

行政院環境保護署

108 年環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫

行政院環境保護署編印
中華民國 108 年 12 月

108 年環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫

受託單位：財團法人工業技術研究院

計畫執行期間：108 年 4 月 1 日起至 108 年 12 月 31 日止

計畫經費：新台幣貳仟捌百捌拾萬元整(含稅)

計畫主持人：陳范倫

協同主持人：陳一誠

計畫經理：陳家磐

計畫執行人員：陳范倫、陳一誠、陳家磐、王順輝、劉坤興、陳姿名、呂秀月、吳克清、彭書憶、李昀恩、陳重叡、沈芙慧、林志盈、楊博傑、林惠娟、黃任廷、吳信賢、劉丞偉、黃馨儀、林家欣、游奕欣、陳嘉惠、姚彥丞

行政院環境保護署編印
中華民國 108 年 12 月

「108 年環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫」

基本資料表

<table>
<tr><td>委辦單位</td><td colspan="3">行政院環境保護署</td></tr>
<tr><td>執行單位</td><td colspan="3">財團法人工業技術研究院</td></tr>
<tr><td>參與計畫人員姓名</td><td colspan="3">陳范倫、陳一誠、陳家磐、王順輝、劉坤興、陳姿名、呂秀月、吳克清、彭書憶、李昀恩、陳重叡、沈芙慧、林志盈、楊博傑、林惠娟、黃任廷、吳信賢、劉丞偉、黃馨儀、林家欣、游奕欣、陳嘉惠、姚彥丞</td></tr>
<tr><td>年　　度</td><td>108</td><td>計畫編號</td><td>_</td></tr>
<tr><td>研究性質</td><td colspan="3">□基礎研究　■應用研究　□技術發展</td></tr>
<tr><td>研究領域</td><td colspan="3">環境科學(含環保工程、環境管理)</td></tr>
<tr><td>計畫屬性</td><td colspan="2">□科技類</td><td>■非科技類</td></tr>
<tr><td>全程期間</td><td colspan="3">_108_年_4_月～_108_年_12_月</td></tr>
<tr><td>本期期間</td><td colspan="3">_108_年_4_月～_108_年_12_月</td></tr>
<tr><td>本期經費</td><td colspan="3">28,800 千元</td></tr>
<tr><td rowspan="5"></td><td colspan="2">資本支出</td><td>經常支出</td></tr>
<tr><td colspan="2">土地建築___千元</td><td>人事費_7,074_千元</td></tr>
<tr><td colspan="2">儀器設備___千元</td><td>業務費_7,705_千元</td></tr>
<tr><td colspan="2">其　　他___千元</td><td>材料費_9,020_千元</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>其　他_5,001_千元</td></tr>
<tr><td colspan="4">摘要關鍵詞（中英文各三則）</td></tr>
<tr><td colspan="4">專案管理 Plan management
環境物聯網 Environmental IoT
感測器 Sensor</td></tr>
</table>

行政院環境保護署計畫成果摘要（簡要版）

一、中文計畫名稱：
108 年環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫
二、英文計畫名稱：
Environmental quality Internet of Things promotion and management plan 2019.
三、計畫編號：
EPA-108-環境感測物聯網
四、執行單位：
財團法人工業技術研究院
五、計畫主持人（包括共同主持人）：
陳范倫、陳一誠
六、執行開始時間：
108/04/01
七、執行結束時間：
108/12/31
八、報告完成日期：
108/12/31
九、報告總頁數：
478(不含附件)
十、使用語文：
中文，英文
十一、報告電子檔名稱：
EPA-108-環境感測物聯網.DOCX，EPA-108-環境感測物聯網.PDF
十二、報告電子檔格式：
Acrobat(PDF)
十三、中文摘要關鍵詞：
感測器、環境物聯網、專案管理
十四、英文摘要關鍵詞：
Sensor ,Environmental IoT ,Plan management
十五、中文摘要

自 106 年起環保署致力於建構臺灣環境感測物聯網，期望藉由本計畫之執行，推動臺灣環境物聯網之發展，預計今(108)年可達成 8,000 台空污感測器之布建，皆經通過一定規格及驗證流程。而環保署為確保感測器的數據品質，設計一套感測數據品質管控機制，藉由感測器出廠的品管要求、感測器型式驗證、布建感測器一致性比對、自主巡檢維運作業與第三方查核作業等 5 階段，有效提供布建至工業區、交通區、社區及輔助感測區等感測器的品質控管。國外對於物聯網的發展目前正朝向運用大數據分析進行感測數據校正，以及藉由數據分析輔助智慧維運管理。臺灣進行高密度的布建，正是發展智慧化校驗系統的優勢場域，除可找出適合臺灣的數據校正模式，進而測試及驗證客製化的應用服務產品。除了針對感測設備的布建、國內外物聯網資訊的分析及探討，也辦理各種宣導活動、交流會議以及大型研討會，以利將政府執行之成果展示於民眾所知，並與國內外各界專家學者進行深度討論，以拓展物聯網產業發展。於創新應用面上，本計畫積極發展移動式感測設備，藉此感測道路上的污染現

況，據以作為未來建立我國的交通污染地圖，提供政府單位擬定交通污染管制策略，並協助民眾掌握健康活動的規劃。藉由推動環境物聯網跨域的應用服務發想，加速環境物聯網之產業發展，以將臺灣物聯網之成功案例拓展國外。

十六、英文摘要：

EPA has been building the environmental IoT in Taiwan since 2017. Expecting that the implementation of this plan to promote the development of Taiwan environmental IoT. It is expected to finish the deployment of 8,000 air pollution sensors in 2019. EPA designs a quality control mechanism for data to ensure data quality of sensors. All sensors install into industrial parks, transportation, community and auxiliary are designed to go through five stages which include quality control in manufacturing, sensor-performance testing and verification platform, field evaluation prior to deployment, preventative maintenance and inspection and third-party cheque in order to make sure the data received are accurate and effective. The development of the IoT abroad is currently moving towards the use of big data analysis for sensor data correction and assist in intelligent maintenance management through data analysis. The deployment of high-density sensors in Taiwan is exactly the area of advantage for developing intelligent calibration systems. In addition, it can find the data correction mode suitable for Taiwan and then test and verify the customized application service products. Apart from conducting sensor deployment control, analysis and discussion of domestic and foreign IoT information, there are various promotional activities, exchange meetings and large-scale seminar as well to show the results of government implementation to the public. Having In-depth discussions with experts and scholars from various circles at home and abroad is to expand the development of the IoT industry. In terms of innovative applications, the project actively develops mobile IoT and uses it to detect the current state of pollution on the road and further develop a traffic pollution map in the future, which can be provided for government units to formulate traffic pollution control strategies and help people master the planning of health activities. By promoting cross-domain application services for the environmental IoT, the Industrial Development of the Environmental IoT could be accelerated and the successful results of Taiwan IoT could be extended abroad.

目錄

目錄 I
圖目錄 IV
表目錄 XIII
第 1 章 、緒論 1-1
1.1、計畫緣起背景 1-1
1.2、年度目標 1-2
1.3、工作項目 1-4
1.4、執行進度 1-10
第 2 章 、評估國內外物聯網現況 2-1
2.1、研提環境物聯網我國發展策略及具體推動措施 2-1
2.1.1、各國物聯網與智慧城市發展情況 2-1
2.1.2、我國發展策略與推動措施建議 2-6
2.2、規劃全國空氣品質感測器布建點藍圖，提出效益預測 2-10
2.3、掌握國內空氣品質感測器布建現況 2-17
2.4、蒐集及研提國內外空品與人體健康風險關係 2-28
2.5、蒐集及研提環境感測物聯網技術、研發及資料分析 2-41
2.6、我國推動成果及創新發現投稿或發表論文於國際或國內期刊 3 件 2-45
第 3 章 、建立感測數據智慧判讀及應用機制 3-1
3.1、解析感測數值，判斷感測器異常、大環境變異或空氣污染徵兆 3-1
3.2、每 2 月產出感測數據解析研析報告，建立歷程與比對資料 3-14
3.3、提供機關或環保稽查單位參考污染熱區、污染時間熱點 3-47
3.4、蒐集 108 年空氣污染事件之新聞案件，建立大紀事 3-59
3.5、研提感測物聯網智慧化巡檢及感測器校驗機制之建議方案 3-65
3.6、擬定標準作業程序及管理方式 3-74
第 4 章 、精進國產化空氣感測元件研發技術 4-1
4.1、精進國產化 $PM_{2.5}$ 感測模組 4-1
4.2、精進國產化 O_3、NO_2 感測元件 4-22

4.2.1、O_3 感測元件工作進度說明 4-22
4.2.2、NO_2 感測元件工作進度說明 4-40
4.3、可國產化之空氣品質感測技術評估 4-53
第 5 章 、整合環境感測物聯網執行成果並擴大驗證 5-1
5.1、於國內外布建 100 點以上空氣品質感測器試驗驗證 5-1
5.1.1、辦理布建與維運作業教育訓練 2 場次 5-4
5.1.2、執行感測器布建規劃與設計，研擬布建與維運作業計畫 5-7
5.1.3、研擬布建電力及通訊方案並實施感測器平行比對 5-12
5.2、維運 107 年 50 點空氣品質感測器 5-17
5.3、協助環保署各分項計畫之管控、推動及成果展示 5-24
5.4、規劃、彙整機關整體環境物聯網推動內容，並研提對策分析 5-32
5.5、結合監測站資料及其他異質資料，分析歸納各地特性 5-38
5.6、蒐集強化機關推動環境品質感測物聯網政策推動 5-41
5.7、規劃及辦理空氣品質認知相關研習會或說明會或教育訓練 5-43
5.8、依機關需求協助計畫執行及聯繫協調等行政工作 5-53
5.9、配合機關彙整研提資料及相關網站之規劃、管理及維運 5-53
第 6 章 、協助地方政府感測物聯網建置工作 6-1
6.1、管理追蹤地方政府感測器布建工作 6-1
6.2、彙整地方政府感測物聯網運作情形 6-8
6.3、協助地方政府落實空品感測器布建 6-17
6.4、協助機關審查地方政府所提空氣品質感測器布建之相關資料 6-29
6.5、協助建立感測器應用工作手冊 6-37
第 7 章 、專案辦公室強化計畫管考、產業推動、成果效益 7-1
7.1、辦理我國空品物聯網推動及資源整合工作 7-1
7.2、督導、聯繫、協調各部會計畫事宜，並彙整進度及成果資料 7-3
7.3、整合各部會配合環保署需求提出建議及分析資料 7-7
7.4、蒐集及比較國內外感測器資訊並提出我國產業發展之優劣分析 7-10
7.5、持續鏈結國內物聯網交流平台及更新管理網頁資訊 7-28
7.6、強化科普知識結合並辦理研習會或說明會 7-46

7.7、完成洽談合作案及籌組專家團隊之輔導或查核業界及地方政府 7-53
7.8、持續蒐集國際物聯網、智慧城市展覽活動及研討會資訊 7-58
7.9、規劃及辦理大型研討會議或交流會議或展覽 7-76
7.10、專案辦公室配合協助整合部會及地方政府之行政事務 7-89
第 8 章 、結論與建議 8-1
8.1、結論 8-1
8.2、建議 8-8
第 9 章 、參考文獻 9-1

附錄、各階段審查意見及回覆說明
附件一、感測元件測試報告(電子衝擊式 $PM_{2.5}$、NO_2、O_3)
附件二、空污感測器應用相關工作手冊(草案)
附件三、專案辦公室之規劃及運作方式及年度目標報告書
附件四、空氣品質認知教案

圖目錄

圖 1-1、整體計畫執行架構 1-3
圖 2-1、挪威 Oslo 市區之移動式感測設備及污染地圖 2-2
圖 2-2、微型空品感測器及大氣污染擴散模式之資料融合分析 2-3
圖 2-3、Aclima 與 Google 合作開發環境智能移動平台 2-4
圖 2-4、韓國校園微型感測器應用案例 2-4
圖 2-5、空品微型感測器之視覺化及活動決策 2-5
圖 2-6、日本物聯網推動概念 2-6
圖 2-7、未來四年(110~113 年)計畫目標及主要工作項目架構圖 2-7
圖 2-8、感測點布設點位分布 2-11
圖 2-9、污染事件發生頻率分級之點位分布圖 2-16
圖 2-10、G0V 零時空污網即時監測數據 2-24
圖 2-11、全球各區域每年因接觸污染空氣導致死亡之統計分布概況 2-28
圖 2-12、美國 Air Quality Criteria for Particulate Matter 之流行病學證據總結 2-34
圖 2-13、1971 至 2012 年美國空氣品質標準之懸浮微粒數值變化 2-36
圖 2-14、AQI 各指標所對應之健康意義說明 2-38
圖 2-15、1999 年 AQI 各指標污染物對應之濃度值 2-38
圖 2-16、2013 年 AQI 各指標污染物對應之濃度值 2-39
圖 3-1、感測設備異常 SOP 3-6
圖 3-2、沙鹿與豐原測站之相關係數異常之設備 3-7
圖 3-3、西屯與忠明測站之相關係數異常之設備 3-8
圖 3-4、臺中港區 CV >0.2 之異常設備 3-9
圖 3-5、環境異常 SOP 3-10
圖 3-6、環保署沙塵暴網站 3-12
圖 3-7、污染地區之熱力圖分析(高雄-林園工業區) 3-13
圖 3-8、污染潛勢分析圖 3-13
圖 3-9、108 年 1~5 月空品區感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖 3-17

圖 3-10、108 年 6~10 月空品區感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖 3-18
圖 3-11、新竹市 108 年 1~9 月四大區域之污染濃度 3-46
圖 3-12、高雄市 108 年 1~9 月四大區域之污染濃度 3-46
圖 3-13、異常事件分析 3-48
圖 3-14、污染潛勢分析 3-48
圖 3-15、單點自我數值時間變異分析 3-49
圖 3-16、群體間的數值空間變異分析 3-49
圖 3-17、系統判讀異常事件 3-50
圖 3-18、空污足跡回溯重現 3-51
圖 3-19、大發工業區發生高污染事件分析地圖 3-53
圖 3-20、臨海工業區發生高污染事件分析地圖 3-54
圖 3-21、嘉義市發生高污染事件分析地圖 3-54
圖 3-22、龍德工業區發生高污染事件分析地圖 3-55
圖 3-23、林園工業區發生高污染事件分析地圖 3-55
圖 3-24、車種怠速測試 3-56
圖 3-25、車種怠速測試成果 3-58
圖 3-26、臺中后里火災案後 1 小時及下午 4 點至 8 點的影響距離 3-61
圖 3-27、臺南市新營工業區火災影響範圍 3-61
圖 3-28、臺南市佳里工業區露天燃燒影響範圍 3-62
圖 3-29、空品穩定區域內感測數據異常之感測器示範案例 3-66
圖 3-30、感測器與各標準站相關係數密度圖 3-67
圖 3-31、感測器最高相關性之國家標準站空間分布圖 3-67
圖 3-32、忠明群集校驗模型 R-squared 3-69
圖 3-33、沙鹿群集校驗模型 R-squared 3-69
圖 3-34、神經網路全連接示意圖 3-70
圖 3-35、忠明群集校驗模型效能評比 3-71
圖 3-36、感測器校正前後與國家測站的 $PM_{2.5}$ 濃度 R-squared 3-72
圖 3-37、感測器校正前後與國家測站的 $PM_{2.5}$ 濃度趨勢圖（四月） 3-72
圖 3-38、感測器校正前後與國家測站的 $PM_{2.5}$ 濃度趨勢圖（五月） 3-72

圖 3-39、感測器校正前後與國家測站的 $PM_{2.5}$ 濃度趨勢圖（七月） 3-72
圖 3-40、感測器校正前後與國家測站的 $PM_{2.5}$ 濃度 Bias 3-73
圖 3-41、設備異常管理流程圖 3-75
圖 3-42、區域污染徵兆事件管理流程圖 3-78
圖 4-1、各年所設計之元件單體外觀比較 4-4
圖 4-2、美國專利申請 4-4
圖 4-3、期刊發表 4-5
圖 4-4、電路板小型化設計 layout 4-6
圖 4-5、電路板小型化設計 4-6
圖 4-6、本年度設計之電路板與 107 年之電路板外觀比較 4-7
圖 4-7、選擇性測試流程圖 4-8
圖 4-8、選擇性測試結果(擷取粒徑測試) 4-9
圖 4-9、穩定性測試流程圖 4-10
圖 4-10、選擇性測試結果(擷取粒徑測試) 4-10
圖 4-11、106~108 年選擇性（充電效率）測試結果比較 4-11
圖 4-12、靈敏度測試流程圖 4-12
圖 4-13、靈敏度(偵測粒徑下限)測試結果 4-12
圖 4-14、靈敏度(濃度偵測下限)測試結果 4-13
圖 4-15、元件訊號換算為質量濃度圖 4-13
圖 4-16、模組原型機實驗室空白比對示意圖 4-14
圖 4-17、實驗室空白比對條件(1)測試結果 4-15
圖 4-18、實驗室空白比對條件(2)測試結果 4-15
圖 4-19、charger 開啟量測時之放電時間 4-16
圖 4-20、實驗室空白比對條件(3) fan on charger on 測試結果 4-16
圖 4-21、戶外比對測試實驗設置 4-17
圖 4-22、戶外測試實驗值與新竹測站數值比對 4-18
圖 4-23、戶外測試實驗值與新竹測站數值比對 4-18
圖 4-24、試量產 6 個原型機模組 4-20
圖 4-25、原型機外觀 4-20

圖 4-26、廠商合作協議書 4-21
圖 4-27、本年度設計之原型機外觀 4-24
圖 4-28、超音波霧化精密塗膜技術 4-24
圖 4-29、O_3 原型機最低偵測極限之測試示意圖 4-25
圖 4-30、O_3 感測原型機線性之測試示意圖 4-26
圖 4-31、O_3 原型機最低偵測極限為 20 ppb，線性區間為 O_3 0~150 ppb 4-27
圖 4-32、O_3 原型機選擇性測試之示意圖 4-28
圖 4-33、驗證 O_3 原型機選擇性 4-29
圖 4-34、O_3 原型機穩定性測試之示意圖 4-30
圖 4-35、O_3 原型機穩定性測試 4-30
圖 4-36、O_3 原型機模組實地場域測試(竹東、陽明山和永和測站內擺設) 4-31
圖 4-37、竹東測站(7/9~7/24)之 O_3 原型機模組場域測試，測站 O_3 數值與 O_3 布建機模組 O_3 數值之趨勢比對 4-32
圖 4-38、竹東測站(7/9~7/24)之 O_3 原型機模組場域測試，測站 O_3 數值與 O_3 布建機模組 O_3 數值之線性相關度比對 4-32
圖 4-39、陽明山測站(8/11~8/22)之 O_3 原型機模組場域測試，測站 O_3 數值與 O_3 布建機模組 O_3 數值之趨勢比對 4-33
圖 4-40、陽明山測站(8/11~8/22)之 O_3 原型機模組場域測試，測站 O_3 數值與 O_3 布建機模組 O_3 數值之線性相關度比對 4-33
圖 4-41、電極均層塗膜化技術提升元件模組性能 4-34
圖 4-42、超音波熔接技術提升元件模組密封性 4-35
圖 4-43、感測元件射出組件與試量產 20 個原型機元件 4-36
圖 4-44、竹東測站(8/5~9/5)之 O_3 原型機模組場域測試，測站 O_3 數值與 O_3 布建機模組 O_3 數值之趨勢比對 4-37
圖 4-45、竹東測站(8/5~9/5)之 O_3 原型機模組場域測試，測站 O_3 數值與 O_3 布建機模組 O_3 數值之線性相關度比對 4-37
圖 4-46、陽明山測站(9/28~10/8)之 O_3 原型機模組場域測試，測站 O_3 數值(分鐘值)與 O_3 布建機模組 O_3 數值(分鐘值)之趨勢比對 4-38
圖 4-47、陽明山測站(9/28-10/8)之 O_3 原型機模組場域測試，，測站 O_3 數值(分鐘

值)與 O_3 布建機模組 O_3 數值（分鐘值）之線性相關度比對 4-38
圖 4-48、O_3 感測之國際產品測試資訊相關性 R^2 比較..... 4-39
圖 4-49、光激發 NO_2 之感測機構原理與偵測方法..... 4-43
圖 4-50、微小化驅動整合模組可插拔式感測單元立體設計外觀..... 4-43
圖 4-51、電路板小型化設計 layout..... 4-44
圖 4-52、小型化 NO_2 模組成品..... 4-44
圖 4-53、精進後原型機模組外觀..... 4-45
圖 4-54、感測訊號處理流程場域數據示範..... 4-45
圖 4-55、(a)NO_2 布建機模組結合測試箱外觀；(b)NO_2 布建機於三重環保測站場域測試..... 4-46
圖 4-56、NO_2 感測原型機與三重監測站 1 個月(108.01.24-108.02.26)場域時間濃度趨勢圖其中(a)10 套模組 Ro/Rs 小時平均值與(b)對照測站濃度數據的模組 Ro/Rs 訊號值趨勢..... 4-47
圖 4-57、三重測站模組累積 1 個月場域測試符合 R^2>0.65 相關性 4-48
圖 4-58、三重測站 7/4~7/16(12 days)場域測試 R^2 計算 4-48
圖 4-59、三重測站 7/16~8/1(17 days)場域測試 R^2 計算 4-48
圖 4-60、三重測站 7/4~7/16 之 8 套模組場域測試比對 4-49
圖 4-61、三重測站 8/1 PM5:00~9/17 AM9:00 時間 46.7day 之場域比對..... 4-49
圖 4-62、三重測站 8/1 PM5:00~9/17 AM9:00 分別 6 套模組場域比對符合一致性 4-49
圖 4-63、板橋測站 2019/10/2~2019/10/15 (13days)場域測試..... 4-50
圖 4-64、古亭測站 2019/10/07 15:00 ~2019/10/15 13:00 (7.9days)場域測試 4-50
圖 4-65、古亭測站 2019/10/24 15:00 ~2019/11/07 13:00 (13.9days)場域測試 ... 4-51
圖 4-66、NO_2 感測之國際產品測試資訊相關性 R^2 比較..... 4-52
圖 4-67、試量產 20 個原型機模組..... 4-52
圖 4-68、IDTechEx Research 2019 年的市場報告..... 4-54
圖 4-69、全球微粒感測器市場統計及未來成長預估..... 4-55
圖 4-70、微粒感測器在廠區及工安之應用..... 4-56
圖 4-71、室內空氣品質管理應用示意圖..... 4-56

圖 4-72、汽車內外空氣品質管理應用示意圖 4-57
圖 4-73、2018~2023 氣體感測器市場應用與發展趨勢 4-62
圖 4-74、酸性氣體易造成環境上的危害 4-64
圖 5-1、越南政府環境監測網現況 5-3
圖 5-2、$PM_{2.5}$ SENSOR 訓練及新北市訓練實況 5-6
圖 5-3、布建選址準則 5-8
圖 5-4、布建施工作業流程 5-10
圖 5-5、布建施工作業流程 5-12
圖 5-6、北區督察大隊機動式布建 5-20
圖 5-7、綠島、蘭嶼感測器監測濃度圖 5-21
圖 5-8、氣象局機動布建 $PM_{2.5}$ 監測 5-21
圖 5-9、加油站機動布建 $PM_{2.5}$ 監測 5-22
圖 5-10、臺灣大道布建 $PM_{2.5}$ 監測 5-23
圖 5-11、專案管理計畫 4 月及 5 月進度報告會議通知單 5-30
圖 5-12、專案管理計畫 9 月進度報告會議通知單 5-31
圖 5-13、空氣污染小故事 5-34
圖 5-14、臭氧預測分析小故事 5-35
圖 5-15、環境物聯網智慧執法應用 5-36
圖 5-16、分項一計畫網頁成果 5-37
圖 5-17、嘉義市人口密度分布圖 5-39
圖 5-18、嘉義市 $PM_{2.5}$ 污染濃度圖 5-40
圖 5-19、空污風險地圖 5-40
圖 5-20、臺灣環境物聯網一頁式網頁設計 5-55
圖 6-1、感測器應用目的與選址標準作業程序 6-38
圖 6-2、感測器安裝標準作業程序 6-38
圖 6-3、感測器巡檢維運及數據品質管理標準作業程序 6-39
圖 6-4、感測器異常事件處理標準作業程序 6-40
圖 6-5、數據篩選校正及公布標準作業程序 6-41
圖 6-6、污染偵測及分析判斷標準作業程序 6-42

圖 6-7、經費編列標準作業程序 6-43
圖 7-1、空品物聯網專案辦公室組織與主要工作架構 7-1
圖 7-2、辦理我國空品物聯網推動及資源整合工作_執行方法 7-2
圖 7-3、空品物聯網專案辦公室設置空間一覽 7-3
圖 7-4、空品物聯網專案辦公室運作方式 7-3
圖 7-5、民生公共物聯網計畫架構與計畫分工 7-4
圖 7-6、督導、聯繫、協調各部會計畫事宜，並彙整進度及成果資料之執行方法 7-5
圖 7-7、整合各部會配合環保署需求提出建議及分析資料之執行方法 7-7
圖 7-8、國產研發感測器概況 7-8
圖 7-9、蒐集及比較國內外感測器資訊並提出我國產業發展優劣分析之執行方法 7-11
圖 7-10、EarthSense：將垃圾車當作移動空氣品質監測平台，繪製污染熱圖 7-15
圖 7-11、應用於計程車之移動車載大氣監測系統(諾方電子) 7-16
圖 7-12、以 AI 演算法結合感測器控制暖通空調，提供可減少能源消耗之空氣品質分析解決方案 7-18
圖 7-13、Canairy：降低戶外工作人員空氣污染風險之運作架構 7-19
圖 7-14、區塊鏈優點與適用性 7-19
圖 7-15、採用 Nanoplasmonic Sensing 之新穎 NO_2 感測器 7-20
圖 7-16、臺灣空品感測物聯網生態系 7-22
圖 7-17、應用情境-1：動態空氣品質量測-執行智慧城市環境品質新目標 7-23
圖 7-18、臭氧污染對農作物產生病變及產量下降 7-24
圖 7-19、2013 年國內七大商港污染排放概況 7-25
圖 7-20、衛星監測結合低成本空品感應測器應用於森林野火 7-26
圖 7-21、16 大產業聯盟與產業差異分析 7-31
圖 7-22、產業資訊交流平台內容架構 7-34
圖 7-23、臺灣環境物聯網網站架構 7-36
圖 7-24、網站首頁介面-1 7-36
圖 7-25、網站首頁介面-2 7-37

圖 7-26、網站首頁介面-3 7-37
圖 7-27、網站首頁介面-4 7-38
圖 7-28、網站首頁介面-5 7-39
圖 7-29、網站首頁介面-6 7-39
圖 7-30、計畫目標介面 7-40
圖 7-31、布建維運介面 7-41
圖 7-32、空品小故事介面 7-42
圖 7-33、公民科學介面 7-43
圖 7-34、技術產業化介面 7-44
圖 7-35、技術產業化介面 7-45
圖 7-36、署內無障礙檢核標準審核 7-46
圖 7-37、環境督察總隊辦理研習會實況 7-48
圖 7-38、基隆地區車聯網實驗場域圖 7-54
圖 7-39、智慧居家安全應用情境 7-55
圖 7-40、港區污染監測之應用情境 7-56
圖 7-41、Sensors Expo & Conference 2019 7-59
圖 7-42、PM_{10} 及 PM_4 量測數據比較圖 7-60
圖 7-43、大陸 Elitech 展示之微型光學式 $PM_{2.5}$ 感測器 7-61
圖 7-44、瑞士 Sensirion 公司展示之微型光學式 $PM_{2.5}$ 感測器 7-61
圖 7-45、TVOC 感測器(含溫度、濕度)展示 7-62
圖 7-46、NDIR 感測器構造示意圖 7-63
圖 7-47、IMEC 公司展示之水質感測筆及晶片 7-63
圖 7-48、AQMD 利用車載進行移動污染源量測 7-66
圖 7-49、車載微型感測器與標準儀器比對圖 7-66
圖 7-50、IEEE Sensors 2019 國際研討會舉辦時間地點 7-67
圖 7-51、參與 IEEE Sensors 2019 國際研討會 7-68
圖 7-52、場效奈米碳管 NO_2 氣體感測器 7-69
圖 7-53、場效奈米碳管 NO_2 氣體感測器對於 1ppm NO_2 的響應變化（t1 開始通入） 7-69

圖 7-54、用於檢測心臟信號的系統設置照片(雷達和接觸感測器系統) 7-70
圖 7-55、健康跟蹤設備的原型(ASSIST)，其針對心律、溫度、臭氧等量測 ... 7-71
圖 7-56、金屬氧化物臭氧氣體感測器製程介紹 7-72
圖 7-57、VOC 氣體感測器製程介紹 7-72
圖 7-58、基於氮化鎵 GaN 的 VOC 氣體感測 7-73
圖 7-59、針對 0.1 ppm - 10 ppm 氨氣濃度，室溫型氨氣感測器其電阻對時間作圖 7-74
圖 7-60、便攜式酒精檢測系統原型機 7-74
圖 7-61、便攜式酒精檢測系統原型機能準確測量駕駛員口中的酒精含量 7-75
圖 7-62、氣味偵測機器人 7-75
圖 7-63、氣味偵測機器人根據地面上的乙醇進行路徑辨別 7-76
圖 7-64、Smart Iot Taiwan 2019 臺灣國際智慧物聯網應用展 7-78
圖 7-65、臺灣國際智慧物聯網應用展實況 7-78
圖 7-66、環境物聯網感測器的華麗變身記者會現況 7-79
圖 7-67、2019 資訊月展區規劃 7-81
圖 7-68、2019 資訊月實況 7-82
圖 7-69、2019 環境物聯網產業媒合暨創新研發成果發表會實況 7-86
圖 7-70、特展：網住好空氣之展區介紹 7-88
圖 7-71、特展：網住好空氣之展區一覽 7-88

表目錄

表 **1-1**、工作預定進度 1-10
表 **1-2**、計畫查核點說明 1-13
表 **1-3**、實際預定進度與查核點說明 1-16
表 **1-4**、合約工作項目之執行情形與完工百分比 1-16
表 **2-1**、全國 **14** 縣市布建類型與詳細說明 2-11
表 **2-2**、全國 **14** 縣市感測器分布之鄉鎮市區級行政區 2-14
表 **2-3**、全國 **14** 縣市感測情境種類分布點數 2-14
表 **2-4**、環保署及環保局空氣品質感測器布建現況**(**截至 **108** 年 **10** 月**)** 2-18
表 **2-5**、廣域科技感測器規格 2-19
表 **2-6**、捷思環能感測器規格 2-19
表 **2-7**、維新應用感測器規格 2-20
表 **2-8**、經昌電子感測器規格 2-20
表 **2-9**、智感雲端感測器規格 2-21
表 **2-10**、中研院布建感測器現況 2-22
表 **2-11**、感測器 **AirBox AI-1001W V2** 規格 2-23
表 **2-12**、感測器 **AirBox AI-1001W V3** 規格 2-23
表 **2-13**、全國業者、地方政府之空氣品質感測器自主布建現況說明 2-25
表 **2-14**、環境感測物聯網技術、研發及資料分析彙整 2-41
表 **2-15**、環境感測物聯網國內外重要期刊投稿進度 2-45
表 **3-1**、單點數據異常種類與數據異常原因關聯性 3-3
表 **3-2**、異常原因與單點數據異常之關聯性 3-4
表 **3-3**、空氣品質感測數據之點位分布與數量 3-15
表 **3-4**、**108** 年 **4~7** 月全國標準監測站 **$PM_{2.5}$** 濃度地圖 3-16
表 **3-5**、**108** 年 **8~10** 月全國標準監測站 **$PM_{2.5}$** 濃度地圖 3-16
表 **3-6**、宜蘭縣 **108** 年 **1~10** 月感測器 **$PM_{2.5}$** 濃度變化圖 3-19
表 **3-7**、宜蘭縣 **108** 年 **1-10** 月 **24** 小時之變化熱力圖 3-20
表 **3-8**、基隆市 **108** 年 **1~10** 月感測器 **$PM_{2.5}$** 濃度變化圖 3-21

表 **3-9**、新北市 **108** 年 **1~10** 月感測器 **PM2.5** 濃度變化圖 3-22
表 **3-10**、新北市 **108** 年 **1~10** 月 **24** 小時之變化熱力圖..... 3-23
表 **3-11**、桃園市 **108** 年 **1~10** 月感測器 **PM2.5** 濃度變化圖..... 3-24
表 **3-12**、桃園市 **108** 年 **1~10** 月 **24** 小時之變化熱力圖..... 3-25
表 **3-13**、新竹縣 **108** 年 **1~10** 月感測器 **PM2.5** 濃度變化圖 3-26
表 **3-14**、新竹縣 **108** 年 **1~10** 月 **24** 小時之變化熱力圖..... 3-27
表 **3-15**、新竹市 **108** 年 **1~10** 月感測器 **PM2.5** 濃度變化圖 3-28
表 **3-16**、新竹市 **108** 年 **1~10** 月 **24** 小時之變化熱力圖..... 3-28
表 **3-17**、苗栗縣 **108** 年 **1~10** 月感測器 **PM2.5** 濃度變化圖 3-29
表 **3-18**、苗栗縣 **108** 年 **1~10** 月 **24** 小時之變化熱力圖..... 3-30
表 **3-19**、臺中市 **108** 年 **1~10** 月感測器 **PM2.5** 濃度變化圖 3-31
表 **3-20**、臺中市 **108** 年 **1~10** 月 **24** 小時之變化熱力圖..... 3-32
表 **3-21**、雲林縣 **108** 年 **1~10** 月感測器 **PM2.5** 濃度變化圖 3-33
表 **3-22**、雲林縣 **108** 年 **1~10** 月 **24** 小時之變化熱力圖..... 3-34
表 **3-23**、嘉義縣 **108** 年 **1~10** 月感測器 **PM2.5** 濃度變化圖 3-35
表 **3-24**、嘉義縣 **108** 年 **1~10** 月 **24** 小時之變化熱力圖..... 3-36
表 **3-25**、嘉義市 **108** 年 **1~10** 月感測器 **PM2.5** 濃度變化圖 3-37
表 **3-26**、嘉義市 **108** 年 **1~10** 月 **24** 小時之變化熱力圖..... 3-38
表 **3-27**、臺南市 **108** 年 **1~10** 月感測器 **PM2.5** 濃度變化圖 3-39
表 **3-28**、臺南市 **108** 年 **1~10** 月 **24** 小時之變化熱力圖..... 3-40
表 **3-29**、高雄市 **108** 年 **1~10** 月感測器 **PM2.5** 濃度變化圖 3-41
表 **3-30**、高雄市 **108** 年 **1~10** 月 **24** 小時之變化熱力圖..... 3-42
表 **3-31**、屏東縣 **108** 年 **1~10** 月感測器 **PM2.5** 濃度變化圖 3-43
表 **3-32**、屏東縣 **108** 年 **1~10** 月 **24** 小時之變化熱力圖..... 3-44
表 **3-33**、新竹市及高雄市四大區域布建數量..... 3-45
表 3-34、108 年 6~10 月前 20 名高污染區域事件數統計..... 3-52
表 **3-35**、**108** 年空氣污染事件彙整年表..... 3-64
表 **4-1**、**PM2.5** 研發進度表..... 4-3
表 **4-2**、各年度所設計之元件單體比較..... 4-4

表 4-3、原型機實驗室空白比對測試 4-14
表 4-4、與 AQ-SPEC 測試過之同級商品比較 4-19
表 4-5、O_3 測試之濃度級距 4-23
表 4-6、NO_2 測試之濃度級距 4-41
表 4-7、PM 感測/量測技術彙整（既存已久之高階儀器不列入評估） 4-58
表 5-1、空品感測器布建及應用訓練 5-5
表 5-2、新北市空品感測器布建及應用訓練 5-6
表 5-3、各感測點感測數據資料欄位定義 5-10
表 5-4、感測器基本規格 5-15
表 5-5、100 台感測器上傳環保署 IOT 平台 5-15
表 5-6、機動感測器運作現況 5-17
表 5-7、各專案布建場域感測器配置圖 5-19
表 5-8、分項一各計畫團隊執行進度表 5-25
表 5-9、分項一各團隊計畫明細表 5-26
表 5-10、環境感測物聯網故事集 5-32
表 5-11、空氣品質感測認知宣導會執行說明 5-44
表 5-12、空氣品質認知相關研習會課程規劃 5-45
表 6-1、空氣品質感測器布建計畫管控表 6-7
表 6-2、107 年 13 縣市合辦計畫結案進度 6-9
表 6-3、108-109 年環保局合辦計畫布建進度表 6-12
表 6-4、108-109 年縣市環保局經費進度表 6-13
表 6-5、108 年合辦布建計畫之宣導活動辦理進度 6-14
表 6-6、107-108 年縣市環保局空污感測器應用成果 6-16
表 6-7、空氣品質感測器布建選址查核表 6-18
表 6-8、環保局布建問題與意見回復 6-20
表 6-9、布建細部規劃書審查紀錄表 6-31
表 6-10、布建細部規劃書審查紀錄表(續) 6-32
表 7-1、督導、聯繫、協調各部會計畫事宜之年度或不定期工作產出 7-5
表 7-2、國產研發氣體感測器 VS 臺灣環境值 7-9

表 7-3、國產研發感測器之專案辦公室建議事項 7-9
表 7-4、國產研發感測器之技轉現況 7-10
表 7-5、$PM_{2.5}$ 感測器規格比較表 7-12
表 7-6、NO_2 感測器規格比較表 7-12
表 7-7、O_3 感測器規格比較表 7-13
表 7-8、CO 感測器規格比較表 7-14
表 7-9、低成本空品感測器結合車載之國際案例 7-14
表 7-10、國內車載應用載具分析 7-17
表 7-11、108 年度 16 大產業聯盟簡介與涵蓋領域 7-28
表 7-12、環境物聯網的發展定位 7-32
表 7-13、國內業者環境品質物聯網開發情形 7-32
表 7-14、臺灣環境物聯網網站服務內容 7-35
表 7-15、空氣品質宣導會議辦理彙整 7-48
表 7-16、空氣品質認知教案大綱 7-49
表 7-17、專家諮詢會議辦理彙整 7-56
表 7-18、IMEC 公司水質感測晶片量測項目及規格 7-64
表 7-19、USEPA 對於微型感測器之使用管理分級表 7-65
表 7-20、專案辦公室人員配置及工作內容說明表 7-89

報告大綱

本報告書依計畫工作項目及內容共分六章節撰寫，其各章節之內容、架構及重點如下說明：

第一章、緒論

說明本計畫之背景緣起、年度目標、工作項目與內容，以及對應各工作項目之執行成果摘要等。

第二章、評估國內外物聯網現況

本章節針對環境品質物聯網之研究，國內外（含美國、歐盟、韓國、日本等）皆積極發展相關的應用與服務，並嘗試使用 AI 及機器學習之方式進行元件、設備、數據及系統的校正。物聯網的建置及應用為全球化發展之趨勢，以推展到智慧城市之應用，並走向商業到商業的用戶模式，藉此提升民眾對周遭環境資訊與健康生活的關注。對於國內現行已布建的空污感測器多布建於工業區內以及鄰近工業區之社區，即為了監測污染工廠的污染排放情形，但感測器的實際有效使用率是未來需再評估的因素之一，以利可以用最少的布建數量達到最有效的污染觀測。

第三章、建立感測數據智慧判讀及應用機制

基於環保署針對感測器布建之品質控管僅針對 $PM_{2.5}$ 感測數據，故本章節針對 $PM_{2.5}$ 感測數據之智慧判讀已建立相關的標準作業程序，除可進行數據異常之判讀，解析設備異常與環境異常之事件，提供給相關稽查人員更快速判斷數據異常原因之方法。透過完成全國、空品區、縣市及 4 大感測區域之污染濃度分析，顯示觀察範圍越大，數據越趨近於大環境之表現，愈針對污染源進行觀察，則需鎖定小範圍的數據變化進行分析。智慧校驗之機制發現 $PM_{2.5}$ 濃度與環境濕度對校正結果影響最大，神經網路模型比多元線性回歸模型校正成果好，後續可再細分空間優化校正模型，能對感測器進行數據偏移修正，縮小數據偏差，提升感測

器使用效率。針對高時空解析空氣品質感測數據後，運用感測數據智慧判讀解析感測器異常、大環境變異或空氣污染徵兆，以提升感測數據的服務品質。

第四章、精進國產化空氣感測元件研發技術

精進國產化感測元件說明 $PM_{2.5}$ 感測元件已完成核心元件單體及電路板小型化設計，小型化之核心元件單體及電路板製作，以及專利申請等項目，並發表一篇期刊論文。完成 O_3 感測元件之原型機設計與製作，及感測元件之靈敏度及穩定性測試。其 O_3 感測元件之偵測極限達 200 ppb，其線性區間落於 0-150 ppb，R^2>0.7。NO_2 元件已改良感測元件與光驅動裸晶元件之共封裝設計與光電複合驅動之模組，並提升元件穩定性及溫濕度補償修正。針對 $PM_{2.5}$、O_3 及 NO_2 感測元件已持續提出臺灣、美國或歐盟之專利申請，落實國內相關感測器技術業界生產製造能力，提升國家競爭力。

第五章、整合環境感測物聯網執行成果並擴大驗證

為擴大環境感測物聯網之驗證成效，今年度規劃於國內外布建感測器，據以評估臺灣推動之環境感測物聯網，在國際市場上的可行性與優勢，透過協助國外政府擬布建區域及地點，依布建需求由國外政府提供布建所需之用地、用電及通訊網路服務。針對 50 點機動感測器用以進行交通污染之初步測試，並規劃後續實際進行移動性感測之設備機構設計，以及所面臨設備震動、風速所造成之影響。針對環境感測物聯網各分項計畫之執行情況進行進度管控，並彙整其計畫執行成果，整合成故事集供民眾了解環境物聯網之執行成果。

第六章、協助地方政府感測物聯網建置工作

為落實地方政府合辦布建計畫之進度管理，並定期追蹤各進度之執行狀況，包含 107 年結案進度、108 年計畫布建進度、輔助智慧稽查及教育宣導進度等，並持續督促及協助地方政府執行合辦布建計畫，及時協助解決地方政府於執行上所面臨之問題。針對合辦計畫執行過程可能會面臨之問題，如：如何申請合辦計畫、空污感測器選址依據等，已建立相關的標準監測程序，以利後續計畫人員

能更容易協助地方政府辦理相關程序，並持續依據實務作業成果回饋修正重點工作標準作業程序。

第七章、專案辦公室強化計畫管考、產業推動、成果效益

專案辦公室主要評估分析國產研發感測器之研發、測試進度與商品化時程規劃之適當性與合理性，除持續督促各執行單位外，並提供可能問題預警及解決對策給予環保署，並密切與署內討論，持續更新與滾動式調整。協助民生公共物聯網推動小組及各部會間建立良好的溝通橋樑，並定期參加開展計畫之進度會議，協助各部會解決執行問題及遭遇困難。針對稽查單位人員辦理研習會，以協助稽查人員了解並活用數據平台之工具方法，找出可疑污染源及污染潛勢熱區。並辦理環境物聯網研討會，以利各領域之專家學者可齊聚探討全國環境物聯網之發展趨勢及情況。

第八章、結論與建議

說明本年度執行的工作成果與未來建議事項。

計畫成果報告摘要(詳細版)

計畫名稱：108 年環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫

計畫執行單位：財團法人工業技術研究院

計畫主持人（包括協同主持人）：陳范倫、陳一誠

計畫期程：108 年 4 月 1 日至 108 年 12 月 31 日止

計畫經費：新台幣貳仟捌百捌拾萬元整

摘要

自 106 年起環保署致力於建構臺灣環境感測物聯網，期望藉由本計畫之執行，推動臺灣環境物聯網之發展，預計今(108)年可達成 8,000 台空污感測器之布建，其中苗栗縣布建 500 台感測器為工研院研發之光學式 $PM_{2.5}$ 感測元件。環保署為確保感測器的數據品質，設計一套感測數據品質管控機制，藉由感測器出廠的品管要求、感測器型式驗證、布建感測器一致性比對、自主巡檢維運作業與第三方查核作業等 5 階段，有效提供布建至工業區、交通區、社區及輔助感測區等感測器的品質控管。國外對於物聯網的發展目前正朝向運用大數據分析進行感測數據校正，以及藉由數據分析輔助智慧維運管理。臺灣進行高密度的布建，正是發展智慧化校驗系統的優勢場域，除可找出適合臺灣的數據校正模式，進而測試及驗證客製化的應用服務產品。除了針對感測設備的布建、國內外物聯網資訊的分析及探討，也辦理各種宣導活動、交流會議以及大型研討會，以利將政府執行之成果展示於民眾所知，並與國內外各界專家學者進行深度討論，以拓展物聯網產業發展。於創新應用面上，本計畫積極發展移動式感測設備，藉此感測道路上的污染現況，據

以作為未來建立我國的交通污染地圖，提供政府單位擬定交通污染管制策略，並協助民眾掌握健康活動的規劃。藉由推動環境物聯網跨域的應用服務發想，加速環境物聯網之產業發展，以將臺灣物聯網之成功案例拓展國外。

前言

物聯網為全球科技及資訊新趨勢，在資通訊技術突飛猛進的發展下，結合大數據分析方式與人工智慧技術，提供多樣化的創新應用服務將是未來產業的新商機。國際上眾多國家藉由智慧城市跨入環境感測物聯網之領域發展，陸續在空氣品質、水質及廢棄物的管理上有所成果，我國則以標準監測站輔以微型感測器，建構綿密的環境感測網絡，透過設計一套感測數據品質管控機制，發展成為輔助智慧稽查的環境執法應用服務，期盼藉由臺灣在全球具有領先的技術基礎上，以臺灣為示範場域，驗證物聯網在環境管理之應用效益，將我國環境感測物聯網應用服務推至國外以解決相似環境問題，逐步落實萬物聯網、環境優化、創新研發、驅動產業的目標，經由連結在地、全球及未來，達到雲端鏈結、跨界監控、智慧管理及客製化應用服務之目的。

經過 106 年計畫研析歐盟英國倫敦智慧城市計畫(Smart London)、荷蘭阿姆斯特丹智慧城市計畫、美國智慧城市計畫(Smart America)、日本智慧城市計畫(Smart City Project)，以及韓國松島智慧城市計畫(Sondo IBD)；107 年蒐集美國 CES 消費電子展、韓國物聯網建設、日本物聯網大數據(Big data)，以及歐盟與聯合國在健康角度的運用，其共通點是引入感測與通訊科技藉以提升生活品質、提高能源使用效率、改善交通運輸等，皆為環境物聯網可切入的角度，除建議物聯網設備商至少要與網路供應商、平台供應商或應用供應商之一進行整合，並規劃環

境感測產業發展策略可分為萌芽期、發展期與成熟期，以發展公私部門合作與培養物聯網生態系。

在元件研發部分，106 年度計畫針對 $PM_{2.5}$、O_3 與 NO_2 三項感測技術進行研發，陸續完成雛型設計、數值模擬、幾何設計修正及雛型元件之製作。107 年度持續精進感測元件的性能強化，陸續完成雛型模組，並運用實驗室或實地場域測試，初步評估感測模組之效能，確實符合國內環境污染之需求。$PM_{2.5}$ 感測元件 cut size 約為 0.25±0.02 μm 符合設計目標，電源供應器與靜電計合併縮小在於電路板中，整體體積縮小為儀器之 1/10，感測核心元件體積及重量減少 106 年雛型元件的 1/3。O_3 感測元件研發方面，完成四極式電極及電極隔離疏水膜、電解質保水膜與電極分離膜之開發，偵測極限小於 20 ppb 符合設計目標，實驗室結果顯示雛型模組的線性區間濃度 0~700 ppb，R2 >0.9，確實符合國內低中高污染環境中之效能。在 NO_2 感測元件研發方面，完成感測複材搭配光電驅動感測模組，搭配驅動電路與數據分析整合模組，內建硬體運算單元抗雜訊和漂移模式，偵測極限小於 20 ppb 符合設計目標，完成相容在環保署實地場域布建之感測器，機構硬體驅動測試功能合格，50 套成品機應用於國內實地場域，確實符合國內低中高污染環境中之效能。

在配合相關行政作業以提升計畫執行品質與成效的部分，主要以協助環保署與環保局之地方合辦環境物聯網布建計畫，針對環保署與 13 個地方政府合辦空氣品質物聯網布建計畫，共計布建 2,600 個感測器，並完成空氣品質物聯網感測器布建前置作業範例，包括感測器項目與規格訂定、測試驗證及一致性比對執行方式、布建選址規劃及細節、地方內機關權責協調、布建後巡檢及維修等規劃工作。並成立專案辦公

室，即時處理行政院及環保署各項配合之事務，快速協調前瞻計畫分項一與分項二部會合作與追蹤管考，以強化計畫管考與產業化推動進度。

在物聯網應用快速進展的世代，運用大數據治理環境，自動監控環境品質，針對異常情形預警及應變，提供高效益的解決方案。本計畫希望在延續 106 年度及 107 年度環境物聯網相關計畫所建立的基礎下，持續協助環保署運用微型感測器建構智慧化環境管理系統，由感測元件技術的研發、提升國內感測數據品質及應用效益、產官學研於物聯網技術聯繫與共同成長、智慧城市與環境執法的應用規劃，到環境物聯網短中長期規劃與各計畫的橫向聯繫等，透過以臺灣為驗證場域，確實看到輔助智慧稽查的成效，同時也讓民眾明確感受到國內環境感測物聯網對環境治理的功能，逐步落實萬物聯網、環境優化、創新研發、驅動產業的目標。

執行方法

一、 本計畫目標包括：

(一) 評估國內外物聯網現況。

(二) 建立感測數據智慧判讀及應用機制。

(三) 精進國產化空氣感測元件研發技術。

(四) 整合環境感測物聯網執行成果並擴大驗證。

(五) 協助地方政府感測物聯網建置工作。

(六) 專案辦公室強化計畫管考、產業推動、成果效益。

二、 本計畫各工作項目內容

(一) 評估國內外物聯網現況

本工作項目在於蒐集國內外物聯網、環境品質物聯網、智慧城市之相關資訊，包含其發展趨勢、架構規劃、推動策略及具體措施等面向，涵蓋國家規劃、感測器及元件、數據傳輸、分析應用、產業分析及市場預測等範疇。完成研提我國環境品質物聯網發展策略及推動措施，規劃並滾動修正全國空氣品質感測器布建點藍圖及提出效益預測。目前先進國家利用環境品質物聯網進行污染監測，主要反應在對健康的影響及民眾生活品質提升，計畫將廣泛收集國內外空氣品質對健康影響、空氣品質指標訂定依據及與人體健康風險關係等國內外公信單位資料，同時將國內感測物聯網推動成果及創新發現投稿或發表論文於國際或國內指標學術期刊。各細項工作內容要求說明如下：

A. 持續蒐集國外(至少包含歐盟、美國、日本、韓國)物聯網、環境品質物聯網、智慧城市之資訊、發展趨勢、架構規劃、推動策略、具體措施，另需含國家規劃、感測器及元件、數據傳輸、分析應用、產業分析及預測等階段，並提出我國發展建議報告。
B. 研提我國發展策略及推動措施，並規劃全國空氣品質感測器布建點藍圖及提出效益預測，依現行布建點位每半年檢討工業、社區、交通、輔助等感測點布建數量及位置，確認各點感測器與全國布建藍圖扣合情形，提出檢討報告以利通知地方政府更換點位。
C. 持續蒐集全國業者、地方政府、校園之空氣品質感測器自主布建策略、布建點及規格，及其進度，以掌握國內布建現況。

D. 蒐集及研提國內外空氣品質對健康影響、空氣品質指標訂定依據、該指標與人體健康風險關係等國內外公信單位資料，且重要資料應部分或全文翻譯為中文，每季提出資料更新。

E. 蒐集及研提與環境感測物聯網技術、研發、資料分析等學術、公信單位、指標企業之學術研究資料，決標日起 1 個月內完成蒐集資料架構分類及時程規劃，並每季提出資料更新。

F. 將我國感測物聯網推動成果及創新發現投稿或發表論文於國際期刊(非研討會發表)或國內指標學術期刊 3 件以上。

(二) 建立感測數據智慧判讀及應用機制

環保署自 106 年起推動環境品質感測物聯網之裝置布署，並於 107 年啟動與地方環保局合辦布建計畫，空氣品質感測裝置以監控工業區、周邊社區及交通密集區為主。環保署為全方位發展環境品質物聯網，運用通訊傳輸及雲端資訊設施，完成系統整合，並設計數據收集及處理資訊平台，於 106 年起建置環境感測資料中心，提供感測數據過濾、檢核、異常值告警等項目，建置帳號權限控管功能，完成感測資料平臺與其他平臺資料介接交換，建立標準化感測物聯網資訊流作業，規範感測設備、資料傳輸、資料格式，作為環境物聯網之統一介接標準。檢視目前各空氣品質感測器數據，缺少進一步提升感測數據異常之判讀與校正，藉以運用及挖掘更具價值之環境感測資訊，以開發可靠之智慧環境應用，並支援環境治理決策，爰需建立感測數據智慧判讀及應用機制，由於環保署針對感測器之品質控管為 $PM_{2.5}$ 感測數據，故本章節所討論之感測數據智慧判讀及應用機制僅針對 $PM_{2.5}$ 感測數據實施。各細項內容要求說明如下：

A. 檢視各空氣品質感測器數據，以大數據分析、數據統計分析或其他方式解析感測數值，判斷感測器異常、大環境變異或空氣污染徵兆，並且界定每次解析案件之最適時間軸範圍(建議由不同時間軸範圍解析後擇定最適範圍)，決標日起 3 個月內完成感測數據解析判斷依據及標準作業程序、流程機制、後續處理方式。

B. 每 2 月產出感測數據解析研析報告，分析前 2 個月各空氣品質感測器數據，分別以全國、7 大空品區、各縣市、4 類感測器布建區域(工業、社區、交通、輔助)等不同級距空間範圍評估建立歷程資料並交叉比對同一級距感測數據，並滾動式修正前項標準作業程序。

C. 針對所有感測點分析，如有發現污染熱區、污染時間熱點、可疑排放污染名單應提供機關或環保稽查單位參考。另針對交通感測點進階分析，評估與時間、天氣、車流量、風速、風向或其他因子相關性，並提出交通感測點布建位置之建議。

D. 蒐集 108 年空氣污染事件之新聞案件(例如火災、洩漏)及其感測數據變化，並建立該年完整空氣污染事件大紀事及感測數據變化資料，以利機關對外說明物聯網資料判讀方式。

E. 研提感測物聯網智慧化巡檢(管理感測設備)及感測器校驗機制(管理感測數據)之建議方案至少 3 種，以利分析各感測器性能狀態及減少巡檢人力，應包含以鄰近感測器、標準監測站及巡檢儀器及平行比對感測器等資訊建立相關參數對應關係、盤點感測器偏移狀況、未來數據可能偏移情形、需進行現場巡檢

感測器之篩選機制、運用大數據進行感測器遠端校正、依據數據分析建置智慧化巡檢校驗機制。

F. 前項各方案經可行性評估擇定後，擬定標準作業程序及管理方式；另每周出具感測校驗及偏移情形報告單。

G. 以上各項需併入每 2 月至少召開 1 次檢討會議報告。

(三) 精進國產化空氣感測元件研發技術

近年來空氣污染對健康影響之議題受各界重視，民眾生活環境空氣品質的資訊更為急迫，感測器物聯網化可讓空氣品質監測事半功倍，而環境物聯網監測則需要大量化戶外環境偵測點布建，因此在實務上的偵測器必需具備低功耗、低成本、穩定性及可靠性等技術需求，而其中關鍵的感測元件要求靈敏度、反應速度、穩定性、小體積、低價格、低耗能與長壽命為理想的終極目標。為精進國產化環境用感測元件之研發技術，逐步增加監測檢測分析污染物項目，並降低偵測極限至常見環境濃度或各相關標準管制限值以下，今年度計畫持續針對 $PM_{2.5}$、NO_2 及 O_3 等國產化感測技術進行強化，持續研究準確穩定且受干擾少、耐用期長、維護簡易且成本低廉的感測元件，以增進感測元件效能，具備大量布建有利條件。茲將各項元件開發之細項工作內容說明如下：

A. 完成國產化 $PM_{2.5}$ 感測元件之感測器電路板與元件單體小型化，並完成小型量產原型機 6 組，完成實驗室 3S 測試，並經實驗確認可實際應用於國內實地場域(涵蓋國內低中高污染環境)，須將實驗室或實地場域測試期程(至少 3 個月)、地點(至少 2 處)、比對方式、結果出具測試報告；並提高感測器技術轉移洽談件數，技術轉移單位須經機關同意後執行。

B. 完成國產化 O_3、NO_2 感測元件之精進與量產化技術開發，建立溫濕度差分自動補償機制，完成量產設計及成品機 20 組以上，並經實際應用於國內實地場域(涵蓋國內低中高污染環境)，須將測試期程(至少 3 個月)、地點(至少 3 處)、比對方式、結果出具測試報告；並提高感測器技術轉移洽談件數，技術轉移單位須經機關同意後執行。

C. 以上 3 式空氣品質感測器研發原則如下：

(A)各感測技術篩選，原則以未來研發完成後可大量製作、符合物聯網廣布感測器之特性及成本需求，以全國產化技術為優先，且無技術或智慧財產權疑義。如需引進國外適切技術，需取得該技術及智慧財產權利，惟每項技術得扣減 10%計畫總經費。

(B)研究或研發成果需提出臺灣或歐盟或美國之專利申請。

D. 評估可國產化之空氣品質感測元件項目及技術至少 3 項，並分析國內外時空背景及感測技術資料蒐集，提出應用場 域、市場需求預測、國產化研發設計及生產及量產可行性、該技術及智慧財產權全球分布現況、推動策略等，提出空氣品質感測元件開發評估建議書。

(四) 整合環境感測物聯網執行成果並擴大驗證。

環保署於今年度持續擴大空氣品質布建網絡，透過國內外布建 100 點以上空氣品質感測器試驗驗證、維運 107 年空氣品質感測器並進行跨域結合測試驗證未來感測物聯網可能應用模式、協助地方政府共同推動空氣品質感測器布建工作，及環保署物聯網相關工作推動，包括評估、規劃及管理地方政府所提合辦計畫工作，並協助

「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」各分項計畫之推動，另配合辦理相關活動及彙整資料、簡報及維運物聯網網站等工作事項。各細項工作內容要求說明如下：

A. 於國內外布建 100 點以上空氣品質感測器(必要項目為 $PM_{2.5}$、溫度、濕度)試驗驗證，並依據機關需求執行感測器維運作業，維運工作之細部規格及感測器數據品質須經機關認可。試驗驗證方式如下：

(A)辦理布建與維運作業教育訓練 2 場次，課程包含感測點位規劃、布建作業程序、維運作業程序、巡檢作業程序、感測數據檢核、污染熱區分析。每場次 2 小時以上、需提供場地租借、提供茶水及餐點，並包含講師 2 小時授課。(場地容納 60 人以上規模)

(B)執行感測器布建規劃與設計，研擬布建與維運作業計畫，並協調整備布建作業。布建規劃及點位選擇以機關需求為主，機關保有調整權利。

(C)依據前項布建規劃研擬電力及通訊方案，並調整感測器系統；布建前須以符合示範需求之監測站與區域實施感測器平行比對作業。本項感測器布建作業須依據機關需求執行，工作細部規格須經機關認可後實施。

(D)以上工作倘未有合適之試驗驗證區域或方案，得經機關同意後逐項減價驗收。

B. 維運 107 年 50 點空氣品質感測器(包含機動式)，並進行跨域結合測試驗證未來感測物聯網可能應用模式。

C. 協助環保署「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」各分項計畫之規劃推動、目標檢視，管理追蹤其工作及經費執行進度，每月提出彙整及進度報告(含可能問題預警及分析、對策研擬、效益分析)，每 2 月召開管理檢討會議(會議地點由機關決定)，並通盤評估整體計畫關鍵工作及時間點之銜接是否完整。

D. 每 2 月及每半年更新前項計畫成果摘要說明資料(型式如精簡文字、秒懂圖片)，以利機關彙整成效。另規劃、彙整機關整體環境物聯網推動內容，並研提對策分析、強化推動策略建議。

E. 以目前布建感測器數據資料為基礎，結合監測站資料及其他異質資料，分析各地方政府感測器數據以歸納各地特性。

F. 蒐集機關推動環境品質感測物聯網目前所遇問題，分類規劃精進方式，並規劃每季與專家學者或民間團體或相關對象召開交流會議(如工作坊)，溝通意見強化政策推動。另配合機關需求及計畫推動，提供相關法律意見書。

G. 規劃及辦理空氣品質認知相關研習會或說明會或教育訓練 10 場次以上，每場次原則 2 小時、對象為國內教育人員或民眾或環保局或業者、需提供場地租借、提供茶水及餐點，並包含講師 2 小時授課。以機關實際需求為優先辦理，縣市、課程安排及教本設計需經機關同意。(場地容納 60 人以上規模)

H. 得標廠商需有 1 名專業人力，經機關同意(更換時亦同)，專門辦理本計畫相關工作，依機關需求於指定地點協助計畫執行、彙整資料、聯繫協調等行政工作。

I. 配合機關舉辦活動或記者會，協助規劃及彙整資料，提供/製作簡報、海報、推廣文件、論文，必要時提供場地租借、器材租借、布場、展示品製作、說明素材製作。配合機關報告案、會議，協助彙整研提資料、簡報；另協助機關環境品質物聯網相關網站之規劃、管理及維運。

(五) 協助地方政府感測物聯網建置工作

環保署為掌握與地方合辦布建感測器之執行品質，本計畫協助地方政府共同推動空氣品質感測器布建工作，及環保署物聯網相關工作推動。包括管理追蹤各地方政府與機關合辦感測器布建之工作及經費執行進度、彙整地方政府感測物聯網運作情形、提供空氣品質感測器布建專業分析及建議、審查地方政府所提空氣品質感測器布建之相關資料、訂定感測器執行工作手冊，具以提供地方政府應用參考。各細項工作內容要求茲說明如下：

A. 管理追蹤各地方政府與機關合辦感測器布建之工作及經費執行進度，須了解其執行進度困難點，決標後提出管理方式規劃並每 2 月提出檢討報告，視需要與地方政府召開管理會議(應事前提出討論議題)。

B. 彙整地方政府感測物聯網運作情形(包含合辦計畫執行、布建工作、維運工作、稽查工作、宣導工作、經費執行等進度)，並每月向機關提出管理建議。得標廠商需有 2 名行政或技術專業人力，經機關同意(更換時亦同)專門辦理地方政府執行管理工作，依機關需求於指定地點協助計畫執行、彙整資料、聯繫協調等行政工作。

C. 協助地方政府落實空氣品質感測器布建之評估、規劃、執行，提供專業分析及建議，協助其協調工作，必要時協助地方政府進行布建位置之實地勘查。

D. 協助機關審查地方政府所提空氣品質感測器布建之相關資料，並研提分析建議。另需確認及查驗地方政府布建感測器地點、數據資料上傳情形及完整率，並依機關需求規劃及執行。

E. 將感測器之應用目的、選址評估、安裝布建、品保品管程序、運作管理、異常偵測、異常通報、更換維修、數據管理、數據校正、數據公布、污染偵測及分析判斷、污染稽查、巡檢查核、經費編列及執行等工作準則訂定標準作業程序、問題解決對策一欄表，並集結成系列工作手冊、說明簡圖，提供地方政府應用參考。

(六) 專案辦公室強化計畫管考、產業推動、成果效益

空品物聯網專案辦公室主要工作內容包括強化辦理空品物聯網推動及資源整合工作、督導與協調各部會計畫事宜、整合各部會分工並配合環保署執行需求、研擬我國產業發展策略以規劃整體輸出方式及時程表、以空品物聯網一站式推廣中心協助產官學研跨域結合機會、強化科普知識結合與社群媒體網站分享、洽談空氣品質感測器或物聯網擴大應用場域、持續國際參訪並辦理大型研討會議等。此外今年度專案辦公室將更主動、積極、與主導性去執行與推動上述工作內容，各細項工作要求茲說明如下：

A. 依據前瞻基礎建設計畫之建構民生公共物聯網計畫項下「空品物聯網產業開展計畫」內容成立專案辦公室，辦理我國空品物聯網推動及資源整合工作、訂定問答集作為內部參考文件以利

對外說明，並提出專案辦公室及我國空品物聯網之 108 年及 109 年年度目標。專案辦公室之規劃、運作方式、年度目標須經機關認可後執行。

B. 督導、聯繫、協調各部會計畫事宜，並彙整進度及成果資料，定期提出進度報告、召開會議。本項工作需配合行政院、科技會報辦公室、科技部、環保署需求。

C. 整合各部會「空品物聯網產業開展計畫」分工並配合環保署「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」執行需求，提出關鍵工作及其時間點規劃，檢視各工作項目適用性、銜接程度(內容、期程)，可能問題提出預警、分析及對策研擬，並配合機關需求提出建議、分析資料，原則每月或每季召開進度會議。本項工作應以環保署智庫角色規劃，俾提供決策參考。

D. 蒐集及比較國內各式空氣品質感測器資訊、國際環境品質感測元件、物聯網應用資訊，提出我國產業發展之優劣分析。規劃及研提國內環境品質物聯網之加值應用方式、研擬我國產業發展策略、規劃整體輸出方式及時程表。

E. 持續鏈結國內物聯網公協會及產業，組成交流平台，並蒐集業者環境品質物聯網開發情形。以空品物聯網一站式推廣中心協助產官學研民交流情資，並創造跨專業領域結合機會；持續更新管理網頁資訊。

F. 強化科普知識結合，以監測站及感測器數據意義差異為主軸製作教材，並辦理研習會或說明會 4 場次以上(每場原則 2 小時、場地容納 60 人規模、需提供場地租借、茶水及餐點、專家學

者 3 人出席費及交通費)、及由不同社群媒體網站分享相關科普知識 5 則以上。

G. 完成洽談 2 件國內空氣品質感測器或物聯網擴大應用場域(例如合作案)，並提出應用目標、規劃、期程；另籌組國內環境品質物聯網之專家團隊，輔導或查核業界及地方政府 5 場次以上(至少 4 名專家/場次)。(場地容納 20 人以上規模、需提供場地租借、茶水及餐點、專家學者出席費及接駁)

H. 持續蒐集國際物聯網、智慧城市展覽活動及研討會資訊，並擇 2 場以上進行參訪，研提參訪報告。參訪地區以歐美為優先(每場原則 7 日、1 人以上)，並需經機關同意。

I. 規劃及辦理大型研討會議或交流會議或展覽(合計 2 日以上)，需經機關同意後辦理，專家學者為國內外物聯網專家，含機票、交通、住宿、出席費、餐飲、場地租借(150 人以上場地)及布置、簡介、會議資料。(大型研討會議或交流會議之專家學者：2 日共計 20 人以上)。

J. 專案辦公室應有 4 人以上專責人員(其中 1 人為專案辦公室管理人，另 3 人為專案研究人員)，全職辦理本項工作，且須含有 2 人以上具有整合部會、整合地方政府之行政及管理經驗。為利計畫推動，機關保有人員更換權力。

結果

(一) 評估國內外物聯網現況：

1. 含美國、挪威、韓國及日本等皆積極發展感測設備與應用服務，並嘗試使用 AI 及機器學習之方式進行元件、設備、數據及系統的校正，並顯示出物聯網的建置及應用為全球化發展之趨勢，藉

由物聯網推展到智慧城市之應用，並走向商業到商業的用戶模式，藉此提升民眾對周遭環境資訊與健康生活的關注。

2. 國內已布建的空污感測器多位於工業區內以及鄰近工業區之社區，以監測工廠的污染排放為主要目的，但感測器的實際有效使用率是未來需再評估的因素之一，可以用最少的布建數量達到最有效的污染觀測。

(二) 建立感測數據智慧判讀及應用機制

1. 感測數據之智慧判讀可透過大數據分析感測器群體變異性，篩選出異常感測器，提供巡檢單位進行查核或提供廠商進行維修。也可透過數據分析運用感測數據的時間變異與空間變異，挖掘環境異常特徵，解析污染熱區與時間熱點。經由建立之相關標準作業程序，以利後續進行數據異常之判讀，提供給相關稽查人員更快速判斷數據異常原因之方法。
2. 全國、空品區、縣市及 4 大區域之污染濃度分析結果顯示觀察範圍越大，感測器數據越趨近於大環境之表現，故針對污染源進行觀察，則需鎖定小範圍的數據變化進行分析。
3. 智慧校驗模式發現 $PM_{2.5}$ 濃度與環境濕度對校正結果影響最大，神經網路模型比多元線性回歸模型校正成果優，後續可再細分空間優化校正模型，能對感測器進行數據偏移修正，縮小數據偏差，提升感測數據使用效率。

(三) 精進國產化空氣感測元件研發技術

1. $PM_{2.5}$ 感測元件已完成核心元件單體及電路板小型化設計、小型化之核心元件單體及電路板製作，以及專利申請等項目，並發表一篇期刊論文。

2. 完成 O_3 感測元件之原型機設計與製作，及感測元件之靈敏度與穩定性測試。其 O_3 感測元件之偵測極限達 200 ppb，其線性區間落於 0~150 ppb，R^2>0.7。
3. NO_2 元件已改良感測元件與光驅動裸晶元件之共封裝設計與光電複合驅動之模組，並提升元件穩定性及溫濕度補償修正。
4. $PM_{2.5}$、O_3 及 NO_2 感測元件已持續提出臺灣、美國或歐盟之專利申請，落實國內相關感測器技術業界生產製造能力，提升國家競爭力。

(四) 整合環境感測物聯網執行成果並擴大驗證

1. 透過國際交流會議協助越南政府研擬布建區域及地點，依布建需求請越南政府提供布建所需之用地、用電及通訊網路服務。
2. 針對 50 點機動感測器進行交通污染之初步測試，確認 $PM_{2.5}$ 感測器可以看到骯髒車輛的污染行為，並規劃後續實際進行移動性量測之設備機構設計，以克服設備震動、風速所造成之影響。
3. 針對各環境感測物聯網各分項計畫之執行情況進行管控，並彙整計畫執行成果，整合成故事集供民眾了解環境物聯網之執行成果。

(五) 協助地方政府感測物聯網建置工作

1. 落實地方政府合辦布建計畫之進度管理，並定期追蹤包含 107 年結案進度、108 年空污感測器布建進度、智慧稽查成果及教育宣導成效等，並持續督促及協助地方政府執行合辦布建計畫，以及協助解決地方政府於執行上所面臨之問題。
2. 針對合辦計畫執行過程可能面臨之問題，如：如何申請合辦計畫、空污感測器選址依據等，已建立相關的標準作業程序，以利後續

相關執行人員能更容易依據環保署辦理相關程序，藉由實務執行成果回饋修正重點工作之標準作業程序。

(六) 專案辦公室強化計畫管考、產業推動、成果效益

1. 評估分析國產感測器之研發、測試進度與商品化時程規劃之適當性與合理性，除持續督促各執行單位外，並提供可能問題預警及解決對策給予環保署，密切與署內討論，持續更新與滾動式調整。
2. 為民生公共物聯網推動小組及各部會間建立良好的溝通橋樑，定期參加開展計畫之工作會議，並協助各部會解決執行問題及遭遇之困難。
3. 針對稽查單位辦理研習會，以協助稽查人員了解並活用環境物聯網數據分析平台工具模組，找出可疑污染源及污染潛勢之熱區。透過辦理環境物聯網資訊展及技術發表會，以利各領域之專家學者可齊聚探討全國環境物聯網之發展趨勢及情況。
4. 今(108)年度已參與 AQ-SPEC at the Sensors Expo & Conference 2019 以及 IEEE Sensors 2019 的研討會活動，並積極了解國外物聯網及 low-cost sensor 的發展及研發進度。

結論

一、 評估國內外物聯網現況：

1. 歐盟(UN)以挪威研究機構 NILU 主導之 iFLINK (2019-2021)計畫，未來重點工作以優化維運及校正環境物聯網來節省維運人力資源、利用 AI 及機械學習來找出”錯誤資料”及線上校正(real-time calibration)、結合大氣擴散模式進行資料融合。美國(USA)加州 SC-AQMD 及 AQ-SPEC 積極展開以移動監測技術、定點

監控技術、環境空氣品質標準的參考方法、衛星監測、資料融合方法來展開新世代微型空氣品質感測技術研發。韓國於 2019 年起規畫在工業區、社區及校園布建至少 4 萬點空氣品質感測器，擬定 4 級空品感測數據品質應用情境，其最高等級的感測數據準確度與精確度要求已高於臺灣的發展。日本將物聯網視作大數據(Big data)的延伸，對物聯網時代加值服務的剖析可在資訊搜尋上著手，透過智慧城市議題走向商業及商業到用戶模式，提升民眾對周遭環境資訊與健康生活的安排整合。

2. 以既有布建感測器點位所發生之污染事件頻率進行最適化規模布建發現，高污染事件發生之區位皆屬於工業區或鄰近工業區之社區，運用污染事件發生頻率評估感測器設置需求可以做為布建點位之必要性參考。
3. 為避免發布於公眾平台之感測數據誤導民眾，將持續透過媒體及相關平台業者，持續蒐集全國業者、地方政府、校園之空氣品質感測器自主布建策略、布建點、規格及其進度，以掌握國內布建現況。
4. 針對相關論文與技術報告主要以感測元件研發、感測元件認驗證體系、感測數據傳輸、感測數據 QA/QC、物聯網優化布建及數據分析應用等方向進行蒐集及研析，同時也是以此方向發表我國推動成果及創新發現的相關論文，擴大國際能見度，據以協助我國產業發展。

二、 建立感測數據智慧判讀及應用機制：

1. 本計畫透過大數據分析感測器群體變異性，篩選出異常感測器，提供巡檢單位進行查核或提供廠商進行維修。也可透過數據分

析運用感測數據的時間變異與空間變異，挖掘環境異常特徵，解析污染熱區與時間熱點，提供環保單位追查不法污染。環保署在感測數據管理主要區分為設備異常及環境異常二部分，設備異常管理隸屬感測設備數據管理平台(IOT)計畫執行，環境異常管理隸屬資料分析應用平台(WOT)計畫執行，本計畫主要是應用上述兩個平台，協助環保單位釐清設備異常與環境異常之事件，並建立 PDCA 管控機制，落實推動與管理整體環境感測物聯網之執行成效。

2. 針對全國、空品區、縣市以及 4 大布建區域進行個別的空污感測器數據分析，其結果顯示越是大尺度的觀察其空污感測器之數據越會趨近於環保署標準監測站之濃度變化趨勢，而依據上述 108 年 1~10 月各縣市的 $PM_{2.5}$ 污染物濃度變化圖可以簡易的了解看全區域的感測器數據變化是與環保署的標準監測站的結果無顯著的差異，表示整體數據趨勢變化是受到大環境的污染影響，少部分受感測器布建位置所影響。
3. 環境感測事件中心運用大數據分析及 AI 機器學習解析感測數據異常事件，找出新竹縣感測數據重複出現之異常現象，也發現高雄市感測數據設定上限之行為，後續皆請環保局依合約對維運廠商進行裁罰。可有效強化設備商維運機制，並協助環保局掌握設備之狀況，提升完整率與設備準確性。針對環境異常事件除定期發高污染事件告警外，計畫團隊透過提供每月統計高污染熱點、分析污染熱區及污染時間熱點，匡列可疑排放污染名單提供機關或環保稽查單位參考，列為可能高污染源之佐證與協助環境稽查。

4. 本計畫針對今(108)年所蒐集到的大型污染事件繪製成時間軸，可協助了解各污染事件發生的時間及地點，並透過成功案例的建立，納入機器學習之訓練資料。
5. 今年度智慧校驗模式以包含校驗群集劃分與標準站匹配模式、簡單線性及多元線性迴歸校驗模式、神經網路 Artificial Neural Network (ANN)校驗模式，以臺中地區為例，感測器與國家測站相關性可區分為沙鹿群集與忠明群集，校正之成果發現 $PM_{2.5}$ 濃度與環境濕度對校正結果影響最大，神經網路模型比多元線性回歸模型校正成果好，後續可再細分空間優化校正模型，能對感測器進行數據偏移修正，縮小數據偏差，提升感測器使用效率。
6. 在獲得龐大的高時空解析空氣品質感測數據後，運用感測數據智慧判讀解析感測器異常、大環境變異或空氣污染徵兆下，具體應用機制包含回饋感測設備的維護管理，據以提升感測數據的服務品質，以及針對發現污染熱區、污染時間熱點及可疑排放污染名單，應即時提供機關或環保稽查單位參考。
7. 與國家測站相距較遠的感測器布建區，因缺乏國家站的標準數據進行比對，建議未來可運用較精準的替代儀器，例如長期與國家站平行比對且精確度與相關性達一定標準的感測設備，來進行地域性的校驗模式效能驗證，據以建立感測器與標準監測站、巡檢儀器、平行比對感測器等相關參數對應關係，協助監控感測器偏移狀況，透過模式分析篩選出必須實施現場巡檢之感測器，進行維護保養，建置智慧化巡檢校驗機制。

8. 環境執法的成敗需仰賴稽查人員深度查核能力之養成，感測數據分析僅能提供間接證據，尚需包含科技化工具應用、各行業生產製程及污染防治專業知識、執行力與學習力，花費長久時間，而環保犯罪案件之蒐證，通常需要長時間利用稽查或偵察手段始能完成，蒐證後仍須檢察官協助取得資金流資料，才能將不法業者繩之以法，蒐證過程中，經常需要尋求跨領域專家學者或機構協助，再加上檢察機關與警政單位之合作，無法在短時間內獲致成果。故建立各項標準作業程序以利建立回饋資料庫確有必要，並透過滾動式修正，持續優化環境治理系統，達成強化智慧化環智執法之目標。

三、 精進國產化空氣感測元件研發技術：

1. 本年度國產化 $PM_{2.5}$ 感測元件已完成小型化工作、小型試量產及測試。原型機測試結果與新竹測站比對，相關係數 R^2 為 0.66，顯示尚有改善空間。在實際濃度低於 10 $\mu g/m^3$ 時，ITRI sensor 則有高估之情形。在實際濃度 15~60 $\mu g/m^3$ 時，則 ITRI sensor 與測站數據之吻合度較高。

2. 完成 O_3 感測元件新版原型機設計與製作，元件機構組件包括元件上蓋、元件下蓋、壓模組件、電解液槽上蓋、電解液槽下蓋、電解液槽封蓋等工件所組成，另外其它組件部分也包括了電極接腳、電極導線等，本計畫利用超音波霧化精密塗膜技術來使電極材料均勻地塗佈於疏水薄膜上，使電子通導能在薄膜上快速進行，增進感測元件之靈敏度與穩定性。O_3 偵測極限測試結果顯示感測電流與臭氧濃度趨勢相符合，元件模組的最低偵測極限為 20ppb，線性區間 O_3 0~150 ppb，R^2 >0.7。O_3 感測元件

選擇性量測顯示感測元件不受 SO_2、NO 與 CO 混合氣體干擾。感測元件於 50 ppb O_3 濃度之精確度(precision) < 30 %。

3. NO_2 感測元件將電路板模組體積縮小 1/3~1/2，改良NO_2 感測元件與光驅動 LED 裸晶元件共封裝設計與光電複合驅動之整合模組，提升 NO_2 感測能力與穩定性，電路模組結合溫濕度補償修正，導入演算法訊號處理提高穩定性與判別，電子數位化 QA/QC 管理模組遠端參數設定操控與零組件狀態紀錄。以 10 套模組 Rs/Ro 感度指標訊號趨勢圖比較結果，NO_2 感測原型機與鄰近環保署標準監測站時間濃度比較，模組間感測訊號趨勢符合一致性。感測模組場域測試三個月分析相關性 R^2 分析發現採樣材質提升與模組定期校正清理，感測元件並無顯著衰減。

4. 針對空氣污染物感測技術進行資料蒐集及分析，未來國內因應環境品質及工安需求之前提下，可國產化之空氣品質感測元件以懸浮微粒(PM)、NOx 及酸氣等之需求較為迫切。

四、 整合環境感測物聯網執行成果並擴大驗證：

1. 國內外布建涵蓋目標以越南河內市為主，收集越南既有之空氣污染特性、環境監測現況及感測物聯網基礎，分析優先布建城市及情境以河內市及工業區為主軸。透過邀約越南政府中央單位（環境資源部、環境總局監測中心、環保信息技術數據局）及地方政府、業者來台交流、訓練並實地現勘臺灣布建場域現況。

2. 完成 100 台空污微型感測器(測項為 $PM_{2.5}$、溫度、濕度)，並於標準監測站完成一致性比對。已協調越南政府研擬布建區域及地點，依布建需求由越南政府提供布建所需之用地、用電及通

訊網路服務，並實施布建城市附近之國家空品監測站進行平行比對，據以建立校正模式。

3. 國外布建之重點關鍵須具備布建點位用地許可、電力供應及通訊網路服務，實際布建及維運應由臺灣業者與當地業者合作執行為嘉。感測數據應同時上傳至環保署環境感測資料中心與當地政府指定網址，據以符合資料同步、資訊共享之目的。期望藉由完成國外布建感測器之成功案例，做為應用服務推廣至全球之跳板，擴大我國環境品質感測物聯網產業推動成效，逐步落實驅動產業的目標。
4. 50 點機動感測器的重點應用以移動式感測的測試為主，由於以感測器量測汽機車排放污染物 $PM_{2.5}$ 有具體的反應，後續將評估將感測器裝設於車輛上，進行移動性的量測測試，據以評估針對都會區的交通污染進行量測與分析。
5. 協助環保署「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」下各分項計畫、工作提案研析修正及意見，並就執行情形進度管理追蹤及問題分析，提出彙整及進度報告，以基礎建構、整合布建、資料服務及智慧應用等四大重點，進行進度控管與各計畫間之溝通橋梁。
6. 利用 Google 線上表單蒐集各計畫執行案例以及空氣品質物聯網實際應用案例匯集成故事集，包含感測物聯網成果、社群參與和應用推廣、環境感測小知識、感測展示與分析以及環境感測智慧稽查等五大類，並將不同類別之成果展示給不同的對象。
7. 整合布建感測器數據資料、監測站資料及列管污染源、固定污染源連續監測系統、火點觀測、風向、風速等氣象資料和民眾

陳情資料等資訊。持續收集涵蓋土壤污染管制區、地下水污染管制區、環境設施資料(包含如加油站、寺廟、垃圾掩埋場等)、觀光遊憩資料(包含如社區、古蹟、休閒農場、風景區等)、環境機構資料(包含如事業機構及處理再利用機構、公民營廢棄物清除機構、汽機車定檢站等)、民生設施資料(包含如醫療機構、學校、救援及應變單位-消防單位) 及生態資源資料等。

8. 持續蒐集機關推動環境品質感測物聯網目前所遇問題，包含國產化感測元件開發及整合問題、智慧化巡檢數據分析、傳輸資訊與呈現問題等，藉由感測數據校正諮詢會議及感測數據應用統計專家諮詢會議，協助釐清未來精進方向。
9. 辦理空氣品質認知教育訓練可讓民眾、業者及學校教職員熟悉空氣污染議題與微型感測器的使用及應用限制，提高國民對環境問題或公眾意識和知識，運用互動式活動及視覺化資訊，讓大眾透過網站及 APP 觀看即時數據，來得知所在區域空氣品質變化趨勢。

五、 協助地方政府感測物聯網建置工作：

1. 落實管理既有布建完成 3,300 感測器之維運成效，協助監督環保署與環保局之地方合辦新建 4,400 點感測器之數據品質，適時對感測器布建之評估、規劃與執行給予建議，並透過交流會議或研討會，促進公私部門交流及討論布建對策與精進措施。
2. 今(108)年度地方政府合辦布建計畫進度以及 107 年合辦計畫結案進度做定期追蹤，並協助地方政府落實執行合辦計畫。
3. 環保署於今(108)年度與 16 個地方政府合辦空氣品質物聯網布建計畫，合計布建 4,400 個感測器。基於布建選址考量，建立布

建點位查核表，分析通訊傳輸優劣，運用機動布建之彈性與即時性，強化輔助稽查效能，強化感測器電力續航力，建議感測器安裝彈性方案，增加風速、風向感測模組，增加氣體採樣模組設計方案。

4. 本團隊已提供查核點 1、2 之審查資料範本給各縣市環保局，已加速查驗請款作業流程，本團隊持續追蹤與收集各環保局所面臨之困難點，提供過去感測器布建經驗供各環保局參考，加速感測器布建與維運進度。
5. 完成感測器應用目的與選址、感測器安裝布建、感測器維運及數據品質管理、感測器狀況異常偵測報修、數據篩選校正及公布、污染偵測及分析判斷、經費編列等 7 項標準作業程序，提供各縣市環保局參考，提升規劃階段、布建階段、維運階段、數據應用及經費編列等作業之執行效率，計畫團隊將持續追蹤各相關單位運用現況進行回饋修正，確保各項標準作業程序之實用性。

六、 專案辦公室強化計畫管考、產業推動、成果效益：

1. 本專案辦公室成立據點於揚昇金融大樓，可快速且即時配合本案之計畫協調與追蹤管考，完成專案辦公室之運作方式及年度目標，持續更新問答集。
2. 透過專案辦公室居中與管考單位的溝通，以及各部會之間的協調等，串聯各分項計畫成果，使得整體計畫能更確實與精準整合相關環境感測物聯網相關資源，同時推動除了智慧環境治理以外之跨域應用，扮演媒合橋梁協助國產感測元件與國內外業者合作。

3. 透過定期參加產業開展計畫各子計畫之月會，不定期訪視部會委辦執行單位或計畫管理單位，如經濟部技術處（工研院微系統中心）、科技部工程司（國研院、中研院）、工業局補助業者（大同公司、福華電子、經昌車電）等，隨時掌握各子計畫之執行狀況，並維持溝通良好關係，了解執行計畫時所遭遇困難與需要協調之處，讓專案辦公室與各部會（包含委辦執行團隊）之間關係更緊密。
4. 評估分析國產感測器研發、測試進度與商品化時程規劃之適當性與合理性，持續督促各執行單位，並提供可能問題預警及解決對策給予環保署，並密切與署內討論，持續更新與滾動式調整。
5. 臺灣終端感測器雖在全球發展仍不如預期，但仍需盡早佈局下一階段的環境建構，如平台分析與整體應用服務，並集中資源於具國際競爭力的環境應用領域。此外建議結合 AI、邊緣運算等新興技術，搭配即將建置的 5G 通訊，加速布局智慧家電、車聯等其他應用領域。
6. 建立物聯網產業聯盟資訊，蒐集國際環境品質感測元件、物聯網應用資訊蒐集及整理業者環境品質物聯網開發情形，建置「臺灣環境物聯網」宣傳網站，運用八大主題「計畫願景」、「布建維運」、「空品小故事」、「公民科學」、「技術產業化」、「空品大小事」、「感測器認驗證」、「參考網站」藉以提升網站豐富度與觀看者的動機與問題解決，同步宣導並教學如何使用相關網站，並提高應用平台的使用率，藉此提供多元稽查管道供稽查人員查看污染事件及民眾陳情案件。

7. 辦理研習協助稽查人員運用環保署發展之智慧應用分析平台，藉由機器學習及大數據分析，分析可疑污染潛在熱區之時空間特徵，提供給稽查單位進行智慧稽查應用進行。
8. 藉由說明環保署監測 $PM_{2.5}$ 的設備及方法，並介紹微型感測器的原理，據以釐清「國家監測站」、「智慧城鄉感測點」和「學校民間感測器」之間差異與數據意義可讓民眾與環保團體熟悉空氣污染議題與空氣盒子的使用及應用限制。另分享相關科普知識廣宣相關環境物聯網及空品感測知識，以落實宣導。
9. 因應未來空氣品質感測器及物聯網的擴大加值應用，針對智慧居家建築感測應用(內政部建研所)、智慧工安污染監控(勞動部)、智慧車聯應用(交通部運研所)、智慧農業應用(農委會)、醫院或照護單位健康應用(衛福部國健署)等面向進行研析，完成洽談 2 件國內應用場域。
10. 持續蒐集國際物聯網、智慧城市展覽及研討會活動，本計畫參加 2 場次研討會進行參訪並提供研析報告，包含 AQ-SPEC at the Sensors Expo & Conference 2019 以及 IEEE Sensors 2019 的研討會活動，收集涵蓋氣體及煙霧感測、空氣微粒感測、室內空氣品質、場域實驗、污染物來源特徵、暴露與健康、新興技術發展、行動網路技術、資料分析、監控網路設計、年輕人的教育、中低收入國家的需求與展望等資訊。
11. 今(108)年度參與臺灣國際智慧物聯網應用展，並同步執行 2019 年資訊月政府館及臺中科學博物館環境物聯網展之展覽項目，期望透過更多的展覽與宣導，宣傳我國家發展國產化空氣品質感測元件經驗，協助推動相關產業創新參考，以及宣傳我國短

中長期全方位環境感測物聯網發展布建方案，藉由擴大參與物聯網宣導展覽，以展現我國在環境物聯網工作上的努力與成效。

建議

一、 評估國內外物聯網現況：

1. 持續蒐集美國、歐盟推動環境品質物聯網及智慧城市相關技術資訊外，建議增加日本、韓國及其他國家發展趨勢、國際產業分析與市場需求，加重南向國家、東歐市場及先進國家對於環境品質物聯網的市場規模，以利未來我國產業推動與國際接軌，進而研擬我國發展環境品質感測物聯網之具體規劃與建議，提出我國發展策略藍圖。
2. 為掌握交通污染之特性，建議應蒐集都會區車流量資料、對於重要道路、社區及輔助區之布建，應採用均勻布建來規畫，應持續依據實際布建成果進行滾動檢討，透過感測點位效益分析，配合實際布建經驗進行動態調整。

二、 建立感測數據智慧判讀及應用機制：

1. 針對所建立之設備異常以及環境異常判斷的標準作業程序，建議尚需透過實務驗證與回饋，以確保執行的效能與完整性，建議未來持續提供地方政府之巡檢程序進行確認，以利本團隊建立之 SOP 能發揮實用之真正功能。
2. 感測數據的特性包含各設備模組批量的差異、區域環境的特性及設備衰減老化等影響，數據異常的特徵需要持續累積成功事件進行系統回饋學習，建議強化事件中心的智慧功能應及平臺

經營管理之成效，針對設備異常或環境異常事件不斷改善學習，運用 PDCA 循環持續精進智慧執法之功能。

三、 精進國產化空氣感測元件研發技術：

1. $PM_{2.5}$ 感測元件刻正與廠商洽談合作與技轉，透過申請工業局之橋接計畫，朝聯盟之方式申請，未來主要目標將為商品化及推廣，同時將原型機功能提升，強化設備性能、穩定性、抗干擾性及使用壽命。
2. O_3 感測元件尚需進行感測元件優化，包括建立溫濕度差分自動補償機制，來消除感測元件受溫濕度的影響；亦將評估感測元件老化、長時間穩定性、產品 QA/QC 流程等關鍵參數。感測元件單體的目標，包含(1)線性範圍 0-400 ppb，$R^2 > 0.7$；(2)感測元件 CV% < 20%；(3)感測模組之偵測極限方面，< 30 ppb。
3. NO_2 感測元件短期突破場域測站數據相關性為 $R^2>0.5$ 的目標，下階段將以場域相關性測試結果來改良採樣機構設計，進行採樣矽膠管口處設計過濾裝置，與採樣器進氣量的控制，並以數據分析設計溫濕度修正之數據迴歸演算法研究。

四、 整合環境感測物聯網執行成果並擴大驗證：

1. 機動感測器的重點應用以移動式感測聯網為測試主軸，後續針對裝設於車輛上之感測器進行微型化設計，評估最佳氣流感測模式，搭配行車影像及 GPS 定位系統，分析感測濃度與交通現況的關聯性，期望能在跨域應用上獲得新的發想與成效。
2. 建議持續推廣感測器布建、應用成果、資料分析及相關空品小知識，提升民眾有感之成效，持續以小故事之發想，藉由網路媒體或推撥服務擴大民眾線上閱覽，藉由不同途徑廣播環境物

聯網的執行情形及成果，以淺顯易讀之資訊護融入社區宣導、學校課程教學或議題領域，喚醒民眾對環境、空污等議題的重視，導入正確的認知，避免受不實資訊誤導。

五、 協助地方政府感測物聯網建置工作：

1. 解析既有布建完成感測器之維運成效與缺失，研析合辦新建感測器數據品質之優劣，協助研擬感測器數據品管查驗機制，建立管理與執行之精進措施，據以強化未來執行管理之參考，適時提供可能問題預警及解決對策，確保空品物聯網布建維運之進度與品質。
2. 持續強化已布建完成感測器之環境執法應用成果，藉由完成布建及資料收集，依據布建應用情境的特性，對於布建密度較完整的縣市，結合其縣市空氣品質維護計畫進行環境治理的決策應用，例如：工業區污染溯源、移動污染源分析、餐飲源管制、露天燃燒行為預警…等，發揮整體空污減量及空品淨化目標。

六、 專案辦公室強化計畫管考、產業推動、成果效益：

1. 由於國產元件開發技術已趨成熟，建議明年度計畫階段性成果（收割）呈現與跨部會之間可以思考如何串接，並可透過專案辦公室與科技部、科技會報辦公室溝通，以人民較為有感的方式包裝呈現。更確實與精準整合相關空氣品質物聯網相關資源，並更積極推動除了智慧環境治理以外之跨域應用，強化創新服務應用思維，跨域整合勢在必行，建議在資料應用加值思維上仍需要持續加強與著墨，並可透過公私協作，加速國內產業生態系發展。

2. 明(109)年度為 4 年前瞻計畫的最後一年，建議協助環保署綜整前瞻基礎建設項下「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」與「空品物聯網產業開展計畫」之 4 年成果，藉由互動式展覽、大型研討會、易懂簡圖及視覺化媒體與成果總覽，透過向民眾呈現政府在環境物聯網之努力與付出，展示出隱藏在環境治理成效下，所付出在基礎建設的辛勞成果。

第 1 章 、緒論

1.1、計畫緣起背景

物聯網為全球科技及資訊新趨勢，在資通訊技術突飛猛進的發展下，結合大數據分析方式與人工智慧技術，提供多樣化的創新應用服務將是未來產業的新商機。國際上眾多國家藉由智慧城市跨入環境感測物聯網之領域發展，陸續在空氣品質、水質及廢棄物的管理上有所成果，我國則以標準監測站輔以微型感測器，建構綿密的環境感測網絡，並設計一套感測數據品質管控機制，發展成為輔助智慧稽查的環境執法應用服務，期盼藉由臺灣在全球具有領先的技術基礎上，以臺灣為示範場域，驗證物聯網在環境管理之應用效益，將我國環境感測物聯網應用服務推至國外以解決相似環境問題，逐步落實萬物聯網、環境優化、創新研發、驅動產業的目標，經由連結在地、全球及未來，達到雲端鏈結、跨界監控、智慧管理及客製化應用服務之目的。

經過 106 年計畫研析歐盟英國倫敦智慧城市計畫(Smart London)、荷蘭阿姆斯特丹智慧城市計畫、美國智慧城市計畫(Smart America)、日本智慧城市計畫(Smart City Project)，以及韓國松島智慧城市計畫(Sondo IBD)；107 年蒐集美國 CES 消費電子展、韓國物聯網建設、日本物聯網大數據(Big data)，以及歐盟與聯合國在健康角度的運用，其共通點是引入感測與通訊科技藉以提升生活品質、提高能源使用效率、改善交通運輸等，皆為環境物聯網可切入的角度，除建議物聯網設備商至少要與網路供應商、平台供應商或應用供應商之一進行整合，並規劃環境感測產業發展策略可分為萌芽期、發展期與成熟期，以發展公私部門合作與培養物聯網生態系。

在元件研發部分，106 年度計畫針對 $PM_{2.5}$、O_3 與 NO_2 三項感測技術進行研發，陸續完成雛型設計、數值模擬、幾何設計修正及雛型元件之製作。107 年度持續精進感測元件的性能強化，陸續完成雛型模組，並運用實驗室或實地場域測試，初步評估感測模組之效能，確實符合國內環境污染之需求。$PM_{2.5}$ 感測元件 cut size 約為 0.25±0.02μm 符合設計目標，電源供應器與靜電計合併縮小在於電路板中，整體體積縮小為儀器之 1/10，感測核心元件體積及重量減少 106 年雛型元件的 1/3。

O_3 感測元件研發方面，完成四極式電極及電極隔離疏水膜、電解質保水膜與電極分離膜之開發，偵測極限小於 20 ppb 符合設計目標，實驗室結果顯示雛型模組的線性區間濃度 0~700 ppb，R^2 >0.9，確實符合國內低中高污染環境中之效能。在 NO_2 感測元件研發方面，完成感測複材搭配光電驅動感測模組，搭配驅動電路與數據分析整合模組，內建硬體運算單元抗雜訊和漂移模式，偵測極限小於 20 ppb 符合設計目標，完成相容在環保署實地場域布建之感測器，機構硬體驅動測試功能合格，50 套成品機應用於國內實地場域，確實符合國內低中高污染環境中之效能。

在配合相關行政作業以提升計畫執行品質與成效的部分，主要以協助環保署與環保局之地方合辦環境物聯網布建計畫，針對環保署與 13 個地方政府合辦空氣品質物聯網布建計畫，共計布建 2,600 個感測器，並完成空氣品質物聯網感測器布建前置作業範例，包括感測器項目與規格訂定、測試驗證及一致性比對執行方式、布建選址規劃及細節、地方內機關權責協調、布建後巡檢及維修等規劃工作。並成立專案辦公室，即時處理行政院及環保署各項配合之事務，快速協調前瞻計畫分項一與分項二部會合作與追蹤管考，以強化計畫管考與產業化推動進度。

在物聯網應用快速進展的世代，運用大數據治理環境，自動監控環境品質，針對異常情形預警及應變，提供高效益的解決方案。本計畫希望在延續 106 年度及 107 年度環境物聯網相關計畫所建立的基礎下，持續協助環保署運用微型感測器建構智慧化環境管理系統，由感測元件技術的研發、提升國內感測數據品質及應用效益、產官學研於物聯網技術聯繫與共同成長、智慧城市與環境執法的應用規劃，到環境物聯網短中長期規劃與各計畫的橫向聯繫等，透過以臺灣為驗證場域，確實看到輔助智慧稽查的成效，同時也讓民眾明確感受到國內環境感測物聯網對環境治理的功能，逐步落實萬物聯網、環境優化、創新研發、驅動產業的目標。

1.2、年度目標

依行政院環保署之評選須知，今年的計畫目標如下：

一、評估國內外物聯網現況。

二、建立感測數據智慧判讀及應用機制。

三、精進國產化空氣感測元件研發技術。

四、整合環境感測物聯網執行成果並擴大驗證。

五、協助地方政府感測物聯網建置工作。

六、專案辦公室強化計畫管考、產業推動、成果效益。

為如期完成所有工作項目與目標，並使成果能超越環保署期望，本計畫團隊在規劃階段即研擬有效之計畫管理、分工合作及各項工作執行的作業流程，詳如後續各章節所述。本計畫經費為 28,800,000 元，主要分為人事費、業務費、材料費、差旅費及管理費等，其中人事費包含計畫主持人、協同主持人、計畫經理、專案辦公室管理人、研究員及副研究員等人員費用及保險費用，業務費為感測元件研發、會議講師費用與辦公室相關郵資影印費用等，材料費為感測元件研發及測試材料費、感測元件設備儀器維護、感測布建及維運等，差旅費用為人員差旅及國外出國費用，管理費則為內部執行業務使用。此外，整體工作架構如**圖 1-1**。

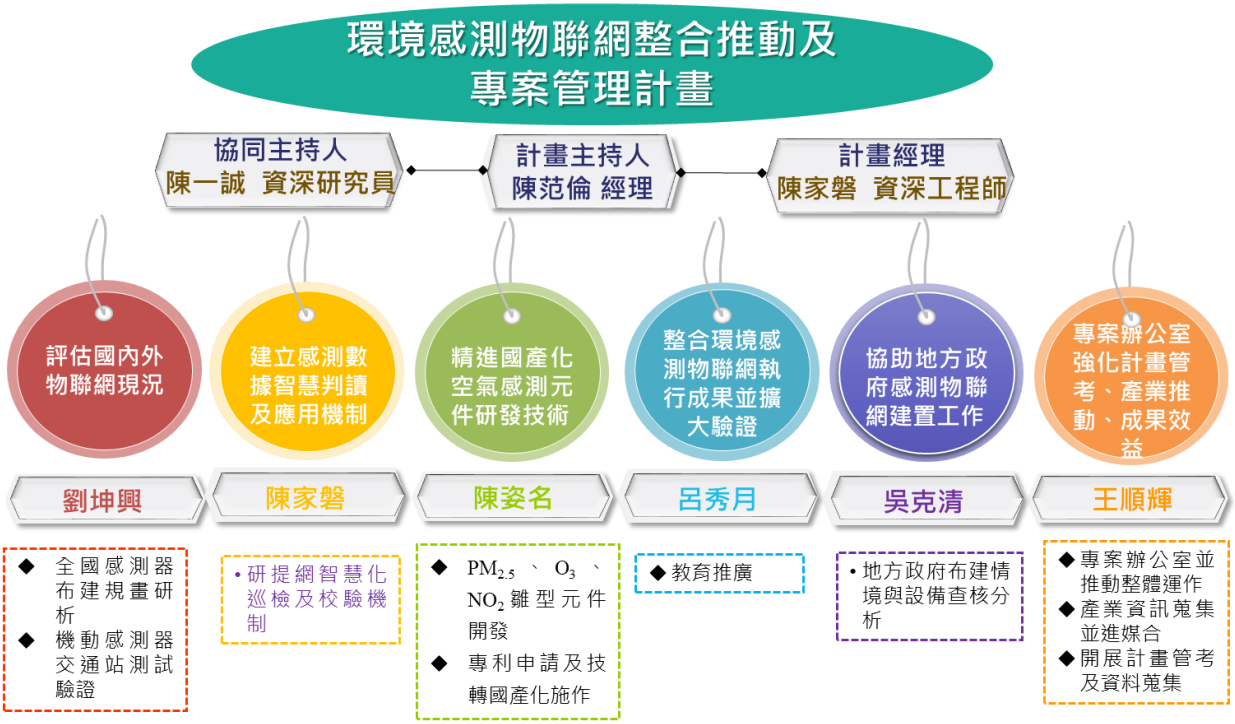


圖 1-1、整體計畫執行架構

1.3、工作項目

依據本專案工作計畫評選須知，本計畫工作項目展開如下：

一、評估國內外物聯網現況

A. 持續蒐集國外(至少包含歐盟、美國、日本、韓國)物聯網、環境品質物聯網、智慧城市之資訊、發展趨勢、架構規劃、推動策略、具體措施，另需含國家規劃、感測器及元件、數據傳輸、分析應用、產業分析及預測等階段，並提出我國發展建議報告。

B. 研提我國發展策略及推動措施，並規劃全國空氣品質感測器布建點藍圖及提出效益預測，依現行布建點位每半年檢討工業、社區、交通、輔助等感測點布建數量及位置，確認各點感測器與全國布建藍圖扣合情形，提出檢討報告以利通知地方政府更換點位。

C. 持續蒐集全國業者、地方政府、校園之空氣品質感測器自主布建策略、布建點及規格，及其進度，以掌握國內布建現況。

D. 蒐集及研提國內外空氣品質對健康影響、空氣品質指標訂定依據、該指標與人體健康風險關係等國內外公信單位資料，且重要資料應部分或全文翻譯為中文，每季提出資料更新。

E. 蒐集及研提與環境感測物聯網技術、研發、資料分析等學術、公信單位、指標企業之學術研究資料，決標日起 1 個月內完成蒐集資料架構分類及時程規劃，並每季提出資料更新。

F. 將我國感測物聯網推動成果及創新發現投稿或發表論文於國際期刊(非研討會發表)或國內指標學術期刊 3 件以上。

二、建立感測數據智慧判讀及應用機制

A. 檢視各空氣品質感測器數據，以大數據分析、數據統計分析或其他方式解析感測數值，判斷感測器異常、大環境變異或空氣污染徵兆，並且界定每次解析案件之最適時間軸範圍(建議由不同時間軸範圍解析後擇定最適範圍)，決標日起 3 個月內完成感測數據解析判斷依據及標準作業程序、流程機制、後續處理方式。

B. 每 2 月產出感測數據解析研析報告，分析前 2 個月各空氣品質感測器數據，分別以全國、7 大空品區、各縣市、4 類感測器布建區域(工業、社區、交通、輔助)等不同級距空間範圍評估建立歷程資料並交叉比對同一級距感測數據，並滾動式修正前項標準作業程序。

C. 針對所有感測點分析，如有發現污染熱區、污染時間熱點、可疑排放污染名單應提供機關或環保稽查單位參考。另針對交通感測點進階分析，評估與時間、天氣、車流量、風速、風向或其他因子相關性，並提出交通感測點布建位置之建議。

D. 蒐集 108 年空氣污染事件之新聞案件(例如火災、洩漏)及其感測數據變化，並建立該年完整空氣污染事件大紀事及感測數據變化資料，以利機關對外說明物聯網資料判讀方式。

E. 研提感測物聯網智慧化巡檢(管理感測設備)及感測器校驗機制(管理感測數據)之建議方案至少 3 種，以利分析各感測器性能狀態及減少巡檢人力，應包含以鄰近感測器、標準監測站及巡檢儀器及平行比對感測器等資訊建立相關參數對應關係、盤點感測器偏移狀況、未來數據可能偏移情形、需進行現場巡檢感測器之篩選機制、運用大數據進行感測器遠端校正、依據數據分析建置智慧化巡檢校驗機制。

F. 前項各方案經可行性評估擇定後，擬定標準作業程序及管理方式；另每周出具感測校驗及偏移情形報告單。

G. 以上各項需併入每 2 月至少召開 1 次檢討會議報告。

三、精進國產化空氣感測元件研發技術。

A. 完成國產化 $PM_{2.5}$ 感測元件之感測器電路板與元件單體小型化，並完成小型量產原型機 6 組，完成實驗室 3S 測試，並經實驗確認可實際應用於國內實地場域(涵蓋國內低中高污染環境)，須將實驗室或實地場域測試期程(至少 3 個月)、地點(至少 2 處)、比對方式、結果出具測試報告；並提高感測器技術轉移洽談件數，技術轉移單位須經機關同意後執行。

B. 完成國產化 O_3、NO_2 感測元件之精進與量產化技術開發，建立溫濕度差分自動補償機制，完成量產設計及成品機 20 組以上，並經實際應用於國內實地場域(涵蓋國內低中高污染環境)，須將測試期程(至少 3 個月)、地點(至少

3 處)、比對方式、結果出具測試報告；並提高感測器技術轉移洽談件數，技術轉移單位須經機關同意後執行。

C. 以上 3 式空氣品質感測器研發原則如下：

(A)各感測技術篩選，原則以未來研發完成後可大量製作、符合物聯網廣布感測器之特性及成本需求，以全國產化技術為優先，且無技術或智慧財產權疑義。如需引進國外適切技術，需取得該技術及智慧財產權利，惟每項技術得扣減 10%計畫總經費。

(B)研究或研發成果需提出臺灣或歐盟或美國之專利申請。

D. 評估可國產化之空氣品質感測元件項目及技術至少 3 項，並分析國內外時空背景及感測技術資料蒐集，提出應用場 域、市場需求預測、國產化研發設計及生產及量產可行性、該技術及智慧財產權全球分布現況、推動策略等，提出空氣品質感測元件開發評估建議書。

四、整合環境感測物聯網執行成果並擴大驗證。

A. 於國內外布建 100 點以上空氣品質感測器(必要項目為 $PM_{2.5}$、溫度、濕度)試驗驗證，並依據機關需求執行感測器維運作業，維運工作之細部規格及感測器數據品質須經機關認可。試驗驗證方式如下：

(A)辦理布建與維運作業教育訓練 2 場次，課程包含感測點位規劃、布建作業程序、維運作業程序、巡檢作業程序、感測數據檢核、污染熱區分析。每場次 2 小時以上、需提供場地租借、提供茶水及餐點，並包含講師 2 小時授課。(場地容納 60 人以上規模)

(B)執行感測器布建規劃與設計，研擬布建與維運作業計畫，並協調整備布建作業。布建規劃及點位選擇以機關需求為主，機關保有調整權利。

(C)依據前項布建規劃研擬電力及通訊方案，並調整感測器系統；布建前須以符合示範需求之監測站與區域實施感測器平行比對作業。本項感測器布建作業須依據機關需求執行，工作細部規格須經機關認可後實施。

(D)以上工作倘未有合適之試驗驗證區域或方案，得經機關同意後逐項減價驗收。

B. 維運 107 年 50 點空氣品質感測器(包含機動式)，並進行跨域結合測試驗證未來感測物聯網可能應用模式。

C. 協助環保署「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」各分項計畫之規劃推動、目標檢視，管理追蹤其工作及經費執行進度，每月提出彙整及進度報告(含可能問題預警及分析、對策研擬、效益分析)，每 2 月召開管理檢討會議(會議地點由機關決定)，並通盤評估整體計畫關鍵工作及時間點之銜接是否完整。

D. 每 2 月及每半年更新前項計畫成果摘要說明資料(型式如精簡文字、秒懂圖片)，以利機關彙整成效。另規劃、彙整機關整體環境物聯網推動內容，並研提對策分析、強化推動策略建議。

E. 以目前布建感測器數據資料為基礎，結合監測站資料及其他異質資料，分析各地方政府感測器數據以歸納各地特性。

F. 蒐集機關推動環境品質感測物聯網目前所遇問題，分類規劃精進方式，並規劃每季與專家學者或民間團體或相關對象召開交流會議(如工作坊)，溝通意見強化政策推動。另配合機關需求及計畫推動，提供相關法律意見書。

G. 規劃及辦理空氣品質認知相關研習會或說明會或教育訓練 10 場次以上，每場次原則 2 小時、對象為國內教育人員或民眾或環保局或業者、需提供場地租借、提供茶水及餐點，並包含講師 2 小時授課。以機關實際需求為優先辦理，縣市、課程安排及教本設計需經機關同意。(場地容納 60 人以上規模)

H. 得標廠商需有 1 名專業人力，經機關同意(更換時亦同)，專門辦理本計畫相關工作，依機關需求於指定地點協助計畫執行、彙整資料、聯繫協調等行政工作。

I. 配合機關舉辦活動或記者會，協助規劃及彙整資料，提供/製作簡報、海報、推廣文件、論文，必要時提供場地租借、器材租借、布場、展示品製作、說明素材製作。配合機關報告案、會議，協助彙整研提資料、簡報；另協助機關環境品質物聯網相關網站之規劃、管理及維運。

五、協助地方政府感測物聯網建置工作。

A. 管理追蹤各地方政府與機關合辦感測器布建之工作及經費執行進度，須了解其執行進度困難點，決標後提出管理方式規劃並每 2 月提出檢討報告，視需要與地方政府召開管理會議(應事前提出討論議題)。

B. 彙整地方政府感測物聯網運作情形(包含合辦計畫執行、布建工作、維運工作、稽查工作、宣導工作、經費執行等進度)，並每月向機關提出管理建議。得標廠商需有 2 名行政或技術專業人力，經機關同意(更換時亦同)專門辦理地方政府執行管理工作，依機關需求於指定地點協助計畫執行、彙整資料、聯繫協調等行政工作。

C. 協助地方政府落實空氣品質感測器布建之評估、規劃、執行，提供專業分析及建議，協助其協調工作，必要時協助地方政府進行布建位置之實地勘查。

D. 協助機關審查地方政府所提空氣品質感測器布建之相關資料，並研提分析建議。另需確認及查驗地方政府布建感測器地點、數據資料上傳情形及完整率，並依機關需求規劃及執行。

E. 將感測器之應用目的、選址評估、安裝布建、品保品管程序、運作管理、異常偵測、異常通報、更換維修、數據管理、數據校正、數據公布、污染偵測及分析判斷、污染稽查、巡檢查核、經費編列及執行等工作準則訂定標準作業程序、問題解決對策一欄表，並集結成系列工作手冊、說明簡圖，提供地方政府應用參考。

六、專案辦公室強化計畫管考、產業推動、成果效益。

A. 依據前瞻基礎建設計畫之建構民生公共物聯網計畫項下「空品物聯網產業開展計畫」內容成立專案辦公室，辦理我國空品物聯網推動及資源整合工作、訂定問答集作為內部參考文件以利對外說明，並提出專案辦公室及我國空品物聯網之 108 年及 109 年年度目標。專案辦公室之規劃、運作方式、年度目標須經機關認可後執行。

B. 督導、聯繫、協調各部會計畫事宜，並彙整進度及成果資料，定期提出進度報告、召開會議。本項工作需配合行政院、科技會報辦公室、科技部、環保署需求。

C. 整合各部會「空品物聯網產業開展計畫」分工並配合環保署「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」執行需求，提出關鍵工作及其時間點規劃，

檢視各工作項目適用性、銜接程度(內容、期程)，可能問題提出預警、分析及對策研擬，並配合機關需求提出建議、分析資料，原則每月或每季召開進度會議。本項工作應以環保署智庫角色規劃，俾提供決策參考。

D. 蒐集及比較國內各式空氣品質感測器資訊、國際環境品質感測元件、物聯網應用資訊，提出我國產業發展之優劣分析。規劃及研提國內環境品質物聯網之加值應用方式、研擬我國產業發展策略、規劃整體輸出方式及時程表。

E. 持續鏈結國內物聯網公協會及產業，組成交流平台，並蒐集業者環境品質物聯網開發情形。以空品物聯網一站式推廣中心協助產官學研民交流情資，並創造跨專業領域結合機會；持續更新管理網頁資訊。

F. 強化科普知識結合，以監測站及感測器數據意義差異為主軸製作教材，並辦理研習會或說明會 4 場次以上(每場原則 2 小時、場地容納 60 人規模、需提供場地租借、茶水及餐點、專家學者 3 人出席費及交通費)、及由不同社群媒體網站分享相關科普知識 5 則以上。

G. 完成洽談 2 件國內空氣品質感測器或物聯網擴大應用場域(例如合作案)，並提出應用目標、規劃、期程；另籌組國內環境品質物聯網之專家團隊，輔導或查核業界及地方政府 5 場次以上(至少 4 名專家/場次)。(場地容納 20 人以上規模、需提供場地租借、茶水及餐點、專家學者出席費及接駁)

H. 持續蒐集國際物聯網、智慧城市展覽活動及研討會資訊，並擇 2 場以上進行參訪，研提參訪報告。參訪地區以歐美為優先(每場原則 7 日、1 人以上)，並需經機關同意。

I. 規劃及辦理大型研討會議或交流會議或展覽(合計 2 日以上)，需經機關同意後辦理，專家學者為國內外物聯網專家，含機票、交通、住宿、出席費、餐飲、場地租借(150 人以上場地)及布置、簡介、會議資料。(大型研討會議或交流會議之專家學者：2 日共計 20 人以上)。

J. 專案辦公室應有 4 人以上專責人員(其中 1 人為專案辦公室管理人，另 3 人為專案研究人員)，全職辦理本項工作，且須含有 2 人以上具有整合部會、整合地方政府之行政及管理經驗。為利計畫推動，機關保有人員更換權力。

1.4、執行進度

今年計畫皆符合計畫進度要求，檢視本計畫契約書中計畫預定進度與查核點之相關期程(如表 1-1 及**錯誤! 找不到參照來源。**所示)，各項工作之階段執行情形與完工百分比如

表 1-3 及表 1-4 所示。

表 1-1、工作預定進度

工作內容項目	月次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	年別	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108
	月份	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
一、評估國內外物聯網現況											
(1)國外空品感測技術資料蒐集與分析，研提我國發展策略及具體推動措施							(1)				
(2)規劃全國空氣品質感測器布建點藍圖，提出效益預測						(2)					
(3)掌握業者及地方政府之空氣品質感測器布建現況							(3)				
(4)蒐集及研提國內外空品對健康影響、空品指標訂定依據與人體健康風險關係										(4)	
(5)蒐集及研提環境感測物聯網技術、研發、資料分析等學術研究資料										(5)	
(6)將我國推動成果及創新發現投稿或發表論文於國際或國內期刊 3 件									(6)		
二、建立感測器數據智慧判讀及應用機制											
(7)解析感測數值，判斷感測器異常、大環境變異或空氣污染徵兆，建立標準作業程序						(7)					
(8)每 2 月產出感測數據解析研析報告，建立歷程與比對資料											(8)
(9)發現可疑排放污染名單應提供機關或環保稽查單位參考。另評估時間、天氣、車流量、									(9)		

工作內容項目	月次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	年別	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108
	月份	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
風速、風向因子相關性，提出交通感測點布建位置建議											
(10)蒐集 108 空氣污染事件之新聞案件，建立該空氣污染事件大紀事及感測數據變化資料											(10)
(11)研提網智慧化巡檢及感測器校驗機制方案，並出具感測校驗及偏移情形報告單							(11)				
三、精進國產化空氣感測器元件研發技術											
(12)完成國產化 $PM_{2.5}$ 感測模組小型化、NO_2 感測模組縮體積整合產品					(12)						
(13)完成國產化 $PM_{2.5}$ 感測核心元件單體 3S 測試、NO_2 感測模組產品測試及 O_3 感測模組產品測試								(13)			
(14) $PM_{2.5}$ 感測模組原型機實驗室或實地場域測試，涵蓋低中高濃度、NO_2 與 O_3 感測模組原型機產品實地場域測試，涵蓋低中高濃度											(14)
(15) $PM_{2.5}$ 感測模組原型機小型試量產、NO_2 感測原型機產品試量及 O_3 感測原型機產品試量產										(15)	
(16)可國產化之 PM、NOx 與酸氣感測技術資料收集，並提出開發評估建議										(16)	
四、整合環境感測物聯網執行成果並擴大驗證											
(17)於國內外布建 100 點以上空氣品質感測器試驗驗證，試驗驗證方式辦理辦理布建與維運作業教育訓練						(17)					
(18)於國內外布建 100 點以上空氣品質感測器試驗驗證，試驗驗證方式執行感測器布建規劃與設計、執行感測器布建及平行比對作業										(18)	
(19)維運 107 年 50 點空氣品質感測器(包含機動式)，並進行跨域結合測試驗證未來感測物聯網可能應用模式。										(19)	
(20)協助環保署「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」各分項計畫之規劃推動、目標檢視，管理追蹤其工作及經費執行進度，每月提出彙整及進度報告(含可能問題預警及分析、對策研擬、效益分析)，每 2 月召開管理檢討會議											(20)
(21)每 2 月及每半年更新前項計畫成果摘要說明資料(型式如精簡文字、秒懂圖片)，以利機關彙整成效。另規劃、彙整機關整體環境物聯網推動內容，並研提對策分析、強化推動策略建議。											(21)

工作內容項目	月次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	年別	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108
	月份	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
(22)以目前布建感測器數據資料為基礎，結合監測站資料及其他異質資料，分析各地方政府感測器數據以歸納各地特性。							(22)				
(23)蒐集機關推動環境品質感測物聯網目前所遇問題，分類規劃精進方式，並規劃每季與專家學者或民間團體或相關對象召開交流會議(如工作坊)，溝通意見強化政策推動。另配合機關需求及計畫推動，提供相關法律意見書。										(23)	
(24)規劃及辦理空氣品質認知相關研習會或說明會或教育訓練 10 場次									(24)		
五、協助地方政府感測物聯網建置工作											
(25)管理追蹤各地方政府與機關合辦感測器布建之工作及經費執行進度											(25)
(26)彙整地方政府感測物聯網運作情形，並每月向機關提出管理建議。											(26)
(27)協助地方政府落實空氣品質感測器布建之評估、規劃、執行，提供專業分析及建議，協助其協調工作，必要時協助地方政府進行布建位置之實地勘查。										(27)	
(28)協助機關審查地方政府所提空氣品質感測器布建之相關資料，並研提分析建議。另需確認及查驗地方政府布建感測器地點、數據資料上傳情形及完整率，並依機關需求規劃及執行。											(28)
(29)將感測器之應用目的、選址評估、安裝布建、品保品管程序、運作管理、異常偵測、異常通報、更換維修、數據管理、數據校正、數據公布、污染偵測及分析判斷、污染稽查、巡檢查核、經費編列及執行等工作準則訂定標準作業程序、問題解決對策一欄表，並集結成系列工作手冊、說明簡圖，提供地方政府應用參考。								(29)			
六、專案辦公室強化計畫管考、產業推動、成果效益											
(30)依據前瞻基礎建設計畫之建構民生公共物聯網計畫項下「空品物聯網產業開展計畫」內容成立專案辦公室，辦理我國空品物聯網推動及資源整合工作、訂定問答集作為內部參考文件以利對外說明，並提出專案辦公室及我國空品物聯網之 108 年及 109 年年度目標。專案辦公室之規劃、運作方式、年度目標須經機關認可後執行。							(30)				
(31)整合各部會「空品物聯網產業開展計畫」分											(31)

工作內容項目	月次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	年別	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108
	月份	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
工及配合環保署「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」計畫管考等事宜											
(32)蒐集及比較國內各式空氣品質感測器資訊、國際環境品質感測元件、物聯網應用資訊，提出我國產業發展之優劣分析。規劃及研提國內環境品質物聯網之加值應用方式、研擬我國產業發展策略、規劃整體輸出方式及時程表。								(32)			
(33)持續鏈結國內物聯網公協會及產業，組成交流平台，並蒐集業者環境品質物聯網開發情形。以空品物聯網一站式推廣中心協助產官學研民交流情資，並創造跨專業領域結合機會；持續更新管理網頁資訊。											(33)
(34)強化科普知識結合，以監測站及感測器數據意義差異為主軸製作教材，並辦理研習會或說明會及由不同社群媒體網站分享相關科普知識。									(34)		
(35)完成洽談 2 件國內空氣品質感測器或物聯網擴大應用場域(例如合作案)，並提出應用目標、規劃、期程；另籌組國內環境品質物聯網之專家團隊，輔導或查核業界及地方政府。									(35)		
(36)持續蒐集國際物聯網、智慧城市展覽活動及研討會資訊，並擇 2 場以上進行參訪，研提參訪報告。									(36)		
(37)規劃及辦理大型研討會議或交流會議或展覽								(37)			
七、其他本計畫成果進度											
(38)計畫期中報告(第 1 期款於完成專案辦公室之規劃及運作方式及年度目標、本計畫進度報告 1 次，並於期中報告經機關認可後，撥付計畫經費 50 %)						(38)					
(39)(計畫期末報告)第 2 期款於完成本計畫進度報告 2 次、本計畫規定工作項目及期末報告，經機關認可後，撥付計畫經費 50 %										(39)	
預定進度累積百分比(%)		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

表 1-2、計畫查核點說明

查核點	預定完成時間	查核點內容說明
一、評估國內外物聯網現況		
(1)	108.08.31	國外空品感測技術資料蒐集與分析，研提我國發展策略及具體推動措施
(2)	108.07.31	規劃全國空氣品質感測器布建點藍圖，提出效益預測

查核點	預定完成時間	查核點內容說明
(3)	108.08.31	掌握業者及地方政府之空氣品質感測器布建現況
(4)	108.11.30	蒐集及研提國內外空品對健康影響、空品指標訂定依據與人體健康風險關係
(5)	108.11.30	蒐集及研提環境感測物聯網技術、研發、資料分析等學術研究資料
(6)	108.10.31	將我國推動成果及創新發現投稿或發表論文於國際或國內期刊 3 件
二、建立感測數據智慧判讀及應用機制		
(7)	108.07.31	解析感測數值，判斷感測器異常、大環境變異或空氣污染徵兆，建立標準作業程序
(8)	108.12.31	每 2 月產出感測數據解析研析報告，建立歷程與比對資料
(9)	108.10.31	發現可疑排放污染名單應提供機關或環保稽查單位參考。另評估時間、天氣、車流量、風速、風向因子相關性，提出交通感測點布建位置建議
(10)	108.12.31	蒐集 108 空氣污染事件之新聞案件，建立該空氣污染事件大紀事及感測數據變化資料
(11)	108.08.31	研提網智慧化巡檢及感測器校驗機制方案，並出具感測校驗及偏移情形報告單
三、精進國產化空氣感測元件研發技術		
(12)	108.06.30	完成國產化 $PM_{2.5}$ 感測模組小型化、NO_2 感測模組縮體積整合產品
(13)	107.09.30	完成國產化 $PM_{2.5}$ 感測核心元件單體 3S 測試、NO_2 感測模組產品測試及 O_3 感測模組產品測試
(14)	108.12.15	$PM_{2.5}$ 感測器原型機實驗室或實地場域測試，涵蓋低中高濃度 NO_2 與 O_3 感測模組原型機產品實地場域測試，涵蓋低中高濃度
(15)	108.11.30	完成 $PM_{2.5}$ 感測原型機小型試量產、NO_2 感測原型機小型試量產及完成 O_3 感測原型機小型試量產
(16)	108.11.30	評估可國產化之 PM、NO_x 與酸氣感測技術，並提出開發評估建議
四、整合環境感測物聯網執行成果並擴大驗證		
(17)	108.07.31	於國內外布建 100 點以上空氣品質感測器試驗驗證，試驗驗證方式辦理辦理布建與維運作業教育訓練
(18)	108.11.30	於國內外布建 100 點以上空氣品質感測器試驗驗證，試驗驗證方式執行感測器布建規劃與設計、執行感測器布建及平行比對作業
(19)	108.11.30	維運 107 年 50 點空氣品質感測器(包含機動式)，並進行跨域結合測試驗證未來感測物聯網可能應用模式。
(20)	108.12.31	協助環保署「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」各分項計畫之規劃推動、目標檢視，管理追蹤其工作及經費執行進度，每月提出彙整及進度報告(含可能問題預警及分析、對策研擬、效益分析)，每 2 月召開管理檢討會議
(21)	108.12.31	每 2 月及每半年更新前項計畫成果摘要說明資料(型式如精簡文字、秒懂圖片)，以利機關彙整成效。另規劃、彙整機關整體環境物聯網推動內容，並研提對策分析、強化推動策略建議
(22)	108.08.31	以目前布建感測器數據資料為基礎，結合監測站資料及其他異質資料，分析各地方政府感測器數據以歸納各地特性
(23)	108.11.30	蒐集機關推動環境品質感測物聯網目前所遇問題，分類規劃精進方式，並規劃每季與專家學者或民間團體或相關對象召開交流會議(如工作坊)，溝通意見強化政策推動。另配合機關需求及計畫推動，提供相關法律意見書。

查核點	預定完成時間	查核點內容說明
(24)	108.10.31	規劃及辦理空氣品質認知相關研習會或說明會或教育訓練 10 場次
五、協助地方政府感測物聯網建置工作		
(25)	108.12.31	管理追蹤各地方政府與機關合辦感測器布建之工作及經費執行進度
(26)	108.12.31	彙整地方政府感測物聯網運作情形，並每月向機關提出管理建議。
(27)	108.11.30	協助地方政府落實空氣品質感測器布建之評估、規劃、執行，提供專業分析及建議，協助其協調工作，必要時協助地方政府進行布建位置之實地勘查
(28)	108.12.31	協助機關審查地方政府所提空氣品質感測器布建之相關資料，並研提分析建議。另需確認及查驗地方政府布建感測器地點、數據資料上傳情形及完整率，並依機關需求規劃及執行
(29)	108.09.30	將感測器之應用目的、選址評估、安裝布建、品保品管程序、運作管理、異常偵測、異常通報、更換維修、數據管理、數據校正、數據公布、污染偵測及分析判斷、污染稽查、巡檢查核、經費編列及執行等工作準則訂定標準作業程序、問題解決對策一欄表，並集結成系列工作手冊、說明簡圖，提供地方政府應用參考
六、專案辦公室強化計畫管考、產業推動、成果效益		
(30)	108.08.31	依據前瞻基礎建設計畫之建構民生公共物聯網計畫項下「空品物聯網產業開展計畫」內容成立專案辦公室，辦理我國空品物聯網推動及資源整合工作、訂定問答集作為內部參考文件以利對外說明，並提出專案辦公室及我國空品物聯網之 108 年及 109 年年度目標。專案辦公室之規劃、運作方式、年度目標須經機關認可後執行。
(31)	108.12.31	整合各部會「空品物聯網產業開展計畫」分工及配合環保署「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」計畫管考等事宜
(32)	108.09.30	蒐集及比較國內各式空氣品質感測器資訊、國際環境品質感測元件、物聯網應用資訊，提出我國產業發展之優劣分析。規劃及研提國內環境品質物聯網之加值應用方式、研擬我國產業發展策略、規劃整體輸出方式及時程表。
(33)	108.12.31	持續鏈結國內物聯網公協會及產業，組成交流平台，並蒐集業者環境品質物聯網開發情形。以空品物聯網一站式推廣中心協助產官學研民交流情資，並創造跨專業領域結合機會；持續更新管理網頁資訊
(34)	108.10.31	強化科普知識結合，以監測站及感測器數據意義差異為主軸製作教材，並辦理研習會或說明會及由不同社群媒體網站分享相關科普知識。
(35)	108.10.31	完成洽談 2 件國內空氣品質感測器或物聯網擴大應用場域(例如合作案)，並提出應用目標、規劃、期程；另籌組國內環境品質物聯網之專家團隊，輔導或查核業界及地方政府。
(36)	108.10.31	持續蒐集國際物聯網、智慧城市展覽活動及研討會資訊，並擇 2 場以上進行參訪，研提參訪報告。
(37)	108.09.30	完成辦理大型研討會議或交流會議或展覽
七、其他本計畫成果進度		
(38)	108.08.31	完成計畫期中報告(第 1 期款於完成專案辦公室之規劃及運作方式及年度目標、本計畫進度報告 1 次，並於期中報告經機關認可後，撥付計畫經費 50 %)，預定進度累積百分比 50%
(39)	108.11.15	完成計畫期末報告第 2 期款於完成本計畫進度報告 2 次、本計畫規定工作項目及期末報告，經機關認可後，撥付計畫經費 50 %，預定進度累積百分比 90%

表 1-3、實際預定進度與查核點說明

契約書之預定進度累積百分比（%）		100			實際執行進度（%）	98.9	
工作內容項目	實際執行情形	差異分析（打√）			落後原因	困難檢討及對策	預計改善完成日期
		符合	落後	超前			
期中報告	計畫期中報告(第 1 期款於完成專案辦公室之規劃及運作方式及年度目標、本計畫進度報告 1 次，並於期中報告經機關認可後，撥付計畫經費 50 %)	√					
期末報告	完成計畫期末報告第 2 期款於完成本計畫進度報告 2 次、本計畫規定工作項目及期末報告，經機關認可後，撥付計畫經費 50 %，預定進度累積百分比 100%	√					

表 1-4、合約工作項目之執行情形與完工百分比

工作內容	占總進度百分比	單項進度百分比	實際總進度百分比	查核月份	執行情形
一、評估國內外物聯網現況					
(1)國外空品感測技術資料蒐集與分析，研提我國發展策略及具體推動措施	1.0%	100%	1.000%	8 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 2.1 節)
(2)規劃全國空氣品質感測器布建點藍圖，提出效益預測	1.0%	100%	1.000%	7 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 2.2 節)
(3)掌握業者及地方政府之空氣品質感測器布建現況	1.5%	100%	1.500%	8 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 2.3 節)
(4)蒐集及研提國內外空品對健康影響、空品指標訂定依據與人體健康風險關係	1.5%	100%	1.500%	11 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 2.4 節)
(5)蒐集及研提環境感測物聯網技術、研發、資料分析等學術研究資料	1.5%	100%	1.500%	11 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 2.5 節)
(6)將我國推動成果及創新發現投稿或發表論文於國際或國內期刊 3 件	1.0%	100%	1.000%	10 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 2.6 節)
二、建立感測器數據智慧判讀及應用機制					
(7)解析感測數值，判斷感測器異常、大環境變異或空氣污染徵兆，建立標準作業程序	2.0%	100%	2.000%	7 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 3.1 節)
(8)每 2 月產出感測數據解析研析報告，建立歷程與比對資料	2.0%	100%	2.000%	12 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 3.2 節)
(9)發現可疑排放污染名單應提供機關或環保稽查單位參考。另評估時間、天氣、車流量、風速、風向因子相關性，提出交通感測點布建位置建議	2.0%	100%	2.000%	10 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 3.3 節)
(10)蒐集 108 空氣污染事件之新聞案件，建立該空氣污染事件大紀事及感測數據變化資料	2.0%	100%	2.000%	12 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 3.4 節)
(11)研提網智慧化巡檢及感測器校驗機制方案，並出具感測校驗及偏移情形報告單	4.0%	100%	4.000%	8 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 3.5 節~3.6 節)
三、精進國產化空氣感測器元件研發技術					
(12)完成國產化 $PM_{2.5}$ 感測模組小型化、NO_2 感測模組縮體積整合產品	9%	100%	9.000%	6 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 4.1 節~4.2 節)

工作內容	占總進度百分比	單項進度百分比	實際總進度百分比	查核月份	執行情形
(13)完成國產化 $PM_{2.5}$ 感測核心元件單體 3S 測試、NO_2 感測模組產品測試及 O_3 感測模組產品測試	6%	100%	6.000%	9 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 4.1 節~4.2 節)
(14) $PM_{2.5}$ 感測模組原型機實驗室或實地場域測試，涵蓋低中高濃度、NO_2 與 O_3 感測模組原型機產品實地場域測試，涵蓋低中高濃度	6%	100%	6.000%	12 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 4.1 節~4.2 節)
(15) $PM_{2.5}$ 感測模組原型機小型試量產、NO_2 感測原型機產品試量及 O_3 感測原型機產品試量產	6%	100%	6.000%	11 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 4.2 節)
(16)可國產化之 PM、NO_x 與酸氣感測技術資料收集，並提出開發評估建議	3%	100%	3.000%	11 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 4.3 節)
四、整合環境感測物聯網執行成果並擴大驗證					
(17)於國內外布建 100 點以上空氣品質感測器試驗驗證，試驗驗證方式辦理辦理布建與維運作業教育訓練	10.0%	100%	10.00%	7 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 5.1 節)
(18)於國內外布建 100 點以上空氣品質感測器試驗驗證，試驗驗證方式執行感測器布建規劃與設計、執行感測器布建及平行比對作業	2.0%	100%	2.00%	11 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 5.1 節)
(19)維運 107 年 50 點空氣品質感測器(包含機動式)，並進行跨域結合測試驗證未來感測物聯網可能應用模式。	1.5%	100%	1.50%	11 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 5.2 節)
(20)協助環保署「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」各分項計畫之規劃推動、目標檢視，管理追蹤其工作及經費執行進度，每月提出彙整及進度報告(含可能問題預警及分析、對策研擬、效益分析)，每 2 月召開管理檢討會議	1.0%	100%	1.00%	12 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 5.3 節)
(21)每 2 月及每半年更新前項計畫成果摘要說明資料(型式如精簡文字、秒懂圖片)，以利機關彙整成效。另規劃、彙整機關整體環境物聯網推動內容，並研提對策分析、強化推動策略建議。	2.0%	100%	2.00%	12 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 5.4 節)
(22)以目前布建感測器數據資料為基礎，結合監測站資料及其他異質資料，分析各地方政府感測器數據以歸納各地特性。	2.0%	100%	2.00%	8 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 5.5 節)
(23)蒐集機關推動環境品質感測物聯網目前所遇問題，分類規劃精進方式，並規劃每季與專家學者或民間團體或相關對象召開交流會議(如工作坊)，溝通意見強化政策推動。另配合機關需求及計畫推動，提供相關法律意見書。	2.0%	100%	2.00%	11 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 5.6 節)

工作內容	占總進度百分比	單項進度百分比	實際總進度百分比	查核月份	執行情形
(24)規劃及辦理空氣品質認知相關研習會或說明會或教育訓練 10 場次	2.0%	100%	2.00%	10 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 5.7 節)
五、協助地方政府感測物聯網建置工作					
(25)管理追蹤各地方政府與機關合辦感測器布建之工作及經費執行進度	1.0%	100%	1.000%	12 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 6.1 節)
(26)彙整地方政府感測物聯網運作情形，並每月向機關提出管理建議。	1.0%	100%	1.000%	12 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 6.2 節)
(27)協助地方政府落實空氣品質感測器布建之評估、規劃、執行，提供專業分析及建議，協助其協調工作，必要時協助地方政府進行布建位置之實地勘查。	1.5%	100%	1.500%	11 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 6.3 節)
(28)協助機關審查地方政府所提空氣品質感測器布建之相關資料，並研提分析建議。另需確認及查驗地方政府布建感測器地點、數據資料上傳情形及完整率，並依機關需求規劃及執行。	1.5%	100%	1.500%	12 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 6.4 節)
(29)將感測器之應用目的、選址評估、安裝布建、品保品管程序、運作管理、異常偵測、異常通報、更換維修、數據管理、數據校正、數據公布、污染偵測及分析判斷、污染稽查、巡檢查核、經費編列及執行等工作準則訂定標準作業程序、問題解決對策一欄表，並集結成系列工作手冊、說明簡圖，提供地方政府應用參考。	2.0%	100%	2.000%	9 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 6.5 節)
六、專案辦公室強化計畫管考、產業推動、成果效益					
(30)依據前瞻基礎建設計畫之建構民生公共物聯網計畫項下「空品物聯網產業開展計畫」內容成立專案辦公室，辦理我國空品物聯網推動及資源整合工作、訂定問答集作為內部參考文件以利對外說明，並提出專案辦公室及我國空品物聯網之 108 年及 109 年年度目標。專案辦公室之規劃、運作方式、年度目標須經機關認可後執行。	3.0%	100%	3.00%	8 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 7.1 節)
(31)整合各部會「空品物聯網產業開展計畫」分工及配合環保署「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」計畫管考等事宜	3.0%	100%	3.00%	12 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 7.2~7.3 節)
(32)蒐集及比較國內各式空氣品質感測器資訊、國際環境品質感測元件、物聯網應用資訊，提出我國產業發展之優劣分析。規劃及研提國內環境品質物聯網	2.5%	100%	2.50%	9 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 7.4 節)

工作內容	占總進度百分比	單項進度百分比	實際總進度百分比	查核月份	執行情形
之加值應用方式、研擬我國產業發展策略、規劃整體輸出方式及時程表。					
(33)持續鏈結國內物聯網公協會及產業，組成交流平台，並蒐集業者環境品質物聯網開發情形。以空品物聯網一站式推廣中心協助產官學研民交流情資，並創造跨專業領域結合機會；持續更新管理網頁資訊。	2.5%	100%	2.50%	12 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 7.5 節)
(34)強化科普知識結合，以監測站及感測器數據意義差異為主軸製作教材，並辦理研習會或說明會及由不同社群媒體網站分享相關科普知識。	2.0%	100%	2.00%	10 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 7.6 節)
(35)完成洽談 2 件國內空氣品質感測器或物聯網擴大應用場域(例如合作案)，並提出應用目標、規劃、期程；另籌組國內環境品質物聯網之專家團隊，輔導或查核業界及地方政府。	2.0%	100%	2.00%	10 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 7.7 節)
(36)持續蒐集國際物聯網、智慧城市展覽活動及研討會資訊，並擇 2 場以上進行參訪，研提參訪報告。	2.0%	100%	2.00%	10 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 7.8 節)
(37)規劃及辦理大型研討會議或交流會議或展覽	4.0%	100%	4.00%	9 月	已完成相關執行方式之規劃(參見 7.9 節)
合計	100.0%		100.0%		

第 2 章 、評估國內外物聯網現況

本工作項目在於蒐集國內外物聯網、環境品質物聯網、智慧城市之相關資訊，包含其發展趨勢、架構規劃、推動策略及具體措施等面向，涵蓋國家規劃、感測器及元件、數據傳輸、分析應用、產業分析及市場預測等範疇。完成研提我國環境品質物聯網發展策略及推動措施，規劃並滾動修正全國空氣品質感測器布建點藍圖及提出效益預測。目前先進國家利用環境品質物聯網進行污染監測，主要反應在對健康的影響及民眾生活品質提升，本計畫將廣泛收集國內外空氣品質對健康影響、空氣品質指標訂定依據及與人體健康風險關係等國內外公信單位資料，同時將國內感測物聯網推動成果及創新發現投稿或發表論文於國際或國內指標學術期刊，至少 3 件以上。

2.1、研提環境物聯網我國發展策略及具體推動措施

2.1.1、各國物聯網與智慧城市發展情況

本項工作持續蒐集國外（至少包含歐盟、美國、日本、韓國）物聯網、環境品質物聯網、智慧城市之資訊、發展趨勢、架構規劃、推動策略、具體措施，另需含國家規劃、感測器及元件、數據傳輸、分析應用、產業分析及預測等階段，並提出我國發展建議報告。共計完成挪威（歐盟）、美國加州、韓國環境品質及日本資通訊與物聯網發展之收集及研析工作，詳如以下說明。

一、 挪威 ITI-SENSE 計畫：

始於 2012 年，為期 4 年，由挪威研究機構 NILU(Norsk institutt for luftforskning)主導，參與機構涵蓋英國、西班牙、以色列等多個國家。主要通過建立「公民監測站」進行空氣品質與雜訊監測，提高市民對環境管理的參與度，並使其能夠影響和支撐相關的政策制訂。為此將開發一個基於公民的環境監測資訊系統，應用全新的分散式監測感測器技術、資訊與通訊技術進行資料獲取與平臺建設，市民可通過手機或其他設備與系統相連接，充分參與環境觀測與政策制訂的全過程。此計畫將有利於提高公民環保意識，同時形成更有效的環保監測處理方法。

以挪威為例如圖 2-1，整個挪威國家建立約 25 個國家空氣品質監測站，但僅能針對大尺度的空氣品質進行預測及管理，無法提高數據的在地化解析度與民眾

活動結合。有鑑於此，NILU 於挪威首都奧斯陸(Oslo)布建約 30 個微型空品感測器，結合移動式感測設備等資訊，將市區污染地圖利用 GIS 視覺化方式呈現，結合民眾 APP 進行查詢及污染預測。

NILU 提及未來空氣品質感測物聯網將有三大重點工作：1.確保感測器之精確度及準確度，以及如何進行優化維運及校正（節省資源人力）。2.利用 AI 及機械學習來找出「錯誤資料」及線上校正(real-time calibration)。3.結合大氣擴散模式及微型感測器數據進行資料融合及面化呈現。

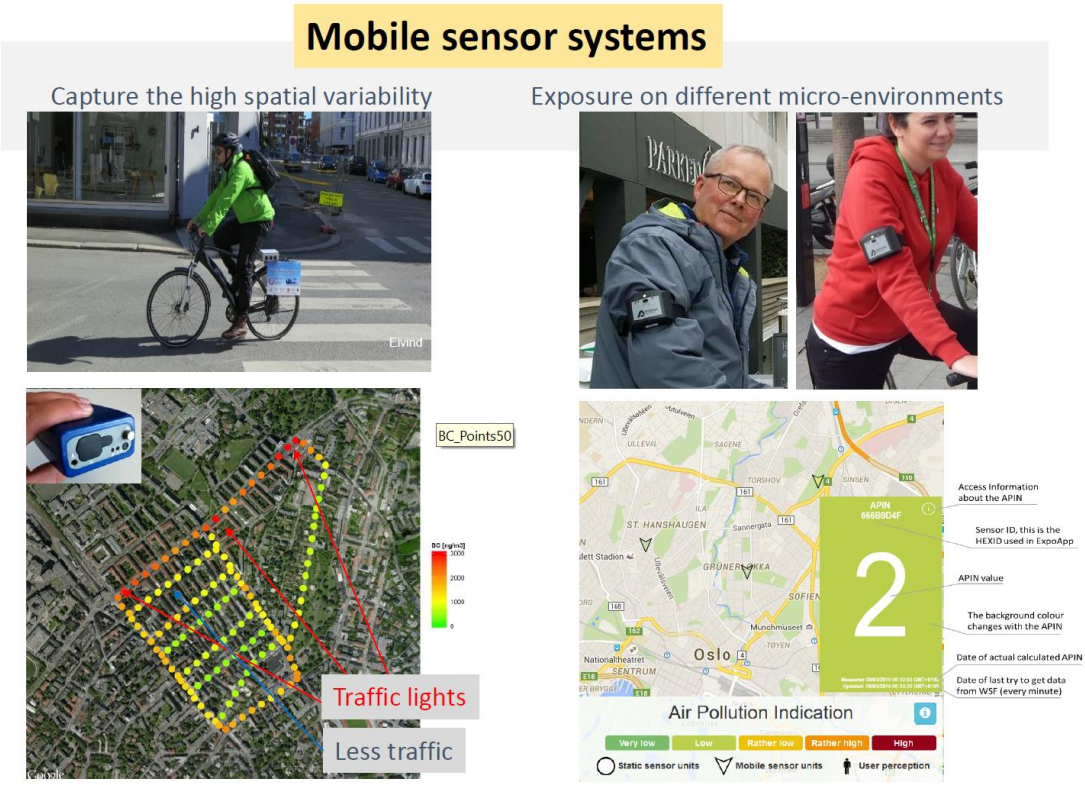


圖 2-1、挪威 Oslo 市區之移動式感測設備及污染地圖

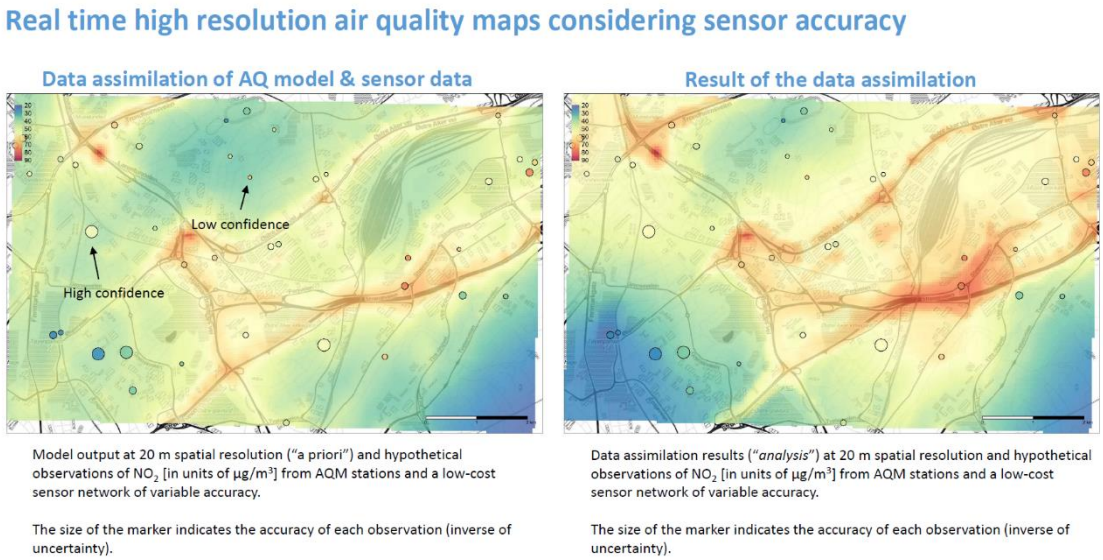


圖 2-2、微型空品感測器及大氣污染擴散模式之資料融合分析

二、美國 Google 街景車搭載 Aclima 感測器

2014 年 Aclima 開始和 Google Earth 合作，利用 Google 街景車搭載 Aclima 感測器，在丹佛進行為期一個月，約 750 駕駛時數，測量 NO_x、O_3、CO、CO_2、VOC、CH_4、Carbon black 等，收集 1.5 億筆資料，並且和美國 EPA 固定測站資料比對，最終將空氣品質以街景級圖像化呈現。截至 2018 年，已建置空氣污染指標圖像化於 San Francisco Bay Area （包含 Oakland, CA）, Los Angeles, 和 the Central Valley of California。針對即時環境監控數據，研發出數據分析演算法、感測器、人工智慧、雲端資料處理等技術，並可透過感測網絡(sensor network)得知即時相關資訊，如圖 2-3。藉由導入 AI 技術之環境智能移動平台，收集固定測站所無法覆蓋之環境資料，並即時監控提供嚴重影響人體健康與氣候變異之環境數據（如空氣污染物等）之資訊，可讓使用者針對其周遭環境來制定決策(decision-making model)。

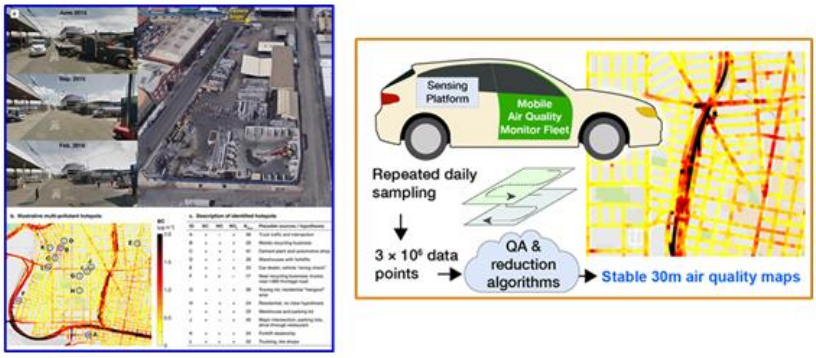


圖 2-3、Aclima 與 Google 合作開發環境智能移動平台

三、韓國校園空品感測器布建及執行策略

韓國慶尚南道目前在所屬的 8 市 10 郡 860 多所學校安裝了空氣品質微型感測器如圖 2-4 及圖 2-5。這項計畫深受家長和師生的歡迎，家長從 APP 就能知道 $PM_{2.5}$ 的校園即時資訊，學校也透過圖像化、生動化的活動與教材，教導學生在日常生活中避免懸浮微粒的傷害。

東北亞空污問題除了來自境外霾害，韓國本地污染源比例也相當高，尤其很多國中小學就位於高速公路或交通要道旁，韓國教育廳相當重視校園空氣品質，要像媽媽一樣關心孩子的呼吸健康，一刻也不能等。空氣品質微型感測器以視覺化提供小區域的即時空氣品質資訊，有助改善空氣品質。慶尚南道教育廳的懸浮微粒(PM)改善計畫，分為 4 個階段：「提供正確的認知和預防」、「法律面和執行面的改進」、「進一步的量測設計」、「從地方政策改變國家政策」。



圖 2-4、韓國校園微型感測器應用案例



圖 2-5、空品微型感測器之視覺化及活動決策

四、日本 2017 年資訊與通訊白皮書之物聯網發展部分

日本將物聯網視作大數據(Big data)的延伸，其推動概念如圖 2-6 所示，整體資訊與通訊的時代推移，由過去的網際網路與行動通訊時代(Internet and mobile phone age)，轉移到智慧型手機時代(smartphone age)，而物聯網時代(IoT age)順應智慧型手機時代而產生，其重點有二：

1. 智慧型手機為關鍵載具：人手一台的智慧型手機帶動許多加值型服務，包括遊戲、電影、音樂等服務。
2. 智慧型手機為個人資料中心：手機儲存了用戶所有個人化資訊，這些資訊的價值應用將帶動未來其他服務的延伸。

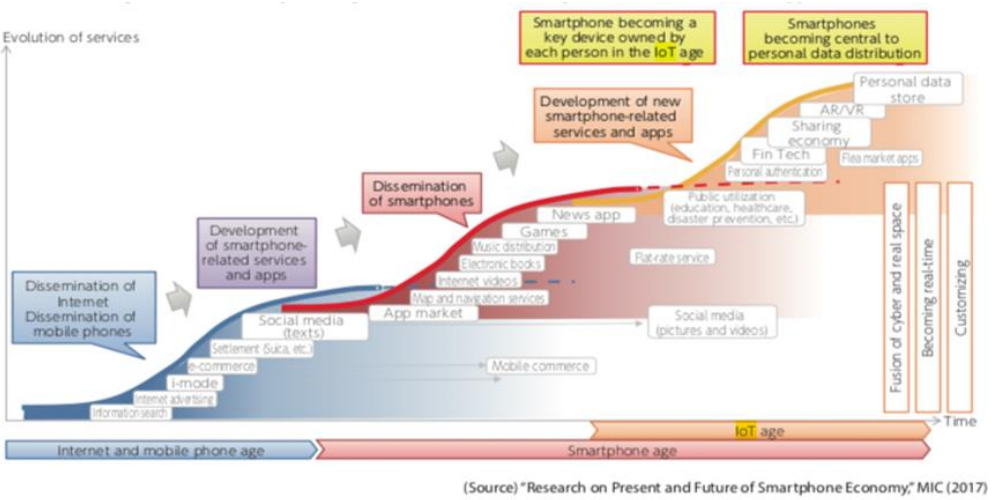
因此，圍繞智慧型手機為中心，在物聯網時代的商業模式分為四類：

(一) 商業對商業(Business to Business, B2B)：包括金融資訊技術(FinTech)與擴增實境與虛擬實境(AR/VR)等應用。

(二) 商業到商業到用戶(Business to Business to Consumer)：包括資訊搜尋、社交網路服務、免費網路影片服務等。

(三) 商業到用戶(Business to Consumer)：包括金融資訊技術、擴增實境與虛擬實境、網路購物、電子書、音樂服務、收費的影片服務等。

(四) 用戶到用戶(Consumer to Consumer)：包括共享經濟、拍賣與二手市場服務等。



(Source) "Research on Present and Future of Smartphone Economy," MIC (2017)

圖 2-6、日本物聯網推動概念

目前環境物聯網部分，未來若欲與商業模式結合，可考慮日本對物聯網時代加值服務的剖析，或可在資訊搜尋上著手，透過智慧城市議題走向商業到商業到用戶模式，提升住戶對周遭環境資訊與健康生活的安排整合，如平日與假日出門運動安排、過敏提醒、家中換氣設備控制等。

2.1.2、我國發展策略與推動措施建議

有鑑於環境品質物聯網不論在技術面與應用面皆蘊含了可觀的發展潛力，技術面不僅橫跨微機電、半導體、印刷式製程技術，也兼具光學與電化學多元化感測途徑，並有機會整合更多感測材料在效能上尋求進一步突破；而在推動方向建議從目前主要的工業園區執法應用與社區、交通測站監測，逐步向外擴散至民眾有感、觸及民眾痛點或需求之應用場域。本團隊已完成未來發展策略藍圖及行動規劃，擬由 110 年之前瞻建設經費、科技計畫或空污基金來爭取。

基於精細資訊、精準預警、精確應變及精實執法等精益求精的環境治理需求，確切達到「優化環境品質感測物聯網體系，連結在地」、「深化環境聯網智慧應用，連結未來」、「開創感測聯網前瞻技術與產業創新，連結國際」之 3 大策略目標，自 110 年至 113 年規劃 11 個重點工作與 30 個子項工作，如下圖 2-7 所示，

為政府與民眾提供優質的環境資訊，推動宜居的永續寧靜城市。

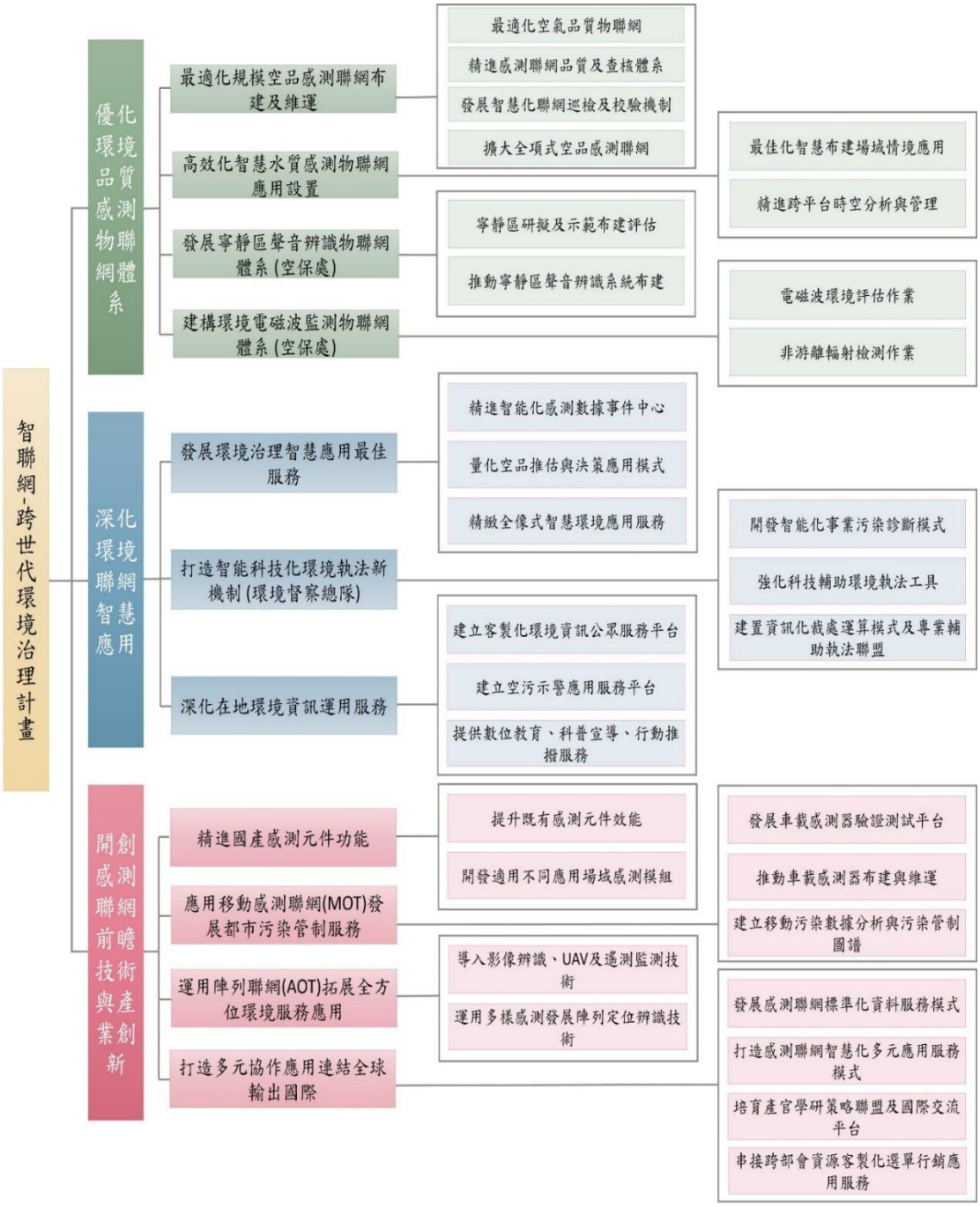


圖 2-7、未來四年(110~113 年)計畫目標及主要工作項目架構圖

一、優化環境品質感測物聯網體系

環保署為完備全方位環境品質感測物聯網，以空品感測物聯網及水質感測物聯網為主軸，再納入噪音及電磁波感測物聯網建置重點，擴大環境物聯網的應用方向，提供給民眾更多的生活資訊，以利優化民眾的生活環境。

二、深化環境聯網智慧應用

在未來物聯網、人工智慧及自動化時代的推動下，環境品質及污染源遠端監控朝向無人化智慧管理為世界未來的發展趨勢，持續深化環境感測物聯網及環境執法監測體系，建置各類環境資料智慧應用及污染治理作業制度，成為環境聯網及智慧應用的典範。透過案例推展即時資訊、精緻化鄉鎮預報、風險預警、污染熱區分析通報、智慧環境執法等智能應用作業模式，達成國家新階段推動的產業創新 5+2 計畫及數位經濟發展方案，積極促進地方政府、產業與環境品質之整合應用。

三、開創感測聯網前瞻技術與產業創新

在既有環境感測物聯網之基礎上，導入陣列式感測聯網(Arrays of Thing,AOT)及移動感測聯網(Mobile of Thing,MOT)的前瞻技術構想，運用國產化元件精進的性能，發展超越國外應用科技的範疇，作為臺灣環境物聯網發展布建及智慧應用之典範，並運用臺灣設計及生產優勢及經驗，將臺灣之應用案例複製輸出國外，協助解決與臺灣環境類似的環境問題。運用國際合作管道，定期辦理環境物聯網成果發表、宣導說明及技術研討，將臺灣環境治理技術整合包裝，整體輸出至國際市場。

四、未來環境感測物聯網推動預期效益

1. 社會與產業效益

(1)部會跨域應用及公私協力合作

隨著環保意識抬頭，未來對物聯網的建置需求會日漸加深，成為環境監控主流；運用計畫研發之環境感測元件與物聯網平台技術可協助相關部會建置不同情境之智慧監控。加速國內智慧監測與雲端服務產業，並建立新興環境服務產業，達成科研創新轉化、永續綠能環境、產業科技加值、幸福多元社會。同時透過國內運用模式與經驗，輸出相關技術與服務至東南亞與歐美地區，提升產業競爭力、創造產值與增加就業機會。

(2)資訊在地應用提升民眾信心

建置物聯網感測資料中心平台，利用 24 小時不間斷之環境監測數據進行監測區域之污染特性分析與背景濃度建立，可完成監測區域之污染總量分析及源

頭管制策略，同時透過預警模組，早期發現監測數據異常的時段及濃度，發出警訊及啟動應變決策，有效提升稽查處分時效並節省人力，提升民眾對於政府環境監控及治理之信心。

(3)數據長期監控污染無所遁形

建構智慧執法關鍵作業方式，聚焦環境執法需求，針對空、水、廢列管許可申報及環境因子資訊等巨量資料，結合資料科學分析技術、行為邏輯及督察經驗轉譯為程式的智慧模組，以多角度污染資料觀測描繪事業違法特徵，分析隱藏在數據中致污染行為，有效鎖定業者違法事實，並透過機器學習方式建立污染熱區自動化分析方法，事業整體運作情形，提升督察效率，另功能面則導入 AI 輔助服務，部分人工操作介面轉為自然語意辨識及聲控系統模式，藉以提升督察人員作業便捷性。

2. 環境效益

(1)智慧污染熱區分析及跨域應用

最適化空品感測物聯網布建可完備我國階層式空品監測體系，提供即時貼身的環境品質資訊服務，以高解析度時空感測數據鑑別污染熱區及污染時間熱點使環境執法稽查精確出擊，開放資料供跨域應用創新放大價值。

(2)提升整體空氣品質及污染源改善

精進環境物聯感測元件與固定污染源成分連續自動監測儀器，強化國內自有技術能量，並擴大場域驗證，推動公民科學參與。透過發展最佳空品感測資料分析及預報能力，促進智慧應用與開展數位創新經濟。評估環境品質對民眾社會經濟福祉影響，提供空氣污染減量成本與空氣品質改善及健康效益評估之參考依據。

(3)強化環境執法及稽查精確出擊

面對不同的污染案件型態，導入多元化科技工具及專業結盟輔助環境執法作業，建置不同型態科技工具、技術諮詢團隊，提供專業技術協助，提出可被採納且可靠的環保犯罪、違法污染環境之定性、定量證據，提升環保犯罪定罪率，讓違法案件佐以污染事實、專業見解，增進執法實效，以回溯污染行為起因，進行導入有效裁處工作，壓制污染違法，維護公平正義。

2.2、規劃全國空氣品質感測器布建點藍圖，提出效益預測

一、工作內容

本工作項之目的是藉由研提我國發展策略及推動措施，規劃全國空氣品質感測器布建點藍圖及提出效益預測，並依現行布建點位檢討工業、社區、交通、輔助等感測點布建數量及位置，確認各點感測器與全國布建藍圖扣合情形，必要時提出檢討報告以利通知地方政府變更點位，以期達成最適化空氣品質感測器布建藍圖。

二、執行方法

環保署及地方政府已設立 102 個空氣品質監測站，加上特殊性工業區測站及大型事業測站，總共 209 站。環境品質物聯網規劃 109 年前布建 1 萬 200 點空氣品質感測器，係為提供微環境的即時空氣污染數據，據以應用於環境執法及服務民眾活動，在參考國外已實施布建的城市如：芝加哥、倫敦等城市布建密度，輔以臺灣工業區之聚落及特徵、交通流量、人口聚集密度等因子，模擬臺灣工業、交通、社區及輔助感測點之布建密度，分為 4 類感測布建情境規劃如下：

(一) 工業感測點：用以監控工廠密集區域，做為污染溯源及環境執法之用途，布建密度以 50~300 公尺距離規劃。

(二) 交通感測點：用以監控交通繁忙區域，主要目的為監測汽機車等移動載具產生的空氣污染，規劃布建於四線道以上之主要交通幹道，布建密度以 1 公里距離設置。

(三) 社區感測點：主要以設於大型污染源附近的社區為主，例如距離工業區 2 公里範圍內之社區，布建密度以 100~500 公尺設置。其他的一般社區，採用 1~1.5 公里網格狀之密度設置，做為該地民眾日常生活之參考。

(四) 輔助感測點：設置於無標準監測站之人口稀少鄉鎮市地區，採用 5 公里網格狀之密度設置，做為環境背景參考之依據。

環保署 106 年在桃園市觀音工業區、新北市鶯歌社區、高雄市大林蒲地區及臺中市共布建 700 點感測器，作為應用概念驗證及初步應用，為利空氣品質感測器布建後地方政府能因地制宜在地應用，107 年環保署與地方政府合辦感測器布建工作，經地方政府爭取，107 年在 13 縣市（宜蘭縣、基隆市、新北市、桃園市、新竹縣、新竹市、苗栗縣、雲林縣、嘉義縣、嘉義市、臺南市、高雄市及屏東縣）布

建近 2,600 點的空氣感測器，綜合上述 106 至 107 年布建感測網，總共布建完成約 3,300 點感測器並涵蓋全國 44 個工業區、69 個重大交通幹道、93 個社區及 120 個鄉鎮市區級行政區，詳細分布情形如所示圖 2-8。



圖 2-8、感測點布設點位分布

本項工作依據上述 106~107 年之布建點位及其感測數據，檢討全國空氣品質感測器布建現況，透過空間密度需求或感測器運作效益檢討工業區、社區、交通及輔助等感測點布建數量及位置，研析最符合經濟效益之布建資源配置，據以達成最適化全國布建藍圖，並透過定期檢討機制，進行滾動式管理與符合效益最大化之需求。

三、執行成果

由於 108 年度感測器現正布建中，本年度先針對 106~107 年布建點位及配置之情境需求，檢核空氣品質監控之目的，彙整如表 2-1、表 2-2 及表 2-3。

表 2-1、全國 14 縣市布建類型與詳細說明

縣市別	布建類型	個數	詳細內容
宜蘭縣	工業區	1	龍德工業區
基隆市	社區	5	十勝苑社區、中正國寶社區、長潭社區、新桃花源社區、瑪南社區
	工業區	2	大武崙工業區、六堵科技園區
新北市	工業區	2	林口工二工業區、土城工業區
	社區	1	樹林大柑園
	交通區	5	三重區車流熱區、中和區車流熱區、板橋區車流熱區、新莊區車流熱區
桃園市	工業區	6	大園工業區、平鎮工業區、華亞工業區、龍

縣市別	布建類型	個數	詳細內容
			潭科學園區、龜山工業區、觀音工業區
	社區	1	三和里
新竹縣	工業區	3	新竹工業區、新竹科學工業園區、五華工業區
	社區	0	無
新竹市	重大交通幹道	13	18 尖山、力行路、三姓橋車站、中華路段、介壽路、公道路、西大路、延平路、科學園區入口、新竹轉運站、經國路、寶山路、鐵道路
	工業區	2	新竹科學園區、香山工業區
	社區	6	鄰近新竹科學園區社區
苗栗縣	工業區	4	頭份工業區、竹南科學園區、廣源科技園區、竹南工業區
	社區	1	無
臺中市	工業區	6	大甲幼獅工業區、中部科學工業園區、臺中工業區、臺中市精密機械科技創新園區、中港加工出口區、臺中港關連工業區
	社區	20	大甲區、大肚區、大雅區、中區、北屯區、北區、后里區、西屯區、西區、沙鹿區、東區、南屯區、烏日區、神岡區、梧棲區、清水區、潭子區、龍井區、豐原區、霧峰區
雲林縣	工業區	1	雲林科技工業區
	社區	1	斗六高中
嘉義縣	工業區	2	民雄工業區、頭橋工業區
	社區	1	頭橋工業區鄰近村里
嘉義市	工業區	3	中油溶劑廠工業區、後湖工業區、湖子內工業區
	重大交通幹道	19	友忠路、文化路、世賢路、自由路、吳鳳路、忠孝路、忠義街、阿里山森林鐵路車庫園區、垂楊路、博愛路、焚化廠、嘉義火車站、境外北邊、境外西邊、境外東邊、境外南邊、彌陀路、檜意森活園區、蘭潭公路
	社區	20	文財殿、中油溶劑廠周邊住宅、公害陳請住宅區、天后宮入口、代天巡府福安館入口、北安宮入口、永和市場、共和設攤、地藏庵、地藏庵入口、東公有市場、南天門太子行宮入口、城隍廟、後湖周邊住宅、基督教醫院、湖子內工業區、署立醫院、聖馬爾定、榮民總醫院、賢北露天燃燒
臺南市	社區	1	無
高雄市	工業區	6	大發工業區、大社工業區、仁武工業區、林

縣市別	布建類型	個數	詳細內容
			園工業區、臨海工業區、臨港工業區
	重大交通幹道	8	三民區、岡山區、前鎮區、苓雅區、新興區、鼓山區、鳳山區、橋頭區
	社區	25	大樹區、內門區、左營區、永安區、田寮區、杉林區、岡山區、前金區、前鎮區、苓雅區、茄萣區、梓官區、鳥松區、楠梓區、旗山區、旗津區、燕巢區、彌陀區、鹽埕區、小港區、仁武區、左營區、永安區、林園區、楠梓區
屏東縣	工業區	5	內埔工業區、屏東工業區、屏東加工出口區、屏南工業區、農業生物科技園區
	重大交通幹道	24	九如鄉、內埔工業區、內埔鄉、竹田鄉、車城鄉、車城鄉海生館、里港鄉、東港鎮、枋山鄉、枋寮鄉、林邊鄉、長治鄉、南州鄉、屏東市、恆春鎮、原住民文化園區、崁頂鄉、琉球鄉、高樹鄉、新埤鄉、新園鄉、獅子鄉、萬丹鄉、萬巒鄉、潮州鎮、麟洛鄉、鹽埔鄉
	社區	8	枋寮鄉、九如鄉、內埔鄉、佳冬鄉、枋寮鄉、屏東市、恆春鎮、萬丹鄉

表 2-2、全國 14 縣市感測器分布之鄉鎮市區級行政區

縣市	數目	鄉鎮市區
宜蘭縣	2	蘇澳鎮、冬山鄉
基隆市	7	安樂區、七堵區、中正區、信義區、暖暖區、中山區、仁愛區
新北市	8	板橋區、新莊區、三重區、中和區、樹林區、土城區、林口區、鶯歌區
桃園市	5	大園區、龜山區、平鎮區、龍潭區、觀音區
新竹縣	3	芎林鄉、寶山鄉、湖口鄉
新竹市	3	香山區、東區、西區
苗栗縣	7	苗栗市、頭份市、竹南鎮、後龍鎮、苑裡鎮、卓蘭鎮、三義鄉
臺中市	20	大甲區、大肚區、大雅區、中區、北屯區、北區、后里區、西屯區、西區、沙鹿區、東區、南屯區、烏日區、神岡區、梧棲區、清水區、潭子區、龍井區、豐原區、霧峰區
雲林縣	3	大北勢區、竹圍子區、石榴班區
嘉義縣	1	民雄鄉
嘉義市	2	東區、西區
臺南市	4	東區、仁德區、佳里區、永康區
高雄市	28	岡山區、楠梓區、仁武區、左營區、小港區、林園區、橋頭區、鼓山區、三民區、新興區、苓雅區、鳳山區、前鎮區、鹽埕區、旗津區、大社區、大寮區、杉林區、內門區、旗山區、田寮區、燕巢區、茄定區、永安區、彌陀區、梓官區、烏松區、大樹區
屏東縣	27	枋寮鄉、屏東市、九如鄉、里港鄉、高樹鄉、鹽埔鄉、萬丹鄉、新園鄉、長治鄉、麟落鄉、內埔鄉、竹田鄉、萬巒鄉、潮州鎮、崁頂鄉、新埤鄉、南州鄉、東港鎮、林邊鄉、佳冬鄉、枋山鄉、獅子鄉、車城鄉、恆春鎮、琉球鄉、長治鄉、瑪家鄉

表 2-3、全國 14 縣市感測情境種類分布點數

感測點數 縣市別	工業區	鄰近工業區社區	一般社區	交通區	輔助區	測站比對	總計
01 宜蘭縣	100						100
02 基隆市	57	20	11			12	100
03 新北市	62		25	13			100
04 桃園市	464		36				500
05 新竹縣	190					10	200
06 新竹市	29	23		81	14	3	150
07 苗栗縣	127	3		5	54	11	200

感測點數 縣市別	工業區	鄰近工業區社區	一般社區	交通區	輔助區	測站比對	總計
08 臺中市	153	100	141	92		14	500
09 雲林縣	148					2	150
10 嘉義縣	80	17					97
11 嘉義市	28	2	51	117		5	203
12 臺南市	100						100
13 高雄市	418	9	22	37	5	9	500
14 屏東縣	141	8	6	82	59	4	300
總計	**2097**	**182**	**292**	**427**	**132**	**70**	**3200**

註：106 年布建新北市鶯歌區 78 點及高雄市大林蒲地區 22 點已無維運，故不列入計算。

本團隊依據各感測器之感測數據為基礎，透過解析各感測點發生之污染事件數量進行分析，依據既有感測點位對於解析污染特徵之頻率，據以評估感測器所在區位的合適性。目前環保署針對區域污染特徵之判斷機制概略說明如下：

1. 時間維度判斷感測數據相對異常之行為：
   (1) 在固定的時間區段內，單一感測器之數據絕對值差異超過 3 倍標準差。
   (2) 在固定的時間區段內，單一感測器之數據絕對值差異超過 95%信賴區間。
2. 空間維度判斷感測數據相對異常之行為：
   (1) 同一時間點，在固定的區域內，區域內群體感測數據絕對值差異超過 3 倍標準差。
   (2) 同一時間點，在固定的區域內，區域內群體感測數據絕對值差異超過 95%信賴區間。
3. 異常污染事件之等級：
   (1) 高風險污染事件： IoT 相對異常之次數(event count) 超過 15 次，且持續時間 (duration) 超過 15 分鐘。
   (2) 中風險污染事件： IoT 相對異常之次數(event count) 超過 10 次，且持續時間 (duration) 超過 10 分鐘。
   (3) 低風險污染事件： IoT 相對異常之次數(event count) 超過 5 次，且持續時間 (duration) 超過 5 分鐘。

(4) 輕度污染事件： IoT 相對異常之次數(event count) 超過 3 次，且持續時間 (duration) 超過 3 分鐘。

依據今年度感測器污染事件記錄發現基隆市、新北市、臺南市未納入污染異常分析，總計有 2,453 點發生 203,196 次污染事件，其中有 2,3752 點發生過 71,655 次輕度污染事件、有 2,308 點發生過 40,596 次低污染事件、有 1,817 點發生過 17,475 次中污染事件、有 1,804 點發生過 73,470 高污染事件。依據 2,453 點發生污染事件頻率，以四分位區分發生次數頻率，最小為發生 1 次污染事件計有 47 點，發生 2~12 次污染事件計有 569 點，發生 13~31 次污染事件計有 622 點，發生 32~77 次污染事件計有 604 點，發生 78 次以上計有 611 點，其點位分布詳如圖 2-9。

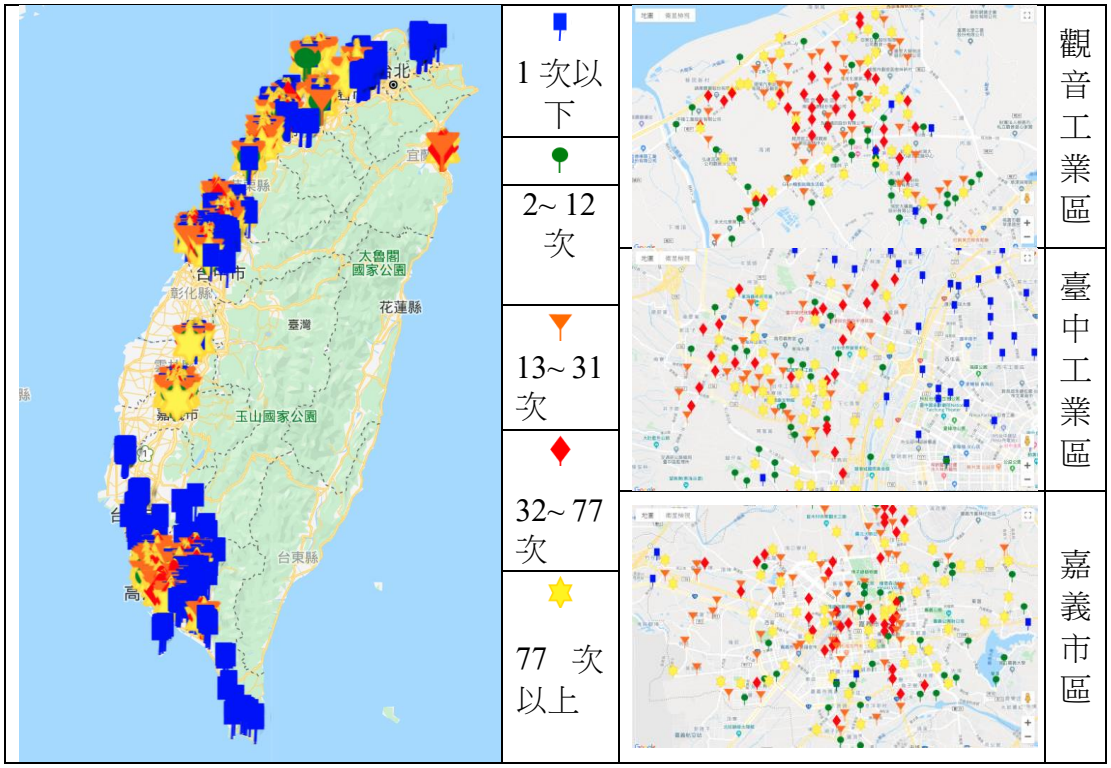


圖 2-9、污染事件發生頻率分級之點位分布圖

針對以既有布建感測器最適化布建規模，建議可依據各點位發生污染事件頻率進行評估，針對長期未發生污染事件或發生頻率過低之感測點應評估其設置之目的，如以輔助環境執法之感測點位，則建議可替除或更換布點位置，據以提升布建之效益。

四、結論與建議

以既有布建感測器點位所發生之污染事件頻率進行最適化規模布建發現，高污染事件發生之區位皆屬於工業區或鄰近工業區之社區，運用污染事件發生頻率評估感測器設置需求可以做為布建點位之必要性參考。至於交通區應依據收集都會區車流量資料重要道路、社區及輔助區之布建，建議採用平均布建來規畫，計畫團隊將持續依據實際布建成果進行滾動檢討，並吸收相關實際布建經驗進行調整。

2.3、掌握國內空氣品質感測器布建現況

一、 工作內容

由於民眾對於空氣品質的關切，造成低成本的空氣品質感測器在市場大量流通，同時在政府部門運用感測器在空間及時間解析度的特性，陸續有布建成效及資訊公開，本項工作之目的即是透過蒐集國內公部門與私部門所布建之空氣品質感測器之現況，同時追蹤業者、地方政府及校園空氣品質感測器之布建規格及進度，協助環保署掌握國內布建現況。

二、 執行方法

空氣品質感測器布建之來源計有三，一是中央及地方環保單位為輔助環境治理及污染稽查之需求所布建之感測器，二是教育部與中研院合作推動科普知識推廣之校園空氣品質感測器布建，三是企業捐贈或民間團體自行布建之感測器，藉由感測數據的變化監督在地環境治理之成效。計畫團隊將依據此三部分收集感測器之布建成果及規格進度，持續提供環保署做為後續政策擬定或環境治理規劃之參考。

三、執行成果

(一) 中央及地方環保單位布建現況

我國在民眾對於健康意識的抬頭下，對於空氣品質即時資訊的迫切需求日益增高，以環保署積極推動的「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」為主，目標於 109 年累計布建都會及工業區空氣品質感測器 10,200 台，截至 108 年底環保署及環保局預計於 16 個縣市合計布建與維運 8,100 台，以監控工業區、

周邊社區及交通密集區為主，彙整布建現況如下表 2-4。

表 2-4、環保署及環保局空氣品質感測器布建現況(截至 108 年 10 月)

項次	縣市	106 年度			107 年度			108 年度		
		布建點數	感測項目	設備品牌	布建點數	感測項目	設備品牌	布建點數	感測項目	設備品牌
1	宜蘭縣				100	$PM_{2.5}$、VOC、溫濕度	廣域科技	200	$PM_{2.5}$、VOC、溫濕度	廣域科技
2	基隆市				100	$PM_{2.5}$、VOC、溫濕度	廣域科技			
3	臺北市							100	招標中	
4	新北市	78	$PM_{2.5}$、CO、O_3、NO_2、VOC、溫濕度	廣域科技	100	$PM_{2.5}$、VOC、溫濕度	廣域科技	700	$PM_{2.5}$、VOC、溫濕度	捷思環能
5	桃園市	100	$PM_{2.5}$、CO、O_3、NO_2、VOC、溫濕度	廣域科技	400	$PM_{2.5}$、VOC、溫濕度	廣域科技	500	$PM_{2.5}$、VOC、溫濕度	廣域科技
6	新竹縣				200	$PM_{2.5}$、溫濕度	維新應用			
7	新竹市				150	$PM_{2.5}$、VOC、溫濕度	廣域科技	150	$PM_{2.5}$、VOC、溫濕度	廣域科技
8	苗栗縣				200	$PM_{2.5}$、VOC、溫濕度	廣域科技	300	$PM_{2.5}$、VOC、溫濕度	經昌電子
9	臺中市	500	$PM_{2.5}$、CO、O_3、NO_2、VOC、溫濕度	廣域科技				350	$PM_{2.5}$、VOC、溫濕度	智感雲端
10	彰化縣							200	$PM_{2.5}$、VOC、溫濕度	捷思環能
11	南投縣									
12	雲林縣				150	$PM_{2.5}$、VOC、溫濕度	廣域科技	400	$PM_{2.5}$、VOC、溫濕度	廣域科技
13	嘉義縣				100	$PM_{2.5}$、VOC、溫濕度	廣域科技	200	招標中	
14	嘉義市				200	$PM_{2.5}$、VOC、溫濕度	廣域科技	50	$PM_{2.5}$、VOC、溫濕度	廣域科技
15	臺南市				100	$PM_{2.5}$、VOC、溫濕度	廣域科技	800	$PM_{2.5}$、VOC、溫濕度	廣域科技
16	高雄市	22	$PM_{2.5}$、CO、O_3、NO_2、VOC、溫濕度	廣域科技	500	$PM_{2.5}$、VOC、溫濕度	捷思環能	850	$PM_{2.5}$、VOC、溫濕度	捷思環能
17	屏東縣				300	$PM_{2.5}$、VOC、溫濕度	廣域科技	100	$PM_{2.5}$、VOC、溫濕度	廣域科技
18	氣象局				102		廣域科技	98	招標中	
	加總	700			2,702			4,998		

針對布建的空氣品質感測器主要有廣域科技、捷思環能、維新應用、智感雲端及經昌電子等 5 種廠牌設備，相關規格說明如表 2-5、表 2-6、表 2-7、表 2-8 及表 2-9 所示。

表 2-5、廣域科技感測器規格

感測器種類	一氧化碳(CO)	二氧化氮 (NO2)	臭氧 (O3)	PM2.5	Temp / RH	Tvoc
原理	電化學	電化學	電化學	雷射光線散射	Band gap sensor / Capacitive measurement	CMOS
範圍	0~40 ppm	0~400 ppb	0~350 ppb	0~2000 µg/m3	溫度: -40~+125 ℃ 濕度: 0~100 %RH	0~60000ppb
反應時間	< 60 秒 at τ90	< 60 秒 at τ90	< 60 秒 at τ90	< 10 sec	溫度: > 2秒 at τ63% 濕度: < 8 秒 at τ63%	-
準確度 (於 25℃)	±0.5 ppm / ±5%	±50 ppb / ±10%	±50 ppb ± 10%	-	溫度: ±1℃ 濕度: ±5%RH	-
重複性	< ±5% CO equivalent	< ±5% NO2 equivalent	< ±5% O3 equivalent	±10%@100~500 µg/m3 ±10µg/m3@ 0~100µg/m3	溫度: ±0.24℃ 濕度: ±0.25%RH	-
長期輸出偏差	< 5% (每年)	< 20% (每年)	< 20% (每年)	-	溫度: < 0.03℃ /yr 濕度: < 0.25%RH/yr	1.3% of meas. value@ 25°C, 50% RH and typical VDD.
解析度	< 0.5 ppm typical	< 50 ppb typical	< 50 ppb typical	-	溫度: 0.01℃ 濕度: 0.01%RH	1ppb@0~2008ppb 6ppb@2008~11110ppb 32ppb@11110~60000ppb

註：柏昇 SAQ-201 未配置 CO、NO_2、O_3 元件，$PM_{2.5}$、溫濕度及 TVOC 感測元件規格同 SAQ-200

表 2-6、捷思環能感測器規格

項目	感測原理	偵測範圍	解析度
$PM_{2.5}$	雷射	0~1000µg/m³	1µg/m³
PM_{10}	雷射	0~1000µg/m³	1µg/m³
溫度	能隙式	0℃~80℃	0.1℃
濕度	電容式	0%RH~99%RH	0.1%
TVOC	半導體	0ppb~50ppm	0.1ppm
TVOC	PID	0ppb~50ppm	1ppb
風速計	-	0~70m/s	±(0.3+0.03V)m/s
風向計	-	0~360 度	-

表 2-7、維新應用感測器規格

Model name	iAeris3
Operating Temperature	-10 ~ +40℃
Operating Humidity	15~85% RH, Non-condensing
Storage temperature	0 ~ 40℃.
Warm-up time	≤ 1 min. (at full specs ≤ 15 minutes)
Power supply	AC power-in, 110V or 220V
Power consumption	4W (average)
Installation	Wall-mount and pole
Dimension (mm)	210W x 250L x 160H
Weight(g)	2.1 kg

表 2-8、經昌電子感測器規格

Model name	CE-003 Air Quality Detector (Outdoor)
$PM_{2.5}$ Sensor	15 ~ 500 μg/m^3
eTVOC Sensor	0 ~ 1000ppb
Temperature Sensor	-10 ~ 85°C ± 0.5°C
Relative Humidity Sensor	0 ~ 95% ± 5%
Communication Interface	LTE Cat 1 Band 3, 8, 28 BLE 5.0 UART
Operating Temperature	-10 ~ 60°C
Operating Humidity	0 ~ 95%
Storage temperature	-10 ~ 40°C
Warm-up time	3 min
Power supply	100-240V~ 50/60Hz
Power consumption	< 0.3A
Battery Life	> 14Hrs (in 1 year) @ 6000mAh battery I_{ave} < 200mA
Installation	
Dimension(cm^3)	29 x 23 x 11
Weight(g)	2,000 ± 5%（不含安裝支架與束帶）

表 2-9、智感雲端感測器規格

Accuracy	• ADC: Noise 0.47uVRMS • 溫度：±0.1℃ • 氣壓: ±0.5Pa
Range	• MainPower：250pA ~ 0.05fA • 5 Hz SPS
Dimensions	• 112(長)x 67(寬) x 198高)mm
電池管理	• 電池充電控制 • 電量監控 • 電池供電切換
高壓控制(-2KV)	• isolateor5V, 50mA
控制閥	• 12V, 200mA
DC風扇的風速控制	• 5V, 500mA
數據儲存	• 4Gb，可儲存7天的數據
電池供電能力	• 10小時
$PM_{2.5}$量測	• 0~1,000μg/m^3，解析度1μg/m^3
溫度量測	• -10 ~ 80℃，解析度0.1℃
濕度量測	• 0 ~ 99%RH，解析度0.1%
eTVOC Sensor	• 0 ~ 32,768ppb
風速計	• 0~60 m/sea
風向計	• 0~360度

(二) 教育部及中研院布建校園現況

為協助產業橋接應用、落實校園社區場域布建實證及公民科學參與，各部會共同推動「空品物聯網產業開展計畫」，其中教育部偕同中研院以落實校園及社區布建為目標，預計於 109 年新設與汰換空氣品質感測器共 10,100 台，合計 106 至 108 年配合 17 個縣市政府共新設與汰換 3,774 台空氣盒子，彙整布建現況如表 **2-10**。其中 106 年校園布建感測器 AirBox AI-1001W V2 規格如

表 2-11，107~108 年校園布建測器 AirBox AI-1001W V3 規格如所示表 2-12 所示。

表 2-10、中研院布建感測器現況

序號	縣市	**106 年**	**107 年**	**108 年**	小計
		中研院布建	中研院布建	中研院布建	
1	宜蘭縣	-	119	-	119
2	基隆市	-	59	-	59
3	臺北市	-	210	-	210
4	新北市	-	323	-	323
5	桃園市	-	-	258	258
6	新竹縣	-	135	-	135
7	新竹市	50	0	-	50
8	苗栗縣	-	159	-	159
9	臺中市	-	0	328	328
10	彰化縣	-	100	-	100
11	南投縣	-	100	-	100
12	雲林縣	193	0	194	387
13	嘉義縣	180	0	146	326
14	嘉義市	51	0	-	51
15	臺南市	-	-	271	271
16	高雄市	-	336	-	336
17	屏東縣	-	230	-	230
18	台東縣	-	118	-	118
19	花蓮縣	-	126	-	126
20	澎湖縣	-	51	-	51
21	金門縣	26	0	-	26
22	連江縣	-	8	-	8
合計		**500**	**2,074**	**1,197**	**3,771**

表 2-11、感測器 AirBox AI-1001W V2 規格

無線標準	IEEE 802.11 b/g/n
無線安全加密	WPA/WPA2 Personal
天線	內建天線 x 1
歷史資訊查詢	Yes (24 小時內)
$PM_{2.5}$ 感測	0 - 500 + μg/m^3
濕度感測	0 - 100% RH
溫度感測	0 - 60℃
電源變壓器	5V DC/ 1A
操作溫度	0 - 50℃
尺寸與重量	150mm x 110mm x 47mm / 210g

表 2-12、感測器 AirBox AI-1001W V3 規格

Wi-Fi 無線標準	IEEE 802.11 b/g/n
Wi-Fi 無線安全加密	WPA / WPA2 Personal
天線	內建天線 x1
歷史資訊查詢	Yes (24 小時內)
$PM_{2.5}$ 感測	0~500+μg/m^3, min.0.3μm
濕度感測	0 ~ 100% RH, ±5% RH
溫度感測	0 ~ 60℃ ±1℃
電源變壓器	Micro USB Power Port x 1, DC 5V 1A
操作溫度	-10 ~ +60℃
尺寸	150mm x 110mm x 47 mm
重量	210g

(三) 民間社群布建現況

私部門布建部分，主要為民間社群團體發起的自主性布建及資訊分析應用，透過 Bottom up 建置 LASS(Location Aware Sensing System)，其為一套開源和公益的「環境感測器網路系統」，涵蓋感測裝置、網路系統架構、大數據分析及展示介面等等，所有資料皆可公開取得，提倡民眾皆可自行組裝並傳輸資訊，對於掌握整體我國環境資訊有相當高的效益。目前自主性布建已超過 5,052 台，可於平台上觀察 5,000 台以上的即時監測資訊，皆可於 G0V 零時空污網察看，如下圖 2-10。

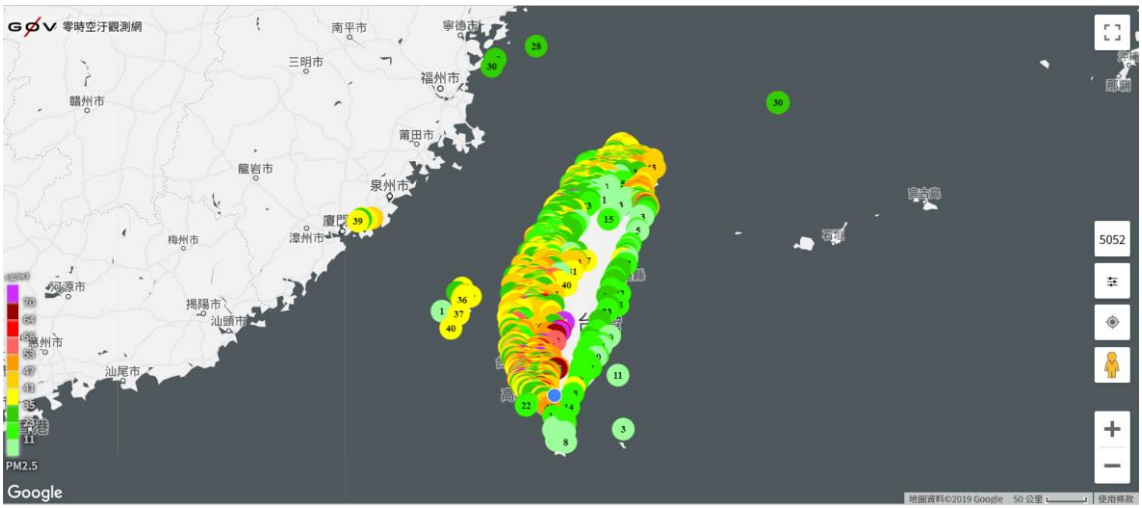


圖 2-10、G0V 零時空污網即時監測數據

本團隊蒐集全國業者、地方政府之空氣品質感測器自主布建策略、布建點規格及其進度詳如表 2-13。

四、結論及建議

為避免發布於公眾平台之感測數據誤導民眾，應持續透過媒體及相關平台業者，持續蒐集全國業者、地方政府、校園之空氣品質感測器自主布建策略、布建點、規格及其進度，以掌握國內布建現況。

表 2-13、全國業者、地方政府之空氣品質感測器自主布建現況說明

序號	單位	布建數量	布建的位置	感測的種類	感測設備廠牌	布建時間	新聞發布時間	布建現況資訊
1	臺北市	20	主要裝在燒烤店聚集的市民大道、士林與港湖區水泥預拌廠、大同區大型營建工地附近	$PM_{2.5}$、VOC、溫、濕度環境資訊	廣域科技公司	2019/02	2019/09/14	臺北市環保局環保稽查大隊長顏伶珍表示，108 年 2 月先啟用 20 台空氣品質微型感測器，主要裝在燒烤店聚集的市民大道、士林與港湖區水泥預拌廠、大同區大型營建工地附近。該感測器每 3 分鐘就會有 1 筆監測資料，若連續 3 筆都達到預設警戒值，會自動發報給環保局內部 Line 群組，稽查大隊接收到後，就會立刻前往現場了解。
		5	信義商圈 5 大百貨聚落	$PM_{2.5}$ 即時空氣品質與溫、濕度環境資訊	訊舟科技公司		2018/10/5	訊舟科技與臺北市政府簽訂「臺北市信義商圈多媒體資訊站(Kiosk)試辦案」合作計畫，以信義商圈為示範區佈署 Kiosk 多媒體資訊站，提供市民免費Wi-Fi 基礎網路服務，$PM_{2.5}$ 即時空氣品質與溫、濕度環境資訊，以及各項公眾服務和多元化的商業影音資訊。
		300 以上	臺北市信義路、仁愛路	人車流、空氣品質監控行動網路基地站、智慧路燈	臺灣大哥大 億光電子		2018/8/2	臺灣大與億光電子及臺北市政府，於臺北市信義路、仁愛路等精華路段架設 300 盞以上使用 NB-IoT 傳輸技術的智慧路燈，加速臺灣邁向智慧島的腳步。
		300	北市國小 社群機構 臺北市環保局 一般消費者	1.溫度 2.濕度 3.$PM_{2.5}$	1.中研院 2.瑞昱半導體 3.華碩雲端		2016/3/25	臺北市政府與中研院、瑞昱、華碩合作，推出空氣盒子感測裝置，可感測溫度、濕度及 $PM_{2.5}$ 等濃度等環境數據，150 臺裝設於北市國小，50 臺提供給社群機構，50

序號	單位	布建數量	布建的位置	感測的種類	感測設備廠牌	布建時間	新聞發布時間	布建現況資訊
								臺提供給北市環保局作為對照偵測所用，另有 50 臺則是供一般消費者申請索取。
2	新北市	300	公立學校	1.溫度 2.濕度 3.$PM_{2.5}$	訊舟科技公司		2016/8/20	訊舟科技公司捐贈新北市近 300 所公立學校每校 1 台「空氣盒子」
3	高雄市	50	公共腳踏車租賃站	1.PM_{10} 2.$PM_{2.5}$ 3.溫度 4.濕度			2017/9/27	高雄市公共腳踏車 CityBike 導入物聯網概念，全國首創租賃站結合智慧空品感測網，選定 50 站增設空品微型感測系統，可偵測對人體有害的 $PM_{2.5}$。
4	桃園市	235	1.桃園市 187 所小學 2.48 個機關	1.溫度 2.濕度 3.$PM_{2.5}$	訊舟科技公司		2017/6/19	桃園市與訊舟科技合作，在 187 所小學、48 個機關，設置空氣盒子監測 $PM_{2.5}$、溫濕度等環境資訊，上傳雲端物聯網平台。
5	臺南市	240	1.臺南市國小 2.公園 3.創客空間 4.環保署測站	$PM_{2.5}$	1.訊舟科技公司 2.中研院	2016/9/30	2016/8/30	臺南市與訊舟科技、中研院產官學合作，將於國小、公園與創客空間，布建 240 個空氣盒子，加上環保署測站在臺南 4 站，提供空氣品質監測與改善政策參考。
6	臺中市	232	1.公立國小 2. 16 個空品監測站	1.溫度 2.濕度 3.$PM_{2.5}$	訊舟科技公司		2016/11/22	訊舟科技公司捐贈 232 個空氣盒子，全面建置在公立國小，與 16 個空品監測站結合。
7	嘉義縣	180	1.縣轄學校 2.嘉義縣鄉鎮市立圖書館	$PM_{2.5}$	1.華碩雲端 2.研揚科技	2016/10/31	2016/9/27	嘉義縣政府與華碩雲端、研揚科技業者合作，在縣內布建 180 個空氣盒子，強化監測細懸浮微粒($PM_{2.5}$)濃度。

序號	單位	布建數量	布建的位置	感測的種類	感測設備廠牌	布建時間	新聞發布時間	布建現況資訊
8	南投縣	88	風景區	$PM_{2.5}$	暨南大學資管系		2018/3/26	暨南大學資管系副教授戴榮賦研究團隊結合各方資源，研發 $PM_{2.5}$ 微型感測器，在中部街頭巷尾即時監測。在縣府和環保署協助下，南投已設有 88 處。

(資料來源：本團隊彙整)

2.4、蒐集及研提國內外空品與人體健康風險關係

WHO 在 2018 年 5 月時指出，最新數據顯示如圖 2-11，全球約 90%的人呼吸、接觸污染的空氣；且 WHO 估計每年大約有 700 萬人因接觸到污染空氣中可滲透到肺部和心血管系統的細微顆粒(PM)而死亡，或是導致中風、心臟病、肺癌、慢性阻塞性肺病等疾病，以及包括肺炎在內的呼吸道感染。90%以上與空氣污染有關的死亡發生在低收入和中等收入國家，主要在亞洲和非洲，其次是東地中海區域、歐洲和美洲的低收入和中等收入國家。其中有約 30 億人口（多數為婦女和兒童）因家裡仍使用污染性的烹飪燃料或技術（例如：燒柴、木炭等），而在室內呼吸著致命高污染的空氣。

一、工作內容

基於國人對於空氣品質對於環境與健康之關注度，本工作項以蒐集國內外公信單位資料針對空氣品質對健康影響，瞭解國際上空氣品質指標訂定依據，同時深入探討該指標與人體健康風險等對應關係。

目前已有 108 個國家，逾 4,300 個城市被納入到世衛組織的環境空氣質量數據庫，使其成為世界上最為全面的環境空氣污染數據庫。自 2016 年以來，就有 1,000 多個城市被新增到了世衛組織的數據庫，顯然與以往相比，有更多的國家正在為減少空氣污染作出評量並採取行動。 世界上許多大城市的空氣品質超出 WHO 標準達 5 倍多，這對人們的健康帶來了極大危害。而對這一全球公共衛生挑戰的政治關注度正在持續提高，同時記錄空氣污染數據的城市數亦持續在增加，這表示許多國家實現了對空氣品質評估和監測的承諾，惟大都發生在高收入國家。



圖 2-11、全球各區域每年因接觸污染空氣導致死亡之統計分布概況

有鑑於此，本計畫擬收集並研提國內外空氣品質對健康影響、空氣品質指標訂定依據，及該指標與人體健康風險關係等國內外公信單位資料，每季提出資料更新，收集方向如下：

1. AQI:https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-04/documents/2012_aqi_factsheet.pdf
2. https://www.epa.gov/naaqs
3. https://www.epa.gov/naaqs/particulate-matter-pm-air-quality-standards
4. https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/20151001_air_quality_index_updates.pdf
5. https://www3.epa.gov/ttn/naaqs/standards/pm/s_pm_2007_risk.html
6. https://www3.epa.gov/ttn/naaqs/standards/pm/s_pm_2007_risk.html
7. https://www3.epa.gov/ttn/naaqs/standards/pm/data/PM_RA_FINAL_June_2010.pdf
8. https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100KBUF.PDF?Dockey=P100KBUF.PDF
9. https://www3.epa.gov/ttn/naaqs/standards/nox/s_nox_cr_rea.html
10. https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-05/documents/primary_so2_naaqs_-_final_rea_-_may_2018.pdf
11. https://www3.epa.gov/ttn/naaqs/standards/co/data/CO-REA-Amended-July2010.pdf

二、執行方法及執行成果

(一)懸浮微粒定義與對人類的健康效應

1970 年，美國頒佈了第一個針對空氣污染進行研究並制定排放標準的法規-空氣清淨法(Clean Air Act, CAA)，這個法案中定義了國家環境空氣品質標準(National Ambient Air Quality Standards, NAAQS)，其中針對 6 種主要的空氣污染物質訂定了安全標準值，包括了一氧化碳、鉛、二氧化氮、臭氧、二氧化硫以及懸浮微粒(PM)。

懸浮微粒依照美國環保署的定義為由極小的顆粒及液滴(liquid droplet)所組成的混合物，這些粒狀污染物可以是酸類(acid，例如硝酸鹽、硫酸鹽)、有機物、

金屬、土壤及灰塵。近年來懸浮微粒對健康的影響越受重視，美國環保署將粒狀污染物區分為二種：可吸入性粗懸浮微粒(inhalable coarse particles)以及細懸浮微粒(fine particles)。可吸入粗微粒微粒徑大小為小於 10 微米而大於 2.5 微米的微粒，常可見於道路附近及塵土飛揚的工廠廠區；細懸浮微粒則是粒徑小於 2.5 微米的微粒，常見的煙霧及霾多為細懸浮微粒組成，這些微粒的來源可以是由例如森林火災的煙霧直接產生，也可以經由工業工廠、發電廠以及車輛所排出的氣體所形成。

從過往的流行病學研究來看，通常所研究的對象為來自於就診的病患，我們就可以從中分析出他們在急性或是短暫健康效應上是否存在暴露-反應關係(exposure-response relationship)，同時也可以觀察出是否有任何易感受(susceptible)的個體存在。這些流行病學研究在研究設計上，使用環境中懸浮微粒的濃度，來比較健康民眾和患有慢性疾病成人之間的暴露反應，以獲得有用資訊。其文獻回顧中，發現了和環境懸浮微粒暴露有關聯的健康效應，牽涉的範圍相當廣泛，除了會增加短期及長期的死亡率(mortality)，同時也會提高罹患呼吸性及心血管疾病的風險。同時 WHO 也在回顧中提到，從 2000 年開始，大量 PM 暴露和心血管疾病有關的證據陸續被提出，而在 2004 年由美國心臟協會(the American Heart Association)擔任審委的文獻回顧報告中也做出聲明，認為空氣中的懸浮微粒和心血管疾病之間具有因果關係。

由上述說明得知，懸浮微粒的暴露為許多健康效應的成因，包括有住院率、急診病人、以及呼吸道症狀的增加、慢性呼吸道及心血管疾病的惡化、肺功能的退化、過早死亡等。暴露在高濃度的懸浮微粒下更會引起生育方面多重的症狀，像是嬰兒的出生體重過低、早產以及高機率的死胎或死嬰。此外，在流行病學研究中，死亡率(mortality)一直被視為 PM 污染和健康效應的指標，而醫院每日的入/住院(admission)資料也常被使用來進行時間序列(time series)分析研究。

(二)健康風險評估之運用

風險評估就是評估某一特定情況之風險，包含瞭解可能潛在帶來的危害，加以預防並降低危害的程度，危害主要分三方面：(1)個人危害，如健康狀況；(2)環境性的危害，如物理、化學、生物、人為因子等危害因子；(3)安全性的危害，

如火災、爆炸等。而危害帶來的結果可能是死亡、疾病或財產上的傷害。

利用現有技術與知識來評估某一行為或事件可能對人體健康造成的負面影響稱為健康風險評估(Health Risk Assessment; HRA)，主要以四個步驟來執行健康風險評估，分別是(一)危害辨識(Hazard Identification)，(二)危害特徵描述(Hazard Characterization)，(三)暴露評估(Exposure Assessment)，(四)風險特徵描述(Risk Characterization)。執行方式說明如下：

1. 步驟一、危害辨識：可透過蒐集流行病學資訊以及收集生物危害物質基礎資訊，決定某一危害物質是否會增加某種危害健康情形之發生率。流行病學是研究與人體健康相關的事件或狀態的科學，它藉著嚴謹的觀察或實驗，以及縝密的因果邏輯推理，來描述社區間的疾病型態，比較族群間的疾病差異、研究疾病的自然史、探討疾病的危險因子、推論疾病的作用機制、促進疾病防治措施的發展並評估防治的效益。

2. 步驟二、危害特徵描述：以定性的方式詳細描述生物危害物質，若數據充分（如，感染劑量），則進行劑量反應評估(Dose Response Assessment)，美國國家科學院將劑量反應評估定義為「一種物質的劑量，與暴露人群中某種不良健康效應發生率之間關係的描述，並且以人類暴露到此物質的函數，來估計此效應發生率的過程」。大部分健康效應的資料是基於動物實驗，其劑量通常比人類從環境中的暴露要高很多；因此需要應用外推法(extrapolation)：由動物推測到人類，由高劑量推測到低劑量，來估計潛在的人體健康效應。

3. 步驟三、暴露評估：其定義為計算生物危害物質經由不同暴露途徑，如吸入、食入及皮膚接觸，進入人體的劑量大小。而暴露劑量就是計算人體的總暴露量，包含暴露途徑、物質存在的介質以及在人體中的變化，都會影響暴露劑量的值。我們由暴露劑量進而評估人體間健康風險是否在可接受的範圍內，或者會對人體造成何種危害。

4. 步驟四、風險特徵描述，其為風險評估的最後一個步驟，其定義為「根據危害辨識、危害特徵描述和暴露評估結果，對產生不良健康影響的可能性，

及一個特定人群中已發生或可能發生的不良健康影響的嚴重性所作的定性和（或）定量估計，包括相關的不確定性。」

美國環保署之 Air Quality Criteria for Particulate Matter 文件，則係基於上述步驟進行懸浮微粒之健康風險評估，重點成果說明如下一小節。

美國空氣品質標準之訂定緣由與相關健康風險

美國環保署在制定空氣品質標準時，蒐集與參考的實驗研究、流病研究等相關公衛研究文獻數以千計無法逐一闡述，故美國環保署僅於其執行報告內擷取重點研究結果，並呈現美國歷年來空氣品質標準之訂定歷史。

美國環保署將其結果呈現於美國環保署官方網站(網址：https://www3.epa.gov/ttn/naaqs/standards/pm/s_pm_2007_fr.html)，符合本計畫執行目的之執行報告包含：

1. Review of the National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter: Policy Assessment of Scientific and Technical Information OAQPS Staff Paper(1996)；
2. Air Quality Index Reporting; Final Rule(1999) ；
3. National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter; Final Rule(2013)；
4. Integrated Review Plan for the National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter(2016)。

關於美國環保署懸浮微粒的空氣品質標準建立，標準訂定源頭可從 1996 年之執行報告中探討起，美國環保署於 1971 年頒布了針對 PM 的一級和二級 NAAQS(National Ambient Air Quality Standards)，此標準係定義 「總懸浮微粒(TSP)」，粒徑大小為 25 至 45 μm；其一級標準為 260 μg/m^3（24 小時平均值）、75 μg/m^3（年幾何平均值），以及二級標準為 150 μg/m^3（24 小時平均值）。1987 年則完成 PM_{10} 標準，一級標準為 150 μg/m^3（24 小時平均值）和二級標準為 50μg / m^3（年幾何平均值）。1997 年則修訂 PM NAAQS 並設定 $PM_{2.5}$ 標準：15 μg/m^3（年幾何平均值）、65 μg/m^3（24 小時平均值）。同時於此報告中所進行之健康風

險評估，係透過蒐集流行病學資料、動物實驗數據所得，其以死亡率做為健康效應指標，並分為長期與短期暴露。

關於 PM 比較基準之設定，考量當時空氣品質數據，用於報告中各種健康風險的相對風險值的污染物濃度增量如下：

短期暴露研究：PM_{10} 為 50 μg/m^3; $PM_{2.5}$ 和 $PM_{10-2.5}$ 為 25 μg/m^3。

長期暴露研究：PM_{10} 為 20 μg/m^3；$PM_{2.5}$ 和 $PM_{10-2.5}$ 為 10 μg/m^3。

關於死亡率研究結果，當短期暴露於每 50 μg/m^3 之 PM_{10} (24-hr)，美國 90 個最大城市之超額死亡率為 1.4%，美國 10 個最大城市之超額死亡率為 3.4%，加拿大 8 個最大城市為 3.6%，歐洲城市則係為 3%。而當短期暴露於每 25 μg/m^3 之 $PM_{2.5}$，相當於統計顯著之超額風險估計值為增加 2%之死亡率。總之，短期暴露於每 50 μg/m^3 之 PM_{10} (24-hr)，其總死亡率增加至 1 至 8%；短期暴露於每 25 μg/m^3 之 $PM_{2.5}$，總死亡率增加至 2 至 6%。而對於心血管或聯合心肺呼吸系統疾病之死亡率，短期暴露於每 25 μg/m^3 之 $PM_{2.5}$ 將增加 3 至 7%之死亡率；單論呼吸系統疾病，短期暴露於每 25μg/m^3 之 $PM_{2.5}$ 將增加 2 至 7%之死亡率。

對於長期暴露結果，當長期暴露於每 10 μg/m^3 之 $PM_{2.5}$ （年平均值），統計顯著值為死亡率增加 14 至 28%之風險，但與 $PM_{10-2.5}$ 無顯著相關性。$PM_{2.5}$ 對於心肺呼吸系統死亡率，暴露於每 10 μg/m^3 之 $PM_{2.5}$ 約 6 至 23%；對於肺癌死亡率則降至 21%。而長期暴露於粗懸浮微粒對於死亡率之影響，則無統計學之顯著結果。

在濃度劑量效應之呈現上，初期在 3 個閾值濃度呈現反應，PM_{10} 濃度分別為 12.8 μg/m^3、24.6 μg/m^3 與 34.4 μg/m^3。但後續整體結果顯示可能於 PM_{10} 濃度為 15 至 20 μg/m^3 以下時，總死亡率或心血管呼吸系統疾病才存在閾值，閾值出現於 25 μg/m^3 以上之可能性基本上為 0。

對於濃度劑量效應之結論，此報告之評估提供非常有限的結果，僅建議了與低大氣 PM 濃度相關的健康效應可能閾值（例如，對於 24 小時 PM_{10} 為 15 至 20 μg/m^3 或 20 至 25 μg/m^3 $PM_{2.5}$）。然而，比較線性（無閾值）模型與各種非線性或閾值模型的正式統計結果，並未顯示統計學上的顯著差異。

總結本報告之流行病學結果結論，呈現如圖 2-12，其呈現死亡率與 PM 之

關聯，PM_{10} 與總死亡率呈現正相關，超過一半研究顯示其相關在統計學上為顯著結果。PM_{10} 與心血管和呼吸系統死亡率之間呈現正相關。大多數心血管死亡率研究亦具統計顯著相關性，而呼吸系統死亡率雖呈相關性但並無呈現統計顯著。更精確地說，短期暴露研究從每 50 $\mu g/m^3$ 之 PM_{10} 增加約 1%到 8%的死亡率；而對於多元研究，短期暴露研究為每 50 $\mu g/m^3$ 之 PM_{10} 約 1.0 至 3.5%的死亡率。至於 $PM_{2.5}$ 與死亡率，幾乎所有 $PM_{2.5}$ 與總死亡率的研究呈現正相關，但不到一半之研究具有統計學上之顯著相關。更精確地說短期暴露研究從每 25 $\mu g/m^3$ 之 $PM_{2.5}$ 增加約 2%至 6%的死亡率，而對於多元研究，短期暴露研究為每 25 $\mu g/m^3$ 之 $PM_{2.5}$ 增加 1%至 3.5%死亡率。結果顯示，PM_{10}、$PM_{2.5}$ 之間相關的流行病學證據具有很大的優勢，而對於 $PM_{10-2.5}$，其死亡率相關的證據更為有限。

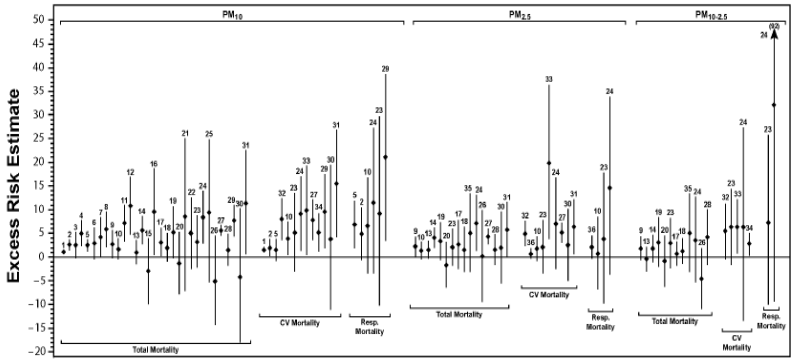


Figure 9-4. Excess risk estimates for total nonaccidental, cardiovascular, and respiratory mortality in single-pollutant models for U.S. and Canadian studies, including aggregate results from two multicity studies (denoted in bold print below). PM increments: 50 $\mu g/m^3$ for PM_{10} and 25 $\mu g/m^3$ for $PM_{2.5}$ and $PM_{10-2.5}$. Results presented from time-series studies that did not use GAM or were reanalyzed using GLM.

1. **Dominici et al. (2003a), 90 U.S. cities**
2. Moolgavkar (2003), Cook County
3. Kinney et al. (1995), Los Angeles
4. Schwartz (2003), Chicago
5. Ito and Thurston (1996), Cook County
6. Schwartz (2003), Pittsburgh
7. Styer et al. (1995), Cook County
8. Schwartz (2003), Detroit
9. **Burnett and Goldberg (2003), 8 Canadian cities**
10. Moolgavkar (2003), Los Angeles
11. Schwartz (2003), Seattle
12. Schwartz (2003), Minneapolis
13. Klemm and Mason (2003), St. Louis
14. Klemm and Mason (2003), Boston
15. Schwartz (2003), Birmingham
16. Schwartz (2003), New Haven
17. Chock et al. (2000), Pittsburgh (< 75 y.o.)
18. Chock et al. (2000), Pittsburgh (75+ y.o.)
19. Klemm and Mason (2003), Kingston-Harriman
20. Klemm and Mason (2003), Portage
21. Schwartz (2003), Canton
22. Schwartz (2003), Spokane
23. Ito (2003), Detroit
24. Fairley (2003), Santa Clara County
25. Schwartz (2003), Colorado Springs
26. Klemm and Mason (2003), Topeka
27. Tsai et al. (2000), Newark
28. Klemm and Mason (2003), Steubenville
29. Pope et al. (1992), Utah Valley
30. Tsai et al. (2000), Elizabeth
31. Tsai et al (2000), Camden
32. Lipfert et al. (2000), Philadelphia
33. Mar et al. (2003), Phoenix
34. Ostro et al. (2003), Coachella Valley
35. Klemm and Mason (2000), Atlanta
36. Ostro et al. (1995), Southern California

圖 2-12、美國 Air Quality Criteria for Particulate Matter 之流行病學證據總結

總而言之，對於 PM_{10}，僅顯示短期暴露具其強而有力之流病證據；對於 $PM_{2.5}$，不論長期或短期暴露，均具強有力的流病證據顯示其與死亡率、與心血管呼吸系統疾病之相關。而 $PM_{10-2.5}$ 的研究較少，僅推測其與死亡率和發病率相關效應估計值與 $PM_{2.5}$ 類似。然而，幾乎沒有證據可以得出關於長期 $PM_{10-2.5}$ 暴露和發病

率的結論。透過美國 Air Quality Criteria for Particulate Matter 此報告，認知美國之 PM 空氣品質標準訂定係具大量之流行病學證據進行佐證，後續將以此報告作為基礎，進行美國 1996PM AQCD 之內容研析，進而探討國外空氣品質標準與國內空品標準訂定之關聯性。

(三)美國與臺灣之空氣品質標準關聯性

1.美國 NAAQS 之歷年懸浮微粒數值變化

美國空氣品質標準從 1971 至 2012 年之懸浮微粒數值變化，如圖 2-13。美國環保署自 1996 年的 AQCD(Air Quality Criteria Document)後，於 2004 年完成新的 AQCD，且於 2005 年 12 月完成了風險評估，2005 年 12 月 20 日，其宣布了修改 PM 的 NAAQS 的決定。

2006 年 9 月 21 日，美國環保署宣布最終決定修訂 PM 的一級和二級 NAAQS，為公共衛生提供更多保護（71 FR 61144，2006 年 10 月 17 日）。關於細懸浮微粒的一級和二級標準，美國將 24 小時 $PM_{2.5}$ 標準的水平修訂為 35 $\mu g/m^3$，保持每年 $PM_{2.5}$ 標準的水平為 15 $\mu g/m^3$。關於 PM_{10} 的一級和二級標準，保留了 24 小時標準，為 150 $\mu g/m^3$，並取消了年度標準。而當時現存證據通常並未表明長期暴露的粗懸浮微粒與健康風險之間存在相關。

爾後，美國環保署跟美國聯邦上訴法院爭論數回，雖然法院認為 $PM_{2.5}$ 很重要也應該管制，但美國環保署訂立的舊標準沒有合理充分的理由，因此駁回多次。在 2008、2009 兩年，美國環保署開始進行科學跟政策的工作坊(sciense/policy issue workshops)，並釋出評估方法（健康風險評估）跟相關文獻，直到 2012 年 12 月公布的標準後，經過法院審查(juridical review)，才獲得各方支持。

2012 年 12 月，美國環保署宣布了最終決定修訂 PM 的一級 NAAQS，以提供更好的公共衛生保護（78 FR 3086，2013 年 1 月 15 日）。關於 $PM_{2.5}$ 的一級標準，年度 $PM_{2.5}$ 標準修訂為 12.0 $\mu g/m^3$，並保留 24 小時 $PM_{2.5}$ 標準為 35 $\mu g/m^3$。對於 PM_{10} 標準，則保留了 24 小時標準，以繼續提供短期暴露於 $PM_{10-2.5}$ 的保護。

Review Completed	Indicator	Averaging Time	Level	Form
1971	Total Suspended Particles (TSP)	24-hour	260 μg/m³ (primary) 150 μg/m³ (secondary)	Not to be exceeded more than once per year
		Annual	75 μg/m³ (primary) 60 μg/m³ (secondary)	Annual geometric mean
1987	PM_{10}	24-hour	150 μg/m³	Not to be exceeded more than once per year on average over a 3-year period
		Annual	50 μg/m³	Annual arithmetic mean, averaged over 3 years
1997	$PM_{2.5}$	24-hour	65 μg/m³	98th percentile, averaged over 3 years
		Annual	15.0 μg/m³	Annual arithmetic mean, averaged over 3 years[17]
	PM_{10}	24-hour	150 μg/m³	99th percentile, averaged over 3 years[18]
		Annual	50 μg/m³	Annual arithmetic mean, averaged over 3 years
2006	$PM_{2.5}$	24-hour	35 μg/m³	98th percentile, averaged over 3 years
		Annual	15.0 μg/m³	Annual arithmetic mean, averaged over 3 years[19]
	PM_{10}	24-hour[20]	150 μg/m³	Not to be exceed more than once per year on average over a 3-year period
2012	$PM_{2.5}$	24-hour	35 μg/m³	98th percentile, averaged over 3 years
		Annual	12.0 μg/m³ (primary) 15.0 μg/m³ (secondary)	Annual mean, averaged over 3 years[21]
	PM_{10}	24-hour	150 μg/m³	Not to be exceeded more than once per year on average over 3 years

圖 2-13、1971 至 2012 年美國空氣品質標準之懸浮微粒數值變化

2.美國 NAAQS 數值與 AQI 之關聯性

1976 年美國政府建立污染標準指標(Pollutant Standard Index, PSI)，PSI 採用國家環境空氣品質標準(National Ambient Air Quality Standards, NAAQS)及空氣污染事件標準顯著之有害污染濃度(Significant harm levels, SHL)，以線性內插函數來計算污染物之副指標值。根據定義，SHL 代表嚴重的危害程度是指那些對公眾健康、福利或環境造成迫切嚴重危害的環境空氣污染物濃度。在初始 PSI 指標值設定時就將指標值 500 代表 SHL，而指標值 200、300、400 分別代表 Alert、Warning、Emergency episode levels 的基礎。

1999 年，美國環保署將指標名稱 PSI 改名為 AQI(Air Quality Index)。AQI 各指標所對應之健康意義說明如圖 2-14，而 AQI 各指標污染物對應之濃度值如圖 2-15 所示。當空氣品質處於「敏感群體不健康（AQI 值 101 至 150）」範圍，普通民眾不太可能受到影響，但敏感族群，無論敏感性是因為醫療條件、暴露條件還是原生敏感性，都可能會受到影響。

美國從建立空品制度開始，其選擇 AQI 斷點的歷史方法一致，指標值 100 被定義為每種污染物的短期（即 24 小時或更短的平均時間）一級 NAAQS 的數值，指標值 50 則被定義為每種污染物的長期（即年平均值）一級 NAAQS 的數

值。至於指標值 50 設定 $PM_{2.5}$ 的年平均 NAAQS 數值與指標值 100 設定 $PM_{2.5}$ 的 24 小時 NAAQS 數值的可能原因，經分析可能為 NAQQS 的數值本身就是美國環保署經過無數次的實驗以及文獻驗證出來的結果，所以這個數值（斷點）對於人體一定是有顯著的健康效應或是情形會產生，所以美國做法就將 NAAQS 值較小的年平均值當成 AQI 指標值 50 代表濃度，而數值較大的 24 小時平均值當作 AQI 指標值 100 代表濃度。同時美國各組織以及環保署表示，此制定方式對於與公眾就 AQI 標準進行溝通以及提供有關於日常空氣品質相關的健康風險，具一致性與實用性。

近年來，美國各組織以及環保署都認同使用 NAAQS 年平均值當作 AQI 50 的濃度，而 AQI 100 的設定則有兩種不同的想法：一種就是根據長久以來的作法，把 NAAQS 24 小時平均值當作 AQI 100 的濃度，另一種就是就是使用比 24 小時平均濃度值更低的濃度值來提供更大的保障，但是這個做法僅獲得一個組織(NESCAUM)的支持，所以最後還是基於要以短期標準（24 小時平均濃度）與 AQI 100 之間的聯繫來與民眾進行溝通以及提供一致的資訊較為合適。

以 1999 年而言（如圖 2-15），AQI 指標值 100 設定為 $PM_{2.5}$ 的 24 小時 NAAQS 數值，65 $\mu g/m^3$，而指標值 50 則設定為 $PM_{2.5}$ 的年平均 NAAQS 數值，15 $\mu g/m^3$；而由於美國環保署沒有收到任何關於建立 500 $\mu g/m^3$ 濃度與 $PM_{2.5}$ 指數值 500 的相關建議或選擇中間斷點方法的意見。 因此，EPA 採用 500 $\mu g/m^3$ 作為濃度值的上限。對於 AQI 中 150 和 500 之間的中間斷點，EPA 採用的 $PM_{2.5}$ 濃度，通常反映增加的指數值和增加的 $PM_{2.5}$ 值之間的線性關係。

以 2013 年而言（如圖 2-16），由於 2006 年美國環保署更動 $PM_{2.5}$ 的年平均以及 24 小時平均數值，因此根據過往的做法就將指標值 50 設定為 $PM_{2.5}$ 的年平均 NAAQS 數值 12 $\mu g/m^3$，而指標值 100 則設定為 $PM_{2.5}$ 的 24 小時 NAAQS 數值，35 $\mu g/m^3$。而 AQI 指標值 150，認為健康風險證據發現在 $PM_{2.5}$ 的 24 小時平均值 55 $\mu g/m^3$ 時，適合與 AQI 指標值 100 時 $PM_{2.5}$ 的 24 小時平均值 35 $\mu g/m^3$ 一起使用。而目前 AQI 大於 150 以上，美國回顧千篇風險文獻，仍尚無證據顯示 AQI150 以上的數值具流病證據。故考量空氣品質和健康風險因素，美國建議保持目前 AQI 指標值 500 時，$PM_{2.5}$ 的 24 小時平均值 500 $\mu g/m^3$ 之設定。故 AQI

值為 200、300 和 400 的中間斷點，基於 AQI 指標值 150 和 500 的建議濃度水平之間的線性插值取得，但若日後 $PM_{2.5}$ 的最終 SHL 在頒佈時與此濃度不同，還是應修訂 $PM_{2.5}$ 副指標的濃度值。

Air Quality Index Levels of Health Concern	Numerical Value	Meaning
Good	0 to 50	Air quality is considered satisfactory, and air pollution poses little or no risk.
Moderate	51 to 100	Air quality is acceptable; however, for some pollutants there may be a moderate health concern for a very small number of people who are unusually sensitive to air pollution.
Unhealthy for Sensitive Groups	101 to 150	Members of sensitive groups may experience health effects. The general public is not likely to be affected.
Unhealthy	151 to 200	Everyone may begin to experience health effects; members of sensitive groups may experience more serious health effects.
Very Unhealthy	201 to 300	Health alert: everyone may experience more serious health effects.
Hazardous	301 to 500	Health warnings of emergency conditions. The entire population is more likely to be affected.

圖 2-14、AQI 各指標所對應之健康意義說明

TABLE 2.—PROPOSED BREAKPOINTS FOR O_3, $PM_{2.5}$, PM_{10}, CO, AND SO_2 SUB-INDICES

AQI value	O_3		PM		CO, 8-hr (ppm)	SO_2, 24-hr (ppm)
	8-hr (ppm)	1-hr (ppm)	$PM_{2.5}$, 24-hr ($\mu g/m^3$)	PM_{10}, 24-hr ($\mu g/m^3$)		
50	0.07		15	50	4	0.03
100	0.08	0.12	65	150	9	0.14
150	0.10	0.16	*100	250	12	0.22
200	0.12	0.20	*150	350	15	0.30
300	0.40 (1-hr)	0.40	*250	420	30	0.60
400	0.50 (1-hr)	0.50	*350	500	40	0.80
500	0.60 (1-hr)	0.60	*500	600	50	1.00

*If a different SHL for $PM_{2.5}$ is promulgated, these numbers will be revised accordingly.

圖 2-15、1999 年 AQI 各指標污染物對應之濃度值

TABLE 2—BREAKPOINTS FOR THE AQI

These breakpoints							Equal these AQI's	
O_3 (ppm) 8-hour	O_3 (ppm) 1-hour[1]	$PM_{2.5}$ (µg/m³) 24-hour	PM_{10} (µg/m³) 24-hour	CO (ppm) 8-hour	SO_2 (ppb) 1-hour	NO_2 (ppb) 1-hour	AQI	Category
0.000–0.059	.....	0.0–12.0	0–54	0.0–4.4	0–35	0–53	0–50	Good.
0.060–0.075	.....	12.1–35.4	55–154	4.5–9.4	36–75	54–100	51–100	Moderate.
0.076–0.095	0.125–0.164	35.5–55.4	155–254	9.5–12.4	76–185	101–360	101–150	Unhealthy for Sensitive Groups.
0.096–0.115	0.165–0.204	[3]55.5–150.4	255–354	12.5–15.4	[4]186–304	361–649	151–200	Unhealthy.
0.116–0.374	0.205–0.404	[3]150.5–250.4	355–424	15.5–30.4	[4]305–604	650–1249	201–300	Very Unhealthy.
([2])	0.405–0.504	[3]250.5–350.4	425–504	30.5–40.4	[4]605–804	1250–1649	301–400	Hazardous.
([2])	0.505–0.604	[3]350.5–500.4	505–604	40.5–50.4	[4]805–1004	1650–2049	401–500	

[1] Areas are generally required to report the AQI based on 8-hour ozone values. However, there are a small number of areas where an AQI based on 1-hour ozone values would be more precautionary. In these cases, in addition to calculating the 8-hour ozone index value, the 1-hour ozone index value may be calculated, and the maximum of the two values reported.
[2] 8-hour O[3] values do not define higher AQI values (≥301). AQI values of 301 or greater are calculated with 1-hour O_3 concentrations.
[3] If a different SHL for $PM_{2.5}$ is promulgated, these numbers will change accordingly.
[4] 1-hr SO_2 values do not define higher AQI values (≥ 200). AQI values of 200 or greater are calculated with 24-hour SO_2 concentrations.

圖 2-16、2013 年 AQI 各指標污染物對應之濃度值

3.美國 AQI 於 2006 年後之數值更新與健康風險證據

2006 年後，美國參考了大量的流病資料與實驗證據後，於 2012 年又公告新 AQI 標準，並沿用至今。以 $PM_{2.5}$ 為例，$PM_{2.5}$ 年度標準，將其 15 µg/m^3 降低到 12 µg/m^3，以利提供民眾更多保護，防止長期和短期暴露對健康的風險。而 $PM_{2.5}$ 24 小時標準仍維持 35 µg/m^3，以防止與短期暴露有關的健康影響。標準修訂係基於對大量新科學證據的綜合評估，並增強了 2012 年標準審查對 $PM_{2.5}$ 相關健康風險的理解，包括對主要流行病學研究的擴展分析以及觀察到在較低的 $PM_{2.5}$ 濃度下的健康風險的證據。

關於 $PM_{2.5}$ 長期暴露的研究，ACS(American Chemical Society)和哈佛大學的研究提供了相較於之前所觀察到（2006 年前）更低的空氣品質分布與死亡率相關一致性的強烈證據。ACS 研究表明在 1979 年至 1983 年期間，長期平均 $PM_{2.5}$ 濃度為 18.2 µg/m^3，具有統計學顯著意義(Pope et al，1995；Krewsk et al., 2000) 。此研究表示，1980 年至 1988 年，所評估的 $PM_{2.5}$ 長期平均總濃度為 16.4 µg/m^3(Laden et al.,2006)。在「哈佛大學六座城市」研究中，顯示濃度劑量效應呈線性並且「顯著低於目前年度標準」(Schwartz et al.,2008)。

而在 $PM_{2.5}$ 長期暴露的世代研究(Cohort studies)，婦女健康倡議(WHI)的研究顯示，長期 $PM_{2.5}$ 暴露與心血管相關死亡率以及發病率之間存在正向關係，並有統計顯著結果，與 ACS 和哈佛大學研究相比，死亡率的相對風險估計值高。其 2000 年之長期 $PM_{2.5}$ 濃度平均為 12.9 µg/m^3(Miller et al.,2007)。

2008 年，Eftim 等人研究顯示，美國東部地區長期 $PM_{2.5}$ 暴露與死亡率之間

的關聯，$PM_{2.5}$ 長期暴露濃度為 14.0 μg/m^3，儘管在西部地區沒有證據與長期 $PM_{2.5}$ 暴露相關，但其 $PM_{2.5}$ 長期暴露濃度為 13.1 μg/m^3（美國環保署，2009a，第 7 至 88 頁）。而 2008 年亦有全國嬰兒死亡率研究報告，報告表示兒童過早死亡與 $PM_{2.5}$ 長期暴露濃度 14.8 μg/m^3 有關，以及兒童和成人在內的囊性纖維化世代研究之死亡率和 $PM_{2.5}$ 長期暴露濃度 13.7 μg/m^3 有關，具有積極但統計學無顯著意義 (Woodruff et al., 2008; Goss et al., 2004) 。

另關於長期 $PM_{2.5}$ 暴露與呼吸系統疾病的影響，在 1999 年，南加州兒童健康研究顯示全市平均 2 週 $PM_{2.5}$ 濃度的全市平均濃度約為 15.1 μg/m^3(Peters et al.,1999)。而 2000 年代，對南加州兒童健康研究提供了與 $PM_{2.5}$ 相關的呼吸作用的更具相關的證據，空氣品質濃度比以前報告的要低，12 個研究社區四年間的平均總濃度為 13.8 μg/m^3 (McConnell et al., 2003; Gauderman et al., 2004, U.S. EPA, 2009a, Figure 7–4) 。

在考慮綜合科學評估得出的證據表明，健康風險存在著因果關係，政策評估指出，長期 $PM_{2.5}$ 暴露濃度下降至約 12 μg/m^3 時，具顯著的統計學關係(US EPA，2011a，第 233 頁)。

故得到結論目前的 $PM_{2.5}$ 年平均值 15 μg/m^3，是無法有效保障人民的健康，因此應對 NAAQS 的年平均值進行下修至 12 μg/m^3。

關於 $PM_{2.5}$ 短期暴露的研究結論，美國政策評估得出的結論是，短期 $PM_{2.5}$ 暴露研究的發現提供了與 $PM_{2.5}$ 相關的健康風險證據，可能影響發生在符合當前 $PM_{2.5}$ 標準的地區（美國 EPA，2011a，第 2 至 35 頁）。對 $PM_{2.5}$ 24 小時平均濃度低於 35 μg/m^3 的日子進行分析，產生健康風險相關的統計顯著意義(Dominici，2006b)。

針對上述健康風險研究結果，公共衛生、醫療和環境評論者使用比美國環保署風險評估（美國 EPA，2010a）中更近期的空氣品質數據，提供了年度和 24 小時標準的風險估計，結果顯示，隨著年度和 24 小時標準水平分別降低到 13 μg/m^3 和 35 μg/m^3 以下，公共健康利益才會持續增加。

美國環保署同意評論者建議，因此將 2013 年之 AQI 標準中的 $PM_{2.5}$ 年度標準修改為 12 μg/m^3，而非 13 μg/m^3，期望增進公共健康利益並降低與 $PM_{2.5}$ 相關

的健康風險。至於 $PM_{2.5}$ 短期暴露是否應低於 35 μg/m^3，因評論者未提出有力之佐證資訊，故仍維持此標準，若後續有更顯著之結果顯示，才開啟是否修訂之評估程序。

2.5、蒐集及研提環境感測物聯網技術、研發及資料分析

本工作項目擬蒐集及研提與環境感測物聯網技術、研發、資料分析等學術、公信單位、指標企業之學術研究資料，決標日起 1 個月內完成蒐集資料架構分類及時程規劃，並每季提出資料更新。資料架構分類如表 2-14 整理，收集至少 30 篇並重點研提如下列所述。

表 2-14、環境感測物聯網技術、研發及資料分析彙整

資料架構分類	蒐集項目
政府組織	1. US EPA (air sensor toolbox): https://www.epa.gov/air-sensor-toolbox 2. 加州環保局 (Community Air Protection Program): https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/community-air-protection-program
商業組織	1. Smart cities world: https://www.smartcitiesworld.net/?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=Daily%20Newsletter 2. iot podcast: https://iotpodcast.com/
研究單位	1. UC Davis 的空氣品質研究中心: https://aqrc.ucdavis.edu/ 2. 挪威空氣品質研究中心: https://www.nilu.no/en/about-nilu/
學術期刊	1. AE: https://www.journals.elsevier.com/atmospheric-environment 2. Aerosol science and technology: https://www.tandfonline.com/toc/uast20/current

1. Surrogate-Based Optimization Methodology for the Optimal Design of an Air Quality Monitoring Network

提出了一種基於替代的優化方法，用於識別和確定工業區內空氣質量監測網絡(Air Quality Monitoring Network, AQMN)的最佳位置和配置，用於不同污染

物，如二氧化硫(SO_2)，氮氧化物(NOx)和一氧化碳(CO)。在所述方法的框架內，提出了最佳 AQMN 設計來評估每種污染物的違規和模式分數。為此，通過應用可以實現的效用函數，制定了評估監測站分配的標準描述網絡的空間覆蓋範圍及其檢測違反多種污染物標準的能力。基於多細胞方法的空氣擴散模型用於創建從不同來源排放的污染物濃度的月度空間分布。該數據用於開發替代模型，擬議的方法適用於現有煉油廠煙囪網絡，並獲得監測站的位置及其面積覆蓋百分比。本文獻結果清楚地表明，所提出的方法在設計 AQMN 方面是成功的，並且可以根據需要用於多個站點。

2. Air Quality Monitoring Network Design Optimisation for Robust Land Use Regression Models

一種非常常見的流行病學研究，用於了解空氣的影響對健康的污染是可用的暴露數據的質量。許多流行病學研究都依賴於此經驗建模技術，如土地利用回歸（Land Use Regression ,LUR），用於評估環境空氣暴露。以前的研究已經以臨時方式定位監測站，有利於他們的安置在交通“熱點”，或在主觀上被認為對土地使用和人口感興趣的區域。但是，監測站的臨時安置可能會導致長期不明智的決定暴露分析。本文介紹了一種識別空氣位置的系統方法質量監測站，它結合了 LUR 的靈活性和增加重量的能力優先領域，如人口稠密地區，以盡量減少空間平均預測誤差。測試研究區域的方法已經表明它導致平均預測的顯著下降誤差（99.87%沒有空間權重; 99.94%具有研究區域的空間權重）。結果這項工作可以指導網站的選擇，同時擴展或創建空氣質量監測網絡用於具有最小預測誤差的健全的 LUR 估計。

3. Can fuzzy set theory bring complex issues in sizing air quality monitoring network into focus?

本文提出了一種客觀方法論用於確定最佳環境空氣質量數空氣質量監測網絡中的監測站將提供當前空氣質量的最大信息。該建議雙折法是模糊的組合相似性度量和模糊 c 均值（fuzzy c-mean,FCM）聚類。在第一階段，餘弦幅度 - 模糊相似度之一度量用於分類或重新組合監控最關鍵的空氣污染物 PM_{10} 和 NO_2 的站點定義的可能性（α-cut）水平。在第二階段，PM_{10}，NO_2，SO_2，CO 和 SPM 的平均值在 FCM 中使用冬季月份是最糟糕的情況集群。最後，空氣質量的最佳

數量監視位置被選擇為形成的單站分區（唯一分區），關係清晰 PM_{10} 和 NO_2 的矩陣和具有最高的成員資格在模糊聚類中。該方法已得到證實通過應用於德里地鐵城的案例研究。收集標準污染物的空氣質量數據從已安裝的 41 個站點開始 15 個月。該研究結果顯示，德里市需要只有 16 個監測站，這將導致相當大的減少資本成本和經常性支出德里的環境空氣質量監測。

4. Combining Community Engagement and Scientific Approaches in Next-Generation Monitor Siting: The Case of the Imperial County Community Air Network

本文使用了社區參與的過程，以發展社區空氣監測網絡，除了實現研究所需的科學嚴謹性，同時也實現了社區優先事項。通過項目設計讓社區居民參與，監測選址過程，數據傳播等關鍵活動，由此產生的空氣監測網絡數據是與社區居民相關的、可信的、可理解的和使用的。將空間分析和空氣監測最佳實踐整合到一起網絡開發過程確保數據可靠並適合用於研究活動。這種組合方法使社區空氣監測網絡更好，能夠告知社區居民，支持研究活動，指導公共政策和改進公共衛生。在這裡詳細介紹了監視器的選址過程，並概述了其優勢和挑戰。

5. Design of a sensitive air quality monitoring network using an integrated optimization approach

本文提出了一種設計多目標的新方法和多污染物敏感空氣質量監測工業區的網絡(AQMN)。分散模型用於估計地面水平不同濃度的空氣污染物排放排放源。AQMN 的主要目標是提供有關污染物的最大資訊關於 1.最大覆蓋面積，2.最大值檢測違反環境空氣標準的行為和 3.監測站對排放源的敏感性。蟻群優化算法(Ant Colony Optimization, ACO)與遺傳演算法(genetic algorithm ,GA)被用作識別的優化工具監控網絡的最佳配置。該 ACO 和 GA 結果的比較表明兩種算法的性能在發現中都是可以接受的 AQMN 的最佳配置。

6. Multiobjective Optimization for Air-Quality Monitoring Network Design

對於石化和化工廠人口密集的工業區，設計有效的空氣質量監測網絡(AQMN)對於當地的環境和工業可持續性非常重要。在本文中開發了用於 AQMN 設計和重新設計的多目標和確定性優化的一般方法。通常，根據歷史氣象學，採用高斯分散模型建立空間污染分布條件和更新的排放源概況。開發了一種多目標混合整數線性規劃模型最佳地設計 AQMN，允許重新安置現有監測站和/或增

加新的監測站。優化將最大化可檢測的空氣質量閾值違反頻率(air-quality threshold violation frequency, AQTVF)以獲得潛力研究工業區內的污染事件以及 AQMN 實施的總預算成本最小化現有監測站搬遷，新站建設和不同價格土地使用的考慮因素位置。

7. Optimization of Air Quality Monitoring Network Using GIS Based Interpolation Techniques

使用地理資訊系統(GIS)與內插值技術和歷史數據方法，來簡易優化 AQMN 系統地消除了現有的空氣質量站，缺少數據填充了從最合適的內插技術生成的數據。然後將內插數據與觀察數據進行比較，預定義的性能測量用於檢查內插值數據的準確性。此算法是在 GIS 環境下開發的，並對該過程進行了仿真幾組測量。事實證明，這種方法對決策有利的情況下找到覆蓋整個城市的濃度所需的最佳站點數量。

8. The GIS-Based Approach for Optimal Design of Air Quality Monitoring Network for Management of Chemical Clusters

本文提出一種監測方法通過歷史監測來分析氣體傳感器網絡基於現有固定監測站的數據。在本文中，基於地理資訊系統引入方法來設計全面的 AQMN。然後貝葉斯最大熵（Bayesian Maximum Entropy,BME）用於產生濃度分布，基於天然氣歷史監測數據的氣態污染物傳感器。最後，建立了一個多目標優化模型旨在優化的濃度分布的說明氣體傳感器監測網絡。是一種補充現有的監測方法並大大改善監測數據的有效性。

9. Use of a dense monitoring network of low-cost instruments to observe local changes in the diurnal ozone cycles as marine air passes over a geographically isolated urban centre

城市地區的臭氧(O_3)濃度在空間和時間上變化大，且受其他化學物質的影響。分析了城市內部的變異性 O_3 濃度以及當地控制對生產和消耗率的影響，有限於測量的空間和時間影響。使用精心管理的低成本半導體感測器的網絡就足夠精確地解決一個地區臭氧濃度的細微但顯著的變化。奧克蘭地區的臭氧形成率很低，這歸因於低 O_3 背景的組合濃度，遠程運輸的貢獻可忽略不計。在住宅區測量的 O_3 濃度最低，特別是在晚上和高峰時段。與交通產生的 NO 反應造成的臭

氧消耗解釋了高峰時段最小化但沒有完全解釋夜間低值。

10. Testing of Cavity Attenuation Phase Shift Technology For Siting Near-road NO_2 Monitors

繁忙道路附近的空氣污染暴露了公共衛生的重要性。因此 EPA 在 2010 年對 NO_2 空氣質量標準進行了重大修訂。目前的監管重點已經從遠離繁忙道路的長期（年平均）NO_2 濃度評估轉變為短期（平均 1 小時） 在繁忙道路附近測量的濃度。有鑑於了解構成城市地區的短程和長途二氧化氮暴露的潛在重要性，需要額外的監測方法。在逆風/順風差異的繁忙高速公路附近的固定位置測量，其時間範圍在 5 到 30 ppb 之間，並且與 CALINE（一種相對簡單的道路擴散模型）的預測相比非常一致。

2.6、我國推動成果及創新發現投稿或發表論文於國際或國內期刊 3 件

本項工作已完成 1 篇國內期刊論文投稿，另外 1 篇亦獲得 AE 期刊主編之同意刊登，另 2 篇已完成投稿審閱中，相關進度說明如下表 2-15 所示。

表 2-15、環境感測物聯網國內外重要期刊投稿進度

負責單位	期刊	題目	內容概述	投稿時間
工研院	TCTA 潔淨科技季刊	新式之細懸浮微粒($PM_{2.5}$)感測技術	電子衝擊感測技術開發現況及成果。	已於 4 月完成刊登
工研院	Atmospheric Environment(IF=3.7)	Method for Rapid Deployment of Low-Cost Sensors for a Nationwide Project in the Internet of Things Era	以臺灣實際 EIOT 之布建選址、感測器數據管理及模式分析案例，分享感測器應用於環境治理之效益。	8 月已獲得主編同意刊登
工研院	International Journal of Distributed Sensor Networks (IF=1.6)	Applying the Deployment Strategy and Data Analysis Model for Water Quality Continuous Monitoring and Management	介紹我國整合之國產化感測元件，及如何透過布建選址策略強化水質監測管理，並以數據分析模式自動辨識水質時空異常，落實環境執法應用。	11 月已完成投稿，期刊主編審閱中
工研院	Aerosol and Air Quality Research (IF=2.8)	Optical $PM_{2.5}$ Low-cost Sensor Quality Control and Verification Analysis	以臺中 500 點為測試場域，介紹臺灣利用光學式 $PM_{2.5}$ 感測器在工業區及交通情境的應用，以及如何進行檢校及驗證分析。	11 月已完成投稿，期刊主編審閱中

第 3 章 、建立感測數據智慧判讀及應用機制

環保署自 106 年起推動環境品質感測物聯網之裝置部屬，並於 107 年啟動與地方環保局合辦布建計畫，截至 107 年底環保署及環保局已於全國 14 個縣市合計布建 3,300 台空氣品質感測裝置，以監控工業區、周邊社區及交通密集區為主。環保署為全方位發展環境品質物聯網，運用通訊傳輸及雲端資訊設施，完成系統整合，並設計數據收集及處理資訊平台，於 106 年起建置環境感測資料中心，提供感測數據過濾、檢核、異常值告警等項目，建置帳號權限控管功能，完成感測資料平臺與其他平臺資料介接交換，建立標準化感測物聯網資訊流作業，規範感測設備、資料傳輸、資料格式，作為環境物聯網之統一介接標準。檢視目前各空氣品質感測器數據，缺少進一步提升感測數據異常之判讀與校正，藉以運用及挖角更具價值之環境感測資訊，以開發可靠之智慧環境應用，並支援環境治理決策，爰需建立感測數據智慧判讀及應用機制，基於環保署針對感測器布建之品質控管僅針對 $PM_{2.5}$ 感測數據，故本章節所討論之感測數據智慧判讀及應用機制是針對 $PM_{2.5}$ 感測數據實施，詳細之工作成果如下所述。

3.1、解析感測數值，判斷感測器異常、大環境變異或空氣污染徵兆

一、工作內容

環保署設立環境感測資料中心與其他平臺進行資料介接交換，其中介接平臺資料如下：

1. 與環境物聯網介接：透過 RestFul API、MQTT 與 Web Socket 通訊協定，於環境物聯網頁面即時展示空污地圖與觀測數據。
2. 與環境感測數據分析平臺資料交換：透過 RestFul API 與 MQTT 通訊協定，與數據分析平臺進行資料介接，讓數據分析平臺取用即時數據建模，並利用機器學習運算，找出可能潛勢熱區污染源所在點。
3. 介接大型事業特殊工業區資料：介接大型事業資料來源分為，分別是環輿科技、德星國際。透過 MQTT 介接通訊協定方式取得感測資料，收容感測器為 PM_{10}、CO、NO_X、NO、$PM_{2.5}$、SO_2、O_3、NO_2 等。

4. 介接地方環保局空氣品質監測資料：縣市環保局使用主動即時資料傳輸協定(如：RESTFul 或 Kafka)，將感測資料上傳至 IoT 平臺，智慧環境應用服務即可透過 IoT 平臺所提供的 RESTFul、MQTT、WebSocket 等三種傳輸協定，主動即時取得各縣市環保局的監測資料並加以利用。
5. 介接空氣盒子微型感測器：介接空氣盒子分為三種資料來源，分別是訊舟(Edimax)、LASS、ASUS 等三部分。
6. 介接國家級測站：使用 Kafka 與 RESTFul API 與 87 個國家級測站感測器進行資料格式介接。
7. 介接 14 縣市環保局微型感測器：14 縣市包含基隆市、新北市、宜蘭縣、桃園市、新竹縣、新竹市、苗栗縣、臺中市、雲林縣、嘉義縣、嘉義市、臺南市、高雄市和屏東縣共約 3,300 點裝置。

本工作項即在檢視目前資料中心所介接之相關環境資料，透過各空氣品質感測器數據，以大數據分析、數據統計分析或其他方式解析感測數值，判斷感測器異常、大環境變異或空氣污染徵兆，並且界定每次解析案件之最適時間軸範圍，擬定感測數據解析判斷依據及標準作業程序、流程機制及後續處理方式。

二、執行方法

在環境感測資料中心具備多樣態資料後，所需面對之問題包含感測資料可靠度及感測數據所代表之環境變異性，故需透過數據統計分析或其他方式解析感測數值，透過界定解析案件之最適時間軸範圍，據以判斷感測器異常、大環境變異或空氣污染徵兆，相關解析重點說明如下表 3-1 及

表 **3-2**：

1. 分析單點之歷史變化圖可以看出是否偏移：同區域各點歷史變化圖可看出單點之偏移方向與其他點不同或相同，例如：單點與周圍各點之比較以數據或顏色圖示表示。
2. 分析不同區域如住宅區、工業區、交通區、廟宇等區點分析其濃度對時間之變化，找出其污染趨勢特性，如濃度高之時段（天氣、季節、特別日），作為後續管理或對應之對策參考。

3. 比較某點感測器與其周圍方圓 1,000 公尺內之其他感測器之即時數據，檢視其偏差性，據以判斷是屬於大區域的環境異常，或是屬於小區域的污染，亦或是感測器的設備異常。
4. 異常數據之判斷機制
   (1) 單點異常數據之定義
      A. 即時數據大於先前 3 筆數據平均值之 3 倍以上或超過法規標準且持續 1 小時以上。
      B. 數據連續 24 小時以上呈現直線趨勢，前後筆小時平均值差異不超過 5%。
      C. 單點測值與其他各點（標準測站、感測點或巡檢點）比較差異超過 30% 以上。
      D. 數據為 0 值、負值或缺值。
   (2) 數據異常原因種類
      A. 設備或感測器異常：停電、斷電、保險絲燒毀、進氣口阻塞、感測器或晶片故障損壞。
      B. 通訊傳輸異常：傳輸路徑異常、通訊系統斷訊、傳輸模組故障損壞。
      C. 大環境變異：大區域的高濃度感測數據與環境風向一致，具有整體性移動與飄散的行為。
      D. 空氣污染徵兆：小區域的高濃度感測數據，依循區域風向及鄰近污染來源，具有對應的行為趨勢。
   (3) 數據異常原因判斷矩陣

表 3-1、單點數據異常種類與數據異常原因關聯性

數據異常種類	數據異常原因種類		
	A.設備或感測器異常	B.傳輸異常	C.環境異常(大環境變異、空氣污染徵兆)
A.即時數據大於先前 3 筆數據平均值之 3 倍以上或超過法規標準且持續 6 小時以上	V		V
B.數據連續 24 小時以上呈現直線趨勢，前後筆小時平均值差異不超過 5%	V	V	

C.單點測值與其他各點(標準測站、感測點或巡檢點)比較差異長期偏高超過 30%以上	V		V
D.數據為缺值、0 值、低值或負值	V	V	

表 3-2、異常原因與單點數據異常之關聯性

異常原因種類		數據異常種類				
		A	B	C	D	
		高值	定值或變異小	長期偏高	缺值或 0 值	低值或負值
A. 設備或感測器異常	停電或斷電				V 全測項	
	保險絲燒毀				V 全測項	
	進氣口阻塞		V 全測項			V 全測項
	感測器或晶片損壞故障	V	V	V	V	V
B. 傳輸異常	傳輸路徑異常	V 全測項	V 全測項			V 全測項
	通訊系統斷訊		V 全測項		V 全測項	
	傳輸模組故障損壞				V 全測項	
C. 環境異常	大環境變異			V		
	空氣污染徵兆			V		

三、執行成果

本團隊欲針對環保署與地方政府合辦布建之感測器，建立數據異常判斷之標準作業程序，對於感測數據異常分為感測器設備異常以及環境變異（包含大環境變異以及空氣污染徵兆）兩大異常類別，並針對兩大異常類別建立個別的標準作業程序，以利後續進行數據分析時可判斷異常數據為設備異常或環境異常，進而針對特定的異常情況進行後續的處理作業，下列將分別依感測器設備異常以及環境異常進行說明：

(一)感測器設備異常

本計畫對於感測設備異常之判斷解析，先規劃出其標準作業程序，以及簡易之判斷結果，提供給地方政府以及數據平台利用確認，其 SOP 規劃如**圖 3-1、感測設備異常 SOP** 圖 3-1 所示，步驟說明如下：

1. 數據蒐集及數據異常情形：

空污感測數據由設備端接收到數據後，將統一上傳至環保署建置之 IoT 智慧聯網平台，且此平台針對數據上傳之情形可先篩選出明顯異常之感測設備（如：缺值、定值、負值）即可先針對設備異常的部分進行維修，而感測設備之數值若為高值、低值等數值偏差情形增加，則無法明確的判斷出是否為設備異常導致，因此需由再進一步利用設備與設備間的數據變異以及設備與國家監測站間的相關性，藉此判斷高值或低值是否為設備異常亦或為環境變異所導致之結果。

2. 數據分析：

針對前一步驟之數據蒐集及基本異常數據排除後，需再針對不易判別的數據高值或低值進行數據分析，以判斷數據的異常高值或低值是否屬於設備異常或是環境異常，將會以相關係數及變異係數兩個部分進行分析判斷。

a. 相關係數(R)：

設備異常的判斷方法之一，將感測器與最鄰近的國家標準監測站進行數據比對，取一段時間之感測數據與監測站之數據進行比對分析，藉此得出每台感測器與標準監測站的相關係數(R)，並將與特定監測站的相關係數做常態分布圖，取其低於兩倍標準偏差外的相關係數值之感測器，並將其認定為異常之設備。

如圖 3-2 及圖 3-3，針對 106 年環保署於臺中市所布建之 500 台空污感測器，將其感測器數據以最鄰近之國家級標準監測站進行數據分析得其相關係數，由圖可知 500 台空污感測器其分別最鄰近的監測站為西屯、忠明、沙鹿跟豐原監測站，並將空污感測器與監測站分別之相關係數作圖，可得知其小於 2 倍標準偏差外的感測設備為圖上黃色的點位，進而可再針對這些可能異常之設備進行深入分析或進行現場巡檢，以確認此設備是否真的有設備異常狀況。

b. 變異係數(CV)：

設備異常的判斷方法之二，為利用空污感測器群體行為的一致性進行設備異常之推斷，此分析方法為以半徑 1 公里範圍內之群體感測器每月數據變異係數之分析，由於環保署布建之空污感測器，於實際

布建前之全數移至行比對標準為群體感測器間各設備之變異係數需小於 0.2，因此團隊使用相同之標準判斷設備異常之行為，如圖 3-4 所示。將全部感測器數據分析後取個別空污感測器的最小值，並將其繪成整體變異係數分布圖，圖上所圈出之紅點為此區其變異係數大於 0.2 之空污感測器，因此可初步推斷此設備可能有異常情形。

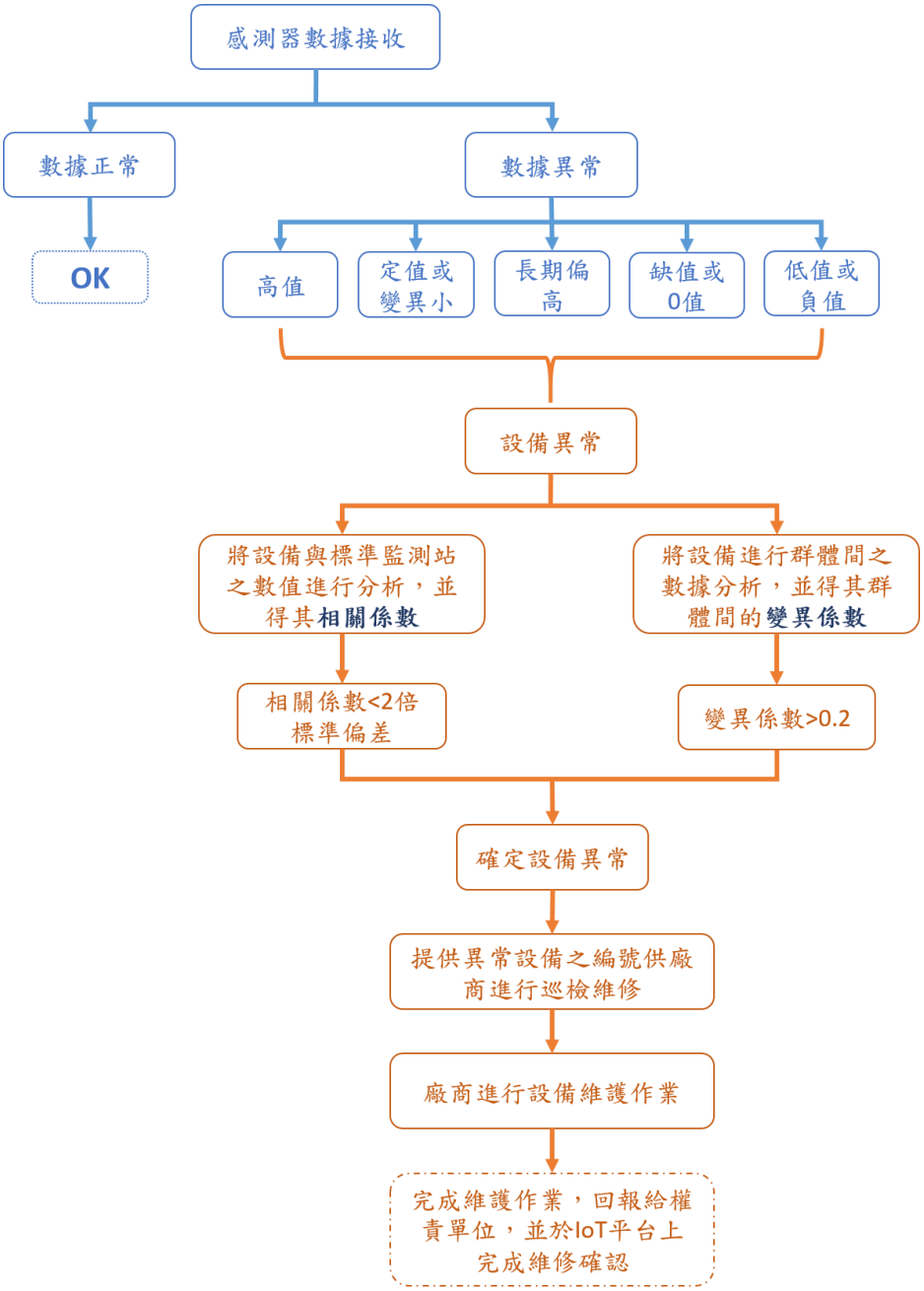


圖 3-1、感測設備異常 SOP

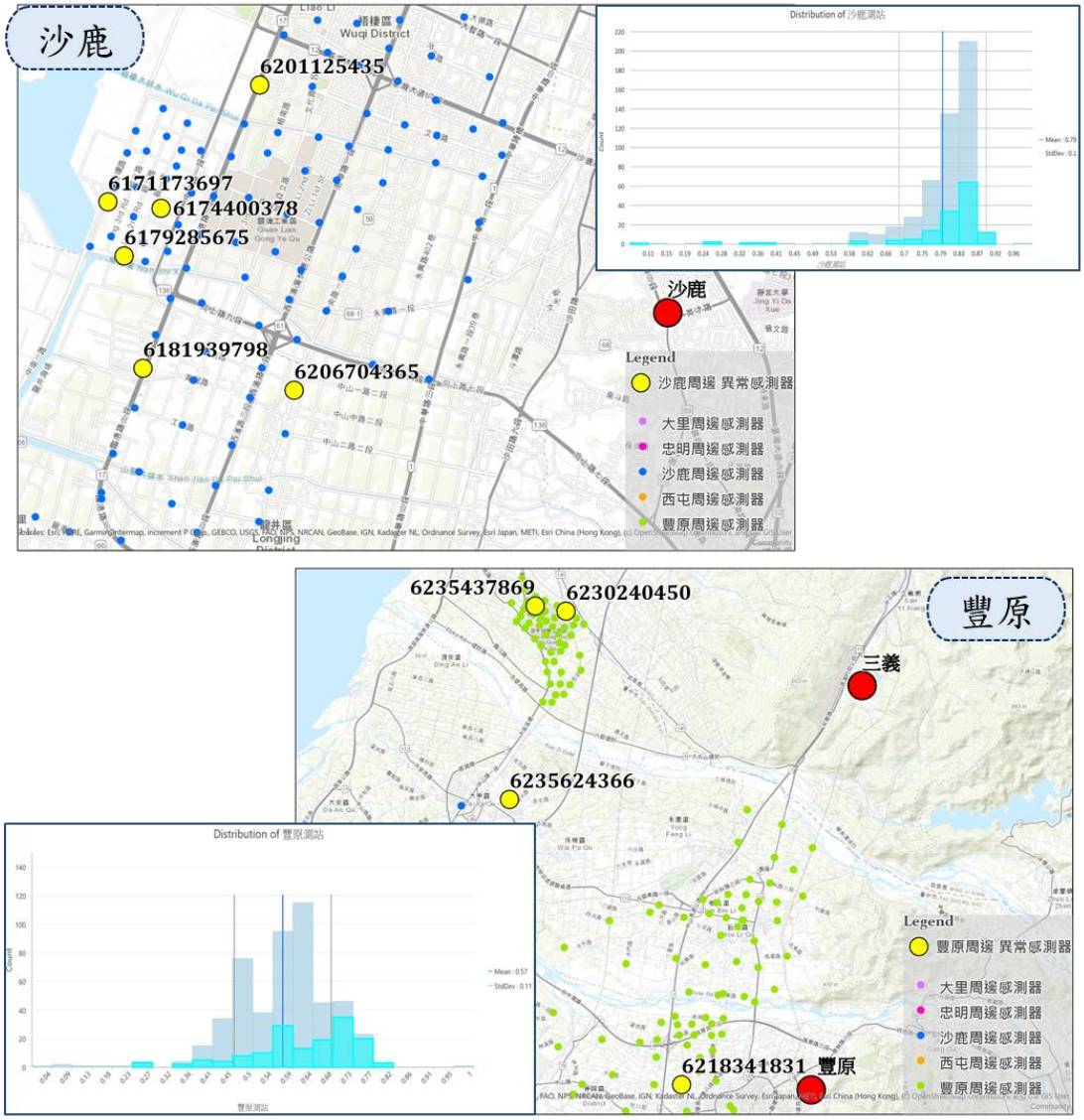


圖 3-2、沙鹿與豐原測站之相關係數異常之設備

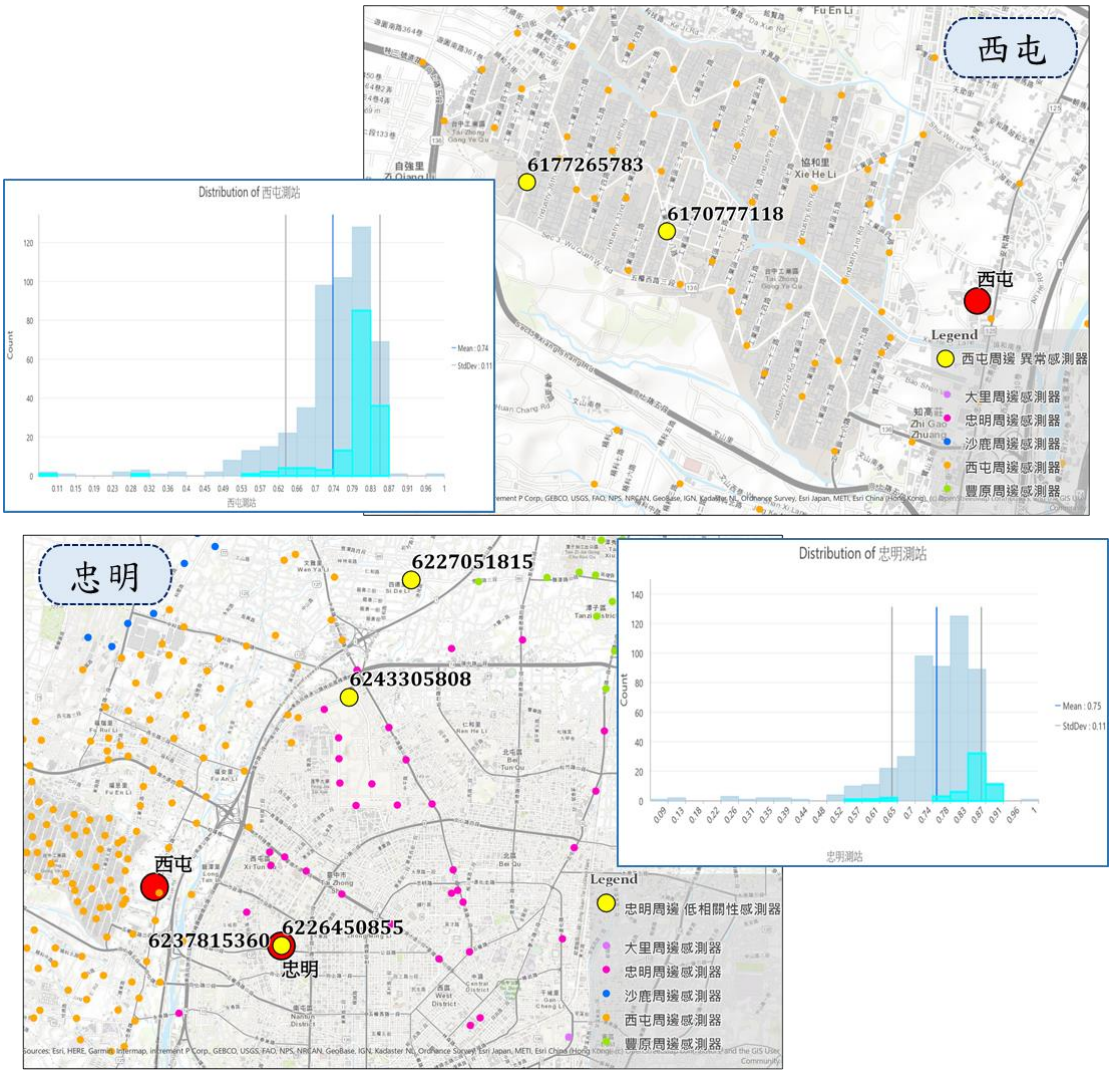


圖 3-3、西屯與忠明測站之相關係數異常之設備

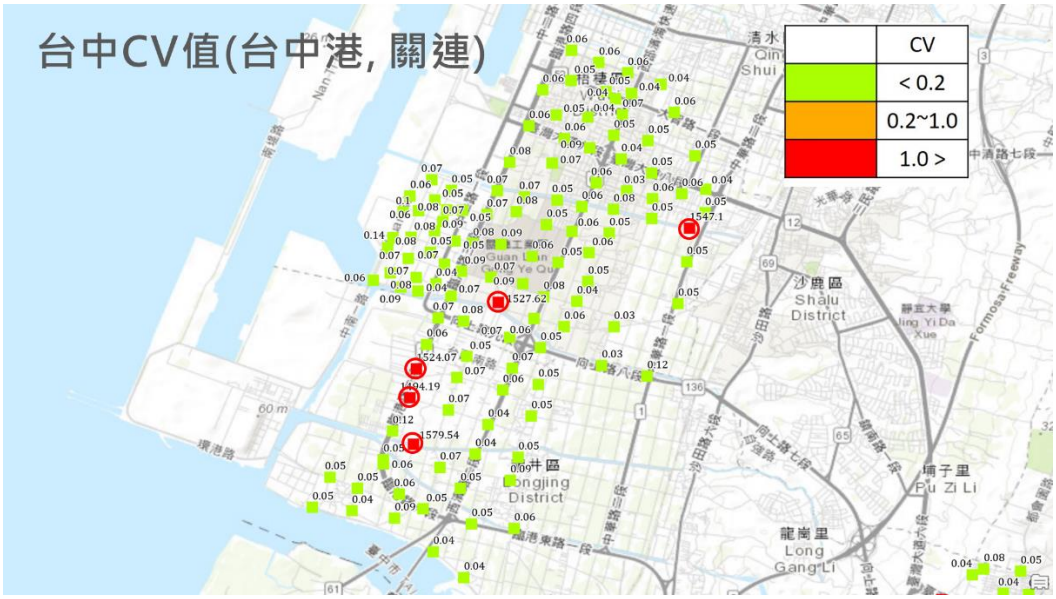


圖 3-4、臺中港區 CV >0.2 之異常設備

3. 結論與建議：

由上述相關係數小於 2 倍標準偏差以及變異係數小於 0.2 之設備，皆屬利用數據分析判斷之感測設備異常事件，計畫團隊依此分析成果提供給環保署第三方查核計畫團隊，針對此分析異常之設備作為重點巡檢點位，透過實際驗證，評估數據分析之有效行後，未來將透過此設備異常智慧偵檢模式提供給對應之地方政府及設備商，由地方政府之委辦單位進行巡檢、維修或遠端校正，除可確保空污感測器之數據可靠度，同時克納入智慧化維運系統，降低物聯網維運之成本。

(二) 環境異常

針對解析感測數值，判斷大環境變異或空氣污染徵兆建立其標準作業程序，以利提供給縣市環保局以及委辦廠商進行污染稽查之判斷依據，而其 SOP 規劃如圖 3-5，詳細步驟內容如下：

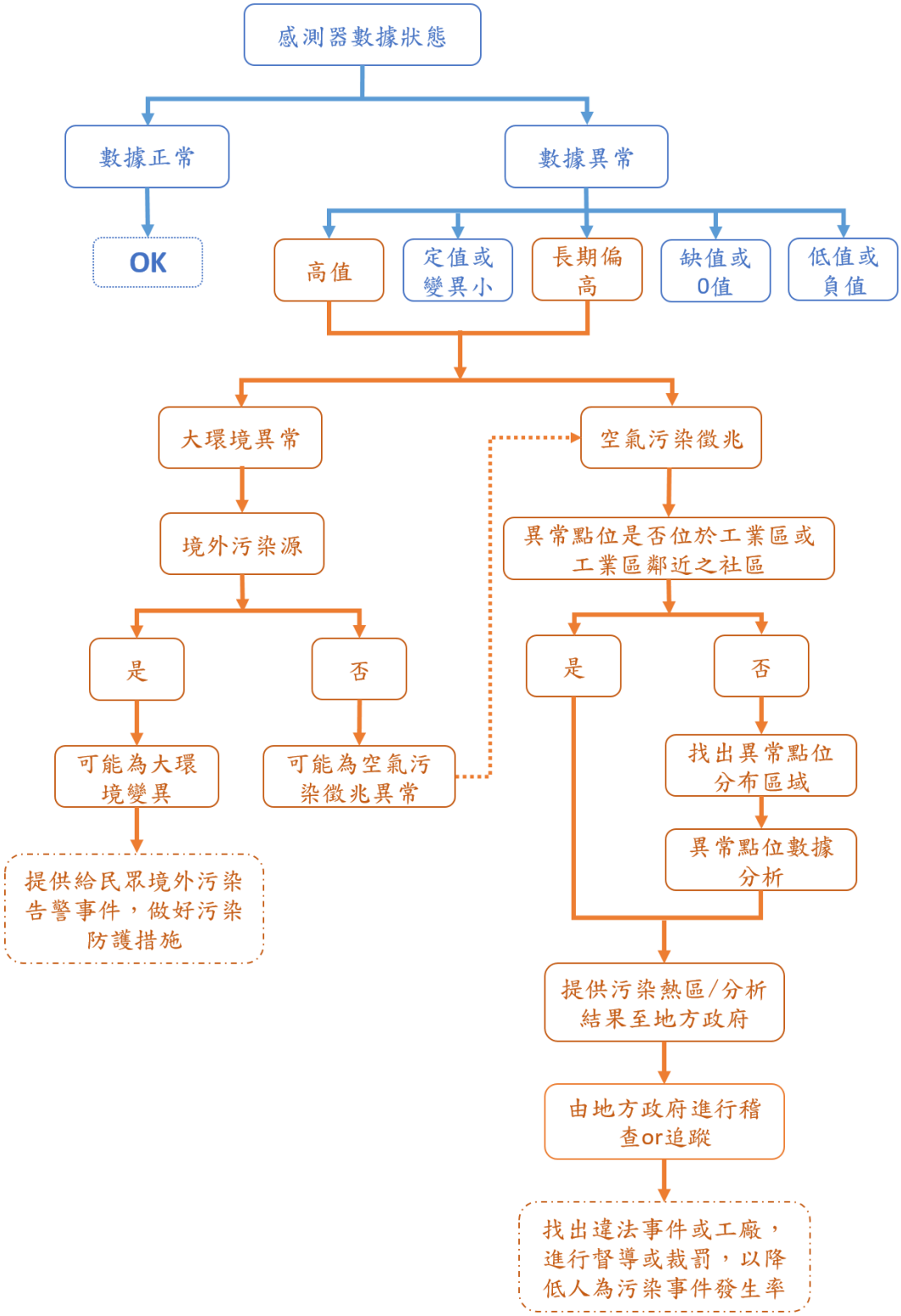

感測器數據狀態
數據正常
數據異常
OK
高值
定值或變異小
長期偏高
缺值或0值
低值或負值
大環境異常
空氣污染徵兆
境外污染源
異常點位是否位於工業區或工業區鄰近之社區
是
否
是
否
可能為大環境變異
可能為空氣污染徵兆異常
找出異常點位分布區域
異常點位數據分析
提供給民眾境外污染告警事件，做好污染防護措施
提供污染熱區/分析結果至地方政府
由地方政府進行稽查or追蹤
找出違法事件或工廠，進行督導或裁罰，以降低人為污染事件發生率

圖 3-5、環境異常 SOP

1. 資料蒐集判斷：

由環保署建立之 IoT 智慧聯網平台提供感測器數據之上傳情形，包含定值、缺值、負值及高值之情況，並由平台每月提供之統計報表針對長期污染事件告警進行污染事件分析。

2. 資料分析：

針對數據異常高值之情形，將會藉不同分析路徑判此異常為環境變異或空氣污染徵兆。

(1) 大環境變異：

針對異常高值之數據，將先依據環保署空氣品質監測網判斷是否有境外污染源影響臺灣空氣品質狀況，如圖 3-6，再進一步分析了解此境外污染所影響之範圍及時間變化，再將其影響區間之高值排除，即可判斷工廠污染徵兆造成之高值為哪些時段。

(2) 空氣污染徵兆：

排除前述之大環境變異的數據高值以及設備異常之情形，即可判別剩餘異常高值之情形為區域污染徵兆之異常，再針對此高值進行細部分析以了解此高值來源為何，將接續詳細說明：

a. 污染熱區及熱點分析：藉由環保署環境資料中心平台得出污染地區之熱力圖分析結果，如圖 3-7 所示，而可藉由環保署空氣網視覺化平台的潛勢分析結果得出高污染潛勢之區塊，如圖 3-8 所示，將此區塊與風花圖進行推估，進而判斷出可能的污染來源區域。

b. 數據資料確認及提供：由本團隊將上述各系統平台提供之污染資訊彙整及確認可能之污染區域，並將此區域資料提供給各縣市環保局，以利環保局進行稽查。

c. 擬定稽查計畫：由本團隊將污染分析資訊提供給各縣市環保局，讓縣市環保局進行污染稽查之計畫擬定，以確實針對可疑之高污染區域進行稽查規劃，並減少人力資源之浪費。

d. 提供區域的煙道連續監測系統(CEMS)、列管污染源(PRTR)以及陳情資料：提供特定區域內所含有的 CEMS、PRTR 以及陳情資料列出相關工

廠，由環保署空氣網視覺化平台將對應的工廠資訊彙整以利同步查詢相關資訊。

3. 現場稽查：

(1) 現場污染採樣及蒐證作業：由環保局依據污染熱區及污染時間熱力圖擬定污染稽查計畫，安排確定時間後至現場進行污染採樣及蒐證作業，透過現場採樣確認實際排放污染之行為工廠。

(2) 實地進行：會同檢、警、調，至目標廠實施稽查。

4. 成果匯報：

(1) 提交稽查成果：計畫團隊每月提供環保局污染熱區名單後，即追蹤環保局之實際稽查成果，由本團隊每月利用線上 Google 的共編平台追蹤環保局每月稽查成果，並由環保局彙整提報稽查成果，以利本團隊持續追蹤。

(2) 彙整成果報告：由計畫團隊彙整環保署環境資料中心平台及環保署空氣網視覺化平台的潛勢分析結果資訊，再結合各縣市環保局提報之稽查成果，將其彙整成完整的數據報告，並提供給環保署長官及各縣市環保局做為參考。



圖 3-6、環保署沙塵暴網站

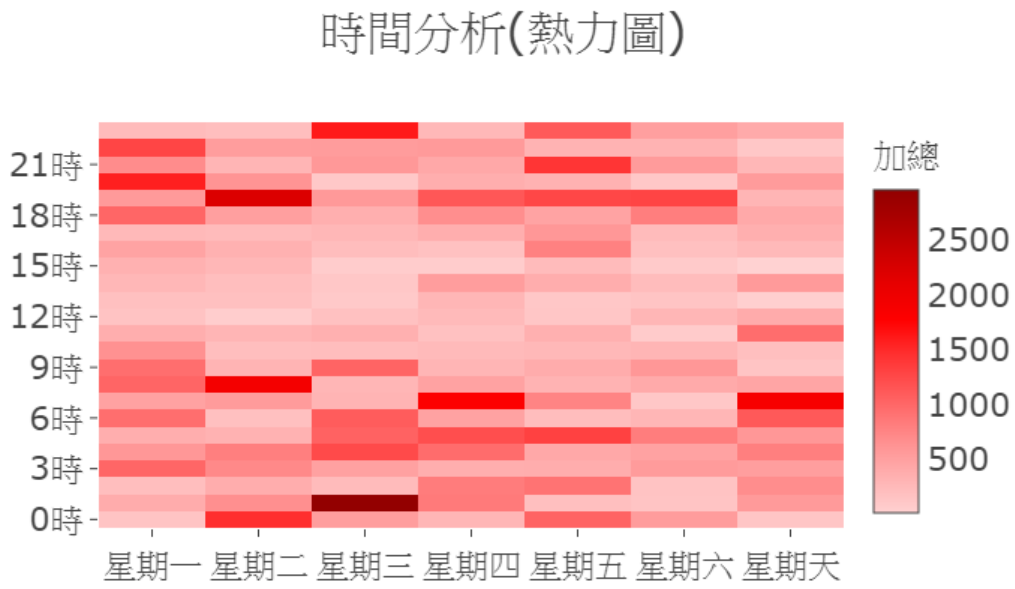


圖 3-7、污染地區之熱力圖分析(高雄-林園工業區)

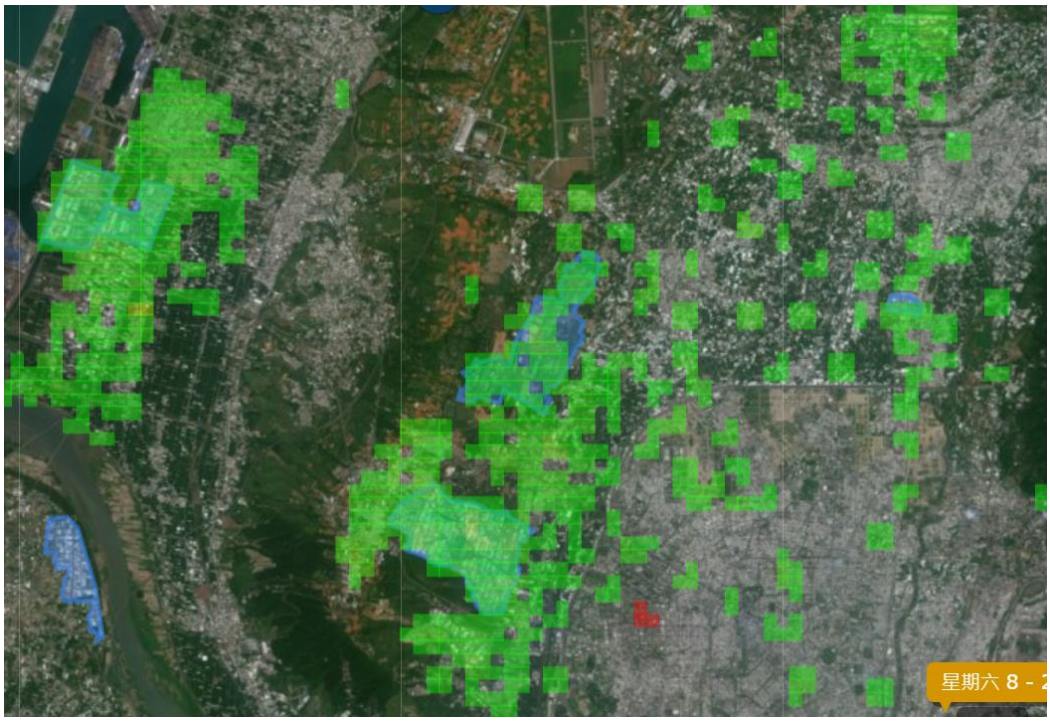


圖 3-8、污染潛勢分析圖

四、結論與建議

本章節已建立設備異常以及環境異常判斷之 SOP，並以此作為協助設備商、地方政府以及環保署進行數據之判斷依據，以利相關單位進行可能數據異常之深入分析，但目前本團隊所建立之設備異常以及環境異常判斷的標準作業程序，尚需透過實務驗證與回饋，以確保執行的效能與完整性，現階段已持續提供地方政府之巡檢程序進行確認，以利本團隊建立之 SOP 能發揮真正功用，並有效協助設備商及地方政府從數據異常即可判斷此數據上的變異是設備異常、環境變異又或者是空氣污染徵兆所導致的數據異常的現象。

3.2、每 2 月產出感測數據解析研析報告，建立歷程與比對資料

一、工作內容

以目前全國布建的空氣品質感測設備計有 3,300 點，提供每 3 分鐘一筆的感測數據，感測的項目為 $PM_{2.5}$、溫度及相對濕度，為有效運用這些感測數據，並提供環境治理的決策參考，需要分類感測數據的區域特性，透過資料彙整、數據過濾、數據檢核等程序，依據全國、7 大空品區、各縣市、4 類感測器布建情境，運用不同級距空間範圍，建立歷程資料，交叉比對同一級距感測數據，提出感測數據解析研析成果，供環保署參考運用，據以建立區域特性的環境基礎資料，做為環境治理策略及未來治理成效追蹤之評估依據。

二、執行方法

環保署依據各地污染源排放資料、氣象及空氣品質濃度分布資料等，經審慎規劃設計後設置空氣品質監測站，主要目的在監控大區域範圍之空氣品質狀況及長期趨勢，屬於全國性空氣品質監測站網。監測站依不同監測目的，分為一般空氣品質監測站、交通空氣品質監測站、工業空氣品質監測站、國家公園空氣品質監測站、背景空氣品質監測站及其他監測站等 6 種類型。依據行政區域劃分 7 大空品區，計有北部空品區（臺北市、基隆市、新北市及桃園市)、竹苗空品區(新竹市、新竹縣及苗栗縣)、中部空品區(臺中市、彰化縣及南投縣)、雲嘉南空品區(雲林縣、嘉義市、嘉義縣、臺南市)、高屏空品區(高雄市及屏東縣)、宜蘭空品區(宜蘭縣)及花東空品區(花蓮縣及台東縣)等。由於截至 107 年底環保署及環保局已於全國 14 個

縣市合計布建 3,300 台空氣品質感測裝置，統整感測數據與監測站的分布詳如表 3-3 所示。

表 3-3、空氣品質感測數據之點位分布與數量

空品區域別	縣市別	空氣品質監測站							空氣品質感測點					
		一般站	交通站	工業站	背景站	公園站	參考測站	備註	工業區	社 區	交通區	輔助區	平行比對	合 計
北部空品區	基隆市	1							54	34	0	10	2	100
	臺北市	5	1			1		萬里站為背景測站兼一般測站						
	新北市	9	2		1				87	60	31	0	0	178
	桃園市	4	1		1				344	5	148	0	0	497
竹苗空品區	新竹市	1						三義站為背景測站兼一般測站	29	23	95	0	3	150
	新竹縣	2							190	0	0	0	10	200
	苗栗縣	2		1	1				128	3	5	54	10	200
中部空品區	臺中市	5							153	240	93	0	14	500
	彰化縣	2		1										
	南投縣	2					1							
雲嘉南空品區	雲林縣	2		2					150	0	0	0	0	150
	嘉義市	1							35	127	36	0	2	200
	嘉義縣	2							80	17	0	0	3	100
	臺南市	4							0	100	0	0	0	100
高屏空品區	高雄市	8	2	1	1			恆春站為公園測站兼一般測站	426	27	39	26	4	522
	屏東縣	3				1			141	14	82	59	4	300
宜蘭空品區	宜蘭縣	2							100	0	0	0	0	100
花東空品區	花蓮縣	1												
	臺東縣	1					1							
外島區	澎湖縣	1												
	連江縣	1												
	金門縣	1												
合計		60	6	5	4	2	2		1,917	650	529	149	52	3,297

本項工作之分析評估流程，將藉由環保署環境物聯網資料中心平台匯出每個縣市布建之每月的感測數據以及污染熱力圖，並依據空品區、縣市別以及感測情境（工業區、交通區、社區、輔助區）分別呈現不同區域之污染情形，藉此數據分析結果進行數據探討及後續之評估作業，未來將持續進行滾動式修正分析程序。

三、執行成果

(一)全國污染分析結果

本計畫於污染物濃度分析部分，先針對全國標準監測站的 $PM_{2.5}$ 濃度進行一個全面性的分析，由於污染物濃度會受到時間、空間之影響，且目前尚無法以每月的平均污染濃度進行呈現，因此本團隊則隨機選擇一固定時間（每月 1 日的中午 12 點），作為污染濃度統一的比較基準，進而比較 108 年 4 月至 10 月的污染變化狀況，但由於非整日或整月的平均數據，因此結果的呈現只能做為參考使用。其表 3-4 及

表 **3-5** 呈現 108 年 4 月至 10 月，每月 1 日中午 12 點時全國 $PM_{2.5}$ 之污染濃度分布圖，由其結果可以看到，基本上 4~8 月大氣對流較佳，因此整體環境之污染濃度會較低，而 9 月之後開始進入秋季，即會導致大氣對流程度下降，以致污染物不

易擴散，進而導致環境中的污染物濃度上升。因此觀察到表 3-4 及

表 **3-5**，可以發現 4 月僅南部部分地區有高污染之情形，而 5~7 月全國整體濃度都偏低；而 8~10 月全國 $PM_{2.5}$ 之污染濃度即有上升的趨勢，並且受到秋冬季的氣候影響，除了南部污染濃度上升外，北部之污染物濃度也跟著上升。

表 3-4、108 年 4~7 月全國標準監測站 $PM_{2.5}$ 濃度地圖

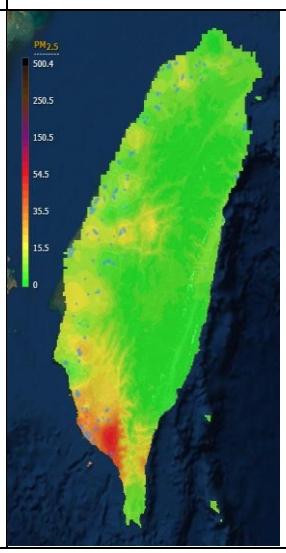
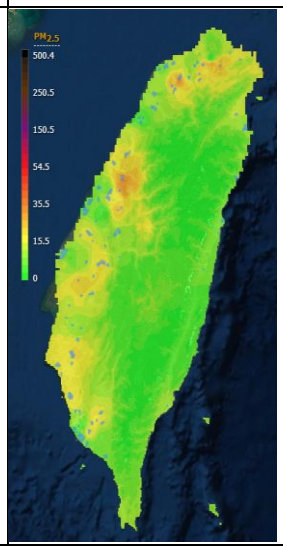
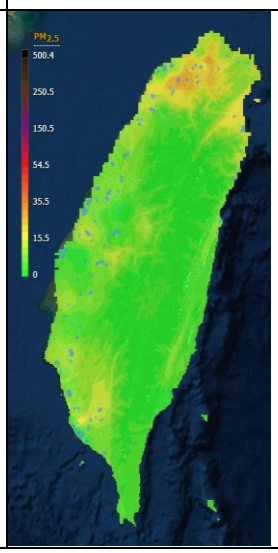
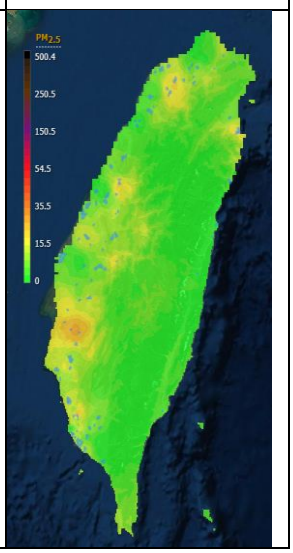
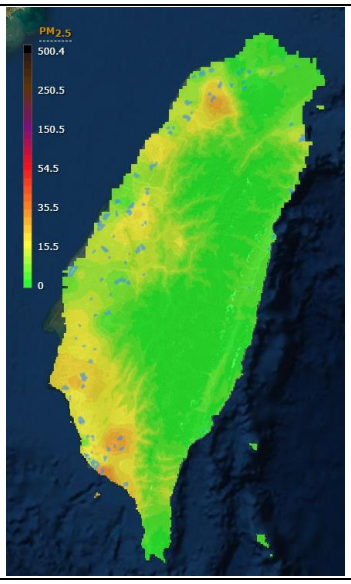
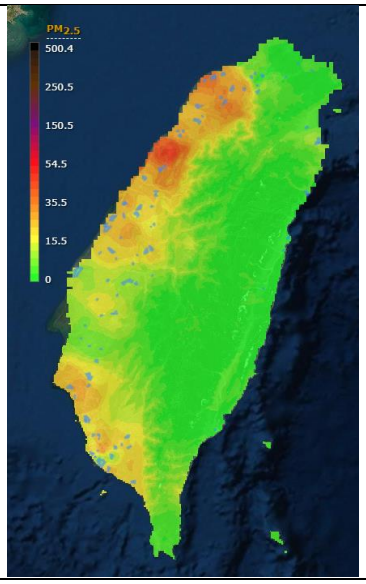
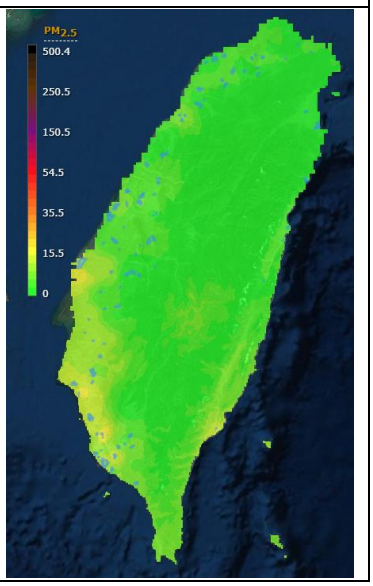
月份	4 月	5 月	6 月	7 月
全國 $PM_{2.5}$ 污染地圖				

表 3-5、108 年 8~10 月全國標準監測站 $PM_{2.5}$ 濃度地圖

月份	8 月	9 月	10 月
全國 $PM_{2.5}$ 污染地圖			

(二) 空品區污染分析結果

依據環境物聯網資料中心匯整全國 14 縣市之感測數據資料，匯整出 14 縣市從 108 年 1~5 月每月每台感測器 $PM_{2.5}$ 的濃度數據之日平均值，此各縣市之數據資料依據環保署的七大空品區進行區分，並彙整出各個空品區每月的 $PM_{2.5}$ 濃度平均，以此比較各空品區之污染濃度每月之變化情形。

依據圖 3-9 空品區之感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖，可觀察到於宜蘭、北部、竹苗以及中部空品區之 $PM_{2.5}$ 的濃度變化趨勢為 1~3 月污染物平均濃度漸增，至 4~5 月時污染物平均濃度則略減，另於雲嘉南及高屏空品區則是 1~5 月的污染物濃度則是逐月降低，這現象與環保局的標準監測站之 $PM_{2.5}$ 濃度趨勢是相同，表示其感測器可能是受到大氣環境條件之影響，進而導致感測器每月之數據濃度之變化有此種趨勢。而於各空品區中污染較嚴重的區域 1 月為高屏空品區，而 2~5 月則是雲嘉南空品區之污染較嚴重；而污染最輕微之區域 1~5 月皆是宜蘭空品區。

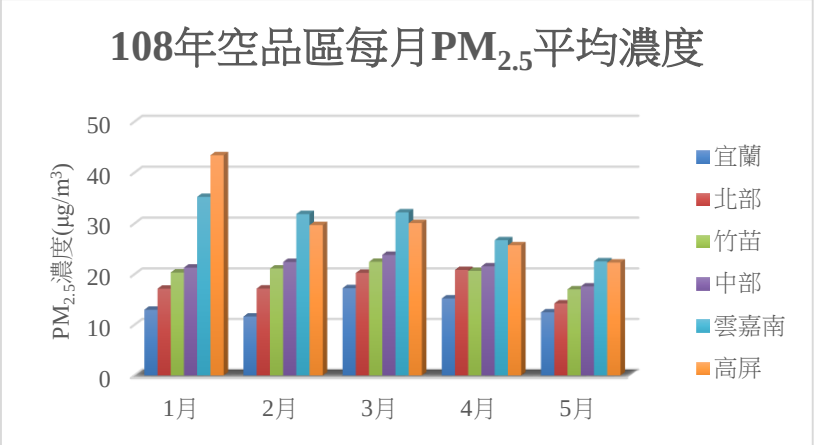


圖 3-9、108 年 1~5 月空品區感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖

而圖 3-10 呈現 108 年 6~10 月各個空品區之 $PM_{2.5}$ 污染濃度變化，可以發現 5 月各空品之平均值落於 10~20 μg/m^3 濃度區間內，而進入 6 月後則整體的平均濃度下降至 10 μg/m^3 左右，明顯受到大氣擴散條件之影響而降低整體環境之污染濃度，再從 108 年 6~10 月之 $PM_{2.5}$ 污染濃度變化趨勢可以發現，隨著季節從夏季漸漸進入秋季，污染濃度也隨之上升，比起 1~5 月的變化是更為劇烈且顯著。

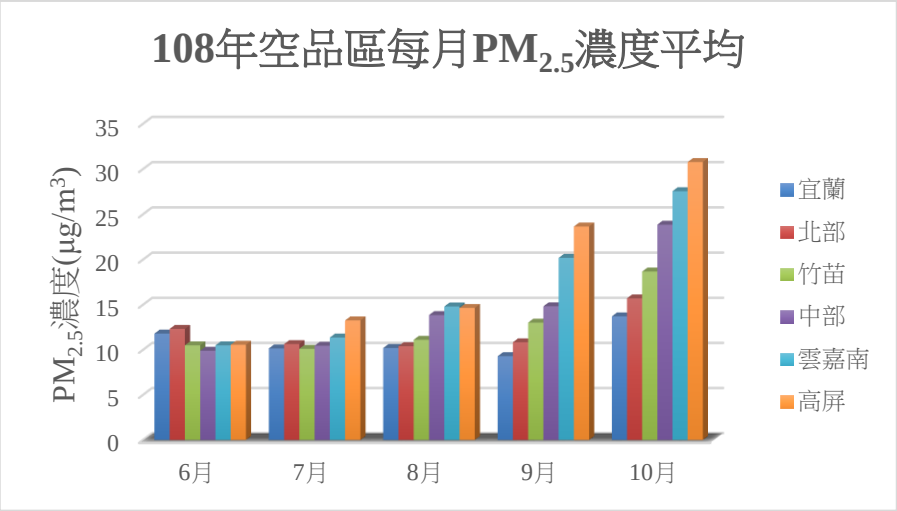


圖 3-10、108 年 6~10 月空品區感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖

(三) 縣市污染分析結果

除了依據空品區區分，並觀察整體大環境之污染變化外，進一步看到全國已布建感測器的 14 縣市其污染變化情形是否也是相同的趨勢變化，並且依據不同縣市做出污染分析之時間分析熱力圖，針對其熱力圖之定義是以 1 週 7 天對上 1 天 24 小時之方式呈現其結果，而愈呈現之結果何取決於我們觀察的對象為何，本計畫之熱力圖是以污染出現次數為觀測結果，並判斷於哪些時間區間可能污染較嚴重，以利相關環保單位研擬環境治理的策略。

接續將依據不同縣市觀察其 $PM_{2.5}$ 污染物濃度變化情形以及熱力圖之統計結果，針對 108 年 1~5 月的污染趨勢於北部地區依前述所提之趨勢是相同的，於 108 年 1~3 月污染物濃度是逐漸增加之趨勢，而 4~5 月則是逐漸降低之情況，表 3-6、表 3-8、表 3-9、表 3-11、

表 **3-13**、

表 **3-15**、表 3-17 及表 3-19 皆可觀察到相同之現象，由此可以看出此非單一縣市之污染濃度變化趨勢，這也證明各縣市與空品區之變化是相同的；而 108 年 6~10 月之數據整體變化於苗栗以北則是 6 月、7 月污染濃度漸減，再到 8~10 月污染物濃度再漸增，如表 3-6、表 3-8、表 3-9、表 3-11、

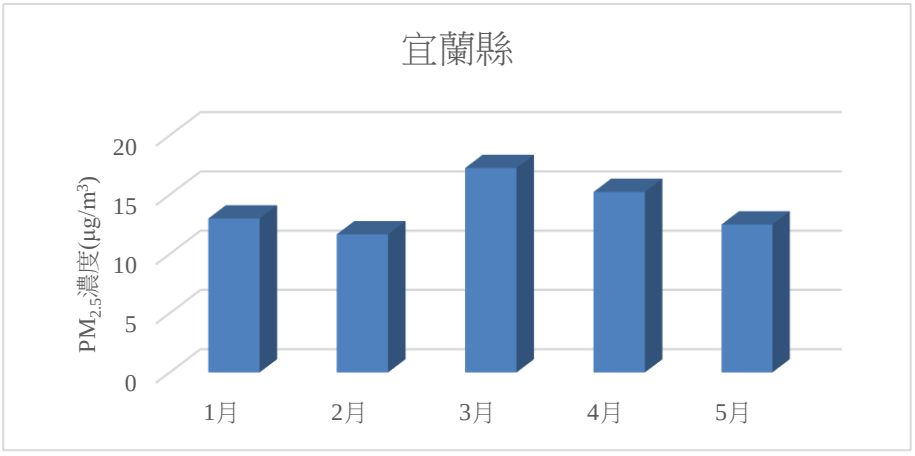
表 **3-13**、

表 **3-15**、表 3-17 及表 3-19，而苗栗以南則為 6~10 月污染物濃度為持續增加之趨勢，其整體變化皆還是與大環境之變化趨勢相似。

1. 宜蘭縣

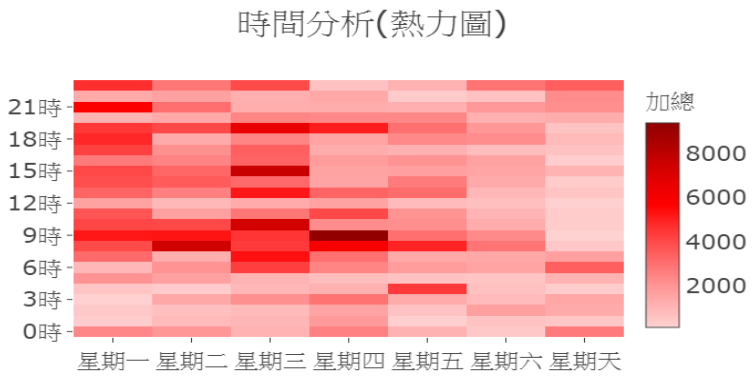
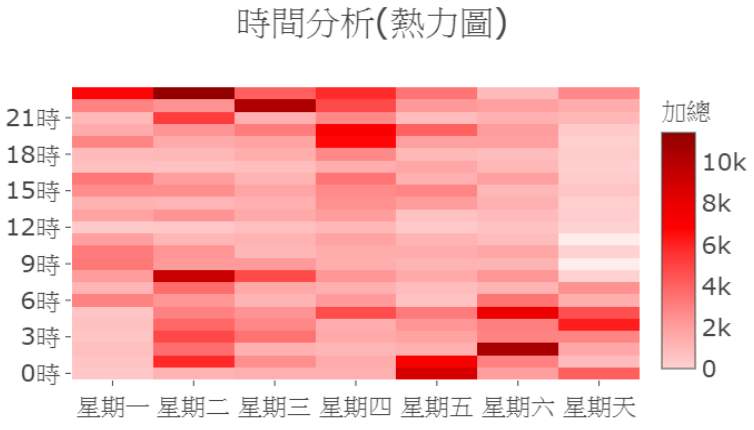
依表 3-7 所示，於 108 年 1~5 月宜蘭縣發生污染高值的時間多集中於星期一至星期四的早上 6 點至 9 點間，為污染最嚴重之時間區段，而次嚴重的部分為星期一以及星期三的中午 12 點至下午 6 點間，由此可發現星期一及星期三較易有高濃度的污染事件發生；而 108 年 6-10 月時發生污染事件的高峰其則多發生於星期二的凌晨以及半夜 12 點左右還有星期五及星期六的凌晨，因此可建議環保局評估此時間區間之固定污染源排放情形，並藉此這高污染時間區間進行稽查或廠外觀察以了解實際情況，且由於宜蘭地區感測器皆設置在龍德工業區，應再評估工廠排放之可能行為模式，以判斷造成此污染現象之主要影響工廠或來源為何。

表 3-6、宜蘭縣 108 年 1~10 月感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖

月份	宜蘭縣感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖
1-5 月	

6-10 月	

表 3-7、宜蘭縣 108 年 1-10 月 24 小時之變化熱力圖

月份	宜蘭縣 24 小時之變化熱力圖
1-5 月	
6-10 月	

2. 基隆市

依表 3-8 所示為基隆市 108 年 1~10 月污染濃度變化，以此結果顯示基隆市

3 月、4 月 $PM_{2.5}$ 濃度最高，與環保署基隆測站行為一致，最高濃度為 3 月的 18.41 $\mu g/m^3$，基隆市感測器的布建平均涵蓋市區與工業區，故濃度的分布與大環境的污染現象一致；而 108 年 6~10 月的每月污染物濃度變化趨勢與北部整體環境變化一致，6 月開始污染濃度持續下降直到 10 月污染濃度才再次上升，但臺灣氣候尚未完全進入高污染時期，因此污染濃度還未高於 3 月的污染濃度。

表 3-8、基隆市 108 年 1~10 月感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖

月份	基隆市感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖
1-5 月	
6-10 月	

3.新北市

依

表 **3-10** 所示為新北市 108 年 1~10 月污染熱力圖分析結果，以此結果顯示新北市之主要高污染時段為星期三及星期四的晚上 9 點至 12 點，以及星期三凌晨 3 點至 4 點左右為污染的高峰時段，而次嚴重之污染時段則為星期日的清晨 6 點至 8 點以及晚上 6 點至 7 點，這些污染徵兆可能源自於交通以及工廠排放；而看到 6~10 月之熱力圖，此部分由於污染發生較少因此無法以污染加權後的方式呈現，進而單以污染次數表示，並由圖可以看到於星期四下午 4 點發生的污染事件次數較多，但整體之污染次數最高僅達 6 次，表示於 6~10 月時無明顯的異常排放事件出現。

表 3-9、新北市 108 年 1~10 月感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖

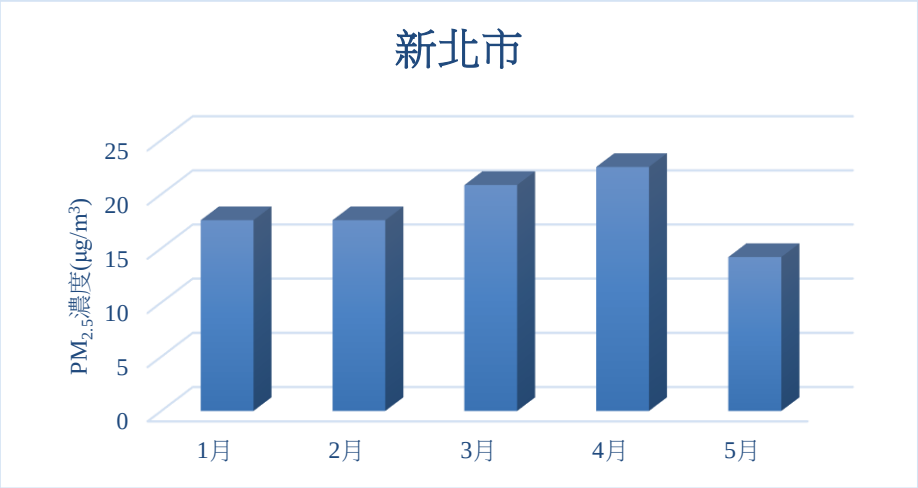
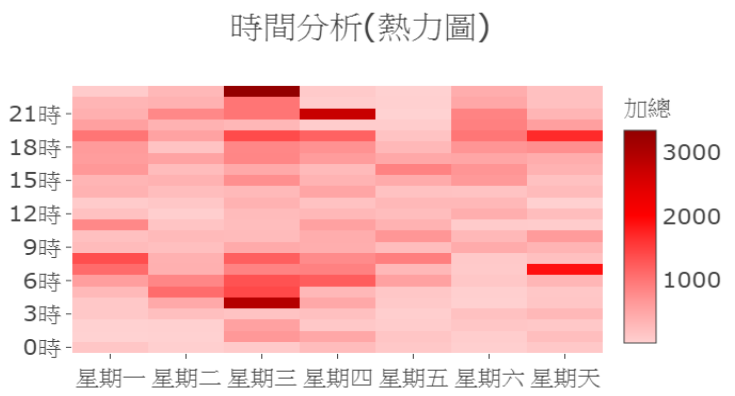
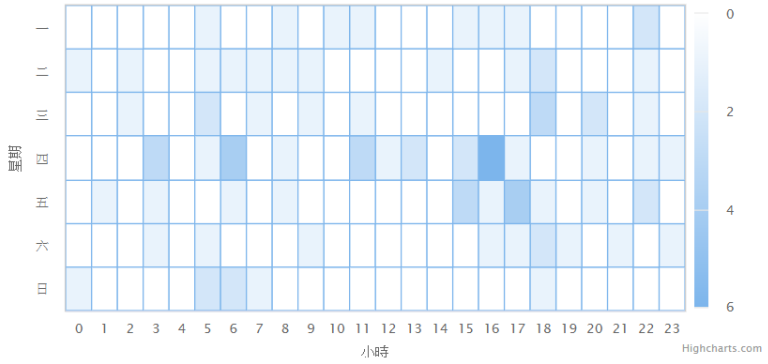
月份	新北市感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖
1-5 月	
6-10 月	

表 3-10、新北市 108 年 1~10 月 24 小時之變化熱力圖

月份	新北市 24 小時之變化熱力圖
1-5 月	
6-10 月	

3. 桃園市

依表 3-12 為桃園市 108 年 1~10 月污染熱力圖分析結果，1~5 月之污染熱力圖發生高污染事件之時段主要為星期六晚上 6 點至 8 點之間，且污染比重高於其他時段，應有區域污染的行為；而 6-10 月時雖然高污染的時段看起來比 1~5 月多，但觀察其加權後之數值 1~5 月之加權高值達 30k，但下半年的污染加權數值最高僅達 8k，因此相對比較起來 6~10 月之污染情況並未較 1~5 月嚴重，後續可再針對特定污染時段進行相關分析，以判斷污染的主要發生的區域以及研析防治的策略。

表 3-11、桃園市 108 年 1~10 月感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖

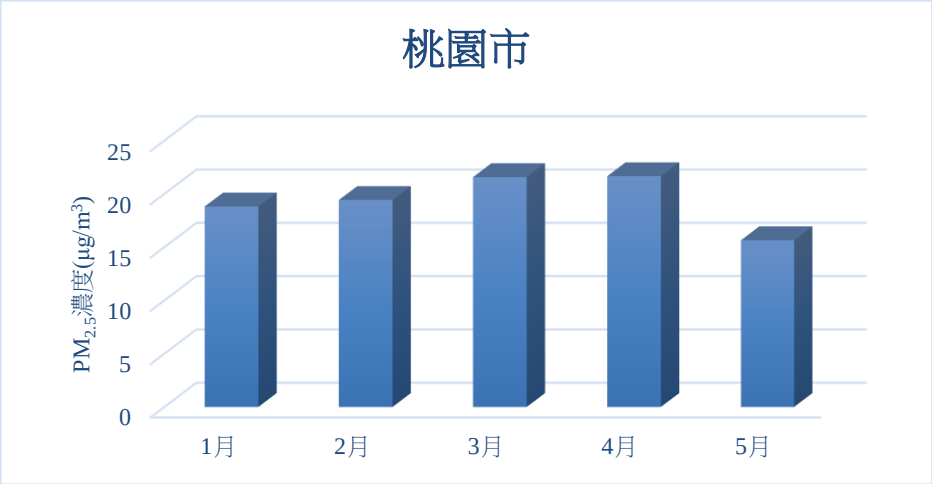
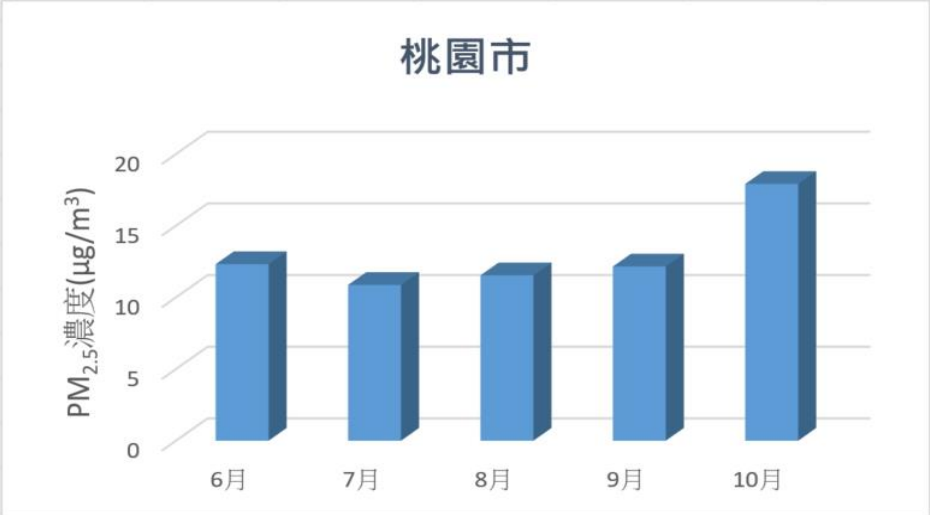
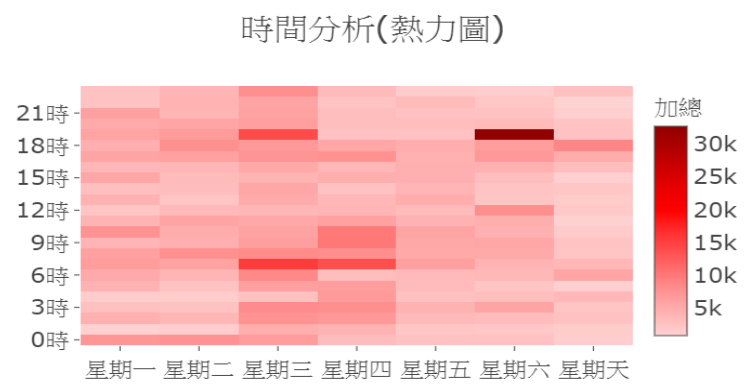
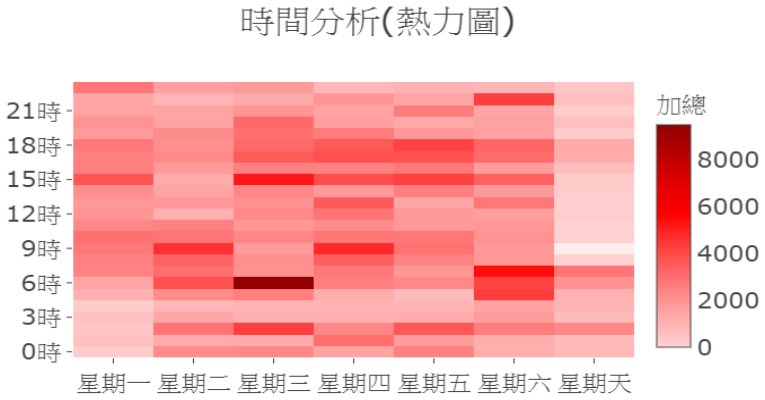
月份	桃園市感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖
1-5 月	
6-10 月	

表 3-12、桃園市 108 年 1~10 月 24 小時之變化熱力圖

月份	桃園市 24 小時之變化熱力圖
1-5 月	
6-10 月	

4. 新竹縣

而**表** 3-14 為新竹縣 108 年 1~10 月污染熱力圖分析結果，依 1~5 月之結果顯示整體主要的污染時段大多出現於早上的 6 點至 9 點以及下午 3 點至傍晚 6 點左右，而新竹縣主要的布建區域是位於新竹工業區內，有可能受到上下班的車流影響，導致在上班時段以及下班時段的污染情況較嚴重；而 6~10 月具有高加權結果的時段多出現於星期二的中午以及下午 4 點左右的時段區間，初步與 1~5 月的結果相比，可能是受到特定污染源的排放影響，由於 6~10 月為污染濃度的低峰期，因此環境濃度較低卻出現高污染的時段，就有可能是工業所造成的影響，但詳細的污染源還需進一步分析。

表 3-13、新竹縣 108 年 1~10 月感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖

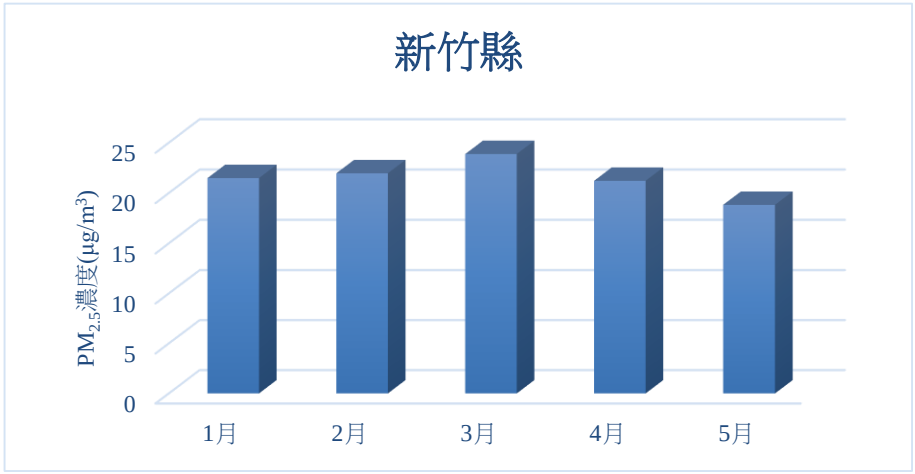
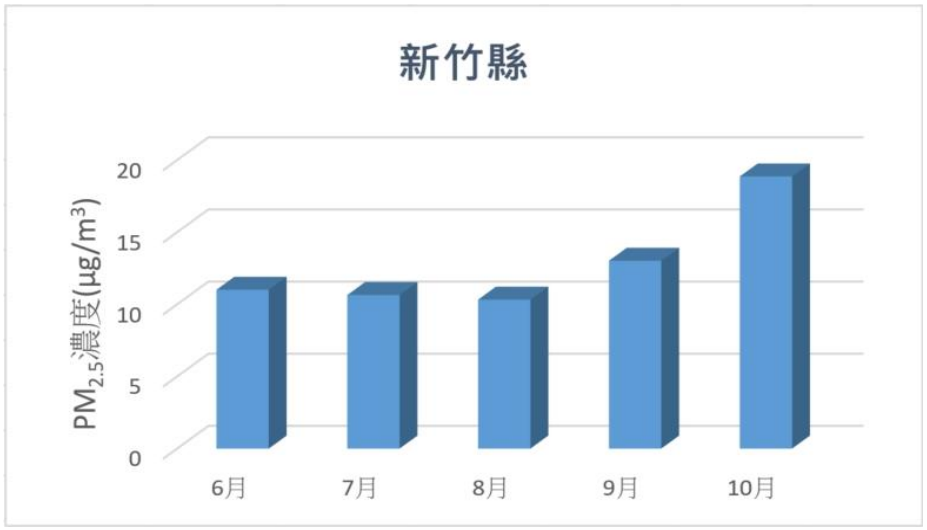
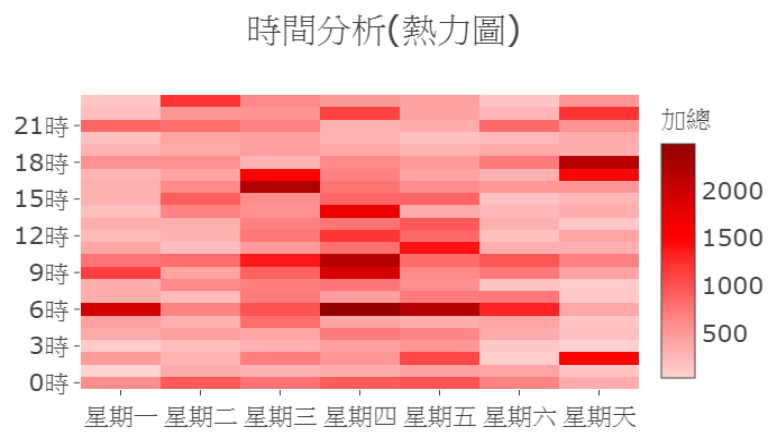
月份	新竹縣感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖
1-5 月	
6-10 月	

表 3-14、新竹縣 108 年 1~10 月 24 小時之變化熱力圖

月份	新竹縣 24 小時之變化熱力圖
1-5 月	
6-10 月	

5. 新竹市

依表 3-16 呈現新竹市 108 年 1~10 月污染熱力圖分析結果，其 1~5 月結果顯示新竹市主要的高污染出現於星期一下班後、星期二清晨以及星期五中午時段；而 6~10 月污染數據之加權總值提升至 2500，污染出現之時段多集中於星期三凌晨及晚上 9 點左右、星期四下午 3~6 點以及星期六傍晚 5 點至晚上 10 點，這三個時期之污染程度較為嚴重，由於新竹市感測點平均分布於市區，後續尚須分析高濃度區域的發生時間，以利瞭解污染的行為與原因。

表 3-15、新竹市 108 年 1~10 月感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖

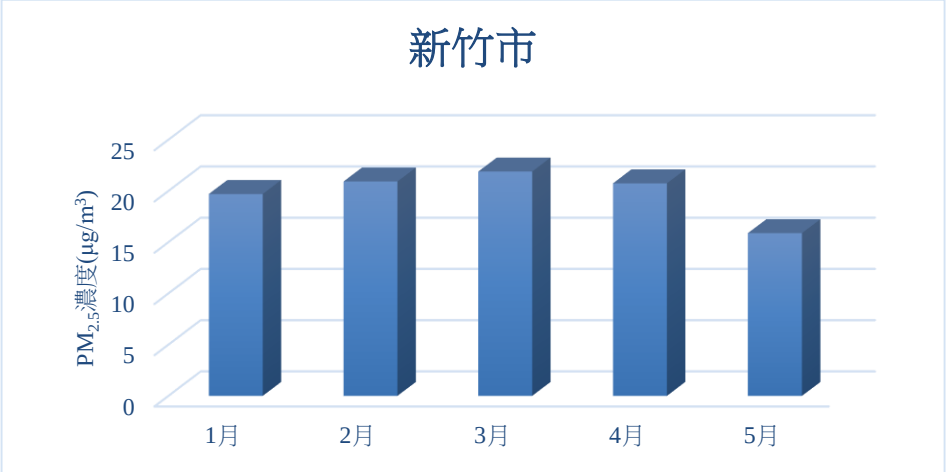
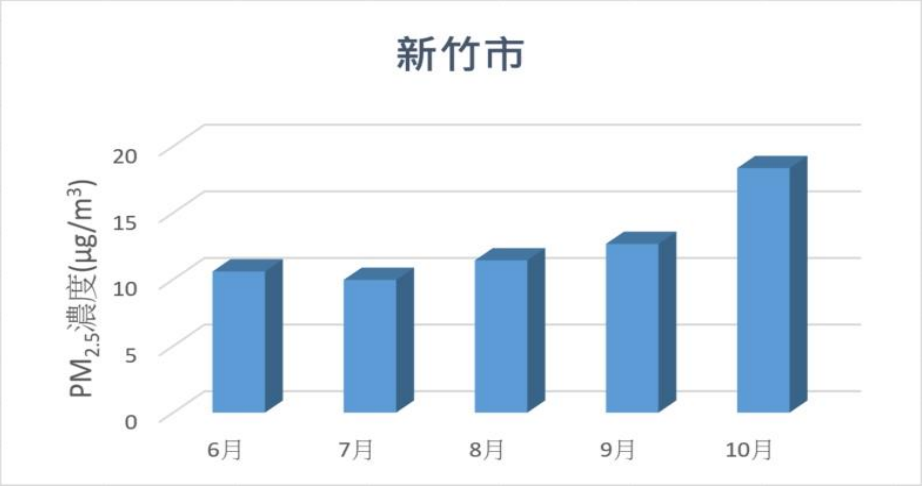
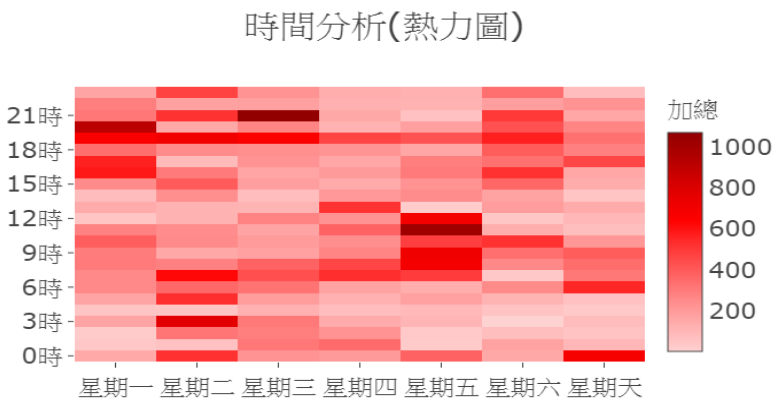
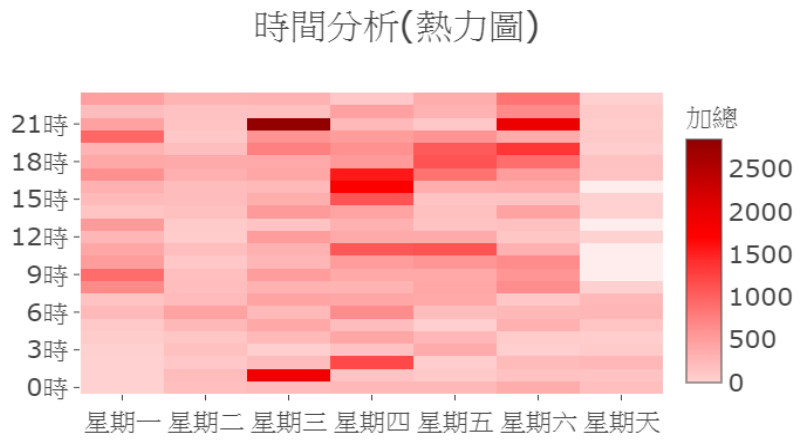
月份	新竹市感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖
1-5 月	
6-10 月	

表 3-16、新竹市 108 年 1~10 月 24 小時之變化熱力圖

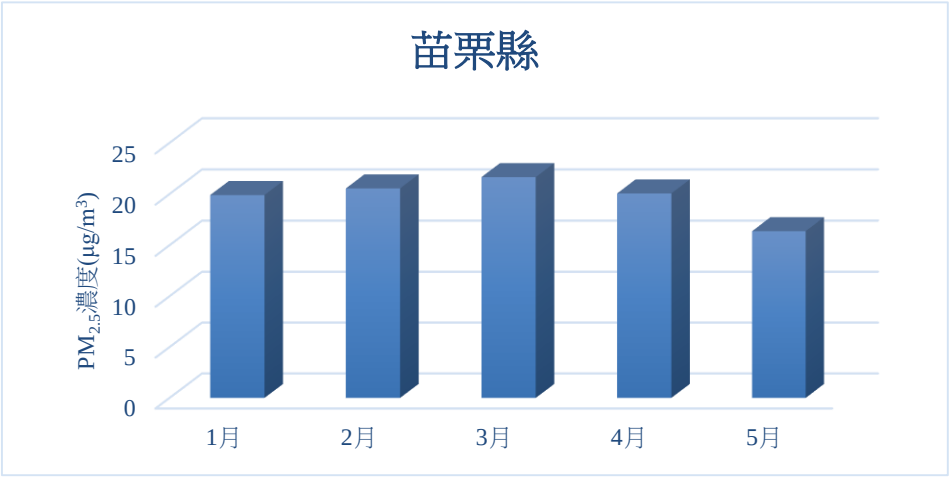
月份	新竹市 24 小時之變化熱力圖
1-5 月	

6-10 月	

6. 苗栗縣

依表 3-18 為苗栗縣 108 年 1~10 月污染熱力圖分析結果，108 年 1~5 月發生高污染事件之時段主要為星期一及星期二的晚上 6 點至 9 點之間，明顯呈現污染發生聚集時段；而 6~10 月之污染發生時段則分布於星期一晚上 10~12 點以及星期六早上 5~7 點和下午 5~6 點，後續將深入研析污染發生之區域與原因。

表 3-17、苗栗縣 108 年 1~10 月感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖

月份	苗栗縣感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖
1-5 月	

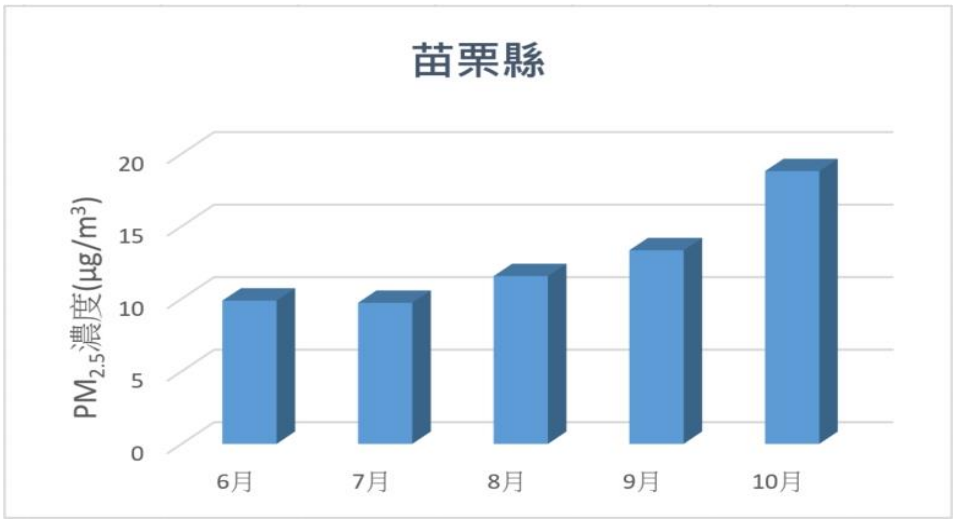
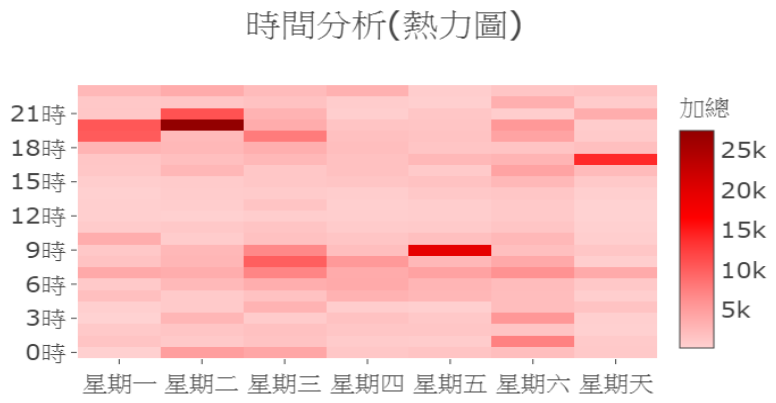
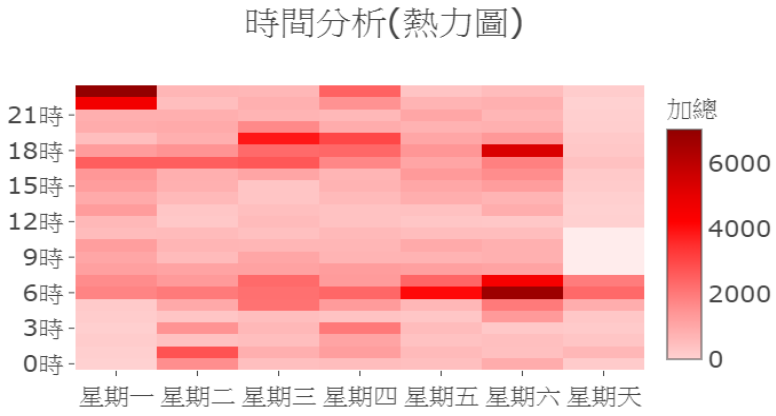
6-10 月	

表 3-18、苗栗縣 108 年 1~10 月 24 小時之變化熱力圖

月份	苗栗縣 24 小時之變化熱力圖
1-5 月	
6-10 月	

7. 臺中市

依表 3-20 為臺中市 108 年 1~10 月污染熱力圖分析結果，整體而言 1~5 月主要的污染時段大多出現於星期四清晨 5 點至 7 點以及星期五早上 6 點至 10 點左右，污染行為發生的時間點較平均；而 6~10 月之污染區段則集中於星期四的早上 10 點至下午 3 點，將持續追蹤污染的來源與原因。

表 3-19、臺中市 108 年 1~10 月感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖

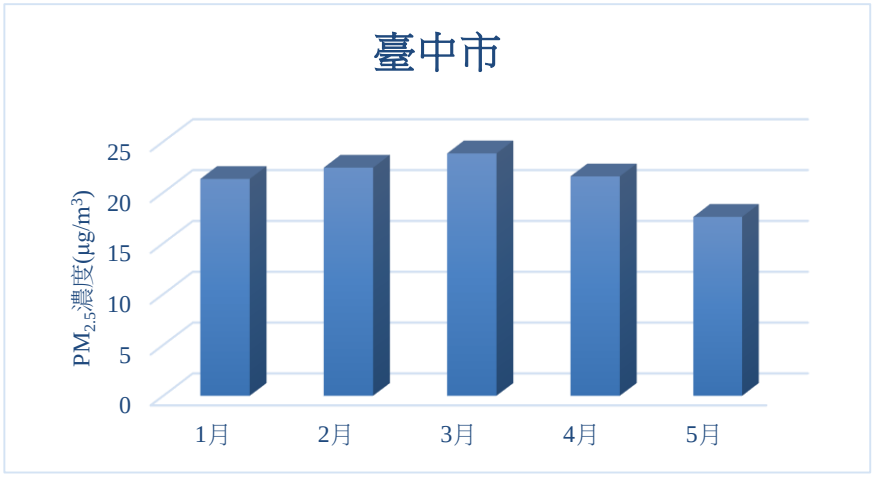
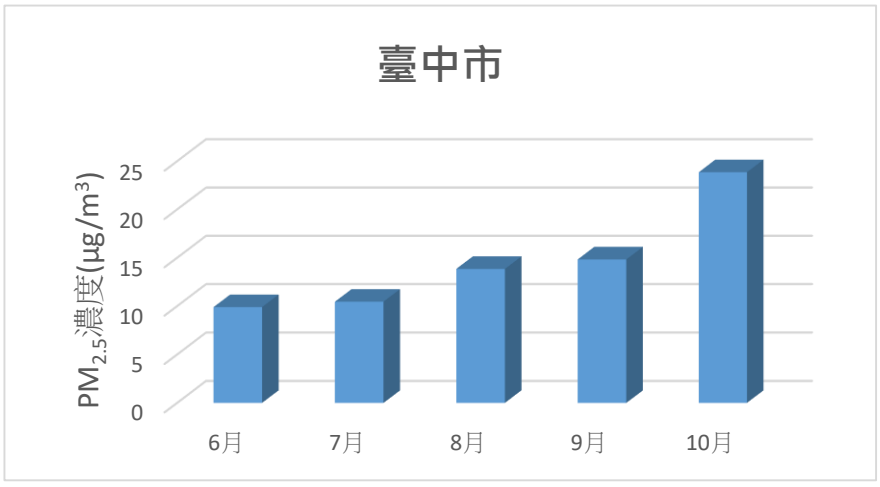
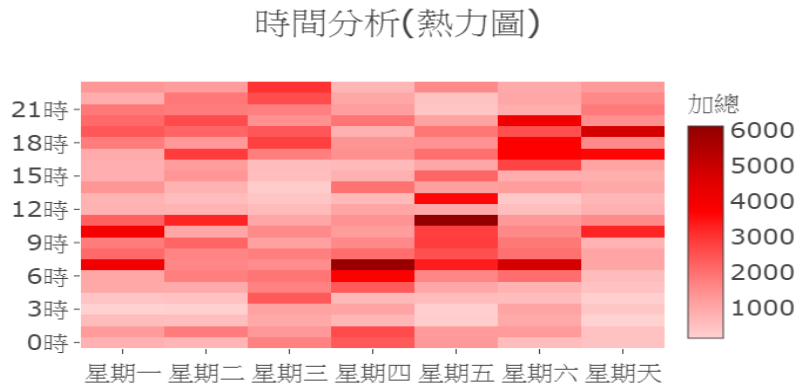
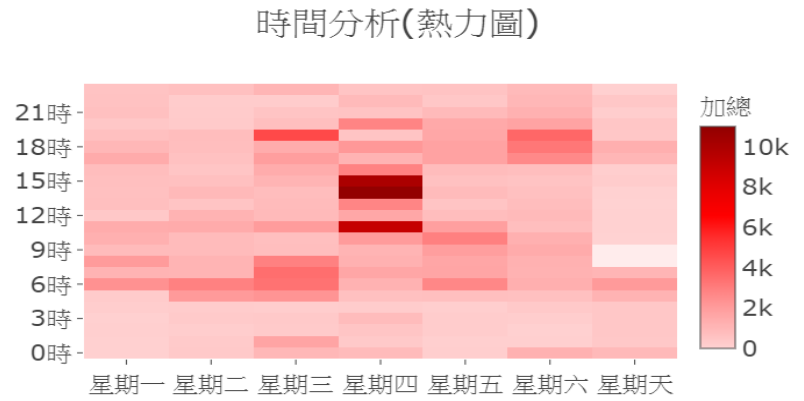
月份	臺中市感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖
1-5 月	
6-10 月	

表 3-20、臺中市 108 年 1~10 月 24 小時之變化熱力圖

月份	臺中市 24 小時之變化熱力圖
1-5 月	
6-10 月	

先前提到根據各縣市之 $PM_{2.5}$ 污染物濃度變化圖顯示，宜蘭、北部以及中部區域於 108 年 1~5 月的濃度變化是先增加後減少的趨勢，再換到雲嘉南及高屏區域於 108 年 1~5 月的 $PM_{2.5}$ 污染物濃度變化趨勢，則是呈現逐漸降低之趨勢，再對照至環保署的標準監測站之數據結果，與環保署所建置之感測器數據相比，是有著相同的數據變化趨勢，這也與前述北部情形相同，此數據之變化是受到大環境的影響，而非地區的污染事件所造成的，各縣市之污染濃度變化從表 3-21、表 3-23、表 3-25、表 3-27 及表 3-29 皆可看出此結果，且與各縣市與空品區之變化是相同的；而當進入 6~10 月後各地之污染濃度有些微不同的變化，於苗栗以北（含苗栗）之區域 6~10 月的污染濃度是先略為下降再上升，而苗栗以南的縣市則是一路由 6 月的低濃度到 10 月的高濃度為一個持續增加的趨勢。

8. 雲林縣

依**表 3-22** 為雲林縣 108 年 1~10 月污染熱力圖分析結果，發生高污染事件之時段主要為星期一晚上 6 點至 10 點及星期五的晚上 5 點至 7 點之間，為較易有污染發生之間區段，由於雲林縣的感測器皆設置於工業區內，此現象應與工廠排放相關，後續將針對工業區深入查訪，確認污染的發生原因；而 6~10 月污染事件加權分數較低，進而顯現出低污染易發生之時間點多為星期一下午 4 點至晚上 9、星期四的凌晨 4 點至早上 8 點以及星期六的中午 11~12 點左右。

表 3-21、雲林縣 108 年 1~10 月感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖

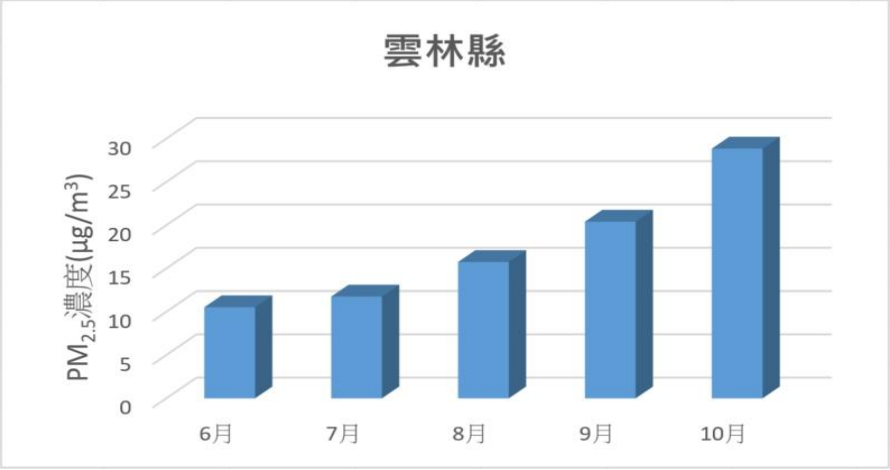
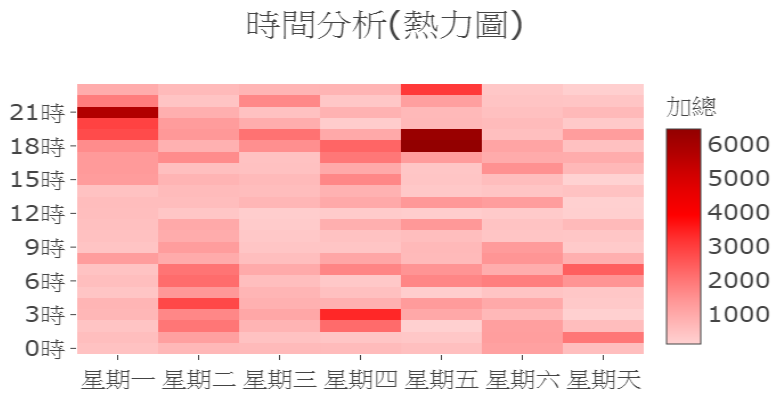
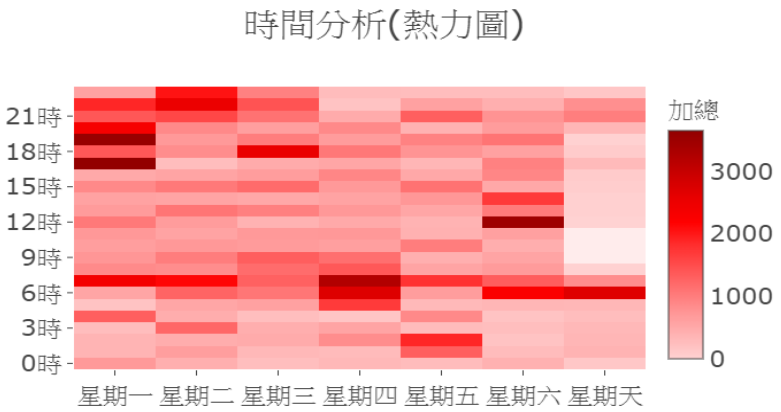
月份	雲林縣感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖
1-5 月	
6-10 月	

表 3-22、雲林縣 108 年 1~10 月 24 小時之變化熱力圖

月份	雲林縣 24 小時之變化熱力圖
1-5 月	
6-10 月	

9. 嘉義縣

依表 3-24 為嘉義縣 108 年 1~10 月污染熱力圖分析結果，主要污染時段為星期一早上 8 點至 10 點，由於嘉義縣感測器主要設置於工業區及鄰近工業區的社區，發生污染時間皆為上班時段，應與工業區內交通流量有關；而 6~10 月所呈現出的熱力圖結果也多集中於上班日的早上 7 點至 9 點間，除星期三早上 6 點至 10 點有較長時段的污染數值較高的情形，但此結果產生之原因需再進行長期觀察判斷，確認是工廠污染或是其他污染源所導致之結果，後續將持續追蹤相關可能的污染行為。

表 3-23、嘉義縣 108 年 1~10 月感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖

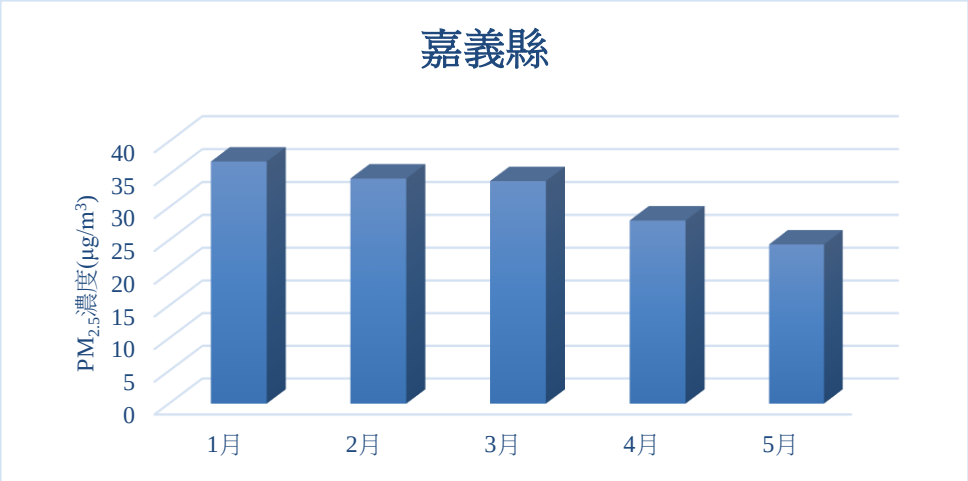
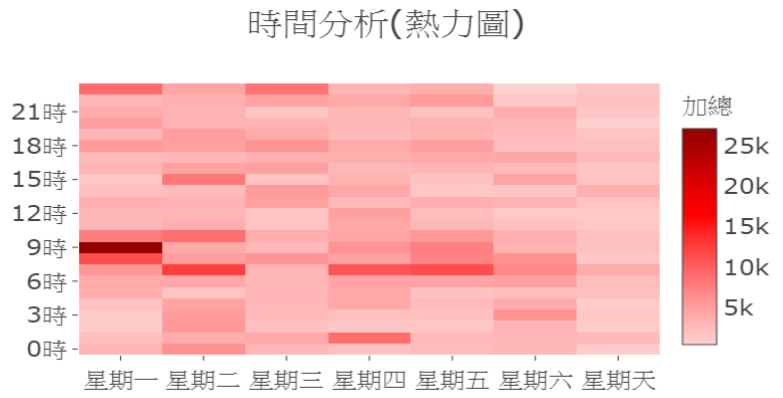
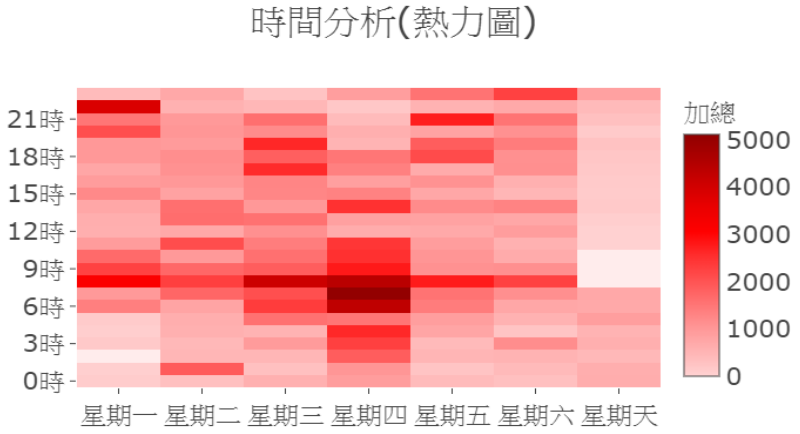
月份	嘉義縣感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖
1-5 月	
6-10 月	

表 3-24、嘉義縣 108 年 1~10 月 24 小時之變化熱力圖

月份	嘉義縣 24 小時之變化熱力圖
1-5 月	
6-10 月	

10. 嘉義市

依表 3-26 為嘉義市 108 年 1~10 月污染熱力圖分析結果，從 1~5 月之熱力圖分析結果可發現嘉義市主要之污染區段為星期五的中午 12 點至下午 1 點；而 6~10 月之熱力圖分析結果則與前五個月有相似的趨勢，6~10 月之高值出現於星期五的晚上 8 點至 10 點左右，因嘉義市境內無大型的工業區污染，因此嘉義市主要的污染源應以交通影響及鄰近縣市的污染傳播所造成之影響。

表 3-25、嘉義市 108 年 1~10 月感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖

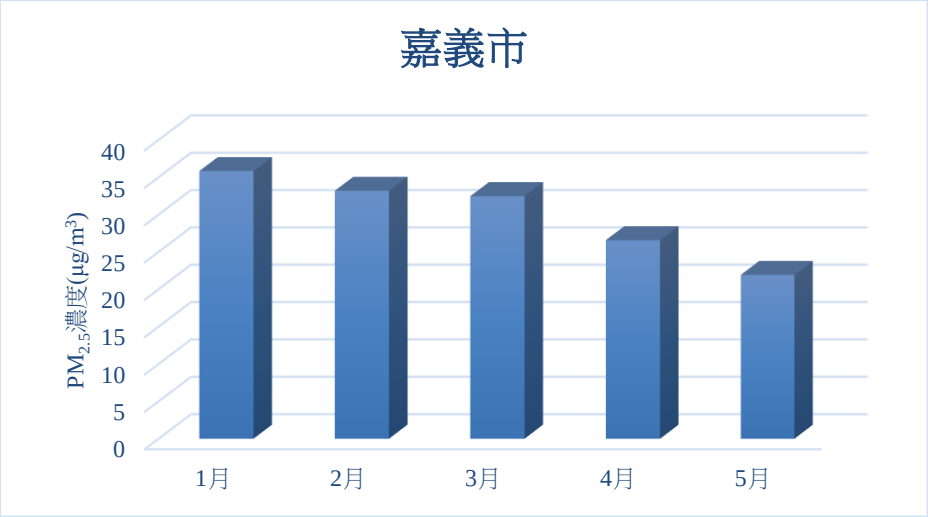
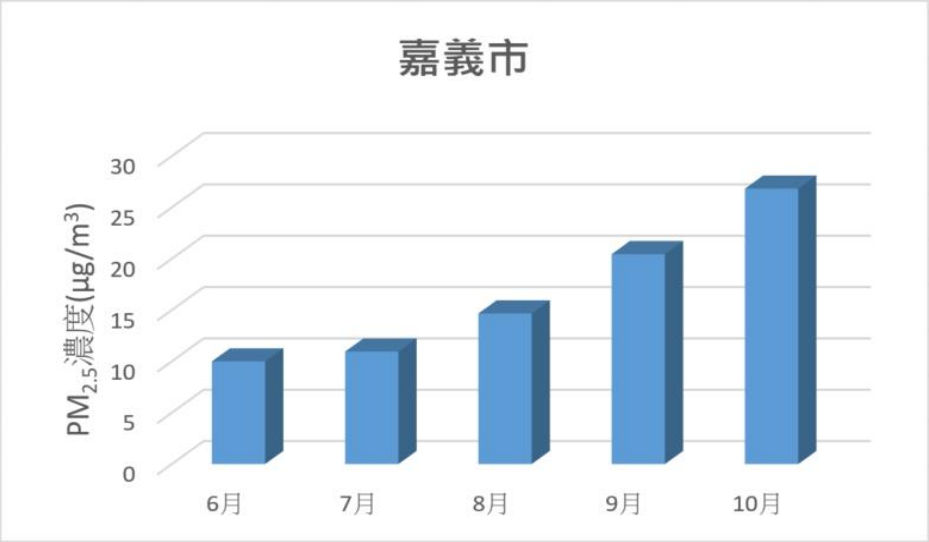
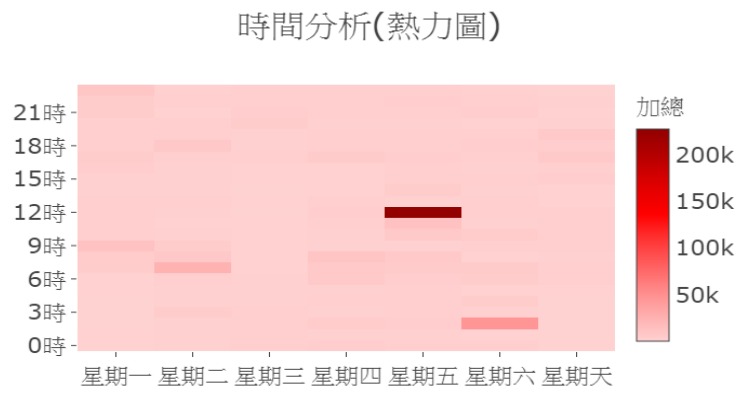
月份	嘉義市感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖
1-5 月	
6-10 月	

表 3-26、嘉義市 108 年 1~10 月 24 小時之變化熱力圖

月份	嘉義市 24 小時之變化熱力圖
1-5 月	
6-10 月	

11. 臺南市

依表 3-28 為臺南市 108 年 1~10 月污染熱力圖分析結果，臺南市空氣品質感測器所布建之位置為工業區周邊或鄰近工業區之社區，並無直接布建於工業區內，因此感測器所測到之污染物濃度大多應來自於周邊工業區的污染排放，1~5 月之熱力圖主要污染時段落在早上 5 點至 8 點之間，以及晚上 5 點至 9 點間；而 6~10 月之熱力圖結果皆發生於一般上班時間區間，因此此結果與 1~5 月之結果相似，應是受到工廠運作時導致之污染事件出現，後續將集中於此時段進行污染溯源及進行污染稽查作業。

表 3-27、臺南市 108 年 1~10 月感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖

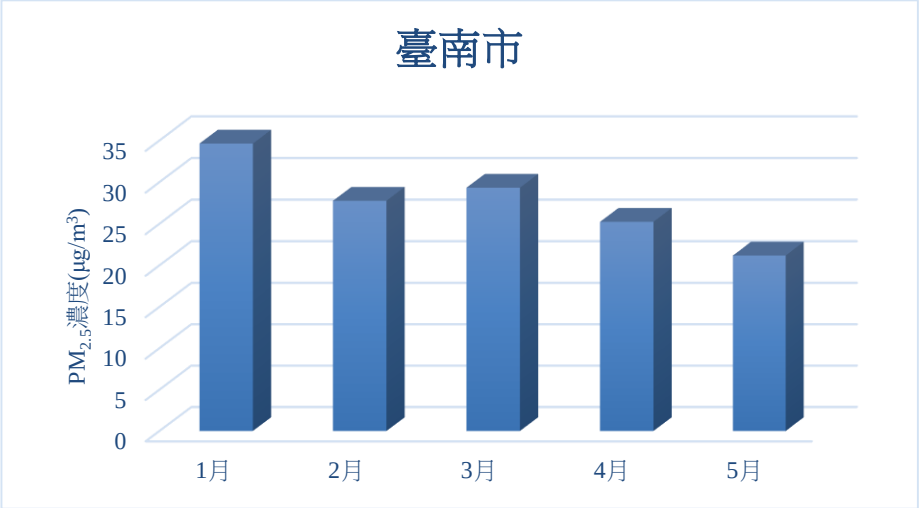
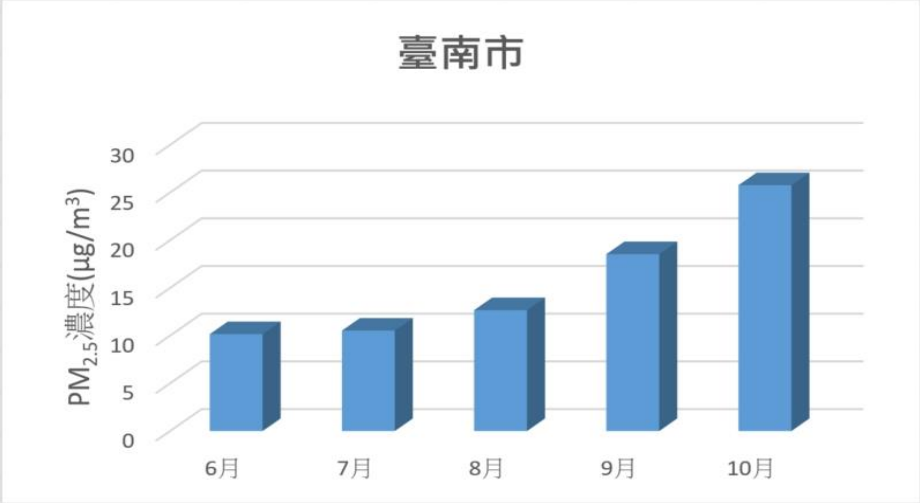
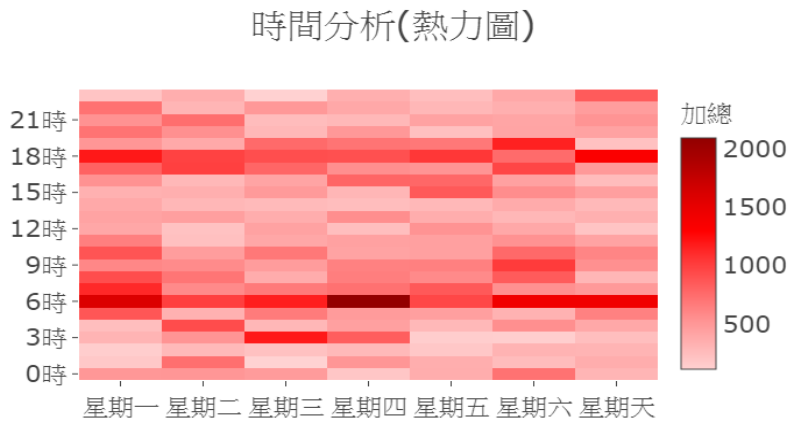
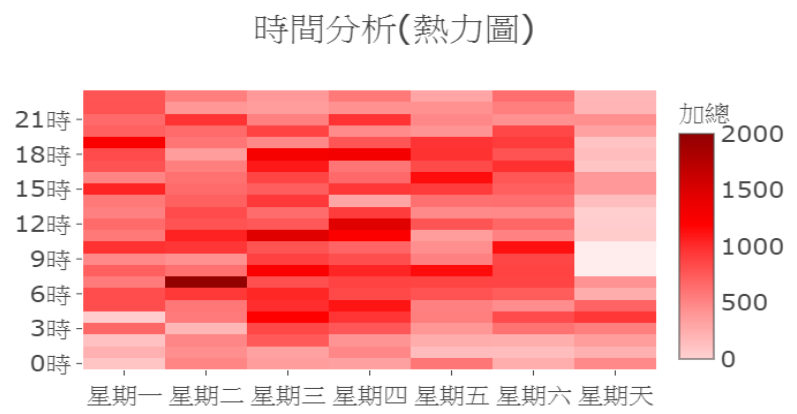
月份	臺南市感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖
1-5 月	
6-10 月	

表 3-28、臺南市 108 年 1~10 月 24 小時之變化熱力圖

月份	臺南市 24 小時之變化熱力圖
1-5 月	
6-10 月	

12. 高雄市

依表 3-30

表 3-30 為高雄市 108 年 1~10 月污染熱力圖分析結果，高雄於 107 年所布建之 500 台空氣品質感測器，除了布建於高雄的主要工業區外，有一部分是布建於主要交通道路上，因此整體的污染熱力圖分析結果就會被低濃度之布建區域給稀釋掉了，而主要高污染區域所發生污染事件的時段則落在星期二的凌晨 2 點至 3 點以及星期四早上 7 點到 8 點；而 6~10 月之污染事件之加權數值比 1~5 月來的還低，也表示出於 6~10 月高雄的污染事件較 1~5 月來的少，而 6~10 月污染事件之時段多集中於周二至周日的凌晨 12 點至 5 點左右以及周一至周六的晚上 9 點到 12 點，後續可請環保局人員再利用全區的分析圖去聚焦可能的高污染時段與區域。

表 3-29、高雄市 108 年 1~10 月感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖

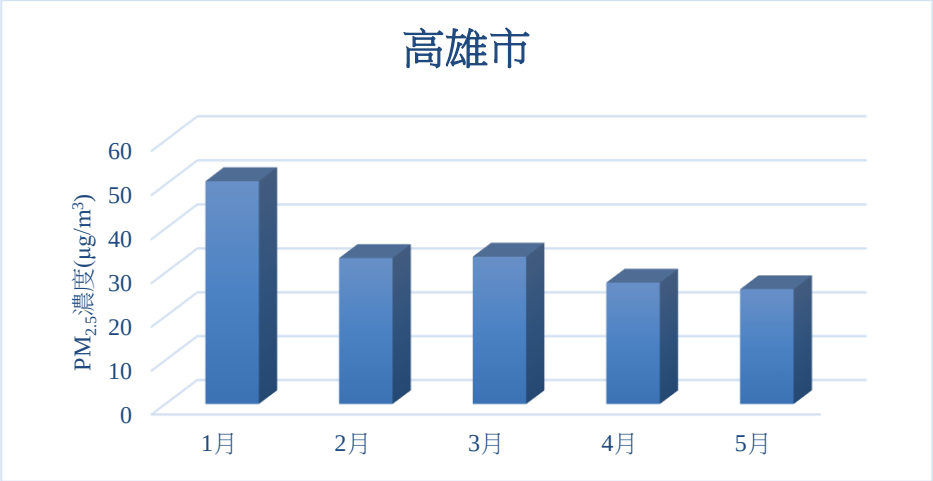
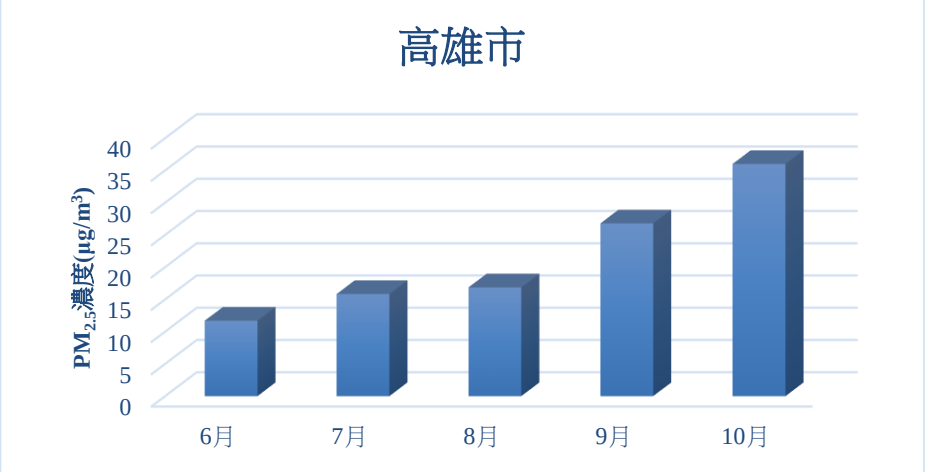
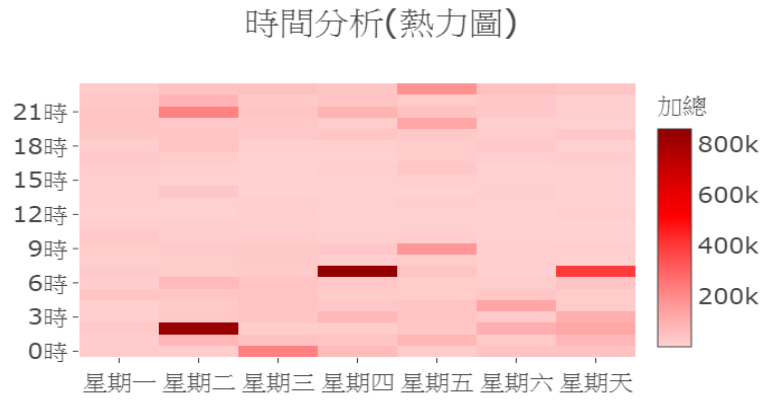
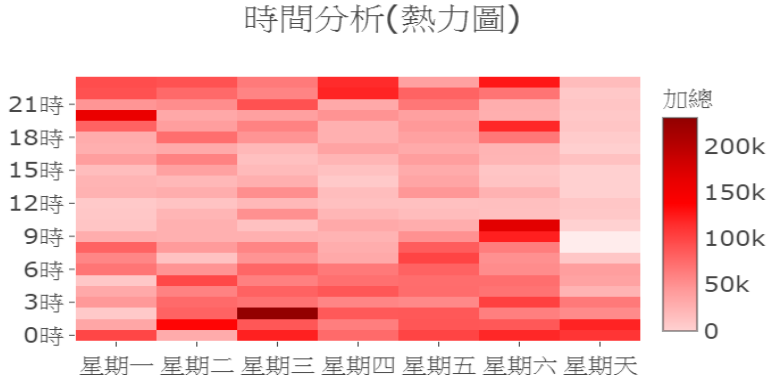
月份	高雄市感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖
1-5 月	
6-10 月	

表 3-30、高雄市 108 年 1~10 月 24 小時之變化熱力圖

月份	高雄市 24 小時之變化熱力圖
1-5 月	
6-10 月	

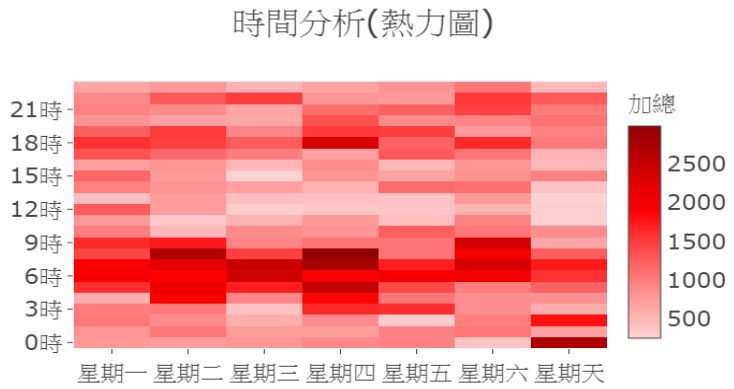
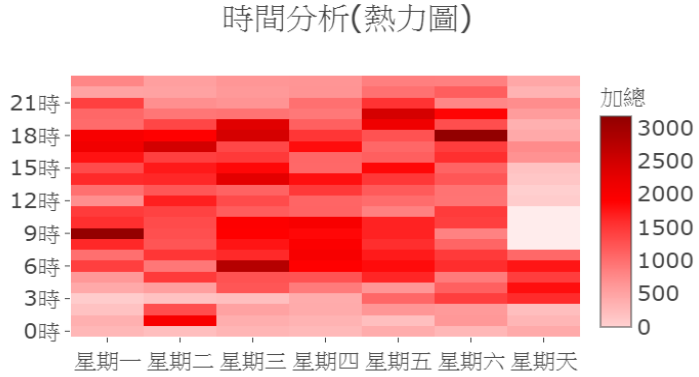
13. 屏東縣

依表 3-32 為屏東縣 108 年 1~10 月污染熱力圖分析結果，整體而言屏東縣主要發生污染事件之時段為早上 3 點至 9 點之間，但每天的污染時段皆很平均，且屏東縣感測器平均分布於各鄉鎮，故反應的時間與區段應為大環境的濃度變化所致，而不易針對特定時段進行聚焦及追蹤觀察，未來環保局若需進行細節的分析，需再聚焦於各工業區或各鄉鎮進行後續分析及污染判斷。

表 3-31、屏東縣 108 年 1~10 月感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖

月份	屏東縣感測器 $PM_{2.5}$ 濃度變化圖
1-5 月	
6-10 月	

表 3-32、屏東縣 108 年 1~10 月 24 小時之變化熱力圖

月份	屏東市 24 小時之變化熱力圖
1-5 月	
6-10 月	

(四) 四大布建區域污染分析結果

各縣市環保局與環保署合作之感測器布建計畫，其布建點位依據四大區域進行空污感測器布建位置之選擇，四大區域分別為工業區、社區、交通以及輔助，本章節前面三個部分是針對全國、空品區及各縣市進行空污感測器之數據分析結果，本小節將再針對布建區域之不同進行細部的分析探討，然而於 107 年各縣市皆是以工業區為主要布建區域，因此本團隊將先針對新竹市以及高雄市進行探討，因這兩縣市皆有在工業區外之 3 大區域布建較多點數，如表 3-33 所示，因此將以這兩縣市為探討案例。

針對新竹市於不同區域布建之空污感測器，可以觀察到基本上新竹縣市四大區域之空污感測器數據趨勢皆為相似，濃度最高的區域依據不同月份有不同的變化，而濃度最低的皆為輔助區域，此輔助測點除了因為布建點數較少外，由

於輔助之區域一般皆無過多污染源，因此相對濃度會較其他 3 大區域來的低，而整體 4 大區域每月的濃度變化也與先前整個縣市統計出來的趨勢相同，皆於 1~3 月時濃度增加，4~7 月的濃度降低，在 8 月之後平均濃度再漸增，如圖 3-11。

再看到高雄市不同區域之空污感測器數值變化，如圖 3-12，以整體來看其趨勢走向跟新竹市相同，皆與大環境之污染濃度變化有著相同的趨勢，僅高雄市是 1~6 月污染濃度是向下減少，而到 7~9 月時則漸增；再看到不同布建區域之濃度則呈現在 1~5 月時工業區、社區及交通區交替為污染濃度最高之區域，然而到 6~9 月時最高濃度的區域就都是工業區，而輔助感測點的部分皆為最低濃度之區域。

因此針對新竹市以及高雄市的 4 大布建區域結果顯示表 3-33，其整體的污染濃度變化皆符合大環境的變化情形，而高雄市的 4 大區域之污染濃度數據上較新竹市有明顯的差異性，目前尚無法輕易判斷不同區域濃度上升或下降的原因，未來可能需再針對更準確的感測數據以及各感測點可能的污染源進行篩選跟判別，即能夠實際了解於不同布建區域數據上之差異。

表 3-33、新竹市及高雄市四大區域布建數量

縣市	工業區	社區	交通	輔助
新竹市	29	23	75	20
高雄市	418	31	37	5

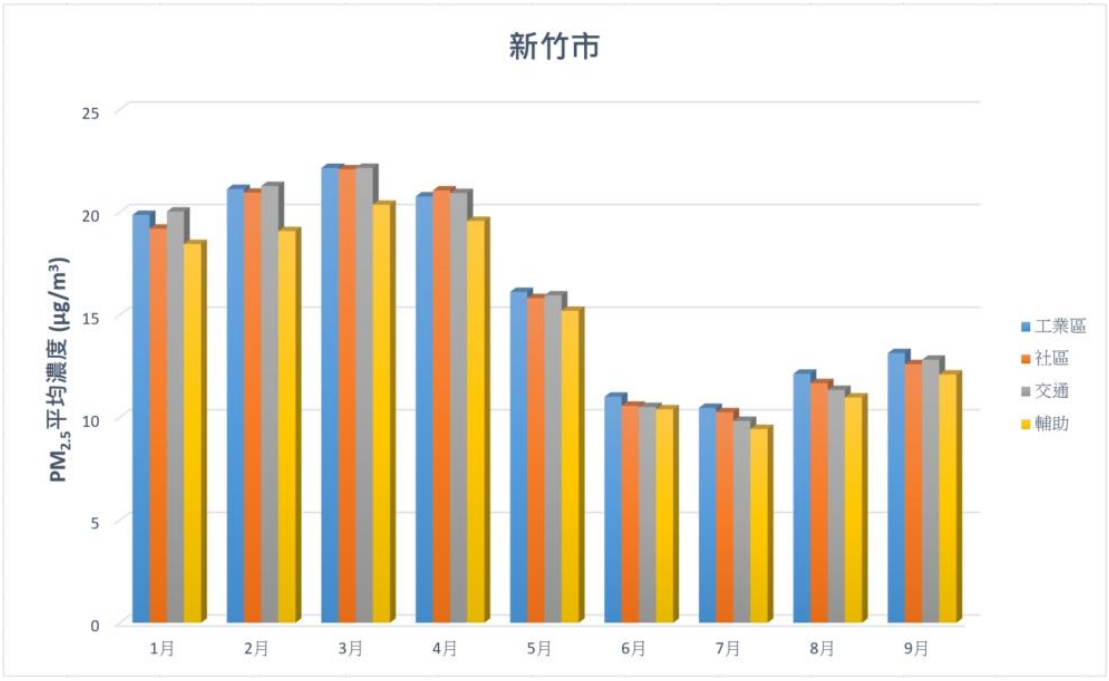


圖 3-11、新竹市 108 年 1~9 月四大區域之污染濃度

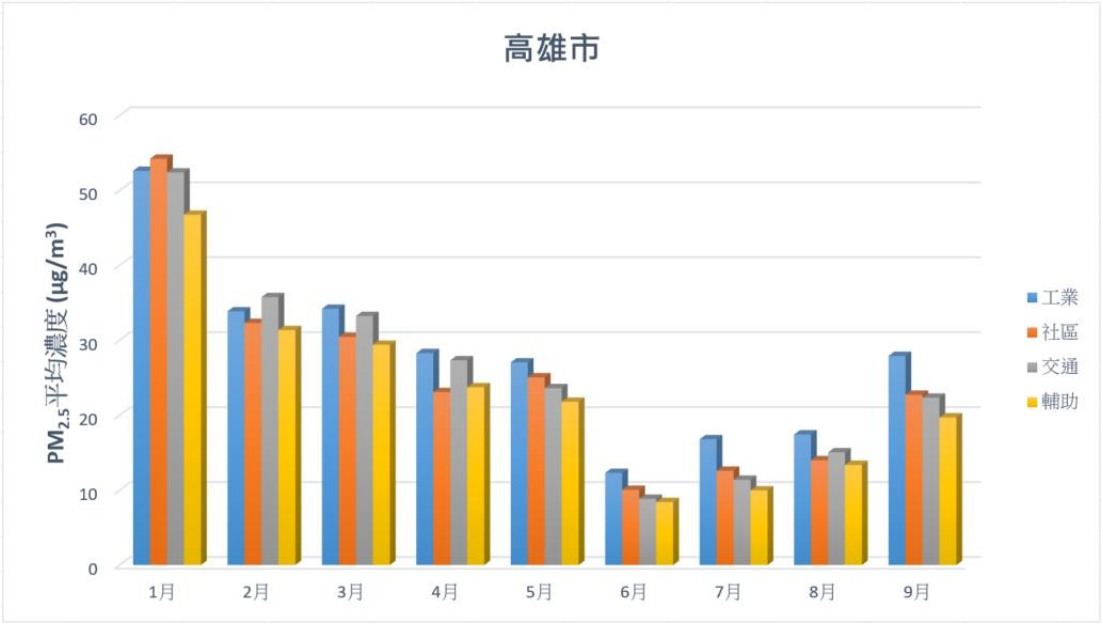


圖 3-12、高雄市 108 年 1~9 月四大區域之污染濃度

四、結論與建議

根據前述分別針對全國、空品區、縣市以及 4 大布建區域進行個別的空污感測器數據分析，其結果顯示越是大尺度的觀察其空污感測器之數據越會趨近於環

保署標準監測站之濃度變化趨勢，即為大環境的污染變化行為；而依據上述 108 年 1~10 月各縣市的 $PM_{2.5}$ 污染物濃度變化圖可以簡易的了解看全區域的感測器數據變化是與環保署的標準監測站的結果無顯著的差異，表示整體數據趨勢變化是受到大環境的污染影響，少部分受感測器布建位置所影響，因此之後將針對各縣市之數據分析應更加聚焦於單一區域或工業區去探討，進而了解小區域的濃度變化情形，才能更加應用於污染稽查以及環境治理的部分。而於 108 年 1~10 月的 24 小時之變化熱力圖，可以分析發生污染次數較多的時間區間，但此部分也是一個大範圍的統計結果，如針對高雄市的結果所解釋的一樣，由於各縣市所布建的點位不一定都是在工業區，也可能是布建在交通區或社區等，因此觀察整體的趨勢有可能讓全部的污染次數被稀釋或濃縮。再至 4 大布建區域之數據分析結果，即使是小尺度範圍的平均數值，其趨勢走向也與大環境相似，但於 4 大區域的個別比較上數據還是有些微的差異性存在，此結果於高雄市的數據上有更明顯的數據變化呈現，因此雖整體趨勢與大環境相似，但實際上各區域依然會受到個別的污染源而有些微的不同。

3.3、提供機關或環保稽查單位參考污染熱區、污染時間熱點

一、 工作內容

本工作項主要分為兩部分，一是運用既有感測數據進行分析，如有發現污染熱區、污染時間熱點及可疑排放污染名單時，提供給環保署或環保局作為後續稽查單位的參考依據。另外針對交通感測點的數據進行分析，評估感測數據與時間、天氣、車流量、風速、風向或其他因子的相關性，並提出交通感測點布建位置之建議。

二、 執行方法

(一) 污染熱區分析

環保署為了監測工業區的空氣品質狀況，目前在 14 個縣市共 44 個工業區設置空氣品質感測裝置，然而每一臺感測器皆為獨立裝置，依靠單臺感測器所獲得的數據將會遇到資料分析的限制，無法建構更全面的網狀分析觀點。計畫團隊將運用環保署目前之分析模組進行污染熱區分析及異常事件挖掘，相關技術說明如下：

『潛勢區位分析』可透過 Data Fusion（數據融合）的方法來解決以上問題，整合多臺感測器的數據特徵，將指定地區切分成 N 個虛擬中心點，每個中心點以半徑 M 公尺（介於感測器架設間隔距離約 300 公尺上下）畫出圓形區域範圍作為可疑的潛勢區位，每個可疑潛勢區位範圍內也會有不同 IOT 感測點散佈其中，後續可將感測器數據融合為該環境的代表數據，並透過『圓心矩陣法』進行潛勢區位分析如圖 3-13。

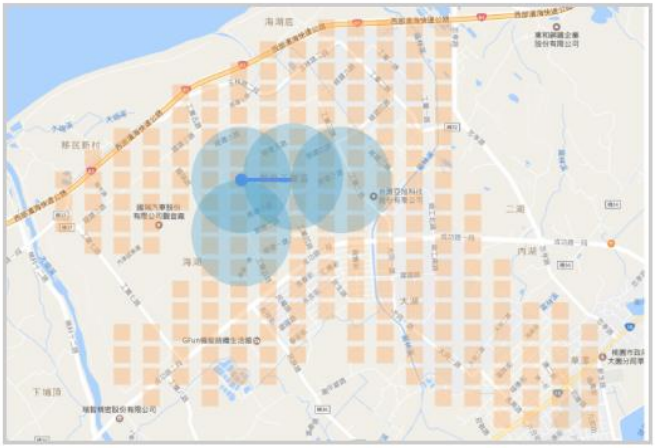


圖 3-13、異常事件分析

圓心矩陣方式計算的特色在於當某臺感測器偵測到的數值異常超標，其受覆蓋的可疑潛勢區位就會累加可疑潛勢分數；且由於空氣會受到氣流擾動而影響其他範圍，因此加入考量風向、風速等外部因素作為判斷污染的因子，能夠更準確判斷污染源的來向，透過分數的累加，繪製可疑污染潛勢區位如圖 3-14。



圖 3-14、污染潛勢分析

「異常事件」主要由小區域變化為主，包含固定污染源、火災...等。影響區域過大或過小的變化，不是這個功能關注的事件，例如：

1. 較大區域的變化：可能是大氣擴散條件不佳、河川揚塵、海陸風變化...等，會影響整個區域（如觀音工業區）的事件。
2. 單點變化可能是移動污染源、道路揚塵、管道警急排放...等時間短，影響區域小，超標不顯著的事件。

判斷 IoT 感測點是否「異常」，可由「自我數值變異」與「週邊數值變異」來進行自動偵測：

1. 單點自我數值時間變異：根據特定測站的時間序列數值，可挑選出在此「時間窗格」中，此測站測值與此測站其他時間點測值有顯著差異，可視為發生異常事件，如圖 3-15。

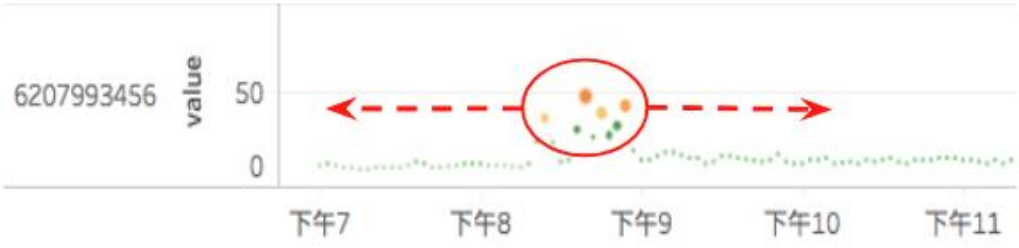


圖 3-15、單點自我數值時間變異分析

2. 與週邊群體間的數值空間變異：於特定「時間」，在小區域「空間窗格」中散佈的各測站的測值，彼此有顯著數值差異，可視為發生異常事件如圖 3-16。

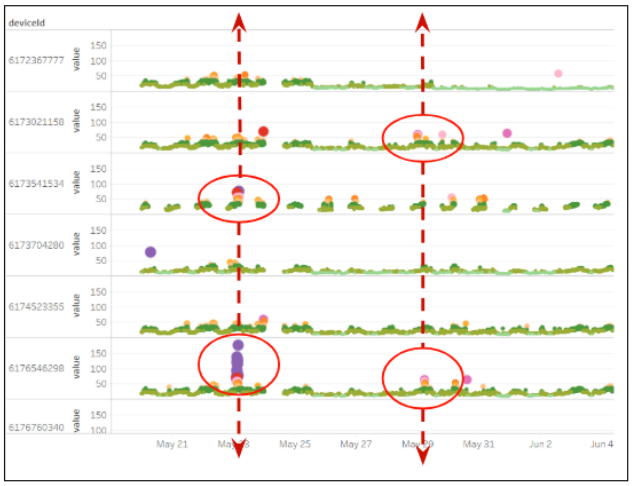


圖 3-16、群體間的數值空間變異分析

透過以上作法，由系統自動判斷感測點『相對異常』，可有效排除如沙塵暴等影響全面空品之環境狀況，找出『時間、空間上的非單點異常事件』圖 3-17。亦即，可判讀以下 ①②狀況，③④ 非自動化流程會捕捉之事件。

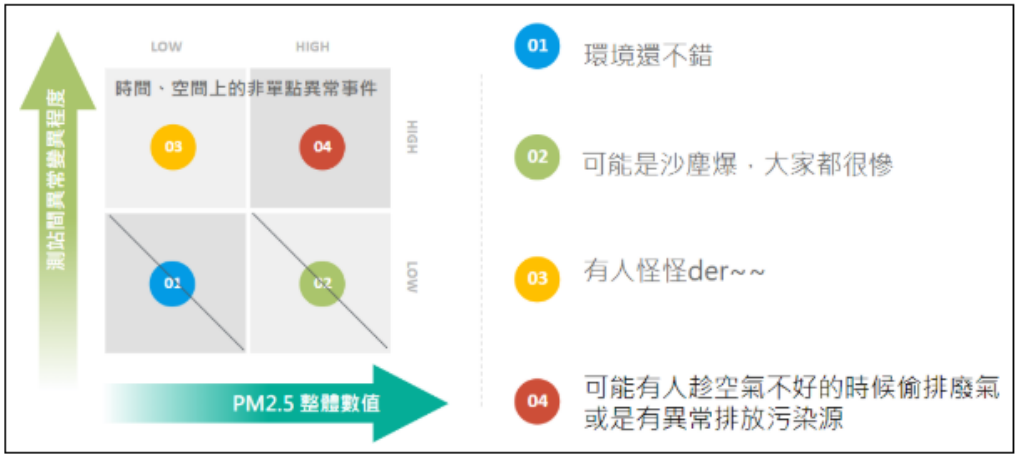


圖 3-17、系統判讀異常事件

① 整體 $PM_{2.5}$ 值很低，彼此變異也小，表示此時環境狀態不錯。

② 整體 $PM_{2.5}$ 測值偏高，但測站間彼此變異很小，可能是整體都呈現高值狀態，不易抓出特殊異常站點。

③ 環境 $PM_{2.5}$ 測值整體偏低時，但有某些感測點（非單點）發生連續＆異常數值。例如：大雨 wash off，空品良好，有工廠仍異常排放，雖然造成異常的數值不高，但仍較周邊感測點異常。

④ 環境 $PM_{2.5}$ 整體測值偏高時，且其中，某些感測點（非單點）又發生連續＆異常高的數值。例如：冬季，擴散條件不佳時，又有工廠可能趁機異常排放，造成周邊感測點異常。

最後，依據發生時間、空間上的非單點異常事件，建立異常事件清單，檢視上述異常事件清單，結合空品感測數據、地理資訊、時間資訊、風向數據、風速數據等等進行視覺化數據還原，用視覺回推當時空污飄散狀況，再結合時間軸調整功能，可動態切換檢視特定時間區段，模擬當時污染熱區和排放潛勢。再套疊列管污染源(PRTR)、固定污染源連續監測資訊(CEMS)、公害陳情資訊，藉以標定疑似污染源，相關分析之污染熱區、污染時間熱點及可疑排放污染名單，及時提供環保署及環保稽查單位參考運用，必要時協助擬定現場稽查策略，強化輔助稽查成效如圖 3-18。



圖 3-18、空污足跡回溯重現

(二) 交通感測分析

以國內現階段空氣品質感測物聯網之環境執法及服務民眾活動需求，主要分為 4 類感測布建情境，工業感測點、交通感測點、社區感測點、輔助感測點。由於國內空氣污染之貢獻有三成來自於移動污染源，為協助了解在交通動線上移動污染源之貢獻分布，交通感測點之布建規畫相對重要。以移動污染源的特性在於單點污染量小且車速快，使得大氣擴散快，不容易掌握，但是由於污染源（車流量）數量大，累積的效應低，故在布建點位的設計上，必須考量相關污染行為特性，方能建議出合適的布建點位，初步規劃試作下列方案，據以評估交通感測點布建位置之建議。

1. 布建密度評估：挑選合適的測試場域，建議具有棋盤式方格之街道為佳，建議以 500 公尺為間距，平均布建感測器，並規劃搭配影像辨識系統，協助記錄車輛類型及車流量計數，據以分析感測濃度與車流量之相關性分析。
2. 布建高度評估：由於移動污染源的排放量小、高度低於 1 公尺，且在大氣環境下高速移動，故污染量擴散效應高，為評估交通量對空氣污染的效率，將規劃不同高度下污染的分布，據以評估對於民眾健康效應之影響，初步規劃布建高度如下：
   (1) 感測器布建高度 0.5 公尺：處於汽車、機車排氣口高度，影響受體約等同幼童躺在嬰兒車的高度，可評估移動污染源對幼童之影響。
   (2) 感測器布建高度 1.0 公尺：處於客貨卡車排氣口高度，影響受體約等同

學童步行時鼻腔的高度，可評估移動污染源對學童之影響。

(3) 感測器布建高度 1.5 公尺:影響受體約等同一般成人步行時鼻腔的高度，或是機車及腳踏車騎士鼻腔的高度，可評估移動污染源對成年人之影響。

(4) 感測器布建高度 3.0 公尺：處於一般餐飲或家庭排油煙機排氣高度，做為比對參考樣本，據以評估移動污染源在大氣擴散作用下之影響高度。

三、 執行成果

(一) 污染熱區分析

收集 108 年 6 月至 10 月前十名之高污染區域事件統計如表 3-34。高污染事件以高雄市的大發工業區及臨海工業區合計佔比約 65%。其次為嘉義市(含嘉義市與民雄工業區)合計佔比約 11%。

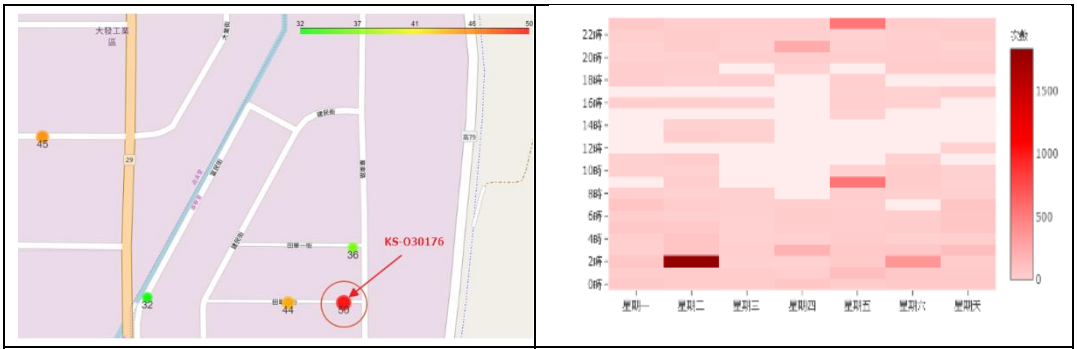
表 3-34、108 年 6~10 月前 20 名高污染區域事件數統計

高污染事件數	2019/6	2019/7	2019/8	2019/9	2019/10	合計
大發工業區	215	415	275	260	203	1,165
臨海工業區	127	270	234	214	121	845
嘉義市	26	37	75	70	76	208
龍德工業區	47	90	73	29	45	239
民雄工業區	24	29	32	32	36	117
林園工業區	14	39	15	23	12	91
雲林科技工業區	13	15	14	17	21	59
竹南頭份	7	7	15	22	25	51
大園工業區	7	8	10	17	13	42
龍潭平鎮	7	9	15	10	7	41
屏南工業區	7	8	4	14	14	33
龜山工業區	10	2	12	3	6	27
觀音工業區	9	2	12	7	3	30
臺中港	2	3	11	10	4	26
新竹市	1	3	10	1	8	15
臺中工業區		3	10	5	4	18
屏東市區	2	2	4	4	6	12
大甲幼獅工業區		1	4	3	9	8
新竹工業區		5	2	3	7	10
華亞科技園區		1	5	7	1	13

1. 大發工業區分析

以大發工業區發生高污染事件達 50 次的 7504424436 感測器(KS-O30176)為例，位於田單一街附近，配合現地風向及操作特性疑似為高雄醫療廢棄物股份有限公司，經與環保局洽詢發現稽查科已於 3 月進行裁罰一次，但目前仍持續排放，目前高雄市環保局以專案處理此廠商。

為解析高污染事件可疑熱區的發生時間特性，繪製為大發工業區污染發生時間熱力圖，發現高污染事件發生時間主要為每星期二清晨 02:00、星期五早上 10:00、星期五晚上 23:00，相關紀錄資料詳如圖 3-19。



田單一街發生高污染事件次數地圖　　大發工業區污染發生時間熱力圖

圖 3-19、大發工業區發生高污染事件分析地圖

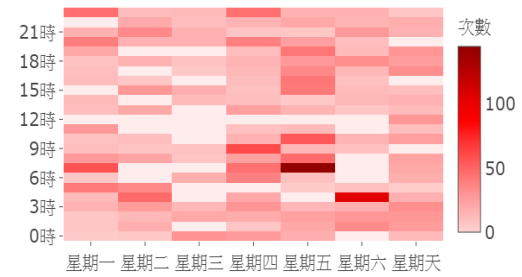
2. 臨海工業區分析

臨海工業區熱區場域位於中鋼煤灰堆置場附近，如圖 3-38 所示，經與感測器維運商訪查，發生 30 次位於鹽水港溪週邊為 4/20 號以後道路施工，因受施工影響所以時常有高值發生；污染事件發生 28 次感測器，設備商表示有請稽查科進行查緝，目前尚無進展，但現場工程師表示等待進入資源回收場的大卡車會怠速導致高值。而 KS-O30286 位於中鋼煤灰堆置場附近，因為架設位置關係，隨著風向自然有高值發生。

為解析高污染事件可疑熱區的發生時間特性，繪製為臨海工業區污染發生時間熱力圖，發現高污染事件發生時間主要為每星期五早上 07:00、星期六早上 04:00、星期四早上 07:00，相關紀錄資料詳如圖 3-20。



中鋼煤灰堆置場附近

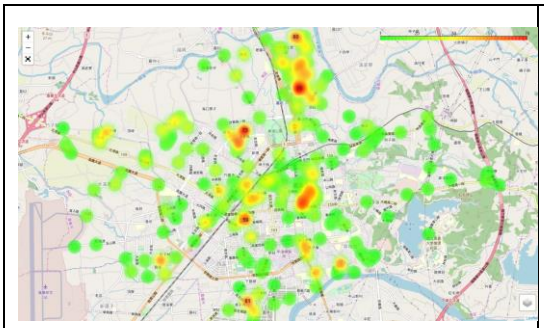


臨海工業區污染發生時間熱力圖

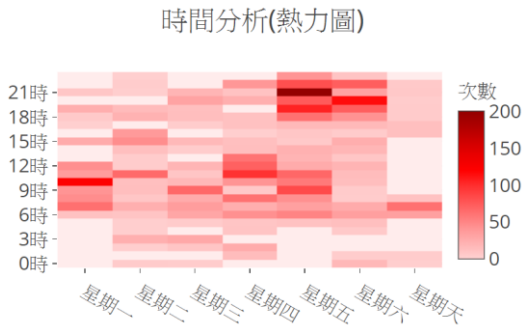
圖 3-20、臨海工業區發生高污染事件分析地圖

3. 嘉義市分析

依據圖 3-21 嘉義市潛勢熱區分析所示，由於熱區分散在各嘉義市各地，但持續在保忠二街與保忠三街附近集中，已提供環保局建議持續透過數據平臺或 WOT 查看地圖並搭配熱力圖於相關時間點至熱區蹲點查緝。



嘉義市熱區分布圖



嘉義市污染發生時間熱力圖

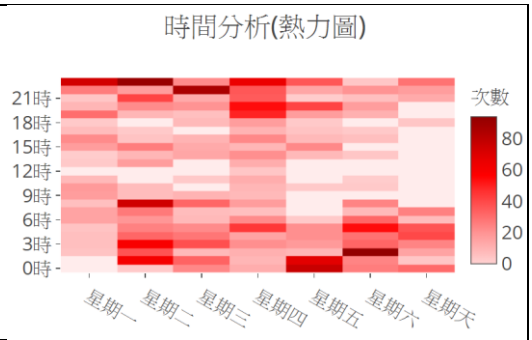
圖 3-21、嘉義市發生高污染事件分析地圖

4. 龍德工業區分析

根據圖 3-22 龍德工業區之潛勢熱區分析所示，熱區集中在德興一路與德興五路附近，此點位為長期高污染地區，已建議環保局搭配熱力圖（圖 3-22）於相關時間點至熱區蹲點查緝。



龍德工業區熱區分布圖



龍德工業區污染發生時間熱力圖

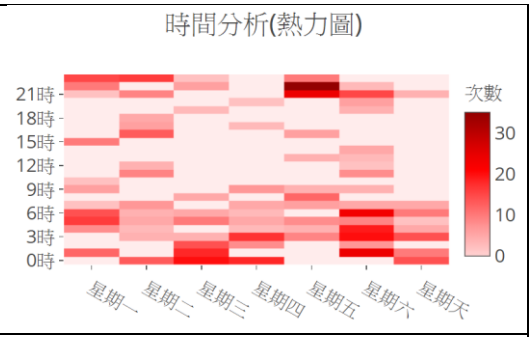
圖 3-22、龍德工業區發生高污染事件分析地圖

6. 林園工業區分析

根據圖 3-23 林園工業區之潛勢熱區分析所示，熱區集中在石化一路、工業一路及台 29 線附近，此點位為長期高污染地區，已建議環保局搭配熱力圖（圖 3-23）於相關時間點至熱區蹲點查緝。



林園工業區熱區分布圖



林園工業區污染發生時間熱力圖

圖 3-23、林園工業區發生高污染事件分析地圖

(二)交通感測分析

為解析交通污染源對空氣品質感測器之感測效能，進行汽車與機車怠速測試實驗，將感測器附掛於距地面高 0.5 公尺、1.0 公尺、1.5 公尺進行測試，同時測試車輛排氣管與感測器距離為 0.5 公尺、1.0 公尺、1.5 公尺的 $PM_{2.5}$ 濃度的感測狀況，車輛種類分為四類，包含 150CC 的 20 年機車、符合六期環保標準的汽車、10 年以上缺乏保養的汽車、10 年以上定期保養的柴油車，測試的現況詳如圖 3-24。

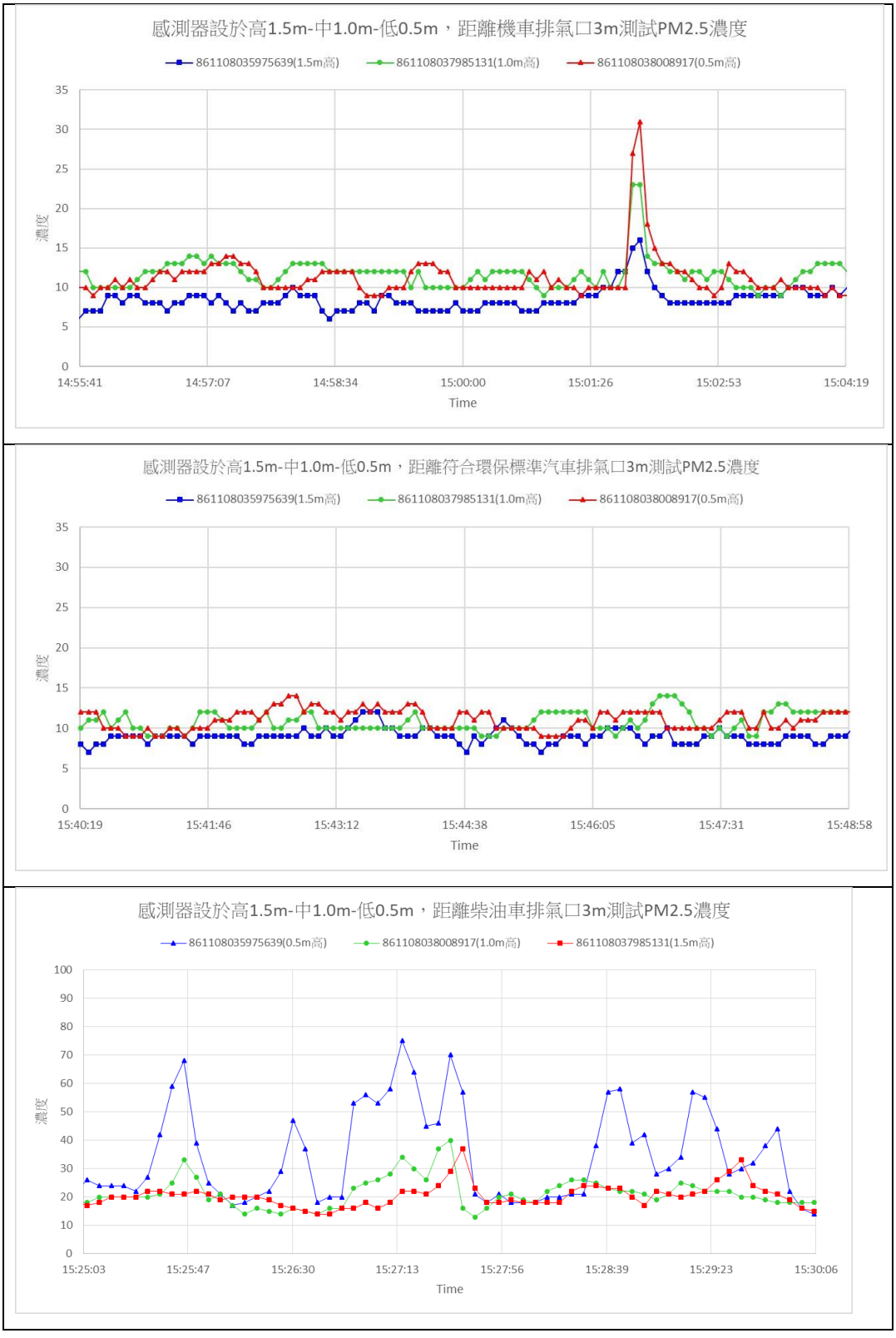
	
SYM RV-150 150CC 2001 年出廠 (95 無鉛汽油)	Honda CR-V 1500CC 2018 出廠 (95 無鉛汽油)
	
Hyundai Porter 2500CC 2012 年份 (柴油)	Mitsubishi SpaceGear 2500CC 2004 年份 (95 無鉛汽油)

圖 3-24、車種怠速測試

運用感測器 $PM_{2.5}$ 感測濃度進行汽機車怠速測試，可以明確反應汽機車排氣的污染現象，感測器的布建高度明顯影響 $PM_{2.5}$ 的濃度感測，感測器距離地面越低感測濃度越高，在距離地面 1.5 公尺高度時仍能反映污染濃度，但以高度的濃度衰減效率，布建至距離地面 3.0 公尺（目前固定感測點布建高度）難以反映交通污染的行為。

在車種的廢氣排放行為上，符合符合六期環保標準的汽車排氣感測濃度

明顯較低，其次是機車，再其次是正常保養的柴油車，最糟的是缺乏保養的汽油車，綜整的測試成果詳如圖 3-25。



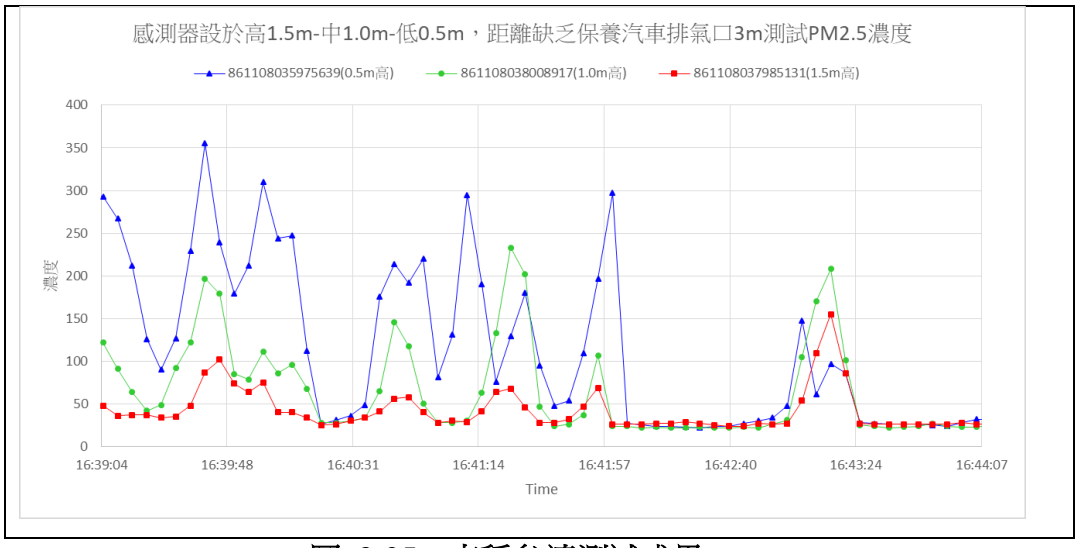


圖 3-25、車種怠速測試成果

機車的最高污染濃度約 32 μg/m^3，符合環保標準的汽車最高濃度約 14 μg/m^3，柴油車最高濃度約 76 μg/m^3，缺乏保養的汽油車最高濃度約 350 μg/m^3，雖然柴油車排放 $PM_{2.5}$ 濃度較一般汽機車高，但是如果汽車缺乏保養，則 $PM_{2.5}$ 濃度可能會高過柴油車 4 倍以上。所以交通污染的管控上，除了要針對車種外，對於缺乏保養的老舊車輛也是迫切要管理的。

三、 結論與建議

環境感測事件中心運用數據分析解析感測數據異常事件，針對設備異常中的定值、缺值、持續低值事件進行設備告警，除可強化設備商進行維運、也可告知環保局掌握設備之狀況，提升完整率與設備準確性。針對環境異常事件除定期發高污染事件告警外，透過提供每月統計高污染熱點、分析污染熱區及污染時間熱點，匡列可疑排放污染名單提供機關或環保稽查單位參考，列為可能高污染源之佐證與協助環境稽查。但是感測數據的特性包含各設備模組批量的差異、區域環境的特性及設備衰減老化等影響，數據異常的特徵需要持續累積成功事件進行系統回饋學習，強化事件中心的智慧功能，強化平臺經營管理之成效，針對設備異常或環境異常事件不斷改善，精進 PDCA 循環。

在確認微型感測器 $PM_{2.5}$ 濃度可以標定交通污染的行為後，後續可以透過感測器進行都會區移動污染的監測測試，但是目前交通區感測點布建高度都在 3 公尺以上，為了可以擷取交通污染的行為，應該將交通感測點降至 1.5 公

尺以下。另外，也可以評估將感測器裝設於汽機車上，透過行駛中的量測擷取移動污染的濃度分布，藉以繪出交通污染的分布狀況，待克服車速導致的風速與震動對感測器的影響，以達成道路側固定感測點與車載移動式感測點間平行比對，建立標準化感測校正模式，據與明確描繪出都會區交通污染地圖，做為建構區域移動污染基線資料，以利評估移動污染防治成效。

3.4、蒐集 108 年空氣污染事件之新聞案件，建立大紀事

一、工作內容

環保署為整合全國空氣品質監測站網資源，將全國不同機關所設空氣品質監測站，監測資料向上集中統合發展運用，並積極建置具有公信力之環境感測物聯網，經過 106 年為「基礎建置期」完成布建 700 個感測器執行應用概念驗證，及 107 年為「合作推動期」，與地方政府合辦 2,600 點感測器布建，已逐步完成置臺灣環境感測網雛形。在融合空氣品質標準監測站及感測設備之感測數據，已能逐漸建構代表區域性空氣品質之資料，配合智慧城市發展及工業區空污問題，可陸續分階段分重點建立小尺度空氣品質感測數據物聯網，以掌握高時間及空間解析度的空品資料。為有效呈現空氣品質感測數據之具體價值，本項工作將運用回溯感測數據變化的行為，實務呈現空氣污染事件的歷程、污染範圍及後續衍生事件，完整記錄空氣污染事件及感測數據變化資料，以利未來環保署對外說明物聯網之執行成效。

1. 大環境變異事件：主要收集境外污染事件，及因氣象條件造成的大區域空品不良事件為主，並彙整當時的氣象條件、監測站數據變化及感測器數據變化。
2. 區域空氣污染事件：主要收集重大火災或洩漏事故，及露天燃燒或重大廟會活動等事件，並彙整當時的氣象條件、監測站數據變化及感測器數據變化。

收集彙整空氣品質感測數據、地理資訊、時間資訊、風向數據、風速數據等資料，透過視覺化數據還原，用視覺回推當時空污飄散狀況，再結合時間軸調整功能，建立單一空氣污染事件之動態影片 ，呈現當時污染熱區和排放潛勢。

二、執行方法

本計畫將提供一個年度污染事件的彙整表，供資訊團隊填報相關資料，以利後

續的污染事件資料收集，彙整表如表 3-35 所示，將所有事件彙整成的事件年表，納入計畫成果網站，做為環保署對外宣傳的成功案例，並依每一事件之重點參數，建立未來分析與評估空污事件的參考基礎。

三、執行成果

目前相關污染事件已彙整至今(108)年 10 月份共發生約 8 件高污染事件，且各縣市環保局利用空氣品質感測器稽查有成，針對 5 月分之污染事件包含臺中輪胎倉庫大火、臺南新營工業區火警事件、臺南佳里工業區露天燃燒棧板以及大華金屬排放臭酸氣等污染事件，本章節將針對臺中輪胎廠大火、臺南新營工業區火警以及臺南佳里工業區的露天燃燒案例進行介紹。

1. 108 年 5 月 7 日發生臺中輪胎廠大火事件

此次污染事件是發生於臺中后里區的一間廢棄輪胎處理廠，於 5 月 7 日下午 1 點消防隊接獲火災，且環保局同步於行政院環保署空氣網平台上發現感測器有高污染事件通報，並藉由感測器的濃度變化持續追蹤后里火災的影響範圍，如圖 3-26 所示，依據行政院環保署空氣網上即時觀察感測器的濃度變化，可以看到在火災發生後 1 小時其污染物隨當天東北風的吹拂擴散至距離火災地點 8.5 公里遠的地方，再隨著火災持續蔓延，5 月 7 日下午 4 點時至 8 點時，污染物已經從原距離火災 8.5 公里處擴散至距火災發生地 26 公里的位置，除了受到風向的影響導致污染物的快速擴散外，還關連到此次火災的燃燒時間持續了 20 小時以上，因此長時間的焚燒著這些廢棄物，進而導致污染物持續的產生而不斷的影響到周遭的生活環境及空氣品質，而臺中市政府已針對本次發生火災事件之工廠依照空污法開罰 500 萬。

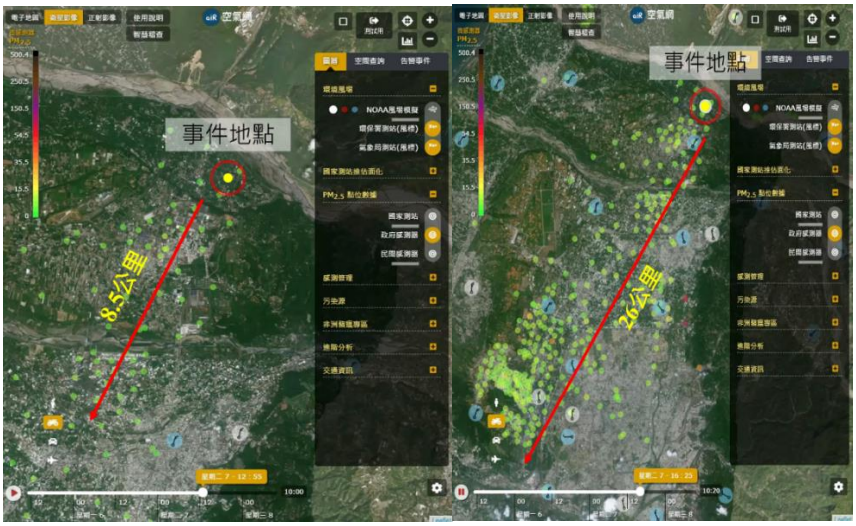


圖 3-26、臺中后里火災案後 1 小時及下午 4 點至 8 點的影響距離

2. 108 年 5 月 11 日於臺南市新營工業區發生火警事件

此事件之起因是新營工業區內的一座廠房，於 5 月 11 日凌晨 1 點左右廠房內放置的一輛貨車起火燃燒而引發此次的工廠大火，且工廠內推放了許多的塑膠及木材等易燃物，因此造成火勢一發不可收拾，且本次火災一路從新營區蔓延至永康區、北區、安南區及中西區等，皆陸續接獲民眾陳情附近瀰漫著燒塑膠的味道，且從圖 3-27 可以看到此次火災事件的影響範圍一路從事件地點受東北風的影響一路往南擴散至 17 公里遠的位置，但由於事件地點與距 17 公里處之感測器中間路段皆無設置感測器，因此無法更加詳細的觀察到污染的擴散路徑以及污染物影響範圍。



圖 3-27、臺南市新營工業區火災影響範圍

3. 108 年 5 月 15 日臺南市佳里萊千寮工業區廢棧板燃燒事件

108 年 5 月 15 日夜間位於臺南市佳里萊千寮工業區的一間金屬加工廠，利用夜間時間在工廠的停車場內進行廢棧板的燃燒，而設置於此工業區附近之感測器連續兩天皆在夜間有高濃度的 $PM_{2.5}$ 被偵測到，因此環保局即在 5 月 15 日的晚上派員進行污染稽查，即發現此工廠的露天燃燒行為，並立刻進行開罰，且由圖 3-28 所示，可以發現本次污染事件其污染影響範圍達事發地點的 2 公里處。

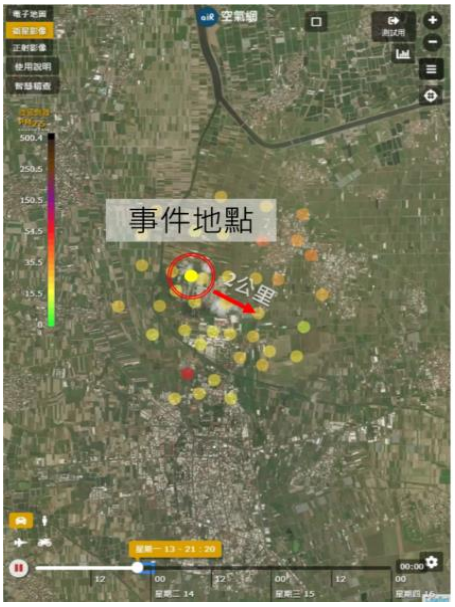


圖 3-28、臺南市佳里工業區露天燃燒影響範圍

四、結論與建議

藉上述的 3 個污染事件之案例，可以觀察到空氣品質感測器的廣布，除了追溯偷排污染物之工廠或事件外，針對造成區域污染嚴重的污染事件也可以利用感測器找出污染的影響範圍，以利後續針對受影響區域進行隔離或防護措施及告警，再者看到臺南新營火災事件可以發現，火災事件地點周邊，並未有太多的感測器以及監測站，因此不易了解事件所導致的污染擴散之嚴重程度。本計畫針對今(108)年所蒐集到的大型污染事件繪製成時間軸，以利了解各污染事件發生的時間及地點，並整體而言可發現大型污染事件的發生地點多集中於中南部地區，且大多都為工安事件，可能原因除了中南部工廠之工廠數量較北部多之外，也關於到工廠類型，中南部的工廠類型主要偏向傳統產業，而傳統產業之生態以及對於工安的管控較不嚴格，並非像北部多為科技公司，而科技廠對於公司的工安控管相較於中南部較

為嚴格，因此發生工安意外的比例相較中南部之工廠低。未來也將持續再針對各污染事件進行蒐集及研析，更加深入的了解每次事件過後的影響族群及影響範圍等情況。

表 3-35、108 年空氣污染事件彙整年表

項次	污染事件基本資訊					污染事件影響程度								事件資料(放事件資料的檔案中)				
	事件名稱	名稱	行業別	事件發生地址	排放之空氣污染物	污染事件起始時間	污染事件結束時間	污染事件發生原因	$PM_{2.5}$超過54.5 $\mu g/m^3$之最大污染範圍	$PM_{2.5}$最高污染濃度	傷亡人數	影響敏感受體	媒體效應	污染物濃度變化趨勢	感測器濃度動態變化圖	污染事件影響範圍圖	影響範圍時間點(以小時區間去看)	新聞媒體報導相關連結
1	屏南工業區大理石廠房火警	翔明國際公司廠房	非金屬礦物製品製造業、金屬製品製造業	屏東縣枋寮鄉屏南工業區翔明國際公司廠房	$PM_{2.5}$	108/5/28 10:00	108/5/28 10:10	火警原因有待調查	0.23公里	屏南工業區 108/05/28 09:20 $PM_{2.5}$濃度達85 $\mu g/m^3$	6人輕重傷，其中3人嚴重燒燙傷	--	TVBS	X	V	X	V	V
2	台中龍井碾米廠火警 2工人燒傷送醫插管	碾米廠	碾米廠	台中龍井中央路2段	$PM_{2.5}$	108/7/1 17:00	108/7/1 19:30	火警原因有待調查	0.6公里	臨海工業區 108/07/01 17:15 $PM_{2.5}$濃度達414 $\mu g/m^3$	台灣籍施姓男子（42歲）燒傷送醫插管，有生命危險，另一名印尼籍男子也燒傷送醫插管	--	自由時報	X	V	X	V	V
3	高雄海光鋼纖火警 疑燃燒機台	海光企業公司	鋼纖	高雄市小港區沿海二路12號	$PM_{2.5}$	108/6/8 18:52	108/6/8 19:39	疑廠內控制室管路起火	1.2公里	臨海工業區 108/06/08 19:10 $PM_{2.5}$濃度達147 $\mu g/m^3$	現場未有人受傷受困	--	聯合新聞網	X	V	X	V	V
4	台中后里廢輪胎廠大火事件	廢棄輪胎廠	廢棄物處理業	台中市后里區大大路12號	$PM_{2.5}$	108/05/07 13:20	108/05/09 7:50	因施工不慎導致廢輪胎起火燃燒，造成空氣污染事件	26公里	后里豐原 108/05/07 13:35 $PM_{2.5}$濃度達 100 $\mu g/m^3$	現場未有人受傷受困	共影響17所學校	TVBS	X	V	X	V	V
5	台南佳里工業區露天燒機板	金屬加工工廠	金屬加工業	臺南市佳里菜寮工業區	$PM_{2.5}$	108/5/15 22:16	108/5/15 22:35	夜間在停車場將廢機板投進大鐵桶露天燃燒。	2公里	佳里工業區 108/05/13 22:16 $PM_{2.5}$濃度達161 $\mu g/m^3$	現場未有人受傷受困	--	Ettoday新聞雲	X	V	X	V	V
6	台南新營工業區火警事件	木材及塑膠工廠	木材、塑膠業	台南市新營區新業街	$PM_{2.5}$	108/05/11 01:58	108/05/11 06:03	起火地點為工業區鋼骨鐵皮建築廠房，面積約1500坪，而工廠經過一夜祝融肆虐，燃燒面積約2800平方公尺，約燒毀3分之2，初步估計損失約300萬元。	台南市新市、永康及原台南市區，一大早空氣中就飄散著濃濃塑膠味	新營工業區無感測器 佳里工業區 09:05 $PM_{2.5}$濃度達 115 $\mu g/m^3$	現場未有人受傷受困	--	自由時報	X	X	X	X	V
7	疑電盤線起火 高雄晶圓廠大火疏散182人	晶圓廠	晶圓	永安工業區	$PM_{2.5}$	108/7/2 9:27	108/7/2 10:50	疑電盤線起火	周遭1KM感測器無高值	永安工業區 108/07/03 09:55 $PM_{2.5}$濃度達20 $\mu g/m^3$	現場未有人受傷受困	--	yahoo news	X	V	X	V	V
8	中油燃燒塔跳機竄火 大林蒲飄惡臭	中油	中油	台灣高雄市小港區 沿海四路50號	$PM_{2.5}$	108/6/29 21:25	108/6/29 21:28	--	周遭1KM感測器無高值	臨海工業區 108/06/29 21:00 $PM_{2.5}$濃度達10 $\mu g/m^3$	--	--	yahoo news	X	V	X	V	V

3.5、研提感測物聯網智慧化巡檢及感測器校驗機制之建議方案

環保署為確保布建至現場感測器之數據品質，設計一套品質管控機制，包含出廠品管：感測器廠商應建立感測器的品質控管機制，針對出廠的產品必須依據品質要求進行查驗，以確保設備符合品質標準；型式驗證：環保署委託工研院量測中心建立測試驗證平台，針對預計布建至場域之感測器，必須通過工研院量測中心之產品性能測試驗證方能參與布建；一致性比對：針對要布建至現場的所有感測器，需全數架設於環保署標準監測站進行平行比對，必須符合一致性比對標準後，才能進行現場布建；自主巡檢作業：布建感測器之廠商必須實施定期巡檢，運用與標準監測站之平行比對機制，建立具精準度、可校正的檢測儀器進行定期巡檢及校正比對作業，確保感測器在運作期間的數據品質；第三方查核作業：由環保署或環保局派員或委託專業機構，攜帶經環保署標準監測站之平行比對校正過分析檢測器，採不定期隨機抽樣巡檢，查核感測器之數據品質。

一、工作內容：

由於感測器布建數量龐大，現階段巡檢及校正皆須仰賴人工至現場比對校正，確實不符合成本效益，亦非長期維護之理想方法，故本工作項需要研提感測器智慧化巡檢及感測器校驗機制，參考國內外相關感測器校正方法之研究，利用數據挖掘、統計分析等方法，輔以鄰近感測器、標準監測站、巡檢儀器、平行比對感測器…等資料，進行感測器數據品質檢核，盤點出各個感測器數據偏移狀況，並建立感測器調校模型，利用遠端作業修正偏移數據。再者，針對無法修正回復符合規範要求之異常感測器，則派人員進行現場維護與更換作業。整體而言，透過智慧化巡檢及感測器校驗機制可提升感測器資料精確度，並降低各級環保單位於感測器巡檢時所需之人力與時間成本，達成智慧化管理之維運目的。

二、執行方法及成果：

本工作項目主要可分為「智慧化巡檢」與「感測器校驗」兩大部分，其規劃執行方案分別說明如下：

1. 智慧化巡檢

(1) 運用空品不良之環境特性，識別在全面空品不良之環境區域時段，識別區域內感測數據異常偏低之感測器，如圖 3-29，並定義事件重複頻率，將區

域內異常偏低發生次數超過限制之感測器標定為待校正案件，再透過後續數據校正機制，據以判斷是否需要實施現場維修或更換。

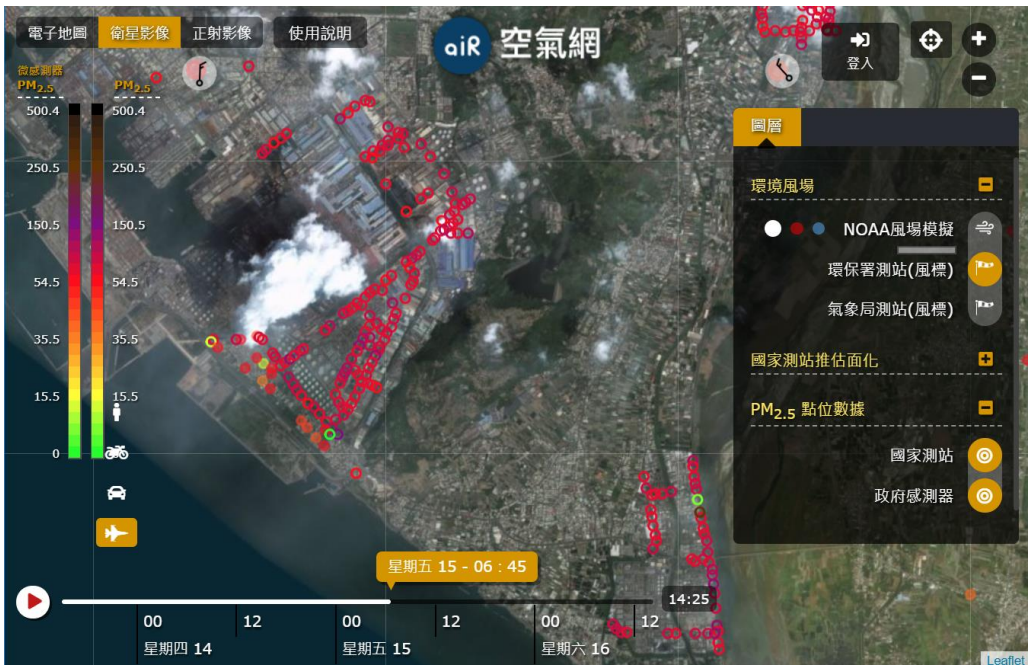


圖 3-29、空品穩定區域內感測數據異常之感測器示範案例

(2) 運用穩定環境特性，再劃分區域環境類似或以半徑 1 公里為區界，藉由區域內各點感測器數據一致性之特性，運用統計分析手法，盤點感測器間相關性之行為，藉以分析各點感測器之偏移狀況，並以程式輸出清單，以作為後續進行校正分析之參考。

A. 相關性分析：單一測點與群體平均相關係數低於 0.5 以下，或變異係數超過 0.3 以上，視為感測器偏移。

B. 相對誤差分析：單一測點與群體平均數值之相對誤差大於 30%以上，或單一測點與群體眾數值之相對誤差大於 30%以上視為感測器偏移。

2. 智慧化校驗機制

(1) 校驗群集劃分與標準站匹配模式

考量感測器實際布建於各地區的自然環境條件差異，如：溫度、濕度、地形、風場、混合層高度…等因素，感測器數據表現亦有不同，故校正模型也應因地而異。本智慧校驗機制以各地環保署標準站為基準，並觀察各標準站及各個感測器之間的空品數據相關性，作為校正群集劃分及群集數

量的判定依據。以下方感測器與各標準站相關係數密度圖可見，在臺中地區五個國家測站中，與感測器相關性最高的測站為沙鹿，其相關係數大於 0.8 的累積機率最高，再者為忠明測站。

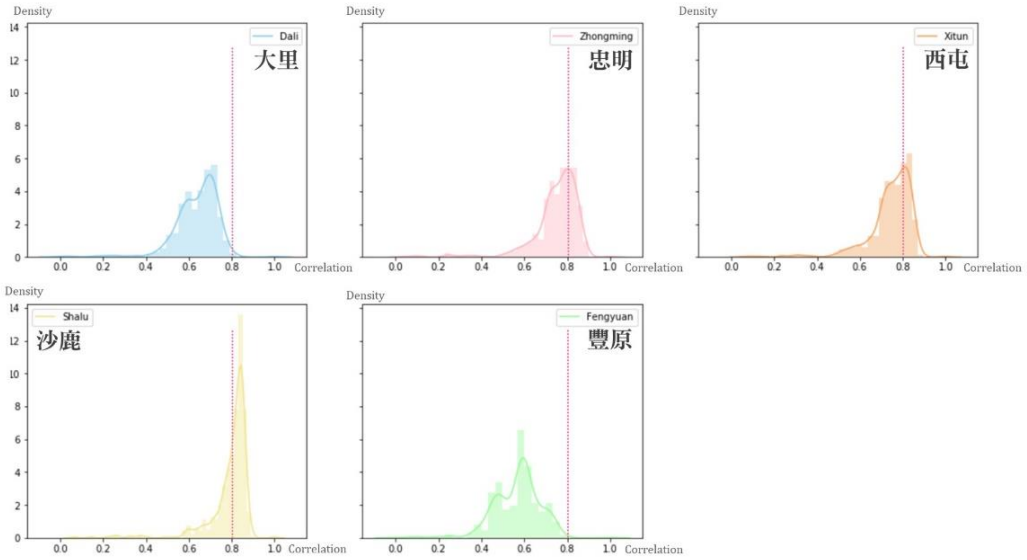


圖 3-30、感測器與各標準站相關係數密度圖

以臺中市 107 年度的細懸浮微粒逐時濃度數據為例，與感測器數據相關性最高的國家標準站為沙鹿站為忠明站，沙鹿站共計與 393 個感測器相性達最高，如上圖 3-30，占整體比例 78.6%，忠明站共計與 97 個感測器相性達最高，占整體比例 19.4%，其空間分布如下圖 3-31 所示，故臺中地區大致可劃分為西側沙鹿，東側忠明兩大群集來進行後續的校驗模型建立。

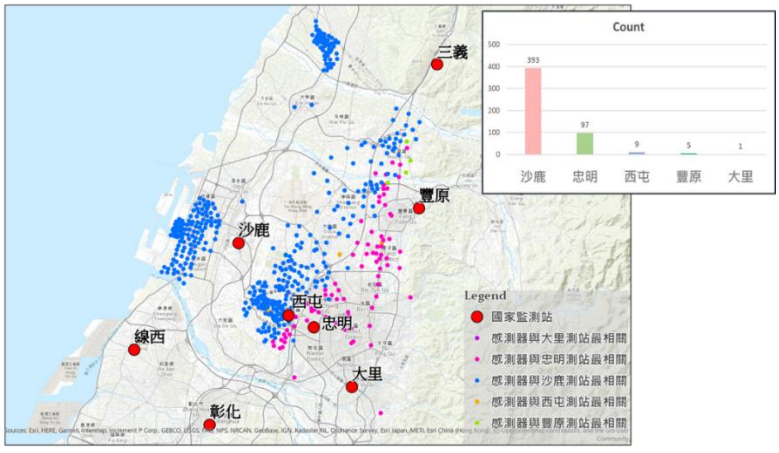


圖 3-31、感測器最高相關性之國家標準站空間分布圖

(2)簡單線性及多元線性迴歸校驗機制模式

簡單線性迴歸分析適用於探討單一自變數及依變數之間的關係，多元線性迴歸適用於探討多個自變數及依變數之間的關係，並建立出迴歸模型，藉此來預測變數。在此我們將利用 107/01/01 00:00 - 107/12/31 23:00 的「國家標準測站的溫度」、「國家標準測站的濕度」及「感測器 $PM_{2.5}$ 濃度值」三項環境因子作為自變項，「國家標準站之 $PM_{2.5}$ 濃度值」作為依變項，分別建立簡單線性迴歸及多元線性迴歸校正模型；再利用 108/01/01 00:00 - 108/07/31 23:00 的驗證資料集進行模型效能的評比，從中獲取最佳模型，並得知各項環境因子對於預測變數的影響程度。相關模型說明如下：

A. 校驗模型基本設計

模型編號	自變項	依變項
(A)、(E)	溫度、濕度、感測器 $PM_{2.5}$ 濃度值	國家標準站之 $PM_{2.5}$ 濃度值
(B)、(F)	溫度、感測器 $PM_{2.5}$ 濃度值	國家標準站之 $PM_{2.5}$ 濃度值
(C)、(G)	濕度、感測器 $PM_{2.5}$ 濃度值	國家標準站之 $PM_{2.5}$ 濃度值
(D)、(H)	感測器 $PM_{2.5}$ 濃度值	國家標準站之 $PM_{2.5}$ 濃度值

B. 校驗迴歸式：

a. 忠明群集：

(A) PM25_Cali=12.46+0.94*PM25_S+0.09*TEM-0.19*HUM

(B) PM25_Cali_t=-3.70+0.94*PM25_S+0.21*TEM

(C) PM25_Cali_h=15.59+0.94*PM25_S-0.20*HUM

(D) PM25_Cali_p=2.02+0.93*PM25_S

b. 沙鹿群集：

(E) PM25_Cali=6.29+0.79*PM25_S+0.08*TEM-0.06*HUM

(F) PM25_Cali_t=1.36+0.79*PM25_S+0.10*TEM

(G) PM25_Cali_h=9.14+0.78*PM25_S-0.07*HUM

(H) PM25_Cali_p=4.03+0.78*PM25_S

式中各變數符號之具體意涵如下：

TEM–溫度；HUM–濕度；

PM25_S–感測器 $PM_{2.5}$ 濃度值；

PM25_G–國家標準站 $PM_{2.5}$ 濃度值；

PM25_Cali–校正後 $PM_{2.5}$ 濃度估計值。

C. 校驗模型效能評比

比較各模型「校正後 $PM_{2.5}$ 濃度估計值」與「國家標準站 $PM_{2.5}$ 濃度值」的 R-squared 可知，四種校驗模型均可消弭部份環境變因的干擾，進而提升感測器數據與國家標準站之間的相關性，其中又以自變項組合為：溫度、濕度、感測器 $PM_{2.5}$ 濃度值的多元迴歸校驗模式結果最佳，如圖 3-32 及圖 3-33，原先在忠明群集內，所有感測器數據與國家標準站之間的決定係數為 0.616，而經過模式(A)校驗後可提升至 0.64。

模型編號				(A)	(B)	(C)	(D)
		PM25_S	PM25_G	PM25_Cali	PM25_Cali_t	PM25_Cali_h	PM25_Cali_p
	PM25_S	1.000000	0.616187	0.976171	0.991150	0.979948	1.000000
	PM25_G	0.616187	1.000000	0.640094	0.630239	0.635883	0.616187
(A)	PM25_Cali	0.976171	0.640094	1.000000	0.984740	0.998638	0.976171
(B)	PM25_Cali_t	0.991150	0.630239	0.984740	1.000000	0.981740	0.991150
(C)	PM25_Cali_h	0.979948	0.635883	0.998638	0.981740	1.000000	0.979948
(D)	PM25_Cali_p	1.000000	0.616187	0.976171	0.991150	0.979948	1.000000

圖 3-32、忠明群集校驗模型 R-squared

模型編號				(E)	(F)	(G)	(H)
		PM25_S	PM25_G	PM25_Cali	PM25_Cali_t	PM25_Cali_h	PM25_Cali_p
	PM25_S	1.000000	0.612229	0.994106	0.997134	0.996497	1.000000
	PM25_G	0.612229	1.000000	0.606070	0.600685	0.615999	0.612229
(E)	PM25_Cali	0.994106	0.606070	1.000000	0.997850	0.998533	0.994106
(F)	PM25_Cali_t	0.997134	0.600685	0.997850	1.000000	0.996244	0.997134
(G)	PM25_Cali_h	0.996497	0.615999	0.998533	0.996244	1.000000	0.996497
(H)	PM25_Cali_p	1.000000	0.612229	0.994106	0.997134	0.996497	1.000000

圖 3-33、沙鹿群集校驗模型 R-squared

(3) 神經網路 Artificial Neural Network (ANN)校驗模式

A. 校驗模型基本設計

神經網路是一種基於統計學的數學建模工具，常用來對輸入和輸出間複雜的關係進行建模，或用來探索數據的模式，神經網路是一種運算

模型，由大量的節點或稱「神經元」和之間的聯繫所構成，如同人類神經系統中的神經元一樣，負責傳遞與轉化訊息，本模式用於建構校驗模型的訓練資料集，取 107/01/01 00:00 至 107/12/31 23:00 間內從中隨機抽樣 80%的資料，共計 545,900 筆，其餘 20%作為驗證資料集，來輔助模型構建使用，共計 136,475 筆，模型訓練完成再以 108/01/01 00:00 至 108/07/31 23:00 當作測試資料集，用以檢測模型構建評估模型的準確率，神經網路架構如圖 3-34 所示，輸入層單元為三項，分別為氣溫、相對濕度、國家站 $PM_{2.5}$ 濃度，隱藏層神經元設計為三個，激勵函數使用 ReLu(Rectified Linear Unit)，中文稱為整流線性單元函數，或稱修正線性單元，ReLu 收斂性效果佳，可降低學習過程中梯度消失的問題，是目前人工神經網絡中常用的函示之一。透過激勵函數可將輸入層的大量資料，進行非線性的數學轉換，再將結果輸出至下一個神經網絡層，而神經網路的訓練原理，則是透過對比每回合預測答案與真實答案間的誤差，再將誤差反向傳遞回神經網路層，並針對每個神經元參數進行誤差修正，而在下一回合的預測輸出時，通過修正後神經網路結構層，其預測準確率可再提升一點，以此重複操作訓練，最終可獲得預測準確度佳的模型，藉此模型進行感測器細懸浮微粒校正濃度值的推估。

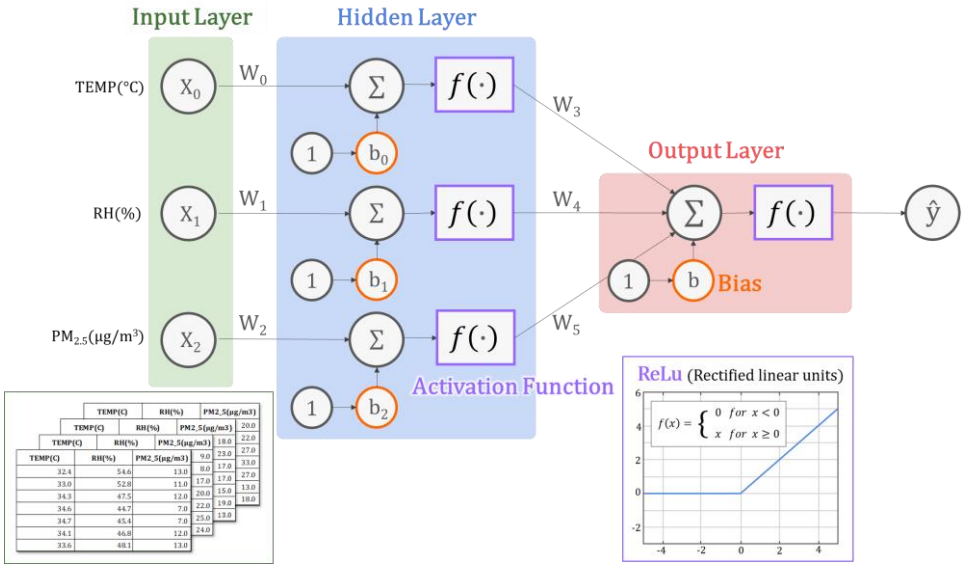


圖 3-34、神經網路全連接示意圖

B. 校驗模型效能檢測

a. 各校驗模型性能評比

在多次的訓練模型設定、超參數調整及試驗之後，將所得的模型套用至測試資料進行效能評比，如圖 3-35 各項統計指標所示，其中 R-squared、MSE、Bias 的中位數、Bias 絕對值的中位數均以訓練模式所得的「校正估計值」與「國家標準站 $PM_{2.5}$ 濃度值」計算而得的。loss 為訓練資料集的 MSE，val_loss 為驗證資料集的 MSE，Train 為訓練資料筆數，Validation 為驗證資料筆數。評比結果顯示，在目前試驗的各組模型間，其中以編號(M)模型的綜合表現為最佳，其 R-squared 達 0.65 與(K)模型並列第一，MSE 為最低，兩項 Bias 的表現也相對偏小。若再與上一節的多元迴歸校正模型，性能表現最佳的(A)模型相比，透過卷積神經網路所得的校正模型亦有更佳的表現。

Model	R-squared	MSE	Bias Q2	| Bias | Q2	loss	val_loss	Train	Validation
(I)	0.64	66.23	-4.46	26.40	59.93	52.30	545,900	136,475
(J)	0.64	67.66	-6.60	26.74	59.87	52.02	545,900	136,475
(K)	0.65	66.71	-7.10	27.12	57.29	51.87	545,900	136,475
(L)	0.64	66.04	-4.44	26.38	-	-	614,137	68,238
(M)	0.65	64.79	-3.71	26.53	61.29	55.60	614,137	68,238
(A)	0.64	67.05	-5.83	26.77	-	-	-	-

圖 3-35、忠明群集校驗模型效能評比

b. 校驗前後數值比較

上一節的綜合指標評比後，可取得一個最佳的神經網路校驗模型，在此接著觀察測試資料於校正前後的數值表現差異，由圖 3-36 可見校正前的感測濃度與國家測站的 R-squared 為 0.62，校正後可提升為 0.65。圖 3-37、圖 3-38 及圖 3-39 為三個月份感測器校正前後與國家測站的 $PM_{2.5}$ 污染濃度趨勢圖，此台感測器(ID = 6225905675)與國家測站忠明相鄰，圖中藍線代表國家測站數據；橘線代表感測器校正前數據；綠線代表感測器校正後數據，可見校正後數據仍保有原先的趨勢表現。

	PM25_S	PM25_G	Predict
PM25_S	1.00	0.62	0.97
PM25_G	0.62	1.00	0.65
Predict	0.97	0.65	1.00

圖 3-36、感測器校正前後與國家測站的 $PM_{2.5}$ 濃度 R-squared

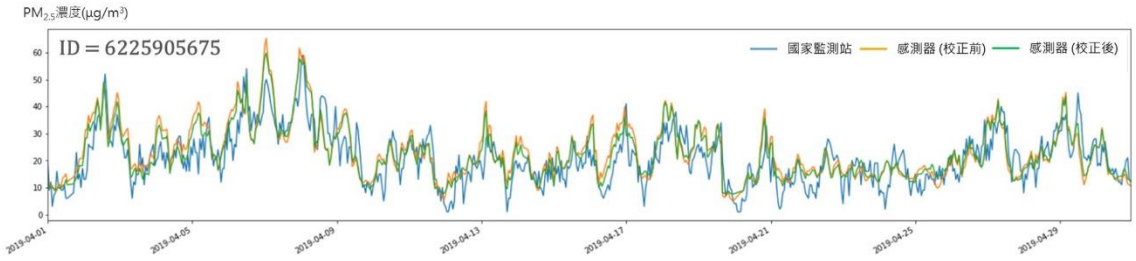


圖 3-37、感測器校正前後與國家測站的 $PM_{2.5}$ 濃度趨勢圖（四月）

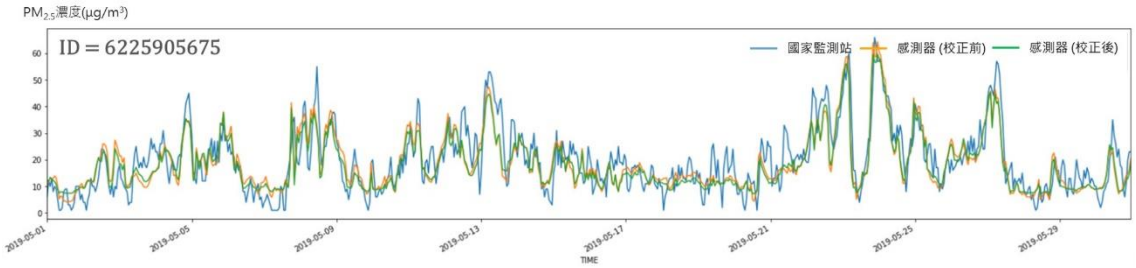


圖 3-38、感測器校正前後與國家測站的 $PM_{2.5}$ 濃度趨勢圖（五月）

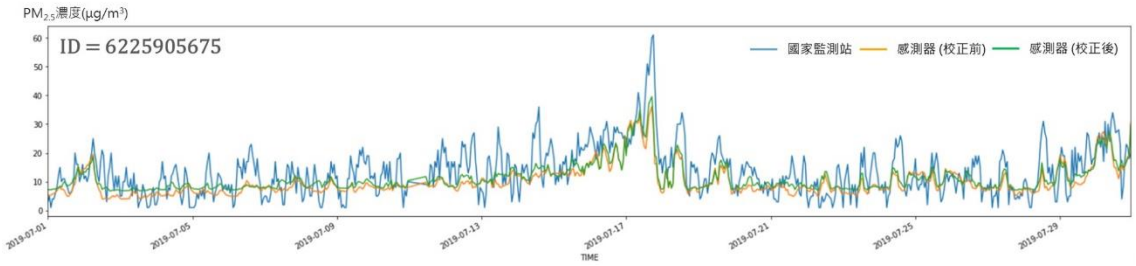


圖 3-39、感測器校正前後與國家測站的 $PM_{2.5}$ 濃度趨勢圖（七月）

從圖 3-40 說明了校正前後的偏差變化，校正前的感測濃度與國家測站的偏差百分比中位數為 28.72，校正後可降低至 26.53，整體而言校正後數值與國家測站的數值相關性提升且偏差百分比亦有降低。

	PM25_S_Bias_abs	PM25_Pre_Bias_abs
count	513618.00	513618.00
mean	59.83	59.61
std	129.06	133.27
min	0.00	0.00
25%	13.34	12.42
50%	28.72	26.53
75%	51.40	47.46
max	7717.00	6112.72

圖 3-40、感測器校正前後與國家測站的 $PM_{2.5}$ 濃度 Bias

三、結論與建議：

總結目前智慧校驗機制成果，利用空間分區所建構的校正模式，能對感測器進行數據偏移修正，縮小數據偏差，提升感測器使用效率。在獲得感測器校驗公式後，未來需針對不同「地理分區」或「環域範圍」進行校驗公式的評量，了解校驗公式於各地的適用性或校驗的有效範圍，另外，與國家測站相距較遠的感測器布建區，因缺乏國家站的標準數據進行比對，建議可配置標準站的替代儀器，例如長期與國家站平行比對且精確度與相關性達一定標準的感測器，來進行地域性的校驗模式效能驗證，據以建立感測器與標準監測站、巡檢儀器、平行比對感測器等相關參數對應關係進行遠端校正，協助監控感測器偏移狀況，透過模式分析、篩選必須實施現場巡檢之感測器，進行維護保養，建置智慧化巡檢校驗機制。

3.6、擬定標準作業程序及管理方式

一、工作內容

建立感測數據智慧判讀及應用機制之目的，是希望透過檢視各空氣品質感測器數據，運用大數據分析、數據統計分析或其他方式解析感測數值，據以判斷感測器異常、大環境變異或空氣污染徵兆。在判斷感測器設備異常或區域污染徵兆後，其相關作業程序應建立標準作業程序，據以追蹤後續處理方式及對應之管理機制，以確保智慧化環境治理之成效。

二、執行方法

為確保感測數據智慧判讀及應用機制之成果，在空氣品質感測物聯網之運作下，特針對感測器設備異常及區域污染徵兆之事件進行管理，建立標準作業程序，以每週為追蹤執行內容的管控時限，涉及之單位包含感測設備數據管理平台(IOT)、資料分析應用平台(WOT)、計畫管理單位(PMO)、環保署監資處、空保處、環境督察總隊、各地方環保局、各地方感測物聯網維運商，藉由層層管制、環環連結合作，達成全面維持空氣品質感測物聯網設備最佳化及數據品質最優化之目的，運用大數據分析及人工智慧技術，限縮區域污染熱區，協助環保稽查單位標定疑似不法排放事業，以最有效的人力物力，建構智慧化環境執法之目的。

三、執行成果

(一) 設備異常管理

由於感測器的布建與維運是依據地方縣市為區界，故感測設備異常之分析以地方政府為單位進行，以四階段進行管理，包含感測資訊分析、設備異常資料提供、異常設備原因釐清、設備改善成果彙整等。各階段管理程序說明如下，流程圖詳如圖 3-41。

1. 感測資訊分析

由感測設備數據管理平台(IOT)於每月第一週完成前一個月各縣市感測器數據分析，彙整前一月設備數據完整率、裝置異常率及清單、感測器衰減分析成果。

2. 設備異常資料提供

由計畫管理團隊(PMO)於每月第二週提送各縣市前一月感測設備異常狀態分析報告，再由環保署監資處函文各縣市環保局，環保局轉送感測設備維運商進行資訊確認與釐清。

3. 異常設備原因釐清

由感測設備維運商針對設備異常資訊進行確認，於每月第二至第三週持續完成維運改善異常感測器，同時釐清感測器異常原因及改善方案。轄區環保局追蹤維運商感測器異常原因及改善進度，同時擬定下個月感測器維運目標。計畫管理團隊(PMO)於每月第四週前完成追蹤環保局及維運商針對感測器異常之改善進度，同時協助維運商釐清與確認感測器異常原因。

4. 設備改善成果彙整

由計畫管理團隊(PMO)於每月底前完成彙整各縣市前一月感測器異常改善成果，並研擬精進方案，藉由紀錄各縣市前一月感測設備異常改善成果，據以評估各縣市維運管理成效。

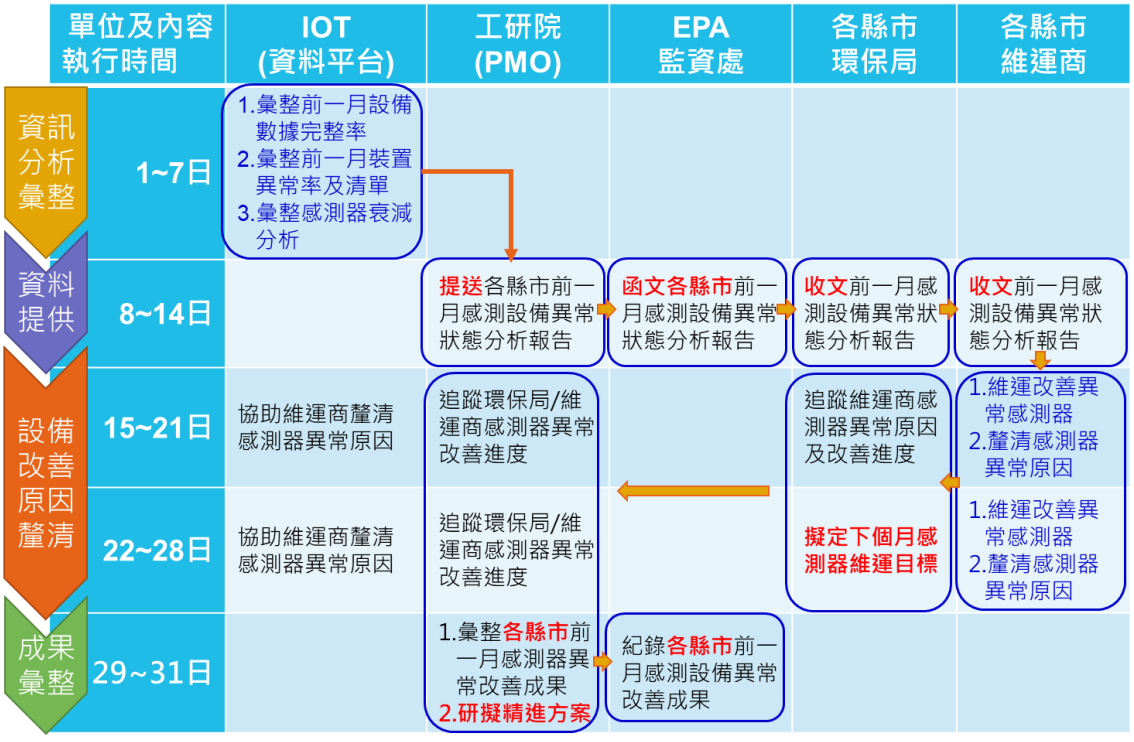


圖 3-41、設備異常管理流程圖

(二) 區域污染徵兆事件管理

以地方縣市環保局之轄區為範圍，針對轄區內之污染徵兆事件，經解析後以八階段進行管理，包含限縮污染可疑範圍、污染異常事件提供、整合異質資料勾稽可疑對象、鎖定可疑目標、深入分析污染事件特徵、確認不法事件行為模式、進行現場稽查、建立智慧執法成功案例等。依據各階段管理程序說明如下，執行流程詳如圖 3-68。

1. 限縮污染可疑範圍

由感測設備數據管理平台(IOT)於每月第一週彙整完成前一個月各縣市感測數據高污染事件區域排序，並標定高污染事件區域點位與污染發生時間。由資料分析應用平台(WOT) 於每月第一週彙整完成前一個月各縣市感測數據污染熱區分析成果，並運用區域熱力圖分析污染發生時間。

2. 污染異常事件提供

由計畫管理團隊(PMO)於每月第二週提送各縣市前一月污染熱區及污染時間分析報告，再由環保署監資處函文空保處、督察總隊及各縣市環保局，各環保單位依據事件特性進行資訊確認與事件分案。

3. 整合異質資料勾稽可疑對象

於每月第三週由環保署監資處函文空保處、督察總隊及各縣市環保局依據分案事件進行資料勾稽，依據污染熱區及污染時段勾稽熱區範圍內列管工廠、裁罰紀錄、正射影像圖、街景圖像及其他異質資料。並由感測設備數據管理平台(IOT)及資料分析應用平台(WOT) 協助提供高污染事件記錄資料及分析資料，以利勾稽可疑事業單位。

4.鎖定可疑目標

於每月底前由環保署空保處、督察總隊及各縣市環保局依據分案事件鎖定高可疑目標工廠，標定周邊關注感測點，由計畫管理團隊(PMO) 協助提供稽查單位調度機動感測器加強高可疑工廠周邊布點，並持續由感測設備數據管理平台(IOT)及資料分析應用平台(WOT) 協助提供協助提供高可疑工廠周邊感測點數據紀錄及分析成果，據以鎖定可疑目標工廠。

5. 深入分析污染事件特徵

持續由計畫管理團隊(PMO) 協助提供稽查單位調度機動感測器加強高可疑工廠周邊布點，由感測設備數據管理平台(IOT)及資料分析應用平台(WOT)協助提供高可疑工廠周邊感測點數據紀錄及分析成果，於下個月第一週持續鎖定可疑目標工廠，並解析不法排放之行為特徵。

6. 確認不法事件行為模式

於下個月第二週前由環保署空保處、督察總隊及各縣市環保局依據分案事件確認高可疑工廠污染行為及排放時間，並依據不法事件行為模式及事件規模，會合檢、警、調偕同辦案，進行現場稽查布局。由感測設備數據管理平台(IOT)及資料分析應用平台(WOT) 協助持續提供高鎖定高可疑目標工廠，持續由計畫管理團隊(PMO) 持續協助提供高可疑工廠污染行為及排放時間。

7. 進行現場稽查作業

於下個月第三週前由環保署空保處、督察總隊及各縣市環保局依據分案事件啟動現場稽查作業，偕同檢、警、調辦案，透過科學採樣舉證，執法裁處不法排放工廠。並由計畫管理團隊(PMO)持續追蹤與協助各環保執法單位稽查成果，達成智慧執法之目標。

8. 建立智慧執法成功案例

於下個月底前由計畫管理團隊(PMO)彙整各單位稽查成果與智慧執法成功案例，並研擬精進方案，由感測設備數據管理平台(IOT)及資料分析應用平台(WOT) 協助建立現場稽查成功案例之感測點數據紀錄資料，並回饋智慧判讀之機制，以利建立機器學習案例，最後由環保署監資處紀錄與回饋各環境執法單位稽查成果與成功案例，據與強化智慧執法之環境治理能量。

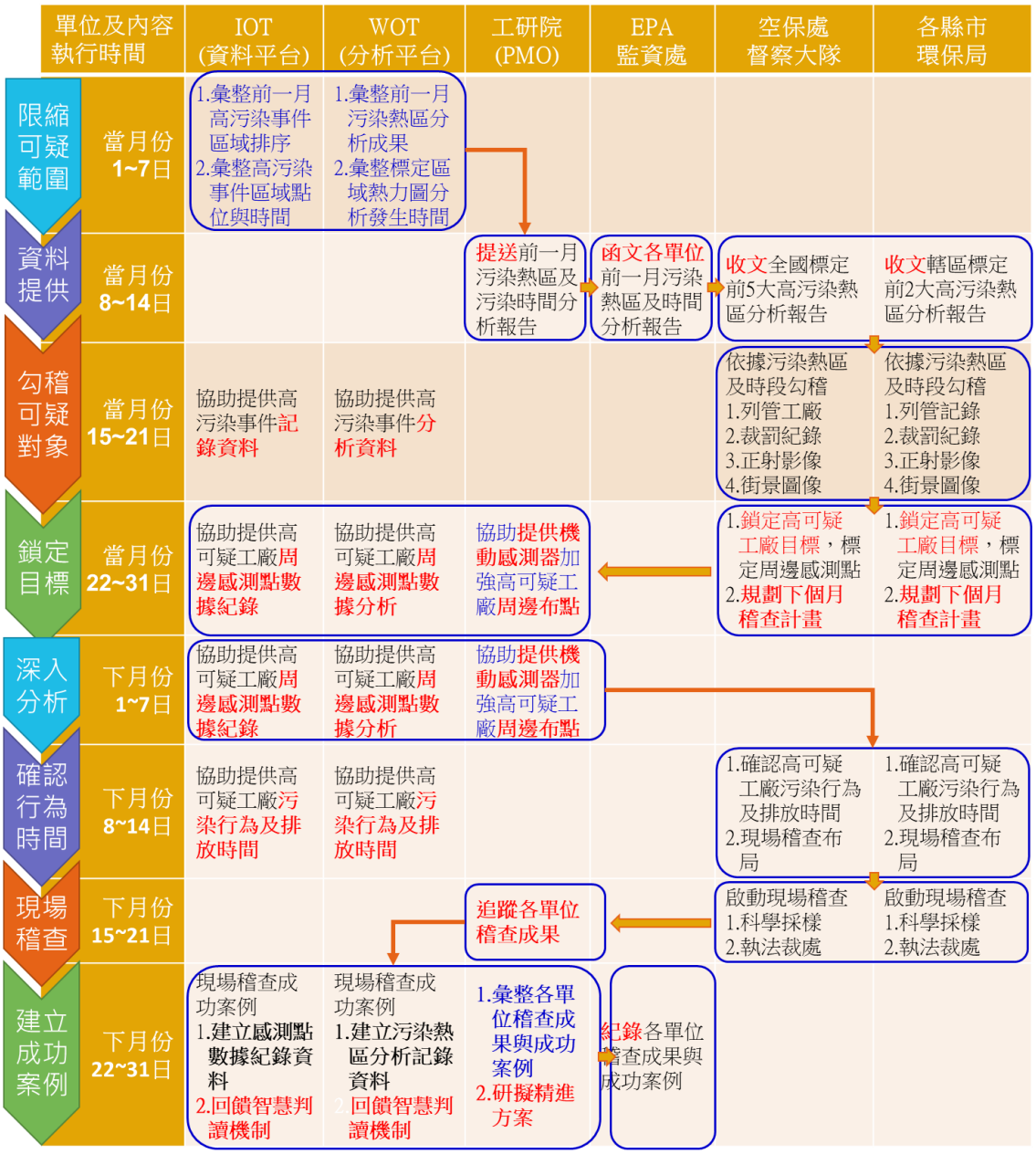


圖 3-42、區域污染徵兆事件管理流程圖

四、結論與建議

在獲得龐大的高時空解析空氣品質感測數據後，運用感測數據智慧判讀解析感測器異常、大環境變異或空氣污染徵兆下，具體應用機制包含回饋感測設備的維護管理，據以提升感測數據的服務品質，以及針對發現污染熱區、污染時間熱點及可疑排放污染名單，應即時提供機關或環保稽查單位參考。

現階段感測設備異常之肇因主要以感測進氣設備故障為主，其次為感測元件

老化，另外包含通訊與電力系統故障，少數為外力破壞，未來將持續依據感測數據的收集與分析回饋，解析出設備異常之徵兆，建立預防保養機制，優化設備維護管理機制。

針對區域污染徵兆事件之分析，因環境變異的複雜性，現階段污染徵兆分析僅能限縮污染熱區範圍，針對污染溯源僅能提供可疑範圍，必須再通過異質資料的解析比對，才能聚焦在少數幾個可疑目標工廠，在整體的分析過程，需要彙集環工、大氣模式、資通訊及大數據分析技術領域，透過累積環境執法的成功案例，協助機器學習系統的成長，逐步強化智慧化環境分析的能力。

但是環境執法的成敗需仰賴稽查人員深度查核能力之養成，感測數據分析僅能提供間接證據，尚需包含科技化工具應用、各行業生產製程及污染防治專業知識、執行力與學習力，花費長久時間，而環保犯罪案件之蒐證，通常需要長時間利用稽查或偵察手段始能完成，蒐證後仍須檢察官協助取得資金流資料，才能將不法業者繩之以法，蒐證過程中，經常需要尋求跨領域專家學者或機構協助，再加上檢察機關與警政單位之合作，無法在短時間內獲致成果。故建立各項標準作業程序以利建立回饋資料庫確有必要，並透過滾動式修正，持續優化環境治理系統，達成強化智慧化環智執法之目標。

第 4 章 、精進國產化空氣感測元件研發技術

近年來空氣污染對健康影響之議題受各界重視，民眾生活環境空氣品質的資訊更為急迫，感測器物聯網化可讓空氣品質監測事半功倍，而環境物聯網監測則需要大量化戶外環境偵測點布建，因此在實務上的偵測器必需具備低功耗、低成本、穩定性及可靠性等技術需求，而其中關鍵的感測元件要求靈敏度、反應速度、穩定性、小體積、低價格、低耗能與長壽命為理想的終極目標。為精進國產化環境用感測元件之研發技術，逐步增加監測檢測分析污染物項目，並降低偵測極限至常見環境濃度或各相關標準管制限值以下，今年度計畫持續針對 $PM_{2.5}$、NO_2 及 O_3 等國產化感測技術進行強化，持續研究準確穩定且受干擾少、耐用期長、維護簡易且成本低廉的感測元件，以增進感測元件效能，具備大量布建有利條件。茲將各項元件開發之工作說明如下及相關測試報告如附件一：

4.1、精進國產化 $PM_{2.5}$ 感測模組

目前國際市場上簡易型之 $PM_{2.5}$ 感測以光學原理為主，光學感測元件主要原理為當光源照射到通過檢測位置的微粒時會產生微弱的散射光，在特定方向上的散射光波形與微粒之粒徑有關，通過不同粒徑的波形分類統計及數值換算公式可以得到不同粒徑的微粒數量濃度，再轉換成質量濃度。光學技術有許多優點，如技術成熟且門檻較低、產品眾多，價格亦具競爭性，但光學元件亦有部份的缺點是主要是在偵測時會受到微粒的表面特性、成分等影響，同時亦有光源/接收器污染、遮蔽效應等問題，因此會有量測上的誤差。此外市售之簡易型光學 sensor 均不具微粒篩選機制且偵測之微粒粒徑下限為較大（中高階光學儀器偵測極限約為 0.3 μm），這些亦是造成目前市售簡易式感測器測值與實際值之差異擴大之因素。本計畫是以微粒帶電之理論來量測微粒之濃度，故沒有上述光學元件學之缺點，雖然會有小微粒部分充電之問題，但此問題可由提高離子濃度及微粒充電效率來加以改善。

4.1.1 $PM_{2.5}$ 感測元件工作進度說明

一、本年度工作內容及執行方法

本年度主要工作目標及內容為 $PM_{2.5}$ 感測電路板與元件單體小型化、元件單

體 3S 測試以及小型試量產，並進行實驗室或實地場域測試。執行方法說明如下：

(一)感測器電路板與元件單體小型化及小型試量產

107 年度設計製作之電路板因測試及參數調整需求，故保留較大之面積，以利隨時進行電子零件之增加、更換及訊號傳輸之切換等。本年度則將電路板之設計將以模組面積縮小 1/3~1/2 為目標。同時本年度之電路設計，除將新增無線傳輸及遠端參數設定操控功能外，亦同時須具備穩壓、降噪、訊號量測等基本功能。在模組小型化之同時，本年度亦將進行本項技術之專利申請，預計申請美國專利。

(二)$PM_{2.5}$ 感測核心元件單體 3S 測試、原型機比對測試及小型試量產

1. 3S 測試

模組縮小設計完成時，將先製作測試用模組。此模組將先針對感測核心單體進行 3S 測試，以及模組原型機之比對測試。其中 3S 之定義及說明參考美國環保署之空氣感測器參考手冊(Air sensor guidebook，USEPA)、感測器評估報告(Sensor Evaluation Report，USEPA)及美國聯邦法規第 40 條第 58 部分附錄 A 最終草案精確度和偏差數據使用及含義的指南 (Guideline on the Meaning and The Use of Precision and Bias Data Required by 40 CFR Part 58 Appendix A Final Draft， USEPA)、美國加州南岸空氣品質管理局之低價空品感測器實驗室評估草案(Laboratory Evaluation of Low-Cost Air Quality Sensors, AQ-SPE)。

2. 實驗室或實地場域比對測試

所開發之 $PM_{2.5}$ 感測元件除了上述 3S 測試外，也將進行模組化之原型機測試，實驗室內測試將以空白比對為主。戶外場地測試則為與大氣比對，測試時將同時使用參考儀器或與鄰近測站之數據進行比對。測試完畢將參考儀器所量測之質量濃度與原型機所量測到之訊號值進行統計分析，並計算其相關係數 R^2 值。

3. 小型試量產

在實驗及測試進行期間，將不斷的進行元件設計及參數微調，以使模組訊號更強，以利於演算。在比對測試進行一段時間後，則將同時進行模組原型機之小型試量產，預計共產生 6 組原型機。

二、執行成果

本項工作進度如

表 **4-1** 所示，各項工作進度說明如下。

表 4-1、$PM_{2.5}$研發進度表

完成　進行中　預定進度　報告

2019		月份									
工作項目	說明	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$PM_{2.5}$感測模組小型化	小型核心元件單體設計										
	電路板小型化設計										
	小型核心元件單體及電路板製作操控軟體設計										
	專利申請										
$PM_{2.5}$感測核心元件單體測試	3S test：選擇性測試、穩定度測試、靈敏度測試										
$PM_{2.5}$感測模組測試	實驗室或實地場域測試										
$PM_{2.5}$模組小型試量產	生產6個原型機模組										
可國產化PM技術收集	提出評估建議										
期中報告	期中報告										
期末報告	期末報告(11月底)										

(一) 感測電路板與元件單體小型化

在感測模組小型化方面，將分為感測核心元件單體及電路板分別進行。感測核心元件單體部分，本年度設計之元件單體外型類似 107 年之元件型式，以中間內部之類法拉第杯為主要量測區。元件高度為 14 cm （不含鐵弗龍），底面積為 9 cm^2。107 年之風扇為直吹式，體積為 32cm^3，且風扇下方須預留 1~2 cm 高的空間作為排氣之用。本年度為縮小體積將風扇改為側吹式，風扇下方不需預留空間，其體積只有 2.7cm^3，雖然單價提升但可使元件單體體積縮小 29.3 cm^3。

自 106 年至今年度止，三個版本之元件單體比較如圖 4-1 所示，而表 4-2 則為各年度所設計之元件之體積、重量、收集面積之比較。體積縮減方面，本年度元件單體之體積較 107 年減少 59%，較 106 年減少 73%。重量方面，本年度較 107 年減少 59%，較 106 年減少 83%。收集面積方面，本年度較 107 年減少 6.2 cm^2，較 106 年則增加 21.6 cm^2。在外觀方面，107 年及本年度之外觀相似，106 年度外觀則差異較大，主要是因為 106 年度微粒之收集機制是以衝擊為主電場

為輔的點收集。而 107 年及本年度則是以電場收集機制為主，衝擊機制為輔的面收集。

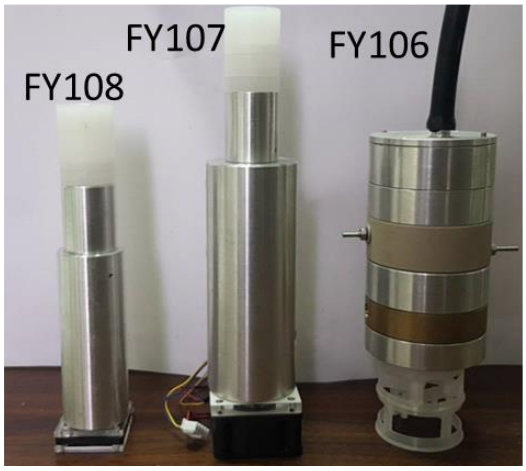


圖 4-1、各年所設計之元件單體外觀比較

表 4-2、各年度所設計之元件單體比較

item		108年	107年	106年
體積		77.8 cm^3	188.5 cm^3	285 cm^3
重量		110g	270 g	635 g
收集面積	電場作用面積	24 cm^2	30 cm^2	3 cm^2
	衝擊作用	0.6 cm^2	0.8 cm^2	3 cm^2
	總收集面積	24.6cm^2	30.8cm^2	3 cm^2

體積及重量值均不含風扇、鐵氟龍及黑管

相關之技術資料已於 107 年底申請我國專利，並且於今年 4 月 19 日提出美國專利申請，如圖 4-2 所示為工研院專利管理系統所顯示之資料。在期刊發表方面，已於年初發表於潔淨科技，如圖 4-3 所示，內容以 106 年及 107 年測試之成果為主。



圖 4-2、美國專利申請



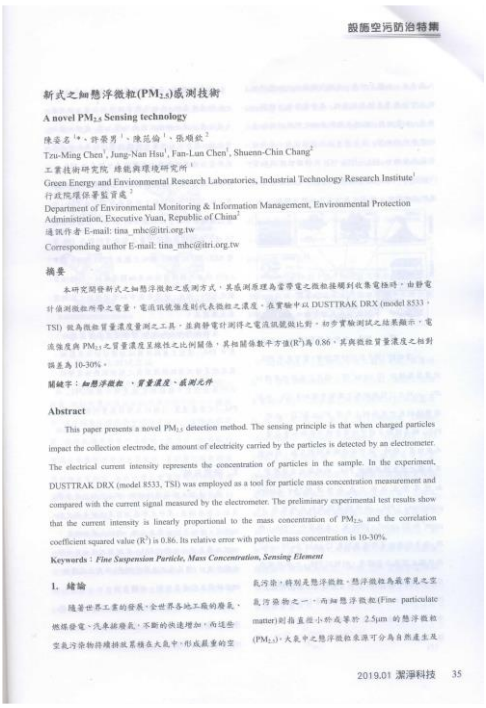
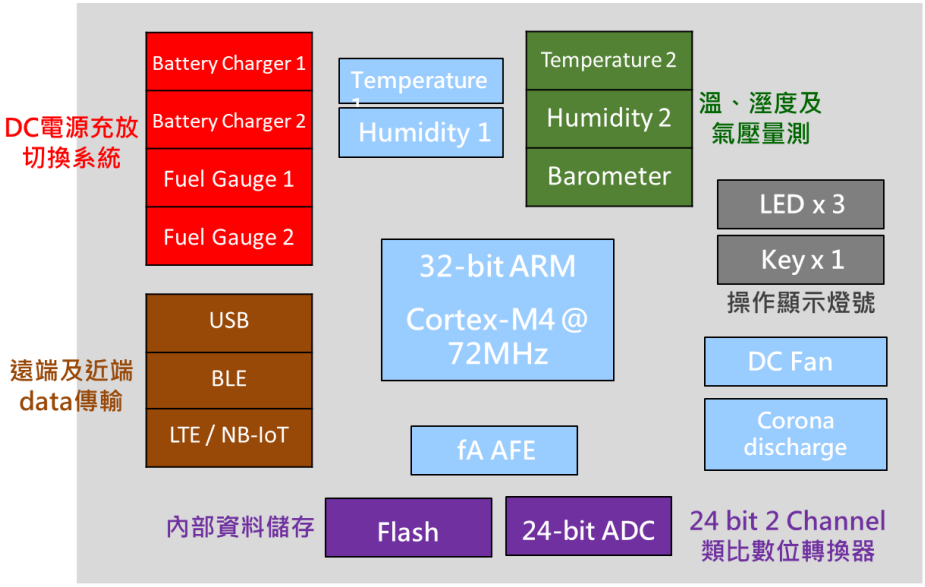


圖 4-3、期刊發表

電路板設計方面，除舊有之功能（穩壓、降噪、fA 訊號量測）外，原規劃本年度將新增無線傳輸及遠端參數設定操控功能，將採用 LTE/4G 模組，可與 NB 或 Smart Device（手機或平板）連接成 IoT 方式，以監看及收集數據。但幾經討論後，除原規劃之功能外，將額外新增數項功能，新電路板之 layout 如圖 4-4 所示，新增功能說明如下。

1. 鋰電池充放電切換系統，充電與供電可自動切換，做為市電斷電時之備用電源使用。感測器工作之電源亦將由鋰電池供應，可有效降低市電之雜訊，但較具挑戰的是利用市電充電時，如何隔絕市電之雜訊影響。
2. 增加 1 組溫濕度（共有 2 組）及氣壓監測，將分別監測模組內外之溫濕度及壓力變化。模組內溫濕度感測，可了解感測器工作時是否會受到電路板溫度影響，而模組外之溫濕度數據則可做為後續溫濕度調校之參考。
3. 增加外部 LED 燈號，可即時顯示空氣離子產生之狀況、電池供電狀態以及感測裝置工作狀態。

4. 增加模組內部資料儲存區(flash)及 24 bit 2 Channel 類比數位轉換器預留作為系統擴充之用，亦可做為近端使用 USB 及 Bluetooth LE 下載數據。



淺藍色區塊為原有之電路功能，其餘區塊(有文字說明)為新增之功能

圖 4-4、電路板小型化設計 layout

圖 4-5 則為電路設計圖及已完成之電路板外觀，新電路板與 107 年之電路板同為雙層設計，可有效利用空間。新電路板長約 15 cm、寬為 10 cm，預計連外殼之高度將為 5~6 cm 左右（體積約為 702 cm^3），與 107 年版之體積(30*20*6 =3600 cm^3)相比，減少約 75%。新舊電路板比較，如圖 4-6 所示，感測模組之操控軟體則正在設計中。

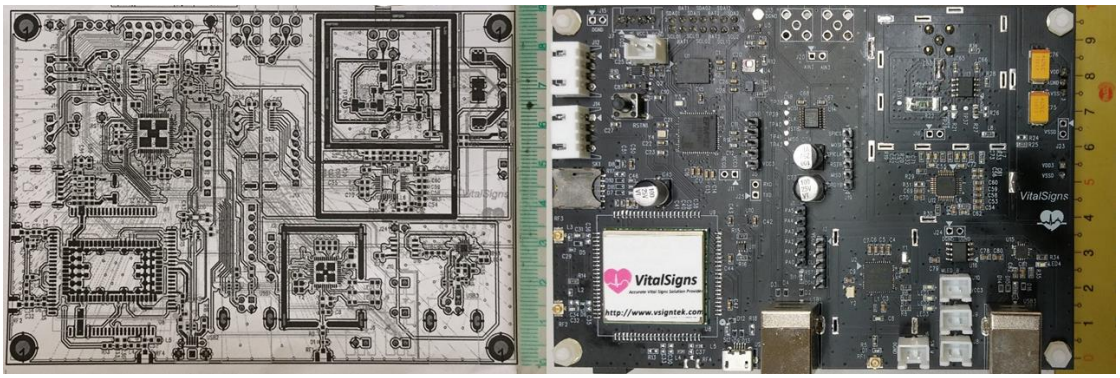


圖 4-5、電路板小型化設計

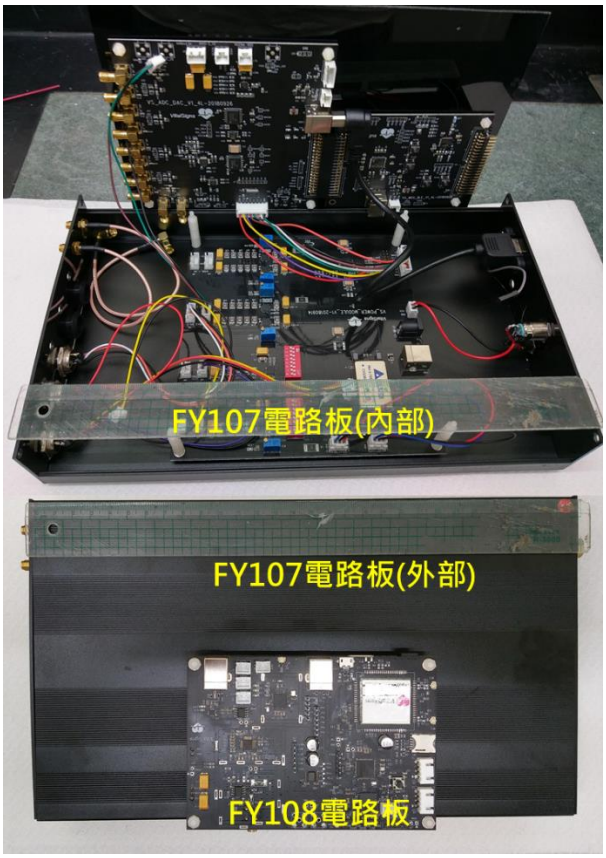


圖 4-6、本年度設計之電路板與 107 年之電路板外觀比較

(二) $PM_{2.5}$ 感測核心元件單體 3S 測試、原型機比對測試及小型試量產

1. $PM_{2.5}$ 感測核心元件單體 3S 測試

除感測核心元件單體 3S 測試之外並將進行小時試量產，各項測試及量產結果說明如下：

在感測核心元件單體 3S 測試方面，分別進行選擇性測試、穩定度測試以及靈敏度測試。模組化原型機則將進行實驗室內及實驗室外之測試，除測試之外並將進行小時試量產，各項測試及量產結果說明如下：

元件單體選擇性(selectivity)測試，針對粒狀物感測元件而言，選擇性是指待測元件進口之微粒擷取粒徑（cut-size，收集效率 50%之粒徑為擷取粒徑）。本計畫感測核心元件之篩選裝置具可調整性，可根據進入元件之風量或衝擊板位置來調整所需之擷取粒徑，本計畫之目標為擷取粒徑 2.5 μm，亦指篩選組件對於粒徑 2.5 μm 之微粒收集效率為 50%。

測試之流程如圖 4-7，實驗將在常溫下進行。測試微粒由振盪流孔板單徑氣膠產生器(Vibration Orifice Monodisperse Aerosol Generator, VOMAG, TSI 3450)產生單徑微粒，微粒先通過靜電中和器(Neutralizer, TSI 3054)使微粒帶電呈現波茲曼均衡電荷分布。再藉由三向閥控制氣流的方向，上游乾燥後的單徑微粒將直接進入微粒氣動直徑偵測儀(Aerodynamic Particle Sizer, APS, TSI 3321)，量測其數目濃度。下游之微粒將進入感測元件的微粒篩選組件進行微粒收集，再由 APS 量測未被微粒篩選組件截取的數目濃度。再藉由下列公式計算微粒收集效率：

$$\eta_{APS} = (1 - \frac{N_{down}}{N_{up}}) \times 100\ \% \quad (1)$$

其中，η_{APS} 為 APS 量測上下游氣流得到的數目濃度計算後計算出的微粒收集效率，N_{up} 為上游氣流於 APS 量測到的數目濃度 (#/cm^3)，N_{down} 為下游氣流於 APS 量測的數目濃度(#/cm^3)，收集效率 50%之粒徑則為擷取粒徑。

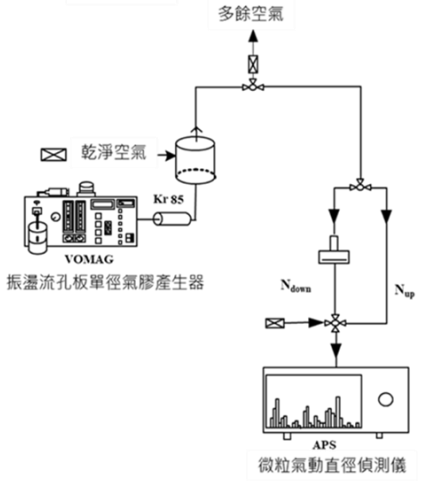


圖 4-7、選擇性測試流程圖

測試之結果如圖 4-8 所示，在進風量為 1 lpm、1.5 lpm 及 2 lpm 時，篩選組件之擷取粒徑分別為 2.83 μm、2.53 μm 以及 2.19 μm。其中在進氣量 1.5 lpm 時，與本計畫所設定之目標最為接近，後續所有測試將以 1.5 lpm 作為測試測試之進氣量。

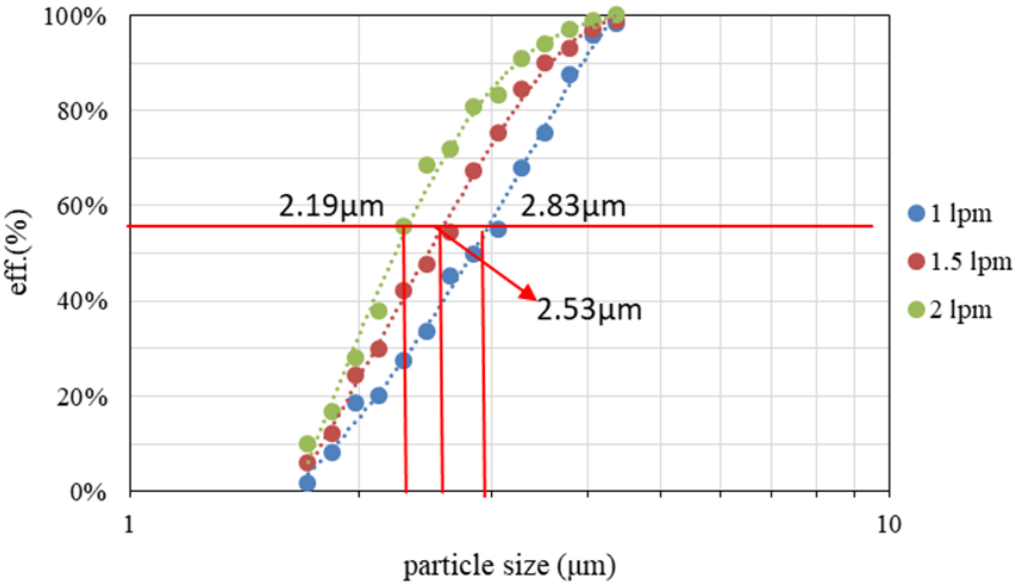


圖 4-8、選擇性測試結果(擷取粒徑測試)

元件單體穩定性測試方面，穩定性是指在相同或相似的實驗條件下，待測元件反應之一致性或再現性(repeatability)。相同或相似的條件可包括：相同的測量程序、相同的測量系統或相同的操作條件等。本計畫之 $PM_{2.5}$ 感測元件是以微粒帶電衝擊為量測原理，故微粒充電效率的穩定性為重要的量測因子，故針對電子衝擊式 $PM_{2.5}$ 元件，將以微粒在感測器中之充電效率作為穩定性判斷之測試。

測試之流程如圖 4-9 所示，以振盪流孔板單徑氣膠產生器產生單徑微粒，微粒經由靜電中和器後呈現波茲曼均衡電荷分布，再導入一小腔體裡與乾燥空氣混合以便於乾燥微粒。乾燥之微粒分別進入 APS 與微粒充（帶）電組件。APS 用來量測微粒充電組件進口端之微粒數目濃度，當微粒藉由充電組件充電後，後端置有一部靜電計(Aerosol Electrometer, AE, TSI 3068 or Keithley 6514)量測帶電微粒產生之電流值，最後藉由公式(2)計算充電器對於微粒之充電效率(Pn)。

$$Pn = \frac{I}{CeQ} \tag{2}$$

其中 P 為微粒在該系統中的穿透率；n 為微粒的平均帶電量；I 為量測之電流值(A)及 C 為微粒數目濃度(#/cm^3)。至少重複三次以上相同實驗，檢視重複多次測試數據之標準差或變異數(CV%)，以判斷元件本身是否穩定。

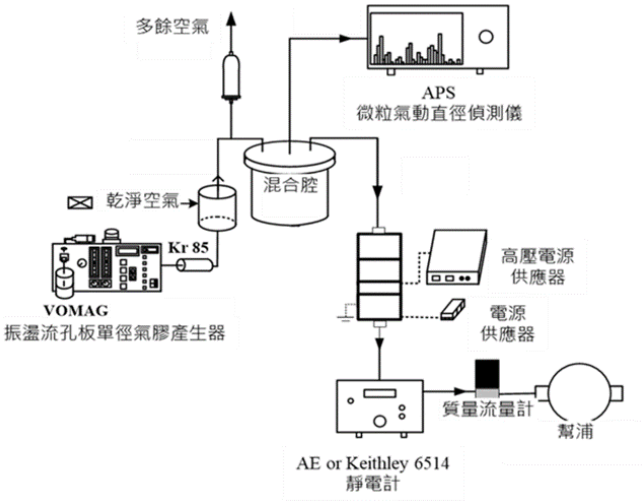


圖 4-9、穩定性測試流程圖

測試結果如圖 4-10 及圖 4-11 所示。圖 4-10 為重複測試 10 次之結果，充電效率之 Pn 值為 23.2~169.1，CV%＜5%，與大型儀器電子低壓衝擊器(ELPI)之差異為 32%~45%。

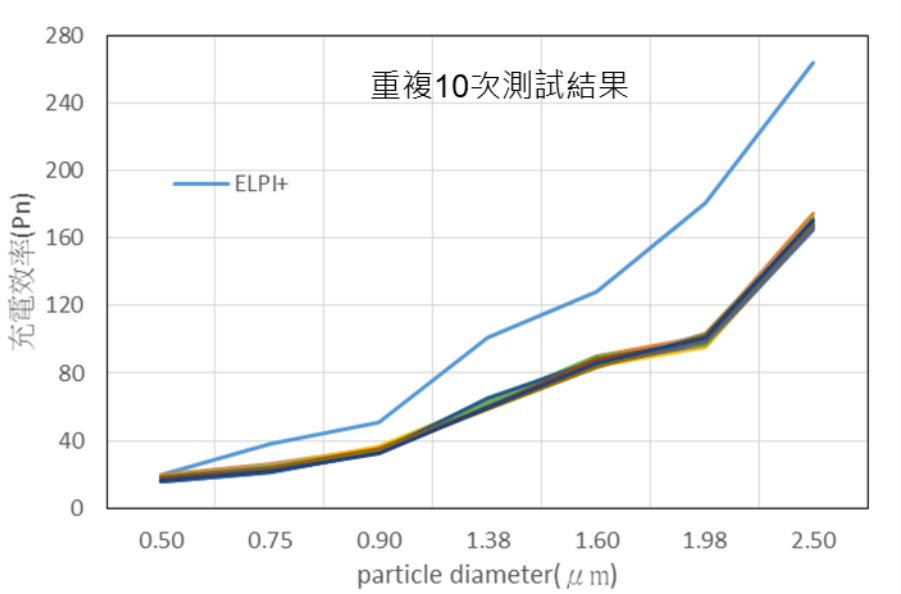


圖 4-10、選擇性測試結果(擷取粒徑測試)

圖 4-11 則為 106~108 年穩定性測試之結果比較。由圖可知 107 與 108 年差異不大主要是因為充電組件之結構並無改變，只是整個元件尺寸縮小。而 106 年與 107 年之差異主要為充電組件結構不同所造成。

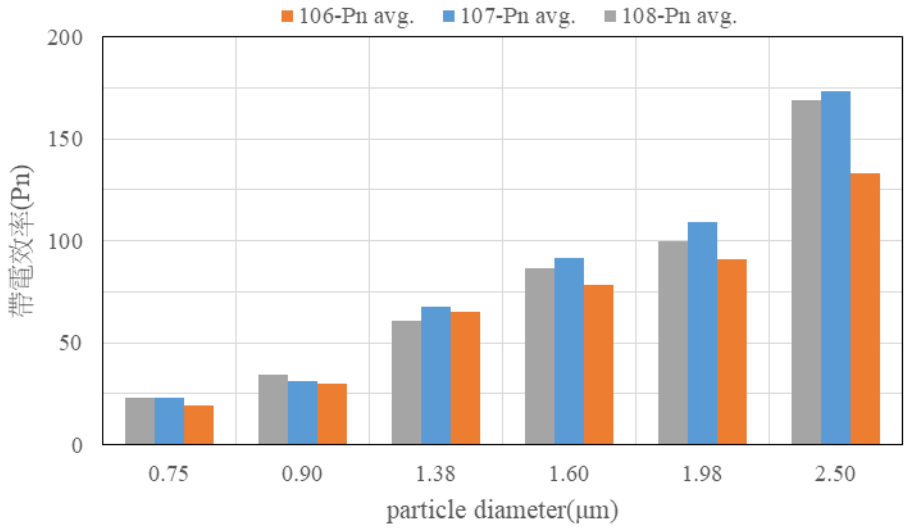


圖 4-11、106~108 年選擇性（充電效率）測試結果比較

元件單體靈敏度測試測方面，靈敏度將以偵測極限(Low detection limit, LDL)表示，指待測元件所能偵測到污染物之最低濃度。針對粒狀物感測元件而言，亦可視為待測元件的微粒偵測粒徑下限。

測試之流程如圖 4-12 所示，以微粒產生器(Palas AGK-2000)產生單徑微粒，再導入一小腔體裡與乾淨空氣混合以便調控微粒濃度。乾燥之微粒分別進入微粒之質量濃度量測器(Dusttrak drx, TSI 8533)與 $PM_{2.5}$ 感測元件。Dusttrak drx 用來量測 $PM_{2.5}$ 感測原型進口端之微粒質量濃度，感測元件後端置有一部靜電計(Aerosol Electrometer, AE, TSI 3068 or Keithley 6514)量測在收集組件上所收集到之微粒所帶電流/電壓值，測試之濃度級距將參考 AQ-SPEC 分為 5 個等級，如表 4-1 所示。測試完畢將 Dusttrak drx 所量測之質量濃度與靜電計所量測到之電流/電壓值線性回歸並計算其相關係數 R^2 值。靜電計之偵測之極限為 0.1fA，謹慎起見以其偵測極限之 10 倍(1 fA)為偵測下限，>1 fA 可視為有效值。並以下列公式計算其偵測極限：

$$LDL = B_L \text{ 或 } B_k - B_z \quad (3)$$

其中 B_L 或 B_k 為量測到的最低濃度的讀值；B_z 則為乾淨（零級）空氣的讀值。圖 4-13 為微粒偵測粒徑下限結果，本年度因為收集組件有稍作修改，因此使得微粒之偵測粒徑下限降低，約為 0.2 μm，較 107 年之 0.25 μm 更小。濃度下限測試部分，則根據 AQ-SPEC 分為 5 個濃度級距進行測試，分別為 10±5

μg/m^3、50±10 μg/m^3、100±20 μg/m^3、150±50 μg/m^3、300±60 μg/m^3，測試結果如圖 4-14 所示，根據測試之結果可知濃度之偵測下限為 10±5 μg/m^3。以 Dusttrak drx 所量測之質量濃度與靜電計所量測到元件之電流/電壓值進行線性迴歸其相關係數 R^2 值為 0.8557，兩者相關性佳。圖 4-15 則為以圖 4-14 之迴歸式換算成質量濃度之比對圖。

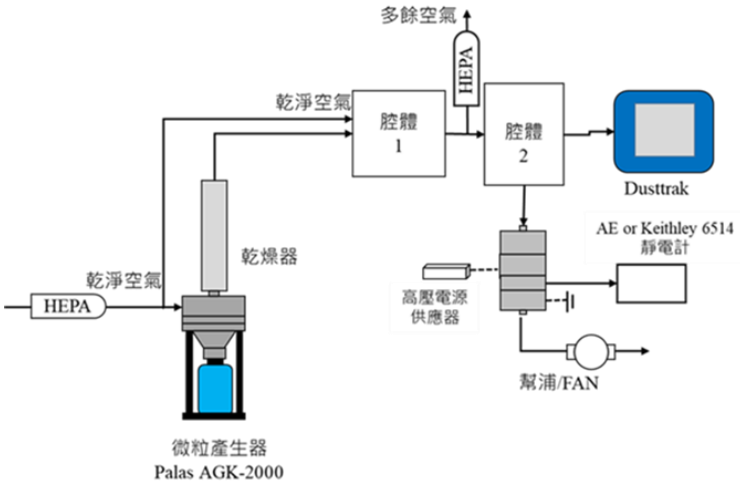


圖 4-12、靈敏度測試流程圖

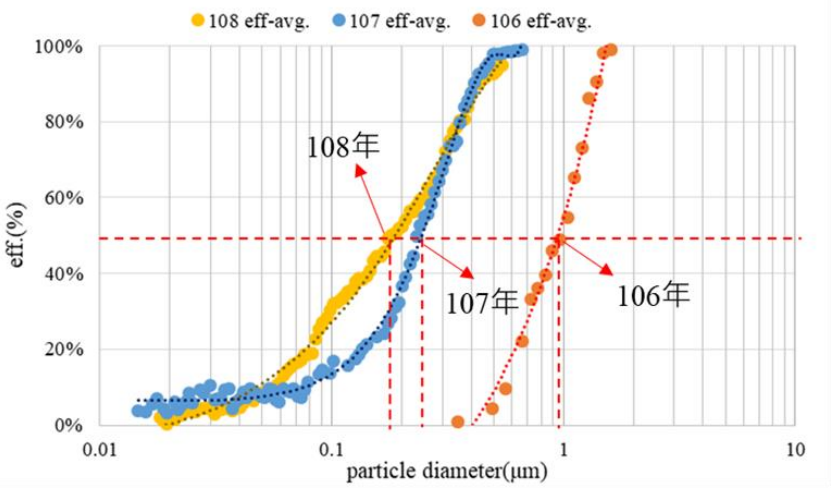


圖 4-13、靈敏度(偵測粒徑下限)測試結果

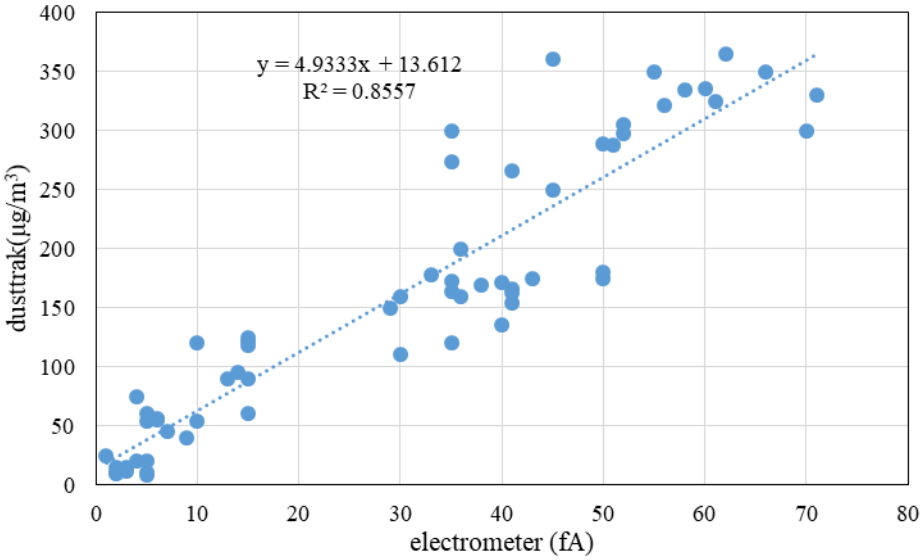


圖 4-14、靈敏度(濃度偵測下限)測試結果

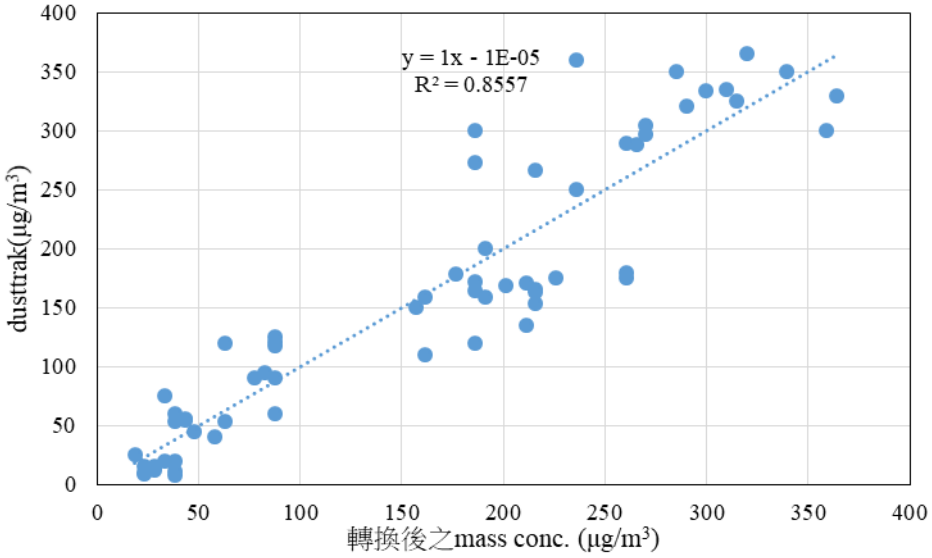


圖 4-15、元件訊號換算為質量濃度圖

2. 模組化原型機測試

模組化原型機測試分為實驗室內及戶外場地測試，分別說明如下：

實驗室測試以空白比對為主，測試期程自 8/1 起至 9/25 止，共 56 日，實施主要目的為測試原型機內感測核心元件以外之組件對於感測模組在運行時之影響。因為實際感測試時除電路板外其他主要可能產生干擾訊號之元件為風扇及離子產生元件(charger)，故必須了解其穩定性，以判斷是否會過度干擾電路板之 fA 電流感測。實驗架設如圖 4-16 之示意圖所示，將待測模組原型機

及參考用之量測儀器一起置於無塵室之平台上。測試時，將乾燥過之壓縮空氣通入 HEPA 過濾器以去除壓縮空氣中所有微粒後，再通入測試腔中。測試時將同時量測測試腔中之溫度及相對濕度，以確認溫度及相對濕度之變化。同時開啟參考儀器以確認測試腔中無微粒存在後，開始進行測試。空白測試分成 3 個條件進行，如表 4-3 所示：

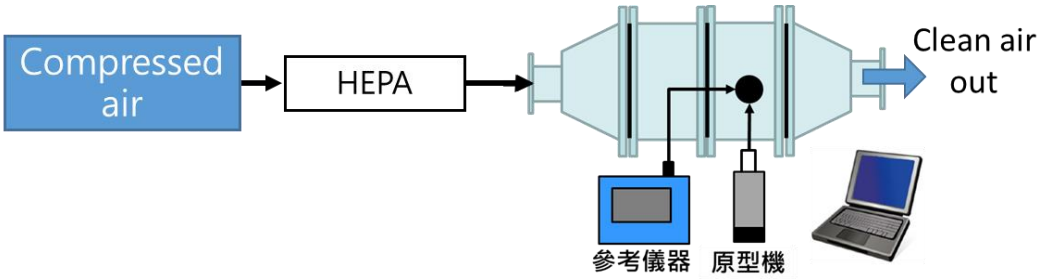


圖 4-16、模組原型機實驗室空白比對示意圖

表 4-3、原型機實驗室空白比對測試

目的	原型機操作條件	環境條件
(1)了解電路板之 baseline 穩定性(CV%)	Fan off、Charger off	溫度 30±3°C 相對濕度 30±10% 微粒濃度 0 μg/m^3
(2)了解風扇開啟後 baseline 穩定性(CV%)	Fan off、Charger off	
(3)了解風扇及 charger 同時開啟之 baseline 穩定性(CV%)	Fan off、Charger off	

條件(1)之測試結果如圖 4-17 所示，原型機電路板 baseline 的平均值為 0.198 fA/s、標準差為 0.018 fA/s，CV 值為 9.1%，顯示電路板之背景雜訊值低，在風扇 off 及 charger off 時電路板之穩定佳。條件(2)之測試結果如圖 4-18 所示，風扇開啟時電路板 baseline 的平均值為 0.204 fA/s、標準差為 0.021 fA/s，CV 值為 10.3%，顯示風扇開啟時原型機之電路板穩定性佳。條件(3)主要測試風扇及 charger 同時開啟時電路板 baseline 的穩定度，在感測時每一筆數據收集後必須有放電時間，如圖 4-19 所示，以避免影響下一筆之量測之 baseline，

因此本測試時同時亦用來調整每筆數據計算之最佳時間間隔，測試結果如圖 4-20 所示，在每筆數據之時間間隔為 1 分鐘時，電路板 baseline 的平均值為 189.8 fA/s、標準差為 27.2 fA/s，CV 值為 14.3%。當間隔為 2 分鐘時，電路板 baseline 的平均值為 183.0fA/s、標準差為 23.0 fA/s，CV 值為 13.0%。當間隔為 3 分鐘時，電路板 baseline 的平均值為 119.4fA/s、標準差為 14 .2fA/s，CV 值為 11.9%。當間隔為 6 分鐘時，電路板 baseline 的平均值為 48.4fA/s、標準差為 3.9fA/s，CV 值為 8.0%。顯示原型機在風扇及 charger 同時開啟時，時間間隔 6min 時穩定性最佳。

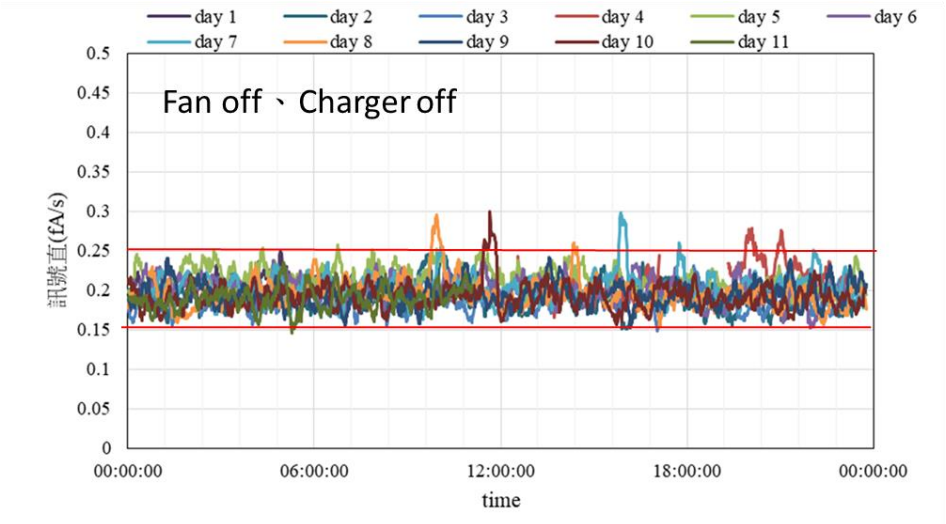


圖 4-17、實驗室空白比對條件(1)測試結果

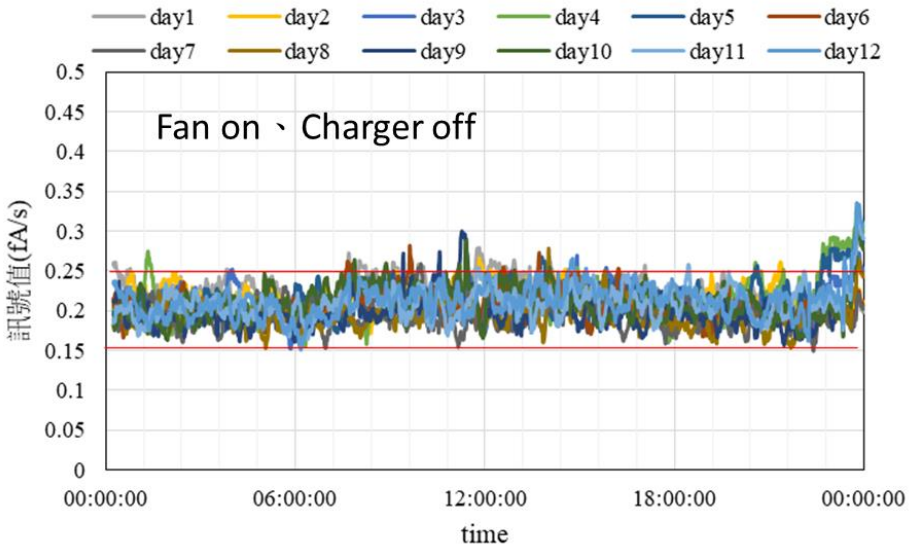


圖 4-18、實驗室空白比對條件(2)測試結果

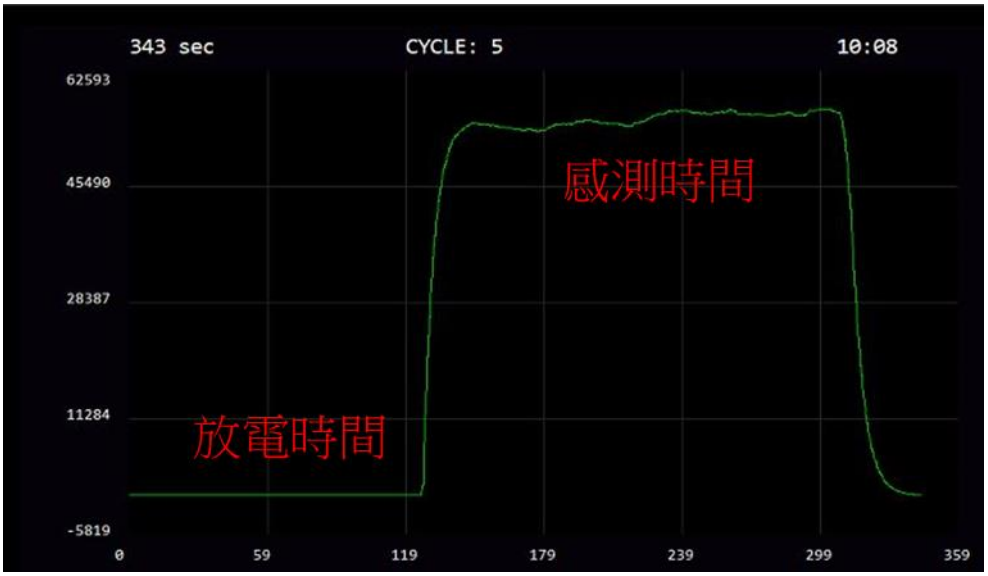


圖 4-19、charger 開啟量測時之放電時間

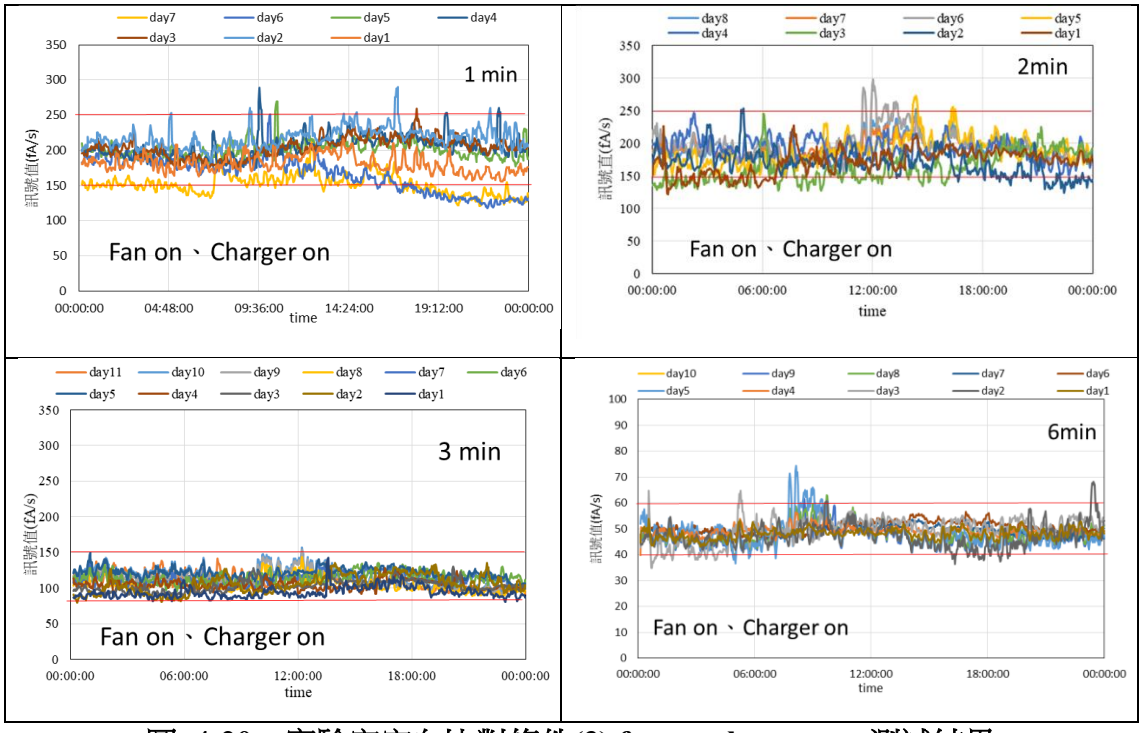


圖 4-20、實驗室空白比對條件(3) fan on charger on 測試結果

在戶外測試方面，期程自 108 年 9 月 11 起自 10 月 31 日止，共 51 日，為方便調校，初步之戶外測試以實驗室附近之戶外為主，待測機台擺放於在百葉箱中，以有線搭配無線方式傳輸及儲存數據，同時量測溫度及相對濕度變化，

每筆數據時間間隔設定 6 min，實驗設置如圖 4-21 所示。

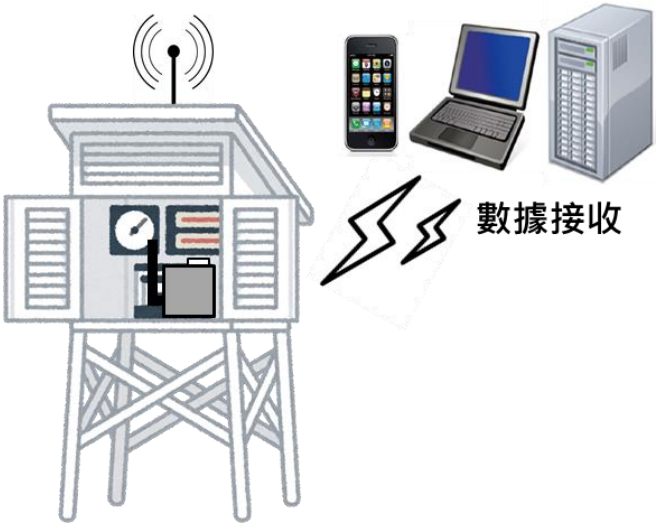


圖 4-21、戶外比對測試實驗設置

比對之標準為相同時段之新竹測站數據(108.09.19-108.10.26，約 8614 筆數據)，數據比對之流程為將 EPA 測站數據與測試數據使用 excel 繪成散佈圖後，算出相關係數 R^2 值。比對之結果如圖 4-22、圖 4-23、所示。圖 4-22 為實驗值與新竹測站數值比對結果，相關係數 R^2 為 0.68，顯示尚有改善空間。圖 4-23 則為新竹測站與實驗值轉換後成質量濃度後之趨勢圖。由圖中可看出，在比對測試初期(9/25 前)因為 ITRI sensor 尚在調校數據準確率較低，於 9/26 起調校完畢。比對結果與新竹站測值差異如下，測站平均值為 17μg/m^3，sensor 測試值為 14.2 μg/m^3，兩者差距為 2.8μg/m^3。最大值與最小值比較方面，測站最高值為 58μg/m^3，sensor 測試值為 66.3μg/m^3。測站最低值為 1.0 μg/m^3，sensor 測試值為 7.3μg/m^3。以整體來看在測站濃度>20 μg/m^3 時，比對之趨勢相關性較高，在 10 月 11 日以後測站<20 μg/m^3 時，均有低估之現象。

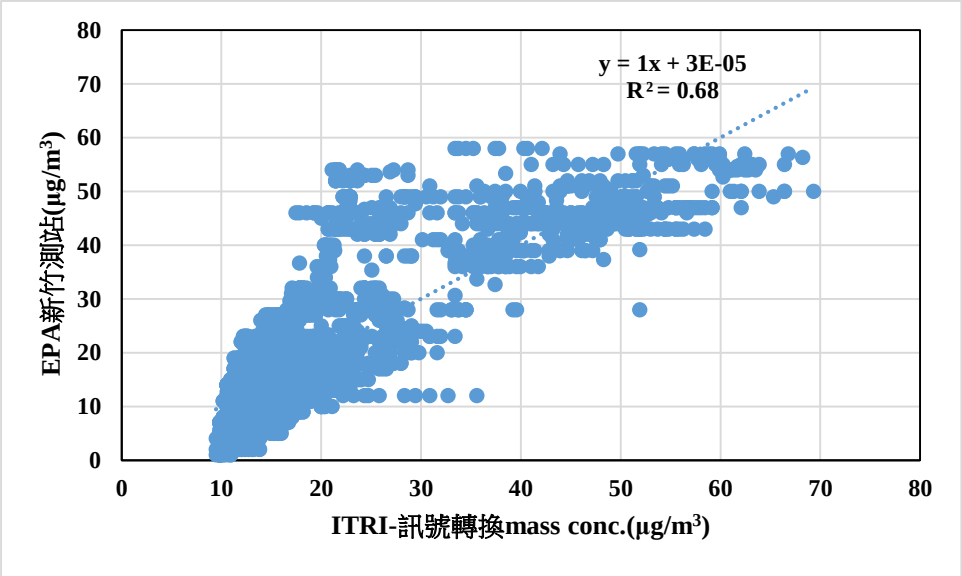


圖 4-22、戶外測試實驗值與新竹測站數值比對

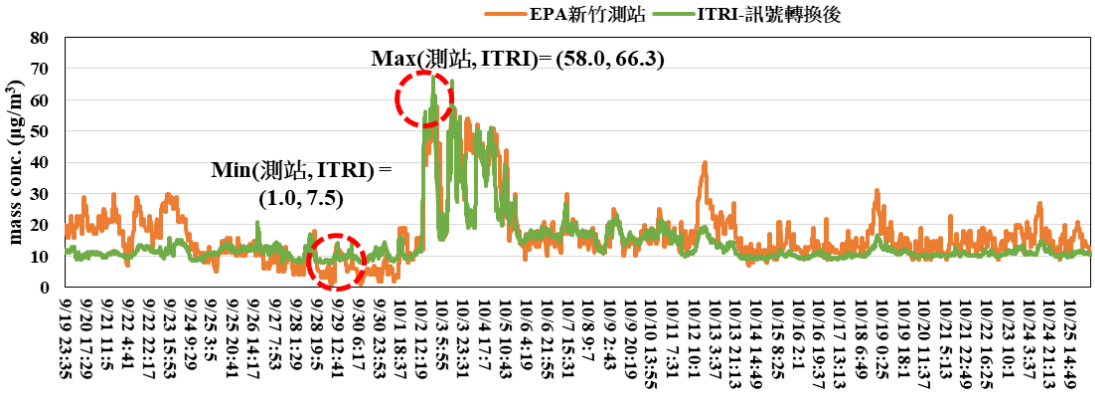


圖 4-23、戶外測試實驗值與新竹測站數值比對

本計畫所開發之 $PM_{2.5}$ 感測原型機，以目前試量產之價格推算商品化之價格預計落在 2500~5000 美金之間，以目前研究之成果與 AQ-SPEC 測試過之同級商品比較，如

表 **4-4** 所示。

AQ-SPEC 測試之 $PM_{2.5}$ 感測/量測器共有 35 種，其中售價<1000 美元的有 25 種，>1000 美元有 10 種。其 field test 的 R^2 大都介於 0.5-0.85 之間，因比對之參考儀器不同，相關係數亦會有所差異。以原理上來看，大多為光學感測器，其中 Naneos (Partector)之感測原理與本計畫相近，為偵測電子/電流訊號之儀器。

根據 AQ-SPEC sensor 評估之結論，大部分微粒之感測/量測器其缺點為需要進行定期校正，而光學儀器則無法檢測非常小的微粒(如<0.5 μm)。在本計畫之成果亦須視情形而校正，後續將朝自動校正方向進行。在偵測粒徑下限方面，本計畫之偵測粒徑下限已下降至 0.2 μm，與成熟之光學儀器比較，已經有所領先。

表 4-4、與 AQ-SPEC 測試過之同級商品比較

Maker (Model)	Est. Cost (USD)	Field R^2	Particle sensors
Clarity (Node)	1300	0.73 to 0.76	optical; non-FEM
Magnasci SRL (uRADMonitor INDUSTRIAL HW103)	1300	0.67 to 0.76	optical; non-FEM
TSI (AirAssure)	1500	0.75 to 0.84	optical; non-FEM
Met One (Neighborhood Monitor)	1900	0.53 to 0.67	optical; non-FEM
RTI (MicroPEM)	2000	0.67 to 0.80	optical; non-FEM
AS-LUNG (Air Quality Station)	2200	0.59 to 0.82	optical; non-FEM
Aeroqual (AQY)Ver. 0.5	3000	0.53 to 0.85	LPC; non-FEM
Perkin Elmer (ELM) (PM10)	5200	~ 0.0	optical; non-FEM
Met One (E-Sampler)	5500	0.55 to 0.62	optical; non-FEM
Naneos (Partector)	7000	~ 0.1	faraday cup; non-FEM
ITRI GEL	2500-5000	0.66	electric impaction; non-FEM

3. 小型試量產

在感測元件小型試量產方面，在原型機測試中期即開始試產，共完成 6 個原型機，如圖 4-24 所示，圖 4-25 則為原型機外觀。



圖 4-24、試量產 6 個原型機模組

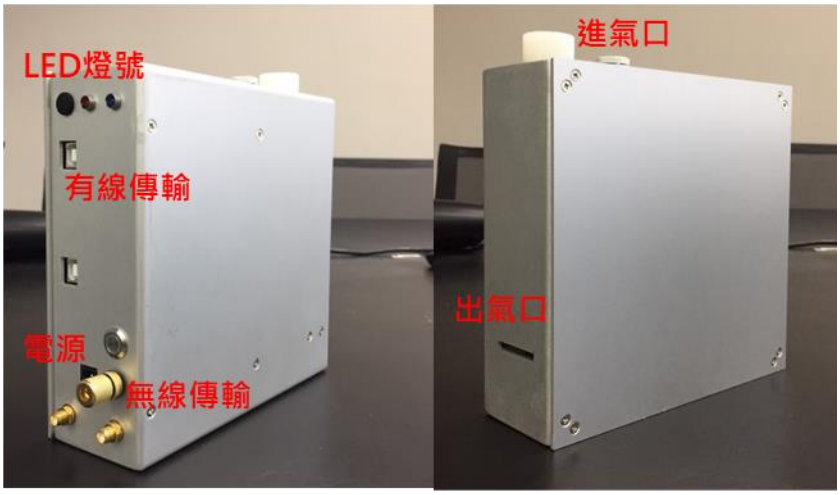
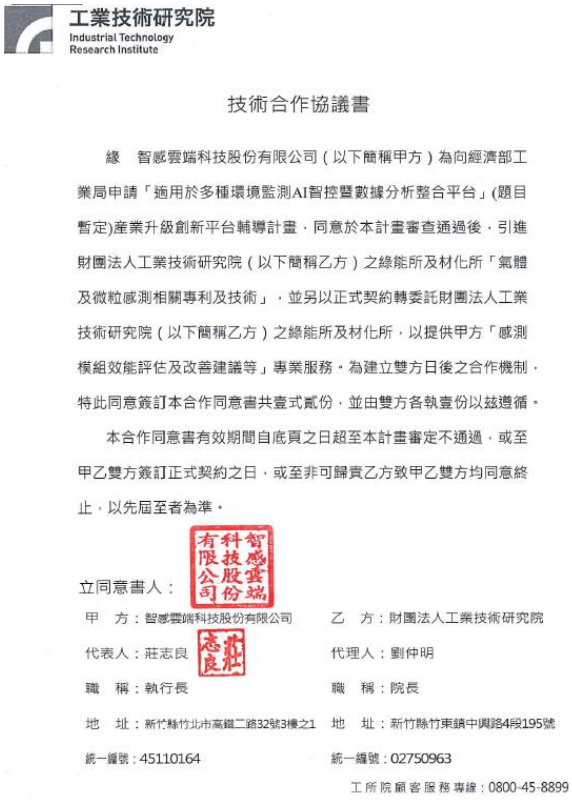


圖 4-25、原型機外觀

4. 與業界技術合作進度說明

目前與粧研企業、智感雲端及聯奕科技等公司正在研擬申請工業局之橋接計畫，目前朝聯盟之方式申請，預計於明年年初完成計畫書，並提出申請。與廠商之合作協議書如圖 4-26 所示。



工業技術研究院
Industrial Technology Research Institute

技術合作協議書

緣　智感雲端科技股份有限公司（以下簡稱甲方）為向經濟部工業局申請「適用於多種環境監測AI智控暨數據分析整合平台」(題目暫定)產業升級創新平台輔導計畫，同意於本計畫審查通過後，引進財團法人工業技術研究院（以下簡稱乙方）之綠能所及材化所「氣體及微粒感測相關專利及技術」，並另以正式契約轉委託財團法人工業技術研究院（以下簡稱乙方）之綠能所及材化所，以提供甲方「感測模組效能評估及改善建議等」專業服務。為建立雙方日後之合作機制，特此同意簽訂本合作同意書共壹式貳份，並由雙方各執壹份以茲遵循。

本合作同意書有效期間自底頁之日超至本計畫審定不通過，或至甲乙雙方簽訂正式契約之日，或至非可歸責乙方致甲乙雙方均同意終止，以先屆至者為準。

立同意書人：

甲　方：智感雲端科技股份有限公司　　乙　方：財團法人工業技術研究院

代表人：莊志良　　代理人：劉仲明

職　稱：執行長　　職　稱：院長

地　址：新竹縣竹北市高鐵二路32號3樓之1　　地　址：新竹縣竹東鎮中興路4段195號

統一編號：45110164　　統一編號：02750963

工所院顧客服務專線：0800-45-8899

圖 4-26、廠商合作協議書

三、結論與建議

本計畫全程規劃為 4 年，整個技術開發分成二階段執行，第一階段(前 2 年)以為技術性導向。第一年度以 $PM_{2.5}$ 感測核心技術開發與雛型初步測試為主，由綠能所主導並由交大環工所參與模擬，以理論搭配模式模擬來設計感測核心雛型元件，並進行初步測試以驗證技術之可行性。第二年度為主要工作為模組化，包含調整感測核心之設計以提升其微粒收集效率並降低其偵測之粒徑下限，並設計可量測 fA (10^{-15} 安培)等級電流之電路板等，電路板內部以區塊方式設計及思考，各個區塊必須分別加以絕緣，以防止電路板本身及外界之的訊號干擾。

第二階段(後 2 年)以實用性、便利性為導向，第三年度(108 年)為方便後續利用，將進行小型化工作、小型試量產及測試。原型機測試結果與新竹測站比對，相關係數 R^2 為 0.66，顯示尚有改善空間。在實際濃度低於 10 $\mu g/m^3$ 時，ITRI sensor 則有高估之情形。在實際濃度 15~60 $\mu g/m^3$ 時，則 ITRI sensor 與測站數據之吻合度較高。在與廠商洽談方面，目前與粧研企業、智感雲端及聯奕科技等公司正在研擬申請工業局之橋接計畫，目前朝聯盟之方式申請。第四年度主要目標

將為商品化及推廣，同時將原型機功能提升，如溫濕度校正等。

4.2、精進國產化 O_3、NO_2 感測元件

環境物聯網監測布點之感知層無法單靠材料元件技術來滿足實際挑戰，需要搭配驅動電路與演算法整合成模組來提升偵測功能。MOS 感測器具耐候佳體積小與成本低是監測布點主流，然而傳統元件需要高溫工作溫度，在偵測的過程都需要給予 100~350℃的工作溫度，面臨設計上解決功耗與封裝問題。加熱型以電阻電熱催化反應，雖然靈敏較高反應快，然而易受還原性氣體干擾(EX: CO、VOCs、H_2)而電性訊號消失或加大造成誤判在實務環境應用具挑戰。目前 NO_2 並沒有直讀儀器，環境檢測儀器是採用 O_3 與 NO 反應的化學發光法原理，利用轉化器 NO_2/NO 是產物訊號間接計算；因此，開發能夠大量布建的低成本 NO_2 感測器有其必要性。另一方面，電化學感測器已廣泛應用於各種領域，包括環境、農業、醫學、生化等。例如廣泛應用於環境檢測上，可針對一些 NO_2、SO_2、O_3 等氣體進行檢測，而電化學分析法，依照不同的測定物，調配合適的化學配方元件，由於電化學感測器兼具消耗電力小、操作簡單、易微型化、反應快速、成本不昂貴等優勢，符合發展物聯網廣布感測器之特性及需求，故發展出高選擇性、低偵測濃度（ppb 濃度等級）的電化學氣體感測器為產、官、學、研共同致力發展之目標。

4.2.1、O_3 感測元件工作進度說明

一、本年度工作內容及執行方法

107 年度完成 O_3 感測模組原型機設計與製作，其目的在驗證四極式電極材料對於 ppb 濃度等級之 O_3 感測能力。本年度將進行國產化感測元件精進與量產化技術開發，包括結合國內業界導入技術合作成品機製作開發，設計微型化模組。同時設計低雜訊電路與演算法整合模組來提升量測靈敏度及選擇性；建立溫濕度差分自動補償機制，來消除感測元件受溫濕度的影響。此外，亦將評估感測元件老化、長時間穩定性、產品 QA/QC 流程等關鍵參數。在試量產之同時，本年度亦將進行本項技術之美國等地之專利申請。

O_3 空氣品質感測器原型機組將先針對感測核心單體進行 3S 測試，以及模組

原型機之比對測試。國產化 O_3 感測器原型機測試選用 3 組以上來進行 3S 三種測試，並將模組與業者之商用空品感測載具架設場域測試，並對照附近環保測站儀器級的 O_3 數值。

實際應用於國內實地場域，部份測試地點為空氣品質監測站，依據各測站污染屬性選擇三種測站進行比對，包括高濃度測站（工業或交通測站）、中濃度測站（一般測站）及低度測站（背景測站），濃度等級分類亦如表 4-5 所示。此外，部份測試地點亦配合環保署規劃，於工業區內或市區交通要道旁進行布點驗證測試。將參考儀器所量測之質量濃度與原型機所量測到之訊號值進行統計分析，並計算其相關係數 R^2 值。業界技術合作成品機製作開發過程測試進行期間，將不斷的進行模組參數微調修正演算，以使模組訊號優化，場域比對測試則將同時進行模組原型機之小型試量產，完成產生 20 組或以上之原型機。

表 4-5、O_3 測試之濃度級距

O_3污染物種等級	低	中	高	非常高
ppb	20±5	50±10	150±30	300±60

O_3 原型機具備電子化數據儲存硬碟功能，測試數據採人工直接下載，比對同時段商用分析儀 O_3 數值及環保署監測站的 O_3 數值。首先，藉由稀釋氣體校正器(Gas Dilution Calibrator， Sabio 4010)調控產生不同濃度之標準氣體源，來驗證原型機的 3S 量測，驗證後之原型機再布建於環保署標準監測站進行平行比對，以利同時比對 O_3 感測原型機以及鄰近環保署標準監測站之感測數據。

二、執行成果

本項工作進度目前已完成 O_3 感測元件新版原型機設計與製作，如圖 4-27 及圖 4-28 所示，元件機構組件包括元件上蓋、元件下蓋、壓模組件、電解液槽上蓋、電解液槽下蓋、電解液槽封蓋等工件所組成，另外其它組件部分也包括了電極接腳、電極導線等；另一方面，由於感測電極塗膜技術會大大地影響感測元件之靈敏度與穩定性，因此本計畫利用超音波霧化精密塗膜技術來使電極材料均勻地塗佈於疏水薄膜上，使電子通導能在薄膜上快速進行，增進感測元件之靈敏

度與穩定性。



圖 4-27、本年度設計之原型機外觀



圖 4-28、超音波霧化精密塗膜技術

在試量產方面，超音波霧化精密塗膜技術，能與國內業界技術相結合，應用於加速成品機製作開發上。

O_3 感測元件 3S 測試步驟及測試結果說明如下：

實驗室場域測試執行方式:

(1) 測試箱測試作業

A.靈敏度測試

本計畫之靈敏度以最低偵測極限(Lower detection limit，LDL)和線性(Linearity)來表示，是分別指待測原型機所能偵測到標的污染物之最低濃度與待測原型機所能偵測到最低與最高的濃度範圍(Range)。最低偵測極限的測試示意如圖 4-29所示。測試步驟包括：

(A)感測器通電24小時以上，以確認電化學感測器已穩定可供測量。

(B)以電腦紀錄感測器所感測之數值程式設定為每秒一筆，並紀錄測試環境之溫濕度。

(C)將零級空氣通入氣體反應腔(Gas Hood)內，等待感測數值穩定後（15分鐘）記錄其讀值B_z(ppb) 。

(D)利用稀釋氣體校正器通入O_3 20 ppb於氣體反應腔(Gas Hood)內，確認氣體曲線是否有上升，若有則等待感測數值穩定後（15分鐘）記錄其讀值B_L(ppb)，若沒有上升則等待感測數值穩定後（15分鐘）進入步驟。

(E)利用稀釋氣體校正器通入O_3 50 ppb於氣體反應腔(Gas Hood)內，確認氣體曲線是否有上升，若有則等待感測數值穩定後（15分鐘）記錄其讀值B_k(ppb)，若沒有上升則等待感測數值穩定後（15分鐘）進入步驟。

(F)彙整測試資料。最低偵測極限(Lower detection limit)的公式為：

$$LDL = B_L \text{ or } B_k \text{ （量測到的最低濃度）} - B_z \qquad (3)$$

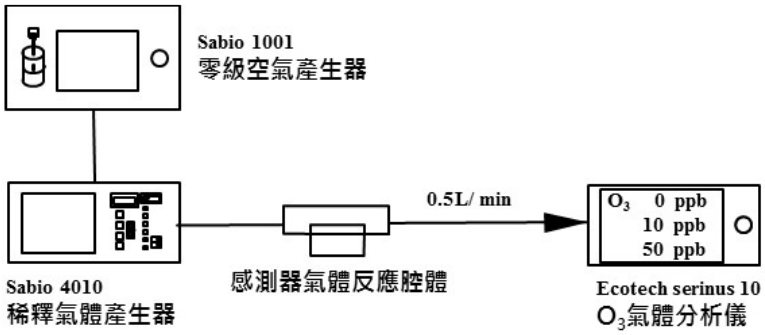


圖 4-29、O_3 原型機最低偵測極限之測試示意圖

B.另一方面，靈敏度也以線性表示，其測試示意圖如圖 4-30所示。測試步驟包括：

(A)感測器通電24小時以上，以確認電化學感測器已穩定可供測量。

(B)以電腦紀錄感測器所感測之數值程式設定為每秒一筆，並紀錄測試環境之溫濕度。

(C)將零級空氣通入氣體反應腔(Gas Hood)內，等待感測數值穩定後（15分鐘）記錄其讀值(ppb) 。

(D)利用稀釋氣體校正器通入O_3 20 ppb於氣體反應腔(Gas Hood)內，等待感測數值穩定後（15分鐘）記錄其讀值(ppb)，若不穩定回到步驟(D)，穩定進入步驟(E) 。

(E)利用稀釋氣體校正器通入O_3 50 ppb於氣體反應腔(Gas Hood)內，等待感測數值穩定後（15分鐘）記錄其讀值(ppb)，若不穩定回到步驟(E)，穩定進入步驟(F) 。

(F)利用稀釋氣體校正器通入O_3 100 ppb於氣體反應腔(Gas Hood)內，等待感測數值穩定後（15分鐘）記錄其讀值(ppb)，若不穩定回到步驟(F)，穩定進入步驟(G) 。

(G)彙整測試資料，並記錄其線性濃度區間(eg.0-150 ppb)與計算其線性數值（合理的線性區間其$R^2 > 0.7$）。

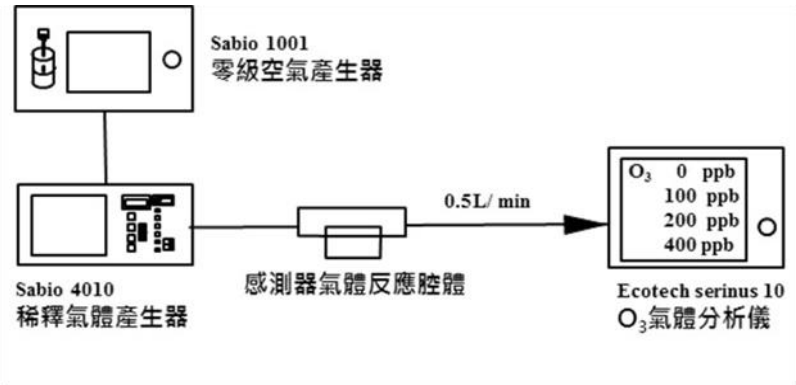


圖 4-30、O_3感測原型機線性之測試示意圖

O_3 感測元件之偵測極限計算及測試方式是參考美國環保署之空氣感測器參考

手冊(Air sensor guidebook，USEPA)、美國加州南岸空氣品質管理局之低價空品感測器實驗室評估草案(Laboratory Evaluation of Low-Cost Air Quality Sensors, AQ-SPEC)來進行。利用稀釋氣體校正器通入標準 O_3 氣體(0, 20, 50,100 ppb)於氣體反應腔內，進行感測元件偵測極限測試，在測試時將與高階臭氧儀器進行比對，再根據上述參考文獻所載之方式進行偵測極限計算。O_3 偵測極限測試結果如**圖 4-31** 所示，在適當的偏壓操作下，實驗結果顯示感測電流與臭氧濃度趨勢相符合，元件模組的最低 O_3 偵測極限為 20 ppb，線性區間 O_3 0~150 ppb，R^2 >0.7。

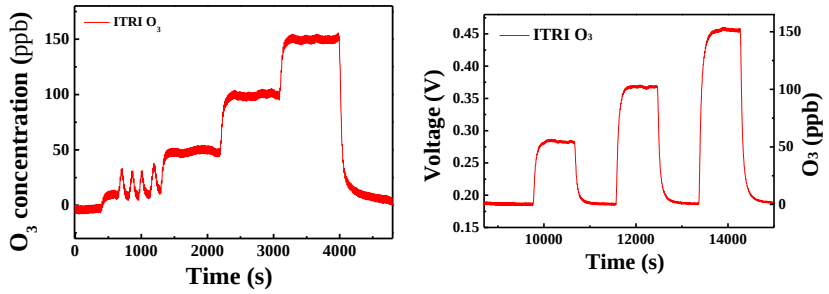


圖 4-31、O_3 原型機最低偵測極限為 20 ppb，線性區間為 O_3 0~150 ppb

(1) O_3 原型機測試作業

A.選擇性測試

將所設計之O_3原型機進行選擇性測試，目標是驗證O_3原型機與其他物種之干擾性(interference)，測試之流程如圖 4-32所示。首先利用零級氣體產生機(Zero Air Generators , Sabio 1001)來產生零級空氣（輸出之壓力0-60 psig，輸出之流量>22SLM at 25 psig， CH_4， CO < 0.1ppm）當作一標準氣體源以及利用CO鋼瓶來當作一氧化碳的標準氣體源，接著藉由稀釋氣體校正器(Gas Dilution Calibrator， Sabio 4010)來調控產生不同濃度之標準氣體源（如一氧化碳、一氧化氮等氣體）進行選擇性測試，在氣體反應腔(Gas Hood)後端也利用氣體分析儀來重複驗證所製備氣體濃度的準確性。測試步驟包括：

(A)感測器通電24小時以上，以確認電化學感測器已穩定可供測量。

(B)以電腦紀錄感測器所感測之數值程式設定為每秒一筆，並紀錄測試環境之溫濕度。

(C)將零級空氣通入氣體反應腔(Gas Hood)內，等待感測數值穩定後（15分鐘）記錄其讀值R(ppb)。

(D)將干擾氣體源(選用SO_2 400 ppb、NO 400 ppb與CO 40 ppm)分別通入氣體反應腔(Gas Hood)內，等待感測數值穩定後（15分鐘）記錄其讀值R_I(ppb)，接著利用以下公式來計算其干擾值(interference equivalent)。

Interference equivalent (IE) as $IE = R_I - R$ (1)

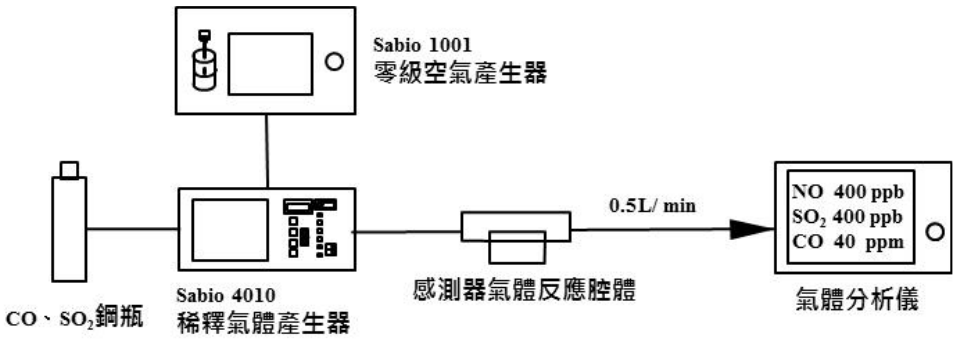


圖 4-32、O_3原型機選擇性測試之示意圖

測試環境的溫度為 25ºC，濕度為 25~30%RH。O_3 感測元件選擇性結果如圖 4-33 所示，縱軸數值表示為感測器量測所顯示的 O_3 濃度，橫軸數值表示為量測時間(sec)，我們通入混合氣體（SO_2 400 ppb、NO 400 ppb 與 CO 40 ppm），由圖 4-33 所示，感測元件不受混合氣體干擾。

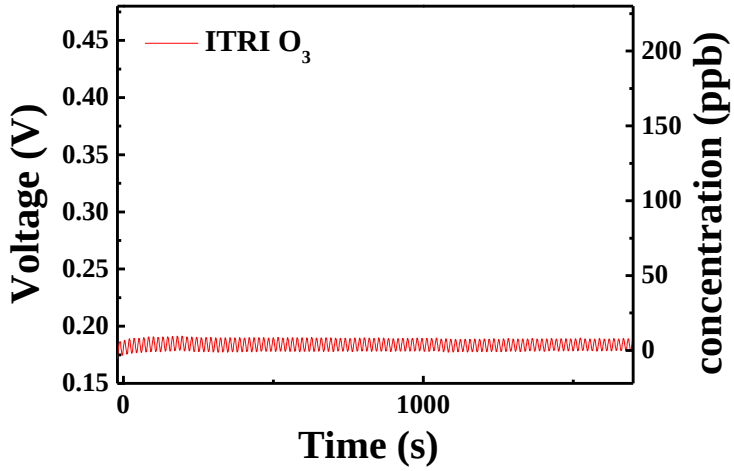


圖 4-33、驗證O_3原型機選擇性

B.穩定性測試

穩定性測試也稱精確度(precision)其定義為在相同或相似的實驗條件下，待測原型機反應之一致性或再現性(repeatability)。藉由相同的測量程序來驗證原型機在相同氣體濃度下的二次穩定性，並用標準差來呈現結果，因此本計畫之穩定性測試示意如圖 4-34所示。測試步驟包括：

(A)感測器通電24小時以上，以確認電化學感測器已穩定可供測量。

(B)以電腦紀錄感測器所感測之數值程式設定為每秒一筆，並紀錄測試環境之溫濕度。

(C)將零級空氣通入氣體反應腔(Gas Hood)內，等待感測數值穩定後（15分鐘）記錄其讀值(ppb)。

(D)利用稀釋氣體校正器通入O_3 50,100,150 ppb於氣體反應腔(Gas Hood)內，等待感測數值穩定後（15分鐘）記錄其讀值P1(ppb)。

(E)接著將感測器靜置於大氣環境3小時以上，並重複步驟3~步驟4兩次後，彙整測試資料來獲得P2、P3等數值。將量測資料代入下列公式來計算其精確度(precision)：

$$P = \sqrt{\frac{1}{2}\left[\sum_{i=1}^{3} P_i^2 - \frac{1}{3}\left(\sum_{i=1}^{3} P_i\right)^2\right]} \qquad (2)$$

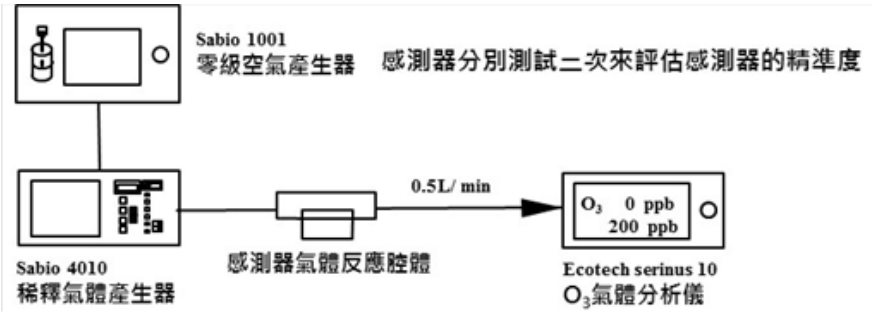


圖 4-34、O_3原型機穩定性測試之示意圖

測試環境的溫度為 25ºC，濕度為 25~30%RH。O_3 感測元件穩定性結果如圖 4-35 所示，我們藉由通入 0,50,100,150 ppb 濃度之 O_3 來驗證 O_3 感測元件的穩定性，縱軸數值表示為感測器量測所顯示的 O_3 濃度，橫軸數值表示為量測時間(sec)，我們間隔 12 小時進行穩定性測試，等待感測數值穩定後記錄其讀值，由圖 4-35 所示，感測元件於 50 ppb O_3 濃度之精確度(precision) < 30 %。

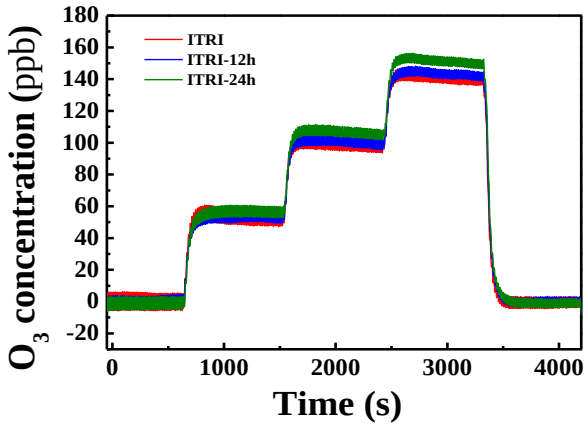


圖 4-35、O_3原型機穩定性測試

在實驗室之 3S 測試之 O_3 感測模組原型產品，性能測試達到最低偵測極限為 20 ppb，線性區間 O_3 0~150 ppb，R^2 >0.7，合乎模組之環境應用。

以上技術發表在 2019 新世代空氣品質監測與物聯網研討會「環境物聯網臭氧感測模組開發」，在專利申請部分，本技術已申請臺灣專利申請（申請案號 108133461），本年度將進行美國與中國等地之專利申請。

O_3 感測原型機模組實地測試步驟及測試結果說明如下：

O_3 國產化原型機模組分別架設於環保署竹東（低濃度）、陽明山（高濃度）和永和（中濃度）測站測站內，國產化 O_3 布建機模組如圖 4-36 所示。對照測站儀器級的 O_3 數值的場域測試在竹東測站場域測試時間維持 16 天(7/9~7/24)之數據分析如圖 4-37 **錯誤! 找不到參照來源。**與圖 4-38 所示。結果顯示測站 O_3 數值與 O_3 布建機模組 O_3 數值之趨勢相符合，感測器高低值與測站臭氧濃度相近，竹東測站場域比對達到 $R^2 > 0.5$。此外，對照測站儀器級的 O_3 數值的場域測試在陽明山測站場域測試時間維持 12 天(8/11~8/22)之數據分析如圖 4-39 與圖 4-40 所示。場域結果顯示測站 O_3 數值與 O_3 布建機模組 O_3 數值之趨勢相符合，感測器高低值與測站臭氧濃度相近，陽明山測站場域比對達到 $R^2 > 0.5$。陽明山測站 O_3 平均數值為 38 ppb，對比 O_3 布建機模組 O_3 平均數值為 37 ppb。

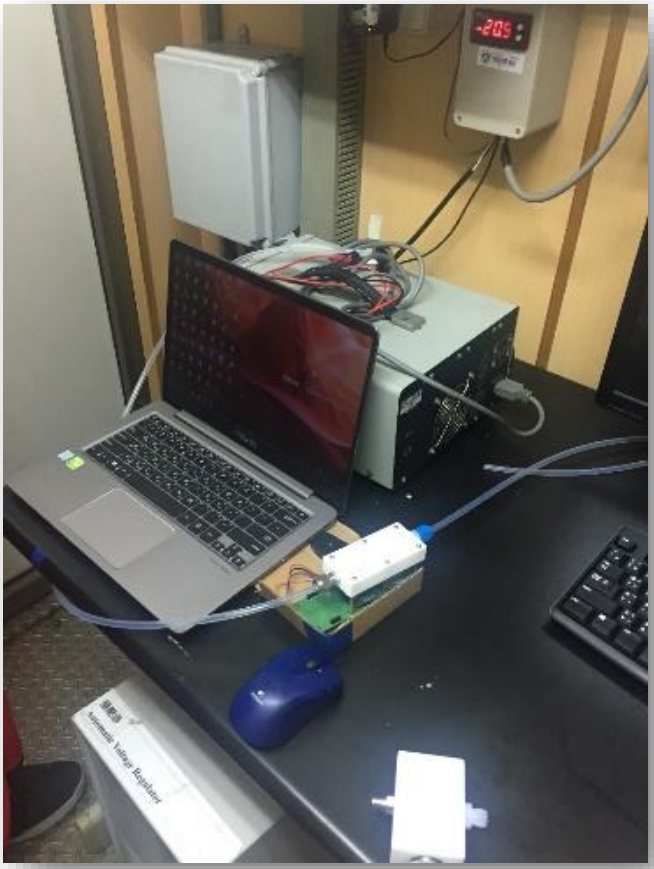


圖 4-36、O_3原型機模組實地場域測試(竹東、陽明山和永和測站內擺設)

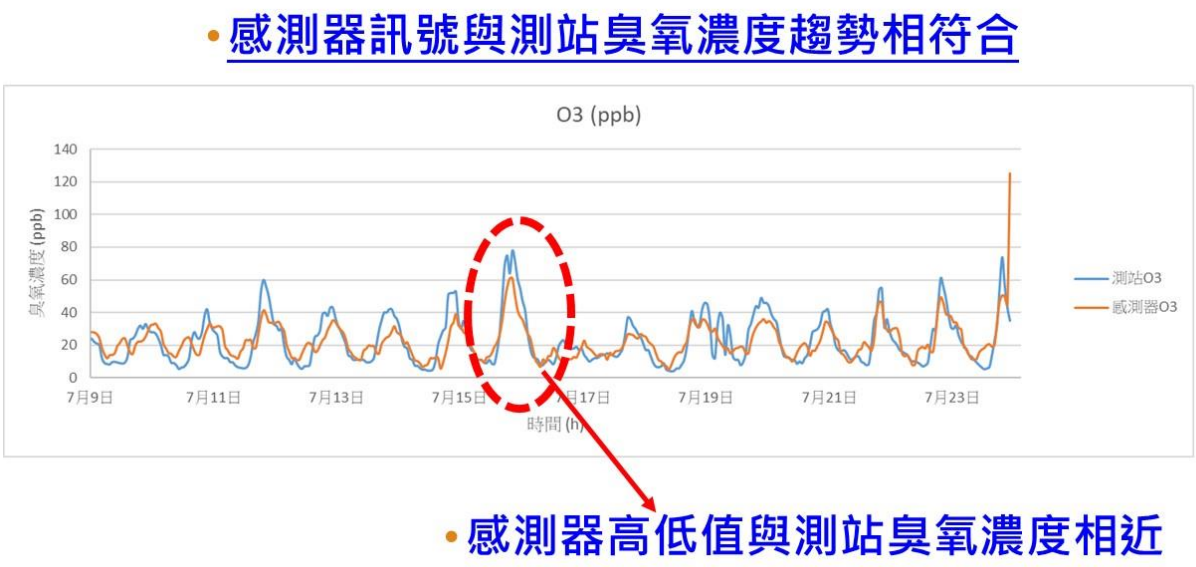


圖 4-37、竹東測站(7/9~7/24)之O_3原型機模組場域測試，測站O_3數值與O_3布建機模組O_3數值之趨勢比對

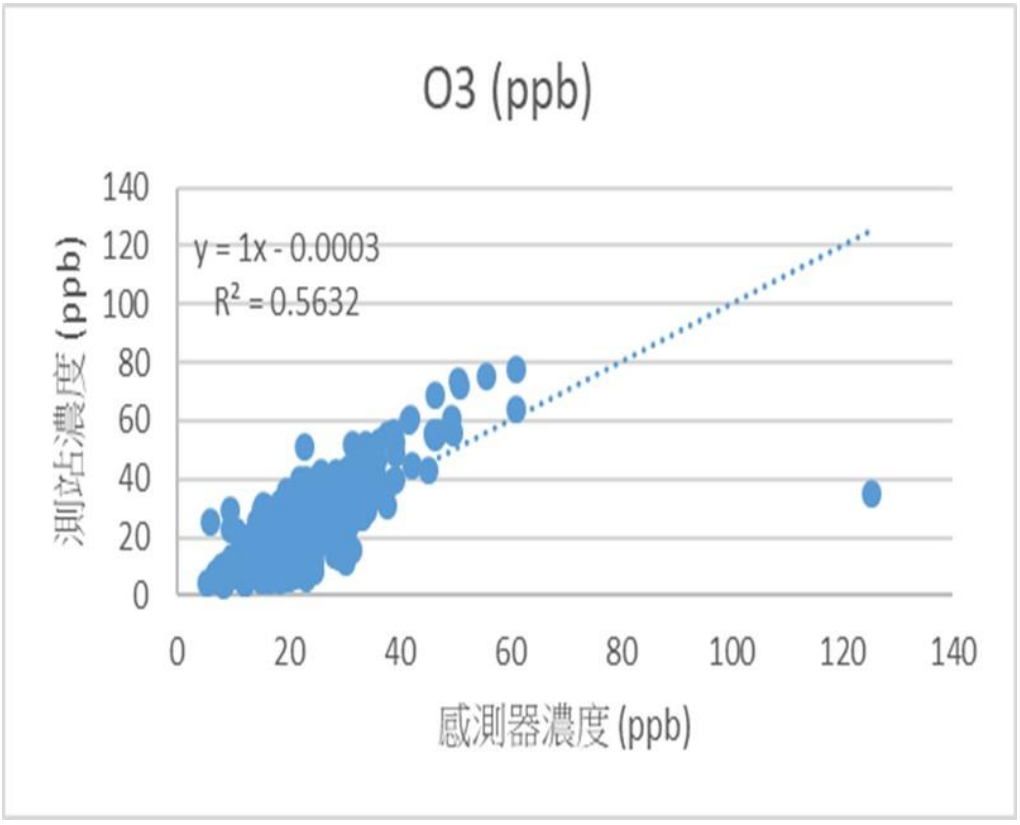


圖 4-38、竹東測站(7/9~7/24)之O_3原型機模組場域測試，測站O_3數值與O_3布建機模組O_3數值之線性相關度比對

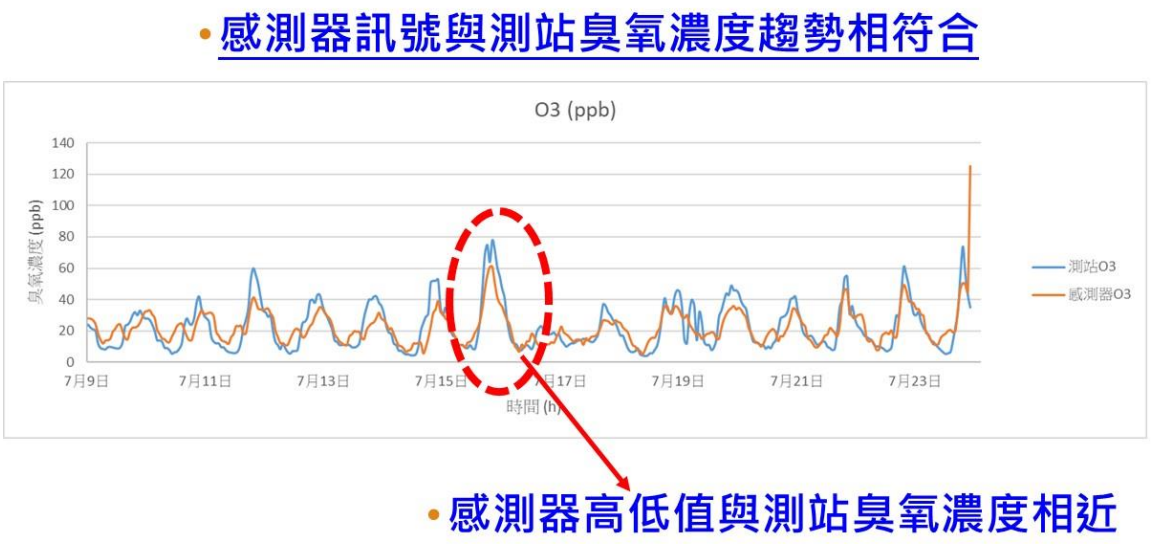


圖 4-39、陽明山測站(8/11~8/22)之O_3原型機模組場域測試，測站O_3數值與O_3布建機模組O_3數值之趨勢比對

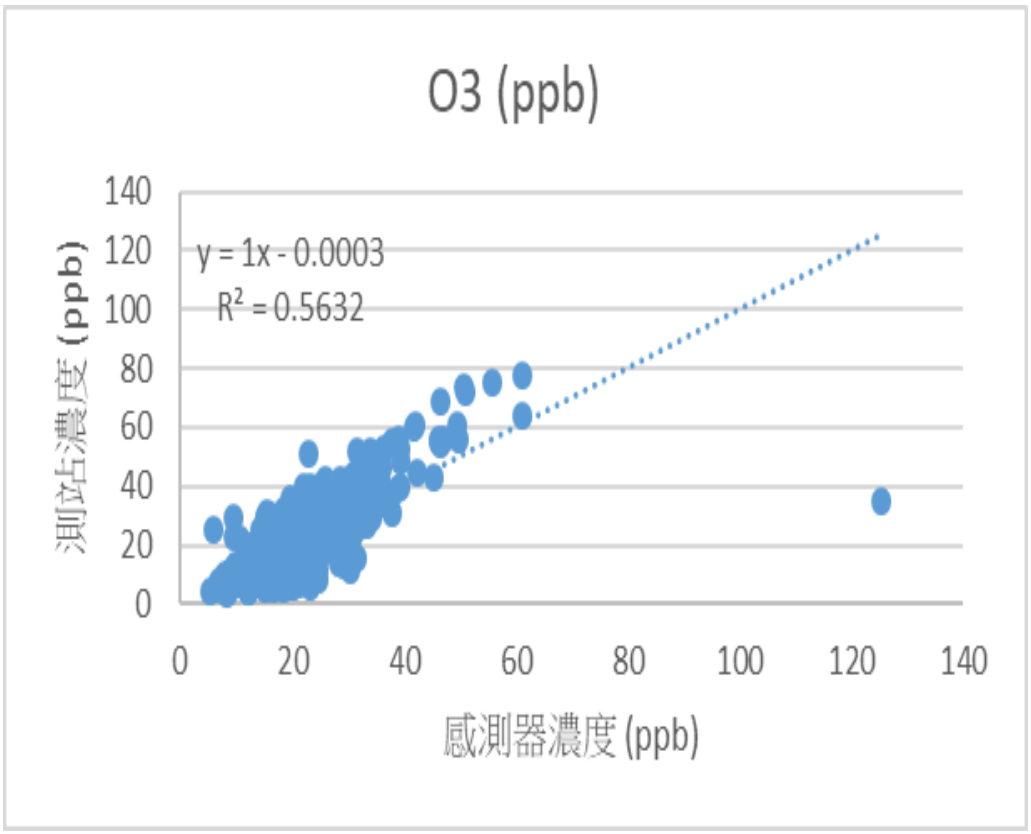


圖 4-40、陽明山測站(8/11~8/22)之O_3原型機模組場域測試，測站O_3數值與O_3布建機模組O_3數值之線性相關度比對

為了進一步提升感測模組性能，本團隊利用感測電極均層塗膜化技術提升元件性能，如圖 4-41 所示，利用一超音波噴嘴來做極均層塗膜，粒徑大小分布相對較小，平均粒子徑範圍 18~68 microns，此取決於不同的噴嘴型式及振盪頻率。此外，為提升元件機殼密封度，如圖 4-42 所示，由發聲器產生 20Khz 的高頻信號，通過固定於超音波機器上的 Horn 傳遞，以超音波熔接方式進行元件機殼熔接。

另一方面，為提升元件模組的穩定性，本團隊也將模組進行機殼模具設計與射出成型製作，射出件如圖 4-43 所示，元件機構之公差小於 2 條，此特點能使得國造產品原型機的品質與穩定性大幅地提升。在感測元件小型試量產方面，在原型機比對中期即開始試產，共完成 20 組原型機，如圖 4-43 所示。

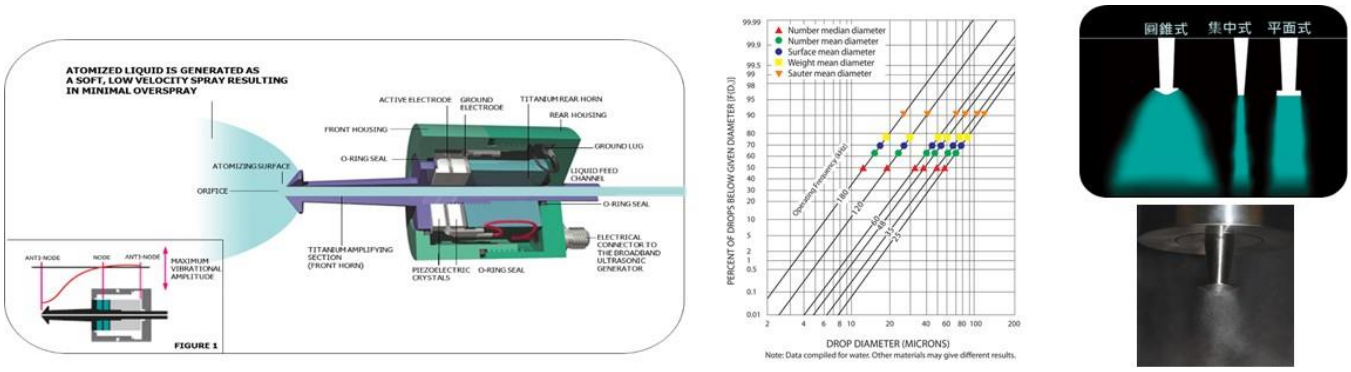
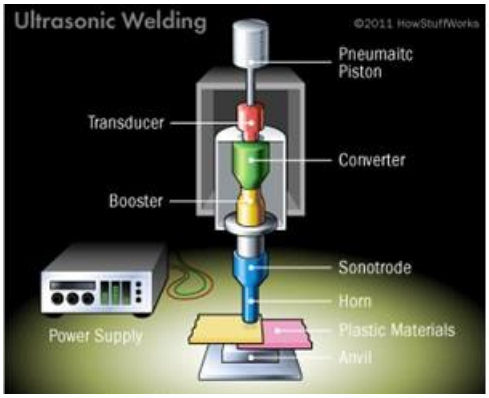


圖 4-41、電極均層塗膜化技術提升元件模組性能





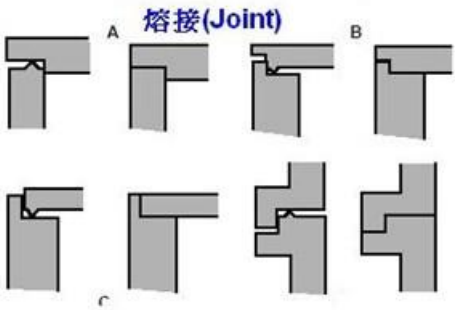


圖 4-42、超音波熔接技術提升元件模組密封性





圖 4-43、感測元件射出組件與試量產 20 個原型機元件

在精進感測電極均層塗膜化與感測元件射出組件製作後，場域測試也持續在竹東測站（低濃度）8/5~9/5（1 個月）進行場，其結果如圖 4-44 與圖 4-45 所示。結果顯示測站 O_3 數值與 O_3 布建機模組 O_3 數值之趨勢相符合，感測器高低值與測站臭氧濃度相近，竹東測站場域比對達到 R^2> 0.7。感測器在竹東測站測試期間已近四個月，目前仍維持運作，未有明顯衰減現象（生命週期）。

另一方面，對照測站儀器級的 O_3 數值的場域測試在陽明山測站場域測試時間維持 10 天(9/28~10/8)之數據分析如圖 4-46 與圖 4-47 所示。場域結果顯示測站 O_3 數值（分鐘值）與 O_3 布建機模組 O_3 數值（分鐘值）之趨勢相符合，感測器高低值與測站臭氧濃度相近，陽明山測站場域比對達到 R^2> 0.6。陽明山測站 O_3 平均數值為 28ppb，對比 O_3 布建機模組 O_3 平均數值為 27ppb。

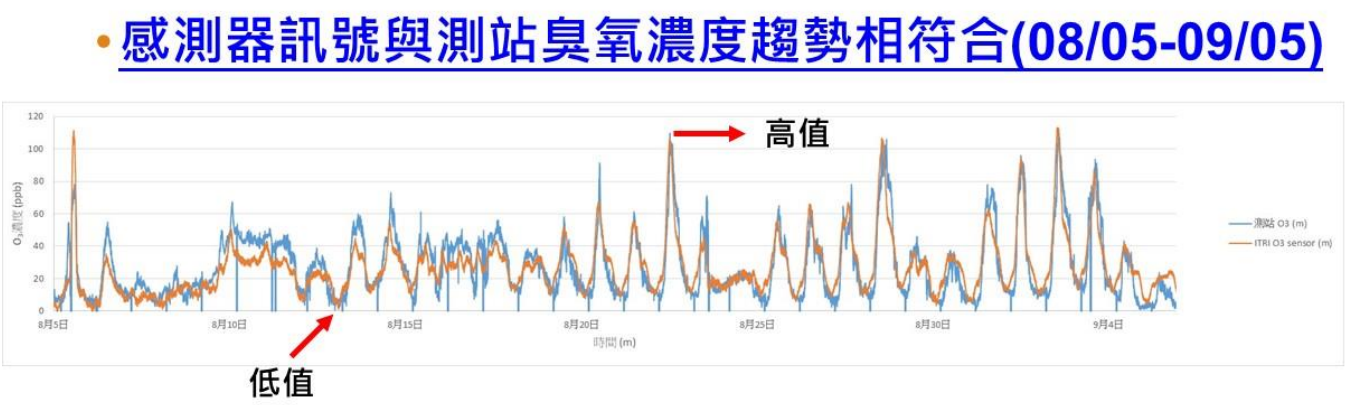


圖 4-44、竹東測站(8/5~9/5)之O_3原型機模組場域測試，測站O_3數值與O_3布建機模組O_3數值之趨勢比對

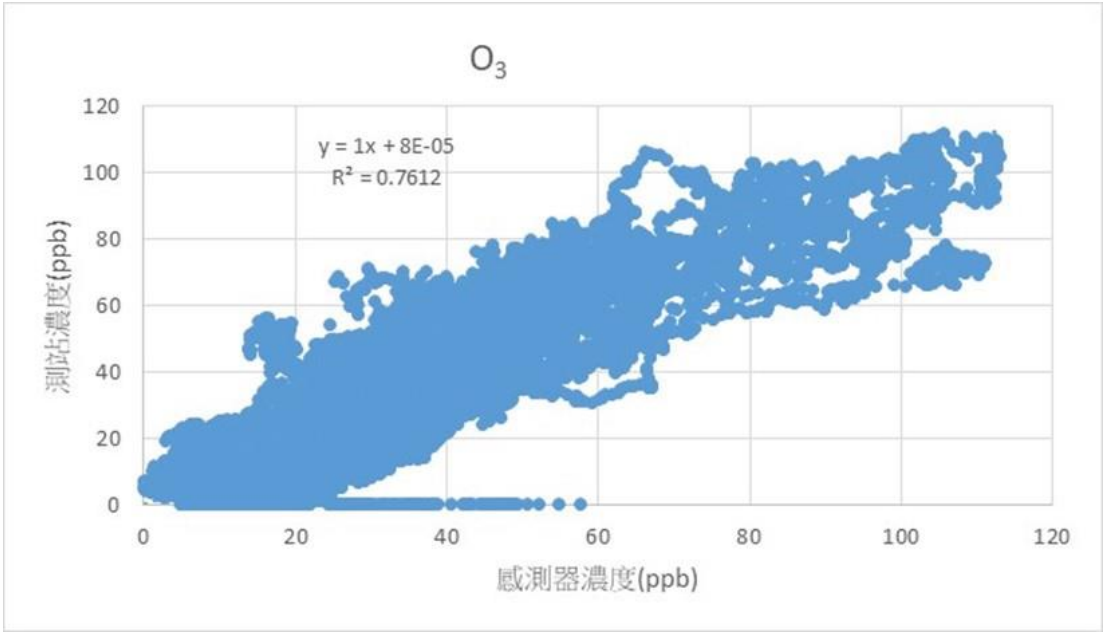


圖 4-45、竹東測站(8/5~9/5)之O_3原型機模組場域測試，測站O_3數值與O_3布建機模組O_3數值之線性相關度比對

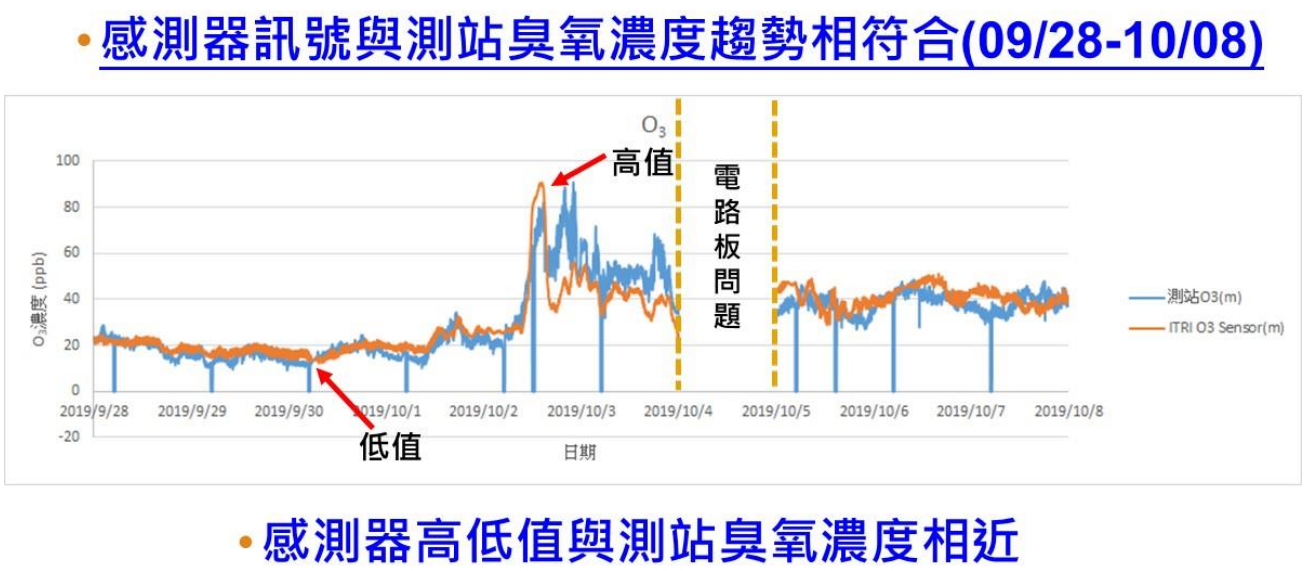


圖 4-46、陽明山測站(9/28~10/8)之O_3原型機模組場域測試，測站O_3數值(分鐘值)與O_3布建機模組O_3數值(分鐘值)之趨勢比對

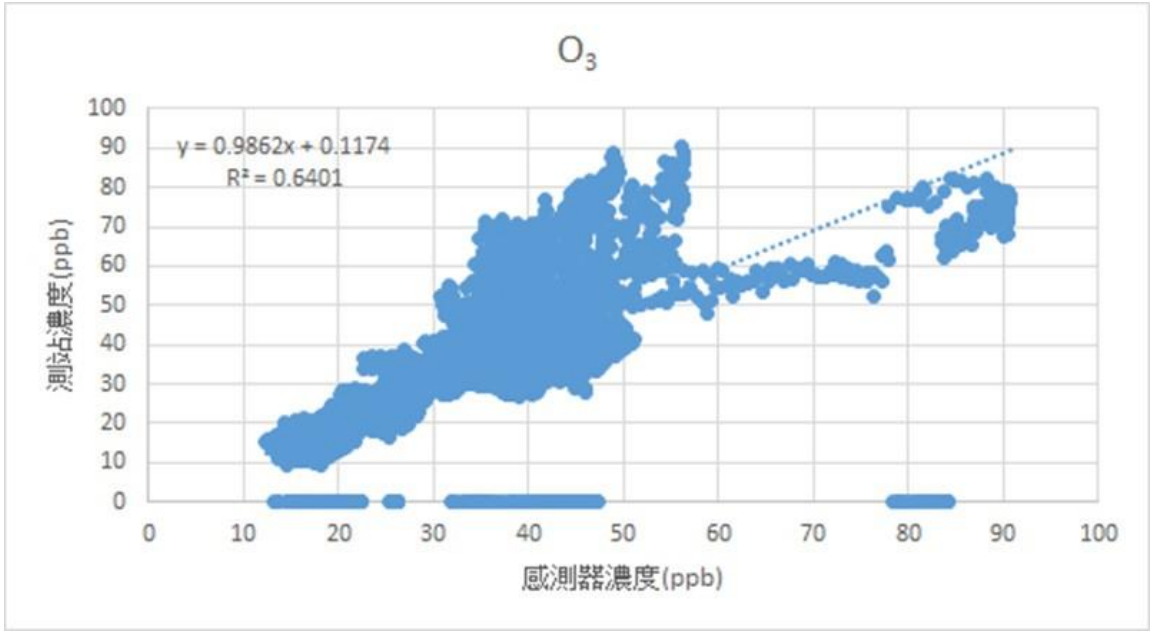


圖 4-47、陽明山測站(9/28-10/8)之O_3原型機模組場域測試，，測站O_3數值(分鐘值)與O_3布建機模組O_3數值（分鐘值）之線性相關度比對

由不同濃度分布的測站場域分析，高濃度陽明山測站 O_3 平均濃度 33 ppb，大致分布範圍在 9~78 ppb，結果 R^2>0.6。在低濃度竹東測站 O_3 平均濃度 25 ppb，主

要集中分布範圍在 1~109 ppb，計算分鐘平均 R^2>0.7。由場域測試結果可知，感測元件可測到環境 O_3 濃度低於 20 ppb，但根據圖 4-31 之標準方法來定義元件之偵測極限，元件模組的最低偵測極限為< 20 ppb。

由場域測試 R^2 測站比對分析結果與國際產品測試資訊比較，以 AQ-SPEC Field Evaluation 產品網站資訊(Ref.http://www.aqmd.gov/aq-spec/evaluations/summary-gas)，目前國產 O_3 模組場域測試(R^2>0.6)之效能已具備國際競爭力，同時因掌握關鍵元件技術，競爭優勢上可比國際大廠比較上來的低價許多，對照國際其它品牌電化學(EC)代表,如圖 4-48 所示，其各國廠牌之電化學感測器大都源自於英國品牌 Alphasense，其相關性 R^2 比較為 Vaisala 電化學式 0.66~0.82，AQMesh 電化學式 0.46~0.83。

O_3 Electrochemical Sensor			
Make (Model)		Est. Cost (USD)	Field R^2
Air Quality Egg Ver. 2	AIR QUALITY EGG.	$240 ($O_3$、$SO_2$)	0.0 to 0.20 (Indoor)
Vaisala (AQT410) Ver. 1.15	 	$3,700 ($O_3$、CO、$SO_2$、$NO_2$)	NO_2 0.43 to 0.61 O_3 0.66 to 0.82
AQMesh Ver. 4.0	 	$10,000 ($O_3$、CO、$SO_2$、$NO_2$)	NO_2 0.00 to 0.46 O_3 0.46 to 0.83

圖 4-48、O_3 感測之國際產品測試資訊相關性 R^2 比較

三、結論與建議

本計畫短期突破目標場域對照測站數據相關度為 R^2>0.6，後續研究以提升相關度做法為重點。下階段建議進行感測元件優化，包括建立溫濕度差分自動補償機制，來消除感測元件受溫濕度的影響，進一步提升原型模組之相關度，

目前規劃採用倒傳遞類神經網路(Back-Propagation Neural Network)，其模式為前饋式架構，由類神經源分層排序，組成輸入層、隱藏層和輸出層，層層之間以串連方式逐層接受上一層的輸出資料；亦將評估感測元件老化、長時間穩定性、產品 QA/QC 流程等關鍵參數。此外，截至目前為止，已與許多業者洽談技術轉移事宜，本計畫將積極落實國產化目標，結合國內業界導入相關技術合作。

國產 O_3 感測元件/模組開發技術預計分成二階段(4 年)執行，第一階段(第 1~2 年)以為技術性導向主要是元件/模組開發與實用性、便利性設計。感測元件單體的目標，包含(1)線性範圍 0-400 ppb，$R^2 > 0.7$；(2)感測元件 CV% < 20%；(3)感測模組之偵測極限< 20 ppb。第三年度（108 年）為方便後續利用，將進行小型試量產及場域測試，並與廠商洽詢先期合作意願及有意技轉廠商進行商談。第四年度為商品化，同時將原型機功能提升並進行應用推廣。

4.2.2、NO_2 感測元件工作進度說明

一、本年度工作內容及執行方法

本年度(108)主要工作目標為 NO_2 感測模組之精進與量產化技術開發，建立溫濕度差分自動補償機制、測試與試量產，並實際應用於國內實地場域，比對測站數值與分析；並業界導入技術合作成品機製作開發，完成量產設計及成品機 20 組以上，實際應用於國內實地場域（涵蓋國內低中高污染環境），測試期程（至少 3 個月）、地點（至少 3 處）、比對結果出具測試報告；並提高感測器技術轉移洽談件數。

(一)NO_2 感測模組之精進與試量產

107 年度完成 NO_2 感測模組原型機設計與製作，其目的在驗證感測複材元件微結構設計與電性調控搭配室溫光激發感測反應之 3S 偵測，以及配合特定驅動電路與演算法整合模組提升量測靈敏度及選擇性；在 108 年度以落實國產化目標將結合國內業界導入技術合作成品機製作開發，將電路板之整合設計將以模組體積縮小 1/3~1/2 為目標。同時本年度改良NO_2 感測單元以元件與光驅動 LED 裸晶元件共封裝設計與光電複合驅動之整合模組，提升 NO_2 感測能力與穩定性之電路模組、結合溫濕度補償修正、導入演算法訊號處理提高穩定性與判別、

電子數位化 QA/QC 管理模組遠端參數設定操控與零組件狀態紀錄。

(二)NO_2 感測模組原型機比對，場域測試及小型試量產

NO_2 空氣品質感測器原型機組將先針對感測核心單體進行 3S 測試，以及模組原型機之比對測試。國產化 NO_2 感測器原型機測試選用 5 組以上來進行 3S 三種測試，並將模組與業者之商用空品感測載具架設場域測試對照附近環保測站儀器級的 NO_2 數值。實際應用於國內實地場域，部份測試地點為空氣品質監測站，依據各測站污染屬性選擇三種測站進行比對，包括高濃度測站（工業或交通測站）、中濃度測站（一般測站）及低濃度測站（背景測站），濃度等級分類亦如**錯誤! 找不到參照來源。**所示。此外，部份測試地點亦配合環保署規劃，於工業區內或市區交通要道旁進行布點驗證測試。將參考儀器所量測之濃度與原型機所量測到之訊號值進行統計分析，並計算其相關係數 R^2 值。業界技術合作成品機製作開發過程測試進行期間，將不斷的進行模組參數微調修正演算，以使模組訊號優化，場域比對測試，則將同時進行模組原型機之小型試量產，預計產生 20 組或以上之原型機。

NO_2 原型機之氣體模組之電路架構硬體(a)零組件連接電路架構與(b)模組機構。測試實驗參考以商用校驗之 Drager LC:EC meter NO_2 顯示濃度為參考依據。以一密閉測試箱內置商用校驗偵測器 Drager LC:EC meter NO_2，控制測試箱內 NO_2 濃度，進行原型機訊號數據電子化儲存硬碟管理與分析計算。並將原型機結合商用空品感測載具架設測試場域（監測站），模組數據以 URAT 格式藉由商用空品感測載具的無線傳輸平台上傳至雲端資料庫，測試數據經由雲端伺服器擷取分析，比對同時段環保署監測站的 NO_2 數值。

表 4-6、NO_2 測試之濃度級距

NO_2污染物種等級	低	中	高	非常高
ppb	20±5	50±10	150±30	300±60

二、執行成果

目前已完成原型模組場域測試數據與失效分析，並以測試相關度與國際產品測試資訊比較定義近期目標，與可插拔式整合感測模組，小型化整合電路板設計以及專利國家申請等項目，並發表一篇海報論文。實際分別應用高濃度交通測站-三重測站、中濃度測站-板橋測站及低濃度背景-古亭測站，目前在模組改良提升已有具體效果；在三重測站（高濃度），1.5 月測試比對符合 R^2>0.7，感測模組在三重站測試期間已長達 1 年，目前仍維持運作，未有明顯衰減現象。在板橋測站（中濃度）近 2 週場域測試，初步達到 R^2>0.6。建置於古亭測站（低濃度），持續進行資料收集比對中。

在今(108)年度之工作第一季感測複材元件搭配驅動電路與數據分析優化整合模組；光激發感測反應同步訊號擷取，光激發 NO_2 之感測機構原理與偵測方法如**錯誤! 找不到參照來源。**所示，內建硬體運算單元抗雜訊和漂移模式，數據演算法提升量測靈敏度及選擇性，目前精進改良微小化驅動整合模組設計為 4 pins 可插拔式感測單元如**錯誤! 找不到參照來源。**所示，電路板小型化設計 layout 如**錯誤! 找不到參照來源。**所示， 完成之 NO_2 模組加上採樣裝置外觀如**錯誤! 找不到參照來源。**所示，可測範圍濃度: 0~1000 ppb NO_2 gas，偵測極限< 50ppb; I2C/URAT 格式數據輸出。在感測元件小型試量產方面，在原型機比對中期即開始試產，共完成 20 組原型機，如**錯誤! 找不到參照來源。**所示。

在實驗室之 3S 測試之 NO_2 感測模組原型產品，性能測試穩度性達到 2.5% @150 ppb; 3.05% @50 ppb 合乎模組之環境應用，靈敏度測試對 50 ppb 之 Rs/R0 感度指標統計(1.08±0.03)，相對標準偏差 CV 3.05%，靈敏度測試線性度 R^2>0.95。

以上技術發表在 2019 新世代空氣品質監測與物聯網研討會「物聯網環境偵測之 NO_2 感測模組開發與場域測試評估」，智權獲證中華民國發明專利證號 I642924 "一種氧化性氣體檢測方法與裝置"，其他國家申請中有美國專利申請案號 15/855,933 與中國大陸 201711443954.X。

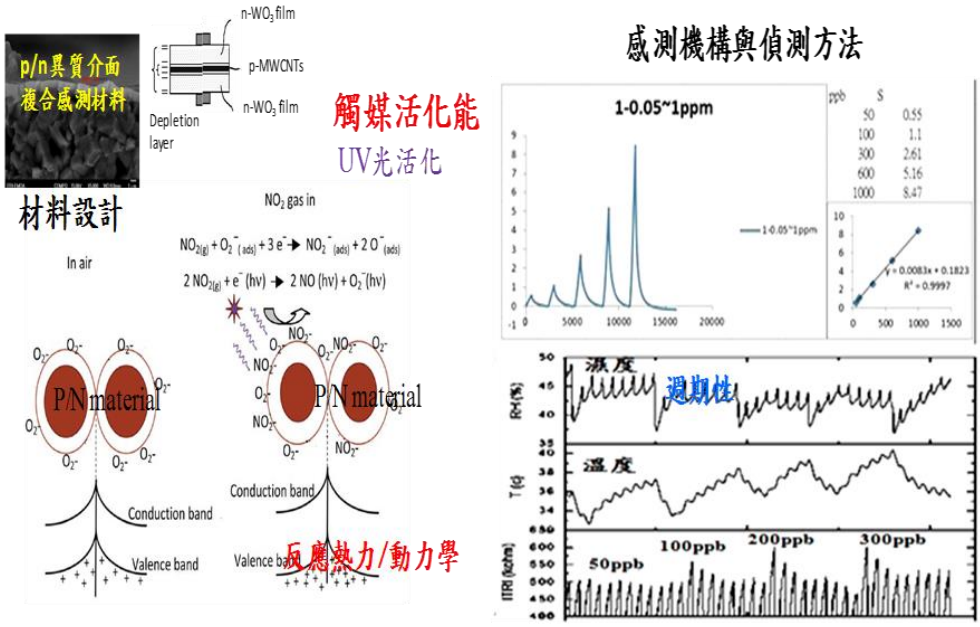


圖 4-49、光激發 NO_2 之感測機構原理與偵測方法

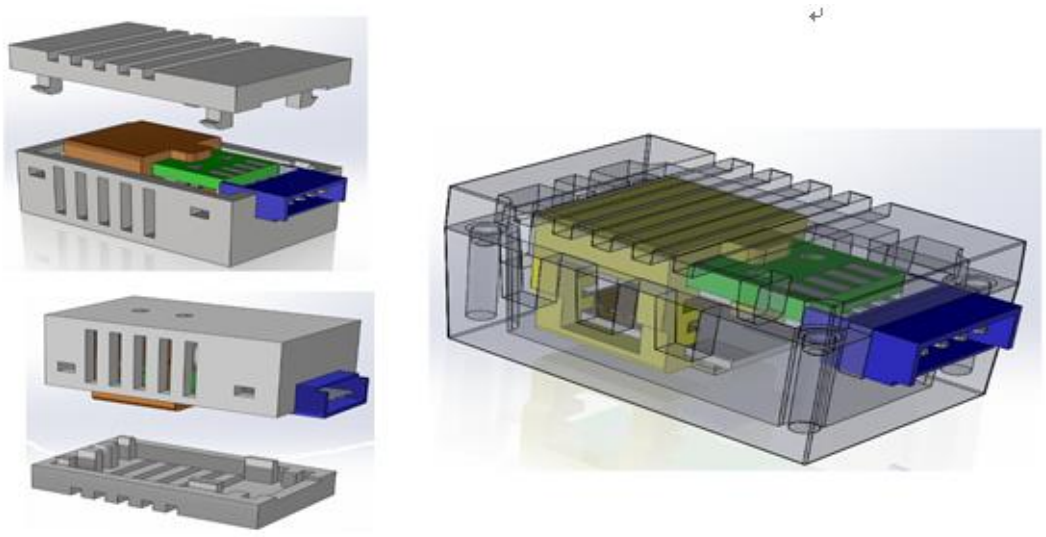


圖 4-50、微小化驅動整合模組可插拔式感測單元立體設計外觀

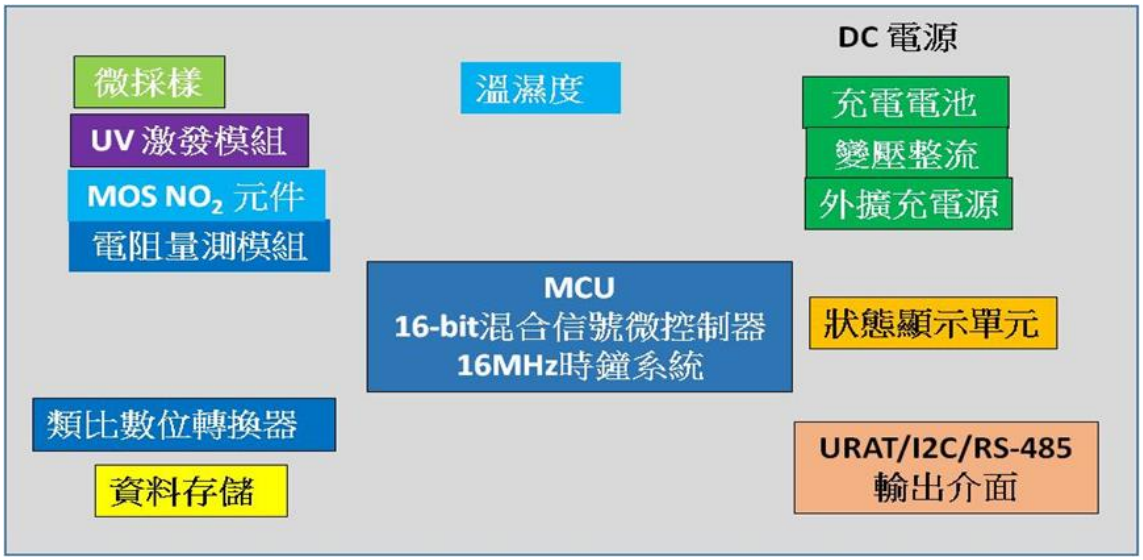


圖 4-51、電路板小型化設計 layout

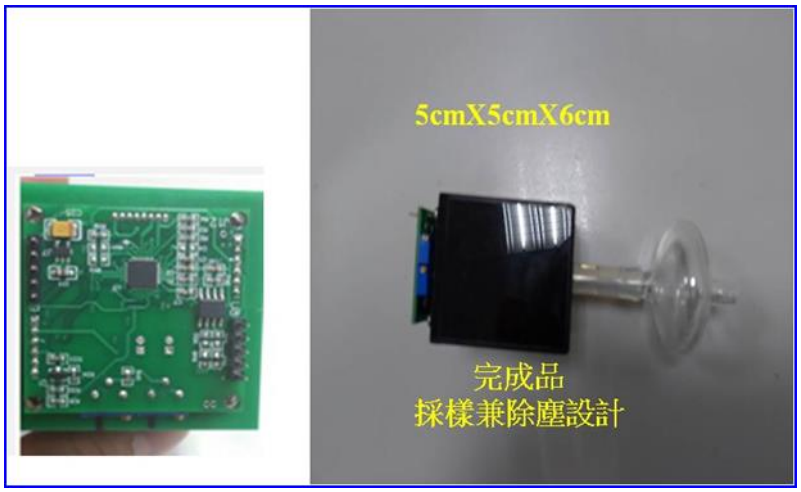


圖 4-52、小型化 NO_2 模組成品

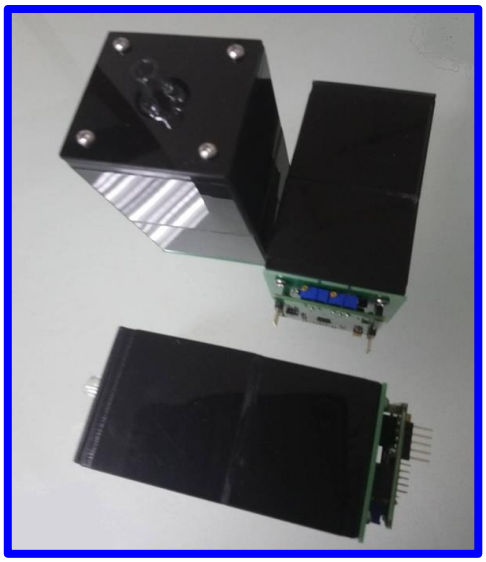


圖 4-53、精進後原型機模組外觀

改良感測電路模組設計在訊號處理上以 MCU 將讀取數據以程式運算與判別修正，硬體電路是原始訊號擷取不失真與更細微變化的完整性。MOS 元件是量測感測電阻訊號，需要時域與電性轉換，電路式讀取電壓訊號，擷取放大電路回歸真實訊號，採用 a.電路會根據起始電阻調整偏壓電流；b.硬體運算單元導入降雜訊模式的抗雜訊和漂移，雜訊模型根據資料特性可以調修正。MOS 元件經電阻式感測器介面電路，如**錯誤! 找不到參照來源。**右所示。處理之原始數據經轉換計算與動態基線調適演算流程以場域數據範例結果如**錯誤! 找不到參照來源。**左所示。

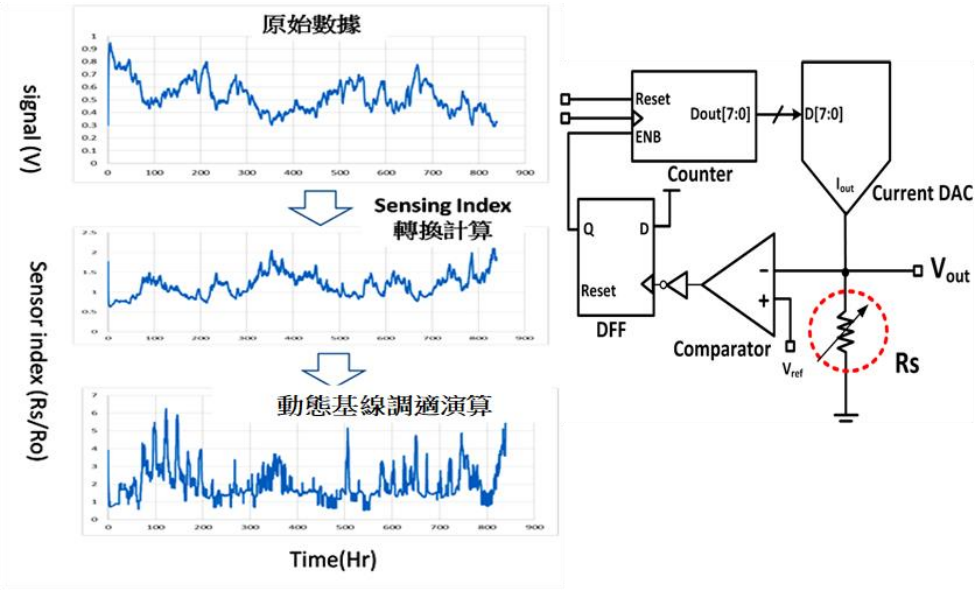


圖 4-54、感測訊號處理流程場域數據示範

NO_2 模組場域測試研究；戶外場域測試方面，在三重之期程自 108 年 1 月 24 日開始持續到 11 月 07 日數據收集分析來調整優化模組一致性，累積有 288 日，比對之標準為相同時段之三重測站數據(108.01.24~108.11.07)，數據比對之流程為將 EPA 測站數據與測試數據使用 excel 繪成散佈圖後，算出相關係數 R^2 值。國產化原型機模組架設三重環保測站之戶外百葉箱內，國產化 NO_2 布建機模組結合測試箱外觀如**錯誤! 找不到參照來源。**(a)與 NO_2 布建機於三重環保測站進行場域測試如**錯誤! 找不到參照來源。**(b)所示。對照測站儀器級的 NO_2 數值的場域測試在三重交通測站場域測試時間維持 1 個月之數據分析結果三重測站數據(108.01.24-108.02.26)，比對測站數據對於濃度>50 ppb 的發生時域吻合顯著訊號之判別，以 10 套模組 Rs/Ro 感度指標訊號趨勢圖比較結果，NO_2 感測原型機及鄰近環保署標準監測站時間濃度比較，模組間感測訊號趨勢表示符合一致性如**錯誤! 找不到參照來源。** (a)；模組機對照環保測站數值表示如**錯誤! 找不到參照來源。** (b)所示。

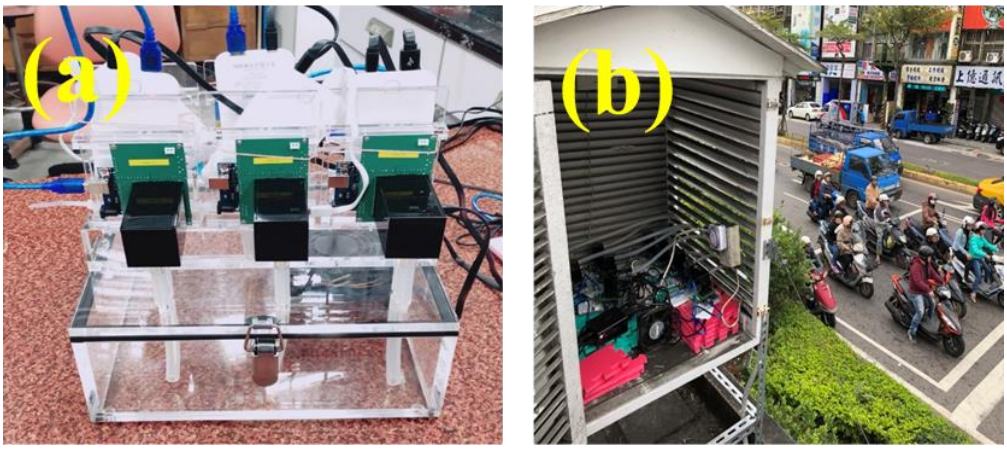


圖 4-55、(a)NO_2 布建機模組結合測試箱外觀；(b)NO_2 布建機於三重環保測站場域測試

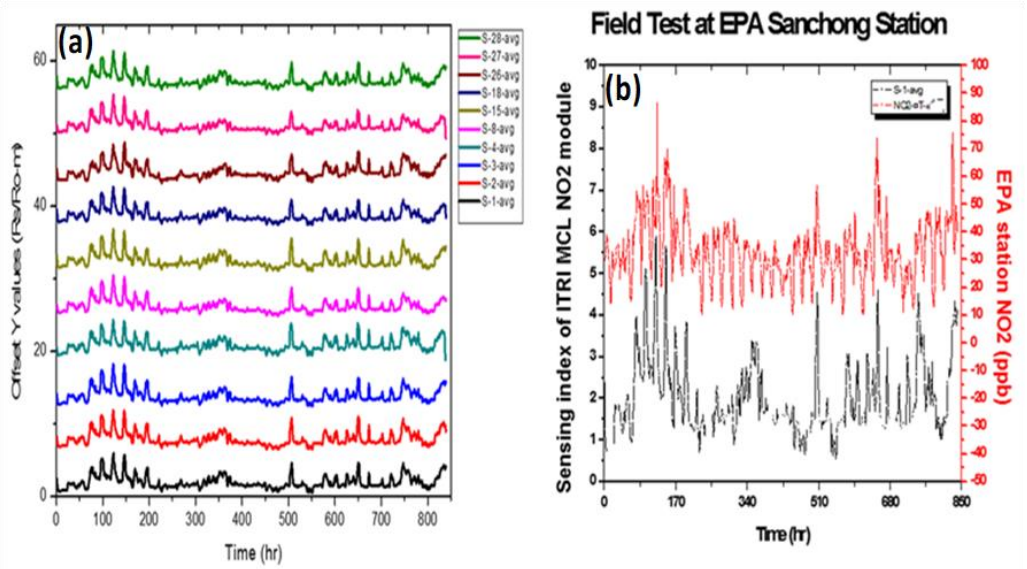


圖 4-56、NO_2 感測原型機與三重監測站 1 個月(108.01.24-108.02.26)場域時間濃度趨勢圖其中(a)10 套模組 Ro/Rs 小時平均值與(b)對照測站濃度數據的模組 Ro/Rs 訊號值趨勢

精進後 NO_2 感測模組之高中低三處場域測試比對結果

為了提高場域比對 R^2，藉著模組硬體驅動參數控制與玻璃防塵採樣機構改良，實際分別應用高濃度交通測站-三重測站、中濃度測站-板橋測站及低度背景-古亭測站。經在三重測站經在三重測站(108.07.4~108.09.17)累積測試時間有 75 天，比對符合達到 R^2>0.6，結果分析以第一個月 (108.07.4~108.08.1)之場域測試比對符合 R^2>0.6 相關性如圖 4-57 所示，分段時間區域計算分析結果如圖 4-58 與圖 4-59 所示，三重測站(108.07.4~108.07.16)之 8 套模組場域測試比對如圖 4-60 所示，結果 R^2>0.5 甚至有高達>0.7，分析三重測站場域 NO_2 平均濃度 27 ppb，大致分布範圍在 12~50 ppb。

本開發感測模組在三重站測試期間已持續長達 1 年的改良提升，目前仍維持運作，未有明顯衰減現象(生命週期)，目前持續在三重測站(高濃度)(108.08.1-108.09.17)進行場域測試持續時間有 47 天，比對符合 R^2>0.7 如圖 4-61 所示，而且分別 6 套模組場域比對符合一致性，計算分析 CV 介於 0.4~0.53，如圖 4-62 所示。

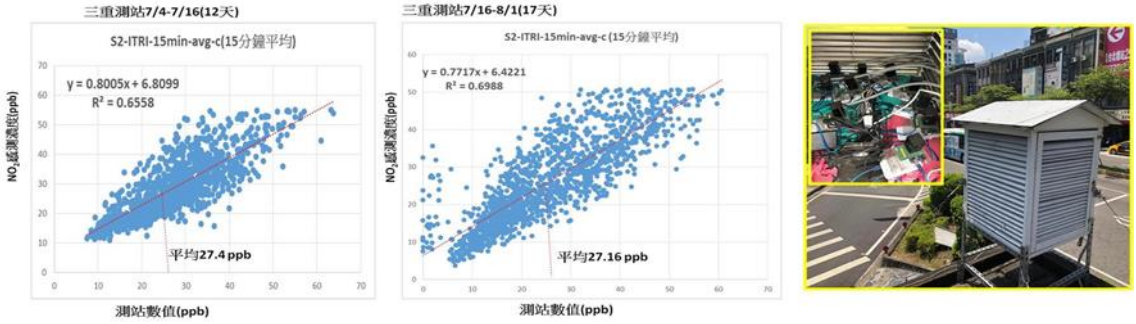


圖 4-57、三重測站模組累積 1 個月場域測試符合 R^2>0.65 相關性

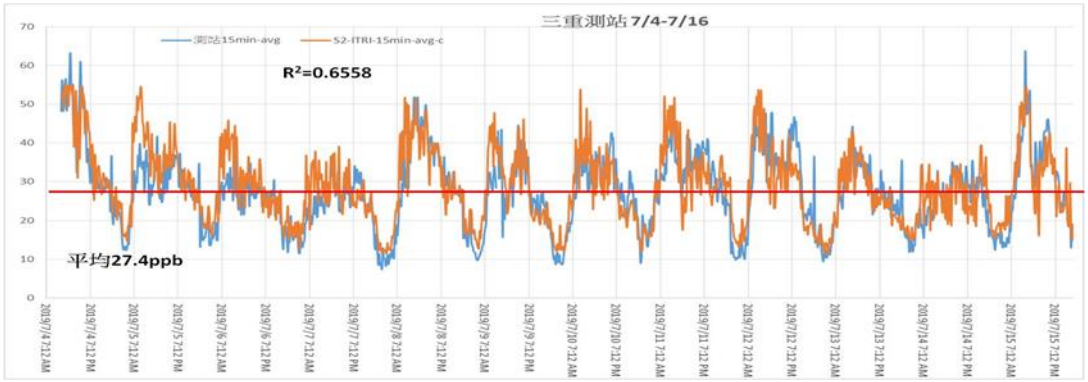


圖 4-58、三重測站 7/4~7/16(12 days)場域測試 R^2 計算

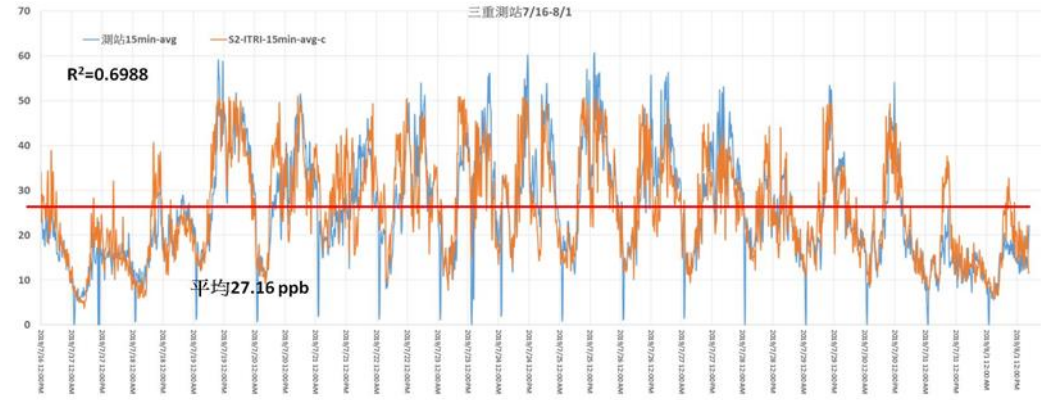


圖 4-59、三重測站 7/16~8/1(17 days)場域測試 R^2 計算

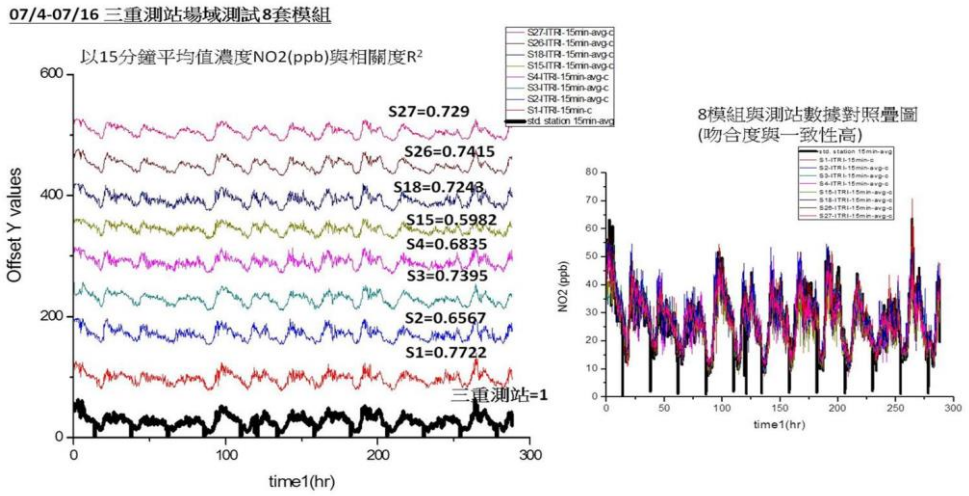


圖 4-60、三重測站 7/4~7/16 之 8 套模組場域測試比對

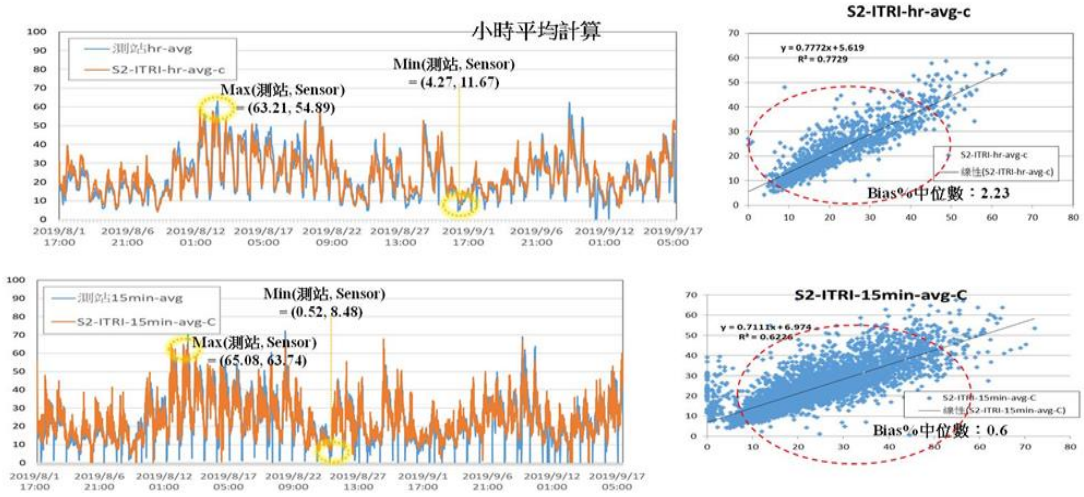
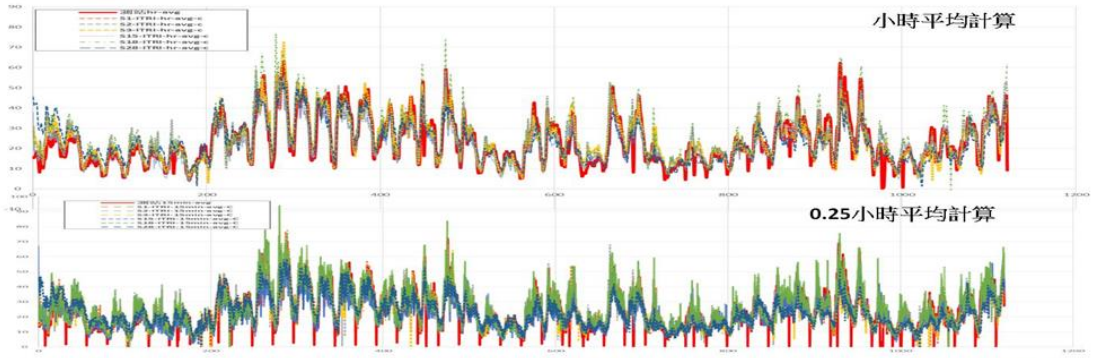


圖 4-61、三重測站 8/1 PM5:00~9/17 AM9:00 時間 46.7day 之場域比對



儀器	S1	S2	S3	S15	S18	S28	三重測站
mean	23.75	23.73	23.75	21.93	25.70	23.19	23.30
CV	0.45	0.43	0.45	0.41	0.53	0.40	-

圖 4-62、三重測站 8/1 PM5:00~9/17 AM9:00 分別 6 套模組場域比對符合一致性

持續在板橋測站（中濃度）10/2~10/15 進行場域測試 (13days)，初步達到 R^2>0.6。板橋測站 2019/10/2 AM10:00～2019/10/15 AM10:15 (13days)場域測試數據分析計算如圖 4-63 所示，小時平均 R^2>0.6；15 分鐘平均 R^2>0.5。分析板橋測站場域 NO_2 平均濃度 15 ppb，主要集中分布範圍在 8~30 ppb。

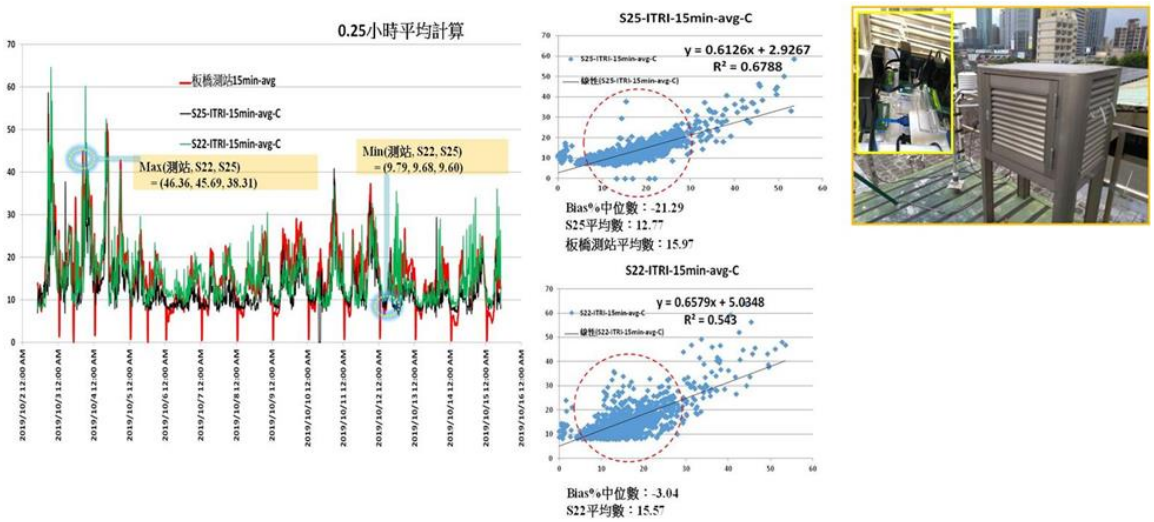


圖 4-63、板橋測站 2019/10/2~2019/10/15 (13days)場域測試

建置於古亭測站（低濃度）持續資料收集比對古亭測站 2019/10/07 之 15:00 ~2019/10/15 13:00 (7.9days)場域測試 R^2>0.4 如圖 4-64 所示，二周 2019/10/24-15:00 ~2019/11/07 13:00 (13.9days)場域測試 R^2>0.3 如圖 4-65 所示，由於該測站 NO_2 平均濃度約 11 ppb，且集中在<10 ppb，對模組而言已經低於偵測下限了。

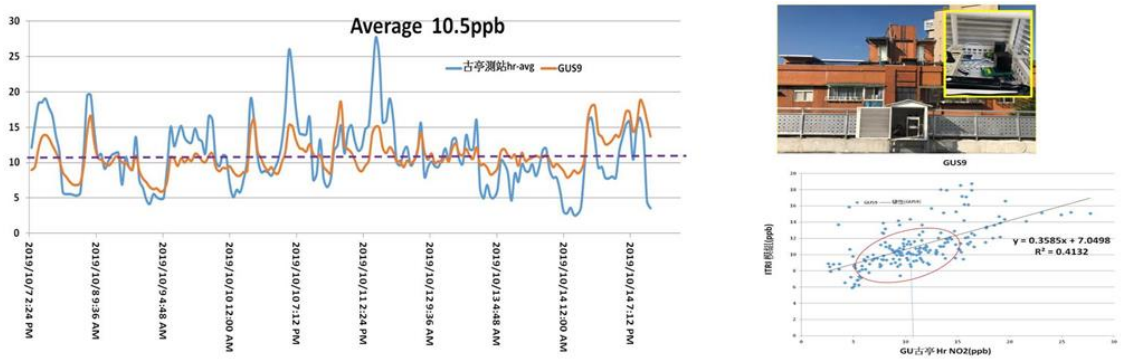


圖 4-64、古亭測站 2019/10/07 15:00 ~2019/10/15 13:00 (7.9days)場域測試

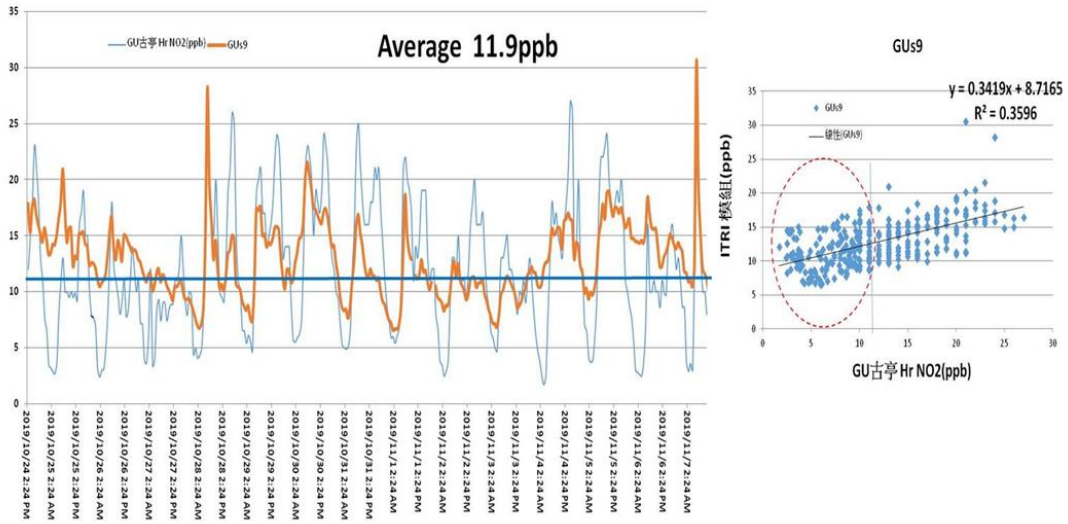


圖 4-65、古亭測站 2019/10/24 15:00 ~2019/11/07 13:00 (13.9days)場域測試

由三種不同低中高濃度分布的測站場域分析，高濃度交通測站-三重測站 NO_2 平均濃度 27 ppb，大致分布範圍在 12~50 ppb，結果 R^2>0.5 甚至有高達>0.7。在板橋測站（中濃度）NO_2 平均濃度 15 ppb，主要集中分布範圍在 8~30 ppb，計算小時平均 R^2>0.6；15 分鐘平均 R^2>0.5。古亭測站（低濃度）該測站 NO_2 平均濃度約 11 ppb，且集中在<10 ppb，一週場域測試僅 R^2>0.4 對模組而言已經低於偵測下限了。

由場域測試 R^2 測站比對分析結果與國際產品測試資訊比較，以 AQ-SPEC Field Evaluation 產品網站資訊(http://www.aqmd.gov/aq-spec/evaluations/summary-gas)，目前國產 NO_2 模組場域測試在中高濃度 0.5<R^2<0.8 已具備效能上國際競爭力，對照國際其它品牌電化學(EC)與半導體氧化物(MOS)代表,如圖 4-66 所示，其中相關性 R^2 比較排行為 Aeroqual 電化學式 0.77；Unitec 半導體 0.6-0.65 與 Vaisala 電化學式 0.43-0.61。

AQ SPEC Field Evaluation

Make (Model)	sensor type	*Field R^2
Aeroqual (AQY) Ver. 0.5	Electrochem	0.77
Air Quality Egg Ver. 1	Metal Oxide	0.4
AQMesh Ver. 4.0	Electrochem	0.0 to 0.46
CairPol Cairsens	Electrochem	0.12
Magnasci SRL	Electrochem	0.03
Smart Citizen Kit	Metal Oxide	0
Spec Sensors	Electrochem	0.0 to 0.16
UNITEC (SENS-IT)	Metal Oxide	0.60 to 0.65
Vaisala	Electrochem	0.43 to 0.61

(Ref. http://www.aqmd.gov/aq-spec/evaluations/summary-gas)

圖 4-66、NO_2 感測之國際產品測試資訊相關性 R^2 比較

NO_2 模組小型試量產

在感測元件/模組小型試量產方面，在小型劃改良之原型機測試中期即開始試產，共完成 20 個原型機，如圖 4-67 所示。

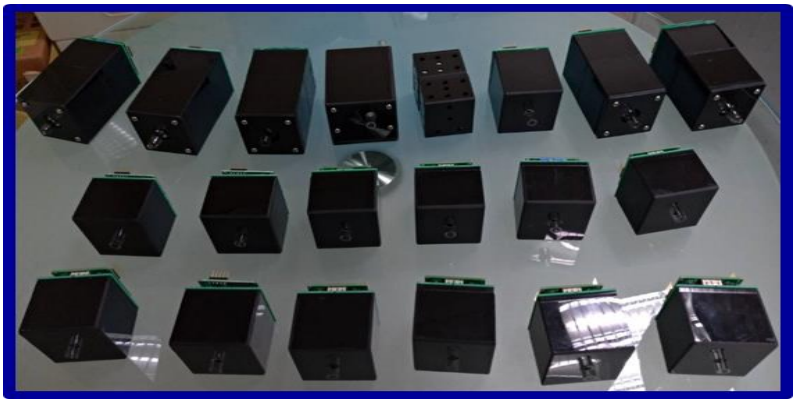


圖 4-67、試量產 20 個原型機模組

三、結論與建議

本開發 NO_2 模組進行累積有 288 日的場域測試結果的改良精進，並由三種不同低中高濃度分佈的測站場域分析，精進版的模組在累積測試時間有 75 天，結果評估最適用在高濃度交通測站-三重測站分佈範圍在 12-50ppb，結果 R^2>0.5 甚至有高達>0.7。其次是在板橋測站(中濃度)集中分佈範圍在 8-30ppb，計算小時平均 R^2>0.6；15 分鐘平均 R^2>0.5。然而，目前不適用 NO^2<10ppb 如古亭測站(低濃度)一周場域測試僅 R^2>0.4 對模組而言已經低於偵測下限了。

此階段感測技術成熟度應可產品化 NO_2 感測模組，後續串連整合從元件到系統的物聯網產業鏈的業者的分工與技術授權及移轉，完成商品化、並進行應用推廣等工作。

4.3、可國產化之空氣品質感測技術評估

本年度計畫亦將針對空氣污染物感測技術進行資料蒐集及分析，根據目前已收集之資料分析，未來國內因應環境品質及工安需求之前提下，可國產化之空氣品質感測元件以懸浮微粒(PM)、NOx 及酸氣等之需求較為迫切，說明如下：

一、PM 空氣品質感測元件評估：

1. 國際趨勢及市場預測

隨著世界工業的發展，全世界各地工廠的廢氣、燃煤發電、汽車排廢氣，不斷的快速增加，而這些空氣污染物持續排放累積在大氣中，形成嚴重的空氣污染，特別是細懸浮微粒(fine particulate matter)，細懸浮微粒是指粒徑小於等於 2.5μm 之懸浮微粒($PM_{2.5}$)。許多研究已證實這些細懸浮微粒會對呼吸系統和心血管系統造成傷害，導致哮喘、肺癌、心血管疾病、出生缺陷和過早死亡等問題。根據世界衛生組織預估，2020 年全球的肺癌疾病死亡率將上升到疾病死亡的第五位。另外因為近年霧霾現象頻繁出現於全球各大城市，使得細懸浮微粒監測需求大為提高。

根據法國市調機構 Yole Development (2016)預估，2021 年氣體感測器的使用量會從 2014 年的 120 萬個，增加到 3 億 5,000 萬個，成長約 300 倍，產值將

超過 20 億美元。另外根據 IDTechEx Research 的市場報告，如圖 4-68，智慧城市結合物聯網將帶動氣體感測器高成長，全球空氣品質感測器產值，由 2017 至 2027 年之成長率高達 7.5 倍，其中以戶外、室內及可攜式空品感測器成長之空間最大。

2017 年全球微粒感測/量測市場規模 1.46 億美元，如圖 4-69。至 2023 年微粒感測/量測市場將達 2.04 億美元，產值年複合成長率(CAGR)為 5.7%。其中預估以室內清淨系統之市場成長最大，而環境與工業安全則維持佔有最大市場。

其中室內清淨系統占銷售數量比例高達 96%，車用空調清淨 3.2%次之。出貨量前三大 Sharp（日本）、Plantower （中國）、Shinyei（日本），即占了 80%市場比重，主要市場為消費性產品與室內清淨系統。而以銷售金額來看，PMS 廠牌銷售金額最高為，主要用於無塵室，故單價較高，佔 2017 年總銷售的 56%。

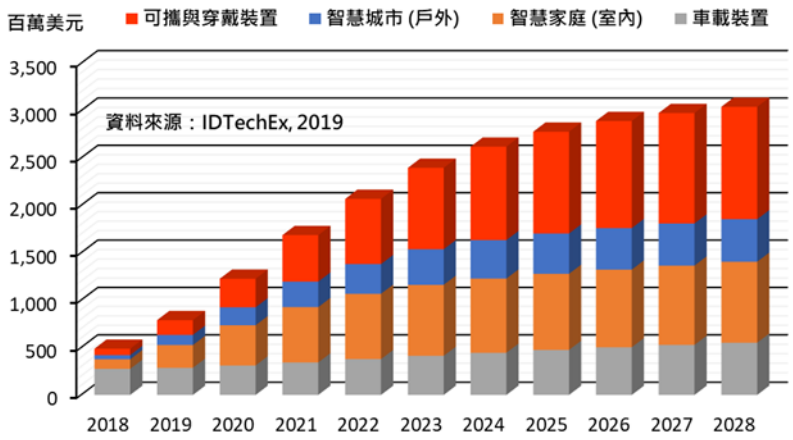
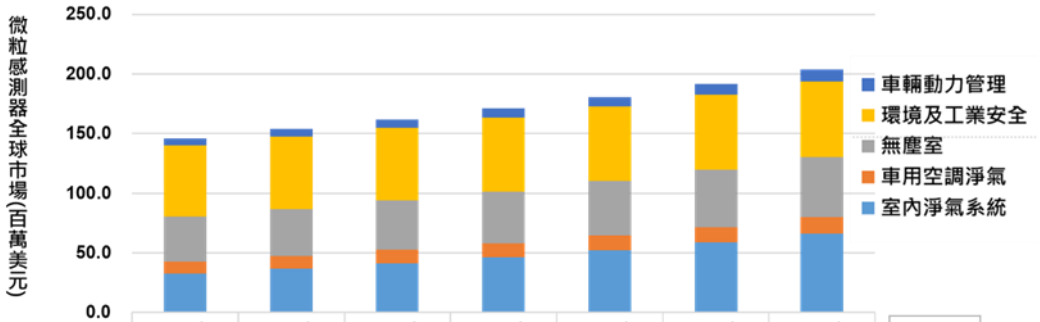


圖 4-68、IDTechEx Research 2019 年的市場報告



	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年	CAGR
車輛動力管理	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.0	9.9	10.0 %
環境及工業安全	60.0	60.6	61.2	61.8	62.4	63.1	63.7	1.0 %
無塵室	37.6	39.5	41.5	43.5	45.7	48.0	50.4	5.0 %
車用空調淨氣	10.1	10.6	11.2	11.7	12.3	12.9	13.6	5.0 %
室內淨氣系統	32.6	36.7	41.2	46.4	52.2	58.7	66.1	12.5 %

圖 4-69、全球微粒感測器市場統計及未來成長預估

2. 應用情境或場域

根據上述市場預估資料可知，未來微粒感測/量測器以室內清淨系統市場之成長空間最大，而環境與工業安全則維持佔有最大市場。故應用情境除既有之智慧城市、智慧環境治理等應用外，建議可朝下列方向思考：

(1) 廠區及工安之應用，如圖 4-70 所示：以高科技廠為例，目前高科技廠排放之微粒大都小於 1.0 μm 之微粒，廠區周界背景也以小微粒為主，因此高科技廠區應用將有以下方向：

a、 提升產品良率：用微粒感測器監測廠內區域、周界等污染，可結合微粒感測器、氣象儀及影像辨識，了解是否為廠外污染，結合 AI 平台自動加強進氣設備之處理效率。同時監控無塵室、精密製程區以及產品上之落塵等，降低產品缺陷，並提升良率。

b、 監控工廠安全：結合微粒、溫度、濕度、壓力、電流、氣體、熱影像等感測器，偵測廠內設備或管線是否有異常點，可提早發現避免發生工安災害或意外損失。

c、 污染排放監控：利用微粒感測器結合 AI 控制，監測排放管道否有異常濃度排放，如有異常以 AI 系統回饋至防制設備提高處理效率，並進行排放控制。

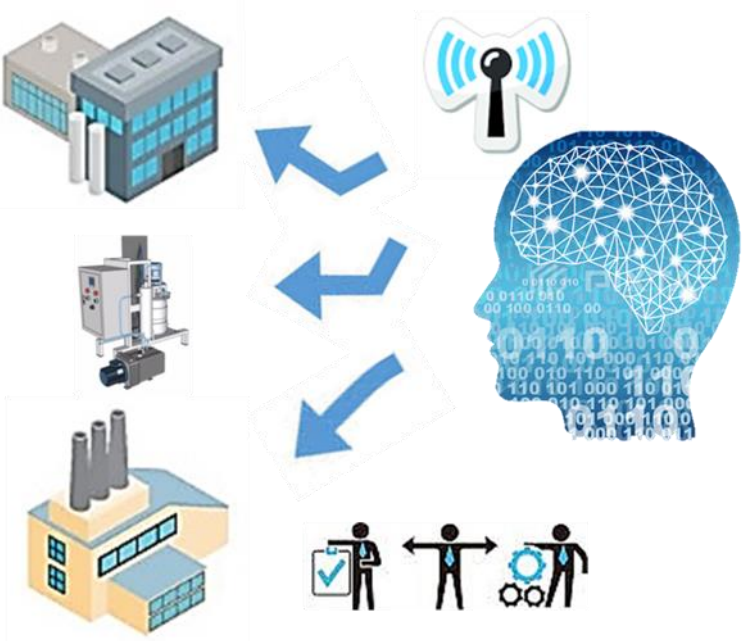


圖 4-70、微粒感測器在廠區及工安之應用

(2) 室內空氣品質管理應用：結合智慧居家系統，微粒感測器可監測室內及周圍的環境空氣品質變化，通過使用感測器的濃度趨勢比較。可以做為智慧居家系統是否吸入新鮮空氣或啟動清淨處理系統之參考，同時給予外出及活動之建議。廚房區域油煙監控，可作為油煙是否過高，為避免污染其他區域，是否應啟動油煙處理及空氣處理設備之判斷依據，如**圖 4-71** 所示。



圖 4-71、室內空氣品質管理應用示意圖

(3) 汽車內外空氣品質管理應用，如圖 4-72 所示：通過使用感測器信號的相

對變化程度與移動平均參考進行比較來估算污染變化。感測器可同時監測汽車內部及周圍的環境空氣品質變化，可以做為駕駛者控制進氣門是否吸入新鮮空氣之參考。如果車外空氣中含有潛在有害物質，則可保持進氣門關閉狀態，同時車外之空品資訊亦可做為車外活動之建議。

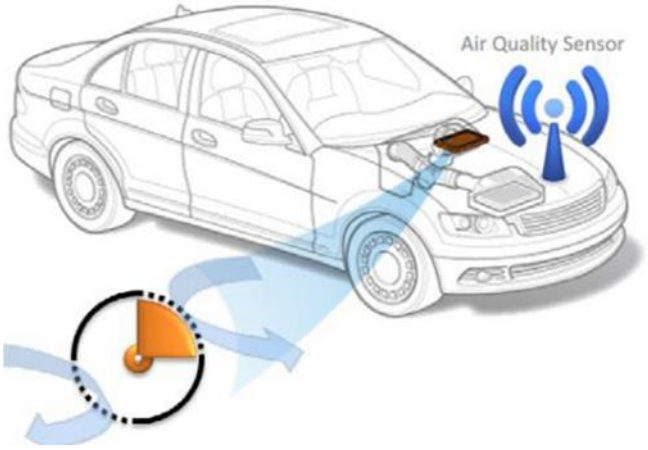


圖 4-72、汽車內外空氣品質管理應用示意圖

3. 技術發展現況（既存已久之高階儀器不列入評估）

既有之商品及國際文獻分析之結果如表 4-7 所示，以偵測原理來分類，目前的 PM 感測器可分為 3 大類，第一類為最常見使用最廣泛的光學感測/量測儀器，價格由 16 美金至 1.5 萬美金。其中低價之簡易式體積及重量均偏低，在功能上皆無粒徑篩選機制，且偵測粒徑下限亦偏高，廠牌以中國、日本及韓國為主。中階以上之光學儀器皆有粒徑篩選機制，可同時量測數個粒徑範圍，可偵測之粒徑下限亦低。

第二類為石英為天平震盪器為主的 QCM 或 SAW 感測/量測器，其中以 MENs 為基礎的 QCM 元件，屬於簡易式且無粒徑篩選機制之感測器，其餘均屬大型之儀器且均有微粒篩選裝置。QCM 或 SAW 感測/量測器中除 QCM MOUDI (MSP)外，均未商品化仍屬於學術研究之開發階段，QCM MOUDI 屬高價位之精密儀器，其粒徑偵測下限< 0.1μm。

第三類則為以偵測電子/電流訊號的法拉第杯為主的感測/量測器，其中 Naneos Partector Sensor 及 Pegasor AQ Urban 為商品化之儀器。由文獻來看，此類之儀器大部分屬中高階儀器，新開發者均具微粒篩選裝置，體積均偏大重量亦

高。以量測之粒徑範圍來看，大都以奈米到次微米為主要訴求。

以整體技術來看，未來發展以 QCM 搭配 MENs 及以偵測電子/電流訊號之感測器有比較大之研究與開發空間，且以偵測小於 1.0 μm 之微粒為主要發展趨勢。

表 4-7、PM 感測/量測技術彙整（既存已久之高階儀器不列入評估）

原理	進口 粒徑篩選	量測粒徑 範圍(μm)	偵測粒徑 下限(μm)	尺寸 (mm)	重量 (kg)	價格 (UDS)	廠商 or 文獻
optical	無	>1.0	1.0	46*30*18	0.016	16	GP2Y1010AU0F, Sharp Microelectronics, Japam
	無	>1.0	1.0	71*70*23	0.024	20	DSM501A, Samyoung, South Korea
	無	>1.0	1.0	59*46*18	0.023	25	NIDS SM-PWM-01A-HS, Amphenol Advanced Sensors, South Korea
	無	0.3–10	0.3	48*37*12	-	45	PMS 7003, Plantower, China
	無	>1.0	1.0	59*49*22	0.024	85	PPD42NS, Shinyei Technology, Japan
	無	0.38–17	0.38	75*53*60	0.15	500	OPC-N2, Alphasense, UK
	無	>0.5	0.5	90*90* 23	0.12	590	AES-1000-05N, Shinyei Technology, Japan
	微粒篩選器	PM_{10}, $PM_{2.5}$, $PM_{1.0}$, TSP	0.1	650*270*165	6.4	5500	E-Sampler, Met One, USA
	微粒篩選器	PM_{10}, $PM_{4.0}$, $PM_{2.5}$, $PM_{1.0}$, TSP	0.1	140*220*220	2.02	15000	DustTrak drx, TSI, USA
quartz crystal oscillator/ surface acoustic wave + MENs	$PM_{2.5}$ 採樣器	0.045-2.5	<0.1	380*380*580	20.5	>50000	2016, A novel quartz crystal cascade impactor for realtime aerosol mass distribution measurement (QCM MOUDI, MSP)
	虛擬衝擊 (2.65μm 模擬)	$PM_{2.5}$	-	-	-	-	2016, Airborne particulate matter classification and concentration detectionbased on 3D printed virtual impactor and quartz crystal microbalancesensor
	無	-	-	-	-	-	2017, A Miniaturized Aerosol Sensor Implemented by a Silicon-based MENs Thermal-Piezoresistive Oscillator
	Cyclone (2.5μm)	$PM_{2.5}$	-	-	-	-	2018, Detection of Particulate Matter of Size 2.5 μm with a Surface-Acoustic-Wave Sensor Combined with a Cyclone Separator
faraday cup/ mobility	無	nano~PM_{10}	0.1	134*78*29	0.44	7000	2014, Aerosol Measurement by Induced Currents. (2014, AQ-SPEC: Naneos Partector Sensor)
	無	0.03-0.5	-	140*110*60	-	-	2017, A Miniature Aerosol Sensor for Detecting Polydisperse Airborne Ultrafine Particles
	虛擬衝擊 (0.96μm)	0.02 to 1.0	-	100*200*150	-	-	2018, Design and Performance Evaluation of a PN1 Sensor for Real-Time Measurement of Indoor Aerosol Size Distribution

原理	進口 粒徑篩選	量測粒徑 範圍(μm)	偵測粒徑 下限(μm)	尺寸 (mm)	重量 (kg)	價格 (UDS)	廠商 or 文獻
	PM_{10} 篩選器	$PM_{1.0}$, $PM_{2.5}$, PM_{10}	-	500*350*200	15	-	2018, Field comparison between electrostatic charge and light scattering monitors for continuous monitoring of airborne $PM_{1.0}$, $PM_{2.5}$, and PM_{10} mass concentrations
	Cyclone (2.0μm 模擬)	>0.01	-	320*250*1000	20	-	2018, White Paper Pegasor AQ Urban

4. 國內發展策略

根據上述既有之商品及國際文獻分析之結果，目前仍以光學儀器為主流，但新開發之量測/感測技術則以 QCM 搭配 MENs 及以偵測電子/電流訊號之感測器較具開發潛能，且以偵測小於 1.0 μm 之微粒為主要發展趨勢。

而根據環保署統計，歷年來全國空氣品質測站紅害日數雖然已逐年減少，但天空經常還是霧茫茫一片。學者研究發現，影響能見度的因素之一，可能是過去較常被忽略的 $PM_{1.0}$ 懸浮微粒。有越來越多的文獻指出超細微粒的毒性作用會影響大腦，同時亦會造成細胞毒性、組織潰瘍、細胞活力降低、和呼吸窘迫等。美國約翰霍普金斯大學（Johns Hopkins University）多領域專家組成的聯合研究團隊則分析發現，$PM_{1.0}$ 的暴露會增加早產的風險。因此初步建議懸浮微粒之感測技術後續應朝 $PM_{1.0}$ 監測之方向發展。此外固定污染源煙道 $PM_{2.5}$ 排放連續監測，亦是產業界目前迫切需要，除可做為工廠污染排放之管理，亦可做為管制策略訂定之參考。

5. 參考文獻

(1) AES-1000-05N, Shinyei Technology, https://www.shinyei.co.jp/stc/eng/
(2) PPD42NS, Shinyei Technology, https://www.shinyei.co.jp/stc/eng/
(3) OPC-N2, Alphasense, http://www.alphasense.com/.
(4) PMS 7003, Plantower, http://www.plantower.com/.
(5) DSM501A, Samyoung, https://www.samyoung.co.kr/.
(6) NIDS SM-PWM-01A-HS, Amphenol Advanced Sensors, https://www.amphenol-sensors.com/en/.
(7) GP2Y1010AU0F, Sharp Microelectronics, https://www.sharpsma.com/.
(8) E-Sampler, Met One, https://metone.com/.

(9) DustTrak drx, TSI, https://www.tsiinc.com/tsi-worldwide/tsi-usa-inc.
(10) Martin Fierz, et al., 2014, Aerosol Measurement by Induced Currents. (2014, AQ-SPEC: Naneos Partector Sensor)
(11) Modi Chen, et al., 2016, A novel quartz crystal cascade impactor for realtime aerosol mass distribution measurement (MSP)
(12) Hang Zhou, et al., 2016, Airborne particulate matter classification and concentration detectionbased on 3D printed virtual impactor and quartz crystal microbalancesensor
(13) Chia-Chun Chu, et al., 2017, A Miniaturized Aerosol Sensor Implemented by a Silicon-based MENs Thermal-Piezoresistive Oscillator
(14) Chao Zhang, et al., 2017, A Miniature Aerosol Sensor for Detecting Polydisperse Airborne Ultrafine Particles
(15) Junho Hyun, et al.,2017, Design and Performance Evaluation of a PN1 Sensor for Real-Time Measurement of Indoor Aerosol Size Distribution.
(16) Fung-Yu Kuo, et al., 2018, Detection of Particulate Matter of Size 2.5 μm with a Surface-Acoustic-Wave Sensor Combined with a Cyclone Separator
(17) Panich Intra, et al.,2018, Field comparison between electrostatic charge and light scattering monitors for continuous monitoring of airborne PM1.0, PM2.5, and PM10 mass concentrations.
(18) Pegasor, 2018, White Paper Pegasor AQ Urban, www.pegasor.com.
(19) Luyun Jiang, 2018, Gas Sensors for Internet of Things, IDTechEx, http://www.idtechex.com/.
(20) Guillaume Chansin, 2018, Printed and Flexible Sensors: From Healthcare to IoT , IDTechEx, http://www.idtechex.com/.
(21) Eric Mounier and Benjamin Roussel, 2018, Gas & Particle Sensors Report 2018, Yole development, http://www.yole.fr/.
(22) Benjamin Pussat, 2019, Particle Sensors Comparison 2019, System plus consulting, www.systemplus.fr.
(23) Joel Kuula1, et al., 2019, Applicability of Optical and Diffusion Charging-Based Particulate Matter Sensors to Urban Air Quality Measurements.

二、工業用感測元件 NO_x 評估：

1.國際趨勢及市場預測

城市化以及經濟、人口的增長，使全球城市的車輛使用、工業發展和能源消耗大幅增加，導致城市裡空氣污染愈來愈嚴重。為有效改善空氣品質，必須能準確測量、監測和管理污染源。目前，大多數城市使用儀器等級空氣品質監測站來測量空氣污染程度，然而其高成本限制了部署的數量，因而造成覆蓋範圍不足，無法有效追蹤環境空氣污染來源。

物聯網的發展為智慧城市的空氣品質監測和管理提供了嶄新的可能性。感測器和通信技術的持續演進，使空氣品質監測解決方案的尺寸更小、成本更低、更在地化。以美國加州奧克蘭和蘇格蘭格拉斯哥為例，其將感測器安裝到移動物體上（例如汽車和貨車），以即時動態收集有關街道內空氣品質的數據，大幅提升空污來源追溯之即時性與有效性。

根據 IDTechEx Research 2019 年的市場報告，全球空氣品質感測器市場產值預估由 2018 年至 2028 年將由 4 億 9 千萬美元成長至 30 億美元以上，其中智慧城市含智慧家庭的總產值超過整體市場的 50%。

全球氣體感測器市場統計分析，氣體感測器市場非常分散，參與業者眾多。全球銷售額前三名依序為 BOSCH、Delphi、NGK-NTK，均為應用於交通載具動力管理(lambda probe：O_2, NO_x, NH_3)，產業研究機構 Yole Développement(Yole)研究指出，戶外空氣污染是 21 世紀的一大挑戰，2014 年全球有大約 400 萬人因此而死亡。而 2016 年，全球超過 90%的人口生活環境中的空氣污染物含量高於 WHO 設定的標準。嵌入氣體和微粒感測器的空氣清淨機系統市場預計將從 2017 年的 160 億美元擴大到 2023 年的 330 億美元，年複合成長率(CAGR)高達 12.5%。整體而言，氣體與顆粒感測器 2018 年市場規模約 8 億美元，2020 年約 9 億美元，2022 年將挑戰 10 億美元大關(圖 4-73)，應用領域包括國防與工業、車輛動力管理、環境等領域。

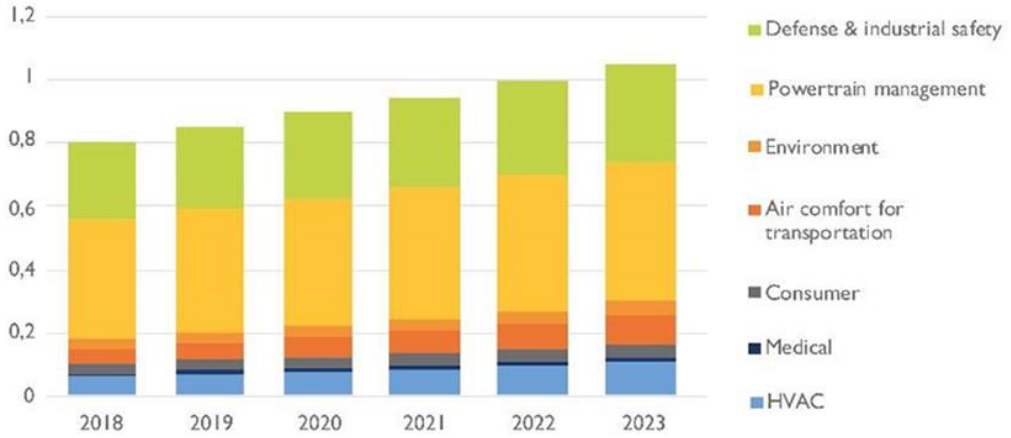


圖 4-73、2018~2023 氣體感測器市場應用與發展趨勢

2.應用情境或場域

經國內外研究報告顯示工業固定污染源為空氣污染主要來源，佔整體空氣污染物排放量七成至九成的貢獻量。諸如總懸浮微粒、氮氧化物及硫氧化物等，也均以工業製程為最主要來源。其中氮氧化物 NO_x(NO、NO_2)為大氣主要的污染物約占了整體空氣污染物的 34.7%，主要污染來源是發電廠的礦物燃料（煤、燃油）高溫燃燒或汽機車引擎廢氣的排放，其中機動車輛 NO_x 排放量約占總 NO_x 排放量的 36%，發電廠重工業占了約 28%，這兩項污染源即占了 NO_x 總量的 64%。因此為求空氣品質有效改善，將固定污染源中空氣污染物的排放管制工作加以落實當是首要任務。

3.技術發展現況

NO_2 高濃度主要污染源是來自交通運輸燃油尾氣與工廠廢氣煙霧，目前對於 NO_2 的偵測方式有 Saltzman 光譜法、化學發光法、電化學法等，Saltzman 光譜法之偵測以紫外光/可見光光譜儀量測光學強度之變化來推算空氣中 NO_x 的含量，須以採樣品的方式收集氣體，無法進行 NO_2 的即時監測。工廠煙道污染 NO_x 濃度偵測為工廠煙道連續光學監測系統 CEMS (Continuous Emission Monitoring Systems)設施價昂（千萬級/套），於煙囪上裝設自動量測儀器，24 小時量測空氣污染物排放狀況，環保局則可透過網路連線隨時監控空氣污染物排放濃度。然而，煙道連續監測系統 CEMS 於煙囪上裝設自動量測儀器設施價昂與維護。全國近八成的煙囪無法讓政府與外界得知即時的排放數據，對煙道廢氣或車用廢

氣的監控，市面上現行流通的氣體感測器，皆為國外進口電化學式半導體感測器如:NGK NOx sensor 以氧化鋯高溫電化學法用於汽車引擎廢氣偵測，感測探頭不包括主機之網路美金售價 USD.100~150，然而商用中高濃度的 NO_2 感測器尚未有結合物聯網化與布建設計在工業應用上。

4.國內發展策略

重工業與交通是主要產生 NO_2 污染源，對呼吸疾病公衛健康不容忽視氮氧化物 NO_x 之概述 NO（一氧化氮）主要由 NO_2（氮氧化物），由於高溫燃燒，從機動車輛和工廠排放不僅燃燒，它不能被從自然界忽略排放。固定污染源為空氣污染主要來源，佔整體空氣污染物排放量七成至九成的貢獻量，將固定污染源中空氣污染物的排放管制工作加以落實當是首要任務，全國近八成的煙囪無法讓政府與外界得知即時的排放數據。

環境感測物聯網的監控偵測大數據系統是世界趨勢，然而普及平價化偵測布建需求，氣體儀器型的連續偵測成本高不適用。

(1) 傳統採樣管需專業人工作業前處理與儀器分析，數據取得耗時冗長，無法做為即時與大數據化偵測應用。

(2) 連續光學監測系統 CEMS 於煙囪上裝設自動量測儀器設施價昂（千萬級）與定期校正維護耗材成本。

全國燃油鍋爐約 3,800 餘座，且中小企業鍋爐煙道氣 NO_x 多無廢氣處理設施，大型企業可藉由法規加嚴與稽核誘導廠商主動降低空污量，中小型企業規透過比最佳可行控制技術(BACT)研發與示範，協助廠商降低空污量。結合廣設之環境物聯網 NO_2 偵測監控來污染源定位，與稽查，督促業者製程/設備改善。

針對交通運輸場域協助 EPA 參考歐盟第 6 期標準、加強車輛廢氣排放檢驗的前期快篩管理，可設置於風景區、港區、工業區、機場及市區等車流量高，與車牌辨識可疑案件管理。NO_x 感測模組需要加速偵測反應時間與收集足夠判別數據訊號。對工業煙道與鍋爐廢氣的場域嚴苛環境下的監控，偵測模組開發以達到感測精準、壽命長、維護價格合理的產品目標，NO_x 感測模組耐高溫與腐蝕之封裝與可靠度設計上需要。

三、酸氣空氣品質感測元件：

1. 應用情境或場域

高科技產業在我國經濟發展歷程上扮演極為重要之角色，根據工研院長期對高科技廠之排放管道及機台尾氣排放評估之結果，發現除粒狀物及 PFCs 氣體外，酸氣是最常見之氣體污染物，除影響製程良率外，亦為異味陳情之標的污染物，其物種包括：H_2S、CH_3COOH、HF、HCl、HNO_3、HNO_2、H_2CO_3、H_2SO_4 及 H_3PO_4 等。例如，半導體及光電產業為國內濟與科技的重要產業，然而在半導體晶圓製程中，會大量用到硫酸、硝酸、鹽酸、氫氟酸和氨水等酸鹼性液體來進行濕式蝕刻與清洗；而在光電業 TFT-LCD 廠中，TFT-LCD Array 製程會使用硝酸、醋酸及磷酸之混合酸液，然後以噴灑方式在玻璃上進行鋁蝕刻反應，因此在製程中會產生含有硝酸、醋酸和磷酸等廢氣。以上這些容易產生的酸鹼性廢氣，雖然經由工廠的空氣污染防治設備進行處理，再由煙道排放至大氣，但是人體若長期暴露在此環境下，會導致有咳嗽、呼吸困難、噁心、嘔吐和牙齒變色等症狀發生，不僅是上述的酸鹼性氣體對人體之危害，惡臭問題也是環境問題之一。

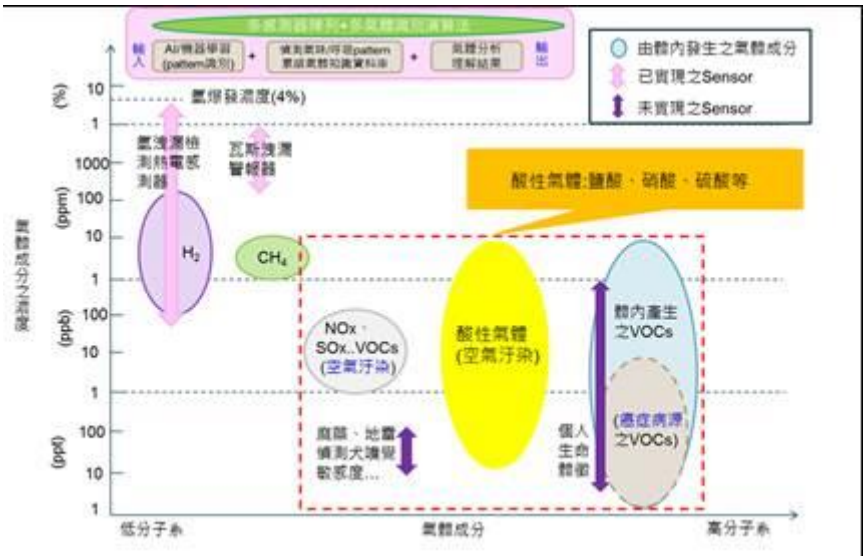


圖 4-74、酸性氣體易造成環境上的危害

2.技術發展現況

近年來石化工廠或是光電半導體重大工安事件頻傳，其中以酸性氣體、有毒氣體洩漏所造成的工安事故最為常見。例如半導體廠即會監控晶圓製造環境包括控制和分析矽晶圓暴露的所有媒介，包括用於清潔晶圓表面或在晶圓表面蝕刻材料的化學試劑、酸、鹼和溶劑，這些媒介可能會對製造產能產生不利影響。為了盡量減少製造環境引起的晶圓污染，廠區會針對環境中酸氣進行監控與量測該氣體濃度，例如酸氣(HCl)的標準檢驗方法，即利用離子層析法，隨碳酸鈉及碳酸氫鈉移動相，經過一系列之離子交換層析管時，即因其與低容量之強鹼性陰離子交換樹脂間親和力之不同而被分離，分離後之待測陰離子，可再流經一個高容量的陽離子交換樹脂(Strong cation exchange resin)之抑制器，而被轉換成具有高導電酸之型態，最後以電導度偵測器檢測其導電度。依據酸氣之波峰滯留時間，記錄其面積或高度或感應強度，根據檢量線與採樣體積，計算排氣中氯化氫之濃度。

然而，由於此類型採樣器的吸收表面牽涉費力且費時的塗敷、清洗和再塗敷之過程，使得採樣準備較為繁複，且容易受到人為操作不當而產生誤差，對於煙道或周界環境採樣時間分別需要 30 分鐘或 12 小時。目前低成本酸性氣體感測器的研究甚少，目前感測器的研究方向為利用表面聲波元件為感測器，並在上面塗佈特定高分子或金屬薄膜，藉由表面高分子與酸氣之親和力來量測其對酸氣的感測靈敏度。由於目前離子層析儀價格昂貴且檢測費時、費人工，主要以離線監測為主，其無法即時反應場域濃度、偵測節點過少，無法更有效的反應氣體洩漏狀況等缺點，因此若低成本酸性氣體感測器技術能夠精進，能夠即時回報廠區空氣污染情形，這能幫助工廠自我了解污染排放的情形，以便自我管理，或讓民眾了解環境的空氣品質等，達到環保安全隨時監控的目的。

3. 國內發展策略

以酸鹼氣體排放監控為例，不論是傳統工業或是高科技廠防都會因為相關環保設施而產生酸性氣體或鹼性氣體的排放，可惜的是由於目前環保法規並未強制規定設立定時監測回報系統，因此廠家往往以環保法規未規定而未進行 24 小時的酸鹼氣體及微粒的監測。有鑑於此，為了達到環境空氣污染減量的目標，應開始重視並著手全面性的建立監測項目，除了從政策面著手進行外，更應該積極發展相關氣體感測元件；對於酸氣污染氣體的監測是非常重要的課題，但是現今的

酸性氣體檢測方法還有待進一步研發。

4.參考文獻

(1) L. Cheng,S.Y. Ma,T.T. Wang,J. Luo,X.B. Li,W.Q. Li,Y.Z. Mao,D.J. Gz, Materials Letters, 137, 265

(2) Shuji Qin,Zhongjie Wu,Zhongyue Tang,Yilin Song,Fanzhong Zeng,Dong Zhao, Sensors and Actuators B: Chemical, 66, 240.

(3) METHOD FOR DETERMINING ACIDC GASES AND SENSOR, US 2006/0081032 A1

第 5 章 、整合環境感測物聯網執行成果並擴大驗證

環保署於 106 年與 107 年總共布建完成約 3,300 點感測器，今年度將持續擴大空氣品質布建網絡，透過國內外布建 100 點以上空氣品質感測器試驗驗證、維運107年空氣品質感測器並進行跨域結合測試驗證未來感測物聯網可能應用模式、協助地方政府共同推動空氣品質感測器布建工作，及環保署物聯網相關工作推動，包括評估、規劃及管理地方政府所提合辦計畫工作，並協助「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」各分項計畫之推動，另配合辦理相關活動及彙整資料、簡報及維運物聯網網站等工作事項。

5.1、於國內外布建 100 點以上空氣品質感測器試驗驗證

一、 工作內容

為因應中央或地方單位之緊急需求，或提供計畫所需之試驗驗證區域規劃，本工作項是依據環保署之需求，辦理國內或國外布建 100 點以上空氣品質感測器規劃、布建及試驗驗證工作。布建之空氣品質感測器必須監測 $PM_{2.5}$、溫度、濕度，布建規劃及點位選擇以機關需求為主，並依據機關需求執行感測器維運作業，維運工作之細部規格及感測器數據品質須經機關認可。

二、 執行方法

本項工作依環保署需求初步規劃應用國內外驗證場域布建需求，國外場域規劃方案包含越南、印尼、印度或蒙古等。國內場域規劃方案以建立都會區交通污染監測為主，布建場域以都會區道路為主軸。以越南場域為例，基於 2018 年經濟部國際貿易局辦理越南臺灣形象展期間，與越南政府達成加強雙邊環保技術合作的共識下，越南政府建議可於河內市進行環境品質感測物聯網推動至國際的驗證場域，基於需透過雙邊政府外交及相關單位之公文與程序，計畫團隊依環保署之執行進程，持續推動達成空氣品質感測物聯網之計畫合作。在雙邊合作尚未進行實質布建之前，先進行國內場域驗證與短期機動性布建監控，最終目標以布建在河內市 100 台空氣品質微型感測器，並交流我國建置空氣品質感測物聯網之技術經驗，同時配合經濟部產創目標，將國內環境物聯網新創產業整合輸出越南。全項工作的流程說明如下：

(一) 收集越南既有之空氣污染特性、環境監測現況及感測物聯網基礎，分析優先布建城市及情境。

(二) 設計教育訓練課程，邀約越南政府中央單位(環境資源部、環境總局監測中心、環保信息技術數據局)及地方政府、業者來台交流、訓練並實地現勘臺灣布建場域現況。

(三) 提供越南政府至少 3 台空污微型感測器(測項為 $PM_{2.5}$、溫度、濕度)，先期於擬布建城市附近之國家空品監測站進行平行比對，據以建立校正模式。

(四) 協助越南政府主導擬布建區域及地點，依布建需求確認由越南政府提供布建所需之用地、用電及通訊網路服務。

(五) 提供 100 台空污微型感測器，於國內先實施場域驗證，完成一致性比對以確保數據品質。

(六) 待台越雙邊合作執行協定確認後，即刻進行合作布建、安裝及測試。

(七) 未來將協助於布建完成後至少收集 3 個月以上之監測數據，協助越南政府進行感測數據視覺化及應用。將 100 台空污微型感測器及數據查詢平台移轉給越南政府，由當地業者持續維運，臺灣業者進行技術服務及擴增，由經濟部協助其他場域推廣。

三、 執行成果

(一) 收集越南環境監測現況及感測物聯網基礎

1. 越南政府環境總局-環境監測中心 AQI 網頁上僅有 2 個監測點，且網站數據僅更新至 2018 年 6 月 27 日，凸顯越南政府全國並無完整之國家空氣品質監測網絡規劃及維運機制。

2. 檢視大城市當地機關反而有規劃較完整之空氣品質監測系統。其中河內市總計有 10 個空氣品質監測站，且 AQI 區分為 5 級，包含 $PM_{2.5}$、PM_{10}、NO_2、SO_2、CO 以及 O_3 等六個測項。另外胡志明市總計有 15 個空氣品質監測站，詳如圖 5-1。

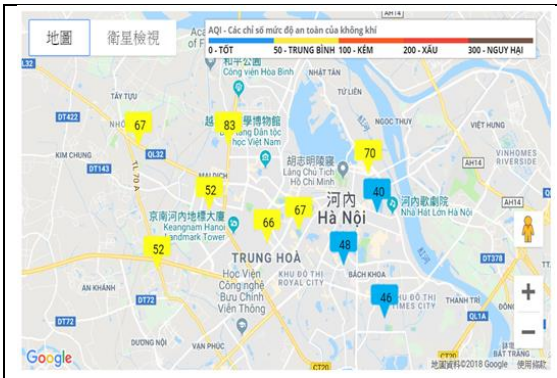
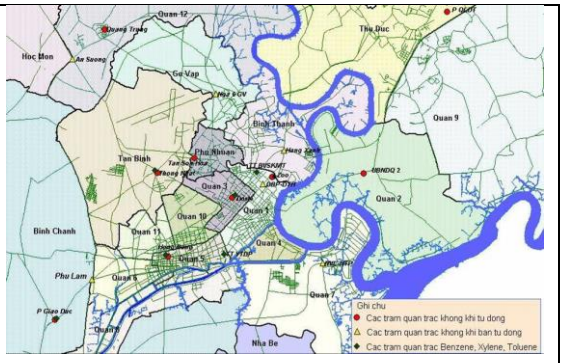
	
越南河內市環境監測網 http://portal.hanoi.gov.vn/quantrac_khongkhi1	越南胡志明市環境保護局 http://hepa.gov.vn/content/tintuc.php?catid=209&subcatid=358&langid=0

圖 5-1、越南政府環境監測網現況

3. 其他空氣品質監測資源尚有收集到 UNIS HANOI(聯合國河內國際學校) 於 2015 年設立空品監測系統 1 套。法國 Environnement SA 集團替河內市安裝了 10 台 AQMS。當地大學與美國大使館在越南河內市進行空氣品質監測，建置 Met One 1 套。當地常用的空品監測 App 為 AirVisual ，共 11 台。其中以 2017 年 10 月合作建置 10 套 AQMS 設備規模最大，即為目前河內市對外公開之環境監測網，全案由法國官方的非營利組織 AirParif Agency（法國環境部成立）主導，由 Environnement SA 集團協助建置，合作費用由法國開發署(AFD)全額支應，並由法國大使、法國開發署與河內市政府簽訂合作建置案，監測項目涵蓋 O_3、NO_2、SO_2、H_2S、NH_3、CO_2、CO 及 VOCs 等，河內市政府提出建置必要的協助，包含測站位置、電力及通訊等，再委由當地業者進行維運，展示及查詢平台仍使用 SA 既有的平台，數據介接到河內市環保局監測網。

(二) 收集越南河內市環境資訊

目前研析以越南首都「河內市」最適合當成 100 個空品感測設備的合作布建及試驗場域。河內市除了人口密集外，交通污染嚴重，附近亦有大量工業區（北昇龍、南昇龍、東英、光明..等），甚至有臺資工業區。河內市有較完整的空品監測站可做為微型感測設備之比對校驗外，也有其他國外團隊建立之各類型監測設備，可與本次 100 套空污感測器布建成果進行優劣勢競爭分析，宣傳效果佳。

四、 結論及建議

以民生公共物聯網之產業推動及南向合作為目的，提供越南政府 100 套空氣品質感測設備，監測項目涵蓋：PM_{10}、$PM_{2.5}$、O_3、NO_2、VOC、溫度及濕度等。越南政府須提供布建點位用地許可、電力供應及通訊網路服務。實際布建及維運委託當地之業者，亦可由臺灣業者與當地合作。感測數據直接上傳至環保署環境感測資料中心，再介接到越南政府相關網頁。本年度先於國內完成場域驗證及數據查詢為主，不包含模式分析及視覺化。同時洽詢台越雙方有意願參與布建之業者包含廣域科技公司、訊舟科技公司，越南有意願者為電腦公會及國家電信業者，依台越雙邊協議完成 100 套空污感測器布建工作。

5.1.1、辦理布建與維運作業教育訓練 2 場次

為確保國內外布建 100 點以上空氣品質感測器之規劃設計、布建施工及維護管理之運作品質，必須針對後續負責維護管理之應用單位（包含相關政府單位及其業者）進行專業技能的訓練，以確保後續工作推動的順暢與接軌。本計畫協同空保處 7 月 29 日~8 月 2 日辦理的空氣品質管制策略研討會 SSEA-AIR，有東南亞空污管員及美國環保署參加，並由計畫團隊於 8 月 2 日完成越南、美國、泰國及蒙古的 $PM_{2.5}$ SENSOR 訓練課程相關會議議程如

表 **5-1** 所示。

總括整體會議結論，其會議中各國也提供寶貴意見，如越南官員表達感測器在實際場域的布建應用需求，需回國研析後再回覆我方。美國、越南、泰國、蒙古對臺灣空氣品質感測物聯網在環境治理方面提供成功的驗證案例，表示讚賞與驚豔。美國對於臺灣投入於空氣品質感測物聯網的人力與經費甚感興趣，可作為後續於美國推動的參考。越南對於感測元件的設計及使用壽命提出疑問與需求，對於臺灣在應用感測器的經驗及案例極有價值。泰國對於 $PM_{2.5}$ 感測原理及數據品質提出疑問，臺灣的經驗與成果對泰國很有幫助。

表 5-1、空品感測器布建及應用訓練

Time	Topic	Content
8:50~9:00	報到 Registration Open	
9:00~9:30	空品物聯網概述及感測器功能介紹 Introduction of air quality IoT and sensor function	1. 臺灣空品物聯網執行經驗分享 Experience sharing of the establishment of an air quality IoT using low-cost sensors in Taiwan. 2. 空品感測器監測項目及使用限制介紹 Introduction of sensing species and restrictions for low-cost air sensor.
9:30~10:20	感測器布建情境及維運機制 The deployment scenarios and the maintenance mechanism of the low-cost air sensors	1. 四種布建情境說明及現場安裝技術 Introduction for the four types of deployment scenarios and on-site installation instruction. 2. 布建後定期保養及維修機制說明 Introduction of the regular inspection and maintenance mechanism.
10:20~10:40	交流茶會 Tea Break	
10:40~11:10	感測數據應用及案例分享 Case studies of data collection and application.	1. 資料收集管理及異常分析統計 Back-office management of sensing data and abnormality detection. 2. 資料分析服務及熱區預警模式 Data analytical service and hot spot alarming model.
11:10~12:00	實地觀摩與場域介紹(觀音工業區) Field trip in Guanyin industrial park	1. 觀摩國家測站及感測器實際比對方式 Field experience about calibration of the air sensors co-located with a regulatory monitoring station. 2. 觀摩工業區布建位址及現場設施 The on-site deployment and the other facilities in Guanyin industrial park.
12:00~	課程結束-賦歸 Closing	

此外，另於 8 月 22 日配合新北市辦理空氣品質感測物聯網布建與維運作業教育訓練，針對空氣品質感測點位規劃、布建作業程序、維運作業程序、巡檢作業程序、感測數據檢核及污染熱區分析等課程進行說明整體課程如表 5-2 所示。會議中環保局人員也提出幾點問題及說明，如感測器之感測數據是否可依據風速風向等等的條件，去推估出到底是哪個方向哪幾個特定因素造成高數值的原因，並要

如何去解讀相關感測數據及如何應用是目前遭遇的一大問題點；並期望針對系統功能的權限設定能夠在提供更大的權限；就系統資訊的呈現上提及，圖形化操作執行面、衛星影像的時間差平台系統是否需同步更新等軟體功能進行討論。

此外，就稽查面向也提及溫濕度的測值是否有用在稽查應用上，溫度濕度的主要目的是用於數據校正為主，並無特別用來針對稽查觀察感測數據得行為等相關問題進行討論。藉由本會議之辦理能達到環保局人員在感測器數據應用及後續稽查都有助益。針對兩場次辦理情形現場實況如圖 5-2 所示。

表 5-2、新北市空品感測器布建及應用訓練

時間	會議內容	負責單位
~14:00	報到	康城工程顧問公司
14:00~14:10	主席致詞	新北市政府環境保護局
14:10~15:40	空氣品質感測物聯網 感測數據應用及污染熱區分析	工業技術研究院 陳家磐 專案經理
15:40~16:00	綜合討論	
16:00	會議結束	



圖 5-2、$PM_{2.5}$ SENSOR 訓練及新北市訓練實況

5.1.2、執行感測器布建規劃與設計，研擬布建與維運作業計畫

一、 布建選址規劃

於進行空氣品質感測物聯網布建選址時，可依使用需求、地區特性選定布建地點，並依區域類型及場域範圍規劃布建場址及布建密度。為有效利用投入資源，擴大布建具體效益。選址應以能解決實際迫切面臨之環境問題為優先，如重點污染潛勢區、民眾經常檢舉區域及環境污染事件頻發區域，布建選址準則如圖 5-3，訂定選址流程為：

(一) 基於應用特性包括工業區污源染鑑別

(二) 鄰近污染排放之社區特性

(三) 交通都會區感測

(四) 無標準測站之鄉鎮地區輔助感測等不同應用目的及場域特性。

(五) 考量量資通訊傳輸良好、電力系統穩定及布建維運較為容易地區。

在選定場域布建範圍後，依布建建感測器密度不同，工業區以高密度（200~300 公尺）進行布建，必要時可採更高密度（100 公尺）；社區及交通都會區則採中密度（1~2 公里），無標準監測站之鄉鎮地區以低密度（5 公里以上）進行布建。進行布建規劃時，建議以等距離網格狀為基本原則，如果選定於工業區布建，感測器點位以密集涵蓋整個工業區為原則，其次再以工業區週邊社區為標的，以環遶工業區布建為優先。針對市區內之布點，則以近污染源及敏感受體附近為優先。對於週邊地區之布點，仍以近污染源、小聚落及工廠附近為優先。整體之布建點位規劃，以考量布建、巡檢、維運、故障排除之可行性與方便性為首要目標。實際選定之場域及密度需經過環保署確認。



圖 5-3、布建選址準則

二、布建工作執行

針對布建工作之細部規格須符合環保署所列之規範，其布建施工流程詳如圖 5-4，感測器設計及布建維運相關內容需符合下列規定：

(一) 感測器項目與規格：空氣品質感測器感測模組之項目應至少有 3 項，其中溫度、濕度、細懸浮微粒($PM_{2.5}$)等 3 項為必要項目。所採用感測元件效能須經環保署品保品管驗證機制測試，或至少於測站現場比對測試，測站比對測試在環保署指定之監測站進行。感測元件感測範圍須能偵測當地空氣品質的濃度變化，誤差範圍符合 USEPA Air Sensor Guidebook 所建議污染熱區鑑別或輔助標準監測站應用等級需求，且感測元件將以國產化為優先，測試結果經環保署認可或經該署指定之測試驗證單位驗證通過後始組裝。

(二) 布建前感測器測試：完成組裝後之感測器必須經過一致性比對測試，通過後始得安裝，可以群組（至少 50 個）的方式置於同一地點進行數據一致性分析，若異常的感測器則必須淘汰更換。每次比對完成後須留下至少 10%為基礎，以利另一個群組進行比對之參考依據。

(三) 感測器模組化設計：空氣品質感測器模組需可模組化，提供未來快速抽取更換不同國產化感測元件或新增感測項目，設計上需考量各感測元件進、排氣流道設計合理性。模組化方式需配合後續擴充條件，以電路板擴充槽或外接 USB 形式設計。

(四) 資料傳輸模組：感測器通訊模組可因地制宜選擇，且需達到快速抽取更換，

並可適地性選擇資料傳輸通訊模組，以達資料即時完整且成本經濟等最適化。為求傳輸數據穩定度，建議避免採用 LoRa 模組，儘量以 3G、4G 或 Wi-Fi 等連續傳輸較穩定之模組為優先，或採 2 組以上模組互相支援。

(五) 供電模組：感測器供電模組應符合節能省電，且有供電穩壓設計及接用不同電源轉換設計，並確保感測器運作及資料傳輸之電力無虞。如有結合路燈安裝可能有日間不供電情形者，應設計儲電裝置，以供夜間儲電、日間供電操作使用。

(六) 資料儲存機制：感測器微控制器及資料儲存單元，應具備感測資料處理、篩選、大量儲存及感測元件功能狀態偵測及通知功能，以掌握感測器維護管理需求或抽換更新。

(七) 感測器機體設計：感測器機構設計應具備戶外防水功能、減少氣狀物及粒狀物進氣相互干擾問題及積塵設計，且感測模組電路主板以不干擾臭氧感測的外殼材質包覆。為確保數據品質及績效查核需要，應採樣進氣口及校正測試進氣口設計，以提供測試氣體校正、測試使用或未來自動校正模組組裝測試使用。

(八) 訂定標準方法維持運作：訂定及執行快速安裝、運作之標準方法，應配合感測器機構及外觀設計，整體考量設計及制定安裝固定、線路及電源連接等簡易、快速之安裝作業流程。實際布建位置應設置於通風良好及灰塵不易聚集處，以維持感測器良好運作。



圖 5-4、布建施工作業流程

三、監測數據品質

針對布建感測器之資料及數據傳輸品質須符合環保署所列之規範，感測資料格式、資訊服務及驗收準則相關內容說明如下：

(一) 各感測點感測數據應以環保署規定之資料格式發布至環保署 IoT 平臺，各資料欄位定義如下表 5-3，且資料格式需視環保署環境物聯網感測標準異動而調整。

表 5-3、各感測點感測數據資料欄位定義

欄位名稱	中文解釋	欄位名稱	中文解釋
id	裝置識別值	lon	經度
manufacturerid	廠商代號	mobile	是否為移動裝置，預設 false
name	裝置名稱(請依據命名規範命名)	attributes	設備相關屬性
desc	裝置描述	data	感測器感測值如 sensor：感測器 value：感測；unit：感測值單位
lat	緯度		

(二) 資料完整率應以 90%為目標，其初設完成的資料服務說明如下：

1. 各感測點每 3 分鐘產出各污染物濃度或環境參數之有效平均監測數據，至遲於監測後 5 分鐘內，以資料串流方式，將即時數據發布至環保署 IOT

平臺，即時展示於環保署指定資料應用展示資訊網頁。有效資料完整率係以每季或月 5 分鐘內即時展示之有效測值筆數之比率(計算方式如下)，其中，每季或月總筆數計算方式為

「監測月數×當月日數× 24 小時×每小時 20 筆×至少 3 測項」

$$DC\% = \left[\frac{5\ 分鐘內即時展示之有效測值筆數}{應有測值筆數_{=(每季或月總筆數-不可抗力之無效或無測值筆數)}} \times 100\%\right]$$

前述 3 測項至少為溫度、濕度、$PM_{2.5}$，且測項數應配合環保署規定調整。

2. 各感測點每 3 分鐘所產出各污染物濃度或環境參數之有效平均監測數據，應於每週一上午 8 時前，重新更新展示於環保署指定資料應用展示資訊網頁，並以資料串流方式，將即時數據發布至環保署 IOT 平臺。每週資料完整更新率係以每季之每週重新更新之有效測質筆數之比率(計算方式如下)，其中，每季總筆數計算方式為

「監測月數×當月週數× 7 天× 24 小時×每小時 20 筆×至少 6 測項」

$$DC\% = \left[\frac{每週重新更新之有效測值筆數}{應有測值筆數_{=(每季總筆數-不可抗力之無效或無測值筆數)}} \times 100\%\right]$$

未完整一週之更新率則延至下一季計算。

四、布建後維運

布建完成後須運用本署監測站或指定之監測站執行平行比對測試，固定蒐集測試資料，訂定同步即時檢核及調校比對作業制度，亦須確認感測器之抽風量以利釐清變因。

(一) 布建後巡檢及校正機制詳如圖 5-5，布建完成後須以符合示範需求之監測站與區域實施感測器平行比對測試，固定蒐集測試資料，訂定同步即時檢核及調校比對作業制度，亦須確認感測器之抽風量以利釐清變因。

(二) 須訂定及執行感測器物聯網運作品質管理作業，建立分級巡檢智慧維護檢修作業模式，將感測器按其布建位址及其各類相似特性分群（即相鄰 3 個感

測器為一群，該群感測器每個依序每月或每 2 月巡檢 1 次，每群感測器每 2 季至少巡檢 1 次)，再採用具精準度、可校正的檢測儀器等，每群至少執行每 4 週或每 8 周 1 次的巡檢、比對品質管制查核作業。

(三)針對數據品質明顯不佳的感測器應現場簡易檢修或直接更換備機後送維修。必要時每季可抽樣將感測器置於監測站再次平行比對測試。

(四) 訂定檢測及維運程序：訂定及執行高效巡迴更換及後送維修作業程序，針對感測器裝置特性訂定現場快速檢測、維修作業流程及問題處理技術指引，提供巡檢維修人員快速維修以確保功能正常。針對檢修結果現場無法修復者，能快速拆卸感測器並以備機更替安裝。



圖 5-5、布建施工作業流程

5.1.3、研擬布建電力及通訊方案並實施感測器平行比對

本項工作項以提供 100 套感測設備及數據查詢功能為主，布建前須以符合示範需求之監測站與區域實施感測器平行比對作業，布建後協助當地管理單位進行後續維護管理及數據應用，相關重點注意事項說明如下：

一、實施布建區域之協調溝通選址，確定布建目標及安裝方式。由布建區域之政府單位或主管機關提供用地、電力及網路之協助，完成布建規劃報告並呈

署同意備查。

二、 提交 100 套空氣污染感測器，布建工作之細部規格須符合環保署之規範。布建前須以符合示範需求之空品監測站與區域實施感測器平行比對作業，也可與其他國外團隊建立之各類型監測設備進行優劣勢競爭分析。

三、由於布建空氣品質感測設備涉及電力與網路之需求，必需符合布建區域提供之公共設施規格，故於當地政府須提供布建點位許可、電力供應及網路服務，重點項目說明如下。

1. 感測設備布建之當地必要配合協助事項如下：
   (1) 布建區域之選址及勘查工作，例如需申請布建位置用地許可。
   (2) 提供布建區域之環境污染背景與參考資料。
   (3) 選定擬布建 100 點之區域(工業區、社區、交通或其他需求)。
   (4) 選擇擬偵測的污染物項目。
2. 現場電力供應及施工需求，例如需申請布建位置用電許可。
   (1) 路燈為最佳的選擇，委託掛載於路燈的廠商最好是該路燈的養護廠商。
   (2) 燈桿盡可能選擇路邊可停車或障礙較少之地點，其次為交通號誌桿或自設支撐桿。
   (3) 越南一般電器用電與路燈用電電壓皆為 220V，與臺灣地區明顯不同，故感測器之電力模組須加裝 110V-220V 輸入，再轉 5V 電壓輸出，提供感測器內電池蓄電及感測模組驅動所需。並於河內市監測站平行比對作業的臨時性供電所需，同時提供感測器附掛於路燈時，接續路燈電源以利穩定提供感測器運作之所需。
3. 通訊服務的提供與穩定性，例如需申請布建區域通訊網路服務。
   (1) LoRa 及 Wifi 的掉包率較高，建議以 LTE(3G、4G)為佳。
   (2) 通訊模組可因地制宜選擇，達到快速抽、插更換為佳。
   (3) 越南電信公司呈現 3 大 2 小的格局，三大分別為：Viettel、MobiFone、VinaPhone，兩小則是 Vietnamobile 與 Gmobile，皆能提供 LTE(3G、4G)數據傳輸服務，其中 Viettel(越南國營軍用電信公司)市占率達 5 成以上，收訊最穩定但也最貴。MobiFone 為市佔第二電信公司，

VinaPhone 屬低價中品質，部分區域只有 3G 服務，Vietnamobile 屬於低價產品，速度大概是 3G 上限，Gmobile 市占率最低，相對服務也較差，基本上感測器通訊模組不需更換，只需要透過更換 SIM 卡及硬體設定即可提供感測數據上傳服務。

4. 數據服務規劃直接上傳至環保署感測資料中心，再介接到當地政府相關網頁。
5. 數據傳輸及資料收集
   (1) 數據傳輸與上傳的統一格式必須符合環保署規範。
   (2) 資料儲放於環保署資料中心的雲端平台。
   (3) 數據查核與確認資料的可用性及正確性須由當地維運人員負責。
6. 視覺化呈現與資料分析
   (1) 以環保署之應用平台進行當地化語言呈現，並套入當地 GIS 系統來呈現監測資料。
   (2) 需介接當地氣象資料。
   (3) 由當地管理單位利用分析模式來呈現數據時間與空間的異常趨勢。
7. 定期的檢校及維運機制
   (1) 建立分級巡檢智慧維護檢修作業模式，由當地管理單位執行定期巡檢與現場校驗。
   (2) 針對數據品質明顯不佳的感測器，應由當地管理單位執行現場簡易檢修或直接更換備機後送維修。
   (3) 有效資料完整率及數據品質目標滿意度須達 90%以上。
8. 感測器平行比對作業
   (1) 於現場布建前，建議先挑選 3 組感測器至布建區域鄰近之國家監測站進行 1~3 月的平行比對作業，收集感測器與監測站間線性相關趨勢，據以建立感測器的校正公式，做為後續布建感測器數據校正之參考。同時分析當地的環境特性，包含溫度、濕度、風速、雨量等參數，以利評估感測器維護保養之頻率與需求。
   (2) 於現場布建後，建議應保留 5~10 個感測器於布建區域鄰近之國家監測站進行長期比對，建立長期性感測器與監測站間的對應關係，同時

評估感測器的衰減及維護現況，協助越南政府建立穩定可靠之維運與校驗機制。

四、 完成 100 台感測器提送：現階段採用廣域科技 SAQ-210 感測器，基本規格如表 5-4。感測器上傳至環保署 IOT 平台編號及感測數據如表 5-5。已布建於新北市板橋監測站，全數感測器一致性比對皆符合 bias≦30.0%，CV≦0.20 之要求，已完成數據上傳 1 個月，數據完成率符合≧90%。

表 5-4、感測器基本規格

感測項目	廠牌/型號	感測性能	解析度
溫度感測元件	SenseAir	-10 ~ +40℃	0.01℃
濕度感測元件	SenseAir	15%~85 % RH	0.01% RH
$PM_{2.5}$ 感測元件	SenseAir	0~2000 μg/m^3	1 μg/m^3
TVOC 感測元件	SenseAir	0~60000ppb	1ppb@0~2008ppb 6ppb@2008~11110ppb 32ppb@11110~60000ppb

表 5-5、100 台感測器上傳環保署 IOT 平台

序號	設備編號	$PM_{2.5}$ (μg/m^3)	TEMP. (℃)	RH (%)	序號	設備編號	$PM_{2.5}$ (μg/m^3)	TEMP. (℃)	RH (%)
001	9372683006	12.15	27.04	67.87	051	9377692663	12.65	26.83	68.63
002	9372704529	10.43	27.88	64.87	052	9377749322	12.50	26.69	69.10
003	9372847337	10.44	27.49	67.12	053	9377849282	13.07	26.74	68.91
004	9372969753	10.77	27.91	64.99	054	9377902669	12.96	27.65	66.39
005	9373006756	10.53	27.82	65.64	055	9378076429	12.62	27.87	64.78
006	9373154101	13.18	27.31	67.47	056	9378133423	13.26	28.19	64.99
007	9373274355	13.23	27.66	64.90	057	9378222746	12.20	27.09	67.97
008	9373316930	10.50	26.78	69.46	058	9378354639	12.67	26.92	68.02
009	9373438333	13.38	27.28	66.52	059	9378404443	12.45	27.18	67.64
010	9373522799	12.99	26.59	69.48	060	9378566911	12.78	27.23	67.22
011	9373683555	12.91	26.39	70.59	061	9378647917	12.14	28.29	64.31
012	9373706153	13.21	26.69	68.77	062	9378781201	12.94	26.83	67.72
013	9373892104	13.10	26.31	69.73	063	9378891606	12.91	27.75	65.30
014	9373965706	13.23	26.66	68.72	064	9378981029	12.22	27.90	65.08
015	9374034556	10.46	26.67	68.94	065	9379035200	12.55	27.64	66.26
016	9374163254	11.82	27.21	67.17	066	9379188672	12.53	26.81	68.93

序號	設備編號	$PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)	TEMP. (℃)	RH (%)	序號	設備編號	$PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)	TEMP. (℃)	RH (%)
017	9374228856	10.49	27.76	65.13	067	9379215735	13.01	28.05	64.78
018	9374348264	10.34	27.67	65.42	068	9379378664	13.25	26.88	69.21
019	9374426579	10.73	27.02	67.36	069	9379437344	12.87	27.15	67.93
020	9374561447	12.39	27.52	66.64	070	9379578373	12.26	26.99	67.95
021	9374612622	13.05	27.19	67.19	071	9379638805	12.44	27.63	65.78
022	9374715409	10.31	27.50	66.36	072	9379712090	12.76	27.03	68.56
023	9374808170	10.34	27.05	67.09	073	9379863697	12.96	27.31	66.52
024	9374996093	10.81	25.75	71.50	074	9379922373	13.21	26.96	68.50
025	9375018445	12.96	27.69	65.93	075	9380012438	13.30	27.78	65.18
026	9375123585	13.25	28.06	64.19	076	9380103058	11.74	26.69	68.83
027	9375239570	10.59	27.04	67.61	077	9380235260	12.95	27.13	67.78
028	9375362057	12.75	27.91	65.13	078	9380371238	13.39	27.36	66.84
029	9375491610	13.01	27.08	68.59	079	9380427163	12.48	27.94	64.36
030	9375525904	13.19	26.28	70.14	080	9380529721	12.61	27.75	65.54
031	9375635939	13.05	26.67	69.55	081	9380625643	12.72	27.23	67.23
032	9375710440	12.99	27.85	64.97	082	9380764757	12.22	27.99	64.63
033	9375886202	10.36	27.42	66.49	083	9380825055	12.97	26.96	68.33
034	9375943463	13.20	28.06	64.93	084	9380908000	12.47	27.21	67.72
035	9376013334	13.44	26.62	68.19	085	9381074158	12.80	27.61	66.61
036	9376117256	10.50	27.48	66.47	086	9381149343	12.46	26.83	68.22
037	9376231699	13.66	26.69	70.67	087	9381220832	13.27	26.34	70.00
038	9376364396	10.89	26.69	69.60	088	9381394678	12.68	26.42	69.57
039	9376450609	13.18	28.01	64.08	089	9381480402	13.31	26.82	68.50
040	9376598720	10.86	25.96	72.05	090	9381562151	12.79	26.32	70.27
041	9376610068	14.09	27.03	68.36	091	9381630877	13.20	27.70	65.87
042	9376714064	10.62	27.37	66.97	092	9381757407	13.36	26.85	68.84
043	9376840751	13.22	26.54	69.20	093	9381880266	12.97	27.34	66.67
044	9376999514	10.79	26.94	68.20	094	9381969904	13.73	27.56	65.91
045	9377098118	10.63	26.75	69.36	095	9382068425	13.29	26.80	68.61
046	9377156241	13.48	26.68	69.28	096	9382150451	12.51	26.63	68.95
047	9377226770	13.31	26.98	67.22	097	9382201499	13.32	27.66	65.33
048	9377324350	13.72	27.41	66.64	098	9382363857	13.09	26.48	69.95
049	9377403698	13.90	27.40	67.22	099	9382428266	13.15	27.44	66.92
050	9377589095	13.93	26.75	69.29	100	9382505304	13.43	26.39	70.61

5.2、維運 107 年 50 點空氣品質感測器

一、 工作內容

為因應中央或地方單位之緊急需求，或提供計畫所需之示範區域規劃，本工作項持續維運 107 年度之 50 點以上空氣品質感測器，布建之空氣品質感測器必須監測 $PM_{2.5}$、溫度、濕度，並進行跨域結合測試驗證未來感測物聯網可能應用模式。

二、 執行方法

本團隊規劃將 50 點感測器放置於板橋監測站進行長期比對，隨時配合環保署出借給環境督察總隊、環境督察大隊或環保局做為輔助智慧稽查之機動布建，同時進行相關測試，據以實施跨域結合測試驗證未來感測物聯網可能應用模式，盤點 50 台感測器目前運用現況如表 5-6 及配置如表 5-7。

表 5-6、機動感測器運作現況

序號	設備編號	bias (%)	CV.	數據完整率 (%)	序號	設備編號	bias (%)	CV.	數據完整率 (%)
1	9372683006	0.20	0.13	99.36%	51	9377692663	0.23	0.05	99.41%
2	9372704529	0.17	0.09	91.09%	52	9377749322	0.20	0.10	99.56%
3	9372847337	0.25	0.12	98.87%	53	9377849282	0.20	0.07	99.48%
4	9372969753	0.18	0.09	99.47%	54	9377902669	0.24	0.04	99.42%
5	9373006756	0.16	0.11	99.49%	55	9378076429	0.19	0.11	91.03%
6	9373154101	0.20	0.07	99.42%	56	9378133423	0.21	0.07	97.51%
7	9373274355	0.24	0.11	99.56%	57	9378222746	0.19	0.09	98.0%
8	9373316930	0.21	0.06	97.1%	58	9378354639	0.20	0.07	98.81%
9	9373438333	0.18	0.08	98.9%	59	9378404443	0.19	0.06	98.6%
10	9373522799	0.23	0.13	98.75%	60	9378566911	0.19	0.07	99.47%
11	9373683555	0.21	0.07	97.9%	61	9378647917	0.21	0.05	97.97%
12	9373706153	0.20	0.04	98.31%	62	9378781201	0.21	0.09	99.42%
13	9373892104	0.19	0.04	91.87%	63	9378891606	0.23	0.05	96.71%
14	9373965706	0.18	0.11	97.97%	64	9378981029	0.19	0.03	99.42%
15	9374034556	0.17	0.09	97.42%	65	9379035200	0.20	0.05	99.21%
16	9374163254	0.17	0.10	98.79%	66	9379188672	0.22	0.03	99.08%
17	9374228856	0.18	0.08	98.88%	67	9379215735	0.21	0.05	95.48%
18	9374348264	0.19	0.07	99.36%	68	9379378664	0.22	0.04	94.4%
19	9374426579	0.17	0.03	99.31%	69	9379437344	0.23	0.03	97.13%

序號	設備編號	bias (%)	CV.	數據完整率 (%)	序號	設備編號	bias (%)	CV.	數據完整率 (%)
20	9374561447	0.18	0.03	98.05%	70	9379578373	0.19	0.05	98.49%
21	9374612622	0.20	0.05	99.16%	71	9379638805	0.22	0.01	90.35%
22	9374715409	0.20	0.03	99.48%	72	9379712090	0.19	0.02	98.33%
23	9374808170	0.21	0.07	99.18%	73	9379863697	0.20	0.07	99.49%
24	9374996093	0.21	0.08	99.53%	74	9379922373	0.20	0.02	99.24%
25	9375018445	0.16	0.04	98.76%	75	9380012438	0.22	0.03	97.92%
26	9375123585	0.18	0.03	99.2%	76	9380103058	0.23	0.03	98.49%
27	9375239570	0.21	0.03	90.23%	77	9380235260	0.22	0.02	98.44%
28	9375362057	0.18	0.03	90.60%	78	9380371238	0.25	0.08	99.31%
29	9375491610	0.19	0.03	95.68%	79	9380427163	0.21	0.02	98.9%
30	9375525904	0.19	0.05	99.05%	80	9380529721	0.22	0.02	96.65%
31	9375635939	0.18	0.04	98.63%	81	9380625643	0.23	0.03	99.33%
32	9375710440	0.19	0.06	99.26%	82	9380764757	0.24	0.08	98.64%
33	9375886202	0.20	0.05	96.47%	83	9380825055	0.23	0.01	97.92%
34	9375943463	0.19	0.03	96.09%	84	9380908000	0.23	0.02	99.25%
35	9376013334	0.19	0.03	98.89%	85	9381074158	0.24	0.03	96.26%
36	9376117256	0.19	0.04	99.42%	86	9381149343	0.23	0.03	99.18%
37	9376231699	0.19	0.05	97.13%	87	9381220832	0.23	0.06	90.15%
38	9376364396	0.20	0.04	99.39%	88	9381394678	0.22	0.02	99.38%
39	9376450609	0.19	0.12	98.06%	89	9381480402	0.23	0.05	98.85%
40	9376598720	0.19	0.04	98.4%	90	9381562151	0.22	0.03	98.02%
41	9376610068	0.17	0.10	96.01%	91	9381630877	0.23	0.05	99.56%
42	9376714064	0.17	0.04	99.38%	92	9381757407	0.24	0.10	98.48%
43	9376840751	0.21	0.10	99.55%	93	9381880266	0.22	0.05	96.47%
44	9376999514	0.21	0.06	90.40%	94	9381969904	0.23	0.08	99.42%
45	9377098118	0.19	0.05	97.72%	95	9382068425	0.25	0.05	99.35%
46	9377156241	0.22	0.07	96.12%	96	9382150451	0.23	0.04	99.13%
47	9377226770	0.19	0.05	98.95%	97	9382201499	0.22	0.04	94.57%
48	9377324350	0.22	0.14	98.57%	98	9382363857	0.24	0.09	98.96%
49	9377403698	0.20	0.07	97.22%	99	9382428266	0.24	0.09	99.36%
50	9377589095	0.22	0.08	97.56%	100	9382505304	0.23	0.07	98.49%

表 5-7、各專案布建場域感測器配置圖

	
北區督察大隊汐止瀝青廠機動式布建	綠島、蘭嶼機動式布建
	
國道三號之感測器監測	林森加油站機動布建 $PM_{2.5}$ 監測
	
臺灣大道布建 $PM_{2.5}$ 監測	板橋測站長期比對

三、 執行成果

(一) 5 組機動感測器配合北區環境督察大隊進行輔助智慧稽查之機動布建，針對疑似不法污染排放區域及民眾陳情密集點進行監控，藉以找出污染濃度高

值的時段及熱區，目前監測到感測器 $PM_{2.5}$ 數據有高值反應，持續監測並將感測數據提供督察大隊進行後續稽查工作。以利督察大隊進行後續稽查工作。目前監測濃度歷程如圖 5-6 所示。

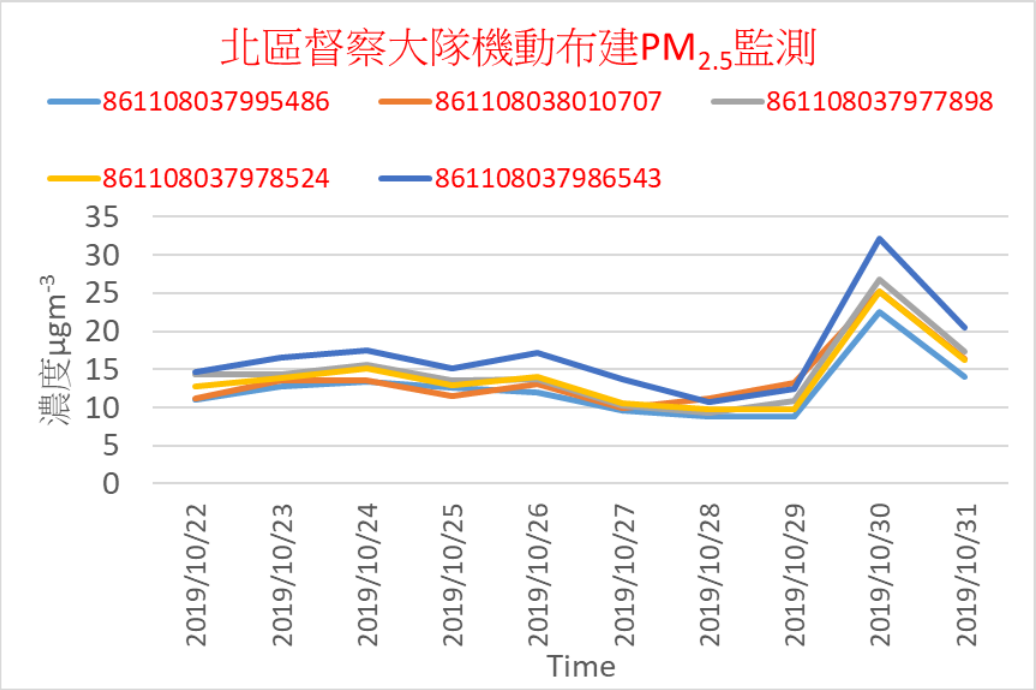


圖 5-6、北區督察大隊機動式布建

(二) 針對我國離島布建感測器，藉以研究我國離島之空氣品質現況，同時可利用離島空氣品質資訊，藉由空品物聯網之大數據分析功能，做為未來發展境外污染源預估資訊之分析參數，107 年屏東縣已於西部離島小琉球布建 5 組感測器依交通感測點型態布建。計畫團隊目前於綠島和蘭嶼各布建 2 組感測器，$PM_{2.5}$ 感測器數據長期低於 15μg/m^3 屬於背景值，監測濃度歷程如圖 5-7。

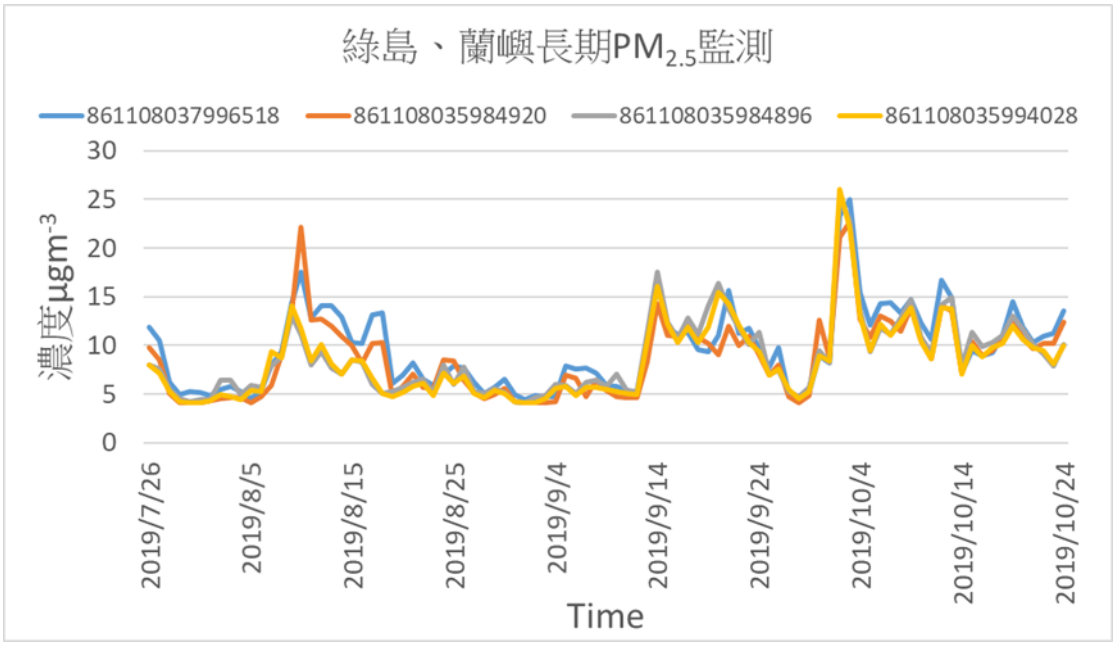


圖 5-7、綠島、蘭嶼感測器監測濃度圖

(三) 氣象局為瞭解高速公路 $PM_{2.5}$ 的濃度狀況，於國道三號香山交流道附近之氣象站結合機動式感測器，安裝高度各為 1 公尺、6 公尺和 12 公尺等三種布建高度，據以收集國道三號之污染現況，運用中央氣象局該點氣象站資訊，再搭配感測器即時監測資料，據以協助分析瞭解污染的分布與時間特性。目前布建於國道三號之感測器監測濃度歷程如圖 5-8。

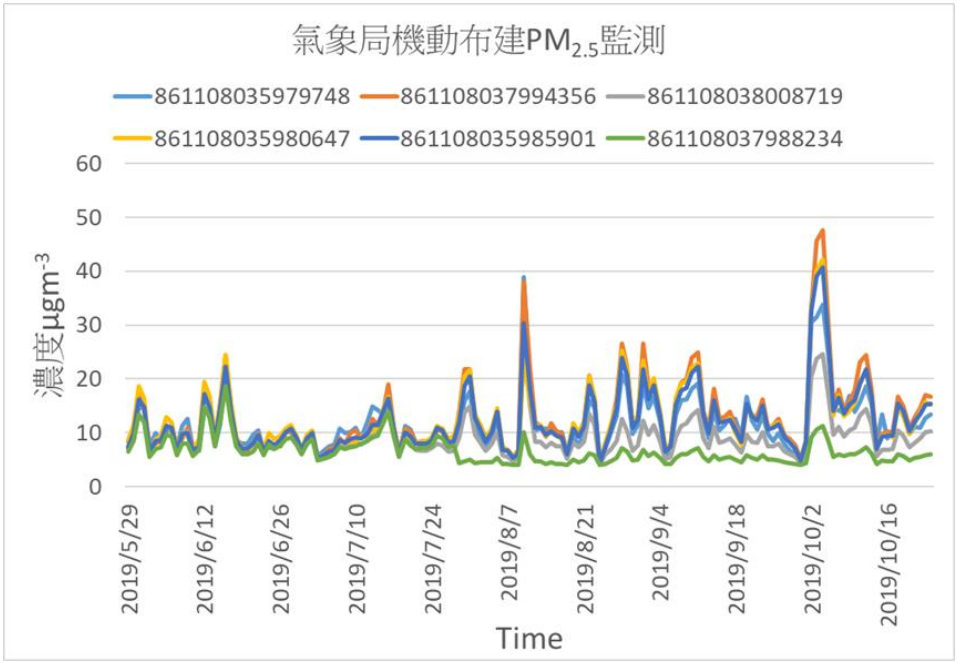


圖 5-8、氣象局機動布建 $PM_{2.5}$ 監測

(四) 為瞭解加油站 $PM_{2.5}$ 濃度分布，計畫團隊將感測器布建於加油站之自助加油島、據以瞭解 $PM_{2.5}$ 於汽機車自助加油島作業員工之暴露濃度調查，並於加油站上方布建感測器做為背景對照參考依據。目前布建於加油站感測器 $PM_{2.5}$ 濃度並無顯著影響，感測器監測濃度歷程如圖 5-9。

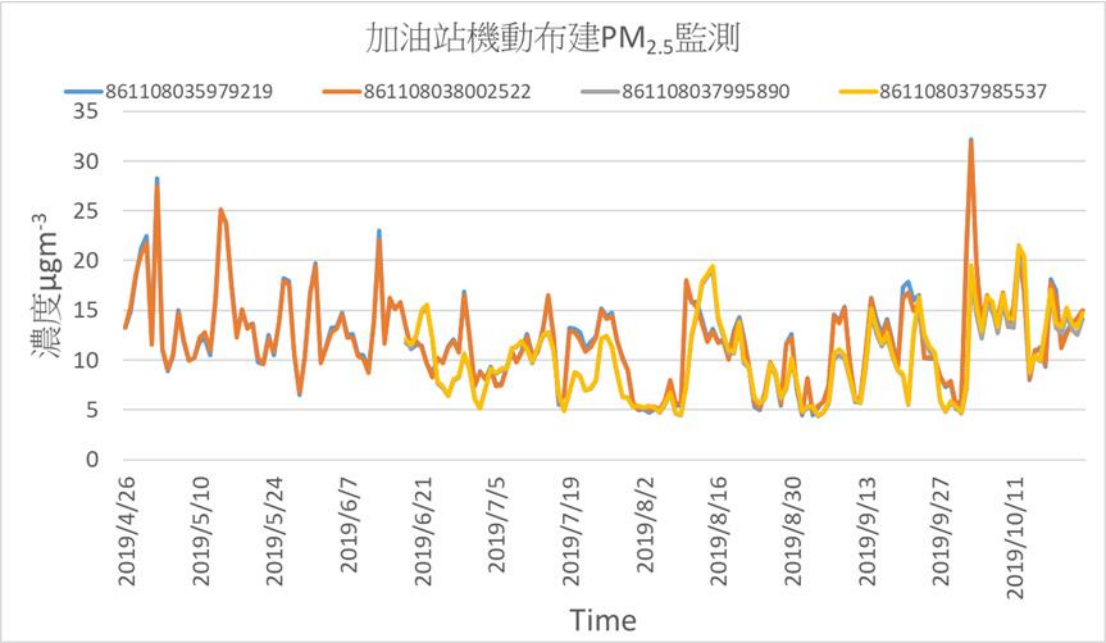


圖 5-9、加油站機動布建 $PM_{2.5}$ 監測

(五) 為了長期監測評估慢車道機車騎士和乘客於公車等候區暴露風險，環保署於臺中市臺灣大道公車專用道旁設置行動監測站、小型站房（內置 $PM_{2.5}$ 儀器）及空氣污染感測器。分別於慢車道側、乘客等待區、快車道側和行動監測站等布建 9 組感測器進行長期監測。目前布建於臺灣大道旁感測器監測濃度歷程如圖 5-10。

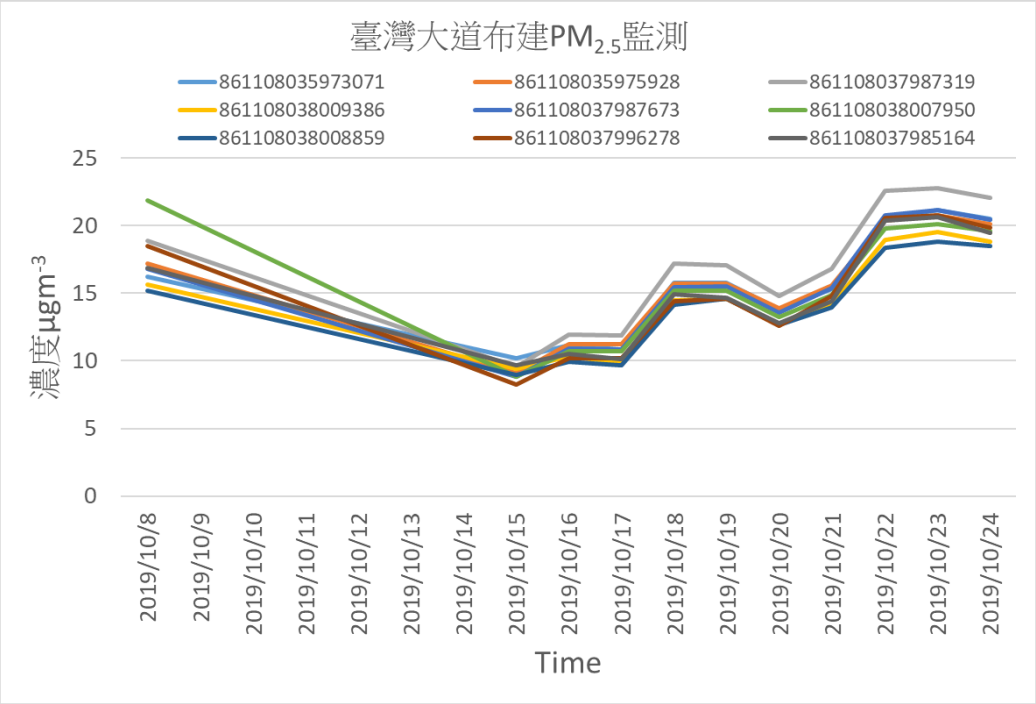


圖 5-10、臺灣大道布建 $PM_{2.5}$ 監測

四、 結論與建議

50 點機動感測器的重點應用以移動式感測的測試為主，由於以感測器量測汽機車排放污染物 $PM_{2.5}$ 有具體的反應，後續將評估將感測器裝設於車輛上，進行移動性的量測測試，據以評估針對都會區的交通污染特性，本團隊於臺灣大道、臺中工業區以及臺中港規劃總長 30 公里的路線進行多次來回的測試，目前初步克服風速及對感測器數據的影響，後續對感測器進行微型化設計，評估最佳氣流感測模式，搭配行車影像及 GPS 定位系統，分析感測濃度與交通現況的關聯性。同時針對上述已布設之感測器進行數據分析，期望能在跨域應用上獲得新的發想與成效。

5.3、協助環保署各分項計畫之管控、推動及成果展示

一、工作內容

本專案管理計畫執行期程約為 9 個月，依據計畫工作內容要求，協助環保署「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」（以下簡稱布建計畫）下各分項計畫、工作提案研析修正及意見，並就後續執行情形進度管理追蹤及問題分析，每月提出彙整及進度報告（含可能問題預警及分析、對策研擬、效益分析），且依環保署要求提出專案報告；必要時召開管理檢討會議或訪查會議，至少每 2 個月召開 1 次，並通盤評估整理計畫關鍵工作及時間點之銜接是否完整，評估以主題式會議方式預先規劃整年每次會議報告及討論事項。環保署「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」下各分項計畫主軸涵蓋基礎建構、整合布建、資料服務及智慧應用等四大重點，後續將依據各計畫屬性分類，讓各計畫間能夠更明確瞭解其布建計畫間的分工屬性及未來各計畫間執行的相關聯行，並由專案管理單位擔任進度控管把關者及與各計畫間需求之溝通橋梁。

二、 執行方法

因布建計畫納管之計畫數量多，為了能夠有效掌控各進度及資料彙整能完善，以利委辦單位更能有效掌握各個子計畫團隊目前執行現況及各計畫間需求因應，則採用 Google 共編平台進行每月計畫進度填報，後續亦由專案單位彙整及檢視並回報環保署承辦單位，各分項計畫以及計畫填報內容如表 5-8、表 5-9 所示。除了由本團隊每月利用 Google 共編平台提報每項子計畫之進度外，將每月月會前兩週與承辦討論本月報告主題，並固定安排於每月 15 日（遇假日及延後）與環保署承辦開會討論本月報告內容，每月 22 日將與環保署長官報告當月之進度內容，會議後視進度決定下個月之會議內容；而分項一及分項二各團隊之進度，將安排分項一團隊於單月 22 日跟署內長官報告計畫進度，而分項二則於雙月 22 日與署內長官報告執行進度，必要時將針對專案主題召開專案報告。

表 5-8、分項一各計畫團隊執行進度表

前瞻計畫	計畫基本資料					EPA	108年度重要成果產出 (全年度)	前期進度報告	本期進度報告 1080101-1080331
子項計畫名稱	招標計畫名稱	執行廠商	決標金額 (千元)	計畫期程		計畫承辦姓名			
一、建構全國空氣品質感測物聯網	108年環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫-主計畫	工業技術研	28,800	108.04.01~108.12.31		陳佳沛			PM2.5感測單體元件小型化設計
	108年環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫-專案辦公室計畫	工業技術研				陳佳沛			1. 完成專案辦公室之規劃、運作方式與年度目標設定。 2. 完成例行性工作，如分項一、分項二每月工作進度及經費執行彙整。 3. 完成臨時交辦工作，包含：107年期末報告委員意見回覆、109年計畫書之經費修訂、108年計畫推廣及成果資料等。 4. 完成2019年臺灣國際智慧物聯網應用展初步規畫。
	環境物聯網感測裝置驗證設施及品保作業制度建置維運計畫	工業技術研	23,100	106.5.9-109.12.31		鍾偉瑜	1. 臭氧感測裝置測試系統（實地場域與實驗室）維護與運作 2. 懸浮微粒感測裝置測試系統（實地場域與實驗室）維護與運作		1. 執行捷斯環能公司懸浮微粒感測裝置型式認證 2. 提報臭氧感測裝置測試收費標準
	中部地區空氣品質感測物聯網布建維運及資料服務先導型試驗計畫	中華電信股	27,000	106.7.20-108.12.31		黃健瑋	1.108年1月1日至108年12月31日每季資料完整率及數據品質滿意度應以90%為目標，績效查核的誤差(bias)在30%以內為品質目標 2.執行單位應至少辦理計畫相關教育訓練3場次，主題由本署指定與本計畫相關之感測器及布建維運技術等內容 3.執行單位應配合本署辦理宣傳、發表本計畫研究成果之作業至少5件(場)次 4.執行單位得設計中、英文宣傳網頁、影片、懶人包、說帖或		1.完成本年度第一季500點感測設備例行性巡檢工作 2.完成FOTA開發、測試及上線 3.參展2019新世代空氣品質監測與物聯網，參展內容及人員配置 4.進行數據品質提升精進計畫，偵測出異常低值設備並進行設備汰換或維修 5.500點PM2.5與監測站進行月平均值比較分析 6.調整異常通報系統並修正感測器狀態異常偵測報修SOP
	環境品質監測及預報作業技術合作協議書（PM2.5感測器布建）	交通部中央	13,880	107.11-108.4.20(108年度計畫尚在討論階段)		蔡宜君			
	108年度空污感測器比對校正及巡檢計畫	臺灣PM2.5	7,680			蔡宜君			
二、農地污染潛勢區域水質感測物聯網	水質感測物聯網精進、情境運用及數據展示應用	財團法人工	33,700			米姿容			
三、健全新世代環境執法智慧化作業體系	108年督察工作管理平臺功能提升及維護案					謝邇鴻			
	108-109年高技術性污染稽查及偵測科技工具操作委託服務工作					周榮光			
	108年度環境執法跨領域專業諮詢顧問協助查處作業計畫	台灣曼寧亞	2610(千元)	108.04.10-108.12.31		陳于庭	一、協助環境執法策略規劃及執行 二、協助環境執法查處作業：三大類別案件共計完成15件（一）計算不法利得（二）召開專業技術/諮詢會議（三）執行專業人員導入重大污染案件專案。 三、協助辦理行政處分及救濟資料作業 （一）彙整機關督察單位所提送之行政處分及救濟文書作業 （二）確核機關環保稽查處分管制系統資料登錄完整性250件 （三）開發3種不同水污染行業別之不法利得計算式 （四）協助機關召開裁罰審核會議之行政作業 （五）協助機關處分資料及全國不法利得案件月報表彙整統計四、配合貴署辦理相關環境執法工作事宜		4/10 議價決標，本期尚無進度
四、智慧環境感測數據中心、共通性應用服務及整合平臺	環境感測資料中心維運及功能擴充計畫	中華電信股	1300萬元	108/02/12-12/31		莊惟然	一、完成平臺整體架構擴充與強化 二、強化圖表查詢功能 三、整合物聯網事件與使用紀錄及成果追踪分析管理 四、強化數據分析管理，持續進化數據分析管理功能 五、整合收容時序性異質資料 六、地圖強化，強化地圖顯示功能 七、環境感測資料中心維運與管理		(一)專案管理組 1.02/15發文交付團隊成員名冊及保密切結書 2.02/23發文交付專案工作計畫書草案 3.02/25完成本專案啟動會議 4.03/08發文交付二月份月工作報告 5.03/26發文交付專案工作計畫書草案修正版 (二)IoT平臺維運管理組 1.東七機房IoT平台監控維運 2.02/25規劃【環保署IoT強化案-強化平臺資源建置規劃】東七機房與文心機房的IOT伺服器配置清單。 3.03/22申請東七與文心雙主中心數據分析平臺暨IoT平臺及資料交換平臺的PostgreSQL、Redis、Kafka、Grafana等防火牆服務。 4.因應未來10,200個感測裝置上線，於IoT測試區建立壓測環境，已於03/26提供6個測項壓測 (測試環境為2台，而正式環境為14台 8Core 128G)。 (三)IoT平臺應用服務組 1.02/15 提供使用者依據專案自行設定高值門檻設定值 2.02/15 提供濕度變化進行關聯性比較，針對濕度、PM2.5與風速進行xy散布圖比較(中位數) 3.02/20 提供IoT裝置經緯度檢測通知總表 4.03/21 完成下載中心之條件式匯出可自定欄位順序、日期欄位可自定格式開發。 5.03/22 完成介接E政府平台帳號。 6.03/25 完成空氣品質感測器合辦布建計畫先期籌備會議。
	108年環境感測數據分析及展示服務擴充暨維護計畫	睿訊科技股	1410萬元	108/01/31~12/31		江易道			

表 5-9、分項一各團隊計畫明細表

子項計畫名稱	計畫名稱
建構全國空氣品質感測物聯網	108 年環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫
	108 年環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫-專案辦公室計畫
	環境物聯網感測裝置驗證設施及品保作業制度建置維運計畫
	中部地區空氣品質感測物聯網布建維運及資料服務先導型試驗計畫
	環境品質監測及預報作業技術合作協議書（$PM_{2.5}$ 感測器布建）
	108 年度空污感測器比對校正及巡檢計畫
農地污染潛勢區域水質感測物聯網	水質感測物聯網精進、情境運用及數據展示應用
健全新世代環境執法智慧化作業體系	108 年督察工作管理平臺功能提升及維護案
	108-109 年高技術性污染稽查及偵測科技工具操作委託服務工作
	108 年度環境執法跨領域專業諮詢顧問協助查處作業計畫
智慧環境感測數據中心、共通性應用服務及整合平臺	環境感測資料中心維運及功能擴充計畫
	108 年環境感測數據分析及展示服務擴充暨維護計畫
	108-109 年環境物聯網輔助應用管理系統建置計畫

三、執行成果

本計畫從 4 月開始執行至 11 月，已與署內承辦及長官完成三次月會，且三次會議之相關內容及進度如下：

(1) 4 月份月會

本計畫「108 年環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫」4 月進度報告會

議安排於 4 月 23 日下午 2 點於環保署 4 樓第 4 會議室，如圖 5-11 所示，本次會議之重點為整體的計畫執行規劃內容，詳細之會議議程如下：

a. 空品物聯網專案辦公室之規劃、運作方式、年度目標
b. 分項一及分項二計畫國產感測元件開發進度、測試情形、國際競爭力分析
c. 環保局合辦計畫執行管理方式、經費及進度細部管考
d. 教育宣導整合規劃(場次及素材)、展覽活動各階段工作時程報告
e. 感測器空間測試規劃、機動感測器測試規劃

本次會議著重於空品物聯網專案辦公室之規劃、教育宣導整合規畫以及機動感測器之測試規劃，重點結論總整如下：

1. 專案辦公室營持續掌握國產化元件之研發進度，並督促相關單位加速元件之性能測是以及技術授權進度，以達成前瞻計畫目標期程。
2. 專案辦公室今年度之執行規畫以及年度目標，應定義更加明確尤其是針對國產化元件推銷外國訂單，應定義訂單規模及數量，確保推出去國外是有實際效益，而非參考價值之產品。
3. 針對機動式感測器之利用，應多加研析於交通感測之部分，應用於測站周邊之交通道路，藉此了解感測器是否能反應出交通所造成的空氣污染，進而評估是否能利用感測器之布建，去制定交通管制之機制；而中國武漢已有感測器裝設於機動載具之成果，建議將此部分納入參考，多收集相關文件進行比對及測試。
4. 教育宣導活動之規畫，應盡速完成宣導之教材以及活動安排，並與其他執行團隊一併辦理相關活動。

(2) 5 月份月會

本計畫「108 年環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫」5 月進度報告會議安排於 6 月 3 日下午 2 點於環保署 4 樓第 3 會議室，如圖 5-11 所示，本次會議之重點為整體的計畫執行規劃內容，詳細之會議議程如下：

a. 國際感測物聯網資訊分析及我國優化作法建議
b. 本計畫研發之 NO_2、O_3 感測元件測試結果報告
c. 物聯網產業分析報告(專案辦公室)

d. 國內空氣品質感測器或物聯網擴大應用場域洽談進度說明(專案辦公室)
e. 本署感測物聯網內容規劃及網頁初版
f. 教育宣導場次之各項工作辦理進度說明
g. 環保局合辦計畫經費及工作進度管考情形
h. 車聯網測試成果

本次會議著重於 NO_2 及 O_3 感測元件之研發進度以及車聯網測試結果，會議之重點結論總整如下：

1. 針對 NO_2 及 O_3 感測元件目前之研發進度，是否有可能於實際產出使用為今年度之執行重點。
2. 並針對元件之實用性，應擺放至國家標準監測站進行一致性比對，了解元件與測站間的相關性是否良好，以確保元件所量測出之數據的可信度。
3. 針對 NO_2 及 O_3 感測元件與國外市售之元件相比，其效能與價格是否具有競爭優勢。
4. 車聯網測試結果，在某些地區之污染濃度較高是收到地形影響或是此區域高污染車輛較多所導致之結果，應該進行詳細的評估及判斷。
5. 針對不同車種之測試結果，其柴油車之污染物排放濃度低於汽油車，此結果與傳統印象並不符合，需再進一步確認此測是結果的可信度。

(3) 6 月份進度會議

本計畫「108 年環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫」針對計畫內專案辦公室進行進度報告會議，此會議安排於 6 月 21 日上午 9 點 30 分於環保署 4 樓第 2 會議室，本次會議之重點為分項二計畫團隊之執行進度，以及專案辦公室今(108)年度之預計產出成果，其會議重點綜整如下：

1. 專案辦公室持續掌握國產化元件研發進度、市場競爭力及產業推動分析，據以協助分項一及分項二研發成果之產業推廣。
2. 請針對現有的年度目標擬定短期的工作時程規劃，設立短期檢核點，以利下半年度計畫進度掌握。
3. 建議感測器效能分析需定期執行、追蹤，目前 3 個月一次的分析週期過長。

4. 微系統中心感測器的實際場域布建測試，雖然目前 CV 值表現非常良好，但儀器器差部分仍有待檢驗，建議應於標準測站旁進行平行比對。
5. 請向大同、福華多索取幾台感測器，與微系統感測器一起至板橋、桃園平行比對。
6. 請團隊主動拜訪工業局前瞻計畫補助企業，了解各企業商品化的發展走向以及開發過程是否需要我方協助？

(4) 9 月份月會

本計畫「108 年環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫」9 月進度報告會議安排於 9 月 4 日下午 3 點 30 分於環保署 2 樓會議室，如圖 5-12 所示，本次會議之重點為整體的計畫執行規劃內容，詳細之會議議程如下：

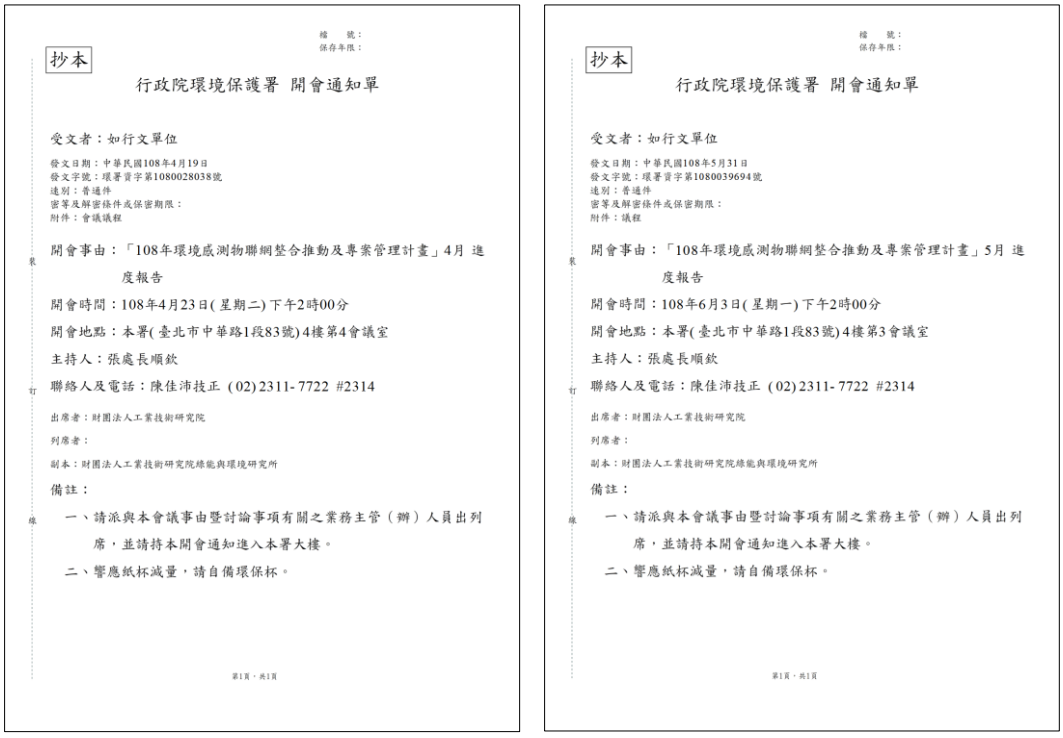
a. 教育宣導期程及執行成果
b. 年度大型研討會規劃方案
c. NO_2、O_3、$PM_{2.5}$ 感測元件測試進度報告
d. 微系統中心測試進度報告
e. AirBox 與標準測站測試進度報告
f. 車聯網測試報告
g. 越南案進度說明
h. 環保局布建進度彙整

本次會議著重於 NO_2、O_3、$PM_{2.5}$ 感測元件測試進度、車聯網測試進度以及年度大型研討會規劃進度，將本次會議之重點結論總整如下：

1. 計畫中感測器技轉應透過公開透明的技轉公告，確保有意願廠商對於爭取技轉合約的公平性。
2. 請團隊依據環境濃度的特性，挑選多個標準測站進行場域測試，藉此觀察因不同測站之環境條件，分析感測元件的數據特性與影響。
3. 車聯網測試有一定效果，建請另外進行上班尖峰時間測試，分析塞車前、塞車中以及塞車後之數值濃度變化趨勢，並分析濃度高值之交通特性。
4. 今年度計畫需辦理之研討會活動，請配合 12 月資訊月活動於臺北及高雄各辦

理 1 場次。至於研討會主軸之規劃，應廣邀國外專家或業界參與，建議除韓國外，亦可邀請歐洲、美洲等國家一同參與。

5. 未來應嘗試將車流量之變化、即時道路濃度分布以地圖的方式呈現，並結合行車影像紀錄與車牌辨識技術，以利了解各路段的移動污染與車流量變化之相關特性。



抄本

行政院環境保護署 開會通知單

受文者：如行文單位

發文日期：中華民國108年4月19日
發文字號：環署資字第1080028038號
速別：普通件
密等及解密條件或保密期限：
附件：會議議程

開會事由：「108年環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫」4月 進度報告

開會時間：108年4月23日(星期二)下午2時00分

開會地點：本署(臺北市中華路1段83號)4樓第4會議室

主持人：張處長順欽

聯絡人及電話：陳佳沛技正 (02)2311-7722 #2314

出席者：財團法人工業技術研究院

列席者：

副本：財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所

備註：

一、請派與本會議事由暨討論事項有關之業務主管（辦）人員出列席，並請持本開會通知進入本署大樓。

二、響應紙杯減量，請自備環保杯。

第1頁，共1頁

抄本

行政院環境保護署 開會通知單

受文者：如行文單位

發文日期：中華民國108年5月31日
發文字號：環署資字第1080039694號
速別：普通件
密等及解密條件或保密期限：
附件：議程

開會事由：「108年環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫」5月 進度報告

開會時間：108年6月3日(星期一)下午2時00分

開會地點：本署(臺北市中華路1段83號)4樓第3會議室

主持人：張處長順欽

聯絡人及電話：陳佳沛技正 (02)2311-7722 #2314

出席者：財團法人工業技術研究院

列席者：

副本：財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所

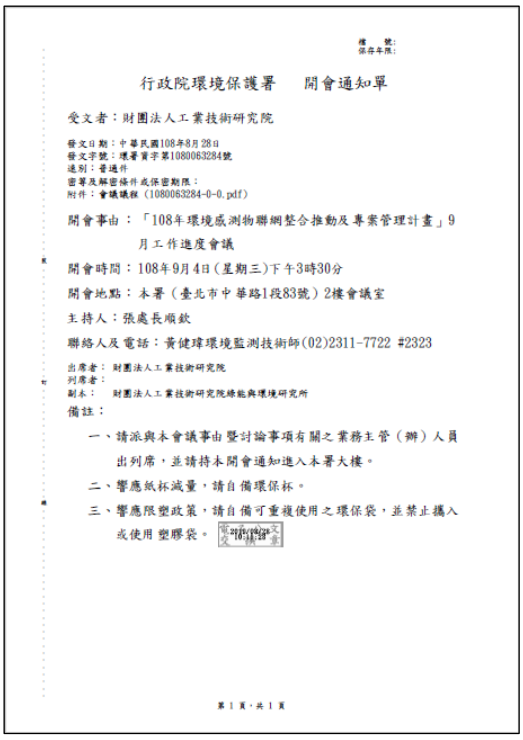
備註：

一、請派與本會議事由暨討論事項有關之業務主管（辦）人員出列席，並請持本開會通知進入本署大樓。

二、響應紙杯減量，請自備環保杯。

第1頁，共1頁

圖 5-11、專案管理計畫 4 月及 5 月進度報告會議通知單



檔　　號:
保存年限:

行政院環境保護署　開會通知單

受文者：財團法人工業技術研究院

發文日期：中華民國108年8月28日
發文字號：環署資字第1080063284號
速別：普通件
密等及解密條件或保密期限：
附件：會議議程（1080063284-0-0.pdf）

開會事由：「108年環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫」9月工作進度會議

開會時間：108年9月4日（星期三）下午3時30分

開會地點：本署（臺北市中華路1段83號）2樓會議室

主持人：張處長順欽

聯絡人及電話：黃健瑋環境監測技術師(02)2311-7722 #2323

出席者：財團法人工業技術研究院
列席者：
副本：　財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所

備註：

一、請派與本會議事由暨討論事項有關之業務主管（辦）人員出列席，並請持本開會通知進入本署大樓。

二、響應紙杯減量，請自備環保杯。

三、響應限塑政策，請自備可重複使用之環保袋，並禁止攜入或使用塑膠袋。

第 1 頁，共 1 頁

圖 5-12、專案管理計畫 9 月進度報告會議通知單

四、結論與建議

本計畫從今(108)年度計畫開始即追蹤各分項計畫之執行進度，本團隊同步利用 Google 共編平台追蹤各計畫團隊之執行情形，並針對 4 月及 5 月進度報告的長官意見進行改善，且於每次月會報告提報先前進度之改善成果，除了每月本團隊及各分項與長官開會報告外，為確保本團隊確實掌握各分項之進度，每次月會前應與各分項團隊開會討論相關進度，以上述方式促使本團隊更加確實執行專案管理計畫之執行重點，並可確實掌握各計畫團隊之執行狀況，也使各計畫承辦可藉由此平台掌握團隊的執行狀況。

5.4、規劃、彙整機關整體環境物聯網推動內容，並研提對策分析

一、工作內容

本工作項為整合各分項之工作情形、工作進度與成果，透過以精簡文字、秒懂圖片進行民眾有感之說明或宣導，同時計畫團隊將協助環保署管理追蹤工作及經費執行進度，並將上述執行進度狀況及成果彙整給環保署，以利環保署綜整計畫成效，並定期提報進度成果，視需要召開專案會議，據以協助環保署規劃、彙整整體環境物聯網推動內容，並研提對策分析、強化推動策略建議。

二、執行方法

針對本工項之執行內容，除前一章節（5.3 節）所提到建立定期追蹤各計畫進度之線上表單，以提供給計畫團隊人員填寫，再利用 Google 線上表單蒐集各計畫執行案例以及空氣品質物聯網實際應用案例匯集成故事集，如表 5-10 所示，並將其故事集內容提供給署內長官，以作為長官推廣環境物聯網運作成果之素材，除了做為環保署對外的推廣素材，也可做為本團隊進行環境教育或科普宣導之教育宣導素材之一，以利民眾更加了解環境物聯網的執行成果，並再針對各分項之計畫成果進行彙整，以利不定期做成簡單的成果進行宣導與介紹。

故事集分為不同類別之故事主題，包含感測物聯網成果、社群參與和應用推廣、環境感測小知識、感測展示與分析以及環境感測智慧稽查等五大類，並將不同類別之成果展示給不同的對象。

表 5-10、環境感測物聯網故事集

編號	類別	名稱	連結	建立年度/單位
1	感測物聯網成果	空品環境感測物聯網布建規劃	https://hackmd.io/j114ZvlZQL2Qar5Uk9sUjw?both	FY108/宸訊
2	社群參與和應用推廣	空氣品質監測與物聯網研討會－政府與民間合作提升智慧執法成效	https://hackmd.io/yy1uHlCYT06SE-a3NFZ1JQ?both	FY108/宸訊
3	環境感測小知識	空氣污染與大氣擴散不佳(前篇)	https://hackmd.io/142aNLZBSam_oy432mLS5Q?both	FY108/宸訊
4	環境感測小知識	空氣污染與大氣擴散不佳(後篇)	https://hackmd.io/HfrT4wqHSDi2bPDfzH1HsA?both	FY108/宸訊
5	環境感測小知識	國家監測站 $PM_{2.5}$ 監測儀器原理	https://hackmd.io/NHwrB0UVSa-dfb5jarPbUw?both	FY108/宸訊
6	環境感測	$PM_{2.5}$ 微型感測器偵測原	https://hackmd.io/hCIWAV2n	FY108/宸

編號	類別	名稱	連結	建立年度/單位
	小知識	理	SmStO4krSf5TOw?both	訊
7	感測展示與分析	aiR 空氣網重點功能介紹：動態影像紀錄、告警事件、潛勢分析	https://hackmd.io/s1_zp1Y0Rf-pU9eHZ4XIUA?both	FY108/宸訊
8	感測展示與分析	鶯歌樹林工業區感測器資料分析	https://hackmd.io/niVSm4O_Tqe7I1LDTDzj4Q?view	FY108/宸訊
9	感測展示與分析	臭氧預測資料分析	https://hackmd.io/fOSTtqT_RmmxE58sg5Mu-A	FY108/宸訊
10	感測物聯網成果	什麼是空品環境感測物聯網?	https://drive.google.com/file/d/137RRjp-4q6--q6XLbLgiLTvlc9tSN1JA/view	FY108/宸訊
11	感測物聯網成果	環工展污染潛視分析成果展示（英文版）	https://www.youtube.com/watch?v=zSQnxeRgOGg	FY107/卡米爾
12	感測物聯網成果	物聯網如何結合 AI?	https://drive.google.com/open?id=1Krbq8XoBI0dkf6rZbabBR1PMz-NRfnjt	FY107/卡米爾
13	環境感測智慧稽查	宏全 3D 建模＋UAV 數據疊合 （偵查階段中，已提供中區大隊、臺中環保局，但未公開）		FY107/卡米爾
14	感測物聯網成果	AR + 四層防護網展示	https://www.youtube.com/watch?v=9kDRl9B12JM	FY107/卡米爾
15	感測物聯網成果	智慧城市展：環境物聯網智慧執法應用	https://youtu.be/dkNO0yKoH1g?t=140	FY107/卡米爾

三、執行成果

(一) 環境感測小知識-空氣污染與大氣擴散不佳

環保署從 106 年起開始建構環境感測物聯網，利用低成本的空氣品質感測器與各縣市環保局合作，將感測器布建於全國各縣市之重點污染區域，其主要目的是為了掌握小尺度空間的污染物濃度變化之情形，但除了環保署自身了解此空氣品質感測器的原理外，也為了讓一般民眾了解空氣品質感測器與現行的國家標準監測站之不同以及環境中的空氣污染物到底從何而來，因此利用小故事的方式，讓民眾更加了解生活中的空氣污染可能的來源，以及導致空氣品質不好的原因。如圖 5-13 所示，本篇的主題為空氣污染與大氣擴散不佳，從此題目就可以初步判斷空氣品質不好除了交通污染或工廠的污染排放外，氣候條件也是造成空氣品質變差的原因之一，因此可藉由此主題的介紹讓民眾了解到，大氣擴

散條件不佳所造成的影響會有哪些。



圖 5-13、空氣污染小故事

(二) 感測展示與分析-臭氧預測資料分析

針對感測展示與分析主題，主要是對於感測器的布建以及空氣污染物的預測分析作為重點，現行環保署的空氣品質監測網站上有針對未來幾天的空氣品質進行預測預報，以提供給民眾了解接下來幾天的空氣品質狀況，以利民眾即早進行預防對策，而本主題即為針對污染預測及分析介紹，這次所介紹的為「臭氧預測資料分析」，如圖 5-14 所示，藉由比對國家級標準監測站臭氧的小時濃度值與過去 8 小時的移動平均值，目的在了解這兩種不同的臭氧濃度值的表示方法分別代表甚麼，哪種計算方式更能顯示準確的臭氧濃度，讓民眾可以更容易判斷當下或是今日的臭氧濃度是否會對民眾造成健康影響。

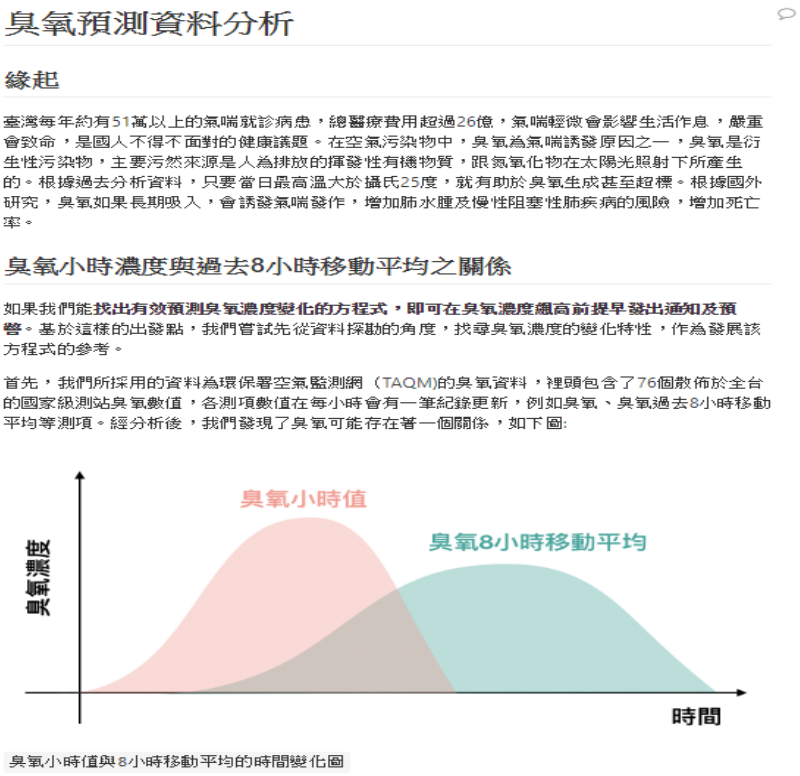


圖 5-14、臭氧預測分析小故事

(三) 感測物聯網成果-智慧城市展：環境物聯網智慧執法應用

於感測物聯網成果之主題，大多聚焦於物聯網智慧執法應用面，不論是環保署或是環保局皆希望透過不同空氣品質感測器的布建，幫助提高污染稽查的效率減低人力的花費，並且希望藉此可以掌握到一般不易發現的污染偷排案件，藉此可以提醒工廠偷排污染物是會留下證據並被裁罰的，且更加有效抑制空氣品質變差，於圖 5-15 所示，於 2018 年智慧城市展，環保署剪輯了一段影片宣傳空氣品質感測的布建以及實際應用的成果並於此展覽上宣傳，藉此讓民眾知道感測器的布建是有實際的成果效益，且顯現於污染稽查上，而今(108)年也有 4 至 5 起空氣品質感測器的實際應用案例，包括火災事件的評估、污染物的追蹤以及污染事件的裁罰等，此詳細內容可參考 3.4 節之內容。



圖 5-15、環境物聯網智慧執法應用

(四) 分項一網頁成果展示

針對 5.3.節提及分項一所涵蓋之各計畫，其中包含了網頁建置、數據展示、數據分析等實體之執行成果，再者還有水質物聯網的建置、環境督察總隊的稽查應用等不同計畫，而本章節將以網頁建置之成果進行介紹，本計畫所控管之分項一團隊共建置了 4 個相關網站，如圖 5-16，用以呈現環保署所建置的空污感測器數據可以由相關平台網站進行管理以及數據分析，其網站包含臺灣環境物聯網、水科技物聯網應用平台、IoT 智慧聯網平台以及 aiR 空氣網，下方將針對各網站分別進行介紹：

1. 臺灣環境物聯網：

   本平台主要是針對民眾所建置之網站，為了讓民眾了解甚麼是環境物聯網、物聯網的用途、建置的歷程等內容，因此建置此網站讓民眾可藉由此網站了解相關資訊，並於網頁中還有提供各種與環境污染相關的科普知識，以提供給民眾有更多的資訊可以了解，而明白環保署建置物聯網的目的，以及實際上感測器數據變化所代表的意義為何。

2. 水科技物聯網應用平台：

   水科技平台為呈現水質感測器布建情形以及隨時上傳感測器數據，並

即時展示水質物聯網監測數據，透過多項分析模式，解析水質污染時空熱區，提供環保人員鎖定污染源參考資訊。

3. IoT 智慧聯網平台：

IoT 智慧聯網平台為環保署所建立之感測器數據蒐集後台，建立龐大的儲存系統以蒐集每 3 分鐘一筆之感測數據資料，並建立建議的數據分析系統，以節省使用者下載數據及分析之時間，此平台主要提供給環保署、各縣市環保局、布建廠商、稽查應用人員申請帳號並使用相關所需觀察、分析之感測數據。

4. aiR 空氣網：

本平台主要為將數據後台（IoT 智慧聯網平台）所蒐集之資料，進行彙整後呈現至前台網頁上，此平台將呈現每台感測器之數據變化、進行污染潛勢分析，以幫助稽查人員找出高污染區域以及可疑工廠，以利稽查人員針對違法工廠進行裁罰，並加強工廠稽查以減少違法排放事件發生。



圖 5-16、分項一計畫網頁成果

四、結論與建議

針對感測器布建、應用成果、資料分析及相關空品小知識，後續將持續收集相關小故事匯集成故事集，並持續將這些資訊放置於今(108)年本計畫已建置之臺灣環境物聯網之網頁上，以供民眾線上參閱，藉此更加瞭解本計畫之執行內容以及成果，並藉由不同途徑廣播環境物聯網的執行情形以及執行成果，並將整理之故事集

作為附件於宣導活動中進行廣宣推廣。分項一各計畫中所建立之應用平台，主要是提供給各環保局人員、稽查單位等所使用之網站，因此可藉由與相關人員辦理宣導活動，同步宣導並教學如何使用相關網站，並提高應用平台的使用率，藉此提供多元稽查管道供稽查人員查看污染事件及民眾陳情案件。

5.5、結合監測站資料及其他異質資料，分析歸納各地特性

一、 工作內容

本項工作以目前布建空氣品質感測器數據資料為基礎，建立區域性空氣品質監測網，蒐集掌握各區域空氣品質資訊。結合鄰近監測站資料及其他異質資料，透過更深入的感測資料分析污染源分布的特性，同時也能針對短期內濃度的變化進行精準的預測即時掌握空氣品質，結合最新的監測技術與網路科技透過 AI 機械學習模式來分析歸納各地污染物來源及特性。

二、 執行方法

為整合討論布建感測器數據資料與監測站資料及其他異質資料之特性，初步彙整可收集之資料如下：

(一) 監測站資料：一般空氣品質監測站、工業空氣品質監測站、交通空氣品質監測站、國家公園空氣品質監測站、背景空氣品質監測站及地方環保局設置監測站。目的為監測空氣污染物的長期趨勢及污染物來源特性。

(二) 異質資料：列管污染源、固定污染源連續監測系統、火點觀測、風向、風速等氣象資料、人口密度、感測器 $PM_{2.5}$ 濃度和民眾陳情資料等資訊。藉由這些系統即可查閱該區域之列管污染源資料和排放量，污染物排放狀況以及即時量測多種污染物種瞬時變化，可運用衛星遙測提供火點資料，監控異常高溫燃燒事件，包括工廠燃燒塔使用、農地燃燒、垃圾露天燃燒等火點圖資，都可得到衛星遙測。天氣資料整合與即時預報，讓大氣、海象及環境監測與預報資料，可以更有效應用。

三、 執行成果

除了上述資料外，目前異質資料的收集涵蓋土壤污染管制區、地下水污染管制

區、環境設施資料（包含如加油站、寺廟、垃圾掩埋場等）、觀光遊憩資料（包含如社區、古蹟、休閒農場、風景區等）、環境機構資料（包含如事業機構及處理再利用機構、公民營廢棄物清除機構、汽機車定檢站等）、民生設施資料（包含如醫療機構、學校、救援及應變單位-消防單位）及生態資源資料等。本團隊以嘉義市為例，依據 107 年度布建 200 台空氣品質感測器監測數據結合嘉義市人口密度分布與 $PM_{2.5}$ 濃度等因子進行資料分析。嘉義市人口密度如圖 5-17、$PM_{2.5}$ 污染濃度如圖 5-18 和空污風險分布如如圖 5-19 進行資料堆疊分析。空污風險分析結果前三名分別是仁義里、過溝里以及興南里。

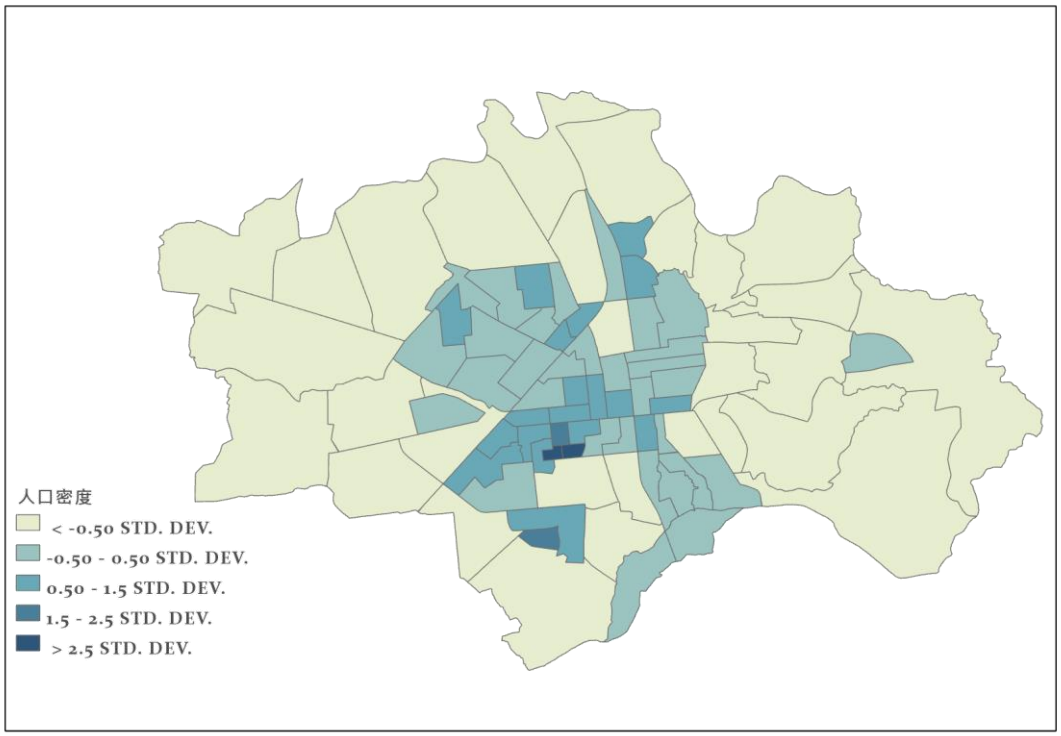


圖 5-17、嘉義市人口密度分布圖

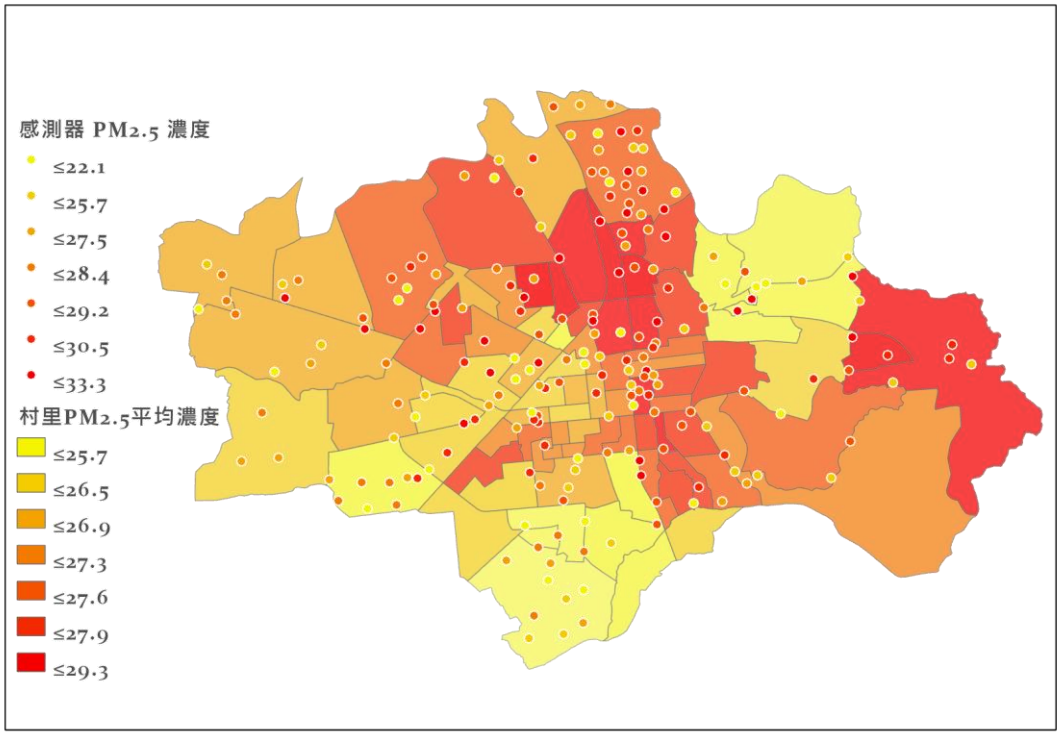


圖 5-18、嘉義市 $PM_{2.5}$ 污染濃度圖

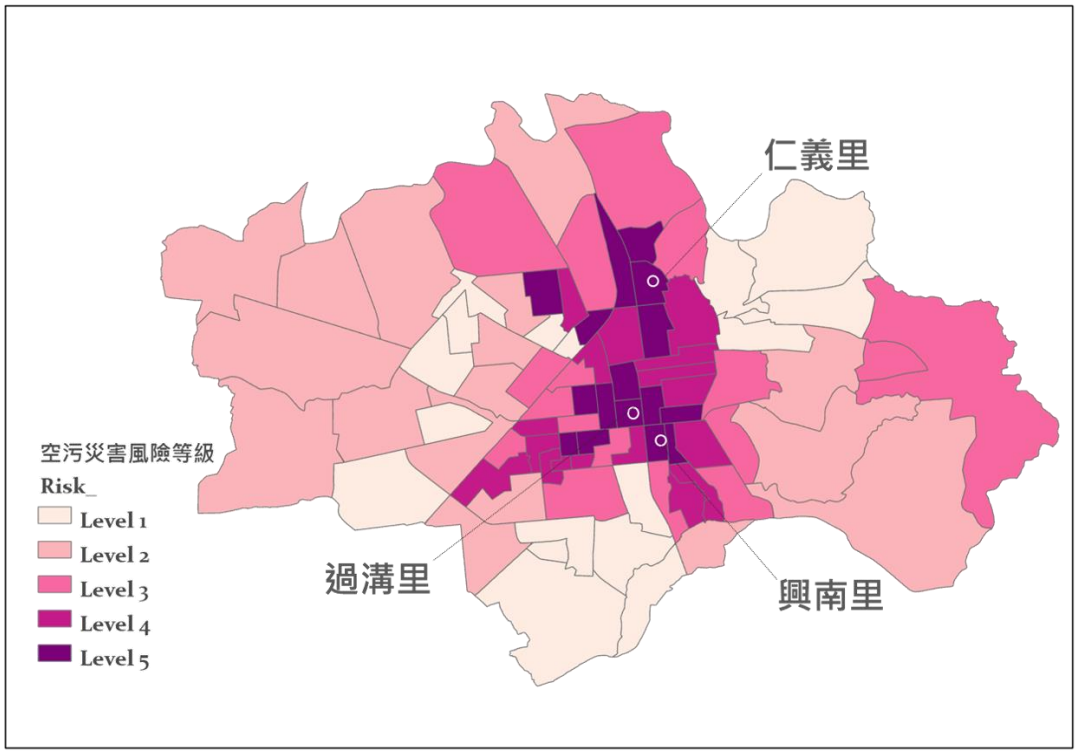


圖 5-19、空污風險地圖

四、 結論及建議

本工作重點為透過眾多的異質資料與感測數據資料進行疊合與運用，初期透過分析各種不同場域與鄰近微感測器間的感測數據的相關性或對應關係，進一步可以深入探討單一場域與單一污染物的深入應用。本團隊以嘉義市布建之空氣品質感測器 2019 年 10 月數據結合異質資料人口密度與感測器 $PM_{2.5}$ 濃度進行人體暴露風險評估，分析結果顯示仁義里、過溝里和興南里空污災害風險等級為嘉義市區風險最高的三個里，該區域人口密度大於其他區域 2.5 倍標準差和感測器 $PM_{2.5}$ 濃度>30μg/m^3，有效的掌握民眾的生活環境暴露在污染環境濃度的分布範圍。政府可以藉由這些資訊建議民眾從事活動時可以避開這些污染熱區，並針對污染熱區的污染排放源進行減量管制措施。建議後續可應用在其他布建空氣感測器的縣市進行數據分析，建立空污分布圖。並加入其他異質資料分析因子如列管污染源資料和排放量與風速風向等資料進行分析，堆疊出各區域民眾暴露於空氣污染的風險分布圖。

5.6、蒐集強化機關推動環境品質感測物聯網政策推動

一、工作內容：

有鑑於國人對空氣品質重視，政府單位為提升環境治理及公眾服務品質，導入全方位發展環境品質物聯網，期望環境物聯網能成為智慧城市重要的一部分，並強化空氣品質的即時監測，兼併應用環境物聯網新興資通訊技術，藉由不同的空間尺度及時間尺度達到空氣品質監控。在環境物聯網多層面的應用上，包含感知層、網路層及應用層，感知層具有感測、辨識及通訊能力的設備，並包含針對不同的場景進行感知與監控；網路層為建構無線通訊網路上並將感知層收集到的資料傳輸至網際網路；根據不同的需求開發出相應用軟體，進行技術融合之應用層。

二、執行方法：

環境品質感測物聯網層層相扣，為延續 107 年度所探討環境物聯網應用的問題，今年度更加精進進行本項工作，持續蒐集機關推動環境品質感測物聯網目前所遇問題，並且依據相關問題進行分類規劃及定期召開交流會議，以強化政策推動。依

據環境物聯網所面臨問題點，目前規劃及蒐集之問題點涵蓋以下幾點：

(一) 國產化感測元件開發及結合問題：目前主要就國產化感測元件之感測器開發規劃與進度確實掌握外，同時探討試行研究環境物聯網感測器場域應用挑戰與方案進行探討與研析。

(二) 智慧化巡檢數據分析：主要就於布建後如何以數據分析與統計方法分析群體感測器數據符合一致性，並就巡檢儀器之平行比對程序與成效，定義誤差之標準及如何採用統計分析模式，發展智慧化巡檢機制，提升數據品質，降低人工作業進行探討。

(三) 傳輸資訊與呈現問題：目前環境資訊上傳至雲端物聯網平台，如何可以有效針對空氣品質污染源作即時的數據分析以及追蹤，並針對特定問題(系統讀取及應用)進一步研析討論。

(四) 群集團體集思廣益：透過網路上的號召，結合公民團體針對特定議題或特定新興科技，進行環境物聯網的創新應用討論。

三、執行成果

本團隊今年度就環境品質感測物聯網針對感測數數據分析進行更深入的探索及討論，持續辦理感測數據校正諮詢會議、感測數據應用統計專家諮詢會議、感測數據稽查應用會議及感測數據應用統計專家諮詢會議，其相關辦理說明分述如下：

(一) 感測數據校正諮詢會議：本團隊分別於 108 年4 月 24 日與中央大學資訊工程學系陳弘軒教授及 108 年 4 月 25 日與清華大學經濟學系楊睿中教授討論探討大數據分析與機器學習之方法，其是否能用在大量的感測器數據校正、數據異常之判斷，並研擬合適的模式去套用於感測器數據判斷上進行研議，並找出可能的感測器之衰減機制，以利及早進行感測器的校正或是儀器之更換。

(二) 感測數據應用統計專家諮詢會議：本團隊於 108 年5 月 10 日假工業技術研究院辦理感測數據應用統計討論諮詢會議，邀請元智大學工業工程與管理學系所林真如教授針對目前縣市布建後大量感測數據之統計分析行為，如何藉由統計方法來解析大數據之行為，以利於本計畫未來在感測數據的統計及判讀上能有進一步的合理分析方式。

(三) 感測數據稽查應用會議：本團隊於 8 月 8 日假工業技術研究院揚昇大樓與康城公司進行 IOT 及 WOT 平台應用模式討論，藉由使用者應用回饋，據以優化智慧稽查模式，以利協助環保稽查人員及縣市布建廠商在系統後端應用提供有效應用服務。

(四) 感測數據應用統計專家諮詢會議：本團隊於 108 年8 月 19 日中央大學陳弘軒老師討論數據分析，主要參考參考 Tongshu Zheng 學者的動態校正模型(Dynamic calibration model)方法進行試做、討論，一次去掉一個感測器站點，再以周圍感測器預測該站點之數值。

四、結論與建議

因應未來感測器大量布建之規模需求，就智慧化巡檢數據分析及資訊傳輸與呈現也是目前面臨最大之問題，持續參考歐美對於智慧化巡檢及校正數據分析及最佳化布建規模之規劃，以提供最佳效益的維護機制，同時藉由與多面向的專家學者交流會議，透過廣納經驗與跨域構想，發展新穎且具實用價值之作法，達到輔助智慧化管理及最大效益化的環境感測物聯網具體維運與應用方案。後續將持續就這部分再與專家學者召開交流會議，達到最有效的數據品質呈現方式。

5.7、規劃及辦理空氣品質認知相關研習會或說明會或教育訓練

一、工作內容：

有鑑於空氣品質議題日趨重要，為落實民眾對於空氣品質的認知，環保署提供即時空氣品質監測資訊供各界查詢使用，並能於網站揭露空氣品質正確認知資訊加強宣導，教導適當採行自我保護的措施。本團隊期望能透過教育宣導介紹空氣污染的來源、天氣/地形與居家對空氣品質的影響讓民眾認識空氣污染。同時，藉由說明環保署監測 $PM_{2.5}$ 的設備及方法，並介紹微型感測器的原理，據以釐清「國家監測站」、「智慧城鄉感測點」和「學校民間感測器」之間差異與數據意義，以及彙整我國的空氣品質現況與環境治理的成效，教導民眾使用空氣品質指標(AQI)來規劃健康活動，並保護自己降低被空氣污染影響。

二、工作執行方法

本項工作將依民眾與政府需求及未來因應作法，規劃教育訓練藉此提升我國空氣品質認知能力。而本工作項目預計辦理 10 場次宣導會議，因應署內對全國各縣市至少一場次教育宣導會之需求下，本團隊結合署內相關委辦單位（臺灣 $PM_{2.5}$ 監測與控制產業發展協會）共同辦理本項工作，於計畫執行期間持續就各縣市分區辦理之分工事宜雙方進行研商，辦理方式首先於臺灣本島開始辦理，後續再辦理離島之縣市。今年度本團隊與署內長官研商後，為了達到會議辦理及避免造成民眾困擾，於 8 月中旬開始與地方環保局進行聯合辦理，主要希望藉由本團隊與地方環保局合辦達到宣導，並作為後續環保局自行辦理的參酌依據，期望達成會議辦理的實質功效。

三、執行成果：

本團隊與地方環保局共同辦理「空氣品質認知教育宣導會議」，相關辦理時程及地點如表 5-11 所示，目前已完成宜蘭縣、新北市、苗栗縣、彰化縣、嘉義市、高雄市、屏東縣、新竹縣、員林及嘉義縣 10 場次的辦理。

表 5-11、空氣品質感測認知宣導會執行說明

序號	辦理縣市	辦理時間	會議地點	參與人數(人)
1.	宜蘭縣	8 月 22 日	宜蘭縣政府地下一樓文康中心	35
2.	新北市	9 月 18 日	中華電信學院-板橋所綜合大樓 G207 教室	33
3.	苗栗縣	9 月 23	苗栗縣環保局	80
4.	彰化縣	9 月 24 日	彰化體育場 106 教室	59
5.	嘉義市	9 月 25 日	南院旅墅	33
6.	高雄市	9 月 27 日	高雄蓮潭會館 402 會議室	35
7.	屏東縣	10 月 1 日	農業生物科技園區 管理中心大型會議室 3F	56
8.	新竹縣	11 月 20 日	新湖國小	99
9.	員林	11 月 27 日	中華電信員林服務中心 202 會議室	53
10.	嘉義縣	12 月 11 日	嘉義縣人力發展所 創新學院	77

本團隊就課程安排為強化與會者對空氣品質之認知，課程內容涵蓋空氣品質感測認知靜態課程，包含介紹影響空氣品質變化之各種原因、空氣盒子與監測站的數據差異、感測器裝設應注意事項。另增加動態課程，藉由現場空氣品質感測器之實驗，就數據解讀及判斷方式進行說明，以正確傳達資訊，期望大家一起維護生活週遭的空氣品質，深化大家對空氣品質監測資訊內涵與相關作業之瞭解。相關宣導課程內容如表 5-12 所示。

表 5-12、空氣品質認知相關研習會課程規劃

主題	會議時間	靜態課程	說明單位	動態課程
議題一、感測器介紹與說明	**13:10-13:30**	報到	工研院/環保局	布置示範感測器 (工研院團隊)
	13:30-13:40	引言、課程介紹	環保署/環保局	
	13:40-14:40	空氣污染的介紹/天氣地形對空氣品質的影響	環保署	1.感測器一致性比對 2.水霧對感測器的影響 3.廚房油煙產生的 $PM_{2.5}$ 有多少
	14:40-15:30	監測站與感測器的差異	工研院	
	15:30-15:40	休息(茶敘)		
議題二、感測器應用	**15:40-16:40**	感測器智慧稽查應用	環保局	
	16:40-17:10	綜合討論	環保署/環保局	
	17:10~	賦歸		

(資料來源:本計畫規劃)

依據上述日期及課程說明，其相關辦理情形如下說明：

一、宜蘭縣「空氣品質認知教育宣導」會議

(一)時間：108 年 9 月 17 日

(二)地點：宜蘭縣政府地下一樓文康中心

(三)參與人數：35 員

(四)與會者關注議題：

1. 校園感測器的壽命有多久，該如何維護保養？

2. 如何確認感測器是否異常，故障後應如何維修？

3. 當空污來臨時，該如何保護自己或學童？






二、新北市「空氣品質認知教育宣導」會議

(一)時間：108 年 9 月 18 日

(二)地點：中華電信學院-板橋所綜合大樓 G207 教室

(三)參與人數：33 員

(四)與會者關注議題：

1. 針對境外污染所造成的空污發生的季節、來源及特性為何？
2. 為何氣候與地形會影響空氣污染？
3. 空污感測器的偵測極限為何？



三、苗栗縣「空氣品質認知教育宣導」會議

(一)時間：108 年 9 月 23 日

(二)地點：苗栗縣政府環境保護局

(三)參與人數：80 員

(四)與會者關注議題：

1. 本校位於苑裡，但是苑裡並無環保署的標準監測站，而苗栗地區的監測站僅苗栗及三義，因此請問我們應該要挑哪個監測站的數值作為苑裡地區的參考呢？
2. 颱風對空品造成的影響？
3. 秋冬季空氣品質不好的原因？
4. 臺灣整體而言哪個縣市的空氣品質最不好？
5. 若是大陸空品狀況變好的話，對臺灣有沒有影響？



四、彰化縣「空氣品質認知教育宣導」會議

(一)時間：108 年 9 月 24 日

(二)地點：彰化政府環境保護局

(三)參與人數：59 員

(四)與會者關注議題：

1. 學校時常有異味污染問題，若要向相關單位陳情，是否要提供甚麼具體的資料較容易查到污染來源？
2. 針對空氣污染的資訊取得眾多，但是差異甚大，我們該如何選擇與應用？
3. 臺灣整體而言哪個縣市的空氣品質最不好。



五、嘉義市「空氣品質認知教育宣導」會議

(一)時間：108 年 9 月 25 日

(二)地點：南院旅墅

(三)參與人數：33 員

(四)與會者關注議題：

1. 發給學校的感測器要如何維護及確認是否運作正常?
2. 環境即時通 APP 是顯示感測器的數據嗎？
3. 針對空氣污染的資訊取得眾多，但是差異甚大，我們該如何選擇與應用？



六、高雄市「空氣品質認知教育宣導」會議

(一)時間：108 年 9 月 27 日

(二)地點：高雄蓮潭會館 402 會議室

(三)參與人數：35 員

(四)與會者關注議題：

1. 針對工業區空氣品質要如何去監測與了解?
2. 針對空氣污染的資訊取得眾多，但是差異甚大，我們該如何選擇與應用？
3. 工業區空品監測的系統是要從何得知，是要尋求哪種感測器的數值？







七、屏東縣「空氣品質認知教育宣導」會議

(一)時間：108 年 10 月 01 日

(二)地點：行政院農業委員會屏東農業生物技術園區管理中心 3 樓大型會議室

(三)參與人數：56 員

(四)與會者關注議題：

1. 環境即時通 APP 是顯示感測器的數據嗎？
2. 要如何確定感測器是否正常？
3. 學校布設得感測器要如何維護，或是需要多久更換一次？




八、新竹縣「空氣品質認知教育宣導」會議

(一)時間：108 年 11 月 20 日

(二)地點：新竹縣湖口鄉新湖國小

(三)參與人數：99 員

(四)與會者關注議題：

1. 監測站的差異值，學校在升空品旗幟的時候要如何依循?
2. 校園布設的感測器如果發現異常要如何處置?
3. 針對境外污染所造成的空污發生的季節、來源及特性為何？





九、員林「空氣品質認知教育宣導」會議

(一)時間：108 年 11 月 27 日

(二)地點：中華電信員林服務中心 202 會議室

(三)參與人數：53 員

(四)與會者關注議題：

1. 監測站的差異值，社區住家如何得知就近感測測的數值?

2. 如何確認感測器是否異常，故障後應如何維修？

3. 要如何確定感測器是否正常？





十、嘉義縣「空氣品質認知教育宣導」會議

(一)時間：108 年 12 月 11 日

(二)地點： 嘉義縣人力發展所 創新學院

(三)參與人數：77 員

(四)與會者關注議題：

1. 要如何確定感測器是否正常?

2. 針對空氣污染的資訊取得眾多，但是差異甚大，我們該如何選擇與應用?

3. 臺灣整體而言哪個縣市的空氣品質最不好?





四、結論及建議：

綜觀以上與縣市合辦之教育訓練所知，辦理空氣品質認知教育訓練可讓民眾、業者及教職員熟悉空氣污染議題與空氣盒子的使用及應用限制，提高國民對環境

問題或者問題的公眾意識和知識，透過資料視覺化讓大眾可透過網站及 APP 觀看即時數據，來得知所在所在區域空氣品質變化趨勢；後續可整體規劃將空氣品質警示及防護融入社區宣導、學校課程教學或議題領域，喚醒民眾對環境、空污等議題的重視。

5.8、依機關需求協助計畫執行及聯繫協調等行政工作

協助 108 年環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫之執行，本團隊將指派 1 名專業人力，依署內需求於指定地點協助計畫執行、彙整資料、聯繫協調等行政工作，並彙整機關各單位規劃內容，研提對策分析、強化推動策略建議。依去(107)年環境品質感測物聯網推動及專案管理計畫之經驗，主要協助署內「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」及「空品物聯網產業開展計畫」各式計畫提案、經費申請、彙整、溝通聯繫及輔助對外說明事宜，並分析市售空氣品質感測器與署內測站數據，提供未來研發及布建參考。今(108)年持續強化協助事項包括地方政府合辦計畫推動、開展計畫各式月報及資料彙整、布建計畫及經費管考、效益宣傳等行政庶務協助，並全力配合署內需求執行。

5.9、配合機關彙整研提資料及相關網站之規劃、管理及維運

本工作項目依據合約規範，協助配合規劃參與 107 年 3 月底在臺灣舉辦的 2018 智慧城市論壇暨展覽(Smart City Summit & Expo, SCSE)，協助智慧城市展強調跨產業與跨領域的應用，並配合大會活動主題「以物聯網建設智慧城市」，將以與民眾息息相關的環境品質為主軸參展。今年度(108)也已著手參與 2019 智慧城市論壇暨展覽(SCSE)，並配合大會主題「智慧物聯網引領智慧城市再升級（AIoT Invigorates Smart City）」，將展現環保署於空氣品質物聯網及水質物聯網兩面向之成果進行展現。

此外，去年度亦配合空污現形-空品物聯網啟動智慧執法新世代記者會辦理，主要呈現空氣品質感測物聯網輔助智慧化環境治理之成效、「空氣網」輔助智慧稽查功能介紹、空氣品質感測器建置成果，數據提供民眾運用及預告環境感測物聯網與

產業創新時代研討會。今年度仍將持續配合機關環境物聯網相關記者會辦理及相關開展計畫、報告案、會議，協助彙整研提資料、簡報。

就環境品質物聯網相關網站之規劃，將延續去(107)年所建置的「臺灣環境物聯網」一頁式網頁設計(如圖 5-20)，持續整合我國環境物聯網成果、促進產業交流與吸引外界注意等三大方向精進宣傳網站並滾動式修正符合機關需求，於確立未來要依此網站風格與架構（一頁式網站）進行建置，並納入各種靜態與動態文宣等內容，以及萃取環境預報模式與資料應用兩大計畫成果網站內容，藉以提升網站豐富度與觀看者的動機及達到展示效益。故在今(108)年維運及新增網站內容，如以下主題。

(一) 環境物聯網推動期程與工作簡介

- 環保署物聯網推動工作
- 地方政府物聯網布建工作(持續更新)

(二) 環境物聯網感測器布建之評估、規劃、執行

- 布建區域選定之合理性評估守則
- 環境議題區域訂定方法

(三) 感測器差異性說明

·一般市售感測器及標準測站差異及數據說明

·感測器巡檢數據分析說明

(四)「空品物聯網產業開展計畫」之專案辦公室

- 一站式服務推廣中心
- 國際物聯網發展與產業推動資訊

(五) 國內外相關環境物聯網研討會、研習會

- 國際物聯網發展與產業推動資訊
- 空氣品質監測相關說明會或訓練會

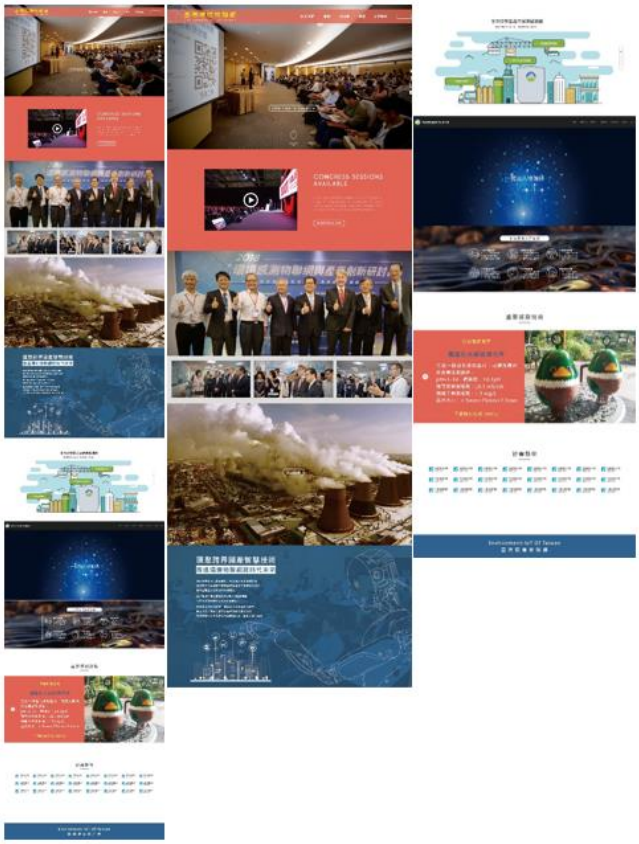


圖 5-20、臺灣環境物聯網一頁式網頁設計

第 6 章 、協助地方政府感測物聯網建置工作

環保署為掌握與地方合辦布建感測器之運作品質，本計畫將協助地方政府共同推動空氣品質感測器布建與維運工作，及環保署物聯網相關工作推動，包括管理追蹤各地方政府與機關合辦感測器布建維運之工作及經費執行進度、彙整地方政府感測物聯網運作情形、提供空氣品質感測器布建維運專業分析及建議、審查地方政府所提空氣品質感測器布建維運之相關資料、訂定感測器執行工作手冊，具以提供地方政府應用參考。

6.1、管理追蹤地方政府感測器布建工作

針對環保署於今(108)年與地方政府合辦空氣品質物聯網布建計畫，計畫團隊協助管理追蹤工作及經費執行進度，並了解其執行進度困難點，以協助地方政府順利推動合辦計畫，每 2 月將提出檢討報告，並視需要召開管理會議。本專案管理計畫之實施方法說明如下：

一、計畫申請及啟始階段

(一) 協助地方政府研提計畫書，協助評核及審查，給予修正建議，期間將提供技術諮詢服務，必要時辦理教育訓練。

(二) 支援必要之聯繫溝通，彙整各合辦計畫提案，追蹤計畫書繳交進度。

二、計畫執行階段

(一) 追蹤各地方政府合辦計畫書所列之工作項目皆確實進行，計畫相關資料彙整、評估、補充及各工作項目界面之協調及整合。

(二) 建立空氣品質感測器布建維運計畫控管表，如表 6-1 所示，定期查核各地方政府計畫執行進度。

(三) 建立與環保局資訊交流平台，協助進行環保署、環保局及計畫團隊共同資訊交流，減少行政程序，運用 Google Drive 架構，提供相關參考文件與共用資訊資料交流平台：

1. 最新資訊：國內外可供參考資訊
2. Q&A 資訊交流區：分類共通性問題及經檢討後之建議參考資訊
3. 進度管控追蹤：布建進度管控彙整表。

4. 重要參考文件：參考範例、標準作業程序
5. 留存文件：會議記錄、審查核可文件
6. 平臺上各資料全數依使用者權限控管，平台僅適用於環保局承辦人員，由計畫團隊提供 G-mail 帳號及密碼給各承辦人員，以利未來職位交接也不會有資料遺漏的狀況。

三、執行成果

截至 11 月合計召開 4 次布建進度會議，確認各地方政府執行進度，針對可能執行問題預警分析、對策研擬及效益分析，重點說明下：

(一) 3/25 空氣品質感測器合辦布建計畫先期籌備會議（第 1 次）

1. 空氣品質感測物聯網之重點要求-資安議題及教育宣導活動說明。
2. 地方政府合辦布建計畫執行之重點管制說明。
3. 空氣品質感測物聯網之教育宣導規劃說明。
4. 如何提升空氣品質感測物聯網輔助智慧稽查之成效。
5. 合辦布建計畫實施教育宣導的規劃與需求。
6. 會議結論：
   (1) 請各環保局要求承攬商提供感測器內部可能有資安疑慮之設備、廠牌、型號及國別等資訊。針對後續廠商所採購之感測器與通訊模組，應不含中國製設備或元件。
   (2) 建議環保局要求承攬廠商於感測器布建完成後及維運期屆滿，簽署切結書將布建之感測器所有權無條件提供(或轉移)給環保局或環保署，以利後續空氣品質感測物聯網持續運作。
   (3) 感測器查核作業時程至少 72 小時，可以剃除因風速、濕度及濃度等因素所影響數據比對結果。
   (4) 請環保局於計算績效查核數據品質滿意度時，先將數據結果提供計畫團隊審核確認無虞後，再做罰款計算以避免雙方計算結果不一致。
   (5) 高值通報 line 群組功能，中華電信團隊會依設備異常與環境異常分別提供告警，可以有效過濾 80%高值通報，以利環保局管控感測器之異常資訊。

(二) 4/18 日召開空氣品質感測器合辦布建進度會議（第 2 次）

1. 今年度合辦布建計畫重點事項說明。
2. 空氣品質感測器型式驗證、一致性比對作業與環保署空氣品質監測站設施借用申請程序說明。
3. 桃園市布建空氣品質感測器之經驗分享。
4. 各環保局報告合辦布建及執法應用成果。
5. 會議結論：
   (1) 本次會議重點在各環保局目前合辦計畫執行進度、布建進度、環境執法進度、案例分享、教育宣導規劃與遭遇問題進行簡報，並於會議中擬定解決對策。
   (2) 本署提供各環保局辦理教育宣導之相關素材及資源。
   (3) 感測器禁止使用中國製之通訊系統及微控制器。
   (4) 本次會議分享桃園市環保局之空品感測器布建經驗與數據應用報告，簡報內容會後將提供各局參考。
   (5) 請各局線上填寫布建進度與稽查成果表單，以利掌握合辦計畫執行進度。

(三) 7/9 召開空氣品質感測器資料分析應用研商及合辦布建進度會議（第 3 次）

1. 今年度合辦布建計畫重點事項說明。
2. 環境感測資料中心數據服務內容、上半年資料特徵分析及應用情形檢討報告。
3. 運用空氣品質感測器輔助智慧稽查成功經驗分享。
4. 各環保局報告合辦布建及執法應用主要成果。
5. 會議結論：
   (1) 請各環保局依照合辦原則之方法及應注意事項，完成查核點 2 與查核點 3 辦理 108 年度布建及維運作業，尚未完成 107 年度結案之環保局請儘速完成。
   (2) 108 年度布建感測器全面禁止使用中國製之通訊及微控制模組，並請依採購法於評選或採購時，鼓勵採用國產化感測器。
   (3) 各縣市環保局倘若對感測數據有疑慮，應知會本署並進行感測器檢核

作業，排除異常，切勿自行設定感測器數據門檻。

(4) 本署將提供各局辦理教育宣導之相關素材及資源，協助環保局辦理教育宣導活動，以達到對民眾及環保團體的宣導目的。

(5) 建議本署空保處、環境督察總隊及三區環境督察大隊運用科學儀器及實務稽查經驗，協助各環保局針對污染熱區深入解析疑似污染來源，結合智慧執法之成效。

(6) 針對各縣市環保局進行污染稽查作業，建議於 WOT（前台）及 IOT（後台）平台上查看 $PM_{2.5}$ 的污染濃度變化外，可再輔以 VOCs 的濃度變化分析，同時應結合區域風向與風速條件，以利有效掌握不同污染特性之可疑污染源。

(四) 9/11 空氣品質感測器合辦布建應用情形檢討會議(第 4 次)

1. 合辦布建現況進度及檢討建議。
2. 7 月及 8 月份數據蒐整情形及異常事件統計分析說明。
3. 彙整各環保局合辦計畫執法應用主要問題檢討分析及建議。
4. 環保局問題研提及討論
5. 會議結論：

(1) 請各環保局儘速完成 108 年感測器布建與維運作業，並配合署內規定查核點 2 之時間請款，以達成布建與維運作業進度。請 107 年合辦布建計畫尚未結案之環保局儘快完成結案作業。

(2) 各環保局進行感測器一致性比對作業前，務必先告知 PMO 團隊預計比對期程，並在進行一致性比對作業時應同步將感測器數據上傳至 IoT 平台測試區，未依程序者不予以查核。

(3) 各環保局感測器之屬性資料請務必符合本署要求，不符規定者將無法上傳至 IoT 平台，恐嚴重影響數據完整率之計算。

(4) 請本署空保處、環境督察總隊、三區大隊與各環保局多加應用 Air 網查詢感測器歷史資料，針對分析發現有具週期性之污染熱區，可列為優先稽查或治理地區加強防制作為。

(5) 由於本署持續發現感測器及感測數據的異常行為，後續將定期提供各縣市感測數據分析及第 3 方巡檢查核成果供環保局參考，請各環保

局持續督促布建維運廠商加強管理感測器數據品質。

(6) 請新竹縣環保局與高雄市環保局針對數據不斷重復與異常高值之感測器儘速確認原因並排除異常情形，並依契約進行違約金扣罰。

(7) 感測器數據明顯受環境濕度干擾，建議納入校正參數，以減緩相對濕度對感測器數據所造成之偏移。

(8) 建議各環保局至少留 3~5 台感測器與標準測站進行長期比對，以利感測器校正或觀察衰減之參考，同時可做為後續巡檢或更換感測器之備機，但於標準測站長期比對之感測器不算在環保署核定之布建點數。

四、重點宣導事項

(一) 轉知行政院對資訊安全要求：要求前瞻基礎建設計畫相關之各級機關及政府，使用數位建設預算時，所有新設或改版之網站，應於 108 年 6 月底前取得「網站無障礙規範 2.0 版」檢測等級 AA 以上之標章，以保障身心障礙者資訊取得之權利，並朝建置更完善無障礙環境目標邁進。

(二) 轉知推動小組要求：在國產感測器之晶片及模組未量產前，可以使用中國製感測器之晶片及模組，但連接感測器模組之微控制器(MCU)及通訊晶片等，均禁用中國製產品，以確保資訊安全。

(三) 與臺電協調公益性智慧裝置布建作業節省費用方案：建議各路燈所屬單位統一變更用戶名為轄區地方政府，感測器用電申請與路燈所屬單位同戶名，則不須再繳交線補費。此外，多個感測器串聯接於同一臺電饋線接點，只需要付 1 次線補費 700 元。

(四) 定期追蹤環保局計畫執行進度：每周追蹤 108 年布建進度、提醒環保局每月 10 日填報稽查成果與宣導活動進度、協助環保署每季召開布建進度會議、不定期召開專案協調會議。

(五) 重點工作到期前 1 個月提醒環保局工作完成時間：於 1 個月前追蹤環保局重點工作項目執行進度、提醒重點工作項查核標準、分析環保局重點工作進度達成機率，回報環保署擬定因應措施。

(六) 了解環保局達成進度困難點，協助達成目標：與環保局討論工作進度延遲原因，協助研擬解決方案、調度計畫團隊協助環保局執行因應方案、回報環保

署協助調度資源投入，加速工作進度。

(七) 發現無法達成目標，協助環保局研擬替代方案，加速達成進度：研擬重點工作範例，說明查核重點，協助環保局加速工作進度、回報環保署重點工作替代方案，研擬具體方案、帶領環保局完成重點工作，提升工作執行效率。

五、結論與建議

本團隊透過建立布建計畫管控表，定期追蹤各環保局之布建進度，每兩周將布建進度彙整提供給署內長官，以利署內長官了解各環保局之布建進度現況。本團隊定期於環保署召開合辦布建進度會議，除提醒各環保局於規定時間內完成查核點審查作業之工項外，亦能蒐整各環保局所遭遇之問題，依過去布建經驗提供各環保局相關建議與解決方法，團隊無法解決之問題則請署內長官出面協調解決，使各環保局之布建進度能順利進行。由於前瞻計畫將於 109 年度結束，建議明年度計畫持續進行布建進度追蹤與定期召開合辦布建進度會議，使各環保局之合辦計畫能於 109 年之前順利結案。

表 6-1、空氣品質感測器布建計畫管控表

項次	縣市	107布建點數	108-109布建點數	108-109年環保署分攤(千元)	108-109年環保局分攤(千元)	得標廠商	感測器設備廠商	委辦計畫公告進度	細部規劃書(定稿版)	工研院型式驗證	一致性比對	用地用電協調	感測器布建	EIOT屬性資料	感測器布建與上傳一個月數據	備註
1	宜蘭縣(108布建)	100	200	7,600	1,900											
	宜蘭縣(109布建)	-	200	4,400	1,100											
2	基隆市(維運)	100	-	1,600	1,600											
	基隆市(布建)	-	200	4,400	4,400											
3	新北市	100	300	10,600	8,300											
4	桃園市	400	500	21,400	21,400											
5	新竹縣	200	-	3,200	3,200											
6	新竹市	150	150	6,900	2,250											
7	苗栗縣	200	300	11,574	1,286											
8	臺中市	-	350	10,500	6,160											
9	彰化縣	-	200	6,000	5,600											
10	雲林縣	150	400	14,400	1,730											
11	嘉義縣(維運)	100	-	1,600	3,446											
	嘉義縣(布建)	-	200	6,000	700											
12	嘉義市	200	50	4,700	7,040											
13	臺南市	100	800	25,600	2,850											
14	高雄市	500	750	30,500	17,240											
15	屏東縣	300	100	7,800	4,812											
新1	臺北市	-	100	3,000	1,300											
新2	新北市	-	400	11,200	6,400											
新3	高雄市	-	100													
加總	金額(千元)	2,600	5,300	192,974	102,714											
	數量(個)															

6.2、彙整地方政府感測物聯網運作情形

一、工作內容

今(108)年本計畫對地方政府環境感測物聯網計畫運作執行情形進行管控，工作內容為協助計畫執行、彙整資料、聯繫協調，且需彙整地方政府運作情形之內容包含合辦計畫執行、布建工作、維運工作、宣導工作、經費執行及結案等執行進度。所控管之地方政府合辦計畫除今(108)年新申請之合辦計畫外，還包含去(107)年環保局申請之合辦計畫結案進度之追蹤，皆須控管以了解各計畫執行進度是否延宕，並協助提出因應措施以達成既定進度。

二、執行方法

今年度追蹤地方政府環境感測物聯網計畫運作執行情形以及 107 年合辦計畫結案進度，以下列方案執行：

(一) 定期追蹤環保局合辦計畫執行進度：每雙周追蹤地方政府目前 107 年結案進度以及 108 年新案布建進度，協助環保署確認地方政府提送之結案資料正確性以及新案布建進度狀況。

(二) 了解環保局結案困難點,協助達成目標:與環保局討論進度延遲原因，協助研擬解決方案、調度計畫團隊協助環保局執行因應方案、回報環保署協助調度資源投入，加速工作推動。

(三) 發現無法達成目標，協助環保局研擬替代方案，加速達成進度：研擬重點工作範例，說明查核重點，協助環保局加速工作進度、回報環保署重點工作替代方案，研擬具體方案、帶領環保局完成結案工作，提升結案執行效率。

三、執行成果

執行成果包含 107 年縣市合辦結案進度、108 年縣市合辦布建計畫之計畫執行進度、稽查成果以及宣導活動之辦理進度等。

(一)107 年縣市合辦布建計畫結案進度：

針對 107 年環保署與縣市之布建合辦計畫，由於環保署內結案流程需各縣市與委辦廠商完成結案後才可辦理署內結案，而各縣市委辦計畫的結案時間受其布建、撥款及審查會議等程序導致計畫延宕，截至今(108)年 11 月底已完成 13 縣市之計畫結案，縣市結案之詳細資料如**錯誤! 找不到參照來源。**所示。

表 6-2、107 年 13 縣市合辦計畫結案進度

項次	縣市	環保署總撥付金額(千元)	完成轉正金額(千元)	剩餘未轉正金額(千元)	賸餘款(千元)	結案進度
1	宜蘭縣	2,348	2,320	-	-	已結案
2	基隆市	2,737	2,737	-	-	已結案
3	新北市	2,619	2,619	-	-	已結案
4	桃園市	9,072	7,869	-	1,203	已結案
5	新竹縣	4,959	4,959	-	-	已結案
6	新竹市	3,402	3,395	-	7	已結案
7	苗栗縣	5,040	4,938	-	102	已結案
8	雲林縣	3,780	3,630	-	15	已結案
9	嘉義縣	2,522	2,522	-	-	已結案
10	嘉義市	4,814	3,014	-	-	已結案
11	臺南市	2,714	2,714	-	-	已結案
12	高雄市	7,741	7,741	-	-	已結案
13	屏東縣	6,804	6,639	-	165	已結案
	加總	58,551	55,097		1,492	

(二)108 年縣市合辦布建計畫執行進度：

今(108)年度與環保署合辦布建感測器之縣市從 107 年的 13 縣市增加至 16 縣市，新增之縣市為臺北市、臺中市及彰化縣，截至 108 年 11 月 30

日為止，16 縣市皆於委辦計畫招標程序招標中或已完成招標程序，各縣市之詳細布建進度如表 6-3 所示。針對各縣市目前之招標執行進度，與去(107)年相比皆延宕許多，主要是因為縣市環保局為避免後續計畫銜接之疑慮，環保局內部有各自之計畫審核與協調程序，如基隆市環保局之合辦計畫會於計畫招標先請委員老師了解此計畫，並評估其計畫內容，因此導致後續計畫延宕開標，加上今年有新縣市提計畫書至署內申請合辦計畫，由於新布建之縣市對合辦計畫申請程序較不了解，以及環保局內之長官對計畫審核較為謹慎，進而導致環保局招標程序之延宕。

今年度合辦布建計畫改為 2 年期之計畫，因此按照合辦原則之規畫將於 10 月底前完成空污感測器之布建，下半年主要是針對各縣市空污感測器布建前之驗證比對進度進行追蹤，並協助處理各縣市環保局所遭遇之問題，進度彙整如表 6-3 所示。此進度結果將分為以下幾部分進行說明：

1. 型式驗證：

今(108)年度各縣市環保局所布建之空污感測器設備商有廣域科技、捷思環能、智感雲端以及經昌電子等 4 間廠商，而 4 間設備商之感測設備皆已通過環保署委託認證平台之型式驗證，確保此設備商之設備於戶外場域下所量測之數據品質具有基本的標準。

2. 一致性比對：

本計畫之空污感測器於正式布建至實地場域前，需先將全數感測器放置於環保署之標準監測站進行 3-7 天的平行比對，以確保所有感測設備與標準監測站之數值皆在一定的誤差範圍內，而今年申請之 16 縣市除尚未決標之基隆市以及單屬維運之新竹縣外，已 12 縣市完成一致性比對作業，2 縣市於一致性比對作業中。

3. 用地用電協調：

目前已 10 縣市完成與各路燈用電及用地權責單位之協調作業，用地及用電協調之主要問題大多出自於燈桿電費如何收取、燈桿或電桿之所以權人為臺電，而臺電內部申請程序冗長、布建於工業區內，須與工業

區服務中心進行簽約協商作業等。若為工業區協調及電費收取問題，本團隊即協助各縣市環保局與經濟部工業局協商處裡，若為臺電申請問題，則建議環保局與臺電協商同步辦理用電申請及設備布建作業。

4. 空污感測器布建及數據上傳：

當地方政府欲布建之空污感測器完成一致性比對及用地用電協調後，即可將感測設備布建至規劃的點位，當其設備布建完成時，即開始上傳感測數據，而本計畫要求於第二期款時須提出 1 個月之數據上傳，即可認定為符合撥款條件。而依據目前各縣市一致性比對及布建進度，其縣市數據上傳之進度目前已有 8 縣市完成 1 個月的數據上傳(含宜蘭縣、桃園市、新竹市、彰化縣、雲林縣、嘉義市、高雄市及屏東縣)，而新北市及臺南市皆持續上傳數據中，應預計 12 月底前可完成 1 個月的數據上傳。

環保署與各縣市環保局合辦之感測器布建計畫，已於 108 年 5 月辦理查核點 1 之審查，並完成撥付署內分攤之第 1 期款，而第 2 期款之分攤經費已於 11 月開始辦理經費撥付，因各縣市皆還持續進行感測設備的布建及數據上傳，其詳細資料如**錯誤! 找不到參照來源。**所示，今年度合辦計畫經費執行數累積至 108 年 12 月總金額達 86,664 千元，含 15 縣市的第一期款之經費(僅剩新增加點數之高雄市)及 5 縣市之第二期款經費已完成撥付。

表 6-3、108-109 年環保局合辦計畫布建進度表

項次	縣市	108 年 委辦廠商	設備商 107/108	107 年 布建點數	108 年 布建點數	委辦計畫 公告進度	型式驗 證	一致性 比對	用地用 電協調	感測器 布建	數據上傳 1 個月
1	宜蘭縣	遠傳	廣域/廣域	100	400	已決標	完成	完成	完成	完成	完成
2	基隆市	議價中		100	200	議價中					
3	新北市	中華	廣域/捷思	100	300	已決標	完成	完成	完成	完成	進行中
4	桃園市	亞太	廣域/廣域	400	500	已決標	完成	完成	完成	完成	完成
5	新竹縣	振興發	維新/維新	200	-	已決標	108 年僅維運計畫，針對設備進行持續維護。				
6	新竹市	亞太	廣域/廣域	150	150	已決標	完成	完成	完成	完成	完成
7	苗栗縣	思維	廣域/經昌	200	300	已決標	完成	比對中	協調中		
8	臺中市	中華	未參與/智感	-	350	已決標	進行中	比對中	協調中		
9	彰化縣	中華	未參與/捷思	-	200	已決標	完成	完成	完成	完成	完成
10	雲林縣	亞太	廣域/廣域	150	400	已決標	完成	完成	完成	完成	完成
11	嘉義縣	捷思	廣域/捷思	100	200	已決標	完成	完成	協調中		
12	嘉義市	亞太	廣域/廣域	200	50	已決標	完成	完成	完成	完成	完成
13	臺南市	遠傳	廣域/廣域	100	800	已決標	完成	完成	完成	完成	進行中
14	高雄市	捷思	捷思/捷思	500	750	已決標	完成	完成	完成	完成	完成
15	屏東縣	昱山	廣域/廣域	300	100	已決標	完成	完成	完成	完成	完成
新 1	臺北市	亞太	未參與/廣域	-	100	已決標	完成	完成	協調中		
新 2	新北市	議價中		-	400	議價中					
新 3	高雄市	與 108 年 8 月前申請之合辦計畫合併									

表 6-4、108-109 年縣市環保局經費進度表

項次	縣市	布建點數	環保署分攤(千元)	第一期款**預計**撥款(千元)	第一期款**實際**撥款(千元)	第二期款**預計**撥款(千元)	第二期款**實際**撥款(千元)
1	宜蘭縣(108)	200	7,600	3,040	3,040	3,040	
	宜蘭縣(109)	200	4,400	1,760		1,760	
2	基隆市(維運)	-	1,600	640	640	640	
	基隆市(布建)	200	4,400	17,60	17,60	17,60	
3	新北市	300	10,600	4,240	4,240	4,240	
4	桃園市	500	21,400	8,560	8,560	8,560	
5	新竹縣	-	3,200	1,280	1,280	1,280	1,280
6	新竹市	150	6,900	2,760	2,760	2,760	2,760
7	苗栗縣	300	11,574	4,630	4,630	4,630	
8	臺中市	350	10,500	4,200	4,200	4,200	
9	彰化縣	200	6,000	2,400	2,400	2,400	2,400
10	雲林縣	400	14,400	5,760	5,760	5,760	
11	嘉義縣(維運)	-	1,600	640	640	640	
	嘉義縣(布建)	200	6,000	2,400	2,400	2,400	
12	嘉義市	50	4,700	1,880	1,880	1,880	1,674
13	臺南市	800	25,600	10,240	10,240	10,240	
14	高雄市	750	30,500	12,200	12,200	12,200	
15	屏東縣	100	7,800	3,120	3,120	3,120	3,120
新 1	臺北市	100	3,000	1,200	1,200	1,200	
新 2	新北市	400	11,200	4,480	4,480	4,480	
新 3	高雄市	100	2,800	1,120		1,120	
	加總	5,300	195,774	78,310	75,430	78,310	11,234

(三)108 年縣市合辦布建計畫宣導活動辦理進度：

今年度環保署與地方政府的合辦布建計畫中，要求地方政府針對一般民眾辦理教育宣導活動，將空氣污染、空污感測器、環保署標準監測站等資訊告知一般民眾，讓民眾對於空氣污染及環保署所建置的環境物聯網有基礎的概念，並將相關資訊傳遞給周遭的親朋好友，建立起良好的基礎觀念，而不被空污感測器的數據所誤導。而針對各縣市目前宣導活動之辦理進度如**錯誤! 找不到參照來源。**所示，目前合辦之 16 縣市，已有 13 縣市（包含宜蘭縣、新北市、桃園市、新竹縣、新竹市、苗栗縣、臺中市、彰化縣、雲林縣、嘉義縣、嘉義市、高雄市及屏東縣）辦理完成至少 1 場宣導活動。

表 6-5、108 年合辦布建計畫之宣導活動辦理進度

項次	縣市	辦理場次數	辦理時間
1	宜蘭縣	1	8/22
2	基隆市	0	計畫尚未決標
3	臺北市	0	尚未辦理
4	新北市	1	9/18
5	桃園市	1	10/24
6	新竹縣	1	11/20
7	新竹市	1	10/23
8	苗栗縣	1	9/23
9	臺中市	1	9/25
10	彰化縣	2	9/24、10/25
11	雲林縣	1	11/20
12	嘉義縣	1	12/11
13	嘉義市	1	9/25
14	臺南市	0	暫定 1/13
15	高雄市	1	9/27
16	屏東縣	1	10/1

(四)107-108 年縣市合辦計畫稽查成果：

從 106-107 年縣市環保局所布建之感測器數量已達 3,300 台，為確認空污感測器布建成效本計畫團隊每月定期追蹤各環保局之稽查成果。環保署於與地方政府之合辦原則要求環保局需有 5 件以上之稽查及裁罰成果，從 107 年統計至 108 年 11 月 30 日止其地方政府稽查應用之成果如**錯誤! 找不到參照來源。**所示，總稽查家數達 951 家，查獲違法情形並裁罰件次為 150 件次，總累積裁罰金額為 4,737 萬元，並有不法利得裁罰金額 2 億元。其環保署與地方政府之合辦計畫將執行至 109 年底，因此後續將持續追蹤各地方政府之稽查成果，並協助督促環保局持續精進。

四、結論與建議

針對今(108)年度地方政府合辦布建計畫之進度以及 107 年合辦計畫之結案進度做定期追蹤，並協助地方政府執行合辦計畫，目前 107 年結案 13 縣市已全部完成。而 108 年之合辦計畫執行進度，目前各縣市之招標進度除了基隆市因內部因素延宕外，其他縣市皆已完成；而已完成招標之各縣市布建進度，除 2 個縣市尚未進行或完成一致性比對外，其餘縣市皆已在進行或完成感測器布建，依此進度至 108 年底應至少有 9 成的縣市皆可完成感測器布建及數據上傳，並提報第 2 期款之審查資料至環保署請款。針對環保局整體計畫執行進度，建議未來對於合辦計畫應提前告知環保局，並提前辦理相關行政事務之行前作業，並將過去環保局遇到之問題彙整後，作為未來環保署及環保局執行上之參考依據，以利提前準備相關問題及注意事項。

表 6-6、107-108 年縣市環保局空污感測器應用成果

項次	提報單位	107 年				108 年			
		稽查家數	裁罰件次	裁罰金額(萬)	不法利得(萬)	稽查家數	裁罰件次	裁罰金額(萬)	不法利得(萬)
1	督察總隊	12	1	865.8	0	0	0	0	0
2	北區督察大隊	36	10	50	0	11	6	40	0
3	中區督察大隊	20	3	50	0	1	0	0	0
4	南區督察大隊	42	14	92.2	0	163	41	186.6	0
5	宜蘭縣	37	0	0	0	100	2	0.24	0
6	基隆市	0	0	0	0	13	0	0	0
7	新北市	0	0	0	0	6	1	10	0
8	桃園市	0	0	0	0	67	13	150	0
9	新竹縣	0	0	0	0	0	0	0	0
10	新竹市	18	2	20	0	15	0	0	0
11	苗栗縣	0	0	0	0	3	3	60	0
12	臺中市	14	10	2,170	20,000	7	4	550	0
13	彰化縣	0	0	0	0	0	0	0	0
14	雲林縣	0	0	0	0	3	1	10	0
15	嘉義縣	0	0	0	0	1	0	0	0
16	嘉義市	2	0	0	0	58	2	10.36	0
17	臺南市	27	4	50.12	0	165	12	120	0
18	高雄市	0	0	0	0	122	16	242	0
19	屏東縣	1	1	10	0	7	4	50	0
	Total	209	45	3308.12	20,000	742	105	1,429.2	0

6.3、協助地方政府落實空品感測器布建

一、 工作內容

環保署於今(108)年度與 16 個地方政府合辦空氣品質物聯網布建計畫，預計布建 5,300 個感測器，地方政府將於計畫執行期間，研提空氣品質物聯網感測器布建前置作業，包括感測器項目與規格訂定、測試驗證及一致性比對執行方式、布建選址規劃及細節、地方內機關權責協調、布建後巡檢及維修、稽查並裁處空氣污染案件規劃及認知宣導會或宣導活動規劃等規劃工作，計畫團隊將協助地方政府落實空氣品質感測器布建之評估、規劃、執行，提供專業分析及建議，協助其協調工作，必要時協助地方政府進行布建位置之實地勘查，並依據上述規劃執行空氣品質感測器布建。

二、 執行方法

計畫團隊將依據地方政府布建選址規劃，評估其選址代表性、必要性及具體效益，宜先以解決迫切污染問題及民眾關注議題為優先，如工業區污染、最近的環保事件等。地方政府進行空氣品質感測物聯網布建選址時，以工業感測點、社區感測點、交通感測點、輔助感測點（20 公里內無大型標準監測站之地區）等 4 類區域優先布建。應用具體目的包括工業區污源染鑑別、鄰近污染排放之社區特性、交通都會區感測及無標準測站之鄉鎮地區輔助感測等不同應用目的及場域特性，並需考量通訊、供電可行性等方向選址。此外，將評估感測器布建規劃密度，一般建議，工業區以高密度（200~300 公尺）進行布建，必要時可採更高密度（100 公尺）；社區及交通都會區則採中密度（1~2 公里），無標準監測站之鄉鎮地區以低密度（5 公里以上）進行布建。

三、 執行成果

本團隊協助地方政府落實空氣品質感測器布建之評估、規劃及執行，並研提分析建議，必要時協助地方政府進行布建位置之實地勘查，確保感測器布建之成效，依據上述布建選址考量，建立布建點位查核表如下表 6-7。

表 6-7、空氣品質感測器布建選址查核表

查核項目	查核結果		改善建議
	符合	不符合	
1.布建區域選定之合理性(四大原則區域)			
2.規劃的布建密度與完整性(高中低密度)			
3.是否為環境議題區域(例如 $PM_{2.5}$ 熱點)			
4.選址位置代表性(周遭是否有工廠、受體、與其他感測器區別性)			
5.選址位置適宜性(架設位置、用電、通訊、土地所有權)			

為確保感測器數據品質，全數感測器於布建前皆須至標準監測站（含手動監測）進行一致性比對，本團隊協助地方政府進行布建作業之實地勘查，並協助環保局進行環保署空氣品質標準測站用電申請，於約定時間邀集測站管理人、環保局及承包廠商至標準測站進行現場會勘確認注意事項後進行一致性比對。本年度於平鎮、苗栗、臺南、新營和前金測站進行一致性比對現場勘查，確認承商是否有符合規範進行比對作業，規範內容如下:

1.外部電源接電與分流方式，防水保護措施與電源阻斷功能規劃。
2.感測器附掛桁架結構與固定方式，附掛數量及附掛位置。
3.查驗電線防水保護措施與電源阻斷功能是否完備,避免因潮濕造成短路。

本年度團隊協助地方政府落實空氣品質感測器布建之評估、規劃及執行歸納出以下幾點說明：

(一) 布建傳輸與空氣品質監測關係：

當前無線通訊技術相當多元,行動網路、藍芽、WIFI、3G、4G、LoRa、NBIoT....不勝枚舉，然而每一種無線通訊技術的誕生都是因為特定應用情境需求去開發出來的，技術無分好壞各有其優缺點，應依據不同的情境選擇不同的技術。例如：WIFI 技術具有較高的資料傳輸速率，適合中短距離用在需要傳輸大量資料的情境，但網路承載量小及耗電量高為其缺點;ZigBee 適合短距離傳輸量小的應用,具有耗電量低、成本低及 Mesh

網狀網路的擴充能力；藍芽具有低功耗、中量傳輸率的特性，但傳輸距離短且網路承載量小;3G/4G 可透過既有電信商布建的基地台進行通訊，因此具有高傳輸速率、通訊範圍大的優勢，但耗電量高及必須支付通信費用因此使用成本較高；LoRa 具有功耗低、傳輸距離遠、使用成本低等特點，但傳輸速率低，較適合例如水錶、電表、感測器等之應用。NBIoT 是基於 4G 技術，故需架構在既有電信商布建的基地台進行通訊的布網，但國內目前受限於電信商的布設密度與服務品質，無法全面導入物聯網的應用服務。經過 106 年與 107 年的布建經驗，以 3G/4G 通訊服務品質最能符合環保署對於感測器數據完整率的要求。

(二) 運用機動布建之彈性與即時性，強化輔助稽查效能，對機動式感測器之功能需求可規劃如下：

1. 強化感測器電力續航力：由於機動式感測器屬於臨時性設備，故無法配置外部電源，必須仰賴自有電力，規劃可提供系統 7~10 天的電力需求。目前單一組感測器之平均耗電量約 600mAh，一般待機在 230~280mA，預估以每小時 300mA 計算耗電量，7 天合計需=0.3A ×24hr ×7day=50.4Ahr，取安全係數 1.2=50.4 ×1.2 ≒ 60.0Ahr。初步評估以鉛酸電池、鋰聚合物電池及鋰離子電池做為中長期的電力需求評估。經考量感測器布建之機動性，電池選擇以重量輕且體積小為優先，在考量電池的安全性與穩定性下，初步規劃採用鋰聚合物電池為主要設計方案，北區督察大隊和南區督察大隊分別於不同工業區進行長期監測即採用此規劃進行長期監測作業。
2. 並規劃系統裝設太陽能蓄電池，將白天的發電量儲存供夜晚使用、使感測器長期運作，解決感測器電力續航力不足的問題。搭配太陽光電能系統與鋰電池儲存系統，在無日照的情況可維持感測器持續感測及回傳空品資料長達 96 小時，有效達到空氣品質感測資料不間斷，利於資料分析以及感測器維運。
3. 感測器安裝彈性方案：基於機動感測器的布建需求，可依據感測目的調整布建高度，例如如需監控移動污染源之影響，感測器的布建高度

建議應降至 1.5 公尺以下，故規劃設計自立式機動架，方便即時布建應用。如感測目的以監控固定污染源為主，應避免移動污染源之干擾，建議感測器需要附掛至少 3 公尺以上高度，以機動式感測器小量布建且移動需求高，無法每每動用高空作業車配合安裝，故需要設計一組簡易安裝機構，安裝過程不需要高空作業車，可採用升降桿搭配束帶實施固定，以利環保稽查人員自主機動布設之需求。

4. 增加風速、風向感測模組：結合氣象條件的變化藉以判讀污染物的來源方向，輔助空氣品質監測結果分析使用。
5. 增加氣體採樣模組：1 公升氣體採樣鋼瓶，搭配電磁閥，設計依檢測濃度或遠端人工驅動進行採樣動作。

(三) 其他布建與感測數據運用問題詳如表 6-8。

表 6-8、環保局布建問題與意見回復

環保局遭遇問題	計畫團隊建議
數據完整率與數據滿意度：	
1. 尚未發包期間之數據完整率是否列入計算？ (宜蘭縣 4/18)	依合辦原則附件二之規定，廠商須提供感測器一整年之數據，因此尚未發包期間之數據完整率須列入計算。
2. 如為不可抗力造成數據完整率未達標準，是否可發文報備而免扣款？ (例如路燈沒電，權責機關未修)。(宜蘭縣 4/18)	環保局須請廠商提供不可抗力之相關證明，並使用 IoT 平台回報不可抗力因素之原因與時段，IoT 平台團隊將扣除對應時段之數據。
3. 今年度除了數據完整率，另外還多了數據滿意度，IOT 後台是否有統一計算的功能，避免署與各地環保局計算結果的落差。(新竹市 9/11)	數據滿意度由交大巡檢團隊統一計算，目前 IOT 後台尚無統一計算之功能。

環保局遭遇問題	計畫團隊建議
感測器數據平台使用：	
1.有關缺值障礙通報，期望平台設計單位就整個障礙生命週期設計完整的自動化管理，包括障礙通知、現場查證、證據上傳、障礙修復、數據續傳等程序、並提供詳細報表以便掌控狀態。(桃園市 4/18)	數據平台會依據使用者需求加強相關功能，後續會轉請平台維運商排程補強設備及數據管理功能。
2.污染通報落差:當感測器高值發布通報訊息已經是 1 小時後,稽查員前往污染位置時，往往未能發現行為人，並且污染源已經接近尾聲。稽查人力不足：感測器設置密度高，但稽查人力有限，造成稽查成果有限。配合監視系統：為了能即時及有效掌握污染源，建議可搭配監視系統，以提升稽查效率，減輕稽查員工作負荷。(苗栗縣 4/18)	1.空品感測物聯網可協助限縮污染熱區及重現時間，並非感測器高值前去稽查，建議分析污染熱區及重現時間再規劃現場稽查作業，應可有效降低稽查人力與時間。 2.如環保局須加裝監視系統，可自行擴增系統功能。
3.相關網頁應用及數據分析建議再開辦相關課程。(臺中市 4/18)	計畫團隊將依各環保局需求安排相關實務課程。
4.因計畫人力有限,為提升智慧稽查成效，建議由系統提供數據分析結果,減少人員持續觀測時間。於系統新增「大數據分析結果」功能,供第一線同仁選擇特定時間區間，產製該區間之數據分析	針對數據分析之結果，將會再請維運商精進系統功能，但還需要各環保局回報相關的問題及需求，以利系統商提升系統功能。

環保局遭遇問題	計畫團隊建議
圖表結果，以利鎖定可疑污染源(掌握分布範圍及出現時間)，人員再依此稽查。(嘉義市 4/18)	
5.雖有高值發生，但可能造成原因包含移動源、營建、餐飲及固定源等多因素影響，造成資料分析上容易混淆，而臺南多數工業區內工廠規模較小，感器測之間即存在數間工廠，亦造成追查上之困擾。(臺南市 4/18)	利用簡單的污染潛勢分析之結果，只能簡單的判別並限縮污染區域，較不容易立刻發現找出污染源，建議鎖定易有高值發生之區域進行長期觀察，以利找出特定的污染排放源。
6.後台數據提供係以 CSV 檔,該檔案格式最多僅支援 100 萬筆數據,而目前資料庫已有約 3000 萬筆數據，故造成進行資料剖析時之麻煩，建議資料下載格式能提供 excel、access 或 SQL 之檔案格式,另建議數據下載可提供小時值及日均值，俾利數據分析使用。(臺南市 4/18)	已轉請維運商增加系統功能。
7.4/18 進度會議，提到 IOT 平台進階功能，是否可安排功能介紹與教育訓練。(桃園市 7/9)	環保署已規劃於桃園市環保局安排訓練課程，建議可參與本會議後再討論課程方向與需求。
8.署平台告警群組推播之污染事件，是否可整理為好發高值事件時間點之定期報表，以供稽查參考。(桃園市 7/9)	環保署平台可依感測器高值分析污染熱區及重現時間，據以規劃現場稽查作業，建議參加環保署於桃園市環保局訓練課程後再討論告警與報表需求。

環保局遭遇問題	計畫團隊建議
9.使用網站擷取數值分析是否可與環訓所開設專班訓練(臺南市 7/9)	環保署已陸續召開數值分析之訓練課程，環保局如有需求計畫團隊可再行協助。
10.微感測雖可縮小稽查範圍，但於工廠密度高區域，不易判斷來源工廠，雖鎖定可疑工廠查核，但其操作皆符合法規，不易認定為污染源。(高雄市 7/9)	環保署平台可依感測器高值分析污染熱區及重現時間，協助環保局限縮污染來源區域及污染發生時段，建議環保局可輔以其他科學工具及採樣作業，規劃現場稽查作業。
11.因監測原理不同於測站，民眾尚未能理解且多設置於工業區內，測值偏高於測站，容易造成民眾恐慌，建議環保署能統一制定上限值，或檢討異常高值的標準程度，如設備有其可信賴區間，建議可研議取其合理測值。(高雄市 7/9)	針對監測原理不同導致感測器與測站數據的差異需藉由宣導與訓練來提供民眾的理解。空品物聯網運用感測器的數據變化辨識污染熱區與時間重現特性進行不法排放之稽查作業，依據 Air Sensor Guide Book, June 2014, US EPA 的建議，感測器的數據與測站相對器差應小於等於 30%
12.IoT 及 WoT 網站介面操作不易，期盼能再增加操作說明或影片及優化 UI 介面，並建議再辦理較為完善的教育課程。(臺南市 9/11)	環保署已規劃於 10/2 在屏東縣環保局安排訓練課程，會議通知以公文為準，建議可參與本會議後再討論課程方向與需求。
13.AIR 空氣網現階段已有動態錄影功能，然僅限於電腦操作，考量稽核作業人員現場作業方便性，建議於手機閱覽版本亦能增	已轉請維運商增加系統功能。

環保局遭遇問題	計畫團隊建議
加該功能。(高雄市 9/11)	
14.希望環保署能辦理「感測器數據分析」相關教育訓練，以讓地方環保局或相關子計畫能加以應用感測器數據(屏東縣 9/11)	環保署已規劃於 10/2 在屏東縣環保局安排訓練課程，會議通知以公文為準，建議可參與本會議後再討論課程方向與需求。
教育宣導：	
1.有關工業研究院所說的宣導將於何時會舉辦? (臺中市 4/18)	本團隊將於 8 月陸續辦理教育宣導活動。
第三方查核：	
1.108 年度的第三方現場查驗方法與標準，希望盡早通知，以利後續配合作業。(桃園市 4/18)	今年度第三方查驗是請設備維運商將署挑選的感測器掛在指定監測站進行 3~5 天平行比對，據以計算符合相對器差小於 50%的比例。
2.大署辦理 108 年績效查核作業，需抽驗 107 年布建感測器之 5%至 10%，作為分攤合辦維運經費撥付依據。(新北市 7/9)	環保署依據合辦原則辦理績效查核與維運撥款。
3.本局 107 年及 108 年承攬廠商不同，所裝設感測器廠牌亦不同，新年度廠商承諾將全數更換 107 年布建之 100 點感測器，以利後續管理,故若執行績效查核作業，該批感測器將不再復原至原布設地點，後續亦不再維運。(新北市 7/9)	依據合辦原則環保局應提供 108 年 1 月 1 日~108 年 12 月 31 日之感測數據，如需進行感測器更換需事先報署，以符合不可抗力之條件，據以驗算數據完整率。
4.綜上，本市情況是否仍符合附件二、感測資料格式規範、資訊服	依據合辦原則環保局應提供 108 年 1 月 1 日~108 年 12 月 31 日之感測

環保局遭遇問題	計畫團隊建議
務計價及驗收準則第 3 條績效查核方式及資料服務費計價方式規範，建請大署釋疑。(新北市 7/9)	數據，如需全面汰換，請依布建流程實施，並完成至少一次的巡檢作業。合辦維運經費撥付依據，仍需依 108 年績效查核作業實施。
5.署建議每季或每兩季一次，每月每群皆需比對，因部分月份(5-8 月份)空品良好，$PM_{2.5}$ 測值低(<10 μg/m^3)，低值比對成效不佳，是否可修正為比對作業集中於 1-4 月及 9-12 月，而非每月皆需比對？(高雄市 7/9)	每月每群的比對用意是確保能隨時掌握感測器的數據品質，雖然部分時段環境濃度偏低，但受檢感測器與參考儀器(基礎感測器)應該要維持一定的一致性，同時可允許排除環境濃度過低的數據，建議巡檢比對時間可由環保局與維運廠商彈性調整巡檢時間。
感測器元件：	
1.感測器除通訊軟體不能使用大陸製外，相關感測元件是否也不能使用大陸製？現行已布建感測器已使用大陸製通訊元件及感測器元件是否校更換？(臺中市 4/18)	目前行政院僅規定禁用大陸製之通訊與微控制器，未規定禁用大陸製感測元件，但建議優先使用國產化感測元件，並依據環保署規定進行數據品質管控。
2.另因本局已公告上網，後續得標廠商如有使用中國製晶片及模組,是否比照 107 年已布建不予追朔並可於未來年度繼續使用。(嘉義市 4/18)	
經費：	
1.108-109 年度請電作業需逐根盤點製圖，除台電規費外需龐大勞務費用，懇請大署合辦補貼。(雲	環保署無提供除布建與維運費用外之經費。

環保局遭遇問題	計畫團隊建議
林縣 4/18)	
感測器歸屬權：	
1.107 年度計畫屬勞務採購案，經費編列在應用感測器為租用或買數據模式辦理，感測器非屬機關財產,然 108 年度編列維運費用，尚不符審計室、主會計帳務認定，及行政科財產管理原則，實難以用機關預算執行。(屏東縣 4/18)	針對空污感測器之經費，原先環保署所訂定之方式是以購買數據的方式辦理，因此須請環保局與局內會計溝通協調。而針對 107 年之設備，原先訂定之合辦計畫注意事項並未要求地方政府將設備列為機關財產，因此環保署無權利要求廠商轉讓設備。
2.因應前述問題，是否大署同意讓環保局可追朔 107 年度感測器列入機關財產？使用年限訂定多長？(屏東縣 4/18)	
3.倘要求廠商於計畫結案後無償提供感測器予機關，恐未符合公平正義原則且後續易遭審計室糾正,故契約文件無法明列本項要求，是否大署可提供切結書，避免爭議孳生。(屏東縣 4/18)	因投標須知已註明”計畫結案後無償提供感測器予機關”，感測器廠商投標時就應該注意，因此並無公平正義的問題產生。
106 年環保署布建之感測器：	
1.本局計畫制定本局專屬顯示網頁，並結合 106 年 511 點一同顯示，有關數據連接該如何申請？(臺中市 7/9)	環保署 EIOT 平台可提供 API 供環保局連接應用，與 PMO 計畫團隊協助向 EIOT 平台申請即可。
2.有關目前設立於本市 511 個感測點，後續是由本局承接還是鈞署維運？希冀鈞署規劃，並予以通	為符合在地維運及數據統籌運用，建議回歸臺中市進行維運，建請提出 109 年度維運計畫，以利環保署

環保局遭遇問題	計畫團隊建議
知。(臺中市 7/9)	撥付合辦維運經費。
3. 因 106 年臺中 500 點布建並無說明後續感測器產權歸屬，如本局接收 500 點，其產權亦屬廠商還是歸於本局？(臺中市 9/11)	請得標廠商與 106 年臺中 500 點的維運商中華電信公司協調。
4. 針對 106 年大署於高雄市所建置之 22 台感測器，高雄市於 8 月已提出新計畫並經核定(100 點)，後續可否採用保留原監測點位並全面汰換方式，以統一感測器型號方便維運作業執行。(高雄市 9/11)	環保署同意高雄市以替換點位的方式，申請感測器合辦布建計畫。
布建進度：	
1. 因本局進嚴重落後，將無法如期達成查核點二進度，請環保署予以本局相關建議及補救措施(臺中市 7/9)	以 107 年布建經驗，建議環保局盡速完成招標作業，環保署將由 PMO 計畫團隊協助環保局達成查核點 2 之計畫目標。
2. 本次布建期程於 9/30 前需全部布建完成，該期程剛好介於臺灣本島空氣品質較為良好的季節，不利於平行比對及實地測試等作業，導致期程有延宕潛在風險，期盼能改善作業期程。(臺南市 9/11)	先前已建議避開 5~9 月進行比對作業，請環保局麻煩廠商盡量在九月底前完成布建作業。
感測器布建問題：	
1. 偏遠地區布設位置(電桿)選擇性少，大多為台電桿。(屏東縣 7/9)	建議重新評估將空污感測器布建於偏遠地區之可利用性。

環保局遭遇問題	計畫團隊建議
2.路燈壞掉頻率太高(鄉所通報維修太慢)、電壓不穩導致數據缺值。(屏東縣 7/9)	建議可增購太陽能模組，以解決供電及選點之限制。
3.偏遠地區，通訊傳輸不穩定。(屏東縣 7/9)	建議於細部規劃階段先進行現場通訊傳輸評估，選用合適的系統業者，以確保通訊的穩定度。
廠商巡檢作業：	
1.感測器巡檢維修耗費人力與龐大作業成本： 感測器設置密度高，但稽查人力有限 ，且需要有工班隨時待命。(苗栗縣 9/11)	巡檢可依照智慧型巡，以節省人力與成本。稽查可參考計畫團隊提供之污染熱區分析，提升稽查效果並節省稽查人力。
車聯網：	
1.因本局有規劃車聯網的建置，是否可請鈞署提供相關資料？(臺中市 9/11)	車聯網目前在測試階段，完成後再請計畫團隊協助提供。
其他：	
1.請問不同廠商感測器的數值差異是否會很大？ (臺中市 9/11)	感測器布建前皆會與標準測站進行一致性比對，符合比對標準後才能布建，布建後由廠商定期巡檢，因此數值差異不大。
2.因本局 109 年預算已編列完竣，臺中 500 點維運本局需新臺幣 500 萬元配合款，無法短時間籌措計畫發包剩餘款。(臺中市 9/11)	待環保局有經費後再重新提送布建計畫書。
3.契約有訂立(略以)「…細部規劃書，依機關及行政院環境保護署	環保署將依來函內容回覆。

環保局遭遇問題	計畫團隊建議
審核意見修正初稿並提送定稿本3份…」，屆時環保局將函送細部規劃書給環保署，期環保署能協助回函審核結果，以便符合契約條文辦理後續驗收。(屏東縣9/11)	

四、 結論及建議

本團隊今年度持續協助 16 縣市環保局進行感測器布建作業，提供感測器選址規劃條件與布建密度，必要時協助地方政府進行布建位置之實地勘查，使感測器能確實達到智慧稽查之效果。本團隊亦將各縣市環保局布建與感測數據運用所遭遇之問題進行彙整，包括數據完整率與數據滿意度、感測器數據平台使用、教育宣導、第三方查核、感測器元件、經費、感測器歸屬權、106 年環保署布建之感測器、感測器布建進度問題、廠商巡檢作業、車聯網等問題，團隊依據過去之布建經驗進行回覆，建議明年度計畫持續收集各環保局所遭遇之問題，以確保感測器之相關作業皆能順利進行。

6.4、協助機關審查地方政府所提空氣品質感測器布建之相關資料

一、 工作內容

為確保地方政府合辦空氣品質物聯網布建計畫之進度，透過建立標準作業程序協助環保署審查地方政府所提空氣品質感測器布建之相關資料，並研提分析建議，在確認及查驗地方政府布建感測器地點、數據資料上傳情形及完整率後，確實掌握空氣品質物聯網之數據品質要求。

二、執行方法

為確保 16 個地方政府合辦空氣品質物聯網布建計畫之進度，協助地方

政府掌握布建感測器之品質與性能，針對三階段查核標準進行資料與數據審查，重點如下：

(一) 查核點 1：計畫團隊研提空氣品質物聯網感測器布建作業查核重點包括：感測器項目與規格之訂定、型式驗證及一致性比對執行方式、布建選址規劃及細節、地方內機關權責協調、布建後巡檢及維運、稽查並裁處空氣污染案件規劃及認知宣導會或宣導活動規劃等規劃工作。為有效執行空氣品質感測器布建之品質管控，故研擬相關標準作業方法，並提供空氣品質感測物聯網感測器布建前置作業規劃書及布建細部規劃書內容，建立布建細部規劃審查表如表 6-9。

(二) 查核點 2：計畫團隊針對布建完成研提查核重點包括一致性比對作業數據報告、一致性比對數據計算表、感測器布建位置與用地及用電協調、感測器屬性資料表、感測器布建作業期程與數據上傳、感測器數據完整率計算表、巡檢儀器校正表、巡檢成果彙整表與巡檢紀錄表等表單，透過表單填寫能清楚掌握地方政府布建感測器之進度與品質，並提高查核點審查效率與撥款作業速度。

(三) 查核點 3：第三階段查核重點為請款作業，計畫團隊提供支出機關分攤表與經費支用明細表，以利掌握地方政府經費使用狀況與署內經費核銷狀況。

表 6-9、布建細部規劃書審查紀錄表

108 年及 109 年空氣品質感測器布建細部規劃書
查核點 1 審查確認表

_____環保局　　填表人：_____　　日期：_____　　108.04.18

版

工作項目	填報重點項目	填報 重點內容	頁次	環保局自評 合格/不合格	環保署		備註
					初審	複審	
一、感測器項目	1. 溫度感測性能規格	-10 ~ +40℃					
	2. 濕度感測性能規格	15%~85% RH					
	3. $PM_{2.5}$ 感測性能規格	0~1000 $\mu g/m^3$					
二、感測器布建選址規劃	1. 規劃布建工業區感測點	預計○○點					
	2. 規劃布建社區感測點	預計○○點					
	3. 規劃布建交通感測點	預計○○點					
	4. 規劃布建輔助感測點	預計○○點					
	5. 規劃布建監測站測點	○○監測站：預計○○點					
三、布建位置與用地用電協調	1. 規劃布建用地協調	預計完成時間：108 年○月					
	2. 規劃布建用電協調	預計完成時間：108 年○月					
四、感測器布建作業	1. 感測器布建計畫預計公告與決標時間	預計公告時間：108 年○月 預計決標時間：108 年○月					
	2.感測器布建期程規劃	有					
	2.1 實地場域測試預計完成時間	108 年○○月					
	2.2 實驗室測試預計完成時間	108 年○○月					
	2.3 一致性比對預計完成時間	108 年○○月					
	2.4 全數感測器布建完成預計時間	108 年○○月					
	2.5 數據連續上傳一個月預計完成時間	108 年○○月					
五、感測器維運作業	1.維運感測器點位配置	有					
	1.1 布建於工業區	○○工業區：○○點					
	1.2 布建於鄰近工業區社區感測點	○○點					

表 6-10、布建細部規劃書審查紀錄表(續)

	1.3 布建於一般社區感測點	○○點					
	1.4 布建於交通感測點	○○點					
	1.5 布建於輔助感測點	○○點					
	1.6 布建於監測站測點	○○監測站：○○點					
	2. 巡檢作業規劃	**有**					
	1.1 同型號巡檢儀器設備校正預計完成時間	108 年○○月					
	1.2 每一個感測器巡檢比對頻率	1 次/2 季					
	1.3 每一個感測器巡檢比對時間	1 小時					
	1.4 感測器比對時間內數據完整率≧90.0%的數目	**個**					
	1.5 巡檢儀器與受檢感測器之合格 bias(%)標準	≦50.0%					
六、稽查並裁處空氣污染案件規劃	108 年 12 月 31 日前	規劃稽查並裁處空氣污染案件累計 2 件次以上					
	109 年 6 月 30 日前	規劃稽查並裁處空氣污染案件累計 5(或 10)件次以上					
七、認知宣導會或宣導活動規劃	108 年 12 月 31 日前	規劃認知宣導會或宣導活動累計 2 場次以上					
	109 年 6 月 30 日前	規劃認知宣導會或宣導活動累計 5 場次以上					
建議環保局修正事項：(環保局請勿填寫)							

三、執行成果

為協助各環保局確實提供查核點 1 審查資料，計畫團隊針對重點查核內容進行說明，並建立範例如下：

(一)感測項目與規格：依據空氣品質物聯網感測器布建前置作業需求，感測器感測模組之項目至少須包含溫度、濕度、細懸浮微粒($PM_{2.5}$)，且感測元件感範圍必須能偵測當地空氣品質的濃度變化之範圍。

(二)型式驗證：提供型式驗證測試作業流程與性能評估參數計算方式，感測器型式驗證須依據環保署公告之程序執行，與美國環保署南加州空氣品質管理區 AQ-SPEC 採取相同測試流程，先執行實地場域測試，再執行實驗室測試。兩個測試使用的感測裝置為同樣的一式三組。$PM_{2.5}$ 質量濃度小於 15 μg/m^3 的測試數值不列入計算。評估參數之建議要求須達：

1. 同型號之模組間變異性(IMV): ≦10.0%
2. 相對器差（偏移誤差）bias: ≦30.0%
3. 線性迴歸之相關係數平方(R^2)：≧0.70
4. 數據接受率：≧90.0%

(三)一致性比對：一致性比對測試作業流程包含完成組裝後之感測器，布建前全數必須於標準測站（含手動測站）經過一致性比對測試，一致性平行比對時間至少要累計 3 天以上（至少 64 筆，數據可用率 89% 以上）小時值，建議比對期間環境濃度需涵蓋 15~40 μg/m^3 的區間以上，每一個感測器的小時平均濃度與標準測站小時值之相對器差(%)絕對值中位數，其數據品質要求須符合相對器差(%)絕對值中位數≦30.0%。感測器群組內之一致性標準，採用變異係數(CV)計算，以單一感測器與群組感測器間之變異係數(CV)≦0.20 為群組一致性之標準。進行比對過程中所有感測器數據必須上傳至環保署 IoT 平臺，計畫團隊隨時查閱感測器比對數據，確認符合一致性標準後始可布建。

(四)環保署標準測站設施借用申請：因應空氣品質感測器一致性比對時須借用環保署空氣品質標準測站進行，環保局須先自行向本署測站所在地機關（構）或學校洽商人員進出事宜，並遵守其規定，經填具「空氣品質監測站借用申請表」由計畫團隊統一向環保署申請，提供

標準測站對外供應電力需求時，為避免感測器負載電流超載導致測站跳電，計畫團隊排定時間邀集測站管理人、環保局及承包廠商至標準測站進行現場會勘，確認感測器附掛數量及附掛位置、感測器附掛桁架結構與固定方式以及外部電源接電與分流方式，特別需要注意防水保護措施與電源阻斷功能規劃。

(五)布建點位規畫：協助地方政府布建點位規劃，評估其選址代表性、必要性及具體效益，宜先以解決迫切污染問題及民眾關注議題為優先，如工業區污染、最近的環保事件等。地方政府進行空氣品質感測物聯網布建選址時，建議以工業感測點、社區感測點、交通感測點、輔助感測點（20 公里內無大型標準監測站之地區）等 4 類區域優先布建。應用具體目的包括工業區污源染鑑別、鄰近污染排放之社區特性、交通都會區感測及無標準測站之鄉鎮地區輔助感測等不同應用目的及場域特性，確認感測器布設點位應考量目的及需求、布建代表性、安裝方便性、巡檢合適性、維運可行性，並需考量通訊、通電可行性等方向選址。此外，評估感測器布建規劃密度，一般建議，工業區以高密度（200~300 公尺）進行布建，必要時可採更高密度（100 公尺）；臨近工業區之社區、城鎮亦為民眾陳情之主要場所，故以距離約 500~700 公尺布建；社區及交通都會區則採中密度（1~2 公里），無標準監測站之鄉鎮地區以低密度（5 公里以上）進行布建不同地區之空污組成成份不同，另為有效了解區域感測器之現況，將感測器長期附掛於鄰近標準測站進行長期平行比對作為標準的參考依據為必要設置。

(六)地方內機關權責協調：協助各縣市政府環保局於經濟部工業區布建空氣品質感測器之行政程序流暢，提供環保局申請流程與檢附文件說明以及其他注意事項。為提升協調之效率，計畫團隊統計各縣市政府環保局於該轄區之經濟部工業區名稱，統一由環保署發文工業局協助加快申請程序，計畫團隊持續追蹤附掛申請進度與工業局核定

進度。針對地方政府所屬工業區或交通路口須依其權責機關之申請程序辦理，計畫團隊持續追蹤附掛申請進度與核定進度。

(七)布建所需相關標準作業程序：初擬空氣品質感測器巡檢標準作業程序，協助廠商與環保局透過定期巡檢機制，了解感測器在長期使用之下的各項感測參數變化狀態，並進行重新校正，以確保監測數據品質。廠商針對所布建之每個感測器 2 季至少需巡檢 1 次，並於每季巡檢作業時，進行維護保養。巡檢感測器須於巡檢前後至環保署標準測站（含 $PM_{2.5}$ 手動測站）進行校正，並符合標準 $R^2 \geqq 0.70$、bias $\leqq 30.0\%$。巡檢之感測器與受檢感測器的 bias 之標準為 $\leqq 50\%$，若巡檢之感測器於巡檢後校正未符合環保署標準，則須重新進行巡檢作業。

為使各縣市環保局於要求時間內進行查核點 2 之請款作業，本團隊提供一致性比對作業數據報告、一致性比對數據計算表、感測器布建位置與用地及用電協調、感測器屬性資料表、感測器布建作業期程與數據上傳、感測器數據完整率計算表、巡檢儀器校正表、巡檢成果彙整表、巡檢紀錄表與 108 年空氣品質感測器合辦布建計畫布建作業/維運作業查核點 2 確認表等審查資料範例，針對查核點 3 之請款作業，本團隊提供支出機關分攤表與經費支用明細表範例，以下針對審查資料範例填寫進行填寫說明。

(一)一致性比對作業：感測器進行一致性比對後，將比對數據輸入團隊提供之一致性比對數據計算表，可快速確認一致性比對作業是否通過，經本團隊確認一致性比對通過後，依照一致性比對作業數據報告填寫比對前置作業、現場比對作業與比對成果等項目，作為查核點 2 之相關佐證資料。

(二)布建作業：感測器於布建前需與用地用電權責單位進行協調作業，協調作業完成後才能開始進行布建作業，完成感測器布建後，需依感測器布建位置與用地及用電協調範例，提供感測型態數量統計表、感測器布建平面配置圖與用地用電協調紀錄，並依感測器屬性資料表範例之規定填寫，經本團隊確認無誤後，感測器數據才能上傳至 IoT 平

台。感測器完成數據上傳一個月後，需依感測器布建作業期程與數據上傳範例填寫感測器布建、查核點請款與結案作業等期程規劃，並利用團隊提供之感測器數據完整率計算表範例，將數據完整率計算結果一並填入表單中，作為查核點 2 之布建作業相關佐證資料。

(三)巡檢作業：巡檢作業除須提供 1~10 月之數據完整率資料外，尚須依巡檢儀器校正表、巡檢成果彙整表與巡檢紀錄表範例填寫巡檢作業前、中與後之相關資訊，巡檢儀器須依巡檢儀器校正表填寫巡檢前後，巡檢儀器與標準測站間須符合標準 $R^2 \geqq 0.70$、bias $\leqq 30.0\%$，巡檢數據才能使用。確認巡檢儀器校正無誤後，將巡檢結果依巡檢成果彙整表，巡檢儀器與感測器間須符合標準 bias $\leqq 50.0\%$。最後將巡檢儀器校正表與巡檢成果彙整表之結果彙整於巡檢紀錄表，作為查核點 2 之巡檢作業相關佐證資料。

(四)將上述一致性比對作業、布建作業與巡檢作業之成果彙整於 108 年空氣品質感測器合辦布建計畫布建作業/維運作業查核點 2 確認表中，即完成查核點 2 之審查資料。

(五)環保局依目前撥付給廠商的經費，將環保署與環保局分別分攤多少經費及比例填入支出機關分攤表，撥付給廠商的經費明細依經費支用明細表填寫，即完成查核點 3 之審查資料。

四、結論及建議

依據合辦布建進度規劃，各環保局應提送查核點 2 之審查資料進行請款作業，本團隊已提供查核點 2 之審查資料範本給各縣市環保局，加速請款作業流程。目前布建進度共 13 個縣市完成型式驗證、共 9 個縣市完成一致性比對、共 9 個縣市完成感測器布建作業、共 1 個縣市完成一個月數據上傳，恐影響查核點 2 之請款進度，本團隊將持續追蹤與收集各環保局所面臨之困難點，提供過去感測器布建經驗供各環保局參考，加速感測器布建進度。。

6.5、協助建立感測器應用工作手冊

一、 工作內容

本項工作為協助環保署掌握感測器的布建相關工作建立標準化程序，訂定包含感測器之應用目的、選址評估、安裝布建、品保品管程序、運作管理、異常偵測、異常通報、更換維修、數據管理、數據校正、數據公布、污染偵測及分析判斷、污染稽查、巡檢查核、經費編列及執行等工作準則，並訂定標準作業程序、問題解決對策一欄表，並集結成系列工作手冊、說明簡圖，提供地方政府應用參考。

二、 執行方法

計畫團隊依據工作手冊分類為規劃階段、布建階段、維運階段、數據應用及經費編列等五部分實施，除參考 107 年布建的經驗外，另外與國內外感測器設備商討論，據以擬定全項工作準則，以確保感測器維運順利。

三、 執行成果

本團隊依據規畫工項訂定 7 大項標準作業程序，包含感測器應用目的與選址、感測器安裝布建、感測器維運及數據品質管理、感測器狀況異常偵測報修、數據篩選校正及公布、污染偵測及分析判斷、經費編列等，提供地方政府應用參考，確保環境感測物聯網自規劃、布建、維運、管理、分析及經費皆有依循標準，避免因人員流動或更換廠商而有停頓狀況發生，並依據合約規範擬訂感測器應用工作手冊，請參閱附件二說明。

(一) 感測器應用目的、選址標準作業程序：

本團隊依地方需求規劃 6 種感測情境與各種感測情境之布建密度，包含工業區感測、鄰近工業區社區感測、一般社區感測、交通區感測、輔助感測與標準測站平行比對感測點，各縣市環保局可依地方所需，自行規劃感測器應用情境與感測器布建密度，感測器應用目的與選址標準作業程序如圖 6-1。

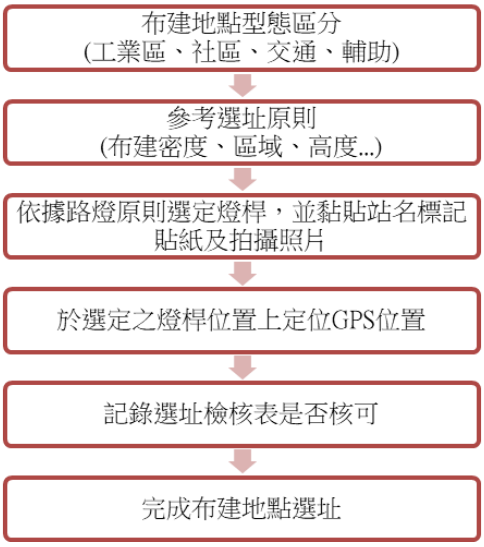


圖 6-1、感測器應用目的與選址標準作業程序

(二) 感測器安裝標準作業程序：

依據布建經驗與感測器廠商作業程序，訂定感測器安裝標準程序，使現場人員於安全的作業條件下，將感測器以正確的方式安裝置燈桿上，並拍攝感測器周圍與施工狀況的照片，提供環保局審查資料使用。感測器安裝標準作業程序如圖 6-2。

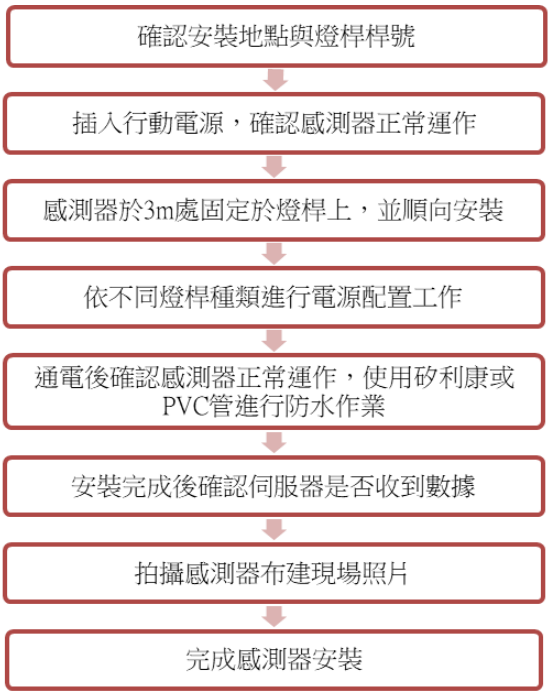


圖 6-2、感測器安裝標準作業程序

(三) 感測器巡檢維運及數據品質管理標準作業程序

為確保感測布建後之數據之品質，訂定感測器巡檢維運及數據品質管理標準作業程序，感測器巡檢維運作業頻率至少 2 季需巡檢 1 次，每次比對時間不得少於 16 小時，巡檢比對儀器於巡檢前、後皆須至標準測站進行比對作業，符合 $R^2 \geqq 0.70$、bias $\leqq 30.0\%$之規定後才算完成巡檢維運作業，以確保感測器之數據品質。感測器安裝標準作業程序如圖 6-3。

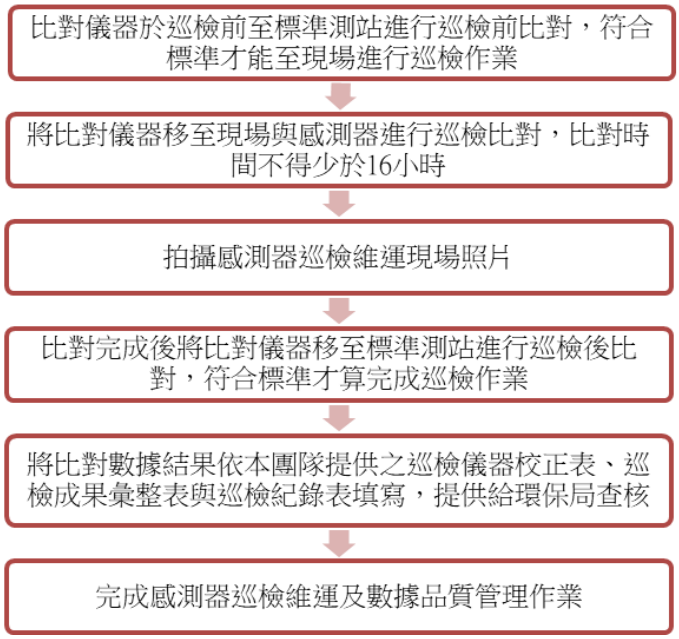


圖 6-3、感測器巡檢維運及數據品質管理標準作業程序

(四) 感測器狀態異常偵測報修標準作業程序

為精簡維運人力，透過檢視感測器數據訂定感測器狀態異常偵測報修標準作業程序，透過此作業系統可逐層找出感測數據異常之原因，透過異常狀態檢驗提供維修人員相關維修資訊，提升感測器維修效率。感測器狀態異常偵測報修標準作業程序如圖 6-4。

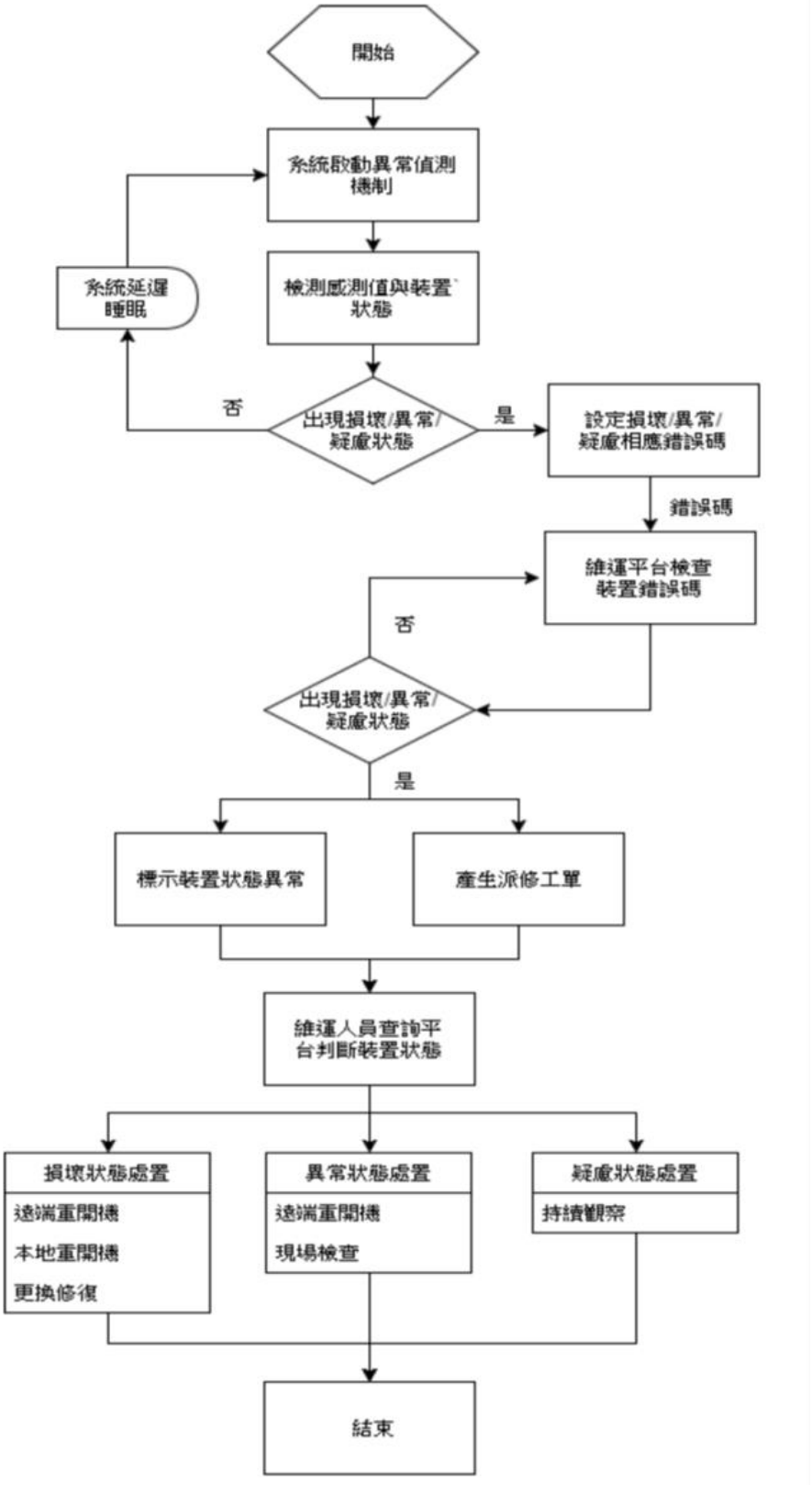


圖 6-4、感測器異常事件處理標準作業程序

(五) 數據篩選校正及公布標準作業程序

為確保感測數據公布之正確性，訂定數據篩選校正及公布標準作業程序，數據上傳公布至環保署 IoT 平臺前，需經過數據接收服務端與數據傳送服務端兩道程序，確認感測數據是否符合規定格式上傳，並針對異常數據進行檢查，完成篩選與校正後之數據才會被公布至環保署 IoT 平臺。數據篩選校正及公布標準作業程序如圖 6-5。

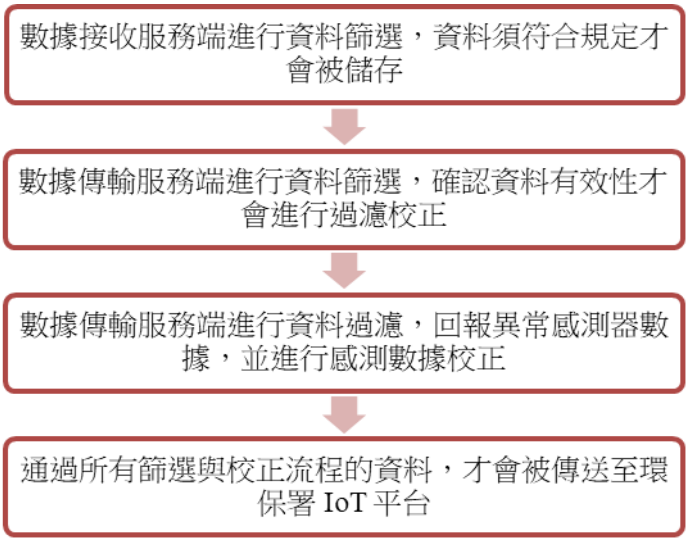


圖 6-5、數據篩選校正及公布標準作業程序

(六) 污染偵測及分析判斷標準作業程序

本團隊為使感測數據作為輔助稽查使用，訂定污染偵測及分析判斷標準作業程序，收集感測數據分析潛勢污染熱區，進一步限縮污染熱區並列出可疑工廠名單，提供空保處、環境督察總隊、三區督察大隊與各縣市環保局稽查人員進行智慧稽查使用，污染偵測及分析判斷標準作業程序如圖 6-6。

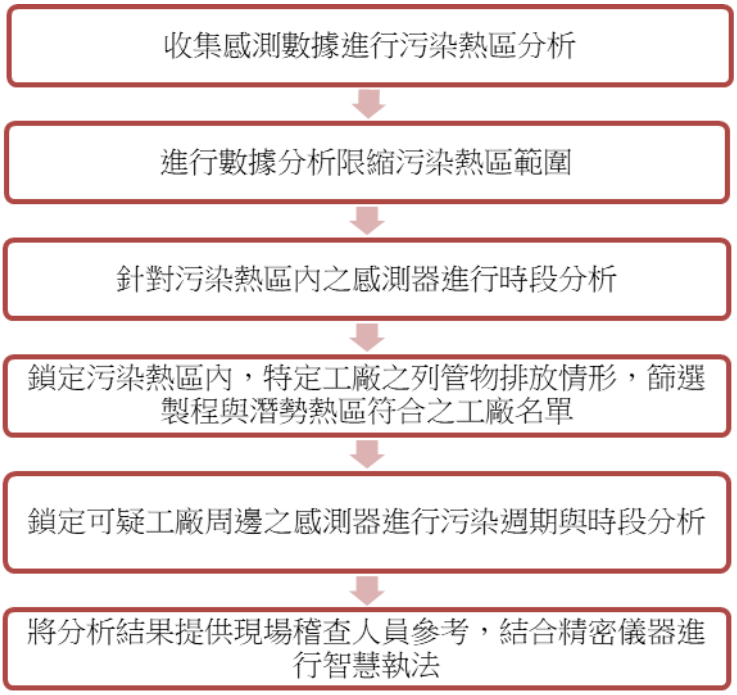


圖 6-6、污染偵測及分析判斷標準作業程序

(七) 經費編列標準作業程序：

為使各地方環保局了解環保署經費編列原則，訂定經費編列標準作業程序，各環保局須依照合辦計畫之說明及注意事項編列感測器布建與維運費用，並至少分攤總經費之 10%，待環保署核定布建計畫書之後，環保局須依規定時間提送查核點之審查資料進行請款，結案時環保局須提供結案審查資料與經費轉正證明，經環保署審查通過才算完成結案作業。經費編列標準作業程序如圖 6-7。

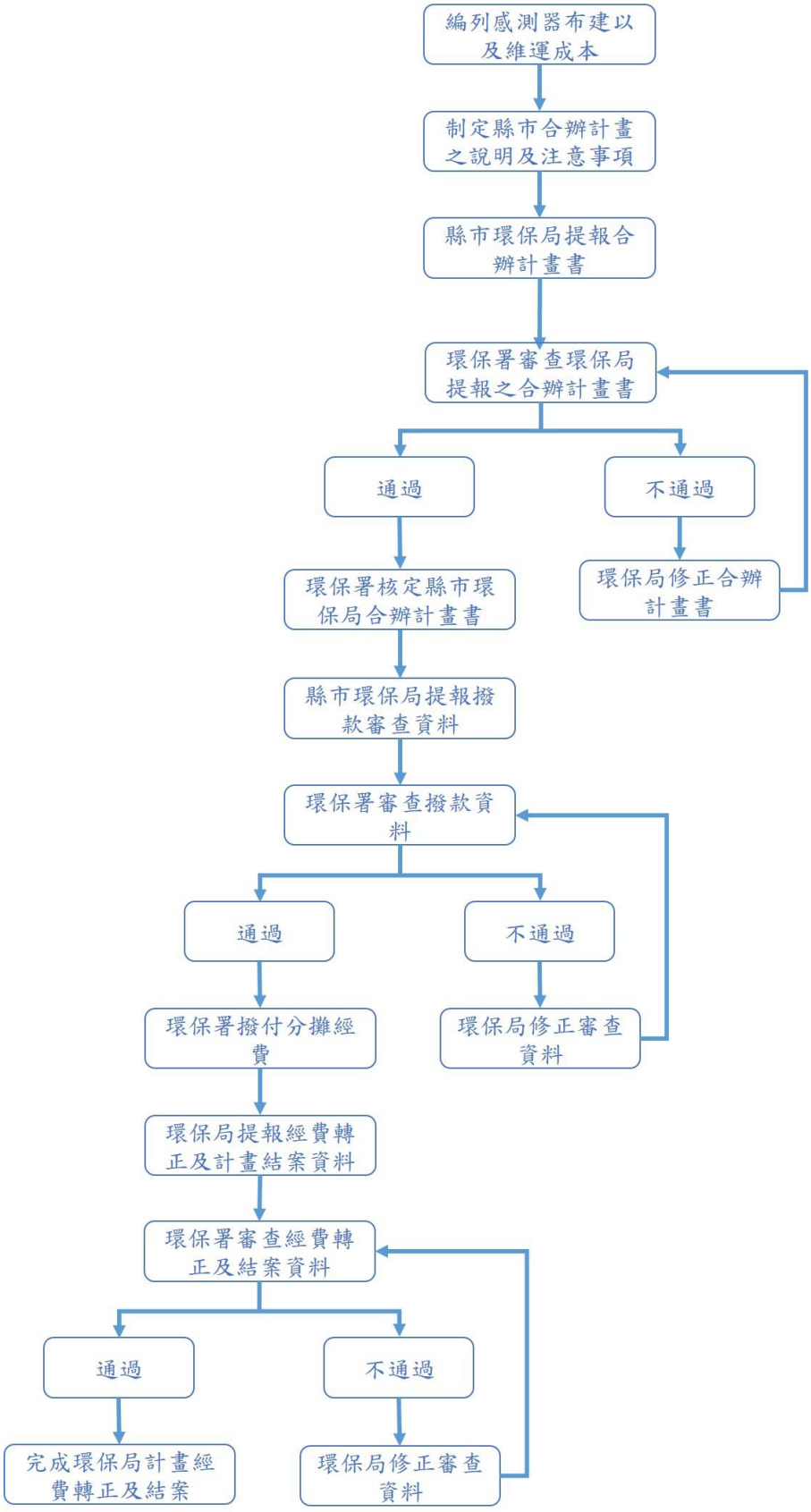


圖 6-7、經費編列標準作業程序

四、結論及建議

本團隊已完成感測器應用目的與選址、感測器安裝布建、感測器維運及數據品質管理、感測器狀況異常偵測報修、數據篩選校正及公布、污染偵測及分析判斷、經費編列等 7 項標準作業程序，提供各縣市環保局參考，提升規劃階段、布建階段、維運階段、數據應用及經費編列等作業之執行效率，計畫團隊將持續追蹤各相關單位運用現況進行回饋修正，確保各項標準作業程序之實用性。建議各縣市環保局藉由此標準作業程序，透過過去布建的經驗建置更智慧化並符合各縣市環保局的需求。例如：布建最適化，移除或更換不適用的點位。運用感測數據智慧判讀解析感測器異常，可以減少設備維運及人力的成本。透過大量的數據分析與機器學習，限縮污染熱區的範圍，聚焦可疑目標進行環境執法。透過滾動式的修正，確保各項標準作業程序之實用性，若有不足之處則持續建置標準作業程序提供環保局參考。

第 7 章 、專案辦公室強化計畫管考、產業推動、成果效益

空品物聯網專案辦公室主要工作內容包括強化辦理空品物聯網推動及資源整合工作、督導與協調各部會計畫事宜、整合各部會分工並配合環保署執行需求、研擬我國產業發展策略以規劃整體輸出方式及時程表、以空品物聯網一站式推廣中心協助產官學研跨域結合機會、強化科普知識結合與社群媒體網站分享、洽談空氣品質感測器或物聯網擴大應用場域、持續國際參訪並辦理大型研討會議等。今年度專案辦公室將更主動積極與主導性去執行與推動上述工作內容。

7.1、辦理我國空品物聯網推動及資源整合工作

一、工作內容

為協助空品物聯網整體推動及資源整合，依據前瞻基礎建設計畫之建構民生公共物聯網計畫項下「空品物聯網產業開展計畫」內容成立專案辦公室，組織架構如圖 7-1 所示。主要工作內容包含：辦理我國空品物聯網推動及資源整合工作、訂定問答集作為內部參考文件以利對外說明，並提出專案辦公室及我國空品物聯網之 108 年及 109 年年度目標，並提出專案辦公室之規劃、運作方式與年度目標。

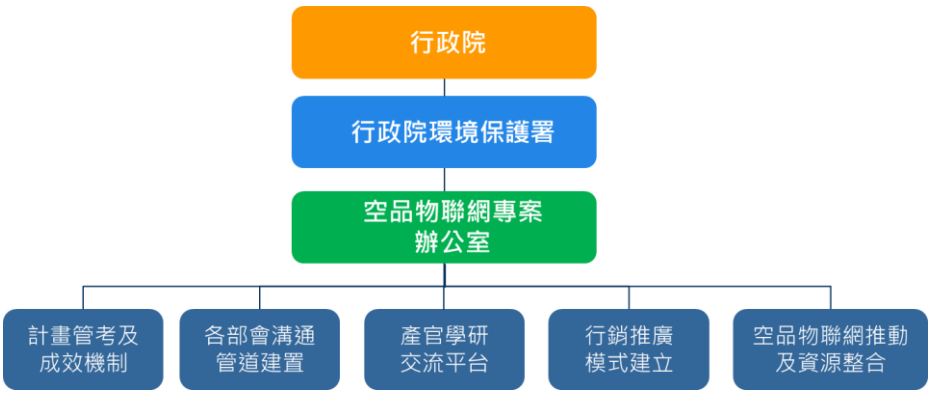


圖 7-1、空品物聯網專案辦公室組織與主要工作架構

二、執行方法

執行方法如圖 7-2 所示，包含設立專案辦公室（設置專屬據點、規劃運作方式、年度目標）、辦理我國空品物聯網推動及資源整合工作（訂定問答集作為內部參考文件以利對外說明、整合「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」、「空品物聯網產業開展計畫」資源、配合政策與自主推動空品物聯網）。

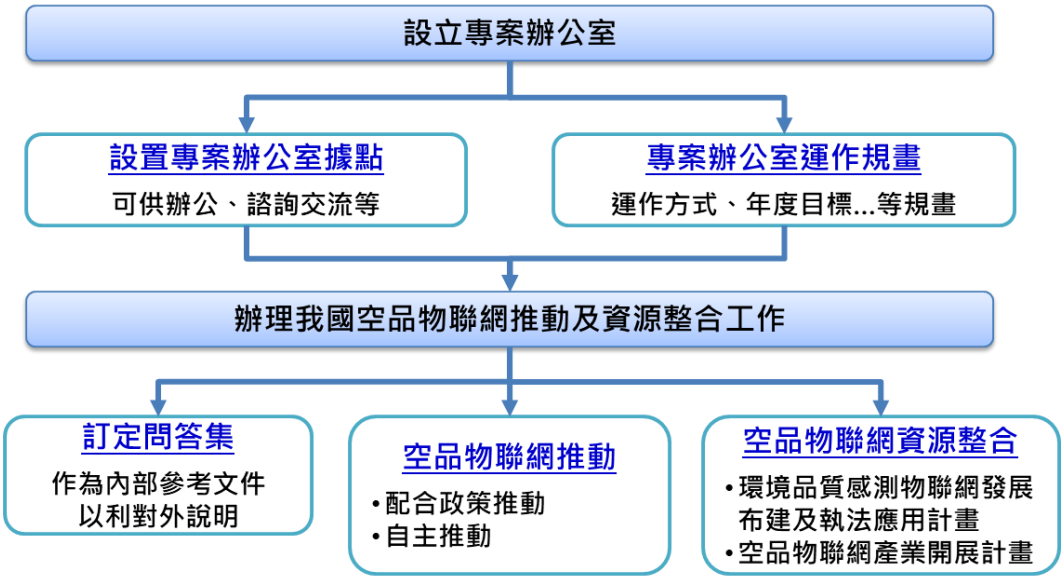


圖 7-2、辦理我國空品物聯網推動及資源整合工作_執行方法

三、執行成果

本專案辦公室成立據點於揚昇金融大樓（臺北市松山區南京東路三段 248 號 2 樓）。捷運南京復興站 5 號出口旁，交通便利，優點是距離環保署及各部會地點近，以利即時處理行政院及環保署各項配合之事務，可快速且即時配合本案之計畫協調與追蹤管考，也方便相關會議的參與及討論。辦公室空間包含有接待區、辦公區、會議區、產業諮詢交流洽談區等，如圖 7-3 所示。專案辦公室之規劃及運作方式及年度目標，運作方式可分為五大主軸，如圖 7-4 所示，其餘細節請參閱附件三；亦已完成現階段之問答集，內容包含國產化感測元件技轉況、空氣品質 72 小時預報模擬模式、建置測試驗證中心等階段成果、106-107 年中央地方及校園布建空污感測器成果、106-108 年度空品物聯網輔助智慧稽查成果、106-107 年度補助國內業者投入空品物聯網開發成果等，均可供對立法院、環保團體、一般民眾等進行說明。

四、 結論與建議

政府跨部會之計畫，最困難之處無非是得設法打破”穀倉效應”，而這即為專案辦公室存在的價值之一，透過專案辦公室居中與管考單位的溝通，以及各部會之間的協調等，串聯各分項計畫成果，使得整體計畫能更確實與精準整合相關空氣品質物聯網相關資源，同時專案辦公室積極推動除了智慧環境治理以外之跨域應用，並扮演媒合橋梁協助國產感測元件與國內外業者合作。



圖 7-3、空品物聯網專案辦公室設置空間一覽

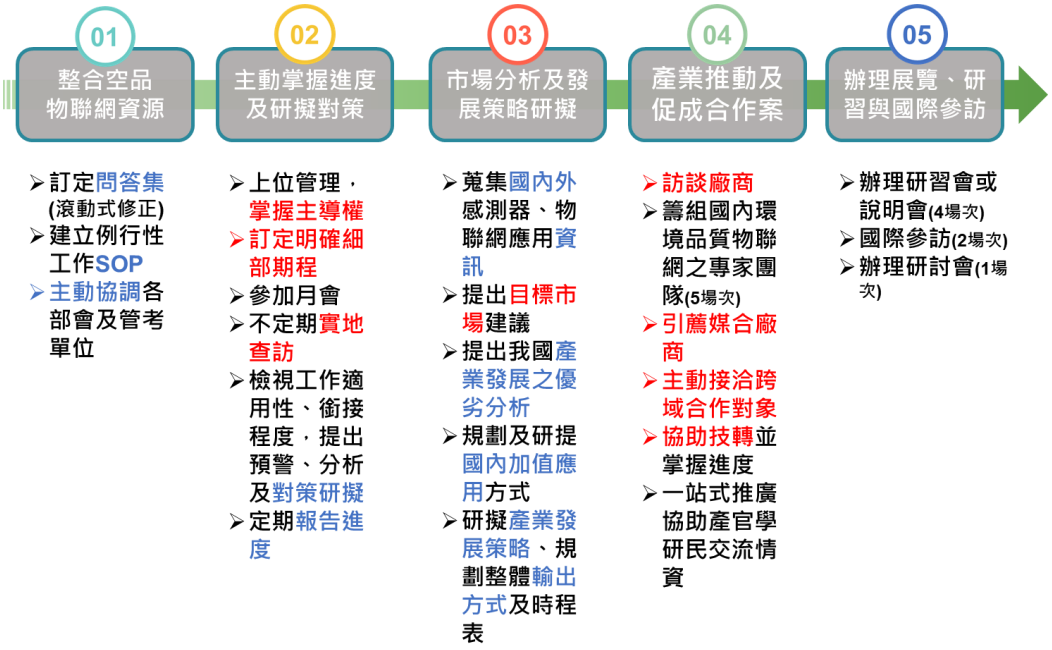


圖 7-4、空品物聯網專案辦公室運作方式

7.2、督導、聯繫、協調各部會計畫事宜，並彙整進度及成果資料

一、工作內容

民生公共物聯網計畫包括空氣品質、地震、水資源，以及災防等四大民眾生活息息相關的議題，此計畫主責部會的分工如圖 7-5 所示，而在督導上，由政委進行督導，並確認計畫方向。在部會的協調上，則由行政院科技會報辦公室進行工作會

議，不定時的依協調需求召開，定時召開進度掌控，科技部擔任幕僚，協助資料彙整，另也成立推動小組定期每月召開工作進度會議，並協助反映部會問題。其中空氣品質領域包含「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」（環保署執行）和「空氣品質物聯網產業開展」（經濟部技術處、經濟部工業局、科技部工程司、科技部自然司、中研院、國網中心、環保署共同執行），由專案辦公室負責督導、聯繫、協調各部會計畫相關事宜，與彙整進度及成果資料，以隨時掌握最新計畫執行狀況，並定期向環保署提出進度報告、召開會議。除配合環保署需求外，專案辦公室亦將配合行政院、科技會報辦公室、科技部、推動小組等，負責處理管考及交辦等事宜。

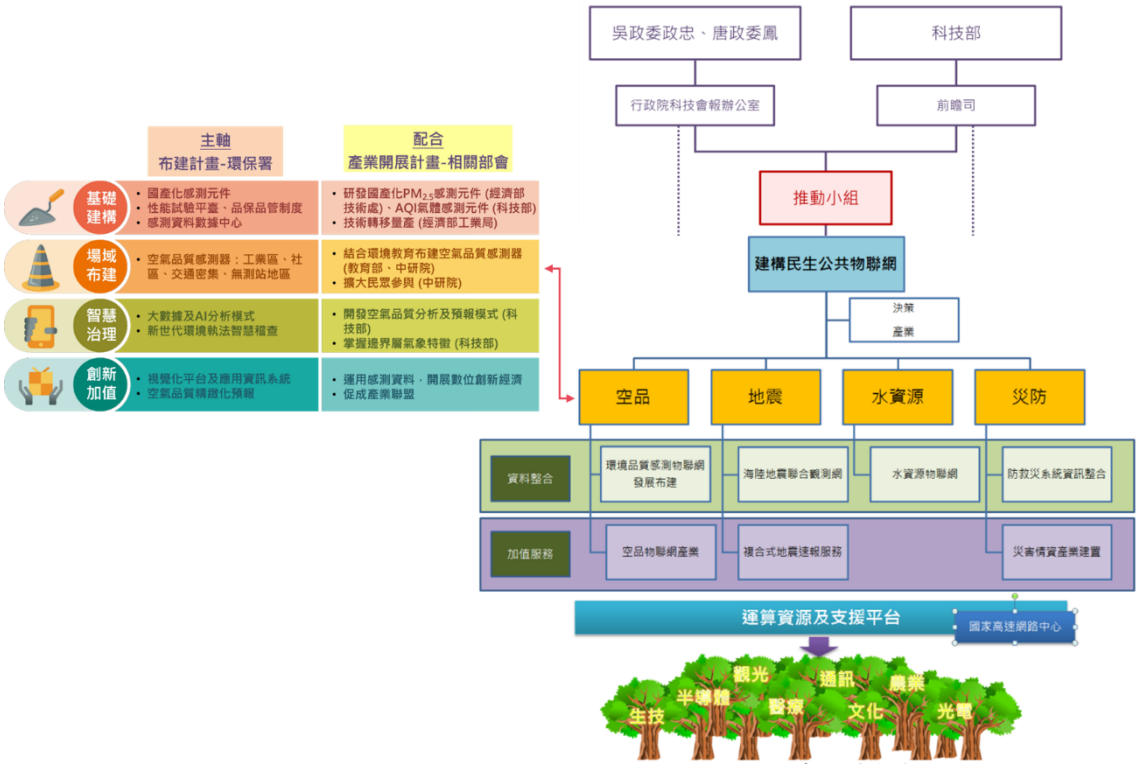


圖 7-5、民生公共物聯網計畫架構與計畫分工

二、執行方法

本專案辦公室扮演督導、聯繫、協調各部會計畫事宜，處理行政院科技會報辦公室、建構民生公共物聯網推動小組等交辦事項，並與其維持良好互動關係，確保資訊上、下溝通順暢無誤，執行方法如圖 7-6 所示。

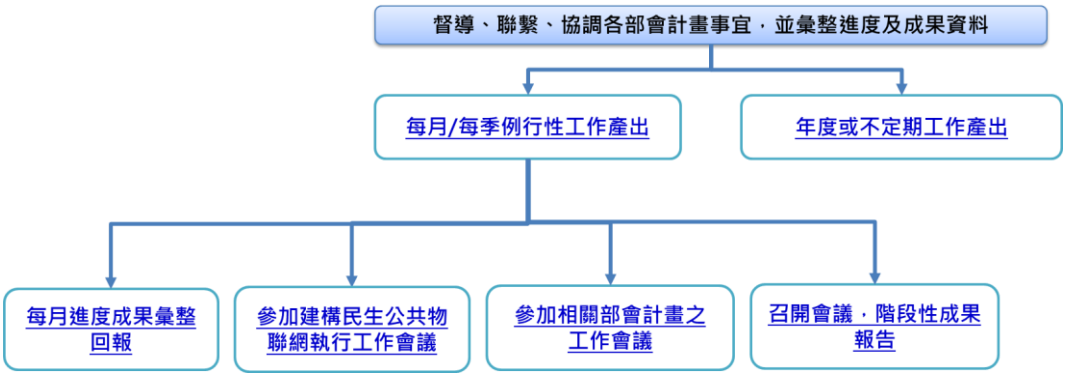


圖 7-6、督導、聯繫、協調各部會計畫事宜，並彙整進度及成果資料之執行方法

三、執行成果

專案辦公室目前已針對各類例行性工作與不定期工作制定 SOP，並秉持著降低部會負擔與擔任反映問題之橋梁，並定期每月向環保署報告計畫進度與建議事項。另也完成多項由科技會報辦公室、科技部、推動小組、環保署交辦事項，如表 7-1 所列。

表 7-1、督導、聯繫、協調各部會計畫事宜之年度或不定期工作產出

時間	交辦單位	交辦事項
108.03.05	科技部	建構民生公共物聯網_修改 109 經費
108.03.12	科會辦	提供 108 年計畫推廣及成果資料
108.03.15	科技部	運用開放資料促成資料產業發展
108.03.18	推動小組、科會辦	拍攝短片故事集腳本
108.03.22	推動小組	民生公共物聯網資料需求清單
108.04.11	科技部	107 年期末報告委員意見回覆
108.05.07	推動小組	未來維運規劃調查表
108.05.08	推動小組	協助修改官網 2.0 版空領域工作項目結構圖
108.05.07	推動小組	協助民生公共物聯網 2.0__空氣品質領域內容英文化、中文內容潤飾
108.05.15	環保署	分項一現階段之成果簡報製作(監委視察)
108.06.04	科技部	建構民生公共物聯網計畫 108 年期中執行進度報告書

時間	交辦單位	交辦事項
108.06.25	環保署	協助政委檢視會議簡報與談參資料製作
108.07.10	環保署	政委向行政院院長報告之民生公共物聯網成果展示_空領域簡報協助製作
108.07.25	推動小組	民生公共物聯網資料應用競賽諮詢窗口
108.07.26	科技部	前瞻計畫 108 年度期中報告委員意見回覆
108.09.20	科會辦	前瞻基礎建設計畫-數位建設第一階段(106-109 年)點成果檢視與未來規劃討論會議_空領域成果彙整
108.09.23	科會辦	建構民生公共物聯網計畫--第二階段 110-113 年工作項目調查
108.09.24	科技部/ 國家災防中心	108 年度民生公共物聯網資安顧問諮詢及查驗、資安教育訓練
108.10.24	環保署	106 年-108 年空品物聯網(跨部會)績效報告彙整

四、 結論與建議

執行計劃期間，專案辦公室透過定期參加產業開展計畫各子計畫之月會，並不定期訪視部會之委辦執行單位或計畫管理單位，如經濟部技術處（工研院微系統中心）、科技部工程司（國研院、中研院）、工業局補助業者（大同公司、福華電子、經昌車電）等，以隨時掌握各子計畫之執行狀況，並維持溝通良好關係，亦了解其執行計畫時所遭遇困難與需要協調之處，同時讓專案辦公室與各部會（包含委辦執行團隊）之間關係更緊密，以上均讓民生公共物聯網之分項二計畫更有效率執行，並可望如期於今年年底完成年度目標。由於國產元件開發技術已趨成熟，建議明年度計畫階段性成果（收割）呈現，跨部會之間可以思考如何串接，並可透過專案辦公室與科技部、科技會報辦公室溝通，以人民較為有感的方式包裝呈現。

7.3、整合各部會配合環保署需求提出建議及分析資料

一、工作內容

工作內容包括整合各部會「空品物聯網產業開展計畫」分工並配合環保署「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」執行需求，提出關鍵工作及其時間點規劃，檢視各工作項目適用性、銜接程度（內容、期程），可能問題提出預警、分析及對策研擬，並配合機關需求提出建議、分析資料，原則每月或每季召開進度會議。

二、執行方法

執行方法如圖 7-7 所示，空品物聯網專案辦公室將定期整合並檢視「空品物聯網產業開展計畫」各部會分工，並配合環保署「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」執行需求，分析檢視計畫關鍵工作項目適用性與時程規劃，及各工作銜接程度適當性，並提前提出問題預警、分析和因應對策建議。

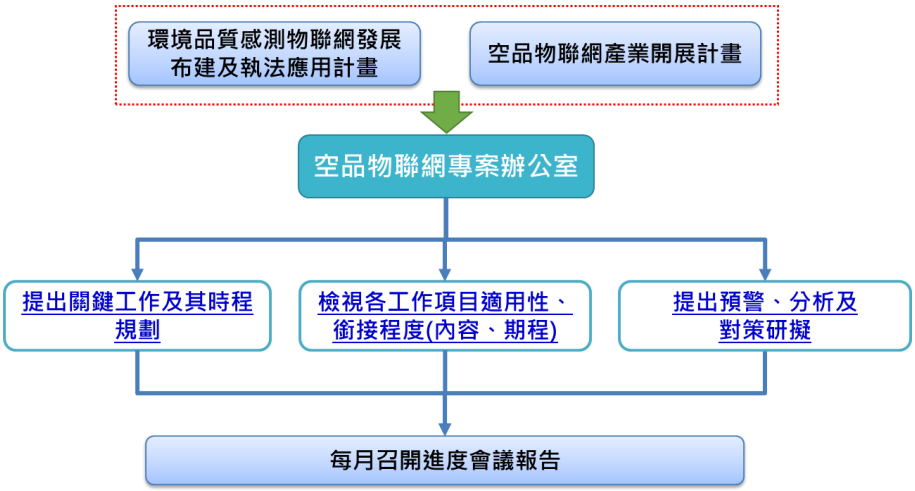


圖 7-7、整合各部會配合環保署需求提出建議及分析資料之執行方法

三、執行成果

現已分別於 108 年 4 月 23 日與 108 年 6 月 3 日(原定 108 年 5 月 22 日順延）召開兩次進度會議，向環保署報告。報告重點著重國產感測元件開發進度、測試情形、國際競爭力分析，以及技術或專利移轉授權廠商狀況。其中專案辦公室更利用技術發展里程碑以及技術成熟度(TRL)分級，如圖 7-8 所示，以更明確掌握各單位研發進度，並結合未來應用情境，綜整目前國產研發感測器概況如圖 7-9 所示。並

依據環保署 107 年報告中臺灣各 AQI 指標年平均濃度，作為檢視各國產元件預計應用情境之合理性，其結果如

表 **7-2** 所示。專案辦公室並提出相關建議事項如表 7-3 所示，並負責後續溝通、督導及追蹤等事宜。此外專案辦公室並積極促成技轉與確實掌握國產化感測元件技轉概況，目前國產化感測元件技轉金額已達新台幣 1,450 萬元，細節如

表 **7-4** 所示。

$PM_{2.5}$ 研發單位	類型	主要規格	目前 TRL	應用情境
工研院 微系統中心	光學式	15~500 ug/m³	7	室內外
工研院 綠能所	電子 衝擊式	15~300 ug/m³	2-3	工業區、管道

O_3 研發單位	類型	主要規格	目前 TRL	應用情境
工研院 綠能所	電化學式	偵測範圍：0~400 ppb 偵測極限：< 30ppb	5	工業、交通區
南台 科大	MOS	偵測範圍：0 ~ 150 ppb	5	檢測器工廠

CO 研發單位	類型	主要規格	目前 TRL	應用情境
工研院微系統中心	MOS 電阻	偵測範圍：100 ppb~200 ppm	6	健康、醫療、安全
成功 大學	MOS (Multi.)	偵測範圍：20 ~100 ppm	5	室外監測

NO_2 研發單位	類型	主要規格	目前 TRL	應用情境
工研院 綠能所	MOS	偵測範圍：0~1000 ppb 偵測極限：< 50 ppb	5-6	交通測站
清華 大學	MOS	偵測範圍：5 ~ 1000 ppb	5	住宅、工廠、學校
南台 科大	光學式	偵測範圍：500 ppb~ 1000 ppm	3	空拍機
高雄 科大	MOS	偵測範圍：< 120 ppb ±30%	4	室外監測
成功 大學	MOS (Multi.)	偵測範圍：0 ~ 1 ppm	5	室外監測

SO_2 研發單位	類型	主要規格	目前 TRL	應用情境
成功 大學	電化學式	偵測範圍：400 ppm 解析度：50 ppm	4	工廠煙道
高雄 科大	MOS	偵測範圍：< 250 ppb ±30%	4	室外監測
成功 大學	MOS (Multi.)	偵測範圍：0 ~ 1 ppm	5	室外監測

圖 7-8、國產研發感測器概況

表 7-2、國產研發氣體感測器 VS 臺灣環境值

污染物	臺灣2018年平均濃度	工研院綠能所	工研院微系統	工研院材化所	清華大學	南台科大	高雄科大	成功大學
$PM_{2.5}$	19.0±5.1 μg/m³	• 範圍 15-300 • 偵測粒徑下限 0.25 μm 工業區、管道	• 範圍 15-500 • 偵測下限 5 室內外環境監測	-	-	-	-	-
CO	0.38±0.17 ppm	-	0.1~200 ppm 健康醫療、安全	-	-	-	-	20-100 ppm 室外監測
NO_2	12.70±5.67 ppb	-	-	• 範圍 0~400 • 極限：< 50 ppb 交通測站	5~1000 ppb 住宅、工廠、學校	500~10^6 ppb 空拍機	< 120 ppb ±30% 室外監測	0~1 ppm 室外監測
O_3	30.95±4.42 ppb	• 範圍0~400 • 極限：< 20 ppb 工業、交通區	-	-	-	0~150 ppb 檢測器、工廠	-	-
SO_2	2.75±0.87 ppb	-	-	-	-	-	< 250 ppb ±30% 室外監測	➢ 400 ppm ➢ 0-1 ppm ➢ 工廠煙道 ➢ 室外監測

表 7-3、國產研發感測器之專案辦公室建議事項

研發項目	執行單位	專案辦公室建議事項
$PM_{2.5}$感測器(電子衝擊式)	工研院綠能所	1. 建議先決定應用場域，甚至直接進階至PM_1感測器開發。 2. 先行進行專利布局，且開發過程中即尋求合作夥伴，以加速時程。
NO_2感測器	工研院材化所	1. 加快與標準監測站一致性比對進度。 2. 優化偵測下限，以更符合環境濃度需求。 3. 同步進行跨域應用載具之機構設計。
O_3感測器	工研院綠能所	1. 加快與標準監測站一致性比對進度。 2. 同步進行跨域應用載具之機構設計。
$PM_{2.5}$感測器(光學式)	工研院微系統中心	1. 加速新一代感測器與標準監測站一致性比對進度。 2. 先行評估目前製造及未來試量產之成本。 3. 計算比對測試階段之資料完整率。 4. 協助加快技轉客戶之商品化時程。
CO感測器	工研院微系統中心	1. 確認未來應用場域及需求，因量測範圍雖降至100 ppb，雖符合環境背景值範圍，但就商品化角度請檢視是否有其必要性。 2. 確認穩定度>90天之原由。
AQI氣體感測器	科技部工程司委辦學校團隊	1. 開發規格多數不符合應用場域之環境值。 2. 建議先送量測中心驗證，再視開發情況送環保署標準監測站比對。 3. 建議明確定出商品化期程。

表 7-4、國產研發感測器之技轉現況

研發項目	研發團隊	委辦單位	技轉廠商	技轉金額	技轉日期	廠商開發進度	預計商品化時間
$PM_{2.5}$感測器(光學式)	工研院微系統中心	經濟部技術處	XX電子	900萬	107年	• 已生產500套 • 臺南善化標準測站測式中 • 已通過量測中心型式驗證	108年12月
			XX電子	430萬	108年5月	• 已通過量測中心型式驗證	109年2月 *已於108年10月取得環保局布建標案
CO感測器(MOS電阻式)	工研院微系統中心	經濟部技術處	XX光電	120萬	108年6月	-	109年12月
合計技轉金額				1,450萬			

四、 結論與建議

專案辦公室評估分析國產研發感測器之研發、測試進度與商品化時程規劃之適當性與合理性，除持續督促各執行單位外，並將提供可能問題預警及解決對策給予環保署，並密切與署內討論，持續更新與滾動式調整。

7.4、蒐集及比較國內外感測器資訊並提出我國產業發展之優劣分析

一、工作內容

工作內容涵蓋蒐集及比較國內各式空氣品質感測器資訊、國際環境品質感測元件、物聯網應用資訊，提出我國產業發展之優劣分析。規劃及研提國內環境品質物聯網之加值應用方式、研擬我國產業發展策略、規劃整體輸出方式及時程表 。

二、執行方法

執行方法如圖 7-9 所示，從全球主要國家之環境物聯網發展與應用現況與發展趨勢、推動策略，進行產業分析，與盤點國內產業能量與應用方式，並提出我國產業發展之優劣分析與研擬我國產業發展策略。

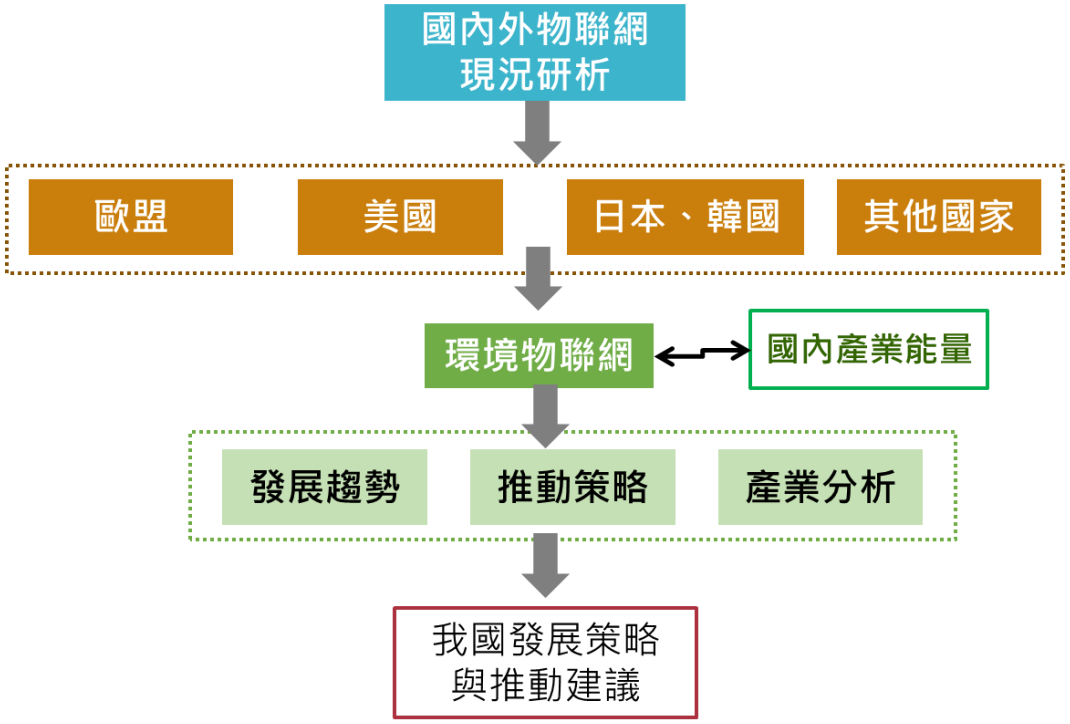


圖 7-9、蒐集及比較國內外感測器資訊並提出我國產業發展優劣分析之執行方法

三、執行成果

(一) 蒐集及比較國內外各式空氣品質感測器

1. $PM_{2.5}$ 感測器規格比較：

本計畫針對國際市售（＜100 美金）與國內工業技術研究院(ITRI)開發之 $PM_{2.5}$ 感測器進行比較，結果分別如

表 7-5 所示，可發現：

(1) 工研院光學式感測器目前性能表現已具相當水準，且已在環保署測站測試已超過半年，惟體積過大、成本稍高、功耗稍高，未來若能改善，且進行耐候測試，將更具競爭力。

(2) 目前環境中 PM_1 粒子漸受到國際關注，但市場上卻鮮少有商用 PM_1 感測器，而工研院電子衝擊式感測器之優勢為可測得 PM_1，但成本偏高，建議

盡快確認應用場域與終端使用者。

表 7-5、$PM_{2.5}$ 感測器規格比較表

	Company	Cost (USD)	Volume (cm^3)	Weight (g)	Power (mW)	Life (year)	Range ($\mu g/m^3$)	Accuracy	R^2
	**Sharp** GP2Y1010AU0F	10	24.8	15	100	-	0 - 680	+/- 30% (estimated)	0.72-0.99
	**Plantower** PMS 7003	25	21.3	30	500	3	0 - 500	+/- 10%@100-500 μg/m³	0.68-0.85
	**Shinyei** PPD42NS	10-15	58.4	24	450	-	0~28 pcs/cm^3	-	0.53-0.98
	**Samyoung** DSM501A	10-15	53.1	25	450	-	0 - 1400	-	0.46
	**OMRON** B5W-LD0101	14	36.5	20	450	-	0 - 100	-	-
	**Sensirion** SPS 30	25	20.2	26	270-330	8	1 - 1000	±10 μg/m³ @ 0-100 μg/m³ ±10 %@100- 1000 μg/m³	$PM_{2.5}$: 0.65-0.84 PM_1: 0.91
	**ITRI** (光學式)	30	134.9 (109年< 35)	92	770	-	0-500	相對器差中位數≤30% @ 15~500 μg/m³	0.9 (工研院量測中心) 0.72-0.76 (環保署標準測站)
	**ITRI** (電子衝擊式)	1500	108	110	-	-	0-300 粒徑下限 <0.3 μm	-	-

2. NO_2 感測器規格比較：

本計畫針對國際市售（< 100 美金）與國內工業技術研究院(ITRI)開發之 NO_2 感測器進行比較，結果分別如表 7-6 所示，可發現：

(1) 根據工研院開發之 NO_2 感測器在環保署標準測站比對結果，目前性能表現超域多數市售感測器，後續搭配環境調校式之開發，將具國際競爭力，惟目前使用壽命尚待評估。

(2) 工研院開發之 NO_2 感測模組之體積和其他市售商品相比仍偏大，故建議後續可整併其他氣體感測器（和 NO_2 干擾性低），共用同一個採樣分析腔體，以提升泛用性與競爭力。

表 7-6、NO_2 感測器規格比較表

	Company	Price (USD)	Volume (cm^3)	Weight (g)	Power	Life (year)	Range (ppm)	Detectable limit (ppb)	R^2
	**SPEC Sensors** DGS-NO2 968-043 (MOS)	模組75 元件20	模組 11.6 (12.6x44.4x20.8)	-	14 mW	> 5	0-5	< 20	0.0004-0.16
	**SGX (NO_2+H_2)** MiCS-2714 (MOS)	模組48 元件10	元件 0.11 (5x7x2.55)	-	30-50 mW	-	0.05-10	-	0.168-0.269
	**Alphasense** NO2_B43F (EC)	70	元件13.5 (Φ32.3x16.5)	< 13	-	> 2	≦ 20	-	0.63-0.71
	**Figaro** FECS 42-20 (EC)	250	元件5.2 (Φ20x16.5)	4.5	-	> 3	0-20	-	-
	**UniTec** (NO_2+O_3+CO+C_6H_6+CH_4) SENS-IT (MOS)	模組 2200	模組 225 (50x50x90)	200	3~4 W		10-250	10	0.59-0.65
	**ITRI** (MOS)	元件 < 10	模組 150 (50x50x60)	< 300	0.5 W	-	0-1	30	0.59-0.77 (環保署標準測站)

3. O_3 感測器規格比較：

本計畫針對國際市售（< 100 美金）與國內工業技術研究院(ITRI)開發之 O_3 感測器進行比較，結果分別如表 7-7 所示，可發現：

(1) 根據工研院開發之 O_3 感測器在環保署標準測站比對結果，目前性能表現已具相當水準，後續搭配環境調校式之開發，將具國際競爭力。

(2) 工研院開發之 O_3 感測器為電化學式，其使用壽命與電解液息息相關，後續仍待驗證。

表 7-7、O_3 感測器規格比較表

	Company	Price (USD)	Volume (cm^3)	Weight (g)	Power	Life (year)	Range	Detectable limit (ppb)	R^2
	**SPEC Sensors** 20 P Package 110-406 (EC)	模組75 (元件20)	模組 8.2 (44.5 x 20.8 x 8.9)	< 62	14 mW	> 5	0-5 ppm	< 20	0.01-0.24
	**Alphasense** O_3_B431 (EC)	元件80	Sensor 17.3	< 13	-	> 2	≦ 20 ppm	≦ 20	0.01-0.66
	**Citytech** O3_3E1 (EC)	-	模組 24.6 元件 0.8	< 13	4 mW	1.6	0.1-1 ppm	< 20	-
	**ITRI** (EC)	元件< 70	元件 16.1	12.6	-	-	0-400 ppb	< 20	0.6-0.7 (環保署標準測站)

4. CO 感測器規格比較：

本計畫針對國際市售（< 100 美金）與國內工業技術研究院(ITRI)開發之 CO 感測器進行比較，結果分別如

表 **7-8** 所示，可發現：

(1) 工研院開發之 CO 感測器成本、尺寸、量測範圍和市售商品相比已具競爭力。

(2) 然目前僅在實驗室用標準氣體進行驗證，建議後續至環保署測站進行比對測試，並開發高濃度 CO 用之感材，以擴大跨域應用場域。

表 7-8、CO 感測器規格比較表

	Company	Price (USD)	Volume (cm^3)	Weight (g)	Power	Life (year)	Range (ppm)	Detectable limit	R^2
	**SPEC Sensors** 1000 Package 110-102	模組75 元件20	模組8.2	-	12 mW	> 5	0-1000	100 ppb	0.83-0.89
	**SGX** MiCS-4514 ($CO+NO_2$) / indoor	元件10	元件 0.11 (5x7x2.55mm)	-	71-81 mW	-	1-1000	-	0.49-0.84
	**Alphasense** B4	元件80	元件13.5	< 13	-	> 2	0-2000	40 ppb	-
	**Figaro** TGS 3870-B00 /CO+CH4 (MOS)	元件40	元件0.86	1.1	38 mW	-	50-1000	-	-
	**Figaro** FECS 40-1000 (EC)	元件180	元件5.18	4.5	<1 mW	3	0-1000	1 ppm	-
	**ITRI (MOS)**	元件< 5	模組42 晶片0.013 (3x3x1.4mm)	< 0.1	< 0.1mW @ Pulse mode	-	0.1-200	100 ppb	-

(二) 國際環境品質感測元件、物聯網應用資訊

1. 低成本空品感測器結合車載應用

低成本空品感測器除了應用於環境治理外，國際上尚有許多跨域應用案例，其中結合車載之應用為近年來國際上最受矚目與重視的焦點之一。蒐集綜整國際應用案例，載具包含計程車、公車、電車與一般廂型車等，搭載可偵測包含 $PM_{2.5}$, PM_{10}, NO_2, NO, O_3 , CO_2, SO_2 ,VOCs 等污染源濃度，部分亦包含感測溫濕度或噪音。綜整結果如表 7-9 所列。

表 7-9、低成本空品感測器結合車載之國際案例

	單位	Sensor 種類	載具	實測地點	成本	特殊項目
	中國浙江大學	$PM_{2.5}$(日本神榮PPD42NS)、noise、溫溼度 、GPS	公車(8台不同路線)	•中國杭州 (2.9 × 3.1km^2) •282條公車路線、1415車次、經24所學校、48家醫院	90 USD	•建設性氣流擾動設計解決移動導致相對氣流引起量測誤差。 •使用GPS計算車輛的速度和加速度來濾除一些noise讀數。
	中國同濟大學、山東大學	$PM_{2.5}$、PM_{10}、GPS	計程車(車頂燈具內)	上海(30台)、濟南	-	兩個取樣口。
	丹麥Leapcraft公司	$PM_{2.5}$, NO_2, NO, CO, noise、溫溼度 (廠牌：CPH Sense)	公車	英國倫敦、丹麥Aarhus、西班牙Santander	-	-
	瑞士洛桑聯邦理工學院、蘇黎世聯邦理工學院	$PM_{2.5}$, PM_{10}, NO_2, NO, O_3 , CO_2, SO_2 ,VOCs	公車車頂(瑞士)、電車車頂(蘇黎世)	瑞士洛桑Lausanne、蘇黎世	-	-
	英國EarthSense公司	$PM_{2.5}$, PM_{10}, NO_2, O_3 , CO, SO_2 (廠牌：EarthSense Zephyrs感測器)	公車	英國牛津城市	-	和幫助Tantalum公司、倫敦大學學院合作在Air.Car協作項目中改進交通排放模型
	英國Strathclyde大學	PM_1, $PM_{2.5}$, PM_{10} NO_2, NO, O_3, CO,溫溼度 , GPS	小廂型車車頂	英國Glasgow城市	-	•和CENSIS(蘇格蘭感測器、成像系統暨物聯網科技創新中心)合作 •可量測PM_1

(1) 國際實際應用案例：垃圾車為移動載具（英國 Earthsense）

空氣品質監測系統服務開發商 EarthSense 與車載資通訊處理技術供應商 CMS SupaTrak 合作，擴大將垃圾車當作移動空氣品質監測平台，如圖 7-10 所示。將空氣品質感測器安裝在廢物處理卡車上，該卡車至少每兩週會經過每條街道。該技術引入英國、法國、德國的廢棄物流領域，可即時收集當地空氣品質數據，包含偵測 NO_2 和 $PM_{2.5}$ 等污染物。這些數據將用於產生沿廢棄物收集路線的當地空氣污染熱圖，並可透過定製數據平台查詢，讓地方和中央政府人員更了解城市環境中的二氧化氮等空氣污染物之嚴重程度，並提供有價值的即時空氣品質數據，以供後續規畫之用。



圖 7-10、EarthSense：將垃圾車當作移動空氣品質監測平台，繪製污染熱圖

(2) 國際實際應用案例：計程車為移動載具（中國諾方電子）

利用計程車裝載載大氣顆粒物監測設備，如圖 7-11 所示，可偵測 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 濃度，且每 3 秒鐘產生一組數據，目前濟南市共有 100 輛計程車，一天可產生 120 萬組數據，並生成城市道路揚塵雲圖，同時以路網為基礎，進行周邊污染源監測，為大氣污染精細化治理提供科學依據。時間空間分辨率高，時間分辨率僅為 3 秒，空間分辨率小於 20 米。運行時間長，覆蓋範圍廣，每車每天運行時間平均超過 12 小時，100 車每天可覆蓋 95%車行道路，通過多車接力實現 24 小時連續監測。社會資源共享，利用計程車移動平台進行大氣監測，運行成本低，低碳節能。



圖 7-11、應用於計程車之移動車載大氣監測系統(諾方電子)

(3) 國內車載應用載具分析

針對未來若我國要結合車用載具進行跨域應用，進行包含公車、計程車、垃圾車和私人上班車輛等車用載具優缺點分析，研析結果如

表 7-10 所示。評估覆蓋範圍、行駛時間等因素後，建議可優先採用公車載具進行測試與驗證，可採計畫合作等方式進行，然感測器裝在行駛車輛上，會遭遇風速、震動等引響，均會影響到感測精準度，必須先透過機構特殊設計等方式解決，例如加裝流量計，搭配小型抽氣馬達，將抽氣量固定在特定範圍，避免量測數據誤差過高；除了上述技術性問題需要研析外，感測器安裝高度亦是關鍵，因太高恐不易測得真實污染濃度，而由於車輛移動氣流、壓力影響，過低亦會造成誤差過高。

表 7-10、國內車載應用載具分析

載具	管轄單位	優點	缺點
 公車	各客運業者	• 班次多 • 路線固定 • 市區為主	-
 計程車	計程車隊業者	• 班次多 • 市區為主	• 路線不固定
 垃圾車	地方環保局	• 路線固定 • 行駛速度慢 • 隸屬政府機關	• 周休2-3天 • 僅特定時段行駛(依區域別)
 上班族車輛	-	• 路線固定 • 選擇多元	• 僅特定時段行駛(上下班時段)

2. 智慧家庭應用案例

WeavAir 為提供可減少能源消耗之空氣品質分析解決方案為主之加拿大新創公司，曾獲得 Audi Innovation Award (AIA) 2019 優勝前五名。WeavAir 利用先進的空氣感測器和 AI 預測技術精簡暖通空調（heating, ventilation and air conditioning，簡稱 HVAC）系統的管理，幫助客戶擁有更好的空氣品質，並節省能源消耗。目前企業用戶以大型建築和部分製造業為主，未來將拓展至汽車、火車、飛機等交通工具。技術特色為以感測器陣列，來測量 HVAC 系統性能和室內空氣品質，感測項目包含溫度、壓力、濕度、氣體、灰塵微粒、生物氣溶膠等，並即時分析數據，再用 AI 預測性演算法來提高感測器的準確度，藉由這些感測器和 AI 技術，來降低 HVAC 耗能和成本。此外此解決方案適用於所有的 HVAC 系統，而且不需要額外的維護成本，同時部分電力可由氣流跟溫差來供電。

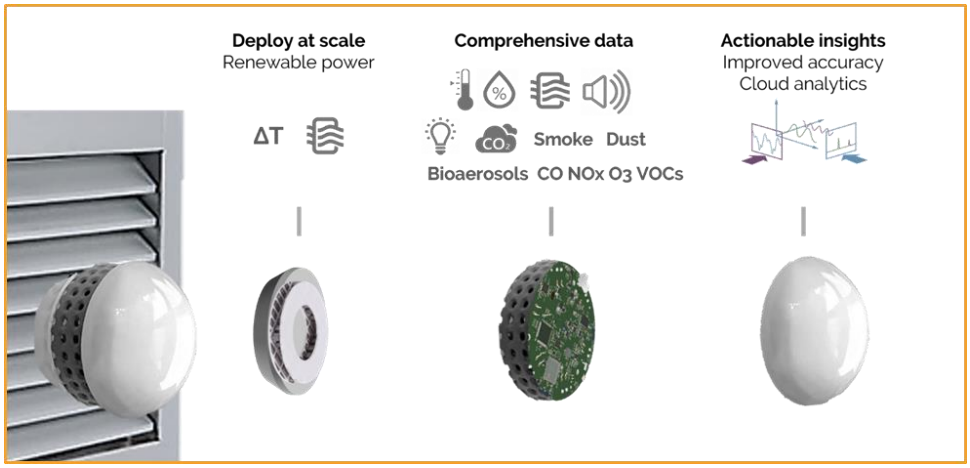


圖 7-12、以 AI 演算法結合感測器控制暖通空調，提供可減少能源消耗之空氣品質分析解決方案

4. 空氣品質數據應用案例

英國皇家內科醫師學會 2016 年報告指出最脆弱的群體之一是“在繁忙的道路附近工作的人”（例如交警，司機，街頭小販），因其工作而更容易受到空氣污染侵襲，健康也面臨更大的風險。而英國倫敦國王學院(King’s College London)和英國安全委員會(the British Safety Council)於 2019 年共同開發一款新應用 App 程式 Canairy，可為戶外工人及其雇主提供有關暴露於空氣污染中的重要即時訊息，可幫助雇主和工人將戶外工作人員污染空氣的風險降至最低。其根據倫敦當前空氣污染的 King's Nowcast 地圖計算用戶每小時於二氧化氮、臭氧、$PM_{2.5}$、PM_{10} 之曝露風險，一旦暴露量超過世界衛生組織(WHO)對上述污染物的限制，該應用程式就會通知用戶，並提供行動建議，例如：

(1) 輪換工作減少在繁忙道路上或附近工作的時間。
(2) 在尖峰時段避免在高大的建築物（污染濃度一般較高）的狹窄街道上工作。
(3) 如果工人必須不斷穿越污染熱點周圍繁忙的道路，鼓勵戶外工作者在等待穿越的時候站在路邊以及快速通過馬路。

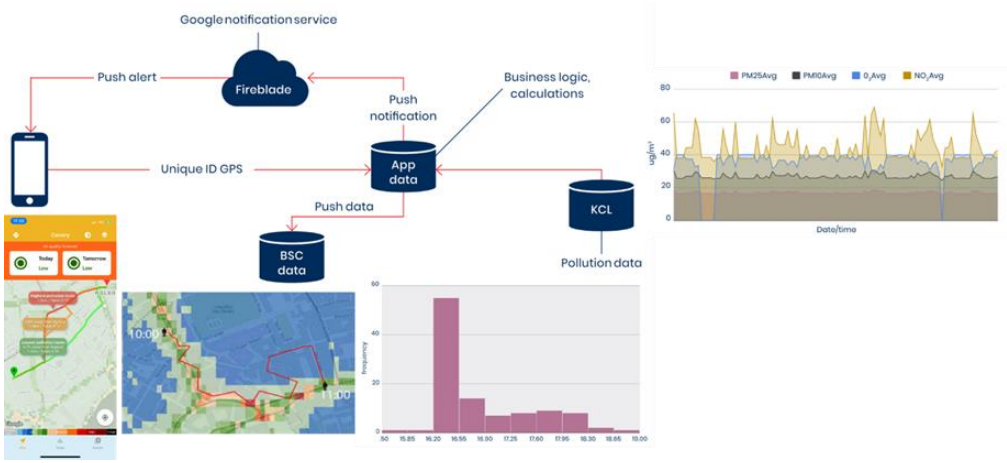


圖 7-13、Canairy：降低戶外工作人員空氣污染風險之運作架構

5. 區塊鏈應用於環境物聯網之研析

過去臺灣曾發生過多次空污申報不實事件，包含台塑六輕、華亞汽電、南亞塑膠等，利用 CMES 軟體模擬偽造數據，而南韓政府更是於 2019 年 4 月揭發南韓 LG 化學和韓華化學等 235 家公司排污數據造假，在過去 4 年與測量公司一同捏造數據共達 13,096 筆提交給政府。有鑑於此，具有安全和隱私（數據以加密形式存儲在分散式網絡中）、具效率和速度的數據儲存與交易、降低成本（分散式系統不需中央伺服器）等優點，將有利於發展智慧城市之發展，包含空污稽查等環境治理之應用。



圖 7-14、區塊鏈優點與適用性

(三) 國際新穎感測元件技術

瑞典 Chalmers 理工大學物理系教授 Christoph Langhammer 和其研究團隊 spin-off 成立之 Insplorion 公司合作，研發出新款光學奈米 NO_2 感測器，可非常精確地檢測低濃度（ppb 等級）的 NO_2，如圖 7-15 所示。此新穎感測器為使用 Nanoplasmonic Sensing (NPS)技術，NPS 是一種多功能且表面極敏感的光學技術，通常利用導電奈米顆粒（通常是金或銀等金屬）作為局部感測材料，提供包括超高靈敏度，體積小和快速、即時 real-time（毫秒分辨率）感測等優異特性。該技術已於 2019 年 9 月 18 日正式取得歐洲專利權，目前正在各種環境條件下進行測試，例如瑞典 Gothenburg 的路燈，購物中心的屋頂以及鐵路隧道建設項目的路線等。

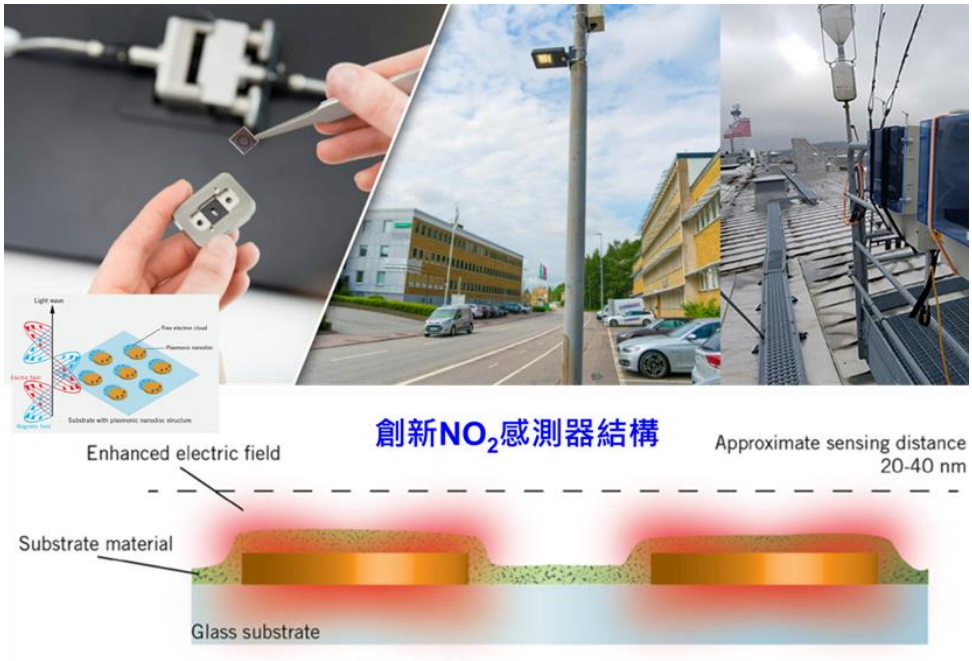


圖 7-15、採用 Nanoplasmonic Sensing 之新穎 NO_2 感測器

(四) 我國產業發展優劣分析

研析國內目前投入空氣品質感測物聯網之產業鏈，如圖 7-16 所示。發現目前國內主要空氣品質物聯網服務方案提供者極高比例為電信商與系統整合(SI)業者，少數為環境工程顧問公司。國內主要電信業者近年來積極投入物聯網、低功耗廣域網路(LPWAN)布署及測試，顯示電信商已逐漸跳脫網路提供商之思考

本位，不再將網路連接作為主要價值來源，亦顯示其在物聯網領域已擬好完整策略，希望能透過規模市場的打造，最終以量獲利。而電信業者優勢為可利用現有通訊設備，衍生多種服務，所需成本相對較低，此外多數電信業者具有自身網路平台，可同時提供雲端儲存、資料分析的 SaaS 與 PaaS 服務，創造更高收益。基於考量產品功能、穩定性、專業顧問能力等因素，國內企業用戶仍偏好一站式服務模式，這也造就系統整合業者(SI)具有基礎優勢，此外系統整合業者具有整合軟硬體與提供客製化解決方案之能力，在目前服務方案多屬於跨域應用下，均突顯出系統整合業者發展空品環境物聯網之優勢。

而在最上游的空氣品質感測器（微粒、氣體）部分，106~107 年國內僅有研發法人（工業技術研究院）與學校團隊投入自製研發技術開發，國內業者則以採購國外市售商用低成本感測器，再依客戶端需求，重新設計電路或整合其他軟硬體後，再銷售感測器模組或感測系統，而於 107~108 年，歷經工研院相關技術轉移協助下，終於有 2 家業者於今年產出國產自製 $PM_{2.5}$ 感測器，但在氣體感測器部分（例如 NO_2、O_3、CO 等），目前仍尚未有國產自製商品，故整體而言，國內在感測元件自主能量上，仍為不足。儘管如此，目前正由國家法人研究機構與大學院校分進合擊，持續推出各項空氣品質/環安檢測之前瞻感測技術，並已逐步展開技術合作移轉，後續可望強化國內產業技術開發實力。而下游諸多 ICT 大廠，近年來也積極轉型布局智慧建築、智慧家庭、智慧醫療、智慧城市…等物聯網應用場域，同時串連下游整合服務方案，再搭配國家前瞻基礎建設計畫支持下，利用國內場域進行練兵與驗證，預計在未來兩年內（109~110 年），將可建構符合我國與亞洲國家發展特色的氣體感測應用方案及生態體系。



圖 7-16、臺灣空品感測物聯網生態系

(五) 國內加值應用方式

1. 應用情境 1：動態空氣品質量測-執行智慧城市環境品質新目標

如圖 7-17 所示，目前歐美許多國家政府之智慧城市計畫已相繼導入各種氣體感測器可能應用情境，包括過去用於拍攝圖資的街景車被改裝成嵌入氣體感測器的空污巡邏車，透過城市街道地毯式偵測建構動態高污染地區地圖，藉此提醒高速公路/主要幹道/市區道路不同路段是否有空污過高情形，並即時示警與提供建議行動方案；或將各種氣體感測器嵌入路燈，以及早偵測區域是否充斥過多 NO_x/SO_x，因其可能混合氣流、雨水形成細懸浮微粒危害該區域行人之呼吸系統；此外也有國際業者已將氣體感測器整合至城市大型數位看板，或以蒙娜麗莎微笑/哭泣圖像顯示區域空氣品質狀態；或如在單車盛行的歐洲地區多國政府也開始思考透過政策鼓勵將氣體感測器嵌入騎士單車，形成個人化移動空氣品質感測載具，透過各種創新應用方式落實智慧城市的環境品質新目標。

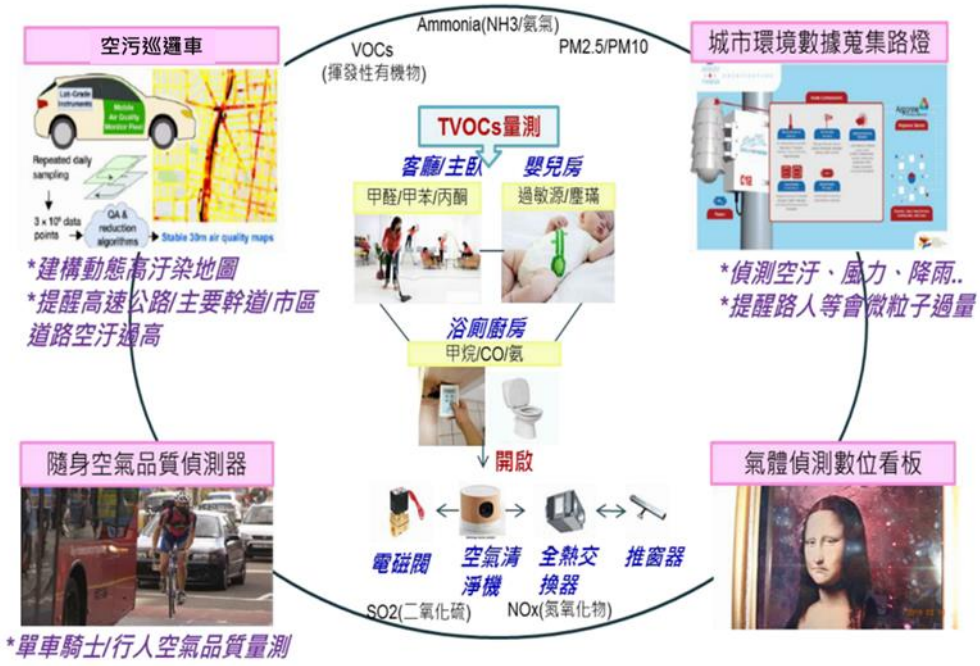


圖 7-17、應用情境-1：動態空氣品質量測-執行智慧城市環境品質新目標

2. 應用情境 2：農耕地環境監測–保護農作物

研究臭氧之專家 Arie Jan Haagen-Smit 最早對臭氧污染感興趣的原因，是臭氧對洛杉磯地區農作物的破壞作用。臭氧通過葉片表面的氣孔擴散，並起了化學反應，在質外體(apoplast)中形成活性氧(reactive oxygen species, ROS)。當 ROS 超過了質外體的抗氧化能力，引起細胞內的氧化反應壓力，加速衰老並損害光合作用，最終降低植物的生產力和作物產量（參考圖 7-18）。現今全球臭氧污染最嚴重的地方為中國、印度及美國中西部，研究發現臭氧污染危害對美國玉米造成 10%產量下降，意味著損失約達 70 億美金，已不輸給乾旱、蟲害等天災造成的經濟災損，而在全球未來人口持續增長、可耕農地面積持續減少趨勢下，也牽涉到糧食安全相關之重要問題。

國際對於評估臭氧對農作物、森林及生態的影響，常用 AOT40 (Accumulated exposure Over Threshold of 40 ppb)作為臭氧暴露指標，當作物在生長期間（例如冬小麥為 4~5 月）所累積的 AOT40 超過臨界值 3.0 ppm.h.時，則會造成作物產量的減少，目前歐盟已利用 AOT40 劃分歐洲各國的空氣品質以作為植物保護之依據 ，在後續試驗中也將一併利用 AOT40 評估目前環境

中的臭氧濃度對作物的影響。未來國內應用情境可對於臺灣緊鄰工業區（抑或是農地工廠）、交通幹道的糧食作物產區，由環保單位搭配農政單位，在其相臨周界布建 O_3 感測器，進行長時監控，建立對作物品系產量與臭氧濃度間之變化，同時做為取締污染排放源之參考依據。

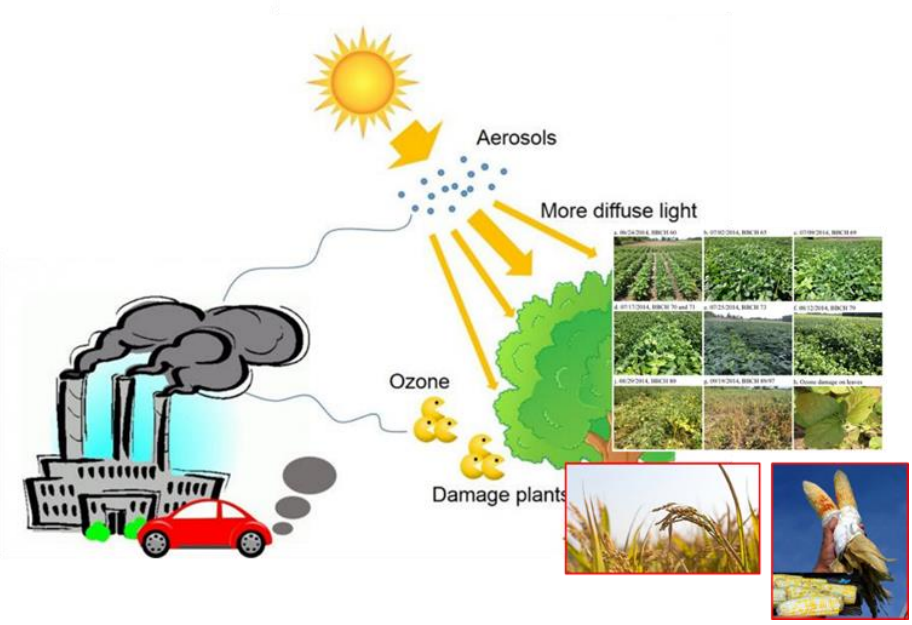


圖 7-18、臭氧污染對農作物產生病變及產量下降

3. 應用情境 3：船舶及港口污染監測

除了監測工業區及交通區污染排放外，港區的污染排常被疏忽，為管制上的死角之一。港口污染源主要可區分為：

(1) 陸域污染源：

A. 車輛及機具：包括一般交通工具、運輸車輛、門式起重機、吊車、堆高機等等。

B. 運輸作業及裝卸作業所產生的空氣污染。

C. 營建工程：港區內各項營建工程施工期間，施工機具或車輛、物料堆置與運輸過程所產生的空氣污染物。

(2) 海域污染源：船舶，包括各類商船、港勤船、工作船及交通船、漁船等等。

圖 7-19 為 2013 年國內七大商港污染排放概況，排放污染包含以 NO_x、SO_2 為主，以及 CO、PM_{10}、$PM_{2.5}$、VOCs 等，而根據交通部運輸研究所研

究資料顯示由船舶所產生的空氣污染物佔港區整體排放量的 50~70%（不同污染物所佔比例不同），未來可結合固定式多氣體微型感測器，搭配微型感測器裝載於無人機之移動式，共同監控港區陸域及海域污染排放情形，除可供船舶公司與環境稽查單位參考外，亦可結合 Apps 或警示看板，提供警示與行動建議方案給港區附近居民及港區作業人員。

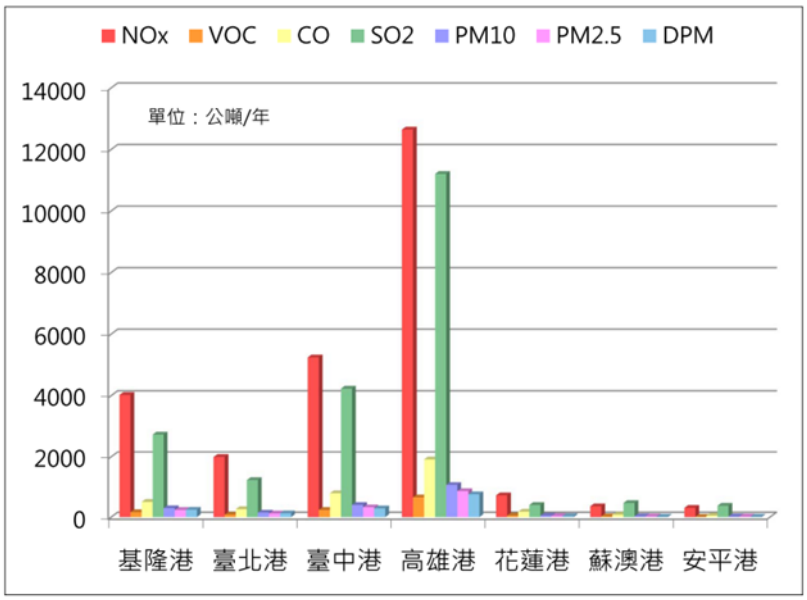


圖 7-19、2013 年國內七大商港污染排放概況

4. 應用情境 4：森林野火監測應用

國際間森林野火常用監測方法包含：

(1) 自動影像監控系統：高塔搭載數位攝影機、紅外線探測器，定點式即時監控周圍 10 公里區域，但易受天氣及工業活動排放的煙霧影響。

(2) 無人航空載具應用： UAV(Unmanned Aerial Vehicle)搭載數位攝影機、紅外線探測器，應用範圍較具彈性，但無法即時監控。

(3) 衛星影像應用：具週期性、大範圍監測之優勢，但受天氣影響、無法即時監控。

上述三種方法均存在著缺點，可搭配低成本 $PM_{2.5}$ 和溫度、濕度感測器，策略性結構布建於森林中，如圖 7-20 所示，讓整體空品監測網更為完善，在火勢初生時，可提前感測濃度異常變化趨勢，通知消防人員，於野火期間亦可

提供即時空氣品質、濃煙霧暴露風險和濃煙火勢移動趨勢訊息予周圍民眾和警消人員。在範圍廣大的森林，巡視人力有限下，提供可行性之空氣品質感測跨域應用。

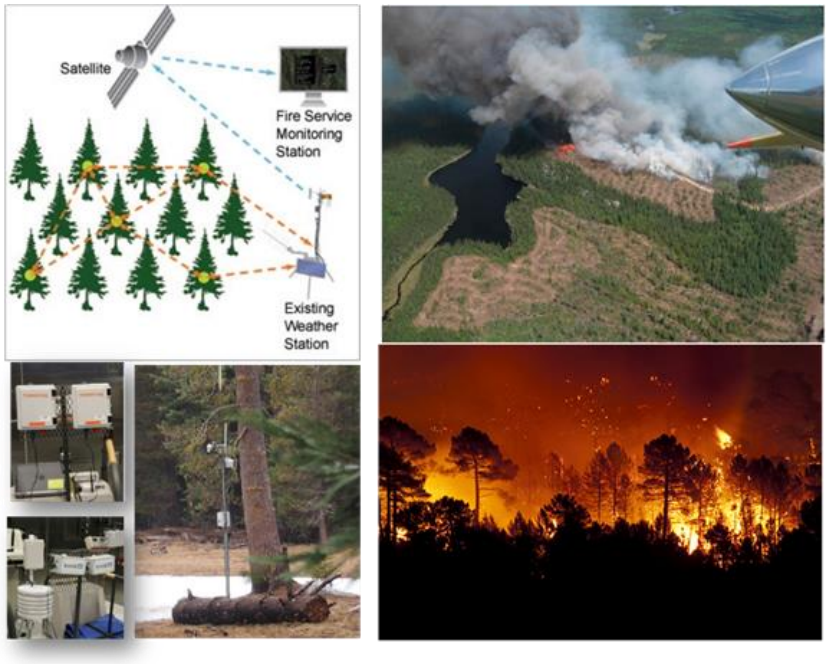


圖 7-20、衛星監測結合低成本空品感應測器應用於森林野火

(六) 產業發展策略建議

1. 持續深耕自主技術：

氣體感測器不論在技術面與應用面皆蘊含了可觀的發展潛力，技術面不僅橫跨微機電、半導體、印刷式製程技術，也兼具光學與電化學多元化感測途徑，並有機會整合更多感測材料在效能上尋求進一步突破；觀察國內產學研發展近況，可發現目前產業界雖仍只有少數業者有能力進行商品化，但學研各界近年在氣體感測元件設計/構裝、材料…等關鍵技術之耕耘皆相當積極，著眼於我國在感測元件所需之半導體/微機電製程與封測技術皆已具備相當基礎，未來如能更多鏈結學研單位在感測元件設計/材料…等技術的研發布局，搭配目前由政府前瞻基礎建設計畫之縣市布建微型空品感測器與產創平台補助業者之政策支持推動下，持續利用國內場域深耕技術，並補足多氣體辨識演算法、AI 機器學習動態調校氣體感測器等最後缺角，將有機會環境物聯網感測技術應用的市場之競爭舞台脫穎而出，再創新局。

2. 開創商業應用：

藉由開放數據共享，促進第三方加值應用發想，引領跨域智慧服務之風潮，同時藉由國內實地場域試煉，累積系統整合能量與驗證商業模式，將可望帶動我國環境物聯網(EIoT)產業鏈發展。

3. 強化國際合作：

國內市場規模較小，應冀望以輸出國際為最終目標，其中建議以空氣污染嚴重而研發技術又較為落後之東南亞國家（泰國、越南、印尼、印度等）為優先，而上述新興國家發展智慧城市相關計畫多聚焦在基礎建設之開發階段，然基礎建設因商機規模龐大，往往牽涉到國際外交政治角力，包括美、日、韓、中國等，多運用政府力量，積極整合其國內業者之力，搭配相關政府或銀行貸款融資，搶進上述新興國家智慧城市市場，此發展模式並不全然適用於我國，國內廠商若欲參與國際智慧城市關鍵案源，成為國際大型企業或在地大集團等合作夥伴，藉此切入國際標案，同時獲取國際實績之累積。同時國內環境物聯網生態系業者更應藉策略聯盟共同切入新興國家市場，只是不同國家之商業模式、政府法令、在地民情、執行細節等各有不同，這又將是另一個須克服之議題了。

四、 結論與建議

臺灣終端感測器雖在全球發展仍不如預期，但仍需盡早佈局下一階段的環境建構，如平台分析與整體應用服務，並集中資源於具國際競爭力的環境應用領域。此外建議結合 AI、邊緣運算等新興技術，搭配即將建置的 5G 通訊，加速布局智慧家電、車聯等其他應用領域，同時未來若能整合終端、網路傳輸、平台與系統整合優勢，搶先布局其他智慧城市相關應用領域，將可藉此強化應用服務能量，掌握未來環境物聯網獲利關鍵能力。然產業推動首重創新服務應用思維，跨域整合勢在必行，建議在資料應用加值思維上仍需要持續加強與著墨，並可透過公私協作，加速國內產業生態系發展。

7.5、持續鏈結國內物聯網交流平台及更新管理網頁資訊

一、國內物聯網產業聯盟資訊與鏈結

過去已針對國內八個與物聯網相關的聯盟與協會進行彙整，這些聯盟與協會包含：亞洲矽谷物聯網產業大聯盟(ASVDA)、臺灣智慧城市產業聯盟(TSSA)、臺灣物聯網產業技術協會(TwIoTA)、亞太電信物聯網聯盟(IoT by Gt)、物聯網智慧感測產業聯盟、亞洲物聯網聯盟(AIoTA)、臺灣雲端物聯網產業協會(Cloud Computing Association inTaiwan)以及臺灣物聯網協會(TIOTA)等。由於國內物聯網產業、企業、聯盟以及協會已逐步健全了技術基礎，除了能善用國內技術開發的優勢持續發展，串聯產業上、中、下游供應鏈並進軍國際，還能不斷因應最新科技、技術或標準進行創新研發與國際接軌，促進物聯網上、中、下游產業的研發技術與商業應用，並透過產業交流平臺促進異業合作，除了有效協助產業界與產、官、學、研之資源整合，還能創造更大的產業效益。

108 年度持續更新並鏈結與國內相關的物聯網產業聯盟資訊，彙整如下表 7-11。近年由於 AI 人工智慧與區塊鏈等技術的純熟，另有 8 個新興的聯盟與協會成立且朝更高階的技術領域、標準制定以及創新應用發展。新增的聯盟與協會包含了：中華物聯網聯盟(GCThings)、信任物聯網聯盟(Trusted IoT Alliance)、臺灣 AI 系統聯盟(TASA)、工業物聯網聯盟(IIC)、Super TaiRa 聯盟(Taiwan Radio)、健康物聯網產學醫研聯盟(HIoT)、臺灣資通產業標準協會(TAICS)以及亞太物聯網協會(APIA)等，宗旨除了協助物聯網相關產業推動與跨領域合作，更協助提升物聯網產業在國際間的競爭力。

表 7-11、108 年度 16 大產業聯盟簡介與涵蓋領域

項次	產業聯盟	簡介/宗旨目的	涵蓋領域
1	中華物聯網聯盟(新增)	1. 促進兩岸物聯網產業會員的互動與了解、增進產業合作、凝聚產業力量及創造共榮的產業環境。 2. 推動兩岸攜手共創物聯網大業，確立大中華地區成為全球物聯網發展的領先地位。	◆能源環保 ◆感知網路 ◆運輸交通
2	信任物聯網聯盟(新增)	1. 發展和設立開源區塊鏈協定的標準。 2. 建立信任的物聯網生態系統元。 3. 連結加密和註冊者身分以及元數據	◆區塊鏈 ◆開源開發

項次	產業聯盟	簡介/宗旨目的	涵蓋領域
		（Metadata），並給予萬物（Things）數位「出生證書（Birth Certificate）」。	
3	臺灣 AI 系統聯盟(新增)	1. 超高速跨平台多機 GPU 互連技術。 2. DNN System Software Stack。 3. 應用軟體整合開發環境。 4. Bare Metal Provisioning 導入應用場域及建立商轉案例。	◆智慧城市 ◆智慧製造 ◆智慧醫療 ◆智慧交通
4	工業物聯網聯盟(新增)	1. 提升跨工業領域的兼容性與安全性。 2. 進行運作架構、技術框架、安全防護與開發環境協議整合。	◆能源 ◆醫療 ◆製造 ◆運輸 ◆公共領域
5	Super TaiRa 聯盟(新增)	1. Super TaiRa 無線通訊技術開發。	◆智慧城市通訊 ◆交通通訊 ◆救災通訊
6	健康物聯網產學醫研聯盟(新增)	1. 解決醫療臨床痛點、提升精準醫療診斷、減少健康物聯網產業供需落差。	◆物聯網 ◆大數據 ◆人工智慧 ◆臨床情境
7	臺灣資通產業標準協會(新增)	1. 針對未來資通技術的發展，選定臺灣適合領域。 2. 制定產業標準，推進至國際標準，提升國內產業競爭力。	◆前瞻行動通訊 ◆網路通訊 ◆裝置聯網 ◆影音服務通訊 ◆網路與資訊安全 ◆檢測與認驗證 ◆智慧綠建築資通訊
8	亞太物聯網協會(新增)	1. 協助提升資訊業者、通訊業者、汽/機/自行車輛業者、農產業者、系統整合業者、網路服務業者、觀光業者、交通運輸業者等行業創造物聯網產業價值鏈之國際競爭力。	◆資通訊 ◆車輛 ◆農業 ◆觀光 ◆交通運輸
9	亞洲矽谷物聯網產業大聯盟	1. 面向產業需求，由技術研發、場域驗證到國際輸出。 2. 建立物聯網國家隊進軍國際。 3. 建立平台孕育更多新創產業。	◆智慧交通 ◆智慧物流 ◆智慧製造 ◆智慧效能與環境監控 ◆智慧商業 ◆智慧家庭 ◆智慧農業 ◆智慧醫療解決方案
10	臺灣智慧城市產業聯盟	1. 推動智慧城市發展。 2. 拓展國內外智慧城市商機。 3. 進行跨業交流，舉辦各種活動促進物聯網技術及產品的廣泛應用。	◆智慧交通 ◆智慧健康 ◆智慧安控 ◆智慧政府 ◆智慧能源

項次	產業聯盟	簡介/宗旨目的	涵蓋領域
			◆智慧建築 ◆智慧創新
11	臺灣物聯網產業技術協會	1. 運用半導體產業鏈優勢推動上中下游產業技術標準與規格。 2. 推廣前項產業標準以擴展在兩岸及國際的影響力。 3. 協同國內相關產業向外參與兩岸及國際交流活動。	◆半導體 ◆車聯網 ◆智慧及精準醫療 ◆智慧工業 ◆智慧安全
12	亞太電信物聯網聯盟	1. 打造一個能支撐上億臺 IoT 裝置的應用開發平臺。 2. 借助 LoRa 網路傳輸技術，來布建城市級 IoT 應用的感測網路。	◆智慧生活 ◆智慧城市 ◆即時資訊 ◆追蹤路況 ◆智慧家電 ◆穿戴裝置 ◆居家安全 ◆擴增實境
13	物聯網智慧感測產業聯盟	1. 提供研發整合平台，加速國產感測器量產與軟硬整合與試點驗證。 2. 提升產品差異化，同時串聯各產業上中、下游。	◆智慧感測器 ◆設備智能化
14	亞洲物聯網聯盟	1. 建構智慧物聯網產業鏈。 2. 促進國際物聯網交流。 3. 搶先贏得物聯網商機。 4. 凝聚成員組織向心力。	◆智慧工業 ◆智慧零售 ◆智慧農業 ◆智慧家庭 ◆智慧辦公室 ◆智慧城市 ◆智慧建築 ◆智慧健康
15	臺灣雲端物聯網產業協會	1. 推動基礎架構、平台及軟體服務(IaaS、PaaS、SaaS)臺灣三大類雲端應用服務。 2. 發展高度軟硬體整合的雲端系統平台，充份結合能源科技(ET)。 3. 朝系統解決方案及軟體服務的結構轉型。	◆基礎架構 ◆平台 ◆軟體服務
16	臺灣物聯網協會	1. 結合產、學、研共同推動整合國內外物聯網相關資源。 2. 使產業結構升級並提高生產效率與能源利用效率。 3. 促進產業與政府、國際間合作。	◆商情交流 ◆產品應用 ◆產業推廣 ◆技術認證

（資料來源：本計畫整理）

目前我國在研發基礎、應用場域以及資訊服務均有優勢，包含具備成熟的資通訊產業與相關產業聯盟，多元豐富的示範區域可由小場域至大場域逐步構成綿密的監測網，監測而得的環境資訊（尤其以近幾年的空品數據）已被重視，能夠加

速民眾有感。但仍面臨環境感測器產業鏈尚未健全，國產化元件外銷推動上仍待跨領域整合，加值後才能有效帶動整體輸出與商機，進而克服衍生創新應用服務等劣勢。而從新興的這 8 個聯盟或協會成立的宗旨與目的來看，目前著重在資通訊安全與加密、跨領域相容性與安全性、無線傳輸抗干擾能力與資安保密、符合國際標準的標準制定以及前瞻 AI 與區塊鏈技術整合應用，在發展愈來愈快速的國際物聯網技術前提下，避免未來的物聯網生態系統出現資安漏洞。而物聯網延伸觸及領域，也拓展至更高端的 AI 人工智慧、區塊鏈以及 5G 等技術，未來 AIoT（人工智慧+物聯網）應用將成為物聯網發展最主要的驅動力。其 16 大產業聯盟與協會差異分析如圖 7-21 下：

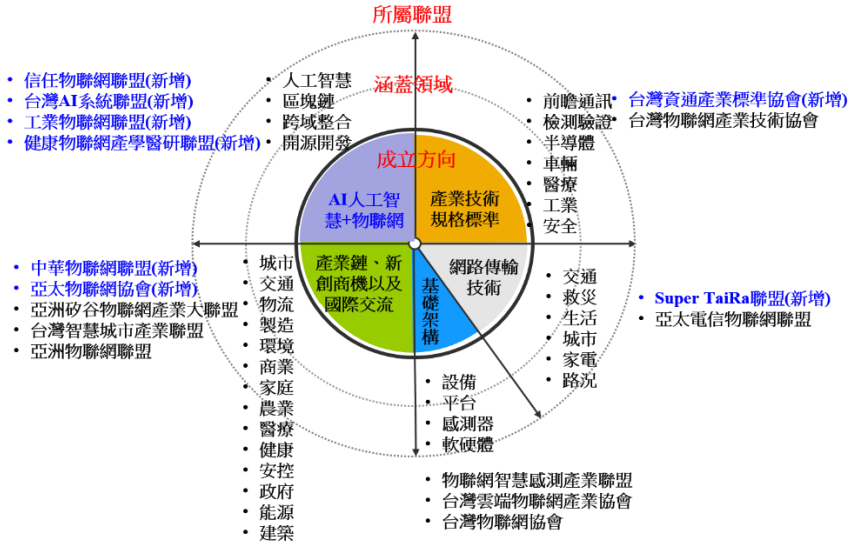
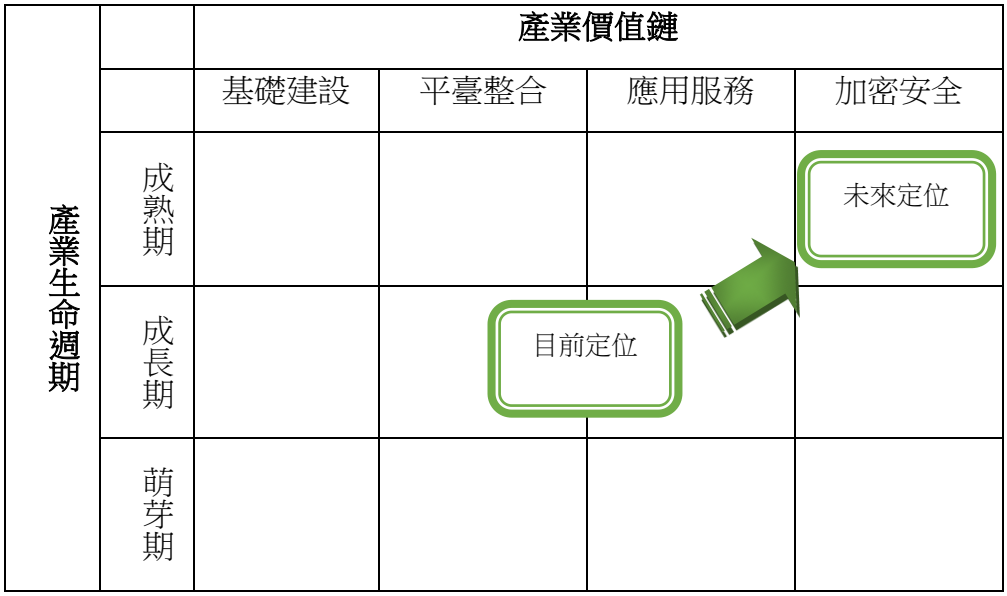


圖 7-21、16 大產業聯盟與產業差異分析

因此從環境物聯網發展的策略定位來看，目前定位已居於成長期階段，從平臺整合導向應用服務，未來若邁向成熟期，也需將加密安全納入考量，如下

表 **7-12** 所示，才能更有利於環境物聯網產業發展。

表 7-12、環境物聯網的發展定位



二、國內業者環境品質物聯網開發情形

108 年度本計畫也持續更新國內具環境感測器研發或生產的相關業者，如下表 7-13 所示，針對其環境監測的類型，所運用的網路技術，以及最新商品或服務名稱更新（僅列出代表性產品為主），並做為未來合作交流的邀請對象。而亦因為科技日新月異，愈來愈多的感測器開發業者亦已跨領域整合，除了環境感測器更兼具與其相容的網路傳輸技術甚至是終端產品的開發，將觸角延伸至與環境相關的感測感知設備、各式無線網路傳輸、雲端平台資料庫以及終端應用商品等。

現階段國內企業在環境監測種類技術以空氣品質居多，其中又以 $PM_{2.5}$ 的監測為主，且大多涵蓋室內空氣品質監測，運用的網路通訊技術大部分包含 LPWAN、4G、GPRS、Wi-Fi、LORA、BLE 以及 ZigBee 等，且開發出來的終端應用產品也傾向多合一的空氣品質偵測。

表 7-13、國內業者環境品質物聯網開發情形

項次	企業名稱	涵蓋領域		
		環境監測類型	運用網路技術	最新商品/服務名稱
1	東元電機(股)公司	溫度/濕度 /CO_2/$PM_{2.5}$	LPWAN	節能型智能空氣品質監控服務
2	巨晶實業有限公司	$PM_{2.5}$/PM_{10}/溫度/濕度/ CO_2	-	IAQ-Pro 室內空氣品質監測器
3	久德電子有限公司	溫度/濕度	Wi-Fi	六合一室內空氣品質偵

項次	企業名稱	涵蓋領域		
		環境監測類型	運用網路技術	最新商品/服務名稱
		/CO_2/$PM_{2.5}$/照度/風速		測器
4	臺灣艾特維(股)公司	溫度/濕度/VOC/$PM_{2.5}$	Wi-Fi	BRISE A1
5	志尚儀器(股)公司	空氣品質	-	線上排放管道 $PM_{2.5}$ 濃度監測系統/IAQ 室內空氣品質監測系統
6	銘祥科技實業(股)公司	CO/CO_2/$PM_{2.5}$/HCHO//TVOC/濕度/溫度	Wi-Fi	IAQ Master 七合一室內空氣品質監測器
7	訊舟科技(股)公司	$PM_{2.5}$	Wi-Fi	AirBox 空氣盒子 V3
8	廣域科技(股)公司	$PM_{2.5}$/PM_{10}	RS485	細懸浮微粒 $PM_{2.5}$ 傳訊器
9	維新應用科技(股)公司	$PM_{2.5}$	NBIoT、4G、RS485	iAeris3 Outdoor Air Detector
10	利得儀器(股)公司	PM_1/$PM_{2.5}$/PM_{10}	RS-232/RS-485	遙測式懸浮微粒監測儀
11	尼采實業(股)公司	VOC/CO_2	ZigBee	Indoor Air Quality and CO_2 Detector
12	欣擎科技(股)公司	CO_2/$PM_{2.5}$/PM_{10}/TVOC	BLE4.0	AIR MENTOR PRO
13	愛瑪瑞實業(股)公司	$PM_{2.5}$	-	$PM_{2.5}$ 空氣品質檢測儀
14	騰昕環測科技(股)公司	CO/CO_2/$PM_{2.5}$/HCHO//TVOC/濕度/溫度	Wi-Fi	IAQ Master 七合一室內空氣品質偵測器

（資料來源：本計畫整理）

二、產業資訊交流平臺

有鑑於環境物聯網相關聯盟成員應如其他產業聯盟，具橫跨專業的環工背景人員、檢測儀器設備、網路雲端平臺技術以及終端商品設計開發業者，因此本工作將所蒐集之各環境物聯網產業資訊透過「臺灣環境物聯網」網站內公開分享相關有價值之內容，而產業資訊交流平台依主題分成三大部分，如圖 7-22 所示，並分述如下：

1. 各產業環境物聯網發展進程：不斷彙整國內外物聯網發展進程，作為政府單位、產業界、學術界、研究單位以及民眾資訊交流的有力後盾。
2. 自主布建情形：提供出全國空氣品質感測器布建點藍圖，提供各學研單位與全國業者自主布建策略、布建點以及規格，使國內布建發展概況公開透明化，

供有興趣的產業、企業、人員、單位或組織自發性參與，以期有跨領域結合的機會，共同帶動環境物聯網的整體商機。

3. 市售環境感測商品：提供各界已通過本計畫通過審查且具公信力機關驗測之各種型態之市售空氣感測元件，公開感測商品、元件圖片、偵測原理、產品規格與產品應用以及相關驗測報告，以公開且透明化的作法，提升地方各區域空氣品質感測器之品質水準。



圖 7-22、產業資訊交流平台內容架構

三、臺灣環境物聯網網站[1]

(一) 工作內容

延續去(107)年所建置的「臺灣環境物聯網」宣傳網站，以整合我國環境物聯網成果、促進產業交流與吸引外界注意等三大方向，持續進行宣傳網站加值工作，網站功能架構，包含 8 大主題「計畫願景」、「布建維運」、「空品小故事」、「公民科學」、「技術產業化」、「空品大小事」、「感測器認驗證」、「參考網站」藉以提升網站豐富度與觀看者的動機與問題解決。

(二) 執行方法

為促進整體環境物聯網推動成果有效利用，並促進與民眾、空品業務相關單

[1] PMO 網站: http://demo.ooxx.tw/PMO/index.html

位人士溝通環境感測近程規劃、分析數據結果、環境小故事的效益，共同本服務分眾提供服務主要內容說明如下：

表 7-14、臺灣環境物聯網網站服務內容

效益及目的	目標受眾	策略	主要內容	分項
建立屬於本計畫之自媒體，向一般民眾與媒體溝通本計畫作法及效益，以增加正向與支持促進未來官民企多方合作共同建立美好環境	一般民眾 與媒體	以政策理念為骨幹，匯集所有相關計畫業務內容，包含數據與分析為材料與多媒體為素材，廣宣空品保護動機措施與成果故事	1.計畫願景	1.1 策略目標 1.2 發展規劃
			2.布建維運	2.1 布建近程說明與設備介紹
			3.空品小故事	3.1 感測物聯網成果 3.2 環境感測小知識 3.3 感測展示與分析 3.4 環境感測智慧稽查 3.5 社群參與和應用推廣
			4.公民科學	4.1 空品資訊小百科 4.2 空品污染概念圖解
			5.技術產業化	5.1 國內外參展故事報導 5.2 A-Team 廠商介紹
			6.空品大小事	6.1 匯集網站所有空品文案
			7.感測器認驗證	7.1 通過第三方認驗證的感測器列表圖
			8.參考網站	8.1 其他相關空品環境網站外部連結

(三) 執行成果

1. 網站架構

內容管理系統與資料庫採用開源方案 - Wordpress 與 MySQL 建構，根據調查全球有 59.5%的網站透過 Wordpress 建立上稿系統，資源與開發社群都十分充足，能提供穩定的內容管理系統服務，網站使用「響應式設計」(RWD)，可依據顯示裝置自動調整版面配置，使網頁內容易於瀏覽。

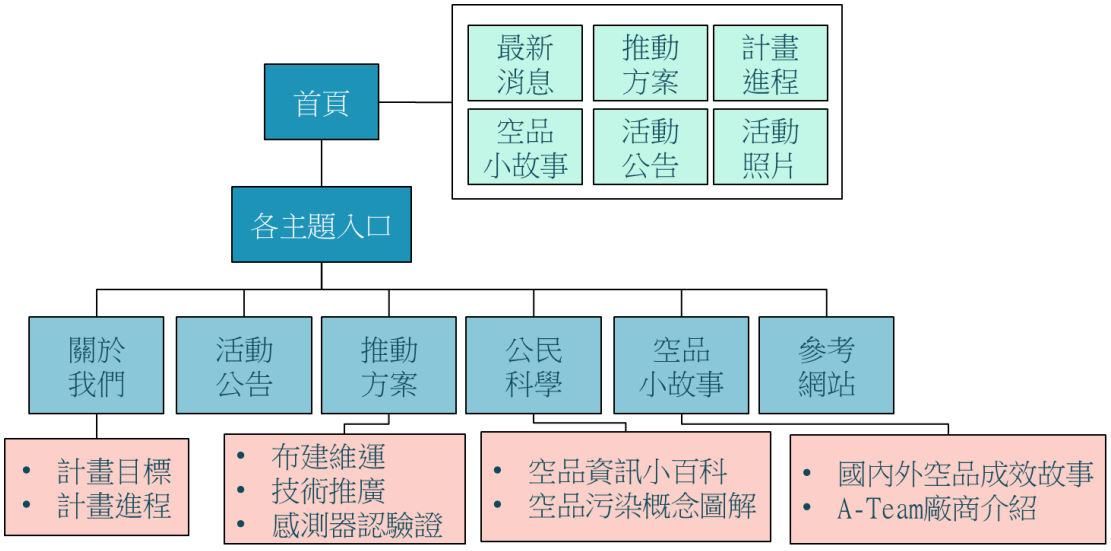


圖 7-23、臺灣環境物聯網網站架構

2. 頁面規劃

(1) 首頁介面

首頁以扁平水彩插圖風格的互動視覺圖吸引民眾興趣，以及提供不同節慶活動或季節提供多樣式風格，藉此吸引民眾點選，頁首頂部提供各主題內容入口，透過跟隨式選單扁去滑動滾輪操作動作，並提供不同字體大小切換功能與網站關鍵字搜尋功能。



圖 7-24、網站首頁介面-1

透過機器人探索城市的樣貌帶入環境物聯網推動目標，了解環境物聯網匯聚跨界國產智慧技術，推進跨時代未來。



圖 7-25、網站首頁介面-2

用播種小樹苗成長示意圖來表示整體計畫期程規劃與推動內容，右下提供網站最新消息、新聞稿或公告資訊，應逐條標示更新日期，並依日期由新至舊排列。

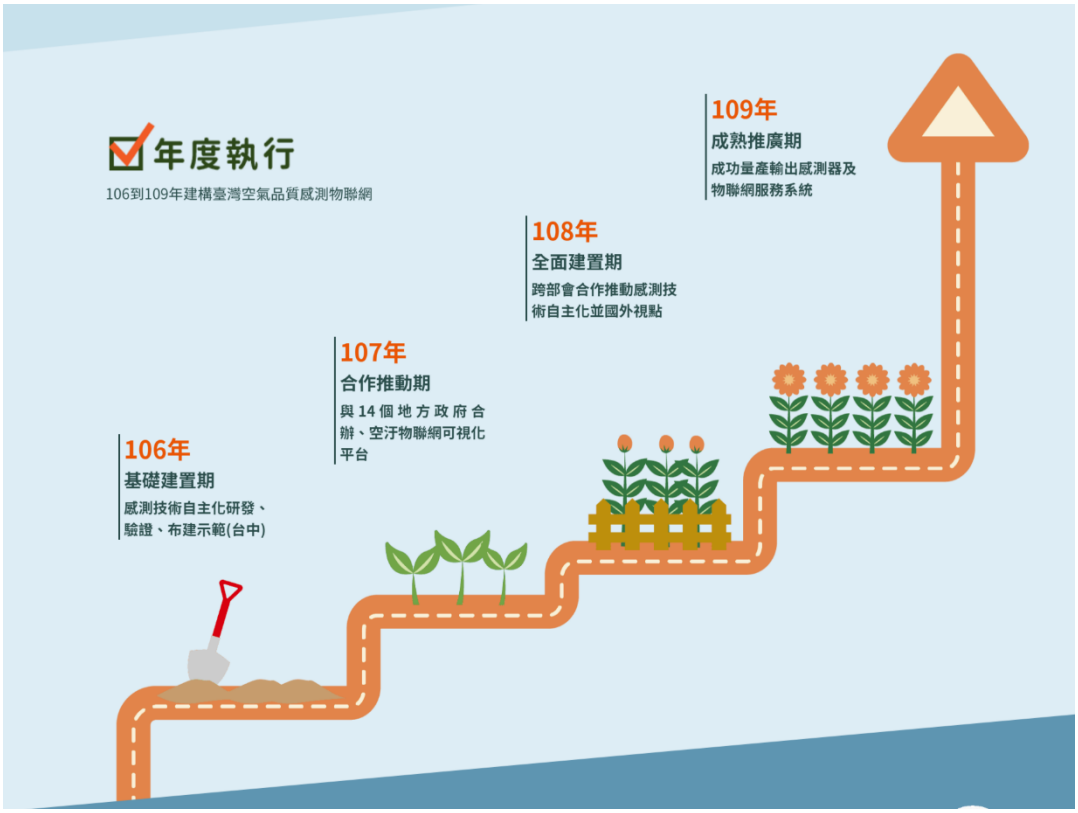


圖 7-26、網站首頁介面-3

將空品小故事最新的影音文案放到首頁，提升瀏覽黏著度。透過 VIEW ALL 點擊，篩選呈現不同類別的故事案例，將放入國內外環境物聯網科普知識，未來可放入內容可朝向空品物聯網相關應用及成果、空品感測器、校園科普活動等內容，讓民眾了解官民企如何共同發展臺灣空品物聯網、耕耘成果。



圖 7-27、網站首頁介面-4

隨近期辦理的活動主題照片，自動輪播，即時串聯最新活動照片。右下提供網站最新消息、新聞稿或公告資訊，應逐條標示更新日期，並依日期由新至舊排列。



圖 7-28、網站首頁介面-5

網站底部編排符合署內要求的基本公開要件，與導覽功能，同時提供返回鍵提升瀏覽度。



圖 7-29、網站首頁介面-6

(2) 計畫目標

計畫目標呈現以依各單位業務特性，以基礎建構面、整合布建面、智慧應用面、創新加值面四大面向，整合推動環境感測物聯網工作說明整體主軸；並以智慧應用、科技研發、產業發展點出計畫發展規劃及願景。

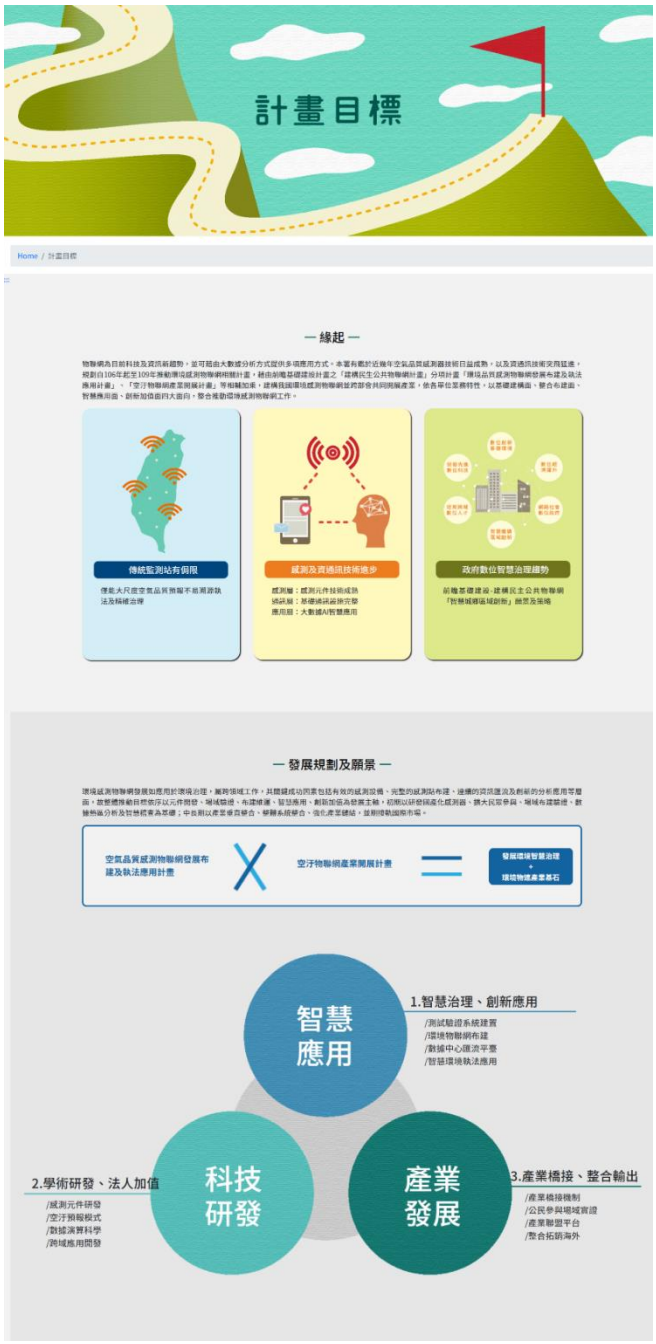


圖 7-30、計畫目標介面

(3) 布建維運介面

以全程 7,600 個布建點位，逐年更新全國布建地圖以及設備商，以廣宣臺灣於空氣物連網的感測點布建數量及位置，讓民眾了解各點感測器與全國布建藍圖。

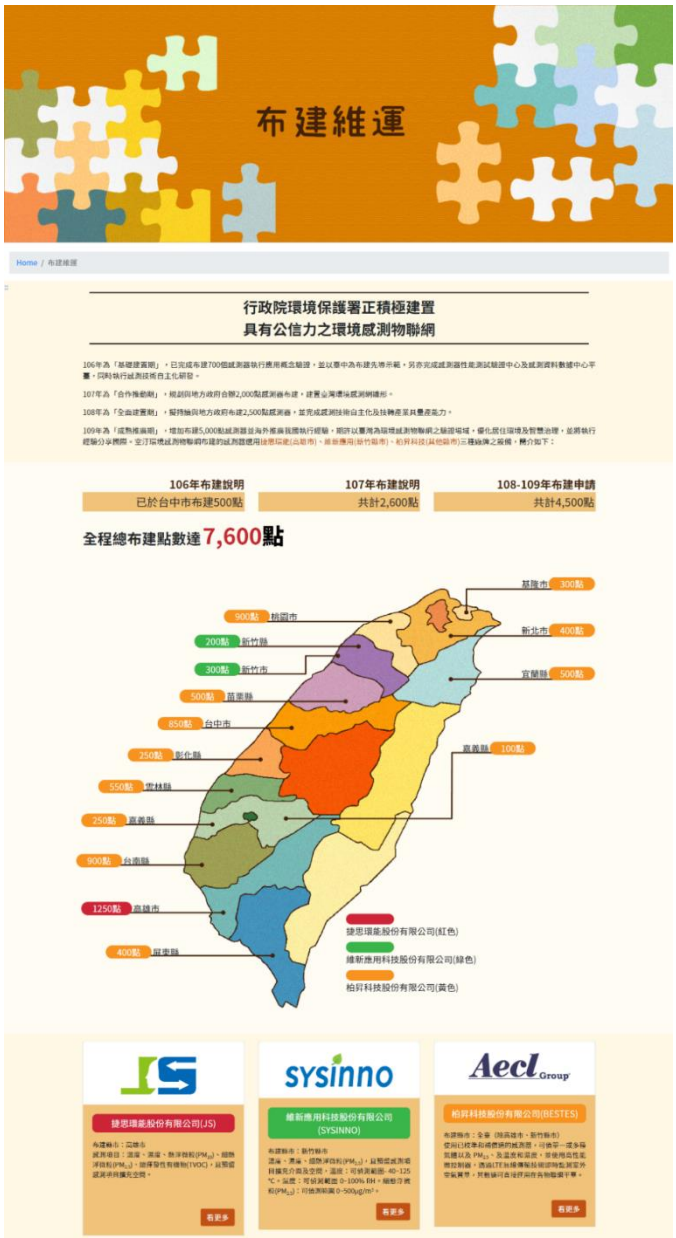


圖 7-31、布建維運介面

(4) 空品小故事介面

小故事區透過點擊子分類，篩選呈現不同類別的故事案例，分成「感測物聯網成果」、「環境感測小知識」、「感測展示與分析」、「環境感

測智慧稽查」、「社群參與和應用推廣」五大類別，延續首頁的扁平式風格，在故事集頁面帶出環境物聯網應用，與故事內容文章相呼應，以平易近人的方式吸引使用者閱讀故事內容。



圖 7-32、空品小故事介面

(5) 公民科學介面

簡介空氣品質物聯網相關知識，例如：空氣盒子的 $PM_{2.5}$ 標準如何計算、空氣盒子與國家測站數據如何相輔相成...等，透過此分類的文章進行科普教育推廣，提升民眾對空氣品質物聯網相關計畫的內容之了

解程度。



圖 7-33、公民科學介面

(6) 技術產業化介面

此分類會收集過往 PMO 計畫至澎湖、越南、泰國、德國參展的相關成果以及至 LASS 年會等公開社群分享的花絮，讓相關產業人士參考借鏡。除此之外民眾也能了解有哪些相關社群、管道能參與空品物聯網相關計畫，共同為環境產生行動。



圖 7-34、技術產業化介面

(7) 感測認驗證介面

展示臺灣空氣感測元件線上型錄與第三方檢測報告。第三方檢測是為了有效掌握中央及地方單位目前已廣布型空氣品質感測器監測數據準確度與完整度，透過工研院量測中心進行比對測試，並採用 TSI 的 Dusttrak 作為 $PM_{2.5}$ 質量濃度之參考儀器，以確保巡檢比對時量測之準確性。



Home / 感測器認驗證

感測器圖片	名稱	製造商(版本)	類型	污染物	現場(R^2)	檢測報告	詳細資料
	MOBILE NOSE 隨身空污鼻	ADDWII(AQ0101)	光學式	TVOC 揮發性物質、$PM_{2.5}$ 細懸浮微粒、eCO2 二氧化碳、溫度、濕度	0.94	查看	看更多
	空氣盒子	紙舟(AI-2002W)	光學散射式	$PM_{2.5}$細懸浮微粒、PM_{10}懸浮微粒、HCHO甲醛、CO2二氧化碳濃度、溫度、濕度	0.96	查看	看更多
	Jsene PM	捷思環能股份有限公司(Jsene PM)	LED鐳射檢測	懸浮微粒(PM_{10})、細懸浮微粒($PM_{2.5}$)、總揮發性有機物(TVOC)、溫度、濕度	1	查看	看更多
	iAeris	維新應用科技股份有限公司	光學式	細懸浮微粒($PM_{2.5}$)、溫度、濕度	1	查看	看更多
	AECL	柏昇企業股份有限公司		細懸浮微粒($PM_{2.5}$)、揮發性物質(TVOC)、一氧化碳(CO)、二氧化氮(NO_2)、臭氧(O_3)、溫度、濕度	0.99	查看	看更多

— 感測器性能評估參數說明 —

1.模組內變異性（IMV）：

評估感測器是否具有相對一致的量測結果。若IMV小於或等於 20 %，代表感測裝置具有相對一致的量測結果，若大於 20 %，則三組感測 裝置性能視為獨立，無法確認此類感測裝置量測結果的一致性。

其中：

- Meanheighest：三組感測裝置之讀值平均值中最高值
- Meanlowest：三組感測裝置之讀值平均值中最低值
- Meanaverage：三組感測裝置之讀值平均值

2.數據接收率（R）：

計算在感測裝置測試期間，有效的數據佔所有數據的百分比（例如， 以 1 分鐘的量測間隔時間，量測 10 小時的測試結果，總共可達 600 個數 據點）。

DataRecovery(R)=NvaliddataNalldata×100%

其中：

- Nvaliddata：感測裝置之有效數據點
- Nalldata：所有數據點

3.線性相關係數、斜率、截距：

以迴歸方程式 Y=aX+b，將感測器與FRM/ FEM測量值進行線性迴歸分析，計算相關係數（R^2）、斜率（a）、截距（b）。

4.相關係數（R^2）：

是一個統計參數，表示每個感測器性能與FRM/ FEM儀器性能相比如何。R^2 接近1反映了近乎完美的一致性，而0表示完全缺乏相關性。

相對器差： Xsensor−XreferenceXreference×100%

其中：

- Xsensor： 感測裝置測量值
- Xreference： FRM/ FEM儀器測量值

5.精密度：

精密度評估代表在相同或類似條件下進行重複測試時，量測結果的變異情形，以標準誤差計算，為一種隨機誤差（random error）。

6.偏移誤差：

代表量測值與參考值的偏離程度，為一種系統性誤差（systematic error）。

7.溫濕度干擾效應：

感測裝置能夠忍受環境條件變化的能力，包括溫度和相對濕度的變化。

8.偵測極限：

感測裝置可區分污染物的最低濃度。

圖 7-35、技術產業化介面

3. 無障礙規範

申請標章前，網站已依照署內無障礙檢核標準進行審核；並且已通過全網站之軟體檢測(Freego2.0)，依規範 2.0 稽核評量碼內容於 7 個工作日內完成自我評量。預計於年底前通過「網站無障礙規範 2.0 版」之 A+等級要求，涵蓋且優於「無障礙網頁開發規範 1.0」之 A+等級之要求。

檢核要項	檢核指標	檢核內容說明	檢核範圍
網站介面 V	基本要件	1. 機關名稱或業務主題名稱。 2. 網站資料開放宣告。 3. 隱私權及資訊安全宣告。 4. 完整通訊地址(含郵遞區號)。 5. 聯絡電話(含電話區碼)。	單位自行維運網站
	導覽功能	1. 頁首提供「網站導覽」。 2. 提供 sitemap.xml 文件。 3. 提供路徑導覽列。	
網站內容 △	有效連結	不可存在失效或錯誤的連結(連結顯示之文字與連結內容不符為錯誤連結)。	行政院全球資訊網
	資料正確	錯誤的內容包含： 1.各類名稱、圖徽或電話於異動後未更新。 2.存在不予推廣的政策或不宜公開的過期活動。 3.文字、圖片、檔案錯誤及其他非正確之內容。	(含兒童版)、 我的 E 政府、 本署全球資訊網、 單位自行維運網站
	資料即時	1. 網站最新消息、新聞稿或公告資訊，應逐條標示更新日期，並依日期由新至舊排列。 2. 所有網頁均應註明最後更新日期，且最後更新日期不可超過 1 年。	單位自行維運網站
網站安全 V	資安事件	1. 網站所有頁面應符合 https 傳輸協議並顯示安全鎖符號。 2. 不可發生駭客資安事件，或經他機關通知之中高風險資安事件(由監資處彙整)。	
	動畫格式	網頁動畫或互動式內容採用開放標準，不可存在 Flash 文件。	
網站服務 V	文件格式	提供下載之文件應提供通用格式，並標示檔案格式(通用格式為 PDF 或 ODF， Word 文件應轉成副檔名為 odt、Excel 文件應轉成副檔名為 ods、PowerPoint 文件應轉成副檔名為 odp)。	
	意見信箱	應設有「意見信箱」並指向首長信箱。(設意見信箱但未指向首長信箱，或使用諮詢信箱、聯絡我們、email…等名稱者視同未設)。	
	跨瀏覽器	網頁於 Chrome、Firefox、Safari 等主要品牌瀏覽器均應正常顯示與操作。	
	跨裝置	網站使用響應式設計(RWD)，可依據顯示裝置自動調整版面配置，使網頁內容易於瀏覽。	
	載入速度	網站應確保網頁載入時所需的時間維持適當水準，以免影響使用體驗。 (以 PageSpeed Insights 檢測工具檢測行動版與電腦版之平均分數應達 50 分以上)	

以空品小故事為首要調整目標

圖 7-36、署內無障礙檢核標準審核

7.6、強化科普知識結合並辦理研習會或說明會

一、工作內容：

近年來空氣品質的議題日漸發酵，越來越多人開始注意到空氣品質的重要性及對健康的影響，為了解環境周遭空氣品質狀況，各地方政府及民間機構各個設置不同的感測器，提供空氣品質資訊深入居住的環境。目前空氣品質監測感測器類型眾多，為避免因監測數據資訊混淆導致民眾恐慌，而如何有效宣導感測器數據差異，將是未來的一大課題。此外，除了針對民眾進行宣導外，目前就全國布建空氣品質感測器，在透過感測技術、通訊技術及資料科學，並結合環境風場、$PM_{2.5}$ 點位數據、感測管理、污染源及進階分析等資訊下，已將成果分享於環境物聯網查詢系統（環境物聯網 Air 網頁），為提升執法應用，安排輔助智慧化督察應用課程訓練，期望能針對研習與說明，以做為感測器布建及執法應用參考方向參考。

二、工作執行方法：

近幾年因為細懸浮微粒 $PM_{2.5}$ 影響國人健康議題受各界重視，對於現行監測站觀測所提供大尺度之區域空氣品質資訊無法滿足民眾每日生活周遭所需的小尺度環境數據，亦無法掌握當地小尺度環境可能產生之污染熱區。為能有效掌控及監測空氣品質並能切合地方需求，規劃於北中南辦理 4 場次說明會及研習會，除介紹影響空氣品質變化之各種原因、空氣盒子與監測站的數據差異、感測器裝設應注意事項、空氣品質感測器之數據解讀及判斷方式，藉由說明會及研習會的辦理讓國人及執法人員對空氣品質、空氣監測資訊內涵與相關作業能以瞭解。

三、執行成果：

本團隊為能有效掌控及監測空氣品質並能切合地方需求，規劃於北中南辦理 4 場次說明會及研習會，辦理地點及時間說明如表 7-15 整理。首先辦理以稽查執法人員參與為主，針對環保署運用機器學習及大數據分析及分析可疑污染潛在熱區之時空間分布，提供給稽查單位進行智慧稽查應用進行分享，並展示環境物聯網中心如何蒐整微感測器數據、並自訂數據檢核功能初步篩選環境/儀器高值，進行數據或儀器異常通報處理，期盼透過研習會雙向交流達成宣導目的，並已於 9 月 19 日於環境督察總隊辦理一場次的研習會，相關現場辦理如圖 7-37。此外，針對空氣品質變化之各種原因、空氣盒子與監測站的數據差異於 10 月 23 日邀請陳世裕、陳賢坤、錢紀銘及蔡宗岳老師分別參加高雄科大及嘉藥大學所辦理的宣導會議及 11 月 13 日於新竹高工辦理第四場宣導會議。針對整理辦理委員也提供相關意見，其彙整如下說明：

(1) 針對宣導空氣品質感測物聯網相關資訊，包含測站儀器、感測器及空氣盒子間，在數據準確度上目的上的差異說明，亦論述數據之意義及用途，可大幅提升參與學員對空品感測物聯網的認知，亦提協助推廣於民眾。
(2) 建議若有機會針對環境相關系科宣導時，可增加對其在感測物聯網領域就業上說明。
(3) 針對宣導空氣品質感測物聯網相關宣導，未能能有開放式的資料提供民眾及大眾下載，以達到相關知識的宣導 。

表 7-15、空氣品質宣導會議辦理彙整

序號	辦理時間	會議地點	專家/學者	參與人數(人)
1.	9 月 19 日	臺中市環境督察總隊	宸訊、廣域、卡米爾	40
2.	10 月 23 日	高雄科技大學	陳賢焜、陳世裕、錢紀銘	33
3.	10 月 23 日	嘉南藥理大學	陳賢焜、陳世裕、蔡宗岳	59
4.	11 月 13 日	新竹高工	楊禮瑤、林寬文、吳金花	52



圖 7-37、環境督察總隊辦理研習會實況

再者，針對教案規劃本團隊於計畫執行起就著手針對教材內容進行編撰，持續蒐集相關資料，參酌環保署委託計畫製作之空氣小百科資訊及本計畫去年度執行空品認知說明會所編擬教材外，並參酌韓國空品教材，期希望能透過多方資訊來編擬一套符合並易於瞭解及融入生活的教材，以利於達到本教材充分使用。本教案編擬流程如圖所示，為瞭解本手冊是否編擬合宜，另請交通大學蔡春進教授（針對懸浮微粒與微型感測器），元培科大黃政雄教授（針對教案編撰）、中央大學王國英教授（針對大氣科學）及逢甲大學李書安教授（針對公安衛與健康風險）給予本教案建議，並依據相關建議進行修正，期望能傳達正確資訊。此外，本團隊亦依據環署建議同時將委由具國中小學環教經驗老師進行審閱，目前已由環教團優秀教師鷺江國中及八里國中老師協助審閱並提供本教案意見。

而該教案內容涵蓋五大重點介紹為，空氣污染的來源、認識 $PM_{2.5}$；天氣與地形對空氣品質的影響；如何量測 $PM_{2.5}$，國家監測站、智慧城鄉感測點及學校民間

感測器的差異比較；我國的空氣品質現況與環境治理成效；如何應用空氣品質 AQI 來規劃健康活動，並保護自己降低空氣污染影響。本教案大綱如表 7-16 所示，其詳細內容如附件四所示。

表 7-16、空氣品質認知教案大綱

章節	大綱
(一)空氣污染基本認識、認識 $PM_{2.5}$	1. 空氣污染無所不在 2. 空氣污染的型態 3. 懸浮微粒是什麼呢? 4. 懸浮微粒是從哪裡來呢? 5. 懸浮微粒對健康影響 6. 懸浮微粒警報響起該如何應對呢?
(二)天氣與地形對空氣品質的影響	1. 臺灣空污的時空背景 2. 海陸風、山谷風對空氣污染的影響 3. 逆溫層對空氣污染的影響 4. 季節風與地形對空氣污染的影響 5. 冬季冷高壓移動對 $PM_{2.5}$ 濃度的影響 6. 境外傳輸對空氣污染的影響 7. 中國大陸沙塵影響我國空氣品質 8. 河川揚塵對空氣品質的影響
(三)空氣品質如何監測，國家監測站、智慧城鄉感測點及學校民間感測器的差異比較	1. 空氣品質如何監測 2. 國家監測站、智慧城鄉感測點及學校民間感測器的差異比較 3. 感測器如何收集數據 4. 感測器如何維護
(四)我國的空氣品質現況與環境治理成效	1. 臺灣地區的空氣品質現況 2. 環保署推動空氣污染防制行動方案 3. 改善懸浮微粒 $PM_{2.5}$ 成效
(五)如何應用空氣品質 AQI 來規劃健康活動，並保護自己降低空氣污染影響	1. AQI 空氣品質指標 2. 掌握 AQI 指標 3. 空氣品質資訊來源百寶箱

除此之外，本計畫除辦理相關研習會及宣導會，藉由網路發達資訊開闊的今日社會，透過環境物聯網網站分享其知識外，並結合空氣品質認知教材分享相關科普知識，以利達到宣導目的。其目前提供相關科普為認識空污感測物聯網，詳細說明如下：

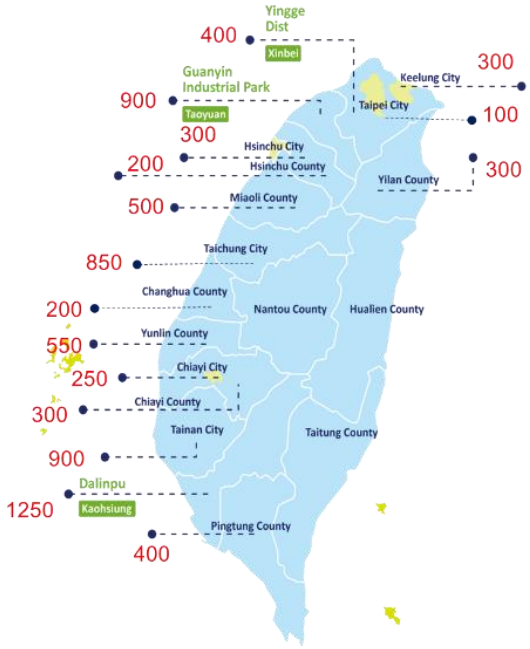
1.環境物聯網概念

運用物聯網(Internet of Things, IoT)技術，環保署規劃大量布建環境感測點，提升整體環境監控的時空間解析度，透過網際網路傳輸、蒐集環境感測資料數據，以雲端串聯虛擬及實體介面，在後端的資料平台除了即時呈現所在環境的感測數值，再結合大數據分析等資料科學，發展出更多智慧化的應用，例如透過高密度的感測資料可以追蹤高污染傳輸路徑，也可以藉由長期資料分析掌握污染熱區。



2. 目前環保署空污感測器涵蓋那些地區？監控多少污染源？

環保署自 106 年起先導示範於桃園觀音工業區、新北鶯歌區、高雄大林蒲布建 200 點及臺中市 500 個空污感測器。107 年與宜蘭縣、基隆市、新北市、桃園市、新竹縣、新竹市、苗栗縣、雲林縣、嘉義縣、嘉義市、臺南市、高雄市、屏東縣等 13 個地方政府合辦布建 3,300 個空污感測器，共覆蓋 120 個區級行政區、44 個工業區及科學園區，監控 3 萬多家列管工廠。



3. 環保署是如何選擇感測點布點位置呢?

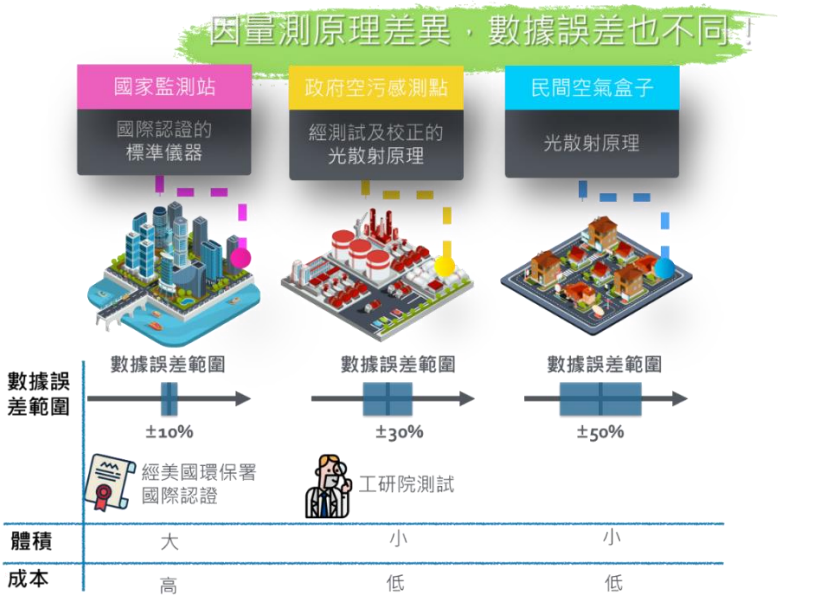
具體感測原則是參考美國環保署 USEPA Air Sensor Guidebook 所建議的污染熱區、環境教育或無測站地區補充感測等應用，規劃選定為工業感測點（監控工廠密集區域）、社區感測點（鄰近大型污染源之大型社區）、交通感測點（監控交通繁忙區域）及輔助感測點（20 公里內無標準測站之鄉鎮）。其實際布設點位仍會考量供電、通訊、通風及安全位置，並會依據地方需求與地方政府研商後，協力合作完成設置。



4.國家監測站、智慧城鄉感測點及學校民間感測器的差異

傳統空品監測站網僅仰賴國家監測站其體積大、成本高、難以大量布建，運用科技的進步匯整地方輔助測站、智慧城鄉感測點及學校民間感測器，推動多層

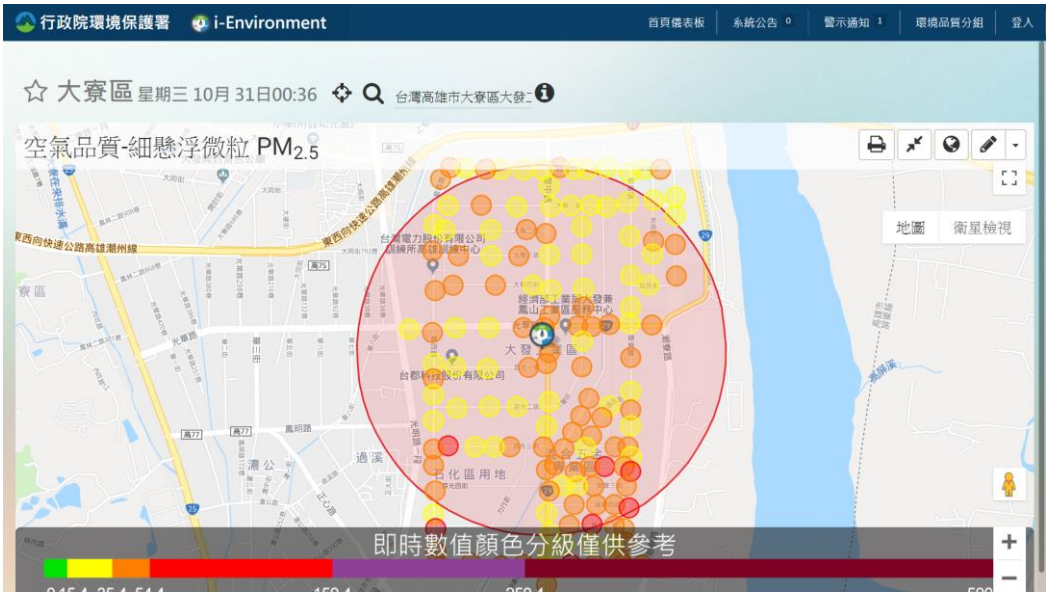
式空品物聯網；雖然微型感測器感測元件靈敏度與國家級測站儀器有所落差，但利用其高密度空間之環境監測數據，進行數據迴歸分析，亦可瞭解全臺各地環境監測數據變化趨勢，充分利用感測器特性，以達到螞蟻雄兵之效。





5.環保署空污感測器提供哪些資訊？民眾可以從哪裡取得周遭感測數據？

環保署空污感測器提供每 3 分鐘 1 筆之溫度、相對濕度、$PM_{2.5}$ 等感測數據，民眾可以透本署愛環境資訊平台(https://ienv.epa.gov.tw/)，查詢上述空污感測點每 3 分鐘 1 筆之感測數據。



四、結論與建議

綜觀以上研習會及宣導會所知，辦理研習會可讓稽查人員針對環保署發展之智慧稽查輔助工具分析可疑污染潛在熱區之時空間分布，提供給稽查單位進行智慧稽查應用進行，藉由說明環保署監測 $PM_{2.5}$ 的設備及方法，並介紹微型感測器的原理，據以釐清「國家監測站」、「智慧城鄉感測點」和「學校民間感測器」之間差異與數據意義可讓學員熟悉空氣污染議題與空氣盒子的使用及應用限制。另分享相關科普知識廣宣相關環境物聯網及空品感測知識，以落實宣導。

7.7、完成洽談合作案及籌組專家團隊之輔導或查核業界及地方政府

因應未來空氣品質感測器及物聯網的擴大加值應用，目前已針對智慧車聯、智慧居家安全與港區污染監測等應用場域面向進行研析。已初步完成交通部運研所及衛服部國健署之跨域合作洽談，未來擬再針對農委會、內政部建研所及勞動部進行合作案討論。除空氣品質感測器及物聯網的擴大加值應用外，本團隊已針對感測器廠商布建作業與缺失召開 5 場次專家諮詢會，透過專家諮詢會輔導地方政府感測器廠商布建作業不足之處

一、智慧車聯應用

從文獻探討得知因車輛排放廢氣中之 NO_x，會影響兒童肺部發展。以倫敦為

例，英國政府與連網與自駕車中心(CCAV)一起資助英國車聯網數據平台及服務新創公司 Tantalum 和倫敦帝國學院(Imperial College)，於 2017 年 9 月在 1,000 台車輛上裝設空氣品質感測器，及遠程信息處理設備，連接到 on-board 電腦，利用引擎轉速、溫度、加速、減速等數據，可即時計算 NO_x 排放量，並提供即時資訊給監管單位。未來監管單位將可依即時資訊，動態改變道路收費標準，並提供污染與駕駛資訊給駕駛，讓駕駛避開污染及擁塞路段，同時改善自我駕駛模式，降低污染排放。

有鑑於此，工研院團隊於今年 7 月起陸續將空品感測系統安裝於自用房車上，以臺中為測試場域，如圖 7-38 所示，動態偵測 $PM_{2.5}$ 濃度，同時透過全車附近影像收集及分析系統，並和手持式精準儀器、環保署固定式測站進行比對，期間歷經多次修正硬體設計，以呈現優異成果，未來可應用於針對排放 $PM_{2.5}$ 超標車輛進行稽查與開罰，此外刻正和環保單位和客運公司進行跨域合作洽談。

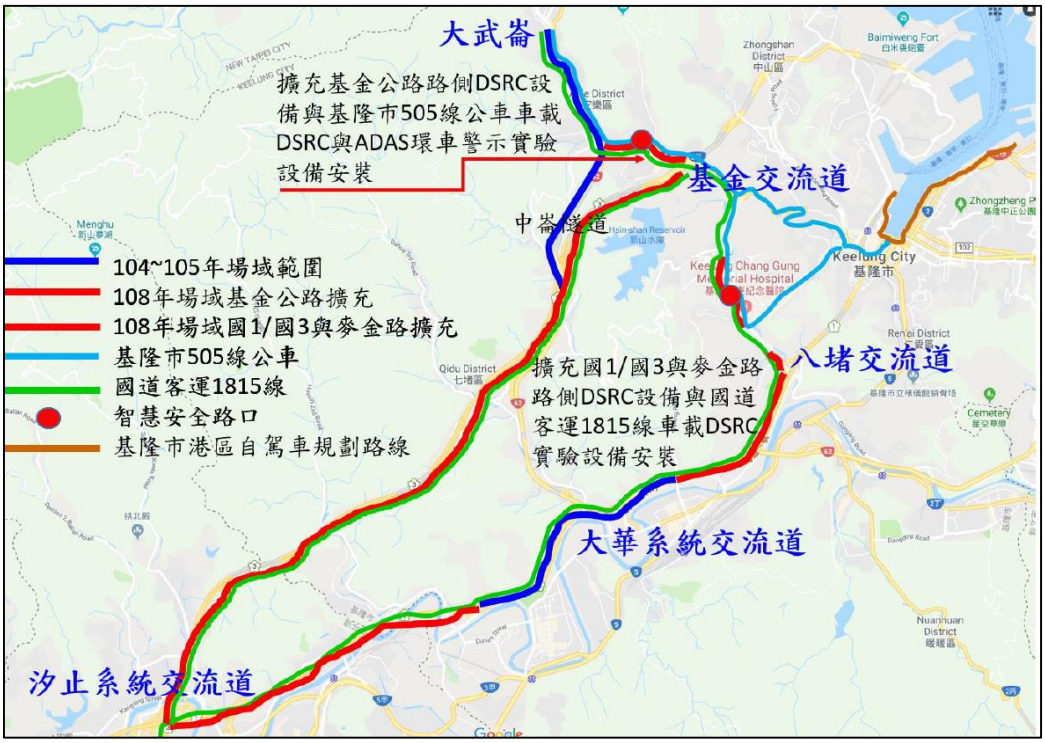


圖 7-38、基隆地區車聯網實驗場域圖

二、智慧居家應用

如圖 7-39，可針對嬰兒房偵測過敏源與塵瑞屍體，並感測散布於廚具、浴廁、天花板/地板之甲荃、甲苯、丙酮等 VOCs，為居家環境進行安全預警。此外，透過加裝於浴廁的 CO/CO_2 感測器也可在偵測到一氧化碳/二氧化碳濃度異常時，透過感測訊號連動開啟全熱交換機進行門窗開啟通風，藉此避免老人發生意外。未來甚至可望結合恆溫器、嬰兒監視器、數位夜燈、保全攝影機等系統，以進行更多元化的感測應用。目前正和國內主要廠具、保全業者進行合作洽談中。



圖 7-39、智慧居家安全應用情境

三、港區污染監測

除了工業區及交通區污染排放值得監測外，港區的污染排為管制上的死角之一。港口污染源主要可區分為：陸域污染源（車輛、機具、營建工程等）、海域污染源（船舶），其中又以船舶為港區整體排放量最大來源（約 50~70%，不同污染物所佔比例不同），而排放污染包含以 NO_x、SO_2 為主，以及 CO、PM_{10}、$PM_{2.5}$、VOCs 等。而應用情境如圖 7-40 所示，未來可結合固定式多氣體微型感測器，搭配微型感測器裝載於無人機之移動式，共同監控港區陸域及海域污染排放情形，除可供船舶公司與環境稽查單位參考外，亦可結合 Apps 或警示看板，提供警示與行動建議方案給港區附近居民及港區作業人員。

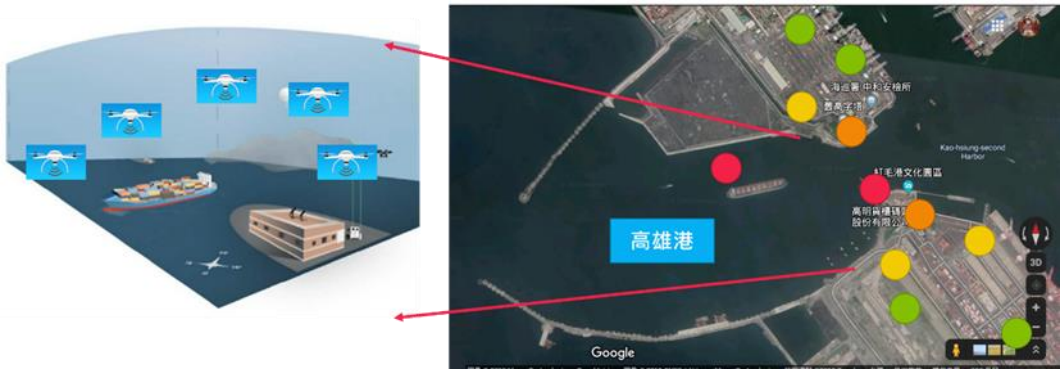


圖 7-40、港區污染監測之應用情境

四、輔導或查核業界及地方政府

今年度合計召開 5 次專家諮詢會，會議開始先請感測器廠商針對感測器布建作業與缺失進行報告，辦理說明如表 7-17 所彙整

表 7-17、專家諮詢會議辦理彙整

序號	辦理時間	議題	專家/學者
1.	10 月 9 日上午	臺南市布建缺失檢討	輔英科技大學陳世裕教授、環保署監資處卓佳靜技術師、崑山科技大學陳賢焜教授、工安衛生協會黃建平處長
2.	10 月 9 日下午	新竹縣維運缺失檢討	輔英科技大學陳世裕教授、環保署監資處莊惟然設計師、崑山科技大學陳賢焜教授、中華電信謝泊諺
3.	10 月 17 日上午	苗栗縣布建商技術輔導	輔英科技大學陳世裕教授、嘉南藥理大學錢紀銘教授、崑山科技大學陳賢焜教授、中華電信呂亞融
4.	10 月 17 日下午	高雄市維運缺失檢討	輔英科技大學陳世裕教授、嘉南藥理大學錢紀銘教授、崑山科技大學陳賢焜教授、中華電信呂亞融
5.	11 月 1 日上午	台中市布建商技術輔導	交通大學蔡春進教授、宜蘭大學張章堂教授、中央大學王國英教授、中央大學蔡宗翰教授

委員與本團隊依報告內容給予建議，期望感測器廠商透過專家諮詢會能輔導布建作業不足之處，以下將針對專家諮詢會進行重點說明：

(一)臺南市布建缺失檢討：本次專家諮詢會於 10/9 早上 10 點召開，召開本次會議主要原因為廠商於標準測站進行一致性比對時，現場人員行為與施作方法已造成測站之工安問題，因此請廠商針對本團對所列出之缺失進行報告，缺失包含現場工班於測站牆上塗鴉、電線凌亂未整理、打火機置於測站變電箱

上、感測器支架以紙箱固定且四周有廢棄電線、成裝感測器的紙箱未放置整齊、一致性所使用之工具未收拾整齊與緊戒線綁在測站樓梯上等項目，並提出後續改善作業避免類似情形發生。委員與本團隊依廠商報告內容，針對不足之處給與改善建議，改善建議包含感測器廠商須於工班施作時派員監督、依 5S 管理方法製作管理表單、每次施作後提供照片或影片給本團對確認現場狀況與盡快復原測站四周環境等，並要求感測器廠商依改善建議進行後續作業，避免工安問題再次發生。

(二)新竹縣維運缺失檢討：本次專家諮詢會於 10/9 下午 2 點召開，召開本次會議主要原因為感測器廠商提供之感測數據發生隨機重複，且共 35 台感測有數據重複之情形，因此請廠商針對數據異常與後續改善作業進行說明，經釐清後此現象主要是感測器傳輸模組與系統程式碼的問題所致，廠商所使用之 NBIOT 傳輸模組若遇到數據塞車且超過 5 分鐘未上傳資料，系統就會自動刪除塞車中的數據，並擷取鄰近時間之數據上傳至廠商數據平台，經委員與本團隊給與改善建議後，廠商將陸續更換傳輸模組與修改系統程式碼，避免相同情形發生，本團隊也請新竹縣環保局扣除重複數據，並依合約進行數據完整率之扣款作業。除數據異常外，本團隊也要求廠商針對第三方巡檢水霧測試時，感測器並無反應之現象進行說明，經釐清後此現象可能是感測器有防止大雨導致水氣被抽進感測器之設計所致，也有可能是感測器進氣流道堵塞所致，經委員與本團隊給與改善建議後，廠商將定期進行清理作業，必要時提供備機至現場更換有問題之感測器。

(三)苗栗縣布建商技術輔導：本次專家諮詢會於 10/17 早上 10 點召開，召開本次會議主要原因為感測器之型式驗證結果不佳與感測器布建速度緩慢，因此請廠商進行報告，經委員與本團隊給與改善建議後，感器廠商將依建議修正感測器不足之處，建議包含確認感測器廠商之品管程序、改良感測器之設計、提高巡檢頻率與盡速完成一致性比對，期望達到提升感測器數據品質與加快感測器布建作業之目的。

(四)高雄市維運缺失檢討：本次專家諮詢會於 10/17 早上 10 點召開，召開本次會議主要原因為感測器數據時常有異常高值，因此請廠商進行報告，經委員

與本團隊給與改善建議，建議包含針對常發生數據異常高值之感測器進行分析、使用手持式儀器至現場與感測器進行比對與必要時將感測器拿至標準測站再次進行比對作業等項目，以釐清數據異常高值為環境污染所致或感測器異常所致。

(五)台中市布建商技術輔導：本次專家諮詢會於 11/1 早上 10 點召開，智感雲端科技公司為 108 年新的設備廠商，提供臺中市環保局布建的所需的設備。藉此會議介紹感測器組成與設計、生產與維運、數據傳輸方式及後續數據分析。委員與本團隊提供建議後，感器廠商將依建議進行感測器數據校正參數的修正，進行長期比對校正數據。收集足夠的資料以確切瞭解感測器實際的大氣觀測能力，作為後續感測器改善最適化的參考依據。

7.8、持續蒐集國際物聯網、智慧城市展覽活動及研討會資訊

本工作項目將持續蒐集國際物聯網、智慧城市展覽及研討會活動，其中本計畫將擇2場次以上進行參訪並提供研析報告，目前已完成報名美國研討會及展覽活動如下。

一、 AQ-SPEC at the Sensors Expo & Conference 2019 (於 2019 年 6 月 25-27 日舉辦，預計每兩年舉辦一次)

AQ-SPEC 將邀請包括政府機構、研究單位、產業人士、科學家和教育領域相關工作者參與，以促進和推進空氣污染感測器，提高這些感測器的數據品質，擴大測量的污染物範圍，並促進社區參與監測空氣品質為主要目標。研討會涵蓋的主題亦相當廣泛，包括氣體及煙霧感測、空氣微粒感測、室內空氣品質、場域實驗、污染物來源特徵、暴露與健康、新興技術發展、行動網路技術、資料分析、監控網路設計、年輕人的教育、中低收入國家的需求與展望等等。

本次研討會將參與下列幾項議程，並將臺灣實施環境物聯網的相關經驗分享於國際團體。

1. Pre-Conference Symposium 5：Role of Sensors in Building IoT System & Industry 4.0 Applications.
2. CGS1：The Solid-State Paradigm Shift in Gas Sensing Technologies.

3. CGS2：Measuring Outdoor Air Quality & Impact on Outdoor Activities.
4. CGS3：Technology Trends：Indoor Air Quality Sensors & Applications.
5. CGS4：Measuring & Cross Compensation of Multiple Gases Using Combined NDIR Detector Technologies..
6. CGS5：The Internet of Water：Insights in Water Quality Using Large-Scale Sensor Networks.
7. DA1：Sensor Fusion & Real-Time Data Analytics for a Connected City.
8. DA2：Democratized Expertise：How to Discover Usable Intent with AI.
9. DA3：How to Optimize Physical Assets with Machine Learning.
10. DA4：AI & Machine Learning：From Algorithms to Prescriptive Analytics on the Edge.

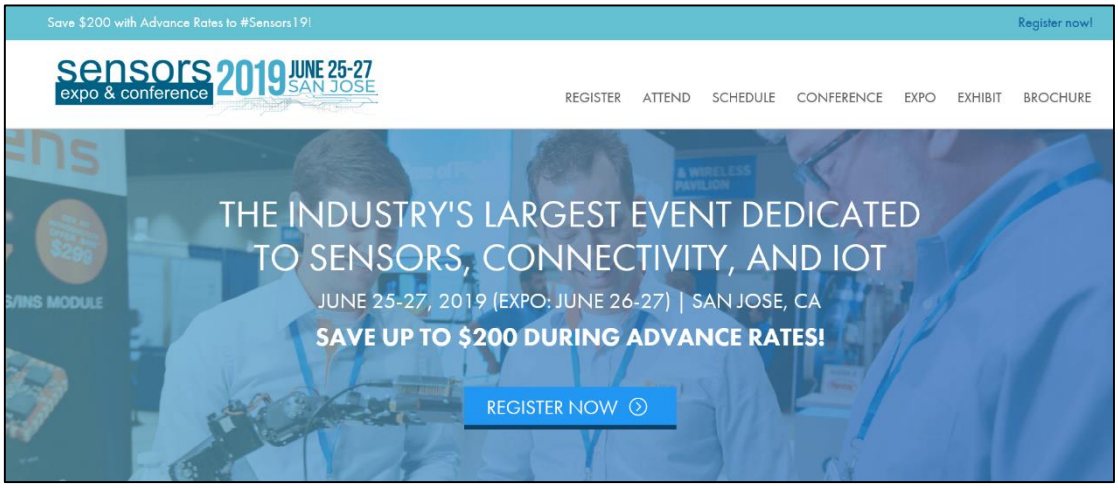


圖 7-41、Sensors Expo & Conference 2019

1. 研討會 $PM_{2.5}$ 感測器

大多仍以光學感測器為主流，將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，這些效益會因微粒粒徑、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、粒徑會因吸收空氣中水分而改變，進而影響測定結果。

為了提升顆粒計數的準確度，目前大多數光學感測器以雷射為光源，但仍會受到環境溫度、濕度等干擾影響。業者通常會將不同溫度、濕度對 $PM_{2.5}$ 的影響範圍，納入校正迴歸模式進行處理，以利取得較精準的空氣品質監測數據。另外會場中有廠商進行 PM_{10}、PM_4、$PM_{2.5}$ 及 PM_1 的量測展示，在同一台微小型感測器可以同時測得上述數據，如下圖 7-42 所示。由趨勢可發現 PM_{10} 及 PM_4 幾乎一模一樣，可見微型感測器其他粒徑濃度量測應該都是用推估及推測的，準確度不高。

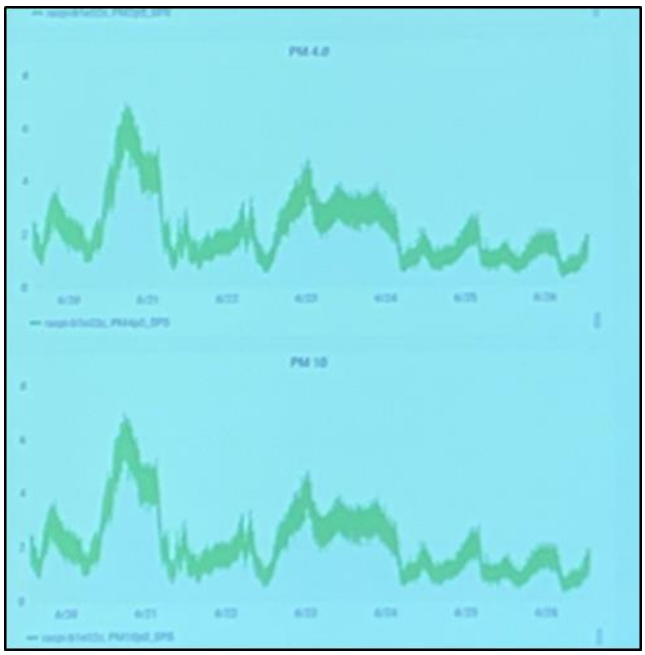


圖 7-42、PM_{10} 及 PM_4 量測數據比較圖

從本次研討會得知 $PM_{2.5}$ 感測器已是紅海市場，工研院微系統中心研發之光學式 $PM_{2.5}$ 未來將面臨極大的挑戰。由上述光學式微型感測器無法偵測小粒徑($<PM_{2.5}$)的事實，未來本所研發之電子衝擊式 $PM_{2.5}$ 感測元件可偵測低於 $PM_{2.5}$ 甚至 PM_1 的粒徑，獲得國外部分廠商高度興趣，希望可與本所保持密切聯繫。但仍需要完整的測試數據方能順利完成商品化。

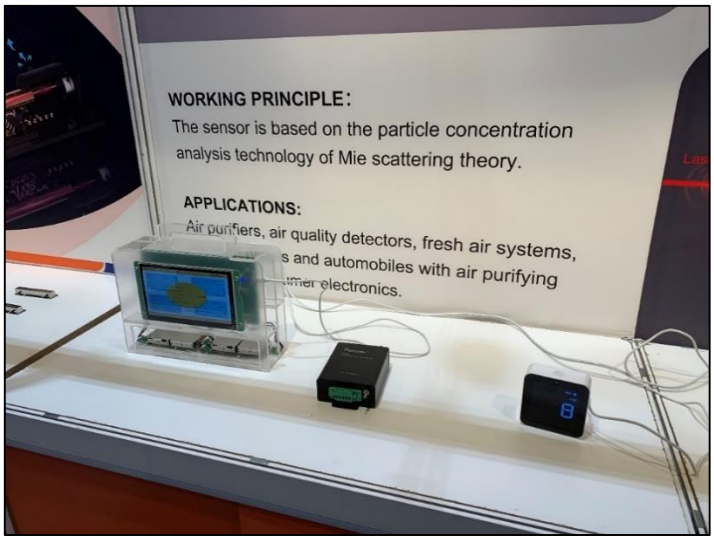


圖 7-43、大陸 Elitech 展示之微型光學式 $PM_{2.5}$ 感測器



圖 7-44、瑞士 Sensirion 公司展示之微型光學式 $PM_{2.5}$ 感測器

2. 研討會 VOCs 感測器

除了 $PM_{2.5}$ 以外，本次也有廠商展示 VOCs 感測器。利用金屬氧化物(MOS)的原理製作感測晶片，MOS 係指將金屬半導體氧化物材料做成元件，透過與氣體相互作用產生表面吸附或反應進行量測，可以微機電(MEMS)製程大量生產，並常應用於空氣品質偵測。



圖 7-45、TVOC 感測器(含溫度、濕度)展示

3. 研討會其他氣體感測器

其他危害氣體監測方面，以非分散性紅外線(Non-Dispersion Infrared,NDIR)技術為主流。NDIR 為窄頻帶的紅外光源，亦即所用的紅外光源其頻譜集中在某一狹窄區域內。使用非分散性紅外線是為了要得到固定波長（頻率）的紅外線光源，一般用在需要固定波長光源的分析儀器上。非分散性紅外線產生的方式有兩種，第一種是利用固體膜窄頻帶濾光器，應用此產生方式的分析儀為單光束的儀器；另一種是利用氣體濾光器，一般為雙光束分析儀所應用。非分散性紅外線應用在大氣環境監測及煙道排氣監測的例子非常多，例如監測一氧化碳、一氧化氮、硫氧化物、總有機碳等。利用非分散性紅外線所發展出的分析儀器，原理簡單，構造簡單，操作也簡便，更可作連續的監測，應用非常廣。

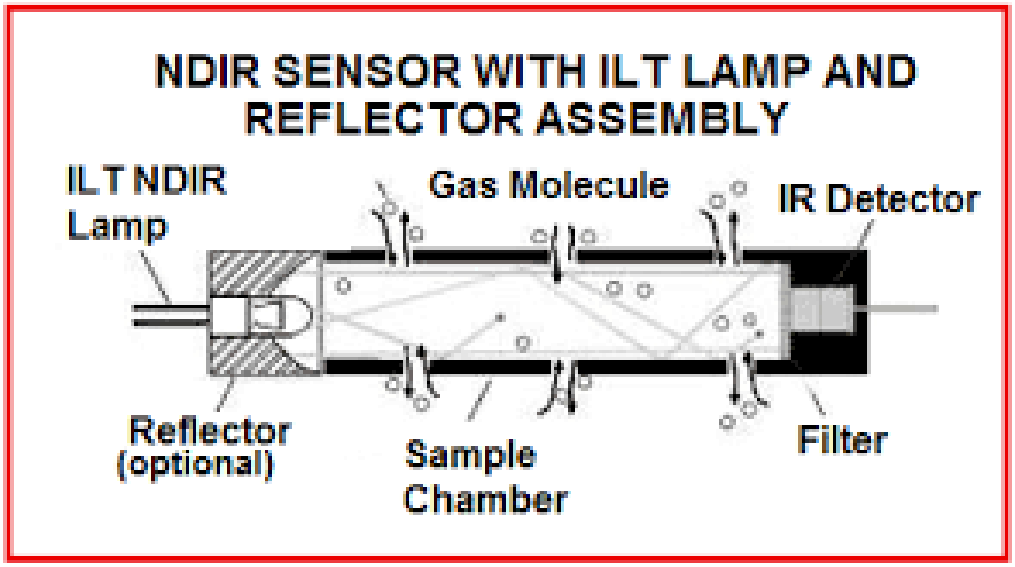


圖 7-46、NDIR 感測器構造示意圖

4. 研討會水質感測器

IMEC 公司展示一款水質感測晶片，可量測溫度、酸鹼度及部分重金屬，獲得極大的迴響。水質種類包含工廠廢水、池塘、農田灌溉用水、游泳池及地表水等，甚至可應用於農業、食品、健康方面的量測，因晶片使用簡單、價格低，故大量應用於環境感測物聯網應用。

比較本院材化所研發之 PET 水質感測晶片，國外晶片體積更小且適用範圍廣，針對 pH、EC、Temp、ORP 及部分金屬離子皆可以反應，但同樣有一個問題就是需要清洗，因量測後的污染物會沉積於晶片上影響下一次量測的精準度。

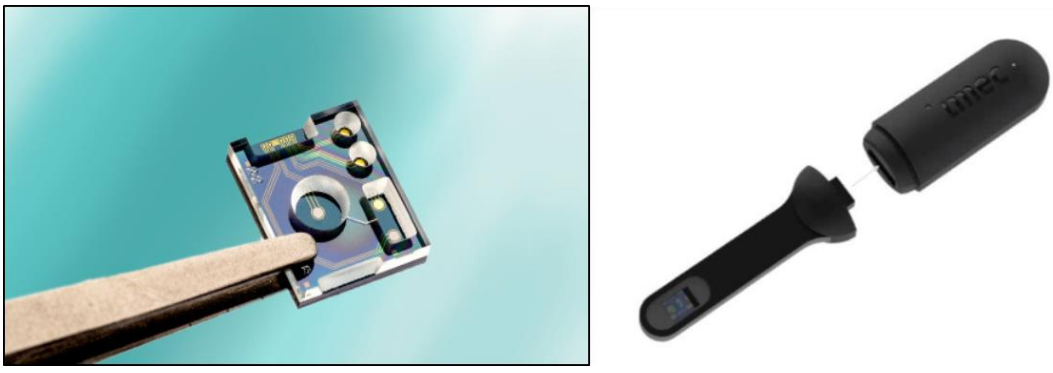


圖 7-47、IMEC 公司展示之水質感測筆及晶片

表 7-18、IMEC 公司水質感測晶片量測項目及規格

Parameter*	Range	Accuracy	Sensitivity
Reference electrode	-	Drift < 0.1 mV/day	-
pH	2-10	0.02 pH point	>59 mV/pH
Conductivity	5 – 100000 µS/cm	<10% of reading	adjustable
ORP (Oxidation Reduction Potential)	-1 V - +1 V	10 mV	-
CL- (Chloride)	128 kB	<10% of reading	50-59 mV/dec
Na+ (Sodium)	10-4 – 1 M	<10% of reading	50-59 mV/dec
K+ (Potassium)	10-4 – 1 M	<10% of reading	50-59 mV/dec
Ca2+ (Calcium)	10-4 – 1 M	<10% of reading	23-26 mV/dec
NO3- (Nitrate)	10-4 – 1 M	<10% of reading	50-59 mV/dec
DO (Dissolved oxygen)	0 – 9 mg/L	50 ppb	
* , extension to other ions possible like Mg2+, NH4+			

5. 感測數據分級與校正

在本次研討會討論到不同感測器數據品質及分級應用，以 USEPA 為例，分為以下五級進行不同管制與建議用途。第一級(Tier 1)是教育用途，允許數據偏差範圍在 50 %以內，再現性大於 50 %，目前市面上大部分商用感測器皆屬於該使用範圍。第二級(Tier 2)則可用於熱區分析，數據偏差範圍須 30 %以內，再現性大於 75 %，國內環境物聯網布建使用之感測器皆屬於該範疇。第三級(Tier 3)可用於追蹤溯源及執法應用參考，數據偏差範圍須 20 %以內，再現性大於 80 %，須提升至中階感測器及較高價位設備方能達成此目標。

表 7-19、USEPA 對於微型感測器之使用管理分級表

Tier	Application Area	Pollutants	Precision and Bias Error	Data Completeness*	Rationale (Tier I-IV)
I	Education and Information	All	<50%	≥ 50%	Measurement error is not as important as simply demonstrating that the pollutant exists in some wide range of concentration.
II	Hotspot Identification and Characterization	All	<30%	≥ 75%	Higher data quality is needed here to ensure that not only does the pollutant of interest exist in the local atmosphere, but also at a concentration that is close to its true value.
III	Supplemental Monitoring	Criteria pollutants, Air Toxics (incl. VOCs)	<20%	≥ 80%	Supplemental monitoring might have value in potentially providing additional air quality data to complement existing monitors. To be useful in providing such complementary data, it must be of sufficient quality to ensure that the additional information is helping to "fill in" monitoring gaps rather than making the situation less understood.
IV	Personal Exposure	All	<30%	≥ 80%	Many factors can influence personal exposures to air pollutants. Precision and bias errors suggested here are representative of those reported in the scientific literature under a variety of circumstances. Error rates higher than these make it difficult to understand how, when, and why personal exposures have occurred.

6. AQMD 之車載量測設計討論

研討會中與 Dr. Jason、Dr. Wilton 及 Dr. Aaron 討論利用微型感測器在移動車輛（休旅車、計程車、公車、垃圾車..等）進行量測之可行性。如圖 7-48 所示。AQMD 將 7~8 種不同市售廠牌之微型感測器裝於休旅車後座，以測試腔之設計概念進行車外空氣取樣（利用固定風扇抽氣），測試項目包含有 PM、O_3、NO_2、CO、CO_2 及碳黑..等。每種監測項目皆有高階之移動式標準儀器進行平行比對，可同步分析微型感測器數據與標準儀器之相關性及誤差。



圖 7-48、AQMD 利用車載進行移動污染源量測

實際量測路線從洛杉磯(LA)到舊金山(SF)，在不限制車速的前提下，車輛自由的駕駛並連續進行感測數據收集。從實驗結果驗證，微型感測器放置於測試腔與標準儀器進行比對，R^2 皆可達到 0.8 以上，顯示未來移動式車載可以利用微型感測器進行交通污染熱區的監測，可裝置於公車或計程車等城市密度高的車載，定期繪製城市空污地圖，達到以最適化之載具進行移動污染源量測目標。

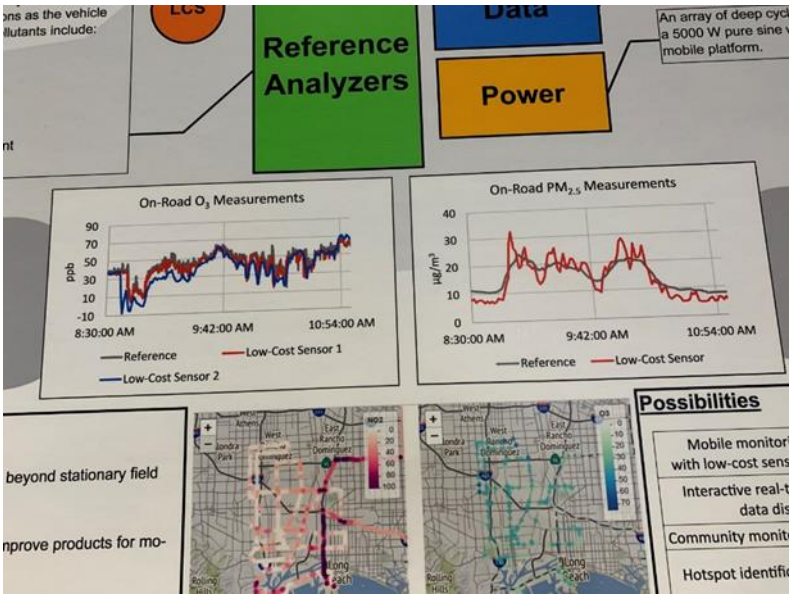


圖 7-49、車載微型感測器與標準儀器比對圖

二、 IEEE Sensors 2019 (於 2019 年 10 月 27-30 日舉辦，預計每兩年舉辦一次)

IEEE SENSORS 2019 旨在為全球的研究科學家，工程師和業界人員提供一個論壇，以介紹他們在感測器和感測技術領域的最新研究發現，思想和應用。研討會涵蓋的感測技術相當廣泛，包括以下議程:

- Sensor Materials, Processing and Fabrication (including Printing)
- Chemical, Electrochemical and Gas Sensors
- Microfluidics and Biosensors
- Optical Sensors
- Physical Sensors - Temperature, Mechanical, Magnetic and Others
- Acoustic and Ultrasonic Sensors
- Sensor Packaging (including on Flexible Materials)
- Sensor Networks (including IoT and related areas)

本次研討會參與議程以 Chemical, Electrochemical and Gas Sensors 為主。

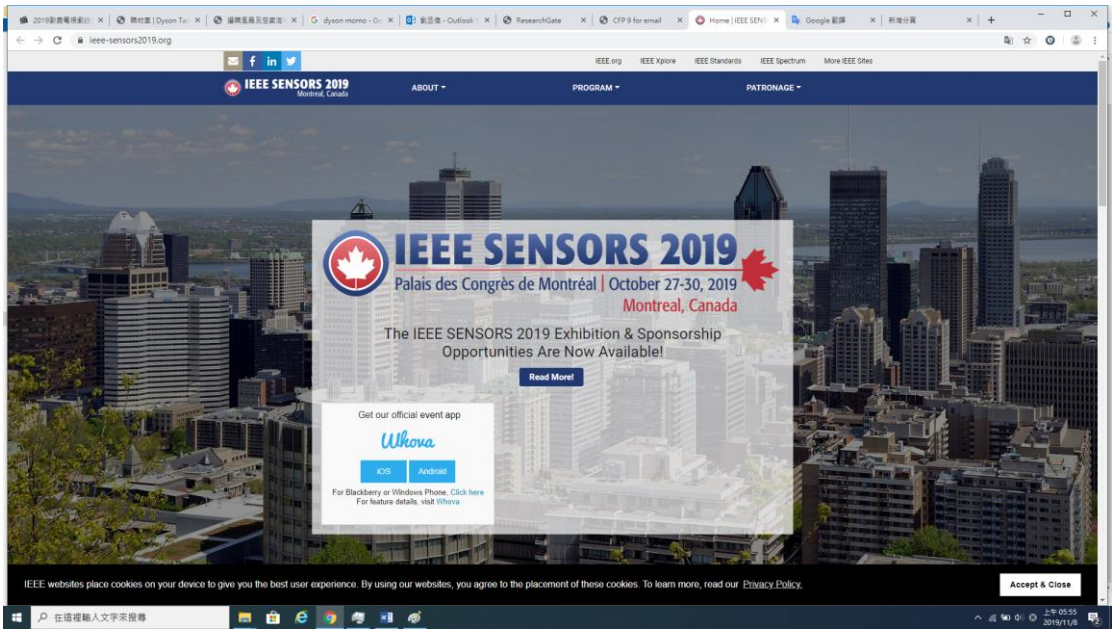


圖 7-50、IEEE Sensors 2019 國際研討會舉辦時間地點



圖 7-51、參與 IEEE Sensors 2019 國際研討會

1. 今年大會的主題演講包括三場，第一場主題演講議程中，大會邀請一位 ETH Zurich 的教授 Prof. Christofer Hierold，他的研究專注於評估 MEMS 的新材料、先進的微系統以及奈米換能器。Christofer Hierold 一直是蘇黎世聯邦理工學院跨部門能力中心之一-微奈米科學平台的創始主席。他演講的主題是"Concepts for Ultra Low Power Sensors"的成果說明。演講內容主要介紹超低功耗和零功耗傳感器系統的最新進展，超低功耗傳感器的主要目標是小型化（即自主且普遍存在的傳感器系統），適用於所有無法提供連續電源的應用。作為感測器中的功能材料，奈米碳管 CNT 具有許多出色的機械和電子性能。Prof. Christofer Hierold 製作超低能耗的場效奈米碳管 NO_2 氣體感測器，如下圖 7-52 及圖 7-53 所示，其對於 1ppm NO_2 的有顯著的響應變化。

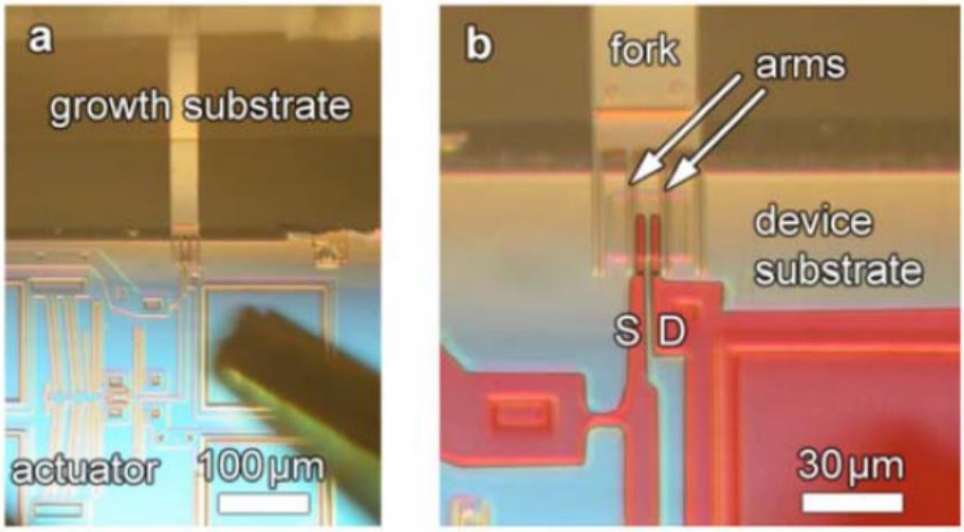


圖 7-52、場效奈米碳管 NO_2 氣體感測器

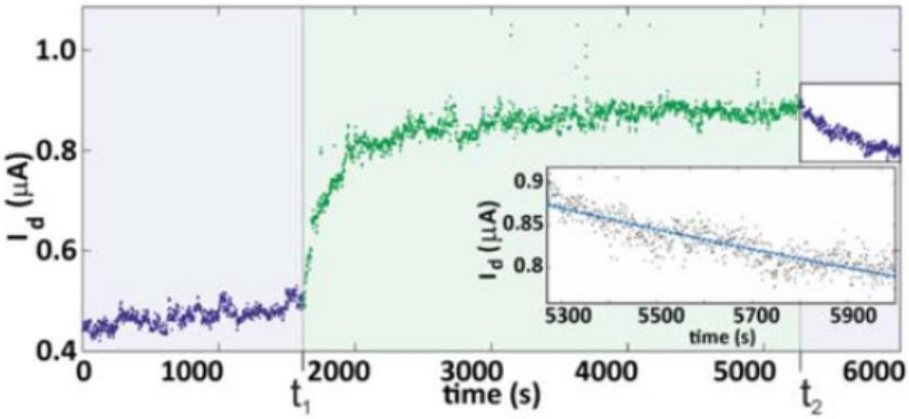
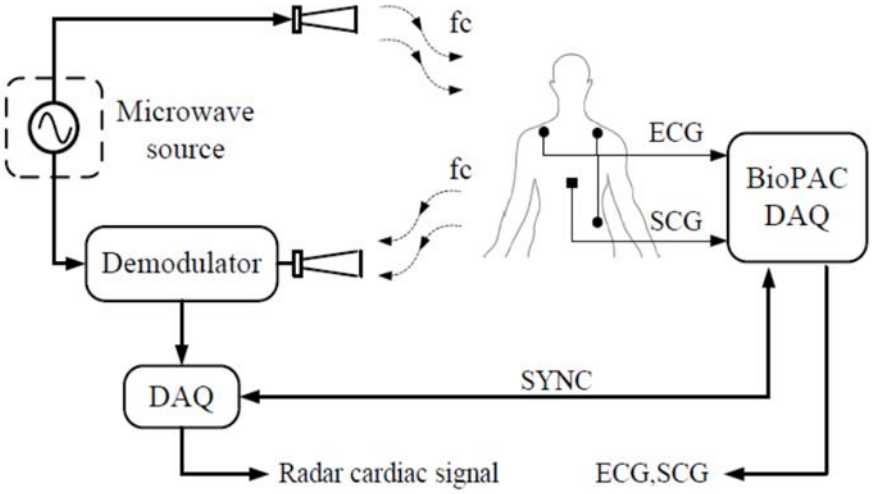


圖 7-53、場效奈米碳管 NO_2 氣體感測器對於 1ppm NO_2 的響應變化（t1 開始通入）

2. 第二場主題演講議程中，大會邀請 Georgia Institute of Technology 的教授 Prof. Ying Zhang，她的研究興趣集中在無線傳感器網絡、物聯網、生物醫學工程以及智能監控和診斷系統中的系統級跨學科問題。她這次的演講主題是針對"Remote vital sign detection and sensing"進行介紹。演講內容說明基於微波都普勒雷達(microwave Doppler radar)的生命徵象(Vital Sign)和傳感功能檢測，其能夠測量心跳和呼吸等生命體徵信號，而無需將電極直接附著在皮膚上，並且可以在一定距離甚至通過障礙物的情況下測量生命徵象。Seismocardiogram (SCG)信號是人類對象心臟收縮和血液噴射行為的有效表示，並表現在胸壁表面的振動中。根據 18~35 Hz 頻

帶內的波形形態和基準點研究了雷達加速度波形(RAW)與 SCG 的相似性，其中 RAW 受低頻干擾的影響較小。其研究結果證明了使用非接觸式都普勒雷達進行 SCG 測量的有效性。



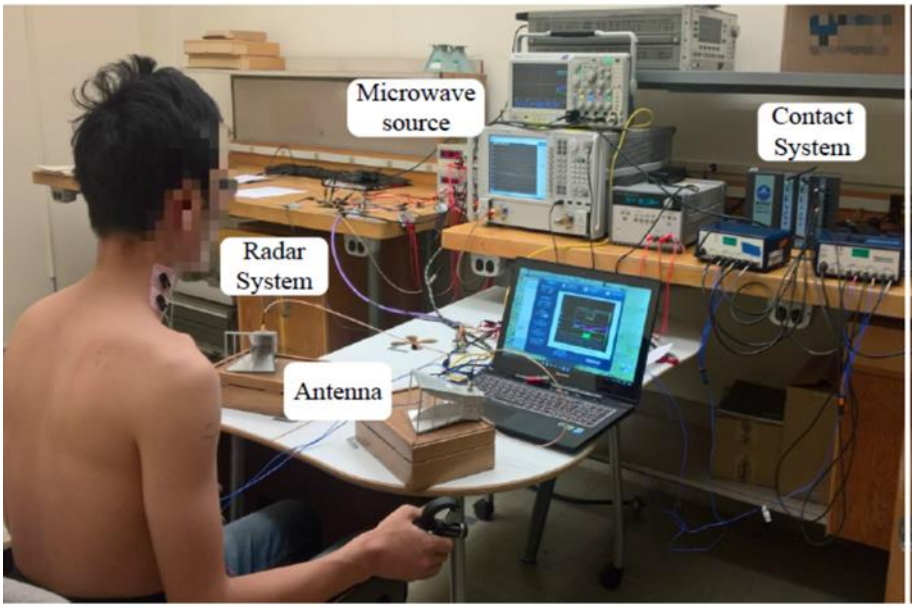


圖 7-54、用於檢測心臟信號的系統設置照片(雷達和接觸感測器系統)

3. 第三場主題演講議程中，大會邀請 North Carolina State University 的教授 Prof. Veena Misra，她是國家科學基金會奈米系統工程研究中心主任，負責整合式傳感器技術先進自供電系統中心(ASSIST)。這個中心致力於為醫療保健製造低功耗、無電池的電子產品。此外，她也是北卡羅來納州立大學的電氣和計算機工程傑出教授，還是 IEEE 院士，其針對"Body

powered sensors for continuous physiological, biochemical and environmental sensing"進行介紹。演講內容涵蓋在收集人體熱量和人體運動以及將電子設備和傳感器的功耗降至最低方面的進展；該研究小組由國家科學基金會資助，並已經研發了一款健康跟蹤設備的原型。這種體熱裝置由橙色腕帶和胸部貼片組成。腕帶可以監測濕度、溫度、臭氧、VOC 等指標；貼片追蹤心率和呼吸頻率等，如**圖 7-55** 所示。其臭氧感測原理為金屬氧化物氣體感測器，利用 ALD 原子層沉積技術來層積不同厚度金屬氧化物(SnO_2、CuO)，其能針對 0-100 ppb 以下臭氧進行感測。另一方面，其也針對 VOC 感測器進行開發，原理為電容式微機械超聲換能器(CMUT)的微型諧振化學感測，其具有低工作電壓，適用於便攜式氣體感測器應用。其在超聲換能器換能器上塗佈不同高分子選擇膜，其能針對乙醇、甲苯、二甲苯等氣體進行感測。

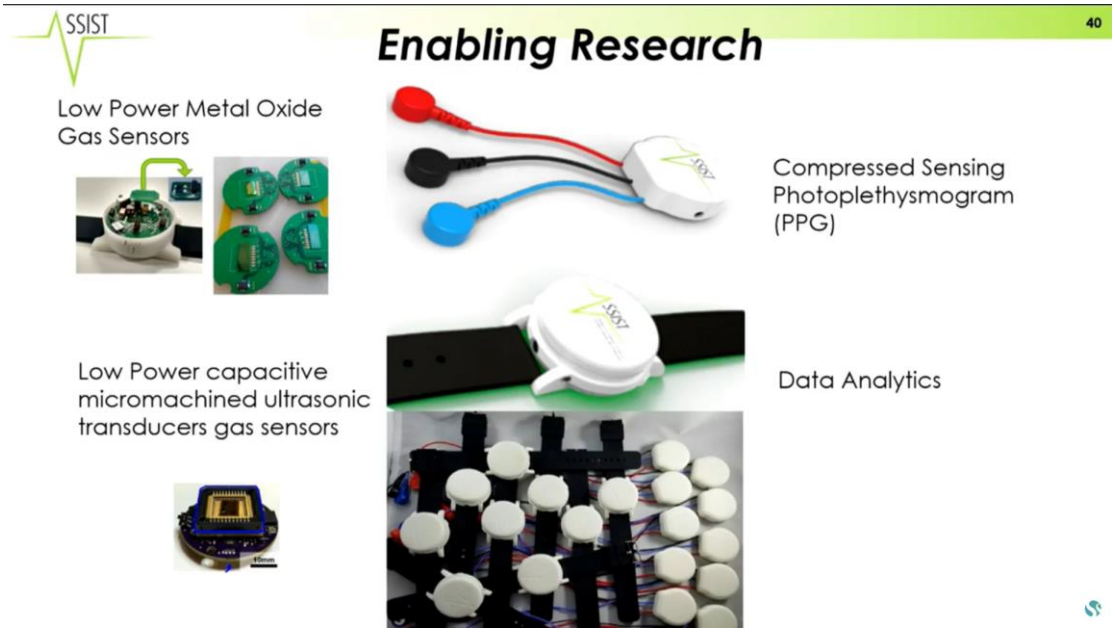


圖 7-55、健康跟蹤設備的原型(ASSIST)，其針對心律、溫度、臭氧等量測

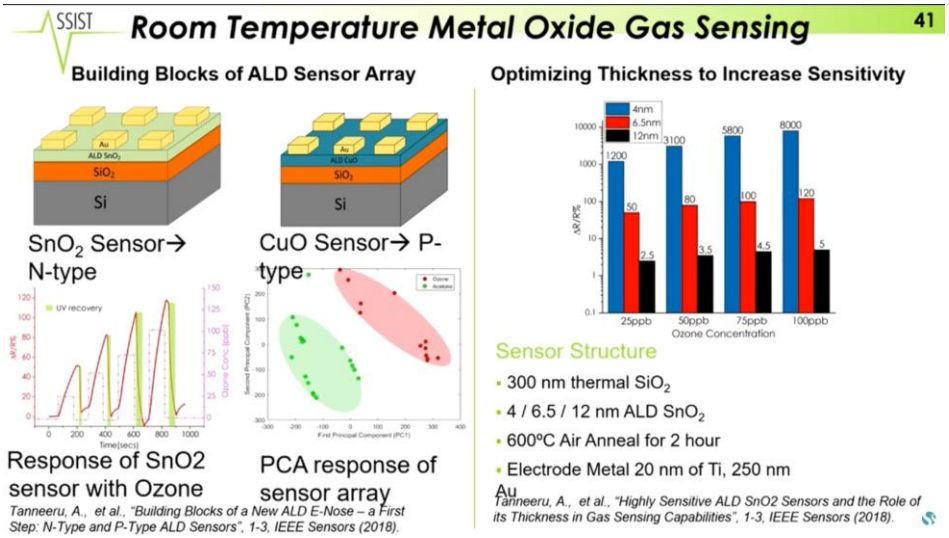


圖 7-56、金屬氧化物臭氧氣體感測器製程介紹

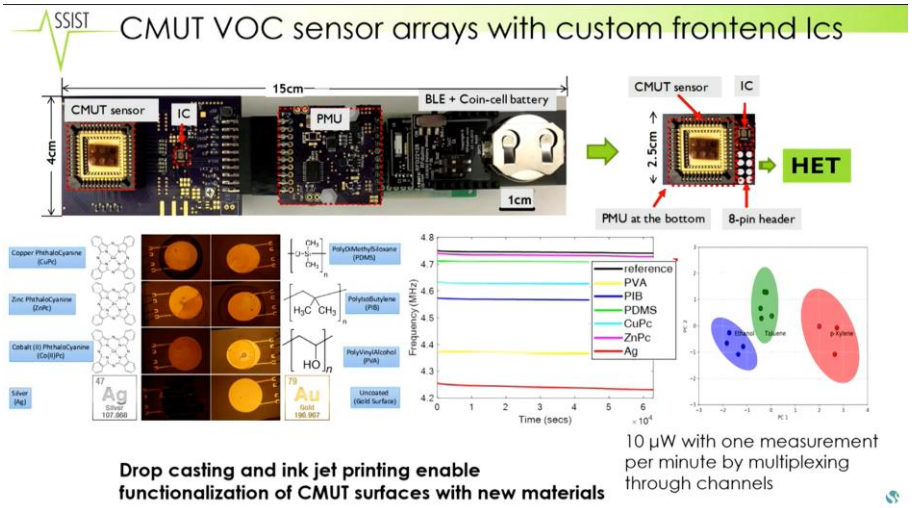


圖 7-57、VOC 氣體感測器製程介紹

4. 在化學、電化學和氣體感測器之研討會論壇方面，主要介紹氣體感測器相關的主題，其主要著重在半導體氣體感測材料開發、LSPR、HEMT、UVC 等氣體感測器與感測器之最佳化與整合應用。例如 Balaadithya Uppalapati 學者利用氮化鎵(GaN)的可逆懸臂，用於 VOC 氣體感測上。如下圖所示，該氮化鎵(GaN)的可逆懸臂可用於感測丙酮、甲醇、異丙醇等氣體。

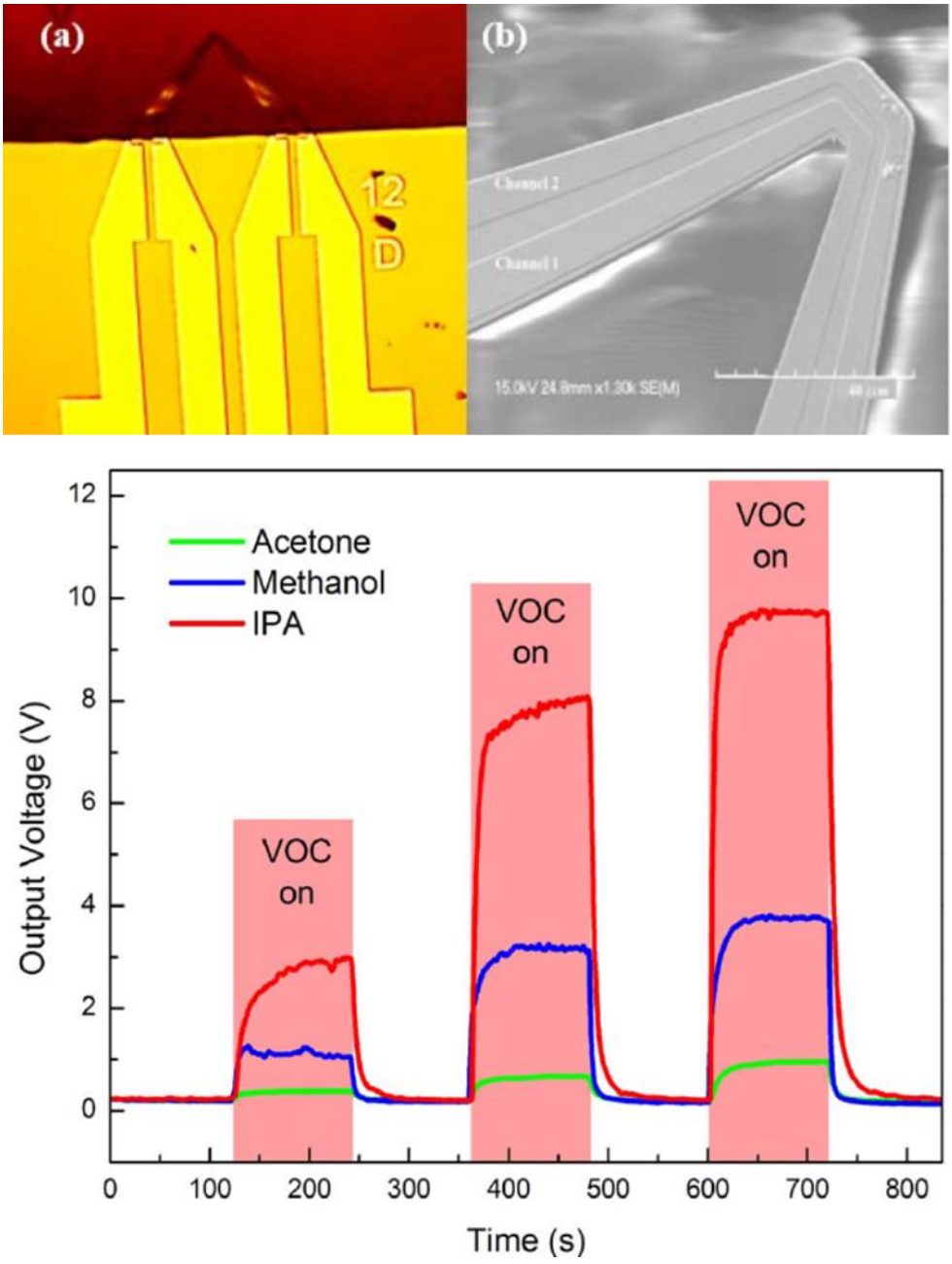


圖 7-58、基於氮化鎵 GaN 的 VOC 氣體感測

Ajay Beniwal, Sunny 學者也發表了室溫型超低濃度氨氣感測器，其原理為利用紫外線(UV)光來處理溶膠-凝膠合成的 SnO_2-Polypyrrole，其合成材料能針對(0.1 ppm - 10 ppm)的氨氣進行感測，由於在紫外線照射後會產生了額外的電子-電洞對，這可能在感測回覆 recovery 過程中支持 Polypyrrole 的氮質子化。

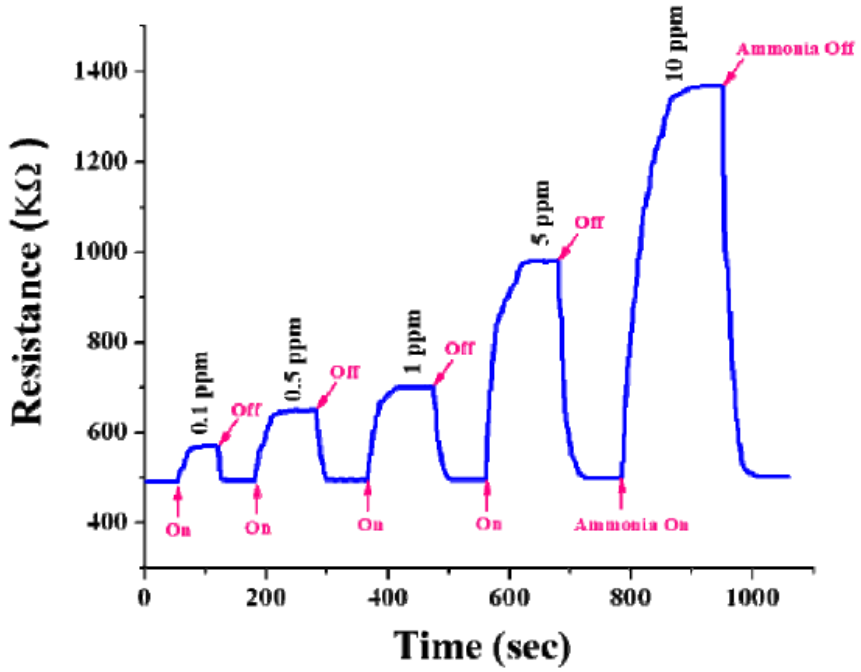


圖 7-59、針對 0.1 ppm - 10 ppm 氨氣濃度，室溫型氨氣感測器其電阻對時間作圖

Hironori Wakana 學者則發表了一種便攜式酒精檢測系統原型機，該系統中使用的感測器能夠從人的呼吸中區分出飽和水蒸氣和代謝物，同時準確測量呼吸進入檢測器的駕駛員的酒精含量，如圖 7-60 及圖 7-61 所示。

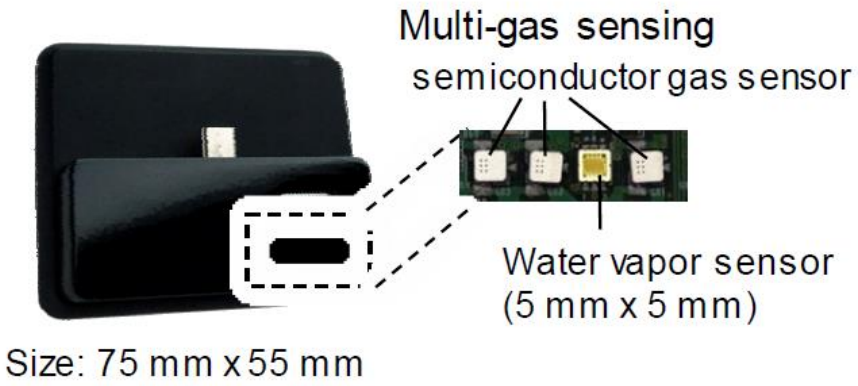


圖 7-60、便攜式酒精檢測系統原型機

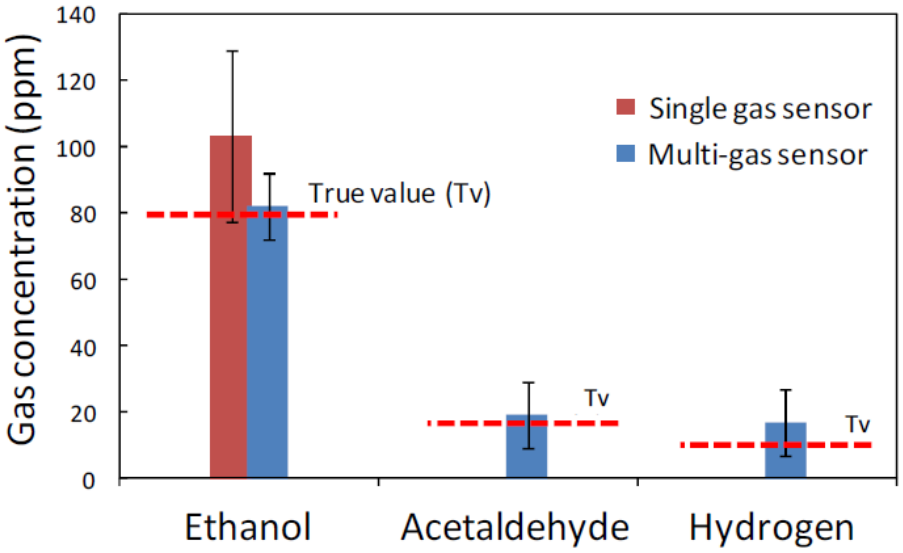


圖 7-61、便攜式酒精檢測系統原型機能準確測量駕駛員口中的酒精含量

Yasuhiro Kusuda 學者開發出一種氣味機器人來尋找氣體源，目前感測器的響應速度已成為使用化學物質信息推廣氣味機器人的主要限制。在這項研究中，Yasuhiro Kusuda 開發了一種配備兩個 LSPR（局域表面等離子體共振）氣體感測器模塊的機器人，該模塊可以快速響應 25 Hz 以上的高速氣體分子，並設置了一種特定算法來跟踪地面環境中看不見的氣味線。該研究的案例中是用乙醇來當作示範立，如**圖 7-62** 及**圖 7-63** 所示。

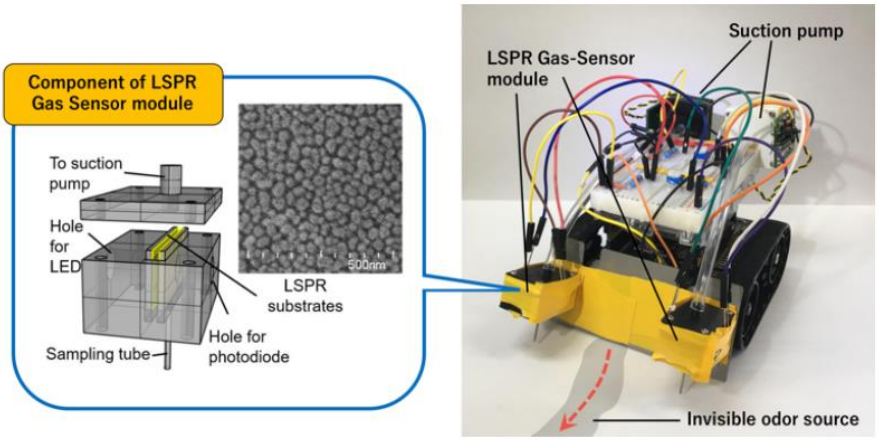


圖 7-62、氣味偵測機器人

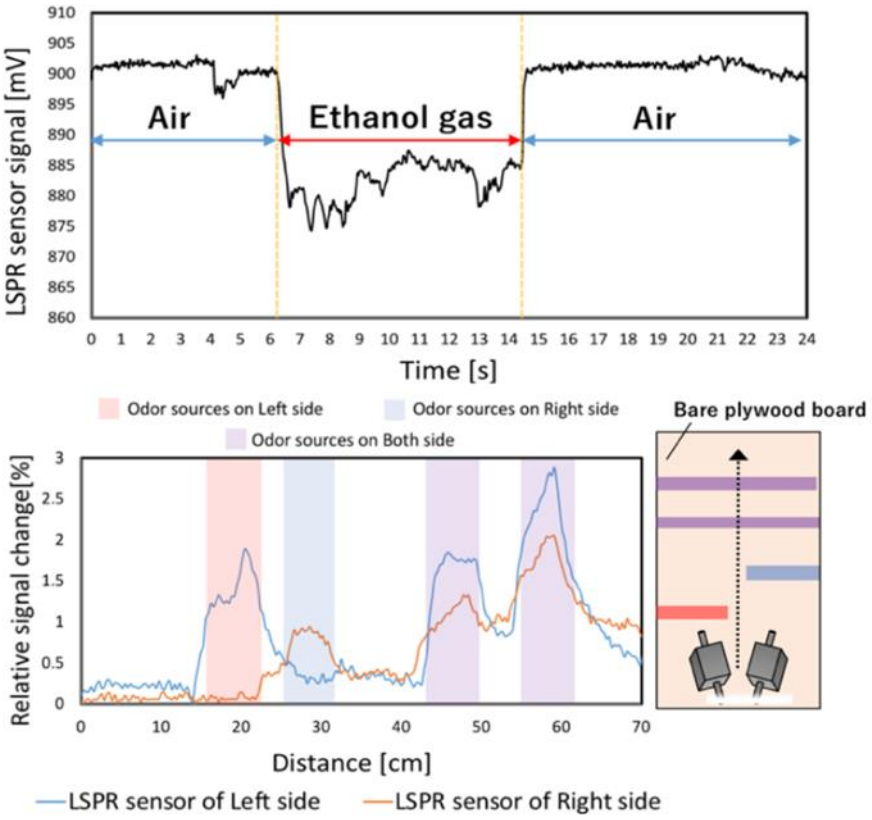


圖 7-63、氣味偵測機器人根據地面上的乙醇進行路徑辨別

7.9、規劃及辦理大型研討會議或交流會議或展覽

一、工作內容：

有鑑於環保署近幾年空氣品質感測器技術日益成熟，以及資通訊技術突飛猛進，期藉由最新物聯網科技，將我國空氣品質監測體系朝網網相連的多階層全國空氣品質監測體系規劃，亦可為配合智慧城市發展之一環。此外，本團隊今年度配合 108 年資訊月的環保署展覽，共同呈現環境物聯網的整體應用，透過相關產、官、學研之展覽，期能推廣環境空氣品質物聯網成效，擴大生活需求、環境改善及未來應用服務趨勢。此外，物聯網發展初期產業著重技術布局及產業生態建構，期望促使新商業模式出現，因此配合臺北資訊月展覽期間擇一日辦理產業媒合及成果發表會，將分享環境物聯網與產業應用趨勢，協助業者了解國際發展趨勢及潛力市場分析等，同時邀請研發團隊專家群，說明目前國產感測器（空氣、水質..等） 研發

能量與現況，期望藉由舉辦技術研發成果說明會，推廣並促成產業橋接及跨域技術的整合機會，同時協助業者布局國際環境物聯網之商機。以下為今年度辦理相關展覽及研討會進行詳細說明。

二、工作執行方法

本團隊基於去(107)年執行環境物聯網推動專案計畫辦理產、官、學研之成果發表及記者會，今年度期望透過更多的展覽與宣導，惟能因應環保署持續推廣環境空氣品質物聯網，能更加宣傳我國家發展國產化空氣品質感測元件經驗，協助推動相關產業創新參考，以及宣傳我國短中長期全方位環境感測物聯網發展布建方案，將擴大配合參與物聯網宣導展覽，以展現我國在環境物聯網工作上的努力與成效。

三、執行成果：

(一) 臺灣國際智慧物聯網應用展

本團隊已與中華民國對外貿易協會所辦理的臺灣國際智慧物聯網應用展(Smart Iot Taiwan)配合展出，本應用展為中華民國對外貿易發展協會每年辦理的高峰論壇暨展覽，於 2019 年 8 月 21 日(三)~23 日(五)假高雄展覽館辦理，在展覽部分，主要內容如圖 7-64 所示。此應用展會場上將會有許多來自國內與國際之業者（買家），而且今年會針對環境感測物聯網之類別，貿協也邀請相關國際業者來訪，對於國內物聯網產業推動是一項助益，藉由國際級展覽，協助國內空品物聯網業者增加曝光度與媒合買主促成商機，並增加輸出國際機會促成合作或訂單之機會，這次有臺灣晶技的 $PM_{2.5}$ 感測模組，大同/福華電子光學式 $PM_{2.5}$ 感測器，臺灣固網/經昌車電室外型 $PM_{2.5}$ 感測器及區域空品預析與防治建議服務系統參與本次展覽。本次展覽有國內 SI、風扇、顯示看板、感測模組等業者；國外廠商 8 家（多為系統整合商），ABIDEAL（日本感測模組）、Tecser（阿根廷系統整合商）、Adevcom（智利系統整合商）、Arcelik （土耳其家電製造商）、Kentkart （土耳其系統整合商）、Sains（馬來西亞系統整合商）、Tecser（香港嵌入式系統）等。而 Sain 公司 Director 於 108 年 8 月 22 日回信表示將會分享臺灣經驗給國務院(relevant State Departments)。本團隊亦持續追蹤後續洽談狀況，並提供相關政府資源資訊予臺灣業者。整體展示現況如圖 7-65 所示。



圖 7-64、Smart Iot Taiwan 2019 臺灣國際智慧物聯網應用展



圖 7-65、臺灣國際智慧物聯網應用展實況

(二) 環境物聯網感測器的華麗變身記者會

因應 108 資訊月的辦理，本計畫於 12 月 2 日辦理環境物聯網感測器的華麗變身記者會圖 7-66，說明環保署為拓展智慧化環境治理新領域，在行政院的支持下，偕同科技部、經濟部研發包含 $PM_{2.5}$、NO_2、O_3、CO 及 AQI 等 8 項空污感測元件，已陸續布建至我國環境物聯網系統，協助本署智慧環境的發展。因應國人對水環境安全的迫切需求，環保署陸續完成酸鹼值(pH)、導電度(EC)、溫度、化學需氧量(COD)、懸浮固體(SS)、銅離子等 7 項水污感測元件的研發，並發展出固定式、手持式、浮動式與錨定式等水質監測系統，全面啟動水質物聯網智慧連續監測新時代。並說明環保署為展現新世代的環境治理新利器，定於今(108)

年 12 月 4 日起，分別在臺北、臺中、臺南、高雄資訊月舉辦為期 1 個月以「智雲相聯解密環境」為宗旨，帶領民眾瞭解環保署如何將新穎的智慧科技技術，運用在多項環境保護、管理及科技執法等業務。並於 12 月 5 日假臺北世貿展覽館 1 館 2 樓第 4 會議室辦理「2019 環境物聯網產業媒合暨創新研發成果發表會」，歡迎有興趣瞭解國內外最新趨勢與研發技術的產、官、學、研及民眾參與，共同開創我國環境感測物聯網產業創新的願景。



圖 7-66、環境物聯網感測器的華麗變身記者會現況

(三) 2019 年資訊月政府館

此外，本團隊今年度配合參與 2019 年資訊月政府館展出，其資訊月是臺灣最大型的消費性電子展，也是資訊教育的重要舞台。而資訊月結合產官學界舉辦全國性的活動，使資訊教育深植臺灣每一個角落，其活動巡迴臺北市、臺中市、臺南市、高雄市四區，長達 1 個月的展出，目前本計畫以臺北場展出為本計畫年度產出，並因應巡迴展的展出也配合相關單位需求進行現場協助，本展覽期望成功將萬物聯網的進步成果展現至全國民眾眼前，進而引領全民邁向智慧生活、享

受資訊科技帶來的便利與活力。

本次政府館展區規劃除涵蓋國產化研發產品外，亦納入環保署「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」群及擬邀「空品物聯網產業開展計畫」各部會團隊之計畫成果共同展出，以情境模擬展示研發成果、布建成果、智慧化平台及未來應用，整體面向詳如下說明：

1. 國產化感測研發：針對目前國產化元件開發進行展示，並配合產業媒合及成果發表會舉辦，介紹我國在空氣品質及水質感測元件國產化研發成果，剖析研發感測元件之關鍵技術與競爭優勢，提升業界對於國產化元件的信心及技術轉移的興趣，達成促進未來產業開展及整體服務輸出之目標。
2. 空品布建及執法網應用：目前環保署已於布建超過 6,000 點空氣品質感測器進行空品監測，提供民眾生活周遭空氣品質資訊，並有效運用於污染熱區分析及智慧稽查為基礎，讓污染無所遁形。並搭配 Air 空氣網的空氣品質感測器資料，結合多尺度空間地理資訊系統與空品查詢監控介面，採用資料視覺化技術(Data Visualization)與適地性服務(Location-Based Service)，設計圖像化的儀表板與互動地圖，提供即時查閱環境資訊以及主動預警通知功能。
3. AR/VR 實境體驗：透過 CameoGeo，可串流即時空氣監測物聯網 IoT 感測數據資料、氣象風場資料，結合 GIS 地圖、三維度的數據、AI 人工智慧服務，透過創新的呈現方式以及擴增實境(AR)、混合實境(MR)的功能，輔助環保稽查人員、民眾透過新型態的資料視覺化方式，觀察分析空氣品質數據。
4. 物聯網的未來創新應用：將展示出移動感測器應用及噪音陣列式感測器的結合應用。

為期五天的臺北場資訊月展覽，擴大國內外產官學研對於國產化研發技術、環境物聯網資訊平台、智慧化應用服務及未來產業運用技術之認識，同時向國內民眾展示環保署目前環境感測物聯網之布建成果及智慧治理效益，以傳達目前落實環境物聯網之推動及效益，相關展區及現場狀況如圖 7-67 及圖 7-68 所示。













圖 7-67、2019 資訊月展區規劃





圖 7-68、2019 資訊月實況

(三) 2019 環境物聯網產業媒合暨創新研發成果發表會

本團隊搭配 108 年資訊月臺北展覽並於展覽期間擇一日辦理 2019 環境物聯網產業媒合暨創新研發成果發表會，藉由展出國產感測元件及相關空水 IOT 應用，本次產業媒合及成果發表會將分享環境物聯網與產業應用趨勢，協助業者了解國際發展趨勢及潛力市場分析等，同時邀請研發團隊專家群，說明目前國產感測器（空氣、水質..等）研發能量與現況，期望藉由舉辦技術研發成果說明

會，推廣並促成產業橋接及跨域技術的整合機會，同時協助業者布局國際環境物聯網之商機。詳細說明如下：

1.辦理說明：

依據行政院「數位國家創新經濟發展方案（106 至 114 年）」（簡稱 DIGI+）特別擘劃網路社會數位政府行動計畫，落實各級政府資料治理，積極發展 IoT 及 AI 智慧產業，創造物聯網及智慧應用的研發。為了強化對環境領域的加值應用，由國家前瞻基礎建設計畫-數位建設下之民生公共物聯網計畫支持，研發多項國產環境品質感測元件，強化國內自有技術能量，並透過實地場域測試及驗證，同時橋接產業生態鏈，期望整合開展環境物聯網跨域應用，成功輸出國際。

2.時間與地點：

A.時間：108 年 12 月 5 日(四)上午 9:00~下午 3:30

B.地點：臺北世貿展覽館 1 館 2 樓第 4 會議室(臺北市信義區信義路五段 5 號)

3.主辦單位/協辦單位/執行單位：行政院環境保護署/科技部、經濟部/工業技術研究院

4.議程規劃及講者名單如下：

時間	議程
09：00 -09：30	**報到**
09：30 -09：50	**貴賓致詞 (環保署長官、工研院長官)**
09：50 -10：20	**物聯網感測應用趨勢分析** 講者：工研院產科國際所 謝孟玹 資深產業分析師
10：20 -10：50	**研發成果移轉合作模式說明** 講者：工研院綠能所企劃組 彭國樑經理
10：50 -11：00	**茶敘/Tea Break**

時間	議程
11：00-12：15	**國產空氣品質感測元件研發成果暨技轉說明** 主持人：工研院綠能所 蔡振球 特助 • **電子衝擊式 $PM_{2.5}$ 感測元件：(15 mins)** - 講者：行政院環保署計畫 / 工研院綠能所 陳姿名博士 • **電化學式臭氧(O_3)感測元件：(15 mins)** - 講者：行政院環保署計畫 / 工研院綠能所 劉丞偉博士 • **二氧化氮(NO_2)感測元件：(15 mins)** - 講者：行政院環保署計畫 / 工研院材化所 陳一誠博士 • **光學式 $PM_{2.5}$ 感測模組：(15 mins)** - 講者：經濟部技術處計畫/ 工研院微系統中心 陳志仁經理 • **一氧化碳(CO)感測元件：(15 mins)** - 講者：經濟部技術處計畫 / 工研院微系統中心 羅英哲副組長
12：15 - 13：30	**午餐/媒合討論**
13：30 - 14：30	**AQI 氣體感測元件創新研發 (60 mins)** • **薄膜式 NO_2 氣體感測器** - 講者：科技部工程司計畫 /清華大學材料工程系 林鶴南教授 • **工廠煙道環境之即時光學空氣品質(NO_2)監測系統** - 講者：科技部工程司計畫 /南臺科技大學 電子工程系 邱裕中教授 • **高靈敏度 SO_2 和 NO_2 晶片氣體感測器** 講者：科技部工程司計畫 /高雄科技大學 電子工程系 薛丁仁教授
14：30-14：50	**茶敘/媒合討論**
14：50-15：10	**水質感測元件創新研發 (20 mins)** 講者：行政院環保署計畫 / 工研院材化所 王榮豪博士
15：10-15：30	**綜合討論及廠商媒合** • **環境物聯網之潛在商機** **技轉合作討論與廠商媒合**
15:30-	**會後交流 & 賦歸**

4.執行成果：

本次辦理 2019 環境物聯網產業媒合暨創新研發成果發表會，會於 12 月 5 日熱鬧登場，成果發表會當日出席人員含環保署、長官及同仁、行政院科技會報辦公室、經濟部工業局、科技部等相關人員、工研院綠能所副所長及各所代表、業者單位 30 家及學術單位，總計共 80 人，其會議實況如圖 7-69 所示。

環保署表示，近年來氣候變遷與自然災害帶來的影響日趨嚴重，隨著全球經濟的快速發展，全世界正面臨過度「城市化」的挑戰，引發國際對環境永續發展的重視。為了收集在地環境資訊，強化智慧城市治理，各國對於環境物聯網相關技術需求急遽增加。而除了智慧環境治理應用外，部分國家亦將環境物聯網投入智慧居家、智慧醫療、智慧工廠、智慧農業等跨域加值應用，顯見其潛藏可觀市場與商機。國內在各級政府單位積極推動下，已逐漸形成環境物聯網之新創產業生態鏈，目前超過 50 家企業公司積極合作，投入國內布建及應用市場，並朝向印度、越南、韓國、印尼等國家整體輸出。

有鑑於此，本發表會將透過環境物聯網與產業應用趨勢分享，協助廠商了解全球物聯網產業發展脈絡與趨勢，及早布局國際商機，並促成國產化感測設備之技術移轉及授權，提升國內廠商之技術量能，以期達成國產化技術整體輸出之目標。







圖 7-69、2019 環境物聯網產業媒合暨創新研發成果發表會實況

(三) 臺中科學博物館環境物聯網展

為了將建構民生公共物聯網計畫之分項一(環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫)、分項二(空品物聯網產業發展計畫)自 106 年迄今執行成果，展示予一般民眾，建構民生公共物聯網計畫推動小組規劃於今年 11 月假臺中國立自然科學博物館展示一系列成果。因此自今年 5 月起，專案辦公室積極配合，並協助辦理展前相關工作，包含展示卡、文案內容提供、聯繫收集感測器/模組、跨部會之間溝通協調以及和科博館策展單位討論展示方式等。而歷時半年多，由推動小組、環保署、經濟部、科技部、中研院、學術界、環保團體、專案辦公室共同努力下，已於今年 108 年 12 月 11 日正式開幕，展覽主題定為：《網住好空氣：民生公共物聯網主題特展》，由科博館館長孫維新主持開幕式，建構民生公共物聯網計畫推動小組召集人呂忠津教授、國立中興大學工學院副院長莊秉潔教授、臺灣健康空氣行動聯盟執行長楊澤民博士、主婦聯盟臺中分會許心欣副會長等出席致詞，將展示至 109 年 6 月 7 日。

此特展主辦單位為主辦單位：國立自然科學博物館、建構民生公共物聯網計畫推動小組；協辦單位包含：行政院環境保護署、科技部、經濟部、中央研究院、國家實驗研究院國家高速網路與計算中心、國立中興大學、主婦聯盟臺中分會、臺灣健康空氣行動聯盟、社團法人彰化環境保護聯盟、臺中市原鄉文化協會。顧問群則有：國立中興大學環境工程學系 莊秉潔 教授兼工學院副院長、國立臺灣大學公共衛生學系 詹長權 教授兼公衛學院院長、國立交通大學環境工程研究所

白曛綾 教授、中央研究院資訊科學研究所 陳伶志 研究員兼資訊處處長、中央研究院環境變遷研究中心 周崇光 研究員兼副主任、工業技術研究院智慧微系統科技中心 王俊堯 研發組長、工研院綠能所 陳范倫 經理 (環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫主持人)、工研院電光所 戴熒美 資深研究員、國家實驗研究院儀器科技研究中心 蕭文澤 研究員、國家實驗研究院國家高速網路與計算中心 游輝宏 副研究員、彰化基督教醫院婦產科 葉光芃 主治醫師、臺灣健康空氣行動聯盟 楊澤民 執行長、主婦聯盟臺中分會 許心欣 副會長、社團法人彰化環境保護聯盟 施月英 總幹事、亞洲大學數位媒體設計學系 林家安 系主任、臺中市原鄉文化協會 江慶洲 總幹事、彰化縣臺西村公民電廠 許震唐 發起人。

展區位於科博館陽光走道，面積約 47 坪 / 150 平方米，共分為四區(如圖 7-70、圖 7-71 所示)：

A. 空氣的再現：看到空污的千里眼

推廣空氣網：「空氣網」的內容集結了我國空氣監測的尖端研究成果，包含多種有害空氣在空間和時間中的分布、氣候和地形條件、污染潛勢地點的揭露、及高密度的感測器布建等等，構成資訊相當完整的網站。此網站結合多種空氣品質相關數據，以活潑的視覺方式，呈現空氣品質的過去、現在及未來。本展目的之一，即在推廣這個國家建置的網站，讓民眾學習閱讀空品資訊，發揮宣導，並且讓民眾可依即時中小尺度解析度之空氣品質資訊，採取相對應行動。

B. 如何測量空氣?魯班的困惑

認識空品資訊技術：空氣品質如何，可能不如我們想像中的直截了當。有害物質在空氣中的濃度，隨著不同科學理論與測量方法，數值或多或少有誤差，沒有百分之百的正確（詹長權，2019）。從空氣品質的即時感測、呈現方式、以及未來的預測，答案都不是一定。這也就是說，相關的理論與技術還在競合階段。本展的目的即在介紹這個現象，主要以空品感測器、預報模式兩項，說明不同的監測技術、科學原理、以及其優缺點。

C. 監督我們的空氣：周處除三害

透過物聯網和感測技術，除了在工業區、交通區、社區以及輔助測站區設置固定式微型空污感測器以外，並導入最新移動感測技術，將感測器裝載於車

輛，針對(1)固定污染源、(2)工廠區、(3)移動污染源 進行空氣污染的稽查和管制監測。

D. 我有話要說

展場中設計了多媒體互動影音節目「我有話要說」，民眾可以在現場錄製一段發言影音，在展場中播放。另外也讓民眾可以在網站上留言與發問，展示溝通小組的專家將會回覆民眾提問。另外，也對外招募來自學生、上班族、家庭主婦及退休人士等，共計 90 名關心空氣品質議題的民眾，擔任展場解說員，企圖讓民眾一起思考參與本特展，增加政府與民間的互動溝通。



圖 7-70、特展：網住好空氣之展區介紹



圖 7-71、特展：網住好空氣之展區一覽

四、結論及建議：

針對展覽部分，於臺灣國際智慧物聯網應用展持續追蹤後續洽談狀況，並提供相關政府資源資訊予臺灣業者。就 2019 資訊月部分，秉持著專案管理單位角色，統籌各單位展覽規劃及聯繫事務，並待臺北、臺中、臺南、高雄四場展畢，彙整展出綜合效益給環保署。「民生公共物聯網主題特展：網住好空氣」已於今年 12 月 11 日正式開幕，透過專業展覽之科博館團隊，用科學的方式公正、客觀的呈現問題與事實，也讓更多民眾瞭解政府在監測空污、改善空污的作為與成果；此外該展覽藉由互動設計和添加跨域元素，拉近與民眾之距離，例如：(1)展區設置多個大型螢幕，輪播介紹影片，並呈現環保署空氣網網站、(2)設置互動裝置：民眾可透過按鈕通入或移除 CO 氣體、煙霧，讓感測器數值變化、(3)融入漢人傳統故事或神話主題：千里眼、魯班、周處，讓展覽更添生動、(4)導入最新熱門相關時事：「號召全球對抗氣候變遷的瑞典少女 Greta Thunberg 」(5)設置意見回饋區：設置專用電腦，可供參觀民眾輸入問題或建議，會彙整至推動小組、(6)添加藝術元素：展區擺放藝術家創作品。

7.10、專案辦公室配合協助整合部會及地方政府之行政事務

本專案辦公室內目前配置 5 名人員（1 人擔任專案辦公室管理人，另 4 人為專案研究人員），專案辦公室人員配置及工作內容說明如表 7-20 所示。以空品物聯網產業開展計畫各項工作為核心，整合、聯繫、協調各部會計畫事宜，整合地方政府之行政及管理，並彙整進度及成果資料，定期提出進度報告、召開會議。主要任務除例行性工作，依據各計畫間橫向之聯繫及各計畫執行績效追蹤管考等工作外，另外配合行政院及環保署執行重要績效目標之縱向整合，並提供機動性及時效性之諮詢與政策建議，以及臨時交辦事項處理。

表 7-20、專案辦公室人員配置及工作內容說明表

姓名	主責	學經歷
王順輝	• 產業分析 • 專案計畫管理	成功大學材料科學與工程博士(肄業) 東華大學材料科學與工程碩士
林惠娟	• 資料統計分析 • 專案計畫管理	雲林科技大學 企業管理系學士

姓名	主責	學經歷
陳重叡	• 產業行銷 • 綠色貿易輔導 • 綠色產業分析	逢甲大學環境工程與科學系碩士
呂秀月	• 策展活動規劃 • 綠色貿易輔導 • 專案計畫管理	屏東科技大學環境工程與科學系碩士
陳嘉惠	• 空間分析 • 決策系統 • 數值地形分析	臺灣師範大學地理學系碩士

第 8 章 、結論與建議

8.1、結論

本(108)年度計畫執行已達成期末報告查核點要求，各工作項目的工作成果如下：

一、 評估國內外物聯網現況：

1. 歐盟(UN)以挪威研究機構 NILU 主導之 iFLINK (2019-2021)計畫，未來重點工作以優化維運及校正環境物聯網來節省維運人力資源、利用 AI 及機械學習來找出”錯誤資料”及線上校正(real-time calibration)、結合大氣擴散模式進行資料融合。美國(USA)加州 SC-AQMD 及 AQ-SPEC 積極展開以移動監測技術、定點監控技術、環境空氣品質標準的參考方法、衛星監測、資料融合方法來展開新世代微型空氣品質感測技術研發。韓國於 2019 年起規畫在工業區、社區及校園布建至少 4 萬點空氣品質感測器，擬定 4 級空品感測數據品質應用情境，其最高等級的感測數據準確度與精確度要求已高於臺灣的發展。日本將物聯網視作大數據(Big data)的延伸，對物聯網時代加值服務的剖析可在資訊搜尋上著手，透過智慧城市議題走向商業及商業到用戶模式，提升民眾對周遭環境資訊與健康生活的安排整合。
2. 以既有布建感測器點位所發生之污染事件頻率進行最適化規模布建發現，高污染事件發生之區位皆屬於工業區或鄰近工業區之社區，運用污染事件發生頻率評估感測器設置需求可以做為布建點位之必要性參考。
3. 為避免發布於公眾平台之感測數據誤導民眾，將持續透過媒體及相關平台業者，持續蒐集全國業者、地方政府、校園之空氣品質感測器自主布建策略、布建點、規格及其進度，以掌握國內布建現況。
4. 針對相關論文與技術報告主要以感測元件研發、感測元件認驗證體系、感測數據傳輸、感測數據 QA/QC、物聯網優化布建及數據分析應用等方向進行蒐集及研析，同時也是以此方向發表我國推動成果及創新發現的相關論文，擴大國際能見度，據以協助我國產業發展。

二、 建立感測數據智慧判讀及應用機制：

1. 本計畫透過大數據分析感測器群體變異性，篩選出異常感測器，提供巡檢單位進行查核或提供廠商進行維修。也可透過數據分析運用感測數據的時間變異與空間變異，挖掘環境異常特徵，解析污染熱區與時間熱點，提供環保單位追查不法污染。環保署在感測數據管理主要區分為設備異常及環境異常二部分，設備異常管理隸屬感測設備數據管理平台(IOT)計畫執行，環境異常管理隸屬資料分析應用平台(WOT)計畫執行，本計畫主要是應用上述兩個平台，協助環保單位釐清設備異常與環境異常之事件，並建立 PDCA 管控機制，落實推動與管理整體環境感測物聯網之執行成效。
2. 針對全國、空品區、縣市以及 4 大布建區域進行個別的空污感測器數據分析，其結果顯示越是大尺度的觀察，其空污感測器之數據越會趨近於環保署標準監測站之濃度變化趨勢，而依據上述 108 年 1~10 月各縣市的 $PM_{2.5}$ 污染物濃度變化圖，可以簡易的了解全區域的感測器數據變化與環保署標準監測站的結果無顯著的差異，表示整體數據趨勢變化是受到大環境的污染影響，少部分受感測器布建位置所影響。
3. 環境感測事件中心運用大數據分析及 AI 機器學習解析感測數據異常事件，找出新竹縣感測數據重複出現之異常現象，也發現高雄市感測數據設定上限之行為，後續皆請環保局依合約對維運廠商進行裁罰。可有效強化設備商維運機制，並協助環保局掌握設備之狀況，提升完整率與設備準確性。針對環境異常事件除定期發高污染事件告警外，計畫團隊透過提供每月統計高污染熱點、分析污染熱區及污染時間熱點，匡列可疑排放污染名單提供機關或環保稽查單位參考，列為可能高污染源之佐證與協助環境稽查。
4. 本計畫針對今(108)年所蒐集到的大型污染事件繪製成時間軸，可協助了解各污染事件發生的時間及地點，並透過成功案例的建立，納入機器學習之訓練資料。
5. 今年度智慧校驗模式以包含校驗群集劃分與標準站匹配模式、簡單線性及多元線性迴歸校驗模式、神經網路 Artificial Neural Network (ANN)校驗模式，以臺中地區為例，感測器與國家測站相關性可區分為沙鹿群集與忠明群集，校正之成果發現 $PM_{2.5}$ 濃度與環境濕度對校正結果影響最大，神經網路模型

比多元線性回歸模型校正成果好，後續可再細分空間優化校正模型，能對感測器進行數據偏移修正，縮小數據偏差，提升感測器使用效率。

6. 在獲得龐大的高時空解析空氣品質感測數據後，運用感測數據智慧判讀解析感測器異常、大環境變異或空氣污染徵兆下，具體應用機制包含回饋感測設備的維護管理，據以提升感測數據的服務品質，以及針對發現污染熱區、污染時間熱點及可疑排放污染名單，應即時提供機關或環保稽查單位參考。
7. 與國家測站相距較遠的感測器布建區，因缺乏國家站的標準數據進行比對，建議可配置標準站的替代儀器，例如長期與國家站平行比對且精確度與相關性達一定標準的感測設備，來進行地域性的校驗模式效能驗證，據以建立感測器與標準監測站、巡檢儀器、平行比對感測器等相關參數對應關係，協助監控感測器偏移狀況，透過模式分析篩選出必須實施現場巡檢之感測器，進行維護保養，建置智慧化巡檢校驗機制。
8. 環境執法的成敗需仰賴稽查人員深度查核能力之養成，感測數據分析僅能提供間接證據，尚需包含科技化工具應用、各行業生產製程及污染防治專業知識、執行力與學習力，花費長久時間，而環保犯罪案件之蒐證，通常需要長時間利用稽查或偵察手段始能完成，蒐證後仍須檢察官協助取得資金流資料，才能將不法業者繩之以法，蒐證過程中，經常需要尋求跨領域專家學者或機構協助，再加上檢察機關與警政單位之合作，無法在短時間內獲致成果。故建立各項標準作業程序以利建立回饋資料庫確有必要，並透過滾動式修正，持續優化環境治理系統，達成強化智慧化環智執法之目標。

三、 精進國產化空氣感測元件研發技術：

1. 本年度國產化 $PM_{2.5}$ 感測元件已完成小型化工作、小型試量產及測試。原型機測試結果與新竹測站比對，相關係數 R^2 為 0.66，顯示尚有改善空間。在實際濃度低於 10 $\mu g/m^3$ 時，ITRI sensor 則有高估之情形。在實際濃度 15~60 $\mu g/m^3$ 時，則 ITRI sensor 與測站數據之吻合度較高。
2. 完成 O_3 感測元件新版原型機設計與製作，元件機構組件包括元件上蓋、元件下蓋、壓模組件、電解液槽上蓋、電解液槽下蓋、電解液槽封蓋等工件所組成，另外其它組件部分也包括了電極接腳、電極導線等，本計畫利用超音波

霧化精密塗膜技術來使電極材料均勻地塗佈於疏水薄膜上，使電子通導能在薄膜上快速進行，增進感測元件之靈敏度與穩定性。O_3 偵測極限測試結果顯示感測電流與臭氧濃度趨勢相符合，元件模組的最低偵測極限為 20ppb，線性區間 O_3 0~150 ppb，R^2 >0.7。O_3 感測元件選擇性量測顯示感測元件不受 SO_2、NO 與 CO 混合氣體干擾。感測元件於 50 ppb O_3 濃度之精確度(precision) < 30 %。

3. NO_2 感測元件將電路板模組體積縮小 1/3~1/2，改良NO_2 感測元件與光驅動 LED 裸晶元件共封裝設計與光電複合驅動之整合模組，提升 NO_2 感測能力與穩定性，電路模組結合溫濕度補償修正，導入演算法訊號處理提高穩定性與判別，電子數位化 QA/QC 管理模組遠端參數設定操控與零組件狀態紀錄。以 10 套模組 Rs/Ro 感度指標訊號趨勢圖比較結果，NO_2 感測原型機與鄰近環保署標準監測站時間濃度比較，模組間感測訊號趨勢符合一致性。感測模組場域測試三個月分析相關性 R^2 分析發現採樣材質提升與模組定期校正清理，感測元件並無顯著衰減。
4. 針對空氣污染物感測技術進行資料蒐集及分析，未來國內因應環境品質及工安需求之前提下，可國產化之空氣品質感測元件以懸浮微粒(PM)、NOx 及酸氣等之需求較為迫切。

四、 整合環境感測物聯網執行成果並擴大驗證：

1. 1.國內外布建涵蓋目標以越南河內市為主，收集越南既有之空氣污染特性、環境監測現況及感測物聯網基礎，分析優先布建城市及情境以河內市及工業區為主軸。透過邀約越南政府中央單位（環境資源部、環境總局監測中心、環保信息技術數據局）及地方政府、業者來台交流、訓練並實地現勘臺灣布建場域現況。
2. 完成 100 台空污微型感測器(測項為 $PM_{2.5}$、溫度、濕度)，並於標準監測站完成一致性比對。已協調越南政府研擬布建區域及地點，依布建需求由越南政府提供布建所需之用地、用電及通訊網路服務，並實施布建城市附近之國家空品監測站進行平行比對，據以建立校正模式。

3. 國外布建之重點關鍵須具備布建點位用地許可、電力供應及通訊網路服務，實際布建及維運應由臺灣業者與當地業者合作執行為嘉。感測數據應同時上傳至環保署環境感測資料中心與當地政府指定網址，據以符合資料同步、資訊共享之目的。期望藉由完成國外布建感測器之成功案例，做為應用服務推廣至全球之跳板，擴大我國環境品質感測物聯網產業推動成效，逐步落實驅動產業的目標。
3. 50 點機動感測器的重點應用以移動式感測的測試為主，由於以感測器量測汽機車排放污染物 $PM_{2.5}$ 有具體的反應，後續將評估將感測器裝設於車輛上，進行移動性的量測測試，據以評估針對都會區的交通污染進行量測與分析，團隊完成臺灣大道、臺中工業區以及臺中港規劃總長 30 公里的路線進行多次來回的測試，初步克服風速及對感測器數據的影響，並同步進行驗證分析。
4. 協助環保署「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」下各分項計畫、工作提案研析修正及意見，並就執行情形進度管理追蹤及問題分析，提出彙整及進度報告，以基礎建構、整合布建、資料服務及智慧應用等四大重點，進行進度控管與各計畫間之溝通橋梁。
5. 利用 Google 線上表單蒐集各計畫執行案例以及空氣品質物聯網實際應用案例匯集成故事集，包含感測物聯網成果、社群參與和應用推廣、環境感測小知識、感測展示與分析以及環境感測智慧稽查等五大類，並將不同類別之成果展示給不同的對象。
6. 整合布建感測器數據資料、監測站資料及列管污染源、固定污染源連續監測系統、火點觀測、風向、風速等氣象資料和民眾陳情資料等資訊。持續收集涵蓋土壤污染管制區、地下水污染管制區、環境設施資料(包含如加油站、寺廟、垃圾掩埋場等)、觀光遊憩資料(包含如社區、古蹟、休閒農場、風景區等)、環境機構資料(包含如事業機構及處理再利用機構、公民營廢棄物清除機構、汽機車定檢站等)、民生設施資料(包含如醫療機構、學校、救援及應變單位-消防單位) 及生態資源資料等。
7. 持續蒐集機關推動環境品質感測物聯網目前所遇問題，包含國產化感測元件開發及整合問題、智慧化巡檢數據分析、傳輸資訊與呈現問題等，藉由感測

數據校正諮詢會議及感測數據應用統計專家諮詢會議，協助釐清未來精進方向。

8. 辦理空氣品質認知教育訓練可讓民眾、業者及學校教職員熟悉空氣污染議題與微型感測器的使用及應用限制，提高國民對環境問題或公眾意識和知識，運用互動式活動及視覺化資訊，讓大眾透過網站及 APP 觀看即時數據，來得知所在區域空氣品質變化趨勢。

五、 協助地方政府感測物聯網建置工作：

1. 1.落實管理既有布建完成 3,300 感測器之維運成效，協助監督環保署與環保局之地方合辦新建 4,400 點感測器之數據品質，適時對感測器布建之評估、規劃與執行給予建議，並透過交流會議或研討會，促進公私部門交流及討論布建對策與精進措施。
2. 今(108)年度地方政府合辦布建計畫進度以及 107 年合辦計畫結案進度做定期追蹤，並協助地方政府落實執行合辦計畫。
3. 環保署於今(108)年度與 16 個地方政府合辦空氣品質物聯網布建計畫，合計布建 4,400 個感測器。基於布建選址考量，建立布建點位查核表，分析通訊傳輸優劣，運用機動布建之彈性與即時性，強化輔助稽查效能，強化感測器電力續航力，建議感測器安裝彈性方案，增加風速、風向感測模組，增加氣體採樣模組設計方案。
4. 本團隊已提供查核點 1、2 之審查資料範本給各縣市環保局，已加速查驗請款作業流程，本團隊持續追蹤與收集各環保局所面臨之困難點，提供過去感測器布建經驗供各環保局參考，加速感測器布建與維運進度。
5. 完成感測器應用目的與選址、感測器安裝布建、感測器維運及數據品質管理、感測器狀況異常偵測報修、數據篩選校正及公布、污染偵測及分析判斷、經費編列等 7 項標準作業程序，提供各縣市環保局參考，提升規劃階段、布建階段、維運階段、數據應用及經費編列等作業之執行效率，計畫團隊將持續追蹤各相關單位運用現況進行回饋修正，確保各項標準作業程序之實用性。

六、 專案辦公室強化計畫管考、產業推動、成果效益：

1. 本專案辦公室成立據點於揚昇金融大樓，可快速且即時配合本案之計畫協調與追蹤管考，完成專案辦公室之運作方式及年度目標，持續更新問答集。
2. 透過專案辦公室居中與管考單位的溝通，以及各部會之間的協調等，串聯各分項計畫成果，使得整體計畫能更確實與精準整合相關環境感測物聯網相關資源，同時推動除了智慧環境治理以外之跨域應用，扮演媒合橋梁協助國產感測元件與國內外業者合作。
3. 透過定期參加產業開展計畫各子計畫之月會，不定期訪視部會委辦執行單位或計畫管理單位，如經濟部技術處（工研院微系統中心）、科技部工程司（國研院、中研院）、工業局補助業者（大同公司、福華電子、經昌車電）等，隨時掌握各子計畫之執行狀況，並維持溝通良好關係，了解執行計畫時所遭遇困難與需要協調之處，讓專案辦公室與各部會（包含委辦執行團隊）之間關係更緊密。

4.評估分析國產感測器之研發、測試進度與商品化時程規劃之適當性與合理性，持續督促各執行單位，並提供可能問題預警及解決對策給予環保署，並密切與署內討論，持續更新與滾動式調整。

5. 臺灣終端感測器雖在全球發展仍不如預期，但仍需盡早佈局下一階段的環境建構，如平台分析與整體應用服務，並集中資源於具國際競爭力的環境應用領域。此外建議結合 AI、邊緣運算等新興技術，搭配即將建置的 5G 通訊，加速布局智慧家電、車聯等其他應用領域。
6. 建立物聯網產業聯盟資訊，蒐集國際環境品質感測元件、物聯網應用資訊蒐集及整理業者環境品質物聯網開發情形，建置「臺灣環境物聯網」宣傳網站，運用八大主題「計畫願景」、「布建維運」、「空品小故事」、「公民科學」、「技術產業化」、「空品大小事」、「感測器認驗證」、「參考網站」藉以提升網站豐富度與觀看者的動機與問題解決，同步宣導並教學如何使用相關網站，並提高應用平台的使用率，藉此提供多元稽查管道供稽查人員查看污染事件及民眾陳情案件。
7. 辦理研習會協助稽查人員運用環保署發展之智慧應用分析平台，藉由機器學習及大數據分析，分析可疑污染潛在熱區之時空間特徵，提供給稽查單位進行智慧稽查應用進行。

8. 藉由說明環保署監測 $PM_{2.5}$ 的設備及方法，並介紹微型感測器的原理，據以釐清「國家監測站」、「智慧城鄉感測點」和「學校民間感測器」之間差異與數據意義可讓民眾與環保團體熟悉空氣污染議題與空氣盒子的使用及應用限制。另分享相關科普知識廣宣相關環境物聯網及空品感測知識，以落實宣導。
9. 因應未來空氣品質感測器及物聯網的擴大加值應用，針對智慧居家建築感測應用(內政部建研所)、智慧工安污染監控(勞動部)、智慧車聯應用(交通部運研所)、智慧農業應用(農委會)、醫院或照護單位健康應用(衛福部國健署)等面向進行研析，完成洽談 2 件國內應用場域。
10. 持續蒐集國際物聯網、智慧城市展覽及研討會活動，本計畫參加 2 場次研討會進行參訪並提供研析報告，包含 AQ-SPEC at the Sensors Expo & Conference 2019 以及 IEEE Sensors 2019 的研討會活動，收集涵蓋氣體及煙霧感測、空氣微粒感測、室內空氣品質、場域實驗、污染物來源特徵、暴露與健康、新興技術發展、行動網路技術、資料分析、監控網路設計、年輕人的教育、中低收入國家的需求與展望等資訊。
11. 今(108)年度參與臺灣國際智慧物聯網應用展，並同步執行 2019 年資訊月政府館及臺中科學博物館環境物聯網展之展覽項目，期望透過更多的展覽與宣導，宣傳我國家發展國產化空氣品質感測元件經驗，協助推動相關產業創新參考，以及宣傳我國短中長期全方位環境感測物聯網發展布建方案，藉由擴大參與物聯網宣導展覽，以展現我國在環境物聯網工作上的努力與成效。

8.2、建議

一、 評估國內外物聯網現況：

1. 持續蒐集美國、歐盟推動環境品質物聯網及智慧城市相關技術資訊外，建議增加日本、韓國及其他國家發展趨勢、國際產業分析與市場需求，加重南向國家、東歐市場及先進國家對於環境品質物聯網的市場規模，以利未來我國產業推動與國際接軌，進而研擬我國發展環境品質感測物聯網之具體規劃與建議，提出我國發展策略藍圖。

2. 為掌握交通污染之特性，建議應蒐集都會區車流量資料、對於重要道路、社區及輔助區之布建，應採用均勻布建來規畫，應持續依據實際布建成果進行滾動檢討，透過感測點位效益分析，配合實際布建經驗進行動態調整。

二、 建立感測數據智慧判讀及應用機制：

1. 針對所建立之設備異常以及環境異常判斷的標準作業程序，建議需透過實務驗證與回饋，以確保執行的效能與完整性，建議未來持續提供地方政府之巡檢程序進行確認，以利本團隊建立之 SOP 能發揮實用之真正功能。
2. 感測數據的特性包含各設備模組批量的差異、區域環境的特性及設備衰減老化等影響，數據異常的特徵需要持續累積成功事件進行系統回饋學習，建議強化事件中心的智慧功能應及平臺經營管理之成效，針對設備異常或環境異常事件不斷改善學習，運用 PDCA 循環持續精進智慧執法之功能。

三、 精進國產化空氣感測元件研發技術：

1. $PM_{2.5}$ 感測元件刻正與廠商洽談合作與技轉，透過申請工業局之橋接計畫，朝聯盟之方式申請，未來主要目標將為商品化及推廣，同時將原型機功能提升，強化設備性能、穩定性、抗干擾性及使用壽命。
2. O_3 感測元件尚需進行感測元件優化，包括建立溫濕度差分自動補償機制，來消除感測元件受溫濕度的影響；亦將評估感測元件老化、長時間穩定性、產品 QA/QC 流程等關鍵參數。感測元件單體的目標，包含(1)線性範圍 0-400 ppb，$R^2 > 0.7$；(2)感測元件 CV%＜20%；(3)感測模組之偵測極限方面，＜30 ppb。
3. NO_2 感測元件短期突破場域與測站數據相關性為 $R^2>0.5$ 的目標，下階段將以場域相關性測試結果來改良採樣機構設計，進行採樣矽膠管口處設計過濾裝置，與採樣器進氣量的控制，並以數據分析設計溫濕度修正之數據迴歸演算法研究。

四、 整合環境感測物聯網執行成果並擴大驗證：

1. 機動感測器的重點應用建議以移動式感測聯網為測試主軸，後續針對裝設於車輛上之感測器進行微型化設計，評估最佳氣流感測模式，搭配行車影像及 GPS 定位系統，分析感測濃度與交通現況的關聯性，期望能在跨域應用上獲得新的發想與成效。

2. 建議持續推廣感測器布建、應用成果、資料分析及相關空品小知識，提升民眾有感之成效，持續以小故事之發想，藉由網路媒體或推撥服務擴大民眾線上閱覽，藉由不同途徑廣播環境物聯網的執行情形以及執行成果，以淺顯易讀之資訊護融入社區宣導、學校課程教學或議題領域，喚醒民眾對環境、空污等議題的重視，導入正確的認知，避免受不實資訊誤導。

五、 協助地方政府感測物聯網建置工作：

1. 解析既有布建完成感測器之維運成效與缺失，研析合辦新建感測器數據品質之優劣，協助研擬感測器數據品管查驗機制，建立管理與執行之精進措施，據以強化未來執行管理之參考，適時提供可能問題預警及解決對策，確保空品物聯網布建維運之進度與品質。
2. 持續強化已布建完成感測器之環境執法應用成果，藉由完成布建及資料收集，依據布建應用情境的特性，對於布建密度較完整的縣市，結合其縣市空氣品質維護計畫進行環境治理的決策應用，例如：工業區污染溯源、移動污染源分析、餐飲源管制、露天燃燒行為預警…等，發揮整體空污減量及空品淨化目標。

六、 專案辦公室強化計畫管考、產業推動、成果效益：

1. 由於國產元件開發技術已趨成熟，建議明年度計畫階段性成果（收割）呈現與跨部會之間可以思考如何串接，並可透過專案辦公室與科技部、科技會報辦公室溝通，以人民較為有感的方式包裝呈現。更確實與精準整合相關空氣品質物聯網相關資源，並更積極推動除了智慧環境治理以外之跨域應用，強化創新服務應用思維，跨域整合勢在必行，建議在資料應用加值思維上仍需要持續加強與著墨，並可透過公私協作，加速國內產業生態系發展。
2. 明(109)年度為 4 年前瞻計畫的最後一年，建議協助環保署綜整前瞻基礎建設項下「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」與「空品物聯網產業開展計畫」之 4 年成果，藉由互動式展覽、大型研討會、易懂簡圖及視覺化媒體與成果總覽，透過向民眾呈現政府在環境物聯網之努力與付出，展示出隱藏在環境治理成效下，所付出在基礎建設的辛勞成果。

第 9 章 、參考文獻

1. https://airmap.g0v.tw/
2. National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter; Final Rule
3. AES-1000-05N, Shinyei Technology, https://www.shinyei.co.jp/stc/eng/
4. PPD42NS, Shinyei Technology, https://www.shinyei.co.jp/stc/eng/
5. OPC-N2, Alphasense, http://www.alphasense.com/.
6. PMS 7003, Plantower, http://www.plantower.com/.
7. DSM501A, Samyoung, https://www.samyoung.co.kr/.
8. NIDS SM-PWM-01A-HS, Amphenol Advanced Sensors, https://www.amphenol-sensors.com/en/.
9. GP2Y1010AU0F, Sharp Microelectronics, https://www.sharpsma.com/.
10. E-Sampler, Met One, https://metone.com/.
11. DustTrak drx, TSI, https://www.tsiinc.com/tsi-worldwide/tsi-usa-inc.
12. R. Williams et al., 2014, Air Sensor Guidebook, USEPA.
13. R. Williams et al., 2014, Sensor Evaluation Report, USEPA.
14. L. Camalier et al., 2007, Guideline on the Meaning and the Use of Precision and Bias Data Required by 40 CFR Part 58 Appendix A Final Draft, USEPA.
15. A. Polidori et al., 2016, Laboratory Evaluation of Low-Cost Air Quality Sensors-Laboratory Setup and Testing Protocol, South Coast Air Quality Management District, Air Quality performance evaluation center.
16. L. Spinelle, M. Aleixandre and M. Gerboles, 2013, Protocol of evaluation and calibration of low-cost gas sensors for the monitoring of air pollution, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability.
17. V. A. Marple et al., 1991, A Microorifice Uniform Deposit Impactor (MOUDI): Description, Calibration, and Use, Aerosol Science and Technology, 14:4, 434-446.
18. A. Järvinen et al., 2014, Calibration of the New Electrical Low Pressure Impactor (ELPI+), Journal of Aerosol Science, 69, 150-159.
19. J. Keskinen et al., 1999, Electrical Calibration Method for Cascade Impactors, Journal of Aerosol Science, (30-1), 111-116.

20. 吳博哲, 2014, 設計並校正一氣膠流量為 16.7 LPM 之單極微粒充電器, 國立交通大學, 環境工程研究所, 碩士論文.
21. Martin Fierz, et al., 2014, Aerosol Measurement by Induced Currents. (2014, AQ-SPEC: Naneos Partector Sensor)
22. Modi Chen, et al., 2016, A novel quartz crystal cascade impactor for realtime aerosol mass distribution measurement (MSP)
23. Hang Zhou, et al., 2016, Airborne particulate matter classification and concentration detectionbased on 3D printed virtual impactor and quartz crystal microbalancesensor
24. Chia-Chun Chu, et al., 2017, A Miniaturized Aerosol Sensor Implemented by a Silicon-based MENs Thermal-Piezoresistive Oscillator
25. Chao Zhang, et al., 2017, A Miniature Aerosol Sensor for Detecting Polydisperse Airborne Ultrafine Particles
26. Junho Hyun, et al.,2017, Design and Performance Evaluation of a PN1 Sensor for Real-Time Measurement of Indoor Aerosol Size Distribution.
27. Fung-Yu Kuo, et al., 2018, Detection of Particulate Matter of Size 2.5 μm with a Surface-Acoustic-Wave Sensor Combined with a Cyclone Separator
28. Panich Intra, et al.,2018, Field comparison between electrostatic charge and light scattering monitors for continuous monitoring of airborne PM1.0, PM2.5, and PM10 mass concentrations.
29. Pegasor, 2018, White Paper Pegasor AQ Urban, www.pegasor.com.
30. Luyun Jiang, 2018, Gas Sensors for Internet of Things, IDTechEx, http://www.idtechex.com/.
31. Guillaume Chansin, 2018, Printed and Flexible Sensors: From Healthcare to IoT , IDTechEx, http://www.idtechex.com/.
32. Eric Mounier and Benjamin Roussel, 2018, Gas & Particle Sensors Report 2018, Yole development, http://www.yole.fr/.
33. Benjamin Pussat, 2019, Particle Sensors Comparison 2019, System plus consulting, www.systemplus.fr.
34. Joel Kuula1, et al., 2019, Applicability of Optical and Diffusion Charging-Based Particulate Matter Sensors to Urban Air Quality Measurements.
35. Yole Développement(11/2018)

108 年環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫

評選委員意見回覆

委員意見	工研院回覆說明
林柏雄 委員	
1. 請針對感測元件成本分析予以補充說明。	感謝委員建議，NO_2元件是以成本較低的金屬氧化物為主要材料，其特性為可大量製作，在成本上具有國際競爭力。O_3元件及$PM_{2.5}$元件，目前皆為手工製作，成本相對高。如於量產時，將開模生產，屆時成本將可大幅下降。
2. 對於協助縣市環保局布建感測器元件業務，人力配置之人員是否有相關之經驗。	感謝委員建議，計畫團隊於107年協助縣市布建2,600點感測器，今年仍將配置2位同仁協助與輔導縣市環保局布建感測器，並籌組專家團隊機動輔導，以確保感測器布建品質。
張簡水紋 委員	
1. 請說明今年度計畫對$PM_{2.5}$電流穩定性及電路板成本具市場競爭性?	感謝委員意見，依據去(107)年計畫成果顯示電路穩定性尚可，今(108)年度將朝雜訊最小化方向前進，但在精密高的電路設計下將耗費較高之成本，預計在量產時成本將可大幅下降，在評估市場競爭上，將評估及區隔與光學式感測器(低階)的客戶需求。
2. 請說明本計畫過去已有相關研究基礎後續相關感測元件之成功率?及如何與世界上相關廠牌比較。	感謝委員建議，本計畫在開發感測元件時，均先與世界各廠牌進行比較。研發期間持續更新資訊，根據目前執行成果，NO_2感測模組已進行測站比對驗證環境偵測的可行性。而$PM_{2.5}$及O_3元件亦於實驗室驗證技術之可行性，今(108)年度亦將進行各項實驗室及場域比對測試，據以調校感測參數，將使元件之商轉成功率大大提升。
3. 本計畫成果如何以發表文章內容與未來申請專利如何取得平衡?	感謝委員意見，在公開研究論文的發表內容上，將會以測試數據分析及探

委員意見	工研院回覆說明
	討為主，對於技術之細部圖示、照片與設計等相關細節將不公開以符合專利原則。
4. 本計畫後續如有效將產品做推廣或策略聯盟宜規劃?	感謝委員建議，計畫將依據產品效能進行成本分析，評估與市售感測器的市場區隔與競爭性，再藉由其他政府通路(外貿協會、經濟部)協助進行產業推動，或納入物聯網產業聯盟進行產品推廣，借住在臺灣場域的布建成效，做為推動海外市場的基礎。
張國楨 委員	
1. 請分析計畫執行的風險性與對應的管控機制。	感謝委員建議，今年度計畫最大的執行風險在於海外布建，後續將藉由政府對政府或民間對民間的協調機制，促成計畫的順利推動。另外今年為計畫執行的第3年，本計畫將於年中陸續彙整環境感測物聯網的執行成效，盤點整體計畫執行的成果，確保4年的成體成效豐碩。
2. 計畫如何落實專案管理與橫向協調。	感謝委員建議，本計畫負責協調與控管整體環境感測物聯網的執行成效，協助環保署掌握科技部、經濟部、中研院、國家高速電腦中心的計畫產出，並辦理每月、每季的聯繫協調會議，具體掌握各計畫的執行風險與因應措施。
3. 如何透過產官學三方面之成果發展策略落實方案，例如結合車聯網(交通部運研所)及智慧農業(農試所)之可行性。	感謝委員建議，今年度將與交通部運研所合作將感測器布建於移動載具，據以跨大應用領域。另外，將與農試所討論感測器在農業生產環境的應用與發展。
4. 針對感測器空間配置選址模式應有實務性檢討與調整機制。	感謝委員建議，今年度在布建選址上除結合環保署TEDS資料庫、環保稽查處分管制系統(EEMS)資料庫及各縣市SIP計畫之重點區域等參考因子，依據污染稽查熱區來規劃感測器的選址規劃，但尚需評估布建點位的用

委員意見	工研院回覆說明
	地與用電協調問題，確保布建實務的可行性。
5. 依據感測數據的時空分析目的與預期成果，透過Data mining的方法，進行空間統計分析，例如藉由分析時空常態性分布推估，進行與異常事件/設備錯誤的偵測，作為智慧巡檢的發展方向。	感謝委員建議，計畫將依據歷史資料分析異常事件的常態分布現象與事件發生頻率，據以檢討布建選址的感測目的與布建密度，後續也可作為感測器異常推估基準，發展出符合區域性的智慧化巡檢模式。
6. 國外布建成效與實質評估 ？	感謝委員建議，今年度將透過經濟部貿易局進行國外布建，重點的效益在於驗證國產化的空氣品質感測物聯網在國外場域的成效，發展我國環境感測物聯網的生態鏈，敲開產業開展的具體成效。
7. 論文產出要注意，避免牴觸專利申請的新穎性，要特別小心。	感謝委員意見，在公開研究論文的發表內容上，將會以測試數據分析及探討為主，對於技術之細部圖示、照片與設計等相關細節將不公開以符合專利原則。
章裕民 委員	
1. 委辦工項之「空品感測元件性能提升」工作應界定執行的明確做法與「成效」，如何於期末查核。	感謝委員意見，本計畫所開發之感測元件，將以實驗室3S測試、場域或測站比對進行性能驗證，據以比較性能提升成效於執行測試報告以供環保署查核。
2. 投標商若採自行研發的感測器宜有公正客觀的他方稽核其數據的「品質」，已昭其公信。	感謝委員建議，自行研發的感測器以追溯環保署測站比對場域測試的評估結果在做為品質定義依據。
3. 建議可朝「 Micro-load cell 」原理開發$PM_{2.5}$ Sensor。	感謝委員建議，後續將會針對「Micro-load cell」技術進行了解。
華梅英委員	
1. 工研院團隊前3年以協助本署進行本項計畫，此為延續性計畫，故據執行經驗。	感謝委員建議，計畫團隊將延續前2年的成果，於本年度收整具體成效，並針對尚有不足之處進行補強，確實彰顯計畫整體的推展成效，為4年期的總體目標打下亮眼的成績單。
2. 請說明今年度$PM_{2.5}$感測器質量濃度	感謝委員建議，本計畫研發團隊將努

委員意見	工研院回覆說明
延續106年偵測極限38±15.5μg/m^3，107年15±5μg/m^3，是否再配合環境現況更精進，以符合實用。	力朝向更低濃度偵測極限前進，故本年度元件將稍作修改，電路亦有所精進，使所開發之感測器更符合現實環境使用。
3. 請說明異常數據定義(p3-2文中與p3-3的表3-1不同)？是否可知各元件之穩定度及持久性加以了解，及其成本之競爭性？	感謝委員建議，p.3-3的表3-1的文字為誤植，應修正為「A.即時數據大於先前3筆數據平均值之3倍以上或超過法規標準且持續1小時以上」。本工作項的判斷主體屬於縣市布建的感測器，對於元件的之穩定度及持久性都在長期追蹤中。對於其設置成本與國外的同功能感測器比較極具競爭性，後續再透過穩定度及持久性的追蹤確認後，將能明確了解產品的競爭力。
4. 在與其他研究如健康風險上，亦請考量與健保大數據結合之應用。	感謝委員建議，計畫團隊將收集國健署的資料進行分析評估。
5. 智慧化校正，利用標準測點如自助測站直作為參考，亦請就各元件之感測原理與自助感測方式之差異加以了解其特性，以避免產生系統性偏誤。	感謝委員建議，目前智慧化校正將以$PM_{2.5}$為目標，由於感測器以光學式原理偵測與標準監測站原理不同，後續期盼透過後端的智慧化檢校模式，降低與標準監測站的系統性偏誤。
張章堂 委員	
1. 宜瞭解低濃度粒狀物對PM_{10}量測影響，尤其是細微粒對PM_{10}的影響。	感謝委員建議，計畫進行時將會進行了解。
2. 建議未來有其他sensor的規劃，如NH_3監測。	感謝委員建議，本研究團隊除了目前所開發之$PM_{2.5}$、O_3與NO_2感測元件外，後續將根據需求規畫新元件之開發，如$PM_{1.0}$、VOCs、酸氣及NO等，屆時會將NH_3納入規劃中。
3. 宜因應高潛勢區域，布設O_3及VOCs測點，尤其是臺北市萬華與臺南市O_3前驅物質(苯、甲苯)較高或增高之地區。	感謝委員建議，O_3環境濃度為光化學污染物機制與NO_x、VOCs等污染物有關聯，本計畫未來將整合已開發元件，規劃同時納入監測光化學污染高潛勢區域。
4. NO_2的量測需要觸媒轉化，宜瞭解觸媒劣化時間及對量測之影響。	感謝委員建議，在工業上與交通載具對於大量高濃度NO_2的淨化，採用選

委員意見	工研院回覆說明
	擇性觸媒還原脫硝(SCR)技術，環境偵測微量濃度對於觸媒轉化負載極低，本開發產品是以光驅動輔助活化氧化物感測反應原理不同於傳統，並且進行長期場域測試與測站比對評估產品的效能。
5. 宜有大數據應用規劃，尤其針對污染源解析。	感謝委員建議，針對空品感測器的大數據分析應用與污染源解析，目前由「108年環境感測數據分析及展示服務擴充暨維護計畫」執行，本計畫將持續追蹤該計畫執行成果，並協助地方環保局推動稽查作業。
6. 宜彙整地方感測器與監測站比對情形與設備維護情形。	感謝委員建議，目前地方政府布建之感測器皆與標準監測站進行一致性比對過，後續將追蹤第三方巡檢查核成果，再納入感測器維護紀錄，據以協助環保署掌握感測器的數據品質。
張順欽 委員	
1. 專案辦公室之工作內容如何達成？是否列出績效指標？	感謝委員建議，今年度專案辦公室的主要目標為完成國際資訊與產業分析報告，產業推廣與媒合、辦理國際研討會、環境物聯網合作案洽談，後續將提出具體方法與指標(包含完成訪談空氣品質物聯網產業鏈廠商10家次並辦理業者座談會1場次；完成洽談2件國內空氣品質感測器或物聯網擴大應用場域，例如合作案；與辦理一場次大型研討會等績效目標)，並達成計畫目標。
2. $PM_{2.5}$微型感測器研發成果之應用，可否分徑分析？例如PM_1？	感謝委員意見，計畫執行成果初步驗證PM感測器之理論可以做分徑分析，亦可以量測$PM_{1.0}$。但如需做到$PM_{1.0}$則元件機構必須重新規劃、設計及驗證，電路設計必須更加精密，同時體積將大增，後續將與署內討論未來規劃後再行評估。
3. $PM_{2.5}$感測器之校驗是否可以透過衛	感謝委員建議，今年度的智慧化校驗

委員意見	工研院回覆說明
星觀測(AOD)來進行？	模式，將參考台灣地區衛星觀測的AOD資料來進行比對，據以研析可行性，作為異質資料之整合應用案例。

108 年環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫
期中報告意見回覆

委員意見	工研院回覆說明
章裕民委員	
1. 綜查本期中報告之執行狀況與報告內容屬完善，進度亦達52%，值得肯定與鼓勵後續工作。	感謝委員的肯定。
2. 請補充$CH_{5.5}$在管制或地方推動上的實質問題。	感謝委員建議，由於污染源主要以工業污染源、移動污染源及其他污染源等三大類別。其中固定污染源目前可透過固定污染源空氣污染物連續自動監測設施進行監控，移動污染源較為缺乏有效地評量基準，未來將發展移動式感測系統，據以協助建立基線資料，據以評量管制措施成效。至於其他污染源則可導入微型感測設備進行長期監控。地方推動環境感測物聯網最大的問題在於感測系統的維護管理，為維持感測數據品質以利輔助污染熱區稽查，必須藉由長期分析污染行為特徵，以目前地方政府在專業技術、人力資源及財務缺乏的限制下，持續維運是後續待解決的迫切問題。
3. CH4.1之內容宜補充，無論是既有或今年新改進的，$PM_{2.5}$ Sensor 可量測出 PM 重量的原理，注意不同位置或場域$PM_{2.5}$的來源不同，如何區別其密度致可精確轉成重量?工研院用的光學原理會比市面上既有以β輻射（C^{14}）為感測原理來得精準嗎?（註：使用不適儀器呈現的數據易造成不必要的另類環境社會課題，宜慎重！）	感謝委員指導 1. 對於不同位置或場域$PM_{2.5}$的來源將會與中高階儀器比對之方式，將儀器之訊號轉換為質量濃度。 2. 光學原理之感測器非本計畫所開發，但依儀器之精密度而言簡易式之光學儀器精準度必定低於以β輻射（C^{14}）為感測原理之高階儀器。 3. 感謝委員提醒，對於“因使用不適儀器呈現的數據易造成不必要的另類環境社會課題”，亦為我們所關心之議題，下期研究亦將針對此議題加以深入案討。
4. 靈敏度（p.4-3）應依所用的儀器訊	感謝委員指導，靈敏度之計算及測試

委員意見	工研院回覆說明
號原理研訂，且應與實際重量值做比對，不宜用二次校正方式。	方式均為參考美國環保署之空氣感測器參考手冊（Air sensor guidebook，USEPA）、感測器評估報告（Sensor Evaluation Report，USEPA）、美國加州南岸空氣品質管理局之低價空品感測器實驗室評估草案（Laboratory Evaluation of Low-Cost Air Quality Sensors, AQ-SPE）及歐洲聯合研究中心之空氣污染物氣體感測器評估及校正草案等來進行。在測試時將與中高階儀器進行比對，再根據上述參考文獻所載之方式進行靈敏度計算。
5. 因實際O_3所處的瞬間狀態皆伴有氧自由基，宜說明$CH_{4.2}$的感測元件為何不會受此干擾??建議要有學理依據!（註：負責開發國家級重要物品確勿只使用外圍的或間接的數據，宜慎重!）	感謝委員指導，所開發之電化學感測元件，皆已EPA標準測站儀器進行交互比對，首先於實驗室中驗證感測元件不受O_2-所影響，另外於實際場域中也驗證感測器O_3數值與測站分析儀O_3數值具有相關性（R^2>0.7）。
6. 針對國產化空氣感測元件使用的電子衝擊技術，提醒團隊顆粒的charge程度與其成分有關，不同成分會影響介電常數，若顆粒大小相同但成分不一，其charge效果亦不同，以上建議予執行團隊參考，執行團隊亦可向國內相關領域的專家、教授進行請益。	感謝委員指導，計畫進行期間均有與相關領域教授請益，並保持聯繫。計畫進行時，亦參考環保署針對台灣$PM_{2.5}$成分分析之相關報告，作為比對測試微粒之種類參考。
7. 目前研發之電子衝擊技術所量測的污染濃度未來要如何回歸到法規的質量密度？目前的量測原理是否有足夠的學理依據支持？	感謝委員指導，電子衝擊元件主要之理論與大型量測儀器“電子低壓衝擊器”（ELPI）相似，均是以慣性衝擊來篩選粒徑，使微粒帶電以量測其電流強度，作為濃度換算之依據。所量測的污染濃度將透過與高階質量濃度儀器比對之方式，進行演算，再行換算為質量濃度。
林伯雄委員	
1. 108年度期中報告之執行進度及報告撰寫內容與格式，大致皆符合合	感謝委員的肯定。

委員意見	工研院回覆說明
約之要求。	
2. 第三章感測數據智慧判讀及應用機制$PM_{2.5}$感測器之低濃度與測站之數值差異達100-150%，是否有規劃進一步剖析成因及改善方案。	感謝委員指導，目前市面上光學式$PM_{2.5}$感測器在濃度低於10 $\mu g/m^3$明顯與測站數值有差異，此為感測器的偵測極限，基於低濃度環境對於民眾的健康影響不大，在設備的限制下，對於感測器的數據品質，皆只考量環境濃度高於15 $\mu g/m^3$以上的服務水準，低濃度部分只能透過增加溫濕度調校，來縮減數據差異，相關執行方式與成果詳如3.5節。
3. 第四章國產化空氣感測器元件研發，有關靈敏度及穩定性各項感測器上述之指標與使用時間是否有測試其關聯性，與校正頻率之關聯性為何？建議未來期末報告應予以具體呈現。	感謝委員指導，本計畫中 3S（選擇性、靈敏度及穩定性）測試主要針對元件改版（感測原理不變，但元件單體之體積、尺寸、形狀不同）時進行。當模組完成時，將進行各項的比對測試以作為演算及後續校正之參考。$PM_{2.5}$ 元件單體之測試結果將於期末報告 4.1.1 節說明。O_3 元件測試結果於期末報告 4.2.1 節說明。NO_2 元件模組在分別在低中高三處場域測試比對結果在期末報告 4.2.2 節說明。
4. 第六章各縣市感測物聯網建置工作之衍生問題與解決方案，建議期末報告應予以統合彙整。	感謝委員建議，針對各縣市感測物聯網建置工作之衍生問題與解決方案，主要包含感測器因不可抗力的因素，導致進行點位調整。偏遠地區缺乏穩定電源。更換維運商之感測數據如何傳承等，已詳列於6.3節。
5. 第三章有關應用機制中空污事件中是否有無法判定污染源之案例？若有建議應納入報告中分析成因。	感謝委員建議，目前感測點布建密度約50公尺~1公里，以300公尺網格進行污染熱區分析，故目前僅能提供各地方政府污染熱區、列管工廠名單及發生時間點，必須透過地方政府運用其他輔助資料或科學儀器，找出最可疑的工廠，透過現場稽查採證才能確認污染工廠，實難直接判定污染源。
6. 各項專有名詞建議於報告中予以	感謝委員建議，計畫團隊將各項專有

委員意見	工研院回覆說明
明確定義，並列出引用文獻。	名詞建議於報告中予以明確定義，並列出引用文獻。
7. 空氣污染事件與感測異常如何區分，請說明。	感謝委員意見，針對空氣污染事件、環境異常以及設備異常之判別方式，已詳如於3.1節。
8. 第三章3.6之SOP，建議未來期末報告應予以詳細敘述如何判讀之流程以及前提條件 。	感謝委員建議，針對解析感測數值，判斷感測器異常及空氣污染徵兆等判斷依據及標準作業程序、流程機制、後續處理方式說明詳如3.6節。
張國楨委員	
1. 建議輔導地方環保局布建程序中，應建立監審制度進行廠商控管，可親自實地查察或委由第3方查驗，以確保縣市布建細節皆能符合環保署所訂各項布建規畫內容。	感謝委員建議，目前環保署已委託台灣$PM_{2.5}$協會進行第三發查驗，計畫團隊則不定期完成桃園市、苗栗縣、臺南市和高雄市實地勘查，計畫團隊除持續輔導地方環保局外，同時將持續進行實地勘查，以確保縣市布建細節皆能符合環保署所訂各項布建規畫內容。
2. 本計畫之成果展示建議可以展覽形式取代書面報告，或許效果會比書面報告佳。	感謝委員建議，為推廣環境物聯網之執行成效，今年度已於8/21~8/23參加臺灣國際智慧物聯網應用，另外安排12月於台北、台中、台南、高雄資訊月辦理巡迴展覽。計畫團隊刻正規畫參與臺中科學博物館環境物聯網展，期望能擴大對環境物聯網的宣傳成果。
3. 科博館之展覽活動，建議除了與科博館合作外也可與科教館合作，兩單位的推廣族群不同，且科教館之教學模式以手動操作為主，能更實際宣導環境感測物聯網之工作內容及成果。	感謝委員的建議。今年度以參與科博館的展覽為主，後續將與科教館聯繫，研擬合作的可行性。
4. 環境感測物聯網結合健康風險評估，建議應邀請公衛領域專家加入以了解評估風險之方式，協助解讀污染數據對於健康風險的意義以及如何應用。	感謝委員建議，本計畫於下半年已先就國外環境資訊與健康風險評估之研究進行資料蒐集與探討，並擬於明年度與台大公衛學院教授進行請益與拜訪，委請台大公衛學院共同協助解讀污染數據對於健康風險的意義以及如

委員意見	工研院回覆說明
	何應用。
5. 將感測器布建於離島之目的可針對境外污染進行感測，建議考慮也將感測器布建於西部離島（例如：連江縣、金門縣）。	感謝委員建議，現階段離島布建之目的皆以符合當地民意的需求為主軸，包含屏東縣環保局布建5台感測器於小琉球，另外配合立法院布建於綠島與蘭嶼。經洽詢西部離島（連江縣、金門縣、澎湖縣）現階段皆無意願布建，未來將持續溝通，希望能全面涵蓋。
6. 物聯網的應用合作，計畫團隊已找交通部運研所及農委會農試所協調合作規劃，但如何整合運用運研所已在執行之計畫與本計畫之感測器，且其合作規劃之預期成效為何。	感謝委員建議，與運研所的合作主軸在於移動污染的感測，現階段計畫團隊正克服車速與風速對感測器的影響，待系統成熟穩定後，再協調運研所的可用資源，合作跨域應用的開發，以達成資源效益最大化之目標。
7. 簡報p.47元件研發，將建立ANN演算法來進行元件之溫濕度補償，建議再詳細說明未來執行方法及規劃。	感謝委員指導，本計畫規劃採用倒傳遞類神經網路(Back-Propagation Neural Network)，其模式為前饋式架構，由類神經源分層排序，組成輸入層、隱藏層和輸出層，層層之間以串連方式逐層接受上一層的輸出資料。詳細內容於期末報告4.2.1節中闡述。
8. 空氣擴散模式是否考慮CFD模式，納入大氣環流、地表粗糙等因子，藉以觀察微氣候的影響。另外如何釐清感測器故障或空污事件之作法，亦請說明。	感謝委員建議，CFD模式目前不考慮，感測器故障的數值表現形態多為缺值、定值、負值，另外還有儀器性能所致的長期衰減，前兩項較易排除，而衰減的部分，團隊於長期追蹤紀錄中，尚未發現此項問題。
9. 建議感測器群體變異性分析中，對於群體的描述給予明確的定義，應說明以多少距離為基準，其律定校正範圍有多大。（cluster如何劃設）	謝謝委員建議，目前感測器群體變異性分析主要是採用半徑1公里範圍內感測器為群集分析的單元，再利用第3方查驗驗證變異分析的符合率，未來將持續評估最佳化群集基準，以利智慧化巡檢模式的效益。
10. 建議智慧化校正模式建立之前，必須先釐清各類各地環境的空品「常態」或基準值為何？先建立基準分布曲線後才能作為異常值檢覈依	感謝委員，團隊初期採用全年度各感測器的感測資料進行分析，排除有降雨時段的感測濃度資料，區分4月~9月與10月~3月分析各感測點環境濃度之

委員意見	工研院回覆說明
據。	分布，進行環境背景值的萃取。
11. 未來將規劃1萬200點感測點之「優化規模」，其優化及作法之基準為何？例如：是否找出分布及變動相似之感測器們作為一群體，而其中哪些感測器抽離後並不影響監測結果，來評估該群體後續是否需要這些被抽離之感測器。	感謝委員建議，由於現階段感測物聯網之目的為污染熱區分析與溯源，主要是透過群體感測異常之變異程度進行污染行為判定，初期藉由檢視感測器長期發生污染事件的頻率為評估依據，針對未發生感測污染高值異常之感測器進行評估是否需要被抽離。
張章堂委員	
1. O_3布建宜與PAMs（光化測站）結合以利解析，尤其位於石化工業區與都會區。	感謝委員指導，在感測元件選址比對方面將依委員建議，優先比對光化測站。
2. 簡報p.24、26及報告p.3-48，部分敏感點分析差異頗大，宜再分析原因及探討解決方式。	感謝委員建議，部分感測點與測站差異過大主要原因有環境濃度低於10 $\mu g/m^3$以下，因感測器的偵測限制所導致。另外，當環境濕度大於90%或環境風速過大時，亦會造成偏移誤差過大，由於感測器受限於微型化及成本，未來的解決方案除強化感測器設計外，後端數據校正模式也是未來需要突破的重點。
3. 簡報p.28，熱點分析宜結合即時等濃度圖（contour），以避免儀器異常產生干擾。	感謝委員建議，目前熱點分析已先排除感測器故障的數值（缺值、定值、負值），可初步排除設備故障所產生的干擾。
4. 報告p.4-17，NO_x中有NO_2、NO及N_2O，宜瞭解彼此間關係，以利與監測站進行比對。	感謝委員指導，對於NO_x中NO_2屬氧化性分子而NO與N_2O為還原性分子，化性不同，本元件是MOS感測材料，學理上對氧化性與還原性分子之反應機構不同，本元件模組參數條件是針對NO_2感測訊號，後續規劃NO_x實驗設計將探討不同氧化與還原性氣體共存時之感測訊號影響。
5. 簡報p.55，圖中右邊縱座標有誤（非風速/車速），宜修正。	感謝委員建議，已修正此圖之縱座標單位，後續相關圖片單位會做再確認單位是否正確。
6. 簡報p.77及報告p.2-13，宜搭配微型	感謝委員建議，由於目前感測物聯網

委員意見	工研院回覆說明
氣象儀建置細網格（1km x 1km內）監測系統，以利預報系統建置。	未設置微型氣象儀，污染熱區分析所需氣象資料皆以氣象局氣象站及環保署測站所提供之資料進行分析。
華梅英委員：	
1. 工研院團隊已依規定進行各項工作，均有相當成果，工作值得肯定，惟單項工作較落後部份請再加強。	感謝委員的肯定，將再針對後續各分項的工作進行加強作業。
2. 報告書前頁請加入本計畫之基本資料，如：期程、經費、合作團隊、負責人員等，請以環保署合約書格式為準。	感謝委員的建議，期末報告將會納入。
3. 全國14縣市布建（p.2-9表2-1、p.2-12 表2-2、p.3-8 表3-4）數量及狀況請一致。	感謝委員建議，已將報告中之縣市布建數量及狀況進行確認並修正。
4. 在車種怠速測試成果之呈現應能分辨各高中低之圖標，以分辨各圖形變化，另圖中「0排氣口」、「6連距離」為何？	感謝委員建議，已加強高中低圖標，以分辨個圖形的變化。「0排氣口」之0為機車編號0，為避免誤導已修正為「機車排氣口」，「6速距離」之6速為汽車編號6，已修正為「缺乏保養汽車距離」。
5. p.2-13、p.3-6圖表標示不清，請改善。	感謝委員建議，已刪除修正圖表。
6. p.2-21表中之「感測器廠牌」欄名請考量修正。	感謝委員建議，修正名稱為「感測設備廠商」。
7. p.2-10及p.2-11「N/A」代表何意，請予加註。	感謝委員建議，修正文字為「無」。
8. 熱力圖呈現方式，請有更清楚之說明。	感謝委員意見，熱力圖是以橫軸表示1週7天，並以縱軸表示1天24小時，藉此時間以污染次數的色階表示在各時段所出現的污染多寡，以利環保人員進行稽查時段的判斷，後續將會在報告中補充更詳細的說明。
9. p.3-6及p.3-7之稽查成果為何？	感謝委員建議，針對第三章之稽查成果為針對利用空污感測器發現污染異常後，由環保局稽查人員及3區督察大隊進行工廠稽查，並發現工廠違法事實且進行裁處之成果。

委員意見	工研院回覆說明
10. 對於補助各縣市布建站點部分，其位置數量是否適宜，請協助及彙整其遭遇之問題，探討解決之道。	感謝委員建議，既有感測點位置可依污染事件發生頻率評估適宜性，但以污染溯源的需求涉及空間解析的密度，以目前工業區布建密度100~300公尺而言，空間解析度仍難符合標定稽查疑似工廠在1~3家的需求。對於各環保局遭遇的問題及建議解決方案，詳如6.3節。
11. 團隊在後續資料分析上，擬以1km^{2}繪製網格…環境排放資料為基礎，廢棄物排放等資訊…，請說明系統結合與處理預測方式。	感謝委員建議，初期作法以TEDS資料庫為背景輔助選址分析，將資料空間化後，以熱區圖（Heatmap）方式，以1公里為緩衝區繪製，並加入事業機構落點進行分析。但為解析既有感測點位的合適性，現階段主要是透過群體感測異常之變異程度進行污染行為判定，運用檢視長期未發生感測數據異常之感測器進行評估是否需要被抽離或更換點為進行分析，詳如2.2節。
12. 本計畫在所開發元件之實際可能裝設、取代現有感測器之優勢及運用之可行性，請多研擬。	感謝委員指導，本計畫將依照委員之建議於本計畫全程結束前，依各感測器之優勢進行可運用之方向及情境研擬，並於下一期程計畫時進行之測試及改良，整體的優劣評估詳如7.4節。
13. 對於健康風險除多收集本署其他健康風險計畫外，我國與美國評估基準不同之狀況，請協助解釋說明。	感謝委員意見，本團隊增加收集美國NAAQS數值與AQI指標之定義，並與本國AQI進行比對分析並提出建議，請詳見2.4.4章節。

108 年環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫
期末報告意見回覆

委員意見	工研院回覆說明
林伯雄委員	
1. 計畫之執行進度，大致皆符合合約要求，唯建議定稿本能納入英文摘要以及中文及英文之參考文獻，初稿各章節有列出參考文獻，可於第八章後加列第九章統合(例如 4-62 頁次)。	感謝委員意見，已納入英文摘要及第九章參考文獻。
2. 中文摘要內容宜加註本計畫之$PM_{2.5}$之全台布建點位為ITRI研發或其他品牌之感測元件，皆經通過一定規格及驗證流程。	感謝委員意見，已將本計畫布建所用之感測設備廠牌補充進中文摘要中，並說明布建設備通過環保署要求之驗證流程。
3. 第 4-17 頁次請針對圖 4-22 實測值與新竹測站數值比對，ITRI senser 10 $\mu g/m^3$ 以下與 15~60 $\mu g/m^3$ 實際濃度吻合度比對之計算流程，建議宜增加計算流程，包括統計分析之常態分析檢驗，定義吻合度為何？請予以補充，與 EPA 新竹測站數據差距為何結論為 <10 $\mu g/m^3$ 為高估？	感謝委員指導，在比對測試初期因為ITRI sensor尚在調校數據準確率較低，於9/26起調校完畢，故認為 <10 $\mu g/m^3$ 為高估，為自9/26以後開始至10/11止之第一階段測試。本章節所謂之吻合度為筆誤應為趨勢之相關性。數據比對之流程為將EPA測站數據與測試數據excel繪成散佈圖後，算出相關係數R^2值。比對結果與新竹站測值差異如下，測站平均值為17$\mu g/m^3$，sensor測試值為14.2 $\mu g/m^3$，兩者差距為2.8$\mu g/m^3$。最大值與最小值比較方面，測站最高值為58$\mu g/m^3$，sensor測試值為66.3$\mu g/m^3$。測站最低值為1.0 $\mu g/m^3$，sensor測試值為7.3$\mu g/m^3$，詳如4-17頁。
4. 第4-21頁次，開發O_3及NO_2元件現在準度，第4-33頁次提及Detection Limit為20 ppb，僅圖4-38與圖4-40皆有多數點為低於20 ppb，是否有誤？	感謝委員指導，O_3偵測極限之計算及測試方式參考美國環保署之空氣感測器參考手冊(Air sensor guidebook，USEPA)、美國加州南岸空氣品質管理局之低價空品感測器實驗室評估草案(Laboratory Evaluation of Low-Cost Air Quality Sensors, AQ-SPEC)來進行。利用稀釋氣體校正器通入標準O_3氣體(0,

委員意見	工研院回覆說明
	20, 50,100 ppb)於氣體反應腔內，進行感測元件偵測極限測試，在測試時將與高階臭氧儀器進行比對，再根據上述參考文獻所載之方式進行偵測極限計算，詳如4-27頁，元件模組的最低偵測極限為20 ppb。
5. NO_2之感測元件於第八章之結論並不明確，其中與第四章4-41頁次之文字敘述不一致，請再確認目前之Detection Limit, range, CV 值之sample size，另外R^2分析逐月遞減之成因為何，以及校正頻率。	感謝委員指正，第四章4-41頁次之文字敘述是在第一季與第二季時的研究階段尚在改善提昇中，在第三季以後才有突破以場域驗證之測站儀器數值作為比對標準來推算DL,CV,R^2，本報告消除誤解而刪除前期改善研究以開發成功之結果來更正呈現。
6. 第八章結論較少提及目前台灣是否有 AI 及其他方法維運及校正之資料，另外如何分析感測數據作為污染熱區及污染源判定，建議予以補強論述。	感謝委員建議，目前我國空污感測器透過大數據分析感測器群體變異性，篩選出異常感測器，提供巡檢單位進行查核或提供廠商進行維修。另於感測設備數據管理平台(IOT)透過AI機器學習，找出新竹縣感測數據重複出現之異常，後續確認為廠商數據造假。對於污染熱區及污染源判定之方式詳如3.3節。
7. 期末報告之本文文字誤植以及疏漏，請專人再做一次檢視，並進一步提昇報告品質，例如6-29頁次最後一段”一致行”改為”一致性”。	感謝委員意見，已重新檢視並完成修正。
8. 同第3點建議，戶外測試值與新竹測站距離、樣本數亦請補充，其他之比對亦然，以<20 $\mu g/m^3$而言，ITRI sensor則多為低估測站之數值。	感謝委員指導，將補充於期末報告4.1節。
張國禎委員	
1. 應思考符合民眾健康需求下感測器在$PM_{2.5}$/AQI的感測濃度門檻值，以達到民眾有感的目標。	感謝委員建議，現階段感測器在$PM_{2.5}$的感測濃度呈現於環保署資料分析應用平台(WOT)，對於健康影響的呈現是依據監測站AQI的分類等級，但是由於缺乏感測器與健康風險的對應指

委員意見	工研院回覆說明
	標，建議未來應建立國人在公衛上的具體數據。
2. 建議可由感測數據分析污染物質的環境背景值，並針對單一感測器研擬合適的基線資料，藉由觀察個別感測器數據的時間變異，進而歸納出區域污染行為。	感謝委員建議，由於現階段感測數據僅有3,300點，建立環境背景值之涵蓋區域不足，待108年感測器布建達8,000點後，將選擇涵蓋完整之區域進行環境背景值的建立，觀察單一感測器基線資料，據以研析區域污染行為之可行性。
3. 空品物聯網的效益運用上，建議彙整分析比較使用何種data base與data mining較好，做為未來發展的方向。	感謝委員建議，由於空品物聯網資料中心之計畫隸屬「環境感測資料中心維運及功能擴充本計畫」範疇，計畫團隊將依委員建議提供該計畫團隊審視與參考。
4. 既有感測器效益較低的站點分佈看似存有某些空間特徵，建議需再進一步探討其效益低弱之原因，評估是否所受周圍環境因子影響，並供予地方環保單位檢討，爾後補充相關防範規則於布建作業流程規範內，以利後續管制執行。	謝謝委員建議，本計畫團隊將會提供低效益感測站點與地方環保單位進行現場確認，並配合調整現有布建作業流程規範。
5. 針對利用卷積神經網路(CNN)進行智慧校驗之工項，建議需補充說明是以何種模型操作執行。而未來的Data Mining 工項需再明確規劃，許探討數據異常實屬環境因素或為儀器問題。	謝謝委員建議，已於3.5節補充卷積神經網路(CNN) 模型說明，並於明年度透過實場驗證，探討Data Mining在設備異常與環境異常之具體成效。
6. 簡報p.31感測器與新竹站比對之結果，感測元件之數據濃度偏低，且其數據之變動性較小，建議再加強感測元件之靈敏度，以提高整體設備之精準度。	感謝委員指導，$PM_{2.5}$感測數據因為新開發之技術，需較長時間驗證理論及技術，故於今年9月才開始進行比對測試，數據量較少，後續將持續朝委員建議方向進行。
7. 國際產業推展依據過往經驗，大型廠商通常較具優勢，而臺灣中小企業所面臨挑戰較高，建議專案辦公室可扮演溝通整合角色，整併國內中、小型廠商，或以大廠帶小廠的	謝謝委員建議。專案辦公室執行計畫過程，持續進行產業開展，協助國產感測器業者和其他產業鏈大型業者(例如：電信商、系統整合商、保全業者等)進行跨域合作洽談，期望能整合資源、

委員意見	工研院回覆說明
形式創造企業價值鏈、產業價值鏈，藉以提升國際競爭力。	以互補方式共創新商機格局，並將臺灣場域驗證實績輸出國際。後續也將持續努力扮演溝通整合之角色。
8. 韓國布建計畫建議工研院團隊亦可在臺灣建立類似測試場域，以利進行相互分析對比。	謝謝委員建議。計畫團隊持續收集韓國推動空品物聯網之進度與做法，必要時透過交流與資訊共享機制，與韓國同步建立測試場域，對照比對驗證布建成果與應用服務效益。
章裕民委員	
1. 如報告內容或簡報p.55，協助地方落實感測器之布建作業時，建議宜協助且提出有EPA頒用的「感測器性能穩定性」與「數據上傳品質」之作業準則(SOP)。	感謝委員建議，6.5節數據篩選校正及公布標準作業程序，數據上傳公布至環保署 IoT 平台前，需經過兩道程序進行篩選與校正。(一) 數據接收服務端：接收到感測器裝置傳送的原始數據時，進行資料篩選(二) 數據傳送服務端：原始數據經解碼後的結果，於傳輸到環保署 IoT 平台前，進行資料篩選與過濾校正。通過所有上述於數據接收服務端與數據傳送服務端的篩選與校正流程的資料，才會被傳送至環保署 IoT 平台
2. 第三章之引言(前端)宜加註明以下數據分析是針對$PM_{2.5}$，因不同污染物，對第三章的內容並非完全一致。另宜指出校正方法與建議頻率(即多少宜校正一次)。	感謝委員建議，第三章中針對數據校正與應用服務主要是針對$PM_{2.5}$感測數據，其中對於設備異常之篩選，目前是採用每月分析檢測一次，校正頻率是採用每年一次，未來將持續發展動態校正模式，希望能將校正頻率提高，強化感測數據之服務效益。
3. 數據呈現異常概分為設備(或訊號處理系統)異常與環境(污染)異常，而本項工作應著重在後者，在排除前者因素後，此處理系統應要能呈現處理者如何因應。	感謝委員建議，環保署在感測數據管理區分為二，設備異常管理隸屬感測設備數據管理平台(IOT)計畫執行，環境異常管理隸屬資料分析應用平台(WOT)計畫執行，本計畫主要是應用上述兩個平台，協助環保單位釐清設備異常與環境異常之事件，並建立PDCA管控機制，落實推動與管理整體環境感測物聯網之執行成效。

委員意見	工研院回覆說明
4. 模組化原型測試成果良好，應持續改善(因$PM_{2.5}$之R^2還在0.68左右，O_3也都在0.7左右)。	感謝委員指導，後續將持續改善以提升感測元件之性能。
華梅英委員	
1. 工研院團隊已依規定進行各工項，均具相當豐富之成果，工作值得肯定。	感謝委員肯定。
2. 報告中文關鍵詞用語名稱請一致(基本資料與摘要版)。	感謝委員意見，已完成修正。
3. 本計畫自行研發O_3、NO_2、$PM_{2.5}$感測器，後續在全台10,200布點上是否會予應用？	感謝委員建議，由於本計畫研發之O_3、NO_2、$PM_{2.5}$感測元件預計明年度才能商品化，目前已有經濟部技術處委託工研院研發之光學式$PM_{2.5}$感測器參與苗栗縣之布建計畫。明年度將鼓勵地方合辦布建採用本計畫研發成果，據以擴大研發成效。
4. 本計畫協助全臺14縣市布建空品感測器，以下幾點問題： (1) 由於研究中對設置高度之探討，得知3公尺高者無法反應交通污染，故請說明在協助縣市上之作法。 (2) 感測器之計畫於各縣市分別發包委外，在數據品質一致性如何要求？ (3) 避開環境濃度低進行驗證是否合宜?	感謝委員意見。 (1) 本計畫針對縣市合辦布建之選址規劃之布建高度有二，對於感測器需要進行中長期污染熱區分析時，布建安裝高度建議採用3~5米，可依現場實際情況調整。感測目的如為交通污染監測，則建議布建高度採用1.5米以下，如需分析交通污染對一般學童之影響，則可布建在1米以下。 (2) 為確保感測器的數據品質，針對感測器之數據品質管控機制包含感測器出廠的品管要求、感測器型式驗證、布建感測器一致性比對、自主巡檢維運作業與第三方查核作業等5階段，可有效提供布建至工業區、交通區、社區及輔助感測區等感測器的品質控管。 (3) 為避免因環境濃度過低導致影響驗證符合度，因此同意去除$PM_{2.5}$質量濃度小於等於15 $\mu g/m^3$以下

委員意見	工研院回覆說明
	的測試數據，得延長測試時間，據以累積驗證之有效筆數達90%以上。另在型式驗證的執行上，驗證平台於每年7月~9月不實施測試，避免環境濃度過低影響驗證成果。
5. 技轉部分之權利者請予說明。	感謝委員意見，依據計畫合約第十四條，計畫之專利申請、技術轉移之相關工作及經費，環保署享有無償、全球、非專屬及不可轉讓之實施權利。工研院研發成果所獲得總收入，應繳交收入之10%給環保署繳交國庫或循預算程序撥入行政院指定之基金。
6. 在測試原型機與測站比對，請考量是否有不同背景狀況，分段統計校驗之可能。	感謝委員指導，未來將依委員建議，評估分段統計校驗之可行性。
監資處	
1. 工項所規定應辦理之會議皆已完成，但如強化科普知識的研習會及物聯網專家團隊輔導場次，建議比照空品認知研習會(教育訓練)能列表說明，後續本署監辦單位撥款審核時，較能有效確認。	感謝委員意見，已依據建議修正整理彙整於報告中。強化科普知識的研習會彙整表詳如表7-15。物聯網專家團隊輔導場次詳如7-56、7-57頁。
2. 報告之摘要無英文版，請補上。	感謝委員建議，英文摘要已補充至成果報告。
3. 摘要詳細版之執行方法，建議另簡要說明，非僅以計畫目標敘述	感謝委員建議，摘要詳細版之執行方法已補充至成果報告摘要詳細版。
4. 請參考計畫結案報告確認表，前言(緒論)應須包含經費及各重要工作要項負責執行人員資料與專長。	感謝委員意見，已依據建議進行修正並將內容納入成果報告1.2節中。
5. 同上，請確認報告內容有無經費人力分配及工作項目章節是否對應列表，與訂定流程圖。	感謝委員意見，已說明納入成果報告1.2節中。

工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

電子衝擊 $PM_{2.5}$ 感測元件

測試報告

測試單位：　工業技術研究院　綠能所

測試部門：　環境奈米 研究室

測試人員：　陳姿名

報告日期：　108.11.30



工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

I. 測試地點及期程：

根據計畫書本年度 $PM_{2.5}$ 感測模組將進行實驗室或實地場域測試(2 處)，期程至少 3 個月，測試地點及期程如下：

108 年 8 月 1 日至 9 月 25 日，共 56 日，測試地點在工研院綠能所實驗室，進行實驗室空白比對測試。

108 年 9 月 11 日至 10 月 31 日止，共 51 日，測試地點在實驗室附近之戶外平台，進行實驗室戶外場域比對測試。

兩個地點共測試 105 日，超過 3 個月。

II. 測試流程及結果：

1. 實驗室空白比對測試

實驗室測試以空白比對，實施主要目的為測試原型機內感測核心元件以外之組件對於感測模組在運行時之影響。因為實際感測試時除電路板外其他主要可能產生干擾訊號之元件為風扇及離子產生元件(charger)，故必須了解其穩定性，以判斷是否會過度干擾電路板之 fA 電流感測。實驗架設如圖 1 之示意圖所示，將待測模組原型機及參考用之量測儀器一起置於無塵室之平台上。測試時，將乾燥過之壓縮空氣通入 HEPA 過濾器以去除壓縮空氣中所有微粒後，再通入測試腔中。測試時將同時量測測試腔中之溫度及相對濕度，以確認溫度及相對濕度之變化。同時開啟參考儀器以確認測試腔中無微粒存在後，開始進行測試。空白測試分成 3 個條件進行，如表 1 所示：

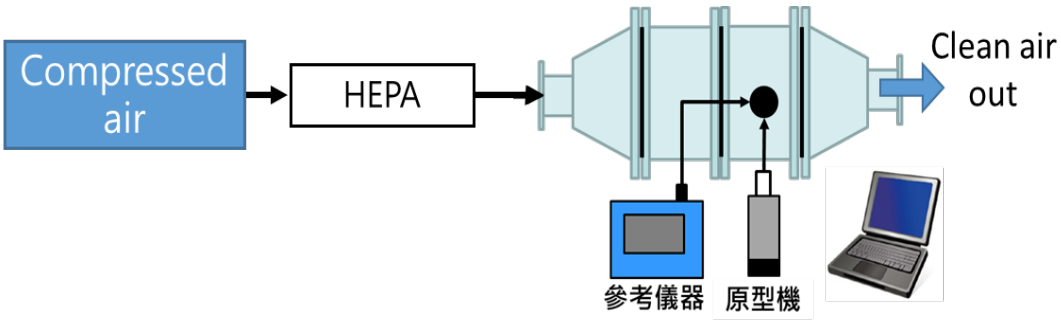


圖 1、模組原型機實驗室空白比對示意圖

表 1、原型機實驗室空白比對測試

目的	原型機操作條件	環境條件
了解電路板之 baseline 穩定性(CV%)	Fan off、 Charger off	溫度 30±3℃ 相對濕度 30±10% 微粒濃度 0 μg/m^3
了解風扇開啟後 baseline 穩定性(CV%)	Fan off、 Charger off	
了解風扇及 charger 同時開啟之 baseline 穩定性(CV%)	Fan off、 Charger off	

條件(1)之測試結果如圖 2 所示，原型機電路板 baseline 的平均值為 0.198 fA/s、標準差為 0.018 fA/s，CV 值為 9.1%，顯示電路板之背景雜訊值低，在風扇 off 及 charger off 時電路板之穩定佳。條件(2)之測試結果如圖 3 所示，風扇開啟時電路板 baseline 的平均值為 0.204 fA/s、標準差為 0.021 fA/s，CV 值為 10.3%，顯示風扇開啟時原型機之電路板穩定性佳。條件(3)主要測試風扇及 charger 同時開啟時電路板 baseline 的穩定度，在感測時每一筆數據收集後必須有放電時間，如圖 4 所示，以避免影響下一筆之量測之 baseline，因此本測試時同時亦用來調整每筆數據計算之最佳時間間隔，測試結果如圖 5 所示，在每筆數據之時間間隔為 1 分鐘時，電路板 baseline 的平均值為 189.8 fA/s、標準差為 27.2

fA/s，CV 值為 14.3%。當間隔為 2 分鐘時，電路板 baseline 的平均值為 183.0fA/s、標準差為 23.0 fA/s，CV 值為 13.0%。當間隔為 3 分鐘時，電路板 baseline 的平均值為 119.4fA/s、標準差為 14 .2fA/s，CV 值為 11.9%。當間隔為 6 分鐘時，電路板 baseline 的平均值為 48.4fA/s、標準差為 3.9fA/s，CV 值為 8.0%。顯示原型機在風扇及 charger 同時開啟時，時間間隔 6min 時穩定性最佳。

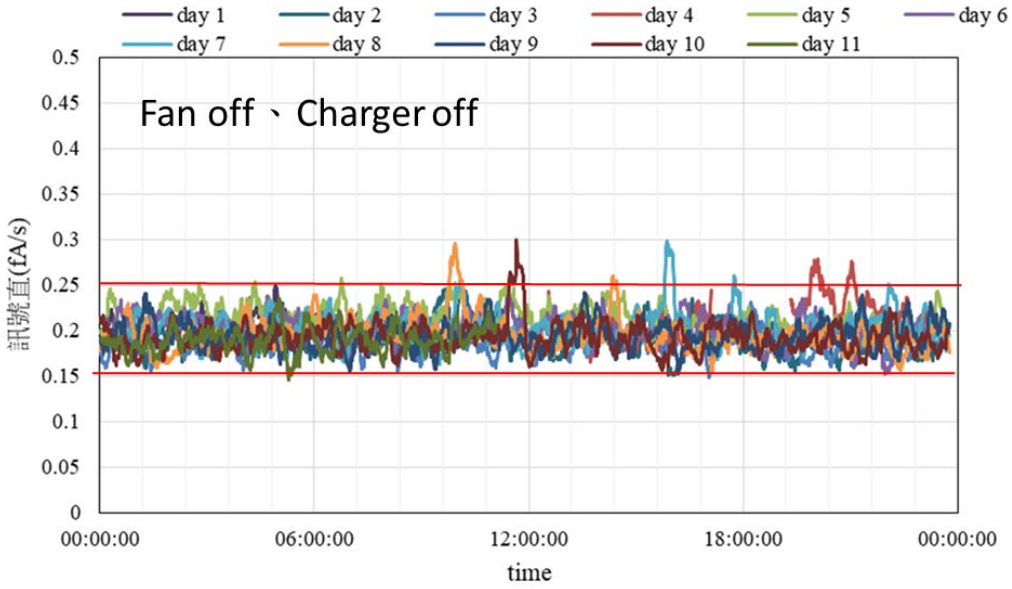


圖 2、實驗室空白比對條件(1)測試結果

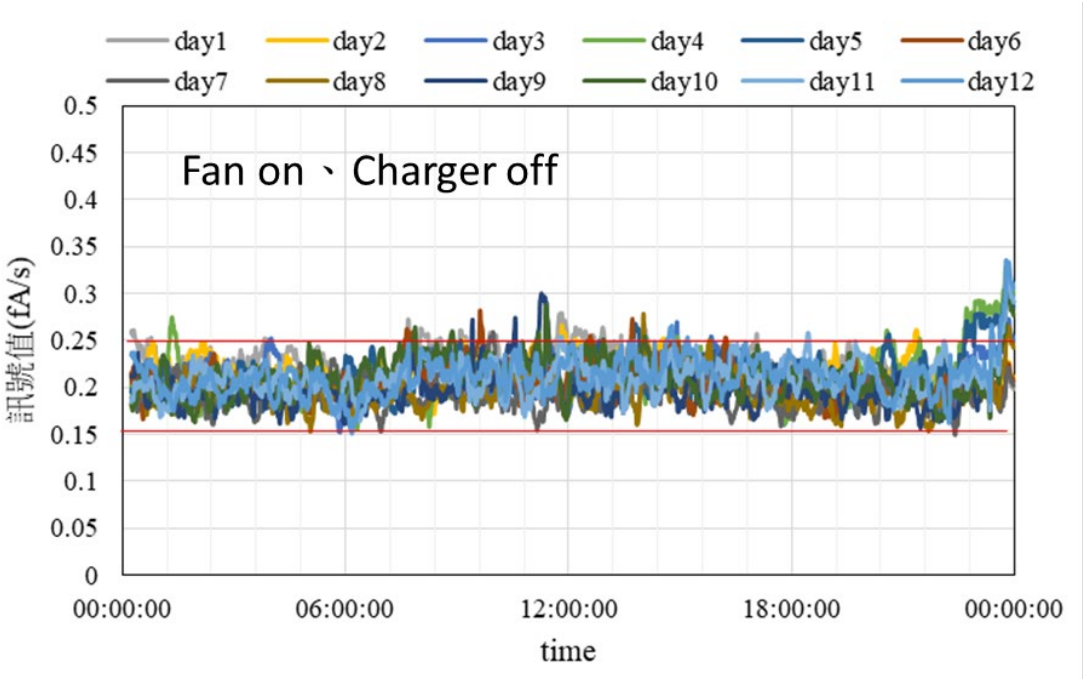


圖 3、實驗室空白比對條件(2)測試結果

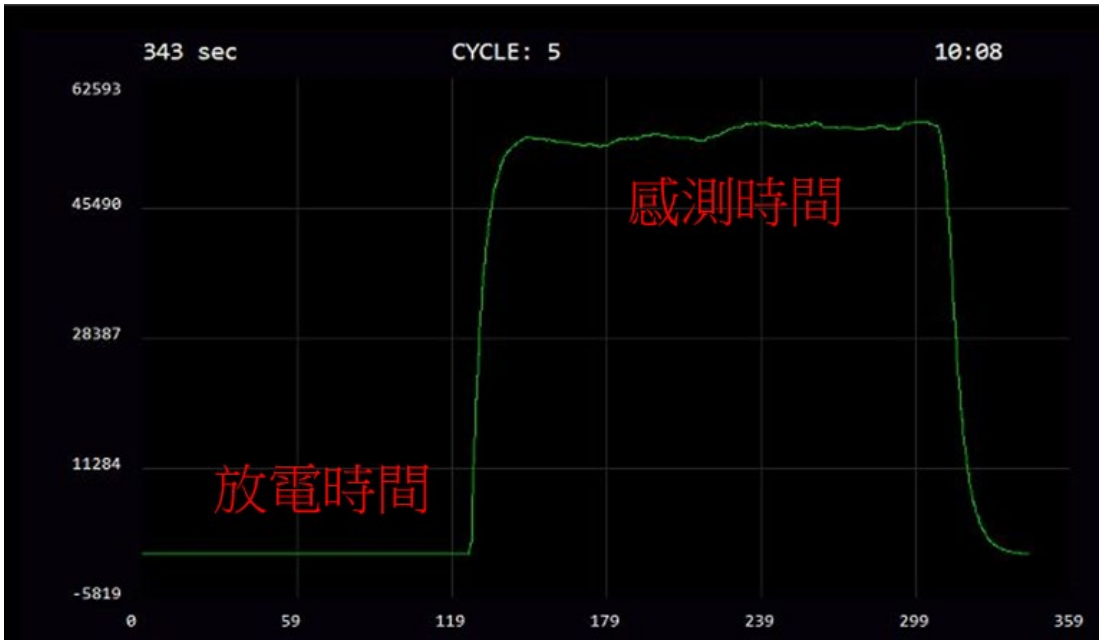


圖 4、charger 開啟量測時之放電時間

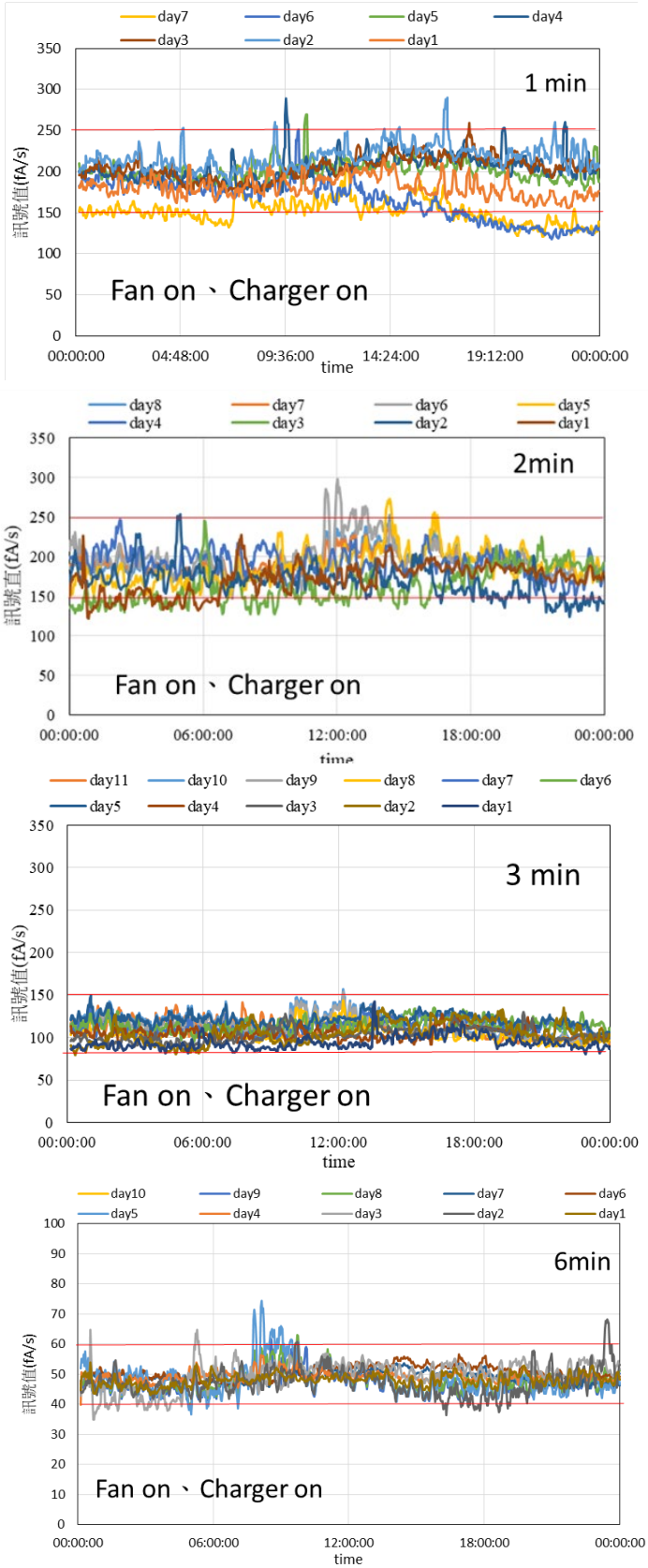


圖 5、實驗室空白比對條件(3) fan on charger on 測試結果

2. 實驗室戶外比對測試

在戶外測試方面，為方便調校，初步之戶外測試以實驗室附近之戶外為主，待測機台擺放於在百葉箱中，以有線搭配無線方式傳輸及儲存數據，同時量測溫度及相對濕度變化，每筆數據時間間隔設定 6 min，實驗設置如圖 6 所示。

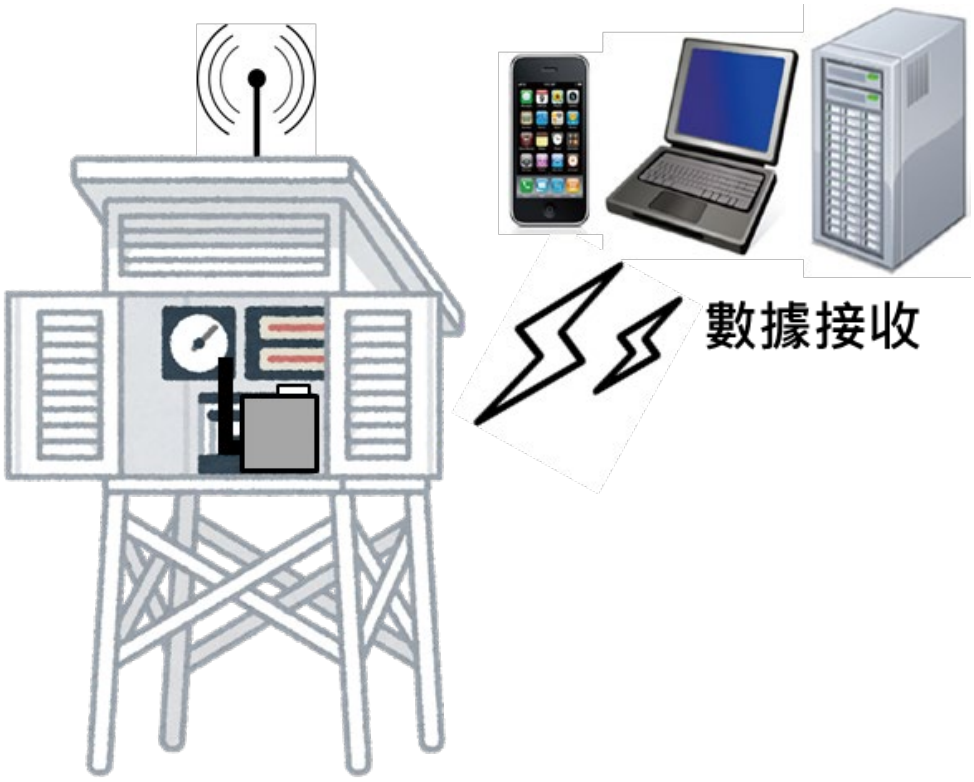


圖 6、戶外比對測試實驗設置

比對之標準為相同時段之新竹測站數據，數據比對之流程為將 EPA 測站數據與測試數據使用 excel 繪成散佈圖後，算出相關係數 R^2 值。比對之結果如圖 7、圖 8 所示。圖 7 為實驗值與新竹測站數值比對結果，相關係數 R^2 為 0.68，顯示尚有改善空間。

圖 8 則為新竹測站與實驗值轉換後成質量濃度後之趨勢圖。由圖中可看出，在比對測試初期(9/25 前)因為 ITRI sensor 尚在調校數據準確率較低，於 9/26 起調校完畢。比對結果與新竹站測值差異如下，測站平均值為 17μg/m^3，sensor 測試值為 14.2 μg/m^3，兩者差距為 2.8μg/m^3。最大值與最小值比較方面，測站最高值為 58μg/m^3，sensor 測試值為 66.3μg/m^3。測站最低值為 1.0 μg/m^3，sensor 測試值為 7.3μg/m^3。以整體來看在測站濃度>20 μg/m^3 時，比對之趨勢相關性較高，在 10 月 11 日以後測站<20 μg/m^3 時，均有低估之現象。

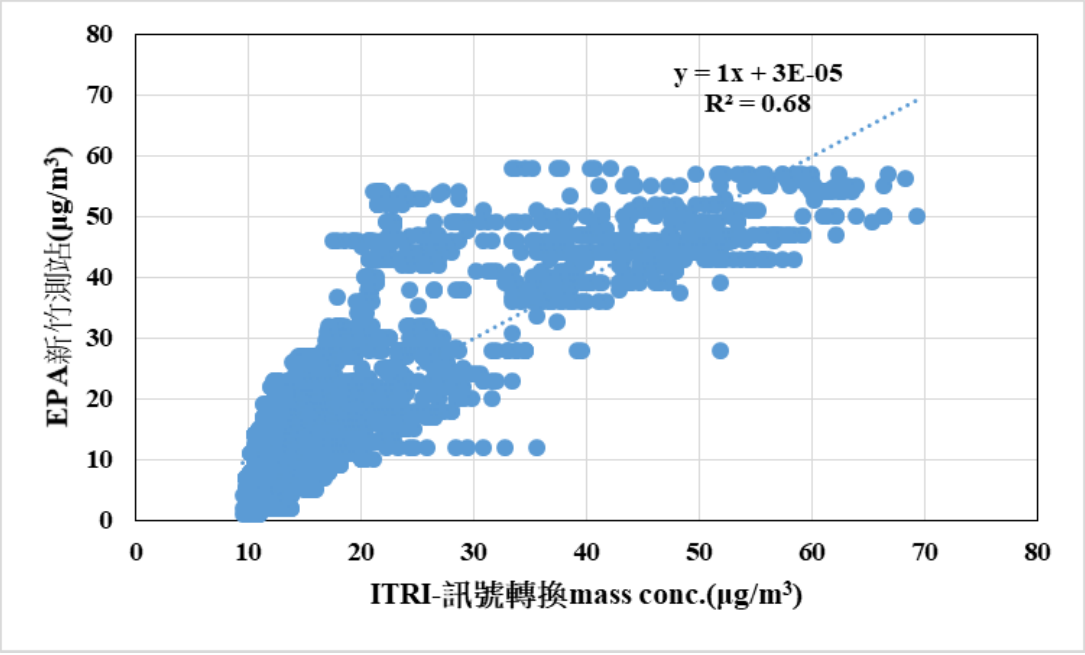


圖 7、戶外測試實驗值與新竹測站數值比對

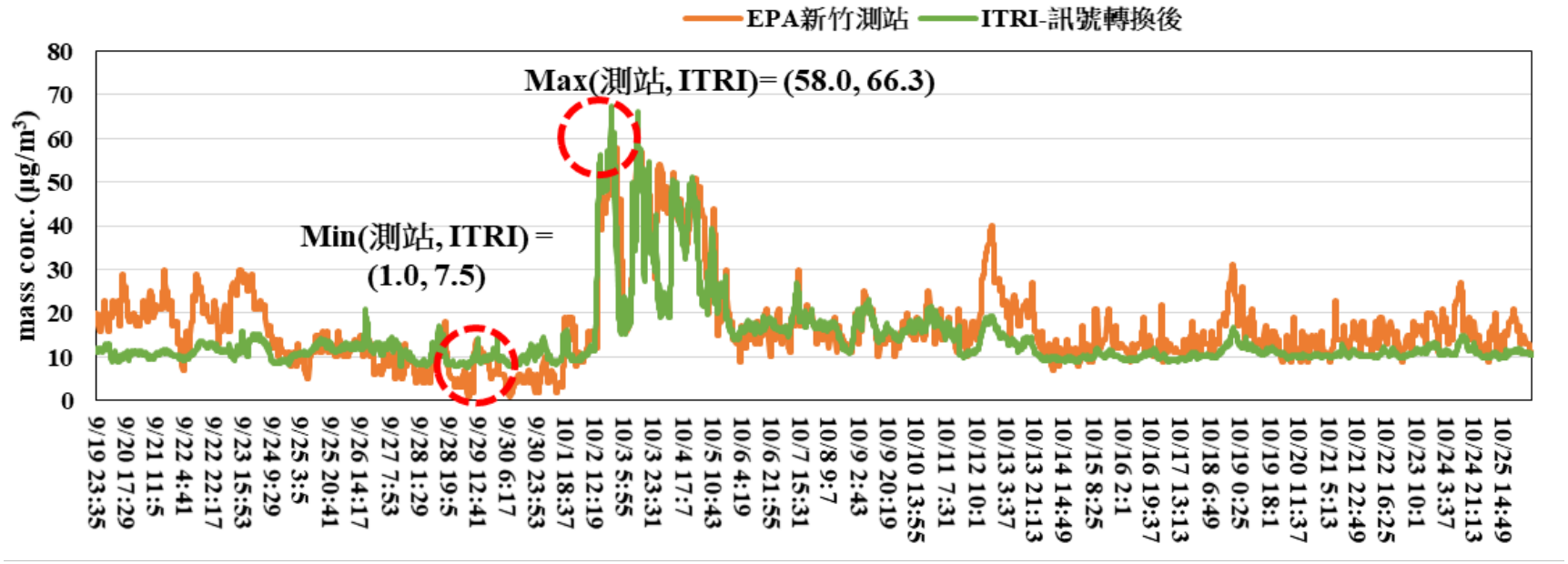


圖 8、戶外測試實驗值與新竹測站數值趨勢圖

本計畫所開發之 $PM_{2.5}$ 感測原型機，以目前試量產之價格推算商品化之價格預計落在 2500~5000 美金之間，以目前研究之成果與 AQ-SPEC 測試過之同級商品比較，如表 2 所示。

AQ-SPEC 測試之 $PM_{2.5}$ 感測/量測器共有 35 種，其中售價 <1000 美元的有 25 種，>1000 美元有 10 種。其 field test 的 R^2 大都介於 0.5-0.85 之間，因比對之參考儀器不同，相關係數亦會有所差異。以原理上來看，大多為光學感測器，其中 Naneos (Partector) 之感測原理與本計畫相近，為偵測電子/電流訊號之儀器。

根據 AQ-SPEC sensor 評估之結論，大部分微粒之感測/量測器其缺點為需要進行定期校正，而光學儀器則無法檢測非常小的微粒(如<0.5 μm)。在本計畫之成果亦須視情形而校正，後續將朝自動校正方向進行。在偵測粒徑下限方面，本計畫之偵測粒徑下限已下降至 0.2 μm，與成熟之光學儀器比較，已經有所領先。

表 2、與 AQ-SPEC 測試過之同級商品比較

Maker (Model)	Est. Cost (USD)	Field R^2	Particle sensors
Clarity (Node)	1300	0.73 to 0.76	optical; non-FEM
Magnasci SRL (uRADMonitor INDUSTRIAL HW103)	1300	0.67 to 0.76	optical; non-FEM
TSI (AirAssure)	1500	0.75 to 0.84	optical; non-FEM
Met One (Neighborhood Monitor)	1900	0.53 to 0.67	optical; non-FEM
RTI (MicroPEM)	2000	0.67 to 0.80	optical; non-FEM
AS-LUNG (Air Quality Station)	2200	0.59 to 0.82	optical; non-FEM
Aeroqual (AQY)Ver. 0.5	3000	0.53 to 0.85	LPC; non-FEM
Perkin Elmer (ELM) (PM10)	5200	~ 0.0	optical; non-FEM
Met One (E-Sampler)	5500	0.55 to 0.62	optical; non-FEM
Naneos (Partector)	7000	~ 0.1	faraday cup; non-FEM
ITRI GEL	2500-5000	0.66	electric impaction; non-FEM

工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

電化學 NO_2 感測元件

測試報告

測試單位： 工業技術研究院 材化所
測試部門： 光機電材料與系統整合研究室
測試人員： 陳一誠

報告日期： 108 年 12 月 18 日



工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

I. 測試地點及期程：

根據計畫書本年度 NO_2 感測器必須實際應用於國內實地場域地點至少 3 處，測試期程至少 3 個月，測試地點及期程如下：

108 年 1 月 24 日至 11 月 07 日，共 288 日，測試地點：三重測站。

108 年 10 月 2 日至 10 月 15 日止，共 13 日，測試地點：板橋測站。

108 年 10 月 24 日至 11 月 7 日止，共 14 日，測試地點：古亭測站。

三個地點總共測試期程共測試 315 日(超過 3 個月)。

II. 測試流程及結果：

在三重測站測試之期程自 108 年 1 月 24 日開始持續到 11 月 07 日數據收集分析來調整優化模組一致性，累積有 288 日，比對之標準為相同時段之三重測站數據(108.01.24~108.11.07)，數據比對之流程為將 EPA 測站數據與測試數據使用 excel 繪成散佈圖後，算出相關係數 R^2 值。國產化原型機模組架設三重環保測站之戶外百葉箱內，國產化 NO_2 布建機模組結合測試箱外觀如圖 1(a)與 NO_2 布建機於三重環保測站進行場域測試如圖 1(b)所示。對照測站儀器級的 NO_2 數值的場域測試在三重交通測站場域測試時間維持 1 個月之數據分析結果三重測站數據(108.01.24-108.02.26)，比對測站數據對於濃度>50 ppb 的發生時域吻合顯著訊號之判別，以 10 套模組 Rs/Ro 感度指標訊號趨勢圖比較結果，NO_2 感測原型機及鄰近環保署標準監測站時間濃度比較，模組間感測訊號趨勢表示符合一致性如圖 2 (a)；模組機對照環保測站數值表示如圖 2 (b)所示。

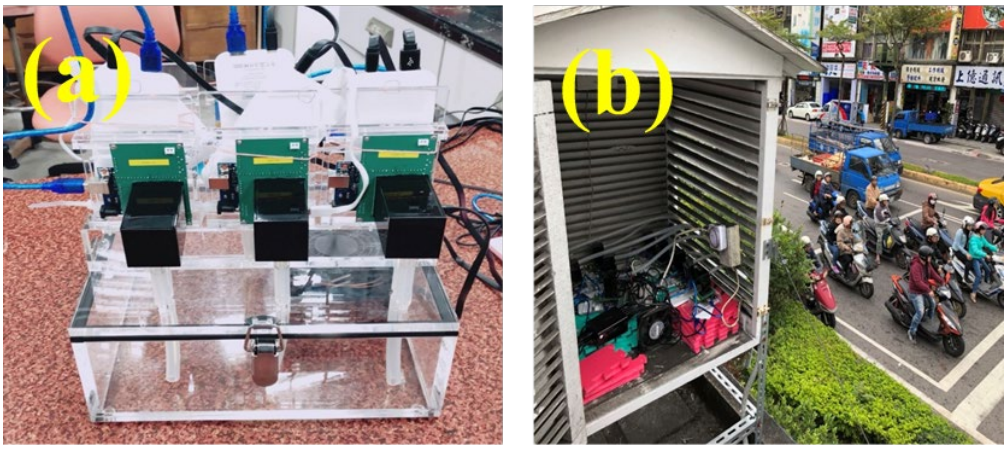


圖 1、(a)NO_2 布建機模組結合測試箱外觀；(b)NO_2 布建機於三重環保測站場域測試

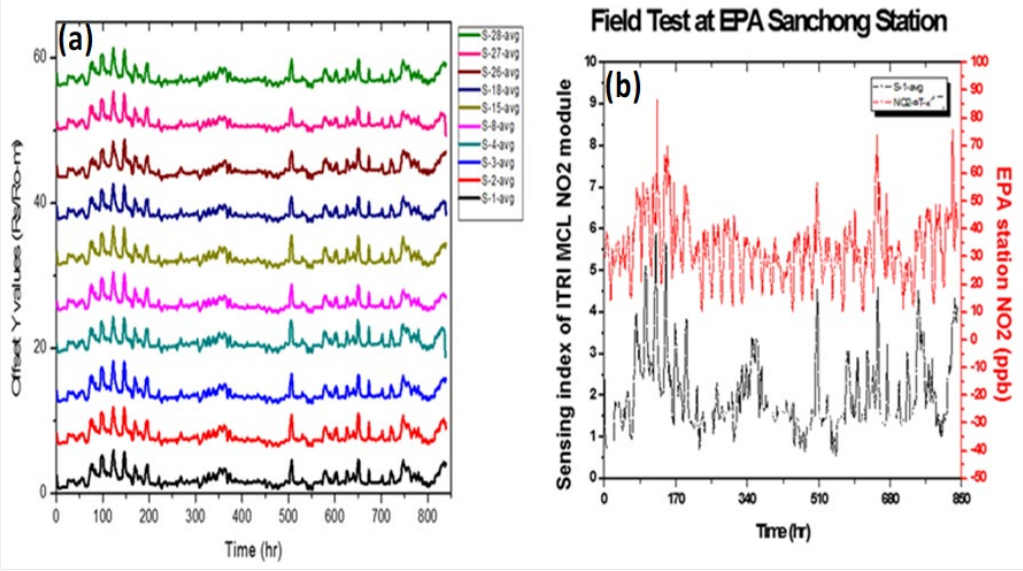


圖 2、NO_2 感測原型機與三重監測站 1 個月(108.01.24-108.02.26)場域時間濃度趨勢圖其中(a)10 套模組 Ro/Rs 小時平均值與(b)對照測站濃度數據的模組 Ro/Rs 訊號值趨勢

為了提高場域比對 R^2，藉著模組硬體驅動參數控制與玻璃防塵採樣機構改良，實際分別應用高濃度交通測站-三重測站、中濃度測站-板橋測站及低度背景-古亭測站。經在三重測站經在三重測站(108.07.4~108.09.17)累積測試時間有 75 天，比對符合達到 R^2>0.6，結果分析以第一個月 (108.07.4~108.08.1)之場域測試比對符合 R^2>0.6 相關性如圖 3 所示，分段時間區域計算分析結果如圖 4 與圖 5 所示，三重測站(108.07.4~108.07.16)之 8 套模組場域測試比對如圖 6 所示，結果 R^2>0.5 甚至有高達>0.7，分析三重測站場域 NO_2 平均濃度 27 ppb，大致分布範圍在 12~50 ppb。

本開發感測模組在三重站測試期間已持續長達 1 年的改良提升，目前仍維持運作，未有明顯衰減現象（生命週期），目前持續在三重測站（高濃度）(108.08.1-108.09.17)進行場域測試持續時間有 47 天，比對符合 R^2>0.7 如圖 7 所示，而且分別 6 套模組場域比對符合一致性，計算

分析 CV 介於 0.4~0.53，如圖 8 所示。

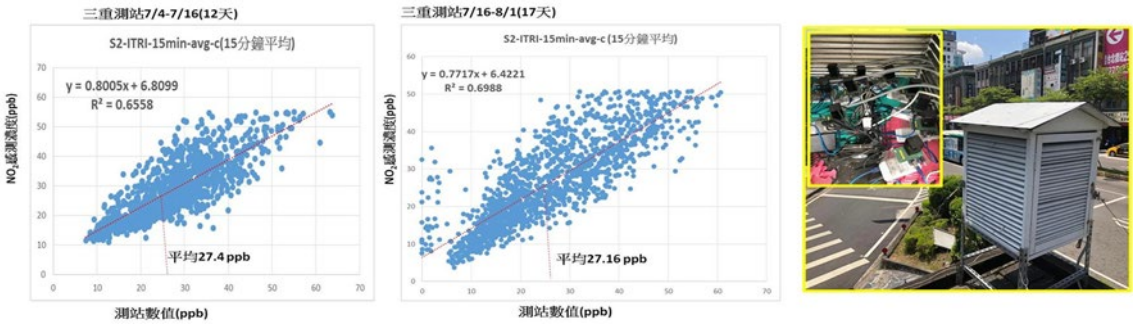


圖 3、三重測站模組累積 1 個月場域測試符合 R^2>0.65 相關性

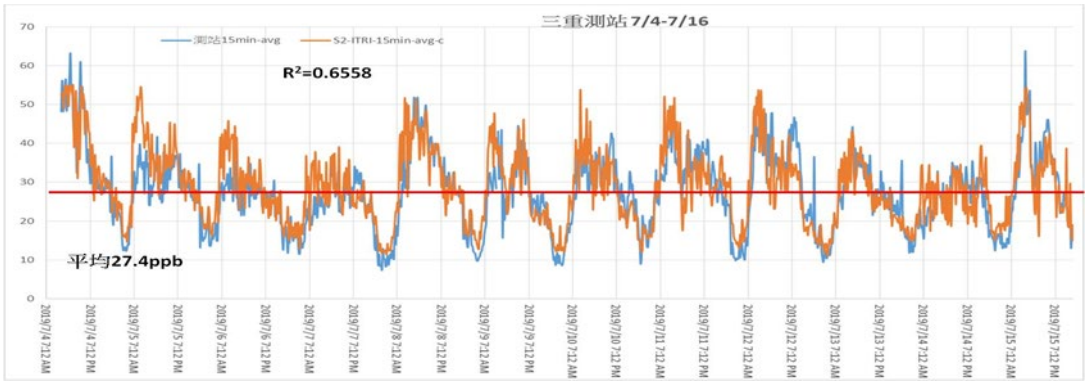


圖 4、三重測站 7/4~7/16(12 days)場域測試 R^2 計算

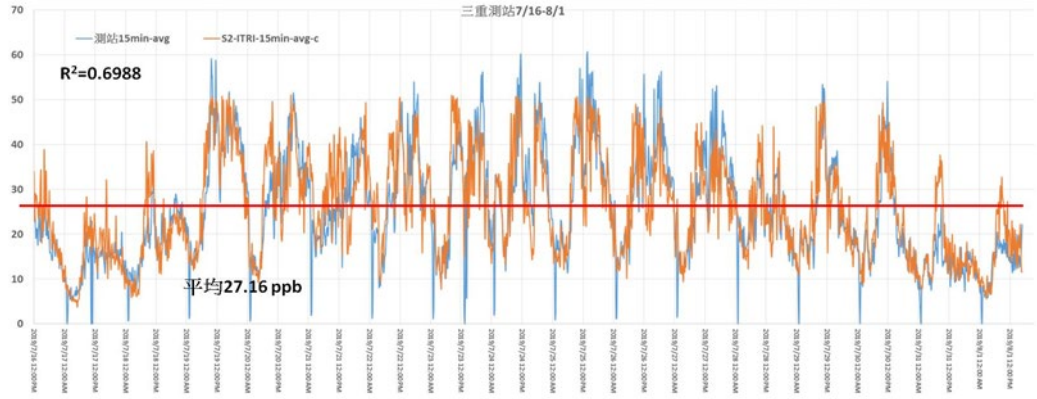


圖 5、三重測站 7/16~8/1(17 days)場域測試 R^2 計算

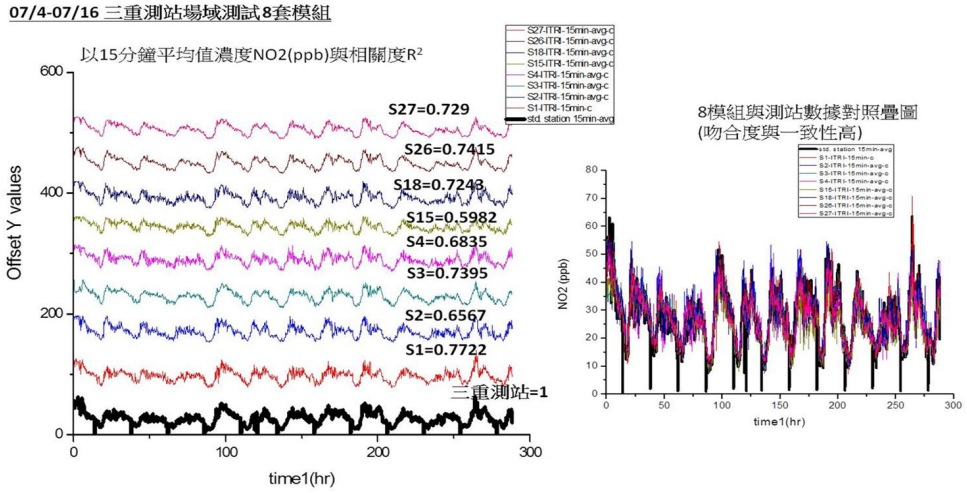


圖 6、三重測站 7/4~7/16 之 8 套模組場域測試比對

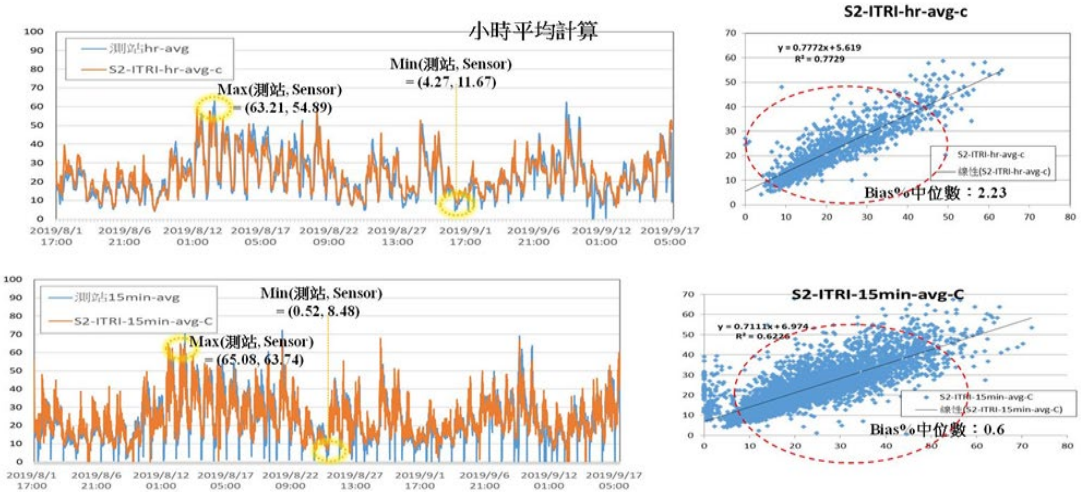
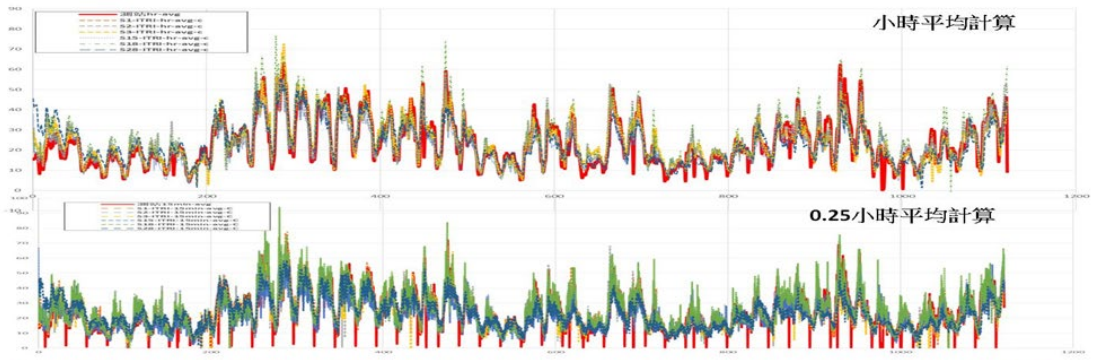


圖 7、三重測站 8/1 PM5:00~9/17 AM9:00 時間 46.7day 之場域比對



儀器	S1	S2	S3	S15	S18	S28	三重測站
mean	23.75	23.73	23.75	21.93	25.70	23.19	23.30
CV	0.45	0.43	0.45	0.41	0.53	0.40	-

圖 8、三重測站 8/1 PM5:00~9/17 AM9:00 分別 6 套模組場域比對符合一致性

持續在板橋測站（中濃度）10/2~10/15 進行場域測試 (13days)，初步達到 R^2>0.6。板橋測站 2019/10/2 AM10:00 ~ 2019/10/15 AM10:15 (13days)場域測試數據分析計算如圖 9 所示，小時平均 R^2>0.6；15 分鐘平均 R^2>0.5。分析板橋測站場域 NO_2 平均濃度 15 ppb，主要集中分布範圍在 8~30 ppb。

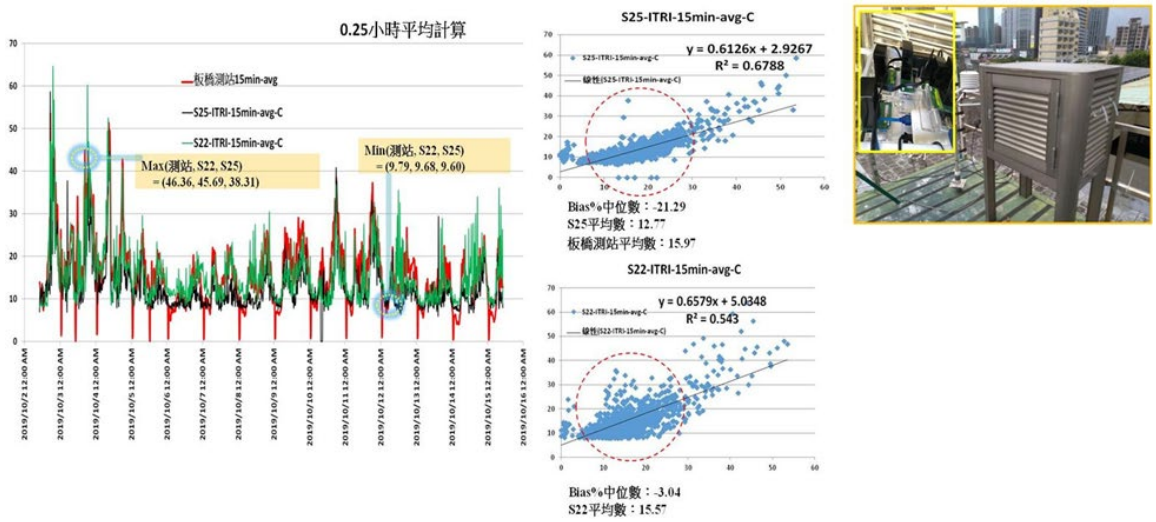


圖 9、板橋測站 2019/10/2~2019/10/15 (13days)場域測試

建置於古亭測站（低濃度）持續資料收集比對古亭測站 2019/10/07 之 15:00 ~2019/10/15 13:00 (8 days)場域測試 R^2>0.4 如圖 10 所示，二周 2019/10/24-15:00 ~2019/11/07 13:00 (14days)場域測試 R^2>0.3 如圖 11 所示，由於該測站 NO_2 平均濃度約 11 ppb，且集中在<10 ppb，對模組而言已經低於偵測下限了。

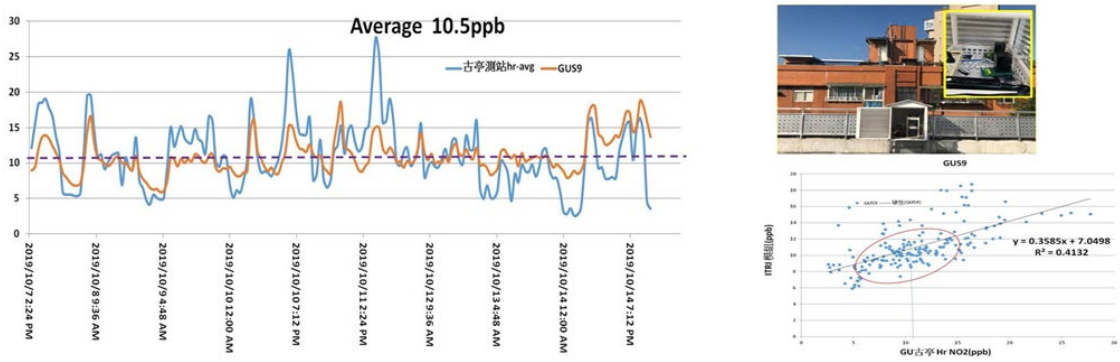


圖 10、古亭測站 2019/10/07 15:00 ~2019/10/15 13:00 (8 days)場域測試

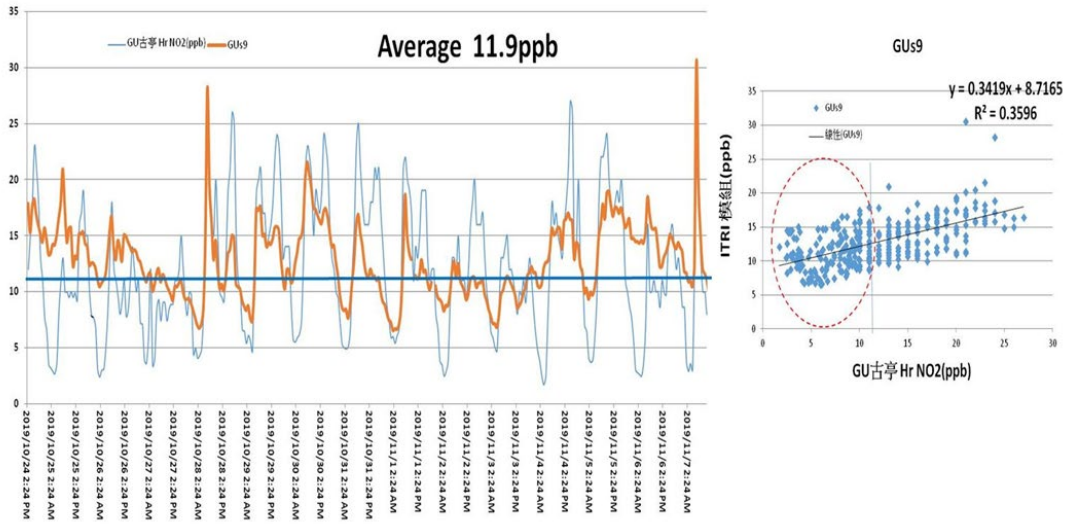


圖 11、古亭測站 2019/10/24 15:00 ~2019/11/07 13:00 (14days)場域測試

由三種不同低中高濃度分布的測站場域分析，高濃度交通測站-三重測站 NO_2 平均濃度 27 ppb，大致分布範圍在 12~50 ppb，結果 R^2>0.5 甚至有高達>0.7。在板橋測站（中濃度）NO_2 平均濃度 15 ppb，主要集中分布範圍在 8~30 ppb，計算小時平均 R2>0.6；15 分鐘平均 R^2>0.5。古亭測站（低濃度）該測站 NO_2 平均濃度約 11 ppb，且集中在<10 ppb，一週場域測試僅 R^2>0.4 對模組而言已經低於偵測下限了。

由場域測試 R_2 測站比對分析結果與國際產品測試資訊比較，以 AQ-SPEC Field Evaluation 產品網站資訊 (http://www.aqmd.gov/aq-spec/evaluations/summary-gas)，目前國產 NO_2 模組場域測試在中高濃度 0.5<R^2<0.8 已具備效能上國際競爭力，對照國際其它品牌電化學(EC)與半導體氧化物(MOS)代表,如圖 4-66 所示，其中相關性 R^2 比較排行為 Aeroqual 電化學式 0.77；Unitec 半導體 0.6-0.65 與 Vaisala 電化學式 0.43-0.61。

AQ SPEC Field Evaluation

Make (Model)	sensor type	*Field R^2
Aeroqual (AQY) Ver. 0.5	Electrochem	0.77
Air Quality Egg Ver. 1	Metal Oxide	0.4
AQMesh Ver. 4.0	Electrochem	0.0 to 0.46
CairPol Cairsens	Electrochem	0.12
Magnasci SRL	Electrochem	0.03
Smart Citizen Kit	Metal Oxide	0
Spec Sensors	Electrochem	0.0 to 0.16
UNITEC (SENS-IT)	Metal Oxide	0.60 to 0.65
Vaisala	Electrochem	0.43 to 0.61

(Ref. http://www.aqmd.gov/aq-spec/evaluations/summary-gas)

圖 12、NO_2 感測之國際產品測試資訊相關性 R^2 比較

工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

電化學 O_3 感測元件

測試報告

測試單位：　工業技術研究院 綠能所
測試部門：　空氣汙染防治研究室
測試人員：　劉丞偉

報告日期：　108 年 12 月 18 日



工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

I. 測試地點及期程：

根據計畫書本年度 O_3 感測模組分別架設於環保署竹東（低濃度）、陽明山（高濃度）和永和（中濃度）測站內，進行實地場域測試(3 處)，比對之標準為相同時段之測站數據，數據比對之流程為將 EPA 測站數據與測試數據使用 excel 繪成散佈圖後，算出相關係數 R2 值。測試期程至少 3 個月，測試地點及期程如下：

108 年 6 月 10 日至 11 月 10 日，共 171 日，測試地點：環保署竹東測站，進行場域比對測試。

108 年 8 月 11 日至 10 月 31 日止，共 92 日，測試地點：環保署陽明山測站，進行場域比對測試。

108 年 11 月 15 日至 11 月 30 日止，共 16 日，測試地點：環保署永和測站，進行場域比對測試。

三個地點總共測試期程共測試 279 日(超過 3 個月)。

II. 測試流程及結果：

國產化 O_3 布建機模組如圖 1 所示。圖 2 與圖 3 表示竹東測站場域比對(比對時間 7/9~7/24，共 16 天)之數據分析，該數據比對測站 O_3 數值與感測模組 O_3 數值。結果顯示測站 O_3 數值與 O_3 布建機模組 O_3 數值之趨勢相符合，感測器高低值與測站臭氧濃度相近；圖 4 與圖 5 表示竹東測站場域比對(比對時間 8/5~9/5，共 32 天)之數據分析，測站 O_3 平均數值為 109 ppb，對比 O_3 布建機模組 O_3 平均數值為 106 ppb，竹東測站場域比對達到 $R^2 > 0.7$；圖 6 與圖 7 表示陽明山測站場域比對(比對時間 8/11~8/22，共 12 天)之數據分析，對照測站 O_3 數值的場域結果顯示，測站 O_3 數值與 O_3 布建機模組 O_3 數值之趨勢相符合，感測器高低值與測站臭氧濃度相近，陽明山測站場域比對達到 $R^2 > 0.5$。陽明山測站 O_3 平均數值為 38 ppb，對比 O_3 布建機模組 O_3 平均數值為 37 ppb。圖 8 與圖 9 表示永和測站場域比對(比對時間 11/15~11/22，共 7 天)之數據分析，與測站 O_3 數值相比，測站 O_3 數值與 O_3 布建機模組 O_3 數值之趨勢相符合，感測器高低值與測站臭氧濃度相近，永和測站場域比對達到 $R^2 > 0.5$。



圖1、O_3原型機模組實地場域測試(竹東、陽明山和永和測站內擺設)

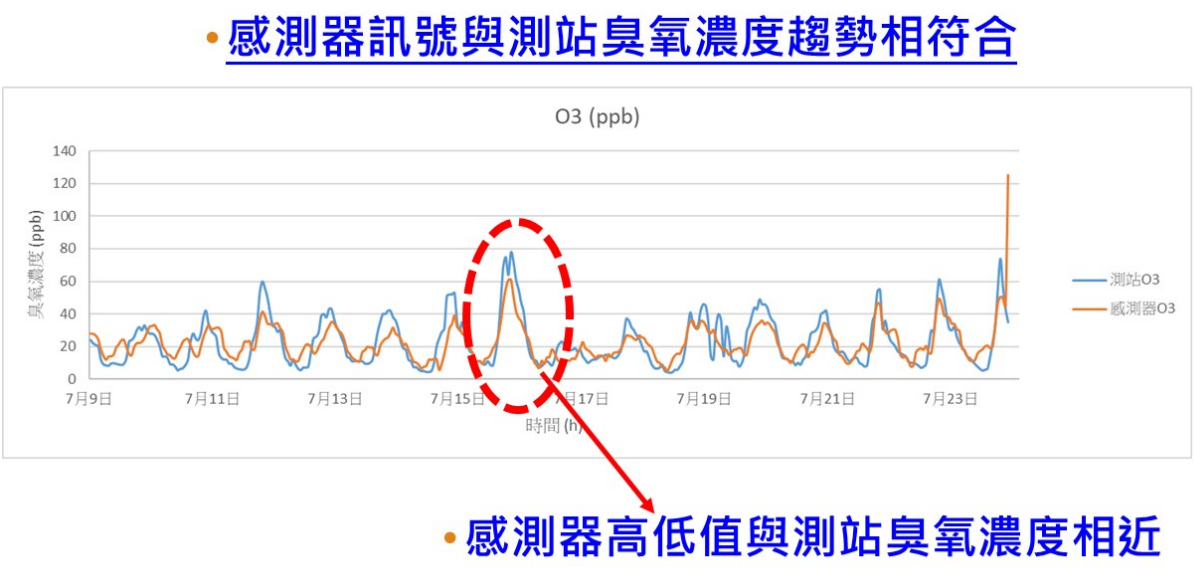


圖2、竹東測站(7/9~7/24)之O_3原型機模組場域測試，測站O_3數值與O_3布建機模組O_3數值之趨勢比對

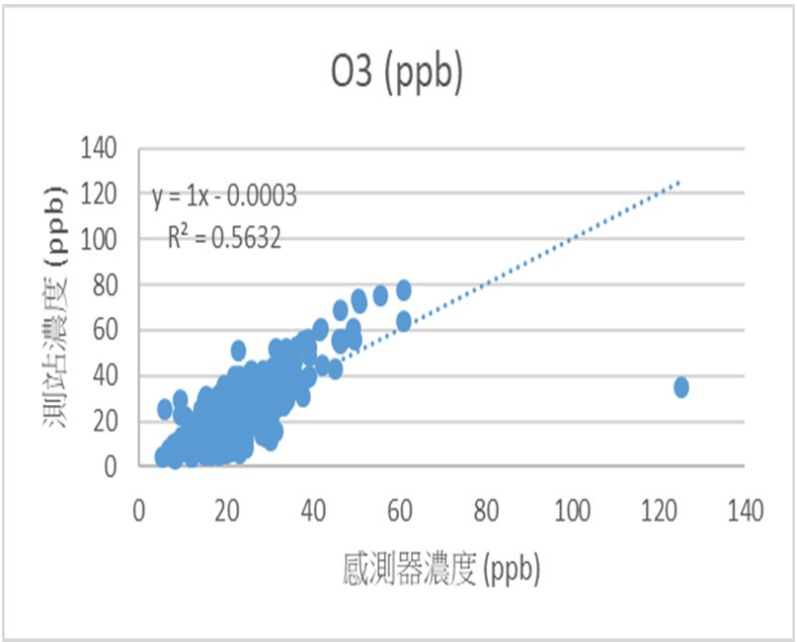


圖3、竹東測站(7/9~7/24)之O_3原型機模組場域測試，測站O_3數值與O_3布建機模組O_3數值之線性相關度比對

- **感測器訊號與測站臭氧濃度趨勢相符合(08/05-09/05)**

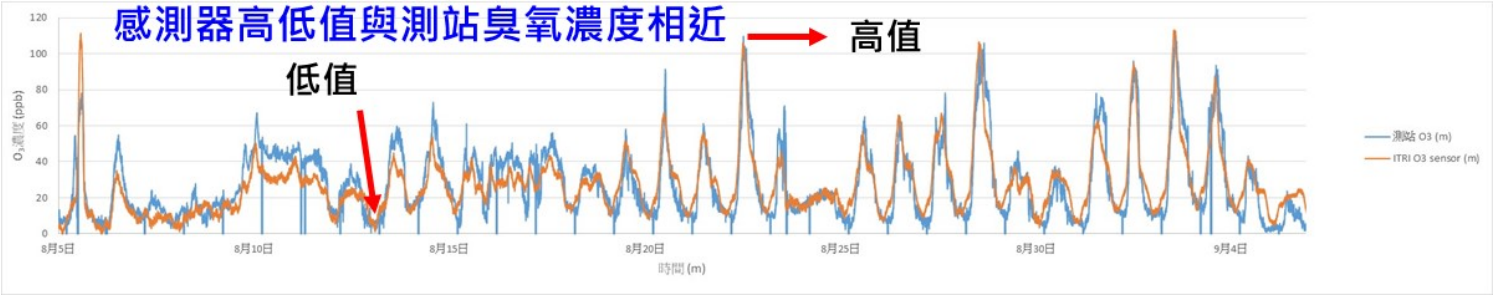


圖4、竹東測站(8/5~9/5)之O_3原型機模組場域測試，測站O_3數值與O_3布建機模組O_3數值之趨勢比對

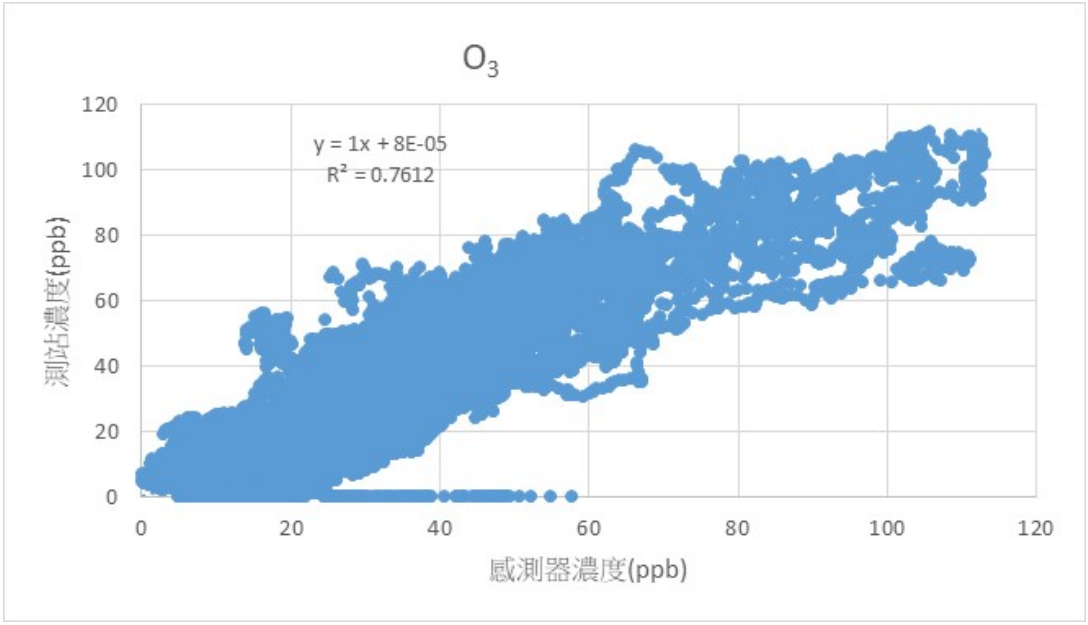
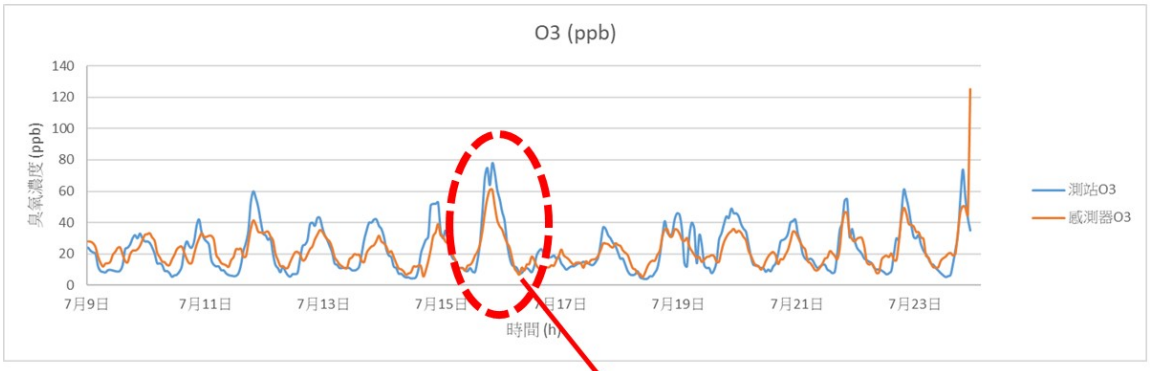


圖5、竹東測站(8/5~9/5)之O_3原型機模組場域測試，測站O_3數值與O_3布建機模組O_3數值之線性相關度比對

- 感測器訊號與測站臭氧濃度趨勢相符合



- 感測器高低值與測站臭氧濃度相近

圖6、陽明山測站(8/11~8/22)之O_3原型機模組場域測試，測站O_3數值與O_3布建機模組O_3數值之趨勢比對

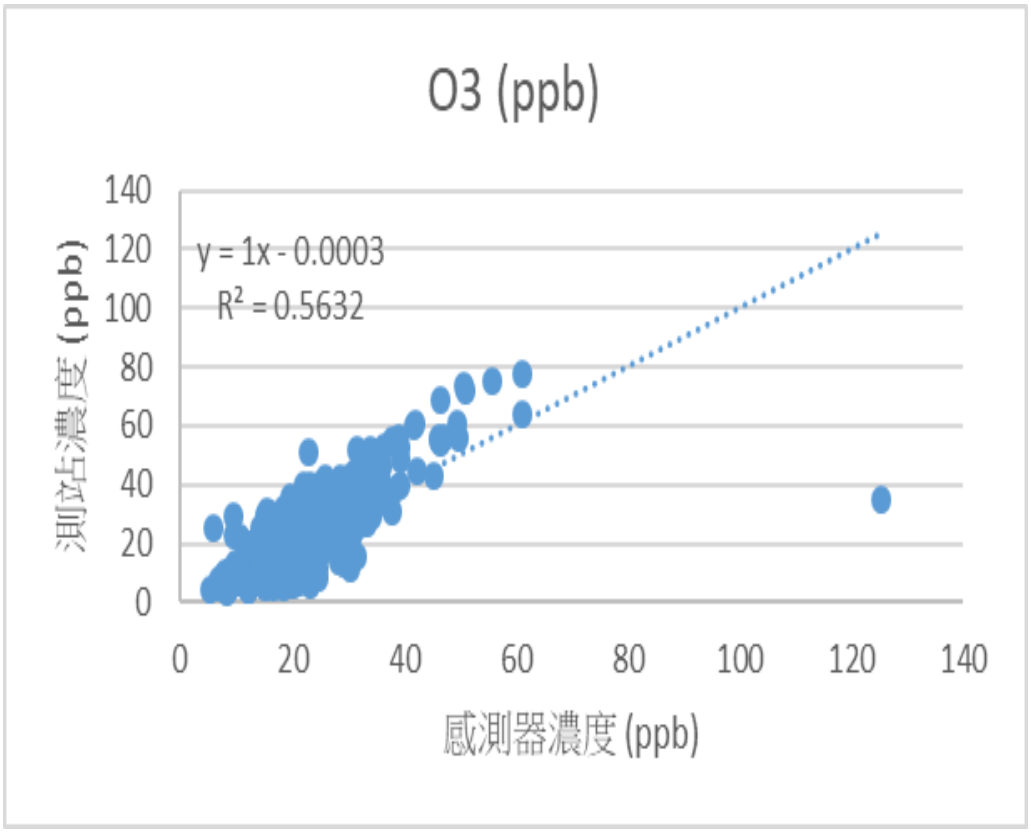


圖7、陽明山測站(8/11~8/22)之O_3原型機模組場域測試，測站O_3數值與O_3布建機模組O_3數值之線性相關度比對

- 感測器訊號與測站臭氧濃度趨勢相符合(11/15-11/22)

感測器高低值與測站臭氧濃度相近

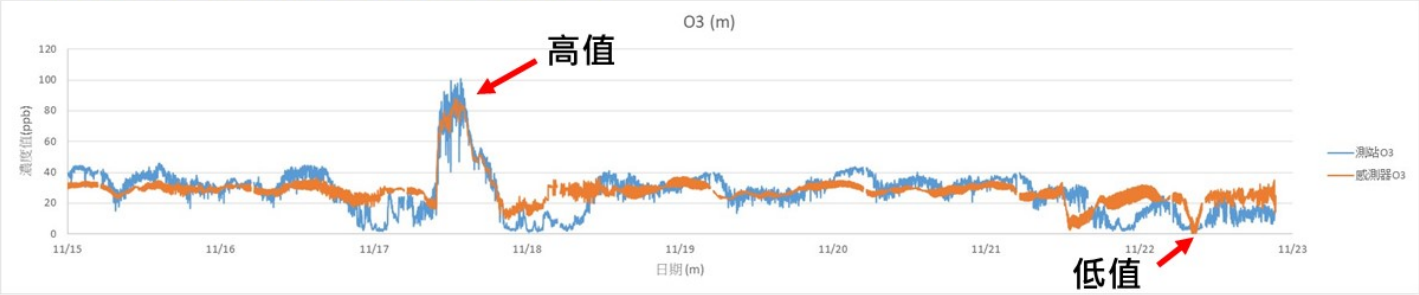


圖8、永和測站(11/15~11/22)之O_3原型機模組場域測試，測站O_3數值與O_3布建機模組O_3數值之趨勢比對

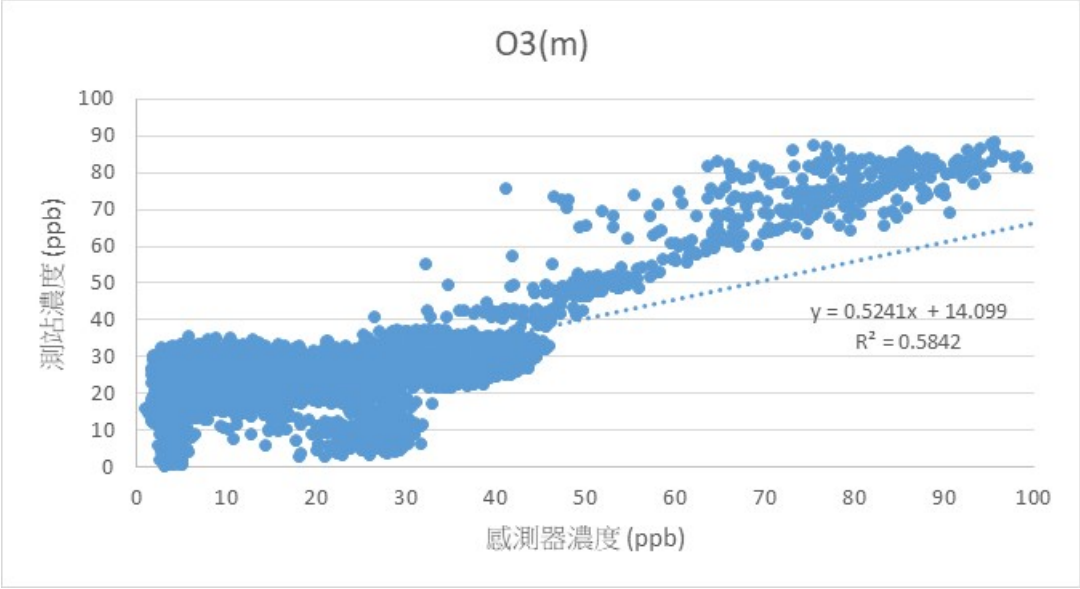


圖9、永和測站(11/15~11/22)之O_3原型機模組場域測試，測站O_3數值與O_3布建機模組O_3數值之線性相關度比對

由場域測試 R^2 測站比對分析結果與國際產品測試資訊比較，以 AQ-SPEC Field Evaluation 產品網站資訊 (Ref.http://www.aqmd.gov/aq-spec/evaluations/summary-gas)，目前國產 O_3 模組場域測試(R^2>0.6)之效能已具備國際競爭力，同時因掌握關鍵元件技術，競爭優勢上可比國際大廠比較上來的低價許多，對照國際其它品牌電化學(EC)代表,如圖 10 所示，其各國廠牌之電化學感測器大都源自於英國品牌 Alphasense，其相關性 R^2 比較為 Vaisala 電化學式 0.66-0.82，AQMesh 電化學式 0.46-0.83。

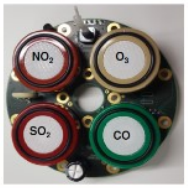
O_3 Electrochemical Sensor		
Make (Model)	Est. Cost (USD)	Field R^2
Air Quality Egg Ver. 2	$240 ($O_3$、$SO_2$)	0.0 to 0.20 (Indoor)
Vaisala (AQT410) Ver. 1.15  	$3,700 ($O_3$、CO、$SO_2$、$NO_2$)	NO_2 0.43 to 0.61 O_3 0.66 to 0.82
AQMesh Ver. 4.0  	$10,000 ($O_3$、CO、$SO_2$、$NO_2$)	NO_2 0.00 to 0.46 O_3 0.46 to 0.83

圖 10、O_3 感測之國際產品測試資訊相關性 R^2 比較

工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

108年度計畫執行報告

環境品質感測物聯網推動及專案管理計畫

空污感測器應用相關工作手冊

(草案)

中華民國 108 年 12 月

目錄

目錄 2
圖目錄 3
表目錄 4
第一章、空污感測器應用目的與選址標準作業程序(草案) 5
第二章、空污感測器布建安裝標準作業程序(草案) 11
第三章、空污感測器巡檢標準作業程序(草案) 14
第四章、空污感測器狀態異常偵測報修標準作業程序(草案) 31
第五章、空污感測器數據篩選校正及公布標準作業程序(草案) 36
第六章、空污感測器污染偵測及分析判斷標準作業程序(草案) 39
第七章、經費編列標準作業程序(草案) 42

圖目錄

圖 1-1、選址作業流程圖.....10

圖 2-1、布建安裝作業流程圖.....13

圖 3-1、巡檢作業流程圖.....22

圖 4-1、感測器狀態異常偵測報修流程.....35

圖 5-1、數據篩選校正及公布流程.....38

圖 6-1、污染偵測及分析判斷流程.....41

圖 7-1、經費編列流程.....44

表目錄

表 1-1、選址位置檢核表.....8

表 3-1、巡檢點檢表.....23

表 3-2、巡檢作業記錄表.....25

表 3-3、巡檢成果報告書.....28

第一章、空污感測器應用目的與選址標準作業程序(草案)

108 年 12 月 17 日版

一、依據

（一）空氣品質感測器設計及布建維運規範(106 年 11 月 12 日版修正)

（二）108 年及 109 年空氣品質感測器布建之合辦說明及注意事項(107 年 11 月 20 日版修正)

二、目的

依據感測目的規劃各種感測情境之布建密度與布建高度，包含工業區感測、鄰近工業區社區感測、一般社區感測、交通區感測、輔助感測與標準測站平行比對感測點，各縣市環保局可依感測應用目的，規劃感測器布建密度與布建高度，做為未來建立最適化感測器布建設計之參考。

三、應用情境與布建規劃

1. 工業區感測：布建於依各相關法令設立、管理之園區，例如工業區、加工出口區、科學園區及港區等，以經濟部編定之工業區為主。用以監控工廠密集區域，做為污染溯源及環境執法之用途，布建密度以 50~300 公尺距離規劃。為避免受交通污染影響，並考量維修之便利性，布建高度建議 3~5 公尺為佳。
2. 鄰近工業區之社區：布建於距離工業區 2 公里範圍內社區。臨近工業區之社區、城鎮為民眾陳情之主要場所，故布建密度以 100~500 公尺距離規劃。為避免受交通污染影響，並考量維修之便利性，布建

高度建議 3~5 公尺為佳。

3. 其他社區：布建於非鄰近工業區之社區。為提供該地區民眾日常生活之參考，建議採用 1~1.5 公里網格狀之密度設置，為避免受交通污染影響，並考量維修之便利性，布建高度建議 3~5 公尺為佳。
4. 交通感測：布建於四線道以上之主要幹道。主要目的為監測汽機車等移動載具產生的空氣污染，布建密度以 1 公里距離設置，考量對移動污染源的感測顯著性，布建高度建議採 1.5 公尺以下為佳。
5. 輔助感測：20 公里內無大型標準監測站之鄉鎮地區。針對人口稀少鄉鎮市地區做為環境背景參考之依據，採用 5 公里網格狀之密度設置，為避免受交通污染影響，並考量維修之便利性，布建高度建議 3~5 公尺為佳。
6. 標準測站平行比對感測點：設置於國家測站進行長期平行比對。為有效了解區域感測器之現況，將感測器長期附掛於鄰近標準測站進行長期平行比對，作為感測器校正的參考依據。

四、選點準則

（一）考量經濟面的布建及維運成本，路燈燈桿為最主要之安裝選項，其中金屬桿優於水泥桿及附掛式，故以金屬桿為優先。

（二）選定安裝感測器的路燈燈桿，需考量安裝的方便性、巡檢的合適性以及維運的可行性。故訂定出以下的燈桿選點準則，做為實際場勘時挑選路燈燈桿之標準。

1. 必要準則：

(1) 供電正常之燈桿(夜間路燈開啟現場勘查)。

(2) 燈桿周圍需有 1 公尺以上淨空空間，方便安裝與維修。

(3) 選擇於道路兩旁之燈桿，避免選在位於安全島上，將導致維運及交管上之困難。(交通感測除外)

(4) 感測器上方及兩旁 1 公尺內不可有任何遮蔽物，如：金屬物、樹木、招牌、廣告帆布、路牌…等等。

(5) 避免周圍存在已知污染源，如公廟、金爐燃燒、汽車維修廠…等等。(如為預設監測已知污染源則不在此限)

2. 建議準則：

(1) 停車方便處，方便高空車施工。

(2) 避開車輛出入口、避開鬧區及車流量大處。

(3) 金屬桿優於水泥桿及附掛式，故以金屬桿為優先。

(4) 如為水泥燈桿，選擇饋電點在下方處者。

五、選址步驟

整體選址作業流程如圖 0-1，主要項目包括：「布建地點之型態分類」、「選址原則」、「路燈燈桿選點準則」、及「選址步驟」。

1. 依據上述之原則選定燈桿，於燈桿上黏貼站名標記貼紙，供安裝人員辨識，並拍攝照片 1 張。

2. 定位並記錄選定之燈桿 GPS 位置。

3. 於選定之燈桿拍攝正面全景場勘照 1 張。

4. 填寫選址位置檢核表如表 0-1：

表 0-1、選址位置檢核表

感測器站號：_____

監測標的：_____

經緯度：_____

照片：

必要檢核項目	合格	不合格
1. 選擇於道路兩旁之燈桿，避免選在位於安全島上，將導致維運及交管上之困難。(如為交通感測則不在此限)	☐	☐
2. 避免周圍存在已知污染源，如公廟、金爐燃燒、汽車維修廠...等等。(如為預設監測已知污染源則不在此限)	☐	☐
3. 燈桿周圍需有 1 公尺以上淨空空間，方便安裝與維修。	☐	☐
4. 感測器上方及兩旁 1 公尺內不可有任何遮蔽物，如：金屬物、樹木、招牌、廣告帆布、路牌...等等。	☐	☐

5. 供電正常之燈桿。	☐	☐
建議檢核項目	合格	不合格
1. 停車方便處，方便高空車施工。	☐	☐
2. 避開車輛出入口。	☐	☐
3. 避開鬧區、車流量大處。(如為交通感測則不在此限)	☐	☐

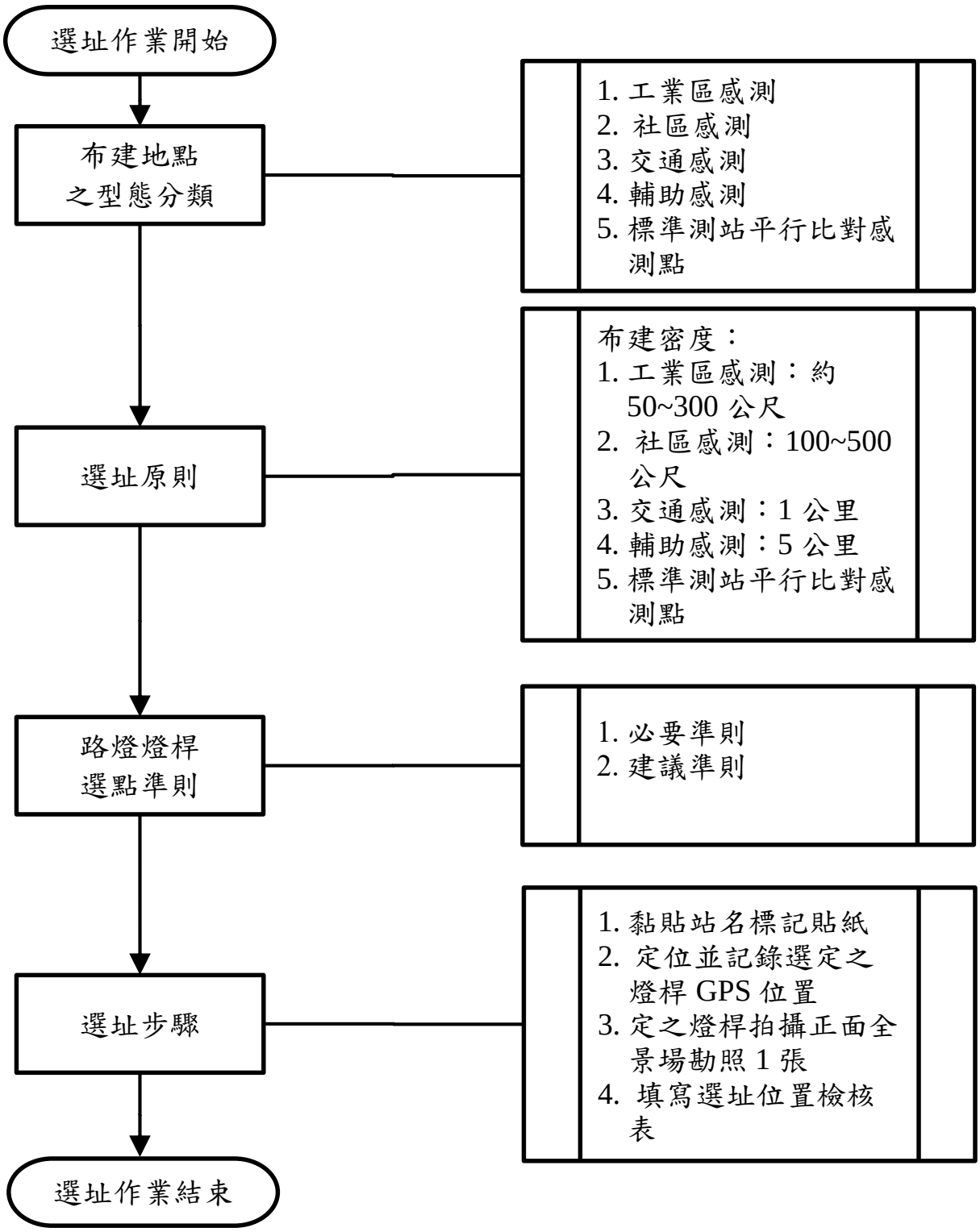

選址作業開始
布建地點
之型態分類
1. 工業區感測
2. 社區感測
3. 交通感測
4. 輔助感測
5. 標準測站平行比對感測點
選址原則
布建密度：
1. 工業區感測：約 50~300 公尺
2. 社區感測：100~500 公尺
3. 交通感測：1 公里
4. 輔助感測：5 公里
5. 標準測站平行比對感測點
路燈燈桿
選點準則
1. 必要準則
2. 建議準則
選址步驟
1. 黏貼站名標記貼紙
2. 定位並記錄選定之燈桿 GPS 位置
3. 定之燈桿拍攝正面全景場勘照 1 張
4. 填寫選址位置檢核表
選址作業結束

圖 0-1、選址作業流程圖

第二章、空污感測器布建安裝標準作業程序(草案)

108 年 12 月 17 日版

一、依據

（一）空氣品質感測器設計及布建維運規範(106 年 11 月 12 日版修正)

（二）108 年及 109 年空氣品質感測器布建之合辦說明及注意事項(107 年 11 月 20 日版修正)

二、目的

依據布建經驗與感測器廠商作業程序，訂定感測器安裝標準程序，使現場人員於安全的作業條件下，將感測器以正確的方式安裝至指定點位上，並拍攝記錄感測器周圍與施工狀況的照片，提供環保署與環保局審查及追溯資料使用。

三、作業方式

（一）施工前準備

1. 依據布建點位準備感測器與相關耗材。
2. 確認感測器安裝地點與預計感測污染源之相對位置與距離。
3. 實施現場交通管制與安全措施。
4. 紀錄施工前重點紀要與拍照留存。

（二）現場施工作業

1. 開啟感測器電源，確認感測器與電源正常。
2. 確認感測器安裝高度，確認與周界障礙物之距離是否超過 1 公

尺。

3. 確認路燈或電桿電源接點位置，並將裝漏電斷路器，確保用電安全。

4. 確認感測器安裝穩固性，並做好設備、燈桿與電源之防水。

（三）系統功能確認

1. 確認感測器各功能模組燈號是否正常，如有異常即刻故障排除。

2. 確認環保署數據中心平台(EIoT)上感測數據正常上傳。

（四）環境記錄作業

1. 完成感測器與燈桿近照，需呈現感測器編碼與地點位置紀錄。

2. 完成感測器全景拍照，需呈現感測器與燈桿正面全景，及周邊道路與結構物之紀錄。

3. 完成感測器環景拍照，拍照者立於感測器下方，面向東、南、西、北四方位各拍測一張照片，據以呈現感測器周界之情形，並記錄感測器裝設高度。

4. 巡視感測器周圍是否有污染源，拍照與記錄污染源之型態與感測器之距離。

（五）完工檢核作業

1. 施工設備、工具與材料之清點、回收與廢棄。

2. 施工後環境清理復原，並拍照紀錄確認。

3. 完成施工後點檢檢核表單確認簽名。

（六）其他重點要求

1. 現場作業以 2 人(含)以上編組執行，以確保施工作業安全。
2. 進行現場交通 管制及設置交通錐，施工人員穿著安全裝備全帽、 反光背心、絕緣手套 、工作手套 。
3. 為確保承擔施工責任，務必落實布建點位確認、用電安全及設備安裝。
4. 現場驗收應進行現場點交感測器，並確認符合設計規範及燈桿桿號點位。並依據現場施工紀錄確認記錄現況是否吻合，現地污染特徵是否紀錄正確。

四、安裝步驟

整體安裝流程如圖 0-1，主要項目包括：「施工前準備」、「現場施工作業」、「系統功能確認」、「環境記錄作業」及「完工檢核作業」。

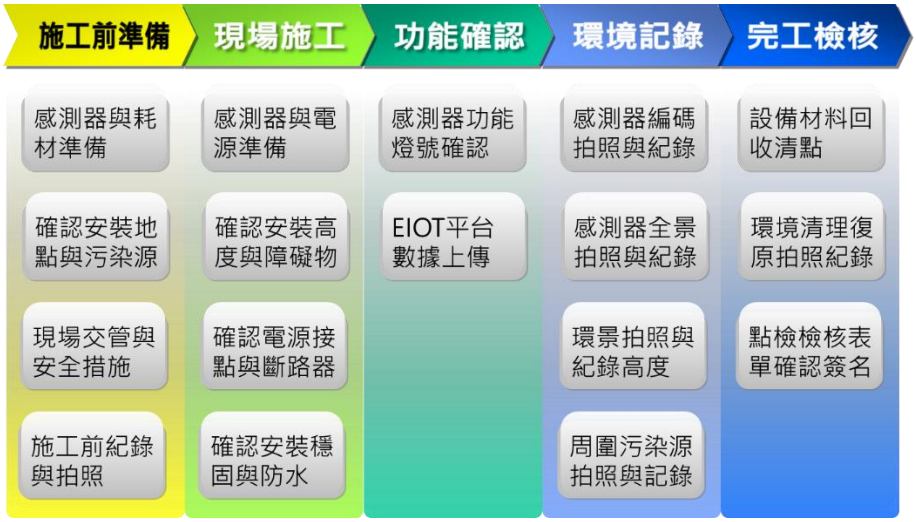


圖 0-1、布建安裝作業流程圖

第三章、空污感測器巡檢標準作業程序(草案)

108 年 12 月 17 日版

一、依據

（一）空氣品質感測器設計及布建維運規範(106 年 11 月 12 日版修正)

（二）感測資料格式規範、資訊服務計價及驗收準則(106 年 11 月 12 日版修正)

（三）108 年及 109 年空氣品質感測器布建之合辦說明及注意事項(107 年 11 月 20 日版修正)

二、目的

為確保空污感測器數據品質之運作現況，運用與環保署測站標準 $PM_{2.5}$ 儀器平行比對之參考儀器，經過環保署認可之品保品管程序後，定期抽驗一定數量比例感測器，協助了解空污感測器有效資料完整率及數據品質目標滿意度，藉由分析與參考儀器量測數據之相關係數(R^2)及相對器差(bias error)，據以評估既設空污感測器監測數據之應用服務等級，做為感測器數據偏移評估與智慧校正之參考。

三、適用範圍與抽樣比例

針對布建於轄區內之空污感測器，依使用者需求進行每月、每季或每半年之巡檢作業，自行派員或委託專業機構人員使用環保署同意之 $PM_{2.5}$ 參考儀器，依據品保品管程序定期抽驗一定數量比例感測器，進行巡檢查核作業。

四、巡檢抽樣方式

1. 剃除明確異常感測器，列入下次優先抽樣目標。

(1) 無數據回傳之感測器。

(2) 感測值無變化或不正常跳動之感測器。

2. 巡檢查核抽樣方案如下：

(1) 方案一：每一轄區隨機抽樣感測器進行查核。

(2) 方案二：由環保署 IOT 平台之感測器回傳數據，依據區域感測器群體變異性分析，篩選變異性最高之感測器進行抽樣查核。

五、作業方式

本計畫之巡檢儀器為採用環保署測站標準 $PM_{2.5}$ 儀器或環保署標準 $PM_{2.5}$ 儀器的移動式設備，於氣流擾動較顯著之平地區域進行與感測器之比對作業，藉此觀察感測器與參考儀器之變化與差異，並探討其可能原因，其巡檢方式須包含以下內容：

1. 以 2 人(含)以上編組執行巡檢作業。

2. 依需求可擇一採行下述可行巡檢比對作業：

(1) 由空污感測器建置單位自行拆除空污感測器，送至鄰近之環保署標準監測站進行平行比對作業，待比對完成後再由建置單位將空污感測器安裝回原設置地點。

(2) 採用具精準度、可校正的參考儀器，經過環保署認可之品

保品管程序後，至現場與空污感測器進行平行比對檢測。

3. 巡檢儀器要求：

(1) 巡檢儀器必須經環保署標準監測站之分析檢測器，或是由環保署委託之空氣品質感測裝置性能測試驗證單位校正通過之分析檢測器，需置於環保署標準測站進行平行比對測試。

(2) 巡檢儀器於巡檢前後之品質目標：

A. 巡檢儀器於巡檢前後需置於環保署標準測站比對至少 5 天，環境濃度需經歷有高低值濃度 40~15μg/m^3。

B. 巡檢前巡檢儀器與環保署標準測站量測濃度之相對器差(bias error)低於等於 30.0%，相關係數(R^2)大於等於 0.70。

C. 巡檢後巡檢儀器與環保署標準測站量測濃度之相對器差(bias error)低於等於 30.0%，相關係數(R^2)大於等於 0.70。

(3) 如巡檢後巡檢儀器與環保署標準測站量測濃度之相對器差(bias error)及相關係數(R^2)不符合品質目標，則當期巡檢數據與成果全數無效，需重新執行巡檢比對作業。

4. 進行巡檢比對作業時，巡檢儀器與空污感測器之進氣口應盡量接近(建議不超過 3 公尺)，但需避免阻礙造成雙方進氣之

影響，採行每次多個感測器與參考儀器的比對作業。

5. 巡檢儀器與空污感測器之比對時間至少需 1 小時(含)以上，以每 3 分鐘一筆檢測資料來計，比對資料至少應達 20 筆（含）以上。

6. 標準監測站與空污感測器之比對時間至少需至少需 3 天(含)以上，感測器以由環保署 IOT 平台之數據計算每小時平均值感測資料來計，巡檢儀器以每小時一筆檢測資料來計，有效比對資料至少應達 70%(含)以上。

六、設備及資料

（一）空污感測器巡檢儀器：必須符合原廠校正與維護規範，巡檢前必需符合前一節之品質目標。

（二）安全設施：安全錐、反光安全背心、交通指揮棒、手電筒。

（三）巡檢資料：巡檢排程表、巡檢記錄表、巡檢地圖。

（四）巡檢裝備：GPS 定位裝置、計時裝置、溫濕度裝置、數位相機、距離量測設備、行動電話...等必要裝備。

七、巡檢步驟

整體巡檢作業流程如圖 0-1，主要項目包括：「巡檢前儀器校正作業」、「目視巡檢作業」、「現場檢測平行比對作業」或「送檢測單位平行比對」及「巡檢後儀器校正品質」。巡檢點檢表詳如表 0-1，巡檢記錄表詳如表 0-2。

（一）巡檢前儀器校正作業：置於環保署標準測站比對

1. 比對時間：5 天。
2. 濃度值最大相對器差(bias error)：低於等於 30.0%。
3. 濃度值最低相關係數(R^2)：大於等於 0.70。

（二）目視巡檢作業：

1. 於現場確認受檢測感測器後，先確認檢測環境，在確認安全作業無虞下，備置檢測儀器，必要時得設置安全錐，以確保巡檢作業之安全。
2. 進行巡檢環境描述記錄，包含天氣狀況、受檢感測器環境狀況、受檢感測器距地面高度、受檢感測器現場固定型式、受檢感測器電源供應方式，並拍攝相片留存。
3. 進行受檢感測器外觀檢查記錄，包含受檢設備外殼、電源、固定、線路是否有破損腐蝕，洽詢管理單位平時維護管理現況，並拍攝相片留存。

（三）現場檢測平行比對作業：

1. 備置檢測儀器：開機確認檢測儀器功能與電力充裕穩定，記錄檢測儀器與受檢感測器相對位置與高度，並拍攝相片留存。
2. 記錄檢測基本資料：檢測地點（GPS 座標）、受檢測感測器編號、巡檢時間期程（起始～結束）、巡檢氣象條件（溫度、濕度、天候狀況）、檢測儀器（編號、廠牌型號、偵測極限）、檢

測過程照片（受檢感測器與檢測儀器相對位置、檢測過程）、其他說明。

3. 記錄檢測數據資料：檢測項目、檢測時間（時/分）、檢測數據、其他說明。
4. 巡檢完畢後，進行環境清理與設備點檢，確認現場與設備恢復完好無虞後拍攝照片方能離開。

（四）送檢測單位平行比對作業：

1. 備置檢測儀器：開機確認檢測儀器功能與電力充裕穩定，記錄檢測儀器與受檢感測器相對位置與高度，並拍攝相片留存。
2. 記錄檢測基本資料：檢測地點（GPS 座標）、受檢測感測器編號、巡檢時間期程（起始～結束）、巡檢氣象條件（溫度、濕度、天候狀況）、檢測儀器（編號、廠牌型號、偵測極限）、檢測過程照片（受檢感測器與檢測儀器相對位置、檢測過程）、其他說明。
3. 記錄檢測數據資料：檢測項目、檢測時間（時/分）、檢測數據、其他說明。

（五）巡檢後儀器校正品質：置於環保署標準測站比對

1. 比對時間：5 天。
2. 濃度值最大相對器差(bias error)：低於 30.0%。
3. 濃度值最低相關係數(R^2)：大於 0.70。

八、檢測數據分析

彙整巡檢儀器之檢測數據，比對受檢感測器之監測數據，進行數據分析，巡檢成果報告書詳如表 0-3。

（一）擷取比對數據資料：巡檢儀器依據巡檢儀器量測數值穩定後進行連續 1 小時的檢測數據紀錄，調閱受檢感測器與現場檢測同時段記錄，去除不可抗力之無效數據記錄及小於等於 15□g/m^3之數據紀錄。

（二）受檢感測器資料完整率：於數據比對區間內

資料完整率=受檢設備測值筆數/應有測值筆數×100%

（三）受檢感測器與巡檢儀器之相關係數(R^2) ：於數據比對區間內

相關係數 R^2 (Coefficient of determination)=受檢感測器與巡檢儀器數據之決定係數

（四）受檢感測器相對器差(bias error)：受檢感測器與巡檢儀器於比對區間內之相對器差

相對器差=(巡檢數據-感測器數據)/巡檢數據×100%

（五）受檢感測器資料品質滿意度：受檢感測器與巡檢儀器於比對區間內之符合資料品質目標之比例

1. 107 年度、108 年度資料品質目標：相對器差≦ ±50.0%
2. 109 年度資料品質目標：相對器差≦ ±30.0%
3. 資料品質滿意度=受檢感測器符合資料品質目標筆數/應有測值

筆數×100%

（六）USEPA Air Sensor Guidebook 應用等級分類

等級	應用類別	精密度與相對器差	資料完整性
Ⅰ	教育與資訊	< 50%	≧50%
Ⅱ	熱點鑑識與污染追蹤	< 30%	≧75%
Ⅲ	輔助監測	< 20%	≧80%
Ⅳ	個人暴露評估	< 30%	≧80%

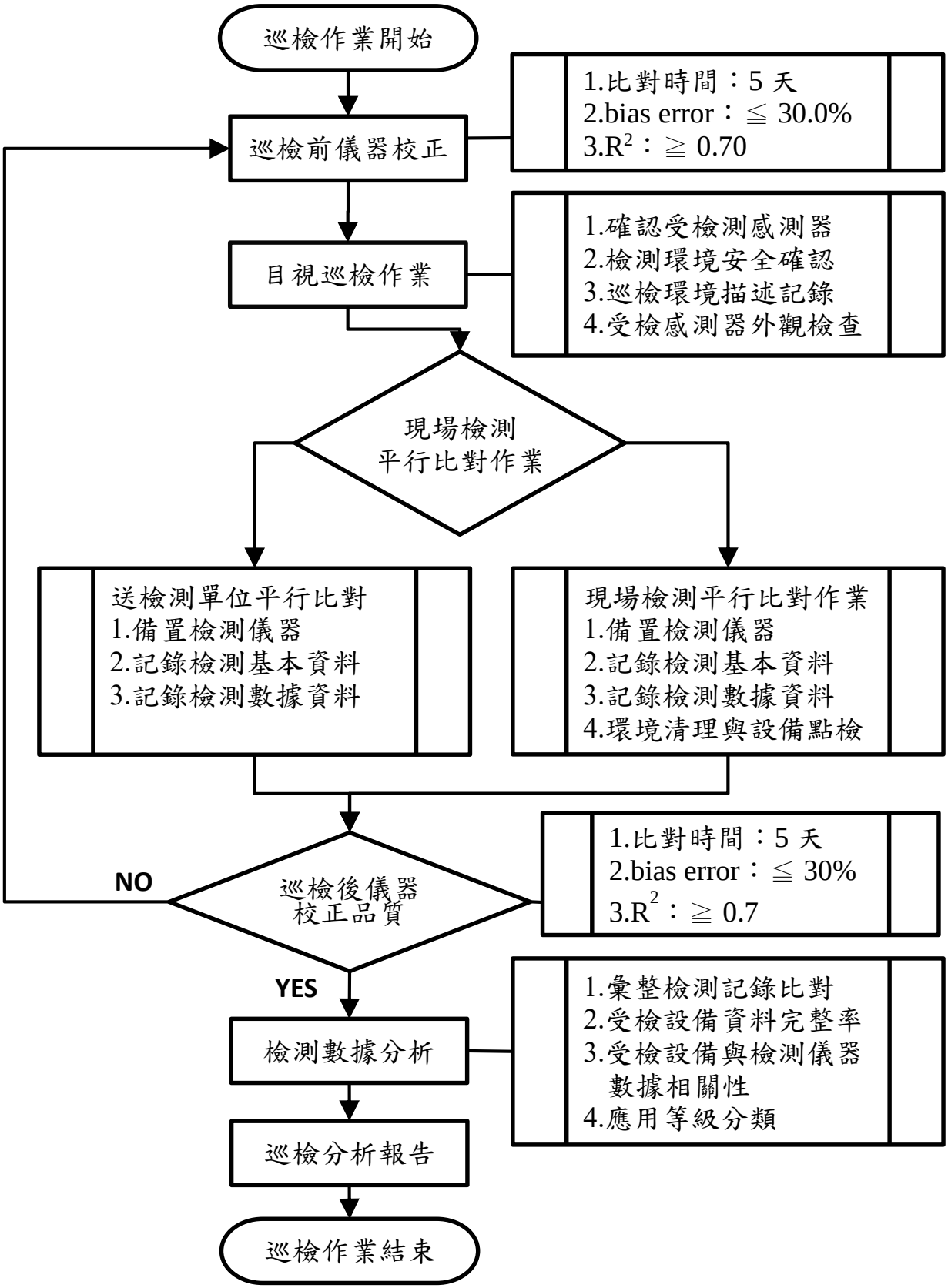

巡檢作業開始
巡檢前儀器校正
1.比對時間：5 天
2.bias error：≦ 30.0%
3.R2：≧ 0.70
目視巡檢作業
1.確認受檢測感測器
2.檢測環境安全確認
3.巡檢環境描述記錄
4.受檢感測器外觀檢查
現場檢測
平行比對作業
送檢測單位平行比對
1.備置檢測儀器
2.記錄檢測基本資料
3.記錄檢測數據資料
現場檢測平行比對作業
1.備置檢測儀器
2.記錄檢測基本資料
3.記錄檢測數據資料
4.環境清理與設備點檢
NO
巡檢後儀器
校正品質
1.比對時間：5 天
2.bias error：≦ 30%
3.R2：≧ 0.7
YES
檢測數據分析
1.彙整檢測記錄比對
2.受檢設備資料完整率
3.受檢設備與檢測儀器
數據相關性
4.應用等級分類
巡檢分析報告
巡檢作業結束

圖 0-1、巡檢作業流程圖

表 0-1、巡檢點檢表

巡檢點檢表(1/2)					
項次	主項目	次項目	檢查成果	符合度	備註
一、	巡檢出發前				
1.	確認巡檢感測器	感測器編號			
		感測器地址			
2.	整備巡檢儀器	儀器廠牌型號			
		儀器編號			
		儀器功能確認			
		儀器儲電狀態			
		校正時間			
		bias error：≦ 30.0%			
		R^2：≧ 0.70			
3.	整備基礎感測器 Golden Sample	感測器廠牌型號			
		感測器編號			
		感測器功能			
		感測器儲電狀態			
		校正時間			
		bias error：≦ 30.0%			
		R^2：≧ 0.70			
3.	整備巡檢安全設施	安全錐數量			
		反光安全背心數量			
		交通指揮棒數量			
		手電筒數量			
4.	整備巡檢資料	巡檢排程表			
		巡檢路線地圖			
		巡檢記錄表數量			
5.	整備巡檢裝備	GPS定位裝置			
		計時裝置			
		溫濕度裝置			
		數位相機			
		距離量測設備			
		行動電話			
		維修工具組			
6.	整備巡檢設備	氣動升降台			
		電動空壓機			
		氣動升降台充電組			
		工作電腦			
7.	行前安全檢查	安全宣導與酒測			
		車輛安全檢查			
		紀錄出勤人員姓名與連絡電話			

表 3-1、巡檢點檢表（續 1）

巡檢點檢表(2/2)					
項次	主項目	次項目	檢查成果	符合度	備註
二、	目視檢查作業				
1.	確認受檢感測器	確認感測器地址			
		確認路燈燈桿桿號			
		確認感測器編號			
		GPS座標			
2.	巡檢現場安全確認	進行現場通錐設置			
		進行現場交管			
3.	進行巡檢環境描述記錄	記錄天氣狀況			
		記錄感測器周邊環境狀況			
		紀錄感測器距地面高度			
		拍攝感測器四周相片			
4.	感測器外觀檢查	檢查設備本體外部狀況			
		檢查設備電源接續現況			
		檢查設備固定現況			
		其他現況檢查			
		拍攝檢查前現況照片			
三、	平行比對作業				
1	備置檢測儀器與Golden Sample	開機確認檢測儀器數據輸出正常			
		確認檢測儀器電力充裕穩定			
		開機確認Golden Sample數據輸出正常			
		確認Golden Sample電力充裕穩定			
		將檢測儀器、Golden Sample升高至感測器相同高度			
		紀錄檢測儀器、Golden Sample與感測器相對位置與高度			
		拍攝平行比對照片			
2	確認比對數據狀況	連上IOT平台確認受檢感測器數據狀況			
		確認檢測儀器數據下載正常			
		確認Golden Sample數據正常			
3	進行平行比對	記錄檢測開始時間			
		記錄檢測數據			
		記錄檢測完成時間			
		拍攝檢測完成照片			
4	巡檢完成作業	氣動升降台收整			
		確認檢測儀器數據下載完成，關閉電源			
		確認Golden Sample數據下載完成，關閉電源			
		確認受檢感測器數據下載完成，關閉電源			
		完成設備回收點檢			
		完成環境清理復原			
		拍攝現場復歸完成照片			

表 0-2、巡檢作業記錄表

感測器巡檢記錄表（1/3）		
一、巡檢基本資料		
報告編號：	檢測人員：	
巡檢編號：	聯絡電話：	
感測器編號：	巡檢日期：	
巡檢地址：	開始時間：	結束時間：
天氣狀況：	GPS座標：	
維運廠商：	溫度：	濕度：

二、感測器環境與外觀檢查		
檢查項目	**檢查現況描述**	**備註**
1.設備周邊環境狀況		建議週界5公尺範圍內無遮蔽物，避免有造成干擾之因素
2.設備布設高度		建議布設高度至少3公尺以上，遠離干擾因子
3.檢測儀器與受檢設備相對位置與高度		建議比對雙方高度一致，距離3公尺以內
4.設備本體外部狀況		是否有破損或變形
5.設備電源接續現況		外接電源接頭與纜線包覆、絕緣與完整狀況
6.設備固定檢查		是否有腐蝕或鬆脫
7.其他現況檢查		例如：管理現況描述、設備所在地點管理單位訪談

表 3-2、巡檢作業記錄表（續 1）

感測器巡檢記錄表（2/3）	
三、感測器周邊環境影像資料	
東方	南方
北方	西方
四、巡檢過程影像紀錄	
檢測前現況	檢測前現況
檢測比對中	檢測比對中
檢測完成後	環境復原後

表 3-2、 巡檢作業記錄表（續 2）

感測器巡檢記錄表（3/3）							
五、檢測記錄							
感測器編號：				檢測項目：			
儀器廠牌型號：				基礎感測器廠牌型號：			
檢測儀器編號：				基礎感測器編號：			
前校日期：		後校日期：		前校日期：		後校日期：	
bias error：		bias error：		bias error：		bias error：	
R^2：		R^2：		R^2：		R^2：	
序號	**儀器紀錄時間 時/分（24hr制）**	**巡檢儀器 檢測數據/單位**	**說明**	**序號**	**G.S.紀錄時間 時/分（24hr制）**	**基礎感測器 檢測數據/單位**	**說明**
1.				1.			
2.				2.			
3.				3.			
4.				4.			
5.				5.			
6.				6.			
7.				7.			
8.				8.			
9.				9.			
10.				10.			
11.				11.			
12.				12.			
13.				13.			
14.				14.			
15.				15.			
16.				16.			
17.				17.			
18.				18.			
19.				19.			
20.				20.			
21.				21.			
22.				22.			
23.				23.			
24.				24.			
25.				25.			
26.				26.			
27.				27.			
28.				28.			
29.				29.			
30.				30.			
巡檢員：				校核：			

表 0-3、巡檢成果報告書

報告編號

巡檢成果報告書

檢 測 項 目：
巡 檢 編 號：
感測器 編號：

檢測單位：
檢測部門：
檢測人員：　　審核：

報告日期：

表 3-3、巡檢成果報告書（續 1）

巡檢成果報告書（1/2）

Ⅰ.測試項目：

$PM_{2.5}$空氣品質感測器資料完整率

$PM_{2.5}$空氣品質感測器資料品質滿意度

$PM_{2.5}$空氣品質感測器資料應用等級分類

Ⅱ.測試結果：

檢驗比對數據彙整如下：

序號	檢驗比對時間 時/分	巡檢檢測數據 μg/m³	感測器數據 μg/m³	器差 μg/m³	相對器差 %
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					
9.					
10.					
11.					
12.					
13.					
14.					
15.					
16.					
17.					
18.					
19.					
20.					
21.					
22.					
23.					
24.					
25.					
26.					
27.					
28.					
29.					
30.					

表 3-3、巡檢成果報告書（續 2）

巡檢成果報告書（2/2）

Ⅲ.數據分析：

1.受檢感測器資料完整率：於數據比對區間內

資料完整率=受檢設備測值筆數/應有測值筆數x100%

2.受檢感測器與巡檢儀器之相關係數(R^2) ：於數據比對區間內

3.受檢感測器資料品質滿意度：受檢感測器與巡檢儀器於比對區間內之符合資料品質目標之比例

資料品質滿意度=受檢感測器符合資料品質目標筆數/應有測值筆數x100%

4.USEPA Air Sensor Guidebook應用等級分類

第四章、空污感測器狀態異常偵測報修標準作業程序

（草案）

108 年 12 月 17 日版

一、依據

（一）空氣品質感測器設計及布建維運規範(106 年 11 月 12 日版修正)

（二）感測資料格式規範、資訊服務計價及驗收準則(106 年 11 月 12 日版修正)

（二）108 年及 109 年空氣品質感測器布建之合辦說明及注意事項(107 年 11 月 20 日版修正)

二、目的

為提升感測物聯網維運效率與人力，透過檢視感測器數據之異常狀態訂定感測器狀態異常偵測報修標準作業程序，逐層找出感測數據異常之原因，提供維修人員相關維修資訊，提升感測器數據服務品質。

三、 作業程序規範事項

1. 自動化篩選出異常感測器：系統根據設定之條件，自動篩選出損壞、異常、有疑慮的感測器。
2. 感測器異常狀態通報：將篩選出的感測器異常結果，以 E-mail、簡訊或 Line 推撥發出，並整理成維修進度管控表。
3. 感測器異常狀態維修處置動作：針對損壞、異常、有疑慮的感測器進行相應處置。

四、感測器狀態異常偵測報修步驟

感測器狀態異常偵測報修流程如圖 0-1，主要項目包括：「自動化篩選出異常感測器」、「感測器異常狀態通報」及「感測器異常狀態維修處置動作」。

（一）自動化篩選出異常感測器

1. 系統定時自動啟動，對回傳感測值檢驗感測器是否有損壞、異常、有疑慮等狀態。
2. 損壞狀態檢驗，針對下列狀態檢測將結果自動以 E-mail、簡訊或 Line 推撥發出：

A. 斷線 。

B. 感測值無變化。

3. 異常狀態檢驗， 針對下列狀態檢測將結果自動以 E-mail、簡訊或 Line 推撥發出：

A. 感測值明顯低於週邊感測器 。

B. 感測值接收率低於 90% 。

4. 有疑慮狀態檢驗，針對下列狀態檢測將結果自動以 E-mail、簡訊或 Line 推撥發出：

A. 感測值高於週邊其他節點。

（二）感測器異常狀態通報

1. 結果自動以 E-mail、簡訊或 Line 推撥發出彙整異常清單，並確認

異常狀態彙整為進度管控表。

2. 負責維修人員回報接收本異常通報事件，並確認回復後續負責追蹤人員。

3. 異常事件每周盤點維修進度，針對尚未完成之事件進行追蹤通報。

（三）感測器異常狀態維修處置動作

1. 資料檢視人員依維修表之線上自動檢測結果，依線上資料判斷可能狀態，並填寫建議現場執行事項至表內。

2. 現場維修人員依維修表之建議現場執行事項或現場狀況進行檢測及維修 。

3. 損壞狀態裝置之處置：

A. 斷線

(1) 檢查電源，若燈桿沒電，通報維修。

(2) 檢查儀器燈號，若燈號異常，重啟系統或重新燒錄韌體。

(3) 若問題仍無法排除，更換修復。

B. 定值定值

(1) 更換修復。

4. 異常狀態裝置之處置：

A. 感測值明顯低於週邊感測器。

(1) 更換修復。

B. 感測值接收率低於 90% 。

(1) 現場觀察是否有遮蔽物。

(2) 檢查儀器燈號，若燈號異常，重啟系統或重新燒錄韌體。

(3) 若(1)、(2)項目皆無問題，問題持續超過一個月，直接更換修復。

5. 有疑慮狀態裝置之處置：

A. 感測值高於週邊其他節點。

(1) 觀察監測數值是持續穩定高於週邊或偶發性高於週邊，若為持續穩定高於週邊，檢視巡檢紀錄是否有相同情形，若是則進行更換，若否可能通知環保局該區有異常排放 。

6. 處置完成後，維運人員將問題原因與處置結果等資訊報於維修表內，完成該次維修。

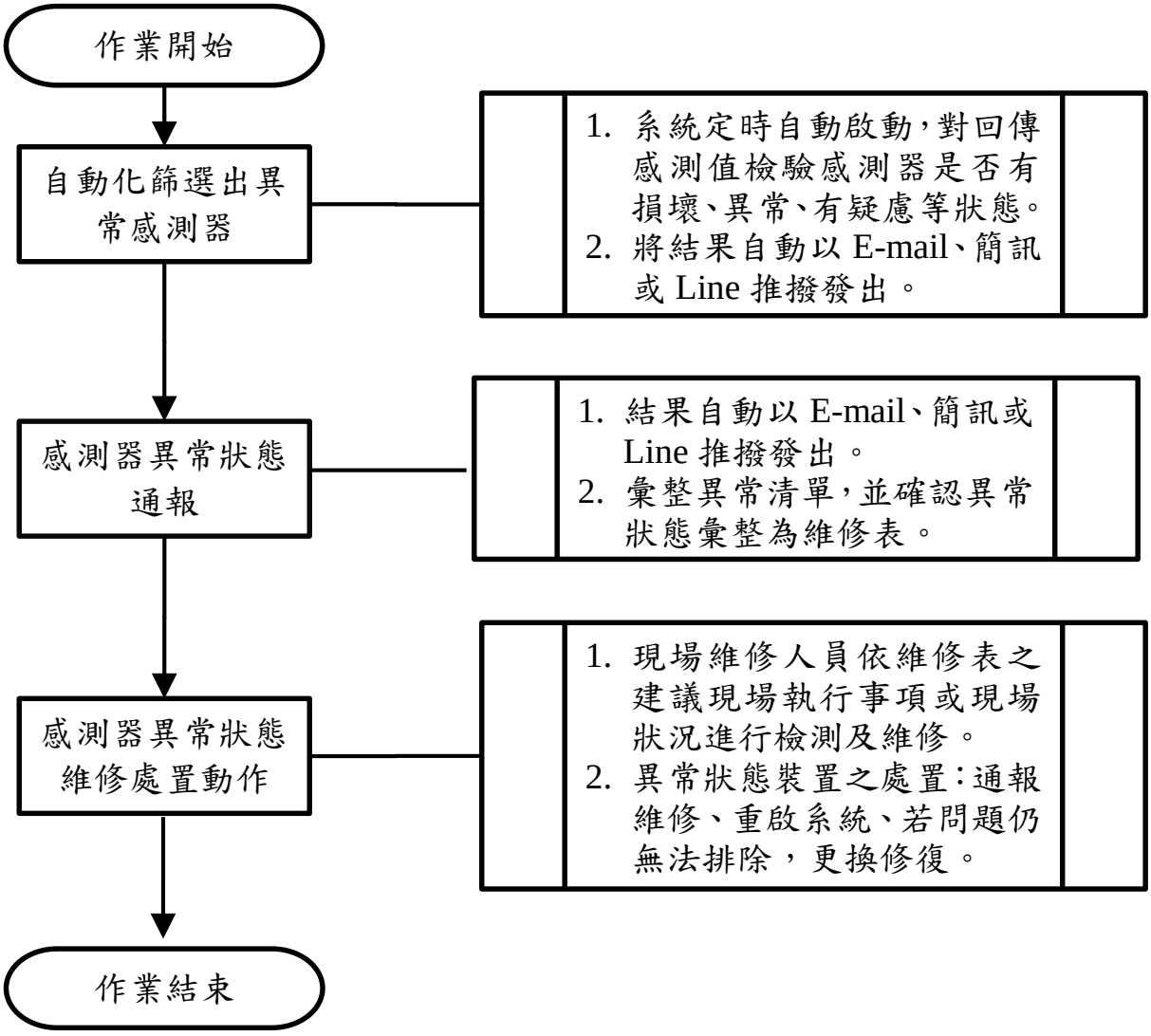


圖 0-1、感測器狀態異常偵測報修流程

第五章、空污感測器數據篩選校正及公布標準作業程序(草案)

108 年 12 月 17 日版

一、依據

（一）空氣品質感測器設計及布建維運規範(106 年 11 月 12 日版修正)

（二）感測資料格式規範、資訊服務計價及驗收準則(106 年 11 月 12 日版修正)

（三）108 年及 109 年空氣品質感測器布建之合辦說明及注意事項(107 年 11 月 20 日版修正)

二、目的

為確保感測數據公布之正確性，訂定數據篩選校正及公布標準作業程序，數據上傳公布至環保署 IoT 平臺前，需經過數據接收服務端與數據傳送服務端兩道程序，確認感測數據是否符合規定格式上傳，並針對異常數據進行檢查，完成篩選與校正後之數據才會被公布至環保署 IoT 平臺

三、數據篩選與校正

1. 數據接收服務端：接收到感測器裝置傳送的原始數據時，進行資料篩選。
2. 數據傳送服務端：原始數據經解碼後的結果，於傳輸到環保署 IoT 平台前，進行資料篩選與過濾校正。
3. 感測器異常狀態維修處置動作：針對損壞、異常、有疑慮的感測

器進行相應處置。

四、篩選步驟

數據篩選校正及公布流程如圖 0-1，主要項目包括：「數據接收服務端」、「數據傳輸服務端」及「傳送至環保署 IoT 平台」。

（一） 數據接收服務端

1. 資料篩選：檢驗下列四個項目確認資料有效性，全部合格才允許儲存為合格資料

(1) 資料格式檢驗

(2) 必要欄位檢驗

(3) 編碼保護檢驗

(4) 資料長度檢驗

（二） 數據傳輸服務端：針對儲存的合格資料進行以下步驟

1. 資料篩選 檢驗下列兩個項目確認資料有效性，全部合格才進行過濾校正。

(1) 資料已更新

(2) 資料履歷完整：各模組 ID 資訊齊備，用以追蹤資料來源

2. 過濾校正：通過下列過濾校正程序的資料，才允許傳送至環保署 IoT 平台。

(1) 過濾確認為專案所屬裝置

(2) 過濾非屬於通報之故障裝置

(3) 過濾感測器異常值

(4) 感測值校正

（三） 傳送至環保署 IoT 平台：通過所有上述於數據接收服務端與數據傳送服務端的篩選與校正流程的資料，才會被傳送至保署 IoT 平台。

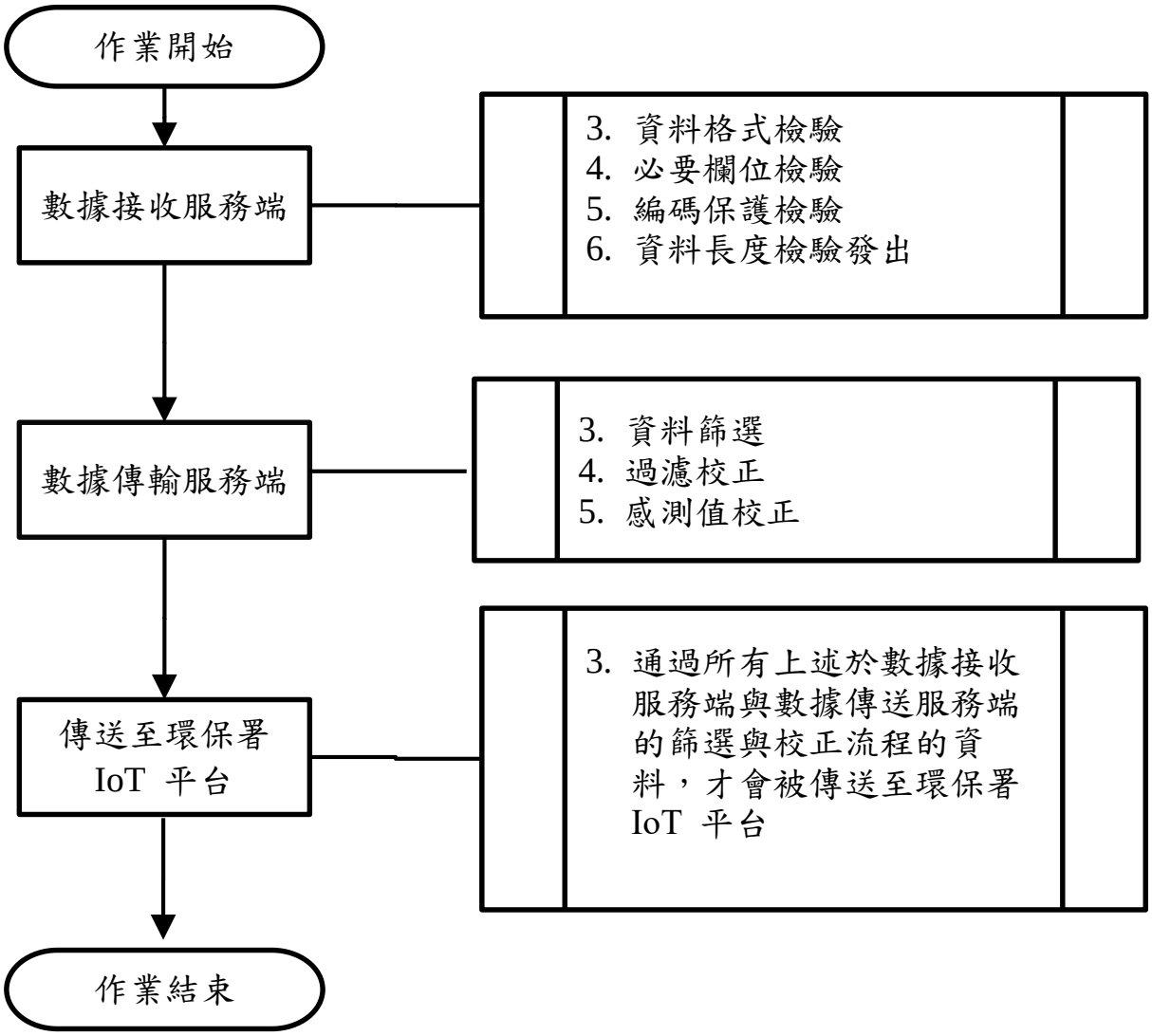


圖 0-1、數據篩選校正及公布流程

第六章、空污感測器污染偵測及分析判斷標準作業程序(草案)

108 年 12 月 17 日版

一、依據

（一）空氣品質感測器設計及布建維運規範(106 年 11 月 12 日版修正)

（二）感測資料格式規範、資訊服務計價及驗收準則(106 年 11 月 12 日版修正)

（三）108 年及 109 年空氣品質感測器布建之合辦說明及注意事項(107 年 11 月 20 日版修正)

二、目的

訂定污染偵測及分析判斷標準作業程序，收集感測數據分析潛勢污染熱區，進一步限縮污染熱區並列出可疑工廠名單，提供環保稽查人員進行智慧稽查使用。

三、資料蒐集與分析

針對數據異常高值之情形，將會藉不同分析路徑判斷此異常為環境變異或空氣污染徵兆。

1. 環境變異：針對異常高值之數據，將先依據環保署空氣品質監測網判斷是否有境外污染源影響臺灣空氣品質狀況，再進一步分析了解此境外污染所影響之範圍及時間變化。

2. 空氣污染徵兆：

(1) 數據資料確認系統平台提供之污染資訊彙整及確認可能之污

染區域。

(2) 污染熱區及熱點分析潛勢分析結果得出高污染潛勢之區塊，進而判斷出可能的污染來源區域。

(3) 提供區域的煙道連續監測系統(CEMS)、列管污染源(PRTR)以及陳情資料：提供特定區域內所含有的 CEMS、PRTR 以及陳情資料。

四、污染偵測與分析步驟

污染偵測及分析判斷流程如圖 0-1，主要項目包括:「大環境變異」、「空氣污染徵兆」及「提供分析結果」。

（四）大環境變異

3. 境外污染: 大區域的高濃度感測數據與環境風向一致，具有整體性移動與飄散的行為。

4. 空氣污染徵兆：小區域的高濃度感測數據，依循區域風向及鄰近污染來源，具有對應的行為趨勢。

（五） 數據異常原因判斷 ：

1. 即時數據大於先前 3 筆數據平均值之 3 倍以上或超過法規標準且持續 6 小時以上。

2. 數據連續 24 小時以上呈現直線趨勢，前後筆小時平均值差異不超過 5%。

3. 單點測值與其他各點(標準測站、感測點或巡檢點)比較差異長期

偏高超過 30%以上。

4. 數據為缺值、0 值、低值或負值

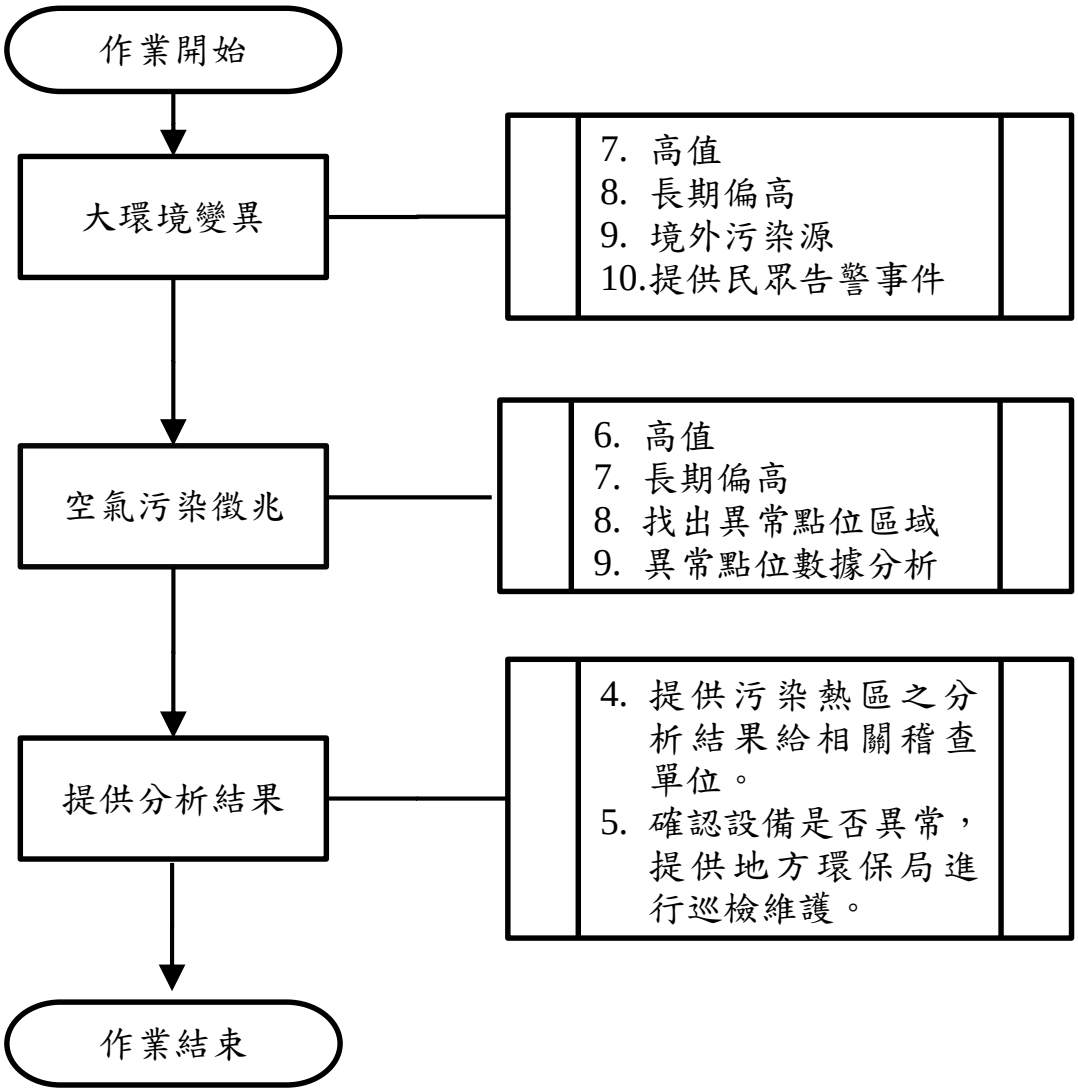


圖 0-1、污染偵測及分析判斷流程

第七章、經費編列標準作業程序(草案)

108 年 12 月 17 日版

一、依據

（一）空氣品質感測器設計及布建維運規範(106 年 11 月 12 日版修正)

（二）感測資料格式規範、資訊服務計價及驗收準則(106 年 11 月 12 日版修正)

（三）108 年及 109 年空氣品質感測器布建之合辦說明及注意事項(107 年 11 月 20 日版修正)

二、目的

為使各地方環保局了解環保署經費編列原則，訂定經費編列標準作業程序，各環保局須依照合辦計畫之說明及注意事項編列感測器布建與維運費用，並至少分攤總經費之 10%，待環保署核定布建計畫書之後，環保局須依規定時間提送查核點之審查資料進行請款，結案時環保局須提供結案審查資料與經費轉正證明，經環保署審查通過才算完成結案作業。

三、管控重點

合辦計畫並非環保署常規業務，對於合辦計畫之經費撥款流程、經費轉正以及計畫結案之內容不甚熟悉，因此建立相關標準作業程序，以利後續辦理合辦計畫之核定、撥款及轉正作業可有相關依據做為參考。

四、經費編列步驟

經費編列流程如圖 0-1，主要項目包括：「編列感測器布建維運成

本」、「 環保署撥付分攤經費」及「環保署經費轉正與結案」。

（六）編列感測器布建維運成本

5. 空污感測器布建費用：以每 100 台感測器，環保署分攤 220 萬元計價。

6. 空污感測器維運費用：以每 100 台感測器，環保署分攤 80 萬元計價。

7. 制訂縣市合辦計畫之說明及注意事項

（七） 環保署撥付分攤經費

5. 縣市環保局提報合辦計畫書，並其經費編列原則須依照合辦原則執行，縣市合辦計畫分攤費用為總經費的 10%為基準。

6. 縣市環保局提報經費撥付審查資料至環保署，供環保署審查撥款。

7. 環保署審查縣市提報之合辦計畫書，審核通過後核發計畫書核定函予環保局。

8. 環保署審查通過後，按環保署每期(共 3 期款)撥付比例，撥付款項給環保局。

（八）環保署經費轉正與結案

1. 縣市環保局提報合辦計畫書，並其經費編列原則須依照合辦原則提報經費轉正及計畫結案資料至署。

2. 署內確認資料無誤，辦理經費轉正及計畫結案作業。

3. 完成結案及經費轉正。

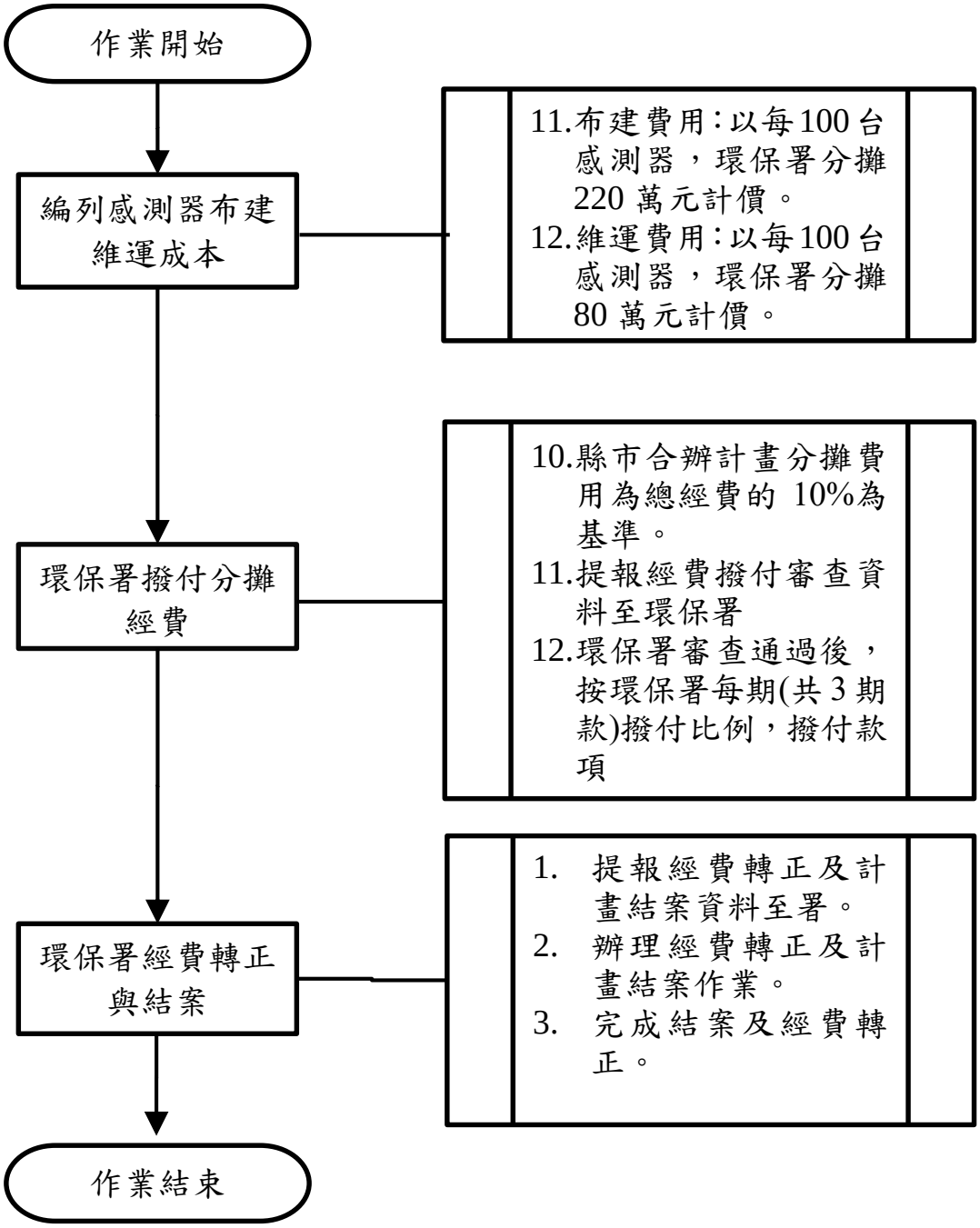

作業開始
編列感測器布建維運成本
11.布建費用：以每100台感測器，環保署分攤220萬元計價。
12.維運費用：以每100台感測器，環保署分攤80萬元計價。
環保署撥付分攤經費
10.縣市合辦計畫分攤費用為總經費的10%為基準。
11.提報經費撥付審查資料至環保署
12.環保署審查通過後，按環保署每期(共3期款)撥付比例，撥付款項
環保署經費轉正與結案
1. 提報經費轉正及計畫結案資料至署。
2. 辦理經費轉正及計畫結案作業。
3. 完成結案及經費轉正。
作業結束

圖 0-1、經費編列流程

工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

108年度計畫執行報告

環境品質感測物聯網推動及專案管理計畫

專案辦公室之規劃及運作方式及年度目標報告書

財團法人工業技術研究院

108 年 06 月

目　　錄

一、推動架構、人力配置與主要任務 3
（一）專案辦公室之推動架構 3
（二）專案辦公室之據點設置空間與人力配置 4
（三）專案辦公室之主要任務 6
二、運作方式與年度目標 7
（一）專案辦公室之運作方式 7
（二）專案辦公室之年度目標規劃 11
（三）年度目標期程 13

一、推動架構、人力配置與主要任務

（一）專案辦公室之推動架構

本計畫為協助空品物聯網整體推動及資源整合，依據前瞻基礎建設計畫之建構民生公共物聯網計畫項下「空品物聯網產業開展計畫」內容成立專案辦公室，推動架構如圖 1 所示。專案辦公室的工作主要可分五大項：

一、 計畫管考及成效機制：主要是督導、聯繫、協調各部會計畫事宜。將以各計畫執行之查核點為基礎，彙整進度資料定期召開會議進行報告檢討。配合建立專案計畫成效追蹤管考，儘量進行量化之統計呈現，據以分析個計畫之執行成效與目標達成率。

二、 各部會溝通管道建置：配合行政院、科技會報辦公室、科技部、環保署的需求，建置國內各政府機關的溝通管道，統整政府部門各種物聯網相關措施，提出關鍵工作及時間點規劃，檢視各項工作的適用性與銜接程度等，以提出具體建議及對策研擬。

三、 產官學研交流平台：以設立物聯網交流平台之形式，作為產官學研之交流運用平台，鏈結國內物聯網公協會及產業，建立物聯網產業聯盟資訊交流模式，並邀請具環境感測物聯網技術或應用相關專長人員，籌組國內環境品質物聯網之專家團隊，輔導業者及地方政府。

四、 行銷推廣模式建立：本計畫重要關鍵係以臺灣為驗證場域，成功應用案例可藉臺灣場域驗證之成果推廣至國際。初期則可規劃空品物聯網一站式服務中心或推廣中心之運作模式，適時配合相關成果發表、大型研討會或活動交流宣傳，並搭配完整資訊的彙整與提供，創造跨專業領域結合機會，以提升國內環境品質物聯網之合作機會與商機。

五、 促進空品感測國際認證接軌機制：環境物聯網已為各國未來重要發展方向，無論元件開發、模組設計、通訊配置、資料蒐集與應用加值等，都需與國際接軌，以利未來相關認證機制之訂定。專案辦公室可協助蒐集國際物聯網、智慧城市等展覽活動資訊，以歐美等先進國家為優先，進行參訪取得最新第一手產業情報與技術發展資訊，協助未來推動國際接軌時更加順利。

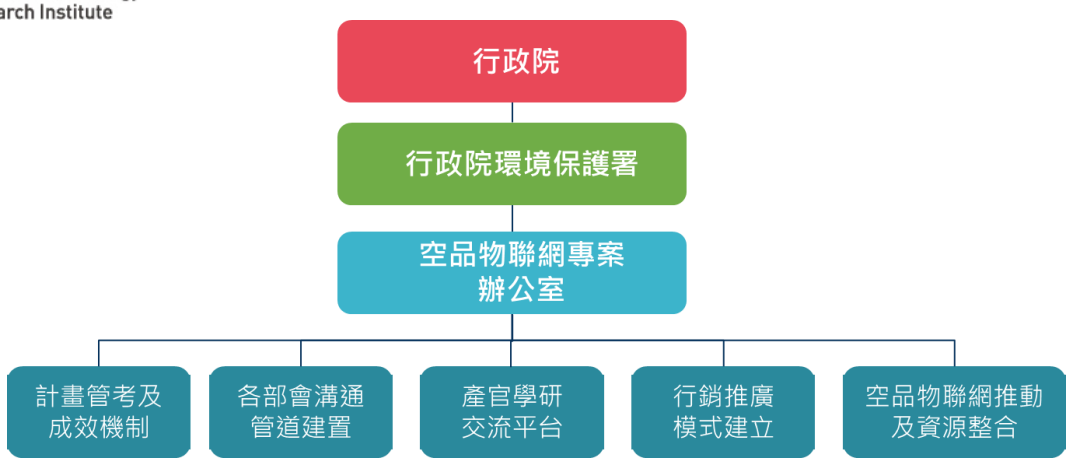


圖 1. 專案辦公室推動架構

（二）專案辦公室之據點設置空間與人力配置

本專案辦公室成立據點於揚昇金融大樓(臺北市松山區南京東路三段248號2樓)。捷運南京復興站5號出口旁，交通便利，優點是距離環保署及各部會地點近，以利即時處理行政院及環保署各項配合之事務，可快速且即時配合本案之計畫協調與追蹤管考，也方便相關會議的參與及討論。目前規劃有接待區、辦公區、會議區、產業諮詢交流洽談區等，如圖2所示。

本專案辦公室內目前配置5名人員(1人擔任專案辦公室管理人，另4人為專案研究人員)，專案辦公室人員配置及工作內容說明如表1所示。以空品物聯網產業開展計畫各項工作為核心，整合、聯繫、協調各部會計畫事宜，整合政府之行政及管理，並彙整進度及成果資料，定期提出進度報告、召開會議。主要任務除例行性工作，依據各計畫間橫向之聯繫及各計畫執行績效追蹤管考等工作外，另外配合行政院及環保署執行重要績效目標之縱向整合，並提供機動性及時效性之諮詢與政策建議，以及臨時交辦事項處理。



專案辦公室地點：
揚昇金融大樓，台北市松山區南京東路三段248號2樓。捷運南京復興站5號出口旁

圖 2、專案辦公室設置空間一覽

表 1、專案辦公室人員配置及工作內容說明表

姓名	主責	學經歷
王順輝	• 產業分析 • 專案計畫管理	成功大學材料科學與工程博士(肄業) 東華大學材料科學與工程碩士
林惠娟	• 資料統計分析 • 專案計畫管理	雲林科技大學 企業管理系學士
陳重叡	• 產業行銷 • 綠色貿易輔導 • 綠色產業分析	逢甲大學環境工程與科學系碩士
呂秀月	• 策展活動規劃 • 綠色貿易輔導 • 專案計畫管理	屏東科技大學環境工程與科學系碩士
陳嘉惠	• 空間分析 • 決策系統 • 數值地形分析	臺灣師範大學地理學系碩士

（三）專案辦公室之主要任務

專案辦公室今年度主要有五大任務，如圖 3 所示，包含：

1. 主動參與各項重要性會議，確實掌握各計畫進度。
2. 積極進度掌握及主導研擬對策，提供研析方案供署內決策參考(Go/No Go)。
3. 國外潛在市場分析及策略研擬，主導提出競爭優勢與重點投入地區。
4. 利用「空品物聯網產業開展計畫」的產創資源，主導產業推動及促成國際合作案。
5. 定期辦理招商展覽、技術研習與國際參訪，提升國際合作機會。

專案辦公室亦將秉持著主導性、積極性和開展性，執行強化計畫管考，提出預警與對策建議(主導性)；主導媒合國際廠商，實際完成國際訂單(主動性)；積極促成研發技轉、技術授權及跨域合作(積極性)；主動召開招商會議、產業媒合會議及專家會議(開展性)確實執行，並配合環保署和計畫需求，做滾動性優化調整。



圖 3、專案辦公室之主要任務

二、運作方式與年度目標

（一）專案辦公室之運作方式

運作方式可分為五大主軸，如圖 4 所示。包含

1.整合空品物聯網資源：

A. **訂定問答集：制定問答集(Q&A)**，以利對立法院、環保團體、一般民眾等進行說明。現階段完成之問答集，內容包含國產化感測元件技轉況、空氣品質 72 小時預報模擬模式、建置測試驗證中心等階段成果、106-107 年中央地方及校園布建空污感測器成果、106-108 年度空品物聯網輔助智慧稽查成果、106-107 年度補助國內業者投入空品物聯網開發成果等，將持續更新並新增問答集內容。

B. **建立例行性工作SOP**：制定相關工作SOP，以利專案辦公室更有效率並確實執行計畫。例如為即時掌握「空品物聯網產業開展計畫」各部會計畫之推動狀況，若各計畫有相關工作會議，專案辦公室亦將主動聯繫參加，除於會議中與計畫團隊充分溝通，亦將摘錄會議之重要資訊於會後提供環保署參考。此部分相關工作SOP如圖5所示。

C. **主動協調各部會及管考單位**：專案辦公室工作內容涵蓋「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」與「空品物聯網產業開展計畫」，計畫執行部會包含環保署、經濟部技術處與工業局、科技部工程司與自然司、中研院、國網中心，計畫內容包含空品感測物聯網環境建構、感測元件開發、空品預報模式開發、場域布建與資料平台建構等，橫跨種部會卻又彼此息息相關，故亟需仰賴專案辦公室主動居中協調，打破穀倉效應(Silo Effect)，使其發揮更大綜效。此外此計畫歸屬於前瞻計畫之民生公共物聯網計畫，由吳政忠政務委員負責督導，並委由科技會報辦公室、科技部、推動小組等負責層層管考，管考事項相當繁瑣，此部分更有賴專案辦公室居中負責分工、協調、綜整等工作，以爭取管考時效與呈現繳交報告等之品質。

2.主動掌握進度及研擬對策：包含

- 上位管理，掌握主導權
- 訂定明確細部期程

- 參加月會：參加各部會之計畫月會，精準掌握進度與遭遇問題，並協助解決。
- 不定期實地查訪：不定其實地查訪各部會之委辦單位，進行溝通，並維持良好關係。此外亦針對委辦研究單位之研發環境進行查訪，以了解真實進度並回報。
- 檢視工作適用性、銜接程度，提出預警、分析及對策研擬：針對各部會之主要工作規畫與期程進行檢視，以了解包含預計產出規格、應用情境、達成日期等之適切性。並針對可能問題，事先對環保署提出預警，並研擬對策供環保署參考。
- 定期報告進度：上述工作，將至少每月向環保署匯報進度與建議事項。

3.對市場分析及發展策略研擬：

- 蒐集國內外感測器、物聯網應用資訊：蒐集國內外物聯網、環境品質物聯網、智慧城市之相關資訊，包含其發展趨勢、架構規劃、推動策略及具體措施等面向，涵蓋國家規劃、感測器及元件、數據傳輸、分析應用、產業分析及市場預測等範疇。
- 提出目標市場建議：針對國際各區域進行分析，包含空氣污染程度、政策推動力道、當地市場發展概況等，提出該計畫團隊與相關補助廠商優先投入之目標市場建議。
- 提出我國產業發展之優劣分析：盤點國內空氣品質物聯網產業鏈現況，以及訪問相關主要業者，進而提出優勢與產業或技術缺口等分析。
- 規劃及研提國內加值應用方式：因應未來空氣品質感測器及物聯網的擴大加值應用，將規劃並研提國內加值應用方式。已完成交通部運研所及衛服部國健署之跨域合作洽談，未來擬再針對農委會、內政部建研所及勞動部進行合作案討論。
- 研擬產業發展策略、規劃整體輸出方式及時程表：蒐集國內外物聯網、環境品質物聯網、智慧城市之相關資訊，包含其發展趨勢、架構規劃、推動策略及具體措施等面向，涵蓋國家規劃、感測器及元件、數據傳輸、分析應用、產業分析及市場預測等範疇後，結合工業局補助業者之開發規畫時程，將完成研提我國環境品質物聯網發展策略、規劃整體輸出方式及時程表。

4.<u>產業推動及促成合作案</u>：

- 訪談廠商：拜訪國內相關產業鏈之主要業者，除瞭解其布局動態，並討論未來環境物聯網之加值與跨域整合應用之發展方向與可行性，以達協助產業開展與推動之綜效。
- 籌組國內環境品質物聯網之專家團隊：為協助公私部門在推動境品質物聯網的需求，計畫團隊規劃邀請相關專長諮詢團隊包含：

  一、學術研究單位：研究領域包含無線感測技術、永續環境系統與決策分析、環境傳輸監測、氣狀污染控制技術、CO_2捕獲。

  二、法人機構：研究領域包含巨量資料分析運算平台整合測試、懸浮微粒監測儀器不確定度評估、氣體濃度計量追溯與國際標準氣體管理知識網絡架構系統及方法、空氣中異味物質之連續監測技術之開發。

  三、相關業界單位：研究領域包含境感測元件專業技術、研發監測製造、社群平台建構。
- 引薦媒合廠商：專案辦公室將透過多元管道，包含訪廠、參展、引薦與主動接洽等方式，協助媒合計畫研發團隊，除可更精準動態式調整研發方向外，更可加速其產業化之腳步。
- 主動接洽跨域合作對象：因應未來空氣品質感測器及物聯網的擴大加值應用，擬針對智慧工安污染監控、智慧車聯應用、醫療健康防護、智慧建築智能控制及智慧農業等面向進行研析，如圖6所示，並將主動接洽跨域合作對象。
- 協助技轉並掌握進度：持續追蹤各計畫之專利、技術轉移或委託技術服務等之進度，包含簽約進展、簽約金額等資訊掌握。技術轉移金額累計至108年6月已達新台幣1,760萬元，細節如表2所示，另外亦已與2家廠商簽訂委託技術服務，金額共928萬元。
- 一站式推廣協助產官學研民交流情資：鏈結國內物聯網交流平台，及持續更新管理網頁資訊，提供一站式推廣服務。

5. <u>辦理展覽、研習與國際參訪</u>：將持續蒐集國際物聯網、智慧城市展覽及研討會活動，其中本計畫將擇2場次以上進行參訪並提供研析報告，目前已完成報名AQ-SPEC at the Sensors Expo & Conference 2019。此外已完成參加今年8月舉辦之臺灣國際智慧物聯網應用展與12月資訊月政府管之規劃。

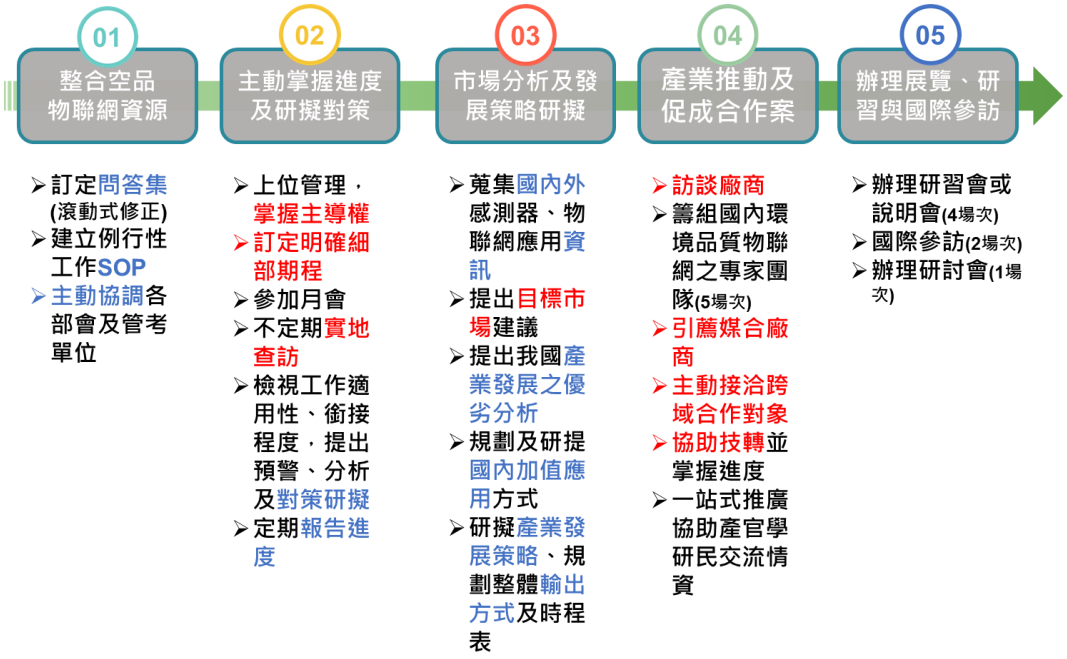


圖 4、專案辦公室之運作方式

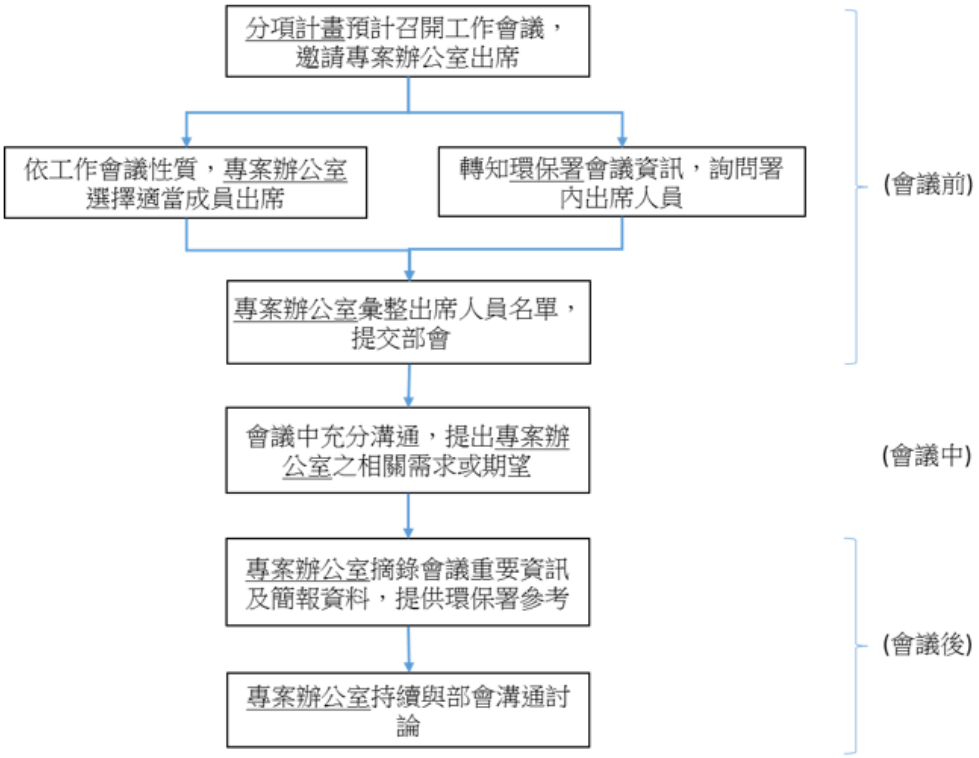


圖 5、參加空品物聯網產業開展計畫部會之工作會議之 SOP

表 2、國產化感測元件技轉總累計金額

研發項目	研發團隊	委辦單位	技轉廠商	技轉金額	技轉日期	廠商開發進度	預計商品化時間
$PM_{2.5}$感測器	工研院微系統中心	經濟部技術處	XX電子	900萬	107年	• 已生產62套 • 臺南善化標準測站測式中	108年12月
			XX電子	860萬	108年5月	• 已試產3-5套 • 預計108年6月底前送量測中心型式驗證	109年2月
CO感測器	工研院微系統中心	經濟部技術處	XX光電	未定	預計108年6月	-	109年12月
合計技轉金額				1,760萬			



圖 6、國內跨域應用合作案規劃對象

（二）專案辦公室之年度目標規劃

1. <u>完成洽談 2 件國內空氣品質感測器或物聯網應用合作案</u>：

因應未來空氣品質感測器及物聯網的擴大加值應用，擬針對智慧工安污染監控、智慧車聯應用、醫療健康防護、智慧建築智能控制及智慧農業等面向進行研析，完成洽談 2 件國內應用場域。截至 108 年 6 月初已完成交通部運研所及衛服部國健署之跨域合作洽談，未來擬再針對農委會、內政部建研所及勞動部進行合作案討論。

目前專案辦公室已於108年5月於5月初拜訪交通部運研所周家慶博士，討論未來在車載運具上裝置空品感測器的可能性。目前運研所已在基隆市公車上進行IoT測試，利用基隆市505線公車，行經大武崙工業區、高速公路匝道及基隆市區，如下圖所示。本計畫擬與運研所合作，將空品感測器裝置於公車內，利用採樣管抽取公車外部之空氣樣品進行量測，反映公車路線可能的交通污染現況，同時透過全車附近影像收集及分析系統，統計可能壅塞

的交通路段及空氣品質特性，進行都市交通流量改善並降低移動污染源暴露。運研所布設偵測設備(雷達/光達)，搭配車輛安裝車載設備(OBU)，蒐集道路車輛及行人動態資料，透過路側設備(RSU)整合車輛與道路資訊(包含路口號誌交通資料)，並利用電子資訊看板(CMS)與車載機(OBU)發佈預警訊息，以提升用路人掌握道路資訊可靠度。

以AQI指標定義，若超過100則將對敏感族群造成健康上的影響。其中敏感族群的定義包括老人、幼童及對呼吸系統敏感之病患。國健署負責管理國內各醫院之室內空氣品質及推動綠色低碳醫院，對於如何搭配空品微型感測器，應用於大型醫院、老人照護中心及長照單位之室外空氣品質監測，將醫療單位週遭空品現況告知院內病患，可早期評估是否適於戶外活動，同時也可以連動室內空調控制及節能減碳，保護院內敏弱族群的安全。本計畫將規劃與國健署合作，首先挑選北、中、南各一間醫療院所進行戶外空品微型感測器布建，評估對於室內空調及病患保護之效益。

2. **促成國內技術授權至少 2 案(NO_2、O_3、$PM_{2.5}$、CO..)**
   - 以技術成熟度高者優先
   - 主動協助挖掘潛在客戶，進行媒合
   - 以技術承接能力強者為優先考量
   - 考量與技術合作對象之互補性：將以訊舟科技、廣域科技、捷思環能為優先。
   - 主動定期掌握進度

3. **辦理國際招商會議至少 1 場，促進產業開展：**已完成定於 108 年 8 月 21~8 月 23 日舉行「臺灣國際智慧物聯網應用展」參展初步規劃，並於 108 年 5 月促成臺灣晶技、大同與臺灣固網三家參展，將有助於提升媒合國內外訂單機會。

4. **至少促成 2 筆國際訂單(越南、印度、挪威..)：**
   - **藉由越南布建案，促成後續衍生新商機**
     i. 將於108年完成100台感測器布建。
     ii. 結合貿協綠色貿易計畫，促成特定產業投入。
   - **藉由印度合作計畫，擴散驗證成果**
     i. 布建3個感測器在國家測站比對分析(3個月)。

ii. 利用**Jaipur**為試驗場域進行布建測試(15個月)。

iii. 將驗證成果推廣至其他智慧城市或周邊國家。

（三）年度目標期程

年度目標期程如圖 7 所示，專案辦公室將採明確分工，並定期檢視階段性成果。1.完成洽談 2 件國內空氣品質感測器或物聯網應用合作案：預計完成日期為 108 年 12 月，主要負責人為王順輝、陳重叡、陳嘉慧。2.促成國內技術授權至少 2 案：預計完成日期為 108 年 11 月，主要負責人為王順輝、陳嘉慧。3. 辦理國際招商會議至少 1 場，促進產業開展：預計完成日期為 108 年 8 月，主要負責人為呂秀月、林惠娟。4. 至少促成 2 筆國際訂單：預計完成日期為 108 年 11 月，主要負責人為王順輝、陳重叡。關於上述目標與期程，專案辦公室將定期密切與環保署報告與討論，並採滾動式優化調整，秉持積極、主動的精神盡力達成目標。

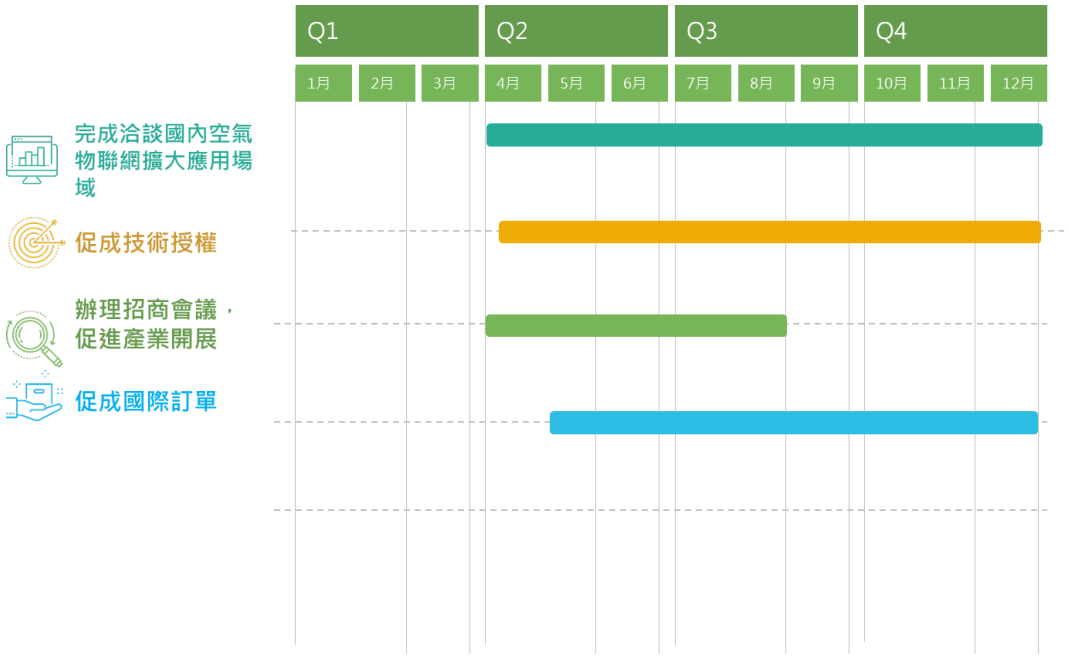
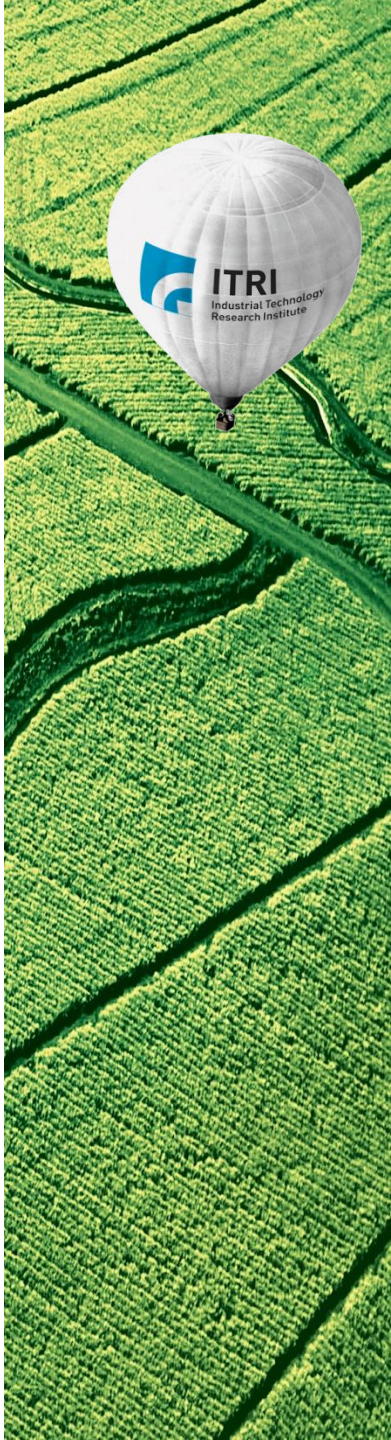


圖 6、專案辦公室年度目標之期程

工業技術研究院

Industrial Technology
Research Institute

教案草案



教育宣導目的

- 透過介紹空氣污染的來源、天氣/地形與居家對空氣品質的影響讓民眾認識空氣污染。
- 藉由說明環保署監測$PM_{2.5}$的設備及方法，並介紹微型感測器的原理，據以釐清「國家監測站」、「智慧城鄉感測點」和「學校民間感測器」之間差異與數據意義
- 彙整我國的空氣品質現況與環境治理的成效，教導民眾使用空氣品質指標(AQI)來規劃健康活動，保護自己健康，同時降低被空氣污染影響
- 製作教育宣導教案手冊以利相關人員及課程使用

版權宣告©工業技術研究院

教案目錄



(一) 空氣污染基本認識、認識$PM_{2.5}$

(二) 天氣與地形對空氣品質的影響

(三) 如何量測$PM_{2.5}$，國家監測站、智慧城鄉感測點及學校民間感測器的差異比較

(四) 我國的空氣品質現況與環境治理成效

(五) 如何應用空氣品質AQI來規劃健康活動，並保護自己降低空氣污染影響

版權宣告©工業技術研究院

(一)空氣污染基本認識、認識$PM_{2.5}$

1. 空氣污染無所不在
2. 空氣污染的型態
3. 懸浮微粒是什麼呢?
4. 懸浮微粒是從哪裡來呢?
5. 懸浮微粒對健康影響
6. 懸浮微粒警報響起該如何應對呢?

版權宣告©工業技術研究院

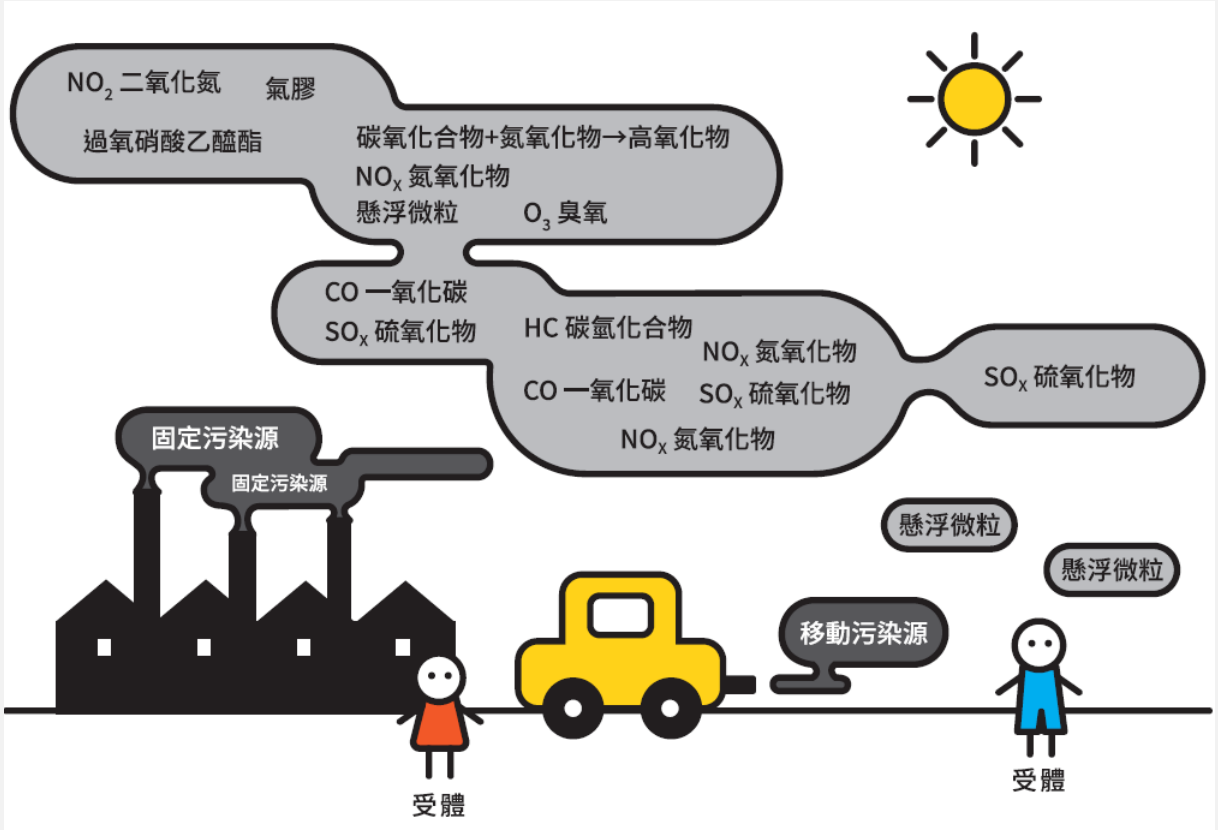
1.空氣污染無所不在

(1) 空氣污染來源

- 來源-**固定污染源**和**移動污染源**

【固定污染源】工廠煙囪排放(含發電廠、石化廠等)、工廠內或營建施工產生之逸散、露天燃燒等

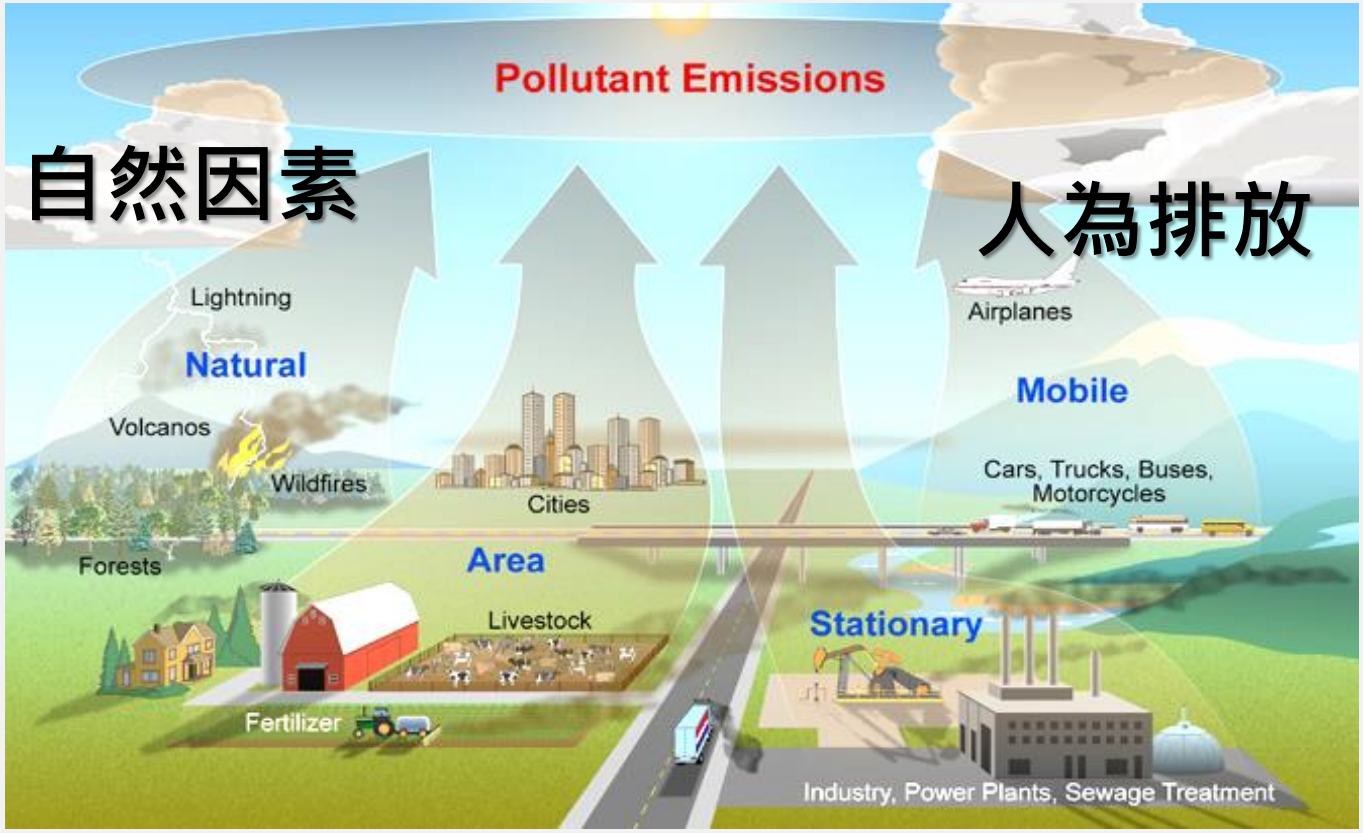
【移動污染源】指的是會因為本身的動力而改變位置之污染源，如汽車、機車與柴油車等交通工具。



1.空氣污染無所不在

(1) 空氣污染來源

■ 空氣污染可以分為**自然形成**與**人為造成**兩種。



【**自然形成**】火山爆發、森林火災。自然現象所產生的，像是花粉、塵土、近海的鹽粒、以及一些生物排放等。

【**人為排放**】交通、工業等，會產生許多大量的氣狀污染物及粒狀污染物。

版權宣告©工業技術研究院

1.空氣污染無所不在(續)

(2)歷史上空氣污染大事記



因城市汽機車與工業大量排放廢氣，城市上空出現淺藍色煙霧，濃度高達0.65ppm

美國洛杉磯
光化學煙霧

1951

洛杉磯則是由臭氧引起的光化煙霧



冬季取暖燃煤及工業排放的煙霧是元兇，持續多日的無風及不斷排放的煙霧，使上空大氣中煙霧濃度比平時高10倍，能見度極低

倫敦的煙霧主要是由硫氧化物引起的

1952

英國倫敦
酸霧



日本四日市
哮喘事件化學廢氣污染

1961

該市石油冶煉和工業燃油產生的廢氣，嚴重污染城市空氣



中國大陸因高速經濟發展，導致空氣污染物大量排放，在靜穩天氣型態下污染物累積，造成嚴重霾害。

2013

中國大陸
霾害事件



東南亞
霾害事件

2013

東南亞霾害主要因印尼農民常以火大面積的燒芭(火耕)方式清理農地，大量的煙塵隨季風飄散，危害當地民眾健康，造成龐大經濟損失

資料來源：認識細懸浮微粒，104年10月，行政院環境保護署

版權宣告©工業技術研究院

2.空氣污染的型態

- 雖然是空氣污染，但不只包含氣狀污染物，最近大家很重視的細懸浮微粒就屬於粒狀污染物，只是我們人類肉眼看不見，但也因此不能掉以輕心啊!

(1) 空氣污染物種類說明

氣狀污染物

硫氧化物、一氧化碳、氮氧化物、碳氫化合物、氯化氫、二硫化碳、鹵化烴類、全鹵化烷類及揮發性有機物。

粒狀污染物

總懸浮微粒、懸浮微粒、落塵、金屬燻煙及其化合物、黑煙、酸霧、油煙。

衍生性污染物

光化學霧及光化學性高氧化物(O_3、PAN)。

毒性污染物

氟化物、氯氣、氨氣、硫化氫、甲醛、含重金屬之氣體、氯乙烯單體、 多氯聯苯、氰化氫、戴奧辛類、致癌性多環芳香烴、致癌揮發性有機物、石綿及含石綿之物質。

惡臭污染物

硫化甲基、硫醇類、甲基胺類。

其他經中央主管機關指定公告之物質

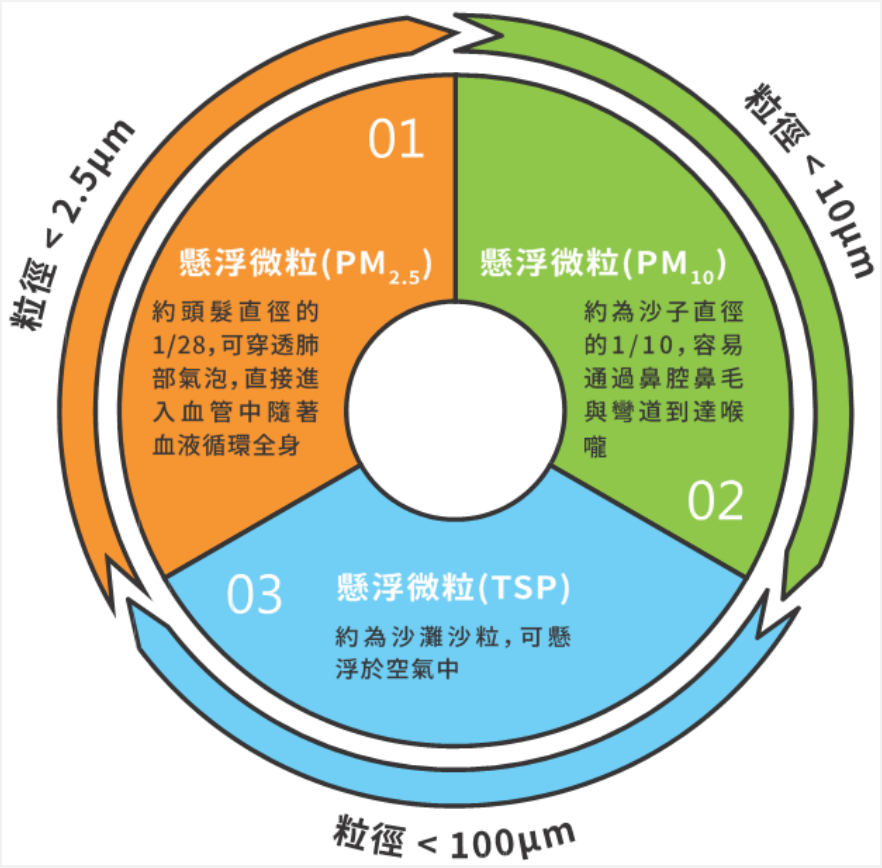
異味污染物、「二氧化碳、甲烷、氧化亞氮、氫氟碳化物、六氟化硫及全氟化碳等溫室氣體」

版權宣告©工業技術研究院

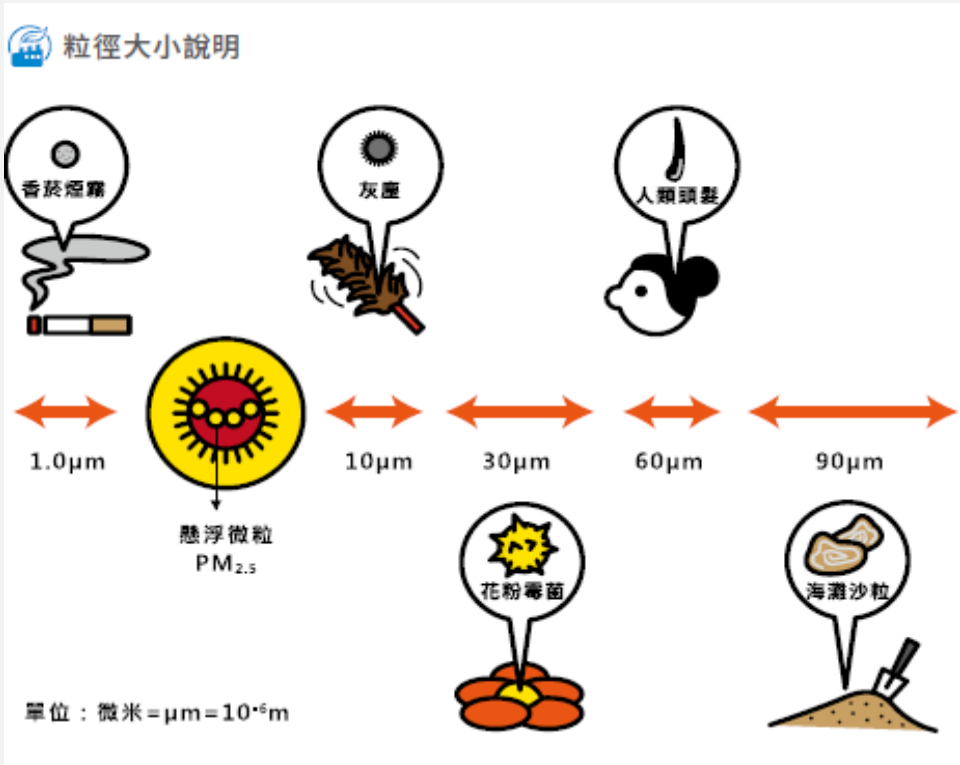
3.懸浮微粒是什麼呢?

- 飄浮在空氣中類似灰塵的粒狀物稱為懸浮微粒(particulate matter，PM)

(1)何謂懸浮微粒



(2)粒徑大小說明

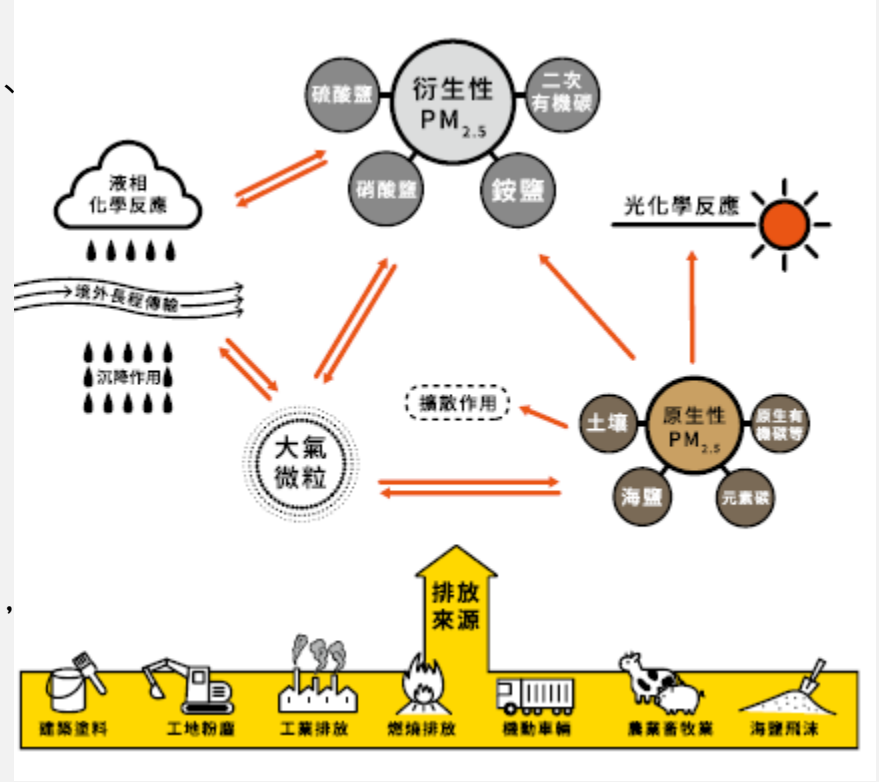


4.懸浮微粒是從哪裡來呢

(1) $PM_{2.5}$生成與來源

- PM2.5 的生成一般可分為原生性(primary) 及衍生性(secondary)，皆可能由自然或人為產生。

  - 原生性PM2.5 是指在大氣中未經化學反應的微粒，主要來自物理破碎、風蝕逸散或人為污染所直接產生，包括海鹽飛沫、裸露地表揚起的粉塵，鍋爐及機動車輛引擎燃燒過程排放之微粒等。
  - 衍生性 PM2.5 是指排放到大氣中的化學物質經過太陽光照或其他化學反應後生成，如: 硫氧化物、氮氧化物、揮發性有機物與氨，在大氣中生成硫酸鹽、硝酸鹽及氨鹽等微粒，組成PM2.5。



4.懸浮微粒是從哪裡來呢?

(2)懸浮微粒在哪裡發生呢?

1.自然發生：自然存在的礦物粒子例如泥沙、生物粒子如花粉、微生物。
2.人為排放：人為排放來自事業廠(工廠、發電廠)燃燒、車輛燃燒、生物性燃燒過程等，在特定排放源直接產生。
3.二次化學反應產生：二次形成大部分是$PM_{2.5}$，例如SO_X、NO_X、NH_3、VOCs等前驅物在大氣中特定條件下反應的衍生性污染物，且數量佔多數。



資料來源：韓國學童宣導教材

版權宣告©工業技術研究院

5.懸浮微粒對健康影響



資料來源：認識細懸浮微粒，104年10月，行政院環境保護署

- 進入人體的懸浮微粒短期內不會對人體造成變化　但長時間 持續的暴露在外 會對我們的身體造成影響

- 一樣的暴露, 幼兒的危險是成人的10倍

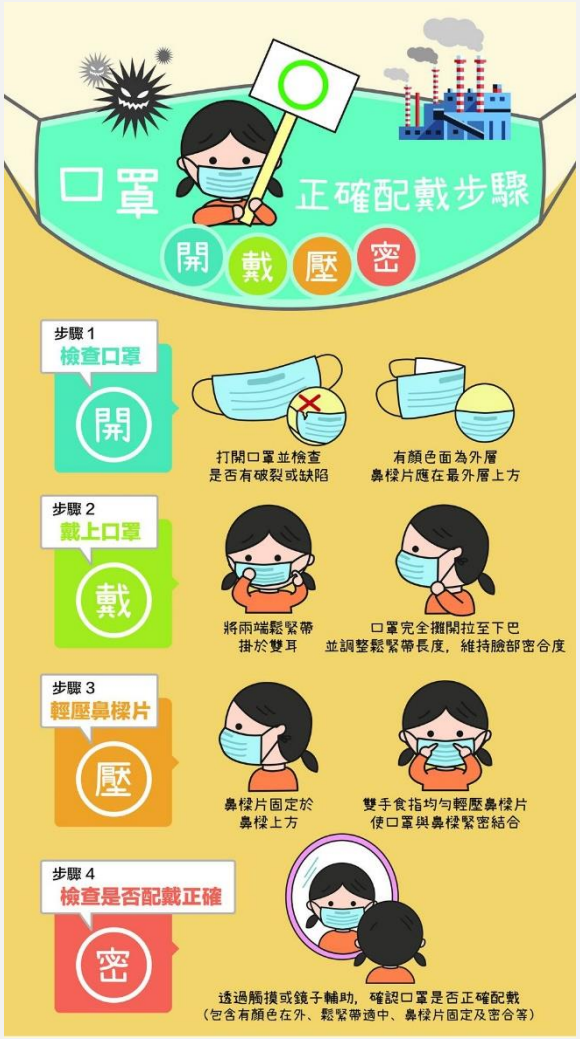


資料來源：韓國學童宣導教材

版權宣告©工業技術研究院

6.懸浮微粒警報響起該如何應對呢

(1)自我防護啟動



資料來源：國民健康署新聞稿連結：http://bit.ly/2rSvDQx

(2)$PM_{2.5}$減量行動一起來



資料來源：認識細懸浮微粒，104年10月，行政院環境保護署

版權宣告©工業技術研究院

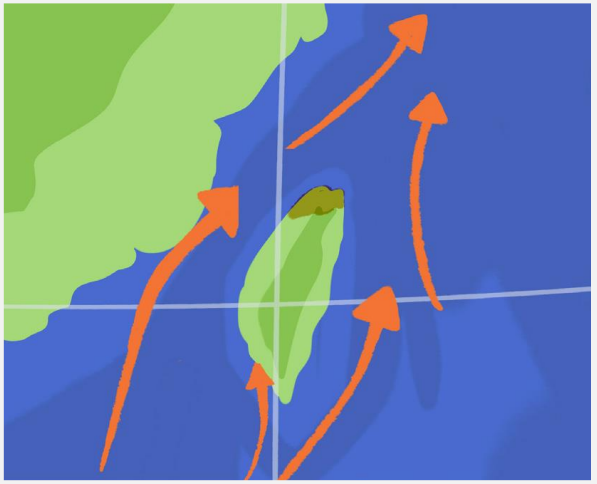
(二)天氣與地形對空氣品質的影響

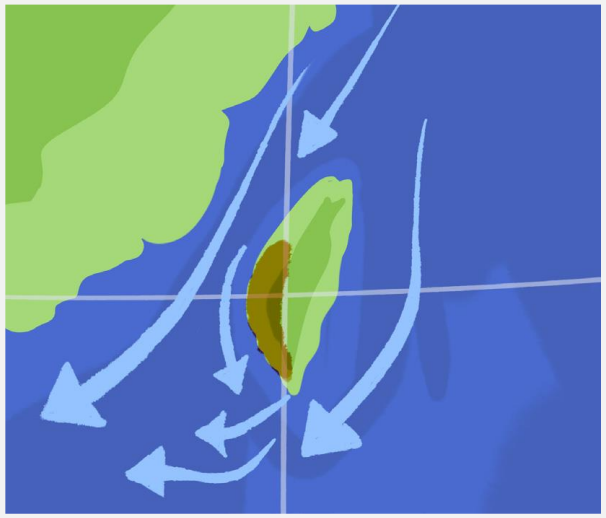
1. 台灣空污的時空背景
2. 海陸風、山谷風對空氣污染的影響
3. 逆溫層對空氣污染的影響
4. 季節風與地形對空氣污染的影響
5. 冬季冷高壓移動對$PM_{2.5}$濃度的影響
6. 境外傳輸對空氣污染的影響
7. 中國大陸沙塵影響我國空氣品質
8. 河川揚塵對空氣品質的影響

版權宣告©工業技術研究院

1.台灣空污的時空背景

- 夏季西南風，中南部成為上風區，夏季混合層高於冬季，中南部的空品比北部佳。

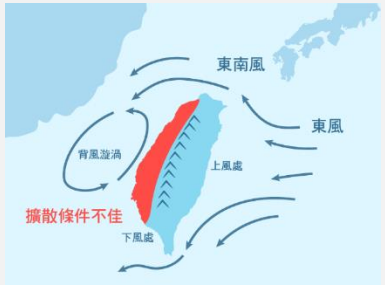




- 秋冬季東北風，北部污染物往中南部吹，且高屏有低風迴流區，中南部空品變差。

- 吹東風時因中央山脈阻隔，台灣西部由北到南污染物擴散不良，空品變差。



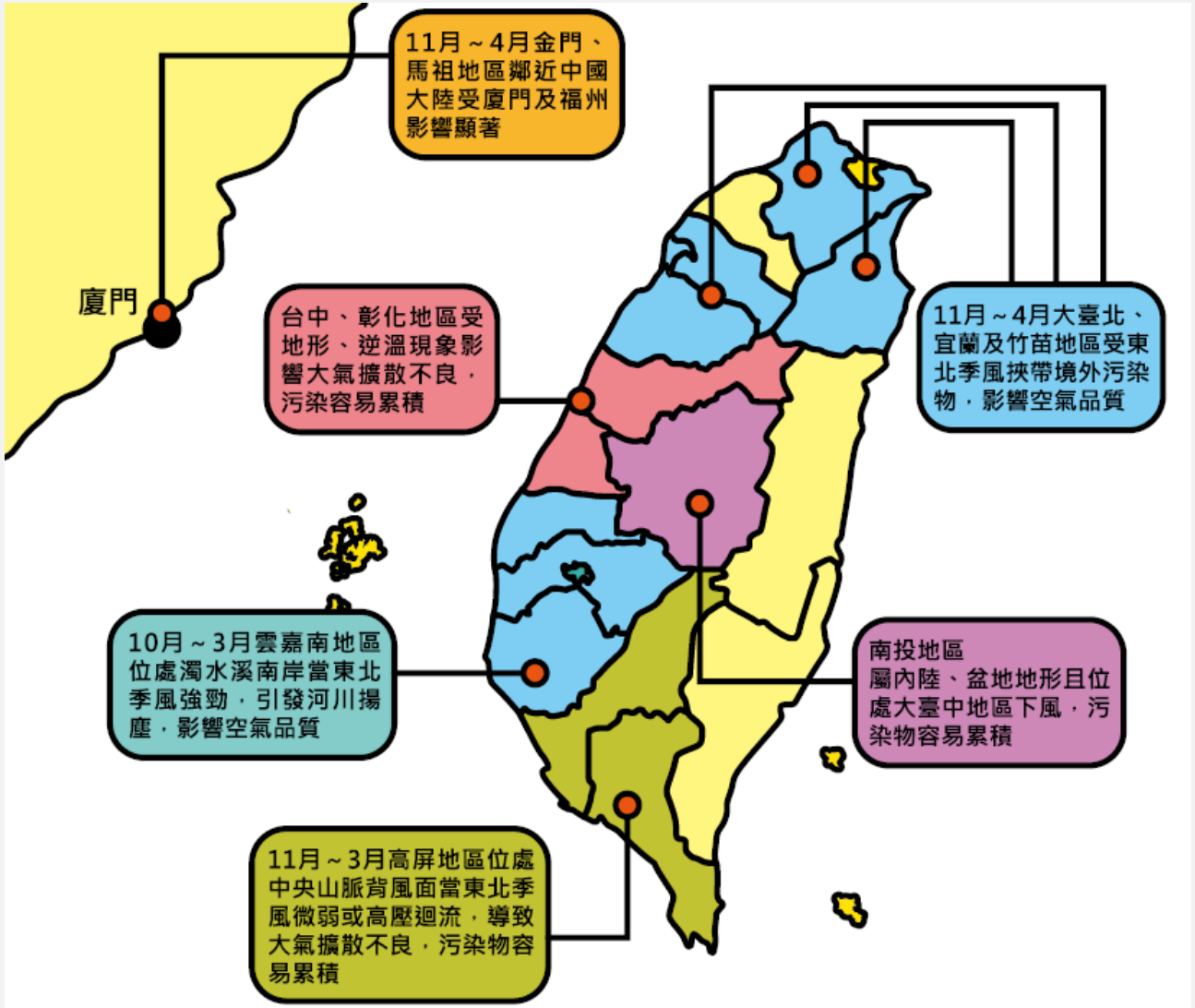


資料來源：長榮大學環境資訊研究中心，環境教育小百科 空氣污染概念圖解

版權宣告©工業技術研究院

1.台灣空污的時空背景

秋冬季影響空品的自然環境特徵

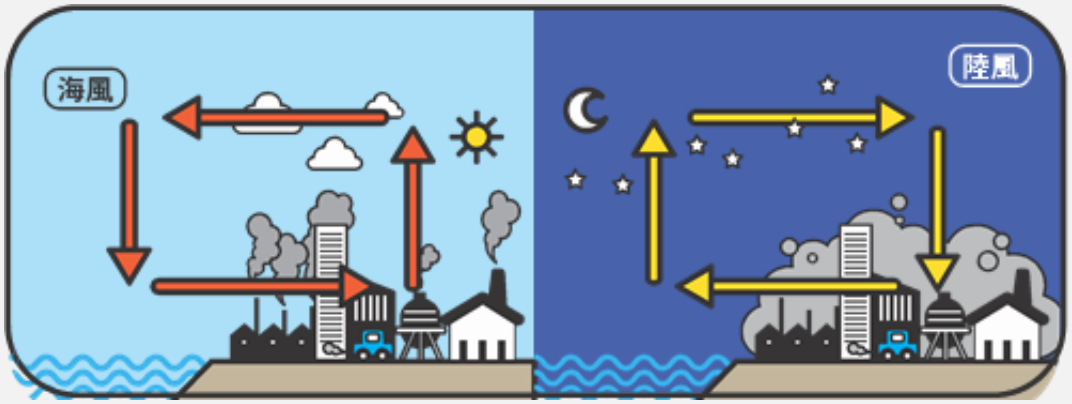


版權宣告©工業技術研究院

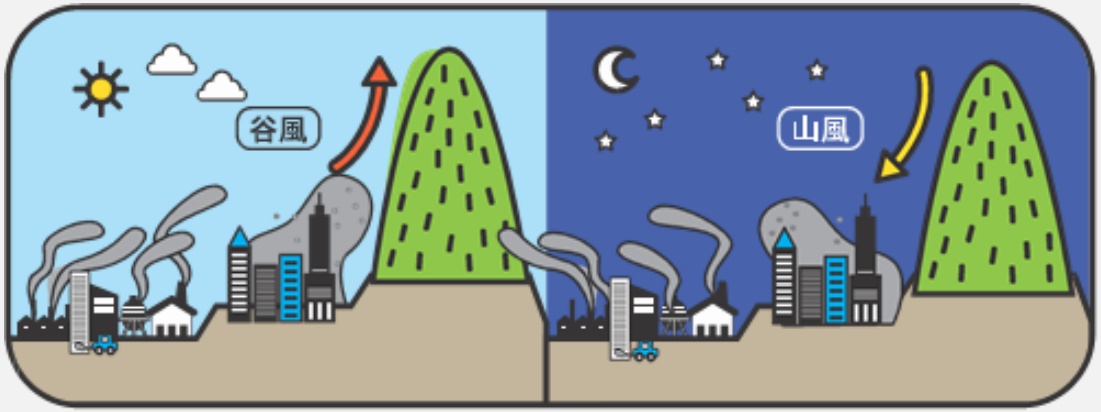
2.海陸風、山谷風對空氣污染的影響

- 臺灣四面環海，近海區域能感受到白天吹海風，夜間陸風的天氣型態，而此現象使得污染物隨風向改變而移動。

海風與陸風對空氣污染的影響



山風與谷風對空氣污染的影響



- 而靠山的地方也有著類似的日夜變化，即白天吹谷風，夜間吹山風，亦可能使污染物隨之擴散。

資料來源：空氣污染成因評析計畫(長榮大學，賴信志)，107年7月，行政院環境保護署委託

版權宣告©工業技術研究院

2.海陸風、山谷風對空氣污染的影響

- 迎風面也就是上風處，這個區域內普遍風速較為強勁，空氣擾動大、通風指數良好、因此混合層高度比較高，能有效稀釋和清除該區域內的各種大氣化學污染物，所以一般而言能見度佳、空氣品質好。



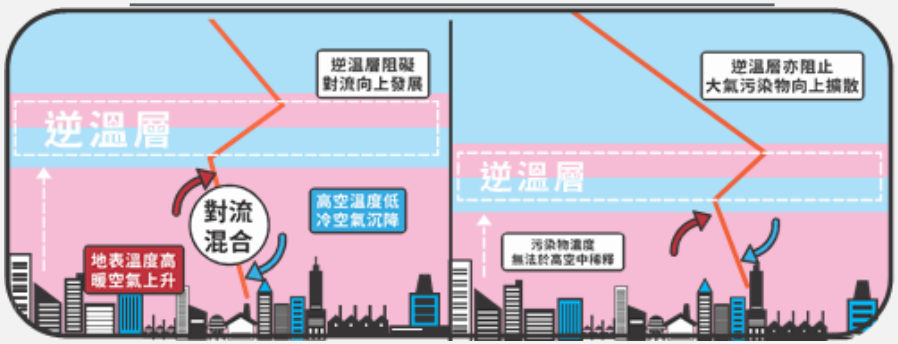
- 如果在背風處即下風處，此區域內風速相當弱，甚至呈現靜風狀態，水平氣流擾動與垂直空氣對流都非常弱，這時如果地面層出現逆溫現象，對於污染物的擴散就更為不利，污染物質將大量堆積在地面層。

資料來源：長榮大學環境資訊研究中心，環境教育小百科 空氣污染概念圖解

版權宣告©工業技術研究院

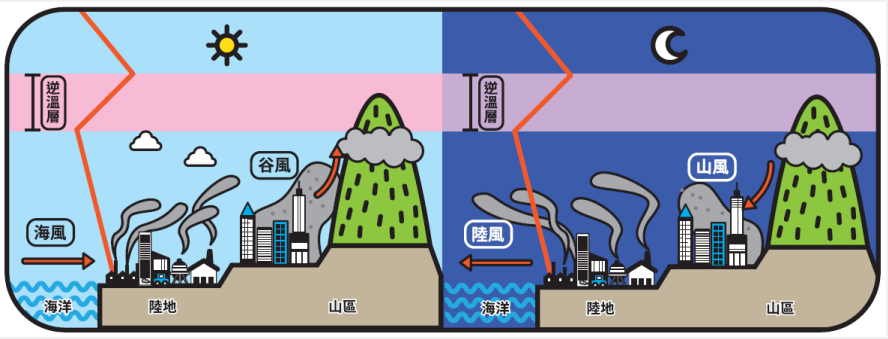
3.逆溫層對空氣污染的影響

逆溫層下移對空氣污染的影響



大氣垂直結構上在近地表附近有一層稱為混合層，其意義是空氣中任何成分，在此層對流混和，而空氣污染物也藉此得以稀釋擴散。

天氣型態瞬時萬變



但實際上天氣型態瞬時萬變，上述的現象可能同發生，亦會使得空氣污染變得更糟或轉好。

資料來源：空氣污染成因評析計畫(長榮大學，賴信志)，107年7月，行政院環境保護署委託

版權宣告©工業技術研究院

3.逆溫層對空氣污染的影響

- 地表空氣污染物擴散稀釋的大氣層稱為混合層，因為氣流的作用較為混亂且強烈，所以空氣污染物會有比較多的擴散及稀釋機會。
- 對流層內高度越高，氣溫越低。但是當有特定氣象條件，或者有地形因素影響時，形成上暖下冷的垂直大氣結構，也就是常聽到的「逆溫層」現象。

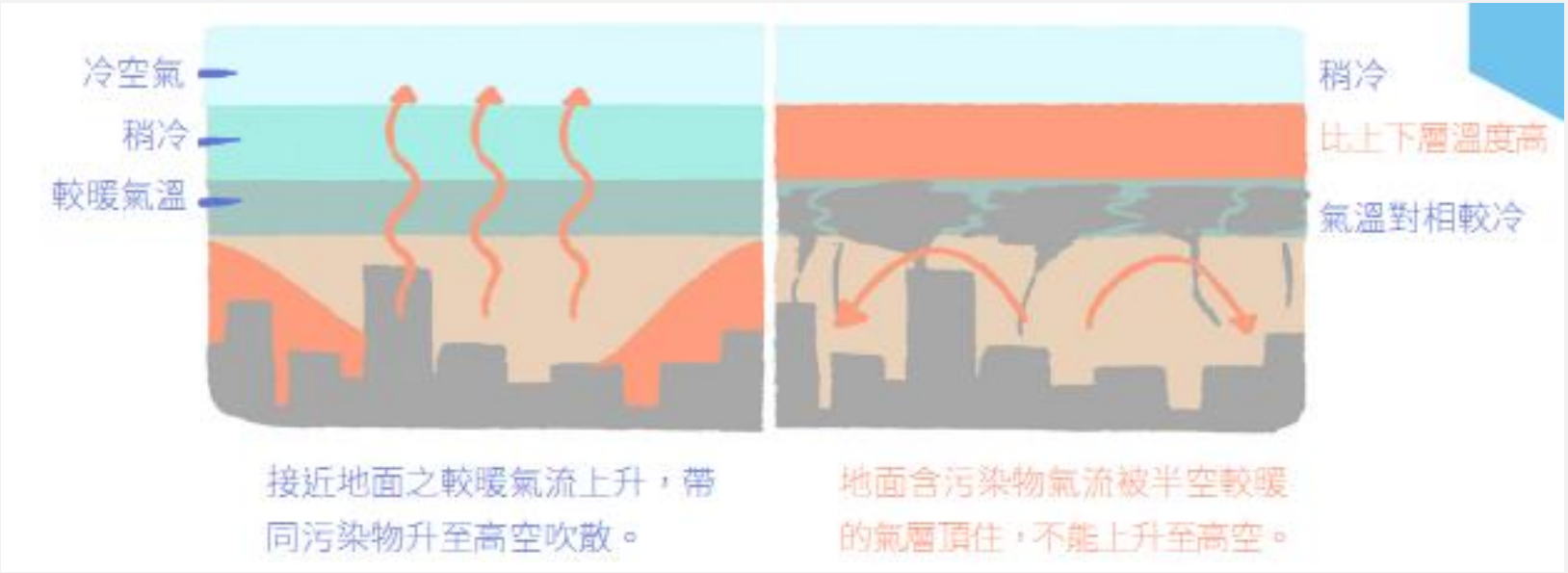


資料來源：長榮大學環境資訊研究中心，環境教育小百科 空氣污染概念圖解

版權宣告©工業技術研究院

3.逆溫層對空氣污染的影響

- 在逆溫層中，地面含污染物氣流被半空較暖的氣層頂住，導致大氣的垂直移動能力受限制，污染物無法向上傳送，污染物擴散不出去，就造成空氣品質不佳的狀況。

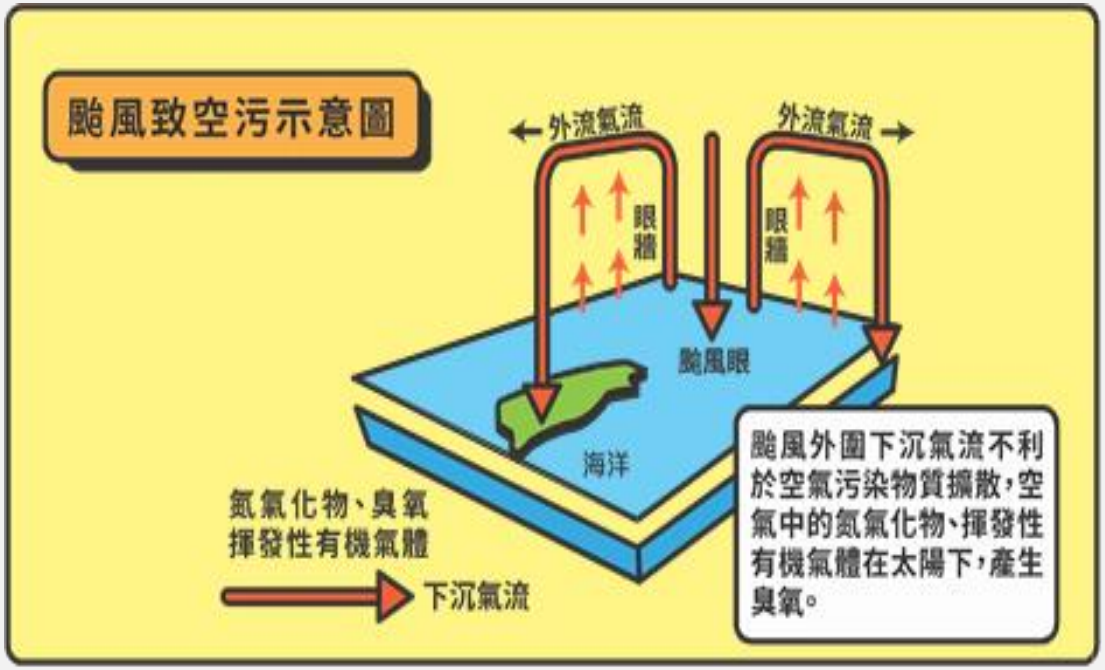


資料來源：長榮大學環境資訊研究中心，環境教育小百科 空氣污染概念圖解

版權宣告©工業技術研究院

4.季節風與地形對空氣污染的影響

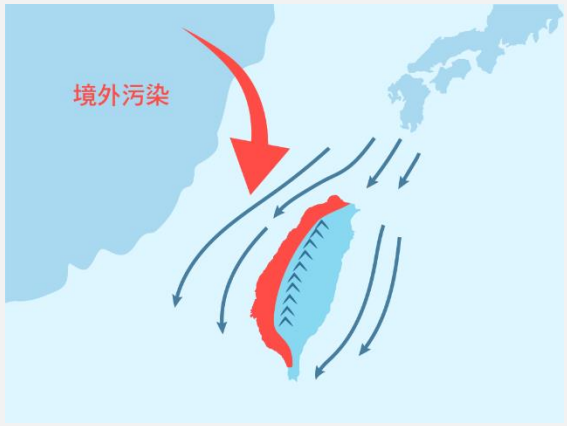
- **東北季風**：中南部地區因位於中央山脈之背風面， 風速微弱且日照較強，清晨近地面即易形成逆溫層，不利於污染物之擴散，空氣品質較差。(10月~4月)
- **西南季風**：南部地區因西南季風而有較大之風速，且午後對流旺盛，空氣品質普遍較佳。(5月~9月)
- **颱風**：當颱風距離臺灣約1,000公里內，因氣流與地形影響，西部地區常處於弱風區，易導致空氣污染事件。



資料來源：空氣污染成因評析計畫(長榮大學，賴信志)，107年7月，行政院環境保護署委託

版權宣告©工業技術研究院

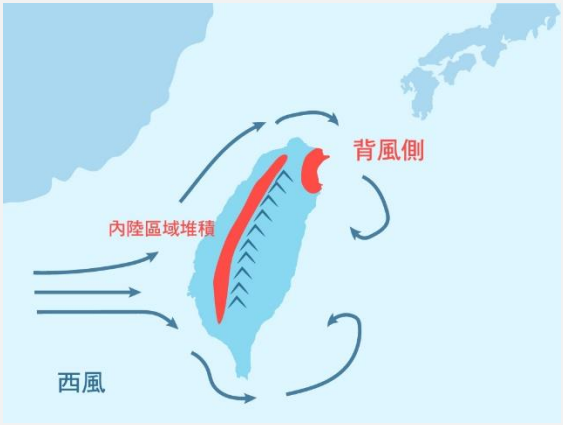
4.季節風與地形對空氣污染的影響



冬季大陸冷高壓影響時，若伴隨境外污染物移入，各地均可能發生高濃度現象。



東北風影響時，雲嘉南以北風力較強擴散條件佳，高屏地區位於尾流弱風區，污染物易累積。

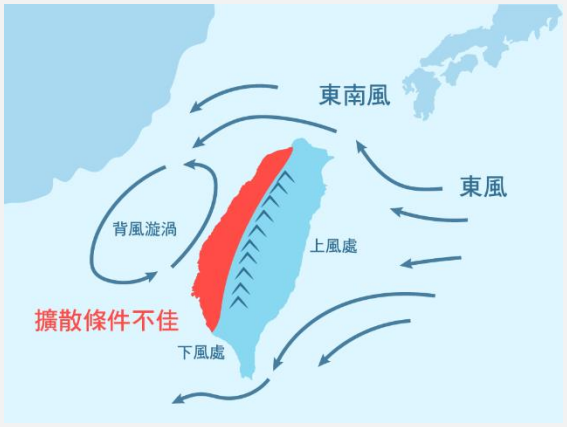


當西風影響時，污染物易往內陸區域堆積，空品相對較差，宜蘭位於背風側空品略差。

資料來源：108年空氣品質數據蒐集處理及整合強化計畫

版權宣告©工業技術研究院

4.季節風與地形對空氣污染的影響



高壓出海轉東風時，受地形影響西半部擴散條件不佳，若產生背風渦旋，易使局部地區濃度上升。



高壓迴流影響時偏東南風，受地形影響雲嘉南以北擴散條件不佳，空品普遍較差。



夏季盛行西南風，上風處中南部普遍空品良好，下風處北部污染物易累積。

資料來源：108年空氣品質數據蒐集處理及整合強化計畫

版權宣告©工業技術研究院

5.冬季冷高壓移動對$PM_{2.5}$濃度的影響



高屏山區位處中央山脈背風面，當東北季風微弱或高壓迴流，導致大氣擴散不良，污染物容易累積



中部地區位處中央山脈背風面，當東風微弱或高壓迴流，導致大氣擴散不良，污染物容易累積



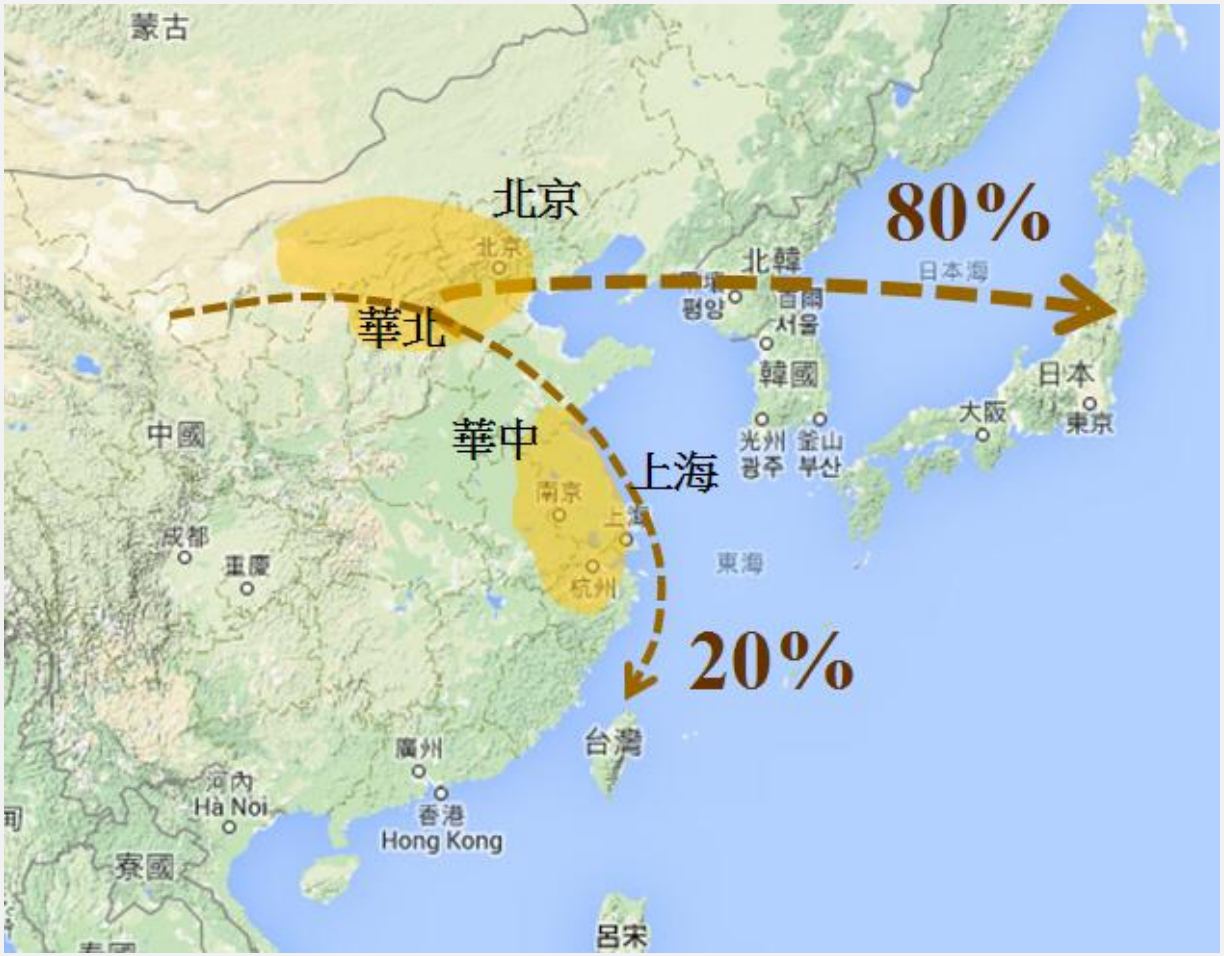
北部地區位處中央山脈背風面，當東南風微弱或高壓迴流，導致大氣擴散不良，污染物容易累積

資料來源：空氣污染成因評析計畫(長榮大學，賴信志)，107年7月，行政院環境保護署委託

版權宣告©工業技術研究院

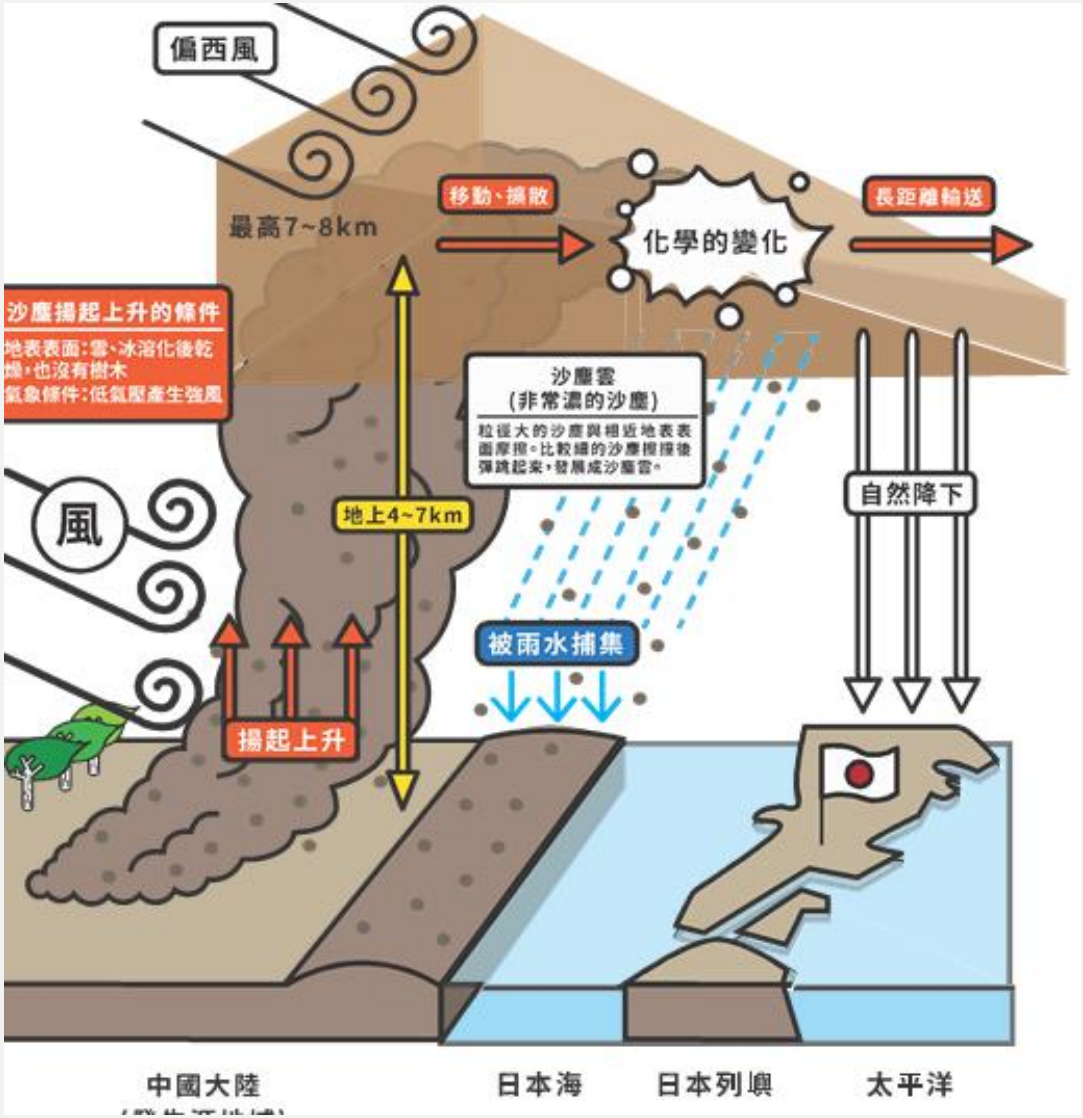
6.境外傳輸對空氣污染的影響

- 境外傳輸：指鄰近國家的空氣污染物隨著大氣環流傳送至我國。
- 中國大陸霾害於冬季(每年11月至隔年3月)如果隨著東北季風或冷氣團南下影響臺灣，是影響我國秋冬季$PM_{2.5}$濃度較高的原因之一。
- 有時可能會與我國本地污染反應或加成作用，造成$PM_{2.5}$在短時間內迅速變化，影響之時間長短不一定。



版權宣告©工業技術研究院

7.中國大陸沙塵影響我國空氣品質



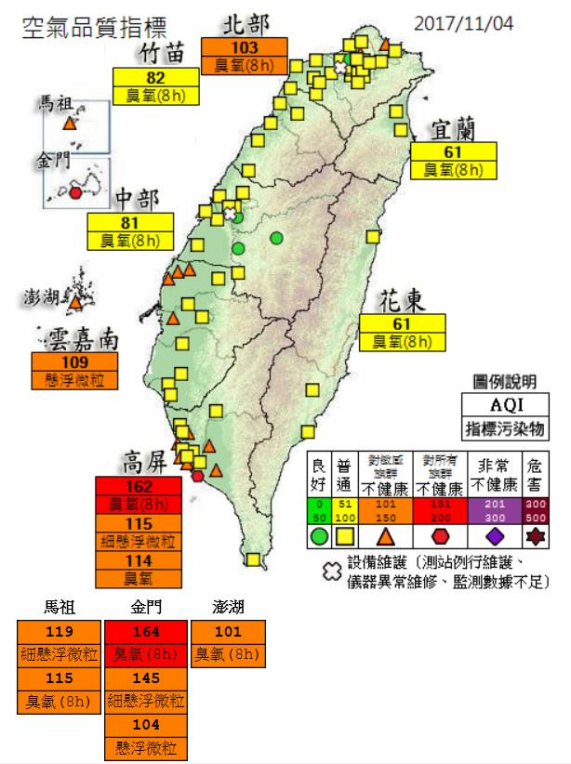
東亞沙塵發生主要季節為冬季及春季，主要源區包括河西走廊及阿拉善高原區、塔克拉瑪干沙漠等地區。沙塵暴發生後主要向東影響韓國及日本等地區，並可遠達加拿大及美國西岸。在南北向大陸高壓天氣形態下，東亞沙塵會隨著冷高壓南下影響台灣。

詳細資料請參閱：環保署空氣品質監測網 (https://taqm.epa.gov.tw/dust/tw/b0301.aspx)

版權宣告©工業技術研究院

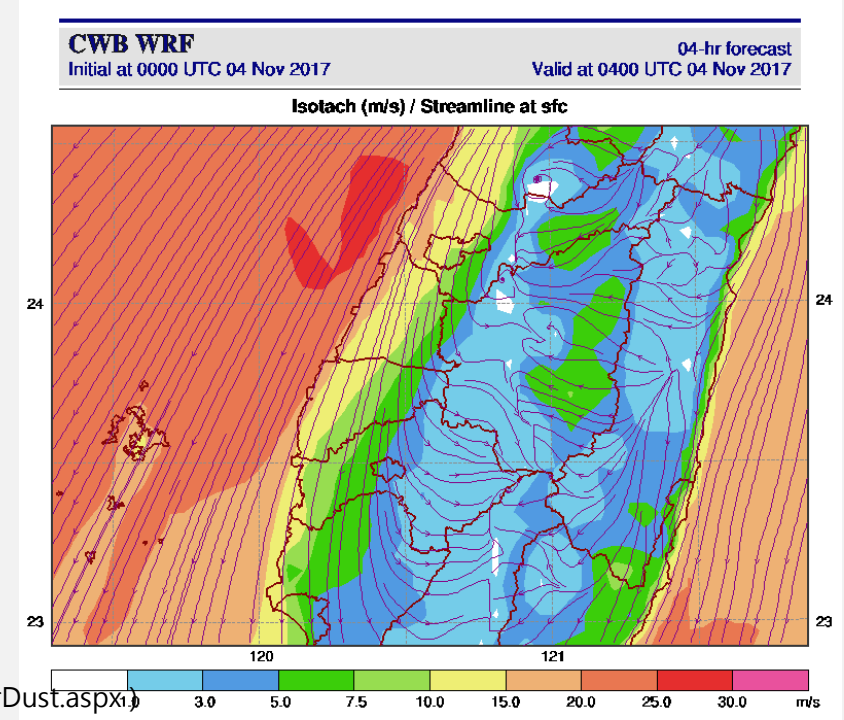
8.河川揚塵對空氣品質的影響

- 自然界釋出對對空氣污染的影響
  - 河川揚塵-106/11/4



- 大雨造成土石崩坍，將河川上游塵土沖刷到下游，在河床裸露堆積。
- 經陽光曝曬，在強風吹襲下產生揚塵，揚塵隨著強風擴散，影響空氣品質。





- 河川揚塵測得數據僅能代表局部地區受揚塵影響程度，不能用以代表區域性空氣品質。

詳細資料請參閱：環保署空氣品質監測網（https://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/RiverDust.aspx）

版權宣告©工業技術研究院

(三)空氣品質如何監測，國家監測站、智慧城鄉感測點及學校民間感測器的差異比較

1. 空氣品質如何監測
2. 國家監測站、智慧城鄉感測點及學校民間感測器的差異比較
3. 感測器如何收集數據
4. 感測器如何維護

版權宣告©工業技術研究院

1.空氣品質如何監測


大氣空氣品質監測
(主管機關)
■ 國家級76個普通測站
■ 國家級15個特殊測站
■ 區域性地方環保局31個測站
特性工業區監測
(開發單位)
■ 比照大氣空氣品質監測於周圍及所屬鄉鎮架設監測站
固定源工廠監測
(業者)
■ 連續自動監測
■ 周界測定
戶外微型感測系統
■ 埔里示範區
■ 大甲媽祖繞境監測
移動源車輛檢測
(主管機關及使用者)
■ 新車審驗
■ 使用中車輛定期檢驗、不定期檢驗、目測判定
室內空氣品質監測
(業者)
■ 定期檢測(巡檢、定檢)
■ 連續監測
STOP

2.國家監測站、智慧城鄉感測點及學校民間感測器的差異比較

現在有哪些空氣污染資訊來源?





國家監測站

收集區域空品資訊
制訂政策法規
評估防制成效



政府空污感測點

工業區環境監控
感測污染排放
有效執法稽查



民間空氣盒子

感知周遭空污
結合環境教育
改善污染行為

版權宣告©工業技術研究院

2.國家監測站、智慧城鄉感測點及學校民間感測器的差異比較

空污資訊的點位分布在哪裡！

國家監測站	政府空污感測點	民間空氣盒子
依空污法設置 全國共 77 站	工業區、交通要道 共 3,200 個	學校、住家陽台 約 5,000 個

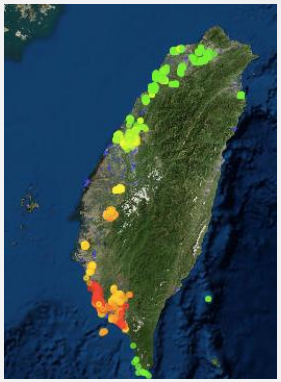




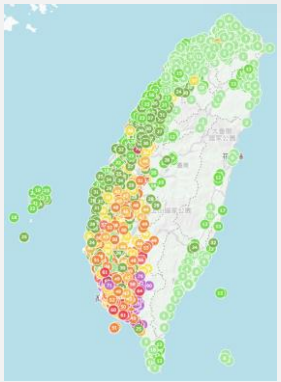




來源: 環保署空氣品質監測網



來源: 環保署



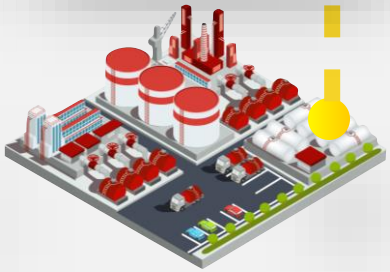
來源: Edimax Airbox

版權宣告©工業技術研究院

2.國家監測站、智慧城鄉感測點及學校民間感測器的差異比較

讓我們再一起看看，這些設備的量測原理吧！

因量測原理差異，數據誤差也不同！

	國家監測站	政府空污感測點	民間空氣盒子
	國際認證的標準儀器	經測試及校正的光散射原理	光散射原理
			
數據誤差範圍	數據誤差範圍 ±10%	數據誤差範圍 ±30%	數據誤差範圍 ±50%
	經美國環保署國際認證	工研院測試	
體積	大	小	小
成本	高	低	低

版權宣告©工業技術研究院

2.國家監測站、智慧城鄉感測點及學校民間感測器的差異比較(續)

數據時間解析度與限制



數據時間解析度	小時值	分鐘值	5分鐘值
數據應用	區域空品變化	感知污染排放	感測微環境變化
數據使用限制	國際上空氣品質與健康風險效應，只有24小時曝露的研究結果，故現行只有日平均及年平均的標準值，上述極短時的量測值不宜直接與空氣品質標準比較		

版權宣告©工業技術研究院

2.國家監測站、智慧城鄉感測點及學校民間感測器的差異比較

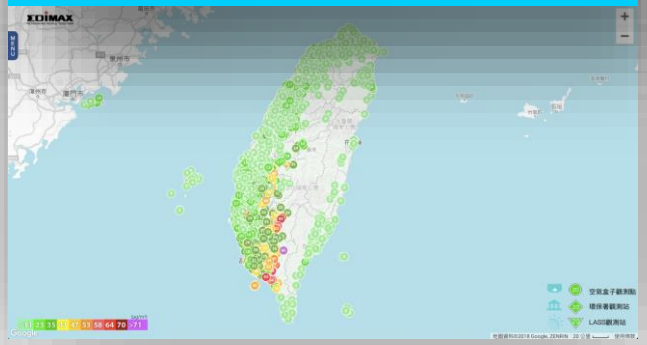
都能透過以下方式，
隨時查看國家監測站和民間感測器的數據唷！

- 這三種感測器在感測原理、使用目的、誤差上都不盡相同使用時，我們建議參考「趨勢相對變化」，但不宜直接與空氣品質標準的數值比較，發現空氣盒子數值異常時請再查詢國家監測站數據唷！

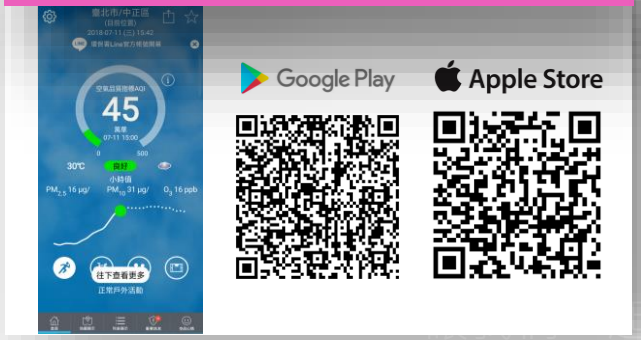
環保署空氣品質監測網
（國家監測站）



Edimax Airbox 網站
（空氣盒子）



環保署 環境即時通 APP
（國家監測站）



環保署 愛環境資訊網
（國家監測站）



版權宣告©工業技術研究院

3.感測器如何收集數據

- 確定感測器位置-感測器或儀器放置在最小干擾量測位置，接近大氣污染源位置
- 空氣污染濃度可能受到當地污染源，建築物和其他結構等因素的影響。
- 量測一般區域性污染物濃度，避免局部污染排放源
- 避免可能監測污染物發生反應的氣體來源

資料來源：$PM_{2.5}$監測與控制產業發展協會

版權宣告©工業技術研究院

3.感測器如何收集數據

- 品質控制：量測期間定期校正感測器
- 校正程序:感測器與標準儀器或參考儀器進行比較
- 與感測器收集量測具相同條件（溫度和濕度範圍，濃度範圍，背景空氣等）
- 感測器與真實濃度比較來確定感測器的偏差，即可獲得重複量測的誤差
- 真實濃度可以利用位於感測器附近的參考空品監測器來確定

資料來源：$PM_{2.5}$監測與控制產業發展協會

版權宣告©工業技術研究院

4.感測器維護

- 量測期間需要採取一些措施來保持感測器性能
- 定期清潔內部表面（尤其是光學元件）
- 防止積聚雜物或灰塵
- 更換過濾器和/或電池
- 檢查現場功能，確保沒有發生重大現場變化

資料來源：$PM_{2.5}$監測與控制產業發展協會

版權宣告©工業技術研究院

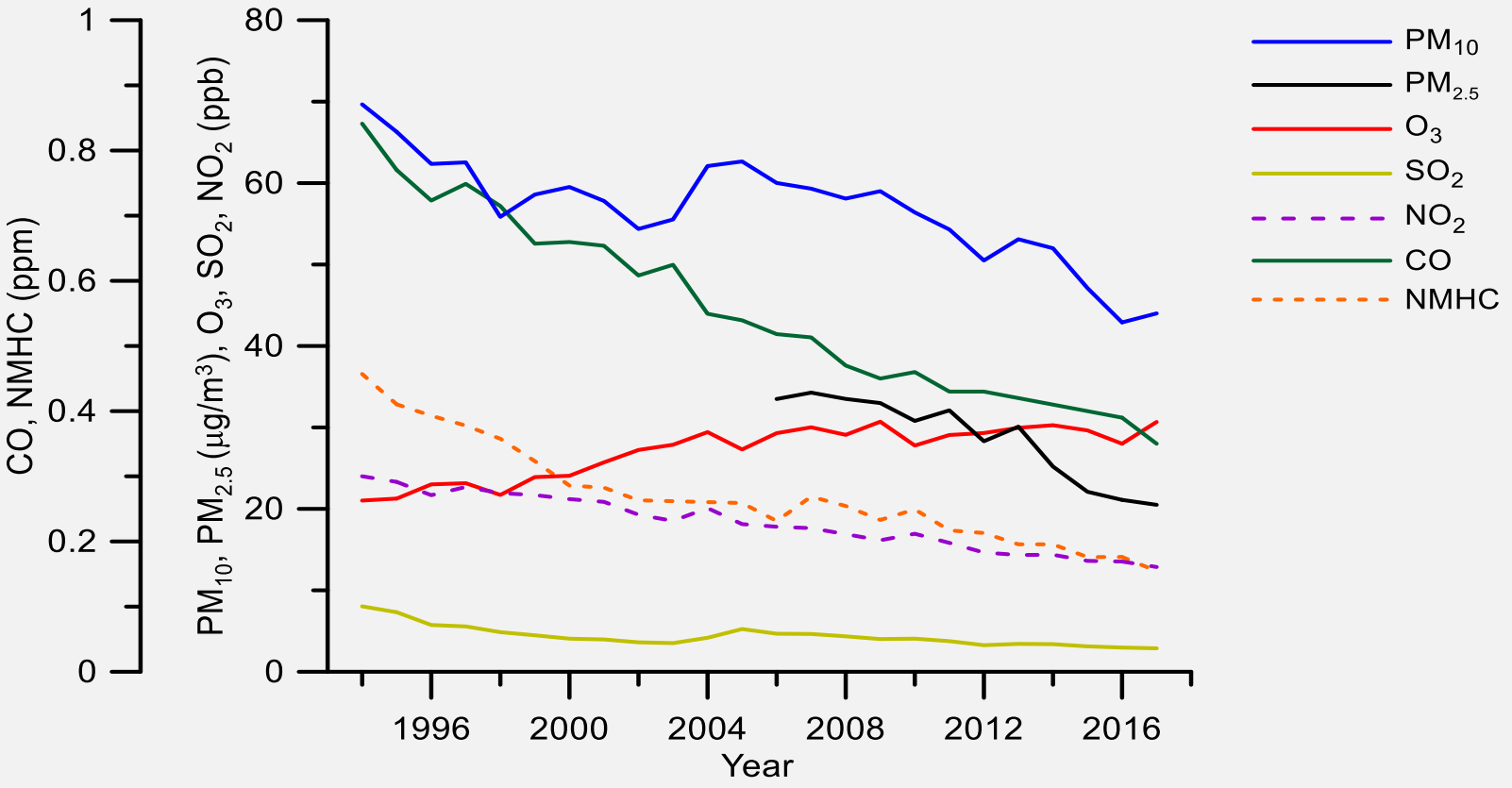
(四)我國的空氣品質現況與環境治理成效

1. 臺灣地區的空氣品質現況
2. 環保署推動空氣污染防制行動方案
3. 改善懸浮微粒PM2.5成效

版權宣告©工業技術研究院

1.臺灣地區的空氣品質現況

- 近年來環保署持續透過加嚴固定污染源排放標準及行業別標準，燃料油硫含量限值，交通工具空氣污染物排放標準，車用汽柴油成分標準，徵收空氣污染防制費等管制方式減$PM_{2.5}$、硫氧化物、氮氧化物、有機化合物與氮等排放量。在管制措施的推動下，歷年全國一般測站各污染物年平均值濃度變化歷年PM_{10}、$PM_{2.5}$ 、SO_2、NO_2、 CO 與NMHC 呈下降趨勢，O_3 濃度逐年上升。



版權宣告©工業技術研究院

2.環保署推動空氣污染防制行動方案



資料來源：空氣污染防制行動方案，106年12月21日，行政院院會議案

版權宣告©工業技術研究院

3.改善懸浮微粒PM2.5成效

- 環保署空氣污染防制行動方案以目標108年相對於104年全國細懸浮微粒($PM_{2.5}$)紅色警示次數（日平均濃度≧54 $\mu g/m^3$）減半，108年達成全國手動測站年平均18 $\mu g/m^3$。
- 107年全國手動測站細懸浮微粒($PM_{2.5}$)年平均濃度統計為17.5 $\mu g/m^3$，已較106年18.3 $\mu g/m^3$、105年20.0 $\mu g/m^3$、104年22.0 $\mu g/m^3$為佳。
- 在各級環保機關及各部會共同努力下105年細懸浮微粒($PM_{2.5}$)紅色警示發生次數874次、106年483次， 107年310次，皆達成階段性目標。



(五)如何應用空氣品質AQI來規劃健康活動，並保護自己降低空氣污染影響

1. AQI空氣品質指標
2. 掌握AQI指標
3. 空氣品質資訊來源百寶箱

版權宣告©工業技術研究院

1. 空氣品質指標

- 依據監測資料將當日空氣中臭氧(O_3)、一氧化碳(CO)、二氧化硫(SO_2)、二氧化氮(NO_2)、懸浮微粒(PM_{10})及細懸浮微粒($PM_{2.5}$)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)。
- 環保署自106年12月起新實施AQI空氣品質指標，AQI整合PM2.5及PSI兩項空品指標，主要監測臭氧、PM2.5等六種污染物危害情況，顏色分綠、黃、橘、紅、紫、褐色，依其狀態會對人體產生不同的影響。

2.掌握AQI指標

- 民眾可參考AQI活動建議，規劃適切的日常生活作息，例如當AQI指標達101至150(橘色)，敏感族群需開始注意戶外活動及身體情況，一般民眾則在AQI達151至200(紅色)，開始注意戶外活動強度，並採取適當的自我防護。

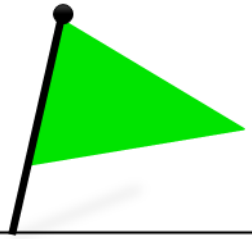
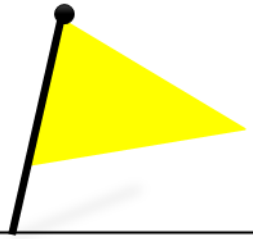
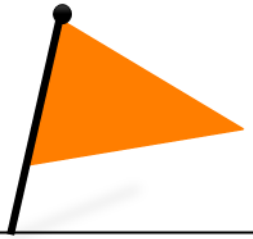
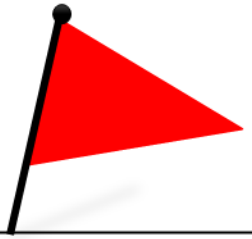
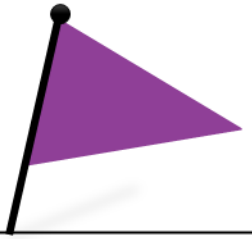
AQI	0～50	51～100	101～150	151-200	201-300	301-500
對健康的影響 [代表顏色]	**良好 [綠]** Good	**普通 [黃]** Moderate	**對敏感族群不健康 [橘]** Unhealthy for Sensitive Groups	**對所有族群不健康 [紅]** Unhealthy	**非常不健康 [紫]** Very Unhealthy	**危害 [褐紅]** Hazardous
人體影響	空氣品質為良好，污染程度低或無污染。	空氣品質普通，但對非常少數之極敏感族群產生輕微影響。	空氣污染物可能對敏感族群造成影響，但是對一般大眾的影響不明顯。	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。

詳細資料請參閱：環保署空氣品質監測網 (https://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/b0201.aspx)

版權宣告©工業技術研究院

2.掌握AQI指標(續)

教育部推動校園懸掛空氣品質旗幟措施，讓學生掌握最新空氣品質狀況，選擇適當的戶外或室內活動項目及運動強度，保障學童與民眾健康。

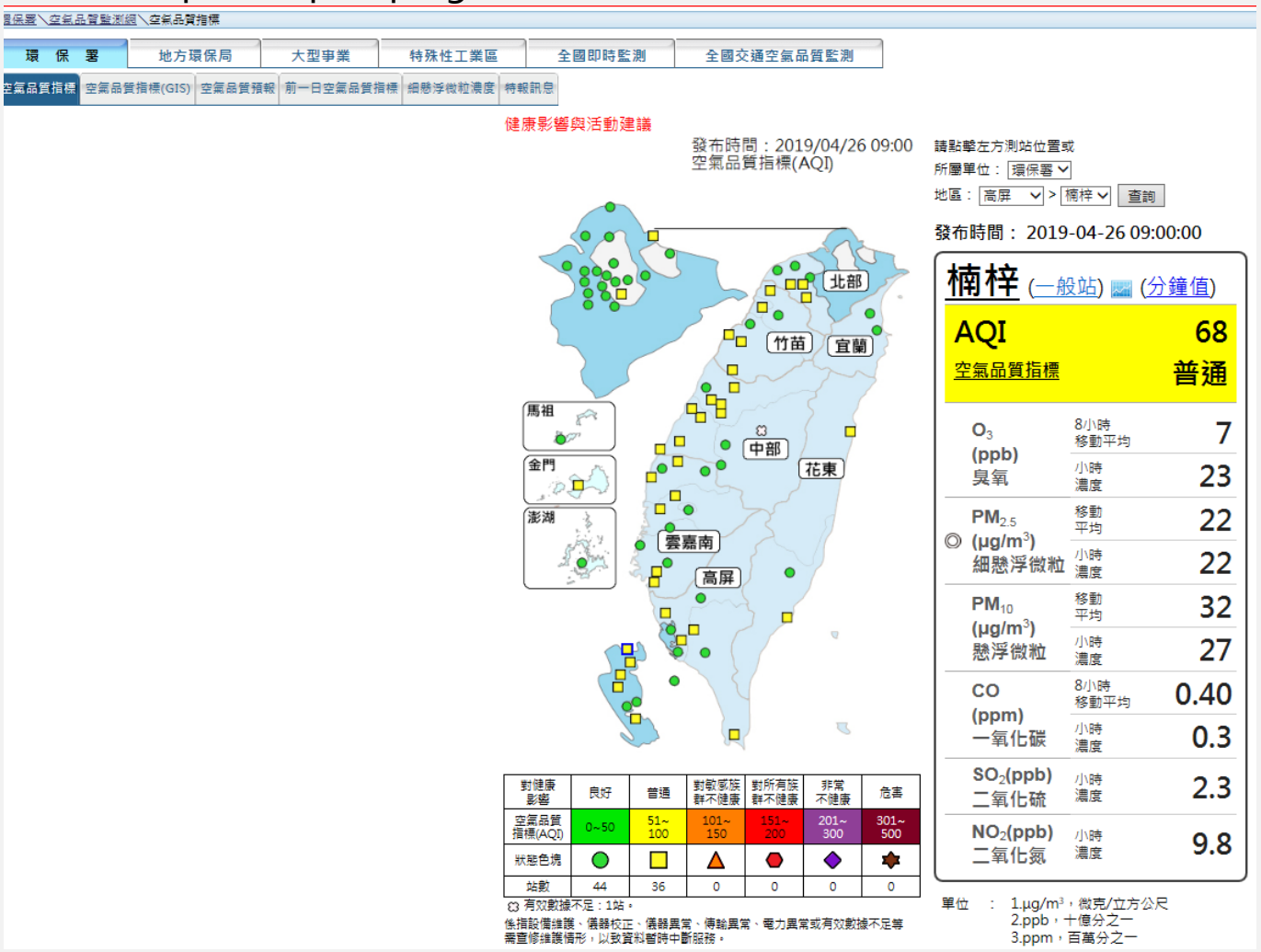
AQI	0～50	51～100	101～150	151-200	201-300
對健康的影響	良好	普通	對敏感族群不健康	對所有族群不健康	非常不健康
代表顏色	綠	黃	橘	紅	紫
校園空氣品質旗幟					
活動建議	代表空氣乾淨，可以到戶外運動！但**還是要注意旗幟是否變色**喔！	代表空氣是普通，還是可以到戶外運動，但是**對空氣敏感、有氣喘的小朋友**要注意自己的身體，不能做太激烈的運動喔！如果身體不舒服要跟老師說！	代表空氣敏感，一般小朋友還是可以到戶外運動，但**對空氣敏感、有氣喘的小朋友**要留意自己的身體，**不能待在戶外太久時間，還是多戴口罩**喔！身體不舒服要跟老師說！	代表空氣品質不良，要**避免長時間劇烈運動**。下課時，**多待在教室內休息**，敏感體質的小朋友更要注意自己的身體，留在教室內，外出要戴上口罩喔！	代表空氣非常的髒，容易讓人生病，所以**戶外活動也要停止，離開教室最好戴口罩**！氣喘或敏感體質的小朋友，更要注意自己的身體，將藥隨時帶在身上！

資料來源：校園空氣品質旗幟宣導資料，教育部資訊及教育司
https://depart.moe.edu.tw/ed2700/News_Content.aspx?n=5FAADFDD4911A282&sms=D85CBB59B8EAEB61&s=7613F20E4E6AC80B

版權宣告©工業技術研究院

3.空氣品質資訊來源百寶箱

- 空氣品質監測網 - 最新空氣品質監測結果與空氣品質預報資訊。
  網址：https://taqm.epa.gov.tw/



3.空氣品質資訊來源百寶箱

- 「環境即時通」App - 即時掌握空氣品質現況。

  網址：http://taqm.epa.gov.tw/





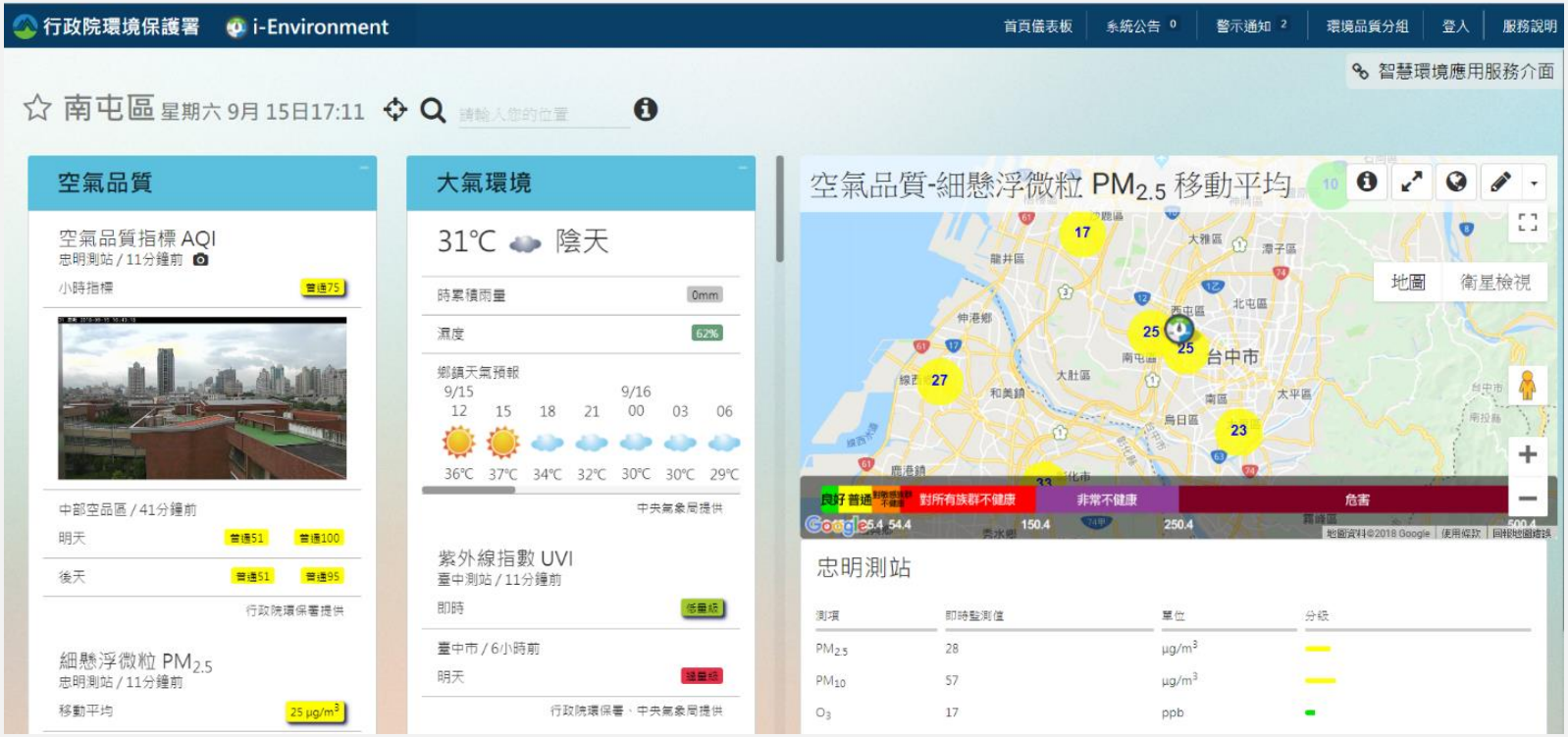
Google play App Store

輕鬆掃描
QR code
即時掌握
空氣品質

3.空氣品質資訊來源百寶箱

- 愛環境 i-Environment - 個人化環境資訊一把抓。

  網址：http://ienv.epa.gov.tw



3.空氣品質資訊來源百寶箱

- 環境資源資料開放平台 - 提供開放資料，全民共同運用、開發、創新發想。

  網址：http://opendata.epa.gov.tw/





