

東海大學環境科學與工程學系

碩士論文

移動污染源對都市細懸浮微粒濃度之健康風險  
分析 – 以臺中市為例

PM<sub>2.5</sub> and health risk due to vehicle traffic in urban area  
– A case study of Taichung City

研究生：陳詠森

指導教授：陳維燁 博士

陳鶴文 博士

中華民國 107 年 07 月

東海大學碩士班研究生  
論文指導教授推薦書

環境科學與工程學系陳詠森君所提之論文

題目：移動污染源對都市細懸浮微粒濃度之健康風險分析-以臺中市為例

PM<sub>2.5</sub> and health risks due to vehicle traffic in urban area - A case study of Taichung City

係由本人指導撰述，同意提付審查。

指導教授：陳詠森 (簽章)

107年 9 月 20 日

東海大學環境科學系碩士班

論文口試委員審定書

環境科學與工程學系碩士班陳詠森君所提之論文

題目：移動污染源對都市細懸浮微粒濃度之健康風險分析-以臺中市為例

PM<sub>2.5</sub> and health risks due to vehicle traffic in urban area - A case study of Taichung City

---

經本委員會審議，認為符合碩士資格標準。

論文口試委員召集人 孫志芳 (簽章)

委員

林孝穎

高文麟

陳鶴文

陳弘章

中華民國107年07月20日

## 誌謝

在東海大學的碩士生活中，承蒙 陳維燁博士及 陳鶴文博士在研究上對學生耐心指導以及鼓勵學生參與國外研討會，收穫良多，由衷感謝。在空氣品質模式應用部分感謝 彭彥彬博士提供許多操作建議，協助學生對於模式操作更加熟悉。特別感謝口試委員 余瑞芳老師、林宏嶽老師以及 商文麟老師撥冗指導，並提供學生許多研究上之寶貴意見，使學生之論文能夠更加完善。

在研究生活中要感謝的人太多，感謝研究室學長姊：硯勛學長、Kath 學姊、耀州學長、于安學長、昱廷學長及騰璋學長在研究上提供思考方向以及建議，感謝鈺雯學姐及傢祥學長在行政事務上的協助，感謝憶萍、曲廷、欣宜、品雯及小仔一起度過每一次的 Meeting，在研究室的生活感謝你們都在。感謝水質實驗室理維學長、文志學長、哲豪學長及好甄在生活上的關心。感謝環微實驗室叡澈、土壤實驗室智翔分享與討論許多有趣的「故事」，感謝空污奈米實驗室企鵝學長及柏勳在研究及生活上的許多協助。感謝東海親善的老師及學長姊、東海勞教處學長姊、外環境早班及男宿區給我的鼓勵。感謝直屬學姊宴琳從我大一到碩士班無論課業或生活都很照顧我，直屬學弟妹又宏、冠宇、郁玲、越緬、承臻願意跟我一起做很多瘋狂的事情，很慶幸自己可以遇到你們。

最後特別感謝我的家人在我完成學業這段期間默默地成為我的強力後盾，儘管我因為忙於研究鮮少回家，仍然時常關心我的近況，並且為陷入低潮的我加油打氣，謹以此論文獻給關心我與愛我的人，謝謝你們對我的照顧及幫助。

陳詠森 謹誌

2018.08.

## 摘要

移動污染源是都會區空氣污染的主要來源，隨著車流活動情況與氣象條件的變化會影響污染物的擴散範圍與造成的風險，並且會因為人口分布而造成不同程度的危害。本研究以交通部高速公路局交通資料庫(Traffic Data Collection System, TDCS)自 2015 年全年於臺中市國道 1 號后里至王田路段之行車資料作為污染排放量的推估依據，利用空氣污染模式(The Air Pollution Model, TAPM)模擬不同車流型態及不同風場情況下之污染狀況，同時結合人口分布等因子進行健康風險評估，找出臺中市易受危害之潛在熱區。研究結果顯示，小型車數量變化是造成平日及假日車流量差異之主因，但是造成污染排放量差異之原因卻是大型車導致，在車流量固定之情況，若大型車於車流之組成比例提高，污染排放量亦隨之提高。整體而言，風場影響層面對於污染濃度分布有顯著的影響，PM<sub>2.5</sub> 會在風速較弱時累積，同時受地形及風向影響而在大肚山東側有較高之濃度。就健康風險分析觀點而言，國道 1 號西側及北側地區無論平日或假日車流型態皆有較高之肺癌風險度，其中神岡區、大雅區、西屯區及南屯區等人口聚集區域受到 PM<sub>2.5</sub> 危害較大。除此之外，2015 年國道 1 號后里至王田路段平日車流型態對臺中市造成之平均肺癌風險度為  $2.35 \times 10^{-3}$  (95% CI -  $5.68 \times 10^{-3}$ ,  $2.41 \times 10^{-3}$ )，假日車流型態則為  $1.13 \times 10^{-3}$  (95% CI -  $2.98 \times 10^{-3}$ ,  $1.15 \times 10^{-3}$ )。

關鍵字：移動污染源、車流型態、PM<sub>2.5</sub>、TAPM、健康風險、臺中市

## Abstract

Mobile sources are the major source of air pollution in the urban area. With the changes in traffic flow and weather will affect the spread and the risk of pollutant, and it will cause different degrees of harm because of the population distribution. This study mainly explores the health risk of PM<sub>2.5</sub> emission on National Highway NO.1 in Taichung City. First, use the traffic data from the Traffic Data Collection Systems (TDCS) of the Ministry of Transportation and Communications as a basis for estimation of the pollution emissions. Then The Air Pollution Model (TAPM) is used to simulate the pollution in different types of traffic patterns and different wind conditions. Finally, a health risk assessment was conducted in conjunction with factors such as population distribution to identify potential hot spots in Taichung City that are vulnerable to damage. The result shows that the change in the number of small cars is the main cause of the difference in traffic flow between the weekdays and day off, but the cause of the difference in pollution emissions is caused by trucks. When the traffic volume is fixed, if the proportion of trucks in the traffic flow is increased, the pollution emissions will increase. In general, the influence of the wind conditions has a significant impact on the concentration distribution of the pollution. PM<sub>2.5</sub> will accumulate when the wind speed is weak, and it will have a higher concentration on the east side of Mt.Dadu due to the influence of terrain and wind direction. From the perspective of health risk analysis, both the western and northern regions of National Highway No. 1 have a higher risk of lung cancer, regardless of the type of traffic. Among them, population concentration areas such as Shengang District, Daya District, Xitun District and Nantun District are seriously affected by PM<sub>2.5</sub>. In addition, the average lung cancer risk caused by weekday traffic patterns on the National Highway No. 1 in 2015 to Taichung City was  $2.35 \times 10^{-3}$  (95% CI  $-5.68 \times 10^{-3}$ ,  $2.41 \times 10^{-3}$ ), and caused by day off patterns was  $1.13 \times 10^{-3}$  (95% CI  $-2.98 \times 10^{-3}$ ,  $1.15 \times 10^{-3}$ ).

Keyword : Mobile source, Traffic patterns, PM<sub>2.5</sub>, TAPM, The health risk, Taichung City

## 目錄

第一章 緒論.....	1
1-1 研究緣起.....	1
1-2 研究目的與內容.....	2
第二章 文獻回顧.....	3
2-1 移動源排放現況.....	3
2-2 移動污染源排放量推估方法.....	6
2-2.1 排放係數推估.....	6
2-2.2 車行里程推估.....	7
2-3 空氣品質模式.....	8
2-3.1 國內外研究常用模式比較.....	8
2-3.2 TAPM 模式簡介.....	11
2-3.3 TAPM 基本理論與架構.....	11
2-4 健康風險評估.....	18
2-4.1 基本內容架構簡介.....	18
2-4.2 空氣污染健康風險評估.....	20
第三章 研究方法.....	26
3-1 研究區域介紹.....	26
3-2 研究流程.....	27
3-3 監測數據與統計資料蒐集.....	29
3-3.1 氣象監測資料.....	29
3-3.2 國道交通流量資料.....	30
3-3.3 臺中市人口資料.....	31
3-4 移動源排放量推估.....	32
3-4.1 交通流量資料收集彙整.....	32
3-4.2 排放係數的運用.....	32
3-4.3 移動源排放量計算.....	33
3-5 TAPM 模式輸入資料設定.....	34
3-5.1 氣象資料來源.....	34
3-5.2 污染物排放資料來源.....	34
3-5.3 模式數值設定.....	36
3-6 健康風險推估計算方式.....	38
第四章 結果與討論.....	40
4-1 2015 年國道 1 號車流型態.....	40

4-1.1 每日車流趨勢分析 .....	40
4-1.2 逐時車流趨勢分析 .....	42
<b>4-2 移動源排放量推估 .....</b>	<b>45</b>
<b>4-3 TAPM 模擬結果 .....</b>	<b>50</b>
4-3.1 水平氣象場準確度分析 .....	50
4-3.2 PM <sub>2.5</sub> 濃度擴散結果分析 .....	51
<b>4-4 健康風險分析 .....</b>	<b>56</b>
<b>第五章 結論與建議 .....</b>	<b>63</b>
5-1 結論 .....	63
5-2 建議 .....	64
<b>參考文獻 .....</b>	<b>66</b>
<b>附錄 .....</b>	<b>70</b>
附表 1 民國 102 年臺中市移動源污染物排放量 .....	70
附表 2 民國 102 年臺中市 PM <sub>2.5</sub> 污染貢獻比統計表 .....	71
附表 3 國道偵測站代碼清單 (節錄國道 1 號主線) .....	72
附表 4 臺中市車輛排放係數表(節錄) .....	77
附表 5 風速 IOA 結果 .....	84
附表 6 溫度 IOA 結果 .....	85
附圖 1 臺中市各測站逐月風花圖 .....	86
附圖 2 國道 1 號 PM <sub>2.5</sub> 濃度逐月結果 .....	98
附圖 3 肺癌風險空間分布逐月結果 .....	104
附圖 4 肺癌風險人數空間分布逐月結果 .....	110

## 表目錄

表 2-1 民國 102 年臺中市空氣污染排放量與排放比例.....	4
表 2-2 空氣品質模式比較.....	10
表 2-3 TAPM 中使用的大氣光化學反應式.....	16
表 2-4 空氣污染健康風險文獻整理.....	22
表 3-1 監測站詳細資訊表.....	29
表 3-2 TDCS 檔案清單.....	30
表 3-3 線源對應路段及距離表.....	35
表 4-1 不同車流型態總排放量.....	45
表 4-2 TAPM 氣象場 IOA 分析結果.....	50
表 4-3 2015 年臺中地區氣象資料及 PM <sub>2.5</sub> 模擬濃度比較.....	55



## 圖目錄

圖 2-1 102 年臺中市移動污染源車種貢獻比例 .....	5
圖 2-2 102 年臺中市 PM <sub>2.5</sub> 污染來源貢獻比例.....	5
圖 2-3 TAPM 運作流程圖.....	12
圖 2-4 空氣污染健康風險評估流程圖.....	21
圖 3-1 研究區域圖.....	26
圖 3-2 研究流程圖.....	28
圖 3-3 臺中市人口分布圖.....	31
圖 3-4 排放源位置圖.....	35
圖 4-1 2015 年臺中市國道 1 號車流趨勢 .....	40
圖 4-2 2015 年臺中市國道 1 號車流中大型車組成比例 .....	41
圖 4-3 2015 年臺中市國道 1 號平日平均逐時分布 .....	43
圖 4-4 2015 年臺中市國道 1 號假日平均逐時分布 .....	43
圖 4-5 2015 年臺中市國道 1 號平日車種逐時分布 .....	44
圖 4-6 2015 年臺中市國道 1 號假日車種逐時分布 .....	44
圖 4-7 平日逐時之車流及 PM <sub>2.5</sub> 排放量.....	46
圖 4-8 假日逐時之車流及 PM <sub>2.5</sub> 逐時排放量.....	46
圖 4-9 平日型態 SO <sub>x</sub> 逐時排放量比較 .....	48
圖 4-10 假日型態 SO <sub>x</sub> 逐時排放量比較 .....	48
圖 4-11 平日型態 NO <sub>x</sub> 逐時排放量比較 .....	49
圖 4-12 假日型態 NO <sub>x</sub> 逐時排放量比較.....	49
圖 4-13 國道 1 號 2015 年 2 月 PM <sub>2.5</sub> 濃度分布 (A)平日型態 (B)假日型態 .....	52
圖 4-14 國道 1 號 2015 年 10 月 PM <sub>2.5</sub> 濃度分布 (A)平日型態 (B)假日型態 .....	52
圖 4-15 國道 1 號 2015 年 8 月 PM <sub>2.5</sub> 濃度分布 (A)平日型態 (B)假日型態 .....	54
圖 4-16 國道 1 號 2015 年 6 月 PM <sub>2.5</sub> 濃度分布 (A)平日型態 (B)假日型態 .....	54
圖 4-17 2015 年 2 月肺癌風險空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態 .....	57
圖 4-18 2015 年 10 月肺癌風險空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態 .....	57
圖 4-19 2015 年 8 月致癌風險空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態 .....	59
圖 4-20 2015 年 6 月致癌風險空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態 .....	59
圖 4-21 2015 年 2 月肺癌風險人數空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態 .....	61
圖 4-22 2015 年 10 月肺癌風險人數空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態 .....	61
圖 4-23 2015 年 8 月肺癌風險人數空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態 .....	62
圖 4-24 2015 年 6 月肺癌風險人數空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態 .....	62

# 第一章 緒論

## 1-1 研究緣起

近年來民眾對於空氣品質的優劣越來越重視，在人口聚集的都會區中，發達的交通網絡導致移動污染源對都會區污染總排放量有可觀的貢獻(Slezakova et al., 2013)，其對居民所造成的風險及影響不容忽視。為了評估空氣污染對於居民的風險，必須先了解污染物的空間分布，一般透過空氣品質模式輔助，模擬污染物在大氣中擴散與反應的情形。

在應用空氣品質模式的過程中，模式輸入資料對於現況的描述能力對於模擬結果具有決定性的影響，然而移動源因為監測上的困難無法直接使用監測資料作為移動源排放量資料，所以大多使用公式進行排放量推估，目前行政院環保署公告之移動源排放量的推估方法，是利用各行政區發油總量、車型分布和車行里程，推估出移動源的排放總量，再以道路面積及長度進行排放量的網格化分配(行政院環保署, 2016)。然而這樣的方法卻不易觀察到實際車流型態以及活動強度，無法適切的描述移動污染源排放行為之時、空間分布。本研究因而嘗試結合車流分布情況與污染物排放量計算方法，建立可呈現車流與污染物時空分布對應之排放量推估方法，以利提升模擬結果的品質。

移動源對於居民造成之風險大小，除了與污染物濃度分布相關外，亦與人口分布有關，因此本研究結合人口分布，比較不同車流型態所排放之污染物濃度，並且探討在不同天氣狀況影響下之濃度分布，嘗試推估居民造成健康風險的空間分布，以作為制定改善策略之依據。

## 1-2 研究目的與內容

本研究欲了解車流中之小型車與大型車在不同比例組成型態以及不同天氣影響的情況下，國道 1 號移動源排放對於臺中市都會區的污染貢獻，並找出易受危害的區域，主要研究目的如下所述：

1. 移動源排放量計算：由於道路上車流數量與車種分布均會影響污染物排放量，本研究利用交通部高速公路局之交通資料庫提供之車行資料，結合各車種於不同時速時之排放係數，計算每個小時每輛車的排放量，再加總成道路的總排放量，以提升排放量時空分布的解析度。
2. 污染物之空間模擬：本研究以 TAPM 模式模擬國道 1 號車流中之小型車與大型車在不同比例組成型態以及不同天氣狀況下，車輛行駛排放  $PM_{2.5}$  之影響範圍及濃度，並作為健康風險評估之暴露濃度依據。
3. 健康風險評估：結合門牌系統與污染物濃度分布圖，分析污染物分布對居民可能造成的風險，以期找出不同區域民眾所承受的潛在健康風險，亦有助於決策者進行各項決策時作為參考。

## 第二章 文獻回顧

### 2-1 移動源排放現況

行政院環保署 (2016) 公布之 102 年臺中市污染物排放總量如表 2-1 所示，將臺中市空氣污染排放來源分為固定污染源以及移動污染源兩種來源，污染物種類主要為 TSP、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、THC、NMHC、CO 及 Pb。其中移動污染源部分，TSP 占 10.46%、PM<sub>10</sub> 占 17.14%、PM<sub>2.5</sub> 占 29.18%、NO<sub>x</sub> 占 47.37%、THC 占 26.16%、NMHC 占 27.58%、CO 占 70.85%。圖 2-1 顯示各污染物中 12 個不同車種之貢獻比例，其中可發現粒狀污染物與 NO<sub>x</sub> 排放量以大貨車最高，而 CO、THC 及 NMHC 排放主要以四行程機車最高，其餘污染物排放則以汽油自小客較多，詳細資料補充於附表 1。

根據臺中市空氣污染防制計畫書中 102 年調查結果如圖 2-2 顯示，PM<sub>2.5</sub> 來自 SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub> 及 VOC 轉化之衍生性硫酸鹽、衍生性硝酸鹽及衍生性有機碳，共占臺中市 PM<sub>2.5</sub> 貢獻量 54.4%。交通源占臺中市 PM<sub>2.5</sub> 貢獻量 15.6%，是原生性 PM<sub>2.5</sub> 貢獻最高之來源，其餘多來自地殼元素、二次冶煉及焚化爐等(臺中市環保局, 2015)。此結果是以化學質量平衡受體模型(Cheical Mass Balance, CMB 模型)推估分析而得，由此可知藉由排放量推估方法可以釐清污染物之影響程度，而推估方法的準確度將直接影響分析結果，因此建立能反映實際車流狀況之污染排放量推估方法，可以推估出更接近之移動源排放量，有助於管制策略之擬訂。

表 2-1 民國 102 年臺中市空氣污染排放量與排放比例

污染源類別	污染排放總量(公噸/年)								
	TSP	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	THC	NMHC	CO	Pb
移動污染源 排放量	4,146 (10.46%)	3,042 (17.14%)	2,479 (29.18%)	3,552 (15.17%)	28,044 (47.37%)	15,675 (26.16%)	14,606 (27.58%)	45,456 (70.85%)	2.32 (1.12%)
固定污染源 排放量	35,482 (89.54%)	14,718 (82.86%)	6,014 (70.82%)	19,862 (84.83%)	31,151 (52.63%)	44,255 (73.84%)	38,369 (72.42%)	18,704 (29.15%)	204.61 (98.88%)
排放總量	39,628	17,760	8,493	23,414	59,195	59,930	52,975	64,160	206.93

資料來源：TEDS 9.0 排放量分類統計，本研究整理列出

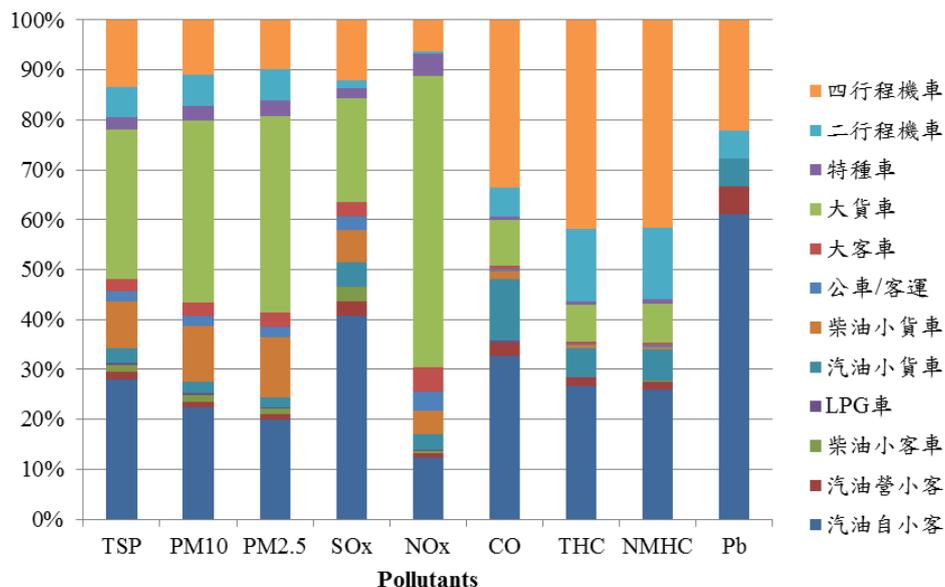


圖 2-1 102 年臺中市移動污染源車種貢獻比例  
(資料來源：TEDS 9.0 線源技術手冊，本研究整理繪出)

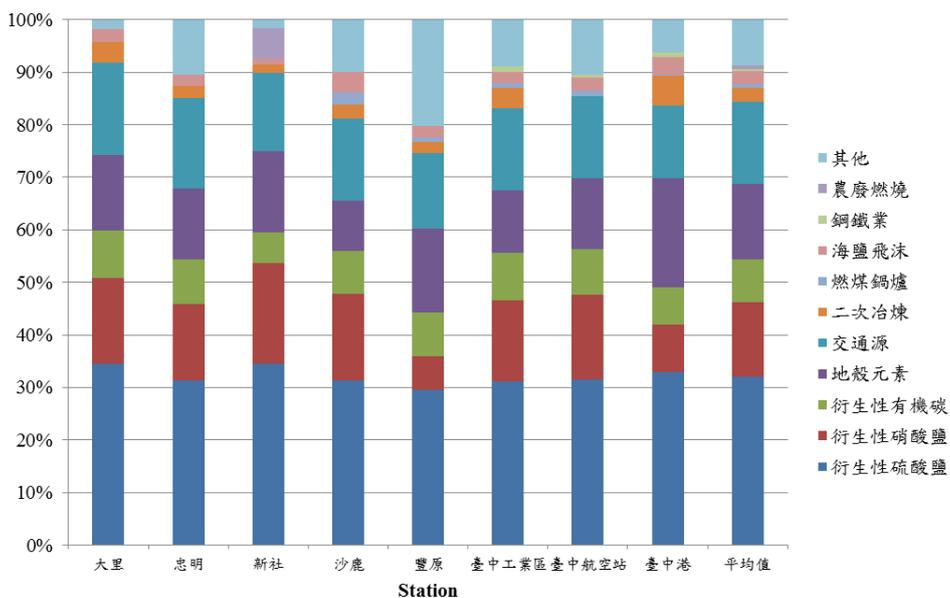


圖 2-2 102 年臺中市 PM<sub>2.5</sub> 污染來源貢獻比例  
(資料來源：臺中市環保局空氣污染防制計畫書 104~109 年，本研究整理繪出)

## 2-2 移動污染源排放量推估方法

污染源排放量推估除了以監測結果進行外，其餘具不確定因素或不易測量時情況時通常以數學式子建立推估方式，目前移動污染源的排放量推估通常使用排放係數法，其公式如下所示(行政院環保署, 2016)：

$$\text{排放量} = \text{排放係數} \times \text{車行里程數}$$

$$E_i = E_{Fi} \times VKT_i$$

其中：

$E_i$ ：(Emission)：排放量

$E_{Fi}$ ：排放係數(g/Km)

$VKT_i$ ：活動強度，即車行里程(Km/年)

$i$ ：車種別

本節根據移動源排放量推估所需參數及其推估運用，就排放係數及車行里程之不同推估方式，進行文獻回顧。

### 2-2.1 排放係數推估

移動源之排放係數推估方法在臺灣並無建立本土之推估模式，目前主要引用美國之推估方式，大致可分為兩部分：一為 CO、NO<sub>x</sub> 及 HC 之推估，採用 Mobile-Taiwan2.0(修改自美國 Mobile5a)或直接使用美國 Mobile 模式；二為 TSP、Pb 及 SO<sub>x</sub> 推估，此採用美國"AP - 42, Volume II : Mobile Sources - Appendix L"之方法(行政院環保署, 2016)。

移動源排放係數的定義為車輛行駛單位距離所排放之污染物量，目前臺灣以行駛每公里排放污染物克數表示。其影響因子包含：

1. 油品成分：油料的成分直接影響了燃燒後所排放出的污物成分與濃度，陳氏(2009)在市售九二及九五無鉛汽油中添加異辛烷，並以引擎怠速模式進行 CO、HC、CO<sub>2</sub> 排放分析，研究結果顯示添加異辛

烷有助於降低 CO 及 HC 之排放。孫氏(2010)以 5 種濃度之酒精汽油於 4 種引擎轉速定速下進行實驗，結果顯示於汽油中添加酒精雖然會降低動力輸出及增加燃油量，NO<sub>x</sub> 也有增加的趨勢，但是 CO 及粒狀物有減少的情況(孫睿鴻, 2010; 陳志銘, 2009)。

2. 引擎類型：不同引擎設計對應至不同燃料與運作方式，會造成污染物生成條件與排放量之差異，陳氏(2002)以四行程引擎與柴油引擎進行排氣比較分析，其中柴油引擎排氣中之金屬元素 Mn、Pb 及 V 濃度因柴油引擎運作所需之添加劑而較汽油引擎濃度高(陳志強, 2002)。
3. 車輛條件及行車型態：羅氏(2000)分析 50 部不同用途之柴油車於不同引擎輸出功率時之排放廢氣，發現柴油引擎之汽缸數越多，燃燒效率愈佳相對使得粒狀物濃度較少，研究中亦發現柴油車排放有害金屬隨著轉速減少而有增加的趨勢；小貨車和大貨車排放之 Fe、Cr 及 Ni 平均濃度隨里程數增加而增高，大客車及曳引車則不明顯(羅濟豪, 2000)。

## 2-2.2 車行里程推估

車行里程(Vehicle Kilometers Traveled, VKT)推估的準確性除了會直接影響污染物排放量的推估結果，也會間接影響排放係數的推估。目前 TEDS 所使用之推估方法，主要採用燃油消耗作為推估依據，即先推估出各車種之總燃料用量，再與各車種之平均耗油率相乘計算出各車種總車行里程。

在 TEDS 9.0 中亦採用國道車輛偵測器(VD)之車流量資料，由車流量乘上對應路段長度計算車行里程之作法，近似直接觀測車輛在路段中行駛之里程數。比較燃油消耗法與 VD 法推估之車行里程結果，兩種推估方法在同一數量級上，並無明顯差異，然 VD 法可呈現車流的時空狀況，推估之結果較接近實際之車行里程。

## 2-3 空氣品質模式

### 2-3.1 國內外研究常用模式比較

空氣品質模式是將污染物在大氣中傳輸、擴散、沈降、轉化、反應等效應以觀測結果或學理所建構的數學型式，依照類型大致可區分為高斯擴散模式、軌跡類模式以及網格類模式(空氣品質模式支援中心)。在國內外研究中經常使用的模式包含工業污染源複合模式(Industrial Source Complex models, ISC3)、California Line Sources Dispersion Model (Caline - 4)、台灣空氣品質模式(Taiwan Air Quality Model, TAQM)、Community Multiscale Air Quality (CMAQ)、Comprehensive Air quality Model with extensions (CAMx)以及空氣品質模式(The Air Pollution Model, TAPM)等。

上述中模式之特色及適用範圍參考相關文獻整理於表 2-2，ISC3 及 Caline - 4 屬於高斯擴散模式，模擬水平範圍適用小於 50 Km 平坦地形，排放源為穩定之高斯煙流且風速風向需做均一穩定的假設，其中 ISC3 為美國環保署建議之優選模式(蔡岳奇, 2011; 蘇偉仁, 2005; 空氣品質模式支援中心)；Caline - 4 是加州為移動源模擬而開發之模式，該模式對 CO 有較佳的模擬結果，其餘污染物則不理想(林益群, 2011; 王世駿, 2009)。

CAMx、CMAQ、TAQM 以及 TAPM 屬於網格模式，其中 CMAQ 為美國 EPA 開發出應用於 O<sub>3</sub>、PM、有毒物、酸沉積模擬之模型，其程式碼開放以及模塊化的設計有利於特定應用結果的優化，然其所需的設備資源較高(美國環保署網站)；CAMx 為美國環境技術公司(Environ Inc.)發展之三維尤拉網格光化學擴散模型，用以模擬原生性及衍生性污染物，其設計有 9 層巢狀網格，可以在較高的空間解析度下，以粗網格計算一般區域，並在網格編界確保質量與通量守恆，但是所耗費時間會較長(余昇翰, 2015; 黃俊憲, 2014)；TAQM 為台灣大學環境工程團隊針對台灣及東亞地區污染源對於空氣品質影響現象引進研發之三維尤拉網格模式，模式的解析度視模擬區域大

小作網格調整，目前最小之空間解析度為 3 Km，並以事件日(約 5 至 7 天)的方式做為模擬時間長度(黃宗德, 2005; 蘇偉仁, 2005); TAPM 則為澳大利亞澳大利亞聯邦科學與工業研究發展組織發展用於個人電腦使用之三維尤拉網格模型，模式的空間解析度最小為 0.1Km(Duque et al., 2016; P. J. Hurley et al., 2005; 曾偉杰, 2008)。

在表 2-2 所列之模式中，屬於高斯擴散模式之 ISC3 及 Caline-4 因為受限於風速及風向需穩定均一的假設，穩定是指不隨時間改變，均一則指空間上的一致，由於此限制使得該模式無法描述受到如時間或地形等不確定因素影響時之狀況，因此在本研究中不考慮使用。而在網格模式中，CMAQ 儘管能針對需求進行特定優化，然其所需之設備要求較高，而 CAMx 則需要將資料多次轉換以符合主程式所需，取得結果後需要再次轉換才能進行分析。在 TAPM 與 TAQM 部分，TAQM 雖然是針對台灣地區設計之模型，但是其 3Km 之最小空間解析度相較於 TAPM 之 0.1Km 有較多空間上之限制，同時 TAQM 多半針對事件日(5 至 7 天)進行模擬，遇到較長時間之情況無法如 TAPM 能模擬一年以上之天氣狀況。

綜合上述，在考量模型操作難易度、資料處理之方便性以及結果描述能力等情況，本研究選擇 TAPM 作為模擬之工具，並在下一節將針對 TAPM 進行更多詳細介紹。

表 2-2 空氣品質模式比較

模式	適用污染源	適用污染物	特色	資料來源
ISC3	點源、線源、面源	惰性污染物	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 高斯擴散模式</li> <li>2. 適用水平範圍小於 50 Km 平坦地形</li> <li>3. 需做穩定(steady)均一(uniform)風速、風向的假設</li> </ol>	空氣品質模式支援中心 蔡岳奇 (2011) 蘇偉仁 (2005)
Caline - 4	線源	惰性污染物	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 高斯擴散模式</li> <li>2. 適用水平範圍小於 50 Km 平坦地形</li> <li>3. 線源同等分割，每次輸入上限 20 組受體點座標</li> <li>4. CO 模擬結果最佳，其餘污染物不理想</li> </ol>	林益群 (2011) 王世駿 (2009)
CAMx	點源、線源、面源	O <sub>3</sub> 、PM、Toxics	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 網格模式</li> <li>2. 適用綜觀尺度至水平範圍小於 50 Km</li> <li>3. 9 層巢狀網格</li> </ol>	美國環保署網站 余昇翰 (2015) 黃俊憲 (2014)
CMAQ	點源、線源、面源	O <sub>3</sub> 、PM、Toxics、 酸沉積	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 網格模式</li> <li>2. 多尺度建模，適用城市尺度到半球尺度</li> <li>3. 模塊化代碼設計，可添加或從現有科學模塊做選擇以優化特定應用的性能</li> </ol>	美國環保署網站 伍孟璟 (2014)
TAQM	點源、線源、面源	原生性污染物、 衍生性污染物、 酸雨 <sup>a</sup>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 網格模式</li> <li>2. 適用水平範圍 3 ~ 1000 Km 簡單或複雜地形</li> <li>3. 15 層高度分層</li> </ol>	蘇偉仁 (2005) 黃宗德 (2005)
TAPM	點源、線源、面源	13 種反應物 <sup>b</sup>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 網格模式</li> <li>2. 適用水平範圍 0.1 ~ 1000 Km 簡單或複雜地形</li> <li>3. 5 層巢狀網格</li> <li>4. 20~50 層高度分層</li> <li>5. 適用個人電腦、圖形使用者介面</li> </ol>	Duque et al. (2016) P. J. Hurley et al. (2005) 曾偉杰 (2008)

註 1：平坦地形為完全沒有顯著起伏地形；簡單地形為地形高度均小於煙囪高度者；複雜地形為地形高度會大於煙囪高度者

註 2：a 包含乾沉降及濕沉降；b 於表 2-2 及後面敘述列出

## 2-3.2 TAPM 模式簡介

空氣污染模式(The Air Pollution Model, TAPM)是由澳大利亞聯邦科學與工業研究發展組織(Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, CSIRO)所屬之大氣研究部門所研發而成，設計可於個人電腦上使用，並且藉由圖形使用者介面(Graphical User Interface, GUI)作為資料輸入與輸出的平臺，是一套結合氣象與空氣污染擴散模擬的三維巢狀網格模式。TAPM 以基本流體動力方程(Fundamental fluid dynamics equation)及純量傳輸方程(Scalar transport equation)處理氣象與污染物濃度的模擬，並且採用不可壓縮連續方程(Incompressible continuity equation)及非流體靜力方程(Non-hydrostatic equation)於模擬大氣中流體運動現象，因此理論上適用不同尺度的模擬(P. J. Hurley et al., 2005)。

## 2-3.3 TAPM 基本理論與架構

TAPM 所用模組可分為兩部分，一為氣象模擬，另一則是空氣污染物模擬。氣象模擬是採用尤拉網格模組(Eulerian Grid Module, EGM)，針對不可壓縮與非靜力狀態進行模擬，可模擬之氣象因子包含風向、風速、壓力、蒸氣壓、降雨以及紊流等。而在空氣污染物模擬方面主要亦為使用 EGM，額外加入拉格朗日粒狀物模組(Lagrangian Particle Module, LPM)，除了能模擬 PM、NO、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、SO<sub>2</sub> 等常見的污染物種類之外，亦可考慮乾溼沉降的效應，模組所用方程式及參數值可由 CSIRO 提供之技術說明手冊取得(P. J. Hurley, 2008)，模式運作的流程架構圖如圖 2-3 所示，各模組的基本理論與內容會在流程圖之後進行說明。流程圖如下：

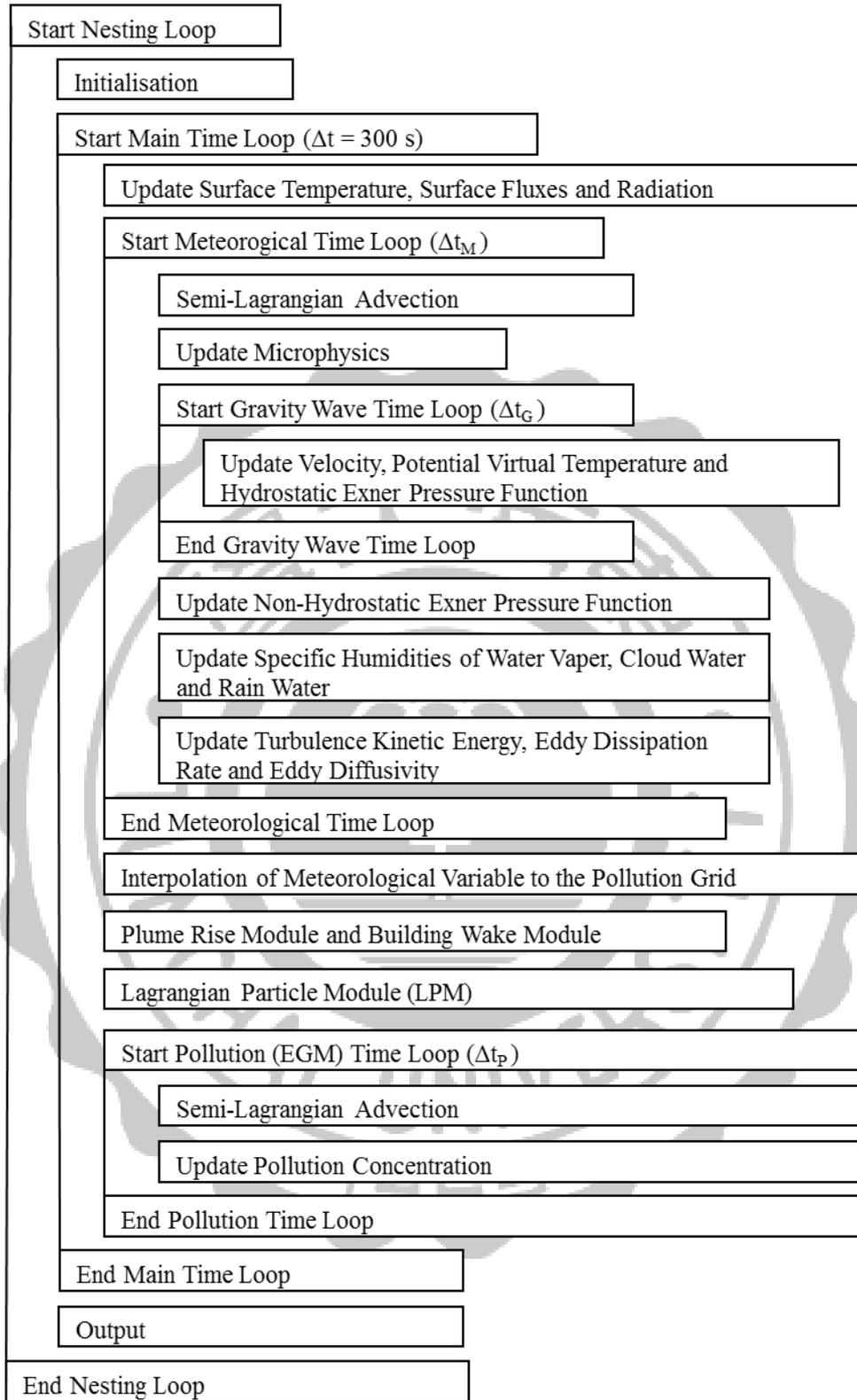


圖 2-3 TAPM 運作流程圖  
 (資料來源：(P. J. Hurley et al., 2005))

根據圖 2-2 之運作流程圖可以得知在 TAPM 之模擬過程中，首先使用氣象模組進行網格中逐時氣象資料運算，接著將氣象資料運算結果放入污染物模組中進行各網格之逐時污染物濃度計算，最後將結果輸出即完成整個模擬程序。

氣象模組以及污染物模組之基本理論如下所述，其中將會分別介紹兩個模組所應用之基本原理、模組使用之計算公式以及可模擬之項目。

### I. 氣象模組(Meteorological module)

TAPM 的氣象模組是一個具追隨地勢垂直座標系統，以不可壓縮連續方程與非流體靜力方程為基礎之三維模組。它包含雲/雨/雪之微物理過程、湍流閉合、城市植被覆蓋與土壤型態及輻射通量的參數化。此模式忽略地球曲率的之影響，並且假設跨域的網格間距均勻一致，因此水平方向模擬的範圍須限制在 1000 公里 × 1000 公里以內。氣象模組主要變數與方程式說明如下，經由動量方程定義出東西風場向量  $u$  ( $\text{ms}^{-1}$ ) 以及南北風場向量  $v$  ( $\text{ms}^{-1}$ )，垂直追隨地勢速度  $\sigma$  ( $\text{ms}^{-1}$ ) 則以連續方程定義之。虛位溫  $\theta_v$  (K) 是經由一個結合熱與水汽之質量守恆方程所定義，其艾克納(Exner)壓力函數  $\pi = \pi_H + \pi_N$  ( $\text{Jkg}^{-1} \text{K}^{-1}$ ) 乃由流體靜力學的 H 和非流體靜力學的 N 兩個參數組成，有關以上參數之方程式及變數說明如下(Pielke, 1984)：

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

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

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

$$\frac{d\theta_v}{dt} = F(\theta_v) - \frac{\partial \overline{w'\theta'_v}}{\partial \sigma} \frac{\partial \sigma}{\partial z} + S_{\theta_v} - N_s(\theta_v - \theta_{vs})$$

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

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

其中：

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

$$\frac{\partial \sigma}{\partial z} = \left( \frac{Z_T}{Z_T - Z_S} \right)$$

x, y, : 水平坐標(m)

t : 時間

Z : 笛卡兒垂直座標(m)

Z<sub>T</sub> : 模式頂端高度(m)

Z<sub>S</sub> : 地形高度(m)

f : 科氏力參數

u<sub>s</sub>、v<sub>s</sub> : 大尺度綜觀風場

θ<sub>vs</sub> : 虛偽溫

q : 比濕

N<sub>S</sub> : 大尺度推進係數(1/(24×3600))

S<sub>qv</sub>、S<sub>qc</sub>、S<sub>qr</sub> : 粒子物理來源項

由上述六個式子分別可以計算出風向、風速、溫度以及濕度，其中風速及風向的計算考慮大尺度綜觀風場以及地球科氏力的影響。σ 代表 TAPM 中採用之垂直座標定義，與地形高度與模式頂端高度有關，使得模式能追隨地形的起伏進行模擬。濕度 q (q = q<sub>v</sub> + q<sub>c</sub>)，其值為水氣與雲水比濕之總和。

## II. 空氣污染模組(Air pollution module)

TAPM 的空氣污染模組由四個不同形式的模組架構而成分別為尤拉網格模組(EGM)、拉格朗日微粒模組(LPM)、煙流上升模組(Plume Rise Module, PRM)以及建築物尾流模組(Building Wake Module, BWM)。尤拉網格以預報方程處理污染物濃度模擬及其與溫度場之間的相互關係；拉格朗日顆粒模組用以更精確地描繪點源的近源效應；煙流上升模組用來處理煙流動量及浮力效應；建築物尾流模組則應用於地面建築所造成之摩擦力改變效應，此模組多用於小尺度污染傳輸模擬，如都會區環流現象或熱島效應，可依需求選擇是否開啟。

TAPM 考慮之污染物排放類型相當完整，其中包含點源、線源、面源和以網格為基礎的表面排放源，如生物源排放、木質燃燒排放、交通工具排放以及一系列燃料型態的蒸發排放(汽油、柴油與液化天然氣等)。主要的空氣污染模組(尤拉網格模組)中，所含之變數及方程式如下：

$$\frac{dX}{dt} = \frac{\partial}{\partial x} \left( K_x \frac{\partial X}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_x \frac{\partial X}{\partial y} \right) - \left( \frac{\partial \sigma}{\partial z} \right) \times \frac{\partial}{\partial \sigma} (w'X') + S_x + R_x$$

其中：

$\frac{dX}{dt}$ ：模擬濃度值

X：濃度值

$\frac{\partial}{\partial x} \left( K_x \frac{\partial X}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_x \frac{\partial X}{\partial y} \right) - \left( \frac{\partial \sigma}{\partial z} \right)$ ：水平及垂直通量

$S_x$ ：污染排放項

$R_x$ ：化學反應項

$K_x$ ：模組之擴散係數， $K_x = 2.5K$  時語氣象純量變化一致

TAPM 採用之大氣光化學模式機制為架構於 CBM-4(Carbon-Bond Mechanism-IV)之半經驗機制，稱為 GRS(Generic Reaction Set)機制。其化學反應程序採用物種簡併方式，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。其物種反應式如表 2-3 所示：

表 2-3 TAPM 中使用的大氣光化學反應式

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

(資料來源：P. J. Hurley et al. (2005))

其中物種分別為再生性煙霧(Smog Reactivity,  $R_{smog}$ )、基本水池(Radical Pool, RP)、過氧化氫(Hydrogen Peroxide,  $H_2O_2$ )、一氧化氮(Nitric Oxide, NO)、二氧化氮(Nitrogen Dioxide,  $NO_2$ )、臭氧( $O_3$ )、二氧化硫(Sulphur Dioxide,  $SO_2$ )、穩定非氣狀有機碳(Stable Non-gaseous Organic Carbon, SNGOC)、穩定非氣狀氮生成物(Stable Non-gaseous Nitrogen Products, SNGN)、穩定氣狀氮生成物(Stable Gaseous Nitrogen Products, SGN)、穩定非氣狀硫生成物(Stable Non-gaseous Sulphur Products, SNGS)及懸浮微粒(Airborne Particulate Matter, APM)與細懸浮微粒(Fine Particulate Matter, FPM)等共 13 種反應物。

TAPM 被運用作為環境影響評估的工具在國外已經行之有年，在國內也有不少的应用，例如透過模式找出氣象因素與空氣污染物之間相互的關係以及驗證評估，Dehghan et al. (2014)調查 TAPM 估計全球水平輻射照度(Global Horizontal Irradiance, GHI) 的準確性，結果發現 TAPM 無法正確捕捉小於 45 公里的尺度變化，且在陰天條件下的分辨率與晴空條件相比，均方根誤差(Root Mean Square Error) 可以增加約 300%，越高的均方根誤差代表模擬結果越差。Luhar and Hurley (2003)在印第安納波利斯模擬結果與 1980 年的 1981 年 Kincaid 現場數據進行比較，其結果顯示在夜間穩定/中性條件下，TAPM 存在一些偏差，並在白天對流/中性條件下略微超出預測。

一群學者模擬澳大利亞都會區及沿海地區的污染狀況，並且與其他模型及試驗結果進行比較，結果顯示 TAPM 在模擬海風隨時間的變化合理準確，同時在預測氣象及空氣污染濃度的績效統計數據在亞熱帶到中緯度海岸、內陸和複雜地形中有良好的表現 (P. J. Hurley et al., 2005; Luhar & Hurley, 2004; P. Hurley et al., 2003)。

Zawar-Reza et al. (2005)在紐西蘭的基督城模擬 1999 年氣象與 PM<sub>10</sub> 散佈情況之相互關係，其模擬之 PM<sub>10</sub> 數據用於製作城市的年度暴露圖，以評估長期暴露空氣污染造成的健康影響。

在臺灣中部空氣品質監測部分，藉由繫留探空設備及 TAPM 探討中部空品區氣象及污染物的相互影響、污染成因及熱島效應進行模擬，在研究中證實模式無論在水平或是垂直方向的模擬都有良好的結果，且能嘗試透過逆軌跡推測找出污染來源，甚至認為模式適用於模擬臺中地區熱島效應的發展 (于培倫, 2010; 王昌世, 2010; 曾偉杰, 2008; 葉昱輝, 2006; 黃宗德, 2005)。

除了探討氣象與污染物之間的關聯之外，TAPM 也被應用於都市空氣品質改善與污染減量策略評估。許多在葡萄牙的研究都使用 TAPM 評估改善空氣品質措施的效率，透過不同的污染減排情境進行測試，從中得出污染減排的健康益處與人口密度之間存在強烈正相關，即代表在人口稠密地區，人為活動較高的地區，污染減排帶來的潛在健康益處最大 (Duque et al., 2016; Miranda et al., 2016; Silveira et al., 2016)。

## 2-4 健康風險評估

### 2-4.1 基本內容架構簡介

健康風險評估的目的在於整合現有最佳科學的證據與數據，評估受影響對象因暴露於有害環境污染物而可能造成危害的機率(吳焜裕, 2010)。依照環保署 2011 年修訂之健康風險評估技術規範，健康風險評估包含了四個主要的元素，分別為危害確認 (Hazard Identification)、劑量效應評估 (Dose-Response Assessment)、暴露量評估 (Exposure Assessment) 與風險特徵描述 (Risk Characterization)，其內容簡略摘錄如下(行政院環保署, 2011)：

1. **危害確認**：危害確認係一種定性之風險評估，主要是針對污染物質之固有毒性作確認。進行危害確認時必須調查與污染物質相關之各種化學、生物資料，才能了解該物質是否引起致癌作用或其他健康效應。危害確認項目包括危害性化學物質種類、危害性化學物質之毒性、危害性化學物質釋放源、危害性化學物質釋放途徑、危害性化學物質釋放量。進行危害確認時，污染物質之毒理資料可由以下四方面取得：流行病學研究資料、動物實驗資料、短期試驗 (short term test) 資料以及分子結構的比較。進行危害確認上，其證據權重以流行病學研究資料最高，而分子結構的比較結果最低。但在實際執行上，就篩選之觀點，大多以分子結構的比較、短期試驗、動物實驗、流行病學研究之順序進行。
2. **劑量效應評估**：依據實驗或調查數據資料，進行劑量與效應關聯性評估，包含對何種危害性化學物質之暴露造成何種特定效應之定性評估，以及多少危害性化學物質暴露造成多少特定效應之定量評估。由於在一般民眾之暴露劑量多屬低暴露量的情況，不能直接藉著動物實驗或流行病學研究的結果來評估其致癌效應，因此已經發展出許多數學模式，以便由高劑量數值，經外插方式粗估到低劑量暴露之風險，但必

須說明及證明用以預測人體效應之外推方法與評估時的不確定性。

3. **暴露量評估**：係指量測或估計人類暴露在某一存在於環境中危害性化學物質之期間、頻率及強度之過程，或指估計某一危害性化學物質進入環境中而可能增加之假設暴露量。在完整之暴露量評估中應描述暴露之大小、期間、頻率及途徑，暴露人群之大小、特性、種類，以及在量測或估計過程中所有的不確定性。其工作項目包含暴露族群界定、大氣擴散模式及多介質傳輸模式選擇與模擬、環境介質(空氣、飲水、食物、土壤、底泥等)中危害性化學物質之濃度推估、暴露情境之選擇、急毒性之暴露評估、暴露參數之選擇及總暴露劑量之推估。
4. **風險特徵描述**：係針對危害確認、劑量效應評估及暴露量評估所得之結果，加以綜合計算，以估計各種暴露狀況下對人體健康可能產生之危害性，並提出預測數值，同時應進行不確定性分析，並以 95% 上限值為判定基準值。風險特徵描述包含二個部分，其一為關於風險度數值之估計，其二則為用來判斷風險度之顯著性 (significance of the risk) 的完整架構。風險特徵描述用於單一毒性物質之風險度估計，亦可用於多種暴露同時發生時之風險度估計，依照需要可用以下三種方式之一或綜合二種以上之方式表示之：
  - (1) 單位風險度 (Unit Risk)：在低劑量線性 (low-dose linearity) 假設下，單位癌症風險度即為由於在整個生命期中持續不斷地暴露於某一致癌物質特定濃度下，所增加之生命期癌症發生風險度。
  - (2) 劑量相當於某一給定之危險程度 (Dose Corresponding to a Given Level of Risk)：此種方式相當有用，尤其是在使用非線性外插模式時，單一劑量風險度必定與其他不同劑量所造成之綜合風險度有所不同。
  - (3) 個體及族群的風險度 (Individual and Population Risks)：風險特徵描述可以用個體在生命期中所增加之風險度來表示，亦可以用在某一暴露族群中每年所產生之癌症病患增加數來表示之。

## 2-4.2 空氣污染健康風險評估

根據世界衛生組織歐洲辦事處(WHO Regional Office for Europe)於 2016 年公布的空氣污染健康風險評估之一般原則(Health risk assessment of air pollution. General principles)中提到，空氣污染健康風險評估(Air Pollution Health Risk Assessment, AP-HRA)目的在評估過去、現在或未來暴露於空氣污染的風險以及計劃的政策或其他空氣質量改變可能導致的暴露變化(WHO, 2016)。圖 2-4 為空氣污染健康風險評估一般原則中提出的評估流程，在確定好探討的政策問題之後著手進行評估的規劃，並且選擇適合的評估工具以利評估作業的進行，接著需要人口資料、空氣品質資料以及健康資料等數據進行對健康影響的推估，最後將結果量化成健康風險進行評估，幫助解決政策問題。

在世界衛生組織於 2010 年公布的報告中提到 AP-HRA 可以是定性或定量的；它通常評估污染物濃度、目標人群的暴露量、濃度造成的健康風險暴露人群(WHO, 2010)。本研究整理國內外關於空氣污染健康風險評估的研究結果於表 2-4 所示，其中可以發現空氣污染物在不同時間、地點的研究中皆對人體健康有顯著的影響，在 Satsangi 等人、Zhou 等人、Taner 等人 Yang 等人的研究中更提到附著在 PM<sub>2.5</sub> 顆粒上的重金屬含量以及對人體造成的風險程度。由上述及表 2-4 可以知道空氣污染健康風險評估能夠掌握污染的來源以及造成的影響，這些結果將有助於改善策略與措施的擬定與推行。

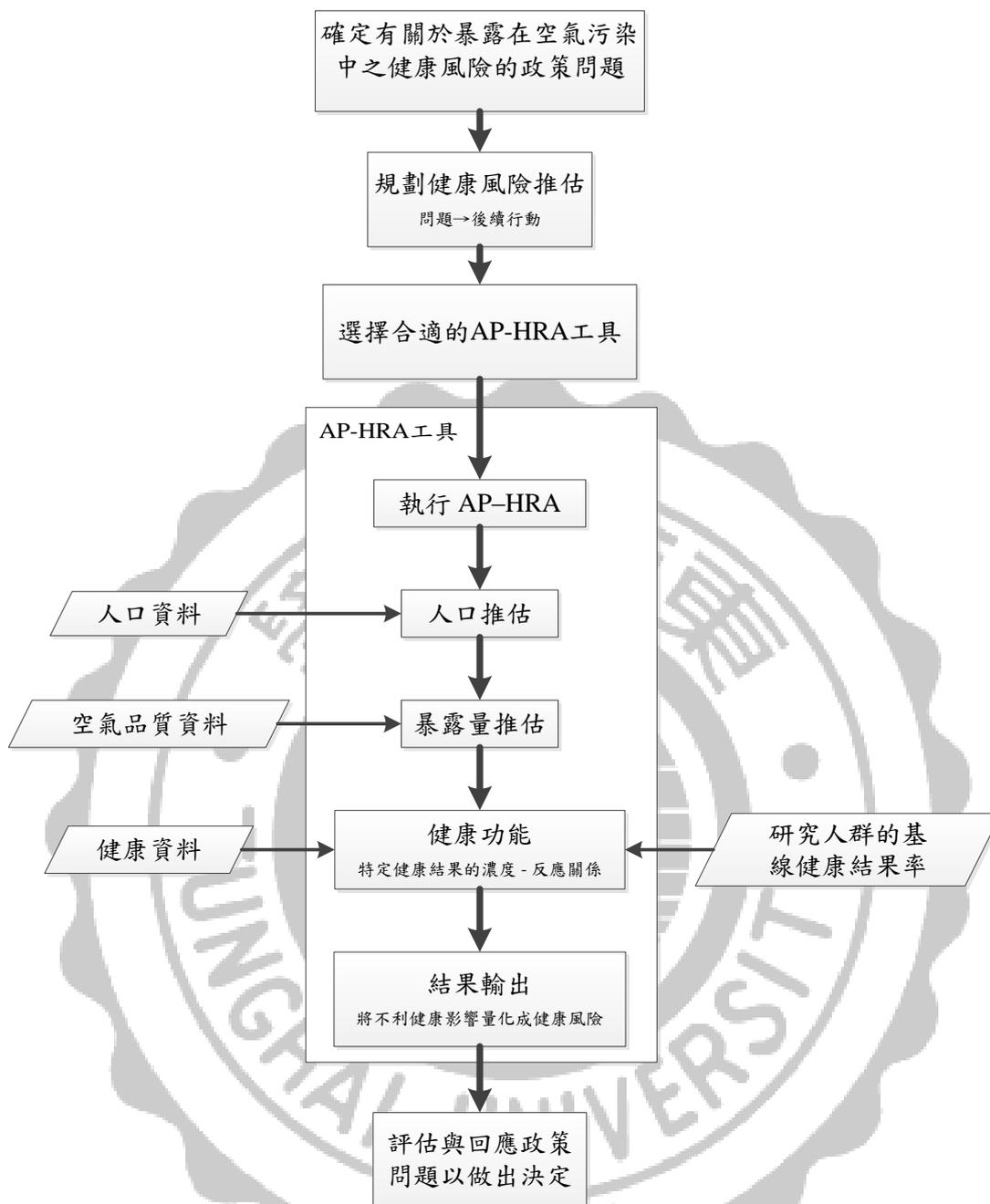


圖 2-4 空氣污染健康風險評估流程圖  
(資料來源：WHO (2016)，本研究重繪)

表 2-4 空氣污染健康風險文獻整理

研究地點	污染物	風險	案例年	參考文獻	
Taiwan	PM <sub>2.5</sub>	-	2013	Lo et al. (2017)	
		死亡人數 6282 人(5716 人, 6847 人)			
		缺血性心臟病 2244 人(2015 人, 2473 人)			
		中風 2140 人 (1760 人, 2520 人)			
		肺癌 1252 人 (995 人, 1509 人)			
		慢性阻塞肺病 645 人(418 人, 872 人)			
		全國人口歸因死亡率 18.6% (16.9%, 20.3%)			
		最多死亡人數 874 @新北市			
China、Hong Kong、Taiwan 及中國 127 個百萬人口城市	PM <sub>2.5</sub>	短期暴露	2013	Lu et al. (2015)	
					總非偶然死亡率 0.36% (0.26%, 0.46%)
					心血管疾病死亡率 0.36% (0.24%, 0.49%)
					呼吸系統疾病死亡率 0.42% (0.28%, 0.55%)
		上升 10 ug/m <sup>3</sup>			非意外死亡率提升 0.40% (0.22%, 0.59%)
					心血管疾病死亡率提升 0.63% (0.35%, 0.91%)
					呼吸道疾病死亡率提升 0.75% (0.139%, 1.11%)
		Ni 之特定成分死亡率提升 0.4% ~ 3.11%			
		醫院利用率提升 0.08% ~ 0.72%			
	PM <sub>10</sub>	上升 10 ug/m <sup>3</sup>	醫院利用率提升 -0.58% ~ 1.32%	2013	
長期暴露 上升 10 ug/m <sup>3</sup>		死亡率提升 23% ~ 67%			

研究地點	污染物	風險		案例年	參考文獻	
WHO regions <sup>a</sup> (America、Europe、Western Pacific、South-East Asia)	PM <sub>2.5</sub>	上升 10 ug/m <sup>3</sup>	死亡率提升 1.04% (0.52%, 1.56%)	2011	Atkinson et al. (2014)	
		-	呼吸系統疾病 1.51%(1.01%, 2.01%)			
			心血管疾病 0.84%(0.41%, 1.28%)			
	PM <sub>10</sub>	長期暴露 上升 10 ug/m <sup>3</sup>	死亡率提升 23% ~ 67%			
UK	NO <sub>2</sub>	上升 10% ~ 90%	CVD 提升 1.7% (0.9%, 2.6%)	2003 ~ 2009	Milojevic et al. (2015)	
			Non-MI CVD 提升 2.0% (1.1%, 2.9%)			
			心律失常提升 2.9% (0.6%, 5.2%)			
			心房纖顫提升 2.8% (0.3%, 5.4%)			
			Non-STEMI 3.6% (0.4%, 6.9%)			
-	PM <sub>2.5</sub>	上升 10 ug/m <sup>3</sup>	心臟收縮壓提升 1.393mmHg(0.874, 1.912mmHg)	2013	Liang et al. (2014)	
			心臟舒張壓提升 0.895mmHg(0.49, 1.299mmHg)			
India	PM <sub>10</sub>	-	Ni 在室內粒狀污染物中有最高致癌風險	2012 ~ 2013	Satsangi et al. (2014)	
	PM <sub>2.5</sub>					
China	PM <sub>10</sub>	-	工作室中濃度：Zn>Cu>Pb(Cr)>Ni>Cd	2011 ~ 2012	Zhou et al. (2014)	
	PM <sub>2.5</sub>					
	揚塵					工作室中濃度：Cu>Zn>Cr>Pb>Ni>Cd
	-					Zn、Cu、Pb、Cr、Ni、Cd 不太可能有非致癌風險
Santiago, Chile	PM <sub>2.5</sub>	上升 10 ug/m <sup>3</sup>	緊急住院治療腦血管率提升 1.29% (0.552%, 2.03%)	2006	Leiva G et al. (2013)	

研究地點	污染物	風險		案例年	參考文獻
Ulaanbaatar, Mongolia	PM <sub>2.5</sub>	-	肺心病死亡率 29% (12%, 43%)	2009 ~ 2010	Allen et al. (2013)
			肺癌死亡率 40% (17%, 56%)		
USA	PM <sub>2.5</sub>	-	過早死亡 200000 人(90000 人, 362000 人)	2005	Caiazzo et al. (2013)
			道路來源導致死亡人數貢獻 ~53000 人 (24000 人, 95000 人)		
			發電來源導致死亡人數貢獻 ~52000 人 (23000 人, 94000 人)		
			工業來源導致非過早死亡 ~41000 人 (18000 人, 74000 人)		
	O <sub>3</sub>	-	過早死亡 10000 人 (-1000 人, 21000 人)		
			道路來源導致死亡人數貢獻 ~5000 人 (-900 人, 11000 人)		
			發電來源導致死亡人數貢獻 ~2000 人 (-300 人, 4000 人)		
			工業來源導致非過早死亡 ~2000 人 (0 人, 4000 人)		
Massachusetts, U.S.	PM <sub>2.5</sub>	短期暴露 上升 10 ug/m <sup>3</sup>	死亡率提升 2.8%(2.0%, 3.5%)	2000 ~ 2008	Kloog et al. (2013)
Kocaeli, Turkey	PM <sub>2.5</sub>	-	餘命致癌風險 1.57*10 <sup>-4</sup>	2011	Taner et al. (2013)
			Cr(VI)之致癌風險 1.16*10 <sup>-4</sup>		
			As 之致癌風險 3.89*10 <sup>-5</sup>		
Jinan, China	PM <sub>2.5</sub>	-	非致癌風險：Mn、Co、S、Cr 較高	2008	Fang et al. (2013)
			6 歲以下兒童有較大風險		

研究地點	污染物	風險		案例年	參考文獻
Germany <sup>b</sup>	PM <sub>2.5</sub>	增加 1 個 IQR (2.4 ug/m <sup>3</sup> )	平均收縮壓提升 1.4mmHg(0.5, 2.3mmHg)	2000 ~ 2003	Fuks et al. (2011)
			平均舒張壓提升 0.9mmHg(0.4, 1.4mmHg)		
Taiwan	PM <sub>2.5</sub>	增加 1 個 IQR	急診風險提升 0.8%(0.1%, 1.6%, p=0.029)	1993 ~ 2012	丁培修 (2017)
	O <sub>3</sub>		急診風險提升 1.3%(0.4%, 2.3%, p=0.007)		
	SO <sub>2</sub>		急診風險提升 10.3%(1.6%, 19.7%, p=0.02)		
Taiwan	PM <sub>2.5</sub>	上升 21.06 ug/m <sup>3</sup>	不分冷熱天急性支氣管炎門診就醫風險 7.9% (1.1%, 15.1%)	2011	林宜靜 (2017)
			冷天急性支氣管炎門診就醫風險 25.5%(12.0%,40.6%)		
Taiwan	NO <sub>2</sub>	-	全因死亡率 1.015(1.004, 1.025)	2010 ~ 2014	江怡典 (2016)
	O <sub>3</sub>		全因死亡率 1.004(1.000, 1.008)		
	PM <sub>2.5</sub>		全因死亡率 1.047(1.018, 1.076)		
Taiwan	PM <sub>2.5</sub>	增加 1 個 IQR (12.03 ug/m <sup>3</sup> )	糖尿病發病風險提升 4.9% (HR=1.049; 95% CI: 1.033, 1.065)	2012	李佳穎 (2016)

註 1：a 為全年齡、b 為 45-75yr

註 2：- 為無資料、未提供或是不明確

註 3：括號中統計數值皆為 95%信賴區間

註 4：IQR 為四分位數(Interquartile Range)

### 第三章 研究方法

#### 3-1 研究區域介紹

臺中市位於臺灣中部地區，東方隔著中央山脈，西邊則是面臨臺灣海峽，中間以大肚臺地區隔出山線及海線，地形主體為盆地地形，其氣候除了高山地區為溫帶氣候之外，大多為亞熱帶型氣候，其年均溫約為攝氏 23.3 度，年均雨量為 1,773 公釐。作為臺灣南來北往的重要交通樞紐，造就臺中市發達的交通運輸建設，然而龐大的交通車流量卻也導致了可觀的污染排放量。本文著重探討臺中市境內國道 1 號移動源的污染貢獻，研究範圍如圖 3-1 所示，為臺中市除和平區外之地區。

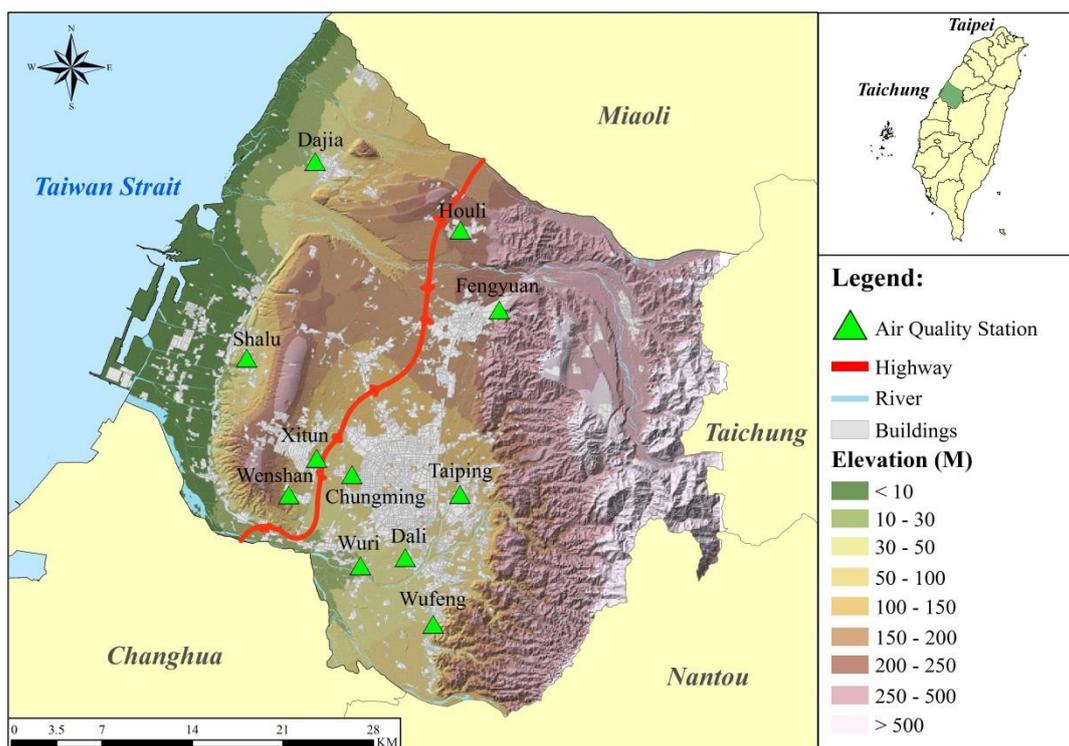


圖 3-1 研究區域圖

## 3-2 研究流程

本研究之研究流程圖見圖 3-2，首先依研究目標定義研究範圍，並且將研究區域網格化，接著進行風場模擬與污染排放量推估。在風場模擬部分，使用 TAPM 之氣象模組進行模擬，並且透過取自測站之氣象資料修正模擬結果使之接近現地情況，經模式模擬出之結果運用一致性指數(Index of Agreement, IOA)進行分析，一致性指數係藉由方程式來了解模擬值與實測值之間一致的程度，IOA 0.5 以上代表模擬結果與現況有良好的一致性，反之則調整模擬參數並重新進行風場模擬；在污染排放量推估部分，整理 2015 年國道 1 號后里交流道至王田交流道南北雙向車流資料，以車流資料帶入污染推估公式求得污染排放量，接著帶入求得之污染排放資料至空氣污染物模組，模擬污染物擴散濃度及範圍。最後以污染物濃度分布圖結合人口分佈圖，找出受到污染物影響之風險熱區。流程圖如下：

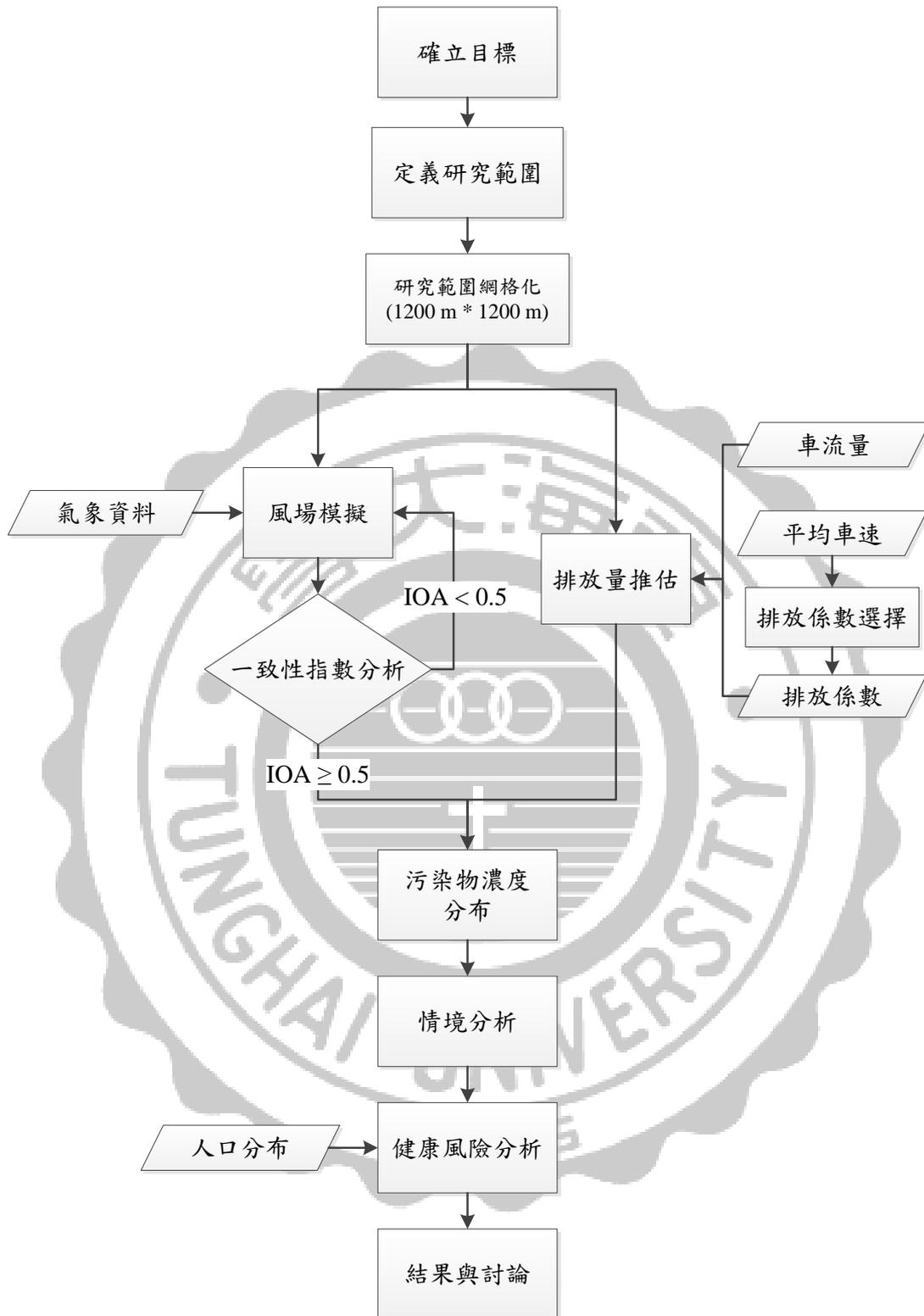


圖 3-2 研究流程圖

### 3-3 監測數據與統計資料蒐集

#### 3-3.1 氣象監測資料

本研究收集臺灣環境保護署(Environmental Protection Administration, EPA)以及臺中市環保局的環境監測站資料，選用站點位於臺中地區內包含豐原、大里、忠明、西屯、沙鹿、大甲、后里、文山、烏日、太平、霧峰，一共 11 個監測站點。由圖 3-1 可以得知選用測站的地理位置，表 3-1 為測站位置與監測項目等資訊，利用測站的監測資料與模擬輸出的數值進行比對，協助模式的校正以及找出氣象因素與污染物之間的關聯。

表 3-1 監測站詳細資訊表

臺中市環保署測站位置及監測項目一覽表		
測站名稱	測站位置	監測項目
豐原	豐原高中	PM <sub>10</sub> 、PM <sub>2.5</sub> (自動、手動)、O <sub>3</sub> 、CO、NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、 溫度、濕度、風速、風向、雨量
大里	大里市公所	PM <sub>10</sub> 、PM <sub>2.5</sub> (自動、手動)、O <sub>3</sub> 、CO、NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、 溫度、濕度、風速、風向、雨量
忠明	國立臺中特殊教育學校	PM <sub>10</sub> 、PM <sub>2.5</sub> (自動、手動)、O <sub>3</sub> 、CO、NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、 溫度、濕度、風速、風向、雨量、
西屯	啟聰學校	PM <sub>10</sub> 、PM <sub>2.5</sub> (自動、手動)、O <sub>3</sub> 、CO、NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、 溫度、濕度、風速、風向、雨量、酸雨
沙鹿	北勢國中	PM <sub>10</sub> 、PM <sub>2.5</sub> (自動、手動)、O <sub>3</sub> 、CO、NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、 溫度、濕度、風速、風向、雨量
臺中市環保局測站位置及監測項目一覽表		
大甲	順天國中	PM <sub>10</sub> 、PM <sub>2.5</sub> 、O <sub>3</sub> 、CO、NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、風速、風向
后里	內埔國小	PM <sub>10</sub> 、PM <sub>2.5</sub> 、O <sub>3</sub> 、CO、NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、風速、風向
文山	臺中戒治所	PM <sub>10</sub> 、PM <sub>2.5</sub> 、O <sub>3</sub> 、CO、NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、風速、風向
烏日	五光國小	PM <sub>10</sub> 、PM <sub>2.5</sub> 、O <sub>3</sub> 、CO、NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、風速、風向
太平	宜欣國小	PM <sub>10</sub> 、PM <sub>2.5</sub> 、O <sub>3</sub> 、CO、NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、風速、風向
霧峰	臺電 霧峰服務所	PM <sub>10</sub> 、PM <sub>2.5</sub> 、O <sub>3</sub> 、CO、NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、風速、風向

### 3-3.2 國道交通流量資料

本研究藉由彙集整理交通部臺灣區國道高速公路局(Taiwan Area National Freeway Bureau, TANFB)國道高速公路電子收費交通資料蒐集支援系統(Traffic Data Collection System, TDCS)行車資料作為污染排放量的推估依據。TDCS 資料庫提供之資料格式清單如表 3-2，YYYYMMDD 為資料時間之西元年月日 8 碼，hh 為資料時間之小時 00~23，mm 為資料時間之分鐘 00~59，ss 為資料時間之秒鐘。本研究採用 TDCS 資料庫提供之 M05A 資料，其數據取得來自高速公路上設置之 e Tag 收費門架，依每 5 分鐘為時階統計通過門架之車流資訊所產生的報表(交通部高速公路局, 2015)。

其內容格式包含報表產製時間、上下游偵測站編號、車種、車種平均車速以及車種交通量。報表產製時間間隔 5 分鐘，由整點開始直到下一個整點；上下游偵測站編號可參考附件 1 所列清單；車種類別包含小客車、小貨車、大客車、大貨車以及連結車，在本研究中將小客車、小貨車定義為小型車，大客車、大貨車及連結車定義為大型車。；車種平均車速與車種交通量是由上游測站到下游測站的通過車輛數以及所需時間推得。

表 3-2 TDCS 檔案清單

項目	檔案名稱	說明
1	TDCS_M03A_YYYYMMDD_hhmmss.csv	各類車種通行量統計
2	TDCS_M04A_YYYYMMDD_hhmmss.csv	站間各車種平均旅行時間
3	TDCS_M05A_YYYYMMDD_hhmmss.csv	站間各車種平均行駛車速
4	TDCS_M06A_YYYYMMDD_hhmmss.csv	各旅次路徑原始資料(日報)
5	TDCS_M07A_YYYYMMDD_hhmmss.csv	各車種旅次平均長度(日報)
6	TDCS_M08A_YYYYMMDD_hhmmss.csv	各車種全日旅次交通量(日報)

### 3-3.3 臺中市人口資料

臺中市人口資料使用臺中市政府民政局(Taichung City Government Civil Affairs Bureau)公布之人口統計資料。其資料格式包含區域別、里名、鄰數、戶數、人口數(男、女、總計)、原住民人口數(平地、山地、總數)以及 20 歲以上人口數。

本研究使用 2015 年 12 月鄰里戶數及人口數資料，整理出臺中市各區域轄內村里總戶數及總人數，並將其轉換為每戶平均人數，再利用門牌系統將各村里平均每戶平均人數分配至網格中，其數量約為 2,735,410 人，人口分布如圖 3-3 所示，網格顏色越紅表示有越多的人口存在。由圖 3-3 可以發現人口聚集在豐原、潭子、北屯、北區、中區、東區、西區、南區、大里、西屯以及南屯，其位置恰好位於臺中盆地之中。

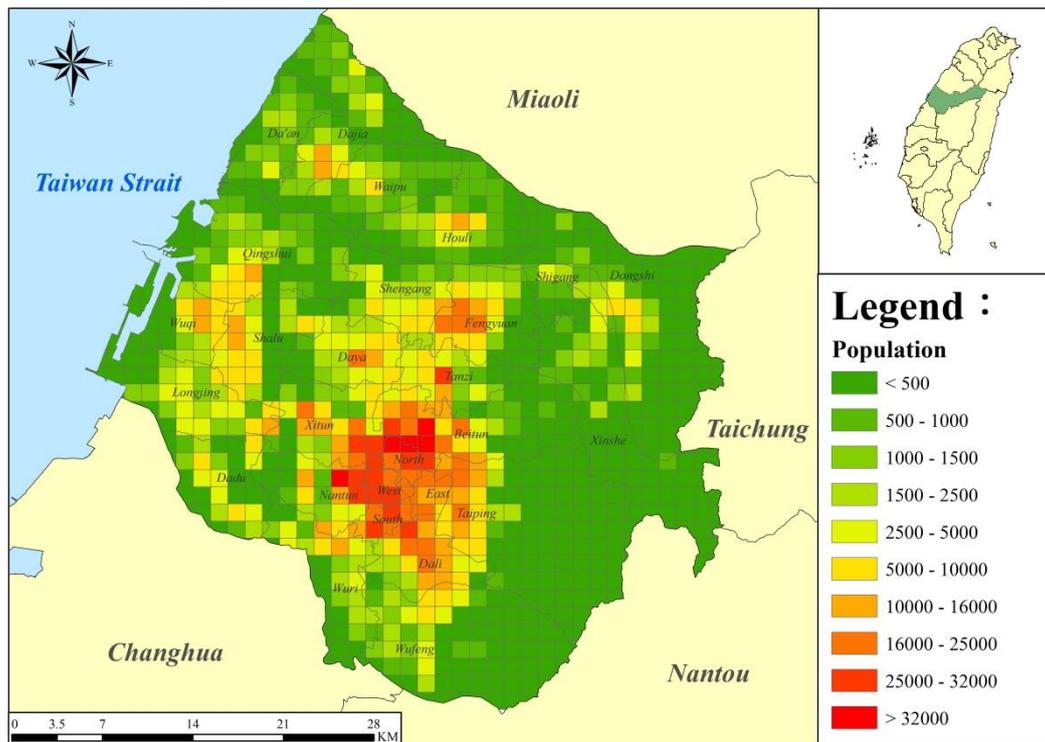


圖 3-3 臺中市人口分布圖

### 3-4 移動源排放量推估

#### 3-4.1 交通流量資料收集彙整

本研究選定國道 1 號后里交流道至王田交流道作為排放來源，交通流量資料取自偵測站編號 01F1621S(N) ~ 01F1664S(N)、01F1725S(N) ~ 01F1774S(N)以及 01F1802S(N) ~ 01F1839S(N)一共六組門架，分別代表后里交流道至豐原交流道雙向、豐原交流道至臺中交流道雙向以及臺中交流道至王田交流道雙向車流。將車流資料依照時間做排序，並且將南北向的資料整理在一起，呈現同一時間點中各個車種的流量與平均速度，使得各路段的車流情況能夠被清楚的掌握，也利於後續的污染排放量推估程序。

#### 3-4.2 排放係數的運用

根據 TEDS9.0 線源排放係數表中 102 年臺中市的車輛排放係數(見附件 2)，可以知道不同車種在不同車速下，1 輛車行駛 1 公里所排放出的污染物重量。本研究針對  $PM_{2.5}$  及其前驅物  $SO_x$ 、 $NO_x$  進行排放量推估，依照整理好的交通流量資料中，各車種的速度決定使用的係數值。在車種部分，小型車採用自用小客車的排放係數，小貨車採用汽油小貨車排放係數，大客車對應大客車排放係數，聯結車因為沒有對應之排放係數，因此與大貨車合併使用大貨車排放係數。

### 3-4.3 移動源排放量計算

臺灣地區目前計算移動污染源排放量時，主要是利用排放係數加以推估，其計算方式為：

$$\begin{aligned}\text{排放量} &= \text{車行里程} \times \text{排放係數} \\ &= \text{車輛數} \times \text{里程數} \times \text{排放係數}\end{aligned}$$

車行里程是指車輛活動的強度，即車輛行駛里程的總數，在本研究中同一路段中所行駛的距離皆相同，所以車行里程又可改為車輛數乘上路段的行駛里程。

為了瞭解不同路段因為地理位置與車流狀況的不同對臺中市污染物的影響，因此分別對三個路段進行推估，並且考慮同一路段中不同車種的排放量，將推估污染排放量計算方式修改如下：

$$E_i = Q_i \times \rho_{i,j} \times L$$

$$E = \sum E_i$$

其中：

E：路段排放量(g)

Q：車輛數(輛)

$\rho$ ：排放係數(g/輛·Km)

L：道路長度(Km)

i：車種類別

j：速度類別

每個路段的排放量係由各個車種的排放量加總而得，計算出三個路段的排放量之後，透過模式的模擬即可得知污染物可能的擴散範圍。

## 3-5 TAPM 模式輸入資料設定

### 3-5.1 氣象資料來源

氣象模組所用氣象資料主要使用綜觀氣象場資料。綜觀氣象場資料由 CSIRO 模式中心所提供之綜觀氣象(CAS 2015)資料庫，其為全球性分析與預報系統(global analysis and prediction, GASP)資料，所提供之數據資料為每 6 小時一筆，經緯度間隔為 0.75 或 1.00 度(約 75 或 100 km)。模擬之結果包含風場、溫度場、濕度場，在本研究中亦加入風場同化資料(.obs)，使模擬結果可更趨近實際情況，同化資料包含環保署及臺中市環保局所設立 11 個空氣品質監測站(豐原、大里、忠明、西屯、沙鹿、大甲、后里、文山、烏日、太平、霧峰)之風場監測資料。

### 3-5.2 污染物排放資料來源

模式之排放資料使用本研究所推估之排放濃度，以線源形式輸入，隨著路段的蜿蜒將 3 個路段分成 15 條線源排放，再以每條線源的長度比例將 3 個路段之排放濃度分配至每條線源，並且依照 TAPM 模式逐時排放模擬之格式，將排放率單位轉換成每小時每秒排放克數(g/s·hr)後輸入模式，排放時數以 24 小時為一周期，超過 24 小時再次從第 1 個小時開始做循環，排放源之位置於圖 3-4 所示，線源對應之路段及距離呈現在表 3-3。

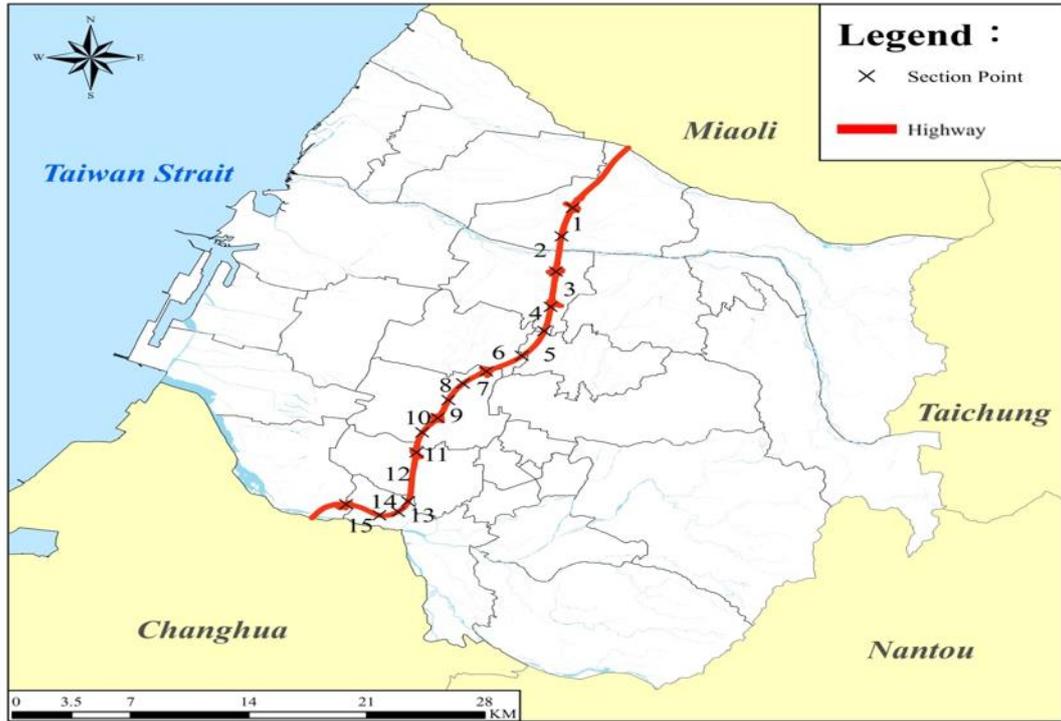


圖 3-4 排放源位置圖

表 3-3 線源對應路段及距離表

路段	線源編號	距離(KM)	距離總和(KM)
后里 至 豐原	1	2.22	7.40
	2	2.59	
	3	2.59	
豐原 至 臺中	4	1.82	10.71
	5	2.25	
	6	2.25	
	7	1.5	
	8	1.5	
	9	1.39	
臺中 至 王田	10	1.38	10.59
	11	1.48	
	12	3.71	
	13	0.95	
	14	1.06	
	15	2.01	

### 3-5.3 模式數值設定

本研究使用 TAPM 模式模擬臺中市移動污染源排放 PM<sub>2.5</sub> 的傳輸情形，透過簡易的圖形使用者介面(Graphical User Interface, GUI)作為操作媒介，將模式所需資料輸入資料庫中。

#### 網格中心設定：

TAPM 模式模擬網格範圍是以使用者設定之經緯度座標為中心點，依設定之單位網格間距往外擴張，系統使用一般卡式座標(X, Y)為公制單位，x 座標由西到東為正，y 座標由南到北為正。本研究將經緯度座標中心設為東經 120 度 42 分，北緯 24 度 13 分，位於臺中市潭子區雅潭路附近。

#### 模擬時間設定：

模式模擬的起始與結束日期對應 yyyymmdd 的形式，透過 TAPM 經緯度中心的設定，表示相對於格林威治標準時間(GMT)的當地太陽運行時間(LST)。本研究模擬時間為 2015 年 1 月至 12 月，以一個月為一組進行時間設定，共 12 組模擬時間。

#### 網格設定：

經由調整東西向與南北向座標網格數量的多寡與單位網格點的距離，能夠規劃出使用者需要的模擬範圍，並且調整模擬的垂直分層。網格數可設定介於 1-200 個之間，單位網格間距介於 100-50000 公尺，垂直分層可分 20-50 層，最高的模擬高度為 8000 公尺。本研究在網格參數設定上分成 3 巢，網格數為 40 × 40 格，單位網格間距依序為 5 公里 × 5 公里，2.5 公里 × 2.5 公里及 1.2 公里 × 1.2 公里，垂直分層為 25 層，高度分別為 10、25、50、100、150、200、250、300、400、500、600、750、1000、1250、1500、1750、2000、2500、3000、3500、4000-8000 公尺。

### 3-5.4 模式驗證與評估

本研究使用一致性指數(Index of Agreement, IOA)作為模式驗證的工具，藉由方程式來了解模擬值與實測值之間一致的程度。IOA 呈現的數值介於 0 到 1 之間，IOA 為 0 代表比較的數值之間完全不一致，IOA 等於 1 則表示比較的數值之間有著完美的一致性(P. J. Hurley et al., 2005)。

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

其中：

$P_i$ ：模擬值

$O_i$ ：觀測值

$O_{mean}$ ：觀測平均值

$N$ ：總模擬小時

$i$ ：第  $i$  小時

### 3-6 健康風險推估計算方式

本研究探討來自移動源排放之空氣污染物對於人體的暴露風險，因此在本研究中僅探討吸入途徑所造成的影響。根據環保署公布之健康風險評估技術規範，風險度數值之估算公式如下(行政院環保署, 2011)：

$$Risk_{inhalation} = LADD_{inhalation} \times SF$$

其中：

$Risk_{inhalation}$ ：吸入途徑之風險度

$LADD_{inhalation}$ ：吸入途徑之終生平均每日暴露劑量( $\mu\text{g}/\text{Kg} \cdot \text{day}$ )

SF：Slope factor，斜率因子( $\mu\text{g}/\text{Kg} \cdot \text{day}$ )<sup>-1</sup>

風險度數值的計算考量到暴露劑量以及暴露劑量對於健康可能產生之影響，在暴露劑量部分，在上式中所列吸入途徑之終生平均每日暴露劑量，可依下列公式計算之(行政院環保署, 2011)：

$$LADD_{inhalation} = \frac{[C \times IR]}{BW} \times \frac{ED}{AT}$$

其中：

C：污染物濃度( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

IR：呼吸通氣量( $\text{Nm}^3/\text{day}$ )

ED：人體平均暴露時間

BW：體重(Kg)

AT：暴露發生的平均時間

計算出污染物藉由吸入途徑之暴露劑量後，可以根據斜率因子(Slope Factor)來評估對健康影響的毒性值。斜率因子可以解釋為一段時間內單位劑量污染物對健康影響增加概率的保守估計，其計算公式如下(Greene & Morris, 2006)：

$$SF = \text{Unit risk} \times BW \times IR^{-1}$$

其中：

Unit risk：單位風險度( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )<sup>-1</sup>

BW：體重(Kg)

IR：呼吸通氣量( $\text{Nm}^3/\text{day}$ )

根據暴露劑量及斜率因子公式，呼吸通氣量、體重在運算過程中相互抵銷，因此風險度數值計算公式可以改寫為下式：

$$\text{Risk}_{\text{inhalation}} = \frac{C \times \text{Unit risk} \times ED}{AT}$$

其中：

C：污染物濃度( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Unit risk：單位風險度( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )<sup>-1</sup>

ED：人體平均暴露時間

AT：暴露發生的平均時間

上述公式中之 C 採用經模式模擬之濃度結果；Unit risk 參考 Greene and Morris (2006)中所列之肺癌單位風險度  $0.008(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ ；ED 因本研究依照月份分別模擬而假設為每年 30 天，AT 則參考內政部統計處公布之簡易生命表，其中台中市平均壽命為 80 年(內政部統計處網站)，即代表在終生 80 年的時間內暴露於污染物中 2,400 天，而 AT 轉換成天數為 29,200 天。

在 Greene and Morris (2006)研究中提到當希望進行特定群體之個人風險評估時，透過下列算式進行計算，即可得知特定群體受到污染暴露影響的個體數量：

$$\text{POP}_{\text{risk}} = \text{Risk}_{\text{inhalation}} \times \text{POP}_{\text{exposed}}$$

其中：

POP<sub>risk</sub>：暴露人群中可能受到污染物暴露影響的人數(人)

Risk<sub>inhalation</sub>：吸入途徑之風險度

POP<sub>exposed</sub>：暴露人群中的人數(人)

## 第四章 結果與討論

### 4-1 2015 年國道 1 號車流型態

#### 4-1.1 每日車流趨勢分析

本研究蒐集 TCDS 資料庫中 2015 年之國道 1 號車流資料，並依照選擇路段進行整理。臺中市國道 1 號週一至週日之車流量變化如圖 4-1 顯示，其中週一至週四之車流趨勢接近，週六與週日之車流趨勢接近，並且可以觀察到六、日(以下歸類為假日)之車流量明顯多於一至五(以下歸類為平日)之車流量，其中週五之車流趨勢介於之間假日與週一至週四之間，照常理推測係因週五為休假前最後一個工作日，返鄉車潮會於這天出現，從而導致車流量增加。另外週一至週日之最大車流量出現之時間點，恰好為 2015 年農曆春節期間，自小年夜至大年初五為期 7 天(以下稱春節連假)，推測導致較大車流量發生原因為返鄉或出遊車潮導致。

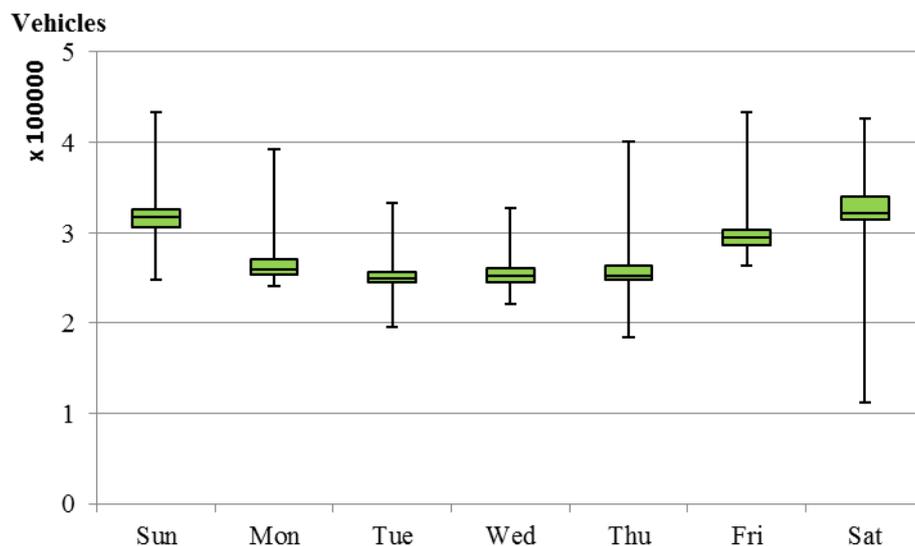


圖 4-1 2015 年臺中市國道 1 號車流趨勢

除了分析車流數量之外，亦可以分析車流的組成，嘗試找出國道 1 號之車流結構跟特性，圖 4-2 為 2015 年週一至週日車流中大型車組成比例統計結果，大型車於平日之車流組成比例較高，在假日的組成比例較低，值得注意的是大型車組成比例為大型車數量在總車流數量中所佔比例，比例大小的變化會同時受到大型車數量以及總車流數量變動而影響，因此不能單以組成比例進行判斷。

比對圖 4-1 可以發現車流量較高時段之大型車組成比例較低；車流量較低時段之大型車組成比例反而較高。即假日時段大型車相對較少，平日時段大型車相對較多。其中週一至週日大型車組成比例最低之時間點為春節連假，平均每日交通流量接近 40 萬輛次卻只有平均每日 5.25 % 的大型車組成比例，而 2015 年平均每日交通量近 30 萬輛次卻有平均每日 14.67 % 的大型車組成比例，由此推測增加的車流量為小型車所貢獻。

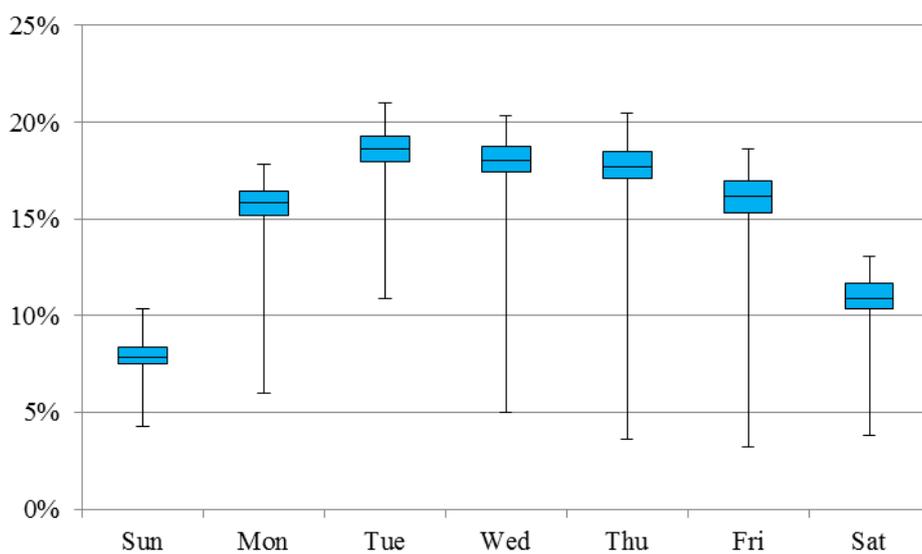


圖 4-2 2015 年臺中市國道 1 號車流中大型車組成比例

#### 4-1.2 逐時車流趨勢分析

進一步探討每日車流的逐時變化，依照圖 4-1 車流量變化分成平日以及假日兩組，並且考慮不同路段之流量變化進行分析，其結果呈現於圖 4-3、4-4。由圖 4-3 可以觀察到平日組在早上 7~8 點及下午 5 點之上下班時段出現尖峰流量；在圖 4-4 中則可以觀察到假日組於早上 10 點才達到尖峰流量，且第 2 次尖峰流量出現在下午 4 點，此外於晚上 7~9 點又出現了一波車潮導致車流減少的趨勢減緩。

在平日及假日兩組結果中可以觀察到 2015 年國道 1 號在三個路段之每日各個時段之車流量變化差異不大，且假日時段之車流量皆相較平日時段大，其中豐原-臺中路段之車流量皆大於其他兩個路段，顯示豐原-臺中路段在交通需求的重要性。

透過圖 4-5、4-6 顯示各車種之逐時分布，三個路段皆為小客車數量最多，小貨車次之，大型車輛數量最少。其中小貨車及大型車輛之數量及變化趨勢於一週內七天皆相當接近，小客車除了假日之數量多於平日之數量，逐時變化之趨勢有所不同之外，與車流數量變化有近乎相同之趨勢，推測小客車是影響車流量趨勢變化之主要因素。

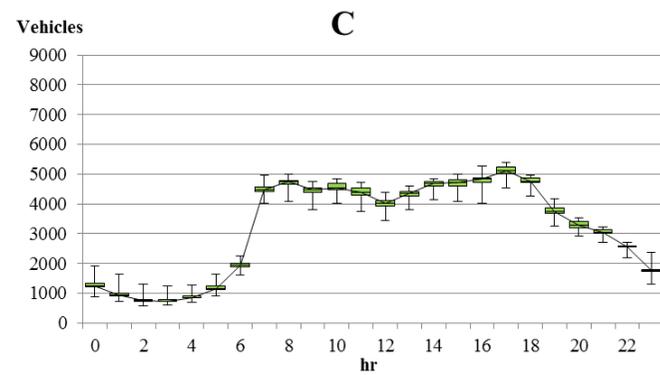
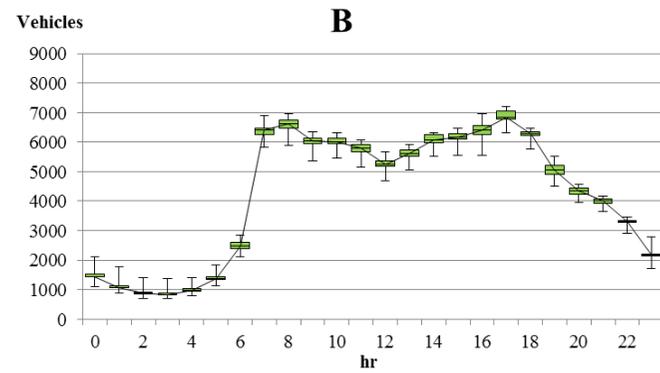
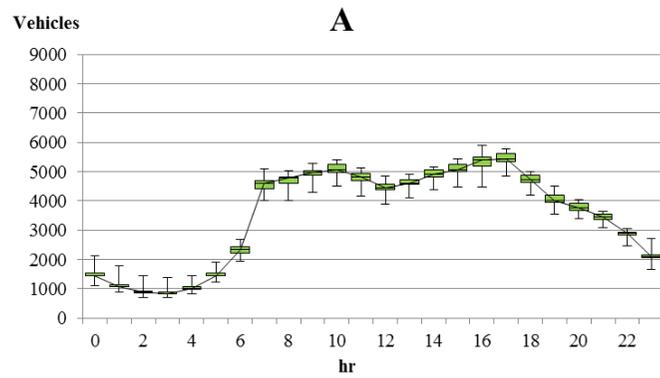


圖 4-3 2015 年臺中市國道 1 號平日平均逐時分布  
(A：后里-豐原；B：豐原-臺中；C：臺中-王田)

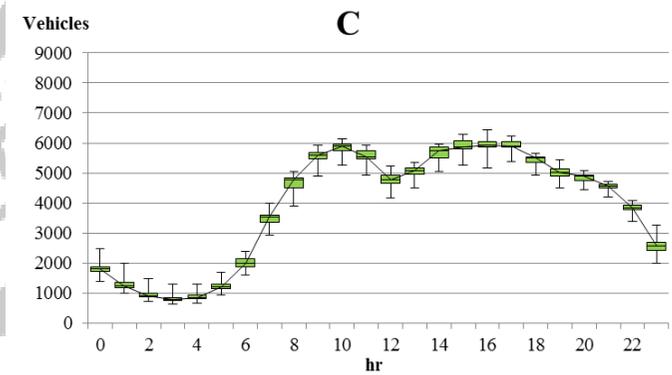
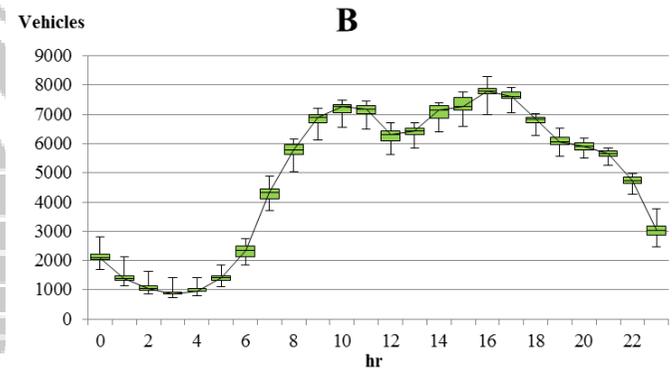
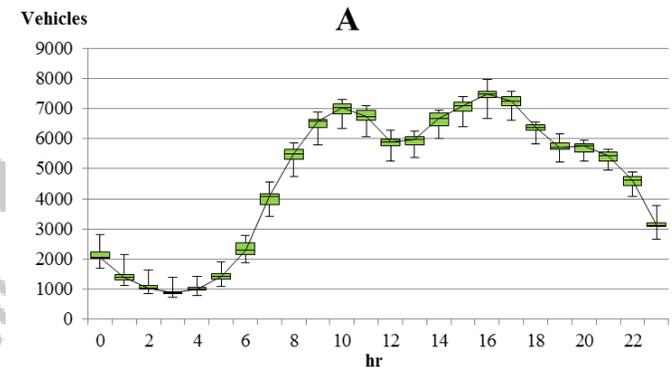


圖 4-4 2015 年臺中市國道 1 號假日平均逐時分布  
(A：后里-豐原；B：豐原-臺中；C：臺中-王田)

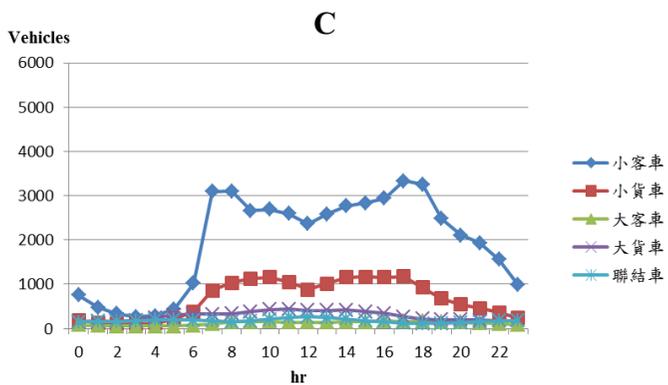
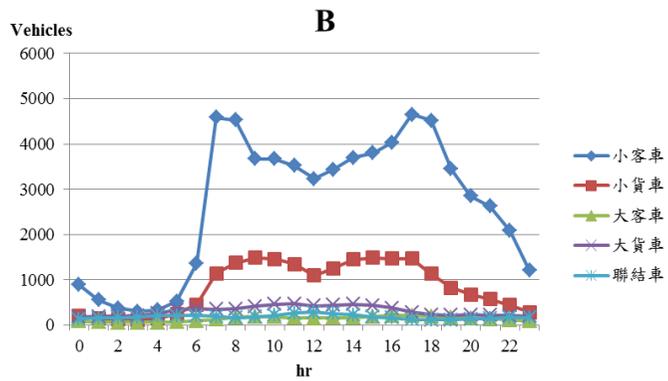
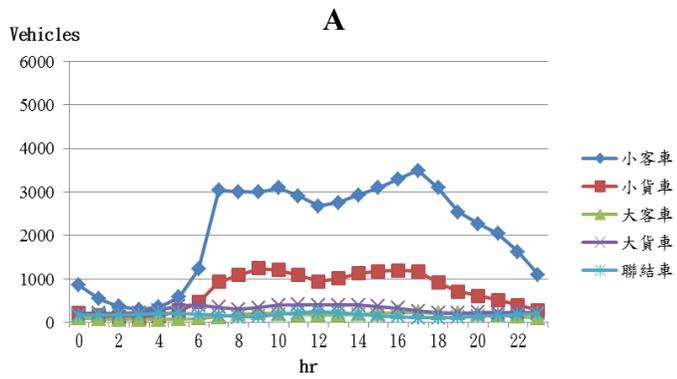


圖 4-5 2015 年臺中市國道 1 號平日車種逐時分布  
(A：后里-豐原；B：豐原-臺中；C：臺中-王田)

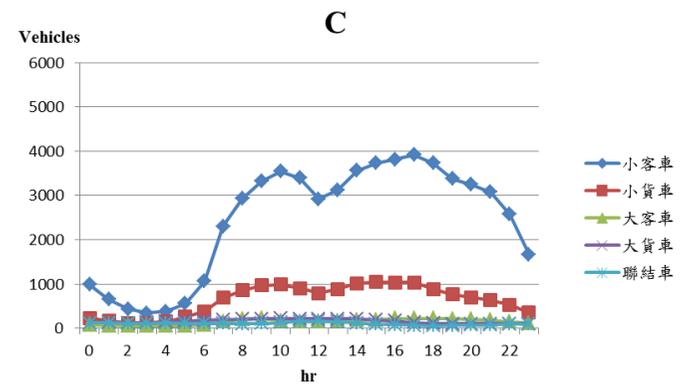
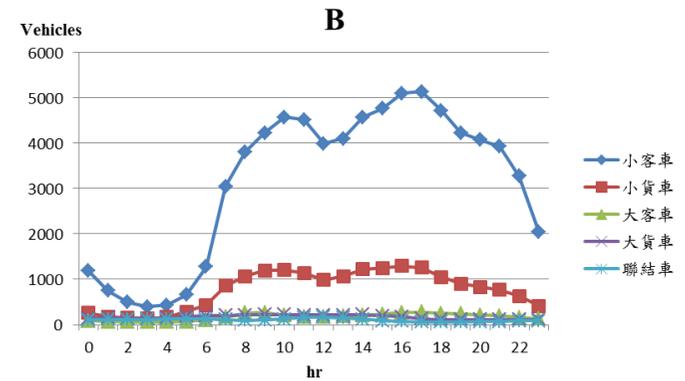
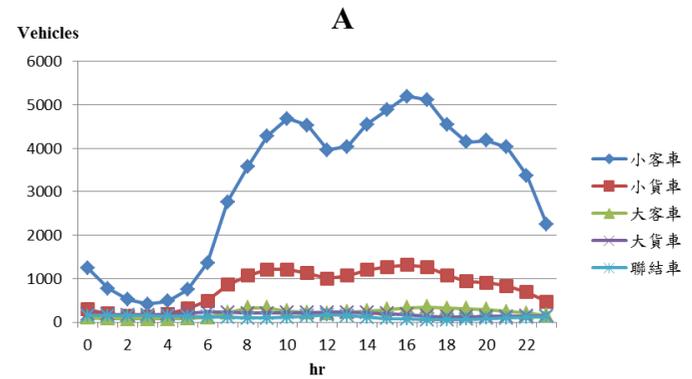


圖 4-6 2015 年臺中市國道 1 號假日車種逐時分布  
(A：后里-豐原；B：豐原-臺中；C：臺中-王田)



## 4-2 移動源排放量推估

根據前一節結果可以知道，國道 1 號大致可分為平日及假日兩種車流型態，其中以平日之大型車組成比例較假日高，為了瞭解其排放量之差別，本研究在車流量固定(260,071 輛)的情況下，選擇平日(日均大車比 17.31%)與假日(日均大車比 8.94%)兩種車流型態進行排放量推估，藉由控制車流數量以減少車流量差異對污染排放量的影響。

總排放量推估結果見表 4-1，由總排放量可以發現平日型態所排放之污染物較假日型態多，PM<sub>2.5</sub> 部分多了 210,044.14 克，SO<sub>x</sub> 多了 651.79 克，而 NO<sub>x</sub> 則多了 3,907,352.53 克。在車流數量部分，平日型態之大型車組成比例較假日型態多了 8.37%，即平日型態較假日型態多了 21,768 輛大型車。由此可以計算出平均每一輛小型車轉換成大型車，PM<sub>2.5</sub> 增加 9.65 克，SO<sub>x</sub> 增加 0.03 克，NO<sub>x</sub> 增加 179.50 克。

表 4-1 不同車流型態總排放量

車流型態	污染物		
	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>
平日 (17.31%)	470,294.15	3,646.69	7,812,325.03
假日 (8.94%)	260,250.01	2,994.90	3,904,972.50

(單位：克)

由於移動源之排放量會受到車流變動影響而有所變化，所以必須找出車流變化與污染排放之間的關聯，才能較好的掌握移動源的排放特性。圖 4-7 及 4-8 分別為平日及假日型態逐時之車流量與 PM<sub>2.5</sub> 排放量圖，由圖 4-7 可以觀察到豐原-台中路段之逐時車流量較高，其逐時 PM<sub>2.5</sub> 排放量也較其他兩個路段高，但是可以注意到在后里-豐原路段之車流量略高於台中-王田路段，PM<sub>2.5</sub> 逐時排放量卻低了很多。會出現這樣的情況，是因為本研究之排放量推估方法係由車流量乘上排放係數以及路段長而得，所以影響推估排放量之參數除了車流量之外還有行駛的路段長度，由於后里-豐原路段較臺中-王田路段短，因此會出現這樣的情況。

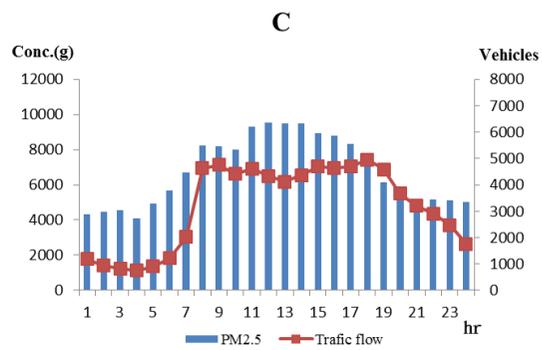
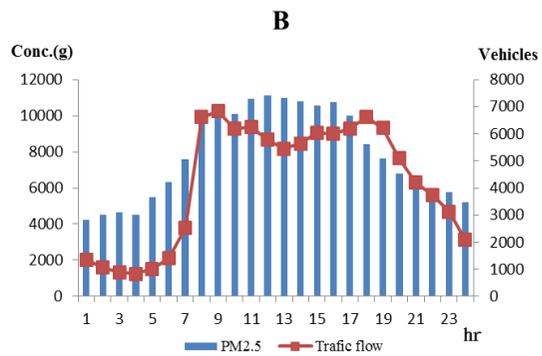
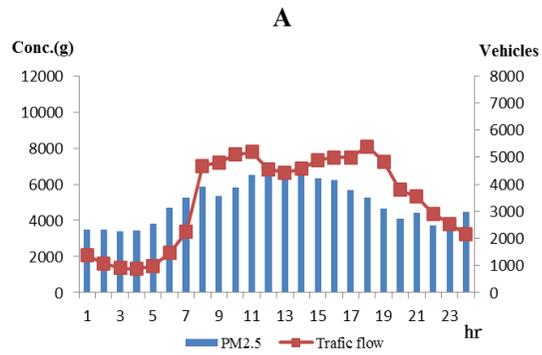


圖 4-7 平日逐時之車流及 PM<sub>2.5</sub> 排放量  
(A：后里-豐原；B：豐原-臺中；C：臺中-王田)

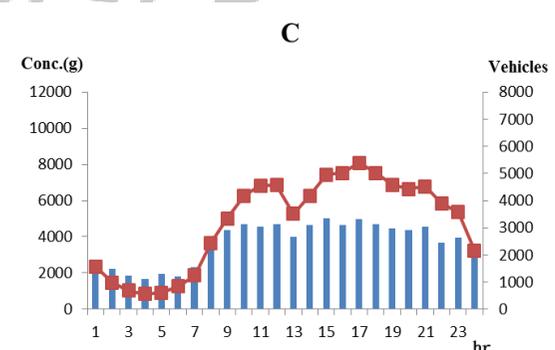
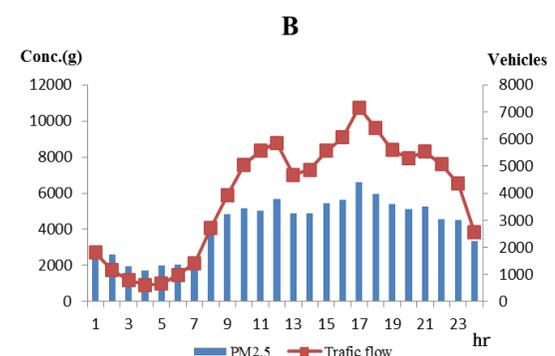
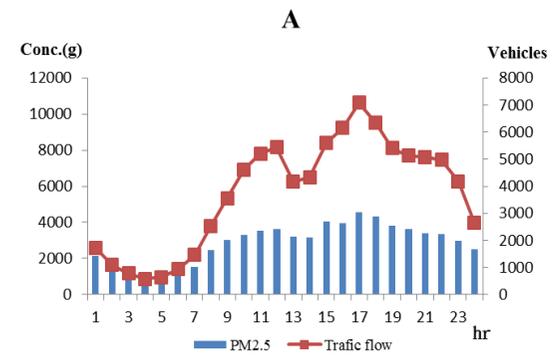


圖 4-8 假日逐時之車流及 PM<sub>2.5</sub> 逐時排放量  
(A：后里-豐原；B：豐原-臺中；C：臺中-王田)

另外於圖 4-7 中可以注意到早上 10 點至下午 5 點之間車流量有下降後再回升的趨勢，但是  $PM_{2.5}$  之排放情況卻沒有隨著車流的變化下降後回升，反而是繼續上升到最大排放量之後才下降，由圖 4-5 可以知道車流數量下降是因為小客車及小貨車數量減少，但是大型車的數量卻在這個時段增加，導致  $PM_{2.5}$  的排放量因此上升。

圖 4-8 可以觀察到假日型態后里-豐原及豐原-臺中車流數量接近，但是  $PM_{2.5}$  排放量卻有落差，其造成主因同樣是行駛路段之長短不同導致，而臺中-王田路段則因為車流量較另外兩個路段少，因此儘管路段較長，其推估出之排放量較低。比較圖 4-7 及圖 4-8，發現在同樣的車流量情況下，平日型態之逐時排放量明顯多於假日型態，且平日型態因為大型車較多之因素，其排放量不會隨著車流的增減而有明顯的改變，反觀假日型態因為大型車較少，因此其逐時排放量就會隨著車流增減而變化，顯示  $PM_{2.5}$  的排放情況明顯受到大型車數量的影響。

圖 4-9 及圖 4-10 分別呈現平日及假日型態逐時之車流量與  $SO_x$  排放量，能看到兩個型態在不同路段排放量同樣受到車流數量以及路徑長度的影響而有所差異，但與  $PM_{2.5}$  不同之處在逐時排放量的變化，由圖 4-9 及 4-10 能觀察到  $SO_x$  逐時排放量會隨著車流數量增減而有所變化，其中以假日之變動趨勢較為明顯，顯示  $SO_x$  的排放情況受到小型車數量影響程度較高。

圖 4-11 及 4-12 分別呈現平日及假日型態逐時之車流量與  $NO_x$  排放量，可以發現  $NO_x$  之逐時排放量變化狀況與  $PM_{2.5}$  之變化狀況相似，在平日早上 10 點及下午 5 點兩個車流尖峰時段之間， $NO_x$  排放量不因車流量降低而減少，反而是隨著增加的大型車數量而增加；假日逐時排放量則會隨著車流增減而改變，顯示  $NO_x$  的排放情況也受到大型車數量的影響。

由上述可知  $PM_{2.5}$  及  $NO_x$  主要的貢獻來源為大型車，小型車則影響  $SO_x$  的排放量，且整體而言若要控制污染物排放量，平日須針對大型車進行管制，假日則以小型車為主能有較好的成效。

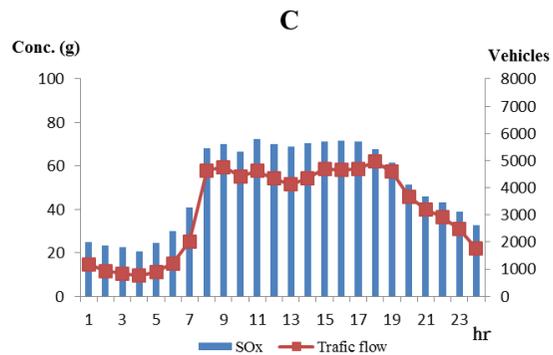
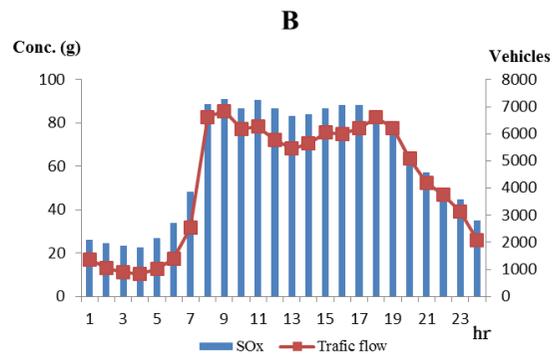
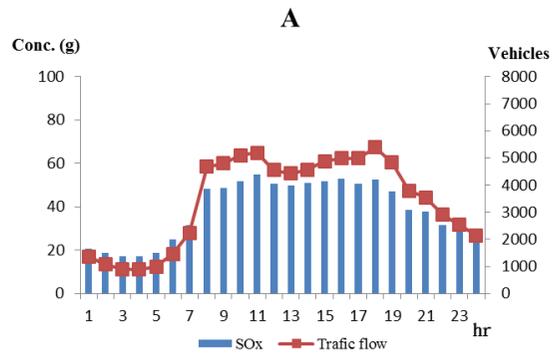


圖 4-9 平日型態 SOx 逐時排放量比較  
(A：后里-豐原；B：豐原-臺中；C：臺中-王田)

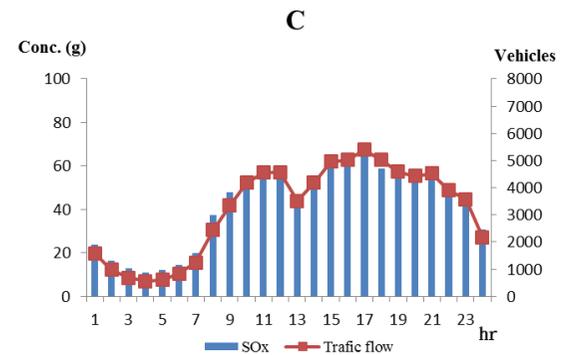
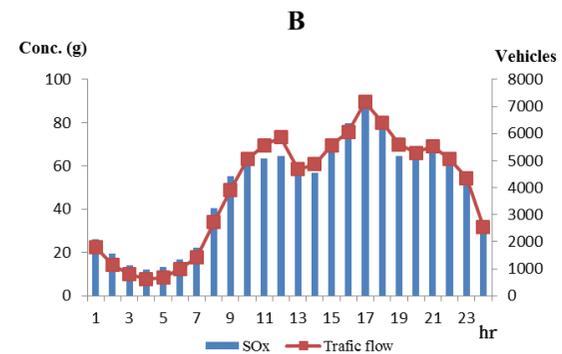
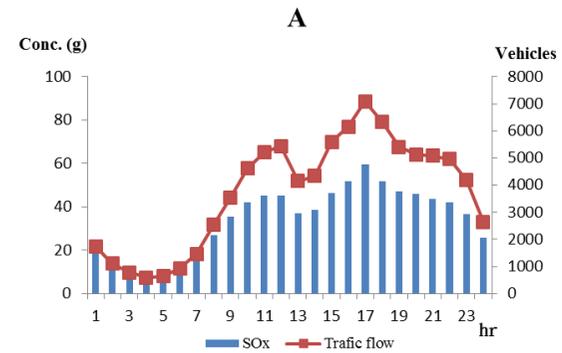


圖 4-10 假日型態 SOx 逐時排放量比較  
(A：后里-豐原；B：豐原-臺中；C：臺中-王田)

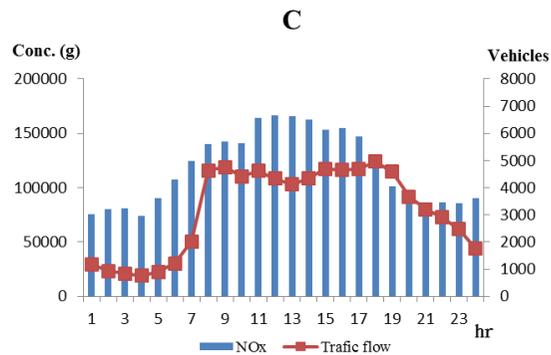
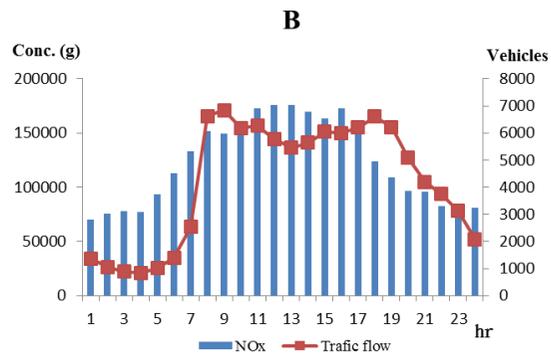
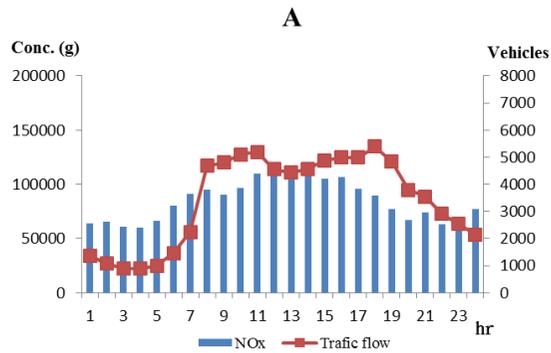


圖 4-11 平日型態 NOx 逐時排放量比較  
(A：后里-豐原；B：豐原-臺中；C：臺中-王田)

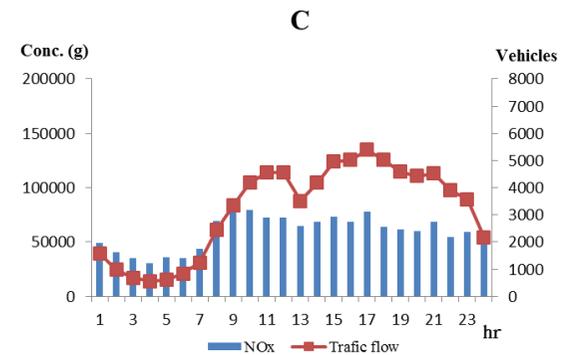
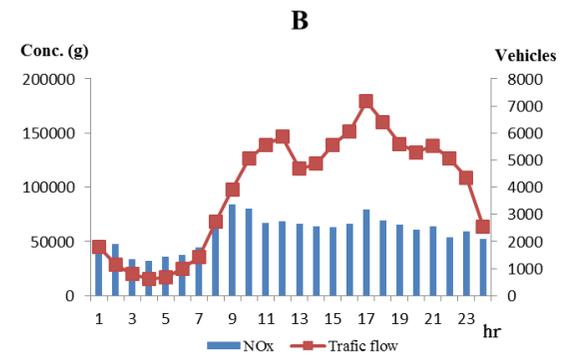
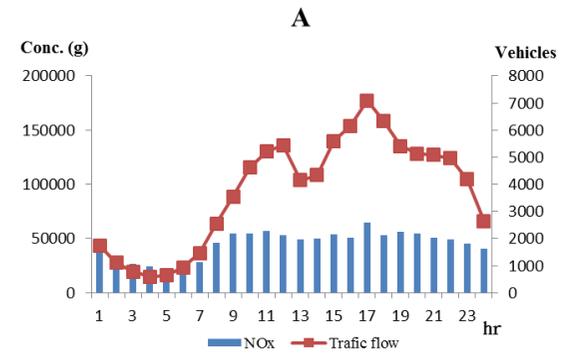


圖 4-12 假日型態 NOx 逐時排放量比較  
(A：后里-豐原；B：豐原-臺中；C：臺中-王田)

## 4-3 TAPM 模擬結果

本章節中所呈現之 TAPM 模擬結果，除了風場(風速、風向、溫度)之外，還包括 PM<sub>2.5</sub> 擴散之情況，為了確保模擬結果能夠良好的描述實際情況，需要進行模擬結果校正。由於實際污染物濃度來自各途徑產生，而本研究僅探討國道 1 號線源貢獻 PM<sub>2.5</sub> 擴散情況，所以只進行氣象模組之結果校正。

### 4-3.1 水平氣象場準確度分析

TAPM 模式之結果校正經常使用一致性指數(IOA)進行，當 IOA 大於 0.5 時表示結果可以接受。本研究以風速及溫度進行一致性分析，選擇監測站位置結果與監測站數據進行分析，詳細 IOA 結果補充於附錄。表 4-2 為每個月各測站位置數據與測站數據進行 IOA 分析之平均結果，可以發現 1 月至 12 月之 IOA 結果皆大於 0.5，代表氣象場模擬結果一致性高。

其中溫度場模擬結果皆大於 0.7，顯示 TAPM 能掌握溫度場的變化趨勢，而風速的部分根據結果顯示較不穩定，其原因可能是因為本研究未考慮建築物對於地面風場的影響，導致一致性結果不如溫度場良好。

表 4-2 TAPM 氣象場 IOA 分析結果

月分	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
風速	0.66	0.75	0.72	0.78	0.83	0.81	0.80	0.77	0.77	0.55	0.71	0.67
溫度	0.92	0.95	0.91	0.94	0.81	0.84	0.82	0.77	0.90	0.91	0.94	0.94

### 4-3.2 PM<sub>2.5</sub> 濃度擴散結果分析

由於來自移動源排放之污染物在大氣中可能發生之化學反應過於複雜，本研究簡化污染擴散模擬過程，僅考慮粒狀污染物(PM<sub>2.5</sub>)進行濃度擴散之模擬，不考慮由前驅物衍生之化學反應過程。濃度擴散結果部分以網格中最大濃度作呈現，比較國道 1 號平日型態與假日型態之 PM<sub>2.5</sub> 擴散範圍差別。濃度圖中之風花圖以忠明站位置為代表，其餘各測站位置風花圖補充於附錄。

本研究根據風花圖結果，將 5 月至 8 月歸類為南風季節，其餘月份歸類為北風季節，並挑選濃度擴散最大及最小範圍月份進行討論，逐月詳細結果補充於附錄，北風季節以 2 月及 10 月代表；南風季節以 6 月及 8 月代表。

在北風季節部分，圖 4-13 顯示臺中市 2 月 PM<sub>2.5</sub> 擴散模擬結果，比較圖 4-13(A)及圖 4-13(B)可以發現在風場條件相同的情況下，排放量較高的平日型態，其濃度擴散範圍較假日型態大，濃度累積也較高。由 2 月各測站之風花圖觀察臺中市風場狀況，其中大甲、后里、豐原以及沙鹿測站為東北風偏北風向，其餘測站為北風偏西北風向。因此在圖 4-13 可以觀察到大雅區以北路段之污染物受到北風吹拂而向南擴散，西屯區以南路段之污染物受到西北風影響向東南方向擴散。

圖 4-14 為臺中市 10 月之 PM<sub>2.5</sub> 模擬結果，同樣可以觀察到平日型態之濃度及擴散範圍較假日型態大。由 10 月各測站之風花圖結果顯示，大甲、后里、豐原以及沙鹿測站同樣為東北風偏北風向，其餘測站相較 2 月出現較頻繁且較強北風。由圖 4-14 可以觀察到無論平日或假日型態之高濃度範圍皆小於 2 月，且濃度擴散方向皆為向南擴散，西屯區以南路段之污染物沒有向東擴散之跡象。

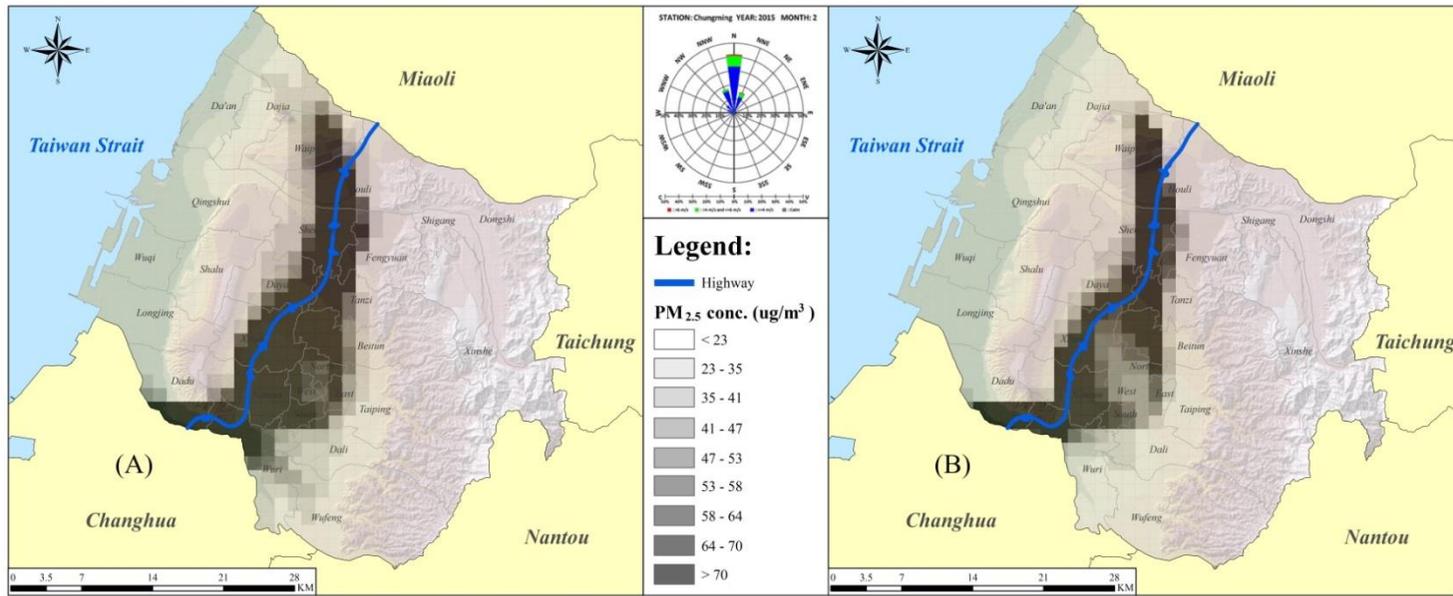


圖 4-13 國道 1 號 2015 年 2 月 PM<sub>2.5</sub> 濃度分布 (A)平日型態 (B)假日型態

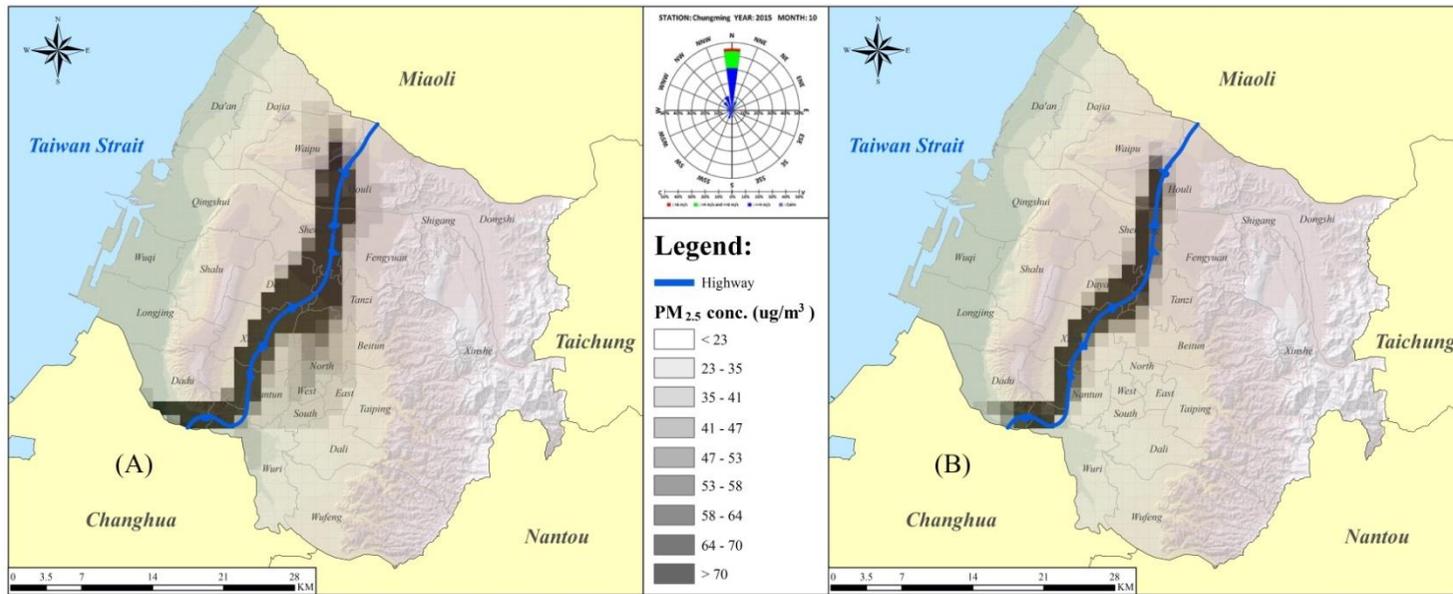


圖 4-14 國道 1 號 2015 年 10 月 PM<sub>2.5</sub> 濃度分布 (A)平日型態 (B)假日型態

在南風季節部分，圖 4-15 顯示臺中市 8 月 PM<sub>2.5</sub> 擴散模擬結果，比較圖 4-15(A)及圖 4-15(B)同樣可以發現在相同風場條件下，平日型態之濃度擴散範圍較假日型態大，濃度累積也較高。由 8 月各測站之風花圖可以知道各測站多為南風偏東或是南風偏西情況，但是仍然能觀察到有吹北風的情況，因此在圖 4-15 中可以看到 PM<sub>2.5</sub> 濃度相較北風季節更往北方擴散，同時又有部分濃度受到北風影響往南及東南方向擴散。

圖 4-16 為臺中市 6 月之 PM<sub>2.5</sub> 模擬結果，同樣可以觀察到平日型態之濃度及擴散範圍較假日型態大。由 6 月各測站之風花圖結果顯示，南風及西南風情況在多數測站被觀察到，少數測站有出現南風偏東情況。由於在 6 月之風場狀況皆為由南往北吹拂，不同於 8 月時有出現北風的影響，所以 PM<sub>2.5</sub> 明顯只有朝向北方擴散。

比對兩個季節之濃度分布可以發現，國道 1 號排放之 PM<sub>2.5</sub> 濃度呈現帶狀分布，而且受到地形的影響使得 PM<sub>2.5</sub> 被限制於大肚山東側地區，在大肚山西側地區不容易觀察到 PM<sub>2.5</sub> 分布，同時可以注意到在大肚山最南端無論北風或南風季節皆有較高濃度出現。

除此之外，由於在不同月分中同一個型態之污染排放狀況相同，因此氣象因素對於污染物擴散的影響很大，例如在北風季節中，10 月風速較 2 月風速高，所以 10 月高濃度 PM<sub>2.5</sub> 範圍較 2 月小；在南風季節中，8 月風向相較 6 月多了北風的影響，因此 8 月之帶狀 PM<sub>2.5</sub> 範圍較 6 月寬。

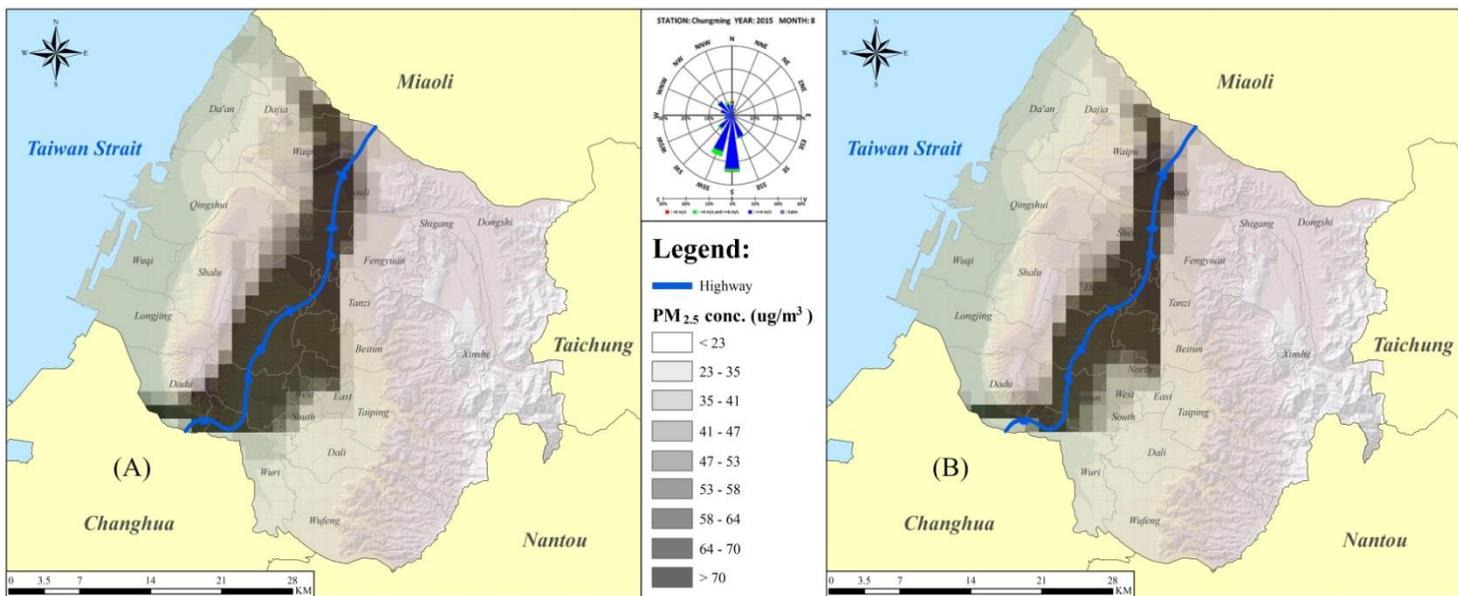


圖 4-15 國道 1 號 2015 年 8 月 PM<sub>2.5</sub> 濃度分布 (A)平日型態 (B)假日型態

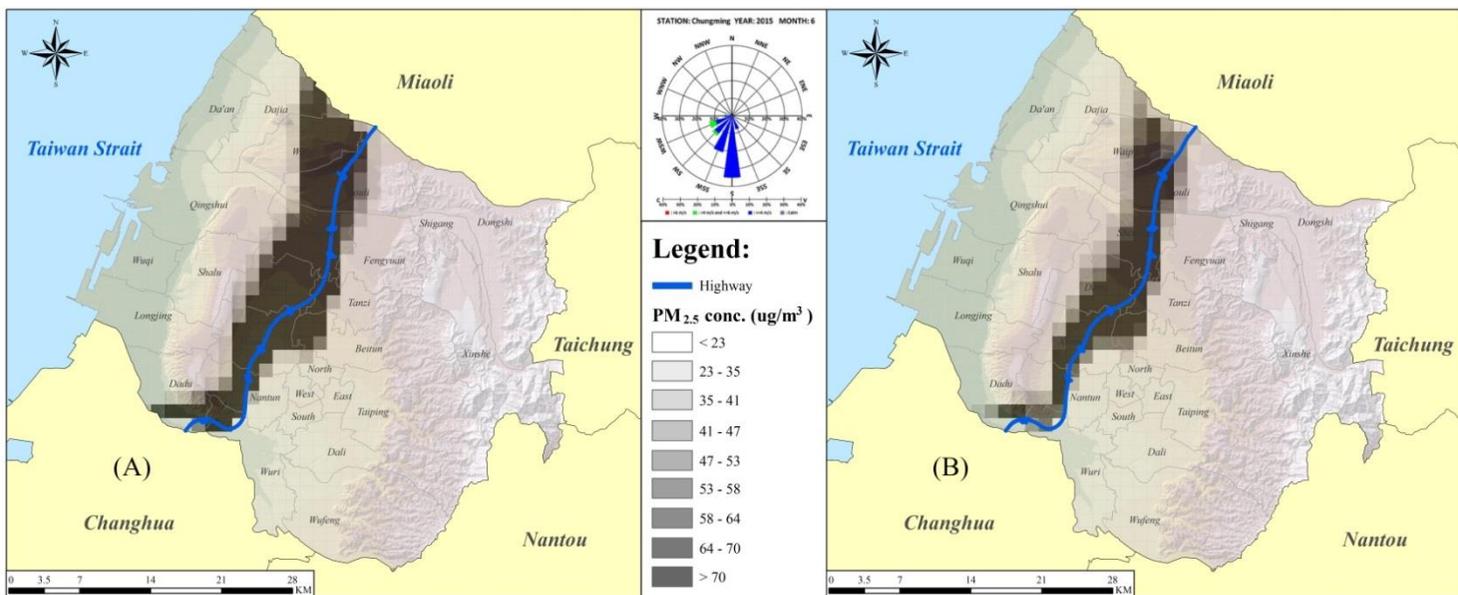


圖 4-16 國道 1 號 2015 年 6 月 PM<sub>2.5</sub> 濃度分布 (A)平日型態 (B)假日型態

除了風速及風向的影響之外，降雨情況及相對溼度同樣可能對濃度分布造成影響，由表 4-3 可以得知 2015 年氣象狀況與 PM<sub>2.5</sub> 模擬濃度的關聯，其中降雨量對最大濃度有影響，但是對濃度分布及月平均濃度的影響不明顯，另外最大連續未降雨日數最多為 9 月及 11 月，最少為 7 月，但是高濃度分布範圍最小的卻是 10 月，由上述可推測降雨對長時間之污染狀況沒有明顯的影響。相對溼度根據資料顯示沒有明顯差異，在本研究中也觀察不到對於污染分布的影響。

表 4-3 2015 年臺中地區氣象資料及 PM<sub>2.5</sub> 模擬濃度比較

	總降雨量 (mm)	降雨日數 (day)	最大連續 未降雨日數 (day)	平均相 對溼度 (%)	最大濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	月平均濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Jan	12.3	6	12	68	578.45	3.52
Feb	21.2	4	14	71	488.18	3.79
Mar	24.8	11	6	74	511.28	3.20
Apr	47.7	7	9	68	443.43	2.83
May	662.0	15	7	77	344.63	3.05
Jun	65.5	6	15	71	493.41	3.59
Jul	71.4	12	4	71	466.91	3.53
Aug	368.4	16	7	76	578.67	3.12
Sep	183.9	6	20	72	495.76	5.21
Oct	14.0	8	8	72	390.02	3.92
Nov	2.2	1	20	71	500.93	5.17
Dec	52.9	10	9	73	554.55	1.94

資料來源：臺中市氣象局台中測站，本研究整理列出

由上述可知影響污染物傳輸分布的除了排放量差異之外，地形及氣象狀況同樣會影響污染物的傳輸。當風速較強時不易有高濃度產生，在風速較弱時則容易有產生濃度累積，而污染分布範圍受到風向以及地形的影響而決定，因此可以觀察到來自國道 1 號排放之 PM<sub>2.5</sub> 大多分布在台中盆地之中。

#### 4-4 健康風險分析

TAPM 模式模擬出國道 1 號移動源排放 PM<sub>2.5</sub> 濃度後，以吸入途徑計算人體的污染暴露量，再帶入致癌風險公式即可計算 PM<sub>2.5</sub> 之致癌風險度。本研究假設暴露時間為每年 30 天，而暴露發生的平均時間設為 80 年，即在臺中市民平均 80 年(29,200 天)的生命中，暴露於國道 1 號所排放 PM<sub>2.5</sub> 的時間為 2,400 天。

在前一節所討論之濃度圖，是利用網格中最大濃度探討污染物可能影響之範圍，然而在暴露劑量推估公式中，終生平均每日暴露劑量是透過時量平均濃度進行計算，若以網格中最大濃度進行推估，則在意義上代表每天皆暴露於最大濃度之中，因此在健康風險分析部分，利用網格中平均濃度進行估算，以呈現當人民暴露於不同月份之污染情況時，可能產生之健康風險。在本節同樣使用北風季節(2 月、10 月)與南風季節(8 月、6 月)進行說明及討論，呈現於圖 4-17 至 4-20，其餘月份補充於附錄。

在北風季節部分，圖 4-17 顯示 2 月 PM<sub>2.5</sub> 導致肺癌風險空間分布狀況，由於 2 月時受到北風的影響，國道 1 號以南皆為具有肺癌風險之影響區域，其中在平日型態最大肺癌風險度為  $78.90 \times 10^{-3}$ ，假日型態最大肺癌風險度僅  $39.45 \times 10^{-3}$ 。儘管在兩個型態中有較高肺癌風險度之區域分布於國道 1 號西側，但是南方路段之風險相較北方路段高，且平日型態於國道 1 號以南地區比假日型態有更多風險較高區域。

圖 4-18 呈現 10 月 PM<sub>2.5</sub> 導致肺癌風險空間分布狀況，可以發現 10 月兩個型態之影響範圍與 2 月略同，但是平日型態最大肺癌風險度為  $90.08 \times 10^{-3}$ ，假日型態最大肺癌風險度則為  $44.71 \times 10^{-3}$ ，無論最大肺癌風險度或是風險度較高區域數量皆較 2 月多。另外可以注意到 10 月肺癌風險度較高區域偏北，不同於 2 月偏南之情況，由風花圖結果進行推測，判斷係因受到 10 月出現之微弱南風影響濃度擴散，進而導致風險較高區域偏北。

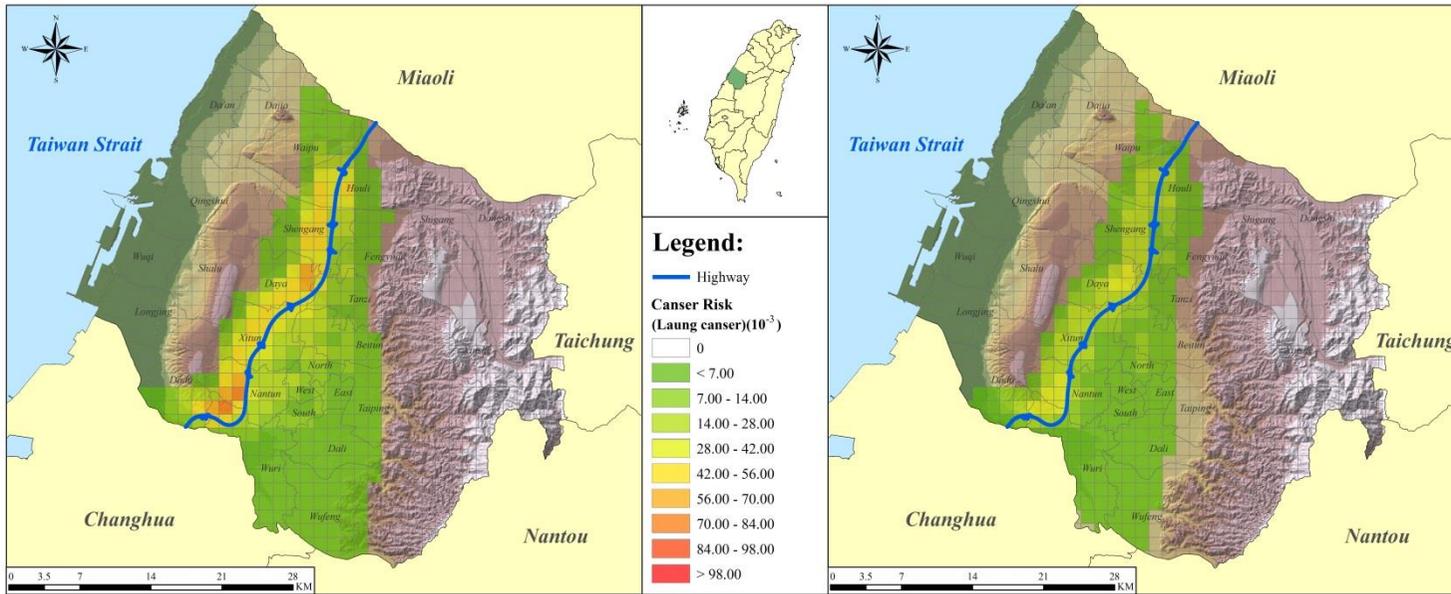


圖 4-17 2015 年 2 月肺癌風險空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態

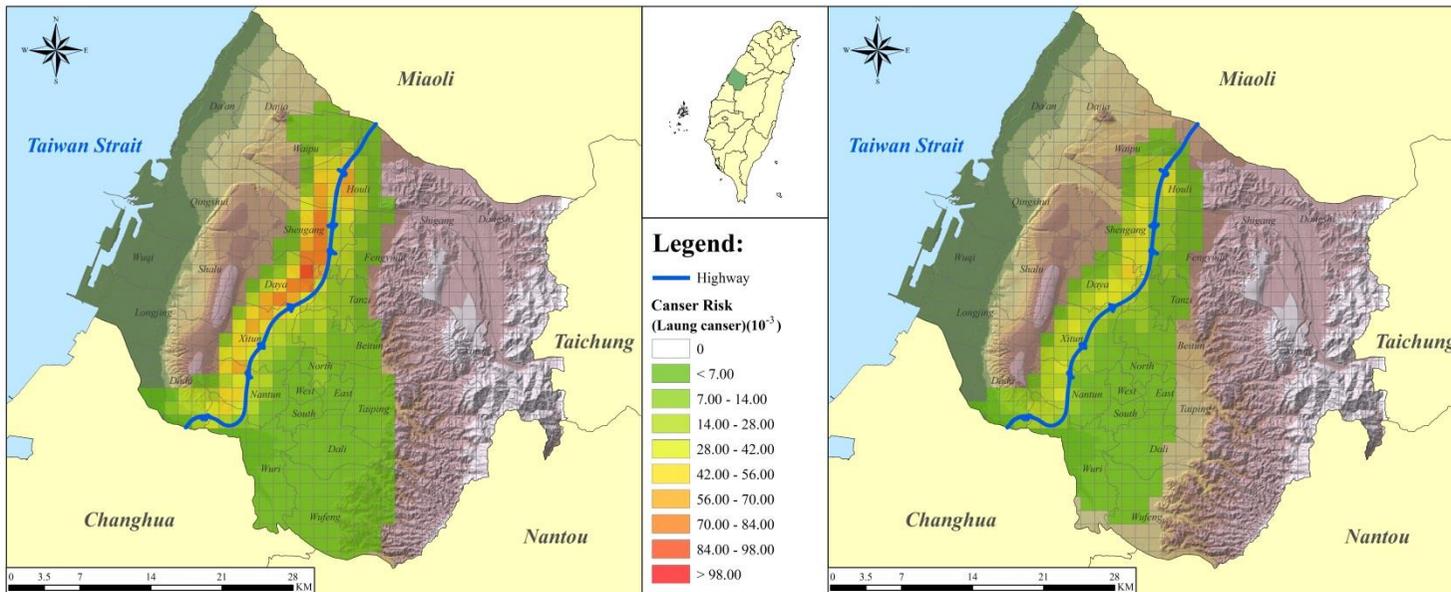


圖 4-18 2015 年 10 月肺癌風險空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態

在南風季節部分，圖 4-19 為 8 月 PM<sub>2.5</sub> 造成之肺癌風險空間分布狀況，由於受到南風影響，可以觀察國道 1 號北方有更多處於肺癌風險之區域，但是因為 8 月亦出現北風吹拂情況，因此國道 1 號以南仍有部分區域受到肺癌風險影響。其中可以觀察到肺癌風險較高區域同樣位於國道 1 號西側，平日型態最大肺癌風險度為  $56.55 \times 10^{-3}$ ，假日型態最大肺癌風險度為  $30.25 \times 10^{-3}$ ，由圖 4-19(A) 可以觀察到最大風險位於南方，然而在圖 4-19(B) 之最大風險則位於北方，推測係原因平日型態與假日型態逐時排放情況不同，使得對應之風場狀況不同所導致。

圖 4-20 呈現 6 月 PM<sub>2.5</sub> 造成之肺癌風險空間分布狀況，在風向皆向北吹拂的情況下，具有肺癌風險的區域多位於國道 1 號北方，國道 1 號南方區域受到肺癌風險影響的區域明顯較 8 月少。6 月肺癌風險較高區域同樣位於國道 1 號偏北，平日型態最大肺癌風險為  $69.04 \times 10^{-3}$ ，假日型態則為  $36.16 \times 10^{-3}$ ，且其分布較為平均，不同於上述案例之最大風險度偏南或是偏北分布。

比對兩個季節之肺癌風險度空間分布結果，可以發現在北風季節中有肺癌風險之區域涵蓋國道 1 號以南地區，而南風季節則為國道 1 號以北地區居多，但是最大肺癌風險度卻無論季節變化皆位於國道 1 號偏北區域。另外可以發現前一節提到 PM<sub>2.5</sub> 影響範圍最大之 2 月及 8 月，其最大肺癌風險度無論平日型態或假日型態皆小於 PM<sub>2.5</sub> 影響範圍最小之 10 月及 6 月。

由上述結果推斷，由於致癌風險度受到污染物濃度以及暴露時間所影響，在暴露時間皆相同之情況下，污染物濃度即為造成致癌風險度變化之主因。另外在 Greene and Morris (2006) 的研究中提到，為了獲得更準確的長期暴露量，最好平均考慮季節性風險。因此本研究取 12 個月各網格之肺癌風險度平均值，經過計算，2015 年臺中國道 1 號平日型態對臺中市造成之平均肺癌風險度為  $2.35 \times 10^{-3}$  (95% CI  $-5.68 \times 10^{-3}$ ,  $2.41 \times 10^{-3}$ )，國道 1 號假日型態對臺中市造成之平均肺癌風險為  $1.13 \times 10^{-3}$  (95% CI  $-2.98 \times 10^{-3}$ ,  $1.15 \times 10^{-3}$ )。

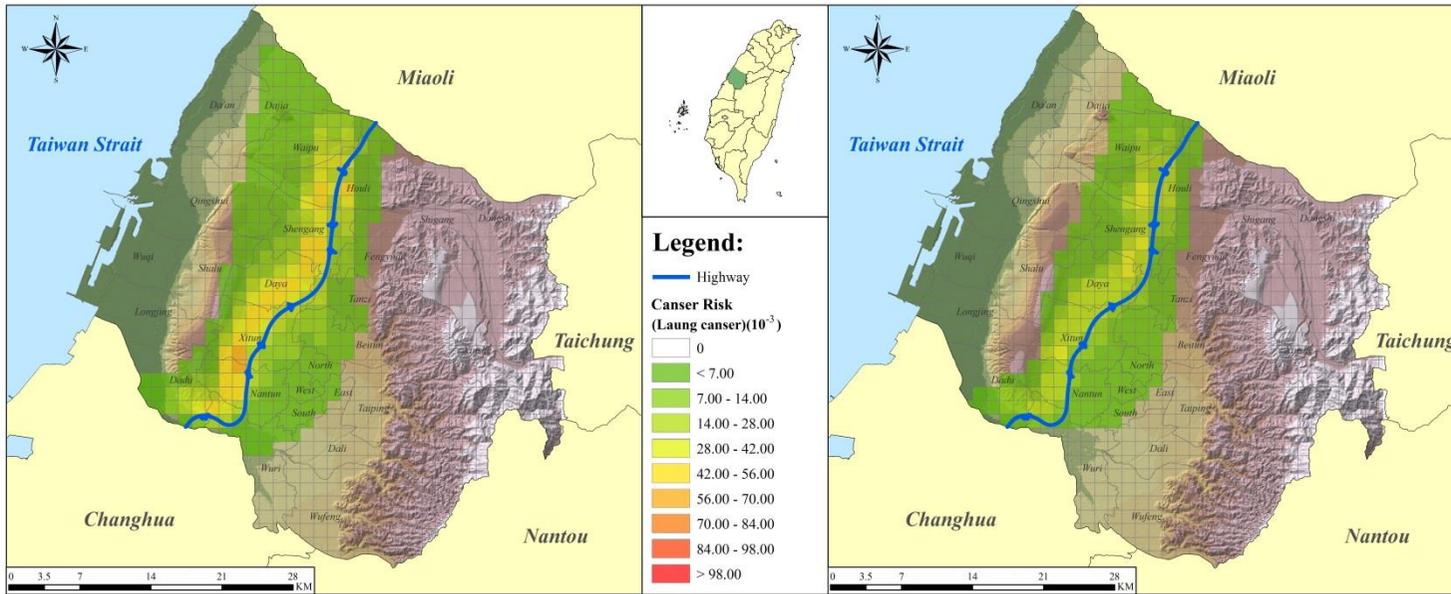


圖 4-19 2015 年 8 月致癌風險空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態

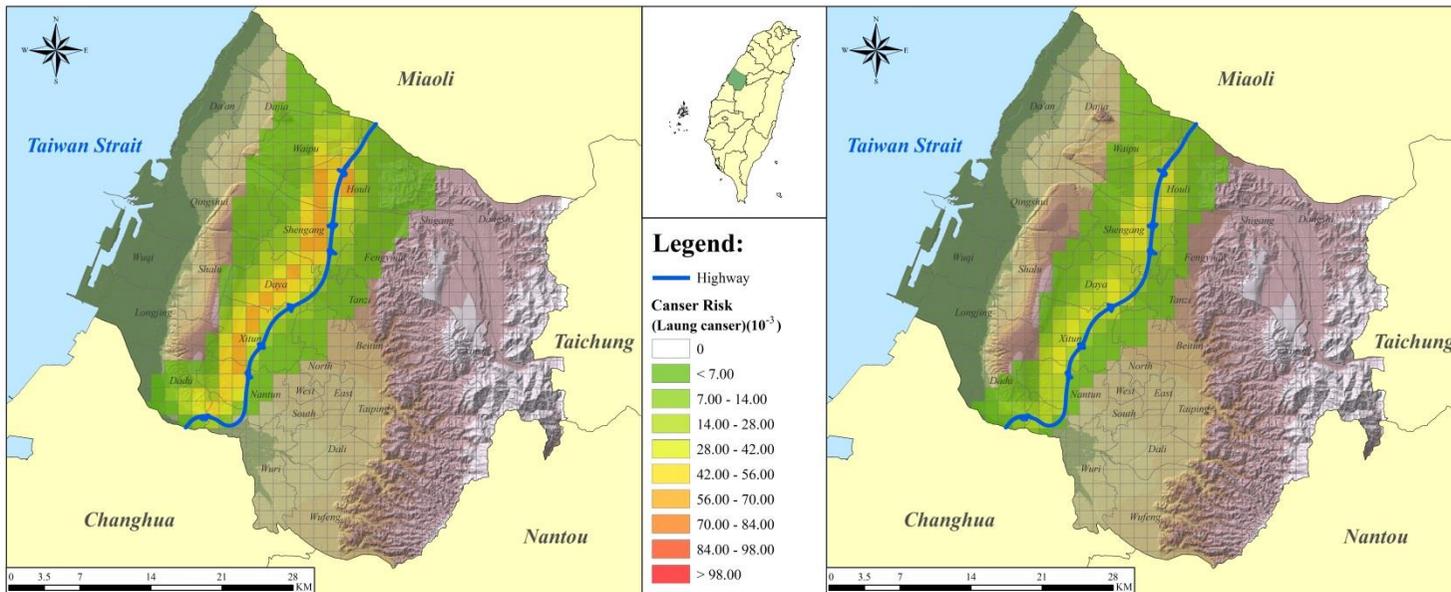


圖 4-20 2015 年 6 月致癌風險空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態

在找出 PM<sub>2.5</sub> 之肺癌致癌風險度空間分布後，進一步結合人口分布圖，將每個月致癌風險度與人口數量相乘，計算不同月份中有致癌風險的人數，嘗試找出致癌風險與人口分布之關聯，結果呈現於圖 4-21 至 4-24，並以風險度高低與人口數多寡之組合進行討論。

圖 4-21 及 4-22 顯示 2 月及 10 月臺中市有肺癌風險人數之空間分布，可以觀察到有肺癌風險之人數聚集於台中盆地之中，其中國道 1 號偏北區域如大雅區、西屯區及南屯區等因為肺癌風險度較高，同時人口也在此聚集，因此有風險人數較多；后里區位於國道 1 號以西區域同樣也有較高之肺癌風險度，然而此區人口數相對較少，使得有風險人數也相對較少。而在國道 1 號以南區域靠近市中心區域，其肺癌風險度較低，然而臺中市人口主要聚集在此，導致有風險人數增加；更南方之區域如烏日區及霧峰區同樣屬於肺癌風險較低區域，但是人口數較少之緣故，使得風險人數較少。

圖 4-23 及 4-24 顯示 8 月及 6 月之有肺癌風險人數空間分布，有較高肺癌風險地區如大雅區、西屯區及南屯區同樣有較多的肺癌風險人數；后里區及外埔區交界同樣有較高之肺癌風險，但是其人口數較少，使得有風險人數較少。由圖 4-23(A) 可以觀察到市中心有一定數量之肺癌風險人數，然而肺癌風險度在這個區域並不高，顯示這些風險人數的產生是因為人口數較多導致；后里區、東勢區及豐原區交界之肺癌風險較低，且人口沒有在此區聚集，風險人數因而較少。

由上述結果可知，PM<sub>2.5</sub> 濃度會產生肺癌的風險，濃度較高會產生較高的致癌風險，高濃度的 PM<sub>2.5</sub> 位於人口稠密區時，個體致癌風險度較高，可能罹患肺癌的人數比較多。當高濃度污染物位於人口稀少區時，雖然會有較少的可能罹患肺癌人數，但是個體致癌風險度較高；低濃度污染物位於人口稠密區時，雖然個體致癌風險度較低，但是會因為人口較多之因素使得可能罹患肺癌人數增加。當低濃度污染物位於人口稀少區時，無論個體風險度或罹患肺癌人數都會較少。

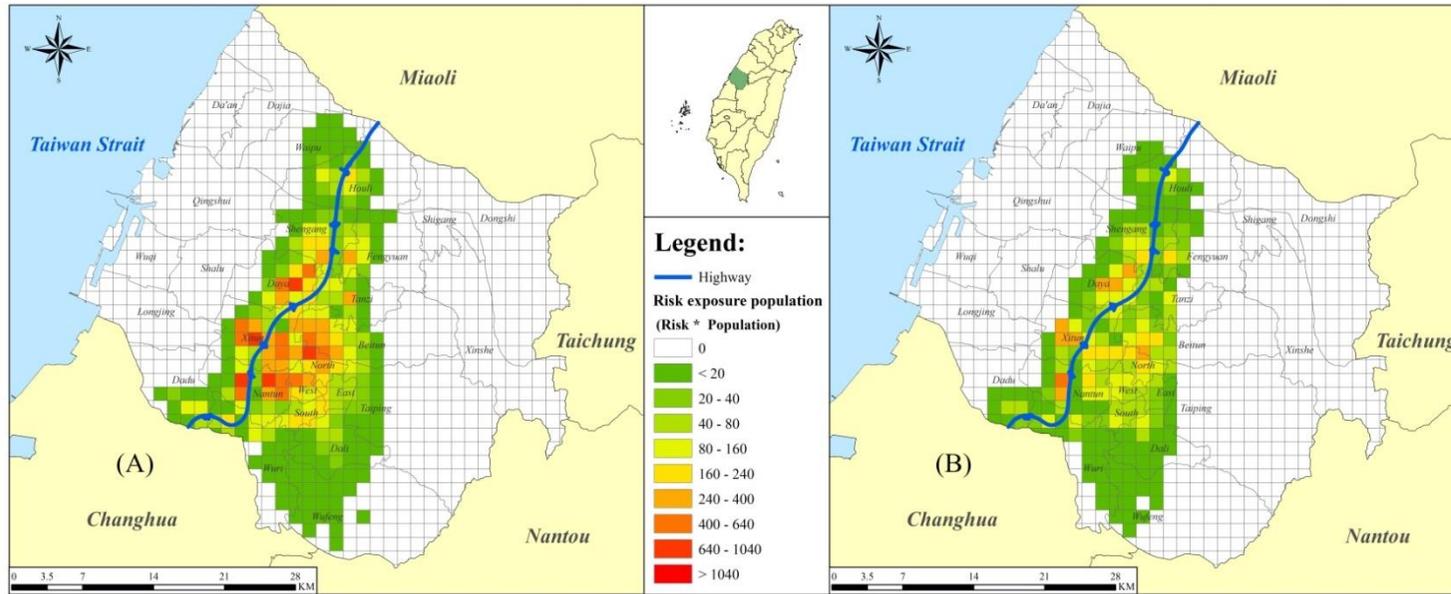


圖 4-21 2015 年 2 月肺癌風險人數空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態

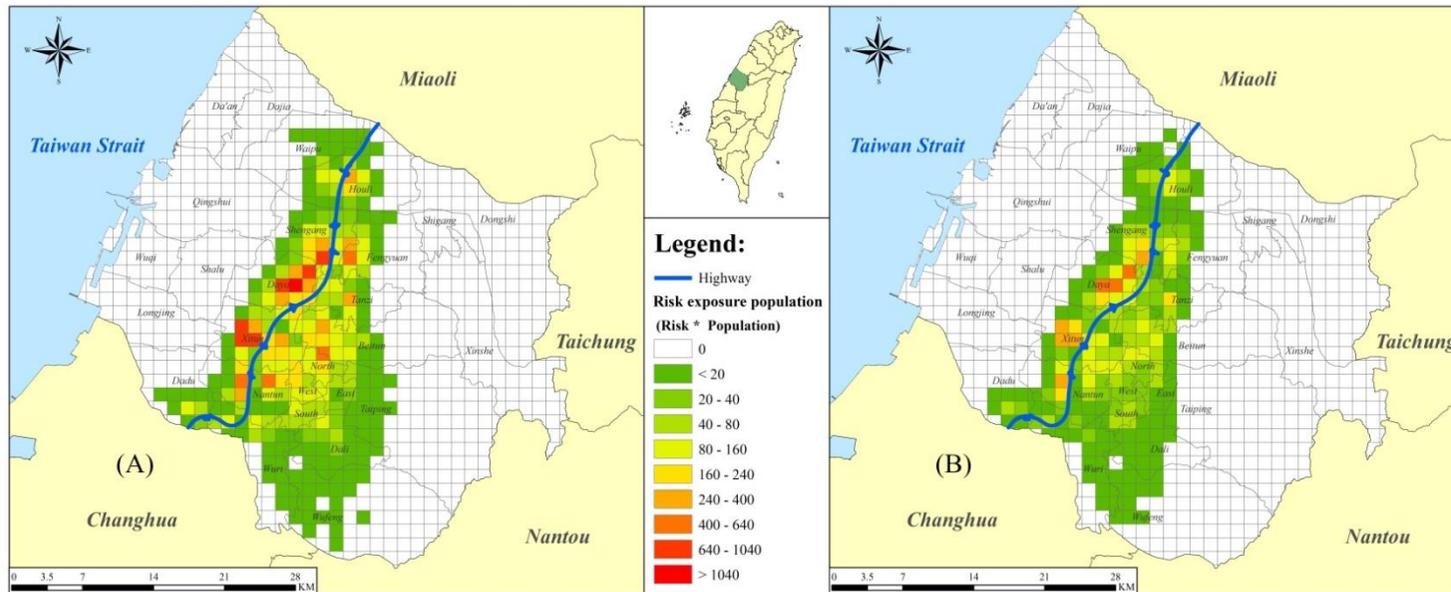


圖 4-22 2015 年 10 月肺癌風險人數空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態

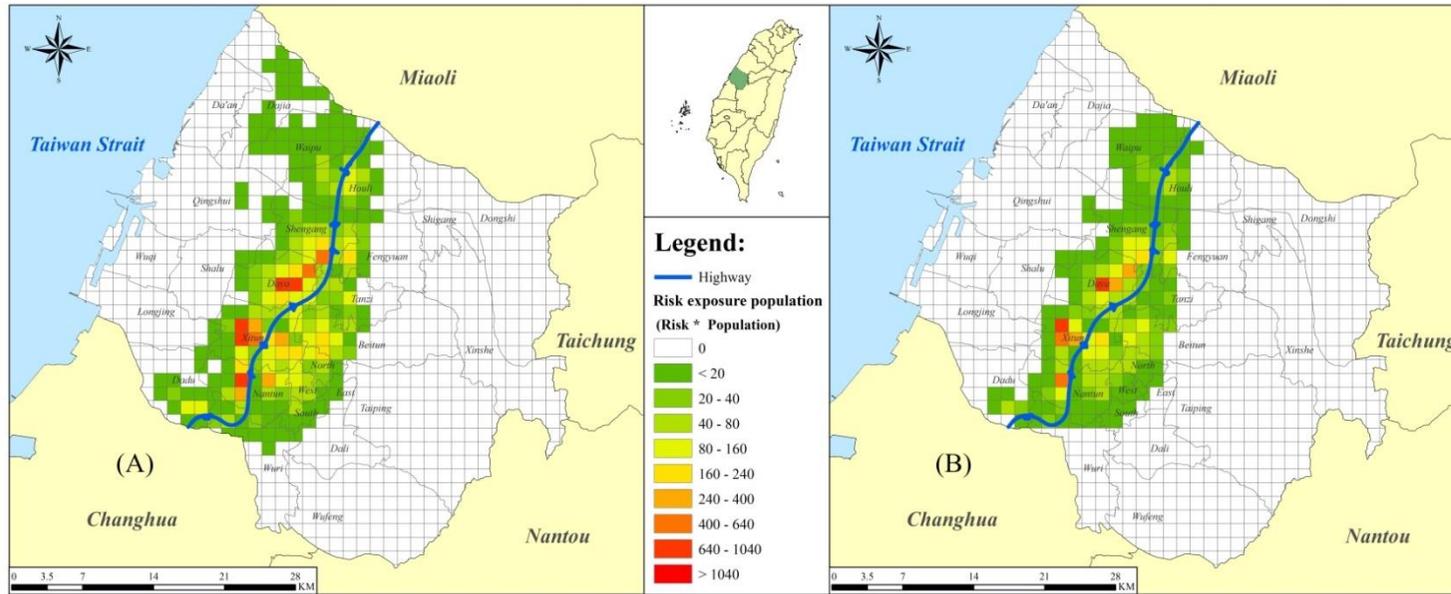


圖 4-23 2015 年 8 月肺癌風險人數空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態

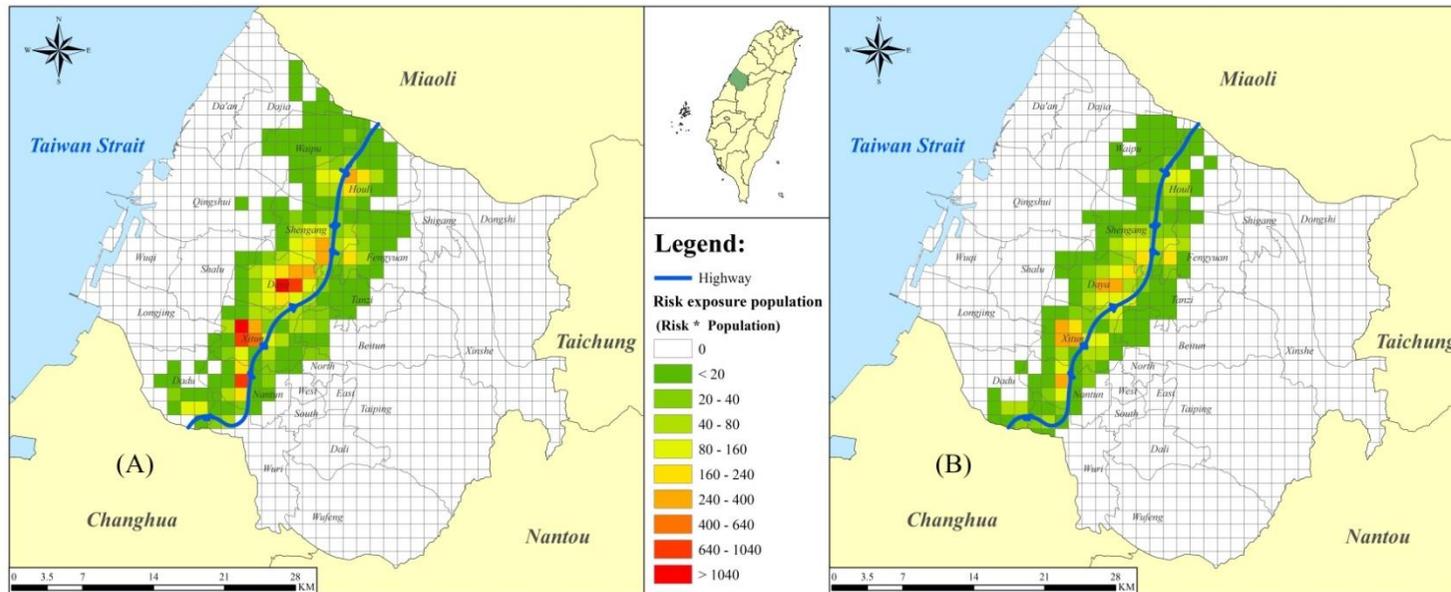


圖 4-24 2015 年 6 月肺癌風險人數空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態

## 第五章 結論與建議

本研究以國道 1 號作為移動源排放案例，利用國道交通資料庫數據做為移動源排放量推估之依據，結合 TAPM 模式模擬移動源排放污染物擴散對臺中市空氣品質影響，接著計算臺中市居民之健康風險，整理出以下結論。

### 5-1 結論

1. 國道交通資料庫可以快速取得國道之相關訊息，在本研究中應用車流資料進行污染物排放量估算，由結果發現此方法可以有效呈現逐時排放狀況，讓不同車流型態之污染排放狀況能更好的被掌握。
2. 根據本研究案例估算出之污染物逐時排放量，車流總量的大小固然會影響排放量的多寡，車流中車種的組成對排放量的影響更大，在國道 1 號車流總量相同的情況下，平日型態之大型車組成比例比平日型態多了 8.37%，平日型態污染量將近假日型態之兩倍，並且發現 PM<sub>2.5</sub> 及 NO<sub>x</sub> 主要來源為大型車，SO<sub>x</sub> 主要來源為小型車。
3. 本研究因模式限制無法自行設定風場進行模擬，因此改以逐月模擬結果進行討論，其中發現 TAPM 模式對於模擬氣象場有一定程度的掌握，儘管風場模擬在部分測站未能達到 IOA ≥ 0.5 之標準，但是各測站之 IOA 平均值能達到 0.5 之標準，顯示 TAPM 能模擬出大致符合現狀之風場情況。
4. 空氣擴散模擬結果發現，在南風季節中，國道 1 號沿線如外埔區、后里區、神岡區、大雅區、潭子區、西屯區、北屯區、南屯區、烏日區等因靠近污染源，會有較高濃度分布；在北風季節中，除國道 1 號沿線區域外，離污染源較遠之地區如北區、西區、中區、東區、大里區、霧峰區以及大甲區則會受到風向影響而有濃度分布。影響污染物分布的因子除了污染源之排放量外，降雨量及風速風向等氣象因素同樣會造成一定程度的影響，其中降雨量僅能在短時間改善空氣品質，對於長時間的空氣狀況沒有明顯的幫助，而風速及風向在本研究中是重要影響因素之一。

5. 健康風險計算結果顯示，2015 年臺中國道 1 號平日型態排放之  $PM_{2.5}$  對臺中市造成之平均肺癌風險度為  $2.35 \times 10^{-3}$  (95% CI  $-5.68 \times 10^{-3}$ ,  $2.41 \times 10^{-3}$ )，國道 1 號假日型態對臺中市造成之平均肺癌風險為  $1.13 \times 10^{-3}$  (95% CI  $-2.98 \times 10^{-3}$ ,  $1.15 \times 10^{-3}$ )。
6. 在健康風險評估部分，高濃度  $PM_{2.5}$  位於人口稠密區時，個體致癌風險度較高，因此可能罹患肺癌的人數比較多。當高濃度  $PM_{2.5}$  位於人口稀少區時，雖然所影響之人數相對較低，但個體致癌風險度並未因此下降；低濃度  $PM_{2.5}$  出現於人口稠密區時，雖因  $PM_{2.5}$  而致癌的個體風險度較低，但由於整體人口稠密度高，可能罹患肺癌人數並未因此較低。相對地，當發生於人口稀少區時，無論個體風險度或罹患肺癌人數都將相對較低。

## 5-2 建議

1. 國道交通資料庫公布之數據僅區分車種及數量，並無車輛廠牌以及引擎排氣量，由於該資料庫是以 eTag 進行數據取得，建議除現行分類方式外，可依車輛廠牌或排氣量登記 eTag，除了可以快速掌握污染排放量，政府也可以取得更多交通數據進行分析。
2. TAPM 雖然能模擬氣象情況，但是無法自行設定風場環境來進行不同風場下的污染擴散狀況。
3. 本研究僅能透過模擬期間的調整，來模擬不同氣候狀況的污染情況，因此欲模擬特定風場之污染狀況時，僅能由現有氣象資料中分類天氣狀況與風場型態，進行模擬。唯氣候多變，因此本研究僅述說一些特殊氣候型態之污染擴散情況，有興趣本主題者應可在更進一步探討更多之空氣型態的類別來進行模擬研究。
4. 在未來的研究中，可嘗試利用國道交通資料庫進行車流預測，並進一步推估污染排放量，考慮交通狀況及空氣品質之間的影响，從交通面及環境面兩個角度著手，評估交通政策及移動污染源管制的實施成效。

5. 本研究利用國道交通資料庫進行污染物排放量估算，其結果顯示可以呈現車流變化時的污染排放量。由於目前這套設備僅設於國道，因此本研究方法僅能推算國道排放量，未來若能將車流偵測設備普及至一般道路，除了能有效掌握線源排放之外，更有助於智慧城市的發展。



## 參考文獻

- Allen, R. W., Gombojav, E., Barkhasragchaa, B., Byambaa, T., Lkhasuren, O., Amram, O., Takaro, T. K., & Janes, C. R., (2013), An assessment of air pollution and its attributable mortality in Ulaanbaatar, Mongolia. *Air Quality Atmosphere and Health*, 6(1), 137-150
- Atkinson, R. W., Kang, S., Anderson, H. R., Mills, I. C., & Walton, H. A., (2014), Epidemiological time series studies of PM<sub>2.5</sub> and daily mortality and hospital admissions: a systematic review and meta-analysis. *Thorax*, 69(7), 660-665
- Caiazzo, F., Ashok, A., Waitz, I. A., Yim, S. H. L., & Barrett, S. R. H., (2013), Air pollution and early deaths in the United States. Part I: Quantifying the impact of major sectors in 2005. *Atmospheric Environment*, 79, 198-208
- Dehghan, A., Prasad, A. A., Sherwood, S. C., & Kay, M., (2014), Evaluation and improvement of TAPM in estimating solar irradiance in Eastern Australia. *Solar Energy*, 107, 668-680
- Duque, L., Relvas, H., Silveira, C., Ferreira, J., Monteiro, A., Gama, C., Rafael, S., Freitas, S., Borrego, C., & Miranda, A. I., (2016), Evaluating strategies to reduce urban air pollution. *Atmospheric Environment*, 127(Supplement C), 196-204
- Fang, W. X., Yang, Y. C., & Xu, Z. M., (2013), PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> and Health Risk Assessment for Heavy Metals in a Typical Factory for Cathode Ray Tube Television Recycling. *Environmental Science & Technology*, 47(21), 12469-12476
- Fuks, K., Moebus, S., Hertel, S., Viehmann, A., Nonnemacher, M., Dragano, N., Mohlenkamp, S., Jakobs, H., Kessler, C., Erbel, R., Hoffmann, B., & Heinz Nixdorf Recall Study, I., (2011), Long-Term Urban Particulate Air Pollution, Traffic Noise, and Arterial Blood Pressure. *Environmental Health Perspectives*, 119(12), 1706-1711
- Greene, N., & Morris, V., (2006), Assessment of Public Health Risks Associated with Atmospheric Exposure to PM<sub>2.5</sub> in Washington, DC, USA. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 3(1), 86
- Hurley, P., Manins, P., Lee, S., Boyle, R., Ng, Y. L., & Dewundege, P., (2003), Year-long, high-resolution, urban airshed modelling: verification of TAPM predictions of smog and particles in Melbourne, Australia. *Atmospheric Environment*, 37(14), 1899-1910
- Hurley, P. J. (2008). *TAPM. V4 - user manual*.CSIRO Marine and Atmospheric Research.

- Hurley, P. J., Physick, W. L., & Luhar, A. K., (2005), TAPM: a practical approach to prognostic meteorological and air pollution modelling. *Environmental Modelling & Software*, 20(6), 737-752
- Kloog, I., Ridgway, B., Koutrakis, P., Coull, B. A., & Schwartz, J. D., (2013), Long- and Short-Term Exposure to PM<sub>2.5</sub> and Mortality: Using Novel Exposure Models. *Epidemiology*, 24(4), 555-561
- Leiva G, M. A., Santibañez, D. A., Ibarra E, S., Matus C, P., & Seguel, R., (2013), A five-year study of particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) and cerebrovascular diseases. *Environmental Pollution*, 181, 1-6
- Liang, R., Zhang, B., Zhao, X., Ruan, Y., Lian, H., & Fan, Z. (2014). *Effect of exposure to PM<sub>2.5</sub> on blood pressure: A systematic review and meta-analysis* (Vol. 32).
- Lo, W.-C., Shie, R.-H., Chan, C.-C., & Lin, H.-H., (2017), Burden of disease attributable to ambient fine particulate matter exposure in Taiwan. *Journal of the Formosan Medical Association*, 116(1), 32-40
- Lu, F., Xu, D., Cheng, Y., Dong, S., Guo, C., Jiang, X., & Zheng, X., (2015), Systematic review and meta-analysis of the adverse health effects of ambient PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> pollution in the Chinese population. *Environmental Research*, 136, 196-204
- 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(20), 2795-2810
- 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(6), 591-601
- Milojevic, A., Wilkinson, P., & Armstrong, B., (2015), Short-term effects of air pollution on a range of cardiovascular events in England and Wales: case-crossover analysis of the MINAP database, hospital admissions and mortality (vol 100, pg 1093, 2013). *Heart*, 101(2), 162-162
- Miranda, A. I., Relvas, H., Viaene, P., Janssen, S., Brasseur, O., Carnevale, C., Declerck, P., Maffei, G., Turrini, E., & Volta, M., (2016), Applying integrated assessment methodologies to air quality plans: Two European cases. *Environmental Science & Policy*, 65(Supplement C), 29-38
- Pielke, R. A. (1984). *Mesoscale Meteorological Modeling Mesoscale Meteorological Modeling* (pp. 612). San Diego: Academic Press.
- Satsangi, P. G., Yadav, S., Pipal, A. S., & Kumbhar, N., (2014), Characteristics of trace metals in fine (PM<sub>2.5</sub>) and inhalable (PM<sub>10</sub>) particles and its health risk assessment along with in-silico approach in indoor environment of India.

- Atmospheric Environment*, 92, 384-393
- Silveira, C., Roebeling, P., Lopes, M., Ferreira, J., Costa, S., Teixeira, J. P., Borrego, C., & Miranda, A. I., (2016), Assessment of health benefits related to air quality improvement strategies in urban areas: An Impact Pathway Approach. *Journal of Environmental Management*, 183(Part 3), 694-702
- Slezakova, K., Castro, D., Delerue-Matos, C., Alvim-Ferraz, M. d. C., Morais, S., & Pereira, M. d. C., (2013), Impact of vehicular traffic emissions on particulate-bound PAHs: Levels and associated health risks. *Atmospheric Research*, 127, 141-147
- Taner, S., Pekey, B., & Pekey, H., (2013), Fine particulate matter in the indoor air of barbeque restaurants: Elemental compositions, sources and health risks. *Science of the Total Environment*, 454-455, 79-87
- WHO. (2010). *WHO human health risk assessment toolkit: chemical hazards*. IPCS harmonization project document. Geneva
- WHO. (2016). *Health risk assessment of air pollution: General principles*. WHO Regional Office for Europe.
- Zawar-Reza, P., Kingham, S., & Pearce, J., (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(1-3), 249-259
- Zhou, P., Guo, J., Zhou, X. Y., Zhang, W., Liu, L. L., Liu, Y. C., & Lin, K. F., (2014), PM2.5, PM10 and health risk assessment of heavy metals in a typical printed circuit boards manufacturing workshop. *Journal of Environmental Sciences*, 26(10), 2018-2026
- 丁培修, (2017), 台北都會區空氣污染和氣象變化與慢性阻塞性肺病患者健康風險之探討, (博士), 國立臺灣大學, 台北市.
- 于培倫, (2010), 中部空品區天氣型態與二次氣膠之探討分析, (碩士), 東海大學, 台中市.
- 王昌世, (2010), 中部空品區二氧化硫與氮氧化物的傳輸與污染成因分析, (碩士), 東海大學, 台中市.
- 交通部高速公路局. (2015). 國道高速公路電子收費交通資料蒐集支援系統交通資料庫.
- 江怡典, (2016), 細懸浮微粒(PM2.5)短期暴露與急性心肌梗塞致死之關聯性, (碩士), 國立交通大學, 新竹市.
- 行政院環保署. (2011). 健康風險評估技術規範.
- 行政院環保署. (2016). 空氣污染物排放清冊 TEDS 9.0
- 吳焜裕, (2010), 應如何評估石化業的健康風險. *Taiwan Watch*, 12(3)
- 李佳穎, (2016), 台灣地區長期細懸浮微粒暴露與第 2 型糖尿病發病風險之關聯

- 研究, (碩士), 國立成功大學, 台南市.
- 林宜靜, (2017), 細懸浮微粒與急性支氣管炎之門診就醫: 臺灣地區病例交叉設計研究, (碩士), 逢甲大學, 台中市.
- 孫睿鴻, (2010), 四行程機車引擎使用酒精汽油燃料對其性能及排放空氣污染物之影響, (碩士), 國立臺灣大學, 台北市.
- 陳志強, (2002), 汽油油品及引擎排放廢氣中金屬元素之特徵, (碩士), 國立成功大學, 台南市.
- 陳志銘, (2009), 市售汽油與汽油添加劑對機車引擎怠速排放空氣污染物之影響, (碩士), 嘉南藥理科技大學, 台南市.
- 曾偉杰, (2008), TAPM 模式於台灣中部空品區 PM10 模擬評估, (碩士), 東海大學, 台中市.
- 黃宗德, (2005), TAPM 空氣污染模式於中部空品區之模擬評估分析, (碩士), 東海大學, 台中市.
- 葉昱輝, (2006), 以 TAPM 模式對台中地區都市之熱島效應分析評估, (碩士), 東海大學, 台中市.
- 臺中市環保局. (2015). 臺中市空氣污染防制計畫書(104~109 年版). 臺中市環保局. 臺中
- 羅濟豪, (2000), 高雄市柴油車排放廢氣中有害重金屬元素之調查研究, (碩士), 國立成功大學, 台南市.
- 內政部統計處網站. 105 年簡易生命表. Retrieved from <https://www.moi.gov.tw/stat/index.aspx>
- 王世駿, (2009), 中部空品區國道移動污染源對臨近居民健康影響之研究, (碩士), 朝陽科技大學, 台中市.
- 伍孟環, (2014), 使用 CMAQ-HDDM 探討台灣地區臭氧之非線性反應及估算高臭氧區的來源貢獻量: 2011 年個案分析, (碩士), 國立中央大學, 桃園縣.
- 余昇翰, (2015), 移動源排放一氧化氮對台中市臭氧模擬影響研究, (碩士), 國立中興大學, 台中市.
- 林益群, (2011), 運用 CALINE-4 模式探討國 6 高速公路通車對沿線空氣污染減量成效, (碩士), 逢甲大學, 台中市.
- 空氣品質模式支援中心. <https://aqmc.epa.gov.tw/>.
- 美國環保署網站, <https://www.epa.gov/>.
- 黃俊憲, (2014), 台中都會區機動車輛排放減量對臭氧生成量之影響, (碩士), 國立中興大學, 台中市.
- 蔡岳奇, (2011), 高科技園區有害空氣污染情境分析及綜合風險評估, (碩士), 國立交通大學, 新竹市.
- 蘇偉仁, (2005), 都會區移動污染源排放量推估方法之建立—以臺北市為例, (碩士), 國立臺灣大學, 台北市.

## 附錄

附表 1 民國 102 年臺中市移動源污染物排放量

車種	污染物排放量(單位：公噸／年)								
	TSP	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	THC	NMHC	Pb
汽油自小客	8,398	4,794	3,459	57	23,891	140,420	36,908	33,158	11
汽油營小客	424	242	174	4	1,645	11,259	2,447	2,204	1
柴油小客車	465	280	209	4	806	411	62	62	-
LPG 車	115	63	45	-	484	2,008	134	126	-
汽油小貨車	831	478	346	7	6,217	52,454	8,058	7,887	1
柴油小貨車	2,817	2,402	2,101	9	8,836	6,496	808	808	-
公車/客運	612	439	359	4	7,492	2,513	452	452	-
大客車	741	570	480	4	9,201	2,999	639	639	-
大貨車	9,029	7,790	6,843	29	113,007	38,650	10,069	10,069	-
特種車	732	616	536	3	8,661	3,779	979	957	0
二行程機車	1,821	1,337	1,085	2	618	25,001	20,163	18,381	1
四行程機車	4,001	2,356	1,730	17	12,311	143,792	58,087	53,362	4
102 年總量	29,985	21,367	17,367	141	193,169	429,783	138,808	128,106	18

註 1：“-”為無資料

資料來源：TEDS 9.0 線源技術手冊

附表 2 民國 102 年臺中市 PM<sub>2.5</sub> 污染貢獻比統計表

貢獻源類別 \ 測站	大里	忠明	新社	沙鹿	豐原	臺中 工業區	臺中 航空站	臺中港	平均值
衍生性硫酸鹽	34.5	31.3	34.5	31.4	29.6	31.1	31.5	33.0	32.1
衍生性硝酸鹽	16.2	14.6	19.3	16.4	6.3	15.5	16.1	8.9	14.2
衍生性有機碳	9.2	8.5	5.8	8.2	8.4	9.1	8.8	7.2	8.1
地殼元素	14.3	13.4	15.4	9.6	16.0	11.9	13.5	20.7	14.3
交通源	17.6	17.2	14.9	15.5	14.4	15.6	15.6	13.8	15.6
二次冶煉	3.8	2.3	1.6	2.8	2.0	3.9	0.0	5.8	2.8
燃煤鍋爐	0.0	0.0	0.0	2.2	1.0	0.8	1.0	0.1	0.7
海鹽飛沫	2.5	2.3	1.1	3.9	2.0	2.2	2.4	3.3	2.5
鋼鐵業	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.6	1.0	0.3
農廢燃燒	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
其他	1.8	10.4	1.7	10.0	20.3	8.8	10.5	6.2	8.7

(單位：%)

資料來源：臺中市環保局空氣污染防制計畫書 104~109 年

附表 3 國道偵測站代碼清單 (節錄國道 1 號主線)

偵測站代碼	說明
01F0005N	(基隆-基隆端)
01F0005S	(基隆端-基隆)
01F0017N	(八堵-基隆)
01F0017S	(基隆-八堵)
01F0029N	(大華系統-八堵)
01F0029S	(八堵-大華系統)
01F0061N	(五堵-大華系統)
01F0061S	(大華系統-五堵)
01F0099N	(汐止&汐止系統(北)-五堵)
01F0099S	(五堵-汐止&汐止系統(北))
01F0147N	(東湖-汐止&汐止系統(南))
01F0147S	(汐止&汐止系統(南)-東湖)
01F0155N	(內湖-東湖)
01F0155S	(東湖-內湖)
01F0182S	(內湖-圓山)
01F0213N	(圓山-內湖)
01F0233N	(臺北-圓山)
01F0248S	(圓山-臺北)
01F0256N	(三重-臺北)
01F0264S	(臺北-三重)
01F0293N	(五股-三重)
01F0293S	(三重-五股)
01F0339N	(高公局-五股)
01F0339S	(五股-高公局)
01F0376N	(林口(北)-高公局)
01F0376S	(高公局-林口(北))
01F0413N	(林口(南)-林口(北))
01F0413S	(林口(北)-林口(南))
01F0467N	(桃園-林口(南))
01F0467S	(林口(南)-桃園)
01F0509N	(機場系統-桃園)
01F0509S	(桃園-機場系統)
01F0532N	(中壢服務區-機場系統)
01F0532S	(機場系統-中壢服務區)
01F0557N	(內壢-中壢服務區)

偵測站代碼	說明
01F0557S	(中壢服務區-內壢)
01F0578S	(內壢-中壢)
01F0584N	(中壢-內壢)
01F0633N	(平鎮系統-中壢)
01F0633S	(中壢-平鎮系統)
01F0664N	(幼獅-平鎮系統)
01F0664S	(平鎮系統-幼獅)
01F0681N	(楊梅-幼獅)
01F0681S	(幼獅-楊梅)
01F0669N	(校前路-楊梅)
01F0669S	(楊梅-校前路)
01F0750N	(湖口-校前路)
01F0750S	(校前路-湖口)
01F0880N	(竹北-湖口)
01F0880S	(湖口-竹北)
01F0928N	(新竹(北)-竹北)
01F0928S	(竹北-新竹(北))
01F0950S	(新竹(北)-新竹(南))
01F0956N	(新竹(南)-新竹(北))
01F0979N	(新竹系統-新竹(南))
01F0980S	(新竹(南)-新竹系統)
01F1045N	(頭份-新竹系統)
01F1045S	(新竹系統-頭份)
01F1123N	(頭屋-頭份)
01F1123S	(頭份-頭屋)
01F1292N	(苗栗-頭屋)
01F1292S	(頭屋-苗栗)
01F1389N	(銅鑼-苗栗)
01F1389S	(苗栗-銅鑼)
01F1465N	(三義-銅鑼)
01F1465S	(銅鑼-三義)
01F1572N	(后里(北)-三義)
01F1572S	(三義-后里(北))
01F1621N	(臺中系統-后里(南))
01F1621S	(后里(南)-臺中系統)
01F1664N	(豐原-臺中系統)

偵測站代碼	說明
01F1664S	(臺中系統-豐原)
01F1725N	(大雅-豐原)
01F1725S	(豐原-大雅)
01F1774N	(臺中-大雅)
01F1774S	(大雅-臺中)
01F1802N	(南屯-臺中)
01F1802S	(臺中-南屯)
01F1839N	(王田-南屯)
01F1839S	(南屯-王田)
01F1906N	(彰化系統-王田)
01F1906S	(王田-彰化系統)
01F1960N	(彰化(北)-彰化系統)
01F1960S	(彰化系統-彰化(北))
01F2011N	(埔鹽系統-彰化(南))
01F2011S	(彰化(南)-埔鹽系統)
01F2089N	(員林-埔鹽系統)
01F2089S	(埔鹽系統-員林)
01F2156N	(北斗-員林)
01F2156S	(員林-北斗)
01F2249N	(西螺-北斗)
01F2249S	(北斗-西螺)
01F2322N	(虎尾-西螺)
01F2322S	(西螺-虎尾)
01F2394N	(斗南-虎尾)
01F2394S	(虎尾-斗南)
01F2425N	(雲林系統-斗南)
01F2425S	(斗南-雲林系統)
01F2483N	(大林-雲林系統)
01F2483S	(雲林系統-大林)
01F2514N	(民雄-大林)
01F2514S	(大林-民雄)
01F2603N	(嘉義-民雄)
01F2603S	(民雄-嘉義)
01F2674N	(水上-嘉義)
01F2674S	(嘉義-水上)
01F2714N	(嘉義系統-水上)

偵測站代碼	說明
01F2714S	(水上-嘉義系統)
01F2827N	(新營服務區-嘉義系統)
01F2827S	(嘉義系統-新營服務區)
01F2866N	(新營-新營服務區)
01F2866S	(新營服務區-新營)
01F2930N	(下營系統-新營)
01F2930S	(新營-下營系統)
01F3019N	(麻豆-下營系統)
01F3019S	(下營系統-麻豆)
01F3083N	(安定-麻豆)
01F3083S	(麻豆-安定)
01F3126N	(臺南系統-安定)
01F3126S	(安定-臺南系統)
01F3185N	(永康-臺南系統)
01F3185S	(臺南系統-永康)
01F3227N	(大灣-永康)
01F3227S	(永康-大灣)
01F3252N	(臺南-大灣)
01F3252S	(大灣-臺南)(未開通)
01F3286N	(仁德系統-臺南)
01F3286S	(臺南-仁德系統)
01F3366N	(路竹-仁德系統)
01F3366S	(仁德系統-路竹)
01F3398N	(高科-路竹)
01F3398S	(路竹-高科)
01F3460N	(岡山-高科)
01F3460S	(高科-岡山)
01F3525N	(楠梓(北)-岡山)
01F3525S	(岡山-楠梓(北))
01F3559N	(楠梓(南)-楠梓(北))
01F3561S	(楠梓(北)-楠梓(南))
01F3590N	(鼎金系統-楠梓(南))
01F3590S	(楠梓(南)-鼎金系統)
01F3640N	(高雄(北)-鼎金系統)
01F3640S	(鼎金系統-高雄(北))
01F3676N	(高雄(南)-高雄(北))

偵測站代碼	說明
01F3676S	(高雄(北)-高雄(南))
01F3686S	(高雄(中正、三多路)-瑞隆路南下出口匝道)
01F3696N	(高雄(中正路)-五甲系統(連接臺 88))
01F3736N	(高雄端(B)-高雄端(A))
01F3736S	(高雄端(A)-高雄端(B))

(資料來源：交通部高公局 TDCS 資料庫)



附表 4 臺中市車輛排放係數表(節錄)

車種	車速 (公里/小時)	102 年排放係數(克/公里.輛)								
		TSP	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>x</sub>	Pb	NO <sub>x</sub>	CO	THC	NMHC
自用 小客車	5	0.1390	0.0794	0.0573	0.0015	0.0003	0.4233	8.4212	3.6182	3.2538
	10	0.1390	0.0794	0.0573	0.0014	0.0003	0.3531	4.7109	1.4285	1.2846
	15	0.1390	0.0794	0.0573	0.0013	0.0003	0.3297	3.4416	1.0492	0.9436
	20	0.1389	0.0793	0.0573	0.0012	0.0003	0.3180	2.8070	0.8741	0.7861
	25	0.1389	0.0793	0.0572	0.0012	0.0002	0.3063	2.4327	0.7510	0.6754
	30	0.1389	0.0793	0.0572	0.0011	0.0002	0.3063	21886	0.6590	0.5926
	40	0.1389	0.0793	0.0572	0.0010	0.0002	0.3180	1.6027	0.5549	0.4990
	50	0.1389	0.0793	0.0572	0.0009	0.0002	0.3297	1.1959	0.4928	0.4432
	60	0.1389	0.0793	0.0572	0.008	0.0002	0.3297	0.9193	0.4408	0.3964
	70	0.1389	0.0793	0.0572	0.0008	0.0002	0.3414	0.7403	0.4097	0.3685
	80	0.1389	0.0793	0.0572	0.0008	0.0002	0.3531	0.6426	0.3787	0.3406
	90	0.1389	0.0793	0.0572	0.0009	0.0002	0.4233	0.7077	0.3587	0.3226
	100	0.1389	0.0793	0.0572	0.0009	0.0002	0.4934	1.1796	0.3708	0.3334

(資料來源：TEDS 9.0 線源排放係數)

車種	車速 (公里/小時)	102 年排放係數(克/公里.輛)								
		TSP	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>x</sub>	Pb	NO <sub>x</sub>	CO	THC	NMHC
自用 小客車 (柴油)	5	0.1438	0.0864	0.0645	0.0021	0.0000	0.4100	0.4400	0.0500	0.0500
	10	0.1438	0.0864	0.0645	0.0020	0.0000	0.3600	0.3500	0.0400	0.0400
	15	0.1438	0.0864	0.0645	0.0018	0.0000	0.3200	0.2700	0.0300	0.0300
	20	0.1438	0.0864	0.0645	0.0017	0.0000	0.2900	0.2200	0.0300	0.0300
	25	0.1438	0.0864	0.0645	0.0016	0.0000	0.2700	0.1800	0.0300	0.0300
	30	0.1438	0.0864	0.0645	0.0015	0.0000	0.2500	0.1500	0.0200	0.0200
	40	0.1438	0.0864	0.0645	0.0014	0.0000	0.2200	0.1100	0.0200	0.0200
	50	0.1438	0.0864	0.0645	0.0013	0.0000	0.2100	0.0900	0.0200	0.0200
	60	0.1438	0.0864	0.0645	0.0013	0.0000	0.2100	0.0800	0.0100	0.0100
	70	0.1438	0.0864	0.0645	0.0012	0.0000	0.2200	0.0700	0.0100	0.0100
	80	0.1438	0.0864	0.0645	0.0012	0.0000	0.2500	0.0700	0.0100	0.0100
90	0.1438	0.0864	0.0645	0.0012	0.0000	0.3000	0.0700	0.0100	0.0100	
100	0.1438	0.0864	0.0645	0.0012	0.0000	0.3700	0.0800	0.0100	0.0100	

(資料來源：TEDS 9.0 線源排放係數)

車種	車速 (公里/小時)	102 年排放係數(克/公里.輛)								
		TSP	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>x</sub>	Pb	NO <sub>x</sub>	CO	THC	NMHC
營業 小客車	5	0.1390	0.0794	0.0573	0.0017	0.0003	0.5636	9.2837	5.7264	5.1497
	10	0.1390	0.0794	0.0573	0.0016	0.0003	0.4583	5.2805	1.9136	1.7209
	15	0.1389	0.0794	0.0573	0.0014	0.0003	0.4350	3.9135	1.2923	1.1622
	20	0.1389	0.0793	0.0572	0.0014	0.0003	0.4116	3.2463	1.0472	0.9417
	25	0.1389	0.0793	0.0572	0.0013	0.0002	0.3999	2.8395	0.8941	0.8041
	30	0.1389	0.0793	0.0572	0.0012	0.0002	0.3999	2.5791	0.7721	0.6943
	40	0.1389	0.0793	0.0572	0.0011	0.0002	0.4116	1.8631	0.6169	0.5548
	50	0.1389	0.0793	0.0572	0.0010	0.0002	0.4233	1.3912	0.5339	0.4801
	60	0.1389	0.0793	0.0572	0.0009	0.0002	0.4233	1.0820	0.4618	0.4153
	70	0.1389	0.0793	0.0572	0.0009	0.0002	0.4350	0.8542	0.4208	0.3784
	80	0.1389	0.0793	0.0572	0.0009	0.0002	0.4583	0.7240	0.3797	0.3415
	90	0.1389	0.0793	0.0572	0.0009	0.0002	0.5402	0.8053	0.3708	0.3334
	100	0.1389	0.0793	0.0572	0.0010	0.0002	0.6220	1.2610	0.3728	0.3353

(資料來源：TEDS 9.0 線源排放係數)

車種	車速 (公里/小時)	102 年排放係數(克/公里.輛)								
		TSP	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>x</sub>	Pb	NO <sub>x</sub>	CO	THC	NMHC
汽油 小貨車	5	0.1416	0.0815	0.0590	0.0018	0.0004	1.2680	54.6371	8.4522	8.4522
	10	0.1416	0.0814	0.0590	0.0016	0.0003	1.0703	28.2915	3.8495	3.8495
	15	0.1415	0.0814	0.0590	0.0015	0.0003	1.0044	19.3712	2.7364	2.7364
	20	0.1415	0.0814	0.0590	0.0014	0.0003	0.9780	14.9387	2.2057	2.2057
	25	0.1415	0.0814	0.0590	0.0013	0.0003	0.9649	12.3069	1.8546	1.8546
	30	0.1415	0.0814	0.0589	0.0012	0.0002	0.9517	10.5616	1.6049	1.6049
	40	0.1414	0.0813	0.0589	0.0010	0.0002	0.9912	8.6224	1.3371	1.3371
	50	0.1415	0.0814	0.0589	0.0009	0.0002	1.0308	7.3896	1.1691	1.1691
	60	0.1415	0.0814	0.0589	0.0009	0.0002	1.0571	6.5585	1.0577	1.0577
	70	0.1415	0.0814	0.0589	0.0009	0.0002	1.0835	5.9906	0.9695	0.9695
	80	0.1415	0.0814	0.0590	0.0010	0.0002	1.1758	5.6859	0.9146	0.9146
	90	0.1415	0.0814	0.0590	0.0011	0.0002	1.4789	6.6693	0.9395	0.9395
	100	0.1415	0.0814	0.0590	0.0013	0.0003	1.7821	13.2904	1.1406	1.1406

(資料來源：TEDS 9.0 線源排放係數)

車種	車速 (公里/小時)	102 年排放係數(克/公里.輛)								
		TSP	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>x</sub>	Pb	NO <sub>x</sub>	CO	THC	NMHC
柴油 小貨車	5	0.3994	0.3420	0.2996	0.0020	0.0000	2.0000	3.1400	0.2800	0.2800
	10	0.3994	0.3420	0.2996	0.0018	0.0000	1.7600	2.4500	0.2400	0.2400
	15	0.3994	0.3420	0.2996	0.0017	0.0000	1.5700	1.9500	0.2100	0.2100
	20	0.3994	0.3420	0.2996	0.0016	0.0000	1.4200	1.5800	0.1800	0.1800
	25	0.3994	0.3420	0.2996	0.0014	0.0000	1.3000	1.3000	0.1600	0.1600
	30	0.3994	0.3420	0.2996	0.0013	0.0000	1.2100	1.0900	0.1400	0.1400
	40	0.3994	0.3420	0.2996	0.0012	0.0000	1.0900	0.8000	0.1100	0.1100
	50	0.3994	0.3420	0.2996	0.0011	0.0000	1.0300	0.6400	0.0900	0.0900
	60	0.3994	0.3420	0.2996	0.0011	0.0000	1.0300	0.5400	0.0800	0.0800
	70	0.3994	0.3420	0.2996	0.0011	0.0000	1.1000	0.5000	0.0700	0.0700
	80	0.3994	0.3420	0.2996	0.0012	0.0000	1.2300	0.4900	0.0600	0.0600
	90	0.3994	0.3420	0.2996	0.0014	0.0000	1.4500	0.5100	0.0600	0.0600
100	0.3994	0.3420	0.2996	0.0016	0.0000	1.8100	0.5800	0.0600	0.0600	

(資料來源：TEDS 9.0 線源排放係數)

車種	車速 (公里/小時)	102 年排放係數(克/公里.輛)								
		TSP	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>x</sub>	Pb	NO <sub>x</sub>	CO	THC	NMHC
大貨車	5	1.2204	1.0553	0.9277	0.0050	0.0000	24.6000	20.3000	3.7200	3.7200
	10	1.2204	1.0553	0.9277	0.0048	0.0000	21.6300	15.8500	3.1800	3.1800
	15	1.2204	1.0553	0.9277	0.0046	0.0000	19.2800	12.6000	2.7400	2.7400
	20	1.2204	1.0553	0.9277	0.0044	0.0000	17.4300	10.2000	2.3800	2.3800
	25	1.2204	1.0553	0.9277	0.0043	0.0000	15.9700	8.3900	2.0800	2.0800
	30	1.2204	1.0553	0.9277	0.0041	0.0000	14.8300	7.0300	1.8400	1.8400
	40	1.2204	1.0553	0.9277	0.0039	0.0000	13.3400	5.2100	1.4700	1.4700
	50	1.2204	1.0553	0.9277	0.0037	0.0000	12.6700	4.1300	1.2200	1.2200
	60	1.2204	1.0553	0.9277	0.0036	0.0000	12.7100	3.5200	1.0400	1.0400
	70	1.2204	1.0553	0.9277	0.0036	0.0000	13.4700	3.2200	0.9200	0.9200
	80	1.2204	1.0553	0.9277	0.0037	0.0000	15.0800	3.1600	0.8500	0.8500
	90	1.2204	1.0553	0.9277	0.0038	0.0000	17.8300	3.3200	0.8000	0.8000
	100	1.2204	1.0553	0.9277	0.0040	0.0000	22.2800	3.7500	0.7900	0.7900

(資料來源：TEDS 9.0 線源排放係數)

車種	車速 (公里/小時)	102 年排放係數(克/公里.輛)								
		TSP	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>x</sub>	Pb	NO <sub>x</sub>	CO	THC	NMHC
大客車	5	0.6111	0.4461	0.3672	0.0054	0.0000	12.0200	7.8200	1.2100	1.2100
	10	0.6111	0.4461	0.3672	0.0051	0.0000	10.5700	6.1100	1.0300	1.0300
	15	0.6111	0.4461	0.3672	0.0049	0.0000	9.4300	4.8600	0.8900	0.8900
	20	0.6111	0.4461	0.3672	0.0047	0.0000	8.5200	3.9300	0.7700	0.7700
	25	0.6111	0.4461	0.3672	0.0046	0.0000	7.8100	3.2300	0.6800	0.6800
	30	0.6111	0.4461	0.3672	0.0044	0.0000	7.2500	2.7100	0.6000	0.6000
	40	0.6111	0.4461	0.3672	0.0042	0.0000	6.5200	2.0100	0.4800	0.4800
	50	0.6111	0.4461	0.3672	0.0040	0.0000	6.1900	1.5900	0.4000	0.4000
	60	0.6111	0.4461	0.3672	0.0039	0.0000	6.2100	1.3600	0.3400	0.3400
	70	0.6111	0.4461	0.3672	0.0039	0.0000	6.5800	1.2400	0.3000	0.3000
	80	0.6111	0.4461	0.3672	0.0039	0.0000	7.3700	1.2200	0.2800	0.2800
	90	0.6111	0.4461	0.3672	0.0041	0.0000	8.7200	1.2800	0.2600	0.2600
	100	0.6111	0.4461	0.3672	0.0043	0.0000	10.8900	1.4400	0.2600	0.2600

(資料來源：TEDS 9.0 線源排放係數)

附表 5 風速 IOA 結果

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
大甲	0.91	0.97	0.95	0.95	0.88	0.82	0.90	0.85	0.95	0.85	0.96	0.96
大里	0.67	0.68	0.77	0.83	0.93	0.94	0.77	0.76	0.72	0.57	0.58	0.45
太平	0.77	0.81	0.74	0.77	0.81	0.80	0.73	0.73	0.81	0.64	0.82	0.76
文山	0.88	0.93	0.92	0.93	0.92	0.91	0.82	0.83	0.95	0.73	0.95	0.88
后里	0.91	0.90	0.84	0.79	0.62	0.53	0.73	0.81	0.90	0.76	0.92	0.92
西屯	0.41	0.64	0.45	0.56	0.84	0.82	0.86	0.75	0.69	0.28	0.57	0.51
沙鹿	0.40	0.50	0.50	0.69	0.90	0.95	0.93	0.82	0.74	0.30	0.47	0.40
忠明	0.36	0.49	0.45	0.52	0.73	0.72	0.73	0.61	0.47	0.25	0.38	0.32
烏日	0.69	0.79	0.76	0.83	0.89	0.85	0.79	0.79	0.86	0.60	0.83	0.78
豐原	0.41	0.67	0.72	0.83	0.85	0.88	0.91	0.80	0.58	0.40	0.50	0.56
霧峰	0.81	0.84	0.80	0.83	0.79	0.67	0.64	0.77	0.80	0.69	0.87	0.83
平均	0.66	0.75	0.72	0.78	0.83	0.81	0.80	0.77	0.77	0.55	0.71	0.67

註 1：IOA 大於 0.5 表示結果可接受

註 2：紅字為低於 0.5 之結果

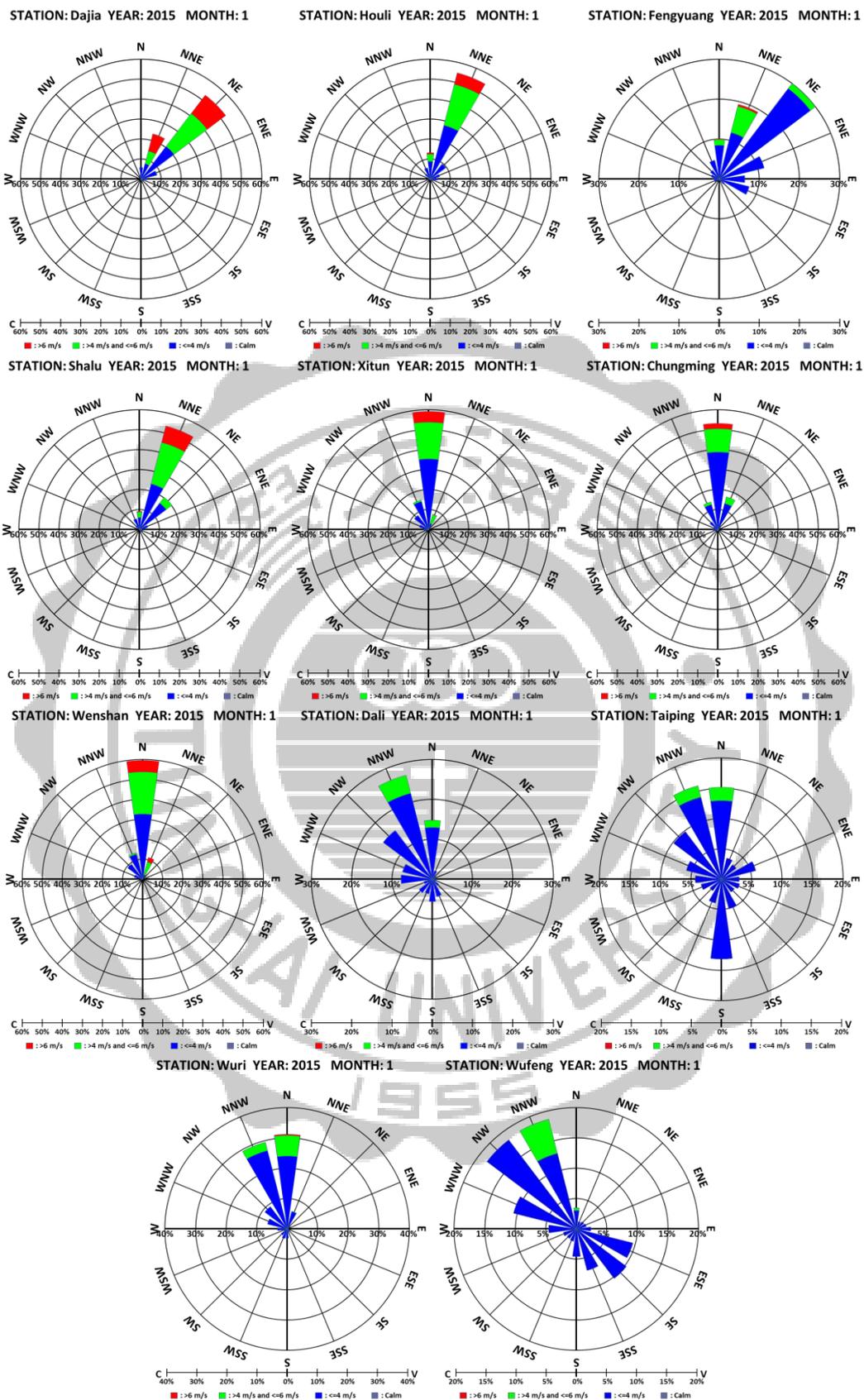
附表 6 溫度 IOA 結果

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
大甲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
大里	0.86	0.95	0.89	0.92	0.71	0.70	0.81	0.71	0.90	0.89	0.91	0.93
太平	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
文山	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
后里	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
西屯	0.94	0.95	0.92	0.95	0.83	0.85	0.88	0.80	0.93	0.94	0.96	0.94
沙鹿	0.93	0.96	0.93	0.93	0.81	0.89	0.80	0.79	0.89	0.90	0.93	0.94
忠明	0.94	0.96	0.92	0.94	0.86	0.91	0.74	0.74	0.89	0.86	0.95	0.95
烏日	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
豐原	0.93	0.94	0.91	0.95	0.86	0.87	0.86	0.83	0.90	0.94	0.96	0.94
霧峰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
平均	0.92	0.95	0.91	0.94	0.81	0.84	0.82	0.77	0.90	0.91	0.94	0.94

註 1：IOA 大於 0.5 表示結果可接受

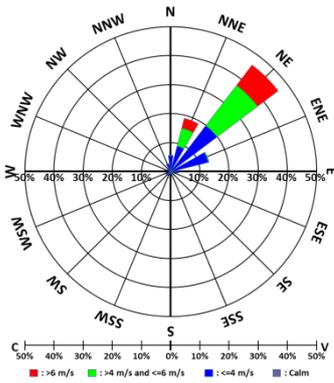
註 2：紅字為低於 0.5 之結果

附圖 1 臺中市各測站逐月風花圖

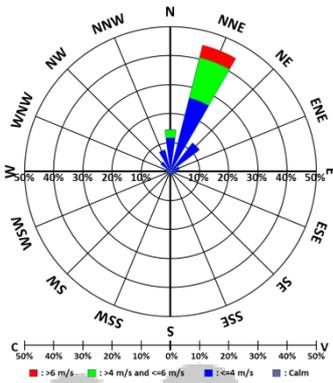


附圖 1-1 臺中市 1 月風花圖  
(資料來源：臺中市空氣品質監測站)

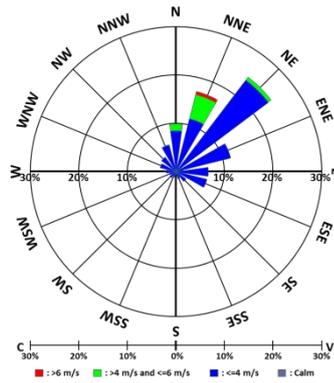
STATION: Dajia YEAR: 2015 MONTH: 2



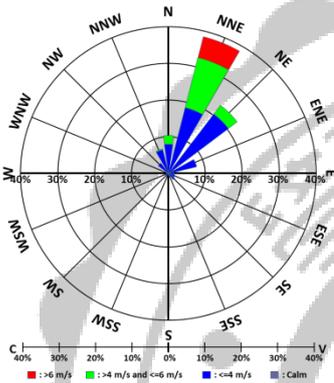
STATION: Houli YEAR: 2015 MONTH: 2



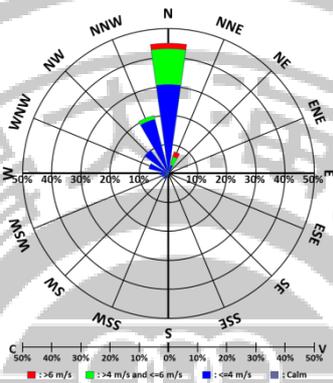
STATION: Fengguang YEAR: 2015 MONTH: 2



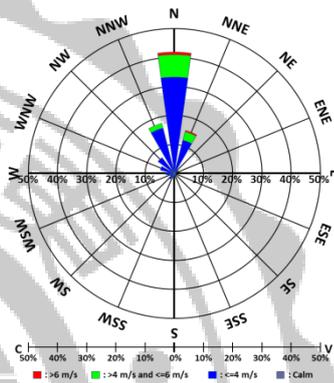
STATION: Shalu YEAR: 2015 MONTH: 2



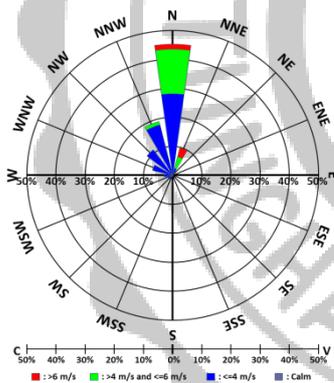
STATION: Xitun YEAR: 2015 MONTH: 2



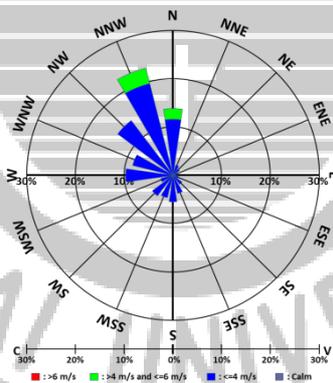
STATION: Chungming YEAR: 2015 MONTH: 2



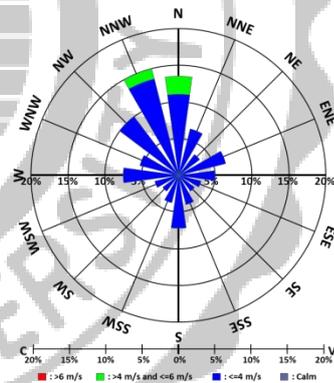
STATION: Wenshan YEAR: 2015 MONTH: 2



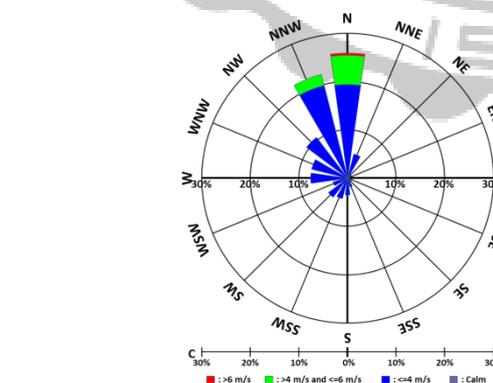
STATION: Dali YEAR: 2015 MONTH: 2



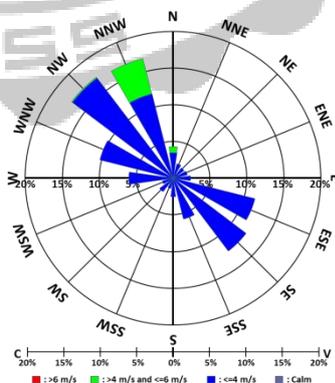
STATION: Taiping YEAR: 2015 MONTH: 2



STATION: Wuri YEAR: 2015 MONTH: 2

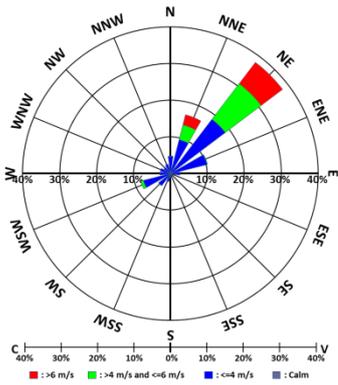


STATION: Wufeng YEAR: 2015 MONTH: 2

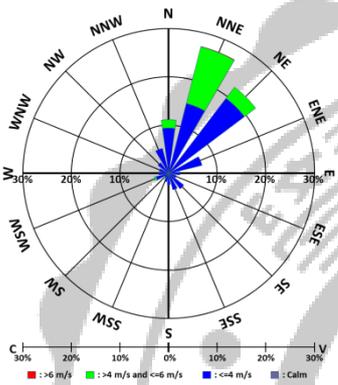


附圖 1-2 臺中市 2 月風花圖  
(資料來源：臺中市空氣品質監測站)

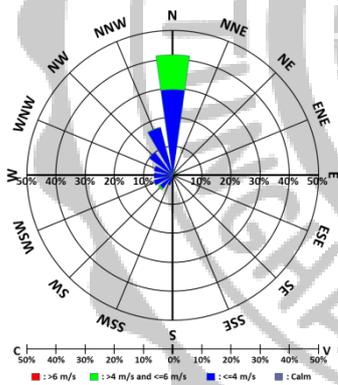
STATION: Dajia YEAR: 2015 MONTH: 3



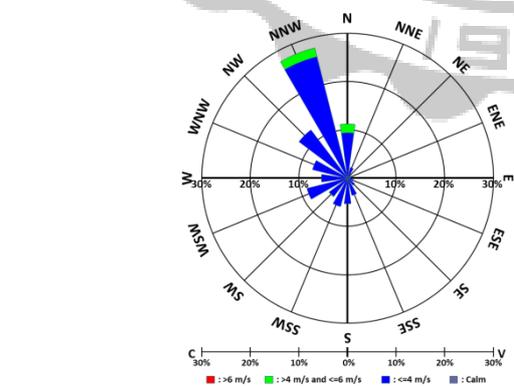
STATION: Shalu YEAR: 2015 MONTH: 3



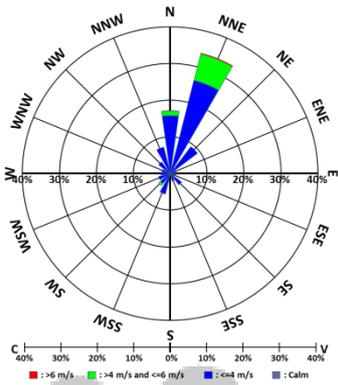
STATION: Wenshan YEAR: 2015 MONTH: 3



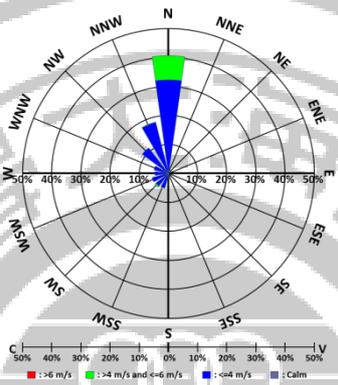
STATION: Wuri YEAR: 2015 MONTH: 3



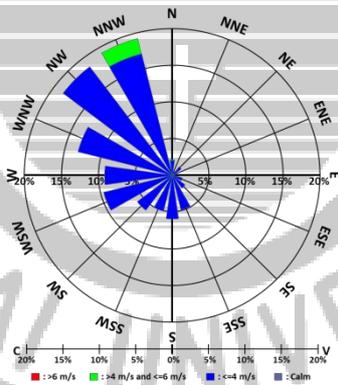
STATION: Houli YEAR: 2015 MONTH: 3



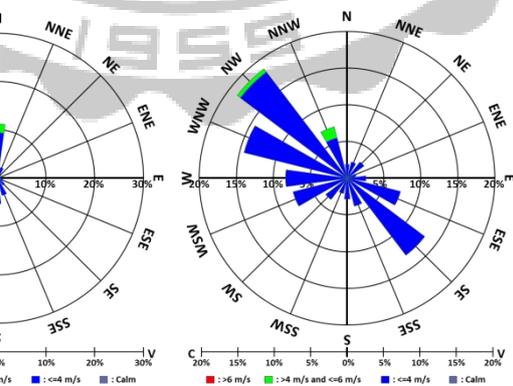
STATION: Xitun YEAR: 2015 MONTH: 3



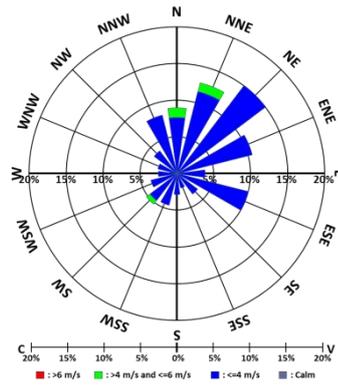
STATION: Dali YEAR: 2015 MONTH: 3



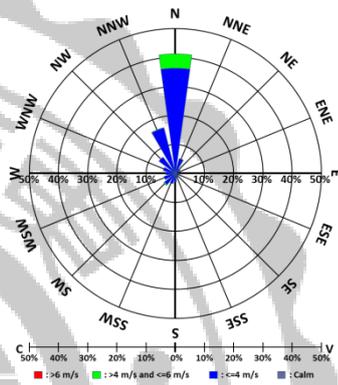
STATION: Wufeng YEAR: 2015 MONTH: 3



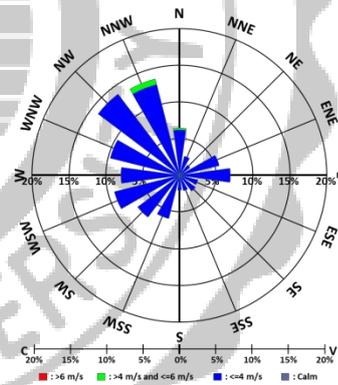
STATION: Fengguang YEAR: 2015 MONTH: 3



STATION: Chungming YEAR: 2015 MONTH: 3

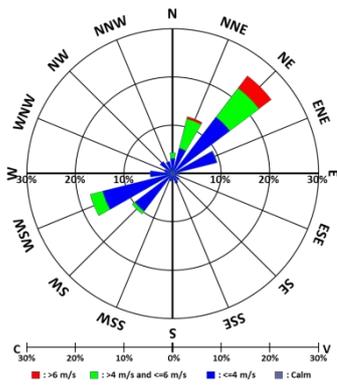


STATION: Taiping YEAR: 2015 MONTH: 3

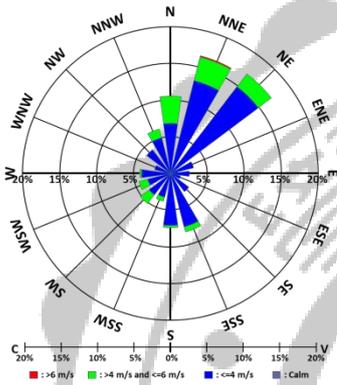


附圖 1-3 臺中市 3 月風花圖  
(資料來源：臺中市空氣品質監測站)

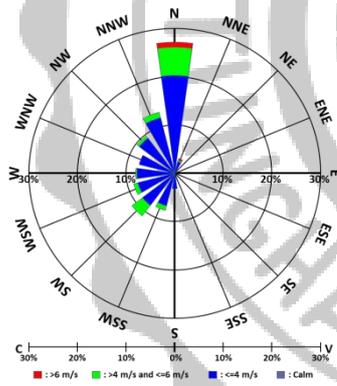
STATION: Dajia YEAR: 2015 MONTH: 4



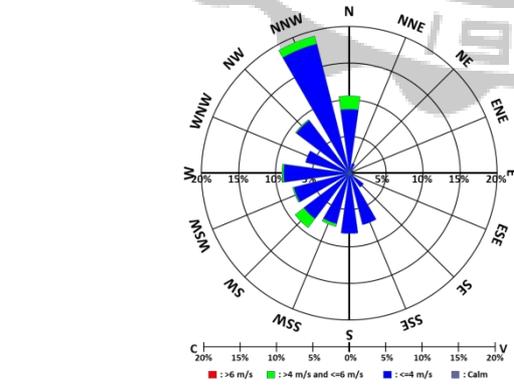
STATION: Shalu YEAR: 2015 MONTH: 4



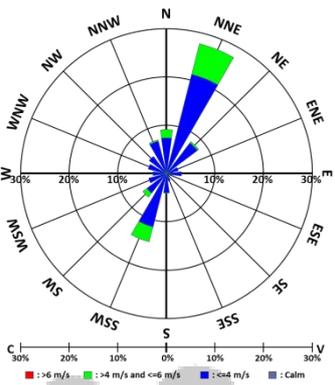
STATION: Wenshan YEAR: 2015 MONTH: 4



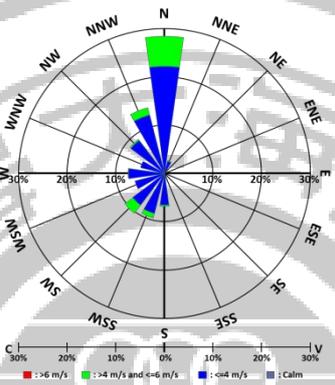
STATION: Wuri YEAR: 2015 MONTH: 4



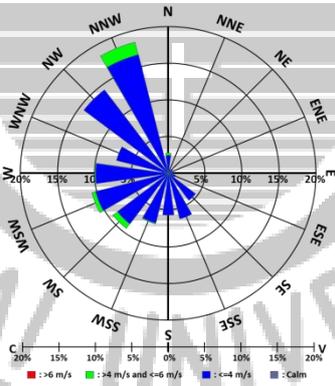
STATION: Houli YEAR: 2015 MONTH: 4



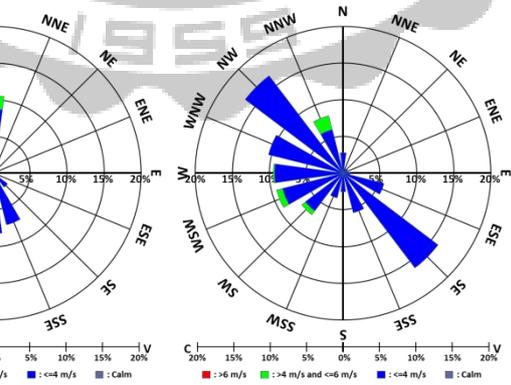
STATION: Xitun YEAR: 2015 MONTH: 4



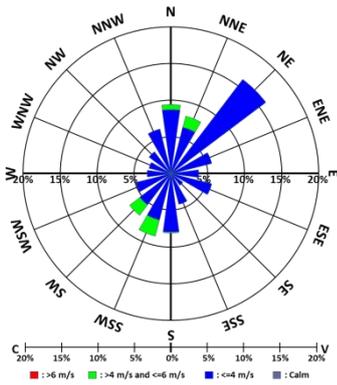
STATION: Dali YEAR: 2015 MONTH: 4



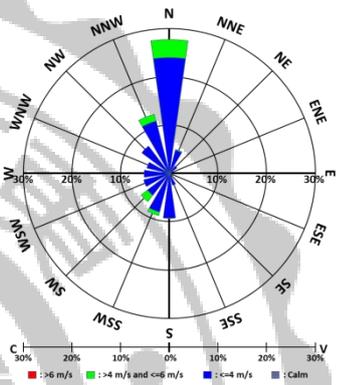
STATION: Wufeng YEAR: 2015 MONTH: 4



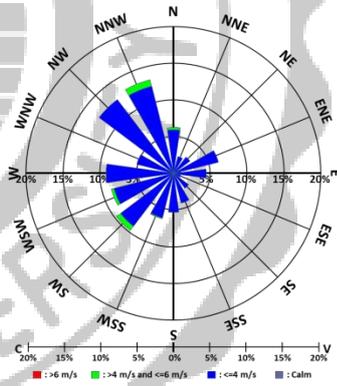
STATION: Fengguang YEAR: 2015 MONTH: 4



STATION: Chungming YEAR: 2015 MONTH: 4

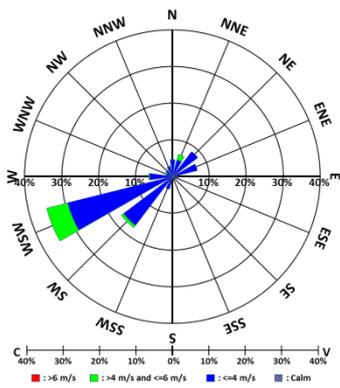


STATION: Taiping YEAR: 2015 MONTH: 4

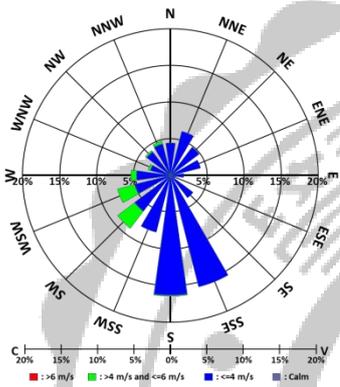


附圖 1-4 臺中市 4 月風花圖  
(資料來源：臺中市空氣品質監測站)

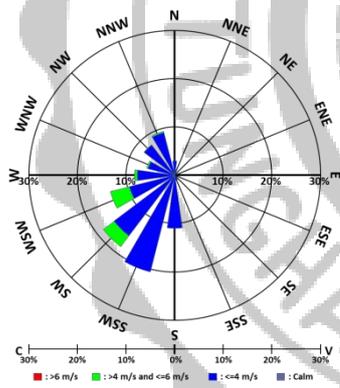
STATION: Dajia YEAR: 2015 MONTH: 5



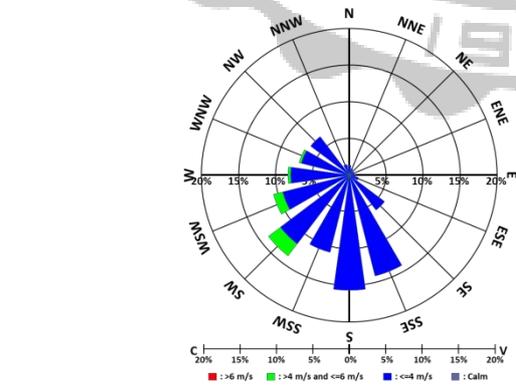
STATION: Shalu YEAR: 2015 MONTH: 5



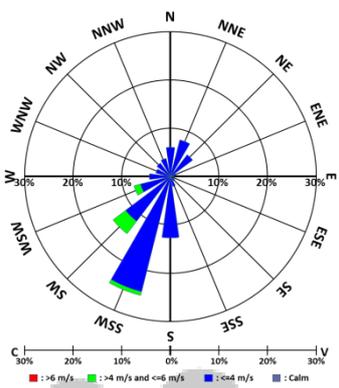
STATION: Wenshan YEAR: 2015 MONTH: 5



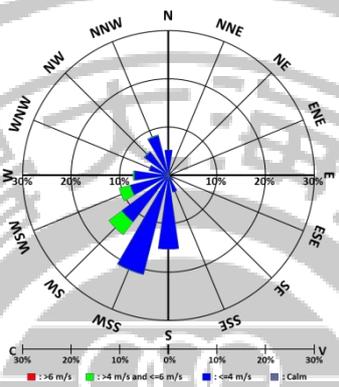
STATION: Wuri YEAR: 2015 MONTH: 5



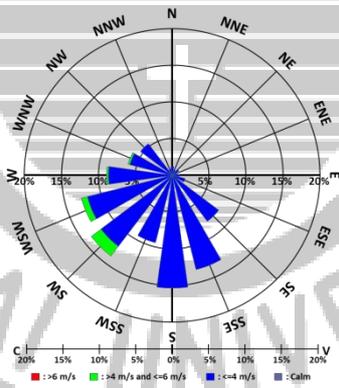
STATION: Houli YEAR: 2015 MONTH: 5



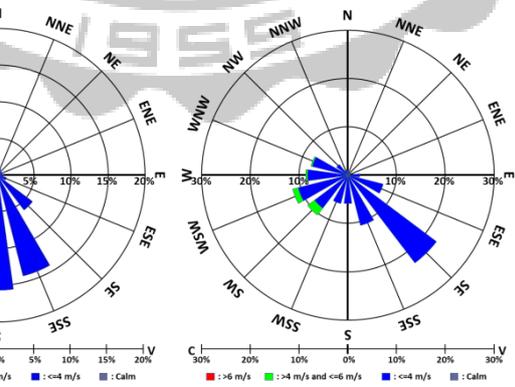
STATION: Xitun YEAR: 2015 MONTH: 5



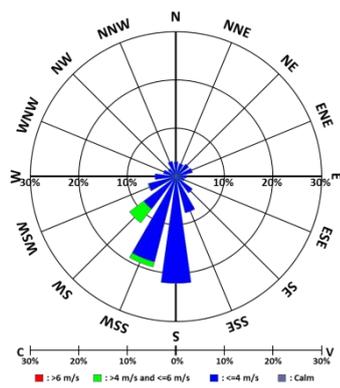
STATION: Dali YEAR: 2015 MONTH: 5



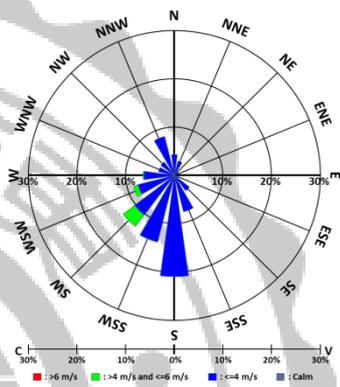
STATION: Wufeng YEAR: 2015 MONTH: 5



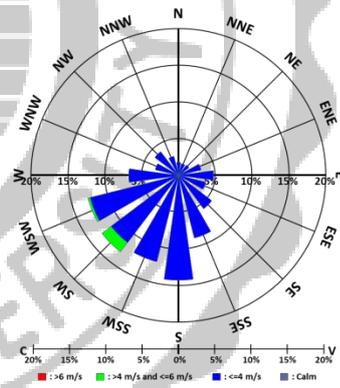
STATION: Fengguang YEAR: 2015 MONTH: 5



STATION: Chungming YEAR: 2015 MONTH: 5

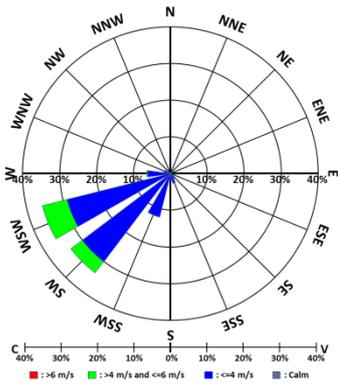


STATION: Taiping YEAR: 2015 MONTH: 5

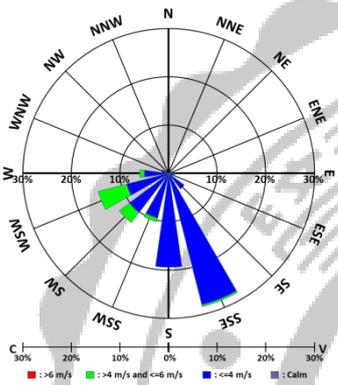


附圖 1-5 臺中市 5 月風花圖  
(資料來源：臺中市空氣品質監測站)

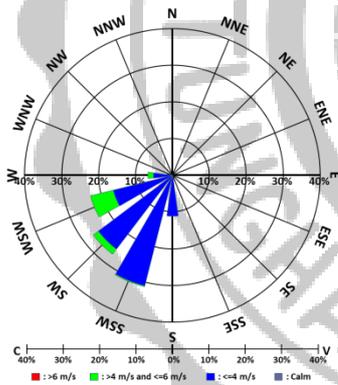
STATION: Dajia YEAR: 2015 MONTH: 6



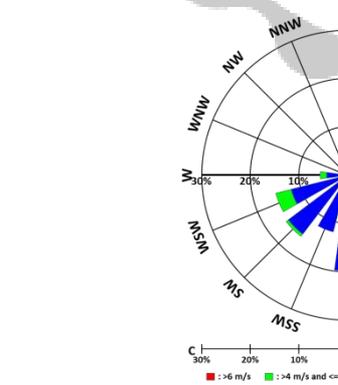
STATION: Shalu YEAR: 2015 MONTH: 6



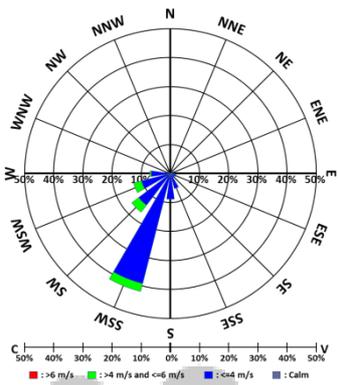
STATION: Wenshan YEAR: 2015 MONTH: 6



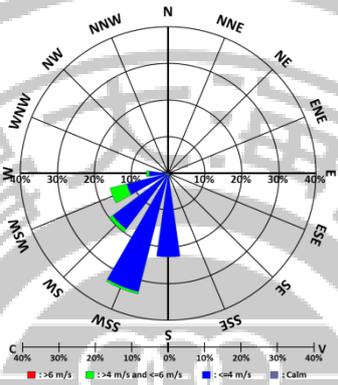
STATION: Wuri YEAR: 2015 MONTH: 6



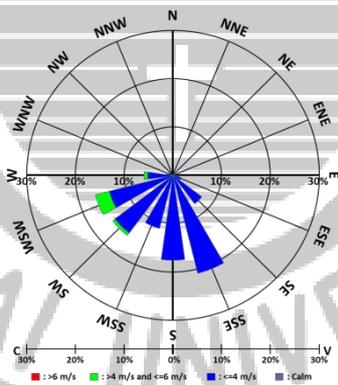
STATION: Houli YEAR: 2015 MONTH: 6



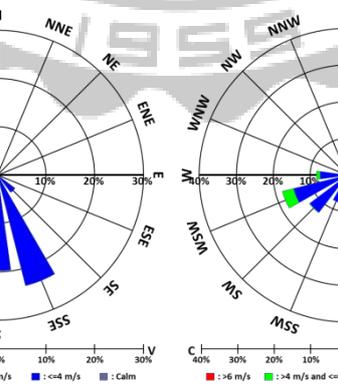
STATION: Xitun YEAR: 2015 MONTH: 6



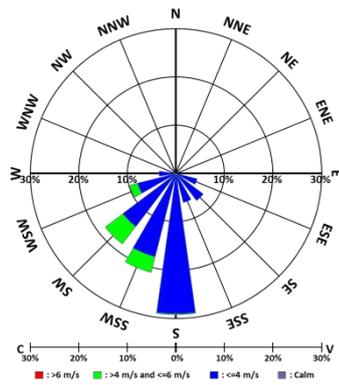
STATION: Dali YEAR: 2015 MONTH: 6



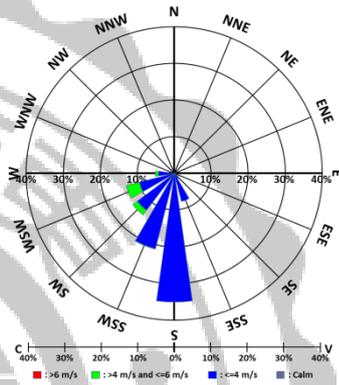
STATION: Wufeng YEAR: 2015 MONTH: 6



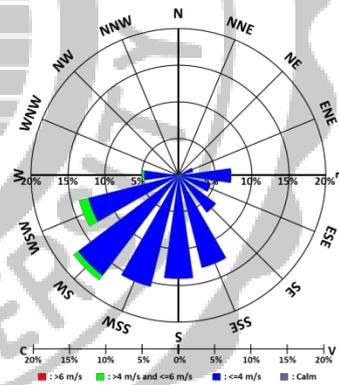
STATION: Fengguang YEAR: 2015 MONTH: 6



STATION: Chungming YEAR: 2015 MONTH: 6

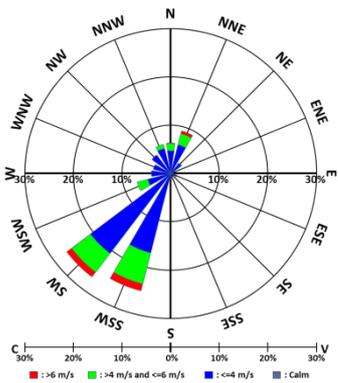


STATION: Taiping YEAR: 2015 MONTH: 6

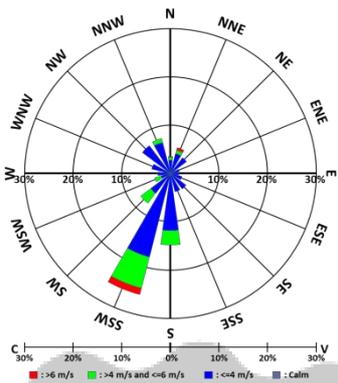


附圖 1-6 臺中市 6 月風花圖  
(資料來源：臺中市空氣品質監測站)

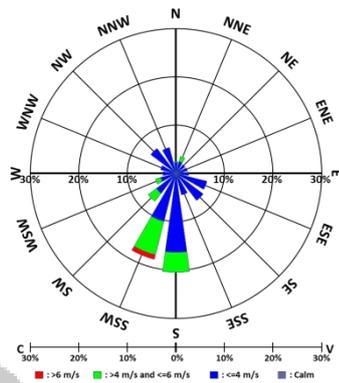
STATION: Dajia YEAR: 2015 MONTH: 7



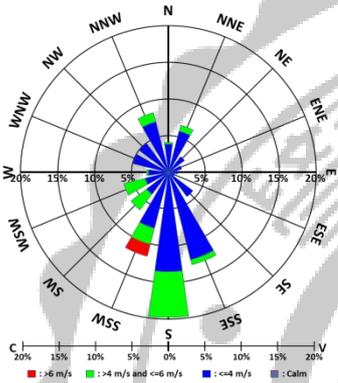
STATION: Houli YEAR: 2015 MONTH: 7



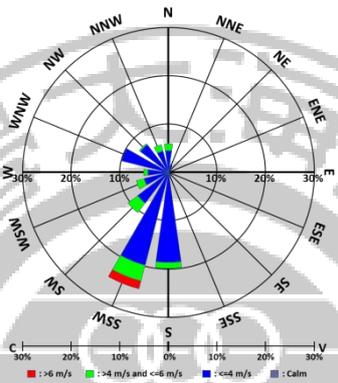
STATION: Fengjuang YEAR: 2015 MONTH: 7



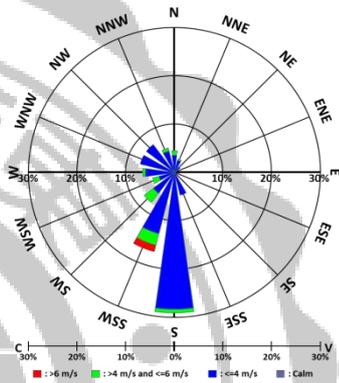
STATION: Shalu YEAR: 2015 MONTH: 7



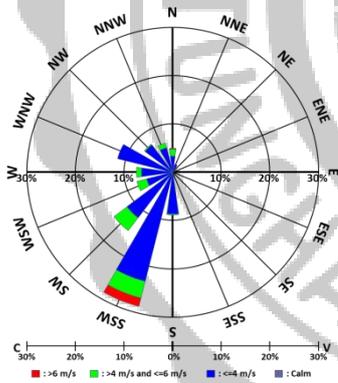
STATION: Xitun YEAR: 2015 MONTH: 7



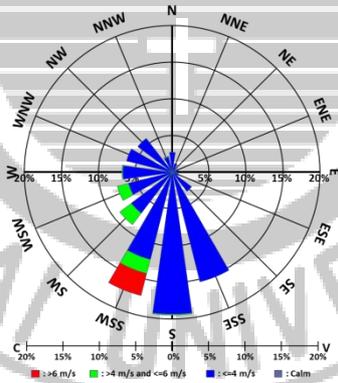
STATION: Chungming YEAR: 2015 MONTH: 7



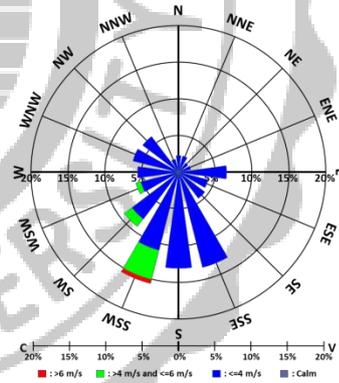
STATION: Wenshan YEAR: 2015 MONTH: 7



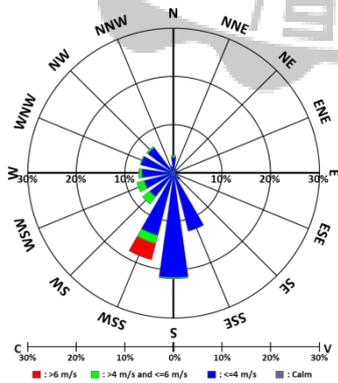
STATION: Dali YEAR: 2015 MONTH: 7



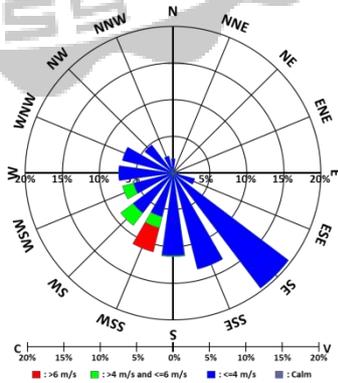
STATION: Taiping YEAR: 2015 MONTH: 7



STATION: Wuri YEAR: 2015 MONTH: 7

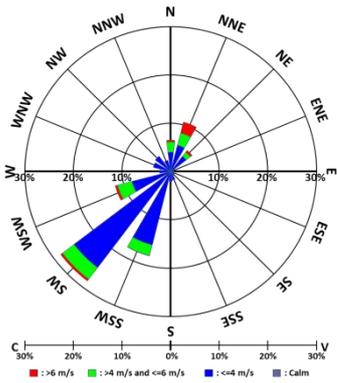


STATION: Wufeng YEAR: 2015 MONTH: 7

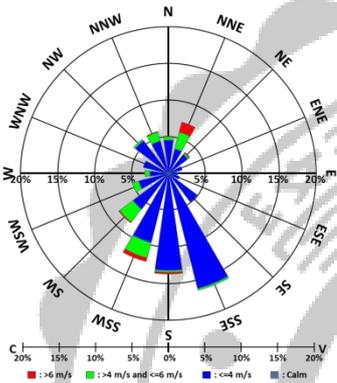


附圖 1-7 臺中市 7 月風花圖  
(資料來源：臺中市空氣品質監測站)

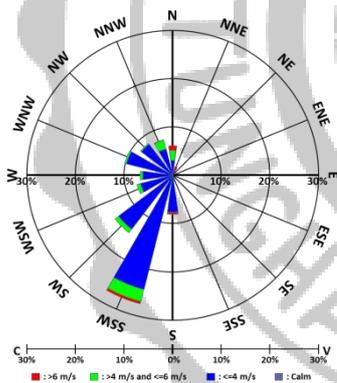
STATION: Dajia YEAR: 2015 MONTH: 8



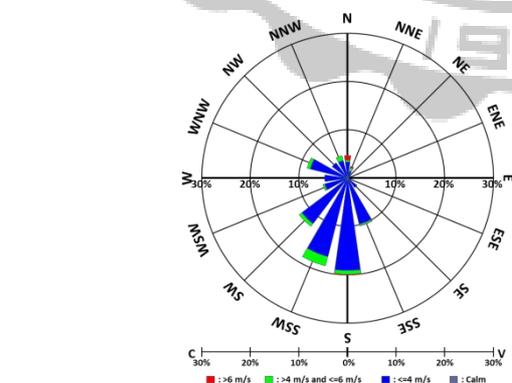
STATION: Shalu YEAR: 2015 MONTH: 8



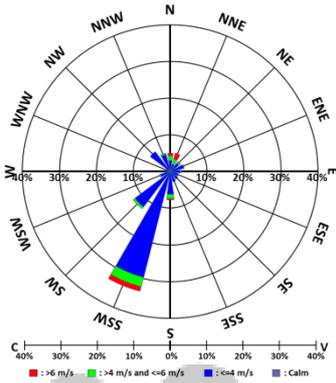
STATION: Wenshan YEAR: 2015 MONTH: 8



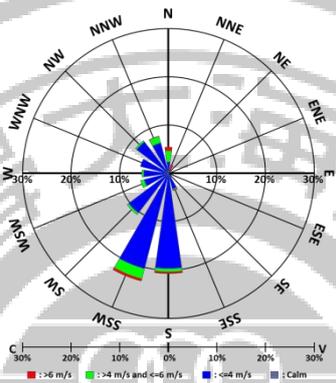
STATION: Wuri YEAR: 2015 MONTH: 8



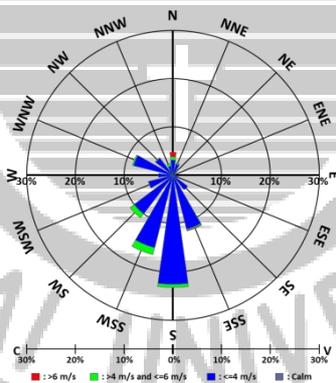
STATION: Houli YEAR: 2015 MONTH: 8



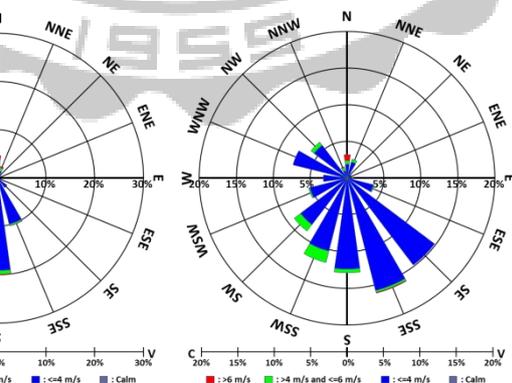
STATION: Xitun YEAR: 2015 MONTH: 8



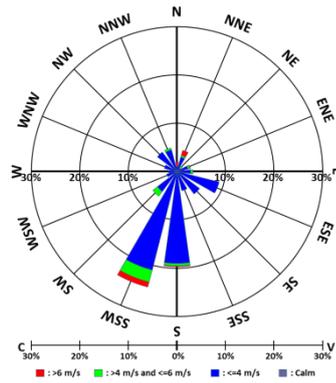
STATION: Dali YEAR: 2015 MONTH: 8



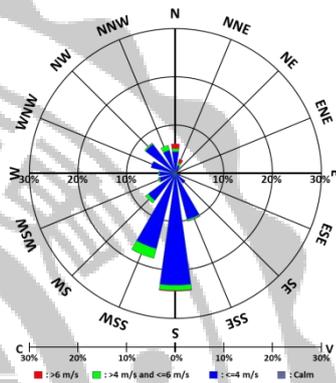
STATION: Wufeng YEAR: 2015 MONTH: 8



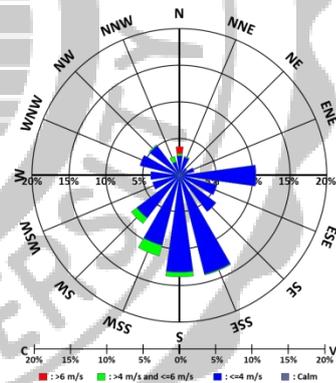
STATION: Fengguang YEAR: 2015 MONTH: 8



STATION: Chungming YEAR: 2015 MONTH: 8

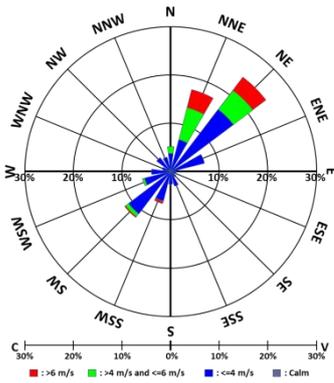


STATION: Taiping YEAR: 2015 MONTH: 8

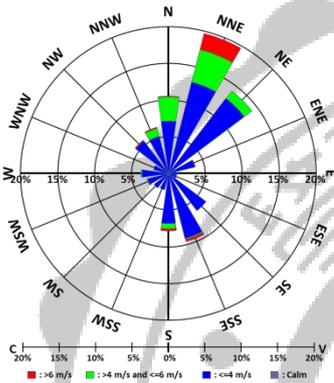


附圖 1-8 臺中市 8 月風花圖  
(資料來源：臺中市空氣品質監測站)

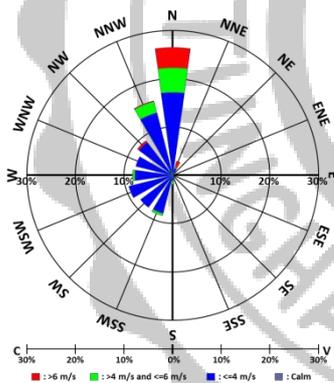
STATION: Dajia YEAR: 2015 MONTH: 9



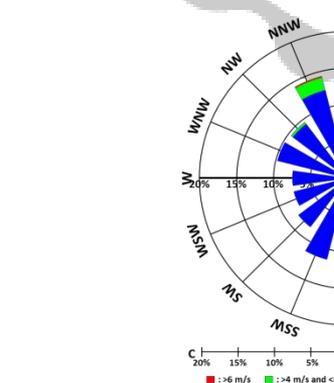
STATION: Shalu YEAR: 2015 MONTH: 9



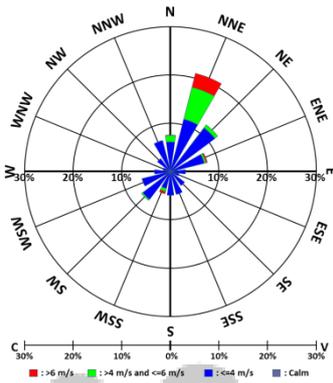
STATION: Wenshan YEAR: 2015 MONTH: 9



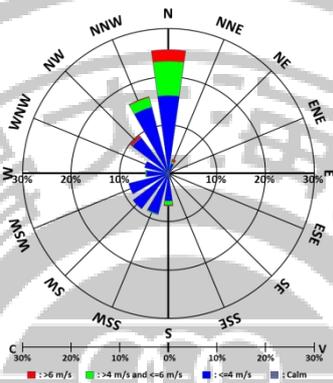
STATION: Wuri YEAR: 2015 MONTH: 9



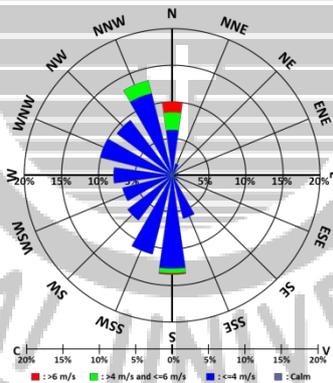
STATION: Houli YEAR: 2015 MONTH: 9



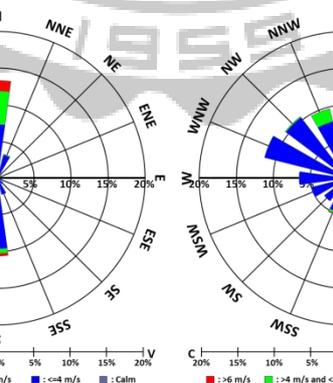
STATION: Xitun YEAR: 2015 MONTH: 9



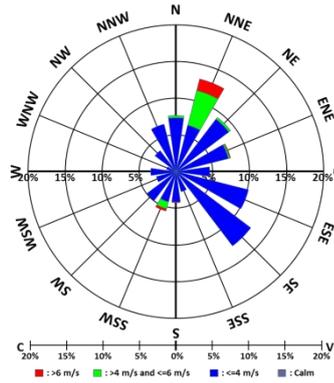
STATION: Dali YEAR: 2015 MONTH: 9



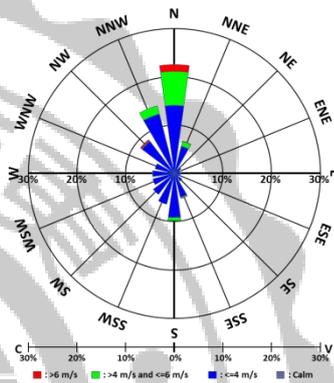
STATION: Wufeng YEAR: 2015 MONTH: 9



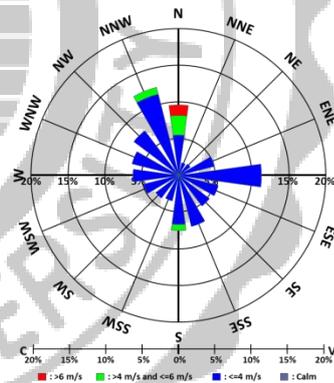
STATION: Fengguang YEAR: 2015 MONTH: 9



STATION: Chungming YEAR: 2015 MONTH: 9

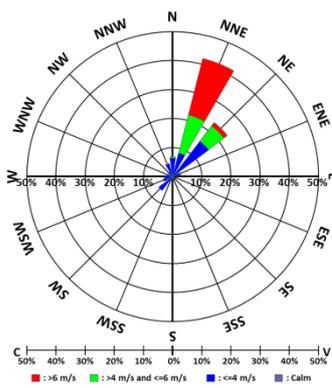


STATION: Taiping YEAR: 2015 MONTH: 9

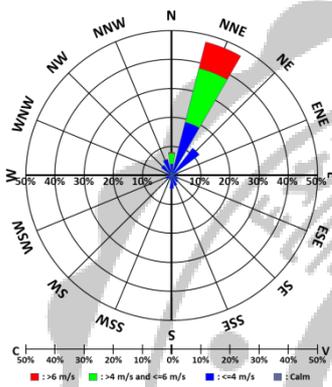


附圖 1-9 臺中市 9 月風花圖  
(資料來源：臺中市空氣品質監測站)

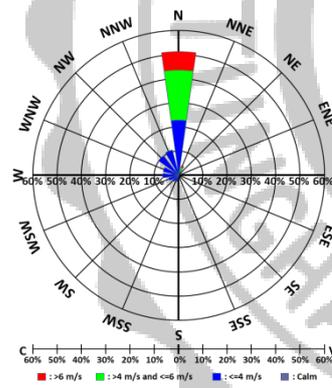
STATION:Dajia YEAR: 2015 MONTH: 10



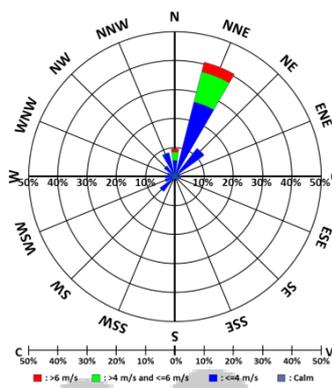
STATION:Shalu YEAR: 2015 MONTH: 10



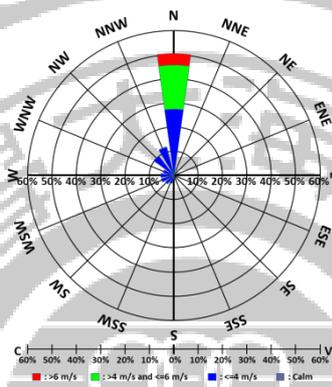
STATION:Wenshan YEAR: 2015 MONTH: 10



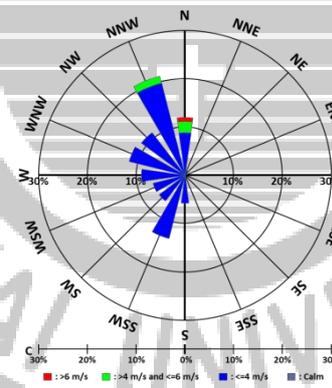
STATION:Houli YEAR: 2015 MONTH: 10



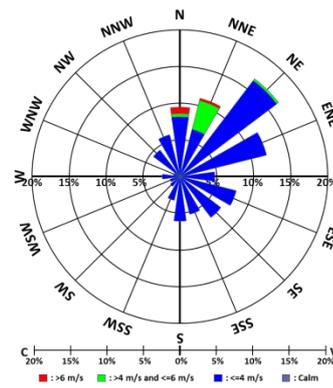
STATION:Xitun YEAR: 2015 MONTH: 10



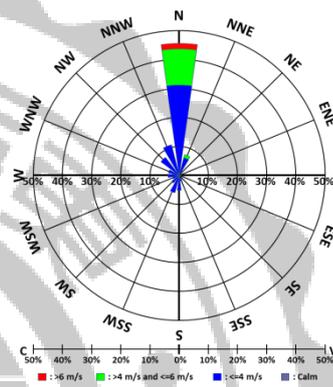
STATION:Dali YEAR: 2015 MONTH: 10



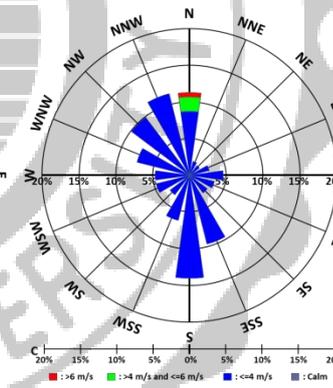
STATION:Fengguang YEAR: 2015 MONTH: 10



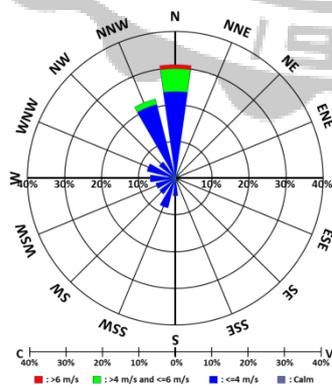
STATION:Chungting YEAR: 2015 MONTH: 10



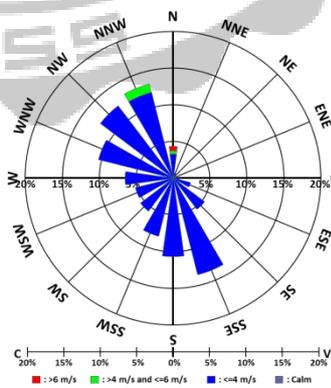
STATION:Taiping YEAR: 2015 MONTH: 10



STATION:Wuri YEAR: 2015 MONTH: 10

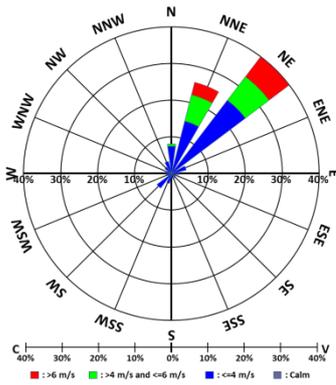


STATION:Wufeng YEAR: 2015 MONTH: 10

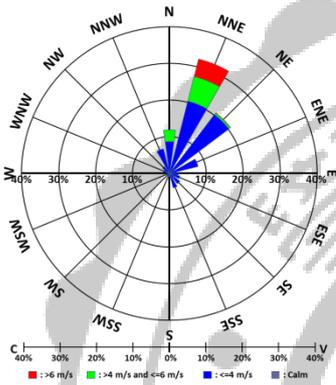


附圖 1-10 臺中市 10 月風花圖  
(資料來源：臺中市空氣品質監測站)

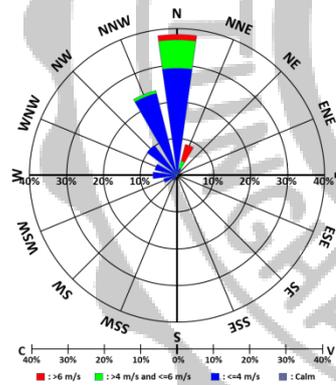
STATION:Dajia YEAR: 2015 MONTH: 11



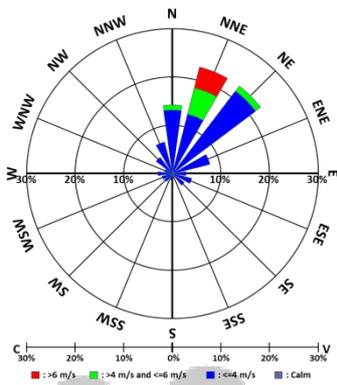
STATION:Shalu YEAR: 2015 MONTH: 11



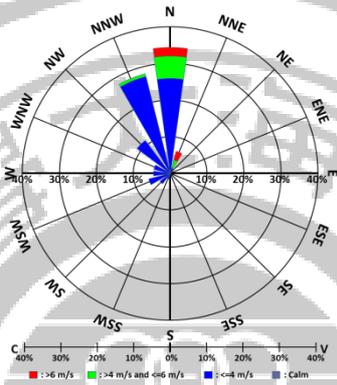
STATION:Wenshan YEAR: 2015 MONTH: 11



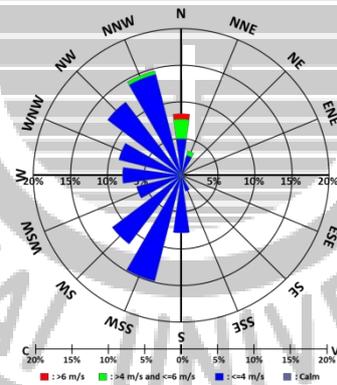
STATION:Houli YEAR: 2015 MONTH: 11



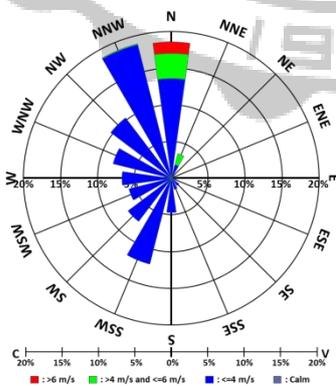
STATION:Xitun YEAR: 2015 MONTH: 11



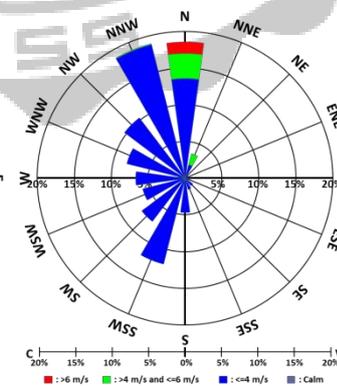
STATION:Dali YEAR: 2015 MONTH: 11



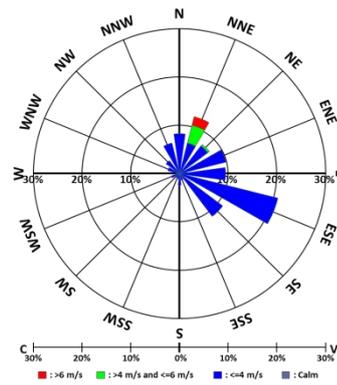
STATION:Wuri YEAR: 2015 MONTH: 11



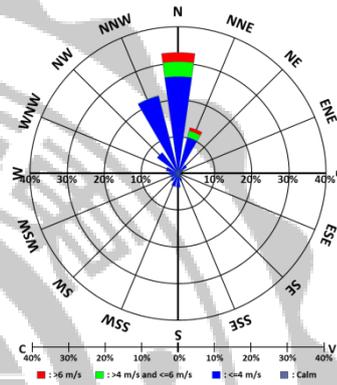
STATION:Wuri YEAR: 2015 MONTH: 11



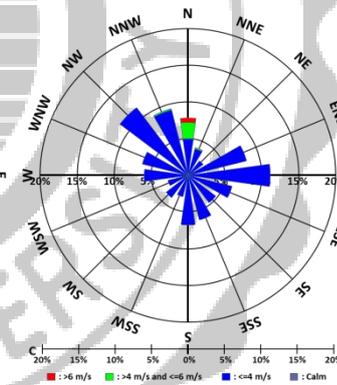
STATION:Fengguang YEAR: 2015 MONTH: 11



STATION:Chungting YEAR: 2015 MONTH: 11

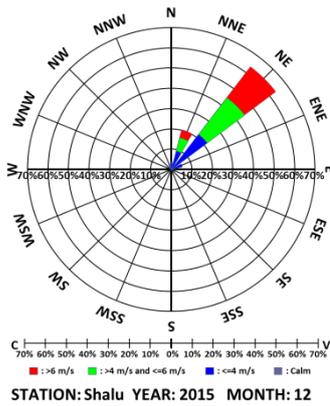


STATION:Taiping YEAR: 2015 MONTH: 11

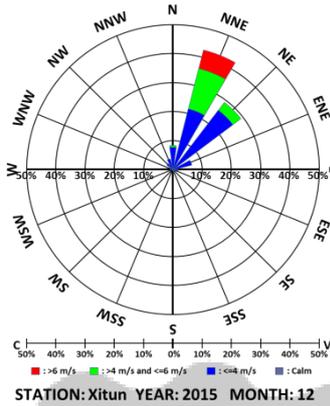


附圖 1-11 臺中市 11 月風花圖  
(資料來源：臺中市空氣品質監測站)

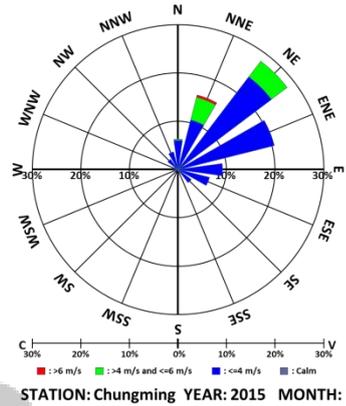
STATION: Dajia YEAR: 2015 MONTH: 12



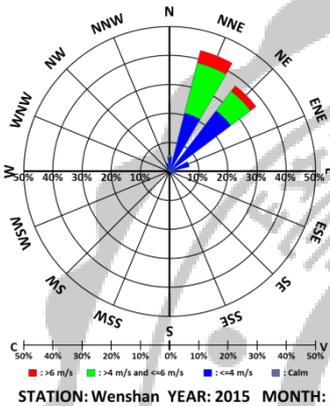
STATION: Houli YEAR: 2015 MONTH: 12



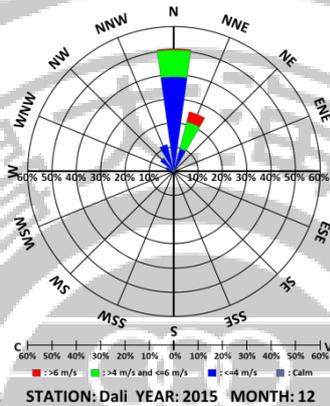
STATION: Fengyuang YEAR: 2015 MONTH: 12



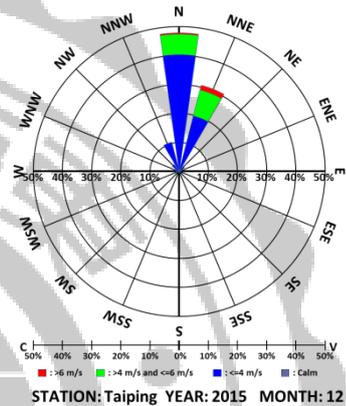
STATION: Shalu YEAR: 2015 MONTH: 12



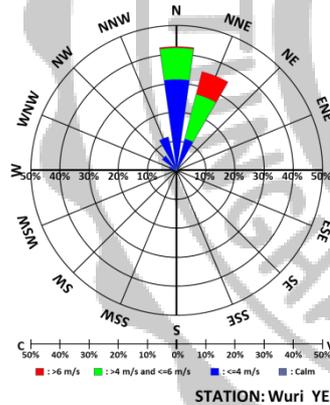
STATION: Xitun YEAR: 2015 MONTH: 12



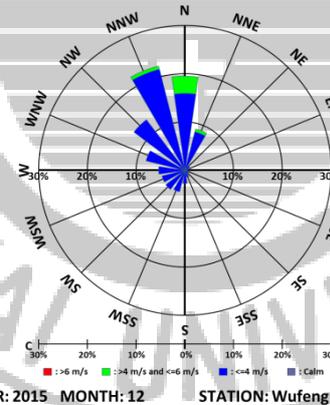
STATION: Chunging YEAR: 2015 MONTH: 12



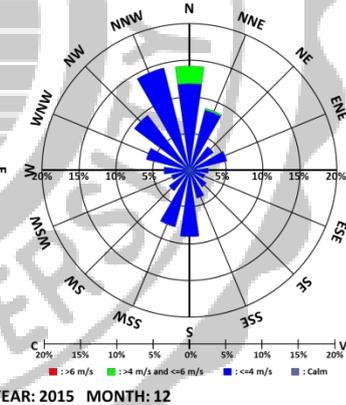
STATION: Wenshan YEAR: 2015 MONTH: 12



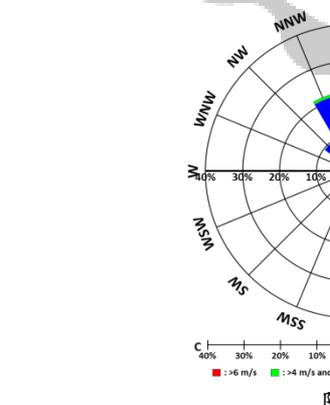
STATION: Dali YEAR: 2015 MONTH: 12



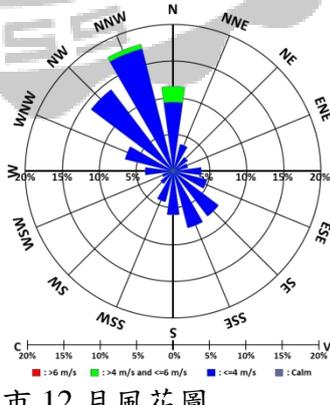
STATION: Taiping YEAR: 2015 MONTH: 12



STATION: Wuri YEAR: 2015 MONTH: 12

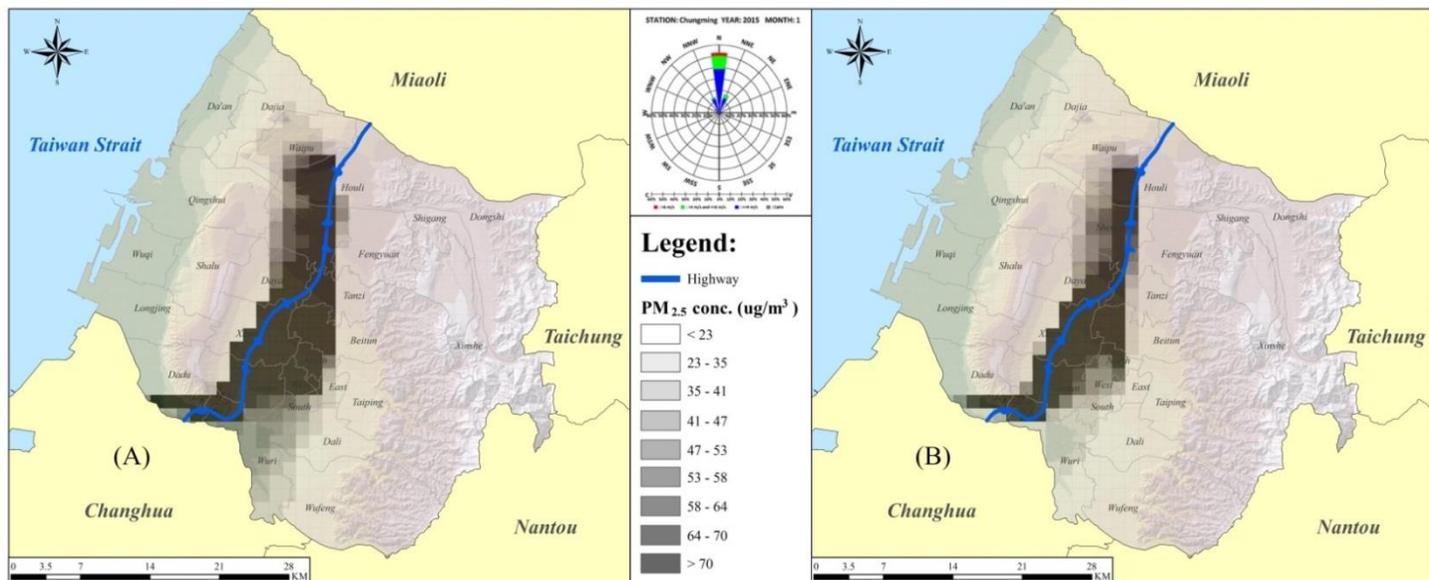


STATION: Wufeng YEAR: 2015 MONTH: 12

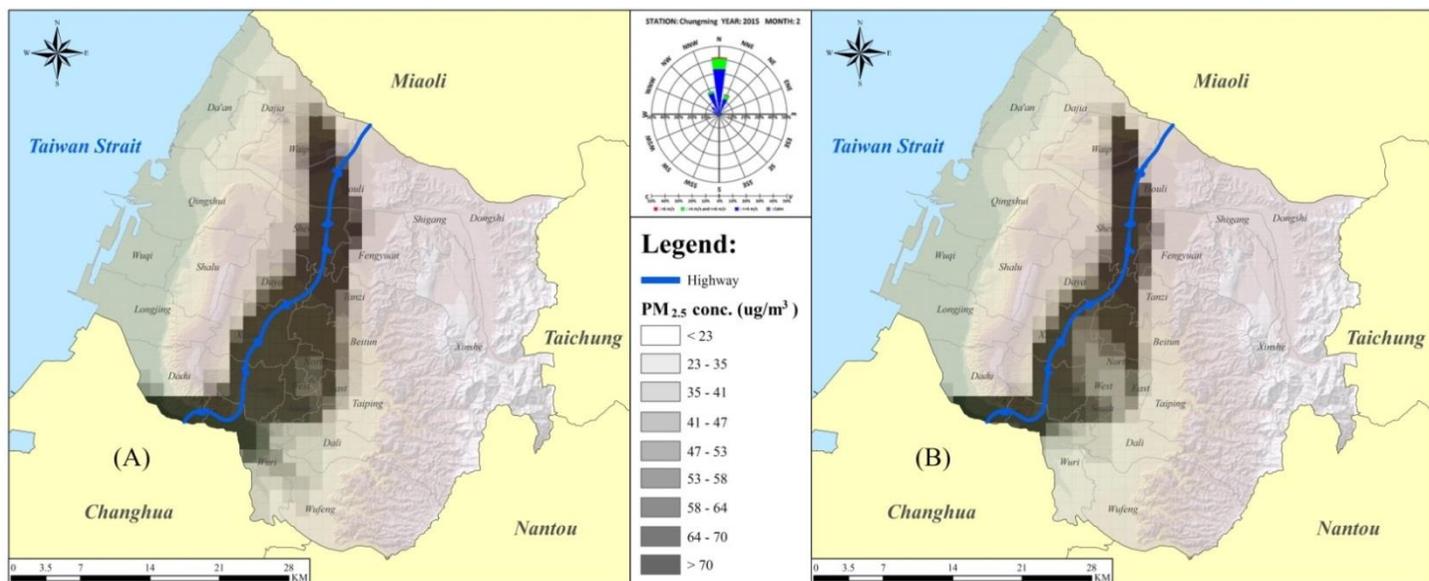


附圖 1-12 臺中市 12 月風花圖  
(資料來源：臺中市空氣品質監測站)

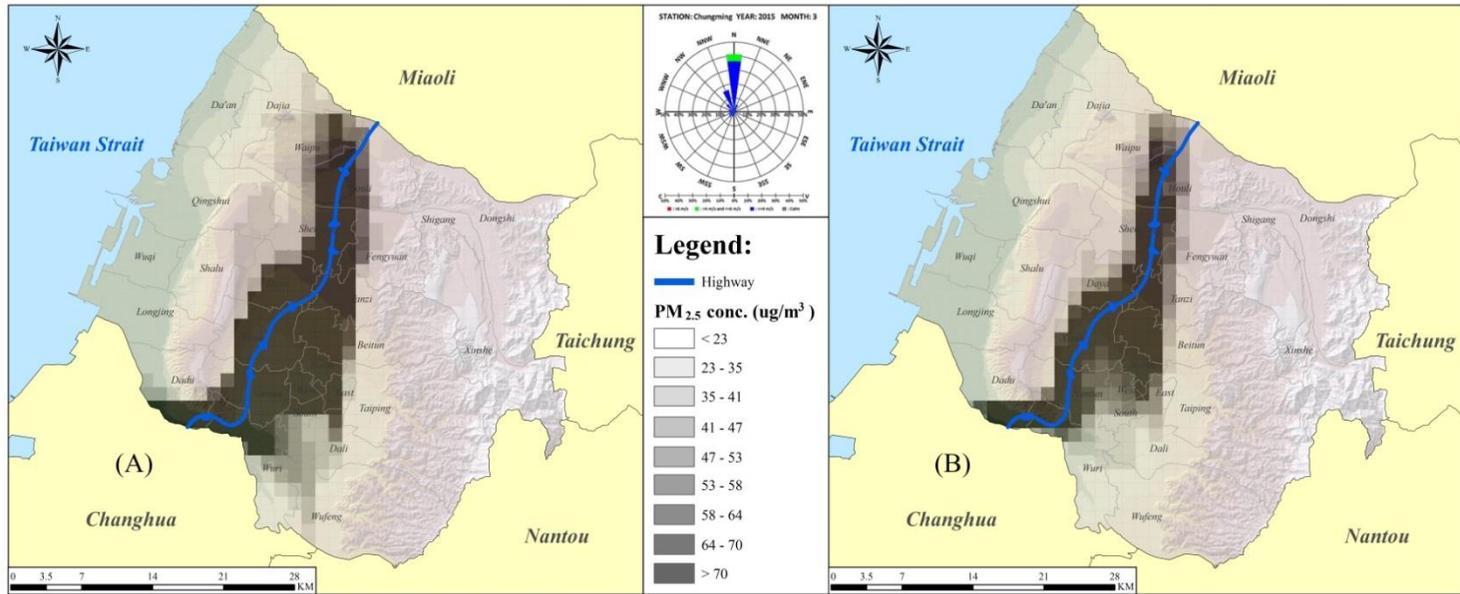
附圖 2 國道 1 號 PM<sub>2.5</sub> 濃度逐月結果



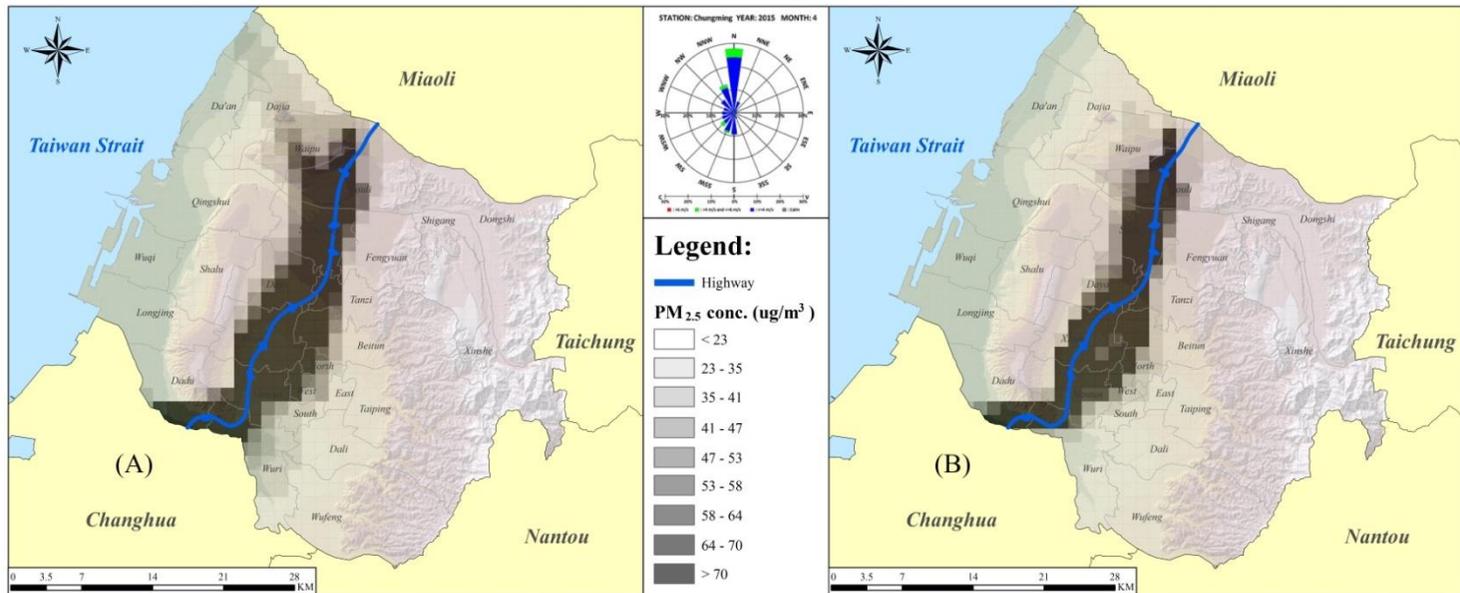
附圖 2-1 國道 1 號 2015 年 1 月 PM<sub>2.5</sub> 濃度分布(A)平日型態 (B)假日型態



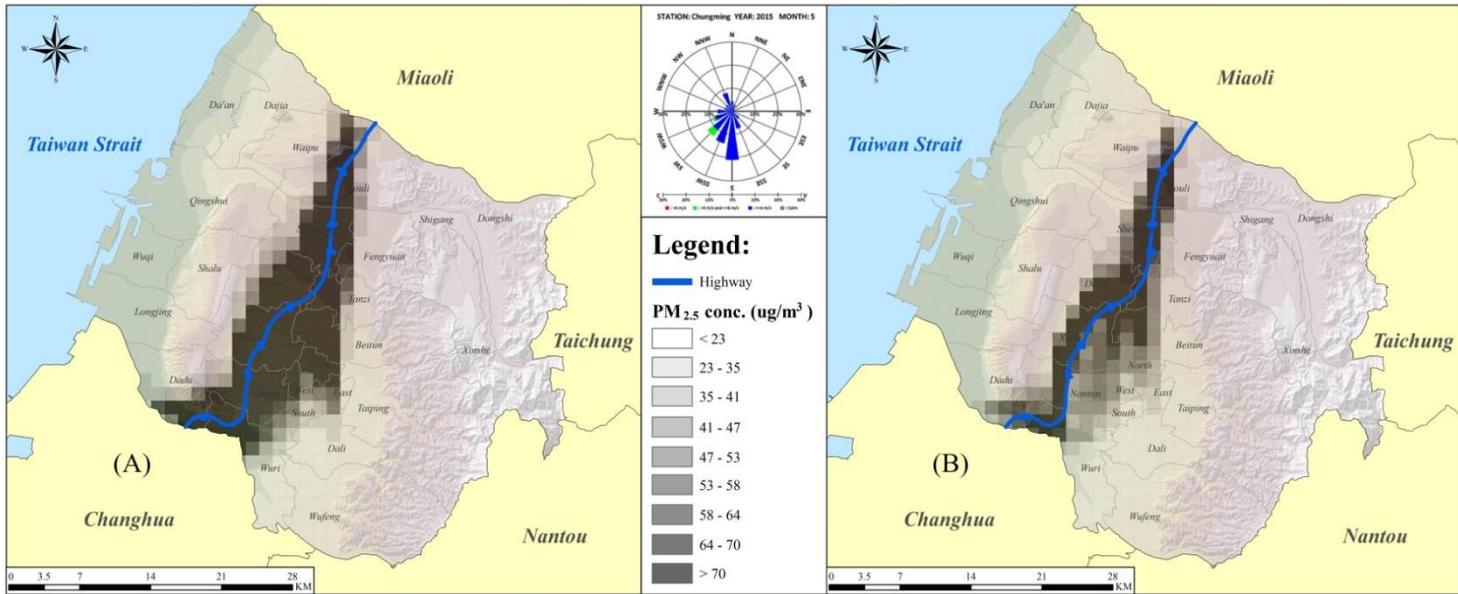
附圖 2-2 國道 1 號 2015 年 2 月 PM<sub>2.5</sub> 濃度分布(A)平日型態 (B)假日型態



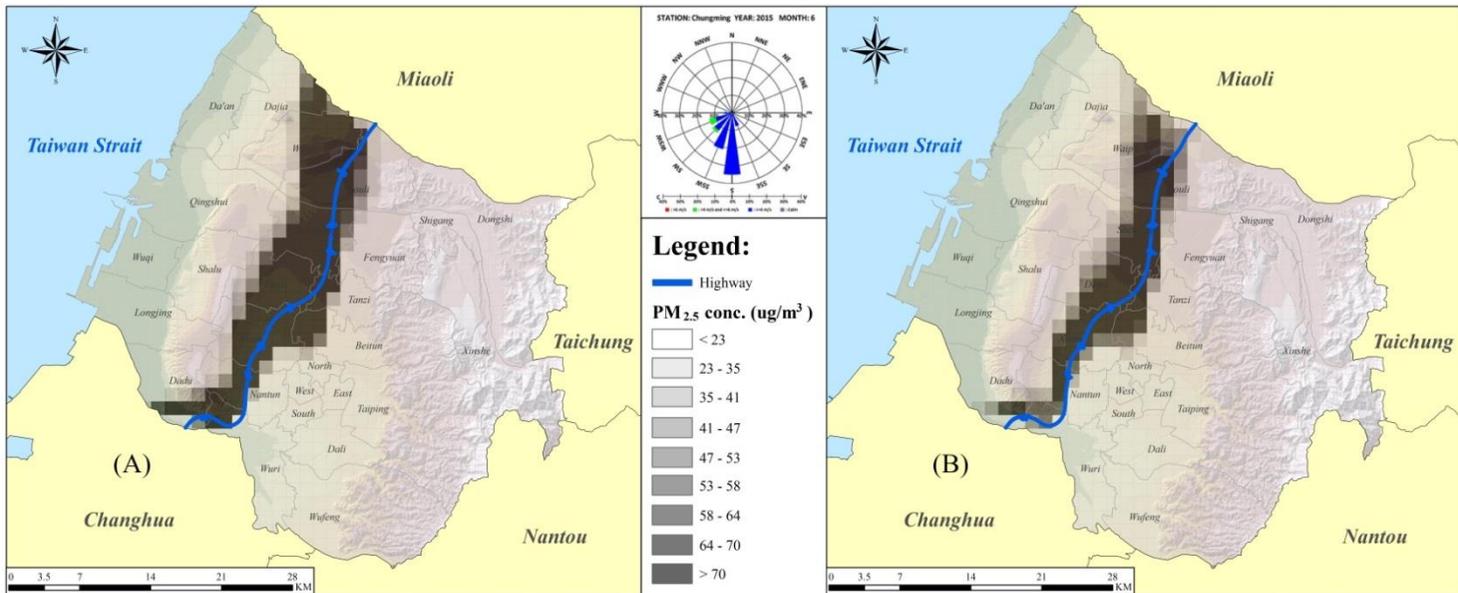
附圖 2-3 國道 1 號 2015 年 3 月 PM<sub>2.5</sub> 濃度分布(A)平日型態 (B)假日型態



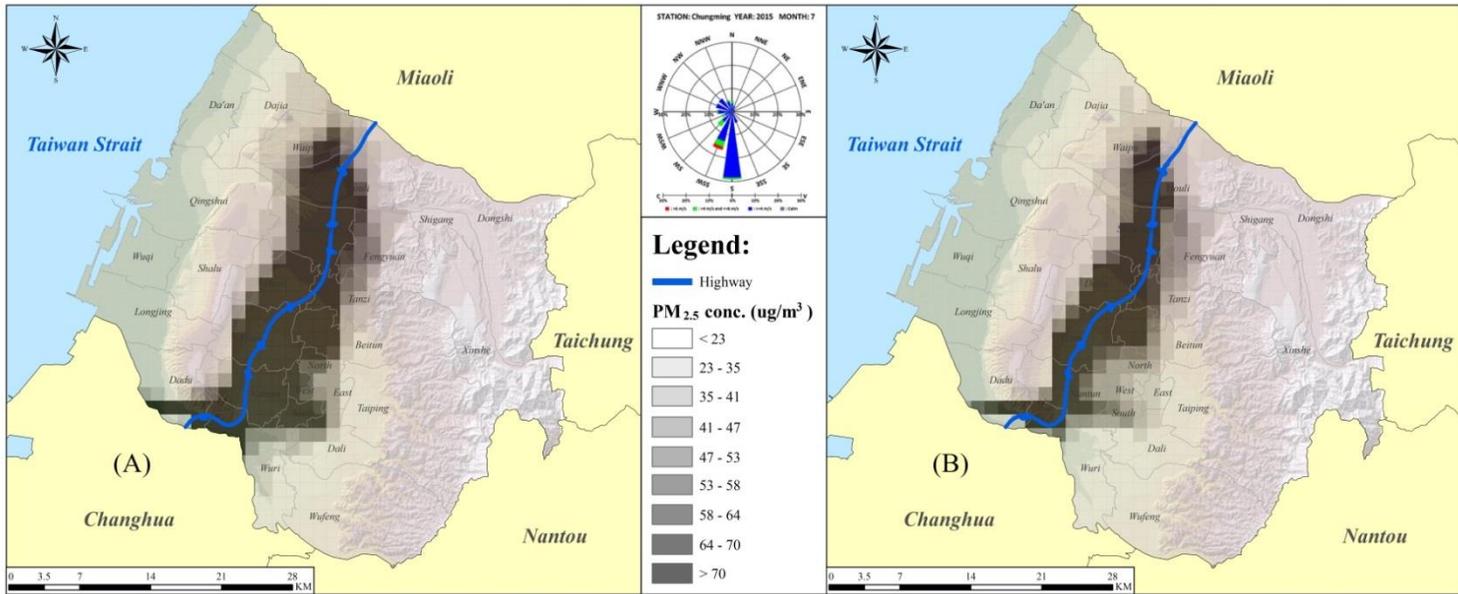
附圖 2-4 國道 1 號 2015 年 4 月 PM<sub>2.5</sub> 濃度分布(A)平日型態 (B)假日型態



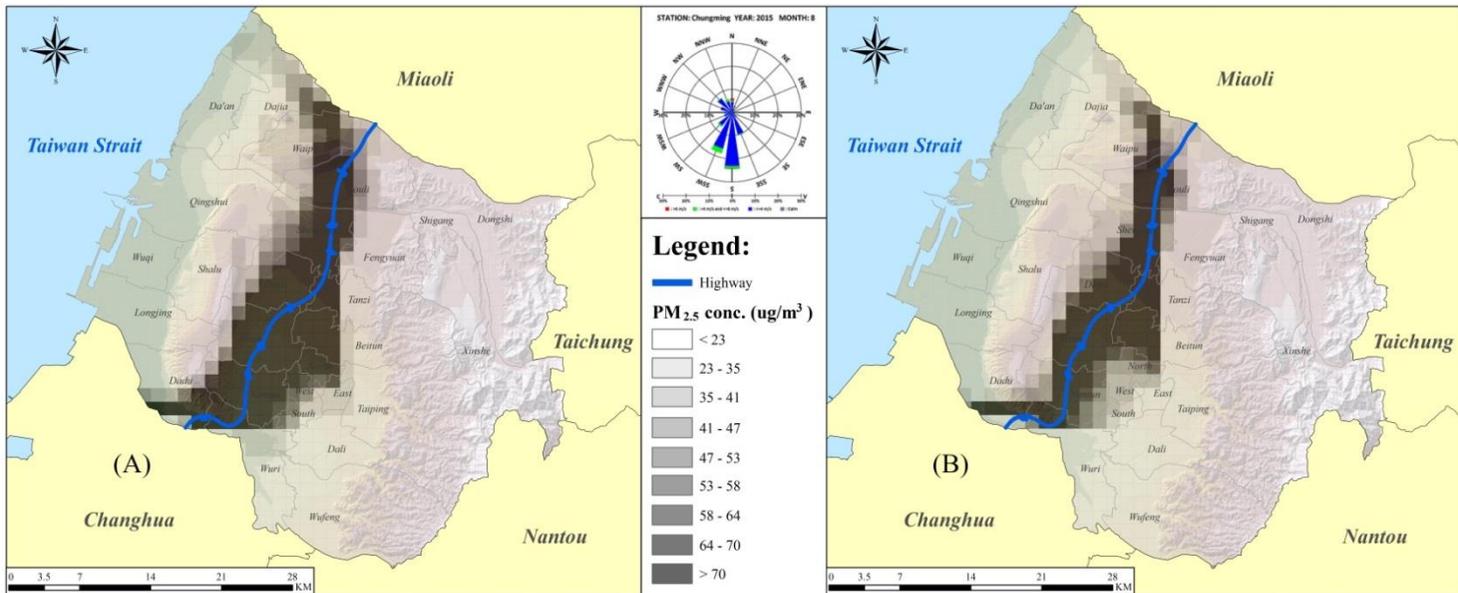
附圖 2-5 國道 1 號 2015 年 5 月 PM<sub>2.5</sub> 濃度分布(A)平日型態 (B)假日型態



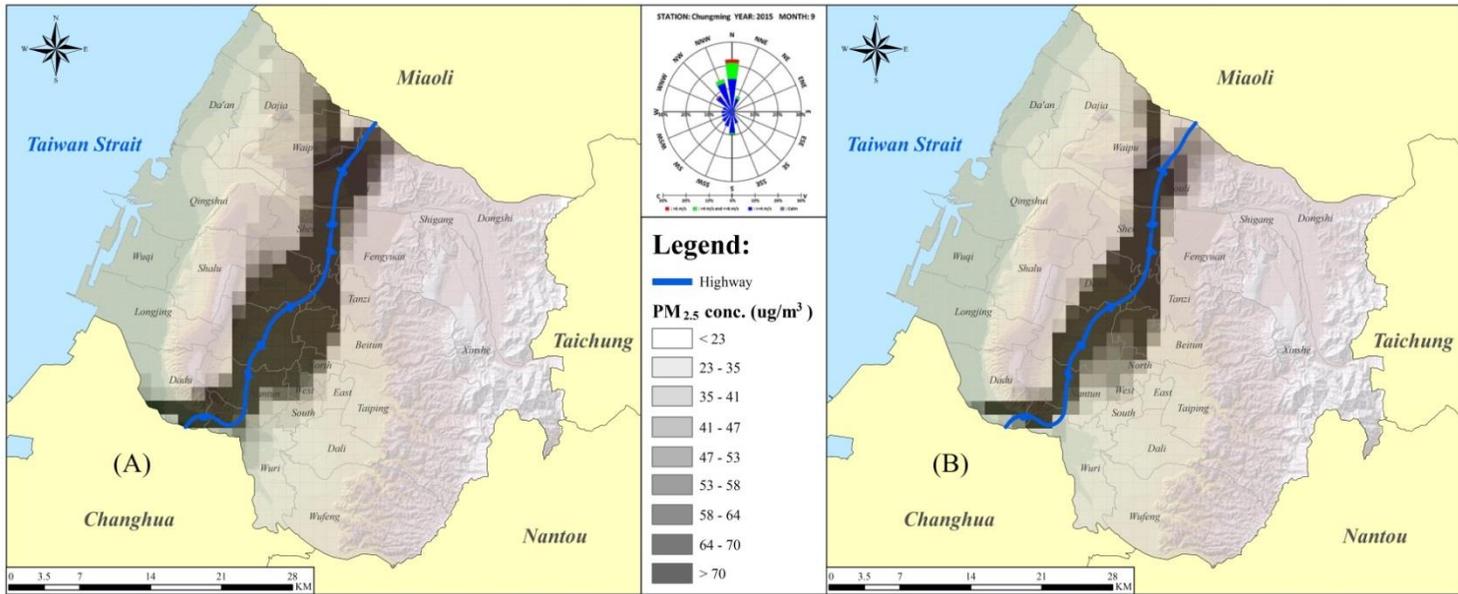
附圖 2-6 國道 1 號 2015 年 6 月 PM<sub>2.5</sub> 濃度分布(A)平日型態 (B)假日型態



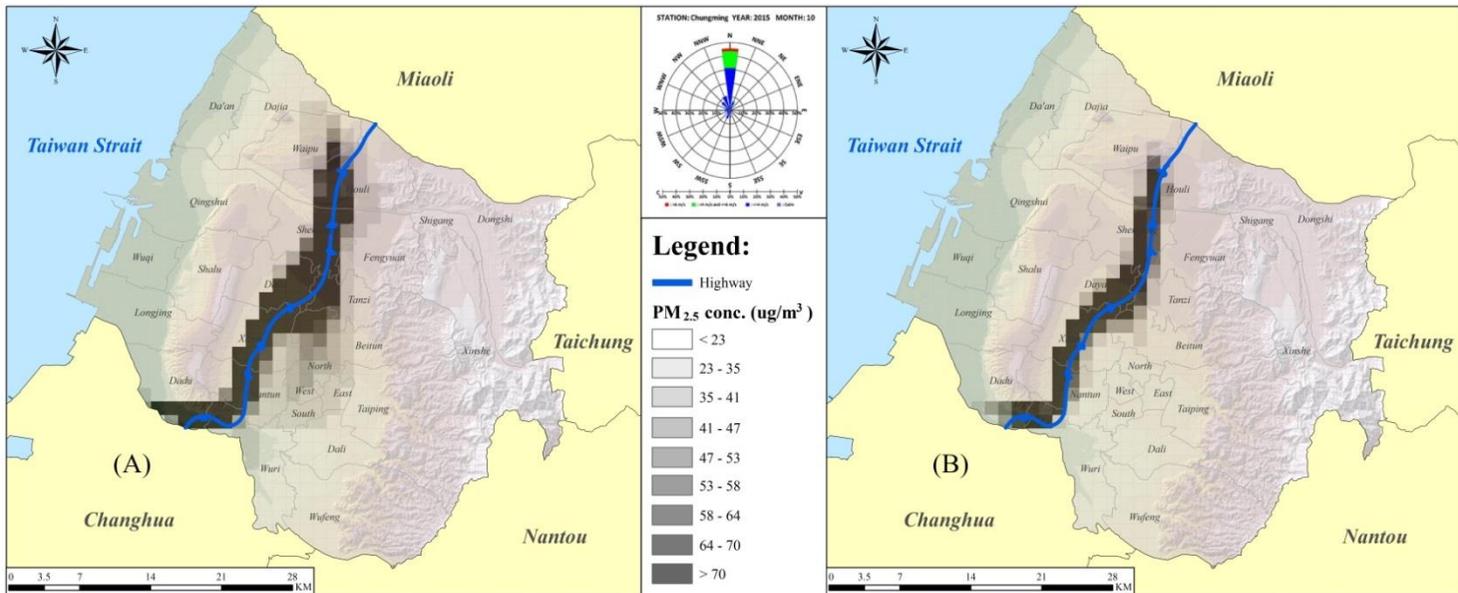
附圖 2-7 國道 1 號 2015 年 7 月 PM<sub>2.5</sub> 濃度分布(A)平日型態 (B)假日型態



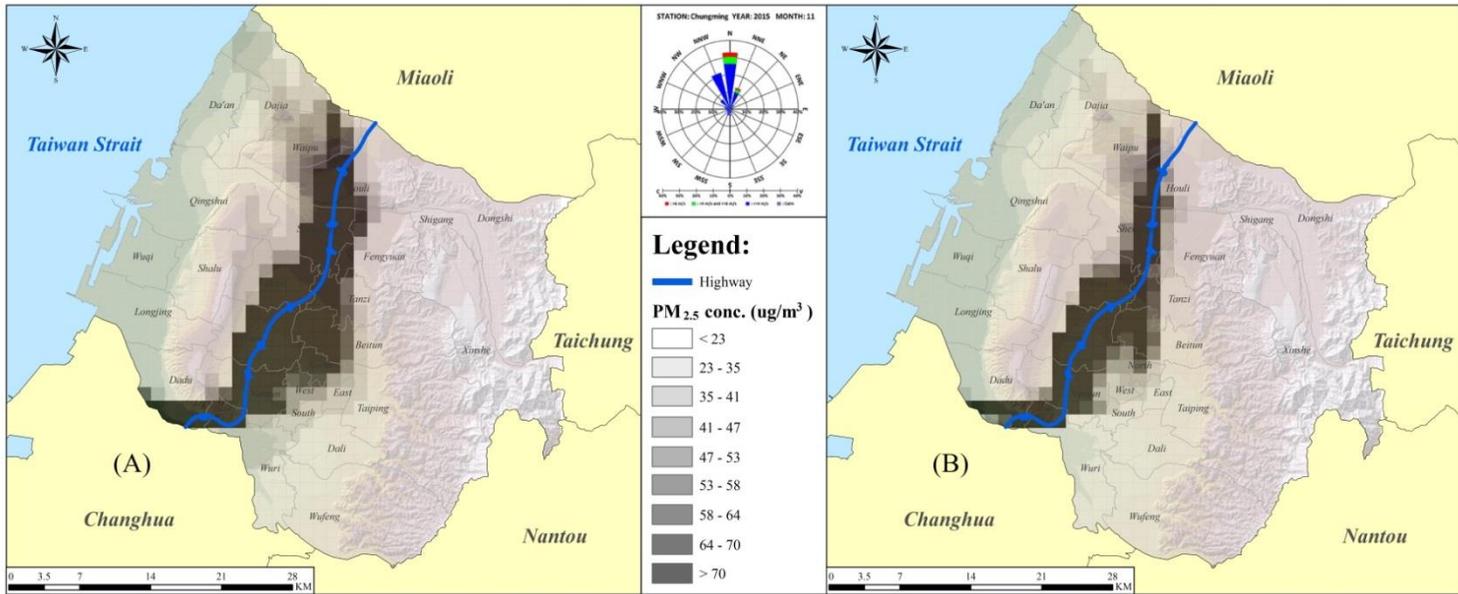
附圖 2-8 國道 1 號 2015 年 8 月 PM<sub>2.5</sub> 濃度分布(A)平日型態 (B)假日型態



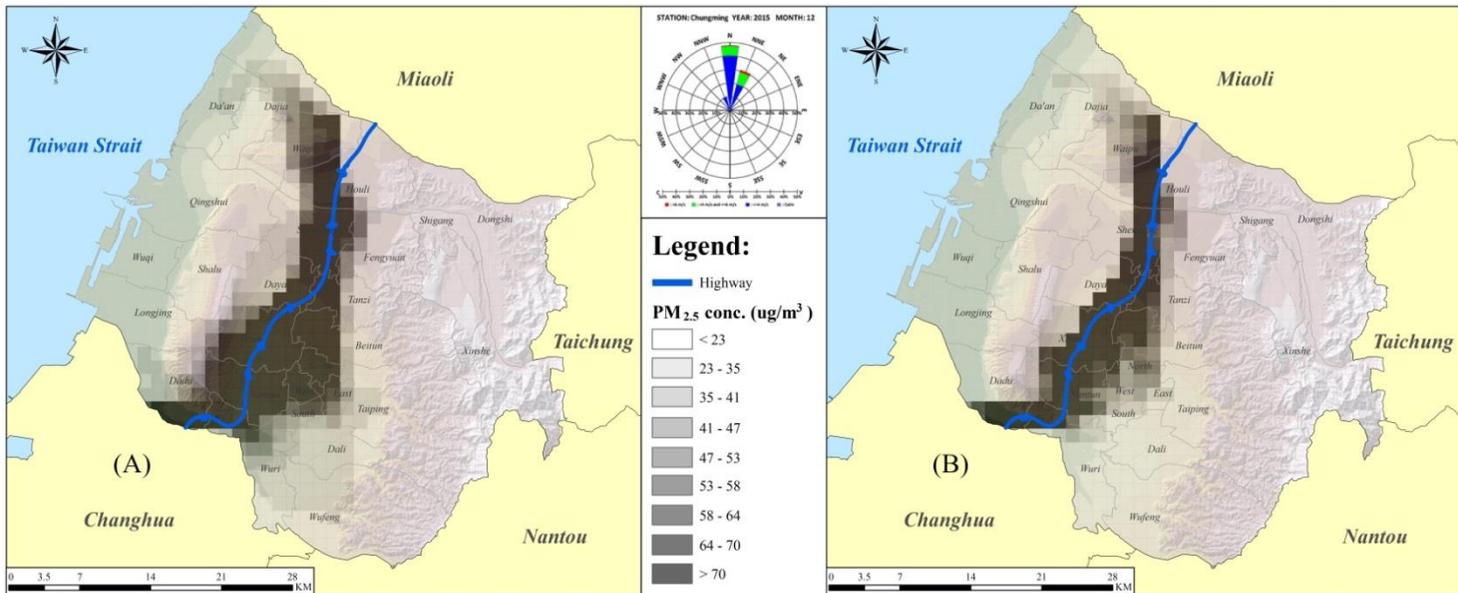
附圖 2-9 國道 1 號 2015 年 9 月 PM<sub>2.5</sub> 濃度分布(A)平日型態 (B)假日型態



附圖 2-10 國道 1 號 2015 年 10 月 PM<sub>2.5</sub> 濃度分布(A)平日型態 (B)假日型態

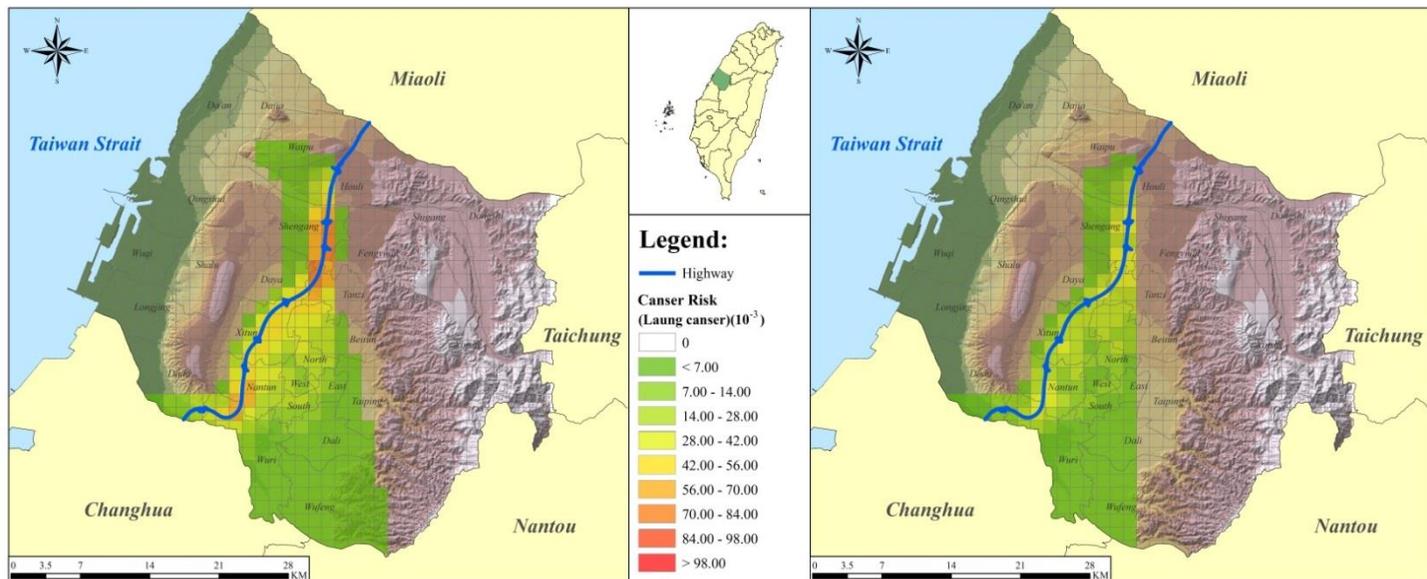


附圖 2-11 國道 1 號 2015 年 11 月 PM<sub>2.5</sub> 濃度分布(A)平日型態 (B)假日型態

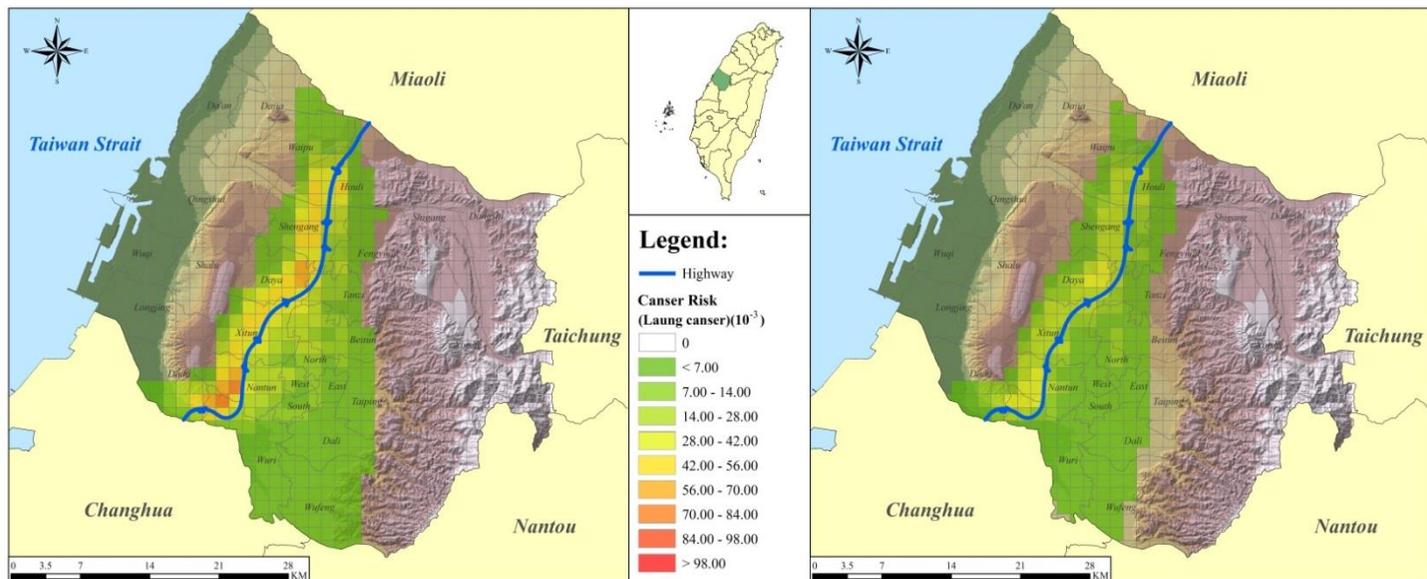


附圖 2-12 國道 1 號 2015 年 12 月 PM<sub>2.5</sub> 濃度分布(A)平日型態 (B)假日型態

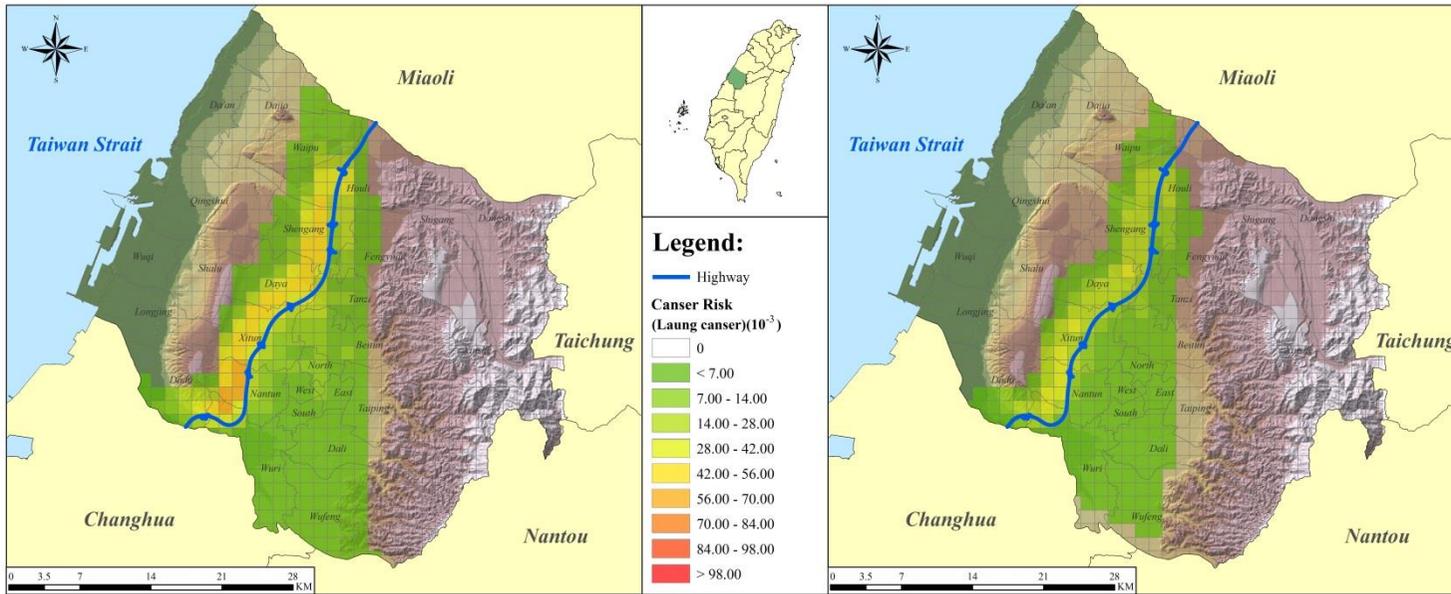
附圖 3 肺癌風險空間分布逐月結果



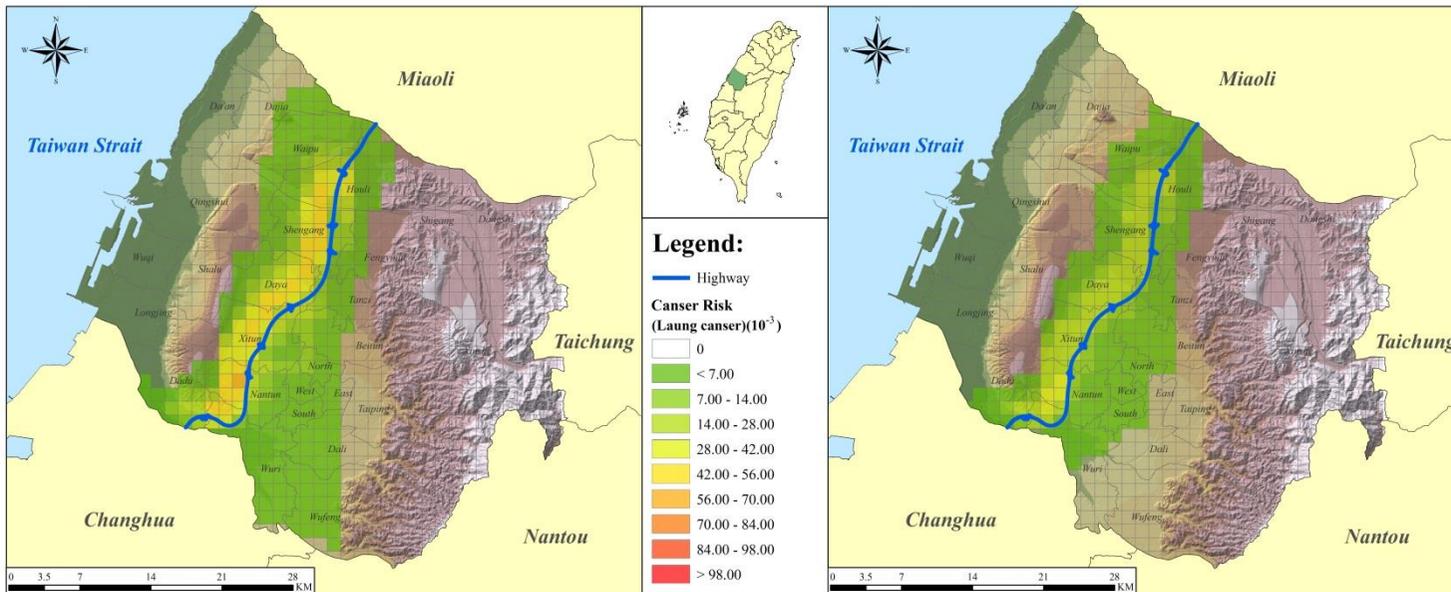
附圖 3-1 2015 年 1 月肺癌風險空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態



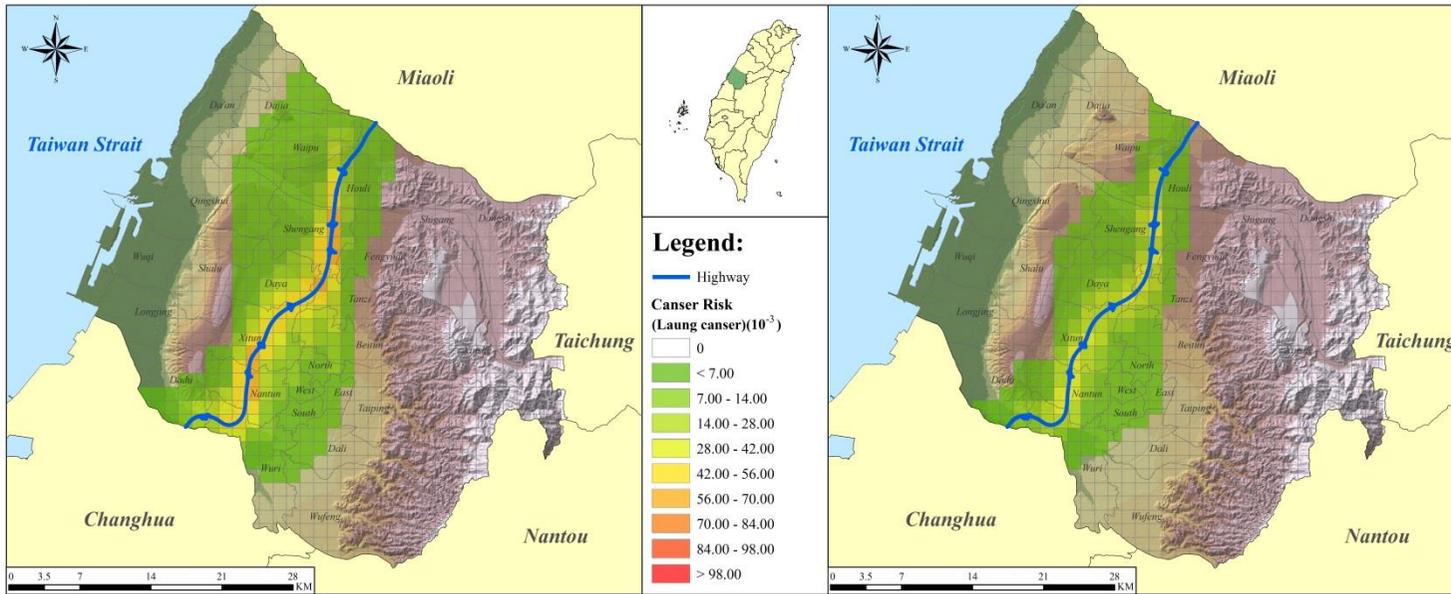
附圖 3-2 2015 年 2 月肺癌風險空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態



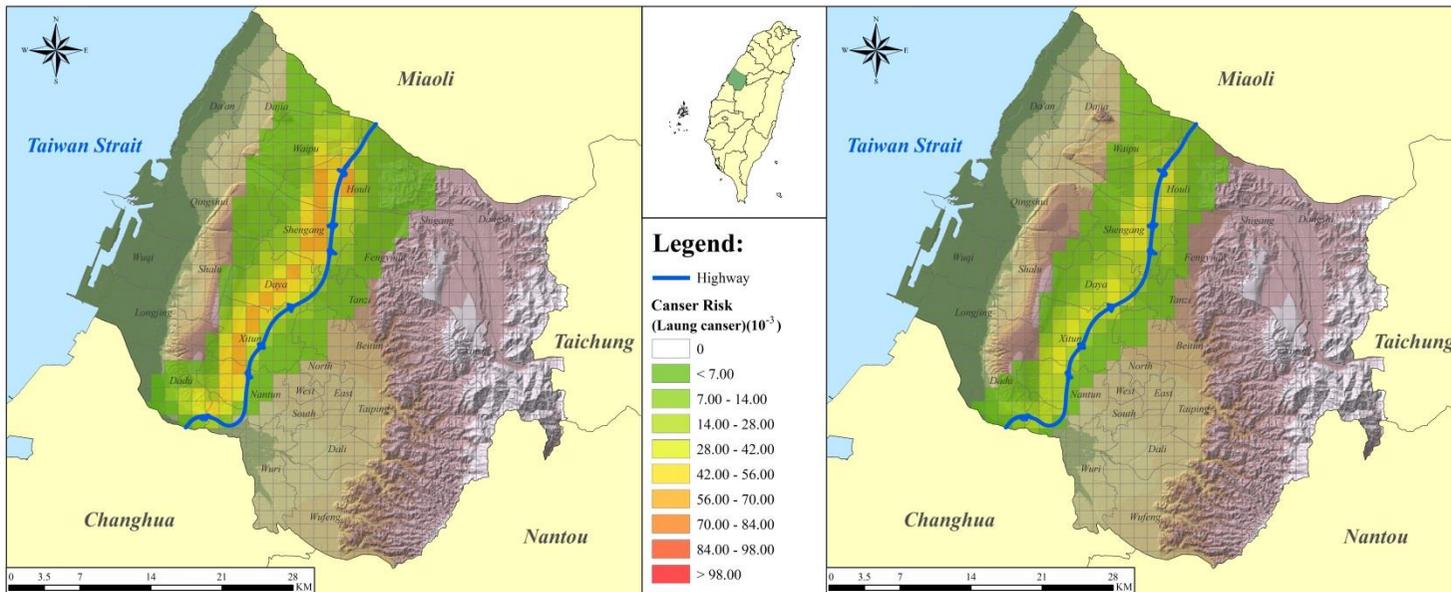
附圖 3-3 2015 年 3 月肺癌風險空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態



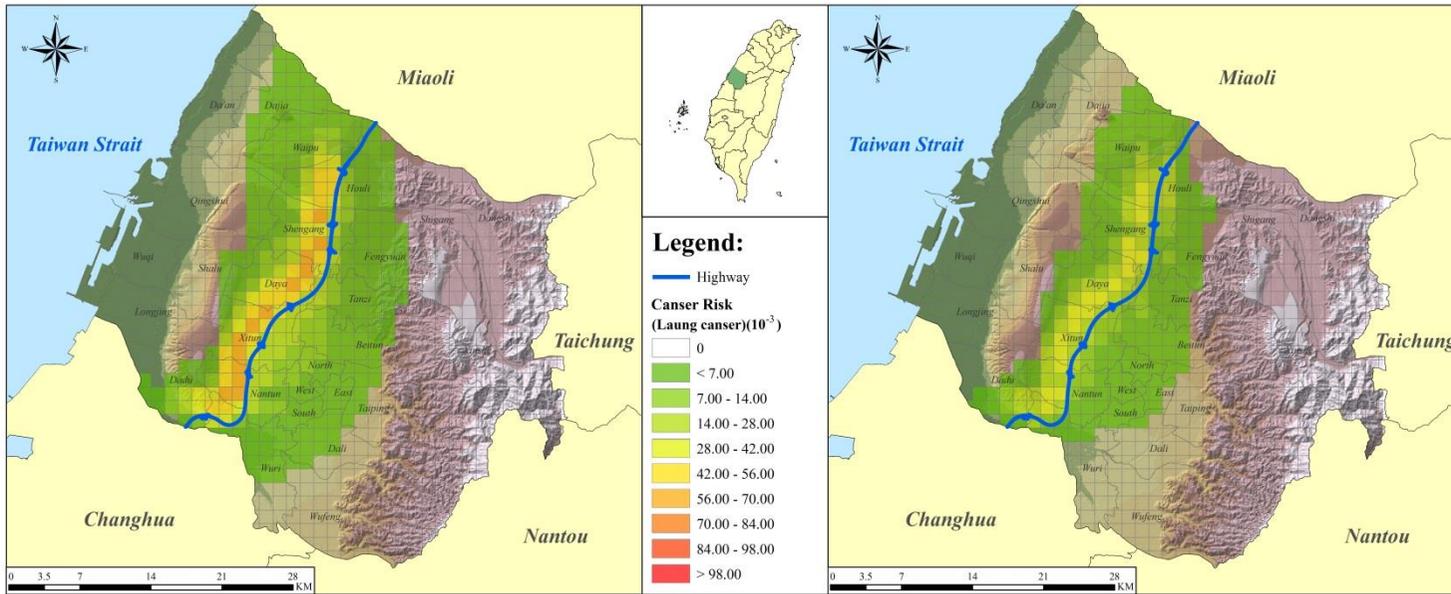
附圖 3-4 2015 年 4 月肺癌風險空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態



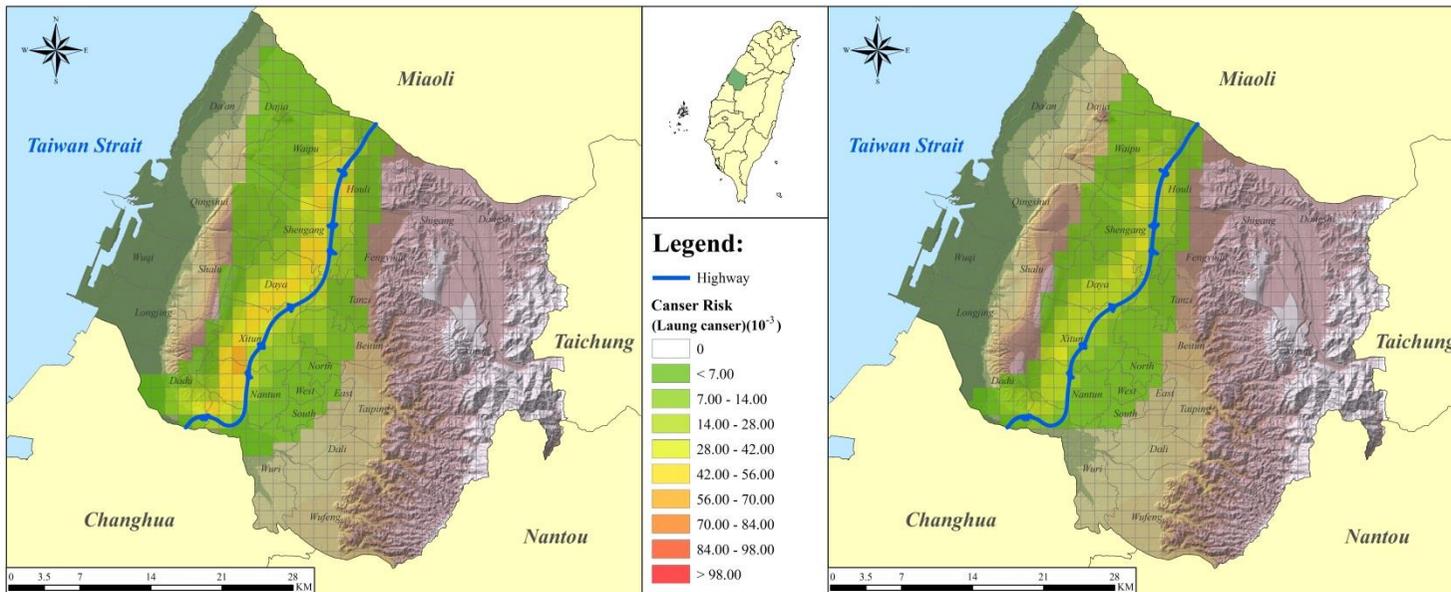
附圖 3-5 2015 年 5 月肺癌風險空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態



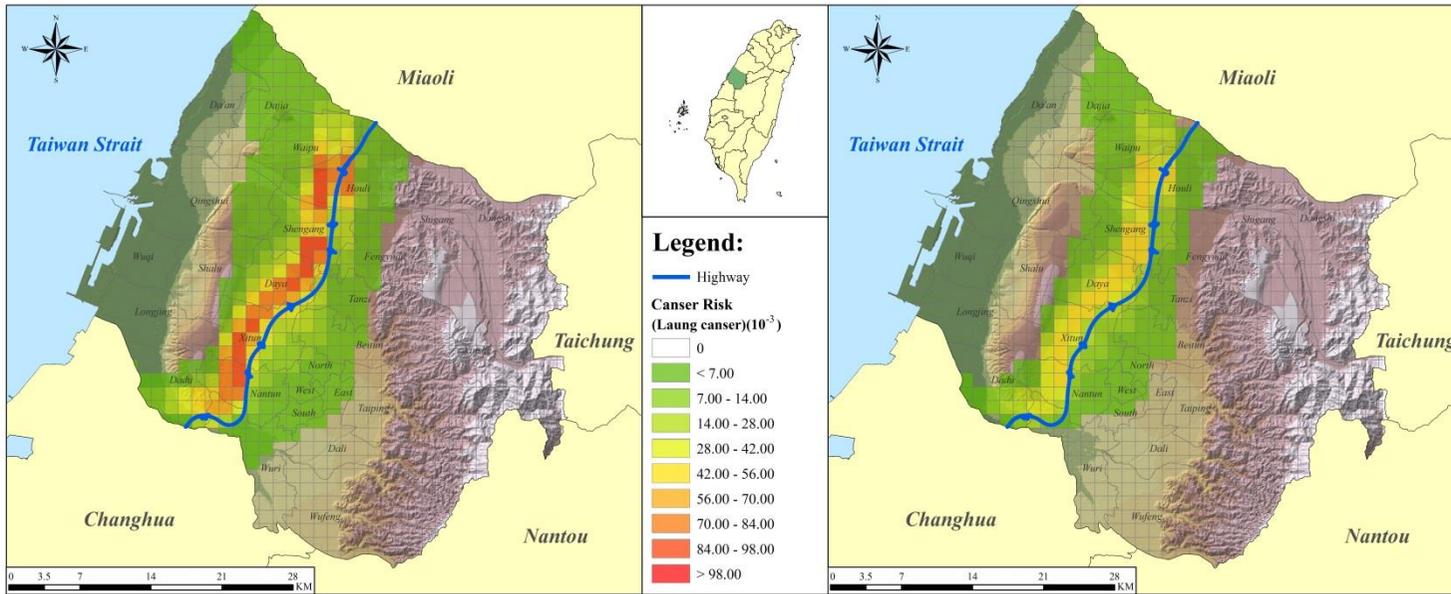
附圖 3-6 2015 年 6 月肺癌風險空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態



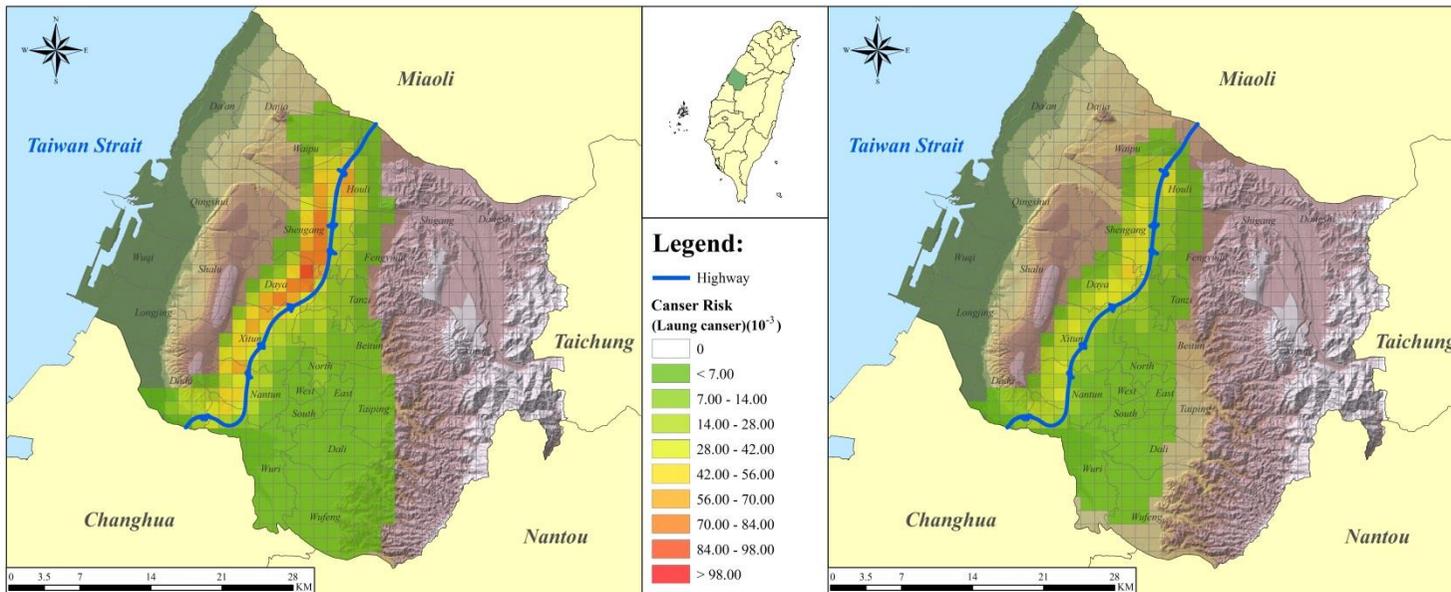
附圖 3-7 2015 年 7 月肺癌風險空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態



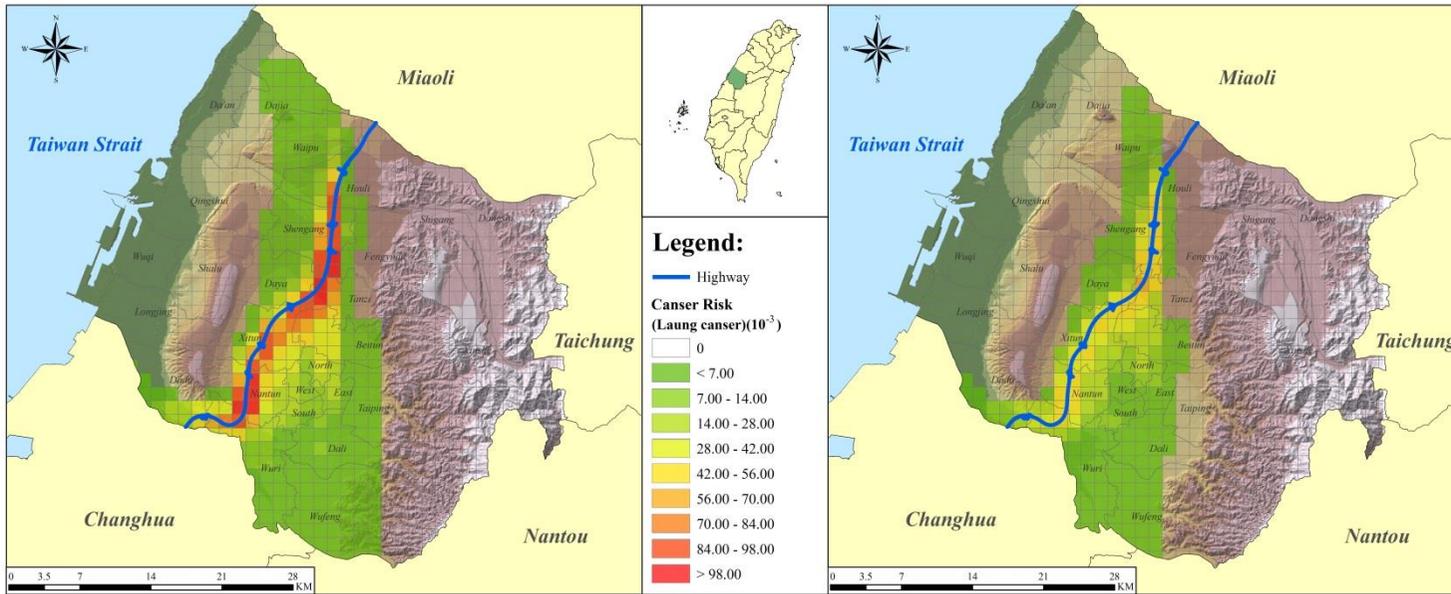
附圖 3-8 2015 年 8 月肺癌風險空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態



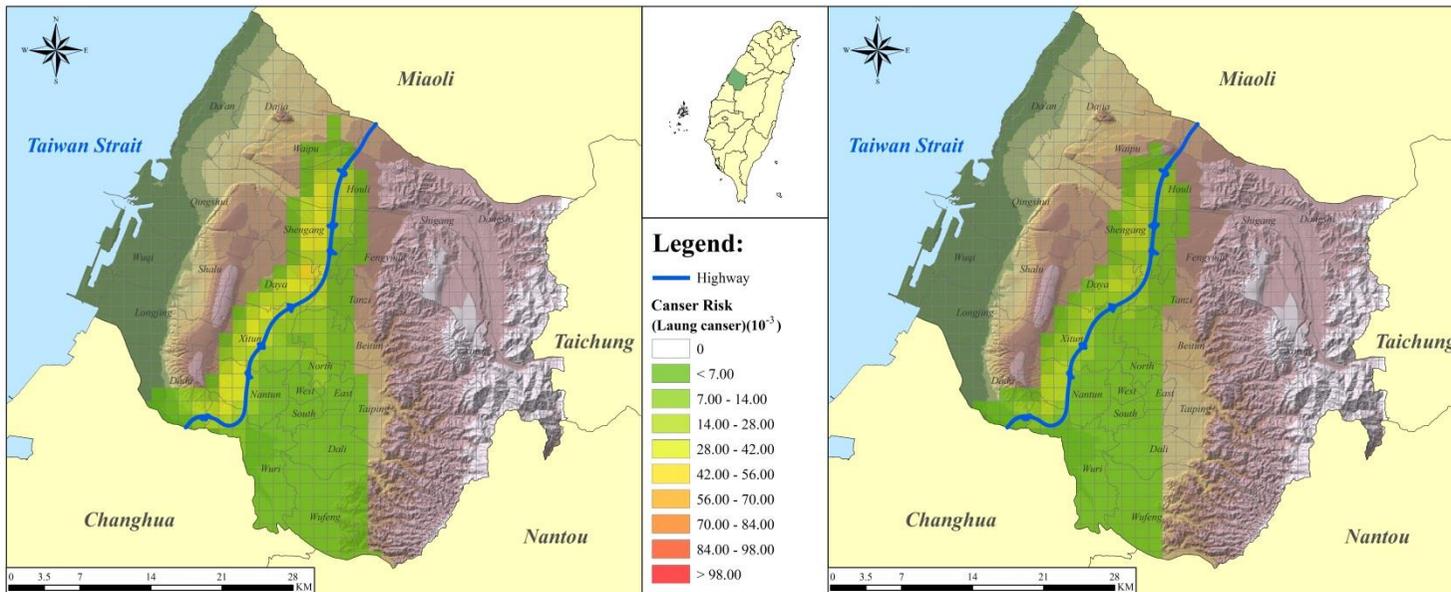
附圖 3-9 2015 年 9 月肺癌風險空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態



附圖 3-10 2015 年 10 月肺癌風險空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態

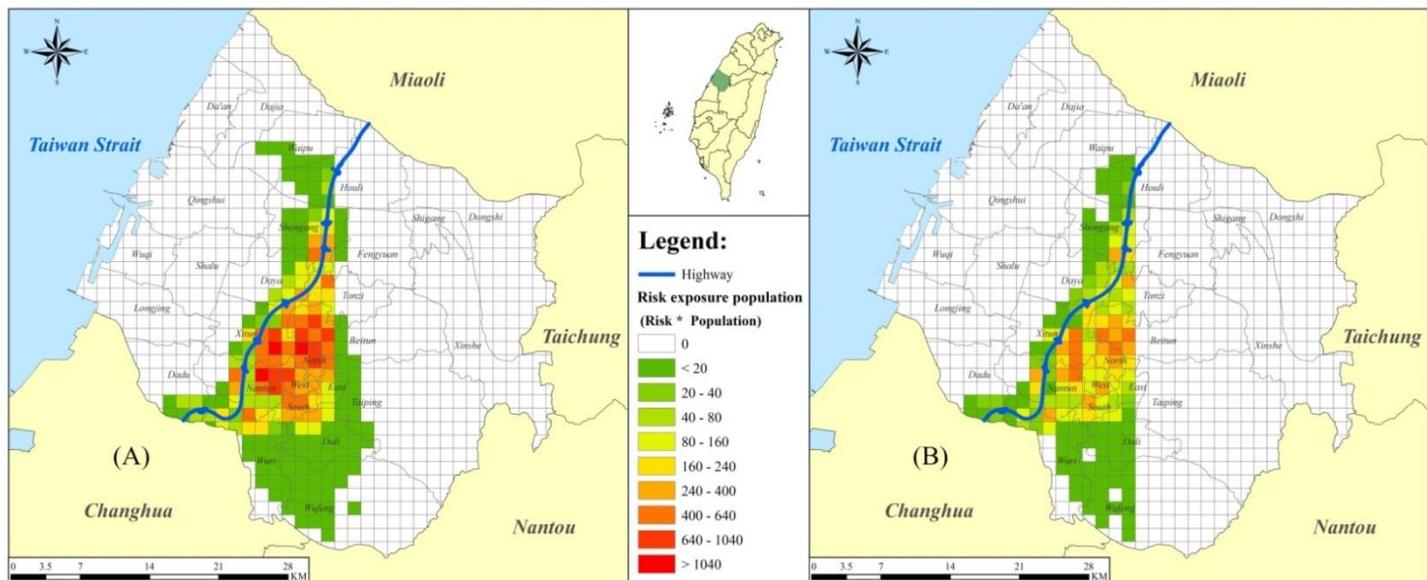


附圖 3-11 2015 年 11 月肺癌風險空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態

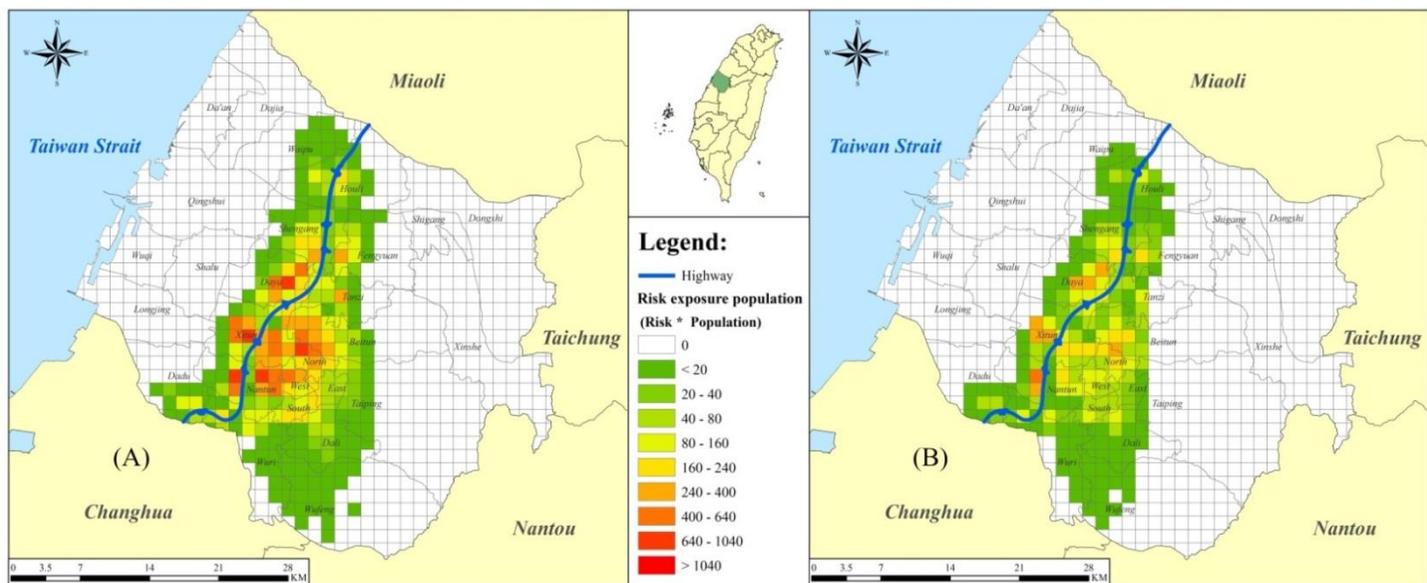


附圖 3-12 2015 年 12 月肺癌風險空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態

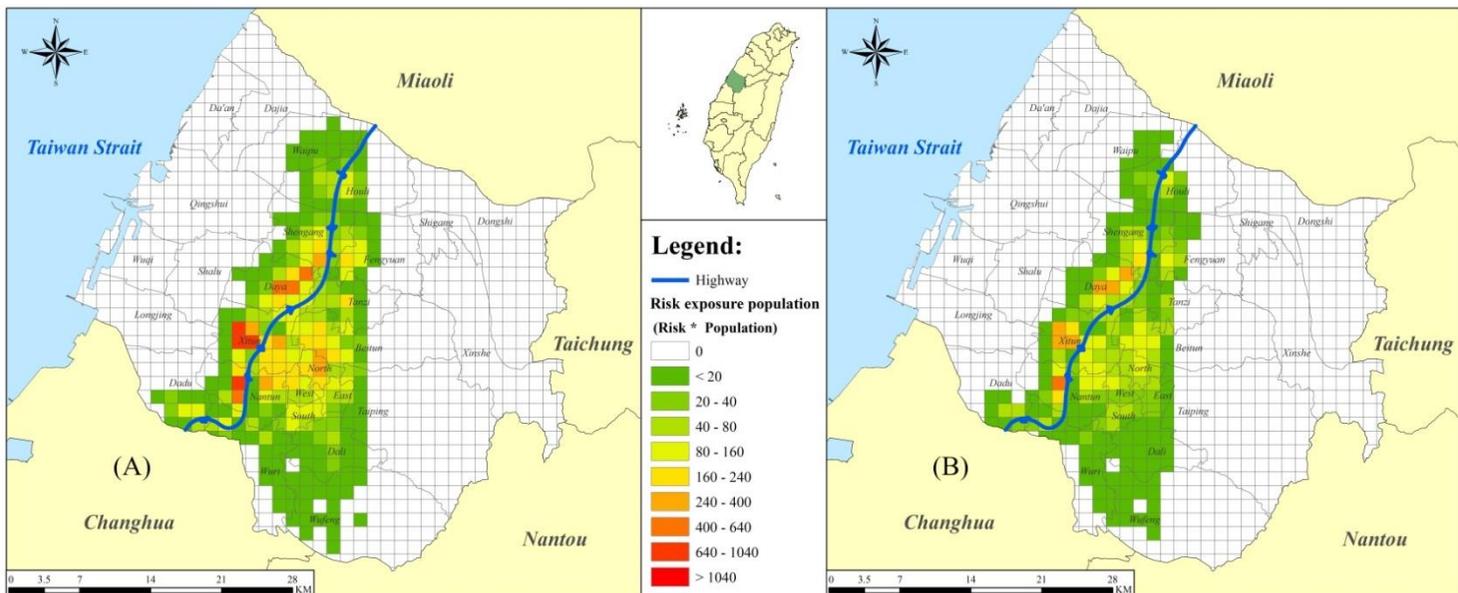
附圖 4 肺癌風險人數空間分布逐月結果



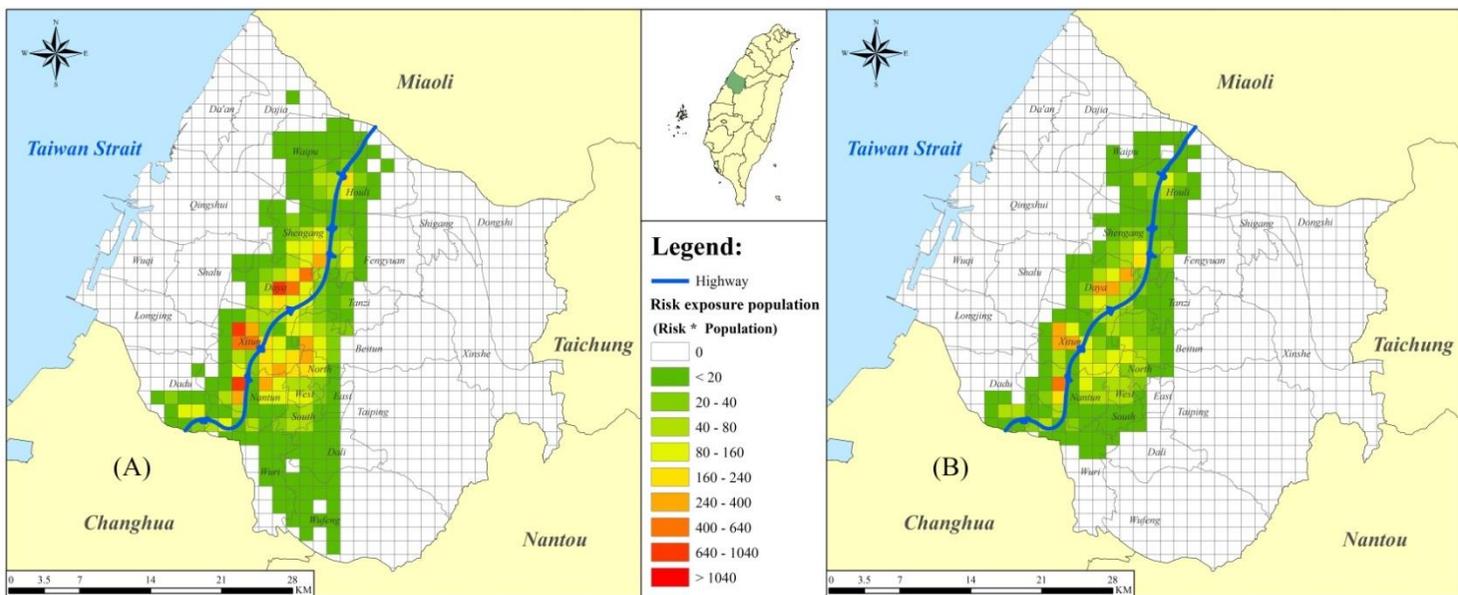
附圖 4-1 2015 年 1 月肺癌風險人數空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態



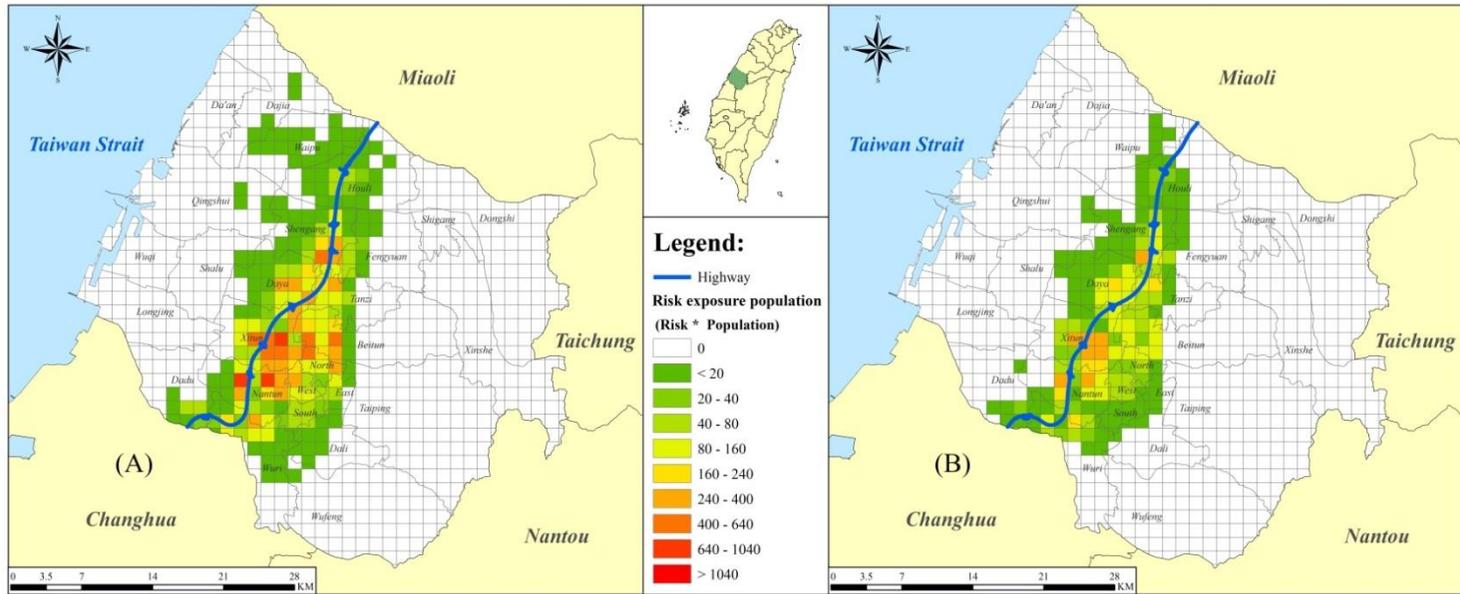
附圖 4-2 2015 年 2 月肺癌風險人數空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態



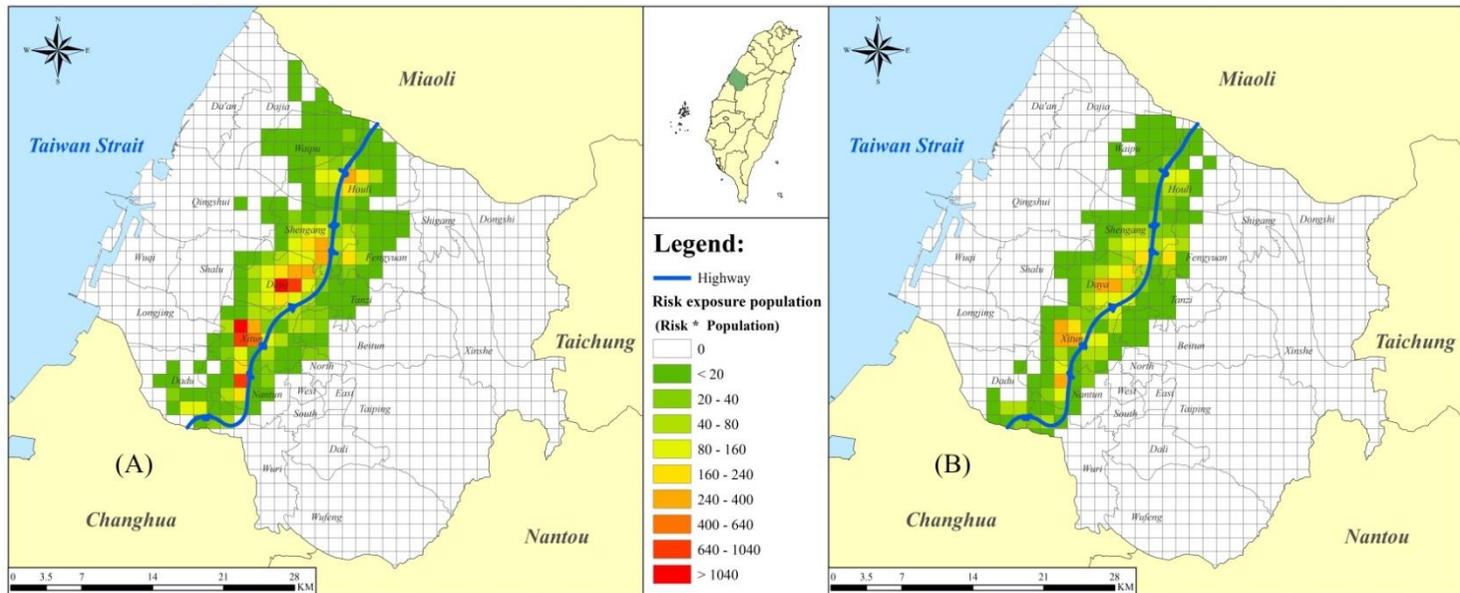
附圖 4-3 2015 年 3 月肺癌風險人數空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態



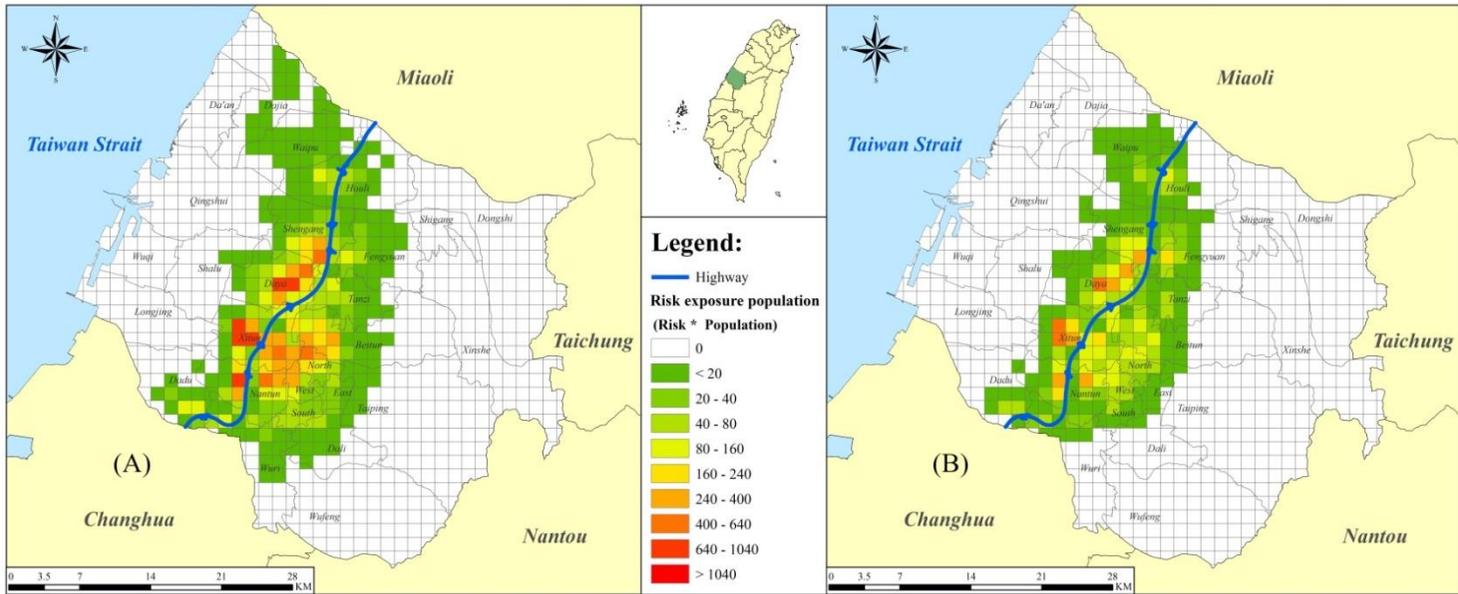
附圖 4-4 2015 年 4 月肺癌風險人數空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態



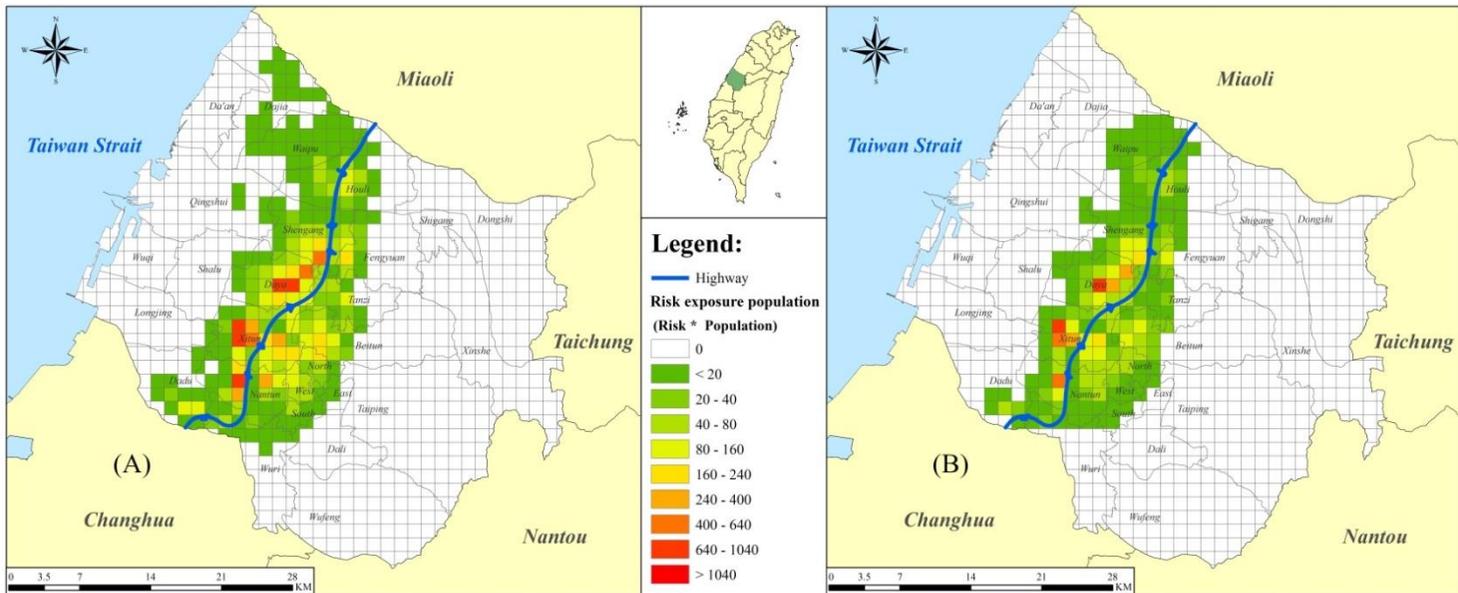
附圖 4-5 2015 年 5 月肺癌風險人數空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態



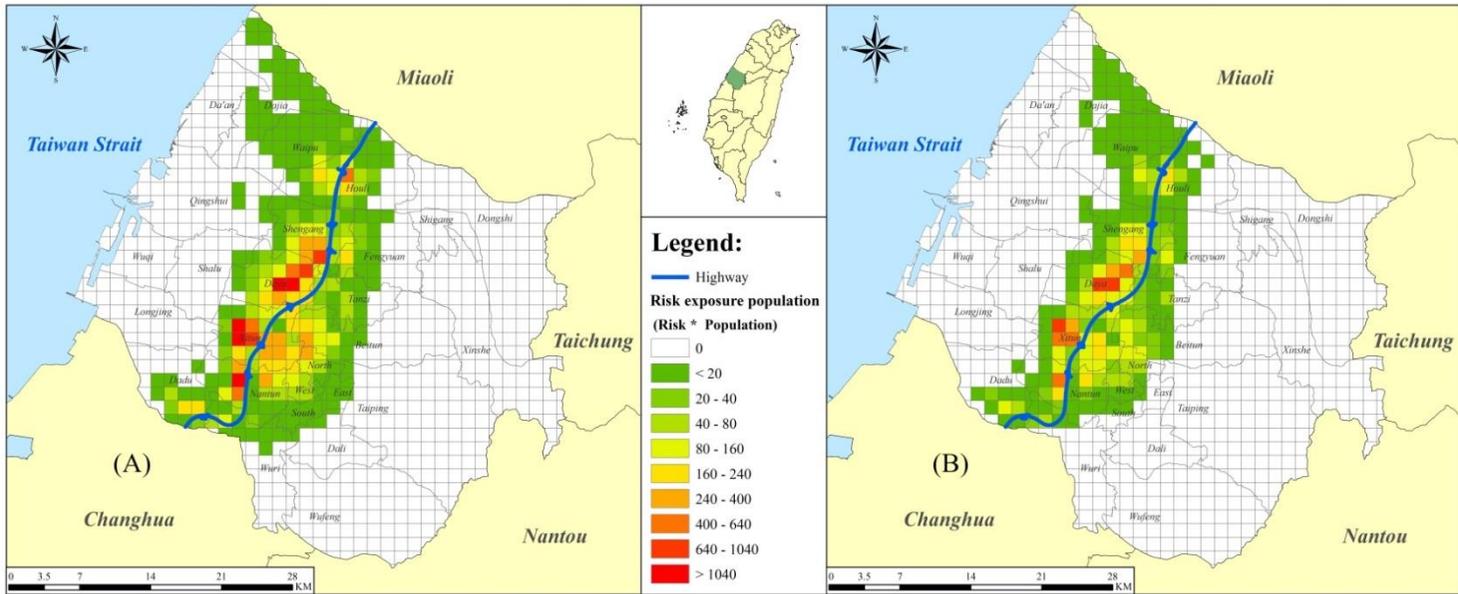
附圖 4-6 2015 年 6 月肺癌風險人數空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態



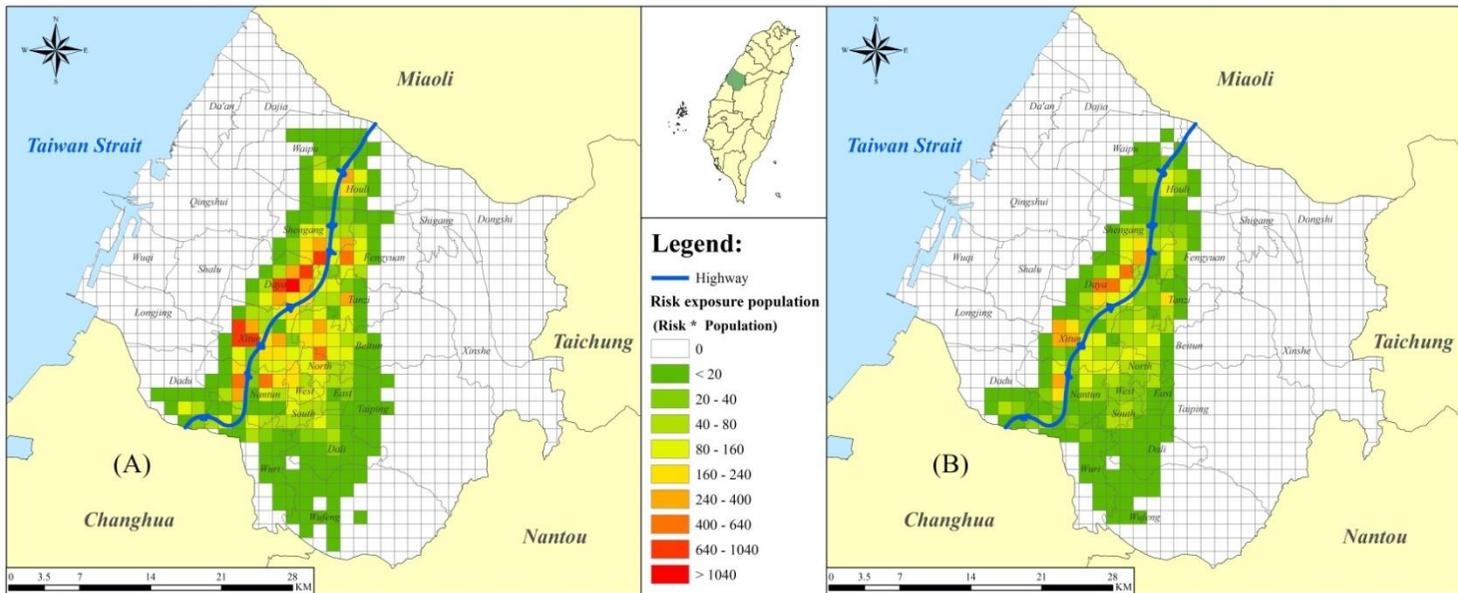
附圖 4-7 2015 年 7 月肺癌風險人數空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態



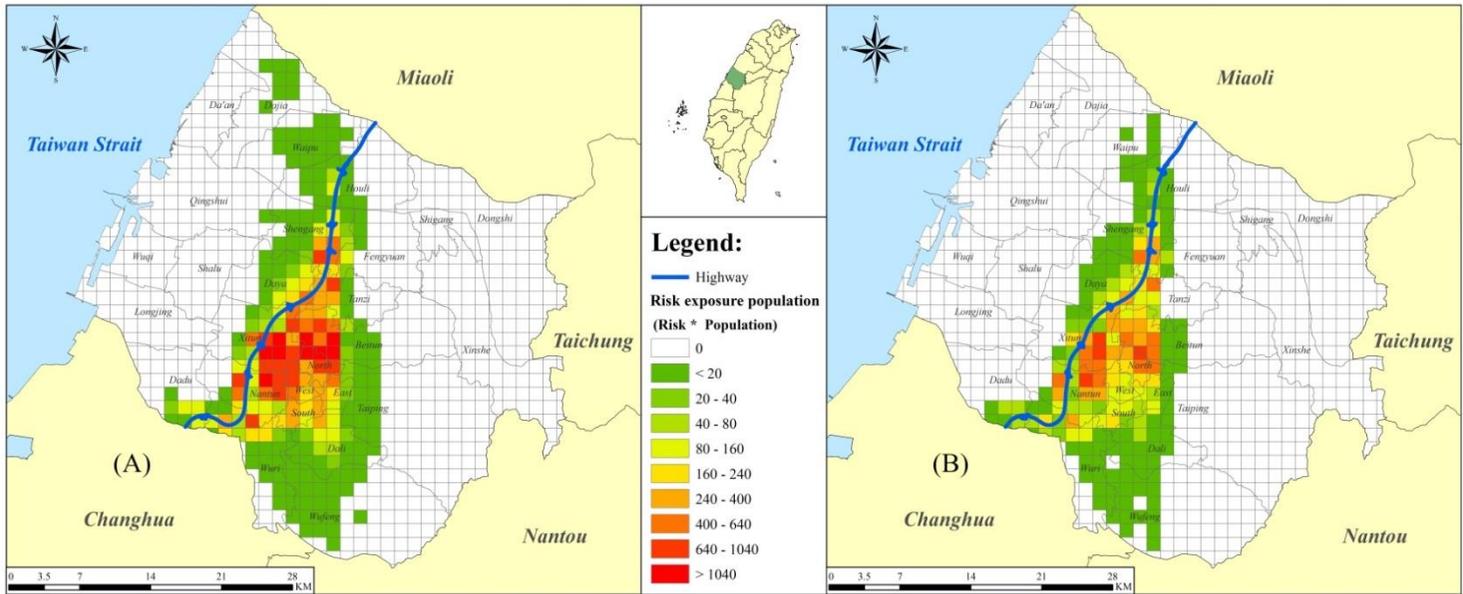
附圖 4-8 2015 年 8 月肺癌風險人數空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態



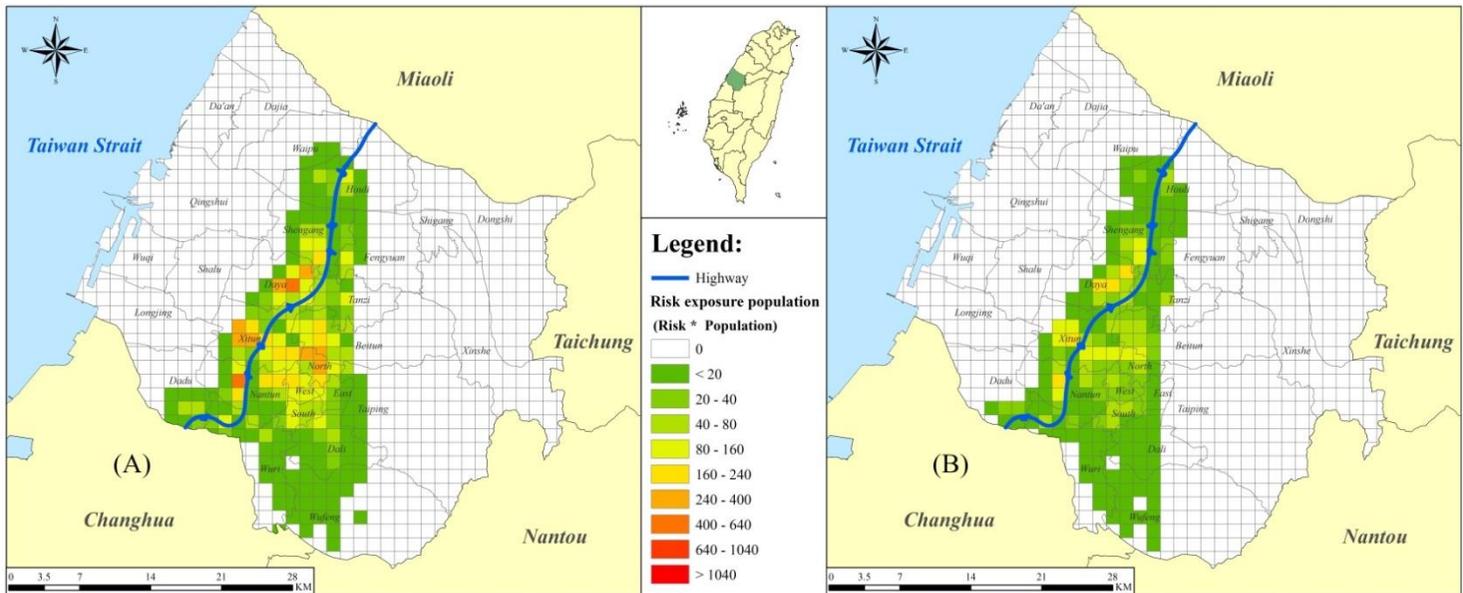
附圖 4-9 2015 年 9 月肺癌風險人數空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態



附圖 4-10 2015 年 10 月肺癌風險人數空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態



附圖 4-11 2015 年 11 月肺癌風險人數空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態



附圖 4-12 2015 年 12 月肺癌風險人數空間分布 (A)平日型態 (B)假日型態