

摘 要

本研究之目的期於能夠善用中部地區空氣品質監測站之濃度與氣象監測資料，從中找出空氣品質受氣象因素之影響關係，如此得以探討污染物濃度與大氣傳輸作用之相互關聯性。其中，運用監測站之氣象數據，繪製各種時段或季節之測站所在位置的風花圖，並與污染濃度變化圖結合說明，進一步探討事件期間，區域內污染物之傳輸與分布情形。同時在整合各項系統之資料介接後，依其各數據之特性再針對本市人口、公害陳情案件分布等進行交叉比對，以探討民眾訴求，充分瞭解公害陳情案件發生之時、空特性，以及空氣污染傳輸與主要污染源所在位置之相互關聯性。

另外，藉由探討與分析市場上各感測裝置，例如：感測裝置原理、偵測範圍、干擾因素、電力需求、通訊傳輸方式、操作使用及應用模式等規格功能及特性；綜合評估未來物聯網之監測系統可能功能及規格。同時進行大數據(Big Data)實例分析：提供實例分析結果與報告，進行資料探勘分析。上述結果進一步用以提供未來環境監測研究方向以及其他資料應用，並包含提供與本案研究相關之國內外研究分析或成功案例分析。做到建構空間資訊以有效管理，並做為改善策略擬定與調適措施推動的依據，同時藉由物聯網技術，提供民眾有興趣之即時監測資訊，達成有效環境管理與保護之目的。

關鍵字：物聯網、感測器、空間分析、大數據

Abstract

The purpose of this research is to find out the relationship between the air quality and meteorological factors through the concentration and meteorological monitoring data of air quality monitoring stations in Central Taiwan so as to explore the correlation between concentration of contaminant and transmission effect of atmosphere. Also, drawing Wind Rose Chart of the location of monitoring stations for various periods and seasons, explaining the tendency chart of concentration of pollution, and explore the transmission and distribution status of contaminant. Furthermore, after integrating the data from each system, and comparing across local demographics and public nuisance petitions according to the features of different data. Therefore, we can explore people's demands and fully understand the characteristics when public nuisance petitions occur, and the correlation between the transmissions of air pollution and location of main contaminants.

In addition, evaluating the function and specification for the monitoring system of future IOT by exploring and analyzing different features of sensing devices, such as the principle of sensing device, detection range, interference factors, electricity consumption, transmission method, and operation and application mode. Also, providing results and reports of Big Data case study, and conducting data mining. These results could apply in future environment monitoring and other applications, and provide analysis of domestic and international research or successful cases. We expect to construct spatial information for effective management and improve strategy formulation and adjustment measures. With IOT technology, we could provide real-time monitoring information which the public is interested in for environment management and protection.

Key words: IOT, Sensor, Spatial Analysis, Big Data

目 錄

壹、緒論.....	1
一、工作項目	1
二、研究架構.....	2
三、研究流程	3
四、工作項目章節對照表	4
貳、環境污染監測資訊分析研究	5
參、環境污染監測資訊空間分析研究	15
一、空間分析(Spatial Analysis)概述及實作設計	15
二、環境污染監測模擬	20
三、臺中市水質資訊展現	47
四、臺中市噪音監測站資訊	51
肆、環境污染監測物聯網技術評估探討	54
一、物聯網技術探討	54
二、環境感測器發展趨勢	60
三、結合物聯網之環境監測系統架構	78
四、感測器未來設置方向	81
伍、環境議題大數據分析	86
一、資料整理	86
二、資料分析(第一次分析)	88
三、空間自相關分析(第二次分析)	104
陸、國內外相關案例分析	109
一、資料收集平台 (透明足跡)	109
二、感測器資料與其他單位資料鏈結案例	110
三、希臘塞薩洛尼基市定空氣污染指標作為政策擬定案例	113
四、英國地方政府加重污染熱點之經費配置案例	114
五、歐盟運用互聯網呈現空氣品質狀況與指數案例	115
六、北京市運用網絡平台呈現空品狀況之案例	116
七、桃園市天羅地網—環境資訊暨污染預警系統服務計畫案例 ..	116
八、國際相關案例參考採用之建議	117
柒、未來發展方向探討與結論建議	123
一、環境監測研究方向應用探討	123
二、未來物聯網監測系統建置規劃及經費需求	128
三、結論與建議	132

捌、 專案執行期程	135
一、 工作進度規劃	135
二、 計畫執行進度	136
附件一 期初會議委員意見回覆	
附件二 期中會議委員意見回覆	
附件三 期末會議委員意見回覆	

圖目錄

圖 1-1 計畫執行流程圖	3
圖 2-1 本項工作之執行流程圖	6
圖 2-2 大臺中地區環保署、臺中市環保局與臺中電廠設置空品測站位置.....	7
圖 2-3 本工作團隊繪製中部地區 2013 年之六種空氣污染物範例圖..	9
圖 2-4 本團隊先前繪製之中部地區 2009~2013 年四季風花圖，紅點處為氣象監測數據被用以繪製各縣市風花圖之空品測站位置	10
圖 2-5 疊加地面風場、等濃度與地形之三者合成疊圖	12
圖 2-6 本團隊繪製大臺中地區西南與東北季風之逐時之地面風場範例圖.....	12
圖 2-7 同季節風但不同地面風場下之疊加風場、等濃度與地形合成範例圖	13
圖 3-1 套疊分析示意圖(沙鹿區淹水災例與區域排水分布位置圖)..	16
圖 3-2 空間分析示意圖(沙鹿區淹水深度分析)	17
圖 3-3 真實資料讀取 (資料來源: 民眾陳情資料).....	19
圖 3-4 將坐標點呈現於地圖上 (Python 程式示意).....	19
圖 3-5 視覺化套疊成果	20
圖 3-6 臺中市空氣污染模擬圖	23
圖 3-7 臺中市空氣污染模擬圖與陳情案件分布圖	24
圖 3-8 2016 年 4 月 1 日 AQI 內插圖	27
圖 3-9 2016 年 10 月 19 日 AQI 內插圖	28
圖 3-10 臺中市工業區位圖	29
圖 3-11 2016 年 4 月 1 日臺中市工業區環域分析與公害陳情案件空間分布.....	31
圖 3-12 2016 年 10 月 19 日臺中市工業區環域分析與公害陳情案件空間分布.....	31
圖 3-13 2016 年 4 月 1 日 AQI 與公害陳情案件空間分布	33
圖 3-14 2016 年 10 月 19 日 AQI 與公害陳情案件空間分布	33
圖 3-15 2016 年 4 月 1 日空氣品質指數 AQI 與工業相關公害陳情案件空間聚集分析	38
圖 3-16 2016 年 10 月 19 日空氣品質指數 AQI 與工業相關公害陳情案件空間聚集分析	38
圖 3-17 2016 年 4 月 1 日人口密度與空氣品質指數 AQI 空間聚集分析.....	40
圖 3-18 2016 年 10 月 19 日人口密度與 AQI 空間聚集分析.....	40

圖 3- 19 2016 年 4 月 1 日人口密度與工業相關公害陳情案件空間聚集分析.....	41
圖 3- 20 2016 年 10 月 19 日人口密度與工業相關公害陳情案件空間聚集分析.....	42
圖 3- 21 2016 年 4 月 1 日細懸浮微粒 PM _{2.5} 與公害陳情案件空間分布.....	43
圖 3- 22 2016 年 10 月 19 日細懸浮微粒 PM _{2.5} 與公害陳情案件空間分布.....	44
圖 3- 23 臺中市各河川位置圖	47
圖 3- 24 臺中市河川水質監測站(共 49 站)	49
圖 3- 25 環保署於臺中市設置之河川水質監測站(共 21 站).....	50
圖 3- 26 臺中市水系各河段監測數據以色差來呈現 RPI 值示意圖 ..	50
圖 3- 27 本團隊建議之台中市河川採樣位置圖	51
圖 3- 28 臺中市噪音監測站地理位置圖	53
圖 3- 29 105 年 5 月臺中市噪音監測情形	53
圖 4- 1 NB-IoT 整體架構	56
圖 4- 2 Sigfox 架構	57
圖 4- 3 Lora 通訊架構.....	58
圖 4- 4 灰塵感測器電路圖	65
圖 4- 5 多階層的全國空氣品質監測體系	80
圖 4- 6 環境監測系統架構.....	80
圖 4- 7 小間距 500 個空氣盒子全面性裝設於非山區區域之建議網格設置位置.....	82
圖 4- 8 大間距 120 個空氣盒子全面性裝設於非山區區域之建議網格設置位置.....	82
圖 4- 9 大間距 120 個空氣盒子全面性裝設之四個端點位置與座標。.....	83
圖 4- 10 特殊性需求佈建之裝設位置圖	84
圖 4- 11 監測值組之移動式九宮格選取示意圖	85
圖 5- 1 原始資料	87
圖 5- 2 轉置後資料	87
圖 5- 3 文字剖析-詞頻統計.....	88
圖 5- 4 月份統計	92
圖 5- 5 月份統計-異味污染物.....	94
圖 5- 6 次類別統計-異味污染物.....	94
圖 5- 7 文字雲-燃燒行為.....	95
圖 5- 8 行政區統計-燃燒行為.....	95
圖 5- 9 月份統計-燃燒行為.....	95

圖 5- 10 文字雲-油煙.....	96
圖 5- 11 行政區統計-油煙(便當店).....	96
圖 5- 12 行政區統計-油煙(早餐店).....	96
圖 5- 13 月份統計-油煙(便當店).....	97
圖 5- 14 月份統計-油煙(早餐店).....	97
圖 5- 15 文字雲-製程異味.....	97
圖 5- 16 行政區統計-製程異味.....	98
圖 5- 17 月份統計-製程異味.....	98
圖 5- 18 月份統計-噪音.....	99
圖 5- 19 次類別統計-噪音.....	99
圖 5- 20 文字雲-動力機具.....	100
圖 5- 21 行政區統計-動力機具.....	100
圖 5- 22 月份統計-動力機具.....	100
圖 5- 23 文字雲-擴音設備.....	101
圖 5- 24 行政區統計-擴音設備.....	101
圖 5- 25 月份統計-擴音設備.....	101
圖 5- 26 文字雲-均能噪音.....	102
圖 5- 27 行政區統計-均能噪音.....	102
圖 5- 28 月份統計-均能噪音.....	102
圖 5- 29 2016 年 4 月 1 日 PM _{2.5} 與燃燒類陳情案件空間聚集分析 ..	105
圖 5- 30 2016 年 10 月 19 日 PM _{2.5} 與燃燒類陳情案件空間聚集分析 ..	105
圖 5- 31 2016 年 4 月 1 日人口密度與 PM _{2.5} 空間聚集分析 ..	106
圖 5- 32 2016 年 10 月 19 日人口密度與細懸浮微粒 PM _{2.5} 空間聚集分析 ..	107
圖 5- 33 2016 年 4 月 1 日人口密度與燃燒類陳情案件空間聚集分析 ..	108
圖 5- 34 2016 年 10 月 19 日人口密度與燃燒類陳情案件空間聚集分析 ..	108
圖 6- 1 透明足跡網站 (https://thaubing.gcaa.org.tw/) ..	110
圖 6- 2 歐盟專案，空氣品質鏈結資料案例 ..	111
圖 6- 3 歐盟專案，水資源利用監控案例.....	111
圖 6- 4 歐洲 PM _{2.5} 資料，28 個國家收集案例 ..	112
圖 6- 5 歐洲 PM ₁₀ 資料收集案例.....	112
圖 7- 1 運用低銳角攝影以減低地表熱源干擾示意圖 ..	125
圖 7- 2 目標地區遙測飛行示意圖 ..	125
圖 7- 3 PM _{2.5} 圖像霧霾演算。(a).霧霾圖像、(b).去除霧霾後圖像、(c).恢復深度圖像。 ..	125

圖 7-4 運用雙攝影機反向攝影以減低地表熱源干擾示意圖	126
圖 7-5 目標工廠/工業區遙測飛行示意圖	126
圖 7-6 煙流追蹤遙測飛行模擬圖	127
圖 7-7 臺中電廠煙流之衍生氣膠前驅物吸收光譜截取區塊，顏色越 深表濃度越高	127

表目錄

表 1-1 工作項目章節對照表	4
表 3-1 資料蒐集清單	21
表 3-2 公害陳情案件清單(空氣污染、異味污染)	24
表 3-3 臺中市工業區環域分析範圍內陳情案件數量	30
表 3-4 各行政區 2016 年兩時段工業相關公害陳情案件數量	34
表 3-5 BILISA 四種情況代表含意	36
表 3-6 各行政區 2016 年兩時段燃燒類公害陳情案件數量	45
表 3-7 環保署訂定之河川污染指標(RPI)分類表	48
表 3-8 本團隊建議之河川污染指標(RPI) 9 級分類表	48
表 3-9 臺中市噪音監測站基本資料	52
表 4-1 通訊差異比較表	55
表 4-2 NB-IoT 窄頻物聯網與 LoRa 長距離無線通訊	59
表 4-3 PM _{2.5} 懸浮微粒量測方式比較	64
表 4-4 各項空氣污染物之空氣品質標準規定一覽表	67
表 4-5 即時空氣品質指標(AQI)計算	69
表 4-6 污染物濃度與污染副指標值對照表	70
表 4-7 空氣品質指標(AQI)與健康影響	70
表 4-8 空氣品質指標(AQI)與活動建議	70
表 4-9 河川污染指數計算 (RPI) 及比對基準一覽表	72
表 4-10 水庫水質優養程度 (依 CTSI 分類)	72
表 4-11 工廠(場)噪音管制標準值	76
表 4-12 娛樂場所、營業場所噪音管制標準值	76
表 4-13 營建工程噪音管制標準值	76
表 4-14 其他經主管機關公告之場所及設施之噪音管制標準值 (場 所及風力發電機組以外之設施)	77
表 4-15 感測器量測規格形式表	77
表 5-1 行政區統計	88
表 5-2 陳情項目統計	90
表 5-3 案件來源統計	90
表 5-4 受理日期月份統計	91
表 5-5 月份與陳情項目統計	92
表 5-6 月份統計-異味污染物	94
表 5-7 月份統計-噪音	99
表 7-1 微型環境監測系統含建置所需費用估算	131
表 8-1 工作進度表	136

壹、緒論

全球暖化及氣候異常變遷，以及所造成影響與衝擊強度，都變劇與加大。因此，無論中央或地方環境保護主管單位，均必須調整因應腳步，加快擬定改善策略與推動調適措施。其中，改善策略的擬定與調適措施的推動都必須依據環境變動的狀況而為之，而環境變動的狀況就顯現於環境監測之結果。

國內各項環境監測已執行多年，各項監測技術、監測設備與監測數據之品管品保等，都已相當周全與成熟。然而對於眾多監測項目與龐大監測數據之解讀與運用，仍有提升之空間。尤其在資訊快速成長與發達的今日，整合各項環境監測資訊於地理資訊系統，建構空間資訊以有效管理，並做為改善策略擬定與調適措施推動的依據，同時藉由物聯網技術，提供民眾有興趣之即時監測資訊。如此得以呈現政府之環境管理與施政成效，是一個重要的課題與努力方向。

一、工作項目

依遴選須知所列工作項目，本計畫屬性整合大數據資料，進行物聯網之環境污染監測預警可行性研究，並先以空氣品質監測為例執行相關研究。工作項目如下：

- (一)藉由中部地區空氣品質監測站之氣象與濃度監測資料，探討污染物濃度與大氣傳輸作用之相互關聯性。運用監測站之氣象條件繪製風花圖，與污染濃度變化圖結合說明，並進一步探討事件期間，區域內污染物之傳輸與分布情形。
- (二)可依本市為例，在整合各項系統之資料介接後，依其各數據之特性再針對本市人口、公害陳情案件分布等進行交叉比對，以探討民眾需求。

- (三)可探討分析市場上各感測裝置，例如：感測裝置原理、偵測範圍、干擾因素、電力需求、通訊傳輸方式、操作使用及應用模式等規格功能及特性；綜合評估未來物聯網之監測系統可能功能及規格。
- (四)進行大數據(Big Data)實例分析：提供 2 次(Big Data)實例分析結果與報告，實例分析資料來源可取自合法取得之公私機關、企業之資料，進行資料探勘分析。
- (五)提供未來環境監測研究方向以及其他資料應用。
- (六)提供與本案研究相關之國內外研究分析或成功案例分析。

二、研究架構

由於工作項目中需提供與本案研究相關之國內外研究分析或成功案例分析等，因此相關參考資料蒐集與研析是計畫執行之初，就必須持續不斷的工作。擬定測站氣象與空品監測資料蒐集與彙整方式，是確定後續引用、展現與發揮本計畫目的之一項重要工作。初步蒐集與彙整空氣污染物與氣象監測資料之空氣品質監測站為大臺中地區(苗栗、臺中、彰化與南投)環保署 14 座空品測站與本市 6 座地方空品測站。污染濃度與氣象測值輪廓線圖繪製系統建立，以及圖形疊加與時序展示軟體開發與運用等工作，是接續推動的項目。由測值輪廓線圖繪製、以及圖形疊加與時序展示的結果，便可以進行污染熱點與傳輸途徑與氣象因素影響等二項解析工作。結合上述成果，與納入本市人口、公害陳情案件資料，則可進行交叉比對，以探討民眾需求，以及建構公害陳情案件發生之時、空特性，以及空氣污染傳輸與主要污染源所在位置之相互關聯性。

三、研究流程

本計畫之整體程序如圖 1-1 所示。

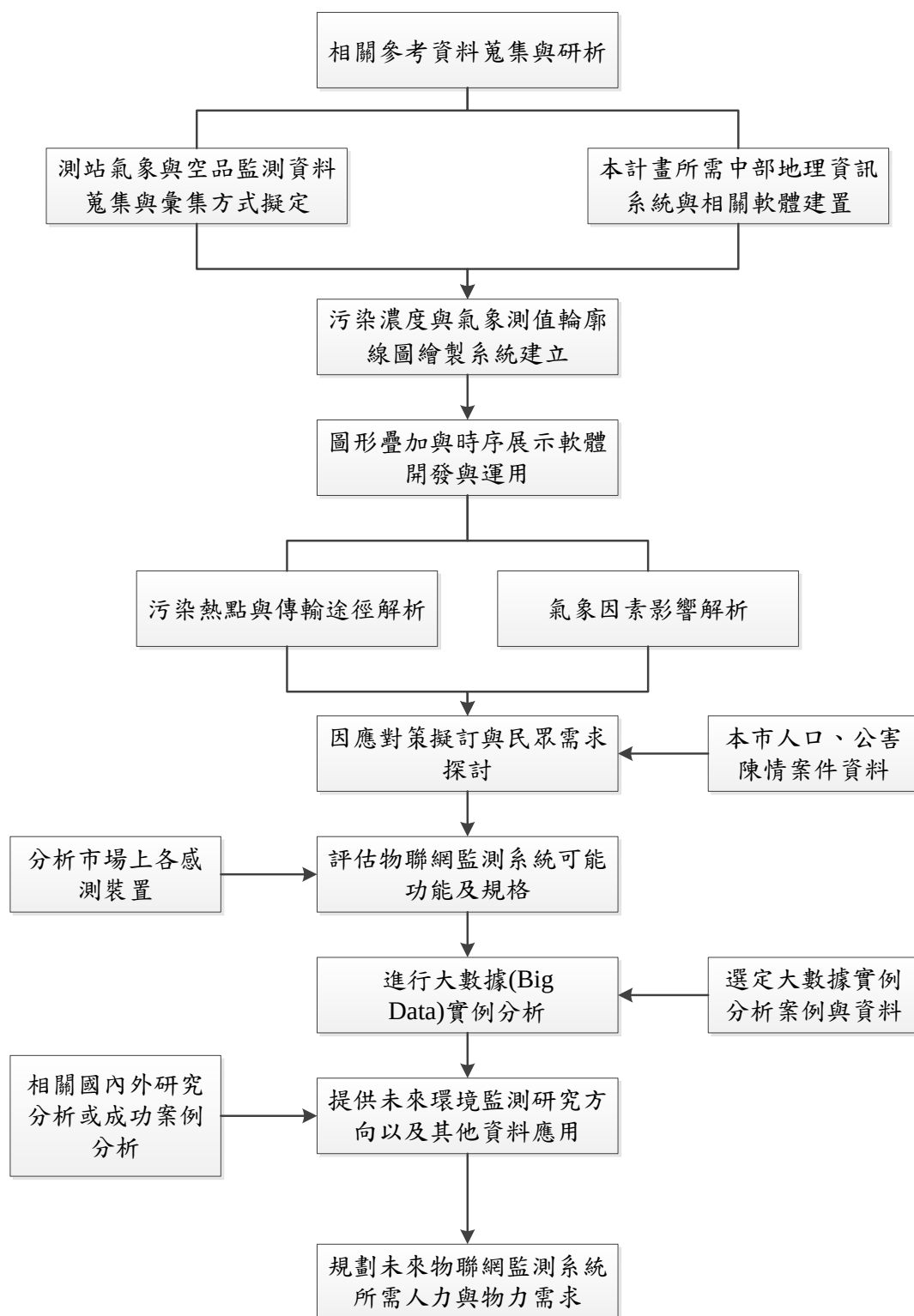


圖 1-1 計畫執行流程圖

四、工作項目章節對照表

各工作項目對應章節頁數如下表所示：

表 1-1 工作項目章節對照表

序號	工作項目名稱	章節名稱	頁碼
1	藉由中部地區空氣品質監測站之氣象與濃度監測資料，探討污染物濃度與大氣傳輸作用之相互關聯性。運用監測站之氣象條件繪製風花圖，與汙染濃度變化圖結合說明，並進一步探討事件期間，區域內污染物之傳輸與分布情形。	貳、環境污染監測資訊分析研究	5-14
2	可依本市為例，在整合各項系統之資料介接後，依其各數據之特性再針對本市人口、公害陳情案件分布等進行交叉比對，以探討民眾需求。	參、環境污染監測資訊空間分析研究	15-53
3	可探討分析市場上各感測裝置，例如：感測裝置原理、偵測範圍、干擾因素、電力需求、通訊傳輸方式、操作使用及應用模式等規格功能及特性；綜合評估未來物聯網之監測系統可能功能及規格。	肆、環境污染監測物聯網技術評估探討	54-85
4	進行大數據(Big Data)實例分析：提供 2 次(Big Data)實例分析結果與報告，實例分析資料來源可取自合法取得之公私機關、企業之資料，進行資料探勘分析。	伍、環境議題大數據分析	86-108
5	提供與本案研究相關之國內外研究分析或成功案例分析。	陸、國內外相關案例分析	109-122
6	提供未來環境監測研究方向以及其他資料應用。	柒、未來發展方向探討與結論建議	123-134

貳、環境污染監測資訊分析研究

本項工作係以空氣品質監測為例，藉由大臺中地區 31 座空氣品質監測站之氣象與濃度監測資料，探討污染物濃度與大氣傳輸作用之相互關聯性。基於空氣污染物的快速傳輸，欲瞭解本市各空氣污染物的環境現況，其探討範圍必須含蓋與統整大臺中地區之空氣品質狀況。因此，本章節之環境空氣品質現況與污染影響狀況之陳述，均包含臺中市、苗栗縣、彰化縣與南投縣之大區域環境現況。圖 2-1 為執行本項工作之流程圖。首先定期彙整大臺中地區(苗栗、臺中、彰化與南投)環保署與本市地方空品測站之空氣象監測數據，本項工作在本年度之可行性研究中，是以人工進行彙整，未來實際推動則應採程式自動截取監測資料庫。因此，在本計畫之期末報告中提出以程式自動截取監測資料庫做為所需資料彙整。彙整資料分為空品與氣象二項逐時監測數據。空品監測數據包含：NO_x、SO₂、NMHC、O₃、PM_{2.5}、PM₁₀ 與 CO 等七項。氣象監測數據包含：風向(WD)、風速(WS)、相對濕度(RH)、UV-B、氣溫(Ambient T)與氣壓(Ambient P)等七項。選定收集大臺中地區環保署 15 座、臺中市環保局 6 座與臺中電廠 10 座空品測站之監測資料，31 座空品測站位置如圖 2-2 所示。

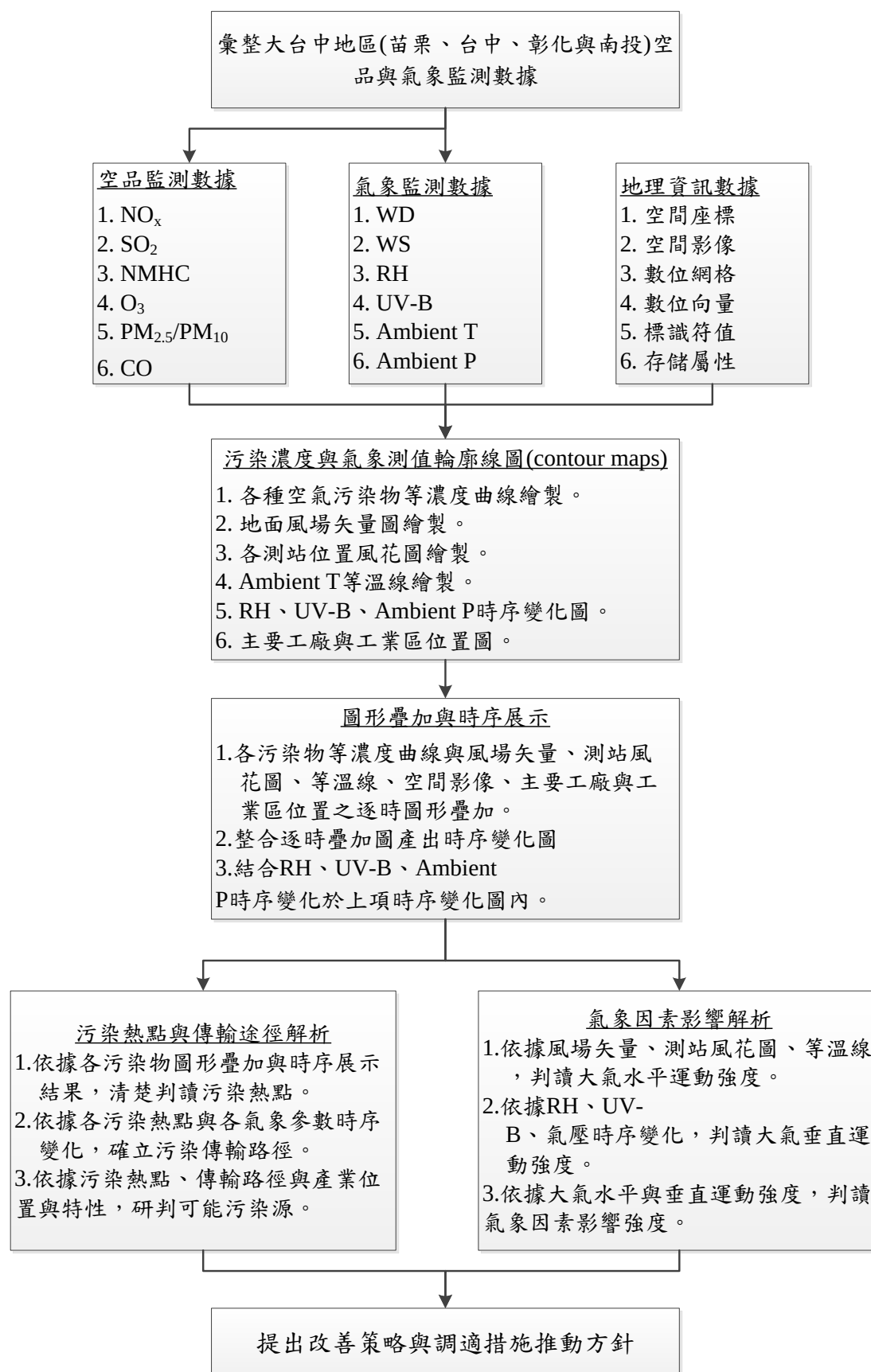


圖 2-1 本項工作之執行流程圖

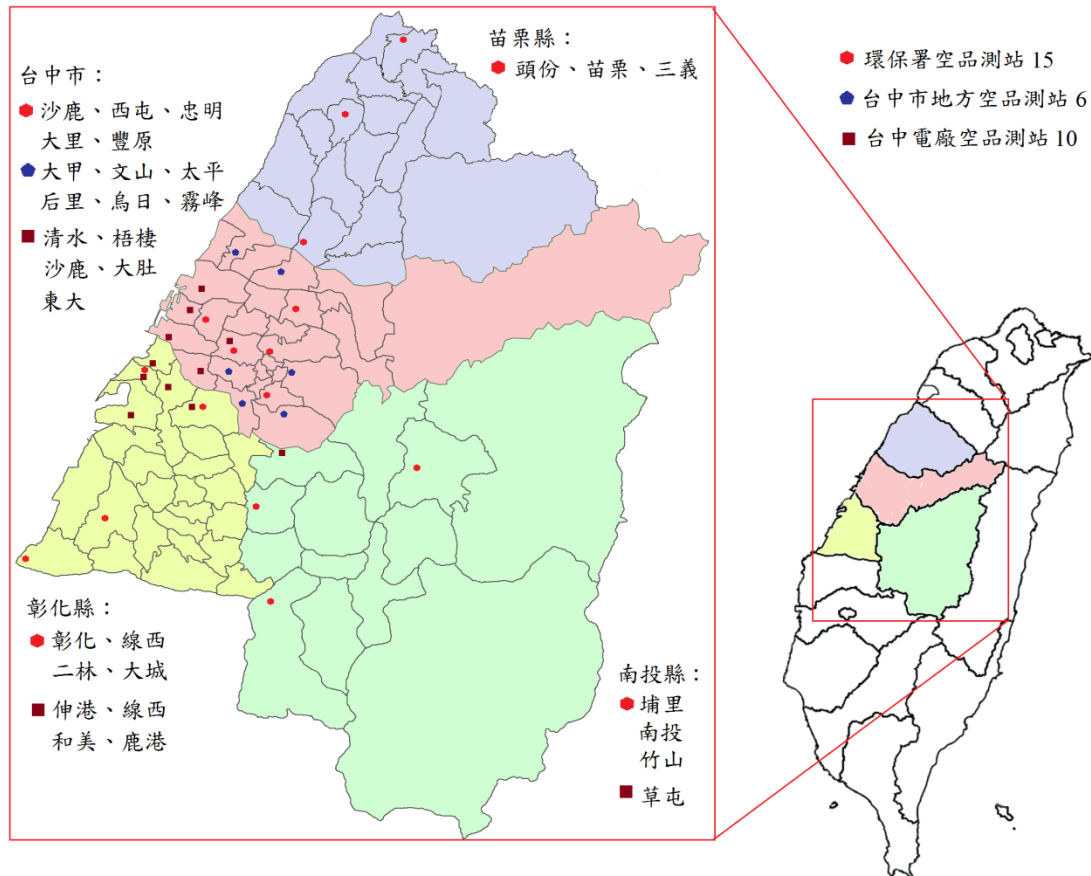


圖 2-2 大臺中地區環保署、臺中市環保局與臺中電廠設置空品測站位置

除前面提及之空氣品質監測與氣象監測項目外，地理資訊數據如空間座標、空間影像、數位網格、數位向量、標識符值與存儲屬性等，亦需建立與引入，做為展示所須之底圖。本項地理資訊數據是本團隊專精之工作，歷年來已完整建立全台灣之數位地圖與數位影響，立即可以直接套用。另外，主要工廠與工業區位置的顯現，非常重要。因此在做為展示之底圖內會清楚標示出大臺中地區主要工廠與工業區位置。

經由上述定期彙整大臺中地區(苗栗、臺中、彰化與南投)環保署與本市地方空品測站之空氣象監測數據工作，緊接著便是繪製各項污染濃度與氣象測值輪廓線圖(contour maps)，內容包含：1.各種空氣污染物等濃度曲線、2.地面風場矢量圖與 3.氣溫等溫線等。此三種資料均為具時間與空間變化之監測數據，所

以可以考慮繪製成各自之小時、日平均、月平均、季平均與年平均等方式之測值輪廓線圖來陳列。圖 2-3 為本工作團隊繪製中部地區 2013 年之六種空氣污染物範例圖。圖 2-3 顯示 2013 年全年 $PM_{2.5}$ 與 PM_{10} (圖 2-3 (a)與(b))均呈現濃度由北往南明顯遞增，全年最低濃度都位於后里地區。 PM_{10} 全年的濃度曲線與 $PM_{2.5}$ 相似，有一高濃度區塊位於彰化縣與雲林縣交接的近海地區，以及在臺中港附近地區的 PM_{10} 濃度較低，不若 $PM_{2.5}$ 的 $32 \mu g/m^3$ 等濃度曲線是呈現向北凸出， PM_{10} 的 $54 \mu g/m^3$ 等濃度曲線是呈現向南凹陷。全年 NMHC 的最低濃度區塊出現在臺中港區(圖 2-3 (c))，而且僅 20 ppb 左右，但最高濃度區塊則出現在大里與霧峰地區，NMHC 的等濃度曲線達 240 ppb 左右，是沿海地區的 12 倍，此狀況是四季如一，明顯與四季風場無關。整體而言，中部地區各縣市全年 SO_2 濃度都在 4 ppb 以下(圖 2-3 (c))，另外， SO_2 的濃度全年都是保持由內陸的東側往沿海的西邊略為遞增，此點不同於其他五種空氣污染物。圖 2-3 (e)與(f)分別為 NO 與 NO_2 全年之濃度分布狀況。NO 與 NO_2 的全年最高等濃度分別約 5 與 18 ppb 左右，最高值僅是沿海地區的 1~1.5 倍。

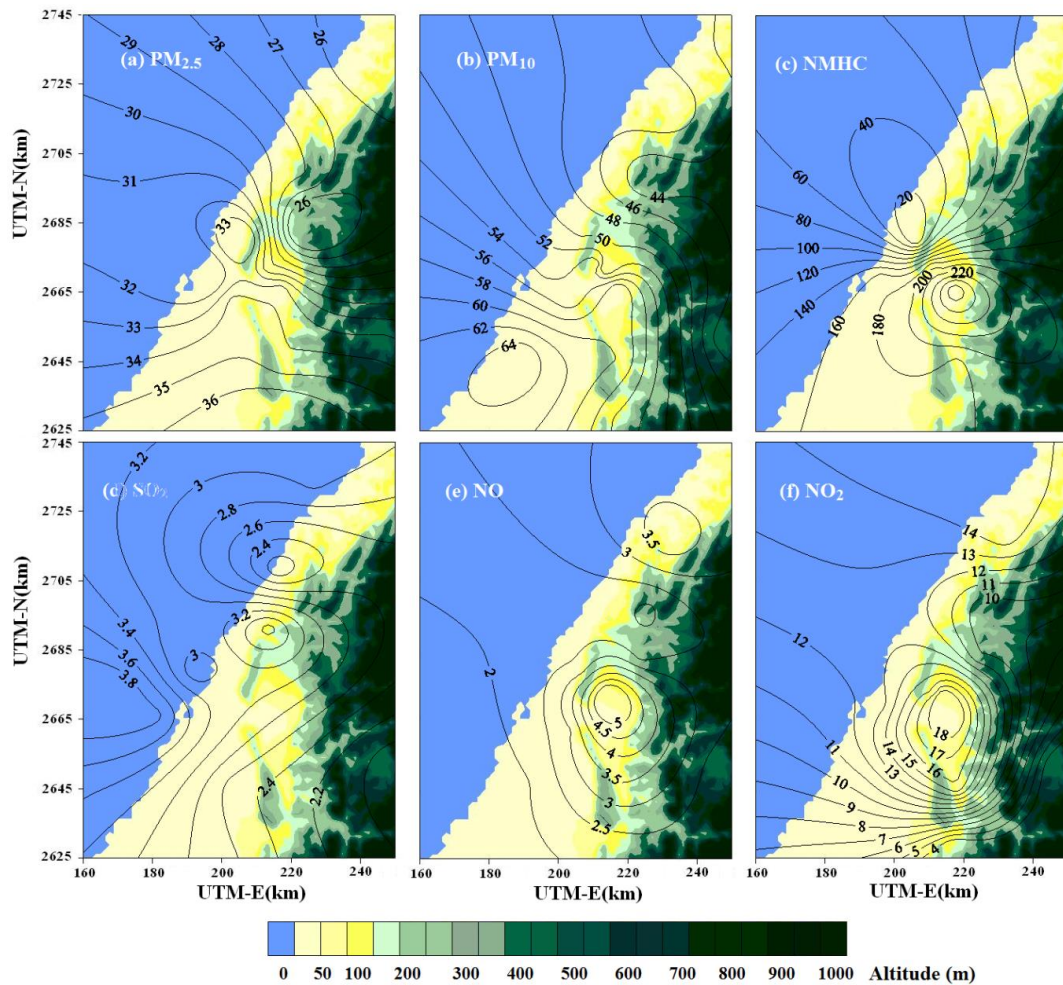


圖 2-3 本工作團隊繪製中部地區 2013 年之六種空氣污染物範例圖

相對濕度(RH)、紫外線 B(UV-B)與氣壓(P)三項測值在仍屬小區域的大臺中地區，僅只有時間變化，而無明顯空間變化，因此無法如前面三種資料可以繪製測值輪廓線圖來陳列，但可以繪製時序變化圖。未來本團隊針對相對濕度(RH)、紫外線 B(UV-B)與氣壓(P)等三項測值，即採用繪製時序變化圖來呈現。

依工作項目內容必須繪製與呈現各測站位置風花圖，風花圖係特定時段內之風向與風速分布機率的展現，而且為氣象監測站所在位置的風場。因此，本工作團隊會依月、季與年來繪製大臺中地區各空品監測站之風花圖。圖 2-4 為本團隊以往繪製中部地區 2009~2013 年四季風花圖，紅點處為氣象監測數據被用以繪製各縣市風花圖之空品測站位置。

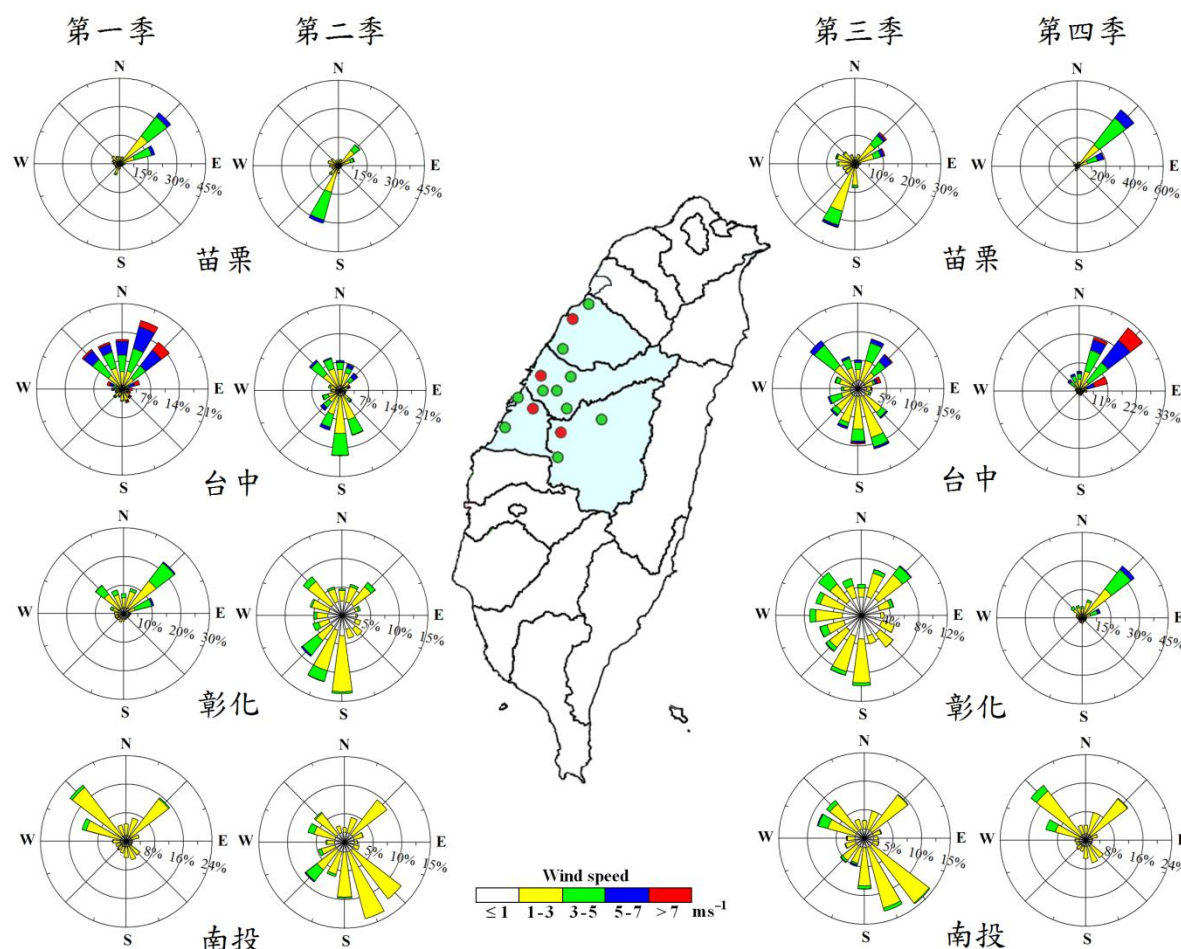


圖 2-4 本團隊先前繪製之中部地區 2009~2013 年四季風花圖，紅點處為氣象監測數據被用以繪製各縣市風花圖之空品測站位置

圖 2-4 顯示苗栗地區第一與第四季之風場高度遵循東北季風型態，以東北風為盛行風向，少量夾雜著一些東北東風，大部分風速在 3~7 m/s 間；第二與第三季則風場高度遵循西南季風型態，以南南西風為盛行風向，少量夾雜著一些東北與東北東風，二季風速以 1~3 m/s 與 3~5 m/s 為主(均約佔 50%)。沙鹿地區第一季之風向平均分布在東北與西北風之間，風速以 3~5 m/s 與 5~7 m/s 為主，亦約有 10%左右的風速 $> 7 \text{ m/s}$ 。第二與第三季的盛行風向相似，約 60%是盛行吹東南至西南之間的風，約 40%是盛行吹東北與西北風之間的風。彰化地區之第一與第四季風場以東北風為最主要盛行風向，但第一季中夾雜約 50%

之東北東與西北風。第二與第四季則較均勻吹各風向的風，不過較少吹東風，這可能是彰化測站東側緊臨八卦山，受八卦山阻擋所致。在風速上，該地區四季之風速以 1~3 m/s 比率最高，風速以 3~5 m/s 為次之，較少吹 > 5 m/s 的風。南投地區因屬內陸縣，且縣內多丘陵與高山，因此風場易受地形影響。其第一與第四季的風花圖十分相似，東北、西北與西北西為三個主要風向，三者共約 50%，其餘風向也都在 5% 左右。同樣的南投的第二與第三季的風花圖也彼此十分相似，東南、南南東、南與東北是四個主要風向，四者共約 50%。因位處於內陸與受地形影響，所以全年風速大都在 1~3 m/s 間，風速 > 3 m/s 的比例低於 10%。

上述測值輪廓線圖與空間影像等之圖形疊加與時序展示，是讓監測數據以圖形方式來說話，讓 貴局成員藉由中部地區空氣品質監測站之氣象與濃度監測資料立即可用，瞭解污染物濃度與大氣傳輸作用之相互關聯性，以及所有民眾或意見領袖等讀者能輕易瞭解。圖形疊加與時序展示包含：1.各污染物等濃度曲線與風場矢量、測站風花圖、地面等溫線、空間影像、主要工廠與工業區位置之逐時圖形疊加、2.整合逐時疊加圖產出時序變化圖與 3.結合 RH、UV-B、氣壓時序變化於上項時序變化圖內。

完成圖形疊加與時序展示工作後的結果，得以用來進行污染熱點與傳輸途徑解析，以及進行氣象因素影響解析。在污染熱點與傳輸途徑解析上，包含 1.依據各污染物圖形疊加與時序展示結果，清楚判讀污染熱點。2.依據各污染熱點與各氣象參數時序變化，確立污染傳輸路徑與 3.依據污染熱點、傳輸路徑

與產業位置與特性，研判可能污染源。其中，傳輸路徑的研判必須要有地面風場圖，而不是各測站之風花圖。事實上，運用環保署於大臺中地區 14 座空氣品質監測站，與本市 6 座地方空氣品質監測站之風向與風速測值，使用適當軟體就足以繪製逐時之地面風場圖，如圖 2-5 所繪之疊加地面風場、等濃度與地形而合成三者之疊圖。

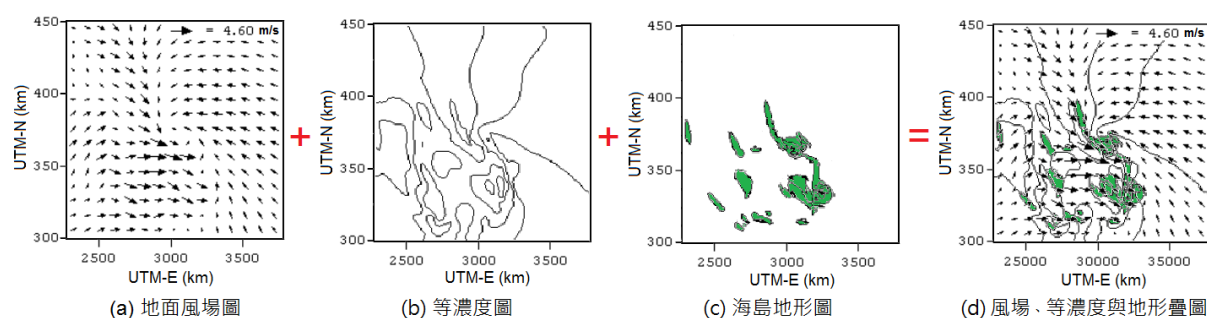


圖 2-5 疊加地面風場、等濃度與地形之三者合成疊圖

圖 2-6 為本團隊使用 TRANSFORM 模式繪製大臺中地區西南與東北季風之逐時之地面風場範例圖。因此相較於風花圖，採用逐時之地面風場圖更能瞭解空氣污染物之大氣傳輸。本計畫執行時，除依工作項目要求繪製各測站風花圖外，亦繪製大臺中地區之逐時之地面風場圖，疊加於風場、等濃度與地形合成圖中。

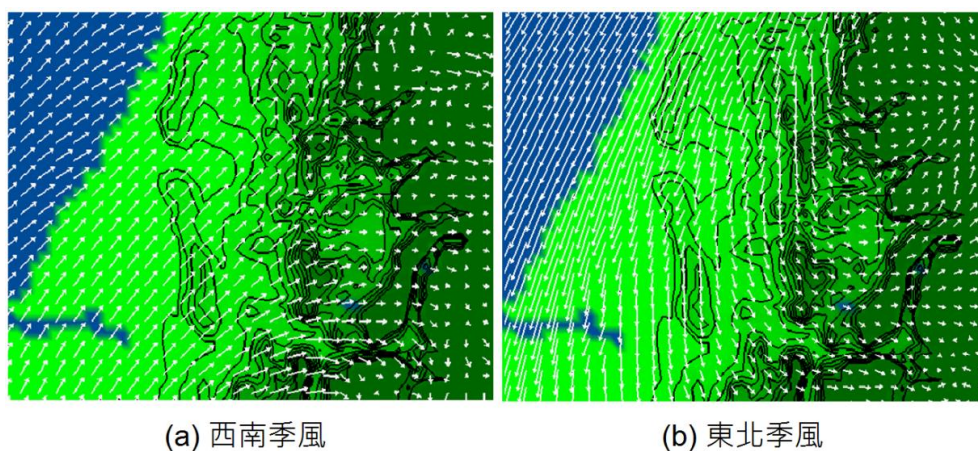


圖 2-6 本團隊繪製大臺中地區西南與東北季風之逐時之地面風場範例圖

圖 2-7 為二種不同風場之疊加風場、等濃度與地形合成範例圖。其中圖 2-7 (a) 為西南季風下，大臺中地區於中午時段 (12:00) 吹西南風的傳輸途徑與臭氧污染熱點，臭氧污染熱點落在豐原與后里地區。圖 2-7 (b) 為西南季風下，大臺中地區於中午時段 (12:00) 吹東南風的傳輸途徑與臭氧污染熱點，臭氧污染熱點落在太平與霧峰里地區。顯見在同樣季風時節，同一時間但不同風向下，因傳輸路徑與傳輸機制(參見圖 2-7 中之反應速率常數 R 與消失係數 L 值)不同，呈現污染熱點亦明顯不同。

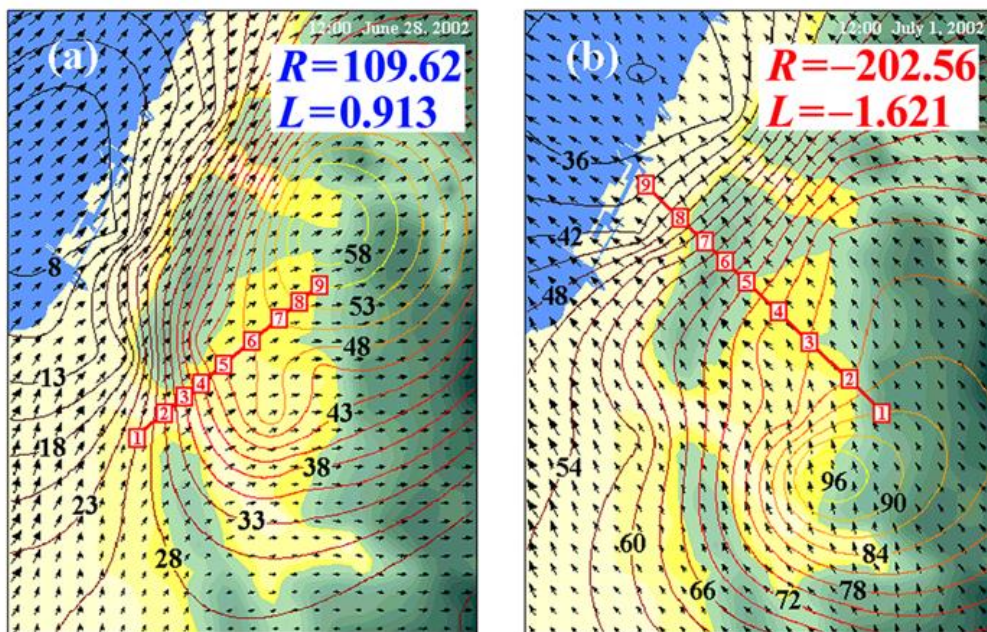


圖 2-7 同季節風但不同地面風場下之疊加風場、等濃度與地形合成範例圖

在氣象因素影響解析上，包含 1. 依據風場矢量、測站風花圖、地面等溫線，判讀大氣水平運動強度、2. 依據 RH 、 $UV-B$ 、氣壓時序變化，判讀大氣垂直運動強度與 3. 依據大氣水平與垂直運動強度，判讀氣象因素影響強度。其中，風速大小與地面等溫線梯度大小都能用以判別大氣水平運動強度。地面等溫線梯度也反映出熱島效應的強弱，它是不同於垂直溫度梯度反映著混合層高度。 RH 、 $UV-B$ 、氣壓時序變化則可以用來判讀大氣

垂直運動強度，其中 RH 與氣壓與大氣垂直運動強度成反比，UV-B 則與大氣垂直運動強度成正比。一般造成臭氧或 PM_{2.5} 污染事件日的氣象條件是發生在低大氣水平與垂直運動強度下，但此關係大小卻一直沒有被深入研究與探討，只知氣候狀況不佳，污染事件日立即發生。對此，本工作團隊在本計畫執行過程中，會使用適切的統計分析方法，結合污染熱點所在之地形與當時之傳輸途徑，解析氣象因素對污染事件之時間與空間影響。其中，相關係數(Correlation Coefficient, r)是最為簡單與直接的統計分析方法，它藉由方程式在規則的數值變量中，針對實測數值與模擬數值之間的關係作其相關係之比較，所呈現之 r 值介於 1 至 -1 之間。若 r 值等於 1，表示完全正相關；若為 -1，表示完全負相關。相關係數計算公式如下：

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

本計畫首先將相關係數法來探討依據風場矢量、測站風花圖、地面等溫線，判讀大氣水平運動強度，依據 RH、UV-B、氣壓時序變化，判讀大氣垂直運動強度，與依據大氣水平與垂直運動強度，判讀氣象因素影響強度。以確定整體氣象因素之影響。但也會採用其他諸如因子分析等其他統計分析方法，使氣象因素對空氣品質影響的解析，更為完善。

經由上述之所列各執行細節之完成，便是有效掌握各項環境監測資訊，足以擬定調適策略之必要手段，提供 貴局參採與因應各種污染事件。

參、環境污染監測資訊空間分析研究

以臺中市為例，在整合空氣品質監測站、空氣污染指標等各項系統資料之介接後，依各數據之特性再針對臺中市人口、公害陳情案件分布等進行交叉比對，進而探討民眾之需求。

一、空間分析(Spatial Analysis)概述及實作設計

空間分析是以空間為單位，進行空間中各種現象的差異與分布情形的分析，並可從中探討分布情形的相關因素與成因。空間分析技術的內涵在於：它不僅能夠即時、準確提供空間表象資訊，如空氣品質監測站的建置位置、公害陳情案件分布位置等，還能提供地表以及大氣中的潛在資訊，例如空氣污染分布情形等，並且還可以對空間進行長期的觀測，構成時間與空間的多維資訊，透過空間分析技術，可以進行大面積、即時性的多維時空資訊的探討，有助於瞭解自然環境、人文現象中的發展與相互作用。地理視覺化技術有助於地理資料庫知識探索，提供研究者更多不同的角度來觀察資料，並在複雜多維的資料庫當中找出隱藏的資料特徵，例如資料關連性、空間分布或是趨勢等。這些隱藏的資料特性，藉由地理視覺化技術的發掘之後，可以用來改善對於研究主題相關的認知以及產生新的基本假設，進而產生新的知識。

空間分析是地理資訊系統(Geographic Information Systems, GIS)中最為重要的分析方法之一，本計畫將使用套疊分析(Overlay Analysis)與空間內插分析(Spatial Interpolation)進行空氣污染空間分布模擬分析之方法。套疊分析是 GIS 系統中應用最廣的分析方式，主要是將兩種或兩種以上不同的主

題圖套疊，進而獲得新的空間與屬性資料，例如將空氣品質監測站與行政區界套疊，空氣品質監測站分布圖之屬性資料會將行政區界資訊包含進來，可藉此查出空氣品質監測站所在之行政區，透過不同主題圖的套疊，將可獲得更多資訊，如圖 3-1 所示；而空間內插分析則為最常見的空間資訊推估方法，當資料不完整或資料有缺漏時，缺漏的資料即可透過推估的方式進而獲得資料，空間內插分析方法中，以 IDW(Inverse Distance Weighting)距離反比加權法最為常用，利用鄰近已知點的數值進行權重加權，以推估目前位置的數值，其加權的方式與距離的次方成反比，距離越近權重越大，反之距離越遠權重越小，如圖 3-2 所示。

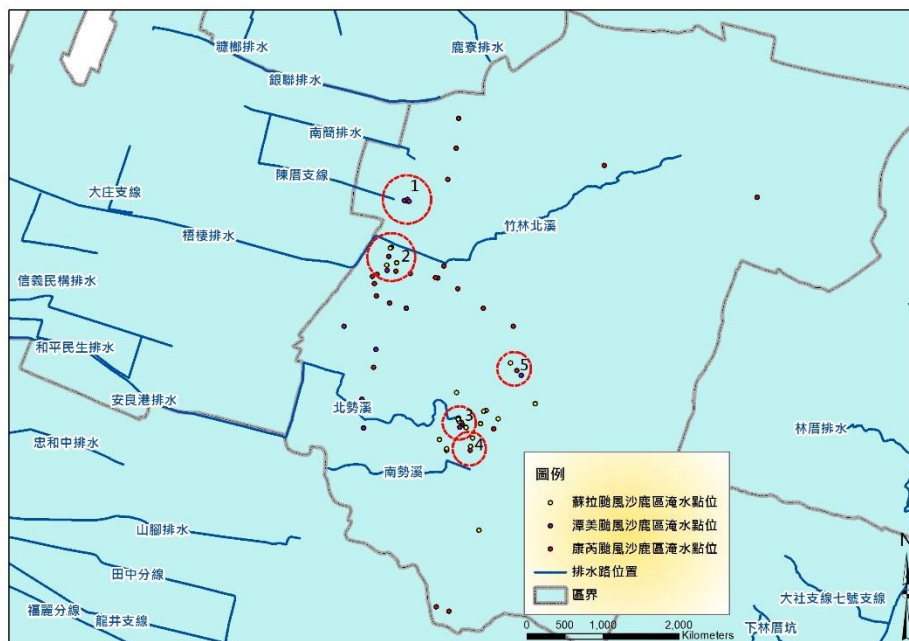


圖 3-1 套疊分析示意圖(沙鹿區淹水災例與區域排水分布位置圖)

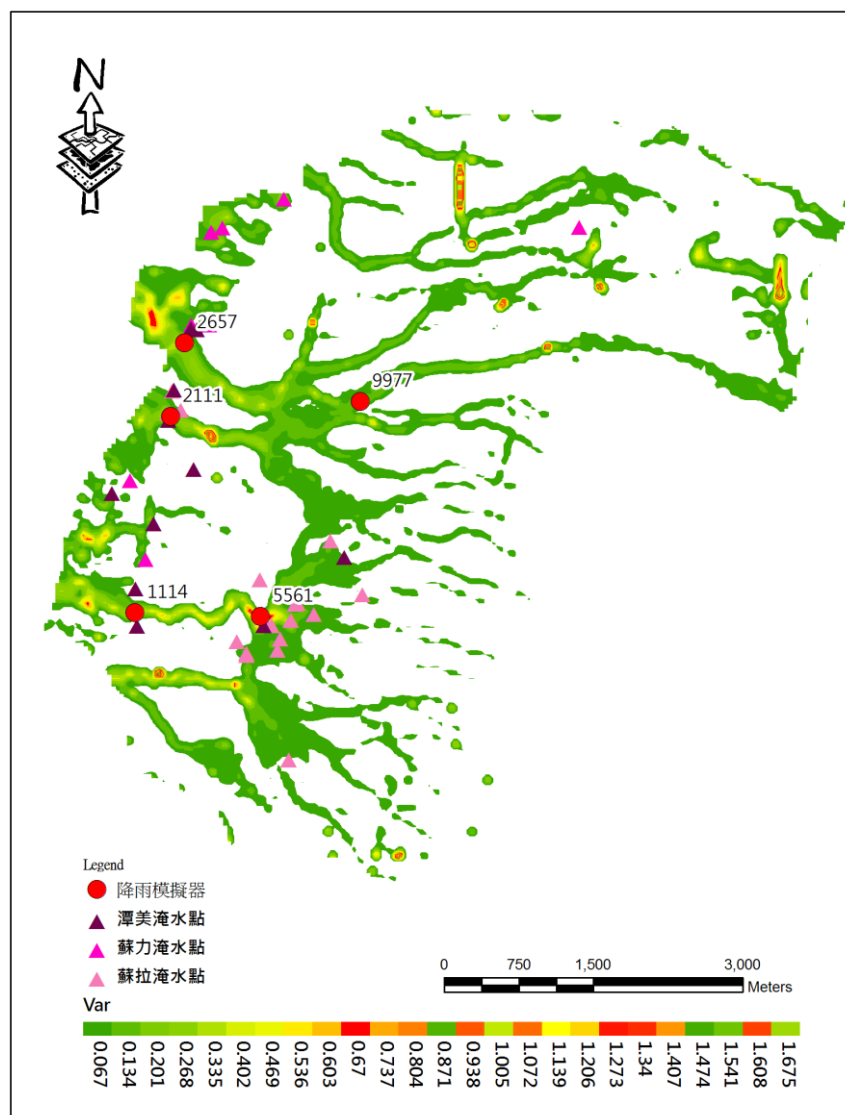


圖 3-2 空間分析示意圖(沙鹿區淹水深度分析)

在研究區方面，範圍為臺中市各區人口數、臺中市行政區界、空氣品質監測站位置圖、空間污染指標 AQI 數值、公害陳情案件分布位置圖、地面風場圖等相關資料蒐集的資料來進行分析。

在篩選出與空氣污染相關的資料後，將成果和陳情資料進行套疊。本團隊利用 Folium 所提供 Leaflet 的 Python API 建立互動式地圖，結合 Python 適合用於資料分析的優勢，同時利用 Python 將分析的數據轉換成互動式地圖。首先將民眾陳

情資料分析 (圖 3-3)；在篩選過的受理公害陳情案件清單列表資料則是透過 Python 的 pandas 套件和 folium 套件將坐標點為呈現於地圖上(圖 3-4)，再加上先前讀入的空氣污染歷史圖資，即可以從中看出空氣污染範圍以及陳情留言之時間與空間關聯，如圖 3-5 所示，其中多邊形色塊部分為測站空污資料(可以為 PM_{2.5} 或是 AQI 值)內插數值視覺化，點位為陳情案件之坐標資料。此成果即為地理時空知識探索架構中導入視覺化工具之基礎，以建立視覺化知識探索架構，利用其發現隱藏在資料中的新空間特徵及資料特徵。

有空間分布圖後，接著可分析每季 PM_{2.5} 等濃度圖分析與人口、陳情案件空間分布相關分析，分析人口空間分布特性與 PM_{2.5} 之關係。而人口空間分布與陳情案件分析，可以透過瞭解人口分布之空間特性，分析臺中市里之人口數，首先利用全域空間自相關分析檢測人口分布是否存在空間相關性；其次，再利用區域空間自相關分析瞭解人口的聚集區位，並且加以比較各時期人口聚集之分布變化。另外透過區域空間自相關分析方法找出不同年度人口聚集分布之區位，並且加以比較人口聚集分布變化情形。透過產業、人口之空間分布型態來瞭解與空氣品質濃度之關係，多少也會反應到陳情案件。因此本工作項目會分析 2016 及 2017 臺中市空污指數與不同議題的空間分析：

1. 每季 PM_{2.5} 等濃度與產業員工數空間變化
2. 每季 PM_{2.5} 等濃度與人口數空間變化
3. 每季 PM_{2.5} 等濃度與陳情案件空間變化

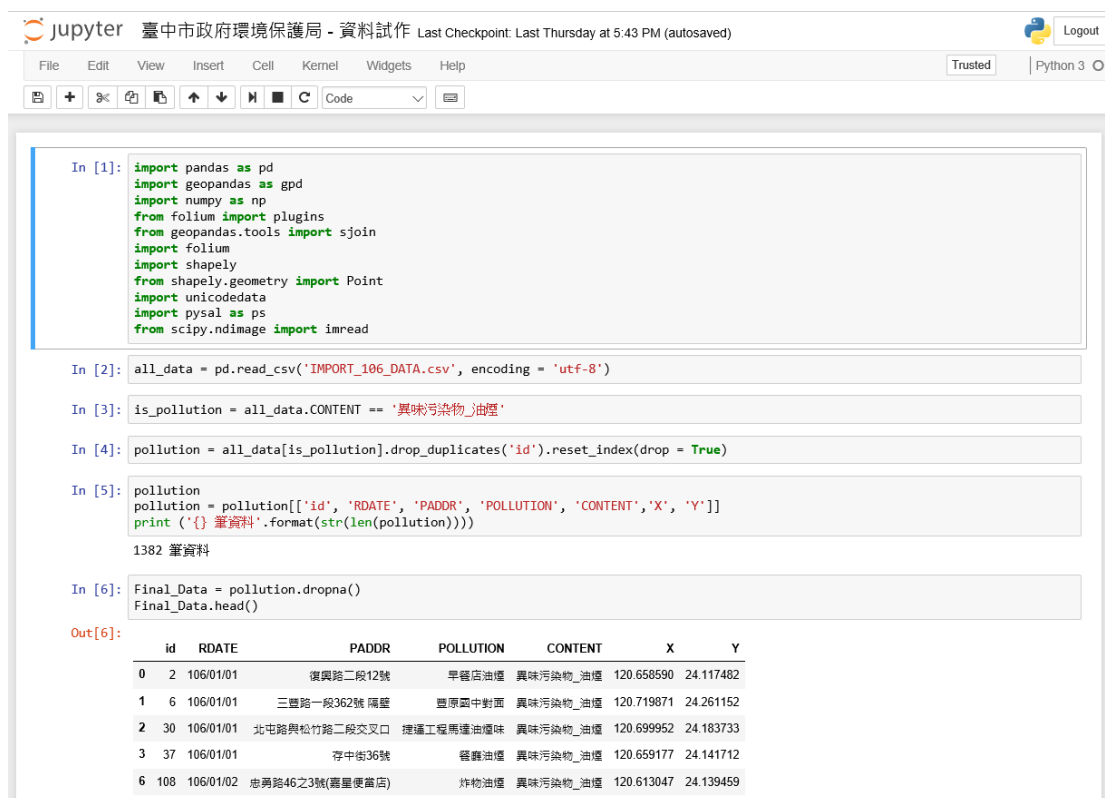


圖 3-3 真實資料讀取 (資料來源: 民眾陳情資料)

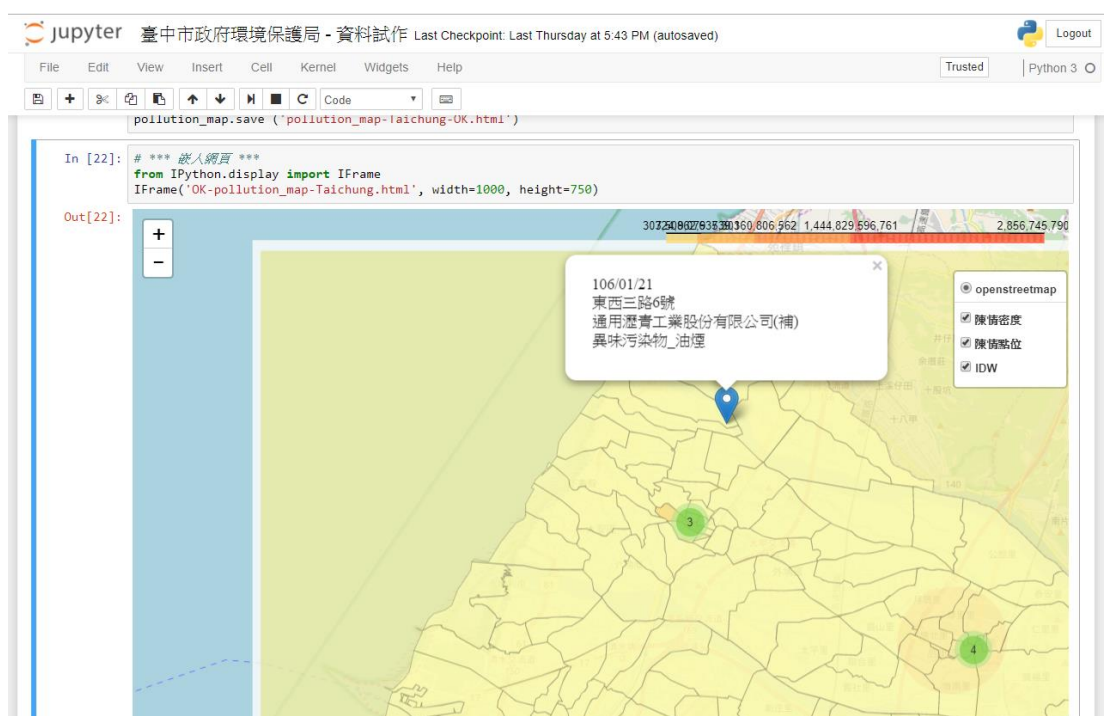
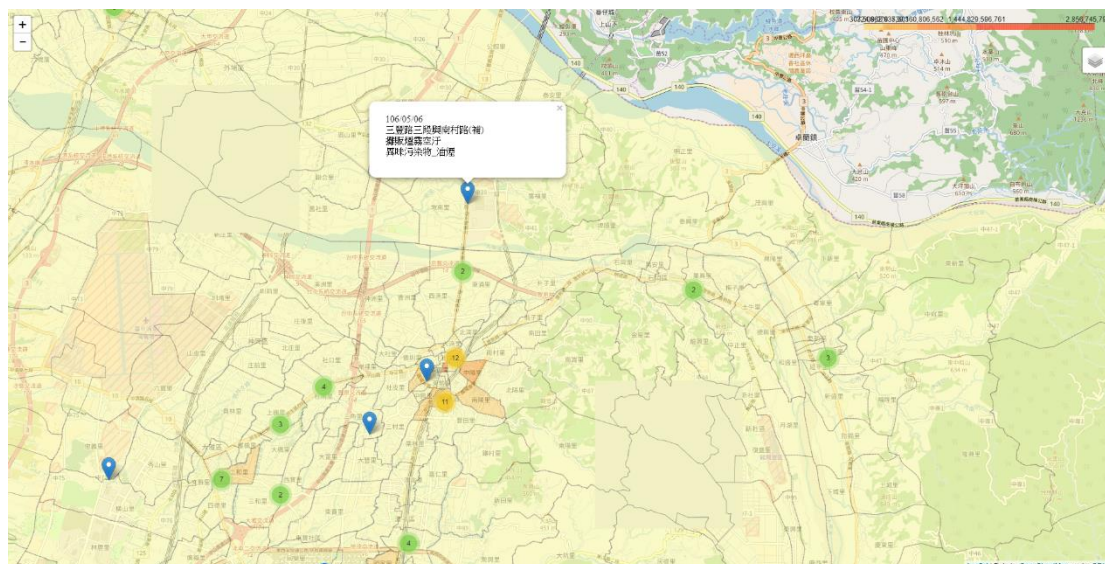
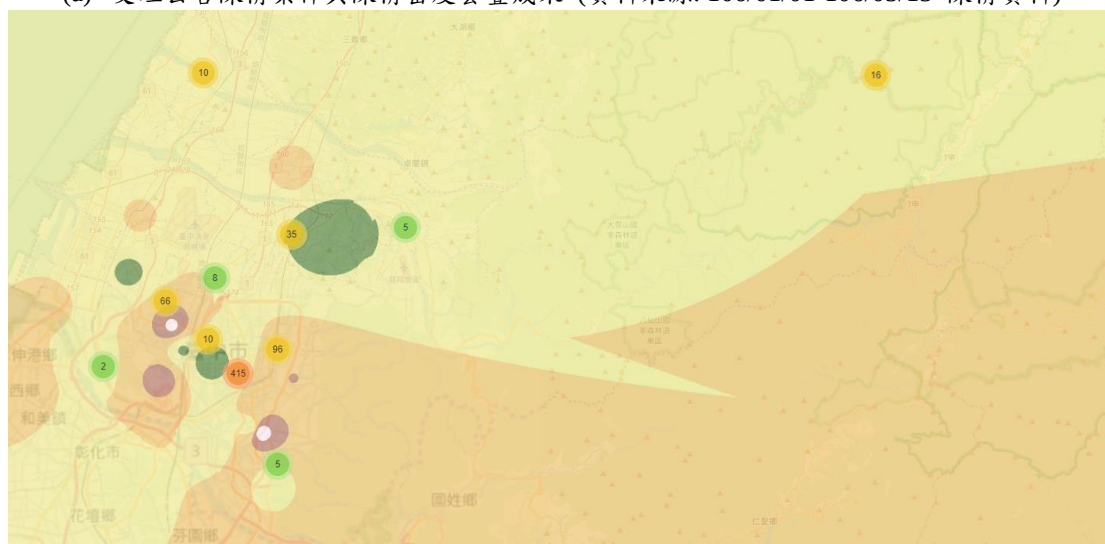


圖 3-4 將坐標點呈現於地圖上 (Python 程式示意)



(a) 受理公害陳情案件與陳情密度套疊成果 (資料來源: 106/01/01-106/05/15 陳情資料)



(b) PM_{2.5} 或是 AQI 值 IDW 內插結果與陳情資料套疊成果
圖 3-5 視覺化套疊成果

二、環境污染監測模擬

凡人為缺失導致生存環境遭破壞，有損害或危害國民健康之現象即為環境污染，例如水污染、空氣污染、土壤污染、噪音、震動、惡臭、廢棄物、及毒性化學物質之污染等等。其中，近年空氣污染的影響範圍與威脅程度已引起不安，因此本計畫以環境污染中的空氣污染為目標，進行空氣污染的空間分析研究。

(一)資料蒐集

進行空氣污染分析相關資料之蒐集，包含臺中市各區人口數、臺中市行政區界、空氣品質監測站位置圖、空間污染指標 AQI 數值、公害陳情案件分布位置圖、地面風場圖等相關資料蒐集，資料相關內容如表 3-1 所示。

表 3-1 資料蒐集清單

名稱	來源	資料年度	格式
臺中市各區人口數	臺中市政府民政局	2017	excel
臺中市行政區界	國土測繪中心	2016	shapefile
空氣品質監測站位置圖	行政院環保署 OPEN DATA	2016	shapefile
空間污染指標 AQI 數值	行政院環保署 OPEN DATA	2017	excel
公害陳情案件分布位置圖	行政院環保署 OPEN DATA	2015	shapefile
地面風場圖	https://www.windytv.com	2017	PNG

(二)空間分析

行政院環保署對於 AQI 的定義：「將當日空氣中臭氧(O₃)、細懸浮微粒(PM_{2.5})、懸浮微粒(PM₁₀)、一氧化碳(CO)、二氧化硫(SO₂)及二氧化氮(NO₂)濃度等數值，以其對人體健康的影響程度，分別換算出不同污染物之副指標值，再以當日各副指標之最大值為該測站當日之空氣品質指標值(AQI)。」，由以上定義可知空氣品質實際上受到多項因素的影響，無法藉由單一因子來解釋其之間的關聯性，學術上針對空氣品質的研究也多會加入數個變數一起討論，而變數的多寡與選擇則需考量地區性的因素。

空氣品質受到多項因素的影響(張立農 et al., 2015)，在都市地區，工業排放與汽機車排放的問題尤為嚴重(Squizzato et al., 2017)。Jerrett et al. (2005)指出交通排放之污染物濃度會隨著距離增加而有降低的趨勢。據前人研究指出，居住於馬路旁之居民，其心血管疾病、呼吸道疾病發生率也較一般民眾來的高(Edwards et al., 2001; Hoffmann et al., 2007)。然台灣地區在稻米收割期後尚有燃燒稻草的問題，此部分對於空氣品質亦有一定程度的影響。因此，本節針對臺中地區空氣品質數據 AQI 與公害陳情案件，討論兩者的空間分布關係，利用 Arc GIS 10.1 軟體進行相關的空間分析。

本計畫利用表 3-1 所蒐集之相關資料，利用空氣品質監測站觀測到的空氣污染指標 AQI 數值，再透過 IDW 空間內插分析方法進行臺中市空氣污染空間分布之模擬。空氣污染指標 AQI 數值為 2017 年 2 月 18 日之觀測值，透過圖 3-6 AQI 觀測值空間分布模擬圖可以觀察到空氣污染最嚴重的地區主要集中在西屯區、南屯區、西區、南區、北區、大里區、東區等行政區境內，而北屯區、烏日區、大肚區、太平區、霧峰區等行政區亦在空氣污染最嚴重之邊緣，此外，再搭配不同季節之風場圖，可瞭解造成空氣污染之成因。

另外，本計畫蒐集環保署於政府開放資料平台 open data 中 2015 年公害陳情案件分布位置資料，其中污染主類別為「異味污染物」與「空氣污染不含異味污染物」者共有 55 筆陳情資料，詳細清單與污染細項如表 3-2 所示。將

此 55 筆陳情資料地圖化，並套疊臺中市各行政區人口數、空氣污染分布模擬圖等資料後發現，空氣污染模擬圖分布較為嚴重的地區與民眾公害陳情案件點位之分布趨勢大致相符，且與行政區人口數之多寡亦呈現正相關的現象，如圖 3-7 所示。

建議後續再根據最新的公害陳情案件位置與空氣污染分布情形進行探討，分析造成空氣污染的因素，並由政府單位制訂相關政策，改善空氣污染問題。

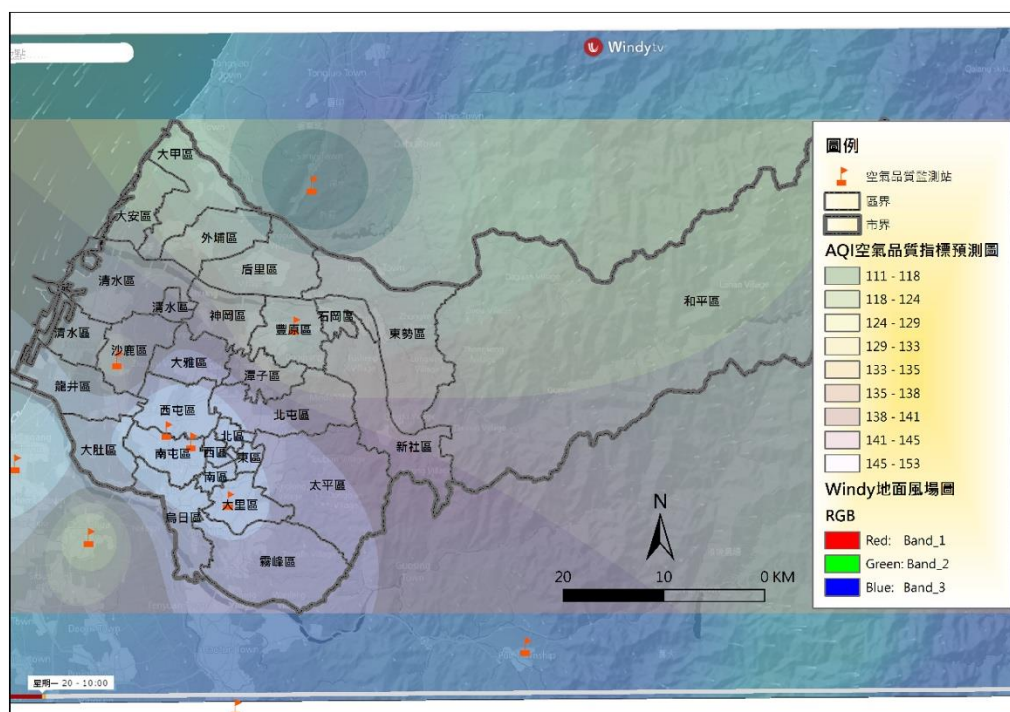


圖 3-6 臺中市空氣污染模擬圖

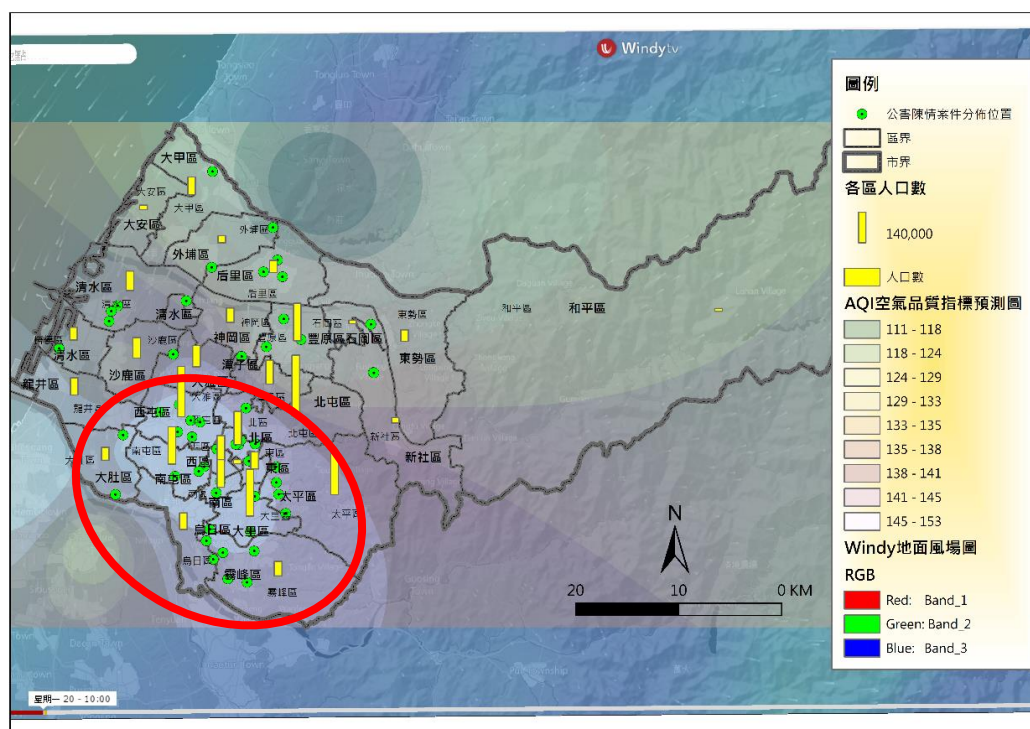


圖 3-7 臺中市空氣污染模擬圖與陳情案件分布圖

表 3-2 公害陳情案件清單(空氣污染、異味污染)

受理縣	處理縣	區名	污染主	污染細	受理日
臺中市	臺中市	大肚區	異味污染物	燃燒行為_其他	2015-01-09 13:34
臺中市	臺中市	南區	異味污染物	油煙	2015-01-16 09:06
臺中市	臺中市	大里區	異味污染物	製程異味	2015-01-29 16:47
臺中市	臺中市	太平區	空氣污染不含 異味污染物	粒狀污染物	2015-01-30 08:59
臺中市	臺中市	北區	異味污染物	油煙	2015-02-03 10:17
臺中市	臺中市	太平區	異味污染物	製程異味	2015-02-03 10:17
臺中市	臺中市	霧峰區	異味污染物	製程異味	2015-02-06 08:27
臺中市	臺中市	北區	異味污染物	資源回收物 異味	2015-02-09 10:08
臺中市	臺中市	霧峰區	異味污染物	燃燒行為_其他	2015-02-15 15:58
臺中市	臺中市	霧峰區	空氣污染不含 異味污染物	粒狀污染物	2015-03-11 09:49
臺中市	臺中市	霧峰區	異味污染物	油煙	2015-04-09 09:39
臺中市	臺中市	后里區	異味污染物	有機氣體異 味(含溶劑)	2015-04-17 15:16
臺中市	臺中市	北區	異味污染物	油煙	2015-04-24 11:27
臺中市	臺中市	北區	異味污染物	油煙	2015-04-24 13:50

受理縣	處理縣	區名	污染主	污染細	受理日
臺中市	臺中市	霧峰區	空氣污染不含 異味污染物	粒狀污染物	2015-04-25 10:19
臺中市	臺中市	霧峰區	異味污染物	其他	2015-05-18 20:30
臺中市	臺中市	霧峰區	異味污染物	製程異味	2015-06-01 08:32
臺中市	臺中市	梧棲區	異味污染物	燃燒行為_其 他	2015-06-03 18:41
臺中市	臺中市	西屯區	異味污染物	動物異味	2015-06-04 11:25
臺中市	臺中市	南屯區	空氣污染不含 異味污染物	揚塵	2015-06-18 09:03
臺中市	臺中市	西屯區	異味污染物	油煙	2015-06-22 11:35
臺中市	臺中市	豐原區	異味污染物	燃燒行為_其 他	2015-06-28 11:34
臺中市	臺中市	大甲區	異味污染物	製程異味	2015-07-03 17:39
臺中市	臺中市	西屯區	異味污染物	油煙	2015-07-10 18:57
臺中市	臺中市	外埔區	異味污染物	燃燒行為_其 他	2015-07-11 15:45
臺中市	臺中市	清水區	異味污染物	製程異味	2015-07-15 09:12
臺中市	臺中市	沙鹿區	空氣污染不含 異味污染物	揚塵	2015-07-17 18:44
臺中市	臺中市	西區	異味污染物	油煙	2015-07-22 14:45
臺中市	臺中市	石岡區	異味污染物	燃燒行為_其 他	2015-07-29 17:16
臺中市	臺中市	南區	異味污染物	油煙	2015-08-01 21:10
臺中市	臺中市	豐原區	空氣污染不含 異味污染物	揚塵	2015-08-03 14:42
臺中市	臺中市	南屯區	異味污染物	油煙	2015-08-04 15:46
臺中市	臺中市	烏日區	異味污染物	燃燒行為_其 他	2015-08-04 20:28
臺中市	臺中市	西屯區	異味污染物	燃燒行為_其 他	2015-08-05 16:18
臺中市	臺中市	后里區	異味污染物	燃燒行為_其 他	2015-08-12 17:00
臺中市	臺中市	新社區	異味污染物	燃燒行為_其 他	2015-08-25 11:23
臺中市	臺中市	西屯區	空氣污染不含 異味污染物	揚塵	2015-09-11 14:59
臺中市	臺中市	大里區	異味污染物	燃燒行為_其 他	2015-09-27 10:01
臺中市	臺中市	霧峰區	異味污染物	燃燒行為_其 他	2015-09-27 10:24
臺中市	臺中市	后里區	異味污染物	動物異味	2015-09-30 21:52
臺中市	臺中市	后里區	異味污染物	化學物質	2015-10-05 11:22

受理縣	處理縣	區名	污染主	污染細	受理日
臺中市	臺中市	新社區	異味污染物	燃燒行為_其他	2015-10-08 11:37
臺中市	臺中市	清水區	空氣污染不含異味污染物	揚塵	2015-10-19 09:11
臺中市	臺中市	西屯區	空氣污染不含異味污染物	揚塵	2015-10-21 11:40
臺中市	臺中市	神岡區	異味污染物	燃燒行為_其他	2015-11-05 21:06
臺中市	臺中市	豐原區	異味污染物	燃燒行為_其他	2015-11-07 10:07
臺中市	臺中市	南屯區	異味污染物	燃燒行為_其他	2015-11-11 09:45
臺中市	臺中市	北屯區	異味污染物	資源回收物異味	2015-11-12 15:19
臺中市	臺中市	大肚區	異味污染物	燃燒行為_其他	2015-11-15 14:15
臺中市	臺中市	太平區	異味污染物	燃燒行為_其他	2015-11-17 10:55
臺中市	臺中市	太平區	異味污染物	製程異味	2015-12-01 14:02
臺中市	臺中市	清水區	異味污染物	燃燒行為_其他	2015-12-02 09:36
臺中市	臺中市	清水區	異味污染物	油煙	2015-12-05 09:20
臺中市	臺中市	霧峰區	空氣污染不含異味污染物	揚塵	2015-12-09 11:06
臺中市	臺中市	東區	異味污染物	製程異味	2015-12-09 16:40

本報告事件日的選取標準以單日臺中地區所有空氣品質監測站資料予以平均後取其最高值為事件日，因台灣地區四季較不分明，事件日的選取則以前後半年區分，因此最後以 2016 年 4 月 1 日與 2016 年 10 月 19 日進行空間分析。公害陳情案件則是選取事件日當日與前七日之資料進行後續的套疊分析。

國外學者於討論空氣品質指數 AQI、懸浮微粒 PM₁₀ 或細懸浮微粒 PM_{2.5} 時，多以距離反比加權法(Inverse Distance Weighting, IDW)與克利金法(Kriging)來進行空間內插，但克利

金法在操作上需不斷的嘗試改變其參數以找出最符合地區特性的參數組合，此方法在操作上仍有一些問題尚須解決，故空氣品質數據後續分析會以前述提及的距離反比加權法 (Inverse Distance Weighting, IDW) 進行分析(如圖 3- 8 與圖 3- 9)。

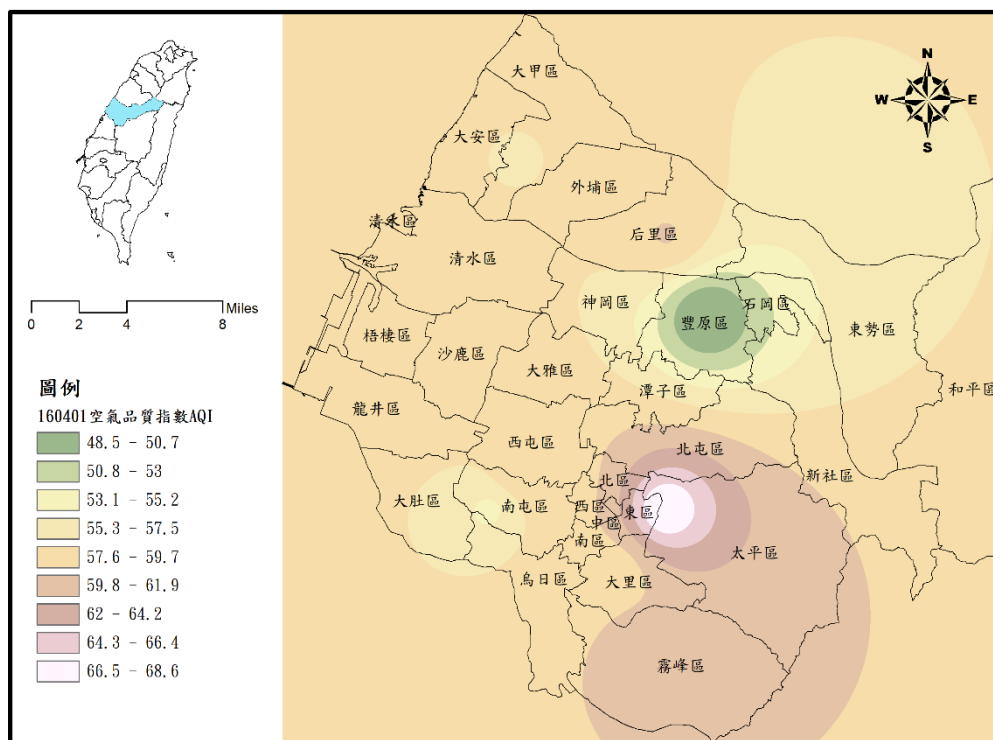


圖 3- 8 2016 年 4 月 1 日 AQI 內插圖

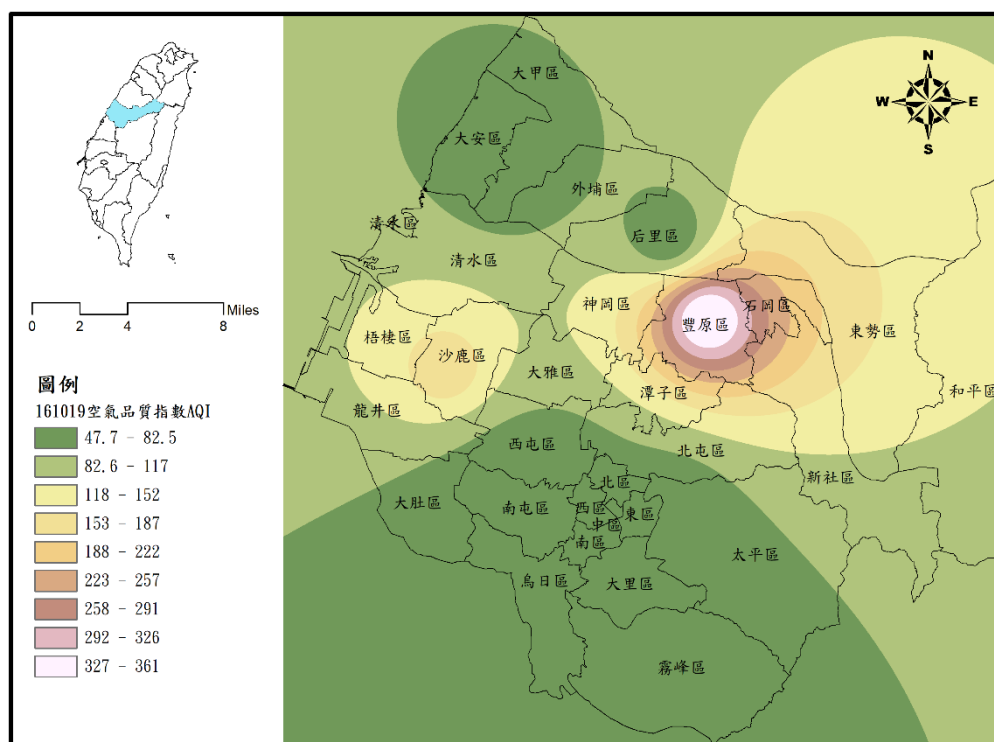


圖 3-9 2016 年 10 月 19 日 AQI 內插圖

因前述提及空氣品質在都市地區受到工業排放與汽機車排放的影響，本團隊加入工業區分布範圍一起討論。採用由政府開放資料獲得最新的工業區分布圖，該圖資顯示臺中市工業區共計 9 處，分別為臺中工業區、大甲幼獅工業區、臺中港關連工業區、大里工業區、中港加工出口區、臺中加工出口園區、中部科學園區臺中園區、中部科學園區后里園區、豐洲工業區，將工業區範圍予以標示如下圖 3-10。

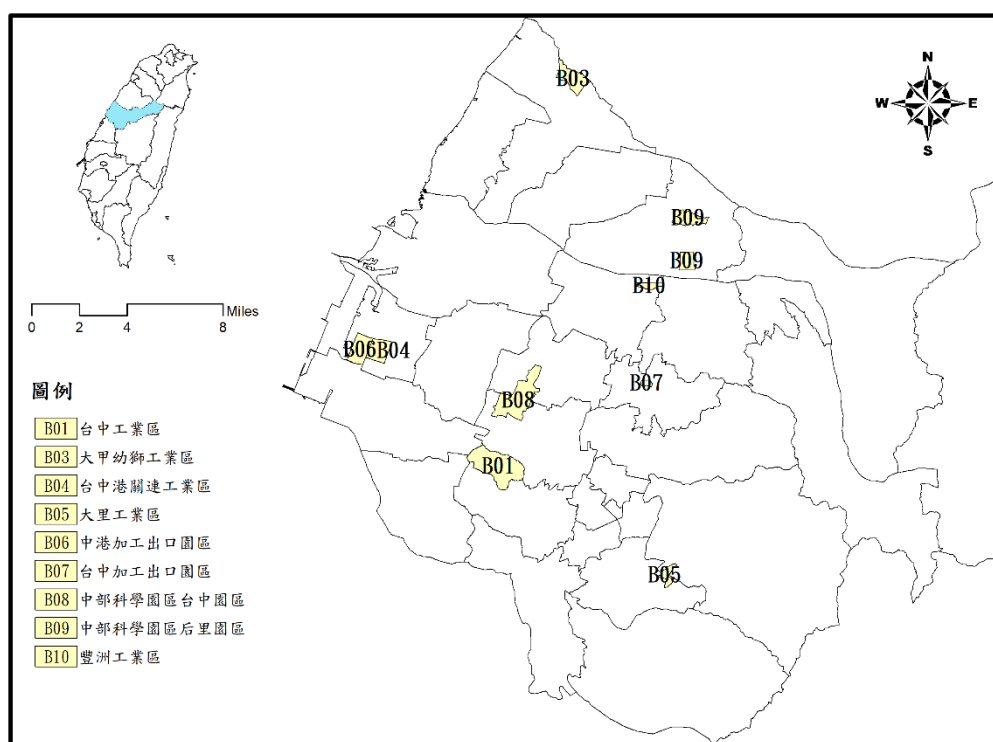


圖 3-10 臺中市工業區位圖

為了解工業地區的污染排放是否會影響附近居民的居住環境，並造成居民的困擾，針對利用工業區範圍取其外圍 500 公尺、1000 公尺、1500 公尺、2000 公尺進行環域分析，以取得在範圍內與工業相關的公眾陳情案件數量。在陳情案件中，本團隊定義製程異味、有機氣體異味(含溶劑)、化學物質、廢汗水異味、廢棄物異味等五種陳情類型為與工業相關之案件。

透過圖資套疊後發現，於 4 月 1 日時，僅相鄰的臺中港關連工業區與中港加工出口區、中部科學園區后里園區在 1000 公尺內的公害陳情案件數為 1 件，其餘皆為 0；於 10 月 19 日時，中部科學園區后里園區以及大里工業區在 1000 公尺內的公害陳情案件數皆為 2 件，其餘皆為 0，故以下表格(表 3- 3)僅整理 2 事件日於 1500 公尺內與 2000 公尺內的陳情案件數量。

表 3-3 臺中市工業區環域分析範圍內陳情案件數量

名稱	行政區	面積 (公頃)	環域分析範圍內陳情案件數量			
			4 月 1 日		10 月 19 日	
			1500m	2000m	1500m	2000m
臺中工業區	南屯區、西屯區	605.075	0	0	0	0
大甲幼獅工業區	大甲區	225.978	0	0	0	0
臺中港關連工業區	梧棲區	189.634	1	0	0	0
大里工業區	大里區、太平區	77.754	1	2	2	3
中港加工出口區	梧棲區	212.782	1	0	0	0
臺中加工出口園區	潭子區	27.898	0	1	0	0
中部科學園區臺中園區	西屯區、大雅區	521.271	0	0	0	1
中部科學園區后里園區	后里區	273.438	2	3	2	4
豐洲工業區	神岡區、豐原區	55.908	0	0	0	0

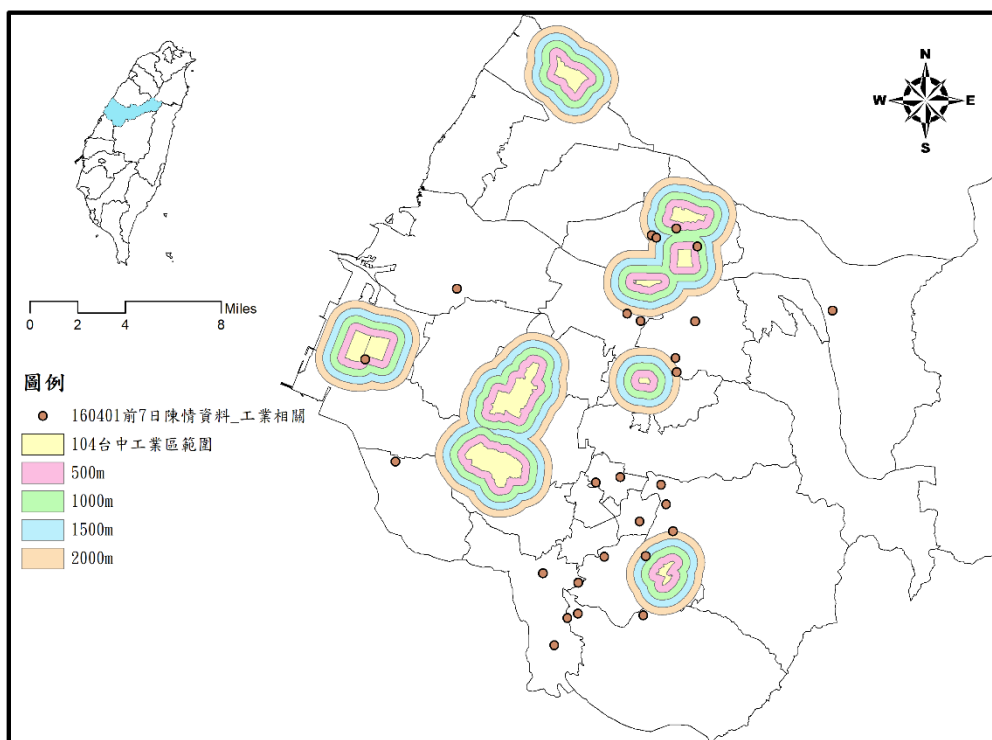


圖 3- 11 2016 年 4 月 1 日臺中市工業區環域分析與公害陳情案件空間分布

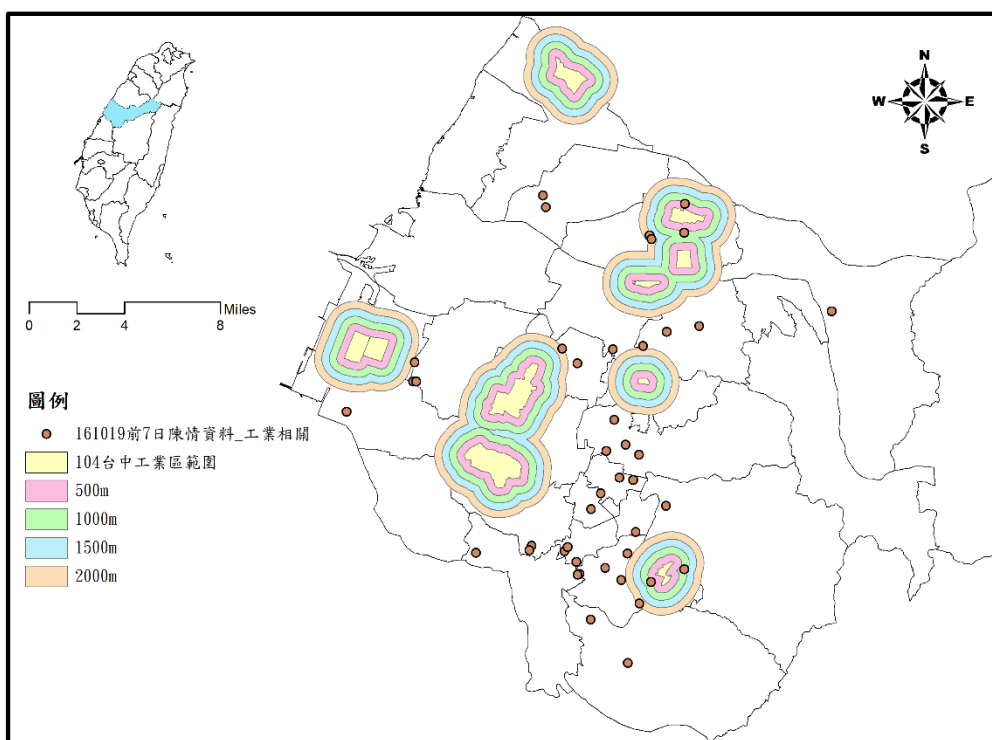


圖 3- 12 2016 年 10 月 19 日臺中市工業區環域分析與公害陳情案件空間分布

經前述套疊分析後取得上圖(圖 3- 11 與圖 3- 12)，據圖面呈現工業區環域分析與公害陳情案件空間分布後，尚無法

得知兩者之間是否有關連性存在，多數公害陳情案件皆在工業區外圍至少 2000 公尺以上。

空氣品質指數 AQI 與工業相關的公害陳情案件進行套疊分析後，可從圖 3- 13 的圖面發現，事件日 4 月 1 日當日空氣品質指數 AQI 數值較高的地區其周邊陳情案件數量要較其他地區來的多；事件日 10 月 16 日臺中地區空氣品質指數 AQI 數值偏高，少數地區甚至超過 100，此數值以環保署所公告之標準來看已可能對於敏感族群有不良的影響情況發生，然其周邊地區的公害陳情案件僅 8 件，占公害陳情案件計算時間內的 17.8%。根據 AQI 數值空間內插的結果與公害陳情案件套疊分析結果，實際上並無法得知工業相關的公害陳情案件與空氣品質指數 AQI 兩者之間的關聯性。結合下圖(圖 3- 13 與圖 3- 14)雖空氣品質指數 AQI 數值較高之地區，公害陳情案件數量無明顯偏多，但仍可以發現公害陳情案件明顯區域性集中的趨勢，如后里、豐原與北屯地區；南區、大里與烏日地區。

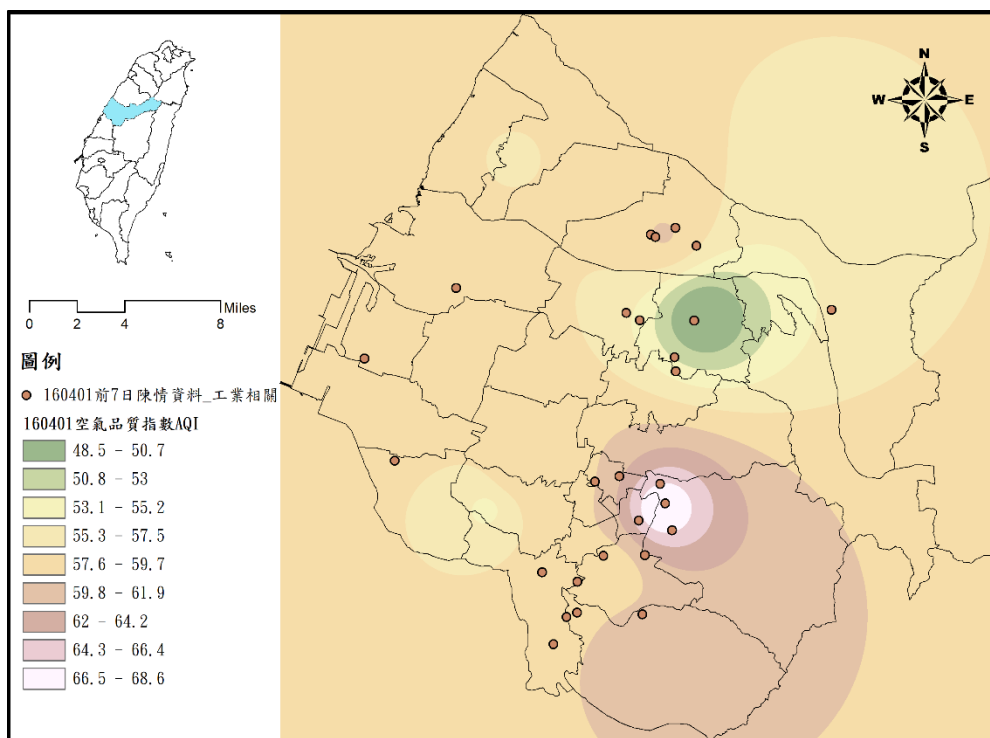


圖 3- 13 2016 年 4 月 1 日 AQI 與公害陳情案件空間分布

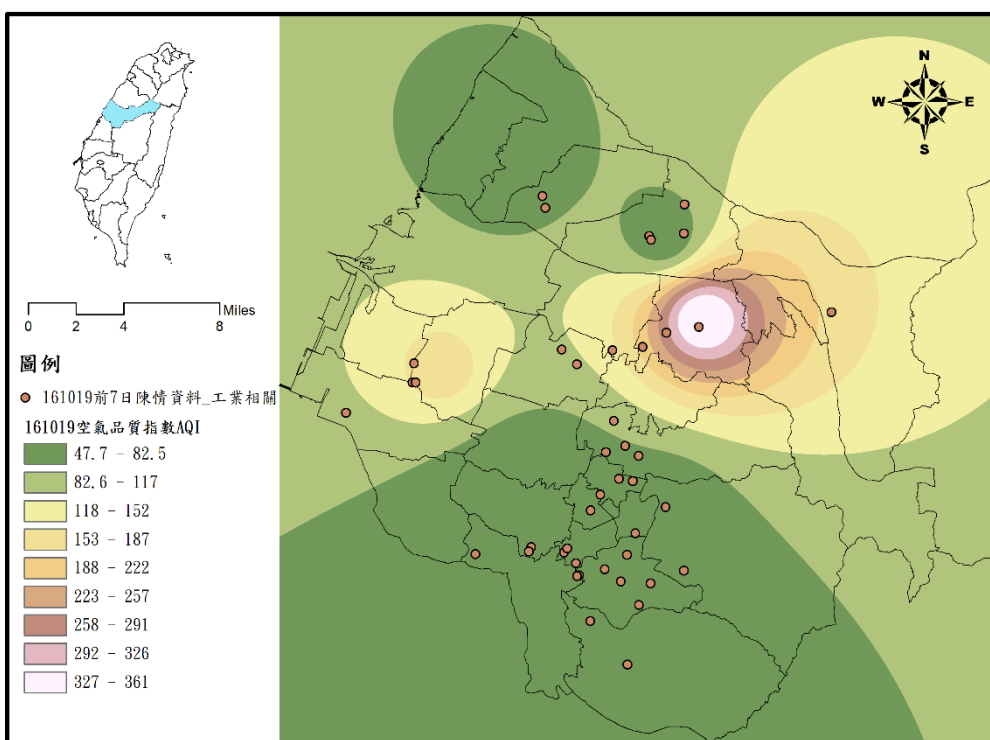


圖 3- 14 2016 年 10 月 19 日 AQI 與公害陳情案件空間分布

表 3-4 各行政區 2016 年兩時段工業相關公害陳情案件數量

行政區	4 月 1 日		10 月 19 日	
行政區	公害陳情案件數量	比例	公害陳情案件數量	比例
中區	0	0.0%	0	0.0%
東區	1	3.4%	1	2.2%
南區	0	0.0%	3	6.7%
西區	0	0.0%	2	4.4%
北區	2	6.9%	2	4.4%
西屯區	0	0.0%	0	0.0%
南屯區	0	0.0%	3	6.7%
北屯區	0	0.0%	4	8.9%
豐原區	3	10.3%	3	6.7%
東勢區	1	3.4%	1	2.2%
大甲區	0	0.0%	0	0.0%
清水區	1	3.4%	0	0.0%
沙鹿區	0	0.0%	3	6.7%
后里區	4	13.8%	5	11.1%
神岡區	2	6.9%	1	2.2%
潭子區	0	0.0%	0	0.0%
大雅區	0	0.0%	2	4.4%
新社區	0	0.0%	0	0.0%
石岡區	0	0.0%	0	0.0%
外埔區	0	0.0%	2	4.4%

大安區	0	0.0%	0	0.0%
烏日區	3	10.3%	1	2.2%
大肚區	2	6.9%	0	0.0%
龍井區	0	0.0%	1	2.2%
霧峰區	4	13.8%	2	4.4%
太平區	4	13.8%	2	4.4%
大里區	1	3.4%	7	15.6%
和平區	0	0.0%	0	0.0%
梧棲區	1	3.4%	0	0.0%
總計	29		45	

經上述分析後尚無法確切得知空氣品質指數 AQI 與公害陳情案件兩者之間的空間分布是否有關連性存在，因此本團隊另外加入人口密度一起分析，討論人口密度的分布狀態是否會對於陳情案件數量以及空氣品質指數 AQI 造成影響。本文採用空間分析中最為常見的空間自相關 (spatial autocorrelation) 來討論，此方法針對地理現象所存在空間相依性討論，可描述與鄰近地區的相關性，此分析方法又可分為全域型空間自相關 (global spatial autocorrelation) 與局部空間自相關 (local indicators of spatial association, LISA)。

全域型空間自相關 (global spatial autocorrelation) 可描述某一現象在整體空間的分布情況，觀察研究區是否具有空間自相關的情況，但無法明確得知空間群聚的位置存在。局部空間自相關 (local indicators of spatial association, LISA) 則可探討個別地區與鄰近地區的表現關係，並從中得知聚集區在

空間中確切的分布位置。但局部空間自相關 LISA 僅可討論單一變數在空間上聚集的分布位置，無法針對雙變數的情況進行討論。因此，本團隊利用雙變數空間自相關(Bivariate LISA, BILISA)來討論三項變數彼此之間的空間相關性。此方式衍伸自局部空間自相關，具備討論空間群聚的特性，又可藉以得知空間群聚得明確位置，以此評估變數之間的空間聚集性是否存在。

透過 BILISA 指標計算，可在地圖上繪製出研究區內部的空間關係，其結果以四種情況區分，分別為 HH、LL、LH、HL，其各自所代表的意義彙整如下(表 3- 5)。

表 3- 5 BILISA 四種情況代表含意

情況	本身數值	周邊數值	意義	標示顏色
HH	高	高	空間單元本身屬性高，周邊地區其他變數的屬性也高	
LL	低	低	空間單元本身屬性低，周邊地區其他變數的屬性也低	
LH	低	高	空間單元本身屬性低，周邊地區其他變數的屬性高	
HL	高	低	空間單元本身屬性高，周邊地區其他變數的屬性低	

HH 或 LL 其代表意義中有空間分布中的聚集(hot spots)或群聚(clustering)現象存在，HH 有高屬性群聚的現象，而 LL 則有低屬性群聚的現象。LH 與 HL 則較為特殊，此二者結果

出現空間不穩定性的現象，有明顯高於鄰近地區或低於鄰近地區的情況發生。

以下我們始針對空氣品質指數 AQI、工業相關公害陳情案件與人口密度三者變數進行分析，兩兩變數相互比較，利用 BILISA 討論變數之間空間聚集的現象。

1.AQI 與工業相關公害陳情案件空間聚集分析

將空氣品質指數 AQI 與工業相關公害陳情案件兩變數進行 BILISA 分析後，發現於事件日 2016 年 4 月 1 日時僅大里區與霧峰區有空間聚集的現象，其餘地區則無聚集的現象存在。如圖 3-15 所示，大里區與霧峰區為 HH 的情況，此可解釋為空氣品質指數 AQI 數值較高之處其鄰近地區的工業相關公害陳情案件也較高。前後半年事件日比較後可以發現，於事件日 2016 年 10 月 19 日霧峰區出現 LH 的情況。因此霧峰區觀察到空氣品質指數低，然而鄰近地區的工業相關公害陳情案件卻較高，猜測造成霧峰區工業相關陳情案件較高的原因，可能還包含除了空氣品質之外的原因存在，後續須加以討論。

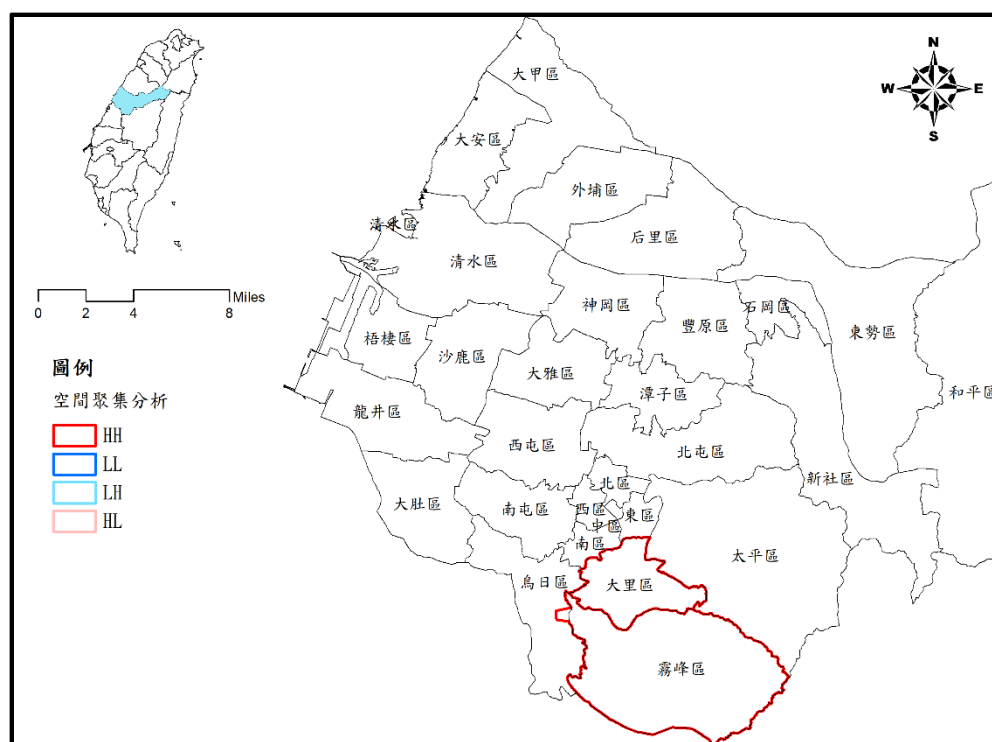


圖 3-15 2016 年 4 月 1 日空氣品質指數 AQI 與工業相關公害陳情案件空間聚集分析

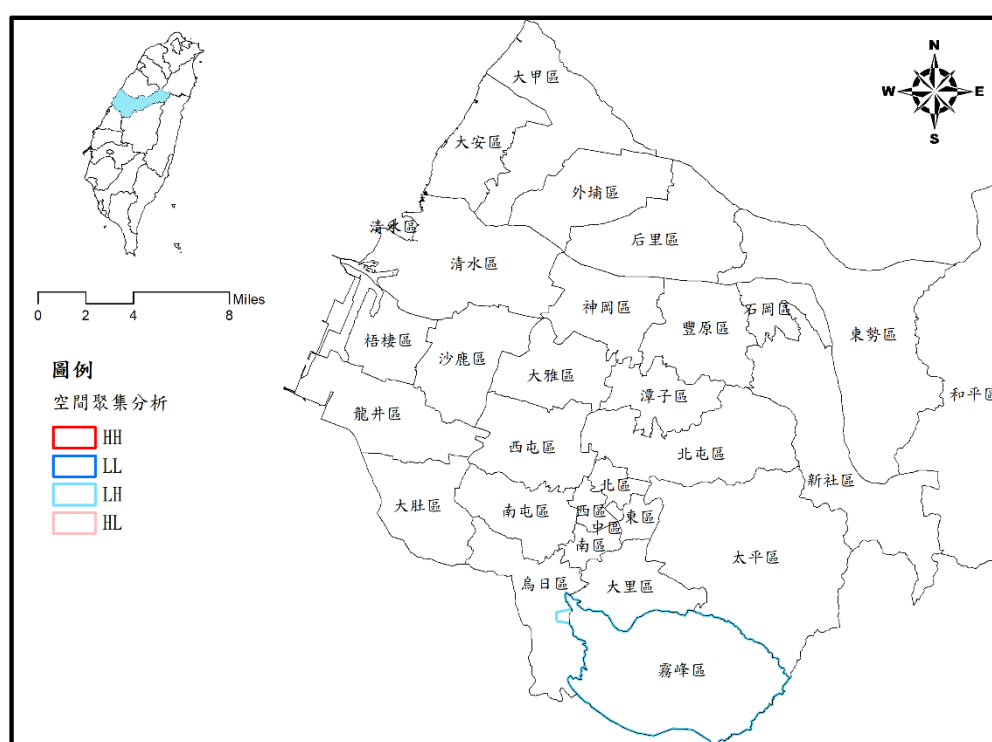


圖 3-16 2016 年 10 月 19 日空氣品質指數 AQI 與工業相關公害陳情案件空間聚集分析

2.人口密度與 AQI 空間聚集分析

將人口密度與空氣品質指數 AQI 兩變數進行 BILISA 分析後，事件日 2016 年 4 月 1 日發現有多處的行政區有空間聚集的現象，包含后里區、東勢區、神岡區、豐原區、石岡區、新社區、北區、西區、東區、中區、南區、大里區、太平區(如圖 3-16 所示)。在北區、西區、東區、中區、南區、大里區為 HH 的情況，此可解釋為人口密度較高之處其鄰近地區的空氣品質指數 AQI 數值也較高；深藍色 LL 地區包含后里區、東勢區、神岡區、豐原區、石岡區、新社區等地區，人口密度較低之處其鄰近地區的空氣品質指數 AQI 數值也較低；太平區則較為特殊，該地區屬於 LH 的情況，可解釋人口密度較低之處其鄰近地區的空氣品質指數 AQI 數值卻高。在進一步探討，可能由於大平區包含許多橡膠、金屬及機械製造行業，或許可以比對工廠位置來進行相關性的分析，才能確認人口密度較低，但是鄰近地區的空際品質高。

結合圖 3-17 與圖 3-18 可發現中區等周邊行政區於事件日 2016 年 4 月 1 日時屬於 HH 的情況，至下半年的事件日 2016 年 10 月 19 日則出現 HL 的情況，在人口密度差異不大的情況下，空氣品質指數 AQI 數值卻有不同的結果，可認為在中區等周邊行政區空氣品質指數 AQI 數值實際上並不受人口影響。

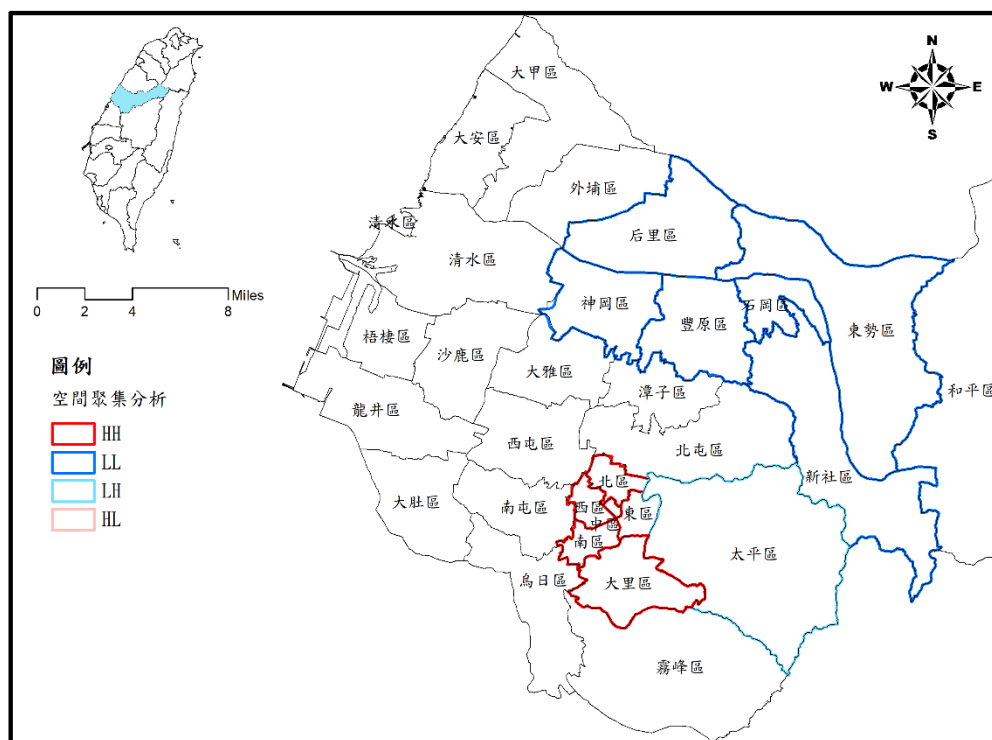


圖 3- 17 2016 年 4 月 1 日人口密度與空氣品質指數 AQI 空間聚集分析

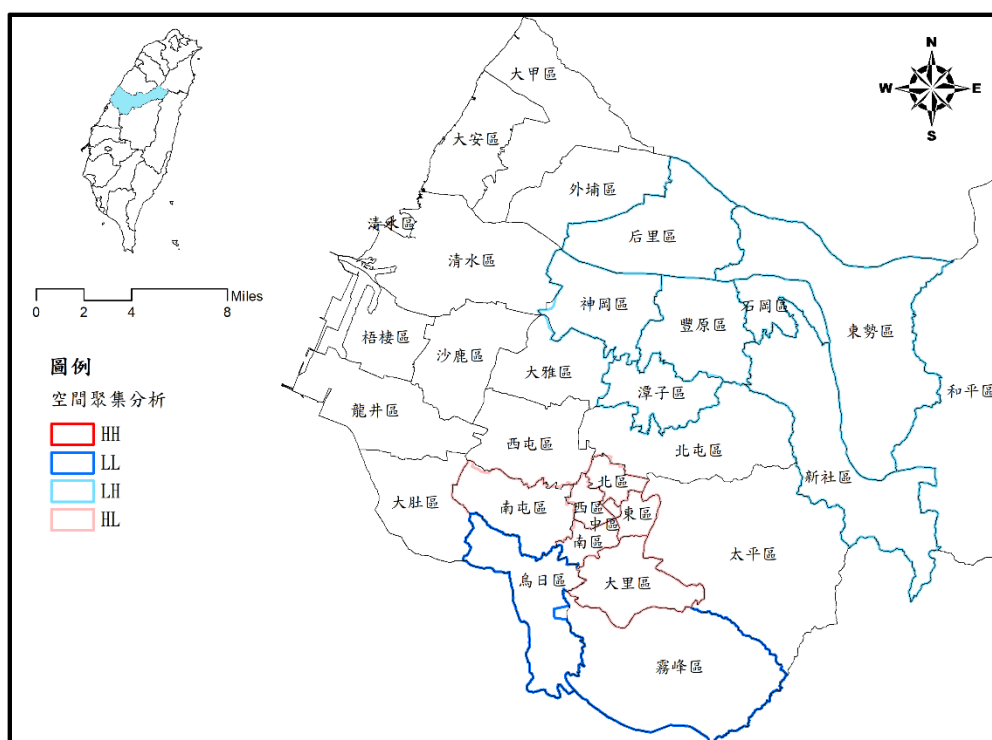


圖 3- 18 2016 年 10 月 19 日人口密度與 AQI 空間聚集分析

3.人口密度與工業相關公害陳情案件空間聚集分析

將人口密度與工業相關公害陳情案件兩變數進行 BILISA 分析後，發現僅大里區與霧峰區有空間聚集的現象，其餘地區則無聚集的現象存在。事件日 2016 年 4 月 1 日，如圖 3- 17 顯示，大里區為 HH 的情況，此可解釋為人口較為密集之處其鄰近地區的工業相關公害陳情案件也較高；霧峰區則屬於 LH 的情況，可解釋為人口較不密集之處其鄰近地區的工業相關公害陳情案件較多。霧峰區的 LH 情況同樣出現於事件日 2016 年 10 月 19 日，如圖 3- 20 顯示。

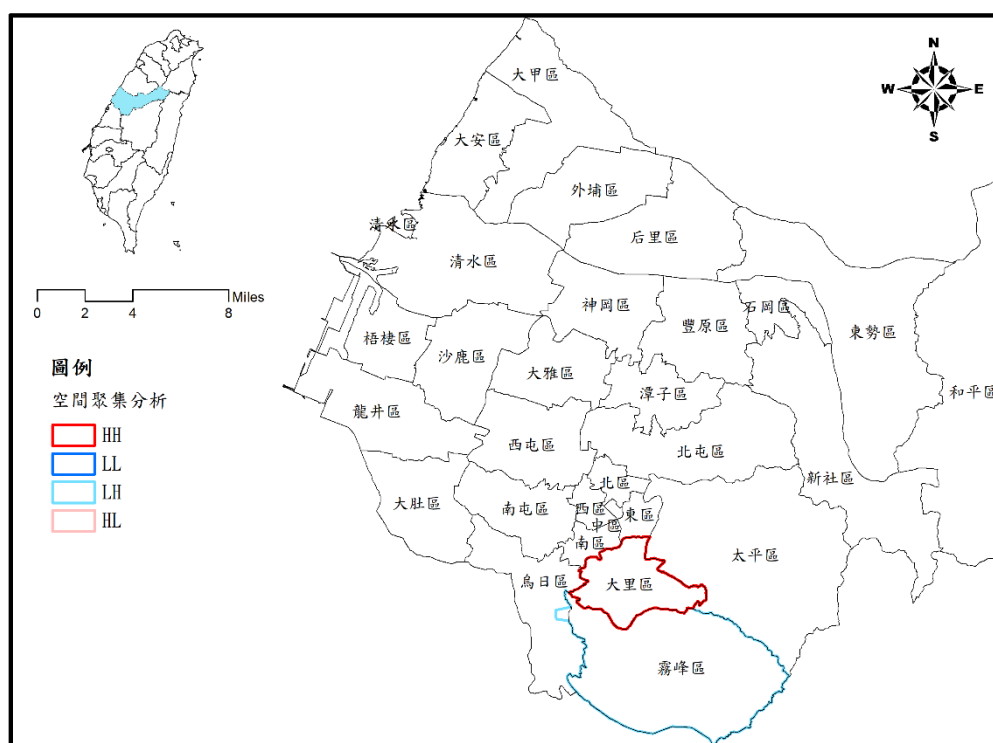


圖 3- 19 2016 年 4 月 1 日人口密度與工業相關公害陳情案件空間聚集分析

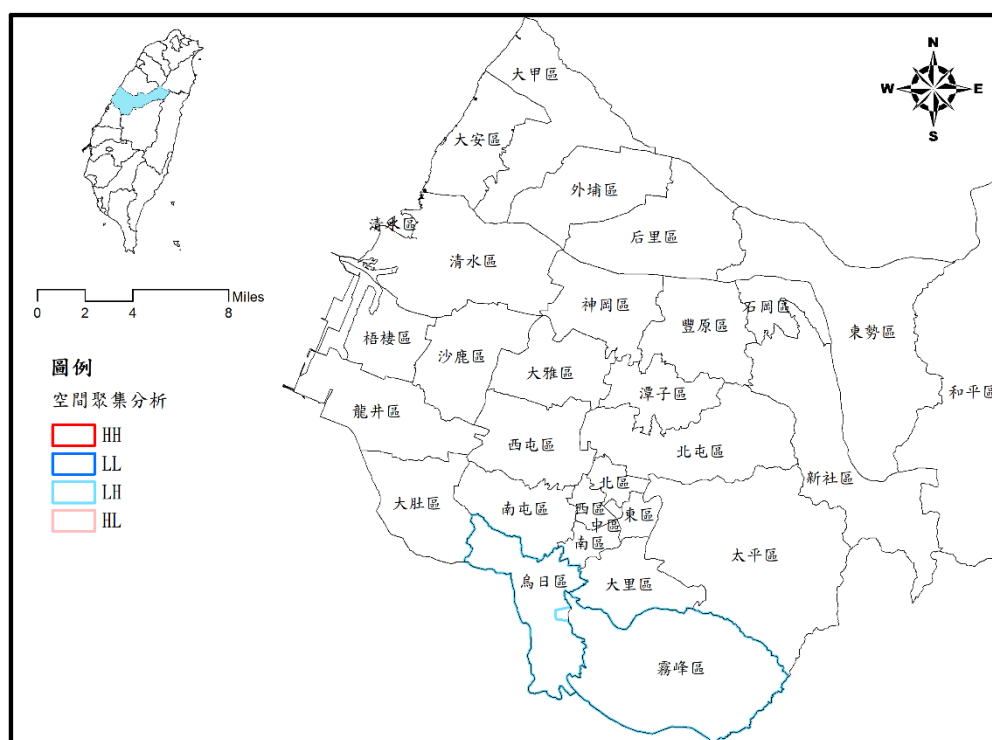


圖 3- 20 2016 年 10 月 19 日人口密度與工業相關公害陳情案件空間聚集分析

前述提到農民在稻米收割後會有燃燒稻草的問題以及因民間信仰的燃燒行為，此類農業露天燃燒、金紙燃燒在台灣屬普遍的行為，對於地區性的空氣品質會造成一定程度的汙染，甚至會衍伸出多項的化學物質。謝宗成 (2010)指出在農廢燃燒期間，細懸浮微粒 $PM_{2.5}$ 的濃度明顯上升，比燃燒期前多 2.2 倍。目前雖經政府推廣後農業露天燃燒、金紙燃燒等行為有些微減少，但仍對於空氣品質造成影響。

本團隊針對燃燒行為進行分析，利用細懸浮微粒 $PM_{2.5}$ 、公害陳情案件與人口密度討論三者變數之間的空間問題，討論地區性的燃燒行為是否與細懸浮微粒 $PM_{2.5}$ 、公害陳情案件數量、人口密集度存有空間相依問題。事件日與公害陳情案件選擇方式皆如同前述空氣品質指數 AQI 與工業相關公害陳情分析，以 2016 年 4 月 1

日與 2016 年 10 月 19 日為事件日；公害陳情案件則是選取事件日當日與前七日之資料進行後續的套疊分析。利用距離比加權法(IDW)取得臺中市細懸浮微粒 $PM_{2.5}$ 的空間分布圖，並將其與異味污染物燃燒類公害陳情案件資料進行圖資套疊，如圖 3-21 與圖 3-22。

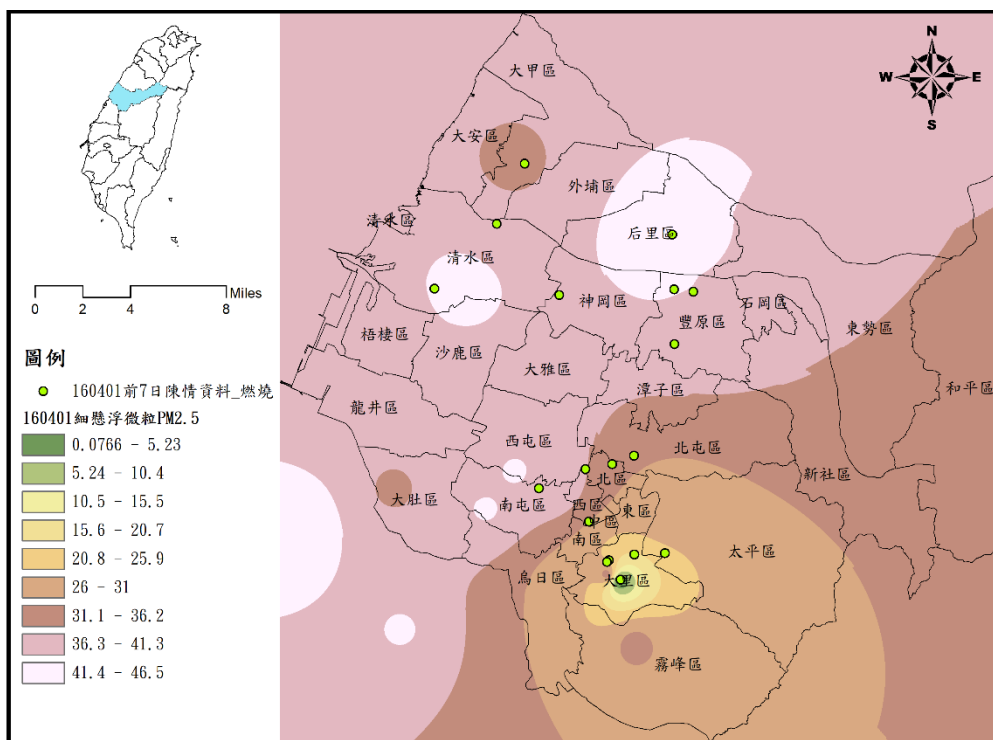


圖 3-21 2016 年 4 月 1 日細懸浮微粒 $PM_{2.5}$ 與公害陳情案件空間分布

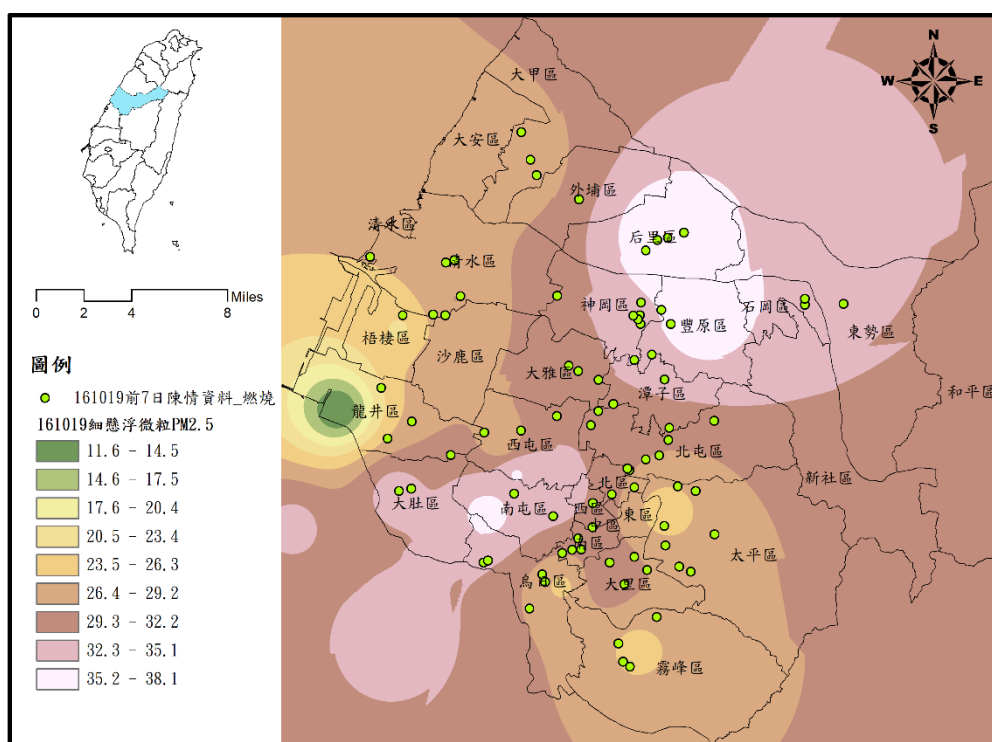


圖 3- 22 2016 年 10 月 19 日細懸浮微粒 PM_{2.5} 與公害陳情案件空間分布

根據細懸浮微粒 PM_{2.5} 空間內插的結果與燃燒類公害陳情案件套疊分析結果，實際上並無法得知燃燒類公害陳情案件與細懸浮微粒 PM_{2.5} 兩者之間的關聯性。結合圖 3- 21 與圖 3- 22 的套疊成果，雖細懸浮微粒 PM_{2.5} 數值較高之地區，公害陳情案件數量無明顯偏多。另外，從圖面中可發現事件日 2016 年 4 月 1 日細懸浮微粒 PM_{2.5} 空間內插後的數值最高點落在 46.5；事件日 2016 年 10 月 19 日細懸浮微粒 PM_{2.5} 空間內插後的數值最高點落在 38.1，可此兩事件日的燃燒類公害陳情案件確有明顯差異。事件日 2016 年 4 月 1 日燃燒類公害陳情案件統計期間內總數量僅 21 件，而事件日 2016 年 10 月 19 日燃燒類公害陳情案件統計期間內總數量卻高達 89 件，多出約 4.24 倍。

表 3-6 各行政區 2016 年兩時段燃燒類公害陳情案件數量

行政區	4 月 1 日	10 月 19 日		
	公害陳情案件數量	比例	公害陳情案件數量	比例
中區	0	0.0%	0	0.0%
東區	0	0.0%	0	0.0%
南區	0	0.0%	5	5.6%
西區	1	4.8%	3	3.4%
北區	1	4.8%	2	2.2%
西屯區	1	4.8%	2	2.2%
南屯區	1	4.8%	2	2.2%
北屯區	4	19.0%	8	9.0%
豐原區	3	14.3%	4	4.5%
東勢區	0	0.0%	1	1.1%
大甲區	1	4.8%	3	3.4%
清水區	2	9.5%	6	6.7%
沙鹿區	0	0.0%	0	0.0%
后里區	1	4.8%	4	4.5%
神岡區	1	4.8%	10	11.2%
潭子區	0	0.0%	3	3.4%
大雅區	0	0.0%	3	3.4%
新社區	0	0.0%	0	0.0%
石岡區	0	0.0%	2	2.2%
外埔區	0	0.0%	1	1.1%
大安區	0	0.0%	0	0.0%

烏日區	0	0.0%	5	5.6%
大肚區	0	0.0%	3	3.4%
龍井區	0	0.0%	4	4.5%
霧峰區	0	0.0%	4	4.5%
太平區	1	4.8%	8	9.0%
大里區	4	19.0%	4	4.5%
和平區	0	0.0%	1	1.1%
梧棲區	0	0.0%	1	1.1%
總計	21		89	

三、臺中市水質資訊展現

臺中市主要河川由北而南為大安溪、大甲溪、烏溪三大水系。轄區內計有烏溪、大甲溪等主流；大里溪、筏子溪、港尾子溪、旱溪等支流與港區六大排，各河川區排位置如圖 3-23 所示，其中，涵蓋 27 條河川與 49 個水系)。

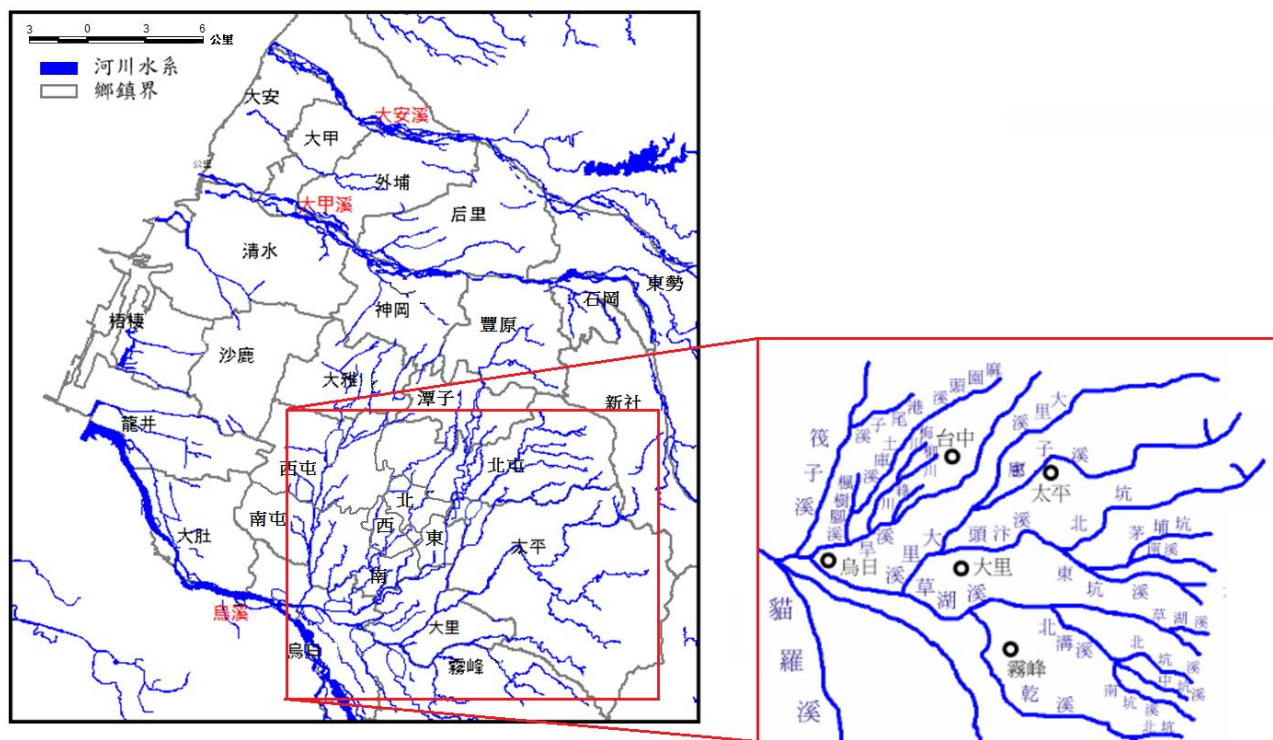


圖 3-23 臺中市各河川位置圖

本團隊將彙整自動或人工水質定期監測結果，依本市水系監測數據以各河段之色差來呈現河川污染指標(River Pollution Index, RPI)值。表 3-7 為環保署訂定之河川污染指標(RPI)分類表。水質監測站(如數據以色差呈現 RPI 值示意圖)。

由於環保署訂定之河川污染指標(RPI)僅分 4 級，較難呈現逐年改善之成效，以及民眾誤認為多年來都停留在一級內，政府部門沒有做為。因此，本團隊建議從原 4 級的河川水質狀況，再使之成為 9 級。9 個等級仍包含於原 RPI

的 4 級中，詳列於表 3-8 中。細分後的 9 個級，原 4 級仍可對應比對，如此讓民眾更容易瞭解水質改善或惡化狀況，以及本市未來逐步改善流域水質的成效展現。水質監測站以色差呈現 RPI 值示意圖列於圖 3-26 中。

表 3-7 環保署訂定之河川污染指標(RPI)分類表

項目	未(稍)受污染	輕度污染	中度污染	嚴重污染
溶氧量(mg/L)	6.5 以上	4.6~6.5	2.0~4.5	2.0 以下
懸浮固體(mg/L)	3.0 以下	3.0~4.9	5.0~15	15 以上
生化需氧量(mg/L)	20 以下	20~49	50~100	100 以上
氨氮(mg/L)	0.50 以下	0.50~0.99	1.0~3.1	3.0 以上
點數	1	3	6	10
積分	2.0 以下	2.0~3.0	3.0~6.0	6.0 以上

表 3-8 本團隊建議之河川污染指標(RPI) 9 級分類表

項目	未(稍)受污染		輕度污染		中度污染			嚴重污染	
	未受污染	稍受污染	低度污染	輕度污染	輕/中度污染	低中度污染	中度污染	中/嚴重污染	嚴重污染
溶氧量(mg/L)	6.5 以上		4.6~6.5		2.0~4.5			2.0 以下	
懸浮固體(mg/L)	3.0 以下		3.0~4.9		5.0~15			15 以上	
生化需氧量(mg/L)	20 以下		20~49		50~100			100 以上	
氨氮(mg/L)	0.50 以下		0.50~0.99		1.0~3.1			3.0 以上	
點數	1		3		6			10	
積分	≤ 1.5	1.5~2.0	2.0~2.5	2.5~3.0	3.0~4.0	4.0~5.0	5.0~6.0	6.0~7.0	≥ 7.0

由於本市現行 49 個河川水質監測站之選定有其歷史淵源，尤其在縣市合併前有著不同的考量因素，並沒有考慮到依據河川之上游、中游、下游與會合點的水質變化，因此若要呈現如圖 3-26 之各河段監測數據以色差來

呈現 RPI 值的目的，則必須調整部分的水質監測站位置。在最少變動的原則下，本團隊建議先行變動五個水質監測站位置，松竹二號橋、國光橋、漢口梅橋、東信第二麻園橋及新文和一橋移至光西巷橋、福光橋、大衛橋、烏日吊橋及環河橋，移動監測站之名稱與新位置如圖 3-27 所示，如此可以盡速達成各河段監測數據以色差來呈現 RPI 值的目的。另外，圖 3-25 所列環保署於臺中市設置之 21 個河川水質監測站地點，與本市 49 個河川水質監測站（圖 3-24）大都重複，所以本市各河段監測數據以色差來呈現 RPI 值的，建議仍以本市 49 個河川水質監測站之監測資料為主，如此在未來較能掌握數據的呈現時效。

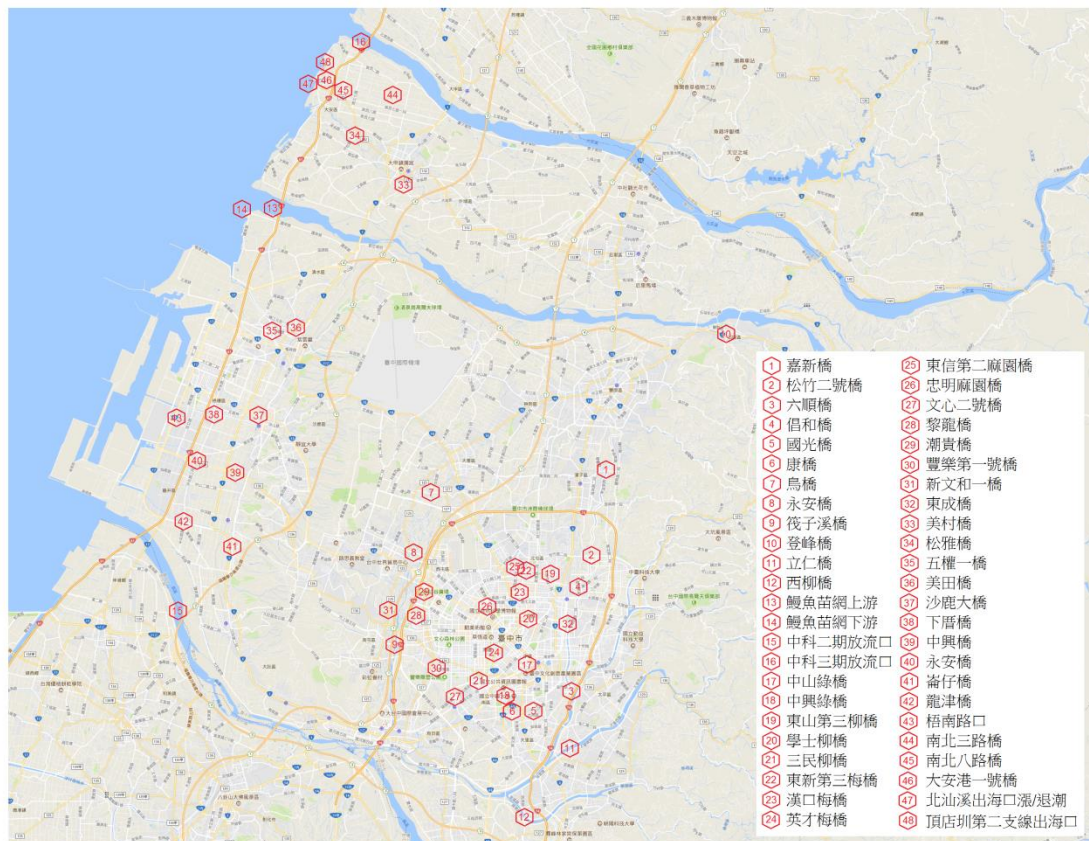


圖 3-24 臺中市河川水質監測站(共 49 站)

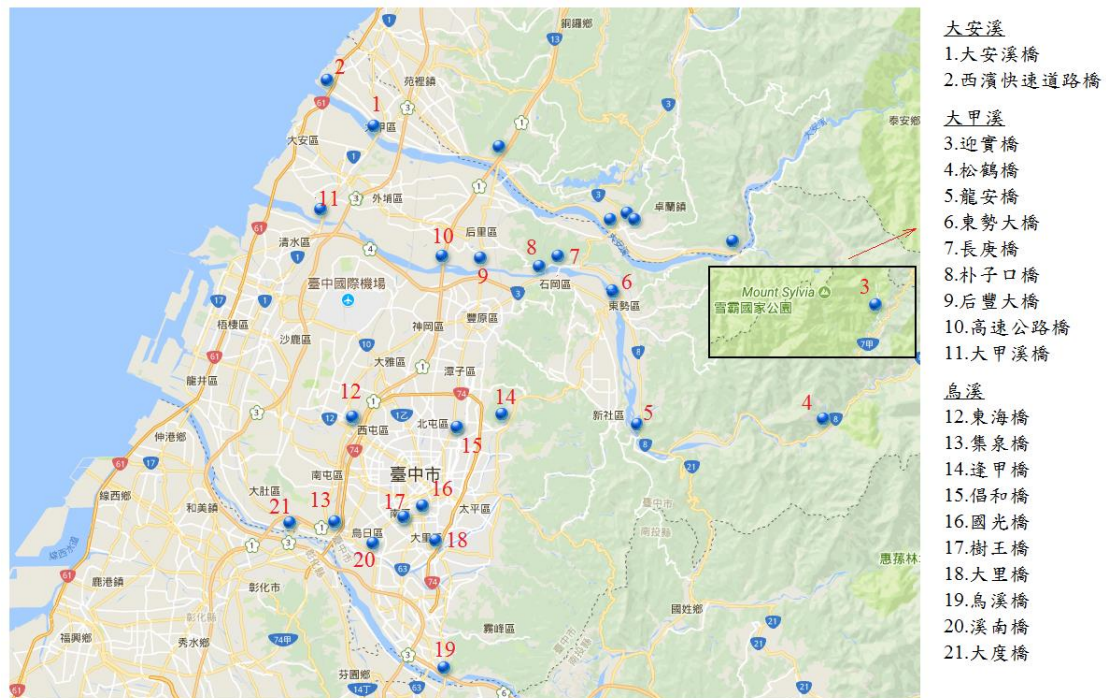


圖 3-25 環保署於臺中市設置之河川水質監測站(共 21 站)

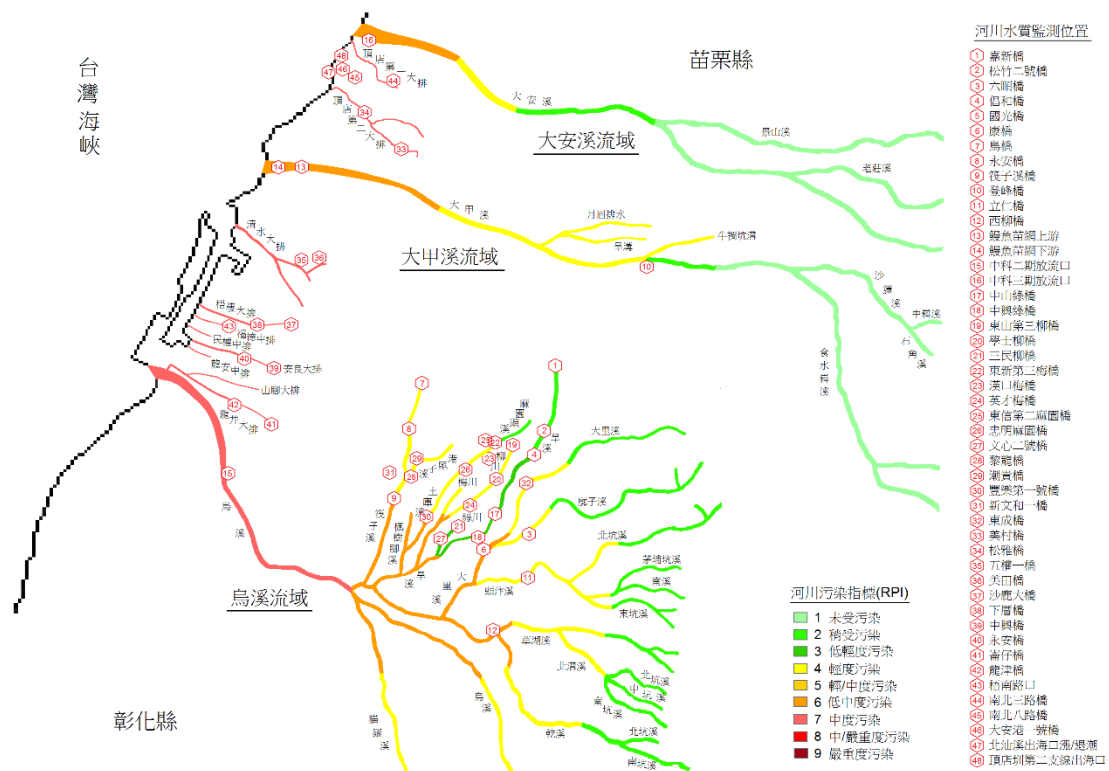


圖 3-26 臺中市水系各河段監測數據以色差來呈現 RPI 值示意圖

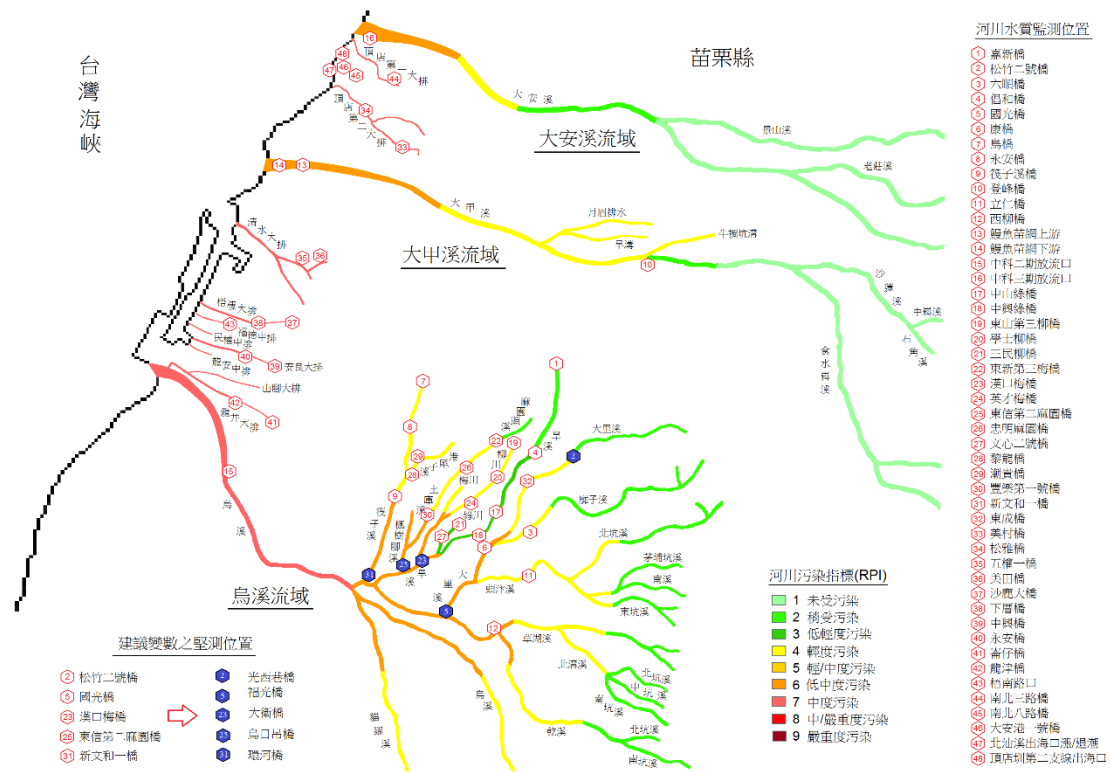


圖 3-27 本團隊建議之台中市河川採樣位置圖

四、臺中市噪音監測站資訊

臺中市噪音監測站設有 24 站（表 3-9），包含：(1).第一類管制區環境音量及交通音量測站各 2 站、(2).第二類管制區環境音量及交通音量測站各 4 站、(3).第三類管制區環境音量及交通音量測站各 4 站、(4).第四類管制區環境音量及交通音量測站各 2 站。

為臺中市噪音監測站名稱。圖 3-28 為臺中市噪音監測站地理位置圖。本團隊以 105 年 5 月份為例，彙整臺中市環保局自動或人工定期監測結果之 12 處噪音測值以日、晚、夜間三項標準之音標高低呈現於 GPS 底圖之點位旁，供民眾參考，如圖 3-29 所示，其中紅色方框為交通音量測站；黑色方框為一般地區音量測站。

表 3-9 臺中市噪音監測站基本資料

測站名稱	測站編號	管制區	固定/移動	測站性質	座標代號 (如下圖)
后里甲后路	3409223TN003	三	移動式	交通噪音	A
后里文化路	3409220TN002	二	移動式	交通噪音	B
海區服務中心	3409020EN003	二	移動式	環境音量	C
豐原中興路	3408623TN001	二	固定式	交通噪音	D
東勢區公所	3408723EN001	二	固定式	環境音量	E
月湖活動中心	3409623EN002	三	固定式	環境音量	F
新社環保公園	3409623EN001	三	移動式	環境音量	G
鞍馬山工作站	3410620EN001	一	移動式	環境音量	H
雪山派出所	3410620EN002	一	移動式	環境音量	H
和平區雪山路 41K 處	3410620TN001	一	移動式	交通噪音	H
和平區雪山路 43K 處	3410620TN002	一	移動式	交通噪音	H
北屯區梅川東路 五段	3432520TN005	三	移動式	交通噪音	I
臺中工業區污水 處理廠	3432320EN002	四	移動式	環境音量	J
逢甲國小	3432220EN005	二	移動式	環境音量	K
職訓中心	3432320TN002	四	移動式	交通噪音	L
文山垃圾焚化廠	3432420EN006	三	移動式	環境音量	M
英才站	3432120TN002	二	移動式	交通噪音	N
瑪利諾會館	3432020EN004	二	移動式	環境音量	O
環保局東南區隊	3431920EN223	三	移動式	環境音量	P
太平永平路	3410423TN002	二	移動式	交通噪音	Q
烏日區環河路	3410020TN001	三	移動式	交通噪音	R
西區三民路一段	3432020TN004	三	移動式	交通噪音	S
大里工業區	3410520EN001	四	移動式	環境音量	T
大里仁化路	3410520TN003	四	移動式	交通噪音	T

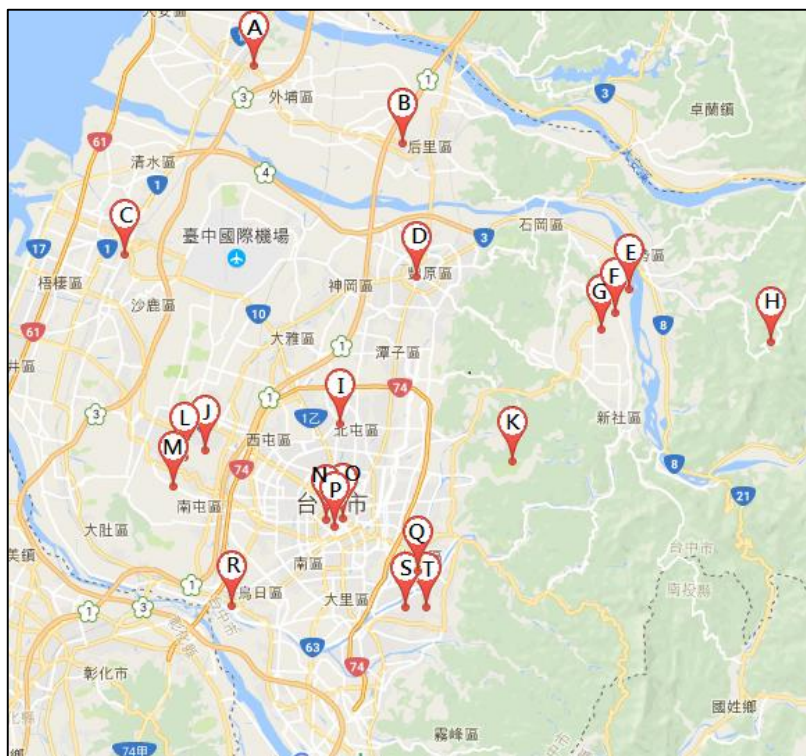


圖 3- 28 臺中市噪音監測站地理位置圖

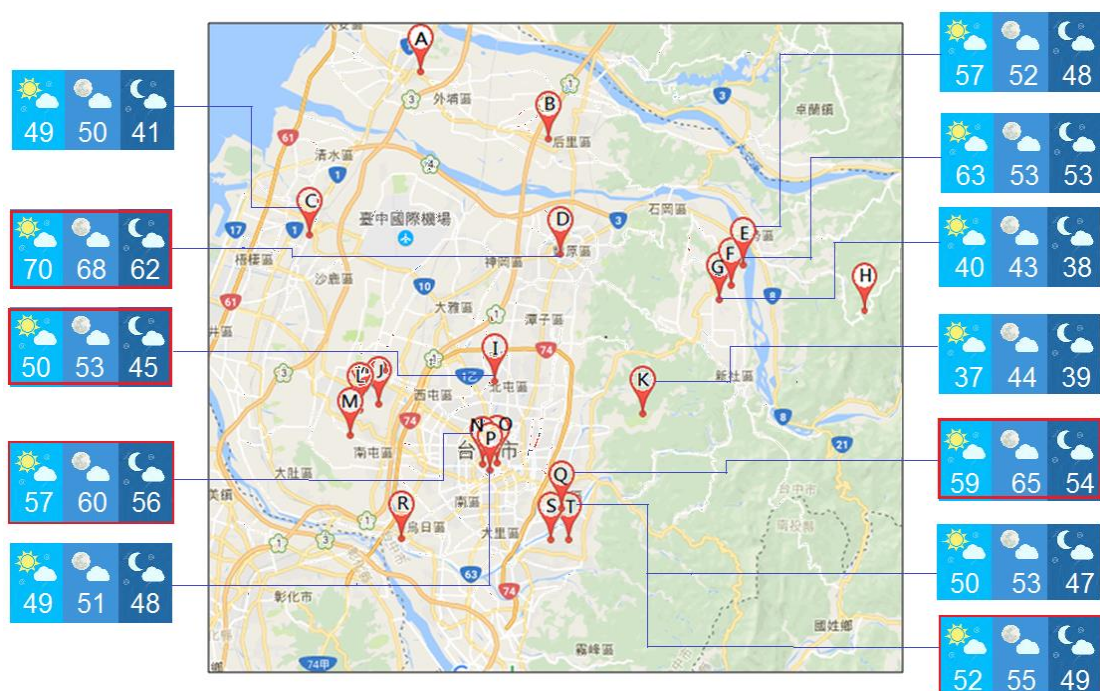


圖 3- 29 105 年 5 月臺中市噪音監測情形

肆、環境污染監測物聯網技術評估探討

一、物聯網技術探討

(一)LPWAN 與傳統通訊差異

目前 LPWAN 通訊發展，以解決大區域範圍的監測網為需求，相較於傳統通訊，採用 ADSL 或光纖等有線線路通訊，資料傳輸頻寬高，但受通訊線路供應範圍侷限，不是每個設置地點都能進行申請使用，有線線路布建費用高昂，非鄰近的監測站都需各別進行申請，只適於單一地點監測；無線通訊類，有藍牙（Bluetooth）、Zigbee 及 WiFi 等技術，藍牙一般只能傳輸 10~100 公尺，資料傳輸速率約 1Mbps，Zigbee 傳輸距離可達 100 多公尺，但 Zigbee 節點會找尋並維護節點間的繞徑路線，因此節點如果無法直接與目標節點相通訊時，能透其它節點將資料轉送至目標節點，其資料傳輸速率約 250kbps，適用於數百公尺範圍的監測環境，WiFi 無線通訊可分成短距離傳輸及長距離點對點傳輸，單一短距離存取點（Access Point，AP）的無線通訊訊號覆蓋範圍通常只在存取點半徑約 50~100 公尺範圍內，目前通訊技術已可以提供 300Mbps 以上的資料傳輸頻寬，同時可以提供約 256 個客戶端使用者（client）進行通訊，短距離 WiFi 及 Zigbee 適用於小區域物聯網，如一般住家使用。因 WiFi 採用免通訊執照的 2.4GHz 與 5GHz 之無線電頻段，無線電波長較小，在空氣中傳輸訊號衰減較大，通訊效果也容易受地型及遮蔽所影響，在長距離傳輸使用環境，需搭配使用高增益的指向式天線，適合在可視的直線範圍內傳輸，通訊範圍在可視無遮蔽環境下，傳輸距離可達數公里之遠。另外，3G/4G 無線通訊，資

料下載頻寬可達數十 MBps，而資料上傳頻寬則可達數 MBps，但 3G/4G 在通訊建立前的溝通耗用時間較長，資料在無傳輸期間仍需耗用較高的電力維持通訊連線狀態，通訊覆蓋範圍受電信業者基地台站設置地點所限制，會有無通訊服務及通訊不佳易斷線問題，並且 3G/4G 通訊模組成本也比 LPWAN 通訊模組成本高。

LPWAN 通訊在訊號調變技術不複雜及資料傳輸頻寬要求不高（約數百 bps~1Mbps）等條件下，通訊模組製造成本比其它無線通訊成本低，單 1 處 LPWAN 通訊基站或閘道，即能服務涵蓋半徑數公里範圍內的數千個結點，因此適合大量及大範圍廣佈的物聯網 通訊需求。

表 4-1 通訊差異比較表

通訊方式	ADSL 等有線傳輸	短距離 WiFi	長距離 WiFi	3G/4G	LPWAN	備註
通訊距離	遠	短	遠	遠	遠	
傳輸頻寬	高	高	高	中	低	
建置成本	高	中	高	中	低	
單一基站服務範圍	單 1 點	最高 256 個	單 1 點	單 1 點	數千點	

(二)LPWAN 目前發展狀況

近年發展中的物聯網通訊 LPAN（Low-Power Wide-Area Network，低功耗廣域物聯網）技術，主要有 2 類型，一類型為有電信 3GPP（3rd Generation Partnership Project）主導的運營商及電信設備商投入，工作在授權頻譜的 NB-

IoT、LTE-M；另一類型為工作在非授權頻譜的技術，如 LoRa、Sigfox、Weightless、HaLow、RPMA(Random Phase Multiple Access)等。而截至 2017 年 9 月為止，在台灣發展的幾個熱門 LPAN 技術目前情形說明如下：

1.NB-IoT 通訊

截至 9 月中旬，NB-IoT 還未提供正式的通訊服務申請，但台灣的電信三雄（中華電信、台灣大哥大、遠傳）已向 NCC（國家通訊傳播委員會）申請核配門號，並提出資費方案供 NCC 審查中，後續 NCC 將依申請核發開放 040 開頭的電信等級物聯網門號。其中遠傳電信已於官網上發佈已於 8 月 23 日成為全台灣第一家取得物聯網專屬門號的電信業者，預計於 2017 年 11 月底前提供北區 NB-IoT 網路服務，並在 2018 年第 2 季以前完成全台 NB-IoT 網路涵蓋。依據 NCC 目前的規劃，040 物聯網服務，定位為低度規管、提供機器通訊（machine type communication, MTC）之服務，未來物聯網門號將不提供人對人、人對物、以及用戶個人語音或簡訊服務，只提供物對物（M2M）的物聯網應用。各電信業者預計於 2017 年 10 月後即可提供相關 NB-IoT 通信服務。



圖 4-1 NB-IoT 整體架構

2.SIGFOX 通訊

SIGFOX 台灣、新加坡營運商台灣優納比（Unabiz）於 2017 年 7 月獲得 NCC 核發「網際網路接取一般二類電信執照」，成為交通部 2017 年釋出 920-925MHz 頻譜以來，第一家獲得該頻段執照的廠商。法國物聯網公司 SIGFOX 在台灣業務目標規劃於 2017 年 8 月前網路覆蓋率達到全台灣六都 80% 人口，明年第四季達 95%。目前，SIGFOX 在全球網路覆蓋率已達 32 個國家，預計 2018 年將完成 60 個國家的基礎建設佈建。

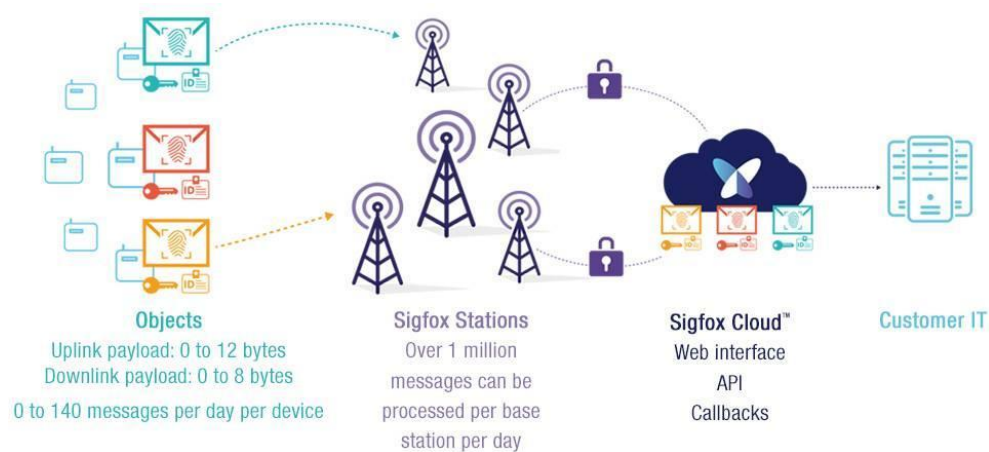


圖 4-2 Sigfox 架構

3.LoRa

非授權頻譜的 LoRa 採用星狀拓樸，讓所有節點（Node）直接連接到通訊閘道（Gateway），網關再連接至網絡伺服器整合，若需要與其他終端節點溝通，也是經由通訊閘道傳輸。透過如此設計，終端節點依需求地點安裝，但通訊閘道設點靈活，可以就近設置在有線網絡及有電源的地方，不必擔心通訊閘道的耗電問題。如此，終端節點可以將一些耗電需求較高的工作如通訊傳輸排程、資料傳輸檢測及單節點傳輸多通訊閘道接收造

成之資料重複等問題，交給通訊閘道及後端網路伺服器平台來處理，以提高節點的續航能力。但 LoRa 在部份資料傳輸格式可以依廠商自訂，導致各 LoRa 廠商之間，仍可能有無法傳輸之問題，建議如使用 LoRa 通訊時，節點與通訊閘道應一併使用同一廠商設備，以避免傳輸通訊格式等問題產生。

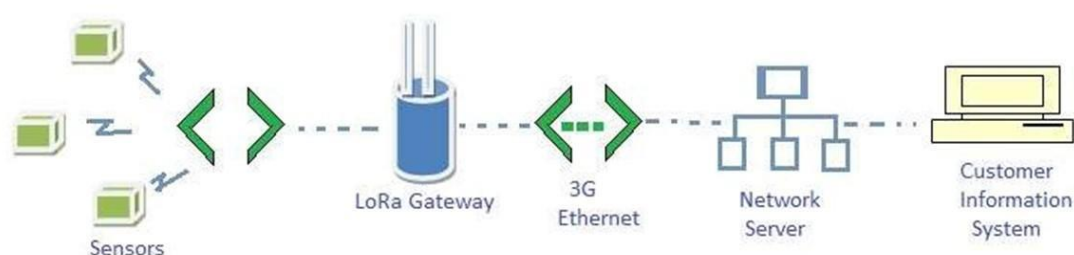


圖 4- 3 Lora 通訊架構

(三)LPWAN 未來趨勢與建議

目前在台灣最常被討論的 LPWAN 技術，有已提供服務 Sigfox、技術成熟的 LoRa 及即將提供服務的 NB-IoT，由於 Sigfox 採用超窄頻（Ultra-Narrow Band,UNB）技術，使用頻寬僅需 100kHz，且 Sigfox 的傳輸速率最低，僅為 100bits/s，消息最長是 12 個字節，一個節點每天最多傳送消息數量為 140 條。受限 Sigfox 的傳輸頻率、每日傳輸消息數量只能 140 條等要求，加上 Sigfox 通訊服務只有 Sigfox 提供等限制，超低傳輸量的 Sigfox 通訊方案較適合於像是電子式電錶、瓦斯錶等每小時或每日回傳一次的低通訊量及低傳輸頻率的應用，不適用於提供即時性之環境監測站通訊使用。

如果採用 LoRa 通訊，需自行建置非授權頻段的 LoRa 基站，使用者需面臨 LoRa 通訊基站地點選擇及後續電力、

網路通訊申請與維運等問題或考慮跟即有廠商如正文科技、亞太物聯網或奇邑科技 (原名泰發科技)接洽，使用該公司設置之 LoRaWAN 基站服務。

環境監測站設置地點規劃，以人口密集度高的區域佔多數，因此多位在電信業者提供通訊服務的覆蓋範圍內，考量建置成本與後續維護便利性，建議先以單一 LPWAN 平台為服務供應選擇，為獲取最即時性之環境狀態，建議環境感測器的量測及資料回傳頻率，最少每 3 分鐘進行 1 次，並於量測後進行資料回傳，通訊組件採模組化設計，NB-IoT 為環境監測物聯網主要通訊方式，也提供其它 LPWAN 通訊方案如 LoRa 模組、WiFi 及有線通訊模組可替換使用，以備後續環境監測站設置地點無 NB-IoT 服務時，可替換成 WiFi、有線網路及 LoRa 等通訊方案進行資料回傳。

表 4- 2 NB-IoT 窄頻物聯網與 LoRa 長距離無線通訊

項目	低功耗廣域網技術	
	NB-IoT 窄頻物聯網 (Narrow Band Internet of Thing)	LoRa 長距離無線通訊 (Long Range wireless)
國際技術標準	是 (由 3GPP 制定)	否 LoRa Alliance (Semtech)
頻段及優勢	LTE 頻段或其護衛帶需執照、少雜訊干擾	920~928MHz 免執照,雜訊干擾多
基站建設及涵蓋	運用即有基站升級,全台涵蓋率超過 99%	需額外佈建專屬基地台, 涵蓋範圍受限
通訊費率	高	無
數據傳輸速率	50kbps	38.4kbps
服務品質 (含資料傳送延遲、丟失率等)	優	無
安全性	優	弱
適轉時程	2017 年	2014 年

資料來源：<https://www.sogi.com.tw/>

二、環境感測器發展趨勢

傳統的氣候、空氣與水質監測站，使用之環境儀器量測精準，為保持每次量測的正確性，量測過程都需在不受外界環境變化所及干擾下進行，量測過程需在規範之溫度及溼度範圍內進行，因此環境監控站需搭配空調系統保持適當的量測溫度環境。此外為確保量測儀器的正確性，需定期進行檢驗，以確認量測儀器量測結果是否超過誤差範圍，以空氣品質監測站為例，除了配置空調設備外，空氣監測站還需設置校正用氣體鋼瓶與校正用設備，1處空氣監測站設置，需解決用電及空間問題外，空氣監測站造價費用也非常高昂，受限上述等原因，無法達到大量布建，只能進行地區性大尺度的量測。

受微機電系統（Microelectromechanical Systems，縮寫為MEMS）與電化學技術等感測器發展影響，許多環境中的天氣變化如溫度、濕度及空氣中氣體物質如一氧化碳（CO）等，都可以透過微機電系統晶片或電化學式製成的微型環境感測器進行量測。於傳統人工與機械式量測相比，使用微型環境感測器，可以減少人工量測的人力需求與人工辨別誤差，量測數據化，量測記錄方便進行儲存、分享與後續分析。微型環境感測器相較於現階段常用之自動化量測的環境感測設備，體積更小、成本也更加便宜，適合大量設置使用。

(一)常見的微型感測器技術

微機電系統 (MEMS)：微機電系統(MEMS)基本上是結合半導體製程技術與精密機械技術，來製造微小元件及功能整合的微系統。

1.電化學技術

藉由一些可燃性、有毒有害氣體都有電化學活性，可以被電化學氧化或者還原。利用這些反應,可以分辨氣體成份、檢測氣體濃度。

2.半導體式氣體感測器

主要是由 SnO_2 的 n-型半導體和加熱器所組成。感測器內部加熱器會一般會加熱至 $200\sim 300^\circ\text{C}$ 溫度，在清淨空氣環境時它吸附空氣中的氧，形成氧的負離子吸附，使半導體中的電子密度減少，從而使其電阻值增加。當吸附還原性氣體(例如液化氣、天然氣、氫氣、一氧化碳、有機溶劑蒸氣等)時，原來吸附的氧脫離，而由還原性氣體以正離子狀態吸附在金屬氧化物半導體表面；氧脫離後放出電子，還原性氣體以正離子狀態吸附也要放出電子，氧化物半導體帶電子密度增加，電阻值下降使導電率上升。當恢復到清潔空氣中時，金屬氧化物半導體又會自動恢復氧的負離子吸附，使電阻值升高到初始狀態,導電率恢復。半導體式感測器就是透過這種導電率變化，從而檢測出氣體的濃度。

3.固態電解質氣體感測器

透過材料中吸附產生的離子與電解質中的移動離子以及材料中的固定離子可製成不相同的感測器。

4.觸媒燃燒式感測器

氣敏材料(如 Pt 電熱絲)在通電狀態下,可燃性氣體氧化燃燒或者在催化劑作用下氧化燃燒，電熱絲由於燃燒產生溫度，從而使其電阻值發生變化。這種感測器對不燃燒氣體不敏感，在環境溫度下非常穩定。

(二)微型感測器與傳統感測儀器的比較（以 PM_{2.5} 懸浮微粒量測為例）

行政院環保署標準空氣品質監測站用來測定 PM_{2.5} 的儀器分成手動及自動二種，手動監測係由採樣人員使用調理過的濾紙到測站進行 24 小時採樣，再將濾紙送回實驗室，在控制的溫濕度條件下，進行秤重後計算濃度。這種方法的好處在於減少環境中可能干擾測定的因素，例如相對溼度對測值的影響。因此國際上一般會使用手動監測的結果作為空氣品質是否符合標準的判定依據，我國空氣品質標準亦明訂採手動監測結果判定空氣品質是否符合標準。然而，手動監測經過嚴謹的實驗室分析程序，需要 2 至 3 週才能完成，在空氣品質出現變異時，不能提供民眾預警。因此空氣品質監測需要使用自動連續監測，一般為採樣 1 小時後量測 1 小時濃度，可以立即提供預警或預報之需。

手動懸浮微粒檢測方法是依據環保署 101 年 12 月 18 日公告「NIEA A205.11C」進行，檢測以定流量抽引空氣進入特定形狀之採樣器進氣口，經慣性微粒分徑器，將氣動

粒徑小於或等於 2.5 微米 (μm) 之細懸浮微粒 ($\text{PM}_{2.5}$) 收集於濾紙上。而此濾紙於採樣前、後均於特定溫度與濕度環境中調理後秤重，以決定所收集之 $\text{PM}_{2.5}$ 微粒之淨重，再除以 24 小時之採樣總體積即得微粒 24 小時之質量濃度，其偵測極限可達 $2\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，此檢測方式可以精確檢測出 24 小時內的懸浮微粒值，但無法反應量測期間內每個時間區間的懸浮微粒變化。

另外採用此種檢驗方案，量測時還需留意濾紙上所採集之揮發及半揮發性微粒常會在濾紙運送或採樣後秤重前之保存過程中損失，因此應在可執行的範圍內儘快秤重，以將此誤差減到最小。濕度亦會對樣品造成影響。在採樣前及採樣後秤重的過程中，必須小心處理濾紙以避免因濾紙破損或所採集到的微粒自濾紙上散失而造成誤差。使用濾紙夾、濾紙匣及其保護容器可以減少這些誤差。採樣流率變異可能改變採樣頭的微粒分選粒徑特徵，此誤差會受到採樣期間入口採樣流率變異以及空氣中微粒粒徑分布影響。實際採樣空氣體積計算的誤差可能來自採樣流率誤差及(或)採樣時間測量。

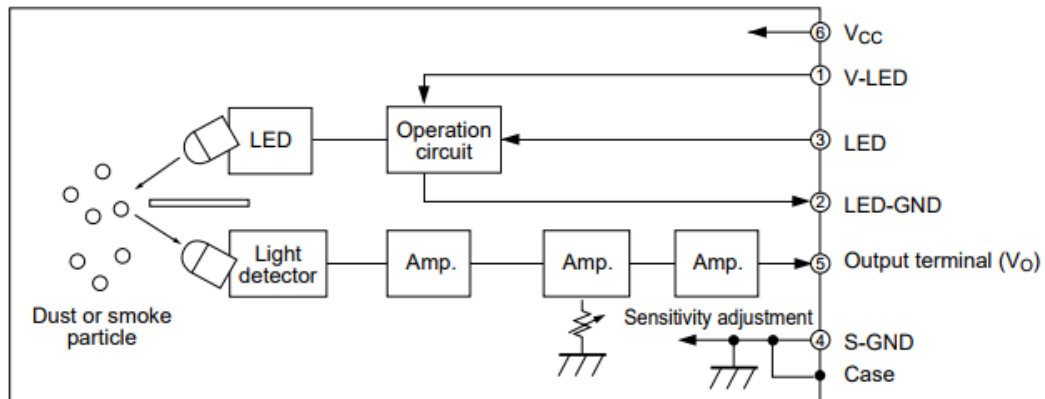
其它常見的空氣品質監測站的 $\text{PM}_{2.5}$ 自動監測儀器原理，包括貝他射線衰減法、錐形元件震盪天平法及光散射法等。為了降低可能的干擾問題，各種自動監測儀器均會有去除干擾的設計，例如粒徑篩分器（去除粒徑大於 2.5 微米的粒子）、流量控制器（控制精準的流量）、氣溫、大氣壓力測定以及採樣氣流加溫（避免水分凝結）等。

表 4- 3 PM_{2.5} 懸浮微粒量測方式比較

監測方式	人工	自動化	自動化
機器型號		MetOne E-BAM	攀藤 G5 PMS5003
量測原理	濾紙採樣秤重	β 射线法	採用激光散射原理得出顆粒物的等效粒徑及單位體積內不同粒徑的顆粒物數量
技術參數		● 量程：0~10mg/m³ ● 精度：2.5μg，在 24 小時週期內 ● 測量循環：60 分鐘（標準）；59 分鐘（實際採樣時間） ● β 源：C14，小於 75 微居里（能量單位） ● 探 測 器：Scintillation 探測器 ● 過濾器類型：連續的玻璃纖維過濾器 ● 流量精度：$\pm 3\%$ 讀數，體積流量控制 ● 採樣泵：雙膜，內置 ● 電 源：12VDC（36W，25°C 時） ● 流量：16.7L/分鐘	● 雷射散射法 ● 最小直徑 0.3 μm ● 使用電壓 4.5 V to 5.5 V ● 電力消耗(工作): 小於 100 mA ● 電力消耗(待機): 小於 200 μA ● 靈敏度: 50%@0.3 μm 98%@$\geq 0.5 \mu$m ● 解析度: 1 μg/m³ ● 工作溫度:-10 °C ~50 °C ● 尺寸: 50 x 38 x 21 mm
量測頻率	每 24 小時 1 次	每小時 1 次	反應時間 ≤ 10 （秒）
費用		約 70~90 萬	約 2,000

自動化微型 PM_{2.5} 感測器透過空氣中微粒導入光學散射原理的感測區域，在未經粒徑篩選方式下，以光學方式（光散射原理）量測不同粒徑微粒數量，再經轉換為 PM_{2.5} 質量濃度。當光線照射到微粒表面，會有反射、散射等效應，這些效應會因微粒粒徑、形狀及表面粗糙情形而不同，同時也與光的波長有關。而當微粒含有吸水成分（例

如硫酸鹽、硝酸鹽等)，微粒外形及微粒粒徑會因吸收空氣中水分而改變，進而影響測定結果。



(資料來源：SHARP Dust Sensor module GP2Y1001AU 規範資料)

圖 4-4 灰塵感測器電路圖

行政院環境保護署 102 年「細懸浮微粒 (PM_{2.5}) 儀器比對及化學成分觀測網規劃作業計畫」內容，提出細懸浮微粒 (PM_{2.5}) 量測質量濃度，在手動儀器與自動儀器精密性及區域性比對，在精密性比對期間，手動儀器量測值彼此間在統計上沒有顯著差異($p < 0.05$)，自動儀器以美國環保署自動儀器第三類型等效方法準則(以下簡稱 FEM 準則)評估，無法取代手動儀器，惟經由線性迴歸模擬，自動儀器量測值可轉換為手動儀器量測值。

(三)環境感測器發展現況

1.氣候監測

「氣候」和「天氣」兩者並不相同，『天氣』通常是指定點和定時的大氣狀態，為目前正在發生或是明天或不久的未來有可能發生的現象，譬如臺北現在是晴天還是下雨。『氣候』是用來說明天氣在一段長時間的平均狀

態，為數月到數百萬年時間的平均值和變率，也包括極端現象的變化在內。譬如臺灣百年的溫度和降雨變化特徵就屬於氣候變化的一種。一個地區的氣候變化現象也只是整個巨大地球氣候系統中的一小部分而已。將空間放越大，時間拉越長，氣候的特徵就會越明顯。反之，空間越小，時間越短，天氣的特徵就會越顯著。因此，氣候變化和天氣是相互交織的。觀測顯示天氣一直處於變化之中，而一段時間內天氣變化的統計資料反映出氣候變化的特徵。

在氣候監測上，可以進行定量天氣觀測內容包括：溫度、露點、濕度、氣壓、氣壓趨勢及特性、氣壓變量、降水量、風向風速、地中溫度、日照、日射量等項目。

2.空氣監測

依行政院環境保護署空氣品質監測網**空氣品質監測站**類型說明，現階段設置之空氣品質監測站可分類四類型，述說如下：

(1)一般空氣品質監測站

設置於人口密集、可能發生高污染或能反映較大區域空氣品質分布狀況之地區，以表示一般民眾生活環境之空氣品質。

(2)工業空氣品質監測站

以設置於工業區之盛行風下風區，以了解工業污染之影響。

(3)交通空氣品質監測站

設置於交通流量頻繁之地區，以反應行人曝露狀態之空氣品質。所收集的監測數據將用以評估機動車輛管制之成效及評估行人曝露於車輛廢氣污染狀態的程度。

(4)背景空氣品質監測站

設置於較少人為污染地區或總量管制區之盛行風上風區，以監測其上風所挾帶之污染量。其佈設點均特別避開鄰近污染源之影響，以反映大尺度之空氣品質狀態，研判有無台灣以外地區長程傳輸而來的污染。

表 4-4 各項空氣污染物之空氣品質標準規定一覽表

項目	標準值		單位
總懸浮微粒(TSP)	24 小時值	250	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ (微克/立方公尺)
	年幾何平均值	130	
粒徑小於等於十微米(μm)之懸浮微粒(PM_{10})	日平均值或 24 小時值	125	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ (微克/立方公尺)
	年平均值	65	
粒徑小於等於二·五微米(μm)之懸浮微粒(PM_{25})	24 小時值	35	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ (微克/立方公尺)
	年平均值	15	
二氧化硫(SO_2)	小時平均值	0·25	ppm(體積濃度百萬分之一)
	日平均值	0·1	
	年平均值	0·03	
二氧化氮(NO_2)	小時平均值	0·25	ppm(體積濃度百萬分之一)
	年平均值	0·05	
一氧化碳(CO)	小時平均值	35	ppm(體積濃度百萬分之一)
	8 小時平均值	9	
臭氧(O_3)	小時平均值	0·12	ppm(體積濃度百萬分之一)
	8 小時平均值	0·06	
鉛(Pb)	月平均值	1·0	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ (微克/立方公尺)

資料來源：行政院環境保護署空氣品質監測網 <https://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/b0206.aspx>

A.空氣品質指標 (AQI)

依環保署制定之「空氣品質指標 (AQI)」，將當日空氣中臭氧(O_3)、細懸浮微粒($PM_{2.5}$)、懸浮微粒(PM_{10})、一氧化碳(CO)、二氧化硫(SO_2)及二氧化氮(NO_2)濃度等監測資料數值，以其對人體健康的影響程度，分別換算出不同污染物之副指標值，再以當日各副指標之最大值為該測站當日之空氣品質指標值(AQI)。

一般以臭氧(O_3)8 小時值計算各地區之空氣品質指標(AQI)。但部分地區以臭氧(O_3)小時值計算空氣品質指標(AQI)是更具有預警性，在此情況下，臭氧(O_3)8 小時與臭氧(O_3)1 小時之空氣品質指標(AQI)皆計算之，取兩者之最大值作為空氣品質指標(AQI)。

當空氣品質指標(AQI)達 301 以上之指標值，以臭氧(O_3)小時值計算之，不以臭氧(O_3)8 小時值計算之。空氣品質指標(AQI)200 以上之指標值，是以二氧化硫(SO_2)24 小時值計算之，不以二氧化硫(SO_2)小時值計算之。

B.即時空氣品質指標(AQI)計算方式

各測項即時濃度依下列公式計算後，再對應下表得出 O_3 、 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 、CO、 SO_2 、 NO_2 等 6 個測項之即時副指標值，再取出其中最大值為即時空氣品質指標，該最大值測項即為指標污染物：

表 4-5 即時空氣品質指標(AQI)計算

A	O ₃ , 8hr	取最近連續 8 小時移動平均值 (例如今日上午 10 點發布的 O ₃ 的 8 小時濃度平均值，是取今日上午 2 點至上午 9 點監測數據的平均值。)
B	O ₃	取即時濃度值
C	PM _{2.5}	0.5 × 前 12 小時平均 + 0.5 × 前 4 小時平均 (前 4 小時 2 筆有效，前 12 小時 6 筆有效)
D	PM ₁₀	0.5 × 前 12 小時平均 + 0.5 × 前 4 小時平均 (前 4 小時 2 筆有效，前 12 小時 6 筆有效)
E	CO	取最近連續 8 小時移動平均值 (例如今日上午 10 點發布的 CO 的 8 小時濃度平均值，是取今日上午 2 點至上午 9 點監測數據的平均值。)
F	SO ₂	取即時濃度值
G	SO ₂ , 24hr	取最近連續 24 小時濃度平均值 (例如今日上午 10 點發布的 SO ₂ 的 24 小時濃度平均值，是取前 1 天上午 10 點至今日上午 9 點監測數據的平均值。)
H	NO ₂	取即時濃度值

- PM_{2.5} 移動平均值有效位數為小數點以下第 1 位，會取到小數點以下第 2 位採四捨五入方式進位
- O₃ 的 8 小時移動平均值及 PM₁₀ 移動平均值有效位數為整數位，會取到小數點以下第 1 位，採四捨五入方式進位。

表 4-6 污染物濃度與污染副指標值對照表

空氣品質指標(AQI)							
AQI 指標	O ₃ (ppm) 8小時平均值	O ₃ (ppm) 小時平均值 ⁽¹⁾	PM _{2.5} (µg/m ³) 24小時平均值	PM ₁₀ (µg/m ³) 24小時平均值	CO (ppm) 8小時平均值	SO ₂ (ppb) 小時平均值	NO ₂ (ppb) 小時平均值
良好 0~50	0.000 - 0.054	-	0.0 - 15.4	0 - 54	0 - 4.4	0 - 35	0 - 53
普通 51~100	0.055 - 0.070	-	15.5 - 35.4	55 - 125	4.5 - 9.4	36 - 75	54 - 100
對敏感族群 不健康 101~150	0.071 - 0.085	0.125 - 0.164	35.5 - 54.4	126 - 254	9.5 - 12.4	76 - 185	101 - 360
對所有族群 不健康 151~200	0.086 - 0.105	0.165 - 0.204	54.5 - 150.4	255 - 354	12.5 - 15.4	186 - 304 ⁽³⁾	361 - 649
非常不健康 201~300	0.106 - 0.200	0.205 - 0.404	150.5 - 250.4	355 - 424	15.5 - 30.4	305 - 604 ⁽³⁾	650 - 1249
危害 301~400	⁽²⁾	0.405 - 0.504	250.5 - 350.4	425 - 504	30.5 - 40.4	605 - 804 ⁽³⁾	1250 - 1649
危害 401~500	⁽²⁾	0.505 - 0.604	350.5 - 500.4	505 - 604	40.5 - 50.4	805 - 1004 ⁽³⁾	1650 - 2049

資料來源：行政院環境保護署－空氣品質監測網 <http://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/b0201.aspx>

表 4-7 空氣品質指標(AQI)與健康影響

空氣品質 指標 (AQI)	0~50	51~100	101~150	151~200	201~300	301~500
對健康影響 與活動建議	良好 Good	普通 Moderate	對敏感族群不健康 Unhealthy for Sensitive Groups	對所有族群不健康 Unhealthy	非常不健康 Very Unhealthy	危害 Hazardous
狀態色塊	綠	黃	橘	紅	紫	褐紅
人體 健康 影響	空氣品質為良好，污染程度低或無污染。	空氣品質普通；但對非常少數之極敏感族群產生輕微影響。	空氣污染可能會對敏感族群的健康造成影響，但是對一般大眾的影響不明顯。	對所有人的健康開始產生影響，對於敏感族群可能產生較嚴重的健康影響。	健康警報：所有人都可能產生較嚴重的健康影響。	健康威脅達到緊急，所有人都可能受到影響。

資料來源：行政院環境保護署－空氣品質監測網 <http://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/b0201.aspx>

表 4-8 空氣品質指標(AQI)與活動建議

空氣品質 指標 (AQI)	0~50	51~100	101~150	151~200	201~300	301~500
對健康影響 與活動建議	良好 Good	普通 Moderate	對敏感族群不健康 Unhealthy for Sensitive Groups	對所有族群不健康 Unhealthy	非常不健康 Very Unhealthy	危害 Hazardous
狀態色塊	綠	黃	橘	紅	紫	褐紅
一般民眾 活動建議	正常戶外活動。	正常戶外活動。	1.一般民眾如果有不適，如眼痛、咳嗽或喉嚨痛等，應該考慮減少戶外活動。 2.學生仍可進行戶外活動，但建議減少長時間劇烈運動。	1.一般民眾如果有不適，如眼痛、咳嗽或喉嚨痛等，應減少體力消耗，特別是減少戶外活動。 2.學生應避免長時間劇烈運動，進行其他戶外活動時應增加休息時間。	1.一般民眾應減少戶外活動。 2.學生應立即停止戶外活動，並將課程調整於室內進行。	1.一般民眾應避免戶外活動，室內應關閉門窗，必要外出應配戴口罩等防護用具。 2.學生應立即停止戶外活動，並將課程調整於室內進行。
敏感性族群 活動建議	正常戶外活動。	極特殊敏感族群建議注意可能產生的咳嗽或呼吸急促症狀，但少體力消耗活動及戶外活動，必要外出應配戴口罩。	1.有心臟、呼吸道及心血管疾病患者、孩童及老年人，建議減少體力消耗活動及戶外活動，必要外出應配戴口罩。 2.具有氣喘的人可能需增加使用吸入劑的頻率。	1.有心臟、呼吸道及心血管疾病患者、孩童及老年人，建議留在室內並減少體力消耗活動，必要外出應配戴口罩。 2.具有氣喘的人可能需增加使用吸入劑的頻率。	1.有心臟、呼吸道及心血管疾病患者、孩童及老年人應留在室內並減少體力消耗活動，必要外出應配戴口罩。 2.具有氣喘的人應增加使用吸入劑的頻率。	1.有心臟、呼吸道及心血管疾病患者、孩童及老年人應留在室內並避免體力消耗活動，必要外出應配戴口罩。 2.具有氣喘的人應增加使用吸入劑的頻率。

資料來源：行政院環境保護署－空氣品質監測網 <http://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/b0201.aspx>

3.水質監測

依環保署全國環境水質監測資訊網所述，水體水質監測的效益在於提供水體品質相關資訊，並提供各界瞭解週遭水體環境現況，喚起社會大眾關心水環境保育的意識，進而達到保障民眾親水、用水安全之目的。而計畫性的水體水質監測作業，還可以達到建立水質歷史變化趨勢，評估污染整治成效，進而作為研擬水污染防治策略時之重要參考依據等效益。目前例行性水質監測工作，其主要目的在於滿足提供定常性之水體環境品質資訊需求，以進行「**環境品質的定量描述**」、「**環境背景資料之建立**」。

目前全國環境水體水質監測業務，採樣作業以行政院環境保護署環境檢驗公告之「河川、湖泊及水庫水質採樣通則」(NIEA W104.51C)、「監測井地下水採樣方法」(NIEA W103.54B)、「水質檢測方法總則」(NIEA W102.51C)為基本規範，前述通案規範未涵蓋部分，則以行政院環境保護署環境監測及資訊處依據監測目的需求訂定「行政院環境保護署環境水質監測採樣作業指引」。各水體監測項目調整原則為符合法規標準要求及利於數據審查或污染原因研判。分析作業以行政院環境保護署環境檢驗所公告「環境檢驗品質管制指引通則」(NIEA-PA101)、「水質檢測方法總則」(NIEA W102.51C)為基本規範，並以相關類別之檢驗方法進行各項水質檢測工作。依環境保護署制定之水體監測，可區分為河川，水庫、地下水、海域及海灘這幾類。

依據環境保護署制定之水質標準可分成河川水質與水庫水質兩類型。評估河川水質之綜合性指標為「河川污染指數, River Pollution Index」簡稱「RPI」。RPI 指數係以水中溶氧量 (DO)、生化需氧量 (BOD₅)、懸浮固體 (SS)、與氨氮(NH₃-N) 等四項水質參數之濃度值計算所得之指數積分值，並以判定河川水質污染程度。評估水庫水質優養程度的指標為「卡爾森指數，Carlson trophic state index」，簡稱 CTSI。CTSI 係以水中的透明度 (SD)、葉綠素 a (Chl-a) 及總磷 (TP) 等三項水質參數之濃度值進行計算，再以其計算所得之指標值，判定水庫水質之優養程度。

表 4-9 河川污染指數計算 (RPI) 及比對基準一覽表

水質/項目	未(稍)受污染	輕度污染	中度污染	嚴重污染
溶氧量(DO)mg/L	DO $\geq$ 6.5	6.5 > DO $\geq$ 4.6	4.5 $\geq$ DO $\geq$ 2.0	DO < 2.0
生化需氧量(BOD ₅)mg/L	BOD ₅ $\leq$ 3.0	3.0 < BOD ₅ $\leq$ 4.9	5.0 $\leq$ BOD ₅ $\leq$ 15.0	BOD ₅ > 15.0
懸浮固體(SS) mg/L	SS $\leq$ 20.0	20.0 < SS $\leq$ 49.9	50.0 $\leq$ SS $\leq$ 100	SS > 100
氨氮(NH ₃ -N)mg/L	NH ₃ -N $\leq$ 0.50	0.50 < NH ₃ -N $\leq$ 0.99	1.00 $\leq$ NH ₃ -N $\leq$ 3.00	NH ₃ -N > 3.00
點數	1	3	6	10
污染指數積分值(S)	S $\leq$ 2.0	2.0 < S $\leq$ 3.0	3.1 $\leq$ S $\leq$ 6.0	S > 6.0

資料來源：行政院環境保護署-全國環境水質監測資訊網

<https://wq.epa.gov.tw/Code/Business/Standard.aspx>

表 4-10 水庫水質優養程度 (依 CTSI 分類)

CTSI 指標值	水庫優養程度
CTSI < 40	貧養狀態
40 $\leq$ CTSI $\leq$ 50	普養狀態
CTSI > 50	優養狀態

資料來源：行政院環境保護署-全國環境水質監測資訊網

<https://wq.epa.gov.tw/Code/Business/Standard.aspx>

4. 噪音監測

依據行政院環保署相關噪音管制法及管制標準，針對噪音的評定方式說明如下：

(1) 噪音評定方法

A. 工廠（場）、娛樂場所、營業場所或其他經主管機關公告之場所或設施（不含風力發電機組）音源者，依下列音源發聲特性，計算最大音量(L_{max}) 或均能音量(L_{eq} 或 $L_{eq,LF}$)，其結果不得超過各噪音管制標準值表中數值。

(A) 週期性變動或間歇性變動之噪音，若與背景音量相差十分貝($dB(A)$)以上且呈現之最大音量差異不超過五分貝($dB(A)$)時，以連續十次變動之最大值(L_{max})平均之。為規則性變動的聲音，其變動週期一定。為間歇性的規則變動聲音，其最大值大致一定，以讀取每次最大值，共十次取算術平均。

(B) 週期性變動或間歇性變動之噪音，若與背景音量相差十分貝($dB(A)$)以上且呈現之最大音量差異逾五分貝($dB(A)$)，則取至少二十個以上之最大值 $5(L_{max})$ 以計算其百分率音壓位準 L_5 。

(C) 非屬週期性變動或間歇性變動噪音之情形則以均能音量表示。其連續測量取樣時間須至少二分鐘以上，取樣時距不得多於二秒，在噪音計指示一定時，或指針變化僅一至二分貝($dB(A)$)之變動情

形，以均能音量表示。聲音的大小及發生的間隔不一定之情形，亦以均能音量表示之。

B.屬營建工程及其他經主管機關公告之工程音源者，其連續測量取樣時間須至少二分鐘以上，取樣時距不得多於二秒，並記錄量測時間內之最大音量(L_{max})及均能音量(L_{eq} 及 $L_{eq,LF}$)，其結果均不得超過其噪音管制標準值。

C.擴音設施音源評定方法，依下列音源發聲特性，計算最大音量(L_{max}) 或均能音量(L_{eq})，其結果不得超過其噪音管制標準值：

(A)移動性擴音設施，以其通過時測得之最大值(L_{max})決定之。

(B)固定或停止移動之擴音設施，則以均能音量(L_{eq})表示，其連續測量取樣時間須至少二分鐘以上，取樣時距不得多於二秒。

D.風力發電機組噪音評定方法，以均能音量(L_{eq})表示，其連續測量取樣時間須至少二分鐘以上，取樣時距不得多於二秒。

(2)噪音音量測量應符合下列規定

A.測量儀器

測量 20 Hz 至 20 kHz 範圍之噪音計使用中華民國國家標準規定之一型聲度表或國際電工協會標準 IEC 61672-1 Class 1 噪音計；測量 20 Hz 至 200 Hz 範圍之噪音計使用中華民國國家標準規定之一型聲度表，且應符合國際電工協會標準 IEC 61260 Class 1 等級。

B.測量高度

(A)測量地點在室外時，聲音感應器應置於離地面或測量樓層之樓板延伸線一·二至一·五公尺之間。

(B)測量地點為室內時，聲音感應器應置於離地面或樓板一·二至一·五公尺之間。

C.動特性

噪音計上動特性之選擇，原則上使用快(Fast)特性。但音源發出之聲音變動不大時，例如馬達聲等，可使用慢(Slow)特性。

D.測量地點

(A)測量工廠（場）、娛樂場所、營業場所、營建工程或其他經主管機關公告之場所、工程或設施（不含風力發電機組）音源 20 Hz 至 20 kHz 頻率範圍時，於陳情人所指定其居住生活之地點測量。但陳情人不指定於其居住生活之地點測量者，得由主管機關指定該工廠（場）、娛樂場所、營業場所、營建工程或其他經主管機關公告之場所、工程或設施（不含風力發電機組）周界外任何地點測量之，並應距離最近建築物牆面線一公尺以上。

(B)測量工廠（場）、娛樂場所、營業場所、營建工程或其他經主管機關公告之場所、工程或設施音源 20 Hz 至 200 Hz 頻率範圍時，於陳情人所指定其居住生活之室內地點測量。測點應距離最近建築物牆面線一公尺以上，但欲測量音源至聲音感應器前無遮蔽物，則不在此限。室內門窗應

關閉，其他噪音源若影響測量結果者，得將其關閉暫停使用。

表 4-11 工廠(場)噪音管制標準值

管制區 音量 時段 頻率	20 Hz 至 200 Hz			20 Hz 至 20 kHz		
	日間	晚間	夜間	日間	晚間	夜間
第一類	39	39	36	50	45	40
第二類	39	39	36	57	52	47
第三類	44	44	41	67	57	52
第四類	47	47	44	80	70	65

表 4-12 娛樂場所、營業場所噪音管制標準值

管制區 音量 時段 頻率	20 Hz 至 200 Hz			20 Hz 至 20 kHz		
	日間	晚間	夜間	日間	晚間	夜間
第一類	32	32	27	55	50	40
第二類	37	32	27	57	52	47
第三類	37	37	32	67	57	52
第四類	40	40	35	80	70	65

表 4-13 營建工程噪音管制標準值

時段 音量 管制區		頻率	20 Hz 至 200 Hz			20 Hz 至 20 kHz		
		日間	晚間	夜間	日間	晚間	夜間	
均能音量 (L_{eq} 或 $L_{eq, LF}$)	第一類	44	44	39	67	47	47	
	第二類	44	44	39	67	57	47	
	第三類	46	46	41	72	67	62	
	第四類	49	49	44	80	70	65	
最大音量 (L_{max})	第一、二類	—			100	80	70	
	第三、四類				100	85	75	

表 4-14 其他經主管機關公告之場所及設施之噪音管制標準值（場所及風力發電機組以外之設施）

頻率 時段 音量 管制區	20 Hz 至 200 Hz			20 Hz 至 20 kHz		
	日間	晚間	夜間	日間	晚間	夜間
第一類	32	32	27	55	50	35
第二類	37	32	27	57	52	42
第三類	37	37	32	67	57	47
第四類	40	40	35	80	70	60

5. 感測器量測規格形式

環境監測及水質監測項目、建議量測頻率及資料形式大小整理如下表所示。

表 4-15 感測器量測規格形式表

型式	主要量測內容	量測頻率	型式	資料大小
微型環境監測項目	1.溫度 2.溼度 3.細懸浮微粒(PM2.5) 4.臭氧(O3) 5.一氧化碳(CO) 6.二氧化硫(SO2) 7.二氧化氮(NO2)	每小時進行 1 次量測	數值資料	20-50 位元組
微型水質監測項目	1.溶氧量(DO) 2.生化需氧量(BOD5) 3.懸浮固定(SS) 4.氨氮(NH3-N)	每 10 分鐘進行 1 次採樣量測	數值資料	20-50 位元組

三、結合物聯網之環境監測系統架構

環境感測器的發展，以朝向全自動化量測與微型化發展，早期相關環境測站採用人工與半自動化方式進行環境監測，因監測技術進步，環境監測朝向自動化發展，除減少人工量測的不便性之外，也能快速反應環境監測結果。

藉由微機電系統（Microelectromechanical Systems，縮寫為 MEMS）及電化學等技術發展微環境感測器，應用在環境與空氣品質監測上，傳統環境監測站具備的環境與空氣監測功能，得以濃縮成小巧的微型環境監測站。微型環境監測站可任意安裝設置在路燈及電線桿等處，除具備體積小優勢外，相比傳統環境監測站的用電量，微型環境監測站耗用電力更少，建置成本與傳統測站相比也節省許多。相較於傳統環境測站體積大，成本昂貴、屬於大尺度範圍監測，監測數據發布時間通常以小時為單位；微型環境監測器成本低廉，可快速布置，達到小尺度監測範圍，每小時可以監測多筆環境數據，如此可達到強化預警功能。

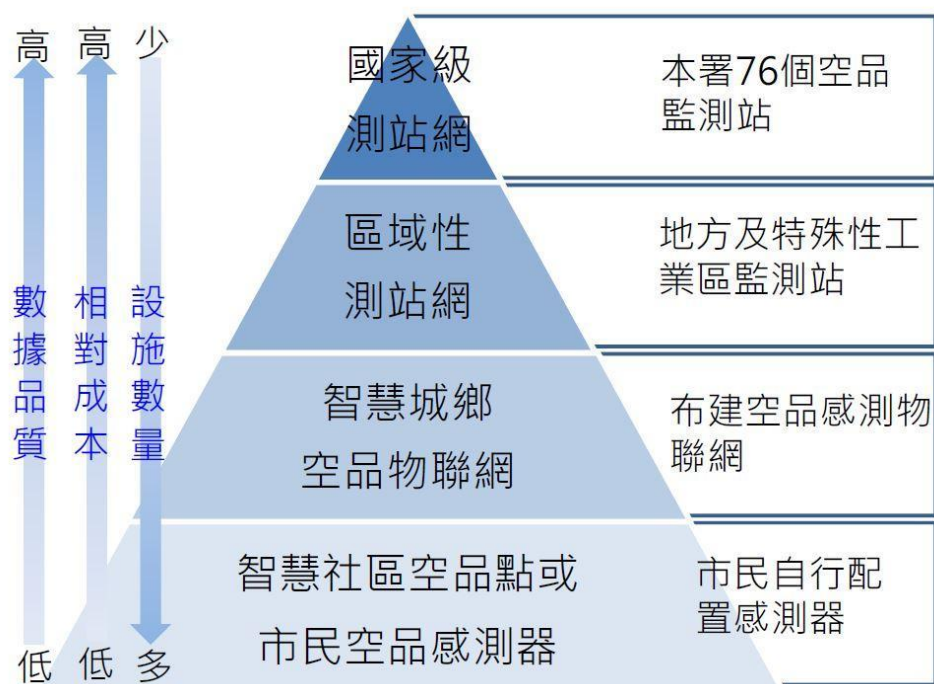
因微型環境監測站具備體積小、建置成本低的優勢，安裝限制條件也少，微型環境監測站得以大量佈建在城市中的街道上，雖然微型環境感測器量測精確度無法達到傳統測站的人工與量儀的高精確度量測能力，但微型環境感測器在環境變化上能保持相對的穩定反應，在長期監測下，紀錄的環境量測數值能表現出該設置地點的環境在時間歷程上的變化情形，另外在整個城市的街道上，大量安裝微型環境監測站後，能形成高密度的環境監測網格，與傳統監測站大區域尺

度網格相比，微型環境監測站能進一步補償環境監測尺度細緻化。

以現階段研發成果來看，微型監測的精確度尚無法與原環境監測站相提並論，但與家用型微型環境感測器相比，微型環境監控站採用之感測器具備高精度與高穩定度性。

傳統的環境監測站仍保有量測精確度高的優勢，但只能呈現大區域尺度的環境變化，透過 LPWAN 的通訊技術及結合大量物聯網型態的微型環境監測站，加上環保團體與民眾設置的微型環境感測器，大量的微型環境感測器設置得以填補整個環境監測中大區域尺度網格的細節變化。

透過空氣品質測站、特殊性工業區監測站與布建空氣品質物聯網等多階層體系設置，形成高密度之環境即時監測系統網，達到環境污染即時警報與污染源位置確認，可望彌補國家級和區域性測站網不足的重點規劃部分。空氣品質監測站與空氣品質物聯網量測之環境監測數據都會即時回傳至環境監測平台，環境監測平台也會定時匯集其它單位建置之環境監測平台的開放資料，並開放空氣品質物聯網資料供其它單位進行取得及加值應用。藉由環境監測平台記錄之長時間環境大數據資料，透過監測數據在時間上變化、監測點座標與地型等數據，進行整體環境變化與污染分析後，提供後續相關決策人員在環境污染防治等有所參考及施政依據。



資料來源：行政院環境保護署，2016：7

圖 4-5 多階層的全國空氣品質監測體系

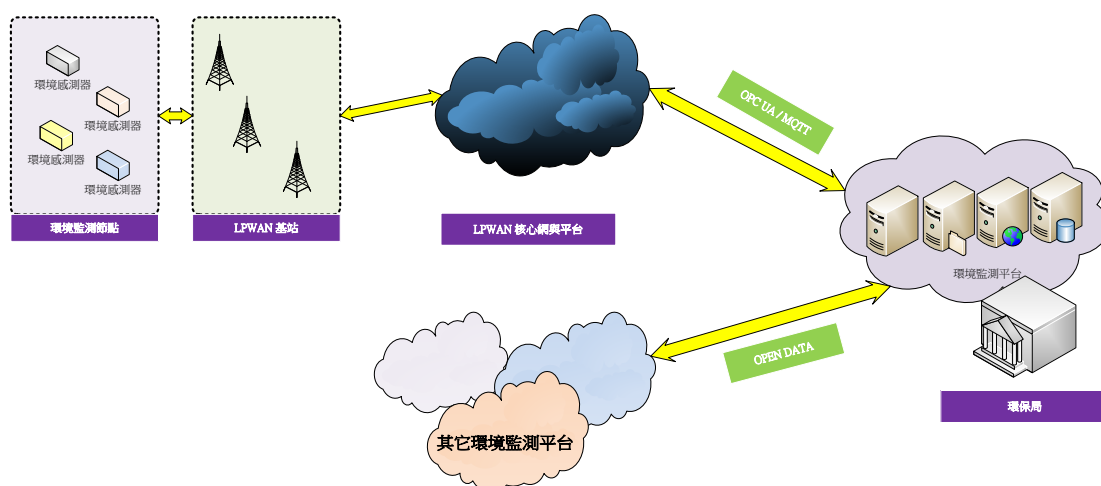


圖 4-6 環境監測系統架構

四、感測器未來設置方向

(一)未來空氣盒子空間配置建議

配合未來將有 600 台空氣盒子（500 台來自環保署，100 台來自貴局添購）裝設於本市。本計畫建議最適採用的裝設方式有二：一為全面性將環保署之 500 台以小間距網格(1.5 km 1.5 km)或 120 台以大間距網格(3.0 km 3.0 km)方式佈建於本市非山區區域，另一為依特殊性需求(如高陳情地區、特定產業區與高空污敏感地區等)將 貴局添購之 100 台以需求方式佈建。如此不僅可以全面掌握全市非山區區域之空氣品質，亦可滿足高陳情地區、特定產業區與高空污敏感地區等之案件處理。

小間距 500 個全面性之網格方式佈建圖示於圖 4-7 中，其中佈建要點為：(1). $20 \times 25 = 500$ 網格，網格中心點為設置空氣盒子位置，(2).每個網格約為 1.5 km X 1.5 km；大間距 120 個之網格方式佈建圖示於圖 4-8 中，佈建要點為：(1). $10 \times 12 = 120$ 網格，(2).網格中心點為設置空氣盒子位置每個網格約為 3.0 km 3.0 km。上述小間距或大間距若中心點為建築物或依當地特殊要求，則可略為移位；山區不設置空氣盒子。經於 8 月 17 日與環保署監資處協商結果，大致確定採用圖 4-8 之大間距 120 個空氣盒子全面性裝設於非山區區域。圖 4-9 繪出大間距 120 個空氣盒子全面性裝設之四個端點位置與座標。圖 4-7 與圖 4-8 中之坐標即為該網格點之編號，採用由左上往右下遞增方式之編排序號，而空氣盒子監測濃度值以 $C_{i,j}$ 表示(i 與 j 為橫向與縱向序號)，以利未來繪製空氣污染物之等濃度圖。

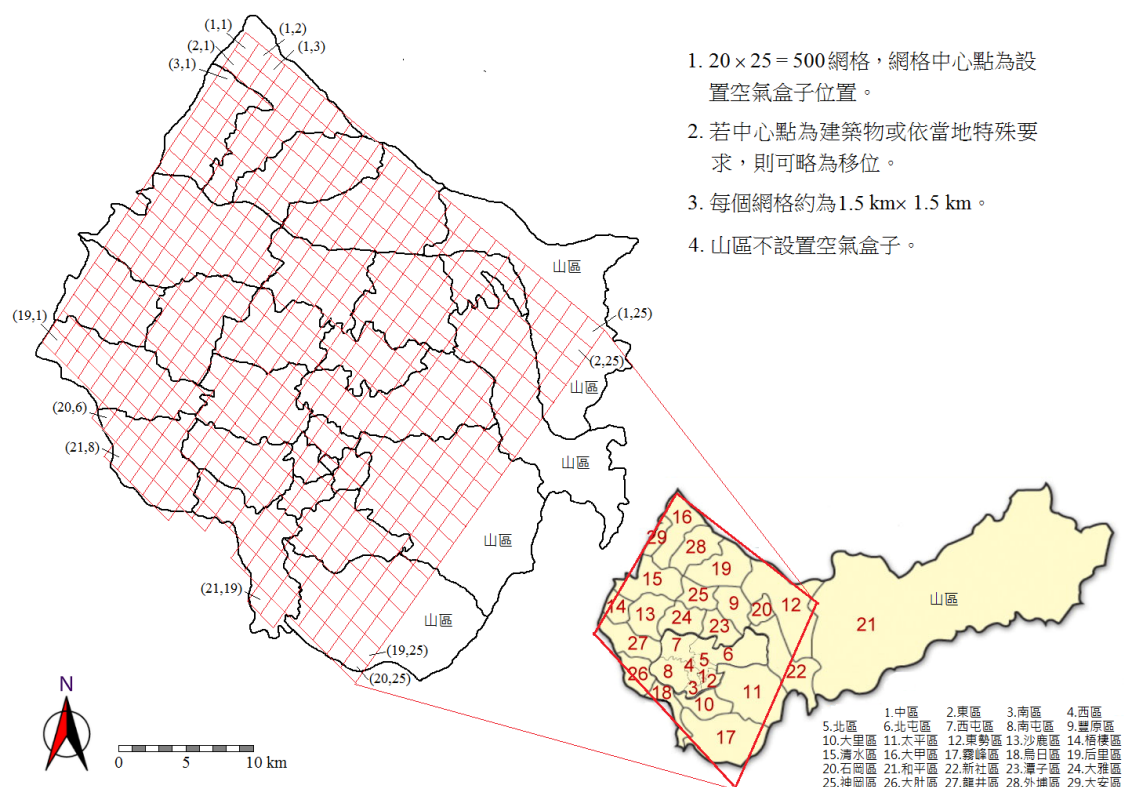


圖 4-7 小間距 500 個空氣盒子全面性裝設於非山區區域之建議網格設置位置

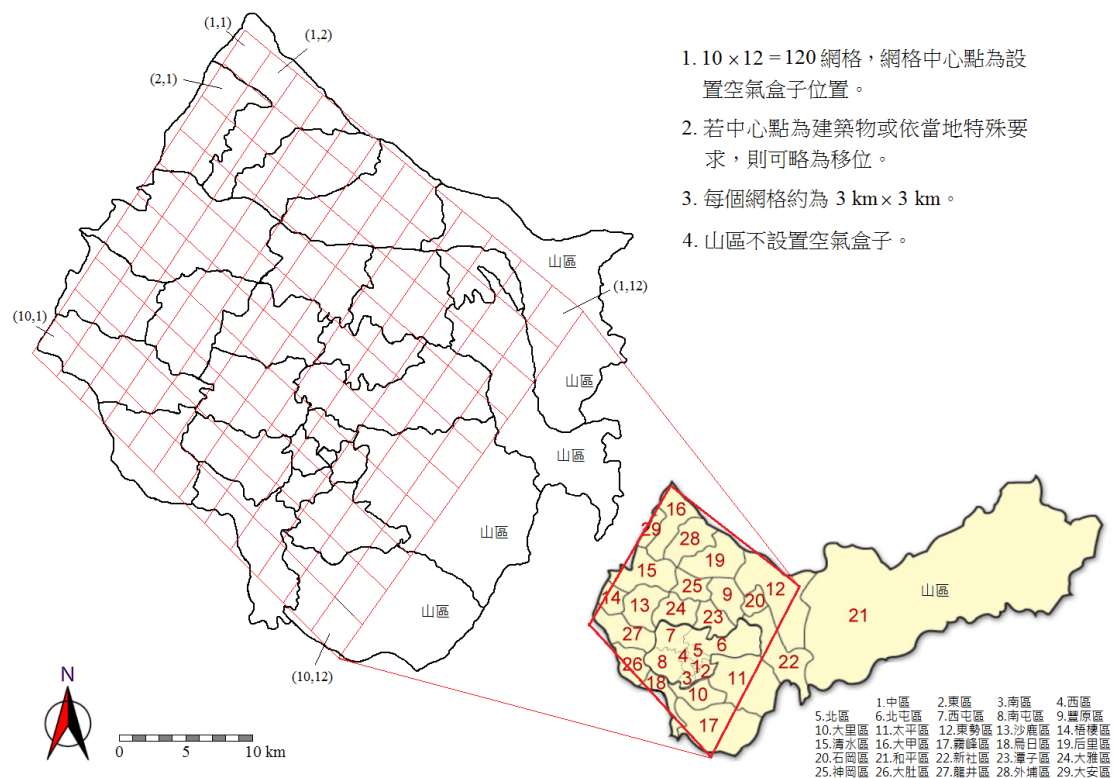


圖 4-8 大間距 120 個空氣盒子全面性裝設於非山區區域之建議網格設置位置

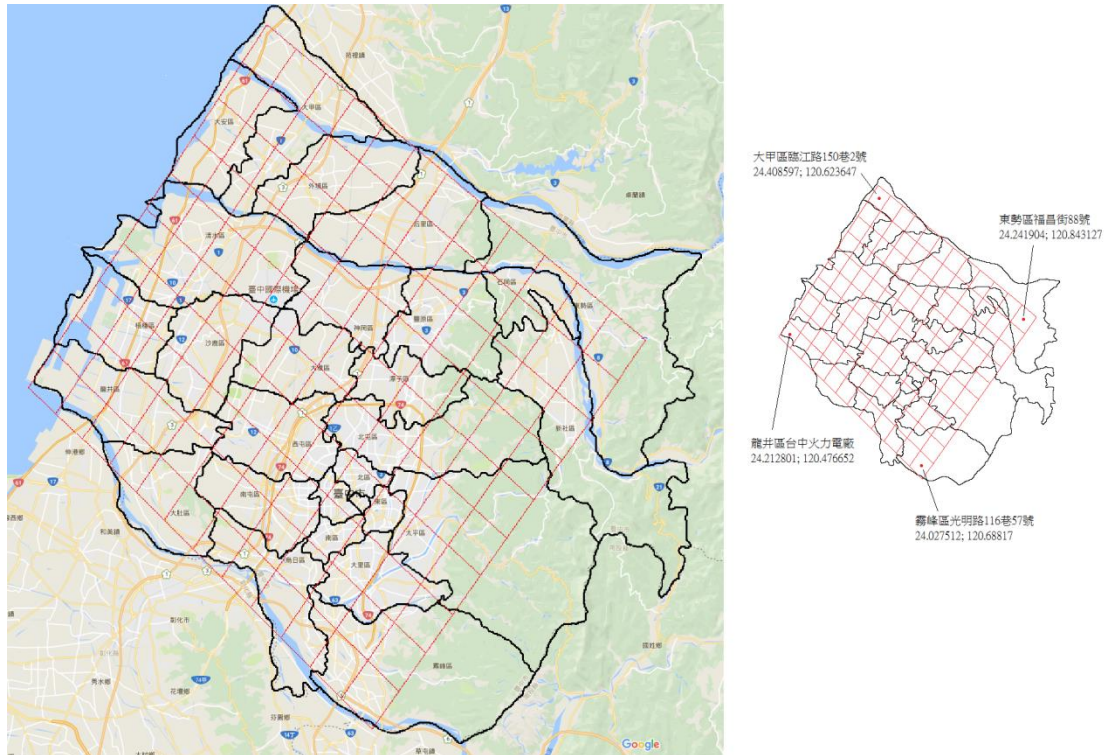


圖 4-9 大間距 120 個空氣盒子全面性裝設之四個端點位置與座標。

特殊性需求之佈建圖示於圖 4-10 中。中。由於需要考慮盛行風向，因此必須上、下風處均設置空氣盒子。其中因為盛行風向也會有左右變動，所以除上風處設置一點做為背景值外，下風處 30 夾角的二側設置二點，並以此二點監測結果之平均做為下風處監測結果。下風處監測結果減去上風處背景值，即得到該特殊性需求之佈建場所的污染增量。有了污染增量即可釐清該污染是否來自此遭受陳情之場所。



圖 4-10 特殊性需求佈建之裝設位置圖

(二)空氣盒子監測結果之取捨與運用

由於空氣盒子屬於簡易型監測儀器，一般之不準確性在 25% 至 30%，因此會有較大的偏差或極端值(亦稱離群值(outliers))出現，此類高偏差或極端值必須剔除，否則會造成民眾之誤判。剔除高偏差或極端值可採用盒鬚圖(Box-Whisker Plot，簡稱 Box Plot)之辨識來決定是否捨棄。盒鬚圖是資料的一種圖形展示法。此圖可同時標出資料之集中趨勢、變異、偏態、最小值、最大值等，又稱「五指標摘要圖」(five-number summary plot)。盒鬚圖採用四分位數法，將順序資料的監測值分成四個等分數值的分位數。第一四分位數(Q1)標示至少有 1/4 (25%)的監測值小於 Q1；第二四分位數(Q2)標示至少有 2/4 (50%)的監測值小於 Q2，因此也是中位數；第三四分位數(Q3)標示至少有 3/4 (75%)的監測值小於 Q3。

離群值是遠大於或遠小於同一筆數據中之其它值之數據。利用盒鬚圖辨認出離群值方法為：(1).超過盒鬚圖之盒 $1.5(Q3 - Q1)$ 至 $3(Q3 - Q1)$ 距離內之值可當作可能之離群值或極端值；(2).超過盒鬚圖之盒 $3(Q3 - Q1)$ 距離外之值，可當作非常可能之離群值。亦即過大離群值 $> Q3 + 1.5(Q3 - Q1)$ ，過小離群值 $< Q1 - 1.5(Q3 - Q1)$ 。

運用上述離群值之判別與捨棄必須先有監測值組，本團隊建議依據圖 4-7 之網格設置位置，依排列順序選取移動式九宮格內的監測值來做為判別與捨棄監測值組，如圖 4-11 所示。其中九宮格之移動方向係配合圖 4-7 之採用由左上往右下遞增方式之編排序號，由左向右，再由上向下來移動之。如此便有科學依據來進行偏差或極端值之捨棄，避免不必要之紛爭。同時也可以判斷出現離群值之空氣盒子之位置，以利物聯網路軟體控制之自動叫修。

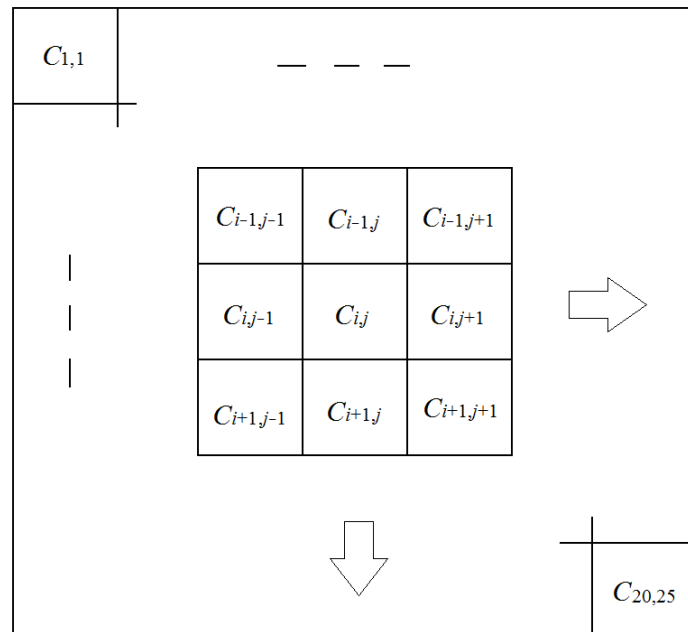


圖 4-11 監測值組之移動式九宮格選取示意圖

伍、環境議題大數據分析

隨著網路科技的進步與政府對人民意見的重視，建置與人民直接或間接溝通的平台，而政府政策之推行與民意息息相關，如何運用既有的資料作加值，找尋出資料隱藏性的資訊，為巨量資料時代中重要的研究課題。本工作項目於計畫執行期間，進行 2 次實例分析，相關說明如以下小節。

一、資料整理

目應用行政院環保署受理公害陳情案件之結構化與非結構化資料，使用文字採礦技術搭配 R 語言、資料庫軟體、視覺化工具 Tableau 輔助進行資料整理與統計分析。資料分析期間以 2016 年 1 月至 2016 年 12 月為主，共 42908 筆案件資料，案件來源包含全國公害陳情專線 0800-066666、縣市政府專線(含 1999 專線)、警察機關及其他單位移辦、機關自設公害陳情專線、全國公害陳情網路受理系統、公害報報 app 受理，以全國公害陳情專線 0800-066666、縣市政府專線案件佔最多數，有 25974 筆；其次為警察機關及其他單位移辦、機關自設公害陳情專線、全國公害陳情網路受理系統、公害報報 app 受理，有 13490 筆。資料整理流程說明如下：

(一)資料轉置

資料轉置為資料預處理之步驟，將不同來源的資料格式與資料欄位作整理，轉置成資料剖析可處理的格式，圖 5-1 為行政院環保署受理公害陳情案件資料，包含陳情編號、受理單位、處理單位、受理日期、污染者姓名/縣市/鄉鎮/地址、陳情項目、案件來源等欄位，取出受理日期、污染者名稱/鄉

鎮/地址、陳情項目與案件來源等 4 個欄位進行處理，將受期日期拆解為年、月兩個欄位、將陳情項目依主要類別與次要類別作拆解後儲存，作為下階段文字剖析作業之資料來源，轉置後的資料內容請參考圖 5-2。

行政院環保署												
受理公害陳情案件清單列表												
受理單位：全部								印表日期：106/6/7 16:44:2				
處理單位：臺中市								陳情污染項目：全部				
統計時間：106/1/1 至 106/5/15								陳情案件來源：全部				
案件狀態：全部								印表單位：臺中市				
陳情編號	受理單位	處理單位	受理日期	污染者名稱	污染者縣市	污染者鄉鎮區	污染者地址	陳情項目	結案期限	處理日期	案件來源	稽查編號
40243650(001)-附	臺中市	臺中市	106/01/01	一般居民	臺中市	霧峰區	四德里新埔路200號斜對面(補)	異味污染_動物異味	106/01/11	106/01/02	全國公害陳情專線 0800-066666	40243650(001)
40215736(001)-附	臺中市	臺中市	106/01/01	早餐店油煙	臺中市	南屯區	復興路二段12號	異味污染_油煙	106/01/11	106/01/04	警察機關及其他單位移辦	40215736
32050427(000)	臺中市	臺中市	106/01/01	車號 0393-TL	臺中市	南屯區	慈勇路117號	廢棄物_棄置廢棄物	106/01/11	106/01/05	全國公害陳情網路受理系統	
40256317(000)	臺中市	臺中市	106/01/01	馬達一直運轉	臺中市	北屯區	北屯路與松竹路二段口(補)	噪音_動力機具	106/01/11	106/01/01	縣市政府專線(含1999專線)	40256317
40227352(000)	臺中市	臺中市	106/01/01	燃放煙火	臺中市	龍井區	中沙路3巷14號	噪音_民俗噪音	106/01/11	106/01/01	縣市政府專線(含1999專線)	40227352
40256335(000)	臺中市	臺中市	106/01/01	墾原國中對面	臺中市	墾原區	三豐路一段362號 隔壁	異味污染_油煙	106/01/11	106/01/01	全國公害陳情專線 0800-066666	40256335
40256353(000)	臺中市	臺中市	106/01/01	Show House	臺中市	南屯區	大觀路161號	噪音_擴音設備	106/01/09	106/01/01	縣市政府專線(含1999專線)	40256353
40256371(000)	臺中市	臺中市	106/01/01	廟聖宮	臺中市	北屯區	太原路三段1739號	噪音_擴音設備	106/01/09	106/01/01	縣市政府專線(含1999專線)	40256371
40227370(000)	臺中市	臺中市	106/01/01	(東海牧場)旁工廠	臺中市	西屯區	台灣大道四段1727號	異味污染_製經異味	106/01/11	106/01/01	縣市政府專線(含1999專線)	40227370

圖 5-1 原始資料

RYEAR	RMONTH	PTOWN	PADDR	POLLUTION	MAINTYPE	SUBTYPE1	SUBTYPE2	DATASOURCE
105	4	北屯區	軍福16路372號	皇太子廟	異味污染物	燃燒行為	燒香或紙錢	全國公害陳情專...
105	1	新社區	東新路三段25號	明妮麵包店	噪音	均能噪音	冷凍/冷藏櫃	機關自設公害陳...
105	1	西屯區	福順路255巷	谷先生低頻噪音	噪音	其他	其他	全國公害陳情專...
105	1	沙鹿區	星河路958號	星河路958號	噪音	均能噪音	抽水馬達	全國公害陳情專...
105	1	沙鹿區	星河路958號	抽水馬達	噪音	均能噪音	抽水馬達	全國公害陳情專...
105	1	西屯區	櫻城三街12號	燒金爐	異味污染物	燃燒行為	燒香或紙錢	全國公害陳情專...
105	1	北屯區	水景街146巷37號	馬達噪音	噪音	均能噪音	抽水馬達	全國公害陳情專...

圖 5-2 轉置後資料

(二)文字剖析

將輸入的文章拆成單一的字詞，統計詞語的數量，針對內容欄位進行文字剖析處理，處理步驟：

- 以中文字為剖析主體。
- 忽略詞性特性，包含介系詞、分詞、代名詞、助動詞、冠詞、連接詞、感嘆詞、數字、標點符號皆忽略不作剖析。

- 定義詞語停用清單，清單內的詞語視為黑名單，忽略停用清單內的詞語不作剖析。
- 執行文字剖析產出結果，圖 5-3 為文字剖析詞頻統計的結果，將每個詞語依據出現次數進行統計，作為資料分析的來源。

燃燒 1237	工廠 1177	一般 868	異味 851	有限公司 569	油煙 529	臭味 407	露天 391	塑膠 343	金紙 302	股份 301	不明 269	公司 269
焚燒 233	稻草 224	工業 220	廢棄物 217	餐廳 202	廢氣 198	惡臭 186	空氣 172	化學 167	垃圾 163	空污 158	排放 158	燒烤店 158
臭豆腐 142	土地公 136	烤肉 131	汙染 126	攤販 125	正隆 117	紙廠 117	店家 106	味道 104	噴漆 98	汽車 93	燒烤 90	自助餐 90
空地 83	水溝 80	企業 80	物品 75	大樓 71	金屬 69	食品 68	油煙味 67	機械 67	炸雞 66	實業 66	宮廟 66	社區 64
鑄造 62	洗衣店 61	回收 59	二段 58	市場 56	公寓 55	廚房 55	熱處理 55	工程 54	塗裝 54	養豬場 54	龍宮 52	炒店 50
夜市 48	烤狀 48	養雞場 47	肉串 46	佳昌 46	氣味 46	鋼鐵 46	小吃店 46	一段 45	雞排 44	科技 44	弘爺 43	住家 41
私人 39	青葉 39	排骨 39	惡臭味 39	農藥 39	三溫暖 39	化糞池 38	刺鼻 38	疑似 38	廟宇 38			

圖 5-3 文字剖析-詞頻統計

二、資料分析(第一次分析)

資料分析期間自 2016 年 1 月至 2016 年 12 月，案件數量共 42908 筆，將污染者名稱欄位進行非結構化文字剖析，並搭配案件年度、月份、陳情項目類別等欄位進行資料分析，說明如下：

(一)行政區分析

依據資料記載的行政區進行排名，以西屯區案件最多，有 5309 筆佔 12.37%，其次為北屯區 3483 筆佔 8.12%，北區排名第三有 3237 筆佔 7.54%，各行政區案件統計與百分比請參考表 5-1 說明。

表 5-1 行政區統計

	行政區	案件筆數	百分比
1	西屯區	5,309	12.37%
2	北屯區	3,483	8.12%
3	北區	3,237	7.54%
4	大里區	3,233	7.53%

5	豐原區	2,889	6.73%
6	南屯區	2,777	6.47%
7	西區	2,640	6.15%
8	太平區	2,443	5.69%
9	南區	2,000	4.66%
10	東區	1,846	4.30%
11	大雅區	1,316	3.07%
12	潭子區	1,143	2.66%
13	烏日區	1,035	2.41%
14	中區	1,030	2.40%
15	霧峰區	1,014	2.36%
16	沙鹿區	919	2.14%
17	龍井區	915	2.13%
18	后里區	891	2.08%
19	清水區	820	1.91%
20	神岡區	817	1.90%
21	大肚區	762	1.78%
22	大甲區	628	1.46%
23	梧棲區	622	1.45%
24	東勢區	418	0.97%
25	外埔區	244	0.57%
26	新社區	171	0.40%
27	石岡區	129	0.30%
28	大安區	124	0.29%
29	和平區	50	0.12%
30	其他	3	0.01%

(二)陳情項目分析

依據資料記載的陳情項目進行排名，以異味污染物案件最多，有 14364 筆佔 33.48%，其次為噪音 13603 筆佔 31.70%，第三為環境衛生有 8291 筆佔 19.32%，各陳情項目之案件統計與百分比請參考表 5-2 說明。

表 5-2 陳情項目統計

	陳情項目	案件筆數	百分比
1	異味污染物	14,364	33.48%
2	噪音	13,603	31.70%
3	環境衛生	8,291	19.32%
4	廢棄物	3,098	7.22%
5	空氣污染不含異味污染物	1,722	4.01%
6	水污染	1,489	3.47%
7	其他	211	0.49%
8	毒性化學物質	46	0.11%
9	土壤污染	45	0.10%
10	振動	38	0.09%
11	地層下陷	1	0.0023%

(三)案件來源分析

依據案件來源進行資料排名，以全國公害陳情專線 0800-066666 件數最多，有 13868 筆佔 32.32%，其次為縣市政府專線(含 1999 專線)有 12079 筆佔 28.15%，警察機關及其他單位移辦為第三有 5443 筆佔 12.69%，近 6 成的民眾會使用全國公害陳情專線與縣市政府專線提出陳情，各資料來源之案件統計與百分比請參考表 5-3 說明。。

表 5-3 案件來源統計

	案件來源	案件筆數	百分比
1	全國公害陳情專線 0800-066666	13,868	32.32%
2	縣市政府專線(含 1999 專線)	12,079	28.15%
3	警察機關及其他單位移辦	5,443	12.69%
4	機關自設公害陳情專線	5,200	12.12%
5	全國公害陳情網路受理系統	2,847	6.64%
6	公害報報 app 受理	835	1.95%
7	機關內其他電話	758	1.77%
8	直轄市、縣市政府首長信箱	559	1.30%
9	其他交辦案件	296	0.69%
10	一般民眾	280	0.65%
11	手機 APP 受理	227	0.53%
12	環保署署長信箱、民意信箱	118	0.28%

13	其他地方機關電子信箱	97	0.23%
14	臺中 i 環保 app 受理	72	0.17%
15	上級	58	0.14%
16	環保局首長信箱、電子信箱	55	0.13%
17	當面檢舉	47	0.11%
18	其他中央機關電子信箱	29	0.07%
19	直轄市、縣市政府	13	0.03%
20	環保署（各業務單位）	11	0.03%
21	綠網	10	0.02%
22	其他	3	0.01%
23	環保局網路論壇	1	0.0023%
24	書面	1	0.0023%
25	直轄市、縣市級民意機關	1	0.0023%

(四)時間分析

依據受理日期進行分析，2016 年 1 月至 2016 年 12 月，每月平均案件量約有 3576 件，表 5-4 為各月份案件筆數統計與百分比，圖 5-4 為各月份件數統計分布，以 11 月案件量最高，10 月次之，12 月為第三，若與 2017 年 1 月至 4 月案件相比，案件量有上升的趨勢，平均上升約 21% 左右。在陳情項目方面，1 月至 4 月以噪音陳情案件最多，5 月至 12 月則以異味污染物陳情案件最多，月份與陳情項目統計請參考表 5-5 說明。

表 5-4 受理日期月份統計

月份	案件筆數	百分比
1	3,072	7.16%
2	2,319	5.40%
3	3,018	7.03%
4	3,453	8.05%
5	3,777	8.80%
6	3,589	8.36%
7	3,735	8.70%
8	3,700	8.62%
9	3,224	7.51%
10	4,283	9.98%

11	4,488	10.46%
12	4,250	9.90%

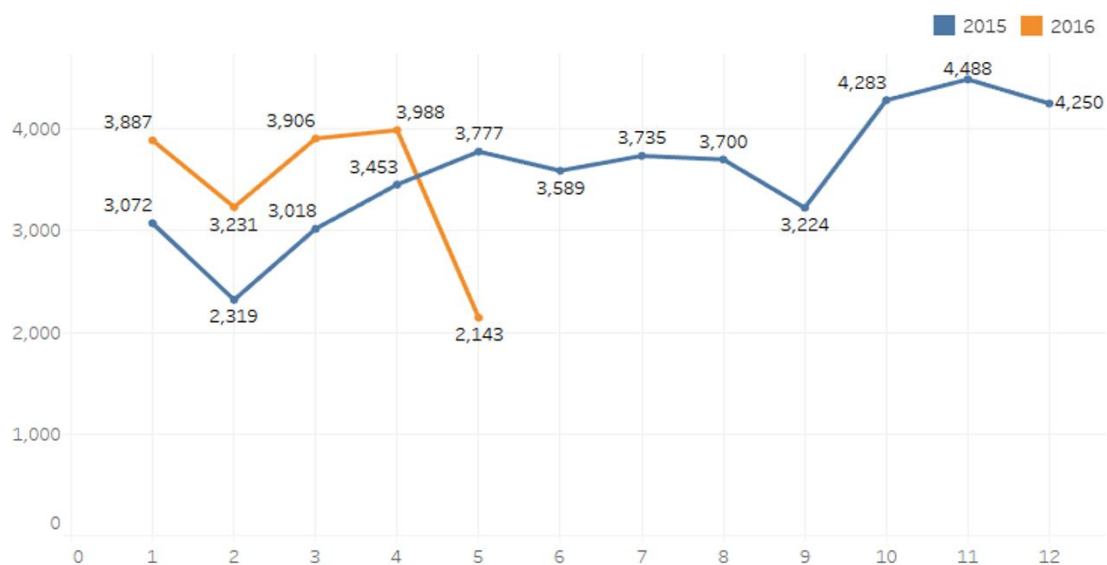


圖 5-4 月份統計

表 5-5 月份與陳情項目統計

月份	月份總件數	陳情項目	陳情項目件數
1	3072	噪音	1235
		異味污染物	891
		環境衛生	549
2	2319	噪音	987
		異味污染物	627
		環境衛生	411
3	3018	噪音	1202
		異味污染物	907
		環境衛生	506
4	3453	噪音	1228
		異味污染物	1052
		環境衛生	620
5	3777	異味污染物	1165
		噪音	1108
		環境衛生	965
6	3589	異味污染物	1227
		噪音	934
		環境衛生	917
7	3735	異味污染物	1354
		噪音	1001

		環境衛生	798
8	3700	異味污染物	1284
		噪音	993
		環境衛生	789
9	3224	異味污染物	1162
		噪音	940
		環境衛生	614
10	4283	異味污染物	1579
		噪音	1233
		環境衛生	690
11	4488	異味污染物	1682
		噪音	1310
		環境衛生	679
12	4250	異味污染物	1434
		噪音	1432
		環境衛生	753

(五)陳情項目分析

2016 年 1 月至 2016 年 12 月以異味污染物與噪音兩個陳情項目的案件最多，以下針對異味污染物與噪音進行資料分析說明。

1.異味污染物

異味污染物於 2016 年共有 14364 筆，每月平案件量約有 1197 筆，表 5- 6 為異味污染物於各月份的筆數與百分比，圖 5- 5 為各月份的案件分布，以 11 月的案件量最多。異味污染物依據陳情的內容又分為燃燒行為、油煙等項目，2016 年以燃燒行為案件量最高有 4494 筆佔 31.29%，其次為油煙有 3631 筆佔 25.28%，再其次為製程異味有 2442 佔 17%，異味污染物次類別統計請參考圖 5- 6。

表 5-6 月份統計-異味污染物

月份	案件筆數	百分比
1	891	6.20%
2	627	4.37%
3	907	6.31%
4	1,052	7.32%
5	1,165	8.11%
6	1,227	8.54%
7	1,354	9.43%
8	1,284	8.94%
9	1,162	8.09%
10	1,579	10.99%
11	1,682	11.71%
12	1,434	9.98%

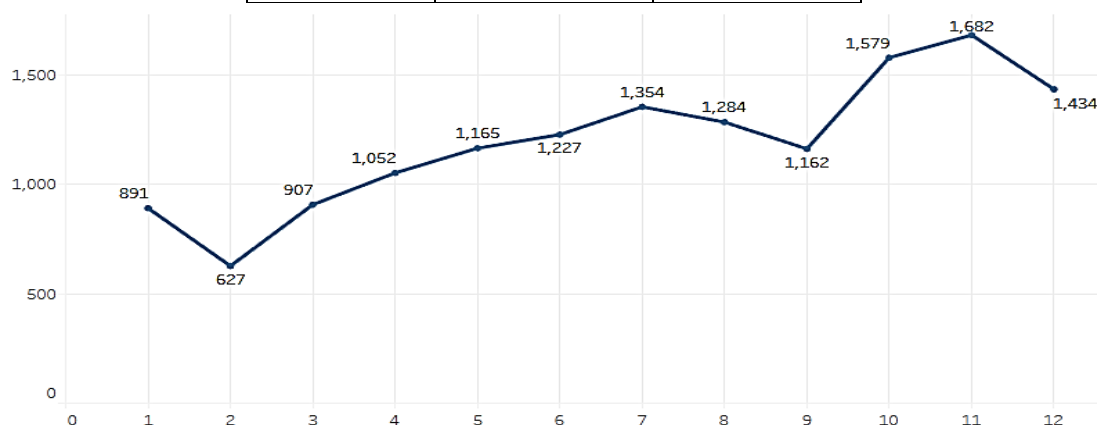


圖 5-5 月份統計-異味污染物

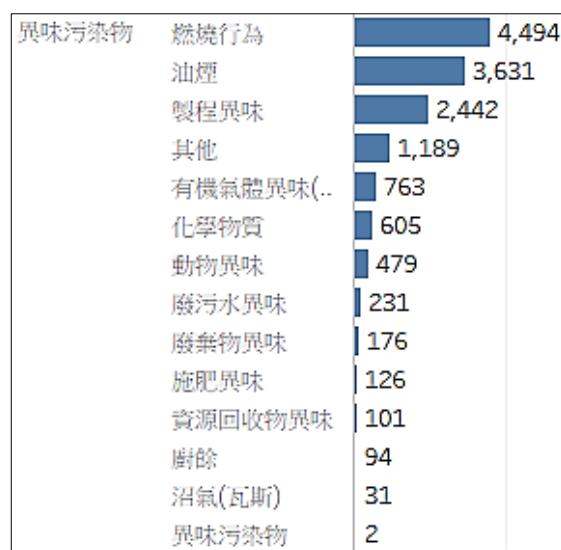


圖 5-6 次類別統計-異味污染物

(1)燃燒行為：以文字雲分析(圖 5-7)，燃燒金紙最常被陳情有 302 筆。以行政區排序，北屯區案件最多有 55 筆(圖 5-8)；以月份排序，則 12 月的陳情案件較多(圖 5-9)。



圖 5-7 文字雲-燃燒行為

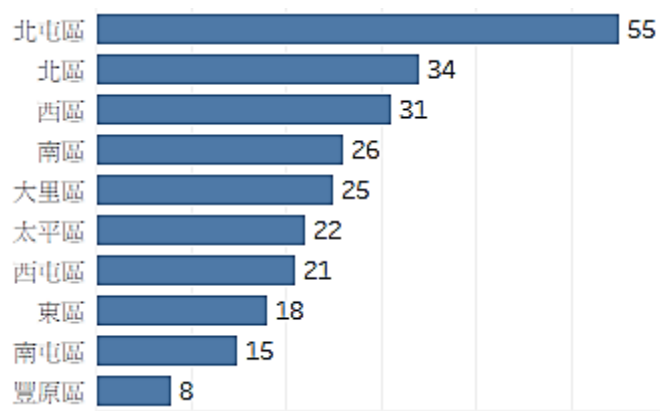


圖 5-8 行政區統計-燃燒行為

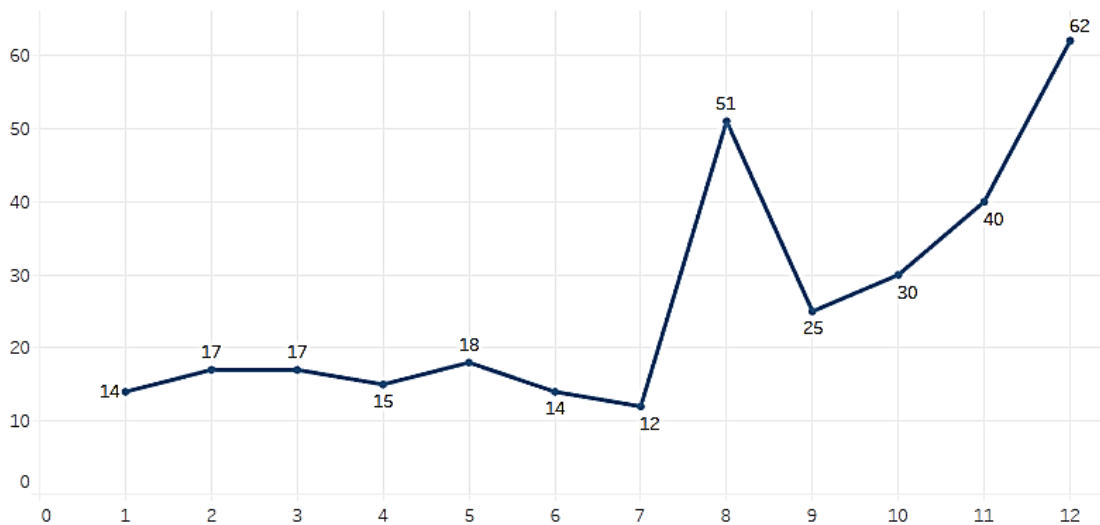


圖 5-9 月份統計-燃燒行為

(2)油煙：以文字雲分析(圖 5-10)，以便當店(233 筆)與早餐店(231 筆)的油煙最常被陳情，共 464 筆。以行政區排序，西屯區案件最多共有 75 筆(圖 5-11、圖 5-12)；採月份排序則 10 月案件較多，共有 69 筆(圖 5-13、圖 5-14)。



圖 5-10 文字雲-油煙

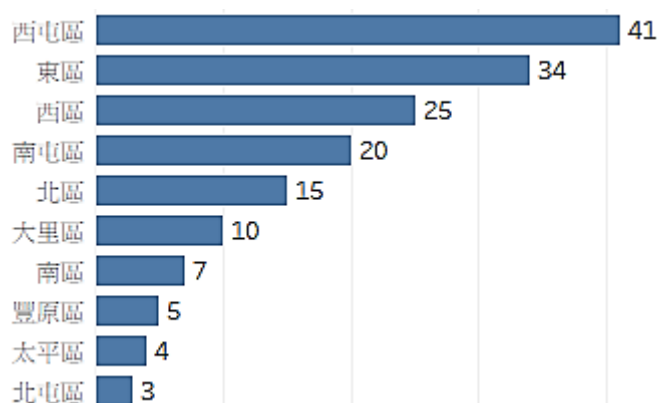


圖 5-11 行政區統計-油煙(便當店)

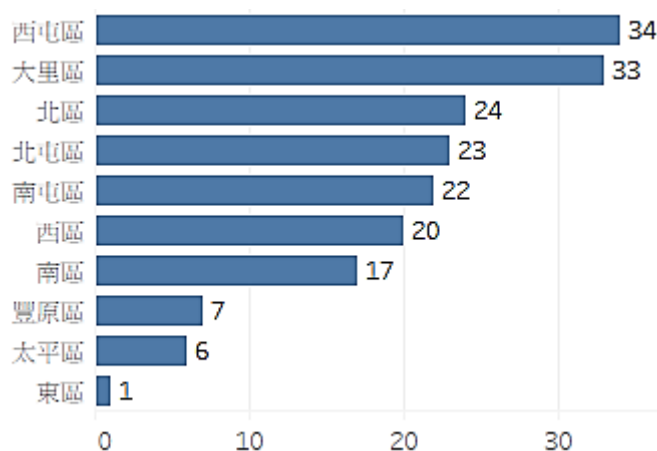


圖 5-12 行政區統計-油煙(早餐店)

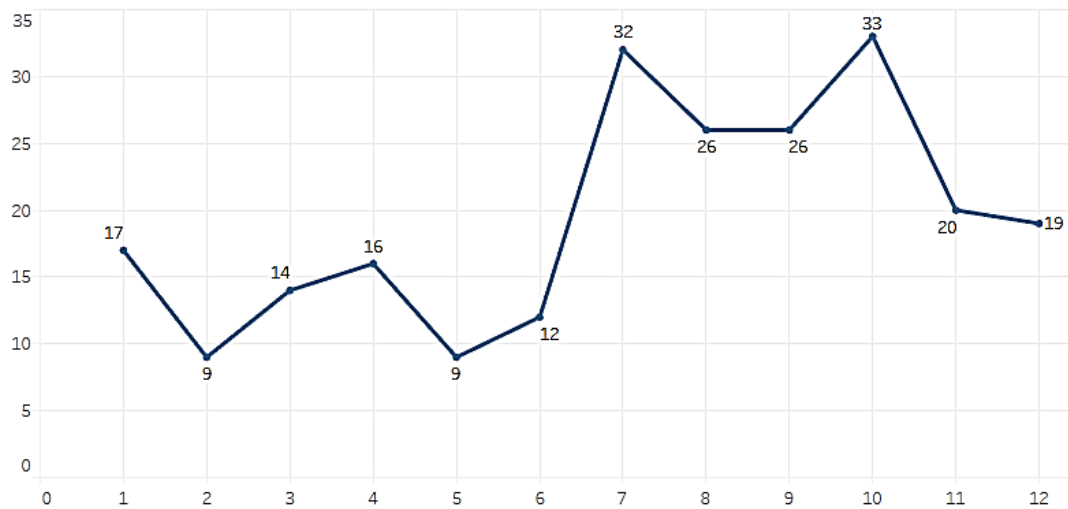


圖 5- 13 月份統計-油煙(便當店)

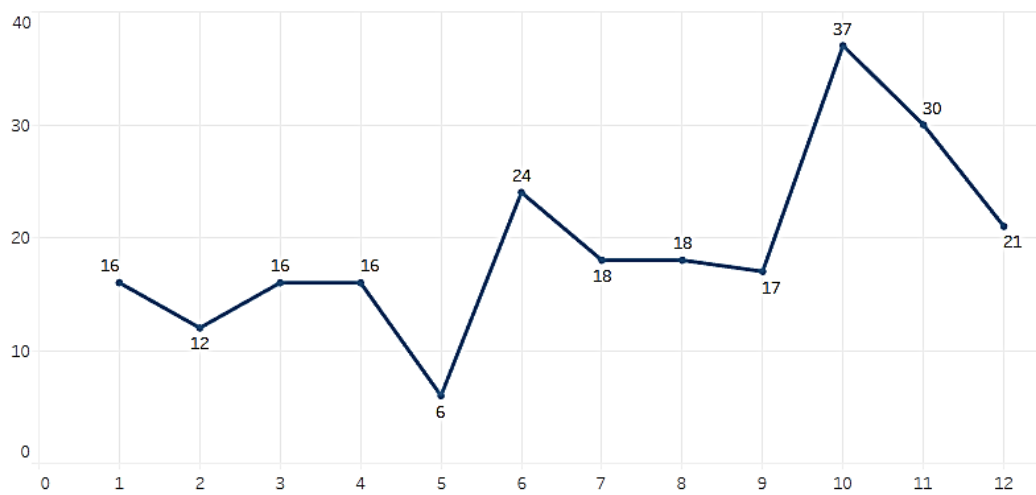


圖 5- 14 月份統計-油煙(早餐店)

(3)製程異味：以文字雲分析(圖 5- 15)，工廠最常被陳情，共有 719 筆，以太平區案件最多有 114 筆(圖 5- 16)；採月份排序則以 11 月的案件較多有 76 筆(圖 5- 17)。



圖 5- 15 文字雲-製程異味

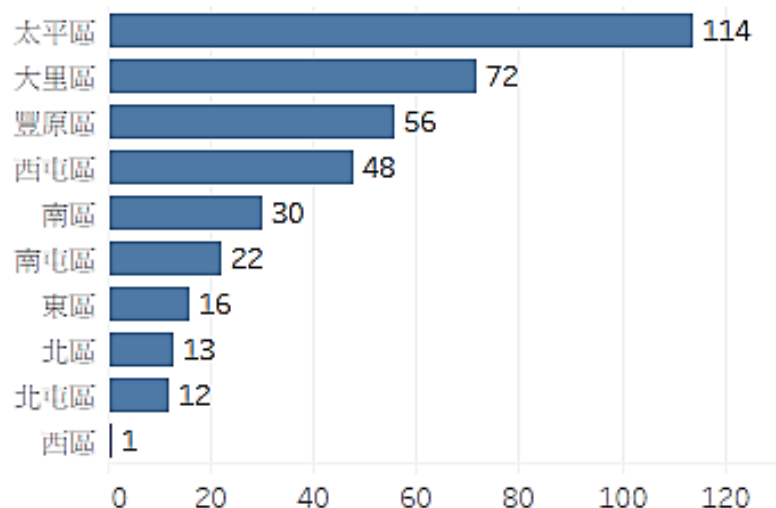


圖 5-16 行政區統計-製程異味

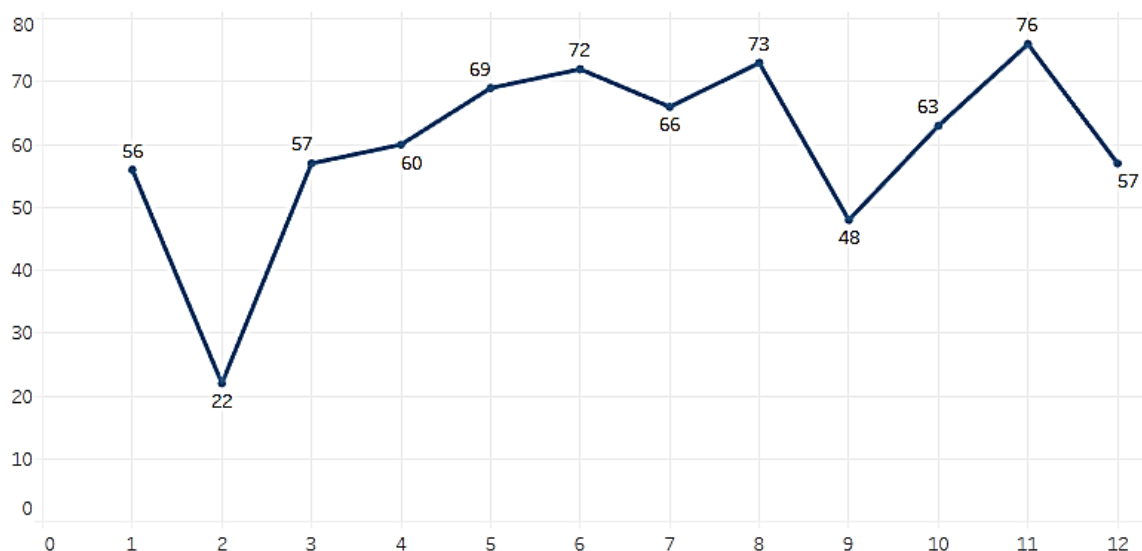


圖 5-17 月份統計-製程異味

2. 噪音

噪音陳情於 2016 年共有 13603 筆，每月平案件量約有 1134 筆，表 5-7 為噪音陳情於各月份的筆數與百分比，圖 5-18 為各月份的案件分布，以 11 月的案件量最多。噪音依據陳情的內容又分為動力機具、擴音設備等項目，2016 年以動力機具案件量最高有 4472 筆佔 32.88%，其次為擴音設備有 3779 筆佔 27.78%，再其次為均能噪音有 1846 佔 13.57%，噪音陳情次類別統計請參考圖 5-19。

表 5-7 月份統計-噪音

月份	案件筆數	百分比
1	1,235	9.08%
2	987	7.26%
3	1,202	8.84%
4	1,228	9.03%
5	1,108	8.15%
6	934	6.87%
7	1,001	7.36%
8	993	7.30%
9	940	6.91%
10	1,233	9.06%
11	1,310	9.63%
12	1,432	10.53%

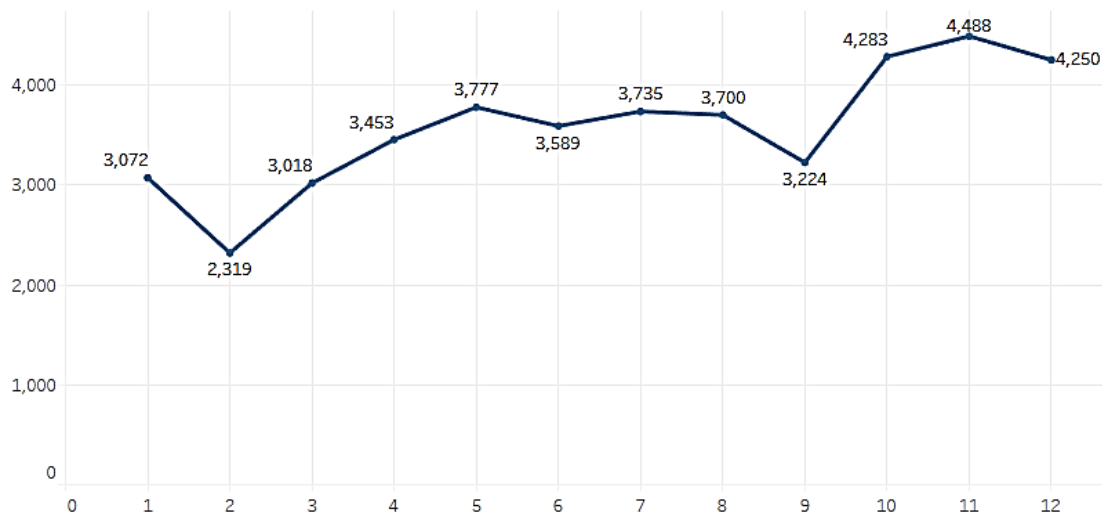


圖 5-18 月份統計-噪音

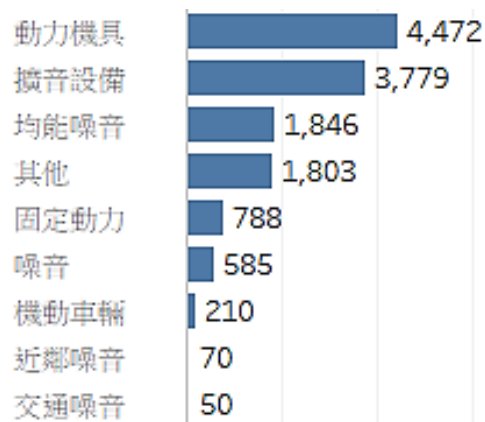


圖 5-19 次類別統計-噪音

(1)動力機具：以文字雲分析(圖 5- 20)，施工過程產生噪音最常被陳情，有 1094 筆，以西屯區案件最多有 181 筆(圖 5- 21)；採月份排序則以 12 月的案件較多有 128 筆(圖 5- 22)。



圖 5- 20 文字雲-動力機具

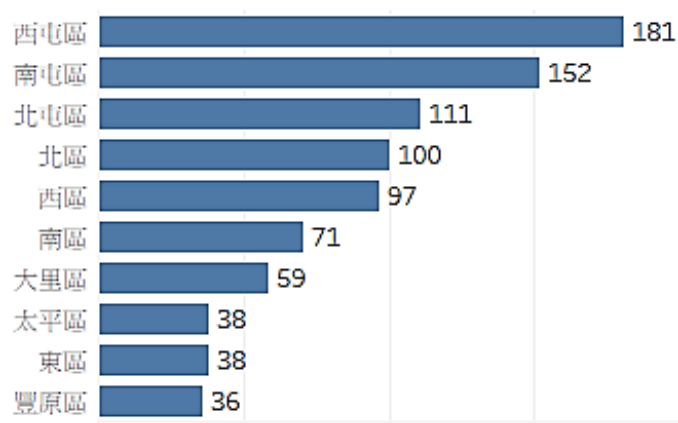


圖 5- 21 行政區統計-動力機具

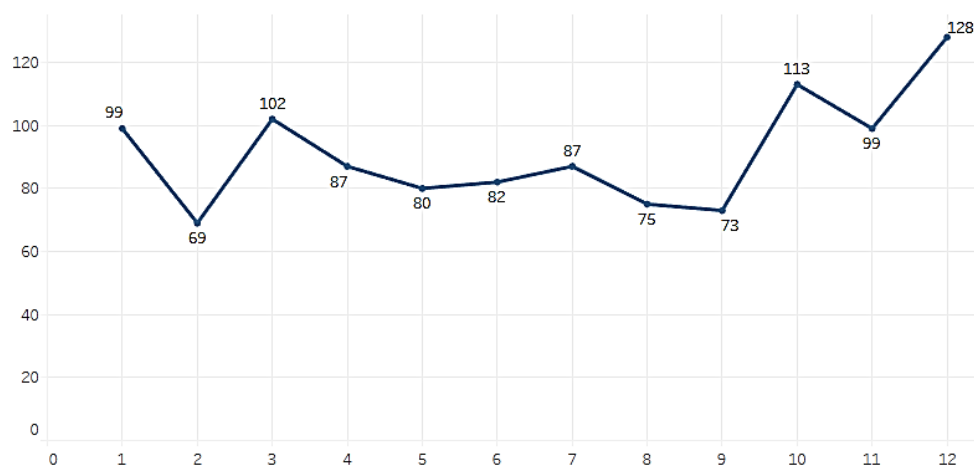


圖 5- 22 月份統計-動力機具

(2)擴音設備：以文字雲分析(圖 5- 23)，卡拉 OK 店家擴音設備產生的噪音最常被陳情，有 289 筆，以大里區案件最多有 36 筆(圖 5- 24)；採月份排序則以 2 月的案件較多有 38 筆(圖 5- 25)。

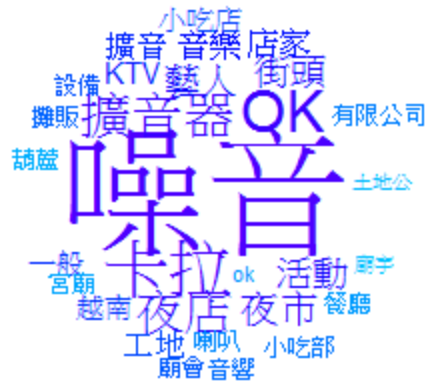


圖 5- 23 文字雲-擴音設備

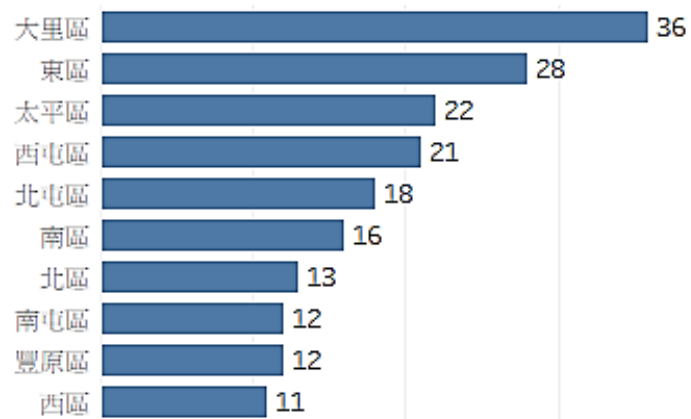


圖 5- 24 行政區統計-擴音設備

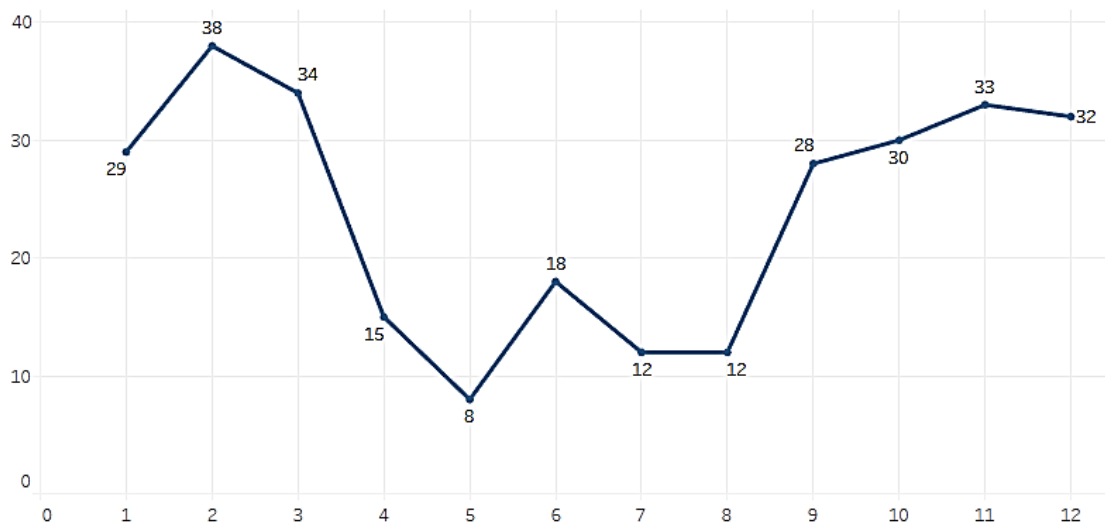


圖 5- 25 月份統計-擴音設備

(3)均能噪音：以文字雲分析(圖 5-23)，馬達運轉產生的噪音最常被陳情，有 341 筆，以大里區案件最多有 167 筆(圖 5-24)；採月份排序則以 4 月的案件較多有 45 筆(圖 5-25)。



圖 5-26 文字雲-均能噪音

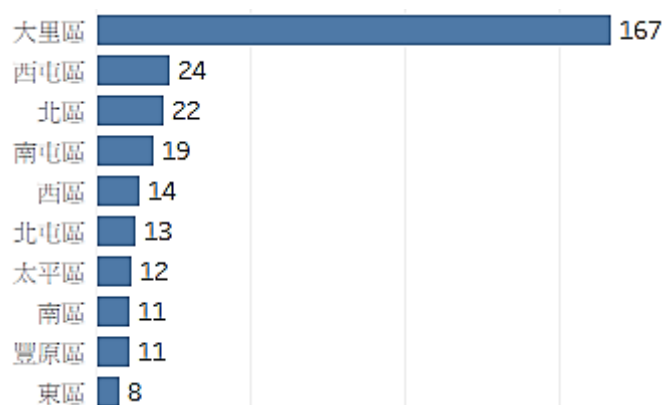


圖 5-27 行政區統計-均能噪音

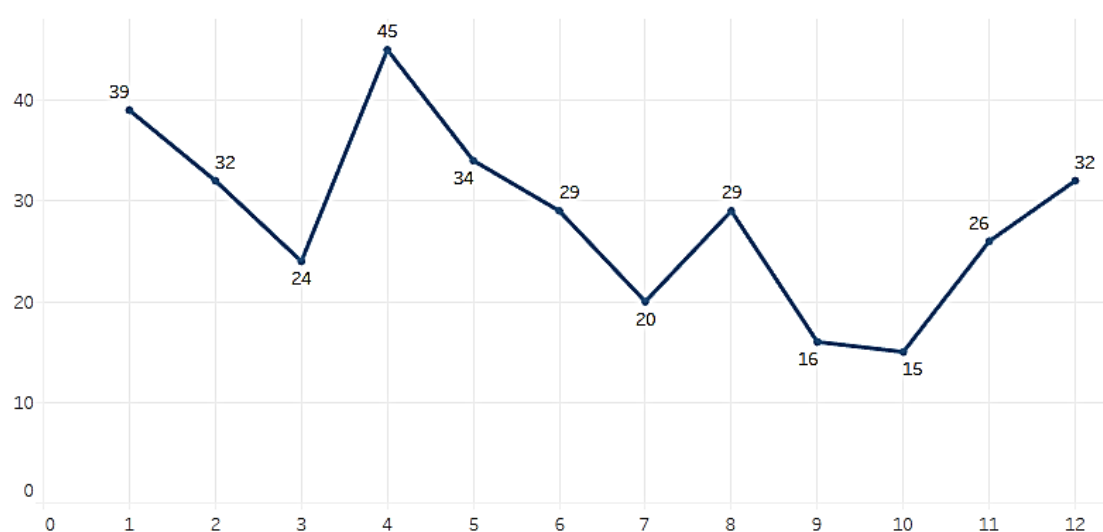


圖 5-28 月份統計-均能噪音

(六)小結

第一次分析應用 2016 年行政院環保署受理公害陳情案件，以陳情項目為主軸搭配行政區與月份進行分析，民眾陳情的項目以異味污染物及噪音大宗，佔整體案件量的 65%，排名第三的環境衛生也是民眾關心的項目，於 2016 年有 8291 筆，佔整體案件量的 19.3%。

異味污染物的類別中，民眾常反應的事項包含燃燒行為、油煙及製程異味，而燃燒行為與油煙所陳情的事項多與民眾日常生活相關，在環保意識抬頭的今日，建議加強宣導與取締，從日常生活來落實環境保護，減少污染源。

在噪音的類別方面，民眾常反應的是與動力機具、擴音設備與均能噪音相關的議題，工程或工地在施工過程中產生的噪音最常被陳情，這些噪音是無法避免的，針對施工的時間建議嚴加規範與管理，將對民眾休息時間的干擾降到最低。另外，工程或工地在施工過中，除了不可避免的聲響產生之外，同時也會伴隨揚塵與環境衛生等議題被民眾陳情，建議於管理面上加強宣導。

民眾對於環境相關的陳情管道，以全國公害陳情專線 0800-066666 與縣市政府專線(含 1999)居多，佔了約 6 成左右，政府機關設置專線的宣導具有一定的成效，民眾會善用專線進行相關事項的陳情與反應。

三、空間自相關分析(第二次分析)

第二次分析應用「參、環境污染監測資訊空日分析研究」/「二、環境污染監測模擬」一節提及之雙變數空間自相關 BILISA 方法，以 2016 年 4 月 1 日與 2016 年 10 月 19 日 2 日為期間，利用第一次環保署受理公害案件分析結果，以燃燒類公害陳情案件之分布，分析與細懸浮微粒 PM_{2.5} 及人口密集度是否存有空間聚集的問題，針對上述三項變數進行分析，兩兩變數相互比較，利用 BILISA 探討變數之間空間聚集的現象。

(一)細懸浮微粒 PM_{2.5} 與燃燒類公害陳情案件空間聚集分析

將細懸浮微粒 PM_{2.5} 與燃燒類公害陳情案件兩變數進行 BILISA 分析後，發現僅潭子區有空間聚集的現象，其餘地區則無聚集的現象存在。自圖 5-29 顯示，事件日 2016 年 4 月 1 日潭子區為 HH 的情況，此可解釋為細懸浮微粒 PM_{2.5} 數值較高之處其鄰近地區的燃燒類公害陳情案件也較高；事件日 2016 年 10 月 19 日潭子區與外埔區亦同為此狀況，如圖 5-30。

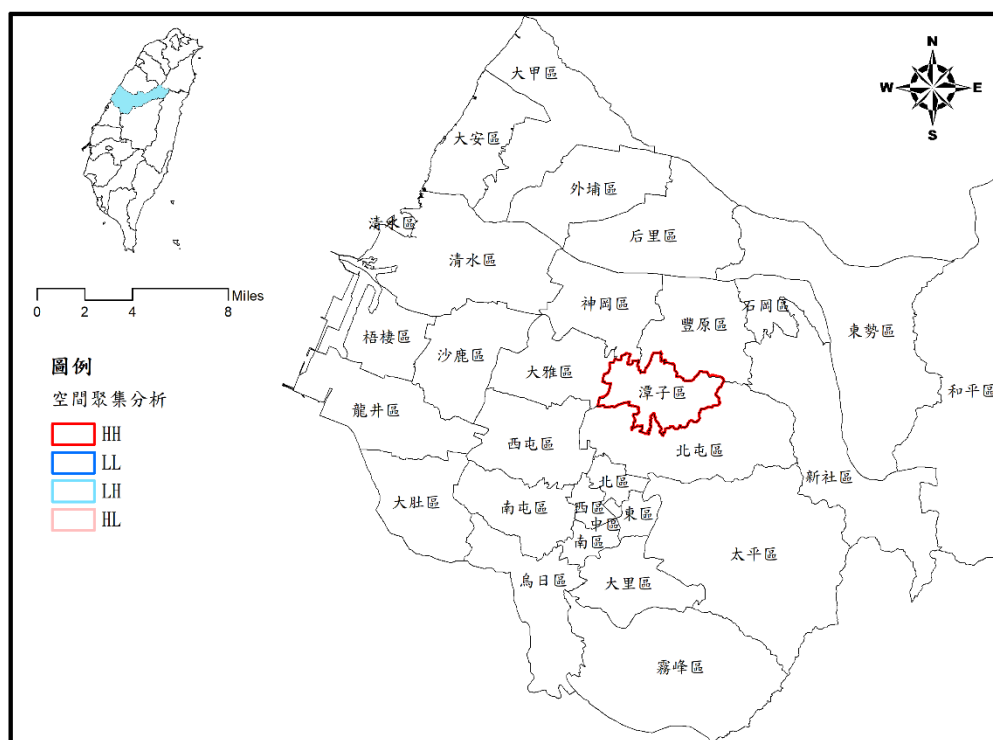


圖 5- 29 2016 年 4 月 1 日 PM_{2.5} 與燃燒類陳情案件空間聚集分析

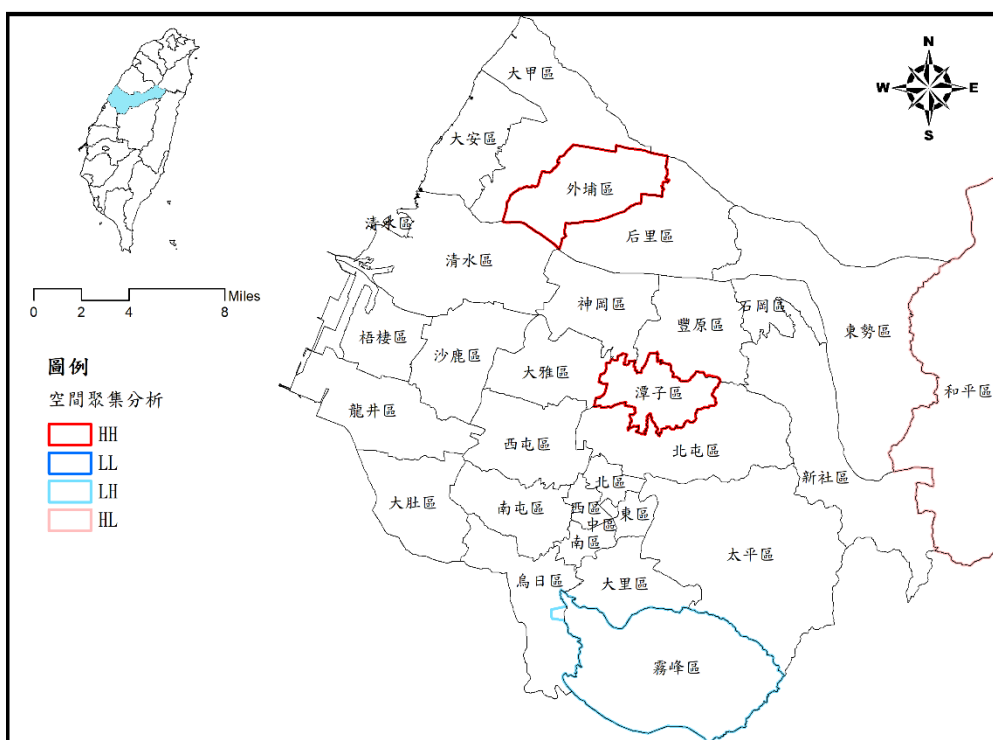


圖 5- 30 2016 年 10 月 19 日 PM_{2.5} 與燃燒類陳情案件空間聚集分析

(二)人口密度與細懸浮微粒 PM_{2.5} 空間聚集分析

將人口密度與細懸浮微粒 PM_{2.5} 兩變數進行 BILISA 分析後，事件日 2016 年 4 月 1 日空間聚集的情況可大致分為 3 處，如圖 5-31 顯示。深藍色 LL 地區包含太平區、霧峰區、烏日區等行政區，其情況則可認為人口密度較低之處其鄰近地區的細懸浮微粒 PM_{2.5} 數值也較低；北區、東區、中區、南區、大里區為 HL 的情況，此可解釋為人口密度較高之處其鄰近地區的細懸浮微粒 PM_{2.5} 數值低。事件日 2016 年 10 月 19 日梧棲區與沙鹿區屬 LL 的情況，人口密度較低之處其鄰近地區的細懸浮微粒 PM_{2.5} 數值也低，如圖 5-32。在兩事件日中僅后里區前後皆屬於 LH 的情況，人口密度與燃燒類公害陳情案件數量呈現相反的情況。

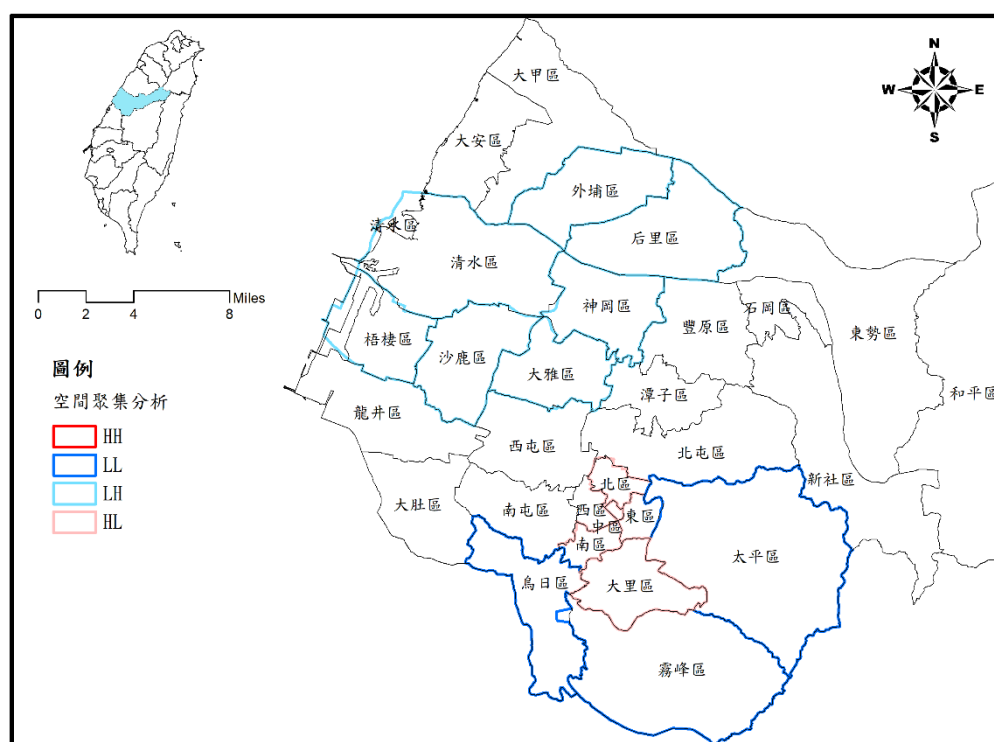


圖 5-31 2016 年 4 月 1 日人口密度與 PM_{2.5} 空間聚集分析

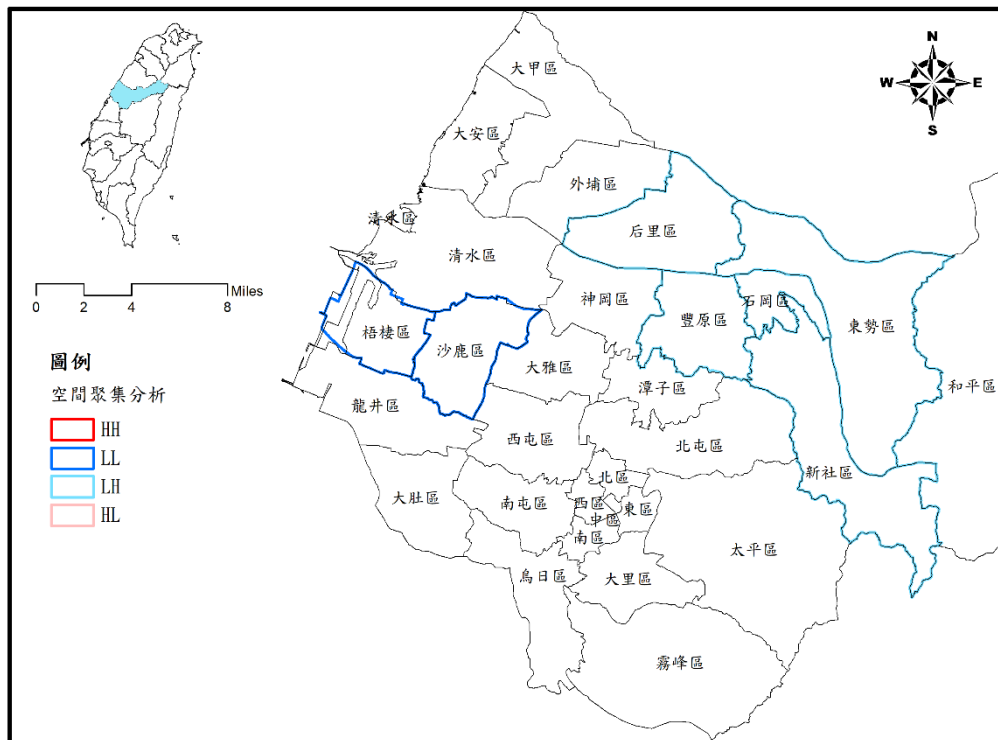


圖 5- 32 2016 年 10 月 19 日人口密度與細懸浮微粒 PM_{2.5} 空間聚集分析

(三)人口密度與燃燒類公害陳情案件空間聚集分析

將人口密度與燃燒類公害陳情案件兩變數進行 BILISA 分析後，發現兩次事件日中皆僅出現 LH 的情況，人口密集較低之處其鄰近地區的燃燒類公害陳情案件較多，如圖 5-33 與圖 5-34 顯示。由以上分析結果可知，人口密度與公害陳情案件數在大部分行政區皆無顯著相關性，此也說明如果在人煙較稀少之區域發生某一公害事件，也會有民眾通報相關單位處理，但反之，也可能代表人口密度高的地區發生公害事件時不一定會有很多民眾通報。

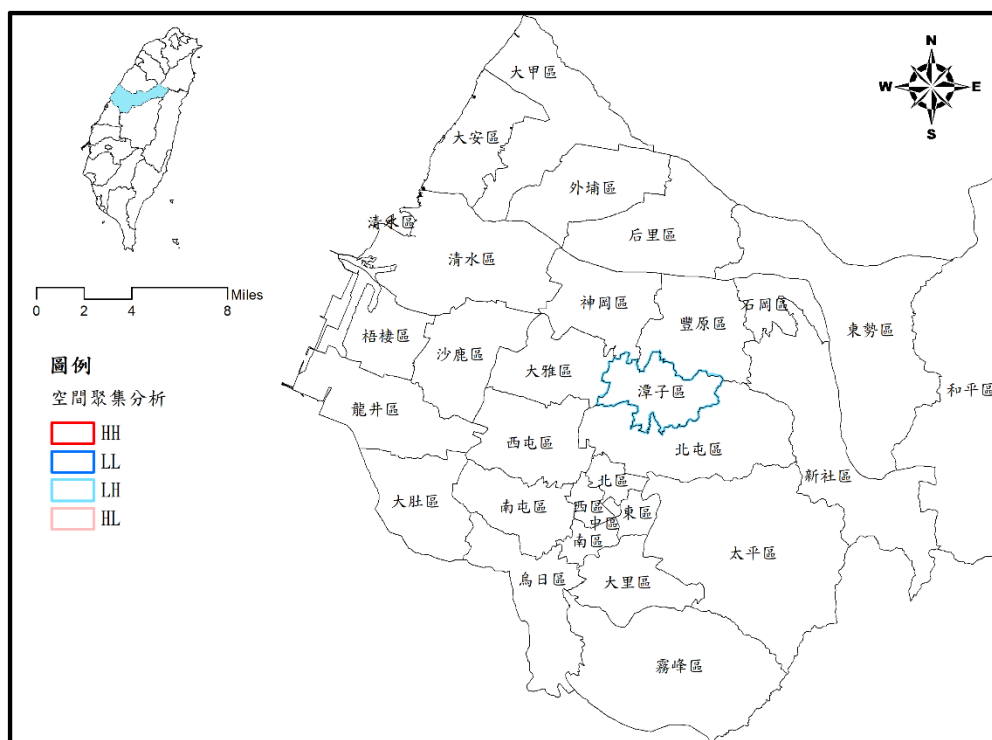


圖 5- 33 2016 年 4 月 1 日人口密度與燃燒類陳情案件空間聚集分析

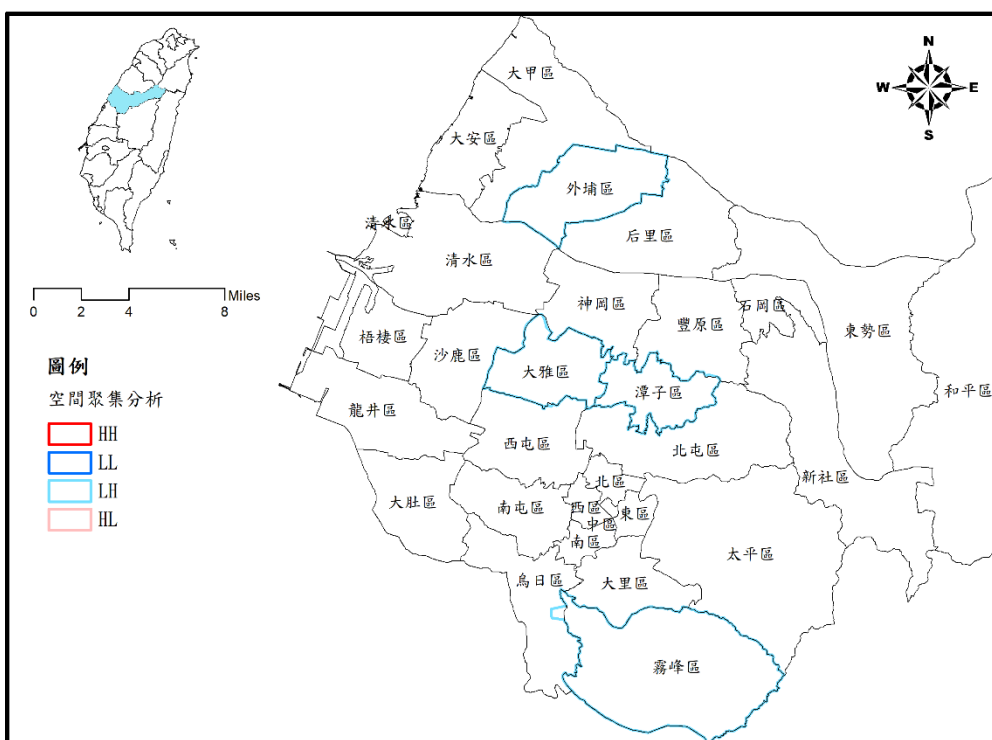


圖 5- 34 2016 年 10 月 19 日人口密度與燃燒類陳情案件空間聚集分析

陸、國內外相關案例分析

利用物聯網技術整合環境污染監測，國內外的案例大部分是利用物聯網接收環境資料，對於一般民眾最關心的是個人住家或上班等活動範圍的空氣品質，但受限於監測器 (Sensor) 建置及維護成本，空氣品質測站的設立無法非常密集，在測站數量分佈不足下，在沒有測站的地方若要得知 PM_{2.5} 濃度時，便需使用空間推估模型，以推估其他無測站區域的 PM_{2.5} 值。在過去，空間推估方法多採用空間內插、大氣擴散模式、最近測站法等方式進行推估，但這些方法大多是利用距離及空氣動力等考量進行模擬，過程中並無法考量到空間上多元且異質之空氣污染排放源的存在。底下分析四個案例，首先介紹資料集的應用，包含資料收集平台含感測器，及資料應用方面(感測器資料與其他單位資料鏈結案例)，本團隊亦整理物聯網技術整合環境污染監測應用之四大國際案例：(1) 希臘塞薩洛尼基市定空氣污染指標作為政策擬定案例；(2) 英國地方政府加重污染熱點之經費配置案例；(3) 歐盟運用互聯網呈現空氣品質狀況與指數案例；(4) 北京市運用網絡平台呈現空品狀況，並解析重污染與風場間之關係案例。

一、資料收集平台 (透明足跡)

政府雖已開放即時監測資料的資料集，並在網路上提供下載，但這些資料集是用來「寫程式進一步加值應用」使用，一般民眾下載資料集很難看得懂企業的排放情況。目前由民眾發起的一個平台，透明足跡

(<https://thaubing.gcaa.org.tw/>)，如下圖 6-1 所示，解決資料收集問題，將散落在各地方政府的網站上資料，透過介面查

詢企業污染狀況，統一介面查詢，同時也兼具歷史資料收集的任務，可回溯查詢過去的空氣排放狀況。「透明足跡」可以選擇要用「環境地圖」以地圖的方式搜尋，或者是用「事業單位查詢」以列表的方式搜尋企業的環境資料。亦可依據「工廠類型」、「排放類型」、「有無裁罰記錄」、「有無自動連續監測數據」，「最近一個月的連續自動監測數據有無超標」等做篩選。亦可選擇是否顯示空氣品質測站（PM_{2.5}）的資料。

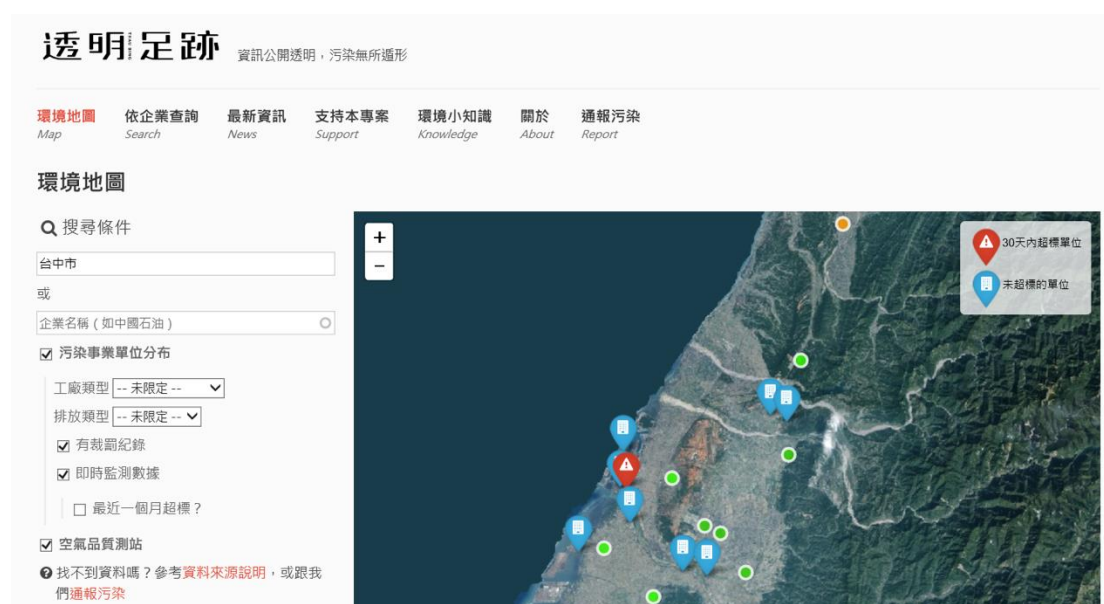


圖 6-1 透明足跡網站 (<https://thaubing.gcaa.org.tw/>)

二、感測器資料與其他單位資料鏈結案例

與本案研究相關之國內外研究分析或成功案例分析，我們檢視空氣品質及水質管理兩部分討論，在水質監控與水資源使用上，歐盟的一個專案 (E. Fotopoulou et al.: Linked Data Analytics in Interdisciplinary Studies)，利用鏈結資料的想法，把感測器資料與其他單位資料鏈結，下圖 6-2 至圖 6-5 為其架構，也提出資料的監控上，提出八個線性迴歸方程式，可

以求得空氣的危害程度(疾病死亡率)，這是其中兩個公式算法：
 疾病死亡率₁ = $a * PM_{2.5_transportation} + b * (Linear Model 3 - LM_3)$ 、
 及疾病死亡率₂ = $a * PM_{10_transportation} + b * (Linear Model 4 - LM_4)$ 。



圖 6-2 歐盟專案，空氣品質鏈結資料案例

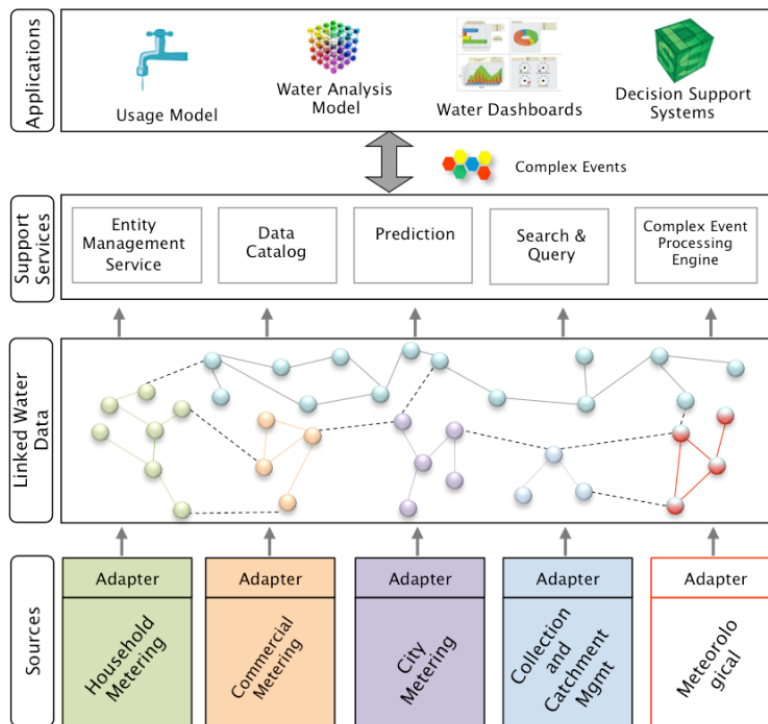


圖 6-3 歐盟專案，水資源利用監控案例。

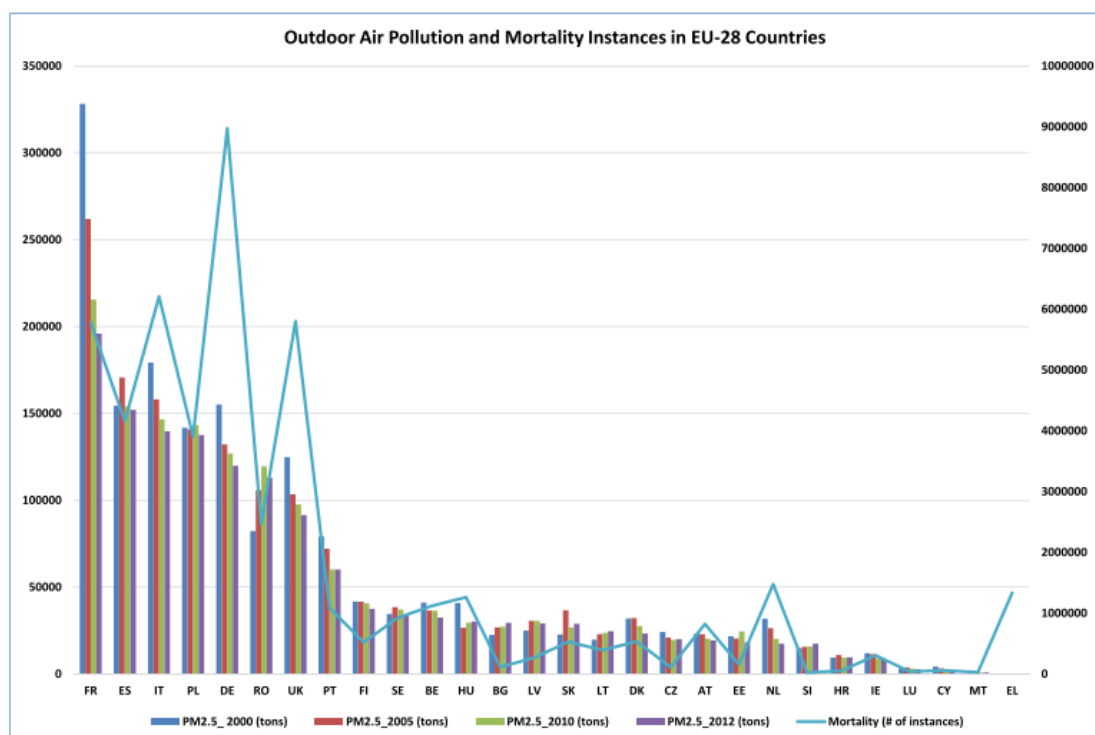


圖 6-4 歐洲 PM_{2.5} 資料，28 個國家收集案例

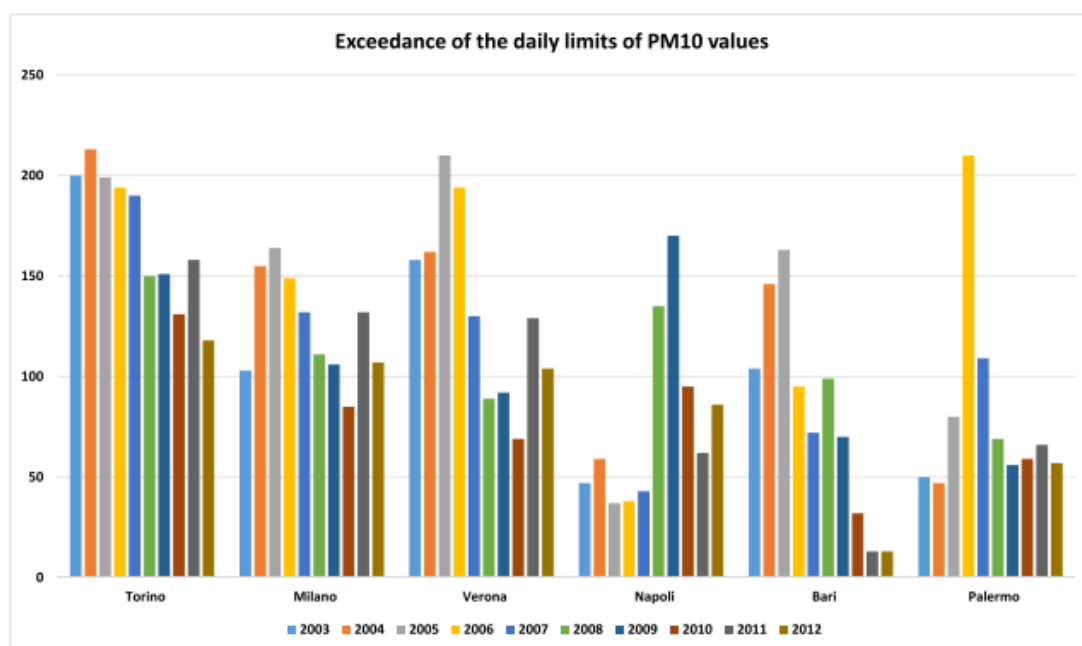


圖 6-5 歐洲 PM₁₀ 資料收集案例

三、希臘塞薩洛尼基市定空氣污染指標作為政策擬定案例

以下介紹希臘塞薩洛尼基市(Thessaloniki City)細分空氣污染指標後，提供更有用之管理策略擬定依據，將空氣品質監測站的 CO、SO₂、O₃、PM₁₀ 與 NO₂ 數據區分成三種不同的空氣品質指標(Kassomenos 等氏，2012)。第一個指標是基於單一污染物，用於分別表徵每種空氣污染物的空氣品質狀況，而第二個指標是基於短期與長期污染物的組合。

(一)長期空氣品質壓迫指標(Long-term Air Quality Stress Index, AQSI_{LT})，用以分析每年空氣品質狀況：

$$AQSI_{LT} = \frac{1}{4} \left[\frac{C(SO_2)}{20 \mu g m^{-3}} + \frac{C(NO_2)}{40 \mu g m^{-3}} + \frac{C(PM_{10})}{40 \mu g m^{-3}} + \frac{C(O_3)}{120 \mu g m^{-3}} \right]$$

其中分母數值為歐盟允許年度濃度上限， C 是物種年平均濃度($\mu g m^{-3}$)。

(二)短期空氣品質壓迫指標(Short-term Air Quality Stress Index, AQSI_{ST})，用以分析短期空氣品質狀況：

$$AQSI_{ST} = \frac{1}{4} \left[\frac{N(SO_2)}{24} + \frac{N(NO_2)}{18} + \frac{N(PM_{10})}{35} + \frac{N(CO)}{1} \right]$$

其中分母數值為每年歐盟允許超過濃度上限的案例數量， N 是每年超過濃度上限的實際數量。

(三)城市空氣品質壓迫指標(Urban Air-Quality Stress Index, AQSI_{daily})，用以分析每日都會區空氣品質狀況：

$$AQSI_{\text{daily}} = \frac{1}{4} \left[\frac{C(\text{SO}_2)}{350 \mu\text{g m}^{-3}} + \frac{C(\text{CO})}{10 \text{mg m}^{-3}} + \frac{C(\text{NO}_2)}{200 \mu\text{g m}^{-3}} + \frac{C(\text{PM}_{10})}{50 \mu\text{g m}^{-3}} + \frac{C(\text{O}_3)}{180 \mu\text{g m}^{-3}} \right]$$

其中 $C(\text{SO}_2)$ 、 $C(\text{NO}_2)$ 與 $C(\text{O}_3)$ 是每日最大 1 小時濃度($\mu\text{g m}^{-3}$)， $C(\text{CO})$ 是每日最大 8 小時平均濃度(mg m^{-3})， $C(\text{PM}_{10})$ 是日平均濃度($\mu\text{g m}^{-3}$)。分母數值為歐盟設定的上限值。

塞薩洛尼基市是希臘第二大城市，除遵照該國之環保法令所訂定之空氣品質指標外，更自訂三種空氣品質壓迫指標來做為該市之環境保護成效判讀與管理策略擬定之依據。是一個非常成功的案例，足為本市參考。延伸說明請參閱報告書第 117 頁。

四、英國地方政府加重污染熱點之經費配置案例

地方政府強化部門合作與解析監測以加重污染熱點之經費配置，英國地方政府與環保單位在配合該國空氣品質行動計畫(AQAP)上(Beattie 等氏，2002)，必須考慮運輸規劃、土地利用規劃與其他必要的措施，以改善空氣品質，並按照 AQM 的目標日期努力實現相關的空氣品質目標。因此，地方環保單位必須整合當地衛生、工業管理與公路管理單位間的相互合作。透過一系列問卷調查與監測數據收集，定期檢討空氣品質管理(AQM)制度的管理成效。此成效不僅體現城市規模，而且反映人口的社會與經濟特徵。隨著地方當局採取行動解決科學評估確定的問題，確認各單位間的相互合作與有效管理是實現空氣品質改善主要關鍵。相關行動計畫項目與推動方法的詳細列於

<http://www.uwe.ac.uk/aqm/research/urban> 網頁。其中，地方當局將空氣品質問題納入其他規劃過程以及監測與建模技術方

面的能力。半結構化訪問技術(Semi-structured interviewing techniques)被用來確定當局 AQM 案例研究方法的優勢與弱點。另外，基於環境監測與預期推估結果，NO₂、PM₁₀與 SO₂來源主要依據是交通與工業的組合狀況而呈現濃度不同或超標。值得一提的是每年 7 月提交地方交通計畫(LTP)年度進度報告，其監測與調查結果被用於獲得額外資金，來改善熱點地區的空氣品質。此種跨部門合作方式與善用改善基金的成功做法，值得 貴局參考與採用。延伸說明請參閱報告書第 120 頁。

五、歐盟運用互聯網呈現空氣品質狀況與指數案例

歐盟於 2007 年的組織指令(Framework Directive)要求成員國加強空氣品質監測與報告，並積極藉由物聯網(Internet)呈現空氣品質狀況與指數，其中歐盟互聯網址為 www.airqualitynow.eu。然而各成員國對現有網站與空氣品質指標的審查顯示，空氣品質的解釋方式有很大不同。Elshout 等氏(2008)提出了一個新的空氣品質指標。該指標是開發專門用於比較歐洲城市空氣品質的網站項目。公共空氣品質指數(The common air quality index, CAQI)不是旨在替代現有的地方指標。CAQI 是一組兩個指標：一個用於路邊監測點，一個用於平均城市背景條件。區分路邊與一般城市條件是確保正確比較的參數的一致性的第一步。延伸說明請參閱報告書第 122 頁。

六、北京市運用網絡平台呈現空品狀況之案例

北京市根據 2012 年發布的國家環境空氣品質標準 (NAAQS-2012)，開始在其網絡平台上公布小時空氣品質指數以及 6 種污染物的即時濃度(Chen 等氏，2015)。收集 35 個空氣品質監測站的小時空氣品質監測數據，分析空氣污染物與空氣品質的時空變化。對於重污染濃度與風場狀況間的關係加以說明。並解析鄰近區域的空氣品質對北京空氣品質的影響。同時探討所有 35 個監測站與中國北方的空氣品質達標率。尤其在污染濃度的時間變化，陳述深夜與清晨是污染最嚴重時間的因由。延伸說明請參閱報告書第 122 頁。

七、桃園市天羅地網—環境資訊暨污染預警系統服務計畫案例

桃園市內有多達 29 處的工業區，上萬家的工廠，環境污染負荷非常沈重，而隨著桃園市人口持續成長，社區更為密集，民眾對於環境品質的要求更為嚴格；由於稽查勤務全年無休，需全天候 24 小時隨時待命，桃園市環保局為了強化污染預警效能，成立環境污染監控中心，利用稽查車組衛星監控派遣、稽查平板 APP 及稽查管制資訊系統，將稽查業務全面 e 化管理，也透過 24 小時派員監看，在發生水污染事件及河川水質異常情形時，能快速研判案情進行稽查，防止污染擴大。

桃園市環保局從 101 年至 103 年，每年以兩百多萬之建置經費發展環境資訊暨污染預警系統，104 至 106 年度亦編列 40 至 50 萬之經費辦理經常性的進行維護。目前已完成天羅地網預警監控系統 8 處水質測站監測站建立，也整合了空

氣品質、水質、事業廢棄物管理、陳情案管理、航空及一般噪音監測、污染源管制系統、圖台系統、稽查派遣系統及 GIS 地理資訊等業務資訊，除了提供稽查人員完整管制資訊輔助判斷稽查時機外，對於公害污染問題可更加即時掌握。透過環境污染監控中心的成立，可強化對於環境污染事件主動預警能力。

八、國際相關係案例參考採用之建議

(一)希臘塞薩洛尼基市案例參考採用之建議

如同前面所言，希臘塞薩洛尼基市是自訂三種空氣品質壓迫指標來做為該市之環境保護成效判讀與管理策略擬定之依據。是一個非常成功的案例，足為本市參考。但我國的國情，本團隊建議修正其三種空氣品質壓迫指標為：

1. 年空氣品質壓迫指標、2.月空氣品質壓迫指、3.日空氣品質壓迫指標與 4.時空氣品質壓迫指標等更精細之四中空氣品質壓迫指標。其中 PM₁₀ 改以 PM_{2.5} 取代，因為後者近幾年研究得出對人體傷害較大，而 SO₂ 和 NO₂ 經過轉化會生成衍生性 PM_{2.5}，而 NO₂ 又與 O₃ 為光化反應相關物質，因此決定以此四項目計算。四種空氣品質壓迫指標之公式如下：

1.年空氣品質壓迫指標(Yearly Air Quality Stress Index, AQSI_{yearly})

$$AQSI_{yearly} = \frac{1}{4} \left[\frac{C(SO_2)}{30 \text{ ppb}} + \frac{C(NO_2)}{50 \text{ ppb}} + \frac{C(PM_{2.5})}{15 \mu g \text{ m}^{-3}} + \frac{C(O_3)}{60 \text{ ppb}} \right]$$

2.月空氣品質壓迫指標(Monthly Air Quality Stress Index, AQSI_{monthly})

$$AQSI_{\text{monthly}} = \frac{1}{4} \left[\frac{C(\text{SO}_2)}{65 \text{ ppb}} + \frac{C(\text{NO}_2)}{150 \text{ ppb}} + \frac{C(\text{PM}_{2.5})}{25 \mu\text{g m}^{-3}} + \frac{C(\text{O}_3)}{80 \text{ ppb}} \right]$$

3. 日空氣品質壓迫指標(Daily Air Quality Stress Index, $AQSI_{\text{daily}}$)

$$AQSI_{\text{daily}} = \frac{1}{4} \left[\frac{C(\text{SO}_2)}{100 \text{ ppb}} + \frac{C(\text{NO}_2)}{200 \text{ ppb}} + \frac{C(\text{PM}_{2.5})}{30 \mu\text{g m}^{-3}} + \frac{C(\text{O}_3)}{100 \text{ ppb}} \right]$$

4. 時空氣品質壓迫指標(Hourly Air Quality Stress Index, $AQSI_{\text{hourly}}$)

$$AQSI_{\text{hourly}} = \frac{1}{4} \left[\frac{C(\text{SO}_2)}{250 \text{ ppb}} + \frac{C(\text{NO}_2)}{250 \text{ ppb}} + \frac{C(\text{PM}_{2.5})}{35 \mu\text{g m}^{-3}} + \frac{C(\text{O}_3)}{120 \text{ ppb}} \right]$$

其中分母數值為空氣品質標準允許年度濃度上限， C 是物種年、月、日或小時平均濃度或選定濃度。

運用 105 年本市大里、西屯、沙鹿、忠明與豐原五個環保署空品測站之監測數值代入上述四種四種空氣品質壓迫指標之公式，繪製成各測站每小時、月與年之 AQSI 值盒狀圖，如圖 6-8 至 6-10 所示。以各小時值 AQSI 來看，五個測站在 105 年全年在 10 點到 14 點皆有較高的壓迫值，若將 Q_2 連成線，則可發現其線的起伏與人類作息相近；月 AQSI 趨勢則是類似一個 M 字，在屬於夏季的六月至八月有著較短的四分位距，而在春秋季節交替時 Q_1 與 Q_3 便拉開其差距，推測是季風風向轉變的影響，使得污染物僅於一定範圍流動；年 AQSI 與月 AQSI 則資料關係只有列出 103 年到 105 年，年 AQSI 以此三年看出有下降趨勢。

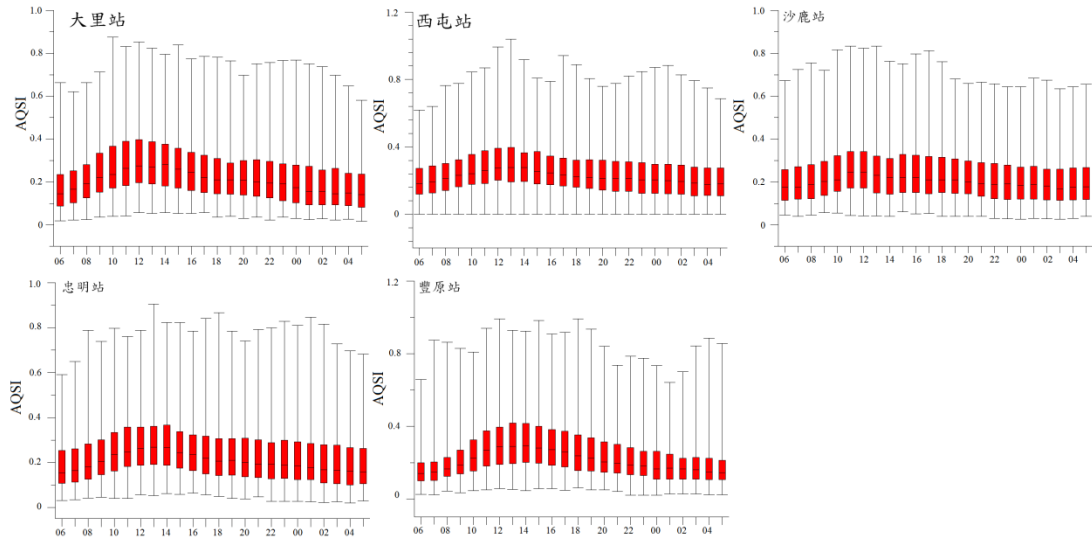


圖 6-8 105 年各測站每小時 AQSI 值之盒狀圖

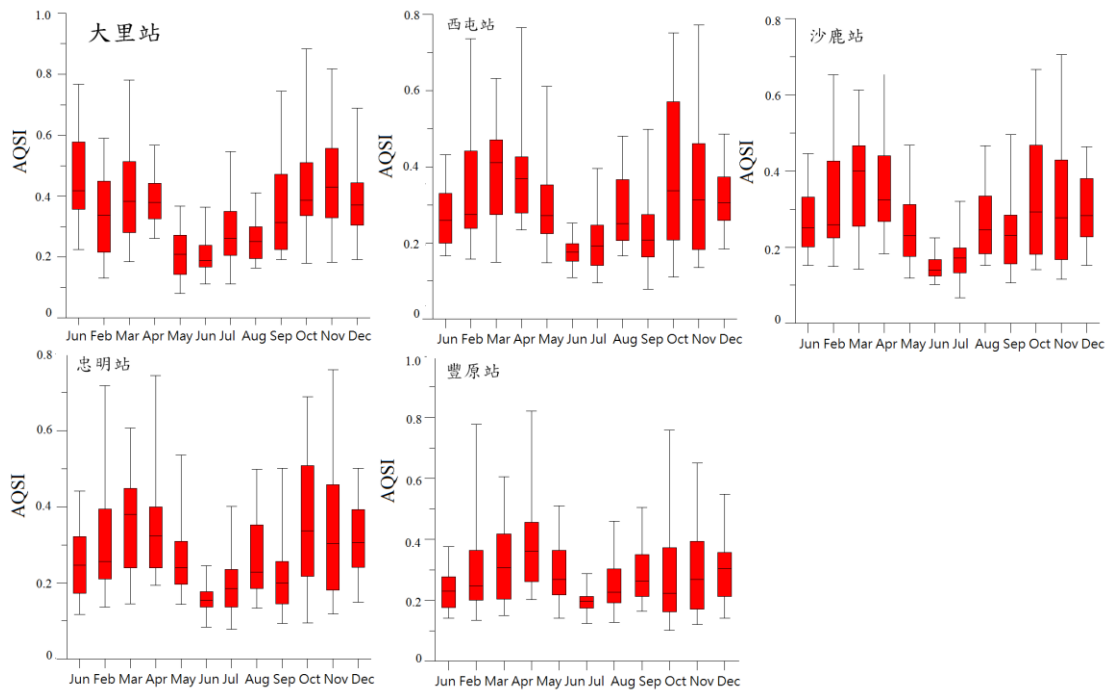


圖 6-9 105 年各測站月 AQSI 值之盒狀圖

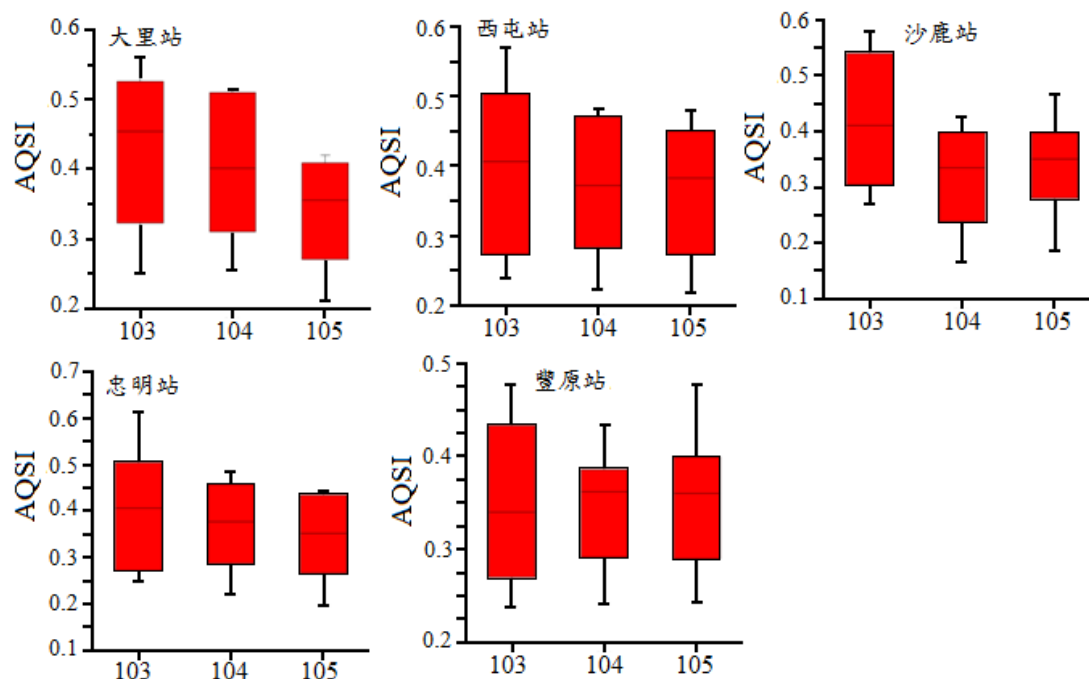


圖 6-10 103-105 年各測站月 AQSI 值之盒狀圖

(二)英國地方政府經費配置案例參考採用之建議

本案例除了可以考慮污染熱點之加重經費配置外，亦可以將污染擴大至納入本市各行政區之適居度來強化市府的各項建設，適居度內容包含 5 個空氣污染物次因子 ($PM_{2.5}$ 、 SO_2 、 NO_2 、 O_3 、 CO)、3 個氣象次因子(氣溫、相對濕度、風速)、與 10 個環境次因子(工廠密度、住宅密度、商店密度、養殖農場密度、道路密度、加油站、學校、公園、文化/藝術中心、醫療服務設施)，如此方能全盤考慮到市民的生活與健康，讓民眾有感。對此本團隊成員於 2013 年發表 SCI 期刊論文(Environ Sci Pollut Res (2013) 20:5229–5242)，針對本市各行政區有深入的探討其適居度與提出相同於本案件之經費配置方法。以 2010 年為例，不含和平區之各行政區估適居度列於表 6-1 中，其中以西區的年平均 89.2 最高，霧峰區的年平均 83.1 最低，需提供更多的建設經費。

每年建設資金的分配，本研究提出一個建議公式如

下：

$$F_i = A_i \cdot F_{\text{total}} \quad (1)$$

$$A_i = \frac{(100 - LI_i)^p}{\sum_{j=1}^n (100 - LI_j)^p} \quad \text{and} \quad 1 = \sum_{i=1}^n A_i \quad (2)$$

其中 F_{total} 與 n 分別為年建設經費與一城市行政區總數或一國家縣市總數。 F_i 、 LI_i 與 A_i 分別為城市中 i 行政區或國家中 i 縣市每年分配經費、適居指數與獲得經費分攤率。 p 是建設緊迫性指數，本研究推薦的範圍從 1 到 10。

表 6-1 台中市 2010 年各行政區適居度層面影響彙整表

行政區	適居度			行政區	適居度		
	最大	最小	平均		最大	最小	平時
西區	91.8	87.0	89.2	潭子	87.8	84.3	86.2
北屯	91.3	85.3	88.9	神岡	87.5	84.0	85.9
南屯	92.4	83.9	88.6	大里	87.9	83.8	85.8
新社	88.5	85.0	88.4	東區	87.8	83.0	85.7
北區	90.6	85.8	87.9	大肚	88.4	82.9	85.6
西屯	90.0	84.0	87.6	太平	86.7	82.0	85.3
豐原	88.7	85.2	87.1	清水	87.4	83.3	85.2
東勢	88.6	85.1	87.0	烏日	86.7	83.3	84.6
中區	88.3	83.5	86.9	沙鹿	91.5	85.5	84.1
石岡	88.1	84.6	86.6	梧棲	88.3	81.4	84.0
大安	89.1	83.2	86.6	后里	86.2	81.9	84.0
大雅	89.0	83.0	86.5	南區	85.9	81.1	83.3
外埔	88.8	82.9	86.4	龍井	85.5	81.7	83.2
大甲	88.8	82.9	86.3	霧峰	85.1	81.9	83.1

註：適居度平均值越高越適居。

(三)歐盟運用互聯網案例參考採用之建議

本案例可供參考之處有二，一為運用互聯網連接與呈現空氣品質狀況與指數之作業方式，可以做為本市運用物聯網來呈現大台中地區(苗栗、台中、彰化與南投)環保署與本市地方空品測站之空氣/氣象監測數據與空氣品質之參考；其二為參考 Elshout 等氏所提之 CAQI 兩個指標：一個用於路邊監測點，一個用於平均城市背景條件。如此區分路邊與一般城市條件正是確保正確比較不同測站位置監測結果的一致性，以及判讀污染熱點的真實性與嚴重度。

(四)北京市運用網絡平台案例參考採用之建議

本案例亦為運用互聯網連接與呈現空氣品質狀況與指數之作業方式，若做為本市採用之參考，則尚有三項做法可供參考：1.運用 5 個環保署、6 個台中市、10 個台中電廠與 4 個中科空品測站之小時監測數據，來分析空氣污染物與空氣品質的時空變化、2.對於重污染濃度與風場狀況間的關係加以說明與 3.解析鄰近區域的空氣品質對本市空氣品質的影響。

柒、未來發展方向探討與結論建議

一、環境監測研究方向應用探討

細懸浮微粒(PM_{2.5})與臭氧(O₃)的生成、傳輸與累積惡化機制，近似相同，是二大環境空氣污染物。隨著近年來全球氣候的異常變化，PM_{2.5}事件日的天數與O₃事件日的強度均明顯增強。各國都需要一套及時、大區域的監測與追蹤PM_{2.5}與O₃濃度與成份變化的設備或方法，以立即掌握污染狀況，來反映民情與有效改善。因此，國內、外部分學者考慮或已進行使用低價與低感度之監測設備，普設於研究區域之各地，利用物聯網或其他回報系統回傳監測數據，以達到及時與大區域的監測空氣污染物濃度。然而此種方式有著一些缺點與瓶頸仍有待克服，如所採用低單價與低感度監測設備之測值的品質與品保難以掌控，影響污染狀況的判讀。並且雖為低單價監測設備，但需要大量普設，其總設置、維護與操作成本亦相當高，尤其這些低單價監測設備大都採用簡易電化學或光學原理，其使用壽命常不及一年，更是得經常更新，墊高整體運作成本與降低可行性。

而在國際上基於已開發與開發中國家帶來嚴重的空氣品質挑戰。空氣品質成分如臭氧在大氣中包括超過短期暴露的作用，需要全球緩解策略(Bowman, 2013)。為了因應空氣品質與氣候的挑戰，專家學者積極建議在新一代低地球軌道與同步衛星建立下一代臭氧空氣品質監測系統，評估近地表臭氧。國內也有學者提出以衛星(含我國福爾摩沙衛星)監測空氣品質的期望，或進行初步研究。但對於非聯合國成員的台灣，目前是難以達成。

另外，開發無人航空載具空氣污染遙測系統，依不同目的如追蹤污染來源或污染事件日特定區域之污染狀況瞭解等，進行飛航遙測，亦是未來環境監測方向以及即時資料應用的可行方法之一。本工作團隊成員已與廠商合作，並取得科技部獎助之產學計畫，正積極推展研究中，且即將有成果展現。本項無人航空載具遙測系統係採用各空氣污染物對中波段紅外線(MWIR, $\lambda = 3-5 \mu\text{m}$)與長波段紅外線(LWIR, $\lambda = 8-14 \mu\text{m}$)特定吸收原理來開發，並以自動導航定翼無人航空載具做為平台，具備 3D 操作與多遙測項目之能力。內容包含開發 IR 遙測儀器製備、飛行控制軟體開發、分析與影像解析軟體開發、UAV 與遙測軟硬體整合、UAV 之污染物遙測、遙測數據解析等。

該科技部產學計畫有二個標地，第一個標地是高 PM_{2.5} 與 O₃ 濃度區域如竹山與斗六地區，攝取城市或區域的及時 2D 空間與 3D 時空結果相關氣體污染物影像，遙測時段初期為 PM_{2.5} 事件日與非事件日，後期(後續產學計畫)則為 O₃ 事件日與非事件日。圖 7-1 與圖 7-2 分別為運用低銳角攝影以減低地表熱源干擾示意圖與目標地區遙測飛行示意圖。第二個標地為高 PM_{2.5} 原生與衍生排放源與 O₃ 前驅物排放源，如中部非國內班機飛行行道區域之中型鋼鐵廠與造紙廠(附有汽電共生製程)，追蹤大污染源之煙流擴散的及時 2D 空間與 3D 時空結果 PM_{2.5} 與相關氣體污染物影像。其中運用圖像霧霾演算經由霧霾圖像、去除霧霾後圖像與恢復深度圖像來求取即時之 PM_{2.5} 三維空間分布(圖 7-3)。

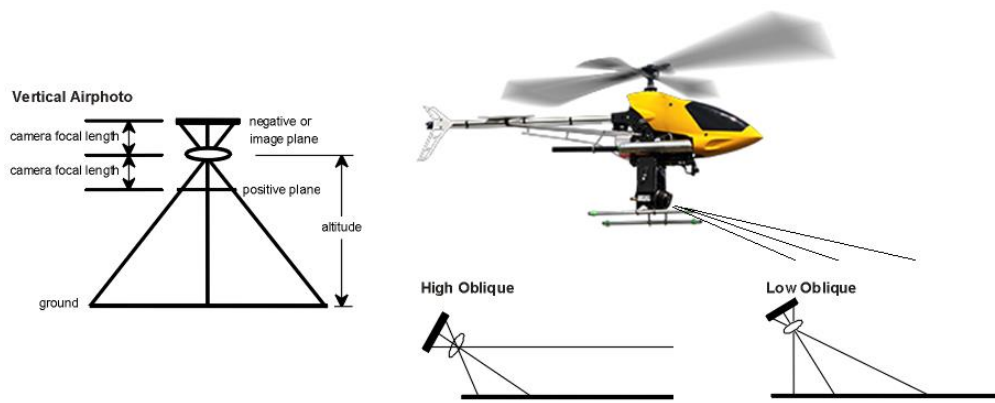


圖 7-1 運用低銳角攝影以減低地表熱源干擾示意圖

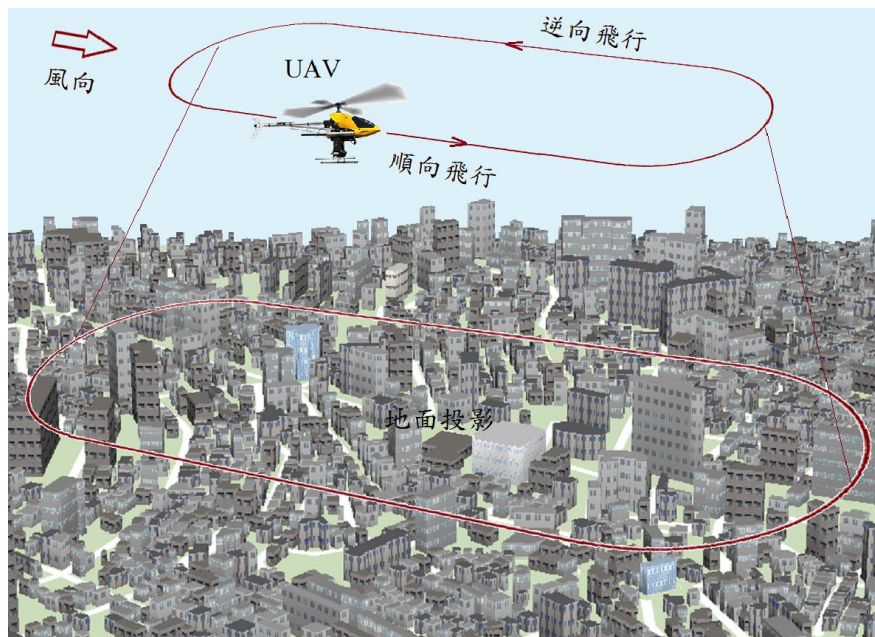


圖 7-2 目標地區遙測飛行示意圖

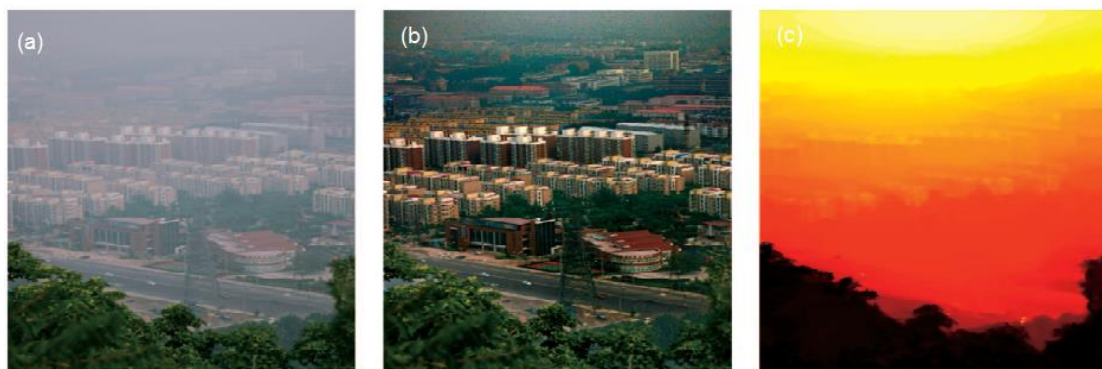


圖 7-3 PM_{2.5} 圖像霧霾演算。(a).霧霾圖像、(b).去除霧霾後圖像、(c).恢復深度圖像。

第二個標地是瞭解目標工廠/工業區的污染排放狀況，以及其污染物之傳輸路徑與大氣反應變化。此標地的 UAV 遙測

都需配合當地之風場，進行順向與逆向之飛行遙測。順向與逆向飛行依實際狀況，可以是單一雙向遙測，或多段雙向遙測來獲得更寬廣之遙測面積。藉由觀測 $PM_{2.5}$ 與 O_3 ，及硫酸鹽、硝酸鹽、羰化物與 NO_2/N_2O_3 等前驅物，釐清 $PM_{2.5}$ 與 O_3 的生成、傳輸與累積惡化機制。圖 7-4 至圖 7-6 為煙流追蹤遙測飛行模擬圖；及圖 7-7 為臺中電廠煙流造成之衍生氣膠前驅物吸收光譜截取區塊，其中顏色越深表示濃度越高。

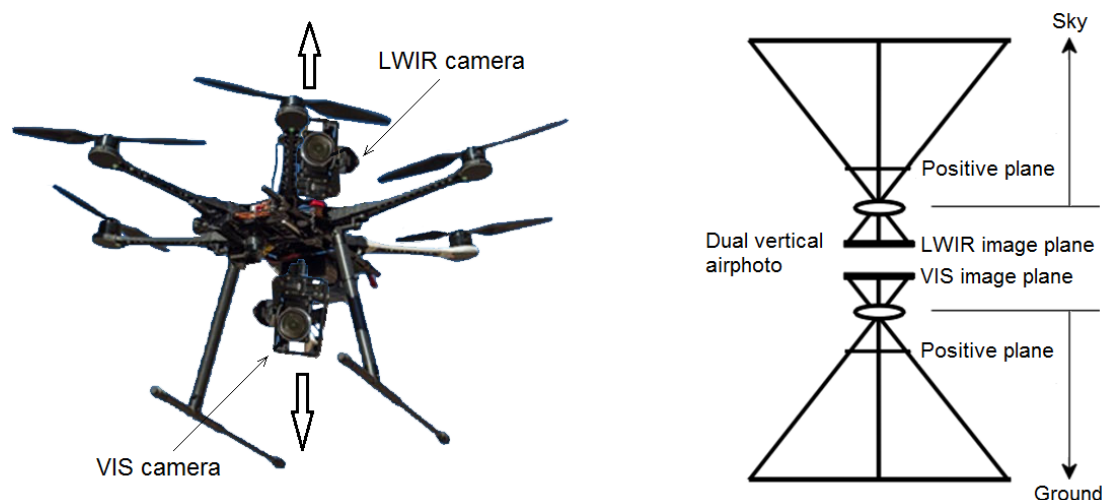


圖 7-4 運用雙攝影機反向攝影以減低地表熱源干擾示意圖

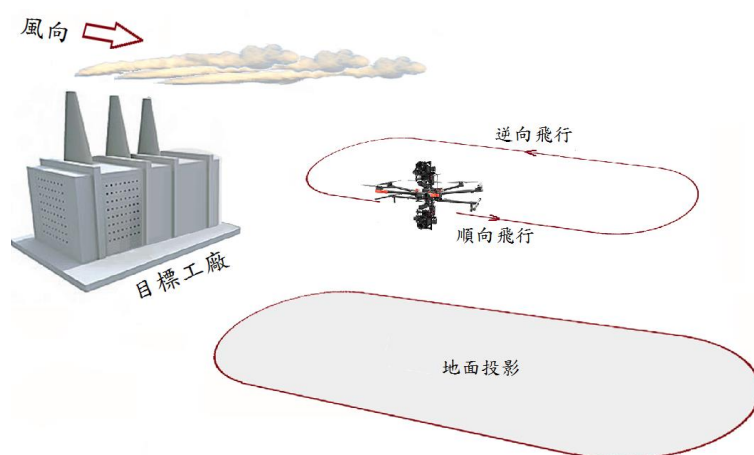


圖 7-5 目標工廠/工業區遙測飛行示意圖

運用UAV遙測追蹤PM_{2.5}生成與傳輸機制

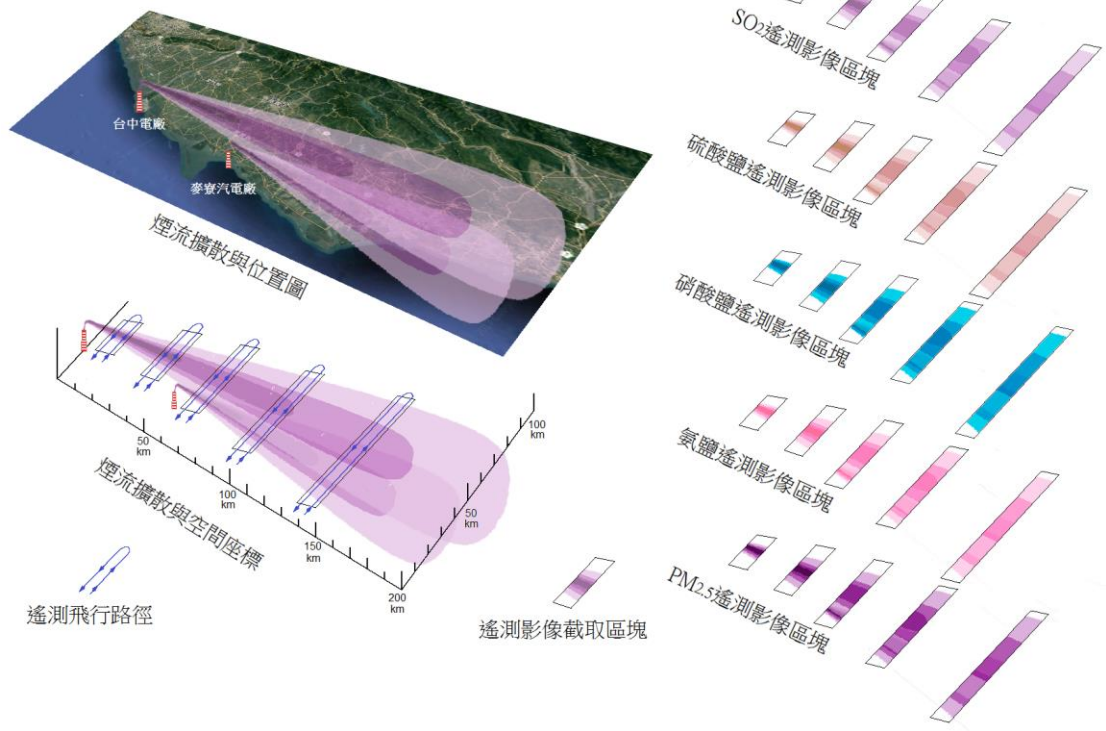


圖 7-6 煙流追蹤遙測飛行模擬圖

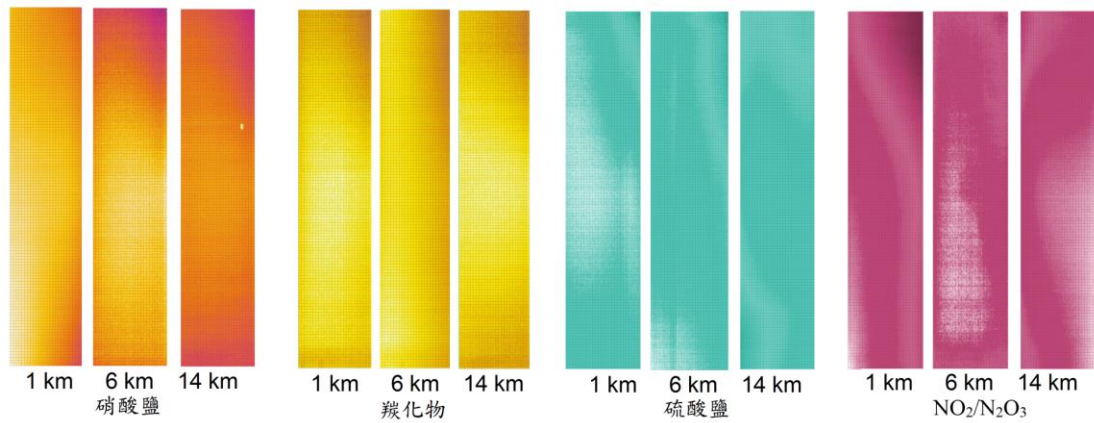


圖 7-7 臺中電廠煙流之衍生氣膠前驅物吸收光譜截取區塊，顏色越深表濃度越高

二、未來物聯網監測系統建置規劃及經費需求

(一)物聯網環境監測系統之各項需求

物聯網型式的環境監測系統，由前端的微型環境監測站收集天氣、空氣與水質等資料，與其它相關環境監測站相同都需仰賴電力運作。為讓微型環境監測站用電需求降低，微型環境監測站採用低功耗處理器並搭配休眠設計，讓微型控制器（MCU）與使用之環境感測器，只在周期性量測過程中保持全功能運作，非量測期間，MCU 與環境感測器應進入休眠或停止供電，直到下個量測周期才喚醒運作，降低非量測期間的耗電量。通訊部份搭配 LPWAN 通訊技術，縮短量測資料溝通所需時間，降低通訊時消耗的電量，如此，微型環境監測站在設置地點條件允許下，即可以採用太陽能及風力系統供應微型環境監測站用電使用。

微型環境監測站監測資料，仰賴 LPWAN 通訊系統回傳，在都市及人口集中處，通訊問題通常不大，但在偏遠山區及居住人口較稀少的地區，則有無通訊服務的問題，因此仍需依現場通訊服務情形，選擇自行架設 LPWAN 基地台或開道，以補足通訊涵蓋不足問題。

依環境保護署制定之空氣品質指標（AQI），如需獲悉監測區域的空氣品質情形，前端微型空氣品質感測器需具備之感測項目至少要有溫度、溼度、細懸浮微粒(PM_{2.5})、臭氧(O₃)、一氧化碳(CO)、二氧化硫（SO₂）、二氧化氮(NO₂)共 6 項，噪音及其它相關的碳氫化物、硫化物、特殊氣體與環境檢測項目則可依不同類型場域選擇性擴充裝設。因此，物聯網環境監測系統裝置除基本監測項目外，需具備

擴充能力，以符合後續特殊區域環境監測感測器擴充需求。

(二)管理維運需求

為維持微型環境監測器的運作正常及量測數據的準確，環境監測系統需設置微型環境監測器相關履歷資料，資料內容包含設置地點、感測器規格、除出廠前的校驗記錄、設置時間及檢修記錄，針對感測器內耗材如濾紙與具有使用壽命限制的感測元件，應安排定期更換，部份感測器應需進行清潔，以避免堆積的灰塵影響其精確度，各微型環境監測器測值定期與相近環境測站及微型環境監測站進行比較，如發現微型監測器數值異於常態時，應派員現場確認是否為設置環境問題，或將監測器帶回與標準品進行相對校驗，也可與同規格之微型監測器於現場進行量測比較，以確認微型監測器問題。

(三)建置環境監測物聯網的規劃

行政院環保署除對一般性的環境空氣品質進行監測外，對於特殊性工業區排放之空氣污染物進行管制，因工業區空氣污染物成分較為複雜，為掌握特殊性工業區排放空氣污染物對空氣品質造成的影響，保障民眾健康，環保署訂定「特殊性工業區緩衝地帶及空氣品質監測設施設置標準」，明定特殊性工業區種類、緩衝地帶及空氣品質監測設施之設置等相關規定，以驗證開發案於環境影響評估時預測之環境影響程度、開發後是否產生非預期中之不良影響並建立完整空氣品質背景資料，據以觀測短期及長期空

氣品質變化趨勢，作為研擬管制策略之應用參考。因此未來微型環境監測物聯網除了在城市中的布建外，將以工業區周圍進行佈置，進行相關特殊氣體監測，以獲取高解析度工業區空氣品質資料。

除了對空氣品質進行監測外，在河川水質方面，應針對河川上、中、下游出海口等處設置微型水質監測站，24小時監測整個流域的水質變化，並在河川水質受污染第一時間，能迅速確認污染的源頭位置。

(四)建置環境監測物聯網四年期經費需求

綜合上述，本計畫研擬四年期微型環境監測系統建置規劃，第一年建置私有雲平台，提供系統運作之用，並開發大臺中地區環境監測物聯網系統，整合空品、水質及噪音監測資訊，並每年以擴充 50 處微型環境監測主機及 5 處微型水質監測主機進行初步估算，第二年開始則進行系統及前端設備維護作業，包含通訊及電力費用，四年期經費研擬如下表所示，其中，微型環境監測主機具備溫度、溼度、細懸浮微粒(PM_{2.5})、臭氧(O₃)、一氧化碳(CO)、二氧化硫(SO₂)、二氧化氮(NO₂)、噪音感測器及物聯網通訊模組，微型水質監測主機則具備溶氧量(DO)、生化需氧量(BOD₅)、懸浮固定(SS)、氨氮(NH₃-N)水質感測器及物聯網通訊系統，依環境污染監測需求，微型環境監測項目，建議每 3 分鐘進行 1 次量測，微型水質監測項目，為每 10 分鐘進行 1 次採樣量測，並將量測數據即時上傳至環境監測物聯網系統，供有關人員能即時發覺污染發生及追蹤污染源。

表 7-1 微型環境監測系統含建置所需費用估算

項次	項目	單價	數量	小計	說明
1	第一年規劃				
1.1	微型環境監測主機建置	100,000	50	5,000,000	
1.2	微型水質監測主機建置	1,000,000	5	5,000,000	
1.3	私有雲平台環境建置	3,500,000	1	3,500,000	含伺服器、網路硬體設備及作業系統、資料庫系統
1.4	開發環境監測系統	2,000,000	1	2,000,000	
1.5	通訊電力及設備維護年費	8000	55	440,000	此項目包含每1處微型環境監測站，每月約80~100元電費（1年約960~1200元），LPWAN（NB-IoT）等通訊費用，耗材更換及定期與不定期維護費用。
	小計			15,940,000	
2	第二年規劃				
2.1	微型環境監測主機建置	100,000	50	5,000,000	
2.2	微型水質監測主機建置	1,000,000	5	5,000,000	
2.3	環境監測系統擴充維護	1,000,000	1	1,000,000	
2.4	通訊電力及設備維護年費	8000	110	880,000	同1.5說明
	小計			11,880,000	
3	第三年規劃				
3.1	微型環境監測主機建置	100,000	50	5,000,000	
3.2	微型水質監測主機建置	1,000,000	5	5,000,000	
3.3	環境監測系統擴充維護	1,000,000	1	1,000,000	
3.4	通訊電力及設備維護年費	8000	165	1,320,000	同1.5說明
	小計			12,320,000	
4	第四年規劃				
4.1	微型環境監測主機建置	100,000	50	5,000,000	
4.2	微型水質監測主機建置	1,000,000	5	5,000,000	
4.3	環境監測系統擴充維護	1,000,000	1	1,000,000	
4.4	通訊電力及設備維護年費	8000	220	1,760,000	同1.5說明
	小計			12,760,000	
	總計			52,900,000	

三、結論與建議

(一)監測數據分析結論建議

- 1.提出以空氣品質監測為例，藉由大台中地區 31 座空氣品質監測站之氣象與濃度監測資料，探討污染物濃度與大氣傳輸相互關聯性之方法。內容包含運用空氣品質監測與氣象監測數據，並採用地理資訊數據如空間座標、空間影像、數位網格、數位向量、標識符值與存儲屬性之建立與引入，做為展示所須之底圖，如此得以充分掌握空氣污染之傳輸途徑污染熱點，有利 貴局在管控與改善本市空氣污染狀況。
- 2.依據本市水系監測數據以各河段之色差來呈現河川污染指標(River Pollution Index, RPI)值，提出以色差呈現 RPI 值之方式，展現臺中市各河段月平均監測結果，有利於 貴局與市民隨時瞭解與追蹤各河段水質變化。其中，更提出建議先行變動五個水質監測站位置，如此可以盡速達成各河段監測數據以色差來呈現 RPI 值的目的。
- 3.彙整臺中市環保局自動或人工定期監測結果之 12 處噪音測值以日、晚、夜間三項標準之音標高低呈現於 GPS 底圖之點位旁，供民眾參考。
- 4.完整提出小間距(500 個)與大間距(120 個)網格空氣盒子全面性裝設於非山區區域之建議網格設置位置，以建立本市各污染物之時序變化等濃度圖。其中，小間距與大間距網格間距分別是 1.5 km x 1.5 km 與 3 km x 3 km。並提出特殊性需求(污染陳情處)之佈建方式與

運作。更基於簡易型空氣盒子之 25% 至 30% 不準確性缺失，提出剔除高偏差值的方法，此方法並具有故障判斷與自動叫修功能。

5. 在環境監測研究方向應用探討上，評估採用衛星與無人航空載具空氣污染二種遙測系統之優缺點與可行性。其中衛星空氣污染二種遙測系統受限於多日才通過台灣上空一次，且通過時間非常短，難以有效採用。無人航空載具空氣污染遙測系統，則可隨時依須要在不同時段與地點進行空氣污染遙測，獲得 PM_{2.5}、臭氧以及它們的前驅物濃度之時空分布，可追蹤與探討衍生性 PM_{2.5} 與臭氧之生成與傳輸機制，有效防範與改善環境 PM_{2.5} 與臭氧事件日數。無人航空載具空氣污染遙測系統現為本團隊成員之科技部產學計畫，已有相當研究開發成果。
6. 完成四個國內外相關研究分析或成功案例分析，並提供未來環境監測研究方向以及其他資料應用。其中，建立本市未來利用各空氣品質監測結果，評估(1).年、月、日與時等四個空氣品質壓迫指標(Air Quality Stress Index, AQSI)之計算式，並以 103 至 105 年本市五個環保署空氣品質結果為例，繪製成各測站每小時、月與年之 AQSI 值盒狀圖做為範例，顯示各地區之短、中、長期的空氣品質壓迫指標，足以提供 貴局參採。

(二)陳情案件分析結論建議

第一次分析應用環保署公害陳情案件資料，瞭解公害陳情案件的資料特性與民眾在意的議題，利用案件的數量與空間分布，結合細懸浮微粒 $PM_{2.5}$ 及人口密集度資料，以雙變數空間自相關 BILISA 方法，進行第二次的空間自相關分析，以 $PM_{2.5}$ 與燃燒類陳情案件、人口密度與 $PM_{2.5}$ 及人口密度與燃燒類陳情案件三個組合作空間聚集分析，分析後發現 $PM_{2.5}$ 數值較高的區域燃燒類陳情案件也會增加，而人口密度與燃燒類陳情案件的數量成反比等現象，分析事件日選取規則是以單日臺中地區所有空氣品質監測站資料予以平均後取其最高值為事件日，因台灣地區受地球暖化影響四季的變化漸漸的不分明，事件日的選取則以前後半年區分，以 2016 年 4 月 1 日與 2016 年 10 月 19 日進行空間分析，公害陳情案件是以選取事件日當日與前七日之資料進行套疊分析。建議未來持續進行相關分析工作之執行，針對不同季節、月份或特殊節慶或活動等主題，分析對空氣品質所帶來的影響，進而提出預測測及因應方案，集結眾資料之力，創造出更多的新價值。

捌、專案執行期程

一、工作進度規劃

本計畫履約期限自決標日起起至 106 年 12 月 10 日之期間內履行採購標的之供應。

(一)第一階段

規劃決標日次日起 15 日內提送研究工作計畫書初稿 8 份予環保局審查，由機關召開期初審查會議，並將研究計畫基本資料及研究計畫相關資料登錄至政府研究資訊系統。

(二)第二階段

已於 106 年 6 月 10 日提出期中研究報告初稿 10 份送環保局審查，環保局於 6 月 29 日召開期中審查會議審核通過。並於審查會次日起 15 日（7 月 14 日）內提送期中報告定稿本 3 份予環保局。

(三)第三階段

已於 106 年 9 月 30 日前提出期末研究報告初稿 10 份送機關審查，由環保局召開期末審查會議。審查會次日起 20 日內提送成果報告書 10 份，連同報告電子檔（Word 檔格式及 pdf 格式）光碟片 3 份交付環保局，並完成 GRB 系統期末報告登錄作業，同時將期末成果報告上傳至環保署環保專案成果報告資訊系統。

二、計畫執行進度

依據計畫要求之工作項目內容以及工作方法與實施步驟，計畫之執行進度如下列工作進度甘梯圖所示，本計畫已如期如質完成。

表 8-1 工作進度表

工作項目	106 年										合約量
	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	
文獻與相關資料收集	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1
運用監測數據，探討污染濃度與大氣傳輸關聯，解析事件日污染物之時空分布因由	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1
比對人口、公害陳情案件資料，擬訂因應對策與探討民眾需求		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2					1
分析市場各感測裝置，評估物聯網監測系統功能及規格			0.2	0.2	0.2	0.2	0.2				1
選定大數據實例分析案例與資料，進行大數據實例分析				0.4	0.4	0.4	0.4	0.4			2
相關國內外研究分析或成功案例分析	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1
提供未來環境監測研究方向以及其他資料應用					0.2	0.2	0.2	0.2	0.2		1
提出改善策略與調適措施推動方針					0.2	0.2	0.2	0.2	0.2		1
規劃未來物聯網監測系統所需人力與物力需求					0.1	0.1	0.1	0.1	0.1		1
彙整資料並召開期中審查會議					1						1
彙整資料並召開期末審查會議										1	1
實際累計工作進度	5	18	30	40	50	60	70	80	90	100	
預定累計工作進度	5	18	30	40	50	60	70	80	90	100	

△ 為查核點

參考文獻

1. Beattie, C.I., J.W.S. Longhurst, N.K. Woodfield, Air Quality Action Plans: early indicators of urban local authority practice in England. *Environmental Science & Policy* 5 (2002) 463–470.
2. Bowman, K.W., Toward the next generation of air quality monitoring: Ozone. *Atmospheric Environment* 80 (2013) 571–83.
3. Chen, W., H. Tang, H. Zhao, Diurnal, weekly and monthly spatial variations of air pollutants and air quality of Beijing. *Atmospheric Environment* 119 (2015) 21–34.
4. Elshout, S.V.D., K. Léger, F. Nussio, Comparing urban air quality in Europe in real time A review of existing air quality indices and the proposal of a common alternative. *Environment International* 34 (2008) 720–726
5. Kassomenos, P.A., A. Kelessis, M. Petrakakis, N. Zoumakis, Th. Christidis, A.K. Paschalidou, Air quality assessment in a heavily polluted urban Mediterranean environment through air quality indices. *Ecological Indicators* 18 (2012) 259–268.