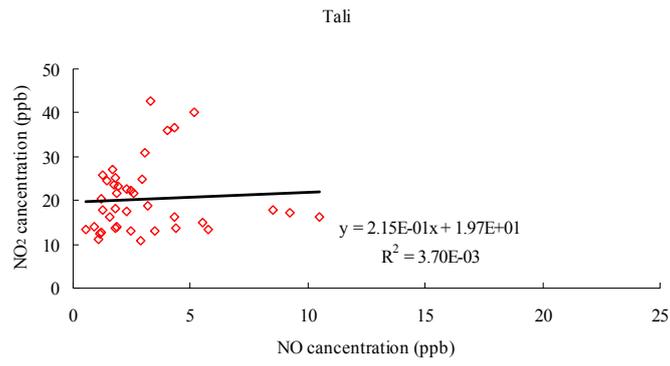
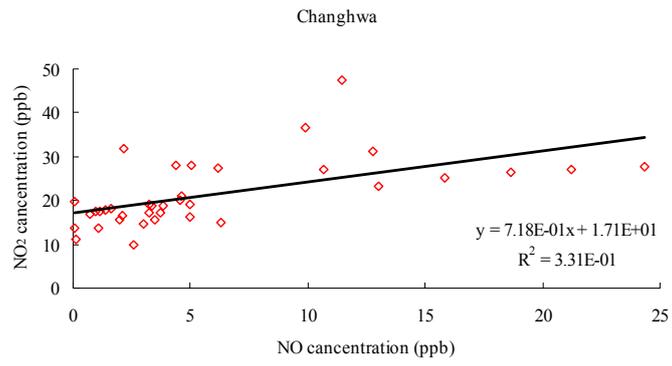
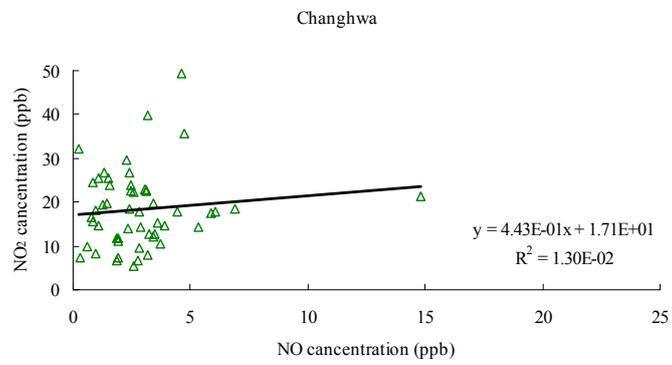


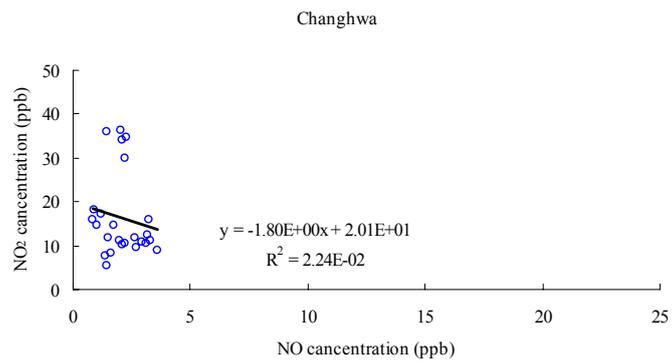
圖 4-2.33 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日大里監測站 NO 濃度與 NO₂ 濃度線性圖(a)第一時段、(b)第二時段、(c)第三時段。



(a)

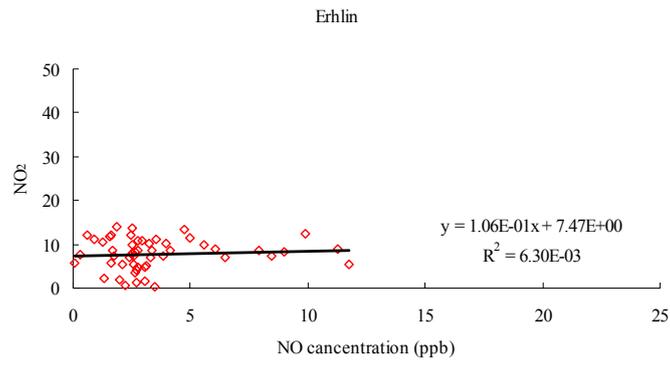


(b)

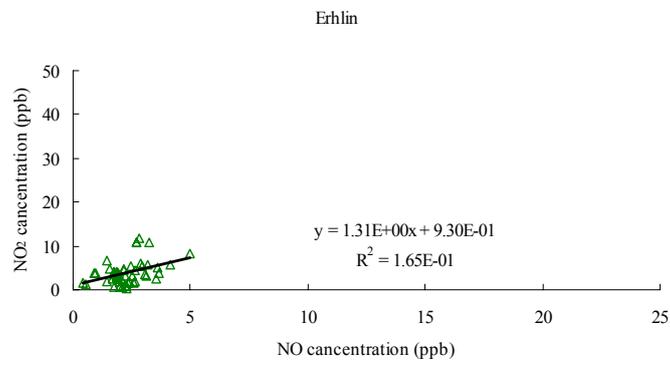


(c)

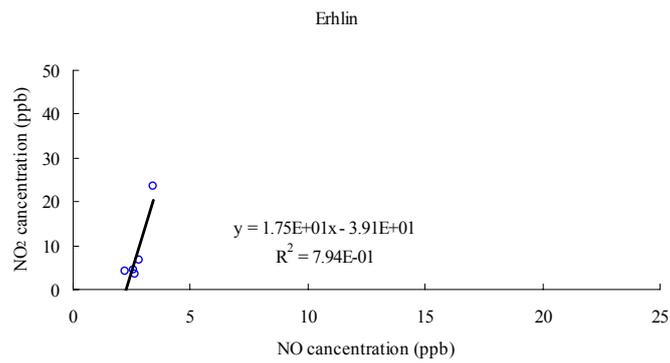
圖 4-2.34 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日 彰化 監測 站 NO 濃 度 與 NO₂ 濃 度 線 性 圖 (a) 第 一 時 段、(b) 第 二 時 段、(c) 第 三 時 段。



(a)

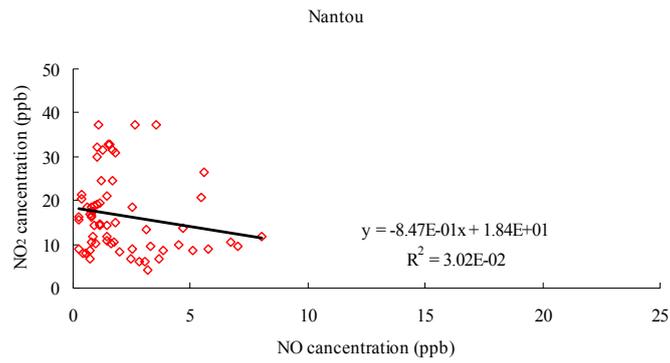


(b)

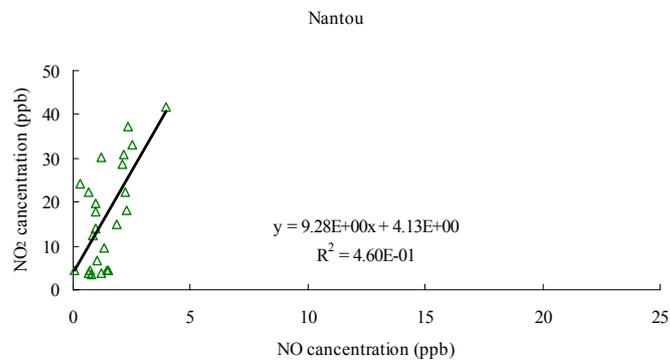


(c)

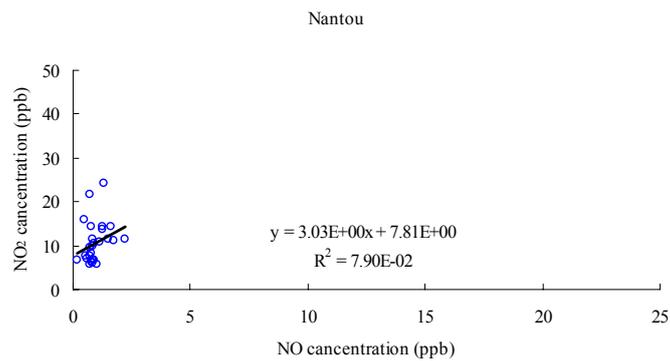
圖 4-2.35 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日 二林 監測 站 NO 濃 度 與 NO₂ 濃 度 線 性 圖 (a) 第 一 時 段、(b) 第 二 時 段、(c) 第 三 時 段。



(a)

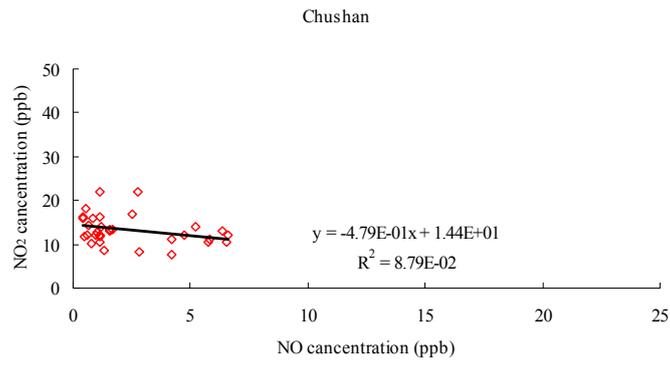


(b)

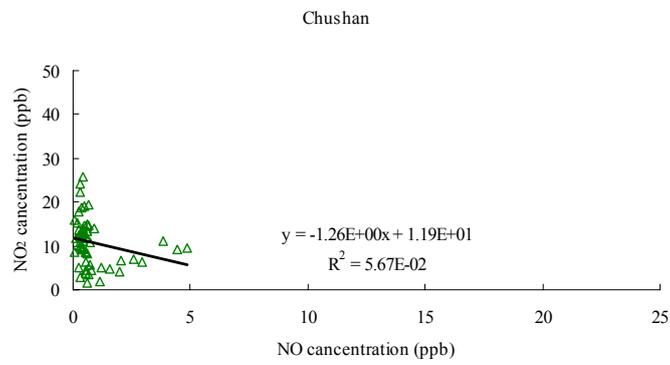


(c)

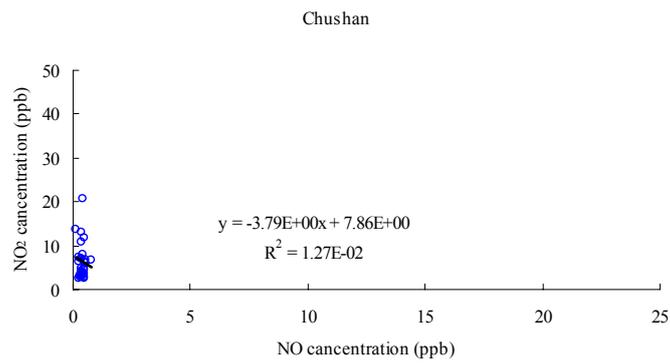
圖 4-2.36 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日 南投 監測 站 NO 濃 度 與 NO₂ 濃 度 線 性 圖 (a) 第 一 時 段、(b) 第 二 時 段、(c) 第 三 時 段。



(a)

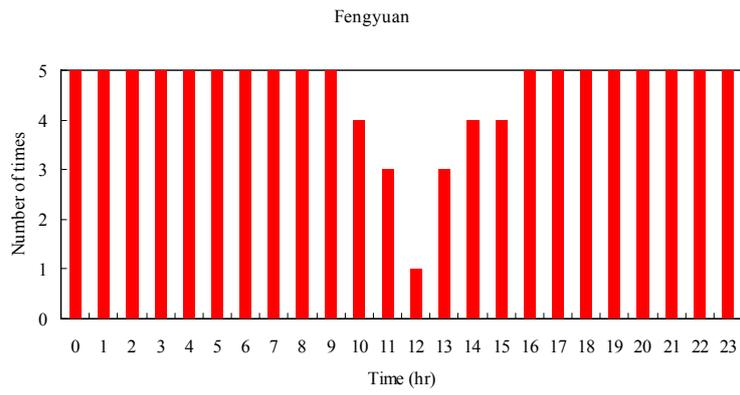


(b)

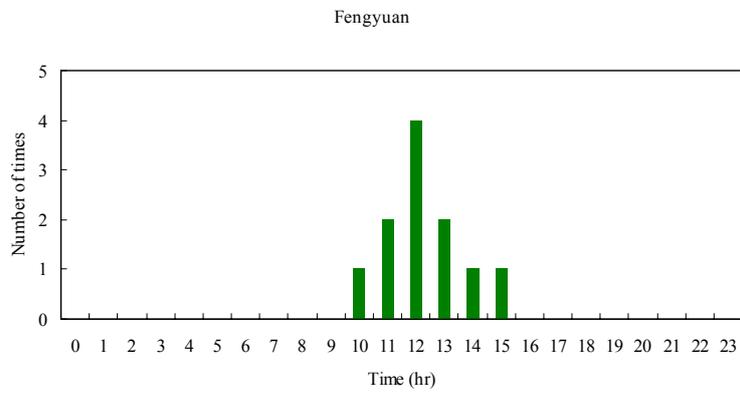


(c)

圖 4-2.37 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日竹山監測站 NO 濃度與 NO₂ 濃度線性圖(a)第一時段、(b)第二時段、(c)第三時段。

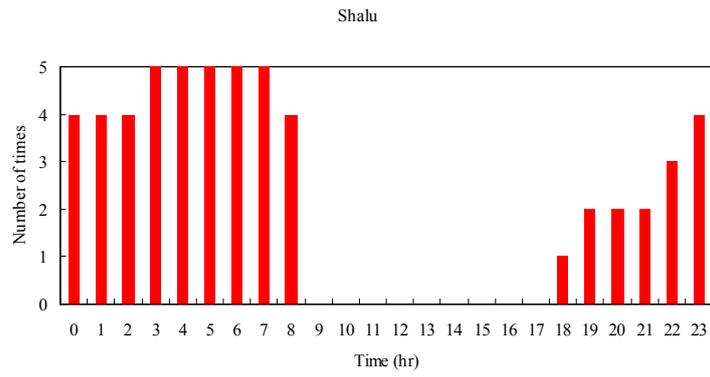


(a)

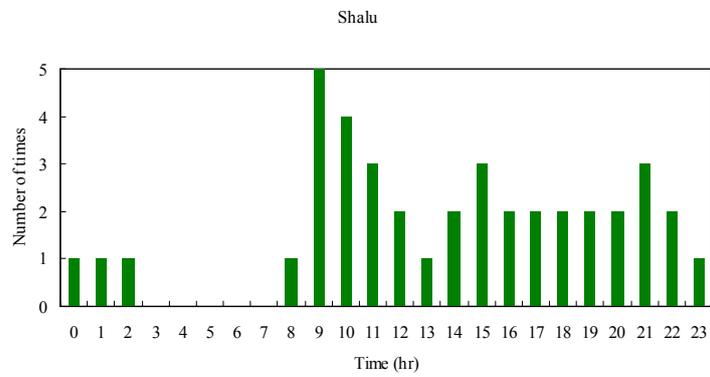


(b)

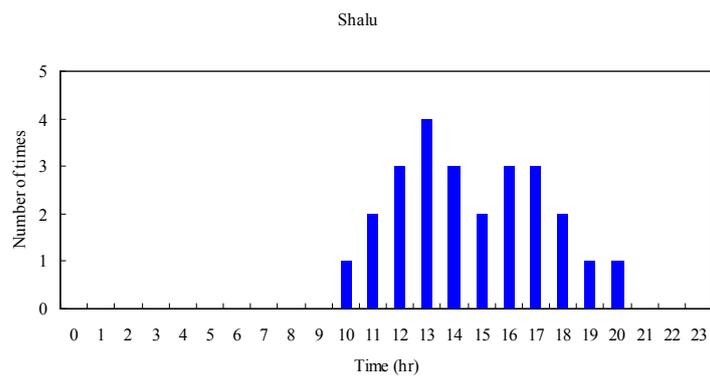
圖 4-2.38 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日豐原監測站 O₃ 濃度出現次數
圖(a)第一時段、(b)第二時段。



(a)

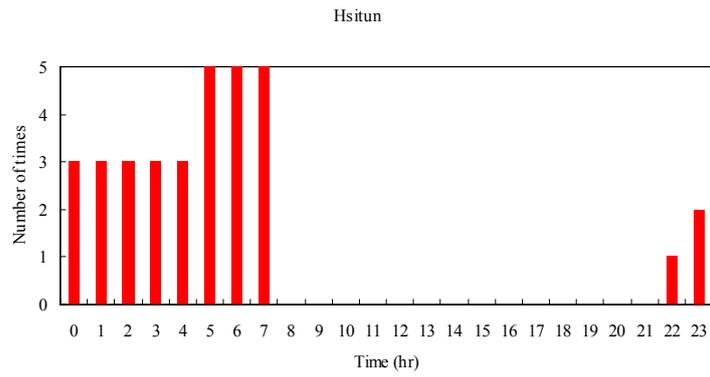


(b)

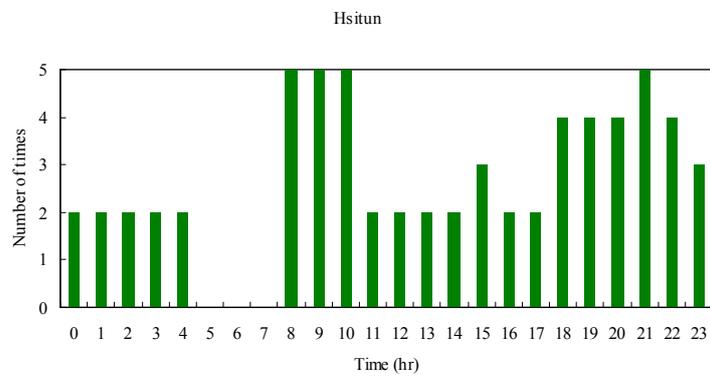


(c)

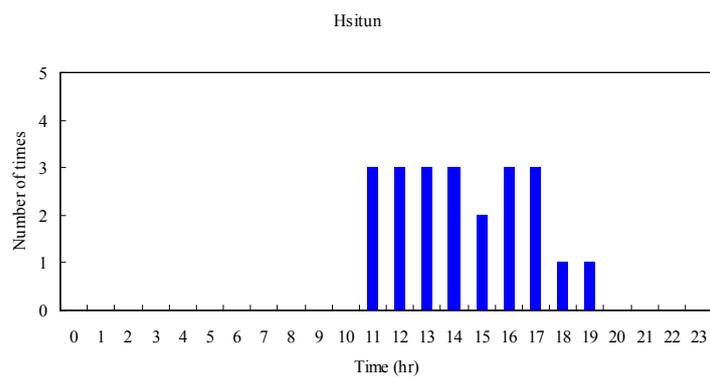
圖 4-2.39 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日沙鹿監測站 O₃ 濃度出現次數
圖(a)第一時段、(b)第二時段、(c)第三時段。



(a)



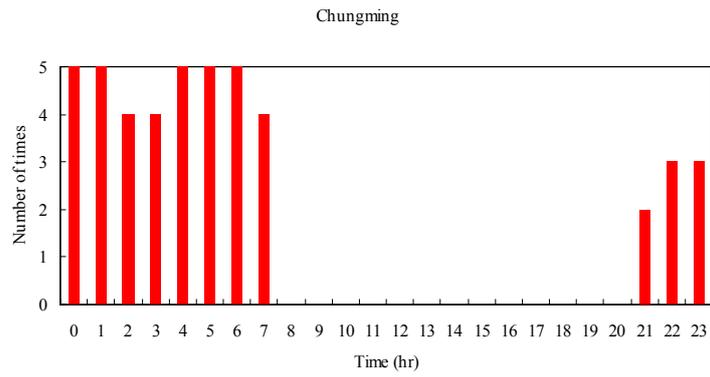
(b)



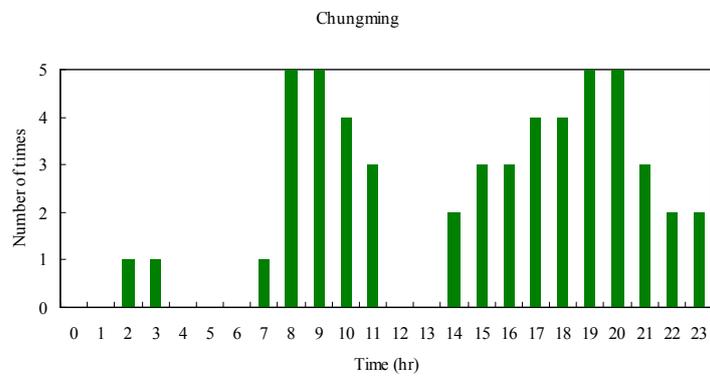
(c)

圖 4-2.40 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日西屯監測站 O₃ 濃度出現次數

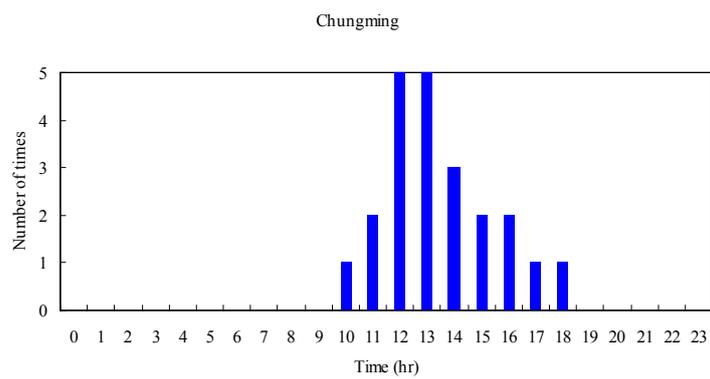
圖(a)第一時段、(b)第二時段、(c)第三時段。



(a)



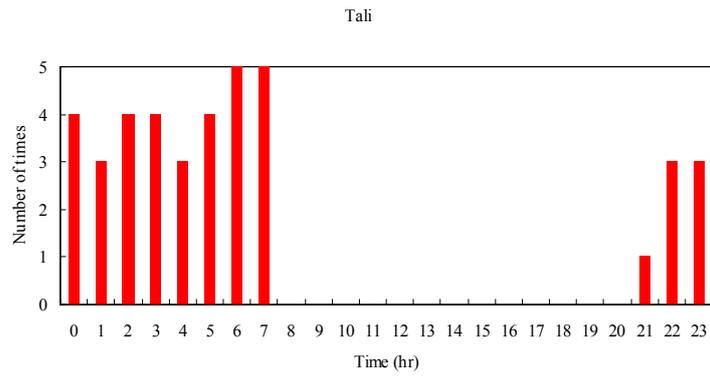
(b)



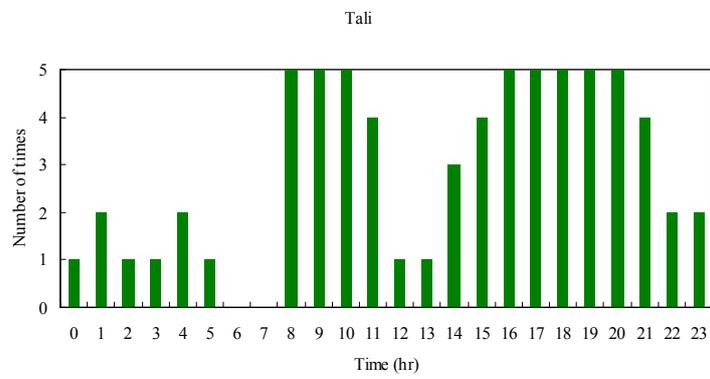
(c)

圖 4-2.41 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日 忠明 監測 站 O_3 濃 度 出 現 次 數

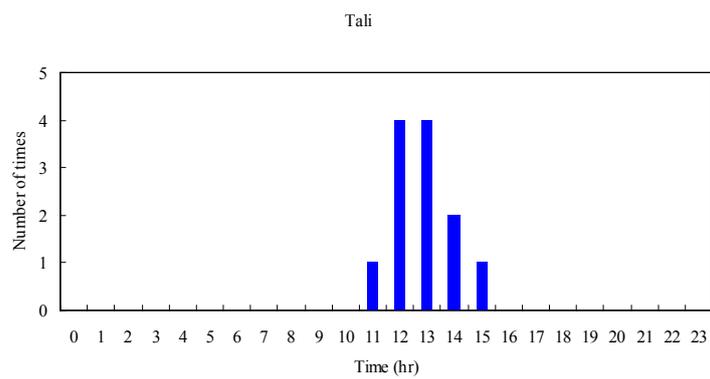
圖(a)第一時段、(b)第二時段、(c)第三時段。



(a)



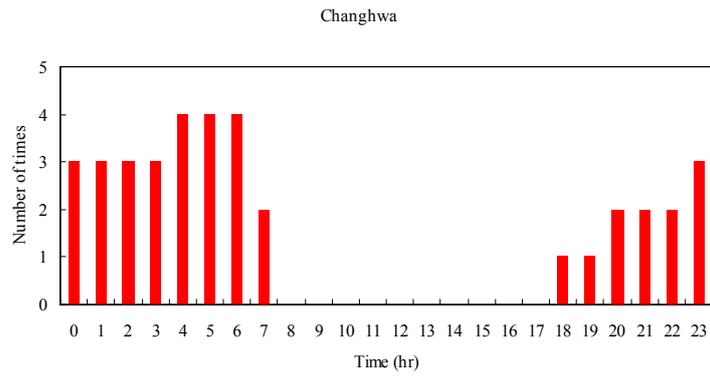
(b)



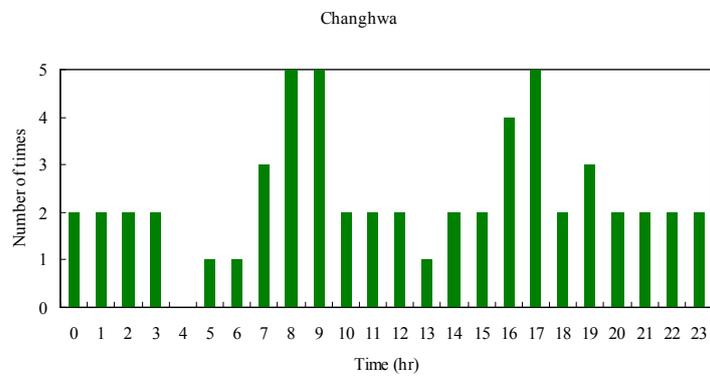
(c)

圖 4-2.42 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日大里監測站 O₃ 濃度出現次數

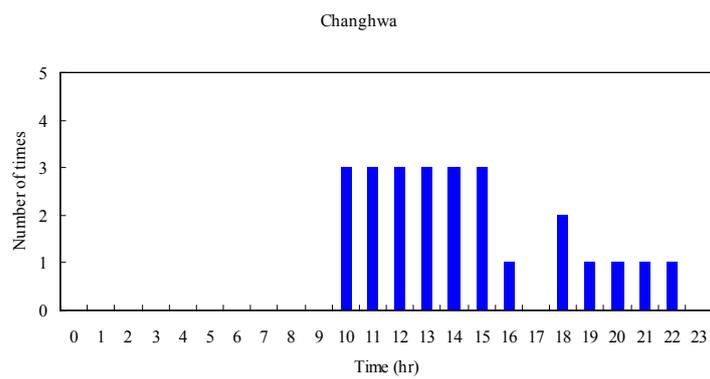
圖(a)第一時段、(b)第二時段、(c)第三時段。



(a)



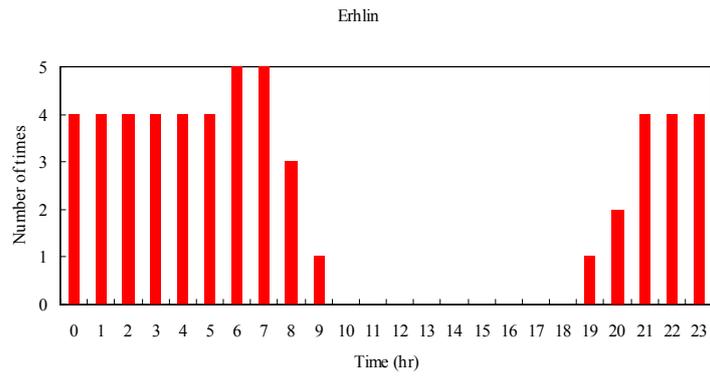
(b)



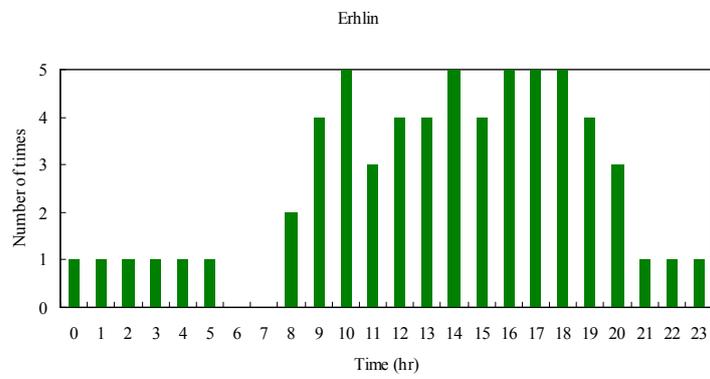
(c)

圖 4-2.43 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日彰化監測站 O₃ 濃度出現次數

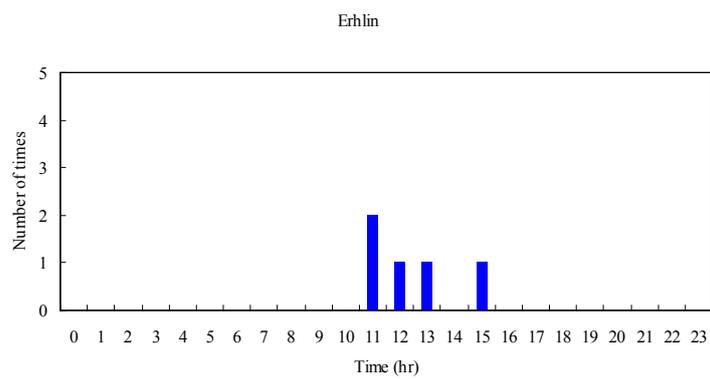
圖(a)第一時段、(b)第二時段、(c)第三時段。



(a)



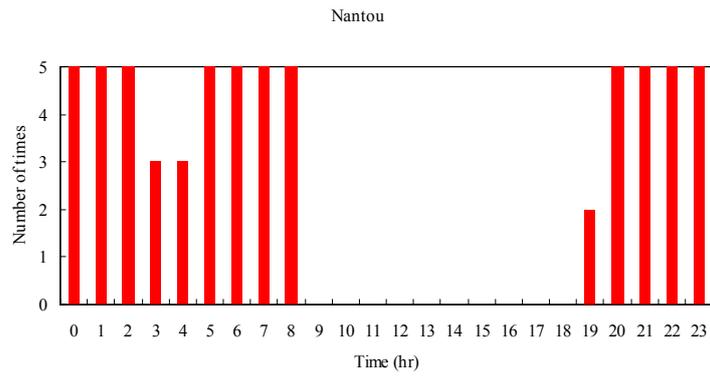
(b)



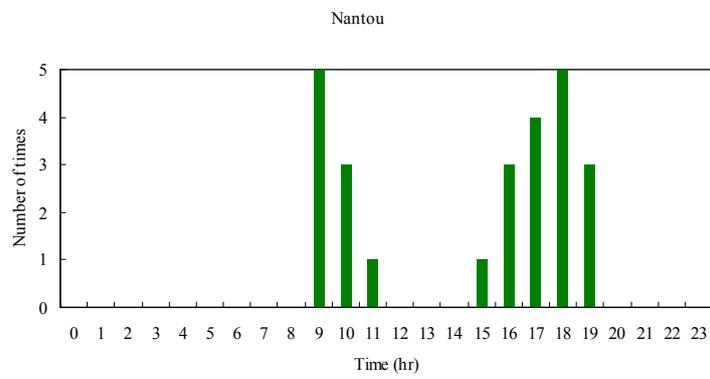
(c)

圖 4-2.44 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日二林監測站 O₃ 濃度出現次數

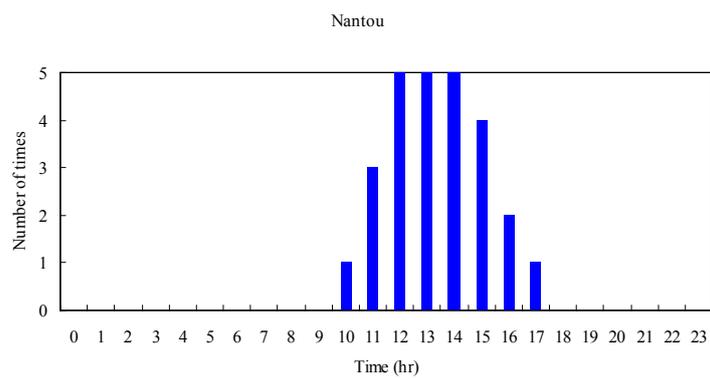
圖(a)第一時段、(b)第二時段、(c)第三時段。



(a)



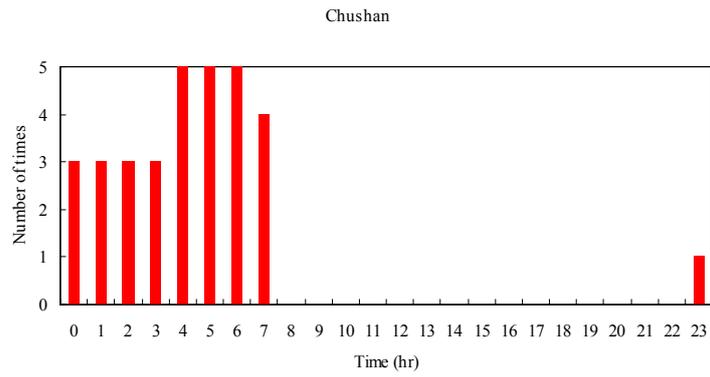
(b)



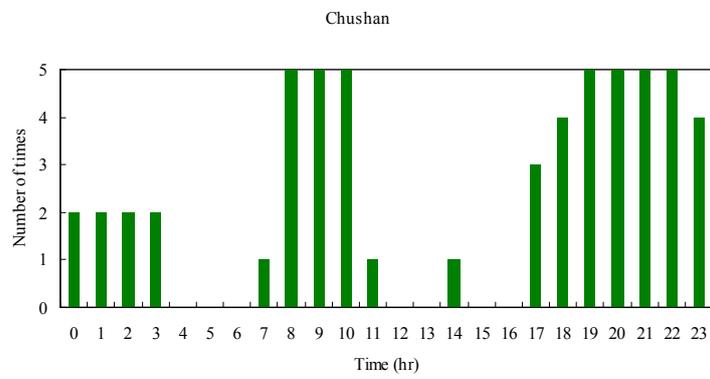
(c)

圖 4-2.45 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日南投監測站 O₃ 濃度出現次數

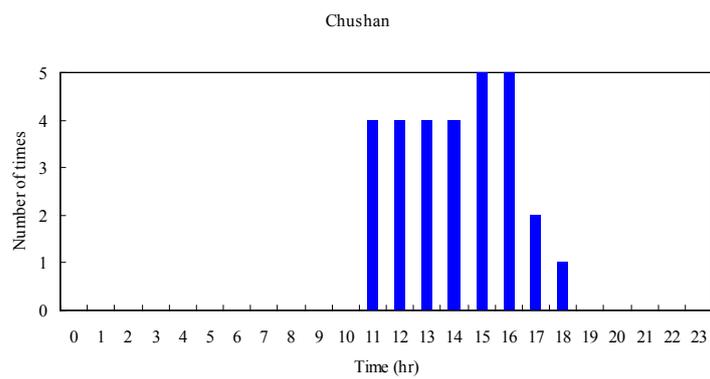
圖(a)第一時段、(b)第二時段、(c)第三時段。



(a)



(b)



(c)

圖 4-2.46 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日竹山監測站 O₃ 濃度出現次數
圖(a)第一時段、(b)第二時段、(c)第三時段。

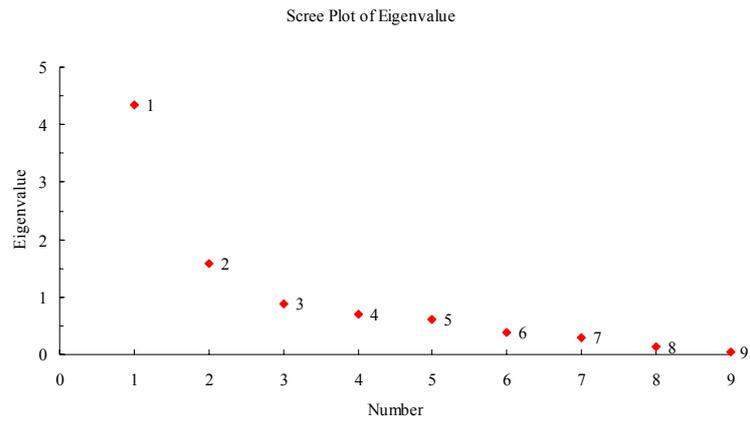


圖 4-2.47 第一時段之 O₃ 濃度反應特徵圖。

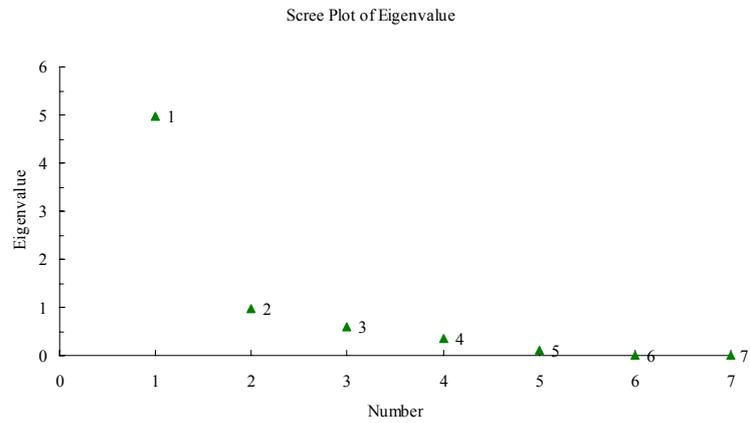


圖 4-2.48 第二時段之 O₃ 濃度反應特徵圖。

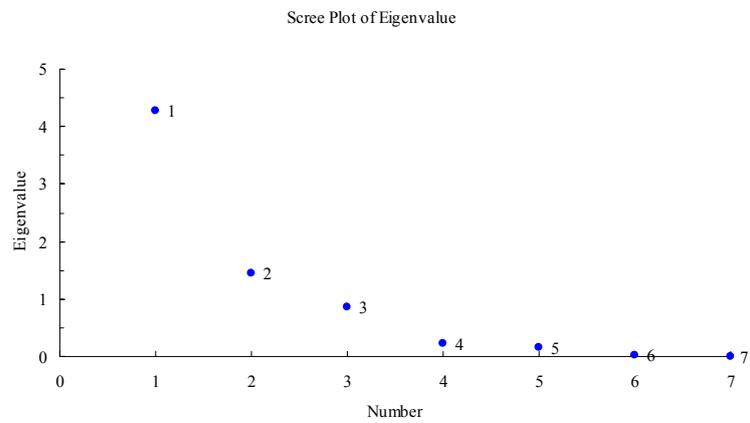
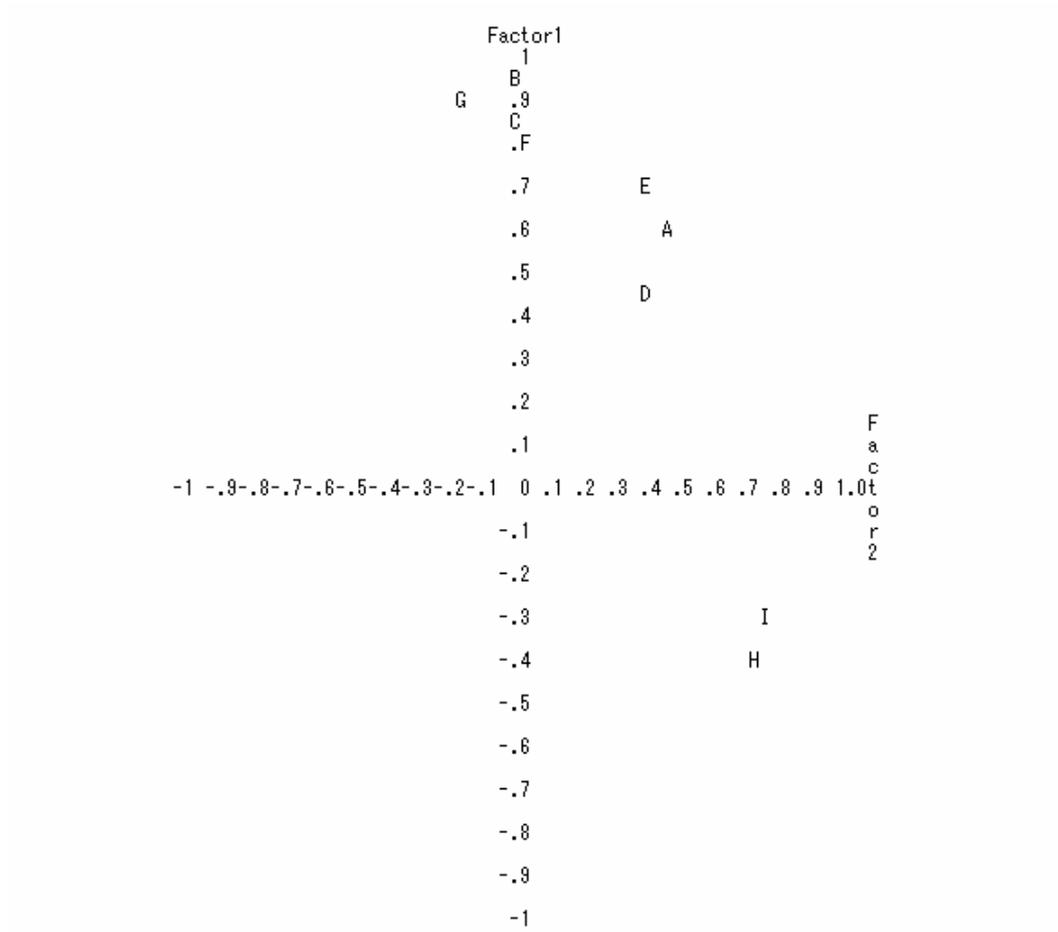
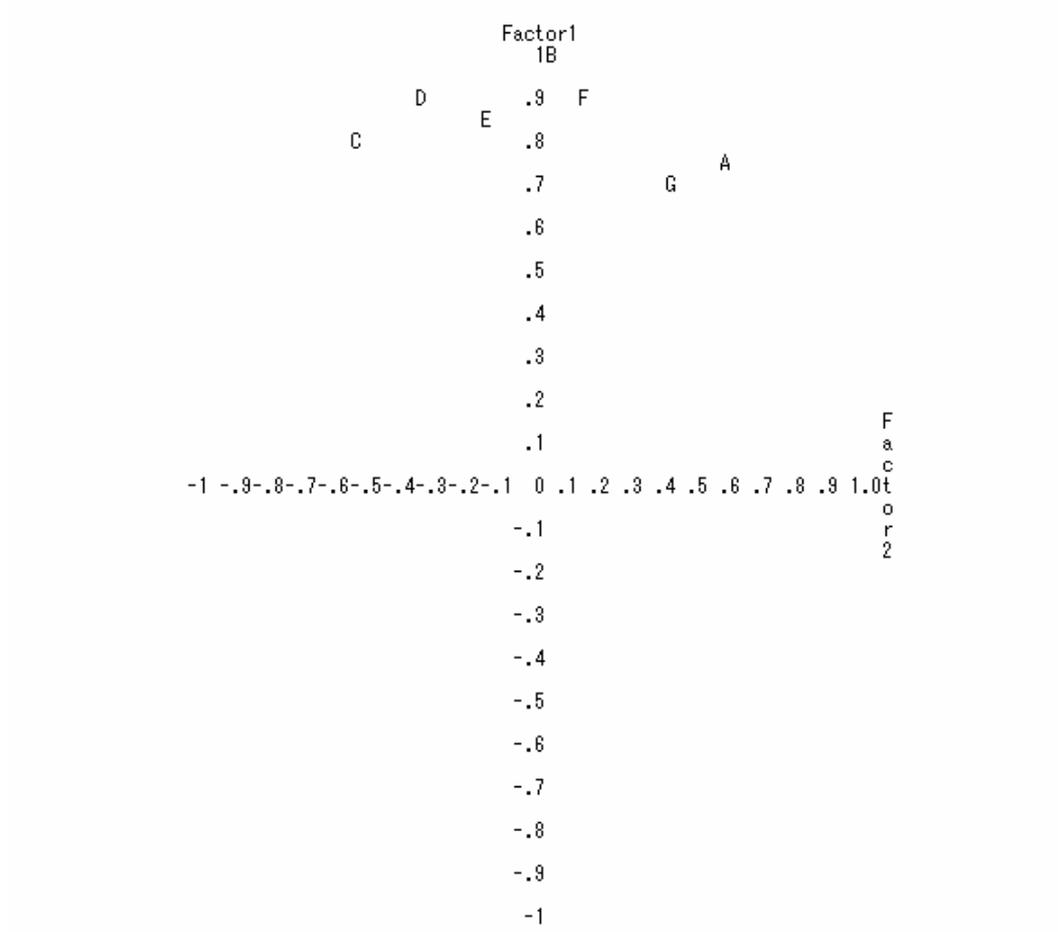


圖 4-2.49 第三時段之 O₃ 濃度反應特徵圖。



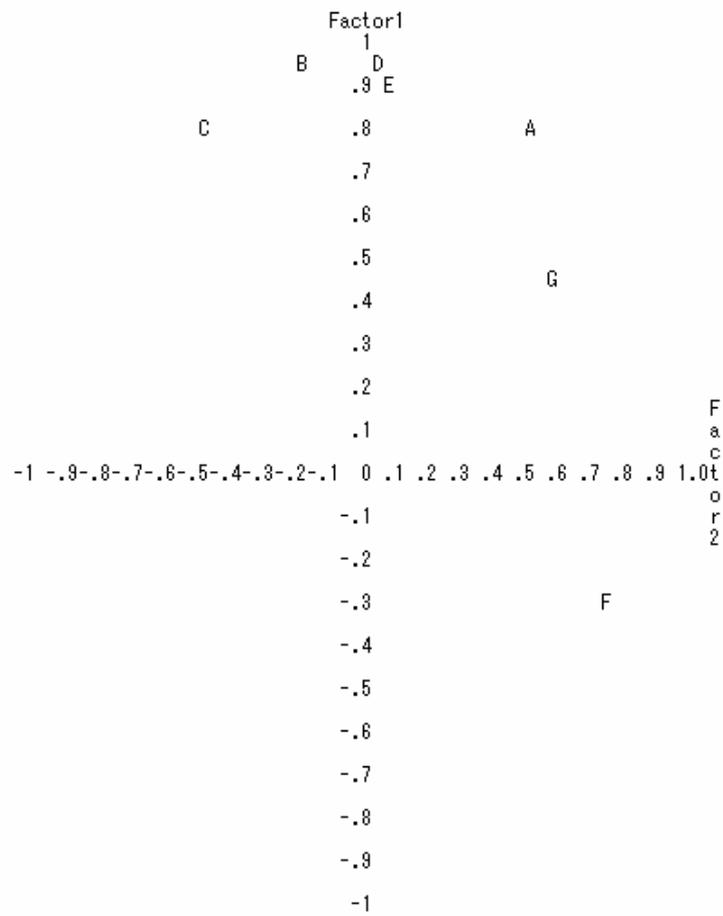
註：A：豐原、B：沙鹿、C：西屯、D：忠明、E：大里、F：彰化、G：二林、
H：南投、I：竹山。

圖 4-2.50 第一時段之 O₃ 濃度反應特徵分佈圖。



註：A：沙鹿、B：西屯、C：忠明、D：大里、E：二林、F：南投、G：竹山。

圖 4-2.51 第二時段之 O₃ 濃度反應特徵分佈圖。



註：A：沙鹿、B：西屯、C：忠明、D：大里、E：彰化、F：南投、G：竹山。

圖 4-2.52 第三時段之 O₃ 濃度反應特徵分佈圖。

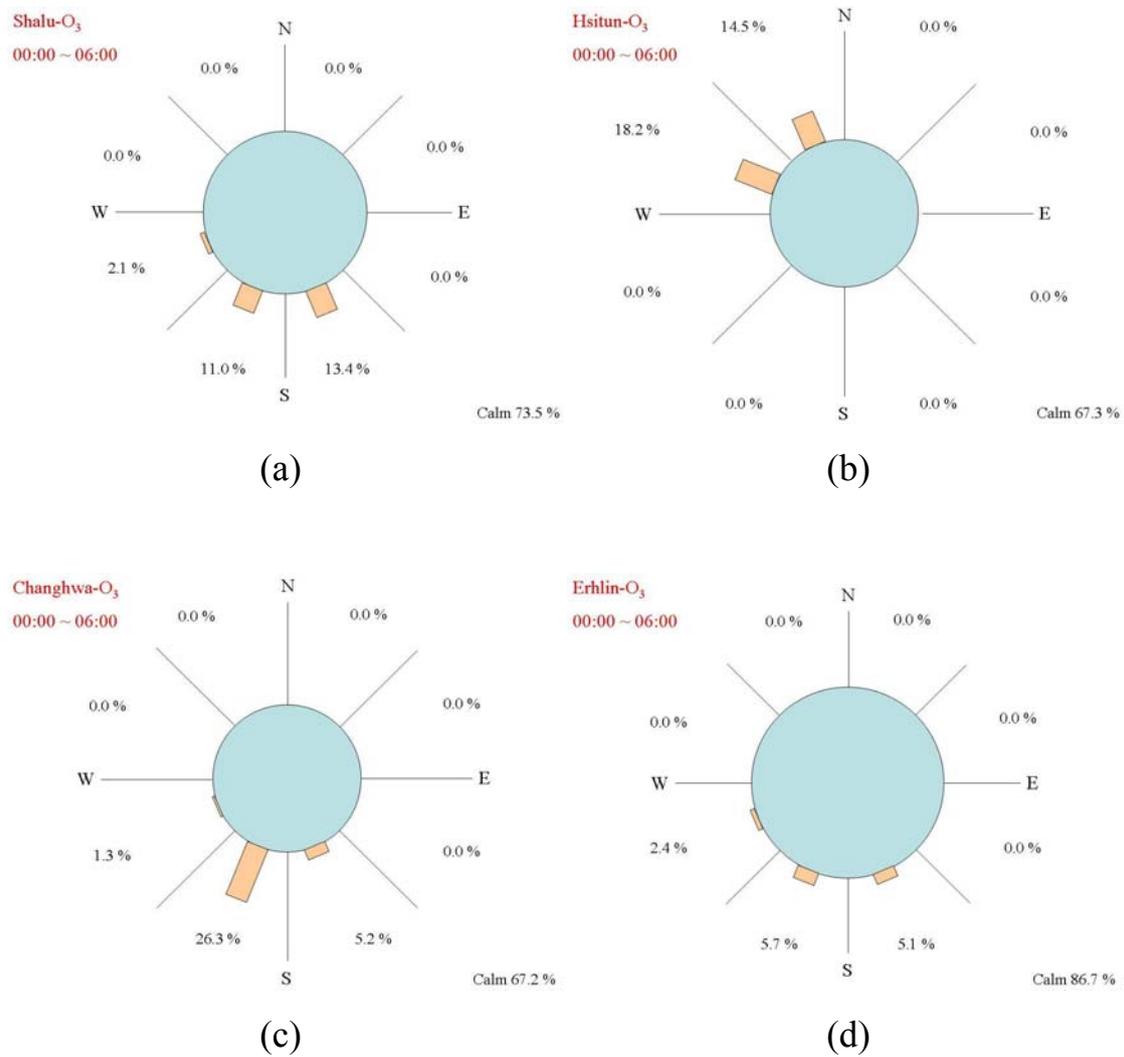


圖 4-2.53 第一時段之 O₃ 來源圖(a)沙鹿、(b)西屯、(c)彰化、(d)二林。

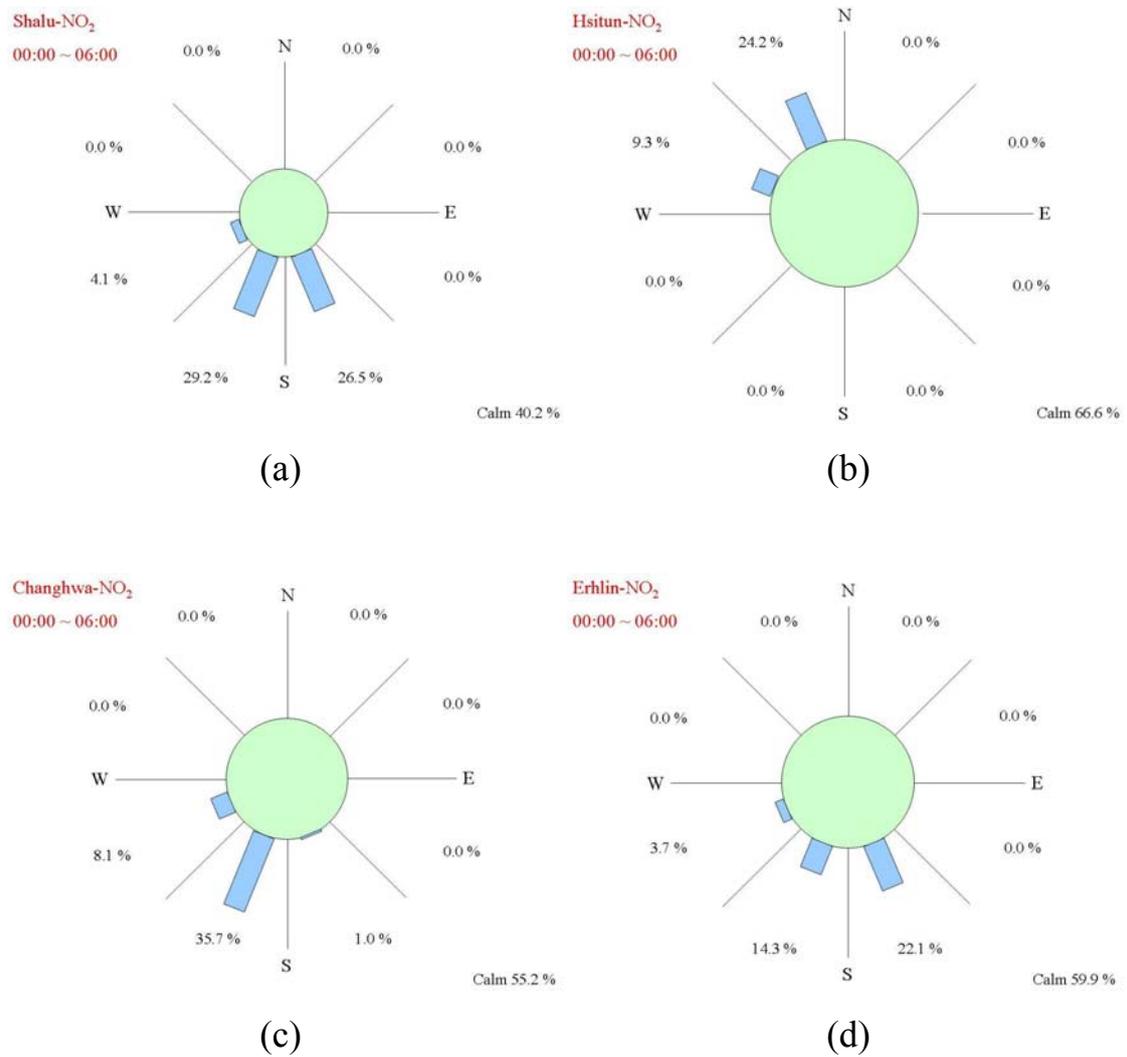


圖 4-2.54 第一時段之 NO₂ 來源圖(a)沙鹿、(b)西屯、(c)彰化、(d)二林。

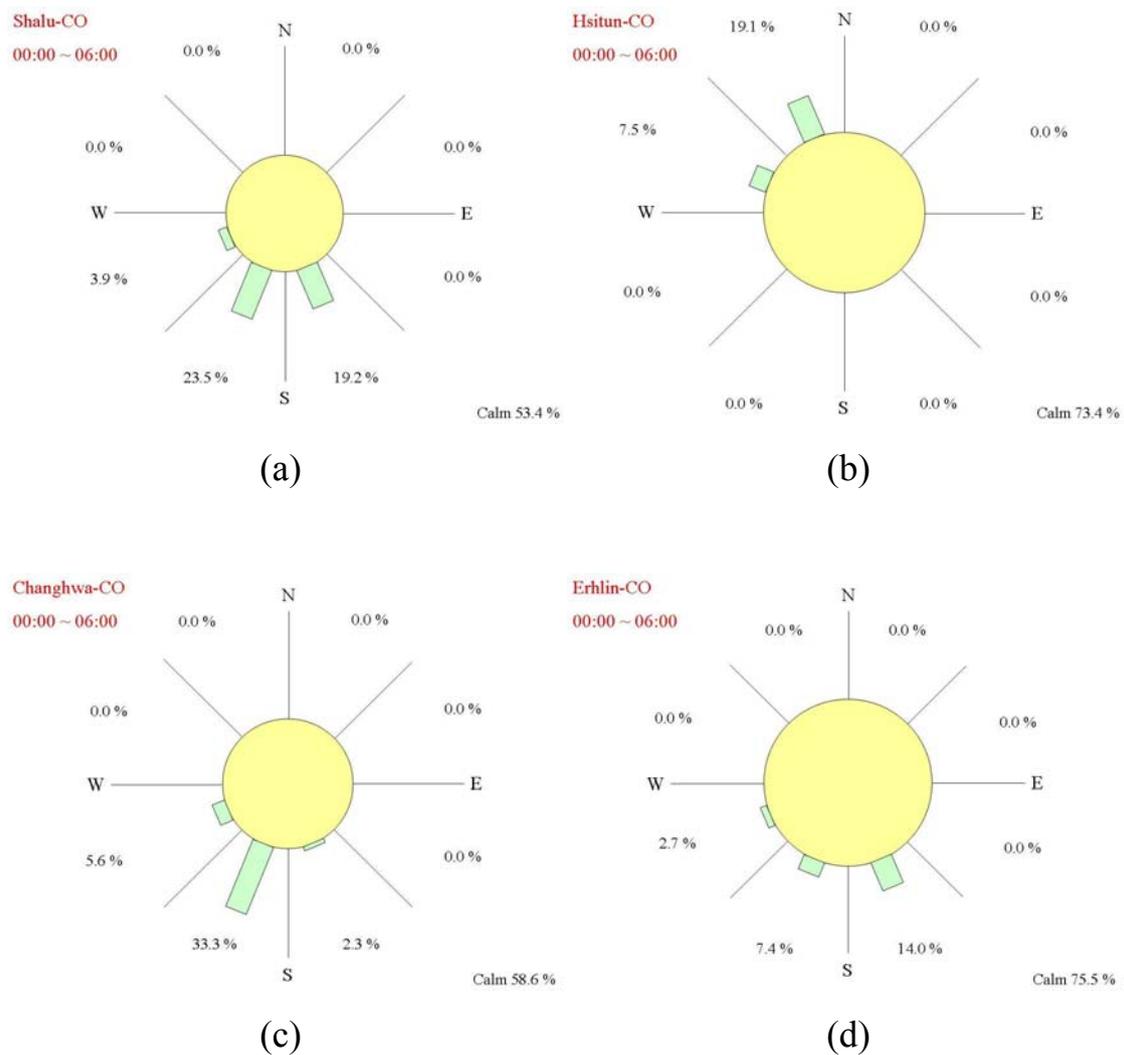
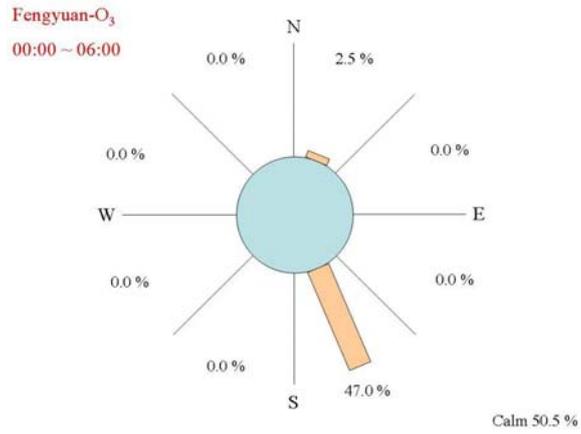
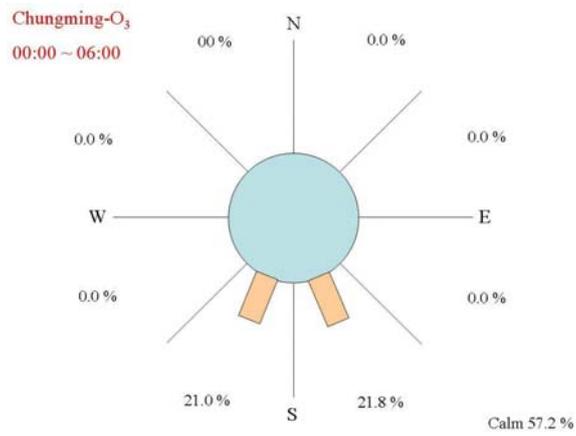


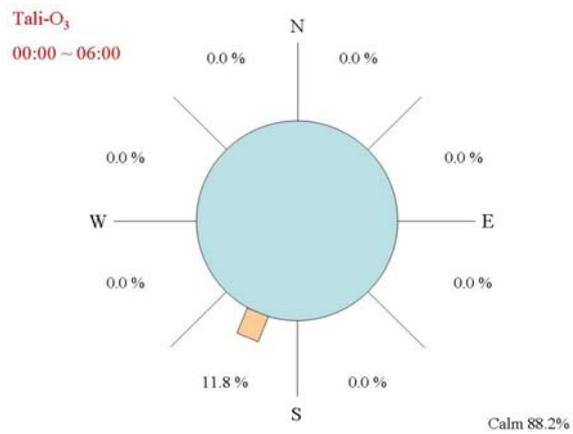
圖 4-2.55 第一時段之 CO 來源圖(a)沙鹿、(b)西屯、(c)彰化、(d)二林。



(a)

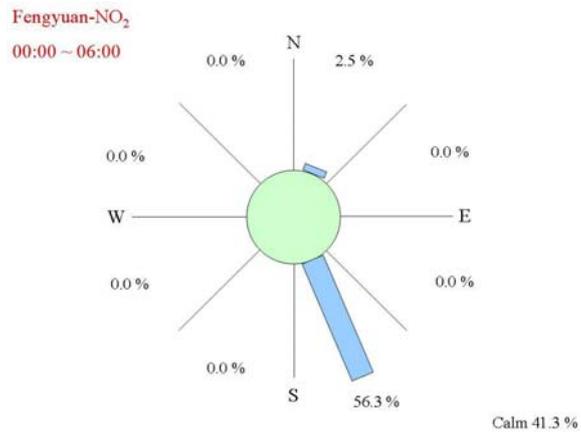


(b)

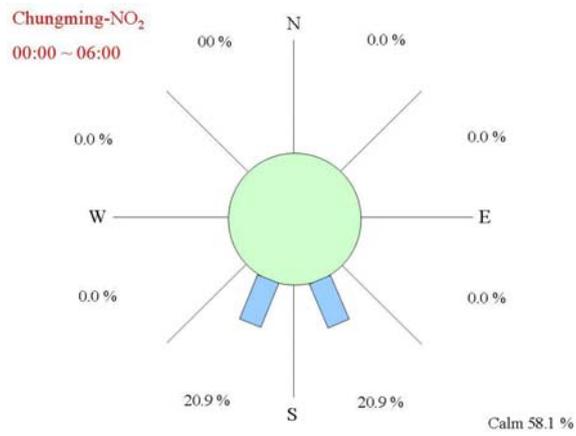


(c)

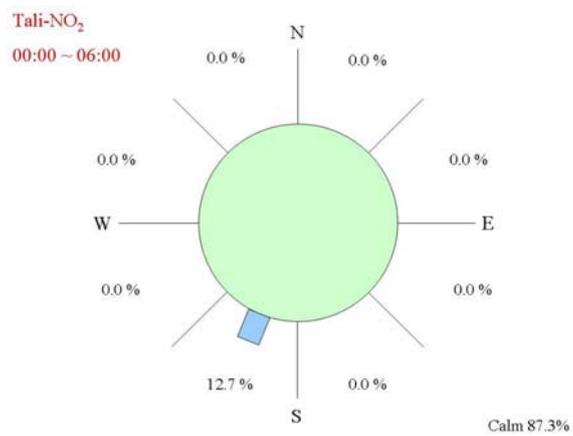
圖 4-2.56 第一時段之 O₃ 來源圖(a)豐原、(b)忠明、(c)大里。



(a)

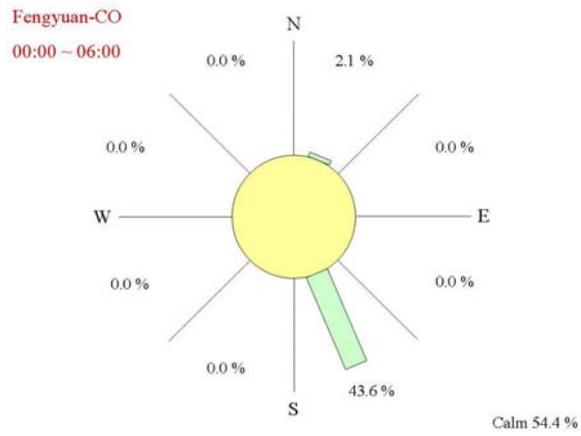


(b)

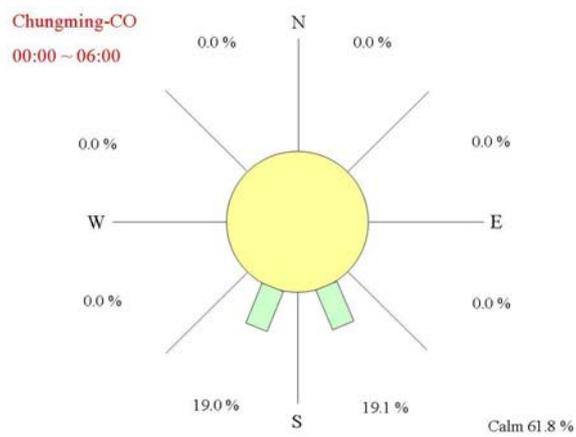


(c)

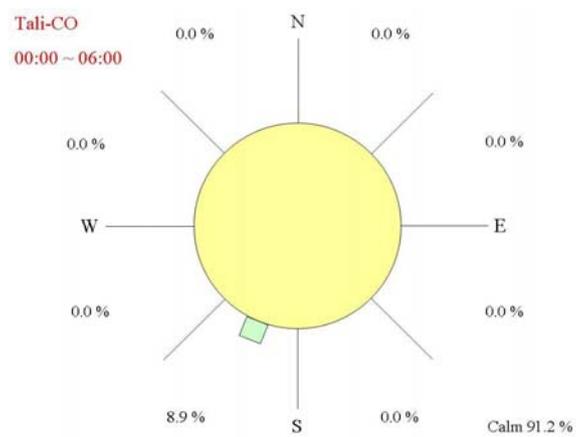
圖 4-2.57 第一時段之 NO₂ 來源圖(a)豐原、(b)忠明、(c)大里。



(a)



(b)



(c)

圖 4-2.58 第一時段之 CO 來源圖(a)豐原、(b)忠明、(c)大里。

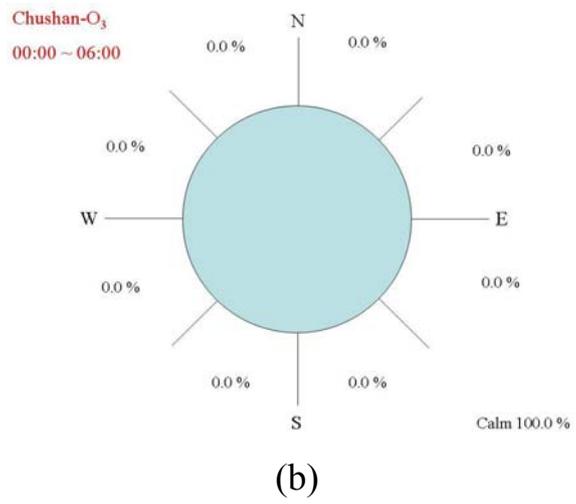
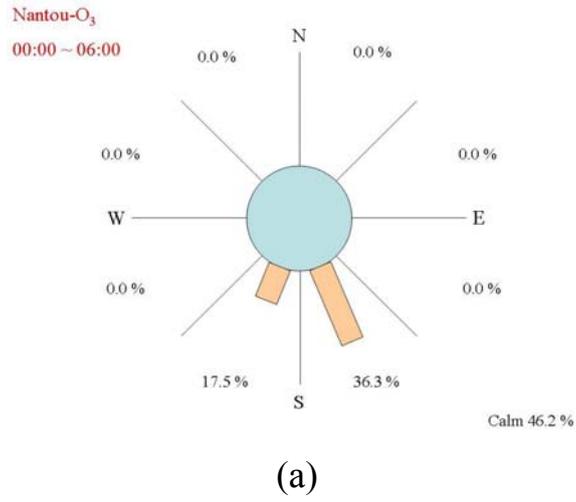
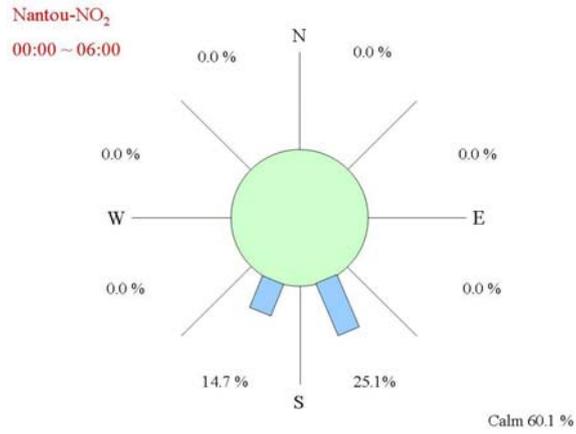
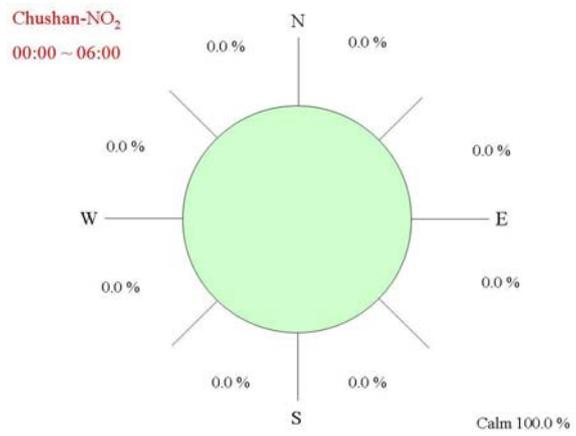


圖 4-2.59 第一時段之 O₃ 來源圖(a)南投、(b)竹山。



(a)



(b)

圖 4-2.60 第一時段之 NO₂ 來源圖(a)南投、(b)竹山。

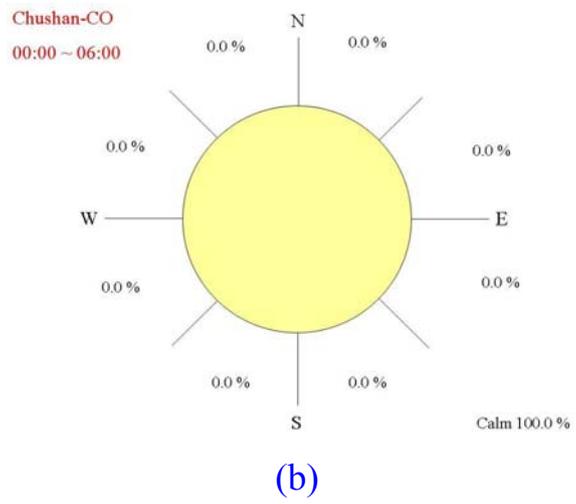
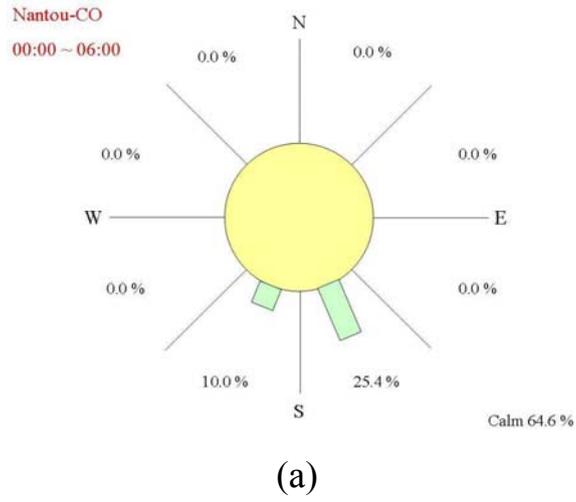
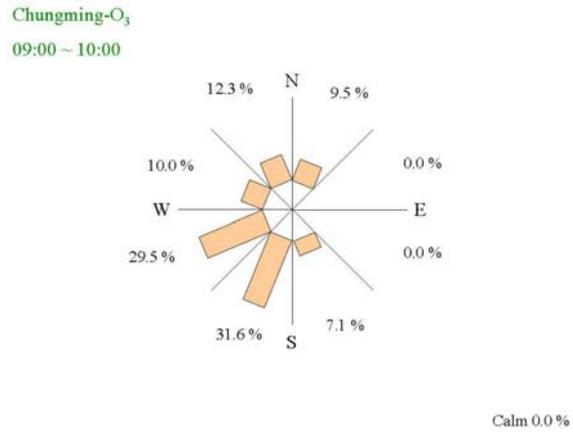
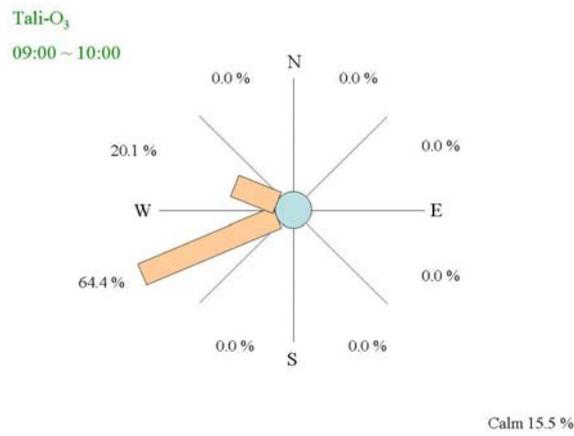


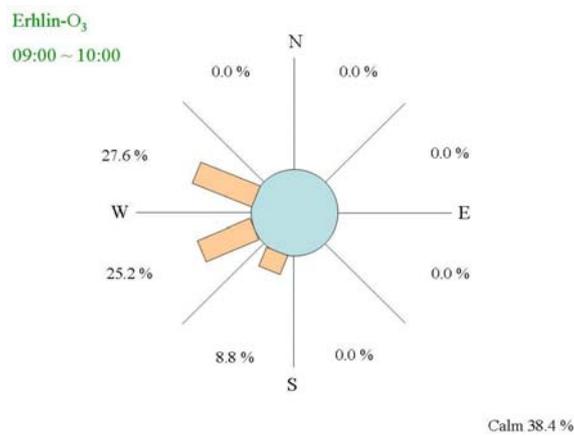
圖 4-2.61 第一時段之 CO 來源圖(a)南投、(b)竹山。



(a)



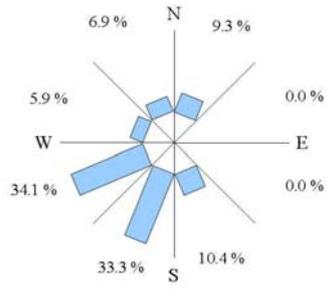
(b)



(c)

圖 4-2.62 第二時段之 O₃ 來源圖(a)忠明、(b)大里、(c)二林。

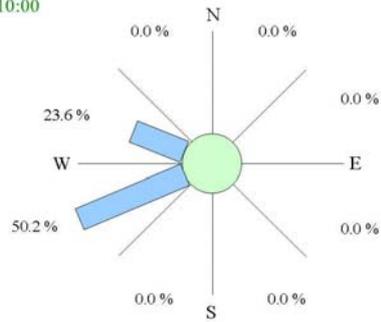
Chungming-NO₂
09:00 ~ 10:00



Calm 0.0%

(a)

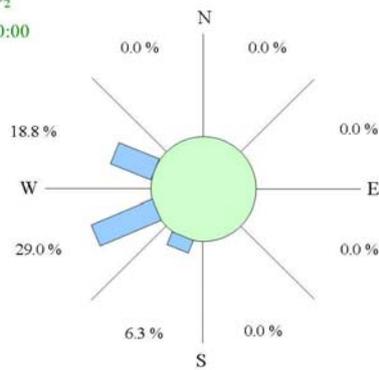
Tali-NO₂
09:00 ~ 10:00



Calm 26.2%

(b)

Erhlin-NO₂
09:00 ~ 10:00

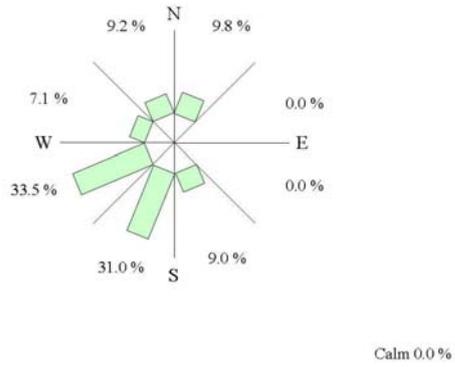


Calm 45.9%

(c)

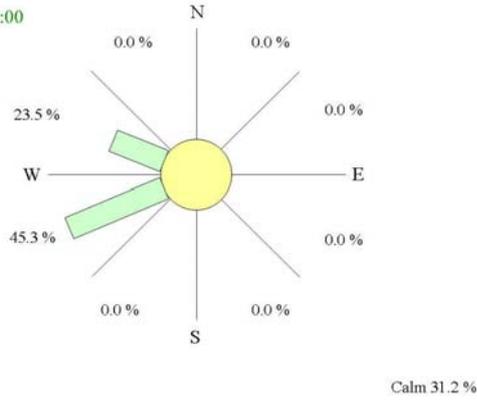
圖 4-2.63 第二時段之 NO₂ 來源圖(a)忠明、(b)大里、(c)二林。

Chungming-CO
09:00 ~ 10:00



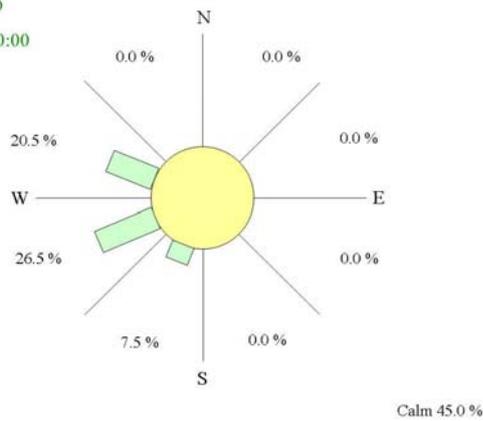
(a)

Tali-CO
09:00 ~ 10:00



(b)

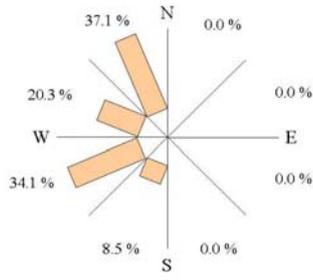
Erhlin-CO
09:00 ~ 10:00



(c)

圖 4-2.64 第二時段之 CO 來源圖(a)忠明、(b)大里、(c)二林。

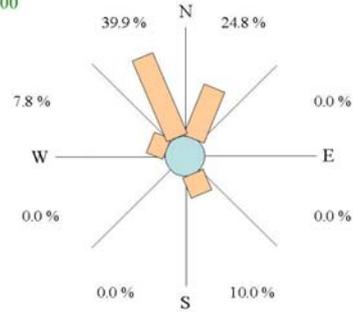
Shalu-O₃
09:00~10:00



Calm 0.0%

(a)

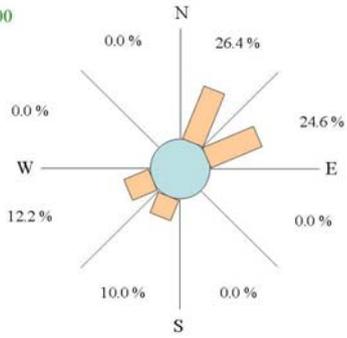
Hsitun-O₃
09:00~10:00



Calm 17.5%

(b)

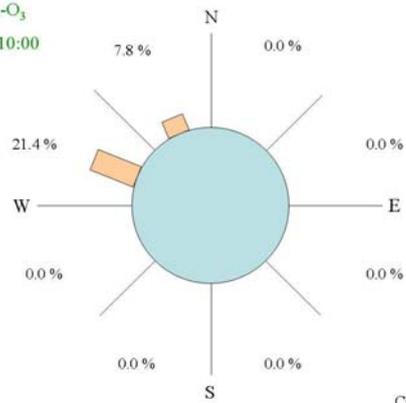
Nantou-O₃
09:00~10:00



Calm 26.8%

(c)

Chushan-O₃
09:00~10:00

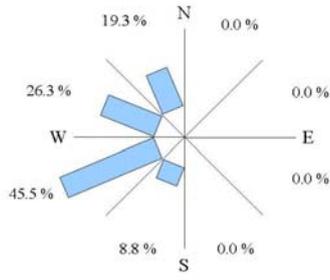


Calm 70.8%

(d)

圖 4-2.65 第二時段之 O₃ 來源圖(a)沙鹿、(b)西屯、(c)南投、(d)竹山。

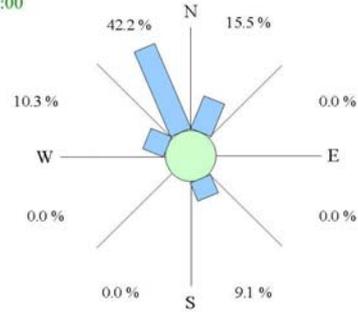
Shalu-NO₂
09:00~10:00



Calm 0.0%

(a)

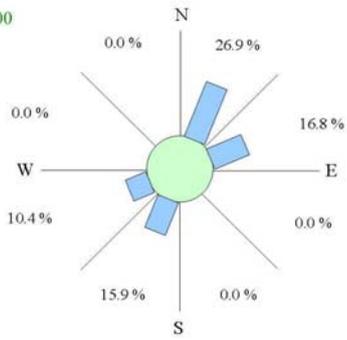
Hsitun-NO₂
09:00~10:00



Calm 22.8%

(b)

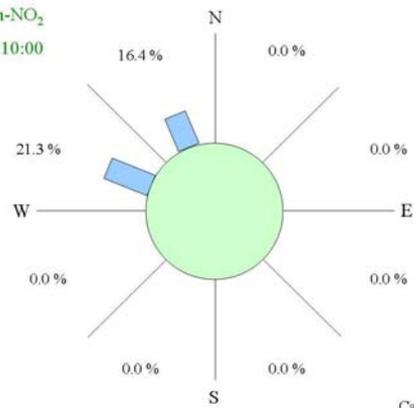
Nantou-NO₂
09:00~10:00



Calm 29.9%

(c)

Chushan-NO₂
09:00~10:00

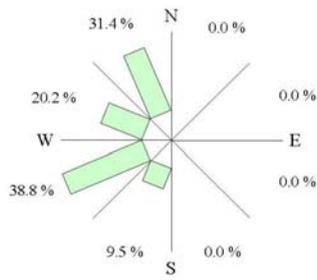


Calm 62.3%

(d)

圖 4-2.66 第二時段之 NO₂ 來源圖(a)沙鹿、(b)西屯、(c)南投、(d)竹山。

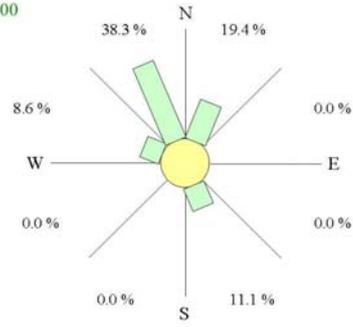
Shalu-CO
09:00~10:00



Calm 0.0%

(a)

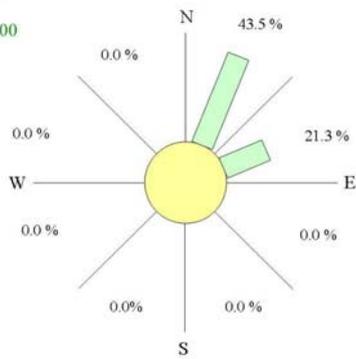
Hsitun-CO
09:00~10:00



Calm 22.2%

(b)

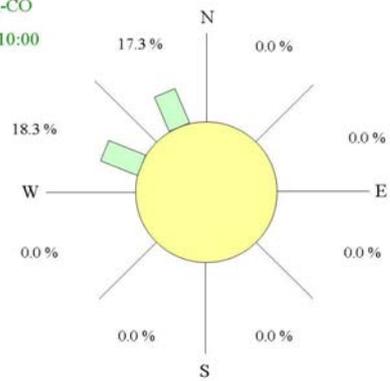
Nantou-CO
09:00~10:00



Calm 37.0%

(c)

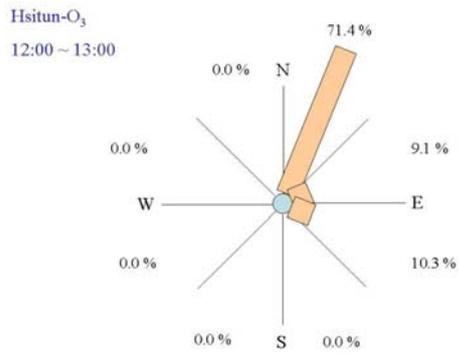
Chushan-CO
09:00~10:00



Calm 64.4%

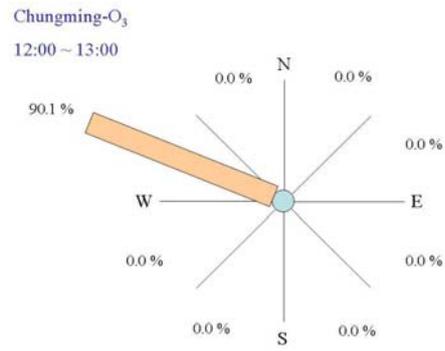
(d)

圖 4-2.67 第二時段之 CO 來源圖(a)沙鹿、(b)西屯、(c)南投、(d)竹山。



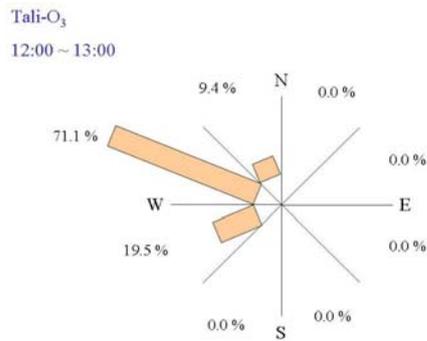
Calm 9.2%

(a)



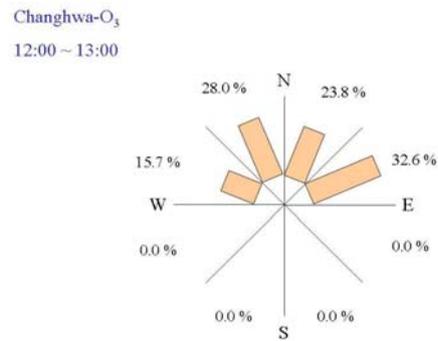
Calm 9.9%

(b)



Calm 0.0%

(c)

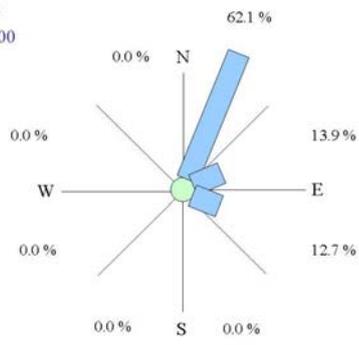


Calm 0.0%

(d)

圖 4-2.68 第三時段之 O₃ 來源圖(a)西屯、(b)忠明、(c)大里、(d)彰化。

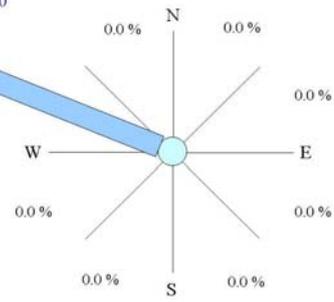
Hsitun-NO₂
12:00 ~ 13:00



Calm 11.3%

(a)

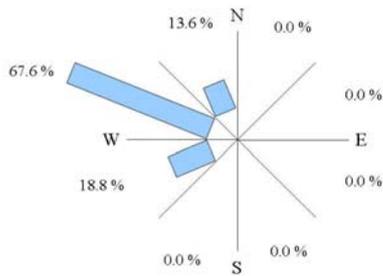
Chungming-NO₂
12:00 ~ 13:00



Calm 13.4%

(b)

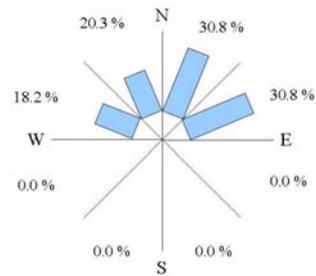
Tali-NO₂
12:00 ~ 13:00



Calm 0.0%

(c)

Changhwa-NO₂
12:00 ~ 13:00

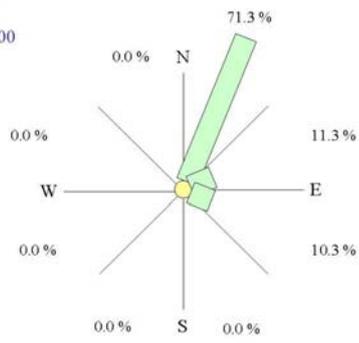


Calm 0.0%

(d)

圖 4-2.69 第三時段之 NO₂ 來源圖(a)西屯、(b)忠明、(c)大里、(d)彰化。

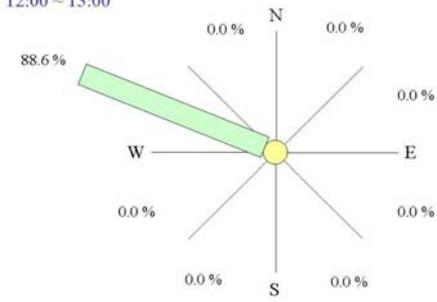
Hsitun-CO
12:00 ~ 13:00



Calm 8.3%

(a)

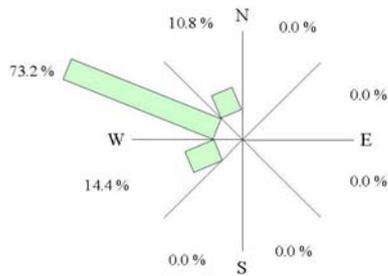
Chungming-CO
12:00 ~ 13:00



Calm 10.5%

(b)

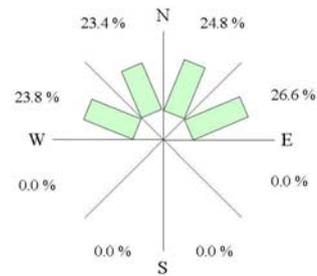
Tali-CO
12:00 ~ 13:00



Calm 0.0%

(c)

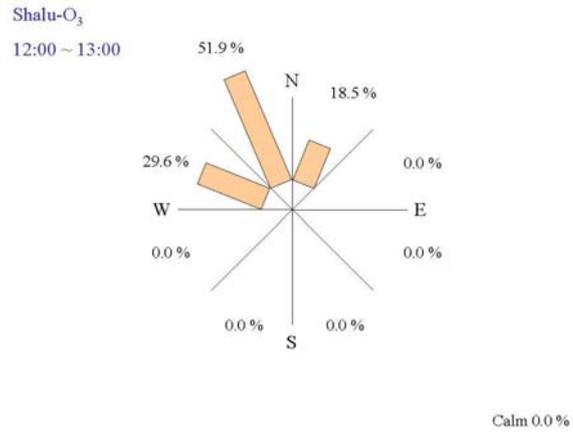
Changhwa-CO
12:00 ~ 13:00



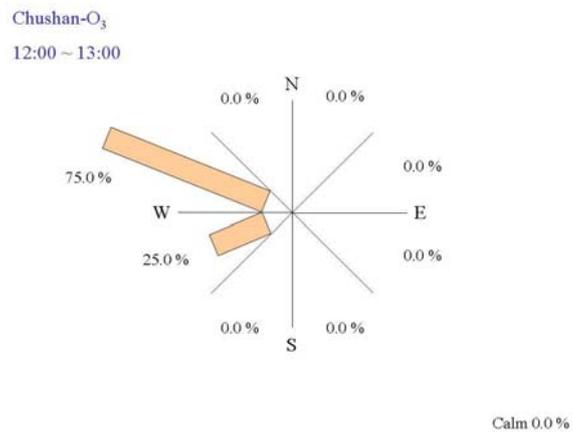
Calm 0.0%

(d)

圖 4-2.70 第三時段之 CO 來源圖(a)西屯、(b)忠明、(c)大里、(d)彰化。

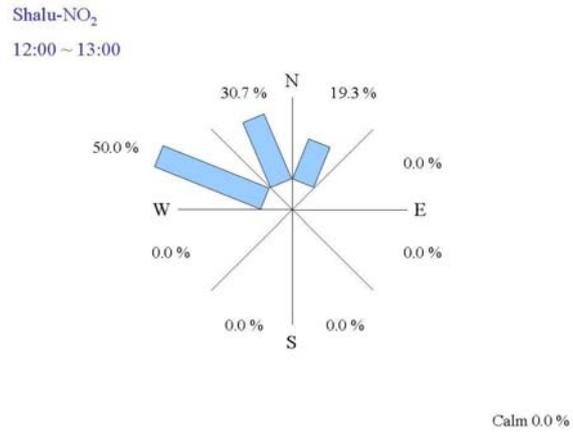


(a)

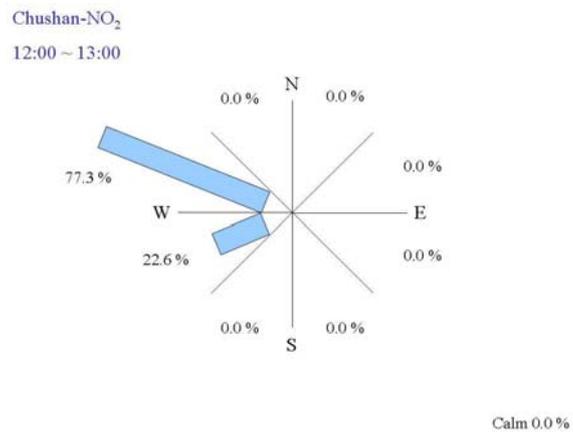


(b)

圖 4-2.71 第三時段之 O₃ 來源圖(a)沙鹿、(b)竹山。

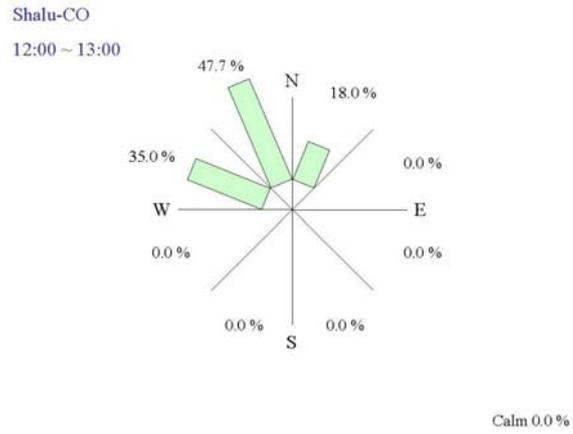


(a)

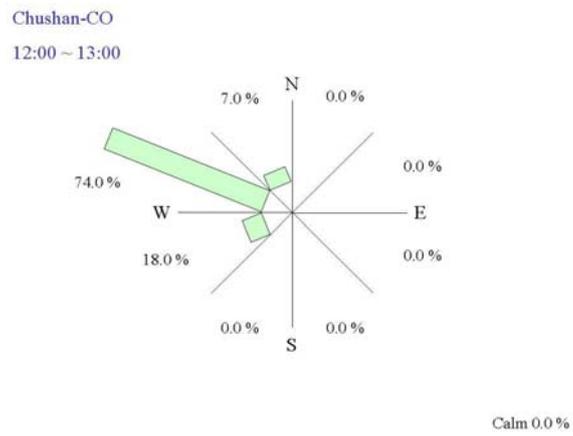


(b)

圖 4-2.72 第三時段之 NO₂ 來源圖(a)沙鹿、(b)竹山。



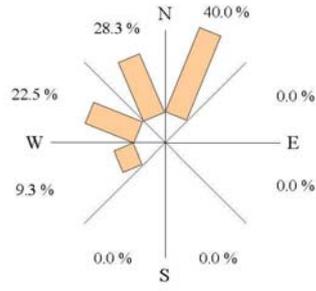
(a)



(b)

圖 4-2.73 第三時段之 CO 來源圖(a)沙鹿、(b)竹山。

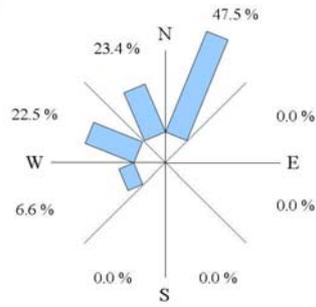
Nantou-O₃
12:00 ~ 13:00



Calm 0.0%

圖 4-2.74 第三時段之南投 O₃ 來源圖。

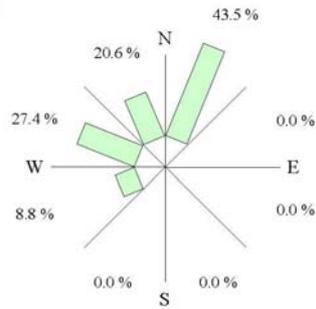
Nantou-NO₂
12:00 ~ 13:00



Calm 0.0%

圖 4-2.75 第三時段之南投 NO₂ 來源圖。

Nantou-CO
12:00 ~ 13:00



Calm 0.0%

圖 4-2.76 第三時段之南投 CO 來源圖。

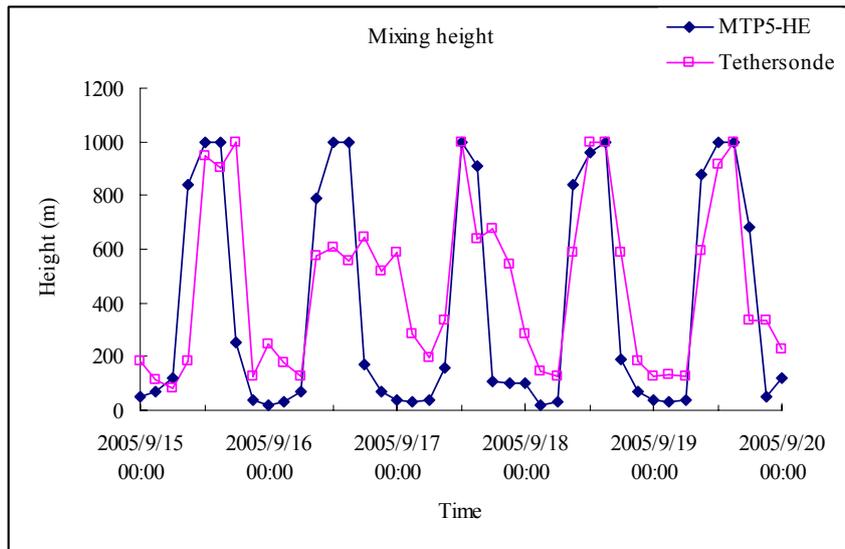


圖 4-3.1 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日西屯空品監測站 (MTP5-HE) 與南投繫留探空監測點 (Tethersonde) 之混合層高度。

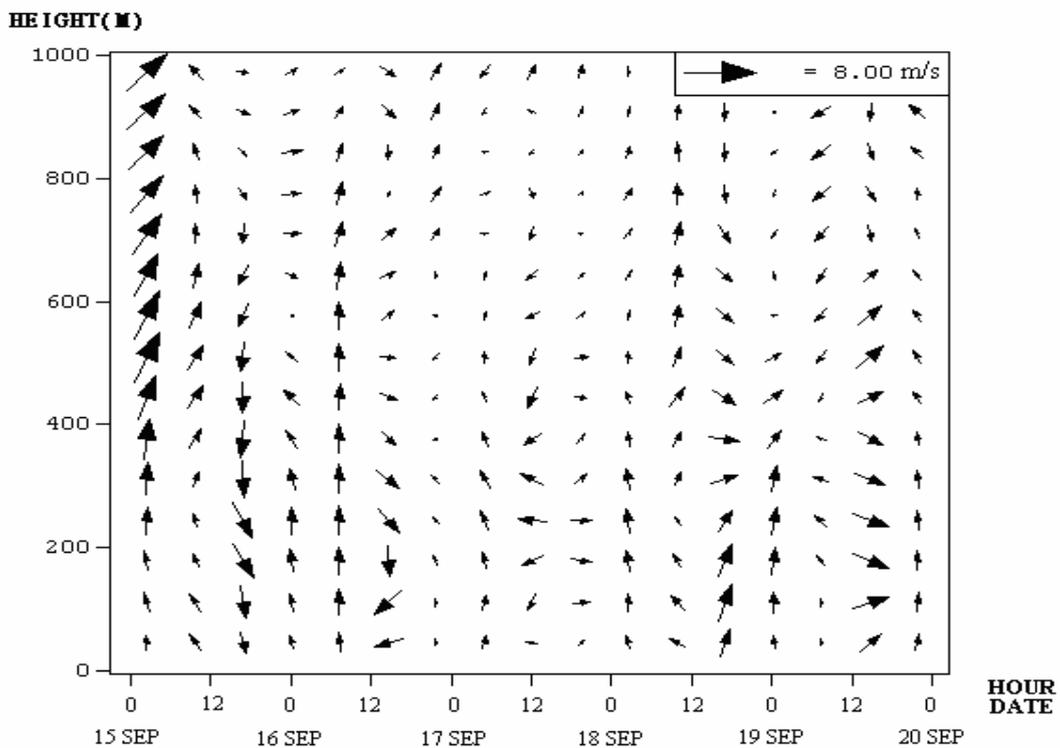
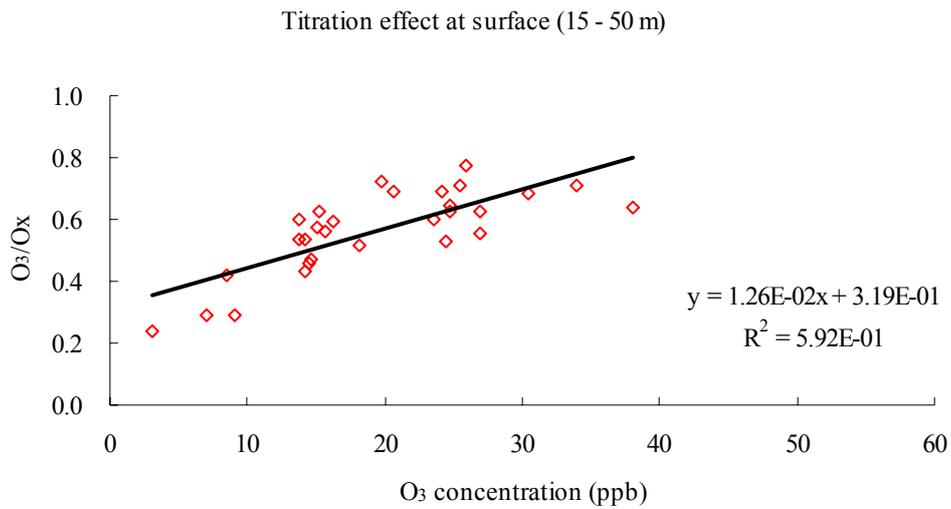
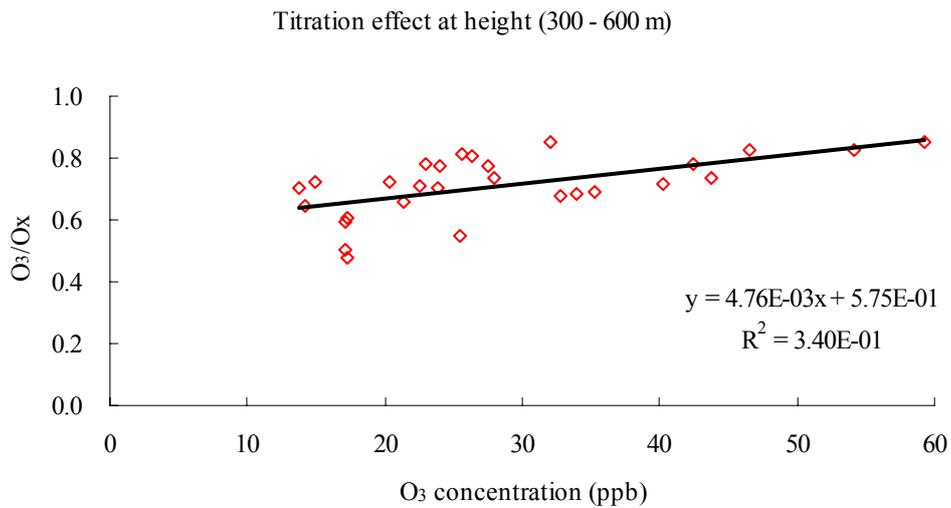


圖 4-3.2 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日南投繫留探空監測點之垂直風場剖面圖。

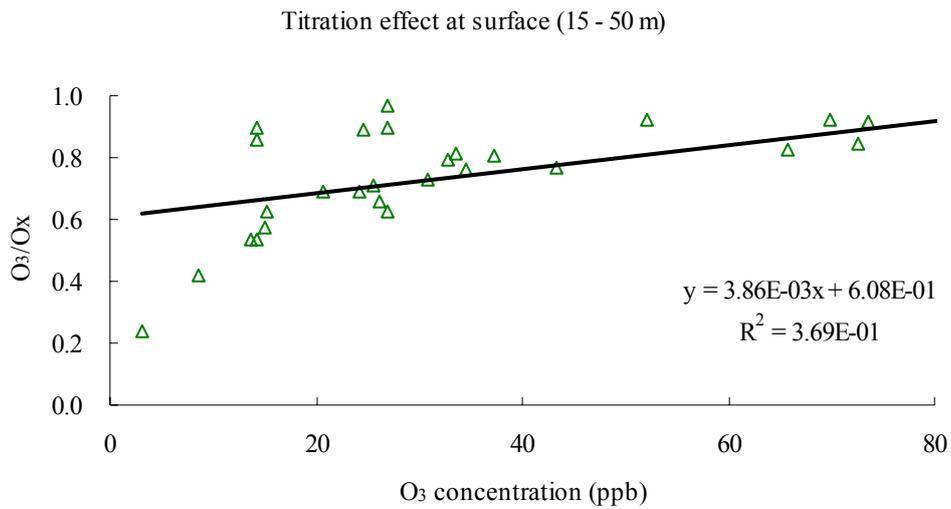


(a)

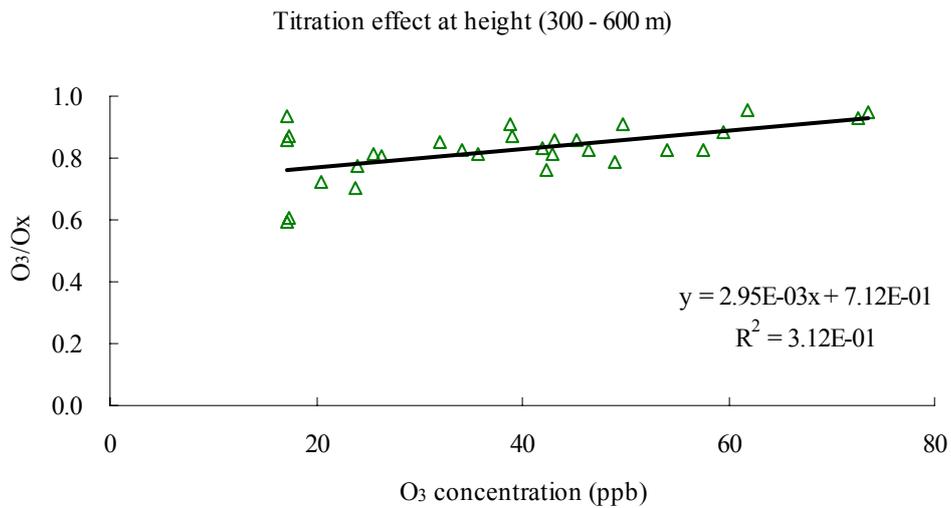


(b)

圖 4-3.3 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日第一時段 (0000 LST ~ 0600 LST) 垂直 O_3 濃度與 O_3/O_x 比值線性圖(a)近地面(約 15 - 50 m)、(b)高空 (約 300 - 600 m)。

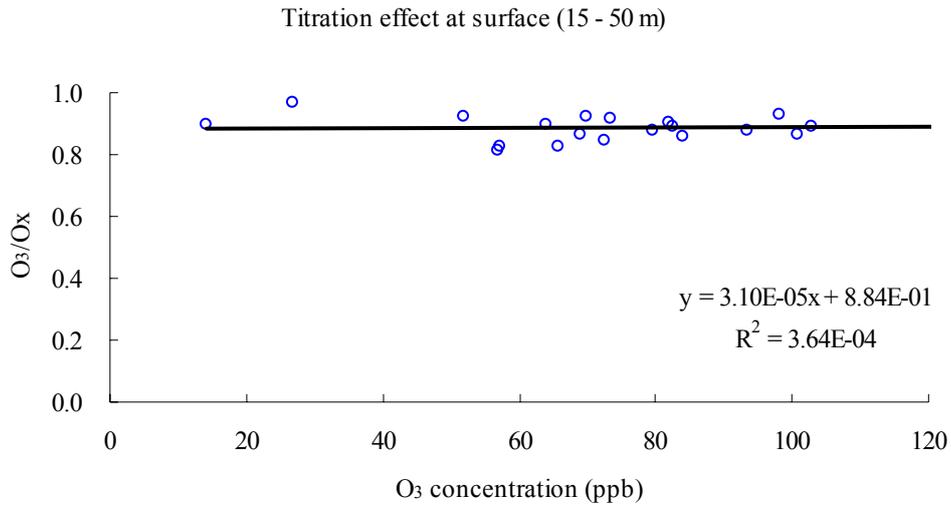


(a)

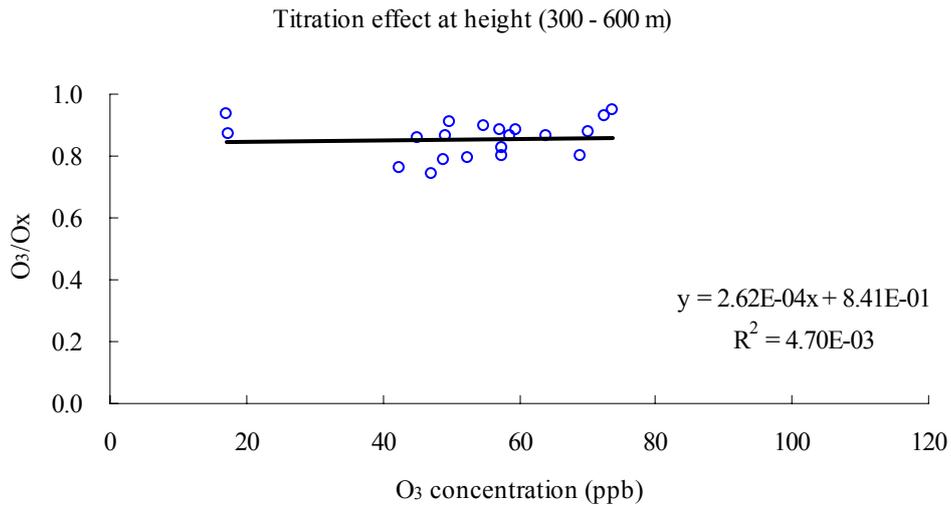


(b)

圖 4-3.4 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日第二時段 (0600 LST ~ 1200 LST) 垂直 O_3 濃度與 O_3/O_x 比值線性圖(a) 近地面 (約 15 - 50 m)、(b)高空 (約 300 - 600 m)。

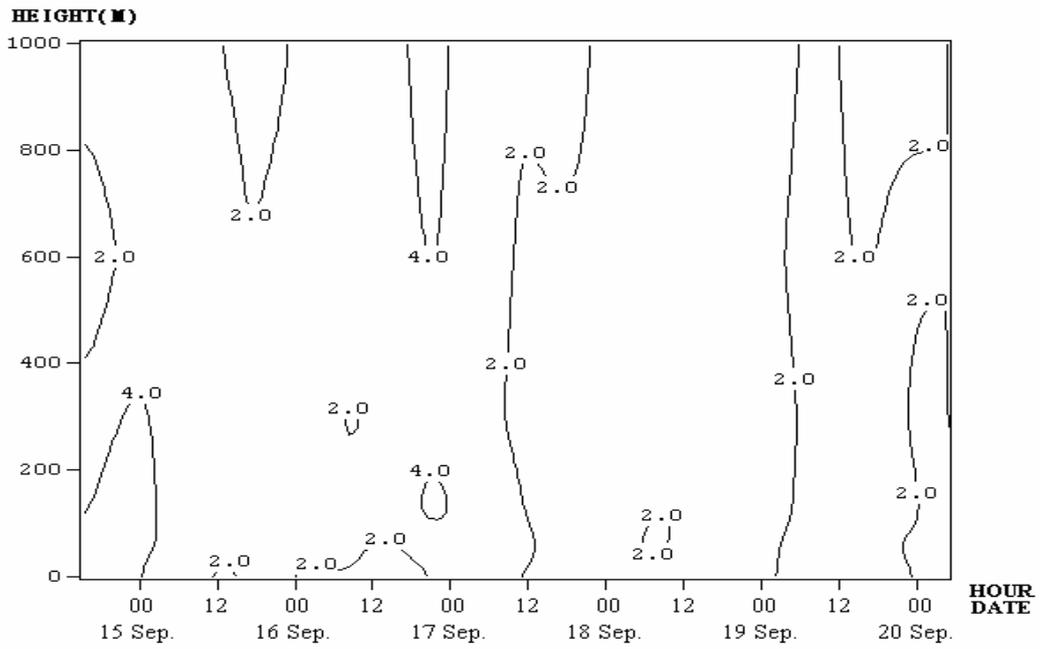


(a)

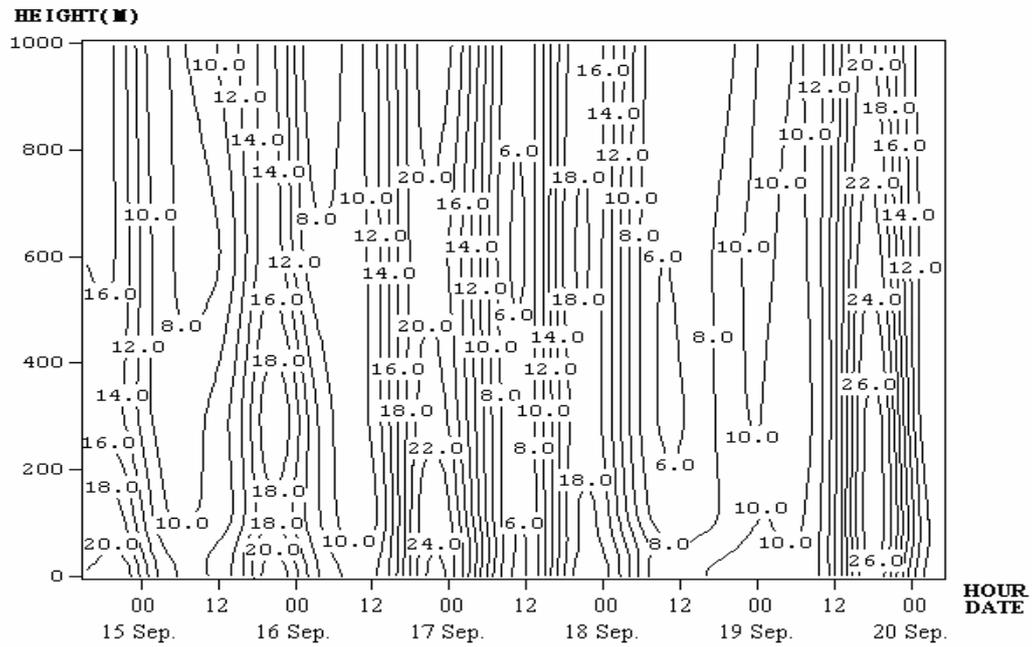


(b)

圖 4-3.5 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日第三時段 (1200 LST ~ 1500 LST) 垂直 O_3 濃度與 O_3/O_x 比值線性圖(a) 近地面 (約 15 - 50 m)、(b) 高空 (約 300 - 600 m)。



(a)



(b)

圖 4-3.6 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日南投繫留探空監測點之(a) NO 與(b) NO₂ 垂直濃度(ppb)剖面圖。

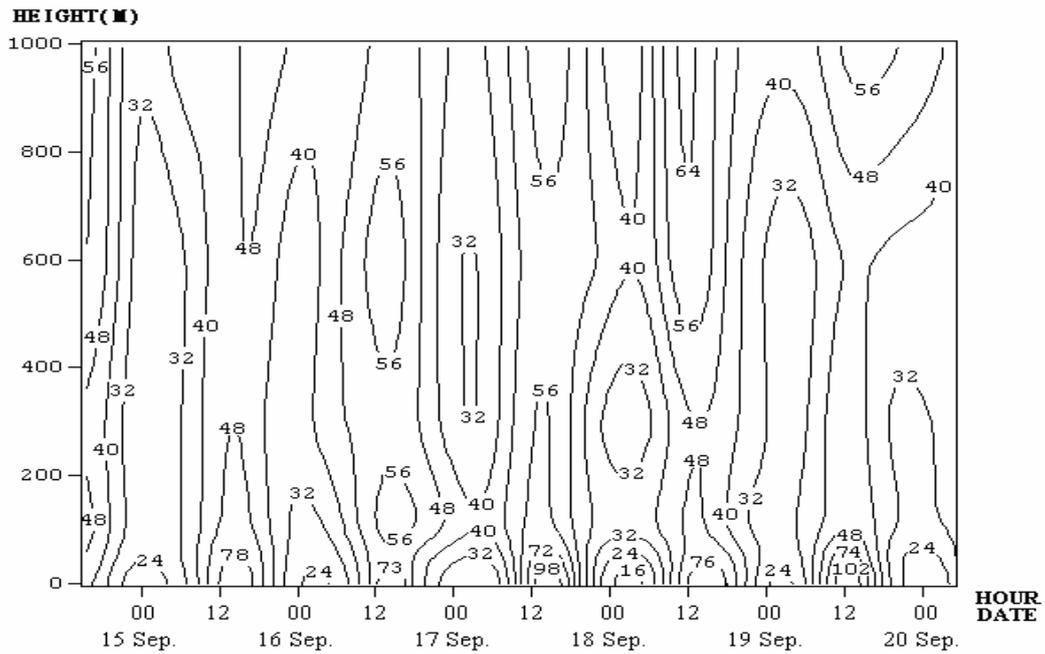


圖 4-3.7 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日南投繫留探空監測點之 O₃ 垂直濃度(ppb)剖面圖。

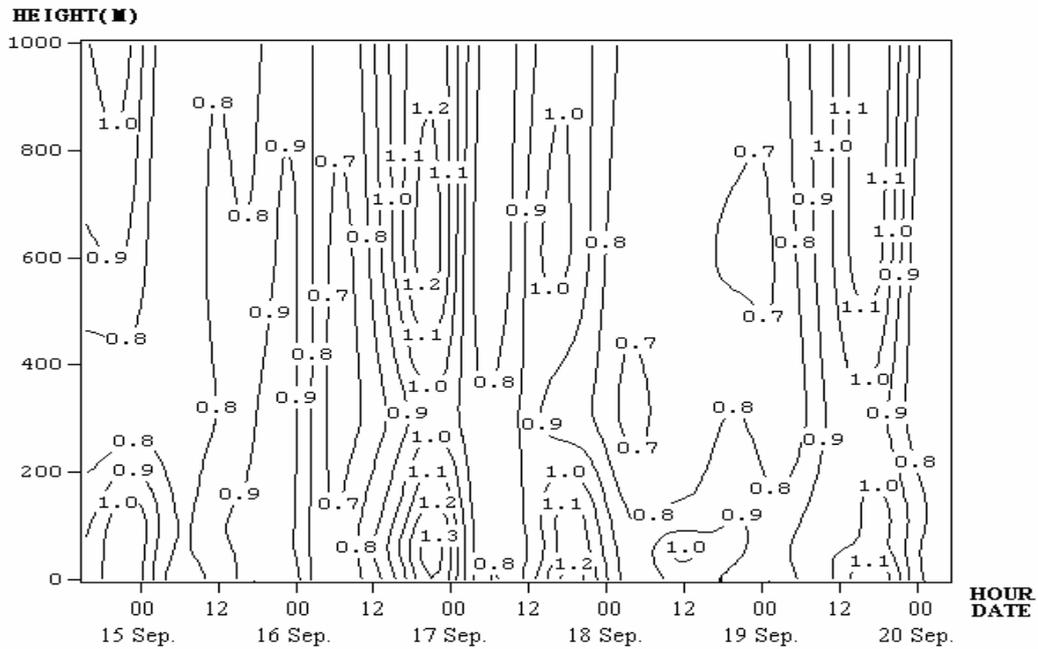
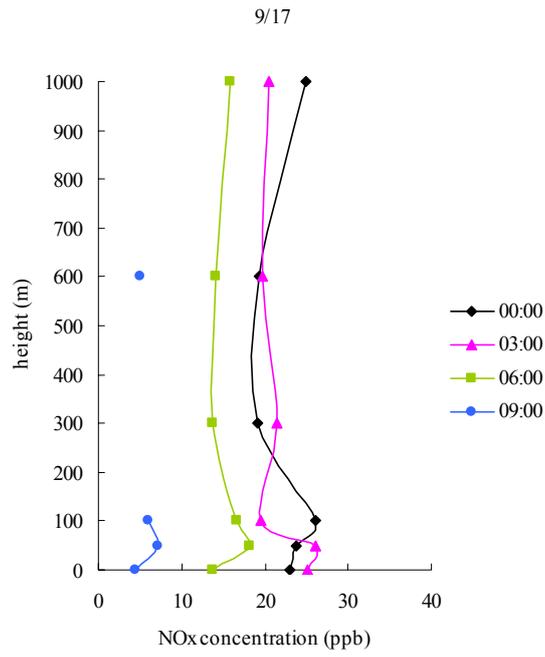
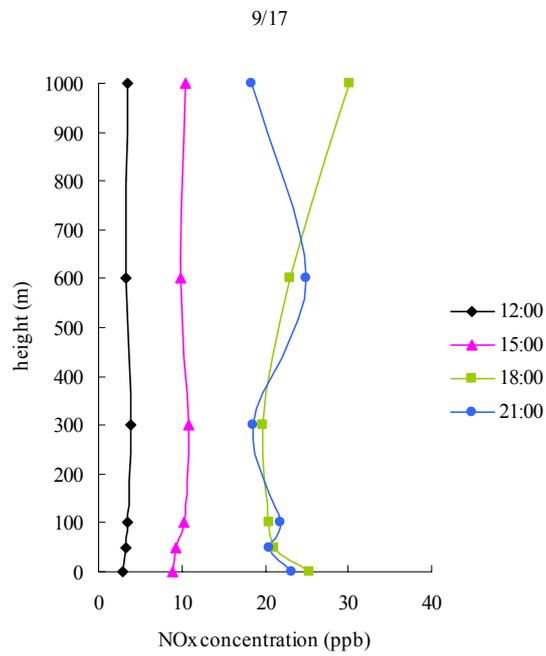


圖 4-3.8 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日南投繫留探空監測點之 CO 垂直濃度(ppm)剖面圖。

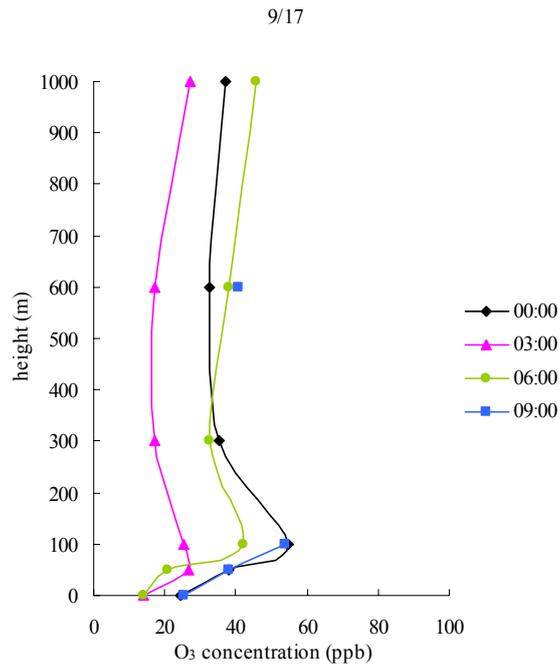


(a)

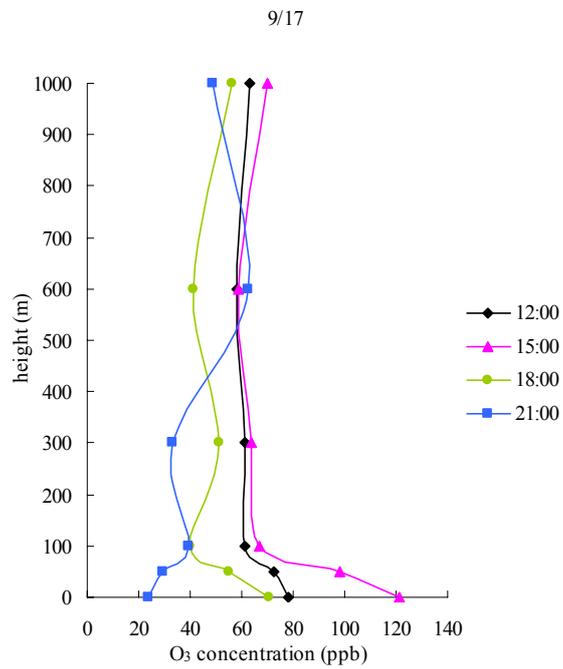


(b)

圖 4-3.9 2005 年 9 月 17 日 0000 LST ~ 2100 LST 南投之 NO_x 垂直濃度(ppb)分佈圖。

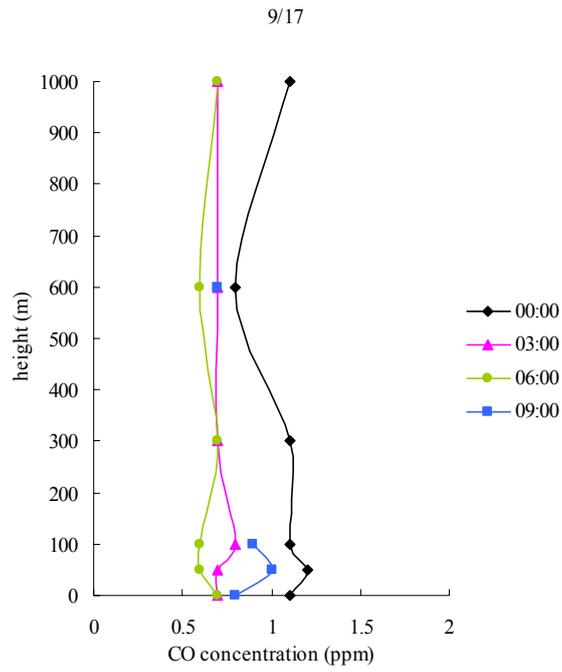


(a)

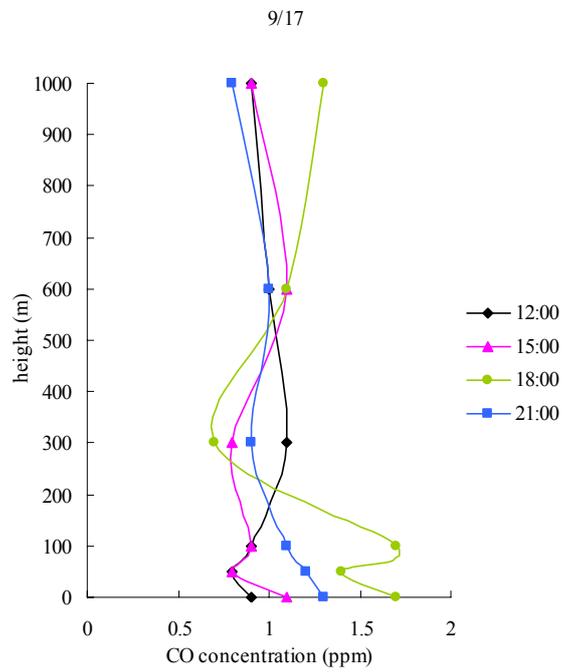


(b)

圖 4-3.10 2005 年 9 月 17 日 0000 LST ~ 2100 LST 南投之 O₃ 垂直濃度 (ppb) 分佈圖。

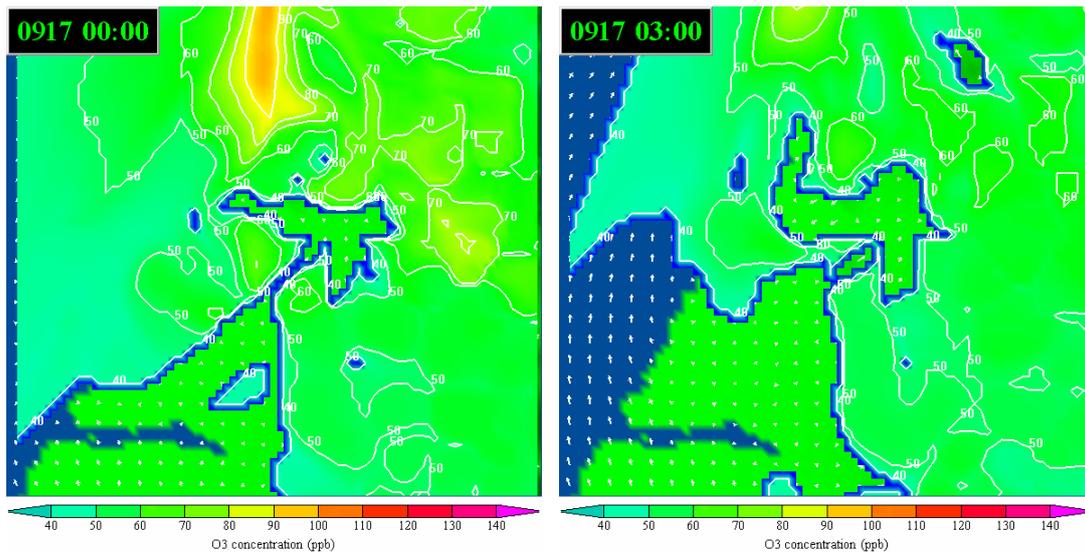


(a)



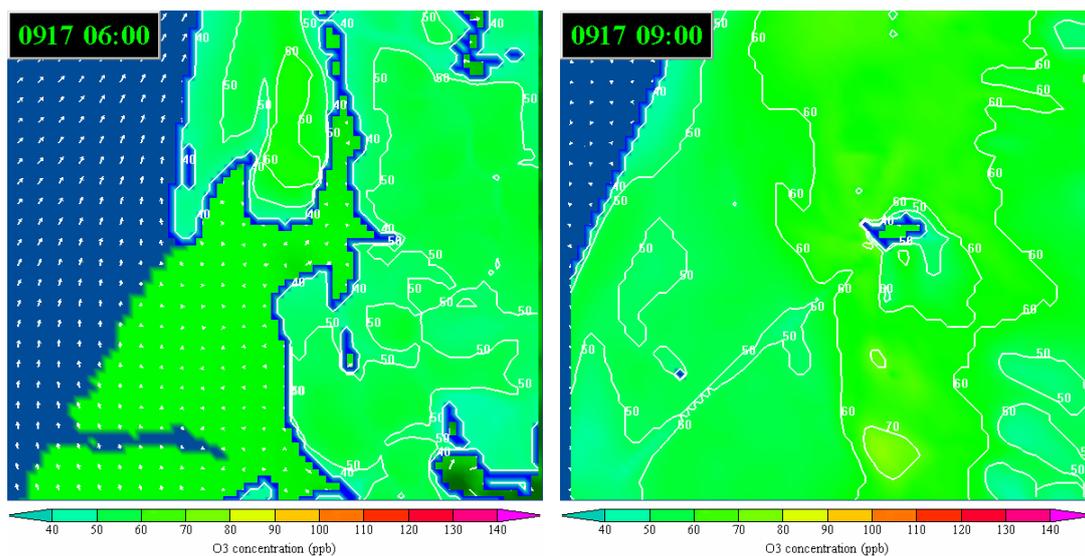
(b)

圖 4-3.11 2005 年 9 月 17 日 0000 LST ~ 2100 LST 南投之 CO 垂直濃度(ppm)分佈圖。



(a)

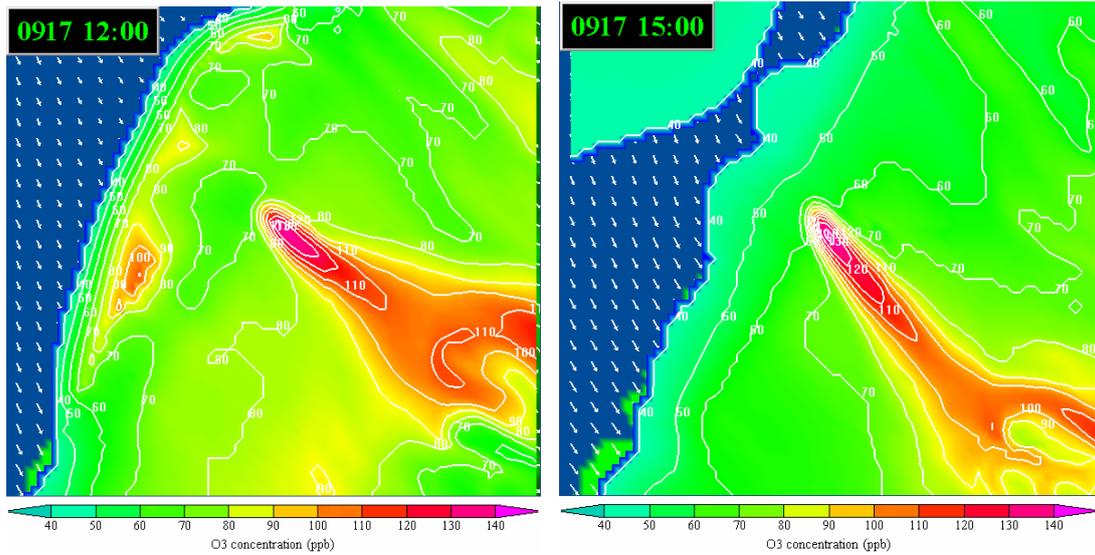
(b)



(c)

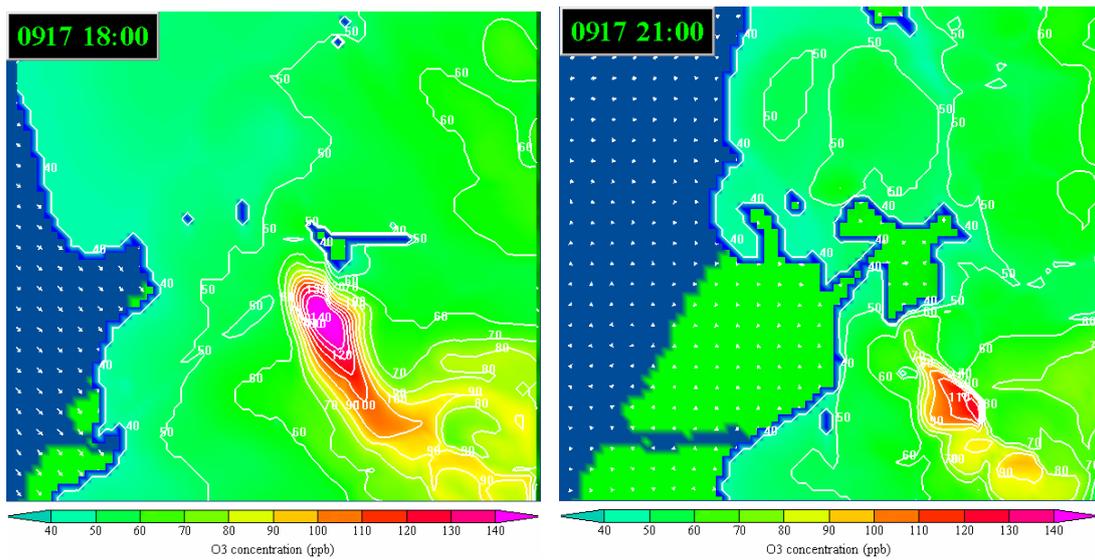
(d)

圖 4-4.1 2005 年 9 月 17 日中部地區近地面 10 m 之水平風場與 O₃ 濃度(ppb)分佈圖(a) 0000 LST、(b) 0300 LST、(c) 0600 LST、(d) 0900 LST。



(a)

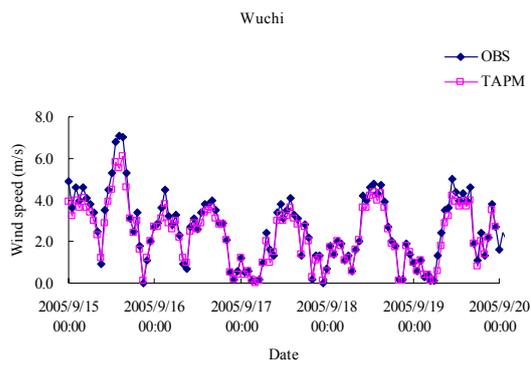
(b)



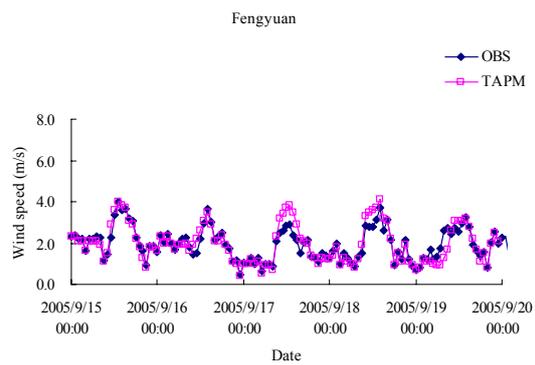
(c)

(d)

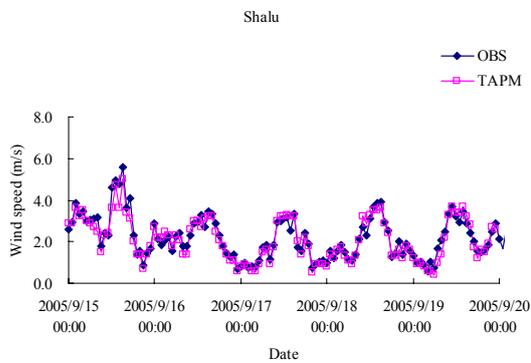
圖 4-4.2 2005 年 9 月 17 日中部地區近地面 10 m 之水平風場與 O₃ 濃度(ppb)分佈圖(a) 1200 LST、(b) 1500 LST、(c) 1800 LST、(d) 2100 LST。



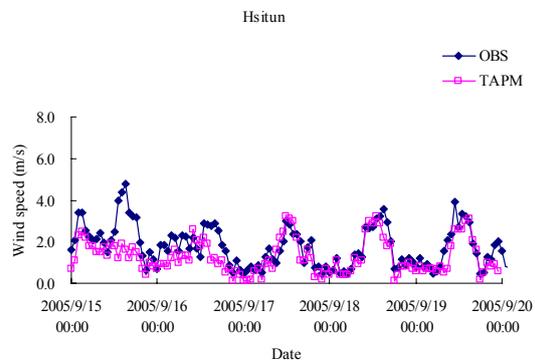
(a)



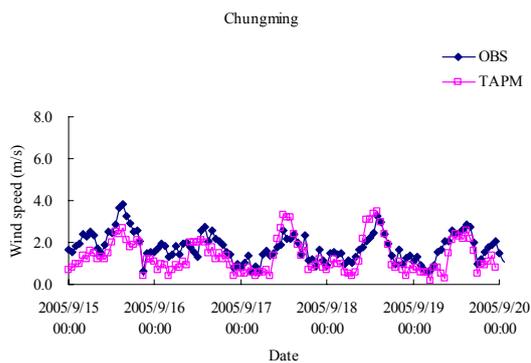
(b)



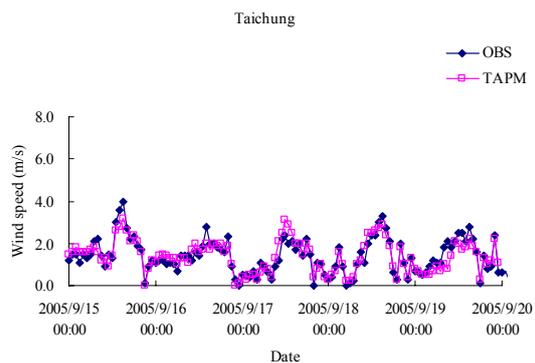
(c)



(d)

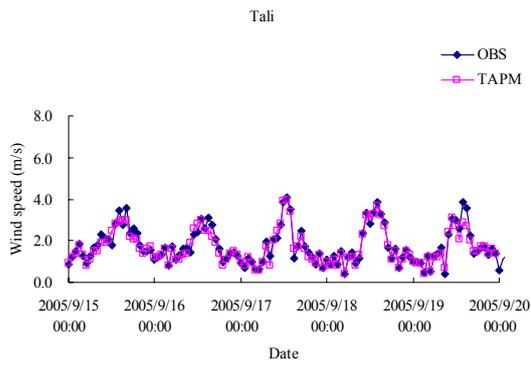


(e)

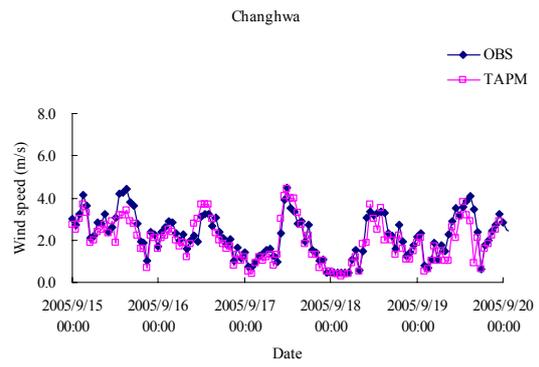


(f)

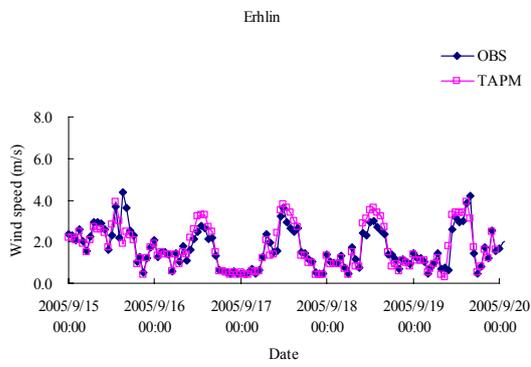
圖 4-4.3 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日中部地區監測值與模擬值近地面 10 m 之風速變化趨勢圖(a)梧棲、(b)豐原、(c)沙鹿、(d)西屯、(e)忠明、(f)台中。



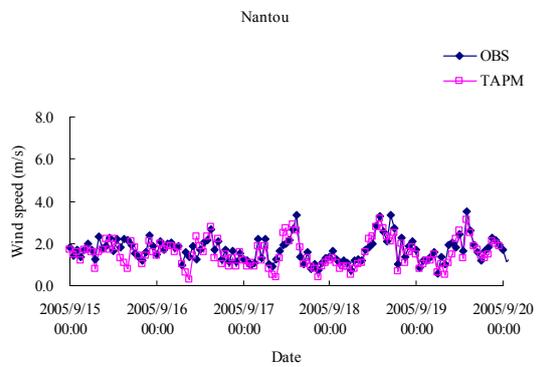
(a)



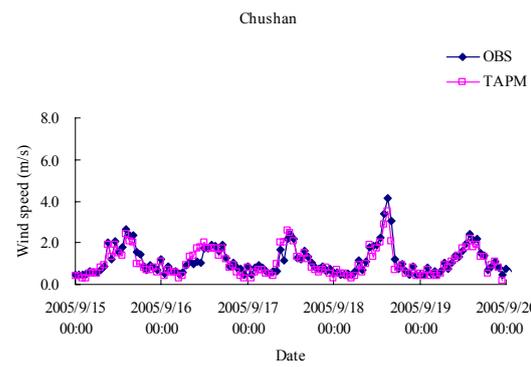
(b)



(c)

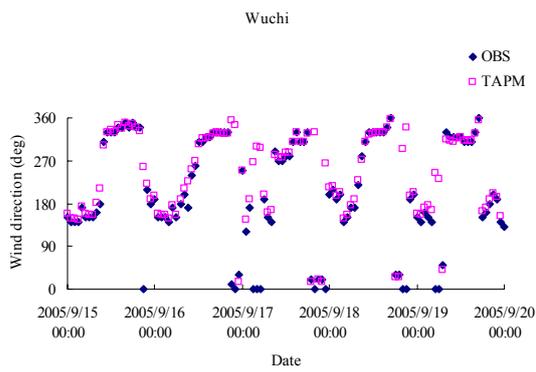


(d)

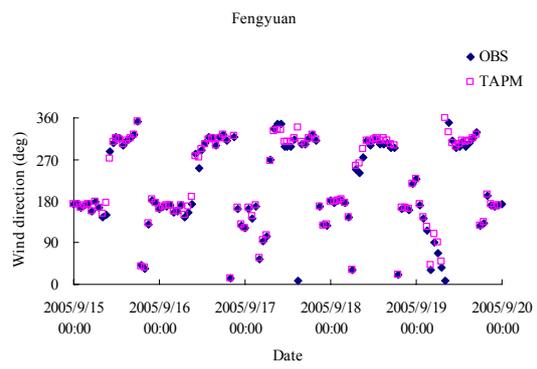


(e)

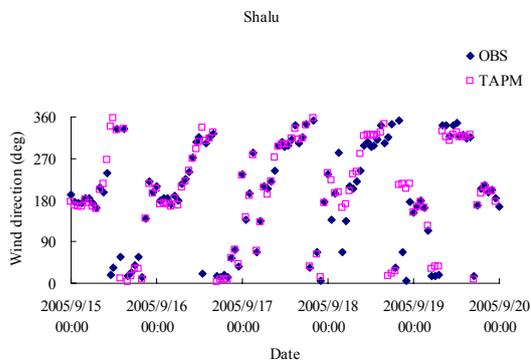
圖 4-4.4 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日中部地區監測值與模擬值近地面 10 m 之風速變化趨勢圖(a)大里、(b)彰化、(c)二林、(d)南投、(e)竹山。



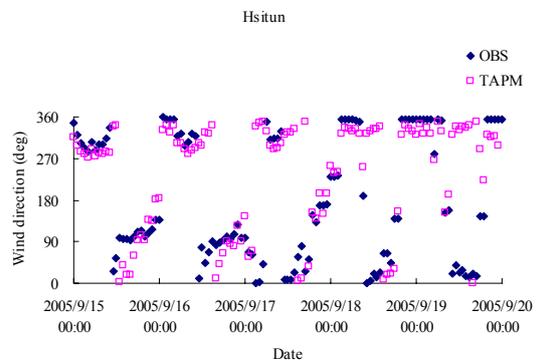
(a)



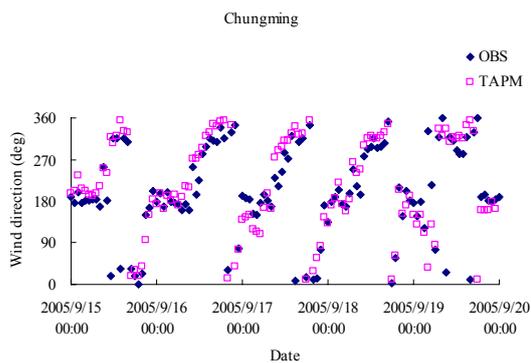
(b)



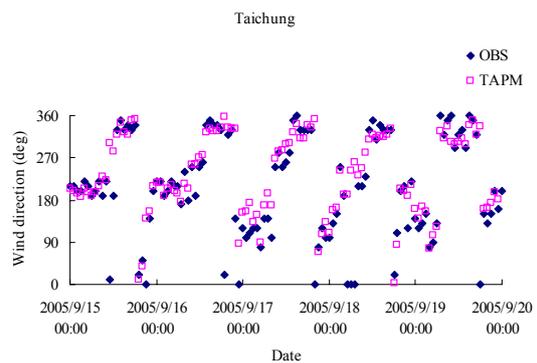
(c)



(d)

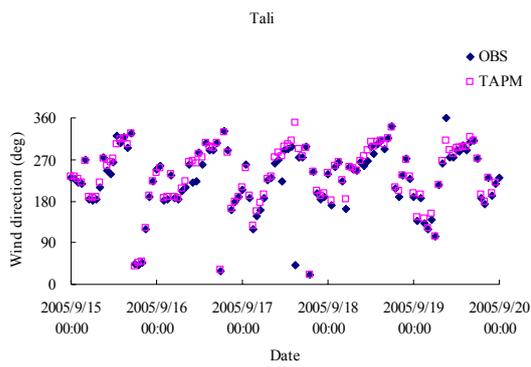


(e)

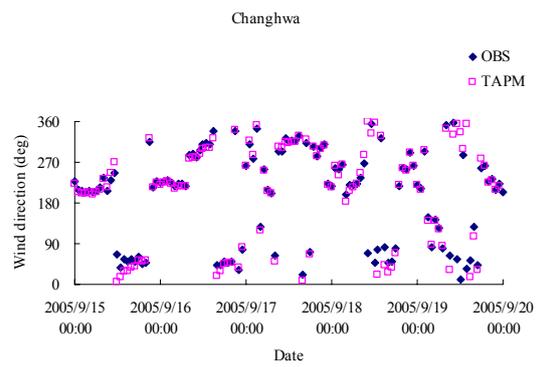


(f)

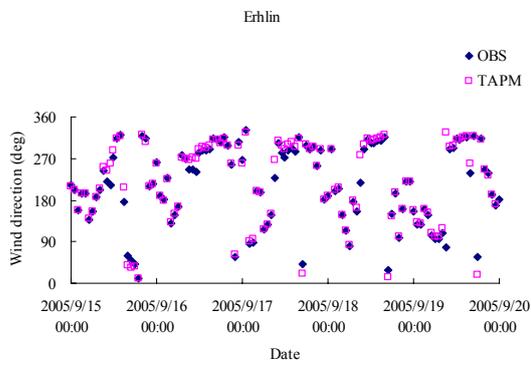
圖 4-4.5 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日中部地區監測值與模擬值近地面 10 m 之風向變化趨勢圖(a)梧棲、(b)豐原、(c)沙鹿、(d)西屯、(e)忠明、(f)台中。



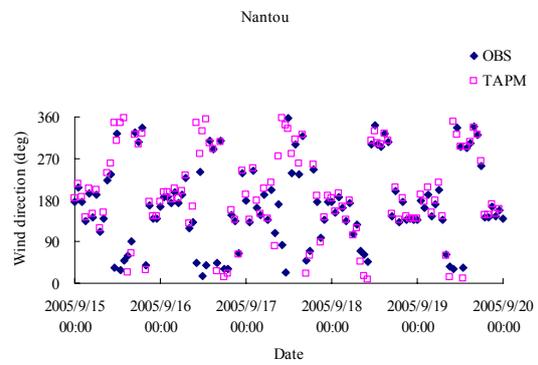
(a)



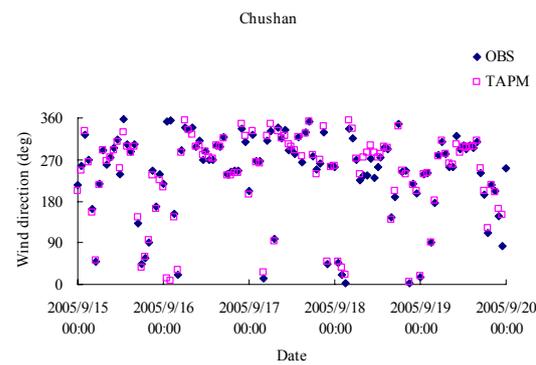
(b)



(c)

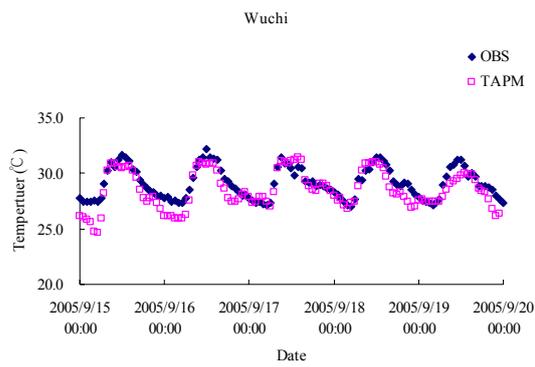


(d)

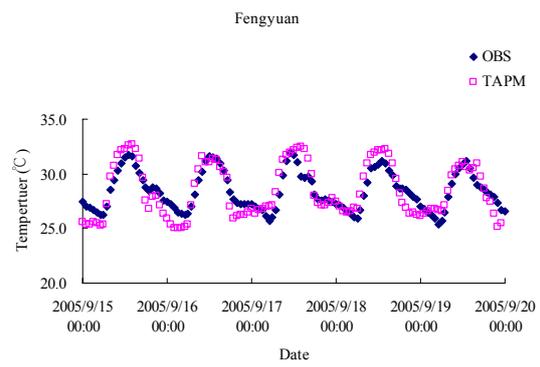


(e)

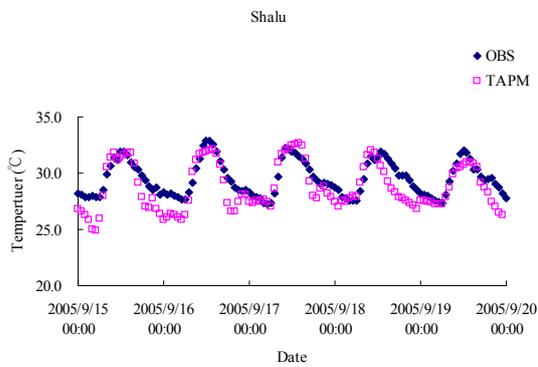
圖 4-4.6 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日中部地區監測值與模擬值近地面 10 m 之風向變化趨勢圖(a)大里、(b)彰化、(c)二林、(d)南投、(e)竹山。



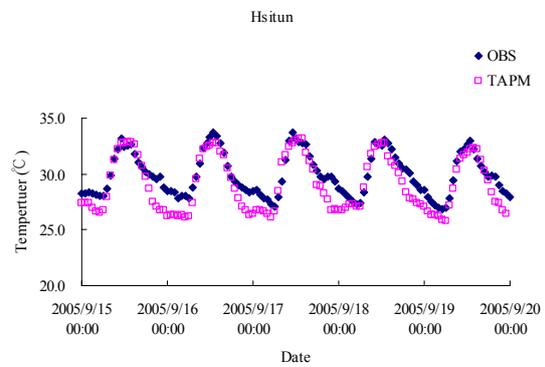
(a)



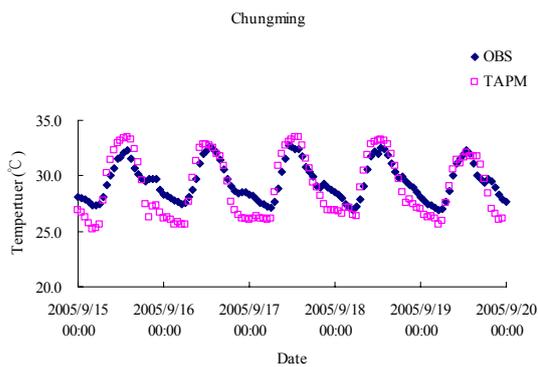
(b)



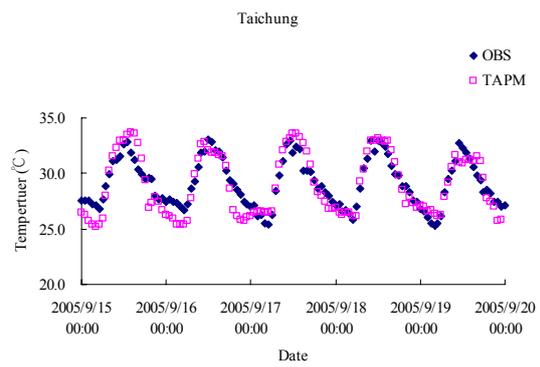
(c)



(d)

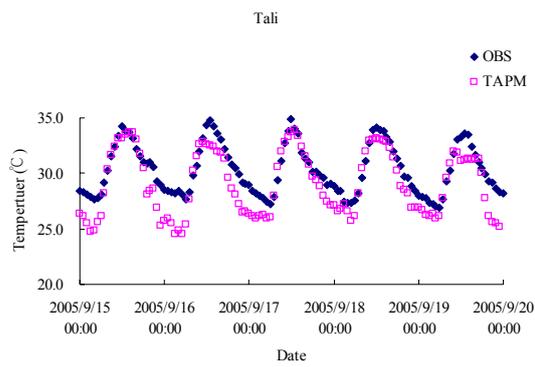


(e)

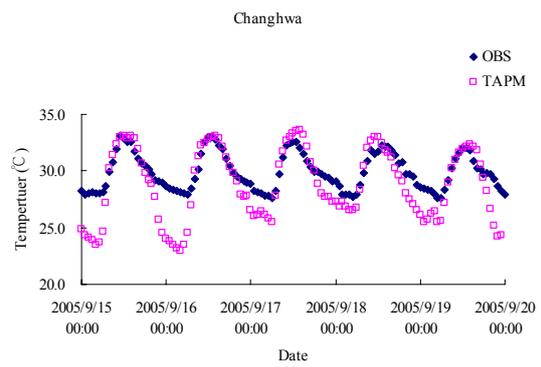


(f)

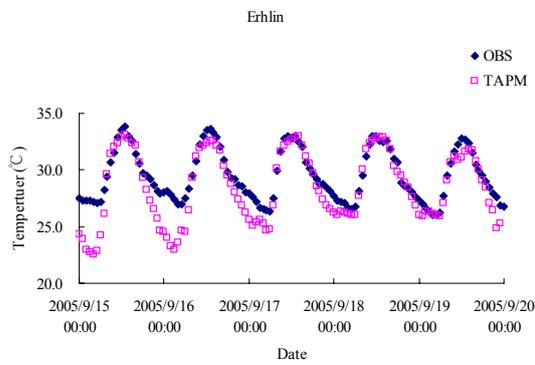
圖 4-4.7 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日中部地區監測值與模擬值近地面 10 m 之溫度變化趨勢圖(a)梧棲、(b)豐原、(c)沙鹿、(d)西屯、(e)忠明、(f)台中。



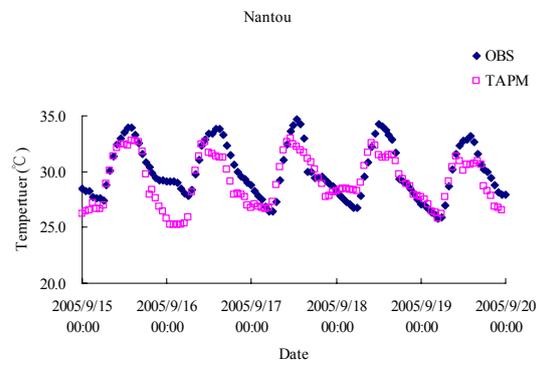
(a)



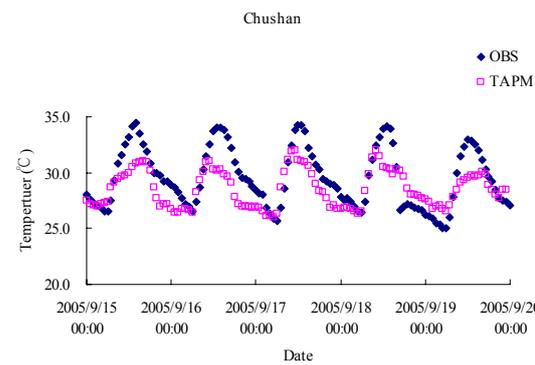
(b)



(c)

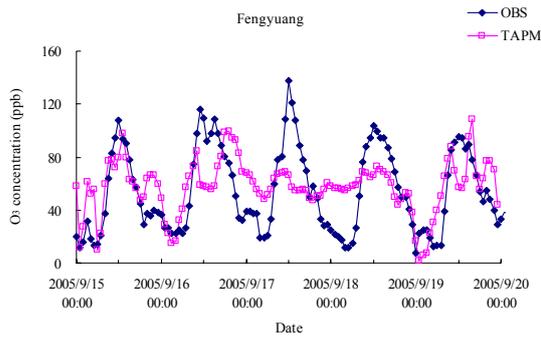


(d)

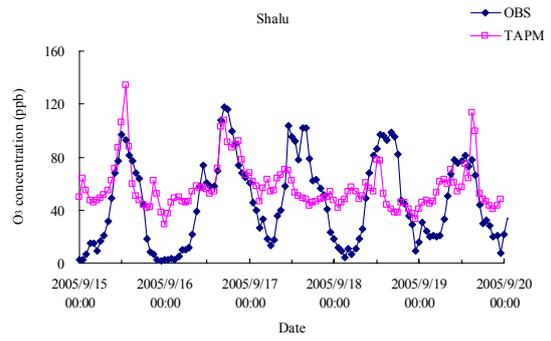


(e)

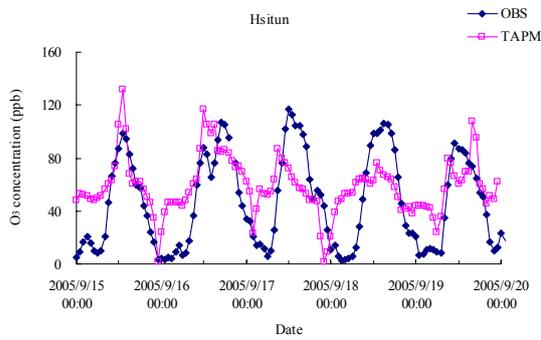
圖 4-4.8 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日中部地區監測值與模擬值近地面 10 m 之溫度變化趨勢圖(a)大里、(b)彰化、(c)二林、(d)南投、(e)竹山。



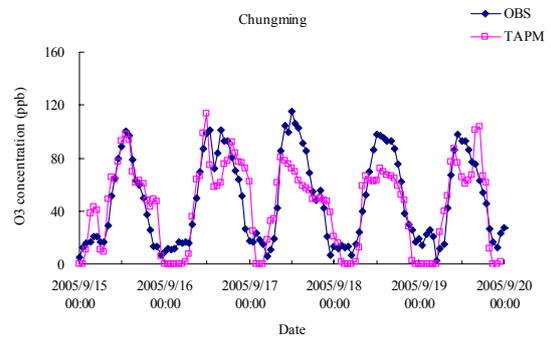
(a)



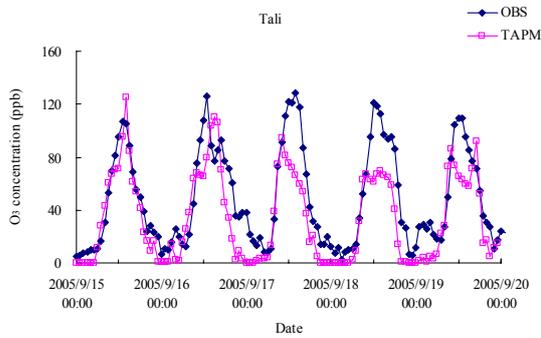
(b)



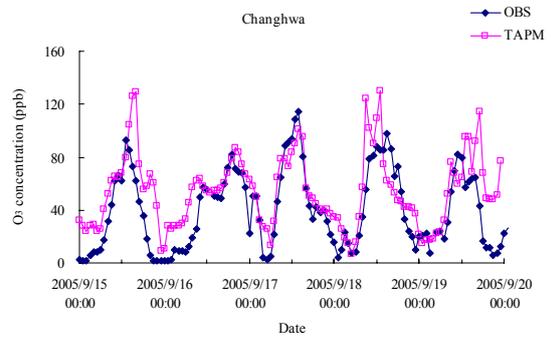
(c)



(d)

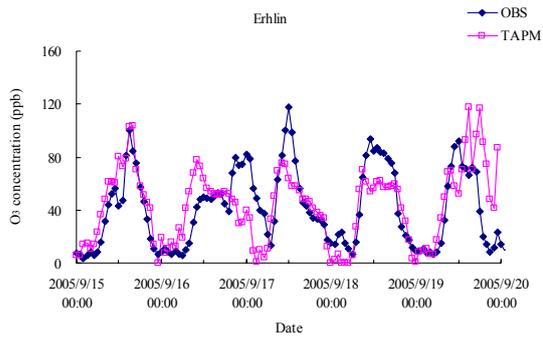


(e)

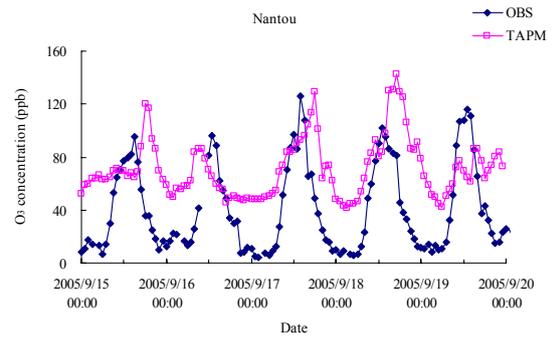


(f)

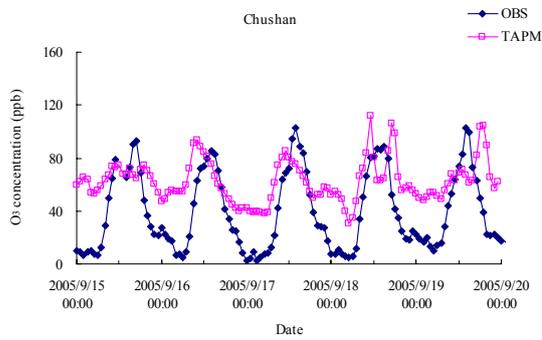
圖 4-4.9 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日中部地區監測值與模擬值近地面 10 m 之 O_3 濃度變化趨勢圖(a)豐原、(b)沙鹿、(c)西屯、(d)忠明、(e)大里、(f)彰化。



(a)



(b)



(c)

圖 4-4.10 2005 年 9 月 15 日至 9 月 19 日中部地區監測值與模擬值近地面 10 m 之 O_3 濃度變化趨勢圖(a)二林、(b)南投、(c)竹山。

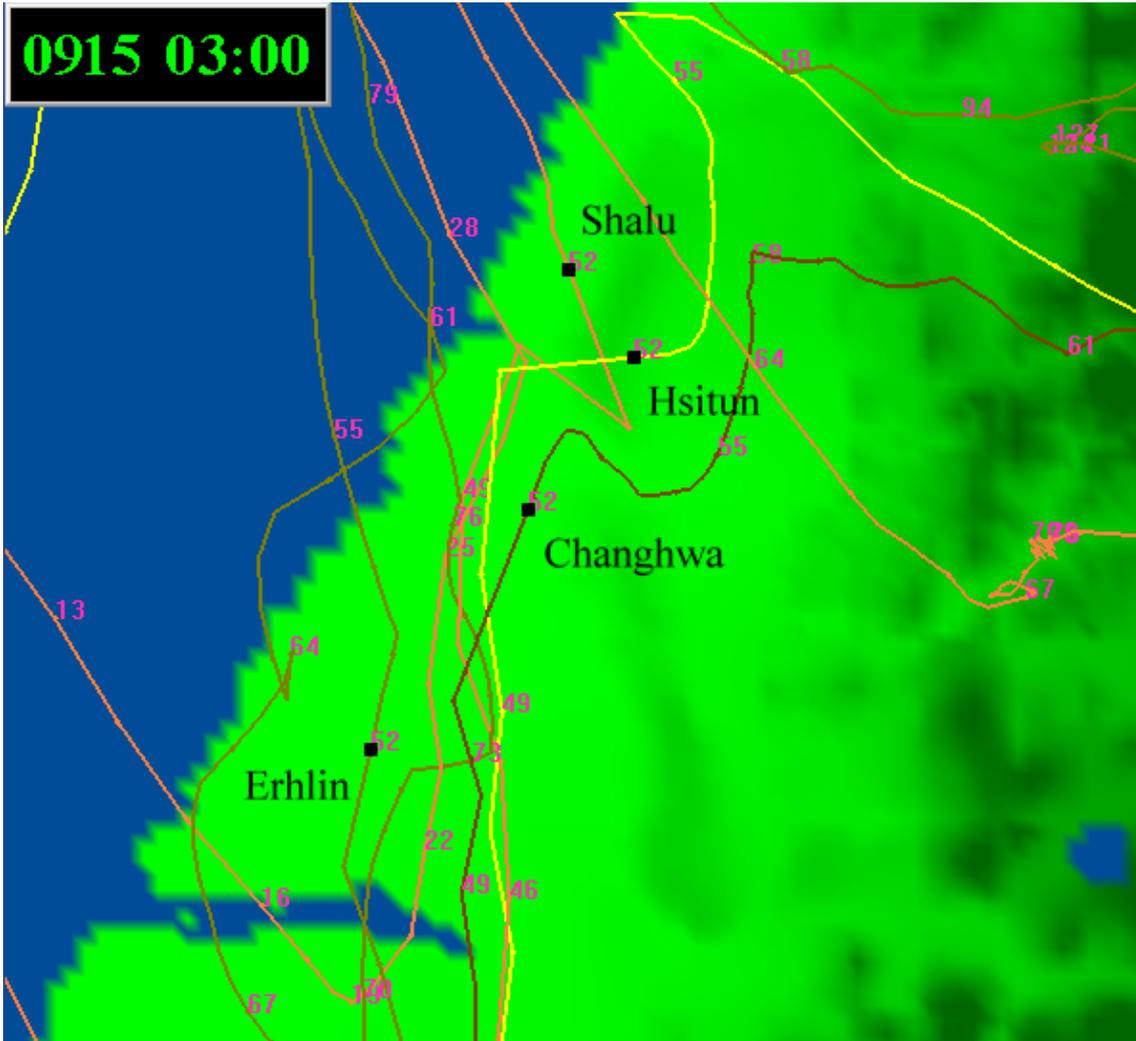


圖 4-5.1 第一時段 (0000 LST ~ 0600 LST) 模擬時間第 52 小時之氣塊順、逆軌跡移動路徑圖 (沙鹿、西屯、彰化、二林)。

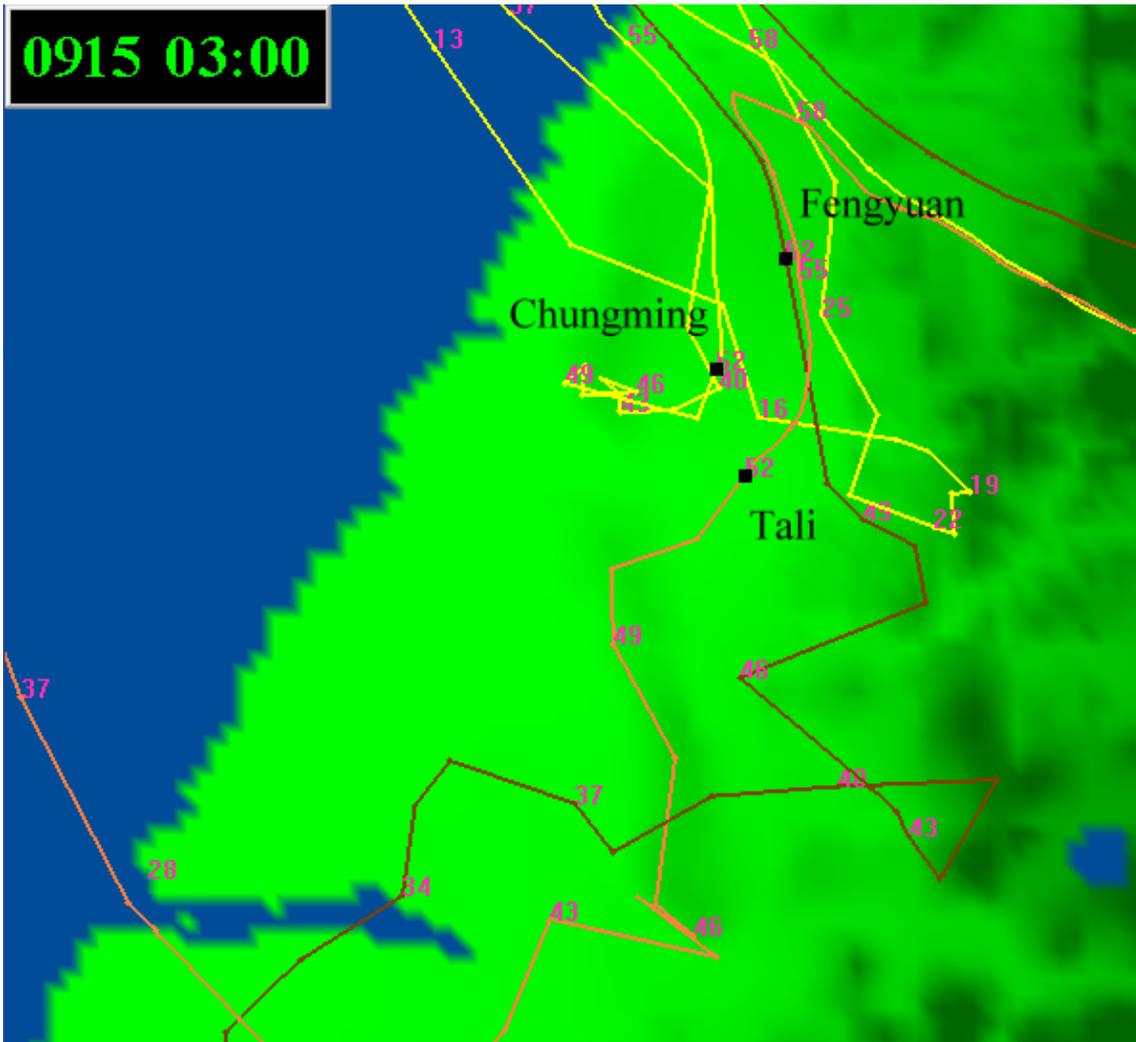


圖 4-5.2 第一時段 (0000 LST ~ 0600 LST) 模擬時間第 52 小時之氣塊順、逆軌跡移動路徑圖 (豐原、忠明、大里)。

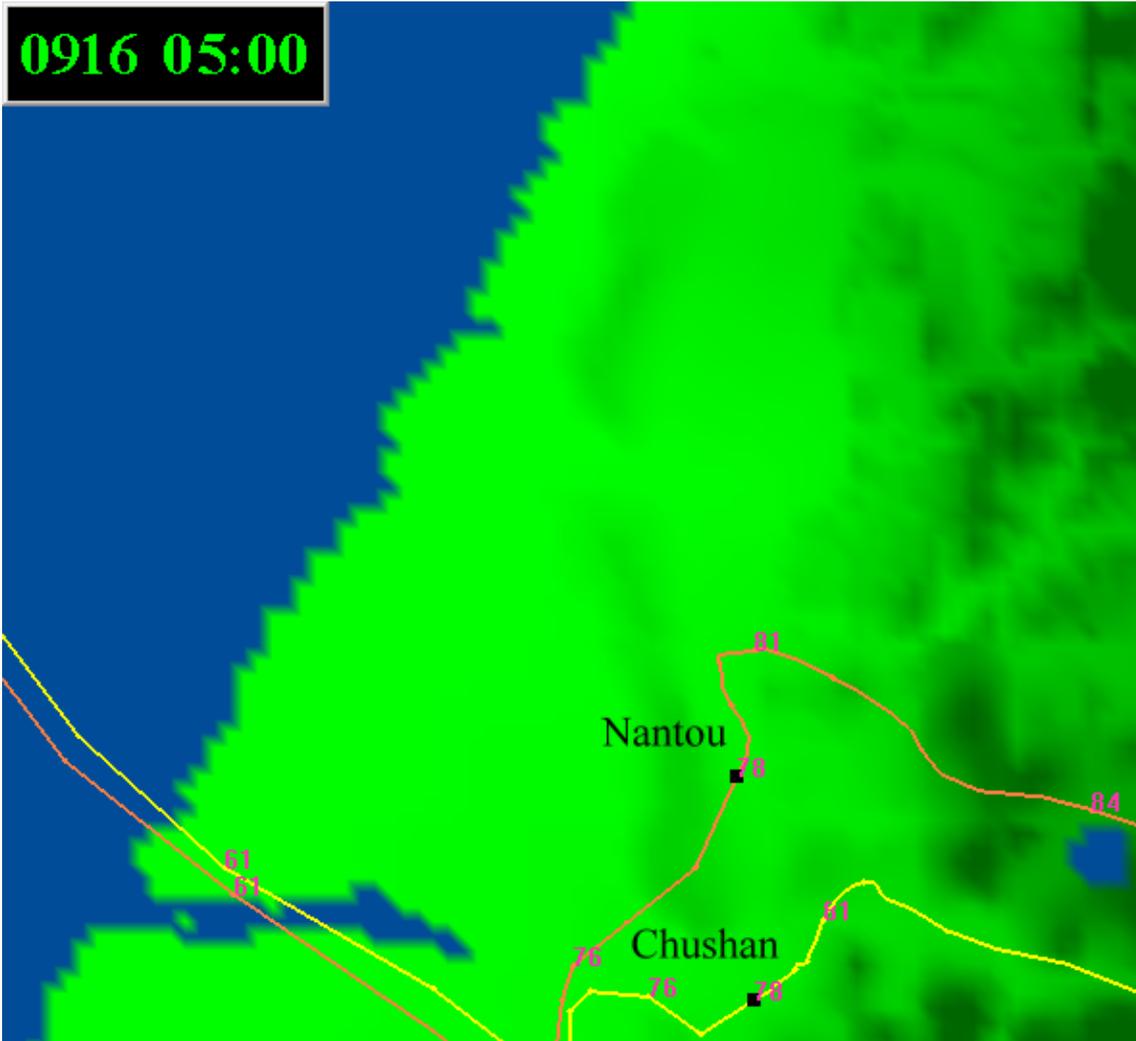


圖 4-5.3 第一時段 (0000 LST ~ 0600 LST) 模擬時間第 78 小時之氣塊順、逆軌跡移動路徑圖 (南投、竹山)。

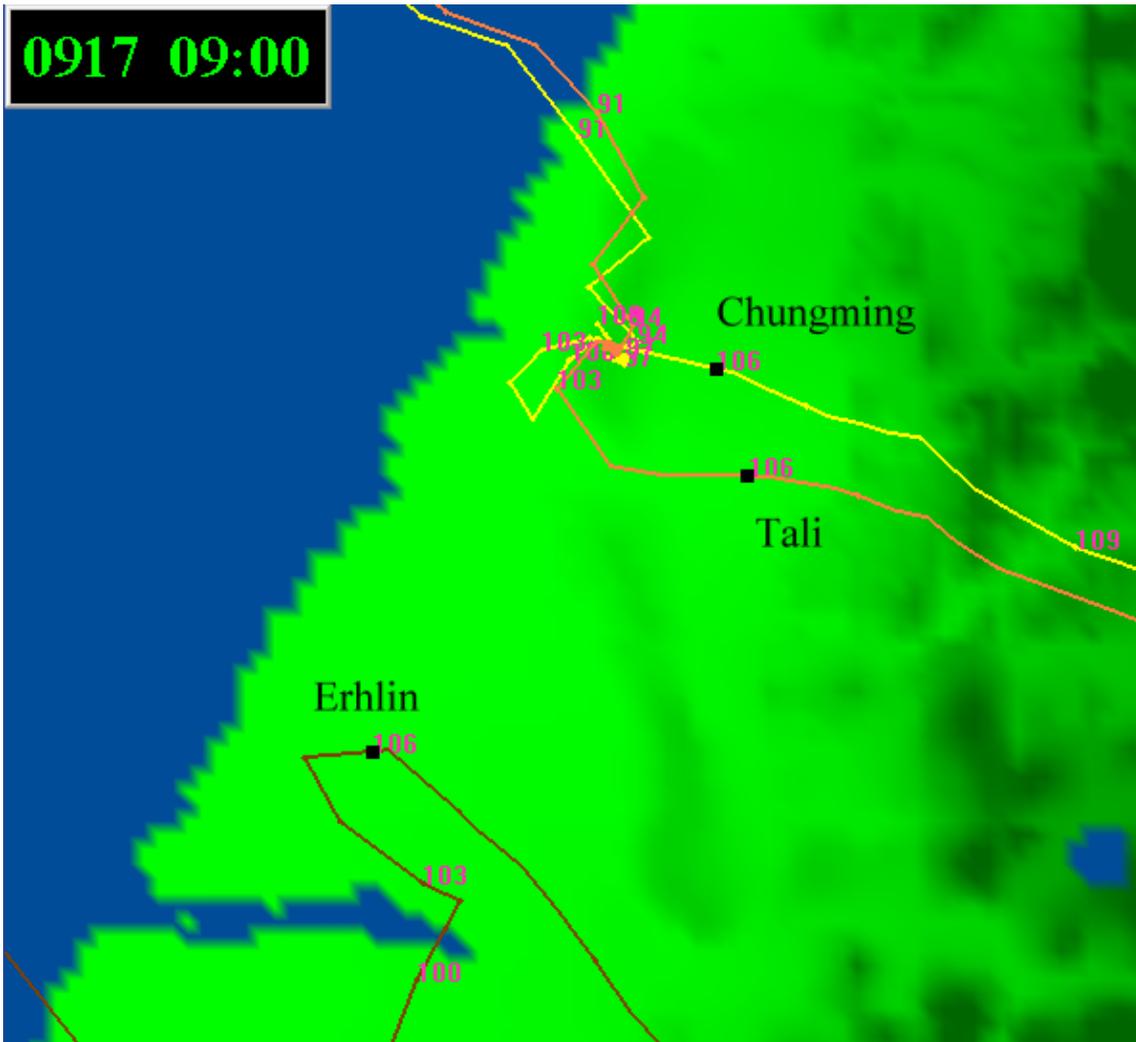


圖 4-5.4 第二時段 (0900 LST ~ 1000 LST) 模擬時間第 106 小時之氣塊順、逆軌跡移動路徑圖 (忠明、大里、二林)。

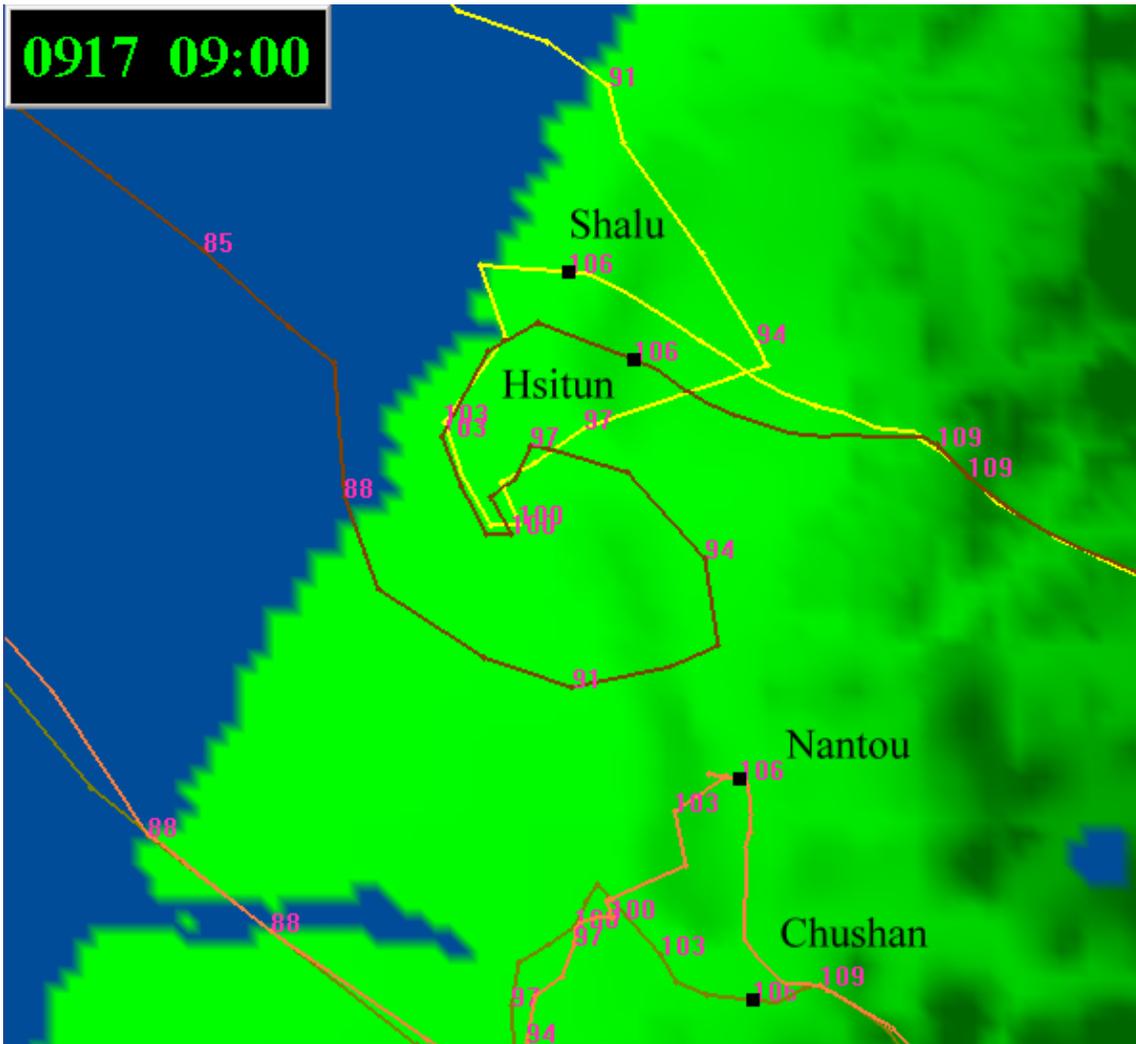


圖 4-5.5 第二時段 (0900 LST ~ 1000 LST) 模擬時間第 106 小時之氣塊順、逆軌跡移動路徑圖 (沙鹿、西屯、南投、竹山)。

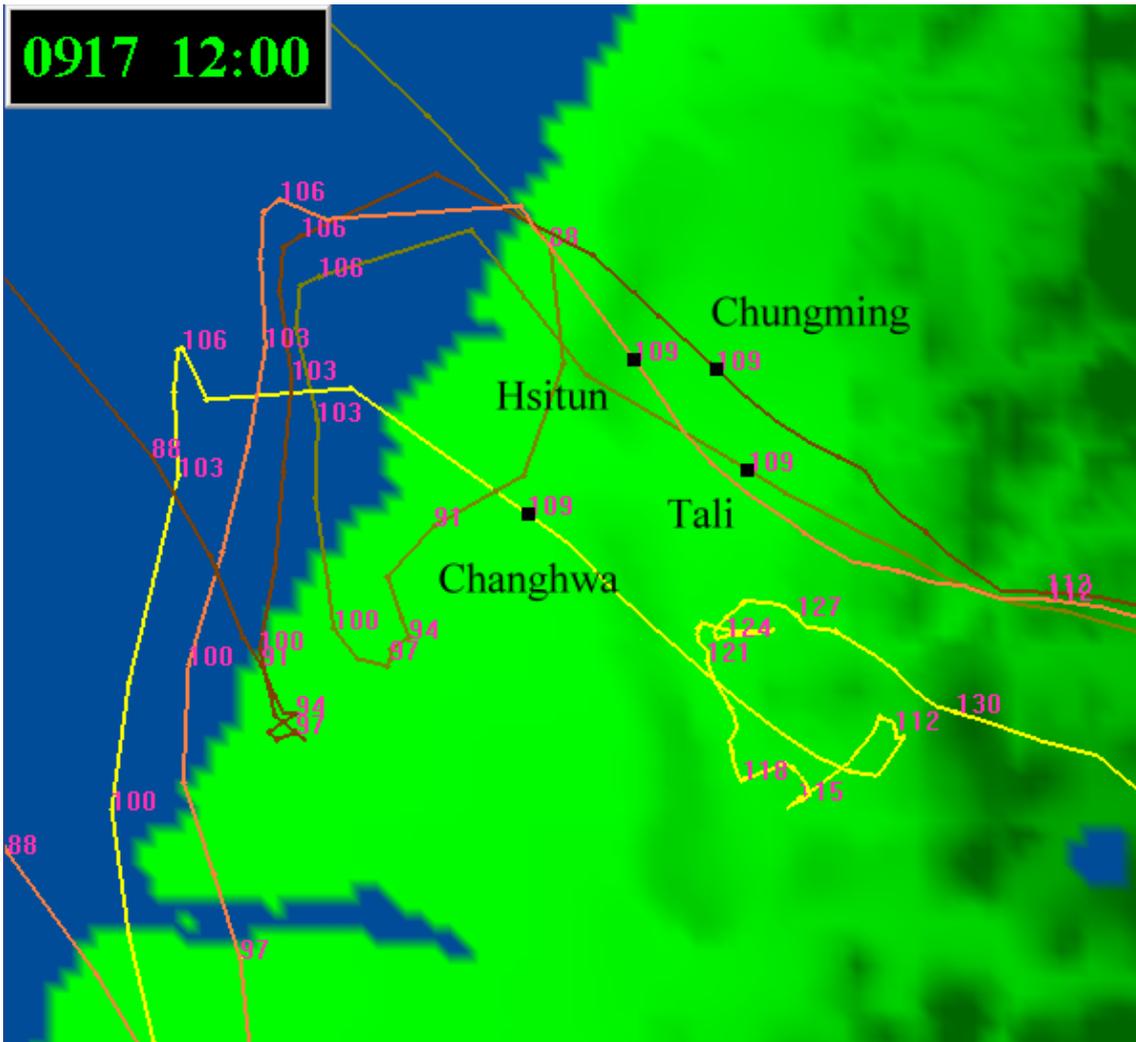


圖 4-5.6 第三時段 (1200 LST ~ 1300 LST) 模擬時間第 109 小時之氣塊順、逆軌跡移動路徑圖 (西屯、忠明、大里、彰化)。

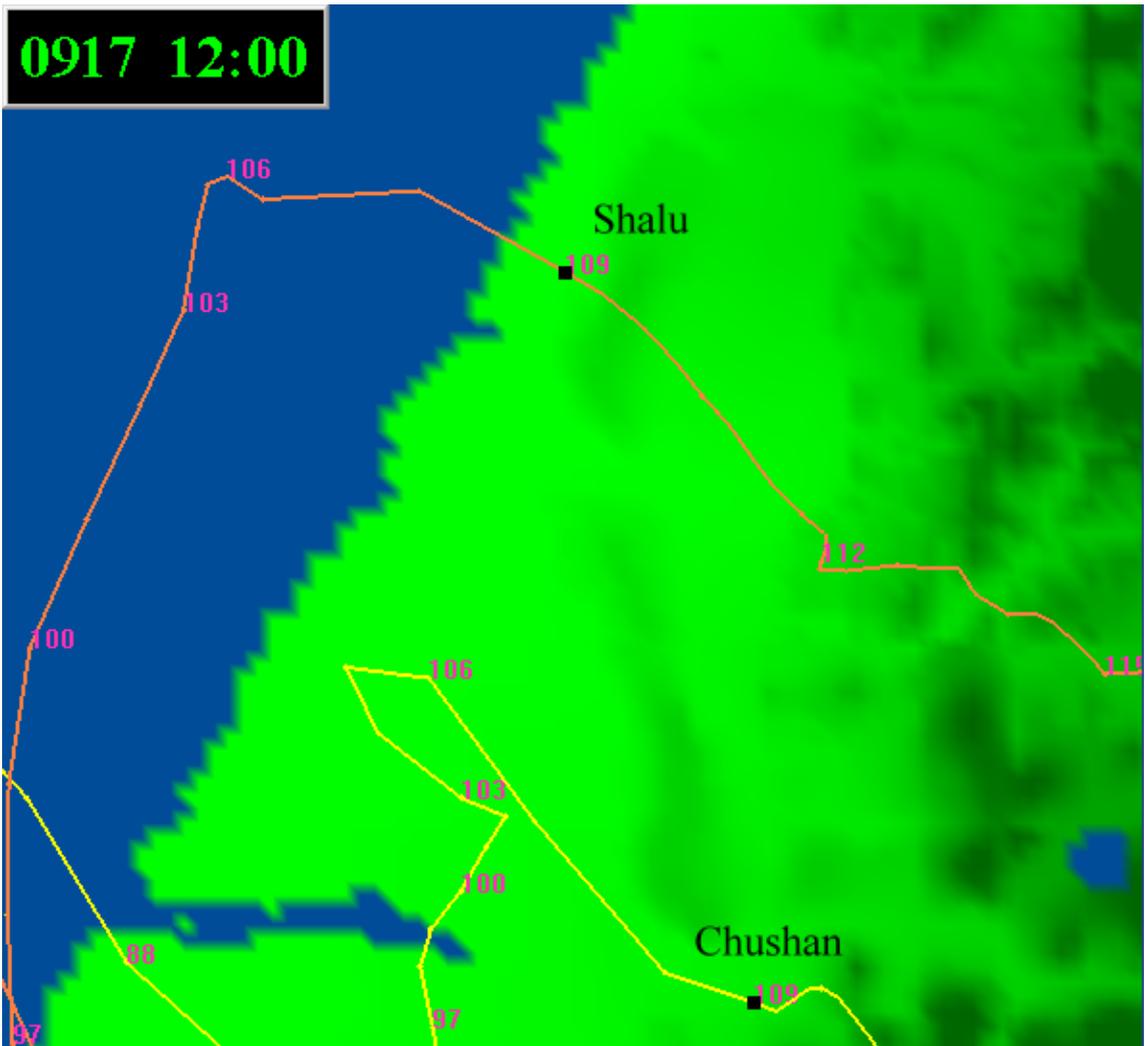


圖 4-5.7 第三時段 (1200 LST ~ 1300 LST) 模擬時間第 109 小時之氣塊順、逆軌跡移動路徑圖 (沙鹿、竹山)。

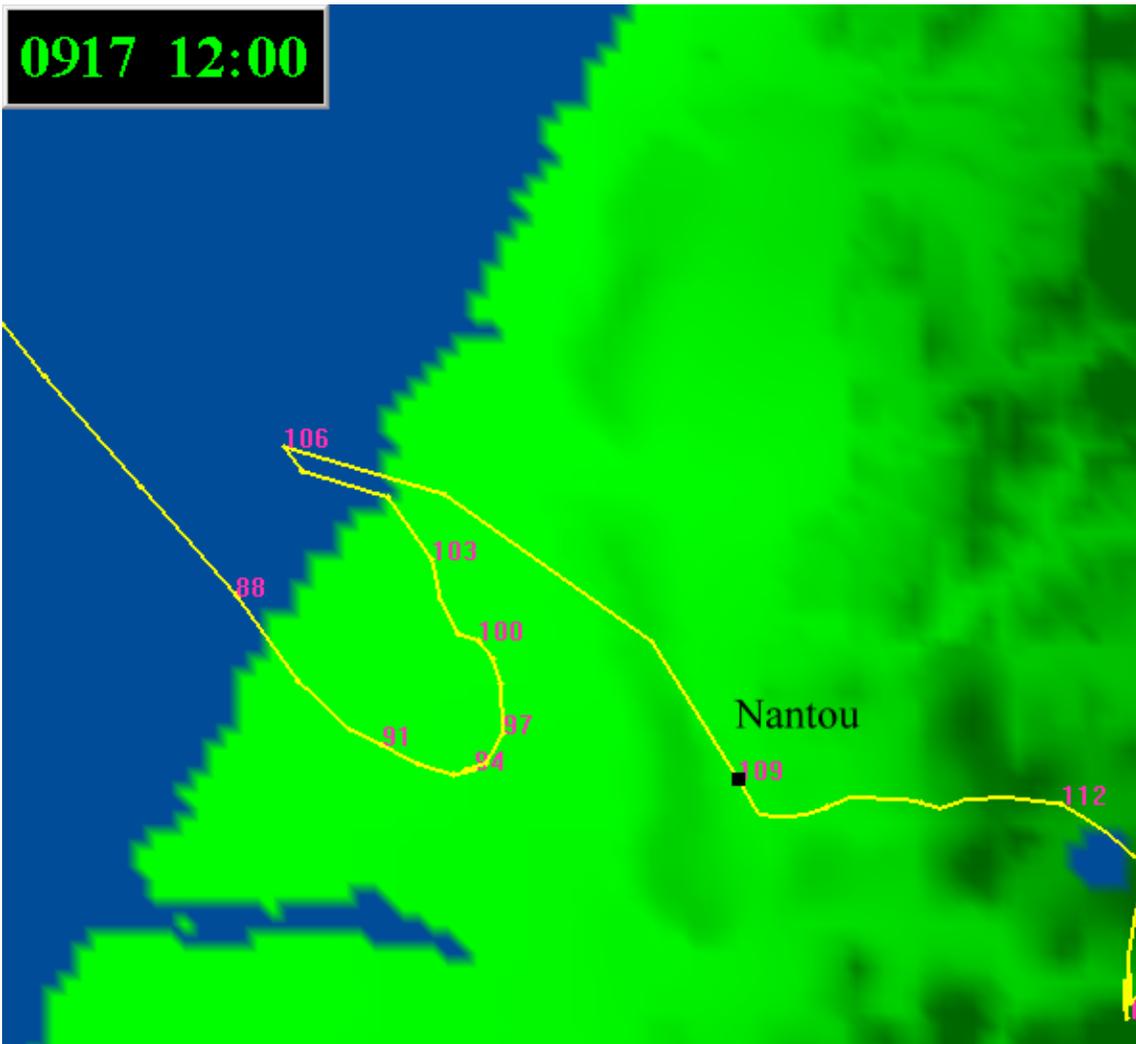


圖 4-5.8 第三時段 (1200 LST ~ 1300 LST) 模擬時間第 109 小時之氣塊順、逆軌跡移動路徑圖 (南投)。