

107年環境品質感測物聯網推動 及專案管理計畫

EPA-107-LS01-02-A090

計畫執行期間：107年3月23日起至107年12月31日止

受託單位：財團法人工業技術研究院

行政院環境保護署編印
印製年月：中華民國107年12月

「107 年環境品質感測物聯網推動及專案管理計畫」

基本資料表

委辦單位	行政院環境保護署		
執行單位	財團法人工業技術研究院		
參與計畫人員姓名	陳范倫、陳一誠、陳家磐、蔡志成、陳姿名、呂秀月、劉丞偉、楊博傑、劉坤興、彭書憶、陳重叡、莊雅婷、林志盈、呂穎彬、陳瑄淇、蔡振球、林馨如、許榮男、張佑任、吳信賢、陳俊吉、王順輝、曹永輝		
年 度	107	計畫編號	EPA-107-LS01-02-A090
研究性質	☐ 基礎研究 ☒ 應用研究 ☐ 技術發展		
研究領域	環境科學(含環保工程、環境管理)		
計畫屬性	☐ 科技類	☒ 非科技類	
全程期間	<u>107</u> 年 <u>3</u> 月 ~ <u>107</u> 年 <u>12</u> 月		
本期期間	<u>107</u> 年 <u>3</u> 月 ~ <u>107</u> 年 <u>12</u> 月		
本期經費	32,000 千元		
	資本支出	經常支出	
	土地建築____千元	人事費 <u>7,450</u> 千元	
	儀器設備____千元	業務費 <u>10,124</u> 千元	
	其 他____千元	材料費 <u>7,992</u> 千元	
		其 他 <u>6,434</u> 千元	
摘要關鍵詞（中英文各三則）			
計畫管理 Plan management 環境物聯網 Environmental IoT 感測 Sensor			

行政院環境保護署計畫成果摘要（簡要版）

- 一、中文計畫名稱：
107 年環境品質感測物聯網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 2018.
- 三、計畫編號：
EPA-107-LS01-02-A090
- 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：
107/03/23
- 七、執行結束時間：
107/12/31
- 八、報告完成日期：
107/12/31
- 九、報告總頁數：
432(不含附件)
- 十、使用語文：
中文，英文
- 十一、報告電子檔名稱：
EPA-107-LS01-02-A090.DOCX，EPA-107-LS01-02-A090.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

目前物聯網科技風潮興起，帶動較低成本感測晶片、電路板與通訊模組之快速發展，本計畫延續去(106)年環境感測物聯網相關計畫所立下的基礎，持續促進環境感測物聯網的發展與技術突破，由感測元件技術的研發、產官學研於物聯網技術聯繫與共同成長、環境執法與智慧城市的應用規劃等結合研擬環境感測物聯網短中長期規劃。本計畫分為三個層面構築：技術面、規劃面、管理面，在技術面上，計畫持續發展 3 個空氣品質感測元件並研擬未來研發方向；在規劃面上，強化環境物聯網產業創新平台，進而發展各類物聯網布建方案或情境，研擬創新應用服務；在管理面上，協助環保署管理環境物聯網相關計畫，掌握與地方政府合辦感測器布建進度與品質，建構示範應用場域以提供系統性建議。未來環境感測物聯網建議將以下列三大主軸進行執行核心：強化中央政府與地方政府整體策略與整合機制，發揮資源及產業經濟效益；效法歐美日等先進國家之在地問題導向、基礎建設等環境議題規劃；推動創新商業模式的應用，並納入民眾參與運作之可能性，以環境感測物聯網共創未來舒適環境。

十六、英文摘要：

The trend following the rise of the internet of things (IOT) technology in the

current scientific and technological world bring the technologies such as sensing wafers, circuit boards, and communication modules which are lower costs and easier to integrate to a rapid advancement. The plan continues to promote the development and technological breakthrough of environmental sensing internet of things (EIOT) through the foundation established by the EIOT (106) related projects. With the combination of technology research and development of sensing units, the connection and mutual growth between industry, government, science and research in IOT technology, the application planning for environmental law enforcement and smart city, the goal is to develop a short, medium and long term planning in relation to IOT and horizontal linkages with each related plans. The plan includes three aspects in technology, planning and management. In the field of technology, the plan continues to develop three sensing units concerning air quality and draw up the direction for future research and development. In the field of planning, to reinforce EIOT industrial innovation platform and, therefore, to plan the development of IOT deploy projects or scenarios and draw up new application service. In the field of management, to assist EPA on administering EIOT related plans, to control the progress of devices deploying and quality with local government as well as establish demonstration and application area in order to provide systematic suggestions. Three major objects as listed below are suggested to be the core of implementation. To reinforce the whole strategy between central and local government and the mechanism of integrity, bring the resources into full play and show economic benefits; imitate the local problem-driven approach and the planning on environmental issues such as infrastructure from advance countries such as Europe, the United States and Japan; promote the application on innovative commercial model, consider the possibility of public participation and build a future together with EIOT for a comfortable surroundings.

目 錄

	頁 次
第一章 緒論.....	1-1
1.1 計畫緣起.....	1-1
1.2 計畫目標與內容.....	1-2
1.3 執行進度.....	1-8
 第二章 評估國內外物聯網現況並提出分析.....	2-1
2.1 蒐集國外物聯網、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、具體措施等，並提出我國發展策略及推動措施.....	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.....	2-21
2.2 規劃全國空氣品質感測器布建點藍圖，並提出效益預測.....	2-24
2.3 掌握國內業者、地方政府之空氣品質感測器自主布建現況.....	2-27
2.4 蒐集國內各式空氣品質感測器資訊，提出其最佳感測情境或環境，並比 較各式感測器數據如須調校為一致之方式建議.....	2-35
2.5 評估可國產化之空氣品質感測元件，並分析國內外時空背景及感測技術 資料蒐集，提出市場需求預測、國產化研發設計生產可行性、推動策 略.....	2-46
 第三章 國產化空氣感測元件研發或感測器原型.....	3-1
3.1 國產化 PM _{2.5} 感測元件之感測器模組.....	3-1
3.1.1 PM _{2.5} 感測元件工作進度說明.....	3-1
3.2 國產化 O ₃ 感測元件之感測器模組.....	3-19
3.2.1 O ₃ 感測元件工作內容及方法.....	3-19
3.3 國產化 NO ₂ 感測元件之感測器模組.....	3-36
3.3.1 NO ₂ 感測元件工作進度說明.....	3-37
 第四章 辦理空氣品質感測器巡檢工作及小規模布建工作並強化校園教育	

推廣.....	4-1
4.1 全國及離島 50 點以上空氣品質感測器布建規劃工作.....	4-1
4.2 空氣品質感測器認證單位認證或機關認可之空氣品質檢測儀器	4-15
4.3 辦理全國及離島 200 點以上空氣品質感測器之巡檢工作.....	4-22
4.4 辦理全國 50 間校園空氣品質感測器之巡檢工作.....	4-29
4.5 空氣品質感測器巡檢工作之規劃及分析報告研提.....	4-34
4.6 辦理空氣品質監測相關說明會或訓練會國內教育人員之空氣品質認知 訓練或研習會.....	4-48
4.7 製作空氣品質認知之教學指導手冊.....	4-56

第五章 協助地方政府感測器布建工作、環保署物聯網工作推動.....5-1

5.1 協助地方政府落實空氣品質感測器布建之評估、規劃、執行.....	5-1
5.2 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.....	5-3
5.3 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，並視需要召開管理會議.....	5-7
5.4 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」各分項 計畫之推動.....	5-20
5.5 協助全方位環境物聯網推動方案之執行.....	5-24
5.6 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， 並召開交流會議，溝通意見強化政策推動.....	5-25
5.7 規劃及辦理研討會或研商會或說明會或教育訓練.....	5-28
5.8 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、文宣素材製作.....	5-30
5.9 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.....	5-37

第六章 成立「空品物聯網產業開展計畫」之專案辦公室，強化計畫管考及

產業推動.....6-1

6.1 空品物聯網產業開展計畫專案辦公室成立，5 人以上專責人員，全職辦理相關物聯網推動及資源整合工作 6-1

6.2 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 6-5

6.3 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 6-19

6.4 規劃空品物聯網一站式服務中心或推廣中心之運作方式，以利產官學研民交流情資，創造跨專業領域結合機會，及訂定問答集並辦理必要之宣傳工作 6-22

6.5 建立物聯網產業聯盟資訊，蒐集及整理業者環境品質物聯網開發情形。另鏈結國內物聯網公協會及產業，組成交流平台 6-32

6.6 蒐集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 6-36

6.7 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。 6-46

6.8 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，並提出建議 6-63

6.9 蒐集國際物聯網、智慧城市展覽活動資訊，擇 2 場以上進行參訪 . 6-66

6.10 規劃及辦理大型研討會議或交流會議或展覽..... 6-76

第七章 結論與建議.....7-1

7.1 結論.....7-1

7.2 建議.....7-4

附錄、各階段審查意見及回覆說明

附件一、國產化 O₃、NO₂ 及 PM_{2.5} 感測原型機測試規劃報告

附件二、空氣品質感測器布建作業程序

附件三、空氣品質感測器巡檢工作之巡檢名單及巡檢方式規劃

附件四、空氣品質感測器認知手冊

附件五、專案辦公室規劃與運作方式報告書

附件六、產業分析報告

圖 目 錄

	頁 次
圖 2-1、美國於各處大使館佈置空氣感測器狀況.....	2-2
圖 2-2、本次北美 CES 展產品主題排名(資料來源：工研院 IEK)	2-8
圖 2-3、韓國物聯網目標.....	2-8
圖 2-4、韓國 SPNDSe 框架.....	2-9
圖 2-5、推廣開放創新示意圖.....	2-9
圖 2-6、日本物聯網推動概念.....	2-11
圖 2-7、GAW 目前布建現況.....	2-13
圖 2-8、UN Environment 低成本感測器.....	2-13
圖 2-9、塞內加爾空氣品質監測站.....	2-14
圖 2-10、2010~2017 年塞內加爾的 PM ₁₀ 及 PM _{2.5} 監測數據.....	2-15
圖 2-11、2010~2017 年塞內加爾的空氣品質在季節內變化分析.....	2-15
圖 2-12、2018 迦納環保署空氣品質感測網.....	2-17
圖 2-13、都會區的策略聚焦可能性(資料來源：工研院 IEK)	2-22
圖 2-14、空品感測點四大類型.....	2-24
圖 2-15、TEDS 資料庫背景輔助選址分析.....	2-25
圖 2-16、中龍鋼鐵 TEDS 推估圖.....	2-26
圖 2-17、興達電廠 TEDS 推估圖.....	2-26
圖 2-18、微型空氣盒子即時監測數據(https://airbox.edimaxcloud.com/).....	2-30
圖 2-19、多變量線性迴歸模式、支援向量機迴歸模式與隨機森林迴歸模式於交通 空氣污染的校準狀況.....	2-39
圖 2-20、步驟 1: 先去掉一個參考測站點.....	2-40
圖 2-21、步驟 2: 初始化微型感測器，以最近參考測站進行校準.....	2-40
圖 2-22、步驟 3：建立 GPR 模式.....	2-41
圖 2-23、步驟 4: 校準微型感測器.....	2-41
圖 2-24、步驟 5: 重建 GPR 模式.....	2-42
圖 2-25、步驟 6: 重複步驟 4 與步驟 5，直到對所有的參考測站都經過以上步 驟.....	2-42

圖 2-26、步驟 7: 以校正後的網路, 預測步驟一所去除之測站數值.....	2-43
圖 2-27、Node-to-Node 研究簡圖.....	2-44
圖 2-28、案例區布建示意.....	2-44
圖 2-29、校正後的狀況, 與標準測站的數值十分貼近.....	2-45
圖 2-30、國際空氣品質感測器發展趨勢與未來挑戰.....	2-47
圖 2-31、氣體感測器主要技術之比較(1)	2-48
圖 2-32、氣體感測器主要技術之比較(2)	2-48
圖 2-33、氣體感測器主要技術之應用領域與產品壽命之比較.....	2-50
圖 2-34、氣體感測器發展藍圖.....	2-51
圖 2-35、微粒偵測粒徑下限大幅下降至 $0.25 \pm 0.02 \mu m$	2-52
圖 2-36、高濃度廠區工安偵測之 HNO_3 偵測器.....	2-54
圖 3-1、小型擴散除濕器設計.....	3-3
圖 3-2、除濕器測試設置圖.....	3-4
圖 3-3、除濕器測試結果.....	3-4
圖 3-4、新舊版元件之實體比較.....	3-5
圖 3-5、微粒之充電效率測試系統.....	3-7
圖 3-6、 $PM_{2.5}$ 感測元件偵測極限之測試流程.....	3-8
圖 3-7、測試用之電源供應器及靜電計.....	3-10
圖 3-8、電路控制之流程圖.....	3-11
圖 3-9、獨立測試用之 power board.....	3-11
圖 3-10、背景雜訊測試示意圖.....	3-12
圖 3-11、背景雜訊測試結果.....	3-14
圖 3-12、與建築共地線時其它儀器產生之影響.....	3-14
圖 3-13、電路板初步測試時電腦顯示之畫面.....	3-15
圖 3-14、感測元件及電路板外觀.....	3-16
圖 3-15、感測原型(含電路板)比對測試圖.....	3-16
圖 3-16、 $PM_{2.5}$ 元件綠能所所級評審結果通知函.....	3-17
圖 3-17、大氣中微粒之分布及其對健康之影響.....	3-18
圖 3-18、四極式電極材料開發示意圖.....	3-21

圖 3-19、電極材料示意圖.....	3-22
圖 3-20、化學氣相層積法來合成石墨烯薄膜.....	3-23
圖 3-21、參考電極 Pt/C 之 TEM 與 EDS 分析結果.....	3-24
圖 3-22、輔助電極 C 之 TEM 圖譜.....	3-24
圖 3-23、電解質保水膜材料.....	3-25
圖 3-24、電極分離膜材料.....	3-25
圖 3-25、系統測試流程圖.....	3-26
圖 3-26、電化學測試系統.....	3-26
圖 3-27、三極式式片	3-27
圖 3-28、感測元件之 3D 外殼模組設計.....	3-28
圖 3-29、電路設計基本架構.....	3-28
圖 3-30、整合電路模組與雛型元件.....	3-29
圖 3-31、O ₃ 原型機最低偵測極限之測試示意圖.....	3-30
圖 3-32、O ₃ 感測原型機線性之測試示意圖.....	3-31
圖 3-33、O ₃ 原型機選擇性測試之示意圖.....	3-32
圖 3-34、O ₃ 原型機穩定性測試之示意圖.....	3-33
圖 3-35、O ₃ 元件綠能所所級評審結果通知函.....	3-35
圖 3-36、酸性氣體易造成環境上的危害.....	3-36
圖 3-37、展示模組去 PC 化設計.....	3-38
圖 3-38、元件與 LED 裸晶元件共整合封裝與驅動模組設計.....	3-39
圖 3-39、NO ₂ 感測單元微小化封裝結構設計.....	3-39
圖 3-40、NO ₂ 感測器硬體(a)組件連接電路架構設計(b)模組機構設計.....	3-40
圖 3-41、NO ₂ 元件材料氧化鐵觸媒改良提升靈敏度.....	3-40
圖 3-42、NO ₂ 元件測試有良好線性度.....	3-41
圖 3-43、共整合封裝與驅動模組裝置在場域測試雛型感測器外觀.....	3-41
圖 3-44、雛型感測模組於自製感測器訊號測試.....	3-42
圖 3-45、雛型感測模組於自製感測器戶外背景測試.....	3-42
圖 3-46、雛型感測模組於自製感測器訊號的戶外背景測試.....	3-43
圖 3-47、雛型感測模組於自製感測器戶外機車測試.....	3-43

圖 3-48、雛型感測模組於自製感測器戶外機車排氣實驗測試.....	3-44
圖 3-49、商用感測器內部空間解構之布建模組設計.....	3-44
圖 3-50、布建模組設計與製作樣品裝設感測器內外觀.....	3-45
圖 3-51、雛型布建模組測試結果.....	3-45
圖 3-52、光驅動元件/模組建置 NO ₂ 布建原型機.....	3-46
圖 3-53、NO ₂ 布建機模組 50 套外觀	3-46
圖 3-54、NO ₂ 布建機模組測試箱外觀.....	3-48
圖 3-55、抽樣模組穩定度測試.....	3-49
圖 3-56、抽樣模組選擇性對照商用元件之測試.....	3-51
圖 3-57、抽樣模組靈敏度測試.....	3-52
圖 3-58、NO ₂ 布建機模組週期性同步化訊號擷取對照測試.....	3-53
圖 3-59、NO ₂ 布建機模組測試與數據分析結果.....	3-54
圖 3-60、NO ₂ 布建機模組濃度線性曲線對照測試.....	3-54
圖 3-61、NO ₂ 布建機模組戶外一致性測試.....	3-55
圖 4-1、綠島與蘭嶼感測器點位規劃.....	4-4
圖 4-2、自立式機架設計圖.....	4-6
圖 4-3、臨時性固定模組設計圖	4-7
圖 4-4、忠明國小感測器配置圖	4-9
圖 4-5、忠明國小位置 3 感測器之感測歷線圖	4-14
圖 4-6、忠明國小位置 3 不同高度感測器之感測歷線圖.....	4-14
圖 4-7、PM _{2.5} 質量濃度之參考儀器外觀圖.....	4-18
圖 4-8、TSI Dusttrak 8533 與 GRIMM/EDM 180 兩者之相關性.....	4-20
圖 4-9、TSI Dusttrak 8530 與 Comde-Denerda APM-2 兩者之相關性.....	4-21
圖 4-10、MetOne 531S 與 GRIMM/EDM 180 兩者之相關性.....	4-22
圖 4-11、觀音工業區空氣品質感測器點位分布圖.....	4-23
圖 4-12、新北市鶯歌地區空氣品質感測器點位分布圖.....	4-24
圖 4-13、高雄市大林蒲地區空氣品質感測器點位分布圖.....	4-24
圖 4-14、台中市地區空氣品質感測器點位分布圖.....	4-25
圖 4-15、巡檢作業流程圖.....	4-28

圖 4-16、巡檢前 TSI Dusttrak 8533 與 GRIMM/EDM 180 之相關性.....	4-32
圖 4-17、巡檢前後 TSI Dusttrak 8533 與 GRIMM/EDM 180 之相關性.....	4-32
圖 4-18、巡檢前 TSI Dusttrak 8533 與 GRIMM/EDM 180 之相關性.....	4-37
圖 4-19、巡檢後 TSI Dusttrak 8533 與 GRIMM/EDM 180 之相關性.....	4-38
圖 4-20、新竹縣「微型 PM _{2.5} 感測器介紹與裝設」說明會現場情況.....	4-50
圖 4-21、屏東縣「微型 PM _{2.5} 感測器介紹與裝設」說明會現場情況.....	4-51
圖 4-22、台東縣「微型 PM _{2.5} 感測器介紹與裝設」說明會現場情況.....	4-52
圖 4-23、苗栗縣「微型 PM _{2.5} 感測器介紹與裝設」說明會現場情況.....	4-53
圖 4-24、高雄市國小部「微型 PM _{2.5} 感測器介紹與裝設」說明會現場情.....	4-54
圖 4-25、高雄市國中部「微型 PM _{2.5} 感測器介紹與裝設」說明會現場情況....	4-55
圖 5-1、布建計畫管理機制.....	5-21
圖 5-2、環境物聯網週報填寫共編平臺.....	5-21
圖 5-3、縣市環保局說明會暨教育訓練.....	5-29
圖 5-4、歷屆智慧城市展願景與亮點.....	5-30
圖 5-5、「環境物聯網智慧執法應用」主視覺.....	5-31
圖 5-6、「環境物聯網智慧執法應用」展區配置.....	5-32
圖 5-7、光學式 PM _{2.5} 感測器與第二代空品感測器.....	5-32
圖 5-8、環境物聯網平臺.....	5-33
圖 5-9、環境數據智慧化分析技術.....	5-33
圖 5-10、第二代空品感測器與折疊式氣象站.....	5-34
圖 5-11、環境即時通.....	5-34
圖 5-12、2018 智慧城市展現場概況.....	5-35
圖 5-13、記者會現場實況.....	5-36
圖 5-14、Taiwan A-Team EDM.....	5-38
圖 5-15、環境物聯網情境宣傳稿.....	5-39
圖 5-16、Taiwan A-Team 國際版微電影.....	5-39
圖 5-17、感測研發方案各感測元件圖表設計頁面.....	5-41
圖 5-18、感測研發方案各感測元件列表設計頁面.....	5-41
圖 5-19、感測研發方案感測元件詳細內容設計頁面.....	5-42

圖 5-20、臺灣環境物聯網宣傳網站架構.....	5-43
圖 6-1、空品物聯網專案辦公室組織架構.....	6-2
圖 6-2、空品物聯網專案辦公室平面配置圖.....	6-3
圖 6-3、布建計畫及開展計畫發展互補性.....	6-5
圖 6-4、布建計畫及開展計畫整體執行規劃.....	6-6
圖 6-5、民生公共物聯網執行工作會議之相關推動工作 SOP.....	6-8
圖 6-6、參加分項二相關部會計畫之工作會議之 SOP.....	6-11
圖 6-7、政委會議專案辦公室相關工作之 SOP.....	6-14
圖 6-8、經濟部技術處、工業局之發展 Roadmap.....	6-15
圖 6-9、科技部工程司、自然司之發展 Roadmap.....	6-15
圖 6-10、108、109 年度計畫書撰寫與彙整之相關工作流程 SOP	6-16
圖 6-11、工作之整體規劃.....	6-20
圖 6-12、2018 年臺灣形象展.....	6-25
圖 6-13、「環境物聯網」主視覺.....	6-26
圖 6-14、柏昇、卡米爾以及宸訊科技 EDM 簡介.....	6-26
圖 6-15、環境物聯網 Taiwan A-Team 專區.....	6-27
圖 6-16、越南 CAMIX 公司與智能產品代理商.....	6-28
圖 6-17、越南電腦公會會長參觀展區.....	6-29
圖 6-18、泰國與馬來西亞民眾、當地企業以及代理商交流.....	6-29
圖 6-19、與印度國家環境監測中心討論合作布建.....	6-31
圖 6-20、至國家監測站附近進行布建.....	6-31
圖 6-21、空品物聯網網頁設計架構.....	6-32
圖 6-22、八大產業聯盟差異分析.....	6-35
圖 6-23、國內外物聯網現況研析之研究架構.....	6-37
圖 6-24、美國環保署近年空氣感測技術研究重點.....	6-38
圖 6-25、歐盟 FP7 CITI-SENSE 計畫研究重點.....	6-39
圖 6-26、歐盟 FP7 CARBOTRAF 計畫研究架構.....	6-40
圖 6-27、Aclima 與 Google 合作開發環境智能移動平台.....	6-40
圖 6-28、Tantalum 利用 IoT 與感測技術，提供決策參考與改善空氣質量.....	6-41

圖 6-29、Phoenix Robotix 利用感測器、軟體平台結合數據分析提供環境物聯網解決方案.....	6-42
圖 6-30、Breezomete 利用演算法與機器學習技術，提供即時空品資訊並創造增值.....	6-43
圖 6-31、Infineon 與 Eluminocity 合作開發整合電動車充電站及多種環境感測器之智慧路燈.....	6-43
圖 6-32、經濟部技術處預計開發 PM _{2.5} 感測器與國際主要產品規格比較.....	6-45
圖 6-33、經濟部技術處預計開發 CO 感測器與國際主要產品規格比較.....	6-45
圖 6-34、環境品質物聯網之增值應用方式.....	6-47
圖 6-35、節能環保為智慧家庭節能感測應用重要環節.....	6-48
圖 6-36、智慧居家建築節能環保感測應用趨勢.....	6-50
圖 6-37、Honeywell 智慧居家建築環境氣體感測應用案例.....	6-51
圖 6-38、IAQ 室內空氣品質法將刺激 VOCs 感測市場需求.....	6-52
圖 6-39、智慧家庭建築節能環保感測應用商機可期.....	6-53
圖 6-40、執行智慧城市環保之應用情境.....	6-54
圖 6-41、食品安全偵測應用.....	6-55
圖 6-42、健康疾病量測之應用情境.....	6-56
圖 6-43、臺灣空氣品質物聯網產業生態.....	6-58
圖 6-44、空氣品質物聯網解決方案發展藍圖.....	6-58
圖 6-45、氣體感測器之行車安全應用情境.....	6-60
圖 6-46、氣體感測器之居家安全節能應用情境.....	6-60
圖 6-47、氣體感測器之運動紀錄健康管理應用情境.....	6-61
圖 6-48、電信業者於空氣品質物聯網產業可扮演的角色及營運模式.....	6-74
圖 6-49、德國電信(Deutsche Telecom)提供的 AirQ 服務.....	6-75

表 目 錄

頁 次

表 1-1、工作預定進度	1-8
表 1-2、計畫查核點說明.....	1-11
表 1-3、實際預定進度及查核點說明	1-14
表 1-4、合約工作項目之執行情形與完工百分比.....	1-15
表 2-1、加州執行 AB617 法案與相關措施的里程碑.....	2-3
表 2-2、公部門空氣品質感測器布建現況(截至 107 年 12 月)	2-27
表 2-3、全國業者、地方政府之空氣品質感測器自主布建現況說明.....	2-31
表 2-4、市售空氣品質感測器廠商說明會廠商列表.....	2-35
表 2-5、空氣品質感測器之感測元件生產國別及我國研發情形.	2-36
表 2-6、經濟部技術處擬開發 PM _{2.5} 感測器與國際主要產品規格比較.....	2-51
表 2-7、經濟部技術處擬開發 CO 感測器與國際主要產品規格比較.....	2-51
表 3-1、新舊核心元件外觀之比較.....	3-5
表 3-2、測試之濃度級距.....	3-8
表 3-3、PM _{2.5} 感測核心元件 3S 測試結果摘要.....	3-9
表 3-4、背景測試條件.....	3-13
表 3-5、背景測試結果.....	3-13
表 3-6、應用於電化學氣體感測器感測電極之文獻	3-20
表 3-7、O ₃ 元件 3S 測試結果.....	3-34
表 3-8、NO ₂ 模組 3S 測試結果摘要.....	3-47
表 4-1、50 點空氣品質感測器布建成果.....	4-1
表 4-2、電池方案評估.....	4-5
表 4-3、感測器布建位置與高度彙整表.....	4-9
表 4-4、台中市空氣品質感測器點位布設說明.....	4-19
表 4-5、校園巡檢成果彙整表.....	4-29
表 4-6、巡檢成果彙整表.....	4-41
表 4-7、空氣品質感測認知宣導會時間及地點擇定規劃.....	4-48

表 4-8、空氣品質認知訓練或研習會課程規劃.....	4-49
表 4-9、空氣品質認知訓練課程規劃.....	4-49
表 5-1、空氣品質感測器布建選址評估查核表.....	5-2
表 5-2、布建細部規劃書審查紀錄表.....	5-6
表 5-3、空氣品質感測器布建計畫管控表.....	5-18
表 5-4、「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」雙週進度管控表.....	5-22
表 6-1、專案辦公室人員配置及工作內容說明表.....	6-3
表 6-2、跨部會計畫管考工作盤點.....	6-6
表 6-3、出席歷次推動小組召開之會議資料.....	6-9
表 6-4、出席歷次推動小組召開之會議資料.....	6-11
表 6-5、專案辦公室向環保署工作進度報告.....	6-13
表 6-6、空品物聯網產業開展計畫-各部會工作項目及經費規劃.....	6-17
表 6-7、專案辦公室協助完成相關交辦工作.....	6-18
表 6-8、專案辦公室參與協助之相關會議工作內容.....	6-20
表 6-9、八大產業聯盟簡介與涵蓋領域.....	6-33
表 6-10、環境物聯網的發展定位.....	6-37
表 6-11、經濟部技術處預計開發 PM _{2.5} 感測器與國際主要產品規格比較.....	6-44
表 6-12、經濟部技術處預計開發 CO 感測器與國際主要產品規格比較.....	6-45
表 6-13、空氣品質感測物聯網輔導與查核成果.....	6-64
表 6-14、國外環境物聯網展覽、研討會活動.....	6-71
表 6-15、專題研討會與產業應用議程(第一日)	6-78
表 6-16、專題研討會與產業應用議程(第二日)	6-79

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、架構或重點如下說明：

第一章、背景及年度目標

說明本計畫之背景緣起、年度目標、工作內容項目以及對應各工作項目現階段執行成果摘要等。

第二章、評估國內外物聯網現況並提出分析

本章節主要內容包括：以國家、城市與產業角度，了解目前國際間物聯網、環境品質物聯網與智慧城市總體趨勢，以檢視我國之發展策略與可行性。由目前國際間物聯網、環境品質物聯網與智慧城市總體趨勢，以協助改善去(106)年所提出之短中長期發展策略，針對短中期再提出發展策略與推動措施，以符合資通訊科技快速變動特性、加強環境物聯網推動效益。透過全國感測器布建規劃，增進感測器布建後對工業、交通、社區與輔助四種類型感測效益。蒐集我國產業界、地方政府等自主布建策略、布建點與感測器規格後，以利後續與布建計畫所產出感測資料之資料融合與加值應用。蒐集我國產業界、地方政府等自主布建策略、布建點與感測器規格後，以利後續與布建計畫所產出感測資料之資料融合與加值應用。

第三章、完成國產化空氣感測元件研發或感測器原型機

本章節主要內容包括：完成國產化 PM_{2.5}、O₃、NO₂ 感測器模組，其中 O₃、NO₂ 感測元件啟動感測器技術轉移與小型量產原型機，經應用於國內實地場域，以確認在國內低中高污染環境中之效能，提升我國環境物聯網技術與國際競爭力。完成已開發之空品感測器在實際應用場域之維運週期及可行性分析，開發具備低功耗、低成本、穩定性及可靠性等環境空氣品質監控技術，有助於提升國內感測元件之靈敏度、反應速度、穩定性、小體積、低價格、低耗能與長壽命等目標。已開發之空品感測器提出臺灣或歐盟或美國之專利申請，逐步落實國內相關感測器技術業界生產製造能力，

發展本土國產化氣體監測關鍵元件開發設計量能。

第四章、辦理空氣品質感測器巡檢工作及小規模布建工作，並強化校園教育推廣

本章節說明透過小規模布建工作，展示微型感測器應用之彈性，據以擬定空氣感測器布建示範準則，提供相關人員訓練與觀摩參考。建立國內空氣品質感測器現場比對之檢測儀器標準，提供國內相關單位檢核布建空氣品質感測器所需之品管依據，確保感測資料之品質。建立微型感測器巡檢標準作業程序，評估既設空氣品質感測器之運作現況，檢視既設感測器於實地場域所面臨之問題，據以提升感測器環境場域之運用性與可靠度。透過校園巡檢工作的推動，維護校園感測器可用性與提升在校學生對環境感測認知程度。運用空氣品質監測之說明、訓練與研習活動，提升機關與校園學員對環境品質之認知，並強化對感測器與監測資料應用之瞭解，透過指導手冊擴大輔導之效能。

第五章、協助地方政府感測器布建工作、環保署物聯網工作推動

本章節主要內容包括：協助環保署與環保局之地方合辦環境物聯網布建計畫，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，以及討論各種布建狀況與對策。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」各分項計畫之推動，管理追蹤其工作及經費執行進度，並通盤評估整體計畫關鍵工作及時間點之銜接是否完整。協助全方位環境物聯網推動方案之執行，彙整各單位之規劃內容，並研提對策分析、強化推動策略建議。蒐集推動環境品質物聯網目前所遇問題，透過交流與研討會議，擬定後續精進方案，藉由溝通意見強化政策。並配合機關舉辦相關會議、活動或記者會，擴大計畫之推動成效，強化社會各界對計畫之瞭解。

第六章、成立「空品物聯網產業開展計畫」之專案辦公室，強化計畫管考及產業推動

本章節主要內容包括：協助環保署提升前瞻基礎建設項下「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」之結合度，成立專案辦公室，並定期聯繫蒐集各部會相關成果，以強化計畫管考與產業化推動進度。規劃空品物聯網一站式服務中心或推廣中心之運作方式，以利產官學研民交流情資，創造跨專業領域結合機會，提升國內環境品質物聯網之商機，訂定問答集並辦理必要之宣傳工作。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，研提國內環境品質物聯網之加值應用方式，藉由鏈結國內物聯網公協會及產業，組成交流平台，研擬我國產業發展布局與策略。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推動環境物聯網相關事宜，針對相關問題提供解決對策，作為環境感測物聯網發展與布建未來參考依據。完成辦理環境物聯網研討會 1 場次，達到宣傳我國家發展國產化空氣品質感測元件經驗，推廣相關產業創新整合效。

第七章、結論與建議

說明本年度執行的工作成果與建議事項。

計畫成果報告摘要(詳細版)

計畫名稱：107 年環境品質感測物聯網推動及專案管理計畫

計畫編號：EPA-107-LS01-02-A090

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：107 年 3 月 23 日至 107 年 12 月 31 日止

計畫經費：新台幣參千貳百萬元整

摘要

目前物聯網科技風潮興起，帶動較低成本感測晶片、電路板與通訊模組之快速發展，本計畫延續去(106)年環境感測物聯網相關計畫所立下的基礎，持續促進環境感測物聯網的發展與技術突破，由感測元件技術的研發、產官學研於物聯網技術聯繫與共同成長、環境執法與智慧城市的應用規劃等結合研擬環境感測物聯網短中長期規劃。本計畫分為三個層面構築：技術面、規劃面、管理面，在技術面上，計畫持續發展 3 個空氣品質感測元件並研擬未來研發方向；在規劃面上，強化環境物聯網產業創新平台，進而發展各類物聯網布建方案或情境，研擬創新應用服務；在管理面上，協助環保署管理環境物聯網相關計畫，掌握與地方政府合辦感測器布建進度與品質，建構示範應用場域以提供系統性建議。未來環境感測物聯網建議將以下列三大主軸進行執行核心：強化中央政府與地方政府整體策略與整合機制，發揮資源

及產業經濟效益；效法歐美日等先進國家之在地問題導向、基礎建設等環境議題規劃；推動創新商業模式的應用，並納入民眾參與運作之可能性，以環境感測物聯網共創未來舒適環境。

The trend following the rise of the internet of things (IOT) technology in the current scientific and technological world bring the technologies such as sensing wafers, circuit boards, and communication modules which are lower costs and easier to integrate to a rapid advancement. The plan continues to promote the development and technological breakthrough of environmental sensing internet of things (EIOT) through the foundation established by the EIOT (106) related projects. With the combination of technology research and development of sensing units, the connection and mutual growth between industry, government, science and research in IOT technology, the application planning for environmental law enforcement and smart city, the goal is to develop a short, medium and long term planning in relation to IOT and horizontal linkages with each related plans. The plan includes three aspects in technology, planning and management. In the field of technology, the plan continues to develop three sensing units concerning air quality and draw up the direction for future research and development. In the field of planning, to reinforce EIOT industrial innovation platform and, therefore, to plan the development of IOT deploy projects or scenarios and draw up new application service. In the field of management, to assist EPA on administering EIOT related plans, to control the progress of devices deploying and quality with local government as well as establish demonstration and application area in order to provide systematic suggestions. Three major objects as listed below are suggested to be the core of implementation. To reinforce the whole strategy between

central and local government and the mechanism of integrity, bring the resources into full play and show economic benefits; imitate the local problem-driven approach and the planning on environmental issues such as infrastructure from advance countries such as Europe, the United States and Japan; promote the application on innovative commercial model, consider the possibility of public participation and build a future together with EIOT for a comfortable surroundings.

前言

都市治理是追求環境永續的一環，由於都市人口集中，有效資源使用與減低污染產生，政府需要更有效的治理方式，由過去綜合環境、經濟與社會面向管理的永續城市，演變到注重減緩與調適的低碳城市，現今拜微型感測器科技與物聯網科技進步所賜，國際間開始可以利用巨量資訊，落實規劃智慧城市所需的各種智慧化管理，而環保署也開始導入物聯網與環境應用，提出環境物聯網概念，並以物聯網的感測層、傳輸層、資料層與應用層等概念出發，推動相關計畫。本計畫依循去(106)年「環境物聯網發展推動計畫」之延伸，相關成果簡述如下。

去(106)年相關計畫已蒐集歐盟英國的倫敦智慧城市計畫(Smart London)、荷蘭的阿姆斯特丹智慧城市計畫、美國的智慧城市計畫(Smart America)、日本的智慧城市計畫(Smart City Project)，以及韓國松島的智慧城市計畫(Sondo IBD)等進行研析，發掘其共通點是引入感測與通訊科技，藉以提升人民生活品質、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。

在商業模式或生態系部分，計畫亦整理歐盟物聯網 IoT European Platforms Initiative (IoT-EPI) 平台發展情形與七大計畫相關內容，並整理十大商業模式，以及彙整物聯網創新生態效益重點，包括(一)物聯網即服務；(二)協同共享服務；(三)區塊鏈即服務；(四)人工智慧即服務；(五)創新與創業投資，提供署內參考。

在元件研發部分，去(106)年計畫主要就 $PM_{2.5}$ 、 O_3 與 NO_2 三項感測技術進行研發。電子衝擊式 $PM_{2.5}$ 感測元件目前已完成雛型設計、數值模擬、幾何設計修正及雛型元件之製作。實驗方面，微粒篩選組件測試顯示，所設計之組件擷取粒徑(da_{50})為 $2.54\mu m$ 符合設計目標。在開發臭氧感測器開發方面，主要目標為臭氧觸媒薄膜複合材料來選擇性地分解臭氧分子。目前已完成薄膜複合材料及外掛式觸媒載具的設計，且薄膜複合材料對於臭氧去除效率可達 99 % 以上，將薄膜材料加上外掛密封型觸媒載具至電化學感測器上，能有效地消除 O_3 氣體之干擾現象。在 NO_2 感測器開發部分，主要目標為室溫型 NO_2 感測元件。為配合其它週邊軟硬體與測試系統之建立時效與成本，目前先以 1ppm NO_2 為測試指標，再分別從訊號強度對應濃度 1/5(200ppb)、1/10(100ppb)、1/20(50ppb)的材料與機構的改良進行試驗。針對 NO_2 感測材料性能提升進行測試方面，感測材料機械強度均有改善，對照有無添加之材料外觀不易崩落。在感度提升方面，光活化後之感測材料對 1 ppm NO_2 測試感度 $R_{air}/R_s=25$ 達到相當 40 ppb 的偵測最低濃度。

在配合相關行政作業以提升計畫執行品質與成效的部分，去(106)年度完成「研提布建計畫科技發展計畫構想書(107 年-109 年)」的相

關內容、協助將布建計畫由公建計畫改科研計畫(106 年-109 年)、協助研提「空品物聯網產業開展計畫」科發基金構想書(106 年)、協助研提布建及開展計畫「下世代科研基礎建設」之擴大公共建設提案(106 年-109 年)、布建及開展行政院會報告、協助研提布建及開展計畫之數位建設-民生公共物聯網內容及經費、協助研提空品物聯網產業開展計畫申請 106 年度科發基金構想書、整理對外說明推動環境物聯網簡報、107 年度審議作業手冊_P07 (中程個案計畫)民生公共物聯網資料彙整(106 年-109 年)、協助整理布建及開展計畫與數位建設計畫關聯性。

在目前科技界的物聯網科技風潮興起，帶動成本較低、整合較容易的感測晶片、電路板與通訊模組等技術的快速進展下，本計畫希望能藉由該風潮與去(106)年環境物聯網相關計畫所立下的基礎，持續促進環境物聯網的發展與技術突破，由感測元件技術的研發、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目前各計畫的橫向聯繫等。

執行方法

本計畫目標包括：

- 一、評估國內外物聯網現況並提出分析。
- 二、完成國產化空氣感測元件研發或感測器原型。
- 三、辦理空氣品質感測器巡檢工作及小規模布建工作，並強化校園教育推廣。
- 四、協助地方政府感測器布建工作、環保署物聯網工作推動。
- 五、成立「空品物聯網產業開展計畫」之專案辦公室，強化計畫管考及產業推動。

本計畫各工作項目內容如後所述：

一、評估國內外物聯網現況並提出分析

- A.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。
- B.分別研析前述資料，提出我國發展建議。另研提我國發展策略及推動措施。
- C.規劃全國空氣品質感測器布建點藍圖，並提出效益預測。
- D.蒐集全國業者、地方政府之空氣品質感測器自主布建策略、布建點及規格，及其進度，以掌握國內布建現況。
- E.蒐集國內各式空氣品質感測器資訊，提出其最佳感測情境或環境，並比較各式感測器數據如須調校為一致之方式建議，必要時需實地量測。
- F.評估可國產化之空氣品質感測元件項目至少 3 項，並分析國內外時空背景及感測技術資料蒐集，提出市場需求預測、國產化研發設計生產可行性、推動策略等。

二、完成國產化空氣感測元件研發或感測器原型機

- A.完成國產化 PM_{2.5} 感測元件之感測器模組 5 組，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)，測試期程、地點、比對方式等須經機關同意後執行，並出具測試報告。
- B.完成國產化 O₃ 感測元件之感測器技術轉移，並小型量產原型機 20 組，須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)，測試期程、地點、比對方式須經機關同意後執行，並出具

測試報告。技術轉移單位須經機關同意後執行。

C.完成國產化 NO₂ 感測元件之感測器技術轉移，並小型量產原型機 50 組，須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)，測試期程、地點、比對方式須經機關同意後執行，並出具測試報告。技術轉移單位須經機關同意後執行。

D.以上 3 式空氣品質感測器研發原則如下：

(A)原型機之各感測技術篩選，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)感測器之研發，應先蒐集分析近年國內學術單位及研究機構之空氣品質感測技術研發設計及測試情形，就可國產化之空氣品質感測項目及感測元件技術提出空氣品質感測元件開發評估建議書，並經機關認可後開發；如需更換感測器感測元件項目需經機關同意。

(C)研究或研發成果需提出臺灣或歐盟或美國之專利申請。

E.每 2 月召開本項進度報告。

三、辦理空氣品質感測器巡檢工作及小規模布建工作，並強化校園教育推廣

A.於全國及離島布建 50 點以上空氣品質感測器(必要項目為 PM_{2.5}、溫度、濕度)。布建規劃及點位選擇以機關需求為主，機關保有調整權利。布建工作之細部規格須符合附件規範(感測元件須經空氣品質感測器認證單位認證、感測器機構設計、資料及數據傳輸品

質，詳如附件一及二)。

- B.本計畫應備有 6 臺以上經空氣品質感測器認證單位認證或機關認可之空氣品質檢測儀器(經與環保署空氣品質監測站儀器進行比對建立對應關係)，前項儀器應每季校正。
- C.辦理全國及離島 200 點以上空氣品質感測器之巡檢工作(地點由機關指定)，巡檢名單、巡檢方式皆需與機關確認。另彙整巡檢工作之檢測數據，並提出分析報告供機關參考。
- D.辦理全國 50 間校園空氣品質感測器(每間校園至少 1 臺感測器)之巡檢工作，校園名單、巡檢方式規劃皆需經機關確認。巡檢方式由配合校方擇一選定辦理：1.計畫人員使用機關認可之空氣品質檢測儀器(經與環保署空氣品質監測站儀器進行比對建立對應關係)，至校園與現場裝設之空氣品質感測器進行比對。2.學校自行拆除空氣品質感測器，由計畫人員送至空氣品質感測器比對單位進行比對作業。
- E.前項巡檢工作應製作紀錄留存，內容包括：比對時間、裝設位置、當日氣象條件、設置時間及維護、校正紀錄等。另彙整巡檢工作之檢測數據，並提出分析報告供機關參考。
- F.辦理空氣品質監測相關說明會或訓練會 10 場次以上，每場次原則 2 小時。須配合申請機關或學校需求提供課程或解說服務。(場地容納 30 人以上規模)
- G.辦理國內教育人員之空氣品質認知訓練或研習會共 4 場次，每場次 1 日、場地容納學員 60 人以上規模、提供茶水及餐點、每人 DIY 手作空氣品質感測器教材。課程內容應包括：空氣污染、空氣污染物擴散傳輸原理簡介、空氣品質指標 AQI 說明、空氣品質

監測資訊應用、空氣品質感測器應用等。課程安排及教本設計需經機關同意。

H.製作空氣品質認知之教學指導手冊 500 本。

四、協助地方政府感測器布建工作、環保署物聯網工作推動

A.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，必要時協助地方政府進行布建位置之實地勘查。

B.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。

C.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，每 2 月提出檢討報告，並視需要召開管理會議。

D.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」各分項計畫之推動，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或訪查會議(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。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。

E.協助全方位環境物聯網推動方案之執行，彙整機關各單位規劃內容，並研提對策分析、強化推動策略建議。得標廠商需有 1 名專業人力，依機關需求於機關指定地點協助計畫執行、彙整資料、聯繫協調等行政工作。

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 3 月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。

G.規劃及辦理研討會或研商會或說明會或教育訓練(半日以上，場地容納 50 人以上規模)共 2 場次，每場次原則 2 小時、對象為環保局或業者(不含校園)、提供場地租借、必要時提供茶水及餐點，如為專家學者研商會至少邀請 5 人/場次，以機關實際需求為優先辦理。

H.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、文宣素材製作。

I.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、成立「空品物聯網產業開展計畫」之專案辦公室，強化計畫管考及產業推動

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，並辦理空品物聯網推動及資源整合工作。專案辦公室之規劃及運作方式須經機關認可後執行(決標日起 2 個月內完成機關認可版本)。

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.規劃空品物聯網一站式服務中心或推廣中心之運作方式，以利產官學研民交流情資，創造跨專業領域結合機會，提升國內環境品質物聯網之商機，訂定問答集並辦理必要之宣傳工作。
- E.建立物聯網產業聯盟資訊，蒐集及整理業者環境品質物聯網開發情形。另鏈結國內物聯網公協會及產業，組成交流平台。
- F.蒐集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。
- G.規劃及研提國內環境品質物聯網之增值應用方式、研擬我國產業發展策略、規劃整體輸出方式及時程表。
- H.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(3 至 4 名專家/場次)，並提出建議。(場地容納 15 人以上規模)
- I.蒐集國際物聯網、智慧城市展覽活動資訊，擇 2 場以上進行參訪(每場原則 2 人，共計 4 人以上)，並研提參訪報告。參訪地區以歐美為優先，並需經機關同意。
- J.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)，以環保署需求為主，講座為國內外物聯網專家，含機票、交通、住宿、講師費、餐飲、場地租借(150 人以上場地)及布置、宣傳、會議資料。(大型研討會議或交流會議之講座：2 日共計 20 至 30 人)
- K.專案辦公室應有 5 人以上專責人員(其中 1 人為專案辦公室管理人)，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並提出分析

1. 由 CES 消費電子展可知美國在物聯網是以智慧家庭、自駕車等應用為基礎建設，進而發展人工智慧與物聯網的整合，AIoT 的發展可能將透過超級晶片的技術有重大突破，除無人駕駛技術的應用外，在環境物聯網的預警部分與環境治理也將發光發熱。
2. 韓國的物聯網建設是以國家來引領推動，藉由提供中小企業支援、提供開放平台、引入基礎設施投資、增加感測裝置的競爭力、強化安全服務等措施，成為世界物聯網應用的領先國家。
3. 日本將物聯網視作大數據(Big data)的延伸，其推動概念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)，未來可在資訊搜尋上著手，透過提升民眾對周遭環境資訊與健康生活的安排整合，發展商業服務模式。
4. 歐盟是由健康角度出發看空氣污染，要避免如過敏等狀況發生，空氣微型感測器是輔助法規測站為主，重點在應用微型感測器於健康議題上，需著重感測器數據的品質。
5. 依據我國產業屬性與環境需求，建議以開放式創新平台與客製化服務為主軸策略，除可提升產業投入物聯網的動力，也可用以保證不同屬性公司在平台的競爭優勢，以及商業成長，

尤其是目前環境感測器剛起步，需要跨領域討論其應用可能方向。

6. 全國感測器布建依據工業、交通、社區與輔助四種類型感測情境，再依據與地方政府合辦布建感測器之需求，調整工業區的布建密度，再由 TEDS 資料庫為背景輔助選址分析，以熱區圖(Heatmap)方式，以 1000 公尺為緩衝區繪製，發現台中市中龍鋼鐵附及高雄市興達發電廠周界範圍需再加強布點，未來建議協調當地環保局加強感測器布建。
5. 國內目前空氣品質感測器布建除環保署及地方政府合辦布建之感測器外，教育部偕同中研院針對校園及社區所布建之感測器為另一大宗，同時民間社群團體發起的自主性布建及資訊分析應用所建置 LASS(Location Aware Sensing System)團體也頗具規模，除此之外另有企業贊助地方政府或研究單位自行開發提供之感測器，後續將持續追蹤國內環境物聯網之發展與布局，以利後續與布建計畫所產出感測資料之資料融合與加值應用。

二、完成國產化空氣感測元件研發或感測器原型機

1. $PM_{2.5}$ 感測元件 cut size 約為 $0.25 \pm 0.02 \mu m$ 。擴散除濕器測試在在風量 0.5 lpm 條件下，通過除濕器相對濕度 100%之空氣在 9hr 內仍可維持在相對濕度 $< 75\%$ 。第二次測試在 16.6hr 內可維持在相對濕度 $< 80\%$ 。在風量 1.0 lpm 條件下，通過除濕器相對濕度 100%之空氣在 9hr 內可維持在相對濕度 $< 80\%$ 。
2. O_3 感測元件採用四極式電極，搭配電極隔離疏水膜、電解質保水膜與電極分離膜，離型模組中以參考電極 AgCl、輔助電極

Au 和電解質硫酸液體組成，實驗結果顯示感測電流與臭氧濃度趨勢相符合，雛型模組的線性區間 O_3 0-700 ppb， $R^2 > 0.9$ 。經啟動感測器技術轉移與小型量產原型機後，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，有效提升我國環境物聯網技術與國際競爭力。

3. NO_2 感測元件模組完成可相容裝設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。成品機進行環境背景測試，發現環境濕度越低與溫度越高靈敏度越大趨勢。戶外機車排氣測試光驅動雖然訊號小反應慢，相較熱驅動元件對還原性氣體干擾小，對於交通污染源之監測有優勢。現階段 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，同時已有業者對本感測技術轉移有興趣，待技轉完成進入量產後，將提升我國環境物聯網技術與國際競爭力。
4. 持續提出臺灣或歐盟或美國之專利申請，逐步落實國內相關感測器技術業界生產製造能力，發展本土國產化氣體監測關鍵元件開發設計量能。

三、辦理空氣品質感測器巡檢工作及小規模布建工作，並強化校園教育推廣

1. 綠島與蘭嶼的布建已完成，配合當地民眾設置於觀光客密集區及樓頂，並與當地民眾建立後續維護保養機制後，將有助於未來發展境外污染源預估資訊之分析參數。
2. 經與工研院量測中心(環保署委託驗證平台)及相關文獻建議可採用 TSI 及 MetOne 可擔任 $PM_{2.5}$ 質量濃度之參考儀器，

計畫已備置 6 台 PM_{2.5} 質量濃度之參考儀器，同時為求與既設空品感測器之同等規格實施檢測，將藉由備置與既設空品感測器之同廠牌型號之基礎感測器(Golden Sample)實施現場巡檢，巡檢前經過與環保署標準監測站一致性比對與檢測後校正之品質控制，作為空氣品質感測器現場巡檢時平行比對與量測之巡檢儀器。

3. 完成 PM_{2.5} 感測器巡檢標準作業程序，並依程序完成 205 點感測器巡檢比對，有效評估既設空氣品質感測器之運作現況，並檢視既設感測器於實地場域所面臨之問題，經與環保署及布建廠商確認後，針對數據品質不良之感測器需進行維修或更換，對於被遮蔽及附近有污染源影響之感測器進行移位，據以提升感測器環境場域之運用性與可靠度。
4. 經與教育部及中研院協商後，自 9 月開始搭配中研院校園部建之宣導會議辦理校園感測器比對工作的推動，並完成 69 點感測器巡檢比對，協助老師及學員了解空氣品質感測器之使用限制，使老師確認所屬感測器之運作現況，並知道如何使用感測器的數據，以提升在校師生對環境感測認知程度。
5. 計畫團隊在環保署、教育部及中研院的討論過程，確認校園師生對於空氣品質在認知上的需求，據以研擬相關訓練及宣導議題，藉以編撰相關教案手冊，希望後續可以提升機關與校園學員對感測器與監測資料應用之瞭解，強化機關與校園學員之認知能力。

四、協助地方政府感測器布建工作、環保署物聯網工作推動

1. 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，研提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。為確保空氣品質物聯網布建計畫之進度與品質性能，計畫團隊研訂研擬相關標準作業方法，並依據上述規劃執行空氣品質感測器布建之品質管控，適時對感測器布建程序給予建議，並透過交流會議或研討會，及時討論與提供各種布建狀況與因應對策。

2. 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」各分項計畫之推動，針對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、智慧城市簡易空氣品質感測網維運及資料服務計畫、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、水質感測物聯網研發、實場布建及展示分析應用、督察工作管理平臺功能提升及維護案、跨領域專業諮詢顧問協助查處作業計畫、環境感測資料中心維運及功能擴充計畫、環境感測數據分析服務建置計畫，進行雙週進度追蹤管理，每月參與各項計畫工作進度會議，並進行計畫整體性進度評估。
3. 融合「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」內各式計畫提案，協助研擬全方位環境物聯網推動方案之執行，並研提對策方案以強化推動措施。
4. 本計畫配合參與 3 月底在臺灣舉辦的 2018 智慧城市論壇暨展

覽(Smart City Summit & Expo, SCSE)，另參與新南向市場的海外推廣活動，包含 7 月在越南、8 月泰國、10 月馬來西亞舉辦的臺灣形象展等，及與印度 CSIR-CEERI Development of Low Cost Air Quality System for Indian Terrains 啟動合作案，以強化環境物聯網在國際間的推動，後續將持續參與推廣與精進活動，藉由溝通意見強化政策。並配合機關舉辦相關會議、活動或記者會，擴大計畫之推動成效，強化社會各界對計畫之瞭解。

五、成立「空品物聯網產業開展計畫」之專案辦公室，強化計畫管考及產業推動

1. 專案辦公室成立於台北市長安大樓，近台北車站且交通便利，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，規劃有接待區、辦公區、會議區、產業諮詢交流區、資訊查詢區，使用面積約 100 坪，定期聯繫蒐集各部會相關成果，以強化計畫管考與產業化推動進度。
2. 計畫推動以元件開發、場域驗證、智慧應用及創新加值作為發展主軸，結合科技部、經濟部、教育部、中研院及國網中心等部會，補強產業發展面向不足之處。朝向國產化元件開發、擴大民眾參與廣布型場域布建、空品大數據分析及預報模式建構、後端數據產業加值開發，整合跨單位計畫之資源及成果，推動其與國際接軌。
3. 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，規劃推廣網頁，從首頁、我們所做的、產業聯盟交流平台、市售感測商品、計畫夥伴及出版品等 6 大項目，提供民眾與業界參考，並鏈結國內物聯網公協會及產業。

4. 研析國際應用案例，建議我國環境物聯網加值應用由善用產業發展基礎，開發市場利基性產品，並以既有市場產品為載具，提供獨特功能應用，透過加值應用來帶動整體輸出與商機，進而衍生創新應用服務。
5. 於 11 月完成辦理環境物聯網研討會 1 場次，充分達到宣傳我國發展國產化空氣品質感測元件經驗，推廣相關產業創新整合。

結果

一、評估國內外物聯網現況並提出分析

1. 由 CES 消費電子展可知美國在物聯網是以智慧家庭、自駕車等應用為基礎建設，進而發展人工智慧與物聯網的整合，AIoT 的發展可能將透過超級晶片的技術有重大突破，除無人駕駛技術的應用外，在環境物聯網的預警部分與環境治理也將發光發熱。
2. 韓國的物聯網建設是以國家來引領推動，藉由提供中小企業支援、提供開放平台、引入基礎設施投資、增加感測裝置的競爭力、強化安全服務等措施，成為世界物聯網應用的領先國家。
3. 日本將物聯網視作大數據(Big data)的延伸，其推動概念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)，未來可在資訊搜尋上著手，透過提升民眾對周遭環境資訊與健康生活的安排整合，發展商業服務模式。

4. 歐盟是由健康角度出發看空氣污染，要避免如過敏等狀況發生，空氣微型感測器是輔助法規測站為主，重點在應用微型感測器於健康議題上，需著重感測器數據的品質。
5. 依據我國產業屬性與環境需求，建議以開放式創新平台與客製化服務為主軸策略，除可提升產業投入物聯網的動力，也可用以保證不同屬性公司在平台的競爭優勢，以及商業成長，尤其是目前環境感測器剛起步，需要跨領域討論其應用可能方向。
6. 全國感測器布建依據工業、交通、社區與輔助四種類型感測情境，再依據與地方政府合辦布建感測器之需求，調整工業區的布建密度，再由 TEDS 資料庫為背景輔助選址分析，以熱區圖(Heatmap)方式，以 1000 公尺為緩衝區繪製，發現台中市中龍鋼鐵附及高雄市興達發電廠周界範圍需再加強布點，未來建議協調當地環保局加強感測器布建。
5. 國內目前空氣品質感測器布建除環保署及地方政府合辦布建之感測器外，教育部偕同中研院針對校園及社區所布建之感測器為另一大宗，同時民間社群團體發起的自主性布建及資訊分析應用所建置 LASS(Location Aware Sensing System)團體也頗具規模，除此之外另有企業贊助地方政府或研究單位自行開發提供之感測器，後續將持續追蹤國內環境物聯網之發展與布局，以利後續與布建計畫所產出感測資料之資料融

合與加值應用。

二、完成國產化空氣感測元件研發或感測器原型機

1. PM_{2.5} 感測元件 cut size 約為 $0.25 \pm 0.02 \mu\text{m}$ 。擴散除濕器測試在在風量 0.5 lpm 條件下，通過除濕器相對濕度 100% 之空氣在 9hr 內仍可維持在相對濕度 $< 75\%$ 。第二次測試在 16.6hr 內可維持在相對濕度 $< 80\%$ 。在風量 1.0 lpm 條件下，通過除濕器相對濕度 100% 之空氣在 9hr 內可維持在相對濕度 $< 80\%$ 。
2. O₃ 感測元件採用四極式電極，搭配電極隔離疏水膜、電解質保水膜與電極分離膜，雛型模組中以參考電極 AgCl、輔助電極 Au 和電解質硫酸液體組成，實驗結果顯示感測電流與臭氧濃度趨勢相符合，雛型模組的線性區間 O₃ 0-700 ppb， $R^2 > 0.9$ 。經啟動感測器技術轉移與小型量產原型機後，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，有效提升我國環境物聯網技術與國際競爭力。
3. NO₂ 感測元件模組完成可相容裝設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。成品機進行環境背景測試，發現環境濕度越低與溫度越高靈敏度越大趨勢。戶外機車排氣測試光驅動雖然訊號小反應慢，相較熱驅動元件對還原性氣體干擾小，對於交通污染源之監測有優勢。現階段 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，同時已有業者對本感測技術轉移有興趣，待技轉完成進入量產後，將提升我國環境物聯網技術與國際競爭力。
4. 持續提出臺灣或歐盟或美國之專利申請，逐步落實國內相關

感測器技術業界生產製造能力，發展本土國產化氣體監測關鍵元件開發設計量能。

三、辦理空氣品質感測器巡檢工作及小規模布建工作，並強化校園教育推廣

1. 綠島與蘭嶼的布建已完成，配合當地民眾設置於觀光客密集區及樓頂，並與當地民眾建立後續維護保養機制後，將有助於未來發展境外污染源預估資訊之分析參數。
2. 經與工研院量測中心(環保署委託驗證平台)及相關文獻建議可採用 TSI 及 MetOne 可擔任 PM_{2.5} 質量濃度之參考儀器，計畫已備置 6 台 PM_{2.5} 質量濃度之參考儀器，同時為求與既設空品感測器之同等規格實施檢測，將藉由備置與既設空品感測器之同廠牌型號之基礎感測器(Golden Sample)實施現場巡檢，巡檢前經過與環保署標準監測站一致性比對與檢測後校正之品質控制，作為空氣品質感測器現場巡檢時平行比對與量測之巡檢儀器。
3. 完成 PM_{2.5} 感測器巡檢標準作業程序，並依程序完成 205 點感測器巡檢比對，有效評估既設空氣品質感測器之運作現況，並檢視既設感測器於實地場域所面臨之問題，經與環保署及布建廠商確認後，針對數據品質不良之感測器需進行維修或更換，對於被遮蔽及附近有污染源影響之感測器進行移位，據以提升感測器環境場域之運用性與可靠度。
4. 經與教育部及中研院協商後，自 9 月開始搭配中研院校園部建之宣導會議辦理校園感測器比對工作的推動，並完成 69 點感測器巡檢比對，協助老師及學員了解空氣品質感測器之使

用限制，使老師確認所屬感測器之運作現況，並知道如何使用感測器的數據，以提升在校師生對環境感測認知程度。

5. 計畫團隊在環保署、教育部及中研院的討論過程，確認校園師生對於空氣品質在認知上的需求，據以研擬相關訓練及宣導議題，藉以編撰相關教案手冊，希望後續可以提升機關與校園學員對感測器與監測資料應用之瞭解，強化機關與校園學員之認知能力。

四、協助地方政府感測器布建工作、環保署物聯網工作推動

1. 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，研提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。為確保空氣品質物聯網布建計畫之進度與品質性能，計畫團隊研訂研擬相關標準作業方法，並依據上述規劃執行空氣品質感測器布建之品質管控，適時對感測器布建程序給予建議，並透過交流會議或研討會，及時討論與提供各種布建狀況與因應對策。
2. 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」各分項計畫之推動，針對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、智慧城市簡易空氣品質感測網維運及資料服務計畫、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、水質感測物聯網研發、實場布建及展示分析應用、督察工作管理平臺功能提升及維護案、

跨領域專業諮詢顧問協助查處作業計畫、環境感測資料中心維運及功能擴充計畫、環境感測數據分析服務建置計畫，進行雙週進度追蹤管理，每月參與各項計畫工作進度會議，並進行計畫整體性進度評估。

3. 融合「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」內各式計畫提案，協助研擬全方位環境物聯網推動方案之執行，並研提對策方案以強化推動措施。
4. 本計畫配合參與 3 月底在臺灣舉辦的 2018 智慧城市論壇暨展覽(Smart City Summit & Expo, SCSE)，另參與新南向市場的海外推廣活動，包含 7 月在越南、8 月泰國、10 月馬來西亞舉辦的臺灣形象展等，及與印度 CSIR-CEERI Development of Low Cost Air Quality System for Indian Terrains 啟動合作案，以強化環境物聯網在國際間的推動，後續將持續參與推廣與精進活動，藉由溝通意見強化政策。並配合機關舉辦相關會議、活動或記者會，擴大計畫之推動成效，強化社會各界對計畫之瞭解。

五、成立「空品物聯網產業開展計畫」之專案辦公室，強化計畫管考及產業推動

1. 專案辦公室成立於台北市長安大樓，近台北車站且交通便利，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，規劃有接待區、辦公區、會議區、產業諮詢交流區、資訊查詢區，使用面積

約 100 坪，定期聯繫蒐集各部會相關成果，以強化計畫管考與產業化推動進度。

2. 計畫推動以元件開發、場域驗證、智慧應用及創新加值作為發展主軸，結合科技部、經濟部、教育部、中研院及國網中心等部會，補強產業發展面向不足之處。朝向國產化元件開發、擴大民眾參與廣布型場域布建、空品大數據分析及預報模式建構、後端數據產業加值開發，整合跨單位計畫之資源及成果，推動其與國際接軌。
3. 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，規劃推廣網頁，從首頁、我們所做的、產業聯盟交流平台、市售感測商品、計畫夥伴及出版品等 6 大項目，提供民眾與業界參考，並鏈結國內物聯網公協會及產業。
4. 研析國際應用案例，建議我國環境物聯網加值應用由善用產業發展基礎，開發市場利基性產品，並以既有市場產品為載具，提供獨特功能應用，透過加值應用來帶動整體輸出與商機，進而衍生創新應用服務。
5. 於 11 月完成辦理環境物聯網研討會 1 場次，充分達到宣傳我國發展國產化空氣品質感測元件經驗，推廣相關產業創新整合。

結論

(一)、評估國內外物聯網現況並提出分析

1. 完成國內外環境物聯網分析報告，參考美國、歐洲、韓國、日本等國家、城市與產業角度，以開放式創新平台與客製化服

務為主軸策略，分析產業投入物聯網的動力，比較不同屬性公司在平台的競爭優勢以及商業成長，產出台灣推動環境感測物聯網跨領域之應用可能方向及評估整體輸出之國外市場。

2. 完成依據工業、交通、社區與輔助四種類型情境優化全國感測器布建規劃，其中工業感測情境依工廠行業別特性的環境釋放狀況進行修正，交通感測情境則搭配交通流量記錄點，社區感測情境以民眾陳情熱區進行調整，另增設於區域標準監測站進行平行比對，以利評估感測器的使用壽命及校正依據。
3. 完成收集目前民間自設感測器種類與其他單位之感測器類型，挑選市售量高者送工業技術研究院量測中心辦理感測設備型式驗證，並產出分析報告。民間感測器需透過與標準監測站平行比對之結果，做為後續建立資料融合之基礎及參考，另仍需評估數據歷程或異常情形之解決方式，以利後續感測資料之資料融合與加值應用。

(二)、完成國產化空氣感測元件研發或感測器原型機

1. 完成國產化 PM_{2.5}、O₃、NO₂ 感測器模組，PM_{2.5} 感測器模組偵測粒徑下限約為 0.25μm 低於光學偵測之極限 0.3μm，在微粒濃度 < 100μg/m³ 時，與 TSI dusttrak 之 R²>0.7。O₃ 感測器模組偵測下限可達 20 ppb，在 O₃ 濃度 0~400 ppb 間之靈敏度 R²>0.7。NO₂ 感測器模組偵測下限可達(26.04±3.83) ppb，在 NO₂ 濃度 0~300 ppb 間之靈敏度測試線性度 R²>0.95。
2. 完成本計畫刻正已開發之空品感測器在實際應用場域之維運週期及可行性分析，本案開發具備低功耗、低成本、穩定性及可靠性等環境空氣品質監控技術，有助於提升國內感測元件之靈敏度、反應速度、穩定性、小體積、低價格、低耗能與長壽命等目標。
3. 本案開發之感測元件已提出臺灣或歐盟或美國之專利申請，其中 O₃ 及 NO₂ 感測元件已啟動技術轉移，NO₂ 感測元件已取得臺灣專利，逐步落實國內相關感測器技術業界生產製造能力，發展本土國產化空氣品質感測元件開發設計量能。逐步落實國內相關感測器技術業界生產製造能力，同時並完成一

式技術轉移業界量產，發展本土國產化氣體監測關鍵元件開發設計量能。

(三)、辦理空氣品質感測器巡檢工作及小規模布建工作，並強化校園教育推廣

1. 完成 50 點小規模感測器布建工作，因應技術不同應用情境，以辦理微型感測器應用之彈性為展示主軸，建立空氣感測器布建示範準則，提供相關人員訓練、布建與觀摩參考。
2. 106 年已布建數據完整率，並完成 205 點 106 年布建感測器巡檢作業，受檢感測器的數據完整率有 94%符合數據完整率 90%(含)以上。受檢感測器與巡檢儀器的相對器差有 76%符合兩者相對器差 50%(含)以下。建議應落實感測器布建標準作業程序，並應強化感測器巡檢與維護保養機制，確保感測器數據品質。
3. 由於微型感測器現場巡檢耗費人力物力，未來應建立智慧化巡檢與校正機制，運用數據分析與模式推估，為主要辨別方式，針對異常感測器再進行現場校驗與維修。
4. 完成 69 點校園感測器巡檢比對作業，將布建至校園的感測器大致上一致性良好，但仍會發現有 4.3%的感測器群體一致性較差；另外受檢感測器(53 個)與巡檢儀器的相對器差有 76%符合兩者相對器差 50%(含)以下，但相對器差最大約 110%、最低約-51%，明顯顯示校園感測器雖然一致性良好，但是數據誤差範圍甚大，須審慎使用感測數據。建議未來校園感測器於布建前應完成一致性比對作業，針對群體一致性差的感測器進行更換，同時感測器數據的判讀應以長期趨勢的變化為主，不建議僅看單一感測數據，容易造成使用者誤判。
5. 因監測站及各式感測器之感測原理、機器性能、設置環境等皆不同，未來應強化標準監測站、微型感測器之差異說明，透過社群媒體、現場實作及案例說明，提升民眾、機關與校園師生對感測器與監測資料應用之瞭解，擴大教育宣導與輔導之效能。

(四)、協助地方政府感測器布建工作、環保署物聯網工作推動

1. 協助環保署與 13 個地方環保局合作布建 2,600 點感測器，協助環保署並與環保局召開 4 次進度會議，管控感測器布建進度及布建品質，並修正布建標準作業程序。
 2. 完成協助環保署「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」各分項計畫之推動，每月管理追蹤其工作及經費執行進度，並通盤評估整體計畫關鍵工作及時間點之銜接是否完整。
 3. 完成全方位環境物聯網推動方案之執行，彙整各單位之規劃內容，並研提對策分析、強化推動策略建議。
 4. 辦理完成 6 場次全天及 4 場次半天的校園空氣品質感測認知宣導會，對校園師生宣傳感測器與監測資料應用方式與限制。完成 1 場次對環保局與感測器廠商之布建作業實作訓練及數據應用分析介紹，有效提升地方布建感測器之數據品質，並推動感測數據輔助智慧稽查之效能。辦理 3 場次交流會議，邀約各界專家學者針對感測元件開發、感測器監測數據品質、感測器巡檢與查核智慧化等，協助提供經驗與專業建議，共同討論未來可發展方向。
 5. 於 107 年 11 月 8 日協助環保署辦理「物聯網科技結合智慧稽查，中央地方聯手監控污染，提升空氣品質」，透過簡報、海報及故事情境影片展示空品物聯網輔助智慧稽查之成果。
- (五)、成立「空品物聯網產業開展計畫」之專案辦公室，強化計畫管考及產業推動
1. 成立專案辦公室，定期聯繫蒐集各部會相關成果，以強化計畫管考與產業化推動進度。
 2. 完成空品物聯網一站式服務中心，建立產官學研民交流情資，創造跨專業領域結合機會，提升國內環境品質物聯網之商機，訂定問答集並辦理必要之宣傳工作。
 3. 完成 Taiwan A Team 籌組，參與 7/26~28 越南綠色環保展、8 月泰國、10 月馬來西亞，與印度 CSIR-CEERI Development of Low Cost Air Quality System for Indian Terrains 啟動合作案，將環境物聯網整體包裝行銷至海外。

4. 於 107 年 11 月 16 日及 17 日完成辦理「環境感測物聯網與產業創新研討會」研討會 1 場次，共計 450 人次參加，11 組平面及電子媒體報導，會場並達成 20 家廠家媒合洽談，共同研發合作 7 家，技轉洽談 4 家；充分達到宣傳我國發展國產化空氣品質感測元件經驗，推廣相關產業創新整合成效。

建議事項

(一)、評估國內外物聯網現況並提出分析

1. 國際上物聯網之發展仍以工業管理、醫療及車聯網為主軸，環境議題正逐步發酵，雖然國際都市以智慧城市為發想，但仍偏重於民眾資訊服務為主，絕少有我國如以臺灣為示範應用場域，以環境治理為目標之發展，106~107 年國內環境物聯網的應用效益主要是環保單位智慧稽查及不法利得廠商之查處，有顯著效益。建議 108 年後可針對布建密度較完整的地區(如單一縣市)，結合該地方政府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，作為輔助整體空污減量及空品淨化成果之評估參考。
2. 我國基於環境治理需求定義感測器布建於工業、交通、社區與輔助等四種類型感測情境，依此規劃已具有明確之應用需求，環保署透過實地場域驗證各種感測需求之布建策略、布建密度、布建高度及相關作業準則，實屬實務具體經驗，亟具參考價值，未來可持續發展不同情境之應用服務準則，將臺灣場域各種應用情境彙整成範例故事或模組，未來或許可進階發展為環境治理之「客製化」服務技術，對於整體服務及產業輸出極具競爭力，凸顯我國客製化服務特點。
3. 無論對於評估感測器的使用壽命及校正依據，或是融合不同感測器數據資料之技術，皆為國際目前對於物聯網大數據分析之迫切解決之議題，目前尚無可適用之商業產品能直接套用，我國自行發展透過與標準監測站平行比對之成果，建立資料融合之基礎，以利後續感測資料之資料融合與加值應用

之成功根本。

(二)、完成國產化空氣感測元件研發或感測器原型機

1. PM_{2.5} 感測元件雖然具有技術提升至 PM₁ 的機會，後續尚須精進量測微粒所帶電流靜電等級(fA)，同時必須設計系統雜訊之去除效率，據以量測高精度的微粒靜電電流，以獲得穩定的量測數據。
2. O₃、NO₂ 感測器模組雖然已有原型機，但在實地場域的測試尚不足夠，下階段應加強實地場域的測試數據，以了解環境溫溼度及干擾氣體對於原型機的影響；並且透過機構與電路設計，搭配量產的封裝設計技術，尋求高穩定性的商轉產品，以強化在低中高污染環境中之感測效能，提升我國環境物聯網技術與國際競爭力。
3. 除了上述較成熟的國產化元件研發外，目前國際及國內廠商針對酸氣及 VOCs 也展現出高度的需求及未來應用性，建議國產化研發可朝向酸氣及 VOCs 進行可行性評估，並分析未來可能的應用場域及市場規模。

(三)、辦理空氣品質感測器巡檢工作及小規模布建工作，並強化校園教育推廣

1. 為因應地方環保局及環保稽查單位針對特定目標，加強感測器布建密度需求，滿足機動性高及電力自給自足條件，本團隊規劃採用長效型電池及太陽能電力為主，未來可發展簡易布建型態之自立式感測器，以符合機動布建感測器輔助智慧稽查之目標。
2. 由於微型感測器巡檢作業耗費人力與時間龐大，可發展自動化巡檢機制，例如透過大數據分析評估感測器數據品質，據以分析需現場巡檢校正之感測器，降低巡檢作業成本。
3. 雖然校園感測器之應用以資訊提供及環境教育為目的，其數據品質仍應維持相對器差小於等於 50%以內，避免造成使用民眾的認知錯誤，建議仍應評估是否透過第三方巡檢工作的推動，加強維護校園感測器可用性，提升在校師生對環境感測認知程度。

4. 為避免民眾誤用微型感測器數據，建議強化民眾對於空氣品質指標及感測數據之具體認知意義，例如持續透過媒體及網路社群宣傳正確知識，擴大教育宣導效益，未來也可透過動態影片或實作驗證來提升民眾、機關與校園學員對感測數據與環境品質之認知。

(四)、協助地方政府感測器布建工作、環保署物聯網工作推動

1. 環保署現階段已完成 3300 點感測器布建，除持續維運感測器之數據品質外，下個階段將以數據應用輔助環境治理為主要目標，建議強化各環保單位運用物聯網輔助智慧稽查作業，協助環保稽查單位加強運用感測數據，確實執行環境治理的目標，達成優化環境且民眾有感之目的。
2. 針對已完成布建之感測器，應持續觀察不同廠牌型號、不同區域、不同環境濃度對感測數據的影響，提供研判感測器之壽命與維運頻率，掌握個別感測器的數據特性。
3. 明年度感測器布建前之一致性比對，建議規劃於空氣污染濃度較高之時段為佳，如 6 月份之前或 10 月份之後，並能持續 5~7 天的比對，可同時一併分析感測器在低、中、高污染濃度區間內之群體一致性及與標準監測站的相對器差，據以強化感測器之數據品質掌握。

(五)、成立「空品物聯網產業開展計畫」之專案辦公室，強化計畫管考及產業推動

1. 依據國際環境品質感測產業分析，我國空品物聯網產業的推動建議以歐洲為主要標的市場，輔以新南向資源開拓東南亞市場，結合跨部會之資源及在地的產業聯盟，以臺灣目前的成功案例，持續擴大環境物聯網之成效與產業化推動進度。
2. 持續收集國內流通感測器進行實地場域驗證，整合各部會研發與布建成果，彙整實際應用案例，運用空品物聯網宣傳網站，宣傳網站展示空品物聯網的計畫成效、可協助國人及業界選購適當感測器、提供國際產官領域認識我國驗證成果，亦能以網站點閱流量評估民眾有感或產業開展的多重目標。
3. 「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」已有相當豐碩成果，建議後續可邀約國外專家與企業共同參與，為下一階段的發展與推廣研擬方向，同時吸納國際物聯網企業之目光，達到提升國內技術研發與產業發展之效益。

第一章 緒論

1.1 計畫緣起

都市治理是追求環境永續的一環，由於都市人口集中，有效資源使用與減低污染產生，政府需要更有效的治理方式，由過去綜合環境、經濟與社會面向管理的永續城市，演變到注重減緩與調適的低碳城市，現今拜微型感測器科技與物聯網科技進步所賜，國際間開始可以利用巨量資訊，落實規劃智慧城市所需的各種智慧化管理，而環保署也開始導入物聯網與環境應用，提出環境物聯網概念，並以物聯網的感測層、傳輸層、資料層與應用層等概念出發，推動相關計畫。本計畫依循去(106)年「環境物聯網發展推動計畫」之延伸，相關成果簡述如下。

去(106)年相關計畫已蒐集歐盟英國的倫敦智慧城市計畫(Smart London)、荷蘭的阿姆斯特丹智慧城市計畫、美國的智慧城市計畫(Smart America)、日本的智慧城市計畫(Smart City Project)，以及韓國松島的智慧城市計畫(Sondo IBD)等進行研析，發掘其共通點是引入感測與通訊科技，藉以提升人民生活品質、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。

在商業模式或生態系部分，計畫亦整理歐盟物聯網 IoT European Platforms Initiative (IoT-EPI)平台發展情形與七大計畫相關內容，並整理十大商業模式，以及彙整物聯網創新生態效益重點，包括(一)物聯網即服務；(二)協同共享服務；(三)區塊鏈即服務；(四)人工智慧即服務；(五)創新與創業投資，提供署內參考。

在元件研發部分，去(106)年計畫主要就 $PM_{2.5}$ 、 O_3 與 NO_2 三項感測技術進行研發。電子衝擊式 $PM_{2.5}$ 感測元件目前已完成雛型設計、數值模擬、幾何設計修正及雛型元件之製作。實驗方面，微粒篩選組件測試顯示，所設計之組件擷取粒徑(d_{a50})為 $2.54\mu m$ 符合設計目標。在開發臭氧感測器開發方面，主要目標為臭氧觸媒薄膜複合材料來選擇性地分解臭氧分子。目前已完成薄膜複合材料及外掛式觸媒載具的設計，且薄膜複合材料對於臭

氧去除效率可達 99 %以上，將薄膜材料加上外掛密封型觸媒載具至電化學感測器上，能有效地消除 O₃ 氣體之干擾現象。在 NO₂ 感測器開發部分，主要目標為室溫型 NO₂ 感測元件。為配合其它週邊軟硬體與測試系統之建立時效與成本，目前先以 1ppm NO₂ 為測試指標，再分別從訊號強度對應濃度 1/5(200ppb)、1/10(100ppb)、1/20(50ppb)的材料與機構的改良進行試驗。針對 NO₂ 感測材料性能提升進行測試方面，感測材料機械強度均有改善，對照有無添加之材料外觀不易崩落。在感度提升方面，光活化後之感測材料對 1 ppm NO₂ 測試感度 $R_{air}/R_s=25$ 達到相當 40 ppb 的偵測最低濃度。

在配合相關行政作業以提升計畫執行品質與成效的部分，去(106)年度完成「研提布建計畫科技發展計畫構想書(107 年-109 年)」的相關內容、協助將布建計畫由公建計畫改科研計畫(106 年-109 年)、協助研提「空品物聯網產業開展計畫」科發基金構想書(106 年)、協助研提布建及開展計畫「下世代科研基礎建設」之擴大公共建設提案(106 年-109 年)、布建及開展行政院會報告、協助研提布建及開展計畫之數位建設-民生公共物聯網內容及經費、協助研提空品物聯網產業開展計畫申請 106 年度科發基金構想書、整理對外說明推動環境物聯網簡報、107 年度審議作業手冊_P07 (中程個案計畫)民生公共物聯網資料彙整(106 年-109 年)、協助整理布建及開展計畫與數位建設計畫關聯性。

在目前科技界的物聯網科技風潮興起，帶動成本較低、整合較容易的感測晶片、電路板與通訊模組等技術的快速進展下，本計畫希望能藉由該風潮與去(106)年環境物聯網相關計畫所立下的基礎，持續促進環境物聯網的發展與技術突破，由感測元件技術的研發、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目前各計畫的橫向聯繫等。

1.2 計畫目標與內容

本計畫目標包括：

- 一、評估國內外物聯網現況並提出分析。
- 二、完成國產化空氣感測元件研發或感測器原型。
- 三、辦理空氣品質感測器巡檢工作及小規模布建工作，並強化校園教育推廣。

四、協助地方政府感測器布建工作、環保署物聯網工作推動。

五、成立「空品物聯網產業開展計畫」之專案辦公室，強化計畫管考及產業推動。

本計畫各工作項目內容如後所述：

一、評估國內外物聯網現況並提出分析

- A.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。
- B.分別研析前述資料，提出我國發展建議。另研提我國發展策略及推動措施。
- C.規劃全國空氣品質感測器布建點藍圖，並提出效益預測。
- D.蒐集全國業者、地方政府之空氣品質感測器自主布建策略、布建點及規格，及其進度，以掌握國內布建現況。
- E.蒐集國內各式空氣品質感測器資訊，提出其最佳感測情境或環境，並比較各式感測器數據如須調校為一致之方式建議，必要時需實地量測。
- F.評估可國產化之空氣品質感測元件項目至少 3 項，並分析國內外時空背景及感測技術資料蒐集，提出市場需求預測、國產化研發設計生產可行性、推動策略等。

二、完成國產化空氣感測元件研發或感測器原型機

- A.完成國產化 PM_{2.5} 感測元件之感測器模組 5 組，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)，測試期程、地點、比對方式等須經機關同意後執行，並出具測試報告。
- B.完成國產化 O₃ 感測元件之感測器技術轉移，並小型量產原型機 20 組，須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)，測試期程、地點、比對方式須經機關同意後執行，並出具測試報告。技術轉移單位須經機關同意後執行。
- C.完成國產化 NO₂ 感測元件之感測器技術轉移，並小型量產原型機 50

組，須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)，測試期程、地點、比對方式須經機關同意後執行，並出具測試報告。技術轉移單位須經機關同意後執行。

D.以上 3 式空氣品質感測器研發原則如下：

- (A)原型機之各感測技術篩選，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)感測器之研發，應先蒐集分析近年國內學術單位及研究機構之空氣品質感測技術研發設計及測試情形，就可國產化之空氣品質感測項目及感測元件技術提出空氣品質感測元件開發評估建議書，並經機關認可後開發；如需更換感測器感測元件項目需經機關同意。
- (C)研究或研發成果需提出臺灣或歐盟或美國之專利申請。

E.每 2 月召開本項進度報告。

三、辦理空氣品質感測器巡檢工作及小規模布建工作，並強化校園教育推廣

- A.於全國及離島布建 50 點以上空氣品質感測器(必要項目為 PM_{2.5}、溫度、濕度)。布建規劃及點位選擇以機關需求為主，機關保有調整權利。布建工作之細部規格須符合附件規範(感測元件須經空氣品質感測器認證單位認證、感測器機構設計、資料及數據傳輸品質，詳如附件一及二)。
- B.本計畫應備有 6 臺以上經空氣品質感測器認證單位認證或機關認可之空氣品質檢測儀器(經與環保署空氣品質監測站儀器進行比對建立對應關係)，前項儀器應每季校正。
- C.辦理全國及離島 200 點以上空氣品質感測器之巡檢工作(地點由機關指定)，巡檢名單、巡檢方式皆需與機關確認。另彙整巡檢工作之檢測數據，並提出分析報告供機關參考。
- D.辦理全國 50 間校園空氣品質感測器(每間校園至少 1 臺感測器)之巡檢工作，校園名單、巡檢方式規劃皆需經機關確認。巡檢方式由配合校

方擇一選定辦理：1.計畫人員使用機關認可之空氣品質檢測儀器(經與環保署空氣品質監測站儀器進行比對建立對應關係)，至校園與現場裝設之空氣品質感測器進行比對。2.學校自行拆除空氣品質感測器，由計畫人員送至空氣品質感測器比對單位進行比對作業。

E.前項巡檢工作應製作紀錄留存，內容包括：比對時間、裝設位置、當日氣象條件、設置時間及維護、校正紀錄等。另彙整巡檢工作之檢測數據，並提出分析報告供機關參考。

F.辦理空氣品質監測相關說明會或訓練會 10 場次以上，每場次原則 2 小時。須配合申請機關或學校需求提供課程或解說服務。(場地容納 30 人以上規模)

G.辦理國內教育人員之空氣品質認知訓練或研習會共 4 場次，每場次 1 日、場地容納學員 60 人以上規模、提供茶水及餐點、每人 DIY 手作空氣品質感測器教材。課程內容應包括：空氣污染、空氣污染物擴散傳輸原理簡介、空氣品質指標 AQI 說明、空氣品質監測資訊應用、空氣品質感測器應用等。課程安排及教本設計需經機關同意。

H.製作空氣品質認知之教學指導手冊 500 本。

四、協助地方政府感測器布建工作、環保署物聯網工作推動

A.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，必要時協助地方政府進行布建位置之實地勘查。

B.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。

C.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，每 2 月提出檢討報告，並視需要召開管理會議。

D.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」各分項計畫之推動，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或訪查會議(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。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。

- E.協助全方位環境物聯網推動方案之執行，彙整機關各單位規劃內容，並研提對策分析、強化推動策略建議。得標廠商需有 1 名專業人力，依機關需求於機關指定地點協助計畫執行、彙整資料、聯繫協調等行政工作。
- 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 3 月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。
- G.規劃及辦理研討會或研商會或說明會或教育訓練(半日以上，場地容納 50 人以上規模)共 2 場次，每場次原則 2 小時、對象為環保局或業者(不含校園)、提供場地租借、必要時提供茶水及餐點，如為專家學者研商會至少邀請 5 人/場次，以機關實際需求為優先辦理。
- H.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、文宣素材製作。
- I.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、成立「空品物聯網產業開展計畫」之專案辦公室，強化計畫管考及產業推動

- 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，並辦理空品物聯網推動及資源整合工作。專案辦公室之規劃及運作方式須經機關認可後執行(決標日起 2 個月內完成機關認可版本)。
- 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.規劃空品物聯網一站式服務中心或推廣中心之運作方式，以利產官學研民交流情資，創造跨專業領域結合機會，提升國內環境品質物聯網之商機，訂定問答集並辦理必要之宣傳工作。
- E.建立物聯網產業聯盟資訊，蒐集及整理業者環境品質物聯網開發情形。另鏈結國內物聯網公協會及產業，組成交流平台。
- F.蒐集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。
- G.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。
- H.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(3 至 4 名專家/場次)，並提出建議。(場地容納 15 人以上規模)
- I.蒐集國際物聯網、智慧城市展覽活動資訊，擇 2 場以上進行參訪(每場原則 2 人，共計 4 人以上)，並研提參訪報告。參訪地區以歐美為優先，並需經機關同意。
- J.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)，以環保署需求為主，講座為國內外物聯網專家，含機票、交通、住宿、講師費、餐飲、場地租借(150 人以上場地)及布置、宣傳、會議資料。(大型研討會議或交流會議之講座：2 日共計 20 至 30 人)
- K.專案辦公室應有 5 人以上專責人員(其中 1 人為專案辦公室管理人)，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。

1.3 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 及表 1-2所示)，各項工作之階段執行情形與完工百分比如表 1-3所示。

表 1-1、工作預定進度

工作內容項目	月次	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	年別	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
	月份	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
(一)評估國內外物聯網現況並提出分析												
(1)蒐集國外物聯網、環境品質物聯網、智慧城市之資訊，提出我國發展建議。另研提我國發展策略及推動措施。					(1)							
(2)蒐集全國空氣品質感測器自主布建現況，規劃全國空氣品質感測器布建點藍圖，並提出效益預測。				(2)								
(3)蒐集國內各式空氣品質感測器資訊，提出其最佳感測情境或環境。				(3)								
(4)評估可國產化之空氣品質感測元件項目至少 3 項，並分析國內外時空背景及感測技術資料蒐集。			(4)									
(二)完成國產化空氣感測元件研發或感測器原型												
(5) PM _{2.5} 感測元件雛型修改與元件 3S 測試，小型除濕器效能測試。				(5)								
(6) PM _{2.5} 模組化之電路板設計開發，含電源供應以及微電流/電壓量測基本功能。					(6)							
(7)電路板與 PM _{2.5} 感測元件之銜接及實驗室測試，同時建立數值演算模式。							(7)					
(8) PM _{2.5} 感測模組比對測試，戶外大氣比對測試，涵蓋低中高濃度。										(8)		
(9)O ₃ 感測元件之四極式電極核心材料配方開發與物化鑑定分析，並初步實驗測試配方效能					(9)							
(10) O ₃ 感測元件之四極式電極配方調控與製作，並根據測試結果執行最佳化設計。								(10)				

工作內容項目	月次	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	年別	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
	月份	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
(11)O ₃ 電化學式感測元件原型品設計、製作與實驗室效能測試。										(11)		
(12)完成 O ₃ 電化學式感測器雛型製作，並針對元件雛型進行實地場域驗證。										(12)		
(13) NO ₂ 元件與光驅動 LED 裸晶元件共整合封裝設計之感測單元，搭配 LED 節能驅動電路，室溫型的光電複合驅動之整合模組。					(13)							
(14)提昇 NO ₂ 感測元件偵測能力之極限與穩定性之電路模組設計製作與測試。感測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選擇性結果。						(14)						
(15) NO ₂ 感測原型機架構設計規格與雛型，URAT/I2C 格式數據，量測範圍 0 ~ 1000 ppb，可整合性在工業區平台資源應用於實地場域。									(15)			
(16) 國產化 NO ₂ 感測器開發、測試、試量產及相關工作。										(16)		
(三) 辦理空氣品質感測器巡檢工作及小規模布建工作，並強化校園教育推廣												
(17)完成全國及離島布建 50 點以上空氣品質感測器。										(17)		
(18) 完成全國及離島(200 點以上)及校園(50 間)空氣品質感測器巡檢工作之巡檢名單及巡檢方式規劃，並備置 6 臺以上經空氣品質感測器認證單位認證或機關認可之空氣品質檢測儀器。					(18)							
(19) 完成全國及離島(200 點以上)及校園(50 間)空氣品質感測器巡檢工作，並提出分析報告供機關參考。										(19)		
(20)完成辦理空氣品質監測相關說明會或訓練會 10 場次以上及空氣品質認知訓練或研習會共 4 場次，並製作空氣品質認知之教學指導手冊 500 本。									(20)			
(四) 協助地方政府感測器布建工作、環保署物聯網工作推動												
(21)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。									(21)			

工作內容項目	月次	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	年別	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
	月份	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
(22)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，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。										(22)		
(23)「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。												(23)
(24)協助全方位環境物聯網推動方案之執行，彙整機關各單位規劃內容，及推動所遇問題並研提對策分析、強化推動策略建議。											(24)	
(25)規劃及辦理研討會或研商會或說明會或教育訓練 2 場次，配合機關舉辦活動或記者會，協助彙整研提資料，另協助相關網站之規劃、管理及維護。										(25)		
(五) 成立「空品物聯網產業開展計畫」之專案辦公室，強化計畫管考及產業推動												
(26)完成空品物聯網產業開展計畫專案辦公室規劃與成立。			(26)									
(27)完成督導、聯繫、協調各部會計畫事宜，並彙整進度及成果資料												(27)
(28)完成整合空品物聯網產業開展計畫各部會並配合環保署「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」執行需求相關規劃。						(28)						
(29)完成規劃空品物聯網一站式服務中心或推廣中心之運作方案。建立物聯網產業聯盟資訊，鏈結國內物聯網公協會及產業，組成交流平台。							(29)					
(30)完成國際環境品質感測元件、物聯網應用資訊蒐集，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。											(30)	
(31)完成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，並提出建議。										(31)		
(32)完成蒐集國際物聯網、智慧城市展覽活動資訊 2 場次，並研提參訪報告。										(32)		
(33)完成 1 場次大型研討會議。							(33)					
(六)其他本計畫成果進度												

工作內容項目	月次	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	年別	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
	月份	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
(34)完成全國及離島(200 點以上)及校園(50 間)空氣品質感測器巡檢工作之巡檢名單及巡檢方式規劃、研提「空品物聯網產業開展計畫」專案辦公室之規劃及運作方式，繳交第一次工作進度報告，預定進度累積百分比 25%					(34)							
(35)完成研提國產化 O ₃ 及 NO ₂ 感測器原型機之測試規劃、辦理國內教育人員之空氣品質認知訓練或研習會 2 場次，繳交期中報告，預定進度累積百分比 50%								(35)				
(36)提交國產化 O ₃ 及 NO ₂ 感測器原型機之測試報告、完成期末報告初稿及本計畫規定工作項目，預定進度累積百分比 90%											(36)	
(37)完成繳交期末報告定稿，預定進度累積百分比 100%												(37)
預定進度累積百分比(%)		10	15	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並提出分析		
(1)	107.06.31	蒐集國外物聯網、環境品質物聯網、智慧城市之資訊，提出我國發展建議。另研提我國發展策略及推動措施。
(2)	107.05.31	蒐集全國空氣品質感測器自主布建現況，規劃全國空氣品質感測器布建點藍圖，並提出效益預測。
(3)	107.05.31	蒐集國內各式空氣品質感測器資訊，提出其最佳感測情境或環境。
(4)	107.04.30	評估可國產化之空氣品質感測元件項目至少 3 項，並分析國內外時空背景及感測技術資料蒐集。
(二) 完成國產化空氣感測元件研發或感測器原型		
(5)	107.05.30	PM _{2.5} 感測元件雛型修改與元件 3S 測試，小型除濕器效能測試。
(6)	107.07.31	PM _{2.5} 模組化之電路板設計開發，含電源供應以及微電流/電壓量測基本功能。
(7)	107.09.30	電路板與 PM _{2.5} 感測元件之銜接及實驗室測試，同時建立數值演算模式。

查核點	預定完成時間	查核點內容說明
(8)	107.11.30	PM _{2.5} 感測模組比對測試，戶外大氣比對測試，涵蓋低中高濃度。
(9)	107.06.31	O ₃ 感測元件之四極式電極核心材料配方開發與物化鑑定分析，並初步實驗測試配方效能
(10)	107.09.31	O ₃ 感測元件之四極式電極配方調控與製作，並根據測試結果執行最佳化設計。
(11)	107.10.30	O ₃ 電化學式感測元件原型品設計、製作與實驗室效能測試。
(12)	107.11.31	完成 O ₃ 電化學式感測器雛型製作，並針對元件雛型進行實地場域驗證。
(13)	107.05.31	NO ₂ 元件與光驅動 LED 裸晶元件共整合封裝設計之感測單元，搭配 LED 節能驅動電路，室溫型的光電複合驅動之整合模組。
(14)	107.06.30	提昇 NO ₂ 感測元件偵測能力之極限與穩定性之電路模組設計製作與測試。感測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選擇性結果。
(15)	107.09.30	NO ₂ 感測原型機架構設計規格與雛型，URAT/I2C 格式數據，量測範圍 0 ~ 1000 ppb，可整合性在工業區平台資源應用於實地場域。
(16)	107.11.30	完成 NO ₂ 小型量產原型機 50 組與國內實地場域測試。
(三) 辦理空氣品質感測器巡檢工作及小規模布建工作，並強化校園教育推廣		
(17)	107.11.30	完成全國及離島布建 50 點以上空氣品質感測器。
(18)	107.05.31	完成全國及離島(200 點以上)及校園(50 間)空氣品質感測器巡檢工作之巡檢名單及巡檢方式規劃，並備置 6 臺以上經空氣品質感測器認證單位認證或機關認可之空氣品質檢測儀器。
(19)	107.11.30	完成全國及離島(200 點以上)及校園(50 間)空氣品質感測器巡檢工作，並提出分析報告供機關參考。
(20)	107.10.31	完成辦理空氣品質監測相關說明會或訓練會 10 場次以上及空氣品質認知訓練或研習會共 4 場次，並製作空氣品質認知之教學指導手冊 500 本。
(四)協助地方政府感測器布建工作、環保署物聯網工作推動		
(21)	107.09.30	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。
(22)	107.10.31	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，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。
(23)	107.12.31	「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，

查核點	預定完成時間	查核點內容說明
(24)	107.11.30	協助全方位環境物聯網推動方案之執行，彙整機關各單位規劃內容，及推動所遇問題並研提對策分析、強化推動策略建議。
(25)	107.10.31	規劃及辦理研討會或研商會或說明會或教育訓練 2 場次，配合機關舉辦活動或記者會，協助彙整研提資料，另協助相關網站之規劃、管理及維運。
(五) 成立「空品物聯網產業開展計畫」之專案辦公室，強化計畫管考及產業推動		
(26)	107.04.30	完成空品物聯網產業開展計畫專案辦公室規劃與成立。
(27)	107.12.31	完成督導、聯繫、協調各部會計畫事宜，並彙整進度及成果資料。
(28)	107.7.31	完成整合空品物聯網產業開展計畫各部會並配合環保署「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」執行需求相關規劃。
(29)	107.08.31	完成規劃空品物聯網一站式服務中心或推廣中心之運作方案。建立物聯網產業聯盟資訊，鏈結國內物聯網公協會及產業，組成交流平台。
(30)	107.11.30	完成國際環境品質感測元件、物聯網應用資訊蒐集，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。
(31)	107.10.31	完成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，並提出建議。
(32)	107.10.31	完成蒐集國際物聯網、智慧城市展覽活動資訊 2 場次，並研提參訪報告。
(33)	107.08.31	完成 1 場次大型研討會議。
(六)其他本計畫成果進度		
(34)	107.05.31	完成全國及離島(200 點以上)及校園(50 間)空氣品質感測器巡檢工作之巡檢名單及巡檢方式規劃、研提「空品物聯網產業開展計畫」專案辦公室之規劃及運作方式，繳交第一次工作進度報告，預定進度累積百分比 25%
(35)	107.08.31	完成研提國產化 O ₃ 及 NO ₂ 感測器原型機之測試規劃、辦理國內教育人員之空氣品質認知訓練或研習會 2 場次，繳交期中報告，預定進度累積百分比 50%
(36)	107.11.15	提交國產化 O ₃ 及 NO ₂ 感測器原型機之測試報告、完成期末報告初稿及本計畫規定工作項目，預定進度累積百分比 90%

查核點	預定完成時間	查核點內容說明
(37)	107.12.31	完成繳交期末報告定稿，預定進度累積百分比 100%

表 1-3、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	預計查核月份	執行情形
一、評估國內外物聯網現況並提出分析					
(1)蒐集國外物聯網、環境品質物聯網、智慧城市之資訊，提出我國發展建議。另研提我國發展策略及推動措施。	2.0%	100%	2.00%	5	已於 5 月完成相關資料收集(參見 2.1 節)。
(2)蒐集全國空氣品質感測器自主布建現況，規劃全國空氣品質感測器布建點藍圖，並提出效益預測。	2.0%	100%	2.00%	5	已於 5 月完成相關資料收集(參見 2.2 節及 2.3 節)。
(3)蒐集國內各式空氣品質感測器資訊，提出其最佳感測情境或環境。	2.0%	100%	2.00%	5	已於 5 月完成相關資料收集(參見 2.4 節)。
(4)評估可國產化之空氣品質感測元件項目至少 3 項，並分析國內外時空背景及感測技術資料蒐集。	2.0%	100%	2.00%	4	已於 5 月完成相關文獻資料收集(參見 2.5 節)。
二、完成國產化空氣感測元件研發或感測器原型					
(5) PM _{2.5} 感測元件雛型修改與元件 3S 測試，小型除濕器效能測試。	2.0%	100%	2.00%	5	已於 5 月完成相關文獻資料收集(參見 3.1 節)。
(6) PM _{2.5} 模組化之電路板設計開發，含電源供應以及微電流/電壓量測基本功能。	3.0%	100%	3.00%	7	已於 7 月完成相關文獻資料收集(參見 3.1 節)。
(7)電路板與 PM _{2.5} 感測元件之銜接及實驗室測試，同時建立數值演算模式。	3.0%	100%	3.00%	9	已完成相關執行方式之規劃(參見 3.1 節)。
(8) PM _{2.5} 感測模組比對測試，戶外大氣比對測試，涵蓋低中高濃度。	3.0%	100%	3.00%	11	已完成相關執行方式之規劃(參見 3.1 節)。
(9)O ₃ 感測元件之四極式電極核心材料配方開發與物化鑑定分析，並初步實驗測試配方效能	2.0%	100%	2.00%	6	已於 6 月完成相關文獻資料收集(參見 3.2 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	預計查核月份	執行情形
(10) O ₃ 感測元件之四極式電極配方調控與製作，並根據測試結果執行最佳化設計。	3.0%	100%	3.00%	9	已完成相關執行方式之規劃(參見 3.2 節)。
(11)O ₃ 電化學式感測元件原型品設計、製作與實驗室效能測試。	3.0%	100%	3.00%	10	已完成相關執行方式之規劃(參見 3.2 節)。
(12)完成 O ₃ 電化學式感測器雛型製作，並針對元件雛型進行實地場域驗證。	3.0%	100%	3.00%	11	已完成相關執行方式之規劃(參見 3.2 節)。
(13) NO ₂ 元件與光驅動 LED 裸晶元件共整合封裝設計之感測單元，搭配 LED 節能驅動電路，室溫型的光電複合驅動之整合模組。	2.0%	100%	2.00%	5	已於 5 月完成相關文獻資料收集(參見 3.3 節)。
(14)提昇 NO ₂ 感測元件偵測能力之極限與穩定性之電路模組設計製作與測試。感測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選擇性結果。	3.0%	100%	3.00%	6	已於 6 月完成相關文獻資料收集(參見 3.3 節)。
(15) NO ₂ 感測原型機架構設計規格與雛型，URAT/I2C 格式數據，量測範圍 0 ~ 1000 ppb，可整合性在工業區平台資源應用於實地場域。	3.0%	100%	3.00%	9	已於 9 月完成相關文獻資料收集(參見 3.3 節)。
(16) 國產化 NO ₂ 感測器開發、測試、試量產及相關工作。	3.0%	100%	3.00%	11	已於 11 月完成相關文獻資料收集(參見 3.3 節)。
三、辦理空氣品質感測器巡檢工作及小規模布建工作，並強化校園教育推廣					
(17)完成全國及離島布建 50 點以上空氣品質感測器。	5.0%	100%	5.00%	11	已完成相關執行方式之規劃(參見 4.1 節)。
(18) 完成全國及離島(200 點以上)及校園(50 間)空氣品質感測器巡檢工作之巡檢名單及巡檢方式規劃，並備置 6 臺以上經空氣品質感測器認證單位認證或機關認可之空氣品質檢測儀器。	3.0%	100%	3.00%	5	已完成空氣品質感測器巡檢工作之巡檢名單及巡檢方式規劃(參見附件三)

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	預計查核月份	執行情形
(19) 完成全國及離島(200點以上)及校園(50 間)空氣品質感測器巡檢工作，並提出分析報告供機關參考。	10.0%	100%	10.00%	11	已完成相關執行方式之規劃(參見 4.3 節、4.4 節及 4.5 節)。
(20)完成辦理空氣品質監測相關說明會或訓練會 10 場次以上及空氣品質認知訓練或研習會共 4 場次，並製作空氣品質認知之教學指導手冊 500 本。	5.0%	100%	5.00%	10	已完成相關執行方式之規劃(參見 4.6 節及 4.7 節)。
四、協助地方政府感測器布建工作、環保署物聯網工作推動					
(21)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。	2.0%	100%	2.00%	9	已完成協助 13 個地方政府合辦環境物聯網布建計畫 (參見 5.1 節)。
(22)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，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。	3.0%	100%	3.00%	10	已完成政府合辦環境物聯網布建計畫 (參見 5.2 節及 5.3 節)。
(23)「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。	2.0%	100%	2.00%	12	已完成各分項計畫之推動(參見 5.4 節)。
(24)協助全方位環境物聯網推動方案之執行，彙整機關各單位規劃內容，及推動所遇問題並研提對策分析、強化推動策略建議。	2.0%	100%	2.00%	11	已完成相關執行方式之規劃(參見 5.5 節)。
(25)規劃及辦理研討會或研商會或說明會或教育訓練 2 場次，配合機關舉辦活動或記者會，協助彙整研提資料，另協助相關網站之規劃、管理及維運。	1.0%	100%	1.00%	10	已於 7 月 10 日辦理 2 場次說明及教育宣導會議(參見 5.6 節及 5.7 節)
五、成立「空品物聯網產業開展計畫」之專案辦公室，強化計畫管考及產業推動					
(26)完成空品物聯網產業開展計畫專案辦公室規劃與成立。	4.0%	100%	4.00%	4	已完成相關工作內容(參見附件五)。
(27)完成督導、聯繫、協調各部會計畫事宜，並彙整進度及成果資料	3.0%	100%	3.00%	12	已完成相關執行方式(參見 6.2 節)。
(28)完成整合空品物聯網產業開展計畫各部會並配合環保署「環境品質感測	4.0%	100%	4.00%	7	已完成各部會整合及相關需求規劃(參見 6.3 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	預計查核月份	執行情形
物聯網發展布建及執法應用計畫」執行需求相關規劃。					
(29)完成規劃空品物聯網一站式服務中心或推廣中心之運作方案。建立物聯網產業聯盟資訊，鏈結國內物聯網公協會及產業，組成交流平台。	3.0%	100%	3.00%	8	已完成相關執行方式(參見 6.4 節及 6.5 節)。
(30)完成國際環境品質感測元件、物聯網應用資訊蒐集，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。	4.0%	100%	4.00%	11	已完成相關執行方式(參見 6.6 節及 6.7 節)。
(31)完成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，並提出建議。	3.0%	100%	3.00%	10	已完成相關執行方式(參見 6.8 節)。
(32)完成蒐集國際物聯網、智慧城市展覽活動資訊 2 場次，並研提參訪報告。	3.0%	100%	3.00%	10	已於 9 月及 10 月分別赴美國及西班牙參加研討會(參見 6.9 節)。
(33)完成 1 場次大型研討會議。	2.0%	100%	2.00%	8	已於 11 月 16 及 17 假張榮發基金會辦理完成研討會(參見 6.10 節)。
合計	100.0%		100%		

第二章 評估國內外物聯網現況並提出分析

2.1 蒐集國外物聯網、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、具體措施等，並提出我國發展策略及推動措施

2.1.1 各國物聯網與智慧城市發展情況

本工作項目在於蒐集國外(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。

延續去(106)年計畫已蒐集歐盟英國的倫敦智慧城市計畫(Smart London)、荷蘭的阿姆斯特丹智慧城市計畫、美國的智慧城市計畫(Smart America)、日本的智慧城市計畫(Smart City Project)，以及韓國松島的智慧城市計畫(Sondo IBD)後，經本團隊持續蒐集國際資訊後，就所收集之美國、韓國、日本與歐盟資訊進行說明。

一、美國

(一)聯邦政府

在聯邦政府角度，美國環保署提及 E-Enterprise for Environment 的概念 (<https://www.epa.gov/e-enterprise>)，來因應目前微型感測器發展所帶來的，由下而上的空氣污染管理模式。此模式是一種調和環境管理機關合作領導的模式(a model for collaborative leadership among environmental co-regulators)，嘗試簡化、效率化與現代化目前環境計畫的執行方式。

在美國有關環境規範的部分，包括三個角色：

- 1.美國環保署—聯邦政府。
- 2.州政府(States)。
- 3.部落自治區(Tribes)。

類比我國，環保署與環保局之間，計畫執行或可參考此種模式，過去我們關注過的 Village Green Project 即為此種模式的相關計畫，此種方式或可再深入瞭解後，應用於目前環境物聯網的合辦計畫中。

另外，美國國務院分享了一個環境物聯網創新作法，即是在各國的美國大使館，建立感測器網路，如圖 2-1，可達到以下兩個目的：

1. 監控空氣品質以保護大使館人員健康。
2. 透過公布空氣品質資訊，可協助將技術介紹給使館駐地國家。
3. 未來可與全球空氣污染議題連結，提供資訊。

我們可以參考這個想法，甚至跟美國當地大使館與我們的代表處合作，擴張我國環境物聯網的影響範圍，與推廣我國環境物聯網的技術。

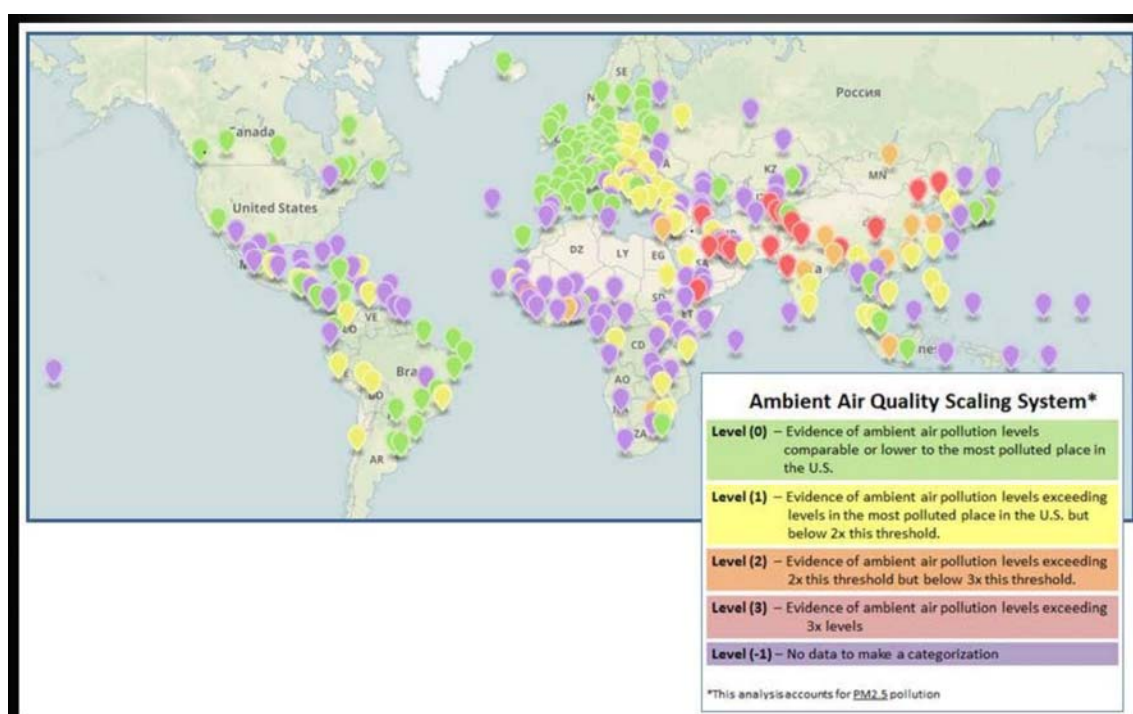


圖 2-1、美國於各處大使館佈置空氣感測器狀況

(二)加州現況

加州 2017 年 7 月通過以 AB 617 法案是預算法案為主，加州空氣資源管理局(California Air Resources Board)開始推動社區空氣保護計畫(Community Air Protection Program)，目的在於降低社區居民於空氣污染的暴露程度。該法案包括兩個層面：

1. 建立社區空氣監測網。
2. 減少社區空氣污染。

過去在社區並未有太多監測站，而弱勢族群(中低收入者)為空氣污染下受害最深的一群，加州社區污染源，主要包括煉油廠跟交通，在目前

執行一年的一年期間，特別注重地區參與。另外 Purple air 的感測器是最常採用的。加州執行 AB617 法案與相關措施的里程碑總結如下表 2-1。

表 2-1、加州執行 AB617 法案與相關措施的里程碑

2017.07	由州長 Edmund G Brown Jr. 簽署 AB 617 法案。
2018.10	加州空氣資源管理局(CARB)選擇社區為第一年行動的開始，並建立計畫需求(program requirements)。 CARB 發起 Technology Clearinghouse，列出最清淨的污染控制策略，包括： ● 最佳可獲得控制技術(Best Available Control Technologies (BACT)) ● 最佳可獲得舊有技術更新 (Best Available Retrofit Control Technologies (BARCT)) ● 最佳可獲得之空氣毒物控制技術(Best Available Control technologies for Air Toxics (T-BACT))
2018 年底	空氣品質管制轄區管理方式，令第一年的實施社區範圍由各地方社群引導委員會決定，並開始發展社區污染減量計畫。
2019.01	空氣品質管制轄區 (Air Districts)將發展 BARCT 的加速實施期程，BARCT 須於 2023 年底之前實行。
2019.07	空氣品質管制轄區在第一年所選定的社區部署監測設備，以建立社區空氣監測系統。
2019.09	空氣品質管制轄區在第一年所選定的社區，實行社區污染減量計畫。
2019.12 與往後	CARB 會再選擇額外的社區佈建感測系統

一年	與實行減量計畫。 The Board considers air districts community emissions reduction programs.
2020.10	空氣品質管制轄區針對第一年實行的社區，提出年度報告。
2021.01 與往後一年	對於第一年以外後續的選中之社區，空氣品質管制轄區實行減量計畫。
2023.09	CARB 更新州的空氣污染管理策略，管理策略要每五年檢討更新一次。

目前加州的社區監測計畫共有以下十三項，以下一一說明：

1. AirWatch Bay Area

- (1) 該計畫以網站及 APP 為煉油廠附近的民眾提供空氣品質數據，報告其周遭附近的污染源。
- (2) 空氣品質數據及污染事件報告即時更新，以利社區成員於日常生活中做出明智的決策。
- (3) 由 California environmental justice groups and Drexel University/Carnegie Mellon staff 共同主持該項計畫。

2. Berkeley Atmospheric CO₂ Observation Network (BEACO₂N)

- (1) 在東灣大約布建 60 點 BEACO₂N，採用低成本感測技術及方法，提供更高的時空解析度
- (2) 感測節點主要測量 CO₂，最近亦逐漸擴展到 NO₂ 及 O₃。
- (3) 感測數據可以即時獲取，提供社區成員觀察，也可用於大氣模型及當地空氣品質管理政策制訂。

3. Community Air Risk Evaluation (CARE) Program

- (1) 自 2004 年由 AQMD 領導該計畫，以評估污染源附近空氣品質造成的健康影響。
- (2) 計畫透過政府、學術、非政府及社區團體評估對脆弱人群的污染物暴露，目前有 TACs、PM_{2.5}，未來將擴充 O₃、超細顆粒及 NO₂。

- (3) 在 CARE 計畫期間已制訂了許多監管及減緩措施，包括確定了柴油產生 PM 是灣區主要的有毒污染物以進行管理。

4. West Oakland Environmental Indicators Project

- (1) WOEIP 是一個以社區為基礎的環境司法組織，致力於為居住在加州西奧克蘭的人們實現健康的家園、工作及社區。
- (2) WOEIP 從事社區驅動研究已經超過 10 年，與各種環境機構合作，這項研究的例子包括社區卡車交通的 PM 調查。
- (3) 蒐集的數據用於減緩措施討論，並可在線獲取。

5. Arvin Air Quality

- (1) Arvin 加州區域有大量的粉塵污染排放源，導致 PM、NO_x 及 O₃ 水平升高，量測結果可在 Arvin Air Quality 網站查詢。
- (2) 目前在該區有 6 個空氣品質監測站，測量 PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂, O₃ 及 VOC。
- (3) 該研究利用監測數據確定該區的污染源，以教育及告知社區成員空氣品質差的影響，並提供即時數據避免健康危害暴露。

6. Great Basin Unified APCD Monitoring Network

- (1) 該區主要是山谷，污染源來自灰塵及木材的煙霧，可於 Great Basin Unified APCD 網站觀測到數據。
- (2) GBUAPCD 與當地的部落合作，在該地區運營一系列的 PM_{2.5} 及 PM₁₀ 測站。

7. Pesticide Air Monitoring Program

- (1) 加州農藥管理局(California Department of Pesticide Regulation, DPR)及 CARB 針對農藥影響的空氣進行採樣，主要偵測 TAC。
- (2) 目前全州共有 8 個地點，提供 24 小時採樣平均值數據。
- (3) 數據用於代表社區在農業區附近接觸農藥的健康暴露情形。

8. Coastal Odor Complaint Investigation Project

- (1) SCAQMD 收到許多海灘的異味投訴，包括天然氣、硫磺及化學氣味，該計畫建立了一個平台讓居民提供報告。
- (2) SCAQMD 工作人員確認氣味投訴的位置，並在驗證後對環境空氣進行採樣，以分析物種。
- (3) 蒐集的數據可使 SCAQMD 追蹤並辨別該地區的污染源。

9. The Imperial County Community Air Monitoring Network

- (1) Imperial County 社區於 2013 年由美國國家環境健康科學研究所提供資金，該研究目的是要量化空氣污染並告知該區暴露較嚴重的社區成員，
- (2) 採用低成本 Dyllos 1700 PM 感測器測量 PM_{2.5}。
- (3) 數據用於通知當地社區成員，也應用於學校的升旗計畫，及長期的數據趨勢分析。

10. Multiple Air Toxics Exposure Study (MATES)

- (1) MATES 為 SCAQMD 領導的計畫，主要監測及模擬南海岸空氣流域的空氣污染，目前計畫自 1987 年至今，進行到第 5 階段。
- (2) 每項 MATES 研究分析不同的化合物，如苯、六價鉻、柴油 PM，在第 4 階擴展到空氣毒性以外，包括黑碳及超細顆粒，第 5 階段則針對特定石油煉油廠的測量。
- (3) 在此研究期間蒐集的數據可以應用於如何降低風險。

11. Paramount Hexavalent Chromium Monitoring and Community Air Toxics Initiative

- (1) Paramount 社區的成員在 2013 年向 SCAQMD 通報了持久性的金屬氣味，該區發現了高濃度的鎳及六價鉻，已進行廣泛監測。
- (2) SCAQMD 與 CARB 合作，監測社區及學校的六價鉻濃度，經由初步篩選後，在污染源排放區域監測空氣中的金屬濃度。
- (3) 監測數據可用於識別污染源，SCAQMD 與當地工業界合作，通過營運操作的變化可減少排放，該計畫也成功促成了社區空氣有毒物質的倡議，主要於南海岸空氣流域測量空氣中的有毒物質。

12. San Ysidro Border Traffic Study

- (1) San Ysidro 擁有 30,000 民社區，當地沒有標準的空氣品質監測站，當地社區團體與幾所大學共同合作，安裝了 13 台感測設備。
- (2) 可監測 PM_{2.5}, O₃, NO_x 及 CO，自 2016 年開始積極監測，於 2017 年 8 月可在線提供實時數據，並提供給社區成員。

13. SCAQMD EPA STAR Grant

低成本的空氣品質感測技術將轉向低成本感測器網絡，與傳統的監測

網有所不同，SCAQMD 開始透過 AQ-SPEC 測試及評估低成本空氣品質感測器，並擴展到 US EPA Science To Achieve Results (STAR)資助，計畫主要需教育及授權加州地區的社區使用及應用低成本空氣監測系統。

二、美國 CES(美國消費性電子展 Consumer Electronics Show)

美國 CES 是北美最大的消費電子展，也為國際盛事，今(107)年的重點如圖 2-2所示，在全展區的產品主題依序為智慧家庭、無線裝置與零組件。而在 Eureka park 的排名則為智慧家庭、行動 APP 及健康與生技。而在 CES 的重要演講揭露了重要趨勢，分列如下：

- (一)自駕車：福特汽車公司將在未來致力於自駕車轉型，包括建立自駕車隊的商業平台、雲端數據平台與交通服務平台。不僅福特汽車公司，幾乎所有車廠包括 GM、Toyota、VW 等大廠，皆提出類似構想。
- (二)超級晶片：Nvidia 在 2018 Q1 發售 Xavier 硬體平台，亦即為自駕車準備的超級晶片。除此之外，還有全新軟體平台 DRIVE IX 與 DRIVE AR，前者為利用 AI 進行如臉部識別的工​​具，後者為利用 AI 進行擴增實境的工具。
- (三)量子運算商業化：Intel 宣布將轉型為資料公司，發展人工智慧晶片與量子運算晶片，將大大提升計算效能。IBM、微軟、Google 也同樣在量子運算發展上互相較勁。
- (四)智慧家庭與物聯網：三星公司以冰箱為智慧家庭中心，透過語音助理 Bixby 為智慧家庭人機介面的主要關鍵。目前語音助理還包括 Amazon 的 Alexa、Google assistant、Apple Siri 等，目前以 Alexa 的應用較為普及。

由此觀之，雖物聯網並非很明顯的主題，但智慧家庭、自駕車等，皆是應用物聯網為基礎建設。而人工智慧與物聯網的整合，AIoT，可能將透過超級晶片有大的突破，除自駕車外，未來可在環境物聯網的預警部分應用，本團隊將持續整理相關資訊。

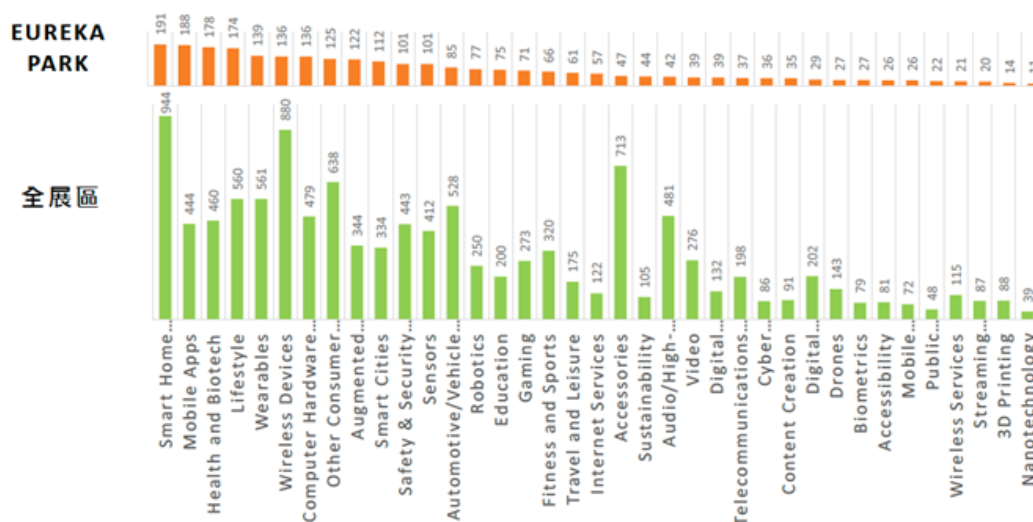


圖 2-2、本次北美 CES 展產品主題排名(資料來源：工研院 IEK)

三、韓國的物聯網建設計畫(Master Plan for Building the Internet of Things)

韓國的國家物聯網建設計畫願景為成為世界物聯網應用的領先國家，其目標如圖 2-3所示，如希望相較 2013 年的 2,700 就業人數，能在 2020 年能成長到 30,000 人。其計畫有四大策略，說明如下：

Type	2013	2020
Domestic market volume* expansion	KRW 2.3 trillion	KRW 30 trillion
No. of SMEs and mid-grade export businesses	70	350
No. of employees in SMEs and mid-grade businesses	2,700	30,000
Productivity and efficiency increase in user companies	30% increase	

* Market volume does not include the value-added impact of IoT applications to other industries.

圖 2-3、韓國物聯網目標

策略 1、在商業生態系中增加參與廠商彼此的合作機會(Increase Collaboration Among Players in the Ecosystem (SPNDSe))：利用 SPNDSe 框架，S 為支援中小企業的服務發展、P 為提供開放平台、N 為引出基礎設施投資、D 為增進感測器或感測裝置的競爭力、Se 為在服務發展時納入安全因素考量。其策略如圖 2-4所示。

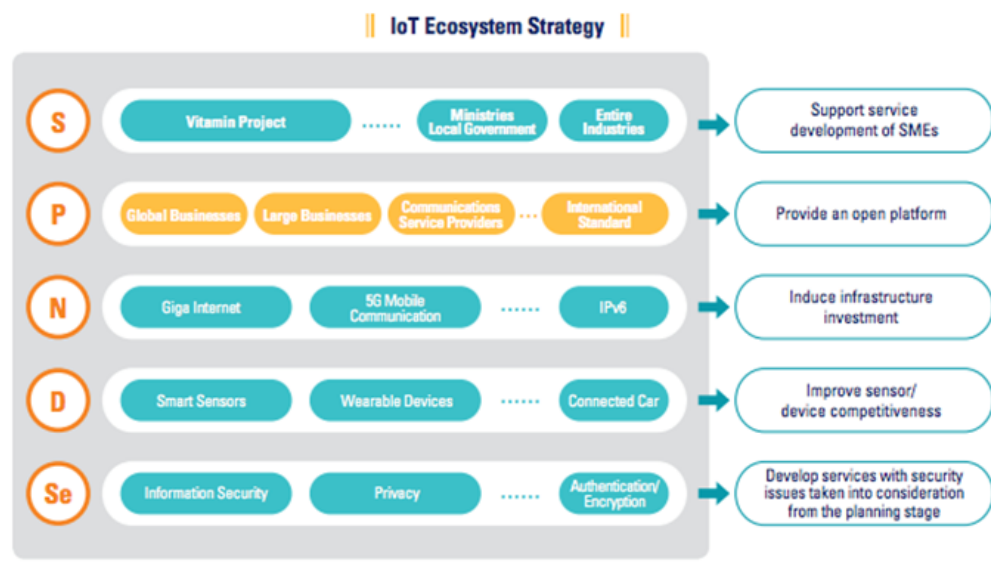


圖 2-4、韓國 SPNDSe 框架

策略 2、推廣開放創新(Promote Open Innovation)：透過開放平台，將感測器資訊整合，而後端服務則可有更好的創新發想，有別過去個別廠商自行發展服務與感測器收集資訊的方式。其策略如圖 2-5所示。

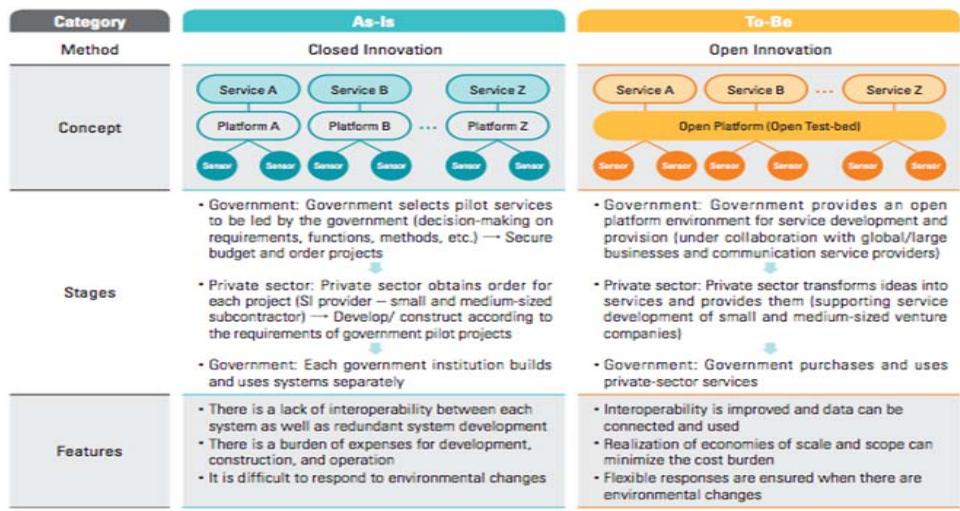


圖 2-5、推廣開放創新示意圖

策略 3、發展與擴張全球市場：由政府領頭，帶動產業與全球市場接軌。

策略 4、為大企業、中小企業與新創產業，發展客製化策略：此策略可用以保證不同屬性公司在平台的競爭優勢，以及商業成長。

在以上四大策略中，開放式創新平台與客製化策略可為我國借鏡，尤其是目前環境感測器剛起步，需要跨領域討論其應用可能方向。另外，韓國 KT 公司開始發展分鐘尺度的空氣感測科技¹，KT 公司為韓國重要電信公司，投資約 900 萬美元於韓國空氣地圖計畫(Air Korea Map project)，用以蒐集空氣品質資訊，KT 公司將利用該公司 450 萬根電信桿、33 萬座基地台、6 萬台公用電話亭與在韓國的 4000 間辦公室，作為空氣感測節點。

四、日本的 2017 年資訊與通訊白皮書²之物聯網發展部分

日本將物聯網視作大數據(Big data)的延伸，其推動概念如下圖 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：

(一) 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。

(二) 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。

¹ <http://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=19374>

² 日本總務省之情報通信政策：

http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/eng/whitepaper.html

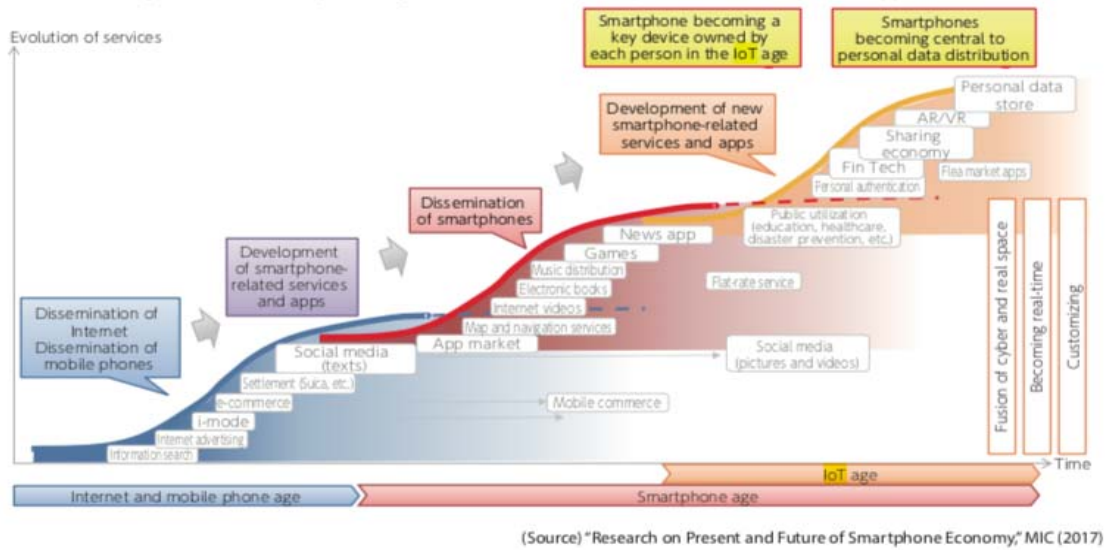


圖 2-6、日本物聯網推動概念

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。

五、歐盟對環境感測器之看法

歐盟是由健康角度出發看空氣污染，要避免如過敏等狀況發生，其對最近興起的空氣微型感測器的看法，為輔助法規測站為主，在過去相關空氣品質相關法令包括：

1. 80/779/EEC，限制 SO_2
2. 96/62/EC, 2008/50/EC，室外空氣品質
3. 源頭管理相關法令
 - (1) National emission ceiling directive
 - (2) Traffic emissions (EURO standard)
 - (3) Fuel quality directive
 - (4) Waste incineration directive

在這些空氣品質相關法令中，其管理目標大致為：

- (5) 定義監測或評估空氣品質的一般性方法。
- (6) 評估室外空氣品質以了解趨勢。
- (7) 建立全歐盟適用之空氣品質標準。

(8) 確認空氣品質資訊對大眾開放。

(9) 保持優良空氣品質，改善空氣品質差之區域。

對於微型感測器而言，歐盟注意的重點在應用微型感測器於健康議題上，需著重感測器數據的品質，故由硬體到軟體上，分為以下四個發展重點：

(1) 校準

(2) 數據品質

(3) 是否為開放系統

(4) 是否具有可追溯性

目前歐盟推動空氣感測器應用的相關組織如下，未來可持續關注其發展狀況，其領域從空污到氣候變遷，以及城市空污監測等範圍皆有：

(1) European Topic Centre for Air Pollution and Climate Change Mitigation (ETC/ACM)：<http://acm.eionet.europa.eu>

(2) CITI-SENSE: <http://co.citi-sense.eu>

(3) NILU: <http://www.nilu.no>

六、聯合國的推動狀況

現階段越來越多中低收入國家開始注重空氣品質，通常這些國家的標準監測站數量都非常少，因此低成本空氣品質感測器更顯的重要。聯合國環境署（UN Environment）正執行中低收入國家的空氣品質布建計畫，以目前而言，在全球氣象觀測（Global Atmosphere Watch, GAW）已布建包括全球測站、地區性測站等，如圖 2-7。

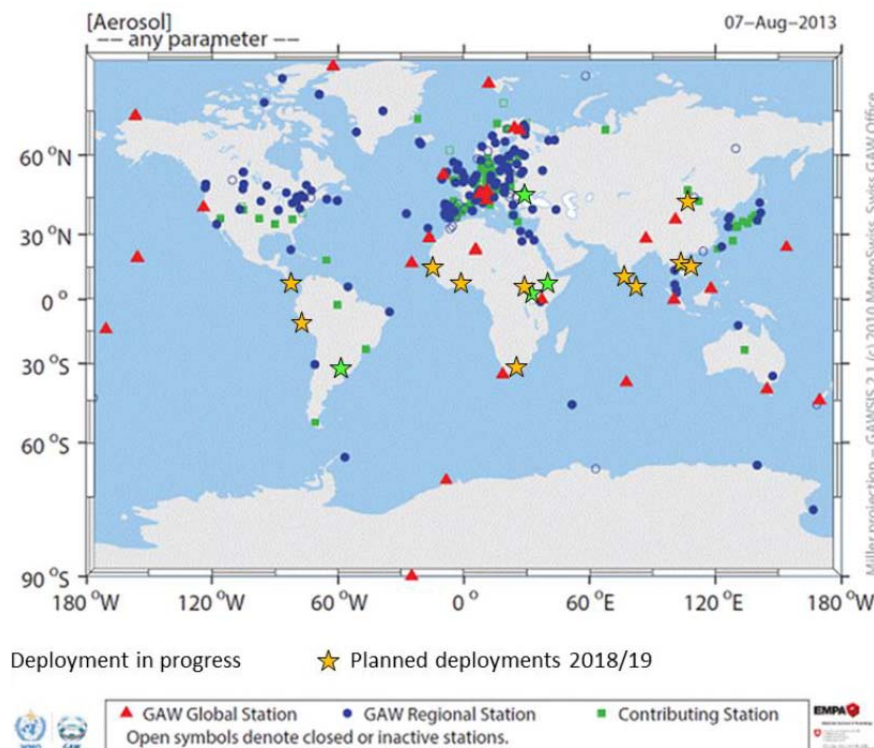


圖 2-7、GAW 目前布建現況

然而這樣的密度仍然不夠，目前正開始執行 101 計畫，布建低成本空氣品質感測器，這些感測器並非為了取代標準測站及比對，但感測器的資料品質仍然相當關鍵，目前可以感測 NO, NO₂, SO₂, PM₁, PM_{2.5}, PM₁₀，大概為鞋盒大小，相當容易布建，外型如下圖 2.8。



圖 2-8、UN Environment 低成本感測器

以上述感測器考量風向風速進行資料分析，發現交通對於空氣品質有明顯的影響，目前蒐集到的資訊是足夠決定污染熱點及污染源。這些落後國家在基礎建設的限制條件下，低成本的空氣品質感測器是可行的，期望未

來可透過此布建計畫用以輔助政策決策。聯合國推動空氣感測的重要時程如下：

1. 2017 呼籲各國在城市中做示範性研究(pilot study)。
2. 2017 UNEP 進行 low-cost device evaluation。
3. 推廣全球監測資料網路。
4. 未來期待有 30 個國家以上進行建置，今年將有五個國家進行 pilot 測試。
5. 2019 上半年將在非洲推廣，2019 後半年延伸到亞洲。

以下將以塞內加爾與迦納為例，說明在非洲地區的佈建狀況。塞內加爾的空氣品質監控中心是在 Urban Mobility Improvement Program, PAMU 計畫下成立的，執行單位為交通部。於 2009 年在首都達卡建立了 5 個空氣品質監測站，在 2017 年 11 月由建立了第 6 個測站，如圖 2-9。

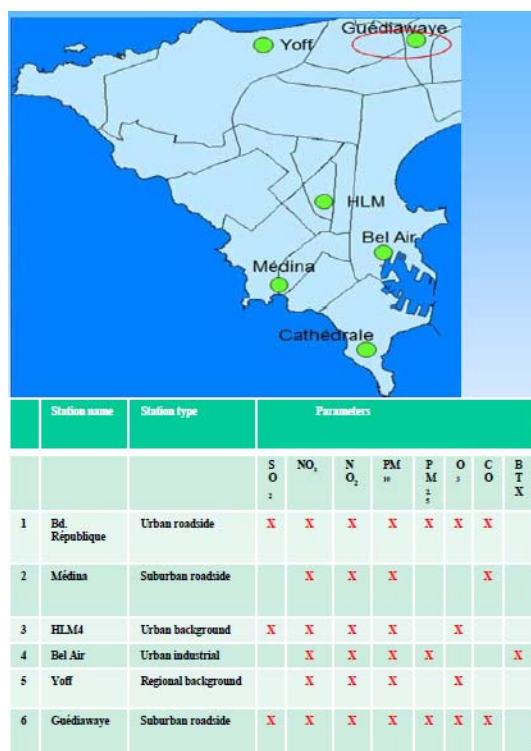


圖 2-9、塞內加爾空氣品質監測站

依據塞內加爾的空氣品質分析結果，以 PM_{10} 及 $PM_{2.5}$ 皆仍未達到世界衛生組織（WHO）及塞內加爾的標準，如圖 2-10 所示。若以季節區分，亦可發現在較乾燥的季節 AQI 指數較差，約在 11 月中至 4 月，如圖 2-11 所示。此外，可以發現在車流量較大的時段，PM 及 NO_2 濃度皆偏高。

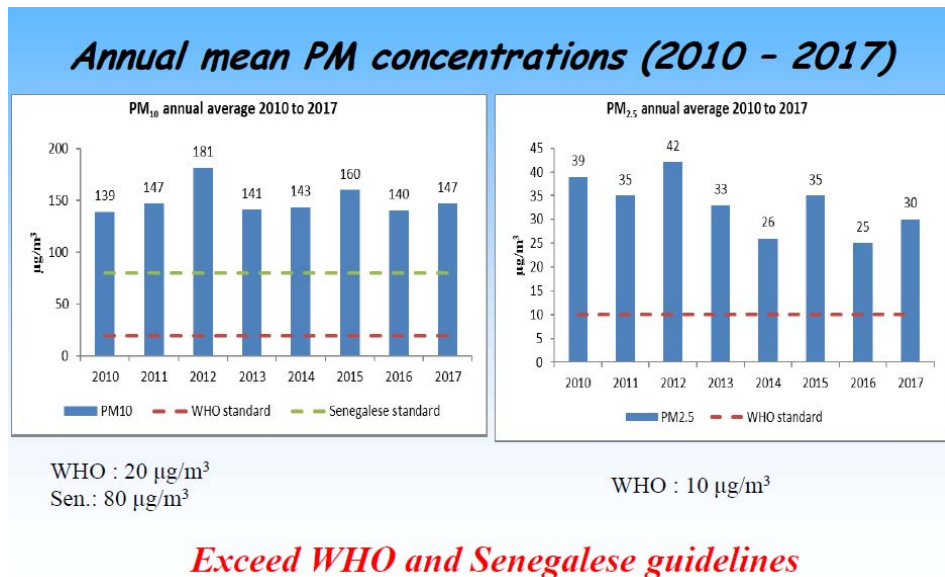


圖 2-10、2010~2017 年塞內加爾的 PM_{10} 及 $PM_{2.5}$ 監測數據

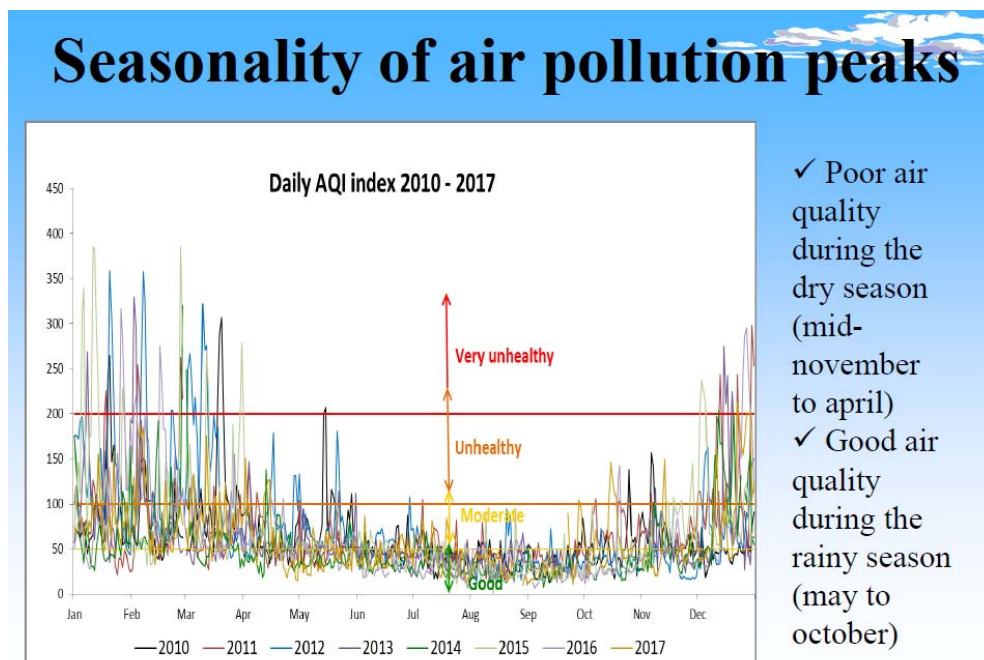


圖 2-11、2010~2017 年塞內加爾的空氣品質在季節內變化分析

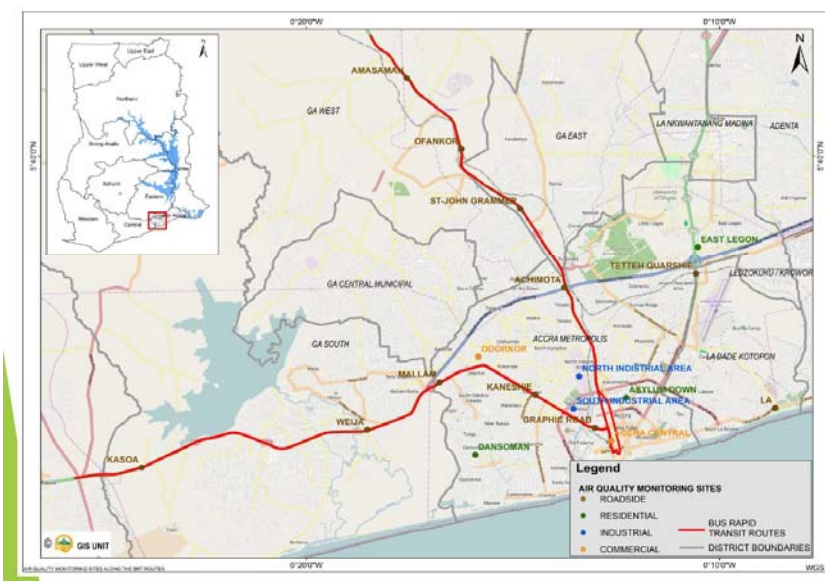
為了改善對空氣品質監測的缺乏，塞內加爾監控中心引進了可移動式的儀器應用於粒狀物、車輛排放污染及 VOC 的監測，然而，龐大的維運費用並非這些非洲國家可以支應的，故目前已向 UN Environment 提送一項計畫，希望獲得空氣品質感測器的支援。此外，目前亦透過 TER 及 BRT 大眾運輸系統的建立，希望可以改善空氣品質。

西非迦納亦逐漸認知到空氣品質污染對於人體健康危害有高度相關性，WHO 預估有 650 萬人的死因是由於不良的環境品質。在迦納首都阿克拉，每年有 2,800 人由於暴露於 PM 而死亡，預計未來在 2030 年甚至每年會超過 4,500 人，迦納環保署預估若執行新的 AQMP 計畫在 2030 年每年可以減少近 430 人的死亡。

目前迦納監測 PM 使用重量分析方法，每 6 天只有一個分析結果，尚未有法規級即時連續監測系統，且缺乏氣體污染物如 CO, SO₂, NO₂, O₃。遭遇的諸多挑戰如下：缺乏標準測站以校正及確認低成本感測器的數據，且無法處理大量由低成本感測器蒐集的數據。轉成 AQI 指標仍有困難。在資料品質不準確下，可能會誤導平均值。目前仍必須回到美國環保署的 NowCast 的每小時監測數據。

因此迦納開始採用低成本感測器輔助監測站在空間及時間上的不足，主要採用 Clarity Sensor 及 Purple Air Sensor，用以測量 PM。以 2018 年的迦納空氣品質監測網絡而言，共有 15 個標準重力採樣點，以及 23 台低成本感測器，如圖 2-12。在 2018 年的 8 月，迦納把所有低成本感測器放置在迦納環保署，並設置較高品質的參考設備以校正低成本感測器資料。預計於 2019 年，World Bank Pollution Management and Environmental Health (PMEH) 將在首都阿克拉設置 2 個標準級的測站（FEM），未來所有低成本感測器都可在此做校正及比對。

2018 EPA Ghana Air Quality Monitoring and Sensor Network



15 Standard Gravimetric Samplers:

- 5 hi-vol
- 11 mini-vol

Low-cost Sensors

- 18 Clarity Node-S
- 5 Off-line purple air

Sensors Located at 10 sites

- 4 permanent sites w/power
 - 1 hi-vol
 - 3 Clarity Node-S
 - 1 purple air
- 1 permanent site w/o power
 - 1 Clarity Node-S on solar
- 5 roadside cages w/o power
 - 1 Clarity Node-S on solar

Meteorology Units

- 3 installed at powered sites

圖 2-12、2018 迦納環保署空氣品質感測網

本團隊再根據資安、重要組織發展策略與重要趨勢等所收集之相關資料，總結以下內容：

一、物聯網資安

依 ITU-R 於 2015 年 7 月發布之 2020 至 2030 年國際行動通信流量(IMT traffic estimates for the years 2020 to 2030)預估，物聯網裝置於 2020 年將達到 70 億台、2030 年更會高達 970 億台，年均複合增長率達 30.1%，國外已有不少專家認知到未來這些設備的資訊安全問題。本報告參考國家通訊傳播委員會陳坤中科長與洪嘉璟技正的「2017 年物聯網資訊安全高峰會出國報告」，將與本計畫較相關的內容摘錄如後：

- (一) 因應物聯網的新形態安全考量：伴隨物聯網而來的是新型態的安全、隱私及合規性（compliance）挑戰。端點到端點的物聯網安全包含裝置安全（device security）、連接安全（connection security）及雲端安全（cloud security）等三個部分，首先必須確保物聯網裝置的安全配置及身分認證，再來是使裝置透過可信賴的安全協議（如 HTTPS、AMQP、MQTT）連接至雲端，最後則是確保在雲端處理及儲存數據時的安全性。
- (二) 給系統整合商的建議：Allegro Software 建議，系統整合商必須明確的

知道系統中連網裝置的數量、型態、位置，以及這些裝置所蒐集的資訊如何傳輸及儲存，並採取網路分割等方式降低系統風險，同時亦應建立事件應變計畫（Incidence Response Plan, IRP），規劃緊急事件處理流程與步驟，以降低事件發生時的損害。此外，Allegro Software 建議在產品內建「主動式（proactive）」的安全性功能，以硬體信任根（root of trust）、安全的參數與金鑰儲存、安全的裝置更新、營運數據安全性、存取控制與金鑰管理、監控及矯正、經認證的加密方式等七個主動式要素，提升物聯網裝置的安全性。

- (三) 以人工智慧作物聯網的免疫系統：考量到物聯網將會成為漏洞的溫床，而傳統特徵碼的防禦工具將無法抵擋這些未來的威脅事件，且物聯網裝置的種類極度多元化，每個類型的裝置都有其獨特性，Darktrace 將人類的免疫系統概念運用到物聯網裝置的資安防禦。每個人體的免疫系統都因個人情況而有所差異，就如同物聯網系統的各式各樣裝置般，Darktrace 藉由機器學習的方法，及時自動化地探勘所有連網設備的封包數據，並分析大量數據的關聯性及規律性，建構獨一無二的使用者防護免疫系統，偵測異常行為以達成識別威脅的目的，降低暴露在未知威脅中的風險。Darktrace 的防護免疫系統方法，最重要的部分是識別異常行為，舉例來說，當一個連網魚缸、無線攝影機向外發送大量的數據或是不尋常的連結時，免疫系統就會識別異常行為，並開始分析該次異常的來源（如連網魚缸、無線攝影機）及駭客攻擊的目標（如竊取企業機敏性資料、使用者帳密），並進行防禦與保護。
- (四) 美國國防部的考量：美國國防部（Department of Defense, DoD）認為在產品開發的設計階段就應該考量資安議題，並在晶片、連網裝置及系統層級灌輸信任和安全機制，以減輕各種漏洞、威脅的影響。近年來，DoD 及 JHU-Applied Physics 實驗室，嘗試將可靠的測量及認證（Measurement & Attestation, M&A）資源引入受限物聯網系統，對個別系統進行完整體性的安全評估。信任框架包含完整性（completeness，足夠的數據量）、新鮮度（freshness，近期的系統狀況）、語義明確性（semantic explicitness，足以做出有效的決定的證據）、真實性（authenticity，確定證據來自被評估的目標）、正確性（correctness，值得信任的數據）、保護（protection，防止數據被破壞）、
-

靈活性（flexibility，支援多種認證協議）、可用性（usability，蒐集的數據經處理可做出有用的決定），該研究論文已被 IEEE/ACM 及產業會議所接受。

- (五) 美國國家標準技術研究所（NIST）與國土安全部（DHS）協助打造安全的智慧城市：虛實整合系統（Cyber-Physical System, CPS）與物聯網智慧型裝置近年來開始被應用於改善城市及社區服務，這些龐大數量的 CPS 及物聯網裝置快速進入市場並逐漸普及，但是卻缺乏具備智慧城市/社區長期發展所需的安全架構及考量，因此美國國家標準技術研究所（NIST）與國土安全部（DHS）正密切合作，期打造安全值得信賴的智慧城市。其中，NIST 與國土安全部所擔任的角色略有不同，NIST 主導制定的網路安全框架主要是以定義關鍵基礎設施為目標，而國土安全部則是以非管制的觀點切入，並致力於促進政府單位及關鍵基礎設施在短時間內導入資訊長（CIO）及資安長（CISO）的功能。同時，透過 NIST 正在推動的「全球城市團隊挑戰博覽會（Global City Teams Challenge, GCTC）」計畫，鼓勵參加團隊將網路安全及隱私保護，視為設計及實現智慧城市的優先考量因素。

另外，摘錄 BBC 新聞報導³，澳大利亞政府預計將基於國家安全理由，禁止中國電信企業華為（Huawei）參與該國的 5G 網絡建設競標，我國在進行物聯網基礎建設時，宜注意各項協定與設備背後的最大推手。

二、世界氣象組織(World Meteorological Organization)對微型感測器的回顧與未來看法

- (一) 校準與品質保證/微型感測器的品質控制: LCS (Low cost sensor, 微型感測器)設備的用戶非常廣泛，用戶（和應用程序）必須決定所需的數據品質水平。例如，LCS 設備的定位為業餘愛好/消費性設備，它的運用定位遠低於用於操作空氣污染管理或控制的需求。品質控制是針對布建 LCS 在感測器網絡期間，監控 LCS 長期性能以確保其軌跡保持在校準的行為下。當 LCS 需要校正或移除並進行重新校準時，能協助通知相關者。LCS 的使用壽命有限就如同對應他們的參考儀器一樣，但對於許多 LCS 尚無法確認，並且可能絕大部分取決於布建 LCS 的所在

³ https://www.bbc.com/zhongwen/trad/chinese-news-44537688?ocid=socialflow_facebook

環境。高污染環境會導致 PM 感測器受到污染，低濕度環境會導致電化學氣體傳感器的靈敏度衰減，品質控制是最終確定感測器壽命結束的方法。如果使用它們在一段足夠長的時間內，使用者可以應用品質控制的統計數據來定義 LCS 的壽命終止時間。有幾個參數需要隨時監測，包括基線漂移（截距的變化）和靈敏度的變化（例如斜率的變化）。如果這些值是已知的或可以計算出來的，則數據可以通過數據後處理（數據校正）隨時間進行校正。文獻中提出了幾種品質控制方法：一種方法是周期性地將 1 組 LCS 與附近（但不是同一群的）參考監測系統的值進行比較。第二種方法是利用區域大氣化學知識與少量定位點（參考站）結合，進行遠距離校正。同樣，以氣體傳輸現象為基礎的統計導向品質控制檢查，可以提供關於局部區域網絡內感測器間相對差異的訊息。

- (二)感測器效率評估：跟一般的分析儀器一樣處理，包括經常性的校正，過一段時間數據會漂移，敏感度跟選擇性也會變。應用時考量重點：
1. 溫度、濕度、污染物濃度
 2. 偵測極限與範圍(ceiling values)
 3. 在不同環境下的穩定度，如室外、室內、個人、移動感測等
 4. 在移動應用時(Mobile application)，需注意到移動對感測器的影響。
- (三)對未來應用的建議：製造商應該盡量提供感測器資訊，包括特性、系統效能與現地測試結果，有助於感測領域的發展。感測器的生命週期與衰減期資訊是需要的。演算法跟資料處理方式對使用者必須公開透明。

三、重要發展趨勢

- (一)國際數據資訊公司(IDC)⁴預測 2022 年，物聯網投資將達到 1.2 trillion 美金，其重點包括 V2V(Vehicle to vehicle)與 V2I (Vehicle to Infrastructure)，目前環境物聯網可考量與此趨勢相結合，將空氣品質感測器與車聯網整合。

- (二)LPWA (Cellular and non-cellular low power wide-area) network⁵年增長

4

<https://www.iottechnews.com/news/2018/jun/19/iot-worldwide-spending-hit-12-trillion-2022-says-idc/>

5

<https://www.iottechnews.com/news/2018/jun/18/battle-standardisation-driving-rise-lpwa-network-connections-research-finds/>

率在 2023 年將達到 53%。目前流行的 LPWA 通訊協定包括了，NB-IoT, CAT-M, Sigfox 與 LoRa，現行協定眾多，故環境物聯網的規劃都需模組化，以因應未來汰舊換新的需求。

2.1.2 我國發展策略與推動措施建議

由 2.1.1 節的國際發展趨勢，可認知到目前我國的環境物聯網發展，在現階段居於領先地位，如美國真正大規模佈建，於 2017 年在加州才開始實行，而聯合國目前也在試驗階段，先在大城市試驗可行性，並先由非洲開始，未來才要逐漸推到亞洲。

然而，目前國際趨勢，尤其是美國與聯合國的發展方向，為建立全球性的空氣監測網後，利用物聯網獲取的大數據，發展全球空污監測地圖，與人體健康議題連結，或發展污染管理策略，並再透過移動性感測器的發展，拓展環境物聯網的應用，故未來美國與其他國家，可能會後來居上，超越我國現有進度。

去(106)年相關計畫以我國全方位環境感測物聯網方案角度，考量我國國情特性，以基礎建構、整合布建、智慧應用及創新加值為基礎，朝向三大目標進行物聯網建置：(一)建構全國空氣品質感測物聯網；(二)完成全國水體品質感測物聯網；(三)健全新世代環境執法智慧化作業體系，並依據其短中長期的發展策略擬定布建策略、推動措施，在此基礎上，應再加入以下元素：

(一) 與健康風險相關議題以及污染管理的連結，以落實物聯網的應用領域，進而能成為可行的商業操作模式。

(二) 加入移動性感測器的創新應用，擴增物聯網應用，吸引跨領域的商業應用。

(三) 導入與導出國際性空氣監測網資訊，令國內數據能成為全球空氣監測網的一員，也利用全球空氣污染資訊，作為我國污染預測或趨勢之參考資訊。

另外，物聯網已慢慢成為新一代資訊科技的基礎建設，而不同屬性的服務應用將會是主要重點，如以目前中央與地方合作布建模式來看，或可如圖 2-13 所示，根據都市狀況不同進行策略研擬。

本團隊今(107)年將以空氣品質物聯網為主，並配合前瞻基礎建設期程，

規劃 3 年的(107-109 年)發展策略與推動建議，本計畫建議以下述角度進行：

- 一、公私部門角色：如韓國策略，政府如何帶動產業、甚至產業生態系。
 - 二、我國特色與技術定位：我國以硬體為主，或許會由環境感測器出發，與後端服務進行整合。
 - 三、產業化促成：可能學習韓國或荷蘭的開放性創新方式，促成產業化。
- 以上方向將於計畫正式執行時，與署內討論修改之。

區位	策略聚焦	生活型態特色/問題	核心能力建議
雙北地區	便利城市	- 十年前開始推動電子票證(悠遊卡)、Youbike、聰明公車等交通應用，人口密度全台最高、交通壅塞 - 居住人口最多，地理位置涵蓋南港、內湖科技園區、國家生技研究園區等，適合知識型產業發展	- 效率運輸 - 創新創業 - 永續長照
桃園地區	新創城市	- 政策支持亞太矽谷創生態圈 - 台灣航空樞紐距離亞洲各大城市不超過三小時，具備連結亞太網絡的交通區位條件	- 創新創業 - 智慧物流
新竹地區	年輕城市	- 新竹科學園區具電子產業群聚，科學園區智慧化具全球標竿 - 竹北市全台扶幼比例最高，營運高鐵生活圈可複製至其它國家新興城市	- 智慧園區 - 效率運輸
台中地區	安全城市	2014年消防安全、警政治安等7大類30項安全指數體檢，台中市是唯一治安亮紅燈的六都城市 - 全台金屬加工產業(板金、鑄造)與機械關鍵零組件(滑軌、螺桿、控制器)等產業聚落相關產業超過16萬的就業人口	- 安心安全 - 智慧園區
台南地區	健康城市	- 耕地面積全國第一，為台灣農產主要城市，農產品追溯、產銷監測重要性高 - 空氣中總懸浮微粒濃度全台排名第二	- 食品追溯 - 環境改善
高雄地區	低碳城市	- 空氣中總懸浮微粒濃度全台最高，汙染嚴重 - 高屏地區具備得天獨厚的日照條件，重工業群聚可發展回收型再生能源 - 高雄港為台灣首要海運樞紐，港口貨物吞吐量占台灣整體港口貨物吞吐量二分之一，智慧物流重鎮	- 環境改善 - 能源效率 - 智慧物流

圖 2-13、都會區的策略聚焦可能性(資料來源：工研院 IEK)

在技術部分，本團隊亦注意到以下趨勢，可能影響環境物聯網未來發展：

- 一、新的 V2V, V2I，將帶動由目前固定感測器的物聯網發展，延伸到移動感測器物聯網發展。
- 二、現行感測數據與民生的配合，包括穿戴式裝置的整合。
- 三、全球智慧城市逐漸發展，環境物聯網可以 Infrastructure 的概念進行整合，包括 V2I 等方式與智慧城市應用結合。

因此，本團隊建議未來發展主軸可包括三項主題：1. 智慧整合應用 2. 自動化後勤維護 3. 基礎資料建立與國際化連結。以下將一一分述之。

1. 智慧整合應用

A. 固定式的物聯網資訊整合其他資訊：如家戶與產業配合智

慧城市議題與穿戴式載具等。

- B. 移動式的物聯網資訊整合其他資訊：包括一般車輛、公務車與車聯網的整合。如結合電動機車，由於電動機車不排放污染，故所在地偵測的污染是該地點其他汽機車排放。
- C. 連結健康議題，利用物聯網裝置建立在地評估模式等方式，再進一步探討可行的物聯網商業運行模式，如健康照護 e 化或保健產業連結。

2. 自動化後勤維護

- A. 損害警示：如模式建立，透過從統計模式或類神經自動判別感測器的損害情形等，提升物聯網產品壽命。
- B. 更換維護：發展半自動維護，如利用無人機等方式，減少人力成本。

3. 基礎資料與國際化連結

- A. 配合重大政策，如 5+2 政策，建立可用的 open data
- B. 配合既有基礎資料，如人口統計最小區位，建立 open data：跟實價登錄結合，某些地方污染高可能房價會變更低。
- C. 將以上兩點作空間化或非空間化的資料，與國際空氣監測網路連結。

2.2 規劃全國空氣品質感測器布建點藍圖，並提出效益預測

此部份在於規劃全國空氣品質感測器布建點藍圖，並提出效益預測。去(106)年相關計畫已針對不同目的分為四類感測點，如下圖 2-14所示：

- 一、工業感測點：用以監控工廠密集區域。
- 二、交通感測點：用以監控交通繁忙區域，監測汽機車等載具產生的空氣污染。
- 三、社區感測點：設於大型污染源附近的社區，以保護民眾。
- 四、輔助感測點：設於人口稀少地區。



圖 2-14、空品感測點四大類型

其布建順序將依密集監測、加強保護、精進品質與輔助管理四個目標進行。與傳統的選址問題不同，去(106)年布建概念為，在布點成本下降後，若提升國內對空氣污染的解析度，在不同縣市的布點數量推估。分析結果如下：

- 一、統計 300 平方公尺布建點落於工業區處之數量，約 4,790 點。
- 二、統計 300 平方公尺布建點落於交通區處之數量，除考量人口密度每平方公里 10,000 人以上地區外，且先以考慮省道附近為主，故約 708 點。
- 三、統計 1,500 平方公尺布建點落於社區之數量，將包含社區感測點與特殊感測點的布建範圍，約 3,935 點。
- 四、統計 5,000 平方公尺布建點落於偏遠區之數量，約 767 點。

今(107)年本團隊擬以以上基礎，再依據與地方政府合辦布建感測器之需求，以輔助智慧稽查為主要目標，調整感測器之布建密度調整成果如下：

- 一、工業區密度由 300 公尺提升至 200 公尺，107 年已布建 1820 點，規劃 108~109 年可再布建 5,269 點。
- 二、統計 106~107 年交通區已布建 468 點，108~109 年暫不須增加點數。
- 三、統計 106~107 年社區已布建 941 點，108~109 年可再布建 1,649 點。
- 四、統計 106~107 年輔助區已布建 71 點，108~109 年暫不須增加點數。

本團隊再由 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 1000 公尺為緩衝區繪製，並加入事業機構落點，以便觀察。其結果如圖 2-15、2-16 及 2-17 所示。由結果來看，事業機構部分，目前多會落在擬定選址之工業區監測範圍內，但有兩處例外，一處為台中市中龍鋼鐵附近，一處為高雄市興達發電廠，建議後續可再協商地方環保局對此兩處範圍加強布點，以利後續事業機構的空污分析。

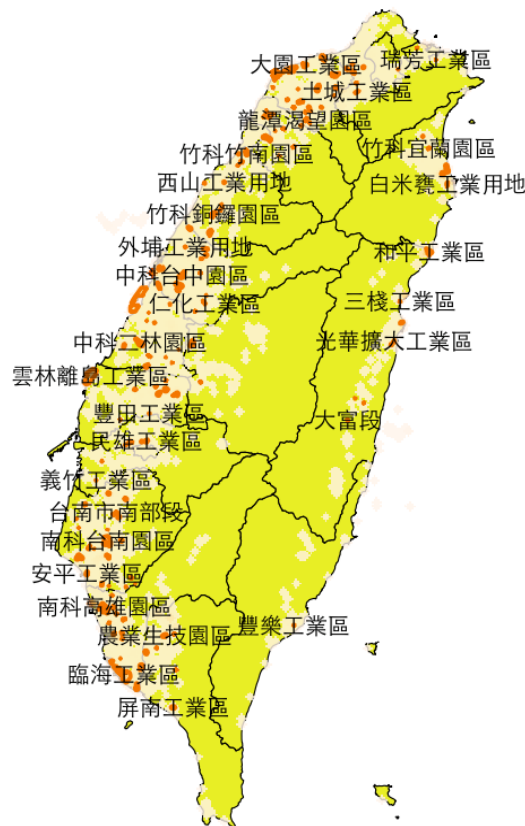


圖 2-15、TEDS 資料庫背景輔助選址分析

2.3 掌握國內業者、地方政府之空氣品質感測器自主布建現況

環境品質監測需求日益增高下，國內政府單位積極發展推動空氣品質物聯網布建計畫，擬定布建策略並逐步落實；公部門布建部分，環保署積極推動「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」，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，目前環保署及環保局已於 14 個縣市合計布建 3,300 台，以監控工業區、周邊社區及交通密集區；此外，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將落實校園及社區布建，目標於 109 年新設與汰換空氣品質感測器共 10,100 台，去(106)年及今(107)年已配合 17 個縣市政府共新設與汰換 2,347 台空氣盒子。本團隊初步彙整公部門布建現況如下表 2-2。

表 2-2、公部門空氣品質感測器布建現況(截至 107 年 12 月)

布建位置	類型/地區	布建點數	感測項目	感測器廠牌 型號	布建年度/ 單位
桃園市觀音工業區	新設/工業區	100	PM _{2.5} 、CO、O ₃ 、 VOC、溫濕度	柏昇 1 號	106 年度/環保署
新北市鶯歌地區	新設/都會區 及交通路口	78	PM _{2.5} 、CO、O ₃ 、 VOC、溫濕度	柏昇 1 號	106 年度/環保署
高雄市大林蒲地區	新設/敏感環境	22	PM _{2.5} 、CO、O ₃ 、 VOC、溫濕度	柏昇 1 號	106 年度/環保署
台中市	新設/工業區 社區、交通	500	PM _{2.5} 、CO、O ₃ 、 VOC、溫濕度	柏昇 2 號	106 年度/環保署
宜蘭縣	新設/工業區	100	PM _{2.5} 、溫濕度	柏昇 2 號	107 年度/環保局
基隆市	新設/工業區 社區、交通	100	PM _{2.5} 、溫濕度	柏昇 2 號	107 年度/環保局
新北市	新設/工業區 社區、交通	100	PM _{2.5} 、溫濕度	柏昇 2 號	107 年度/環保局
桃園市	新設/工業區 社區、交通	400	PM _{2.5} 、溫濕度	柏昇 2 號	107 年度/環保局
新竹縣	新設/工業區 社區、交通	200	PM _{2.5} 、溫濕度	維新應用	107 年度/環保局
新竹市	新設/工業區 社區、交通	150	PM _{2.5} 、溫濕度	柏昇 2 號	107 年度/環保局

布建位置	類型/地區	布建點數	感測項目	感測器廠牌型號	布建年度/單位
苗栗縣	新設/工業區社區、交通	200	PM _{2.5} 、溫濕度	柏昇 2 號	107 年度/環保局
雲林縣	新設/工業區	150	PM _{2.5} 、溫濕度	柏昇 2 號	107 年度/環保局
嘉義縣	新設/工業區社區、交通	100	PM _{2.5} 、溫濕度	柏昇 2 號	107 年度/環保局
嘉義市	新設/工業區社區、交通	200	PM _{2.5} 、溫濕度	柏昇 2 號	107 年度/環保局
台南市	新設/社區、交通	100	PM _{2.5} 、溫濕度	柏昇 2 號	107 年度/環保局
高雄市	新設/工業區社區、交通	500	PM _{2.5} 、溫濕度	捷思環能	107 年度/環保局
屏東縣	新設/工業區社區、交通	300	PM _{2.5} 、溫濕度	柏昇 2 號	107 年度/環保局
新竹市	新設/中小學	50	PM _{2.5}	LASS FT/AirBox v2/MAPS	106 年/教育部/中研院
嘉義市	新設/中小學	50	PM _{2.5}	LASS FT/AirBox v2/MAPS	106 年/教育部/中研院
雲林縣	新設/中小學	193	PM _{2.5}	LASS FT/AirBox v2/MAPS	106 年/教育部/中研院
嘉義縣	新設/中小學	180	PM _{2.5}	LASS FT/AirBox v2/MAPS	106 年/教育部/中研院
金門縣	新設/中小學	27	PM _{2.5}	LASS FT/AirBox v2/MAPS	106 年/教育部/中研院
基隆市	新設/中小學	59	PM _{2.5}	LASS FT/AirBox v3/MAPS	107 年/教育部/中研院
宜蘭縣	新設/中小學	107	PM _{2.5}	LASS FT/AirBox v3/MAPS	107 年/教育部/中研院
花蓮縣	新設/中小學	126	PM _{2.5}	LASS FT/AirBox v3/MAPS	107 年/教育部/中研院
台東縣	新設/中小學	118	PM _{2.5}	LASS FT/AirBox v3/MAPS	107 年/教育部/中研院
屏東縣	新設/中小學	230	PM _{2.5}	LASS FT/AirBox	107 年/教育

布建位置	類型/地區	布建點數	感測項目	感測器廠牌 型號	布建年度/ 單位
				v3/MAPS	部/中研院
新竹縣	新設/中小學	135	PM _{2.5}	LASS FT/AirBox v3/MAPS	107年/教育部/中研院
苗栗縣	新設/中小學	159	PM _{2.5}	LASS FT/AirBox v3/MAPS	107年/教育部/中研院
澎湖縣	新設/中小學	51	PM _{2.5}	LASS FT/AirBox v3/MAPS	107年/教育部/中研院
連江縣 馬祖	新設/中小學	8	PM _{2.5}	LASS FT/AirBox v3/MAPS	107年/教育部/中研院
台北市	汰換/中小學	199	PM _{2.5}	LASS FT/AirBox v3/MAPS	107年/教育部/中研院
新北市	汰換/中小學	323	PM _{2.5}	LASS FT/AirBox v3/MAPS	107年/教育部/中研院
高雄市	汰換/中小學	332	PM _{2.5}	LASS FT/AirBox v3/MAPS	107年/教育部/中研院

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 2,000 台，即時監測資訊皆可於 g0v 零時空汙網⁶察看，如下圖 2-18。

⁶ 參考資料：<https://airmap.g0v.asper.tw/>

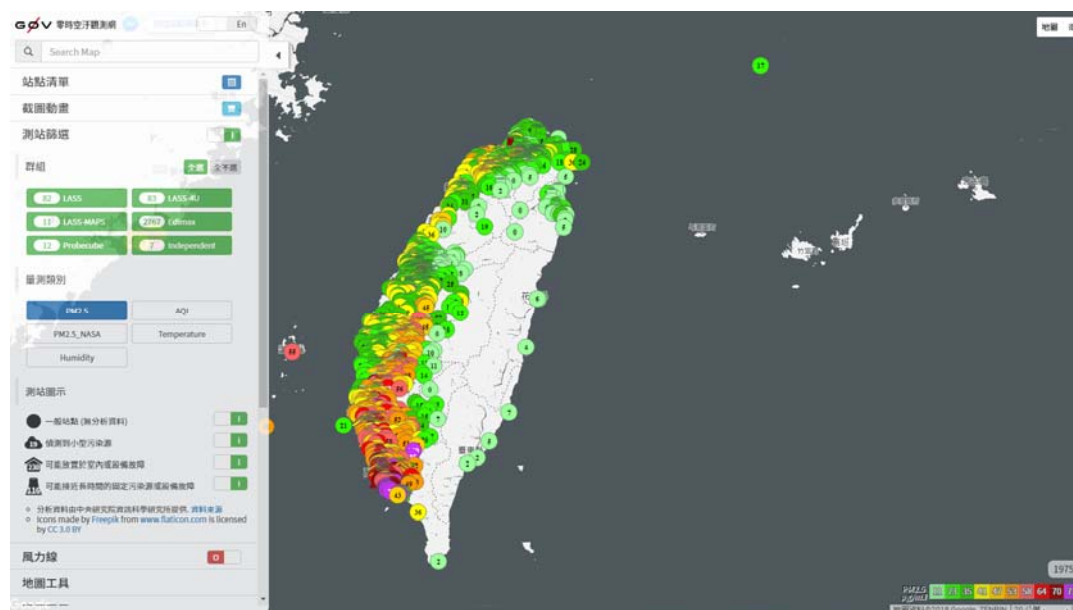


圖 2-18、微型空氣盒子即時監測數據(<https://airbox.edimaxcloud.com/>)

本團隊計畫執行期程已持續蒐集全國業者、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，以掌握國內布建現況如表 2-3。目前縣市布建之感測器數據是依循環保署針對感測器數據品質之要求執行，包含感測器型號必須通過型式驗證，布建至場域之感測器必須全數至標準監測站執行一致性比對，每季進行巡檢，環保署或環保局委託第三方進行查驗等機制，並提供私部門參考，但並未要求其感測器必須依循本流程執行。

表 2-3、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	感測器廠牌	布建時間	新聞發布時間	布建現況資訊
1	臺北市	300 以上	台北市信義路、仁愛路	人車流監控 空氣品質監控 行動網路微型基地站 智慧路燈	台灣大哥大 億光電子		2018/8/2	台灣大宣布全台 NB-IoT 物聯網服務正式商轉，智慧城市應用再下一城，將攜手億光(2393)及台北市政府，於台北市信義路、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，成為第一個在台北市引進 NB-IoT 智慧路燈的業者，並可望成為全台北市最大的物聯網平台，未來台灣大期望複製北市的成功經驗，輸出至全台各地，以智慧路燈串連全台，加速台灣邁向智慧島的腳步。
		300	1.北市國小 2.社群機構 3.台北市環保局 4.一般消費者	1.溫度 2.濕度 3.PM _{2.5}	1.中研院 2.瑞昱半導體股份有限公司 3.華碩雲端股份有限公司		2016/3/25	臺北市政府為了智慧城市的發展，與中研院、瑞昱、華碩合作，推出空氣盒子感測裝置，可感測包括溫度、濕度，及 PM _{2.5} 等濃度等環境數據，目前已經在臺北市發放 300 個空氣盒子，其中 150 臺裝設於北市國小，50 臺提供給社群機構，50 臺提供給北市環保局作為對照偵測所用，另有 50

序號	單位	布建數量	布建的位置	感測的種類	感測器廠牌	布建時間	新聞發布時間	布建現況資訊
								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（簡稱 C-Bike）運量已突破 1,500 萬人次，今年完成 300 站，上看 450 萬人次，更導入物聯網概念，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	400	工業區	1.PM _{2.5} 2.揮發性有機物 (VOCs) 3.溫度 4.濕度		2018/8/31 布建完成		將於平鎮、龜山、大園、觀音等 4 個工業區及華亞科技園區、龍潭科學園區設置 400 個空氣品質感測器。
		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，在全市 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，民眾只要下載 App 就能監看各地空氣品質資訊。

序號	單位	布建數量	布建的位置	感測的種類	感測器廠牌	布建時間	新聞發布時間	布建現況資訊
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.臺中市公立國小 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	臺中市的空氣盒子部分由業者捐贈，共有 232 個，全面建置在公立國小，與 16 個空品監測站結合，而空氣盒子若沒有校正，數據容易受到濕度、其他污染源影響，必須經過一段時間追蹤、校正後，才可廣泛運用。
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.華碩雲端股份有限公司 2.研揚科技股份有限公司	2016/10/31	2016/9/27	嘉義縣政府與華碩雲端、研揚科技業者合作，在縣內布建業者提供的 180 個空氣盒子，強化監測細懸浮微粒 (PM _{2.5}) 濃度。
8	南投縣	88	風景區	PM _{2.5}	暨南大學資管系		2018/3/26	南投雖有好山好水，但因山勢、盆地、河谷等地形因素，導致空污容易沉積，單點大型測站雖能瞭解區域性空氣品質，卻無法提供貼近民生的空污資訊，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，在中部布設掌握小區域空氣品質，盼藉此找出 PM _{2.5} 減量對策，團隊研發的空污微型感測器正廣

序號	單位	布建數量	布建的位置	感測的種類	感測器廠牌	布建時間	新聞發布時間	布建現況資訊
								泛、深入街頭巷尾即時監測。在縣府和環保署協助下，南投已有 88 處。
9	雲林縣		虎尾鎮	1.PM _{2.5} 2.溫度 3.濕度	1.訊舟科技公司 2.中研院合作		2018/4/10	雲林縣虎尾鎮公所安裝空氣盒子，透過 APP 隨時掌握空氣品質。「空氣盒子 EdiGreen AirBox」計畫由民間業者和中研院合作，提供實體監測器材 AirBox 空氣盒子，用於感測 PM _{2.5} 和溫度、濕度等資訊，再將收集到的資訊上傳到雲端平台，整合 Google Maps 地圖，讓使用者能透過網頁或手機 App 來隨時監看各據點的空氣品質資訊。

(資料來源：本團隊彙整)

2.4 蒐集國內各式空氣品質感測器資訊，提出其最佳感測情境或環境，並比較各式感測器數據如須調校為一致之方式建議

本工作項目主要在於蒐集國內各式空氣品質感測器資訊，提出其最佳感測情境或環境，並比較各式感測器數據，如須調校為一致之方式建議，必要時需實地量測。

一、市售感測器性能測試

本團隊因應市場上眾多感測器品牌與效能的不同，為協助一般民眾與使用者了解所用感測器之性能品質，協助業者瞭解後續進行性能測試之作法，於 107 年 5 月 18 日召開市售空氣品質感測器廠商說明會相關出席單位如表 2-4，以協助業者瞭解環保署後續進行性能測試之作法。本次環保署性能測試主要是針對目前常見之市售 PM_{2.5} 感測器，測試作業將委託由工業技術研究院量測中心辦理空氣品質感測裝置性能測試驗證作業，相關測試成果將公佈於環保署相關網站供一般民眾參考。希望藉由說明會與相關廠商及業者充分溝通，以利後續性能測試與資訊公布順利推動完成。

表 2-4、市售空氣品質感測器廠商說明會廠商列表

序號	廠商名稱
01	漢威聯合股份有限公司
02	承凡實業有限公司
03	聯齊科技股份有限公司
04	銘祥科技實業股份有限公司
05	台灣賽默飛世爾科技股份有限公司
06	樂珈烙有限公司 Origins Air
07	鈺威科技有限公司
08	翰昇環境科技股份有限公司
09	維新應用科技股份有限公司
10	柏昇科技股份有限公司
11	訊舟科技股份有限公司

二、各感測項目之生產國別及我國研發情形

目前國內空氣品質感測器之感測項目模組，除了噪音是利用國內既有成熟設備外(麥克風)，其他都是仰賴國外的感測元件。其中大部分來自歐洲國家技術(如溫溼度-瑞士，CO、NO₂ 及 VOC-英國)，另外 PM_{2.5} 則來自歐洲及中國大陸的供應商。國內自 106 年起已積極投入感測模組的開發，

科技部工程司已投入資源研發 CO、CO₂、NO_x、O₃ 及 SO₂ 等感測元件，而經濟部技術處也投入 PM_{2.5} 及 CO 的研發工作，預計 108 年中可投入國內廠商技轉及量產。

裝置於戶外之空氣品質感測器，感測項目可依需求組裝，本團隊目前蒐集各感測項目之生產國別及我國研發情形，詳如表 2-5。

表 2-5、空氣品質感測器之感測元件生產國別及我國研發情形

感測元件	國別	廠牌型號	我國研發情形(目前已知)
溫度	我國	乾坤科技(高階)	
	瑞士	SENSIRION	
濕度	我國	積創科技(高階)	
溫溼度整合	瑞士	SENSIRION	
	美國	TI (Texas Instrument)	
	瑞士	ST Microelectronic	
	美國	Silicon Labs	
PM _{2.5}	英國	Alphasense	
	瑞士	SENSIRION	
	日本	Sharp	
	日本	panasonic	
	日本	Shinyei Kaisha	
	中國大陸	plantower	
	中國大陸	Nova fitness	
	我國研發中		經濟部技術處委託
CO	美國	SPEC Sensor	
	瑞士	SGX Sensor tech	
	英國	Alphasense	
	英國	City Technology	
	英國	DD Scientific	
	法國	Cairpol	
	日本	Figaro	
	日本	Nemoto	
	中國大陸	Winsen	
	我國研發中		經濟部技術處委託
	我國研發中		科技部委託
O ₃	美國	SPEC Sensor	
	瑞士	SGX Sensor tech	
	英國	Alphasense	
	英國	City Technology	
	英國	DD Scientific	
	法國	Cairpol	
	日本	Figaro	
	日本	Nemoto	
	中國大陸	Winsen	
	我國研發中		科技部委託

表 2-5、空氣品質感測器之感測元件生產國別及我國研發情形(續)

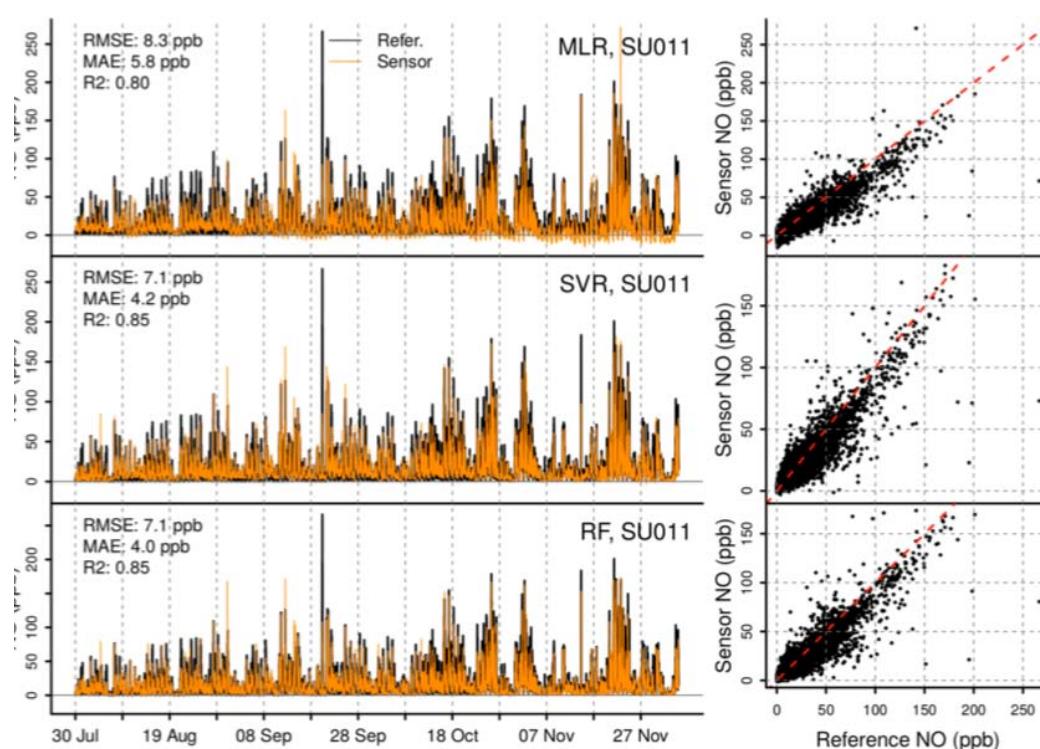
感測元件	國別	廠牌型號	我國研發情形(目前已知)
NO ₂	美國	SPEC Sensor	
	瑞士	SGX Sensor tech	
	英國	Alphasense	
	英國	City Technology	
	英國	DD Scientific	
	法國	Cairpol	
	日本	Figaro	
	日本	Nemoto	
	中國大陸	Winsen	
SO ₂	美國	SPEC Sensor	
	瑞士	SGX Sensor tech	
	英國	Alphasense	
	英國	City Technology	
	英國	DD Scientific	
	法國	Cairpol	
	日本	Figaro	
	日本	Nemoto	
	中國大陸	Winsen	
	我國研發中		科技部委託
VOCs	瑞士	SGX Sensor tech	
	瑞士	Sensirion	
	英國	Alphasense	
	法國	Cairpol	
	日本	Figaro	
	奧地利	Austria Mikro Systeme	
	中國大陸	Winsen	
溫度濕度氣壓VOCs 四合一	德國	Bosch	
其他AQI指標氣體	我國研發中		科技部委託

三、各式感測器數據調校為一致之方式建議

由於感測器的廠牌與布建作業的差異，將感測數據進行融合是重要的課題，為建立各式感測器數據調校的基準，依據 2.1 節中日本及世界氣象組織(World Meteorological Organization)對微型感測器的建議，可以感測器布建區域內的標準監測站作為基準，透過長期的平行比對，建立區性的修正參數，評估低、中、高濃度下之調校模式，做為資料融合的基礎，同時評估各式感測器的運作特性與維護頻率，據以調整感測器數據品質的校正需求，了解感測器的數據品質，必要時需實地量測校正或維護更新，以利後續感測資料之資料融合與加值應用。針對微型感測器的數據飄移或故障

校準(Calibration)的方式，初步規劃參考下列方案執行。

(一)參考瑞士專家 Christoph Hueglin 的在 NO 與 NO₂ 的監測技術分享中，比較了一些常用模式，包括多變量線性迴歸模式、支援向量機回歸模式、隨機森林(Random Forest) 回歸模式等。其中隨機森林迴歸模式在校準上有很不錯的表現，如下圖 2-19 即為擷取其研究文獻的分析結果圖，但隨機森林模式容易 over fitting，對後續的實場應用不夠理想。



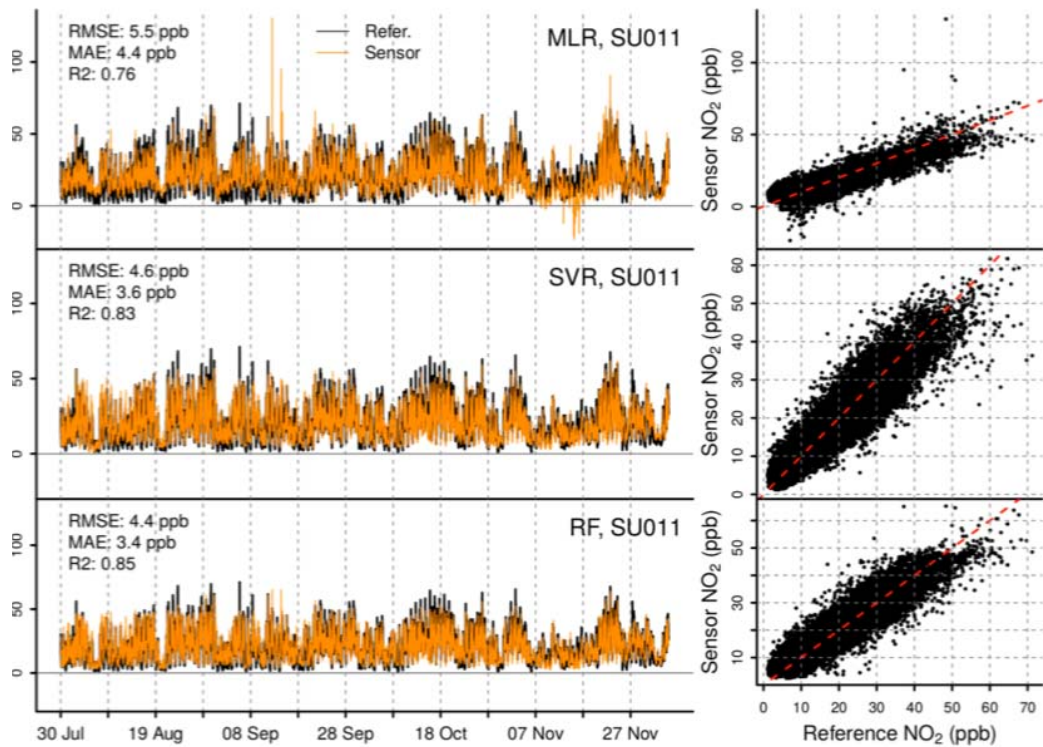
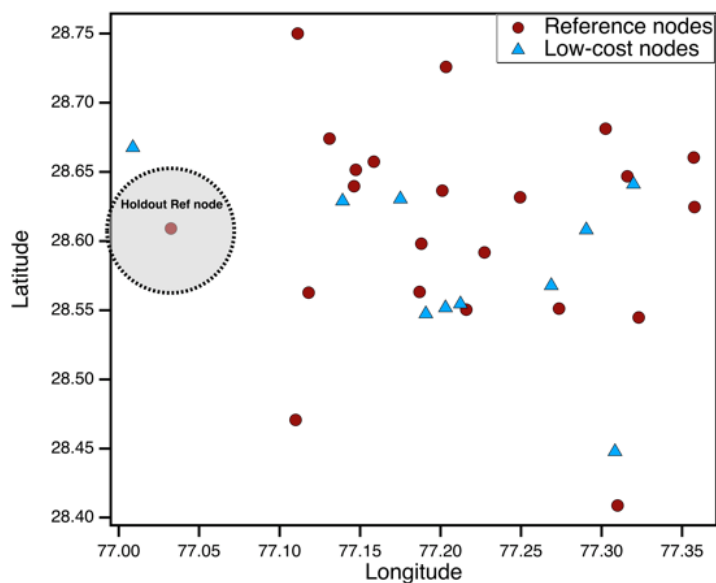


圖 2-19、多變量線性迴歸模式、支援向量機迴歸模式與隨機森林迴歸模式於交通空氣污染的校準狀況

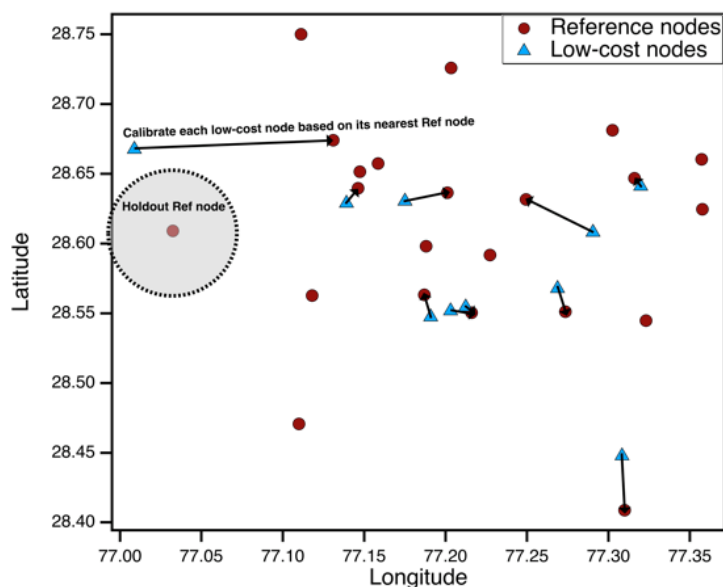
(二)依據 Duke University 的 Tongshu Zheng 在印度 Delhi 建立 Dynamic calibration model 的經驗，其重點羅列如下：

1. 使用 Gaussian Process Regression model。
2. 以參考測站為主，一次去掉一個，以 mesh network 去預測該測站值作為比較，共有七個步驟，如圖 2-20~圖 2-26 所示。
3. 由此可判斷微型感測器的網路是否出問題。

CORE METHOD: STEP 1 (LEAVE ONE REF NODE OUT)

•For each run, leave one reference node out for the final model performance estimation (i.e., leave-one-out cross-validation) ⁷

圖 2-20、步驟 1：先去掉一個參考測站點

CORE METHOD: STEP 2 (INITIALIZE LOW-COST NODES)

•Initialize low-cost node values by calibrating each low-cost node based on its nearest Ref node

圖 2-21、步驟 2：初始化微型感測器，以最近參考測站進行校準

CORE METHOD: STEP 3 (BUILD A GPR MODEL)

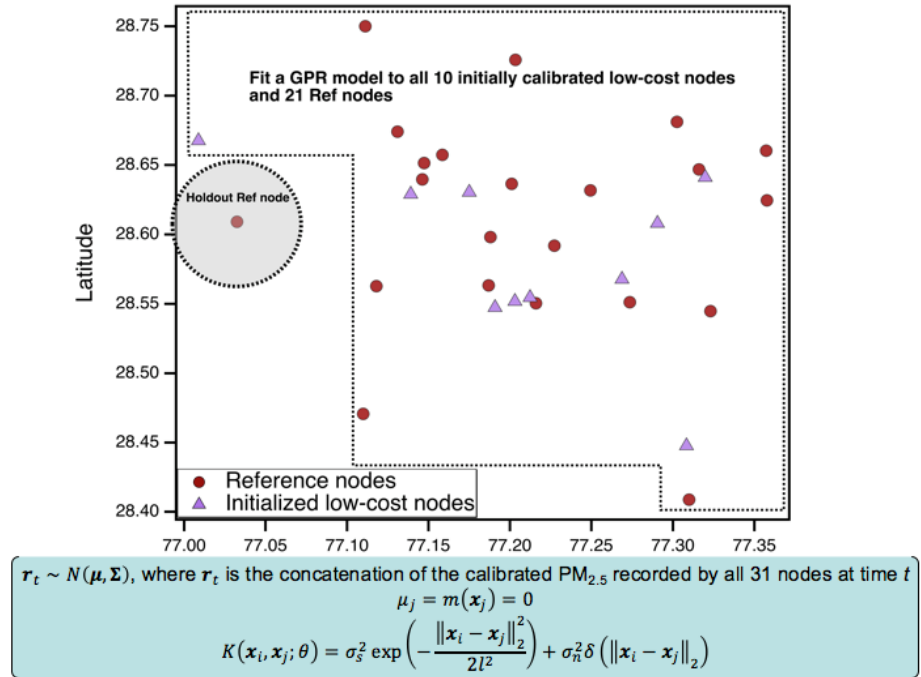


圖 2-22、步驟 3：建立 GPR 模式

CORE METHOD: STEP 4 (CALIBRATE LOW-COST NODES)

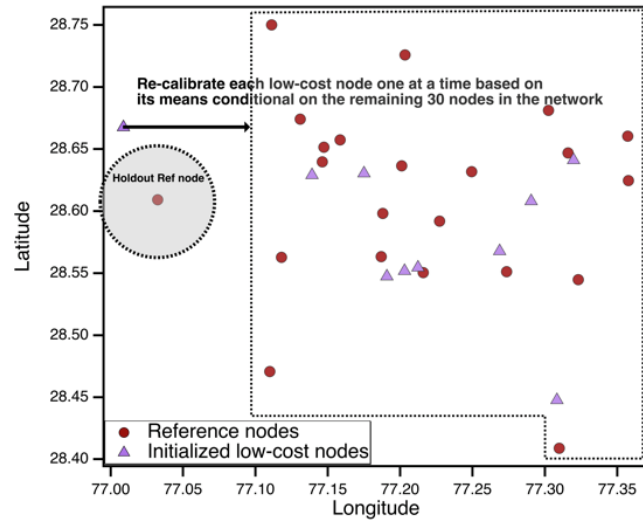


圖 2-23、步驟 4：校準微型感測器

CORE METHOD: STEP 5 (RE-BUILD A GPR MODEL)

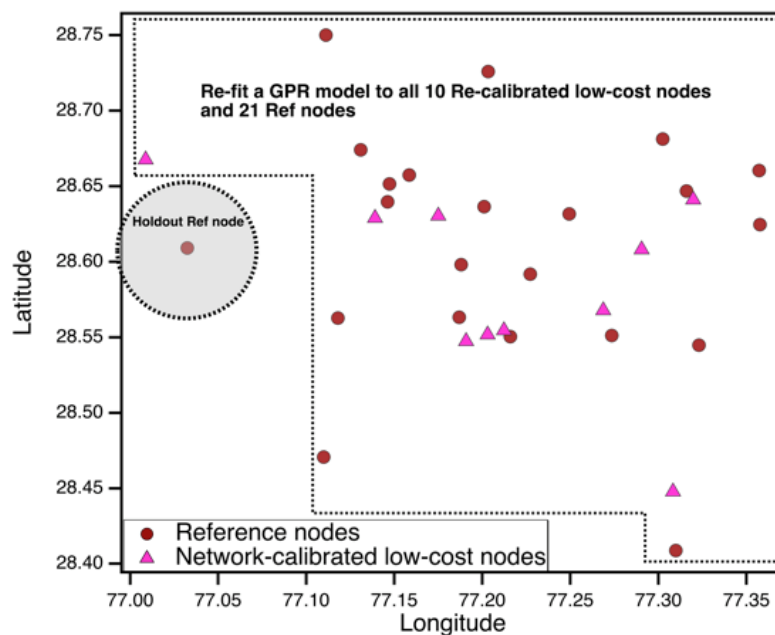
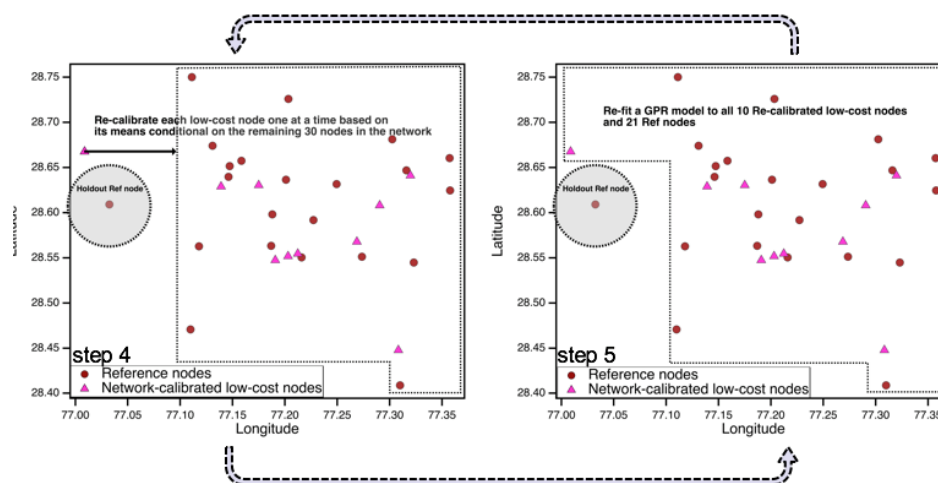


圖 2-24、步驟 5: 重建 GPR 模式

CORE METHOD: STEP 6 (ITERATE AND CONVERGE)

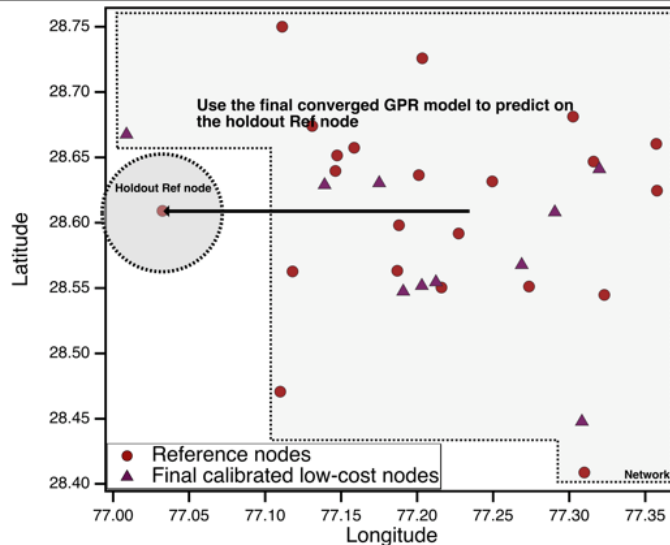


- Simultaneous Kriging and low-cost node calibration
- Iterate until the GPR model converges

13

圖 2-25、步驟 6: 重複步驟 4 與步驟 5，直到對所有的參考測站都經過以上步驟

CORE METHOD: STEP 7 (PREDICT ON THE HOLDOUT REF NODE)



- Calculate RMSE between the true and predicted measurements of the holdout Ref node
- Calculate percent error (e.g., $\frac{RMSE}{Ref}$) for the holdout Ref node 14

圖 2-26、步驟 7: 以校正後的網路，預測步驟一所去除之測站數值

(三) 以色列教授 David Broday 提出他與挪威研究機構的研究成果，其論文名稱為 "Node-to-node field calibration of wireless distributed air pollution sensor network"，其研究概念如圖 2-27 所示，利用兩兩配對的方式，進行點對點(Node-to-node)的校正，第一個點為標準測站，其後為微型感測器，最後一個感測點可與標準測站再次配對。

透過實際布建的案例，案例區如圖 2-28 所示，其校正結果頗佳，如圖 2-29 所示。此種點對點的方式，可以克服人力成本問題外，也可減少感測器因進行校正而無法持續搜集資訊的問題，後續對於本團隊要發展自動校正與維護等技術有幫助。

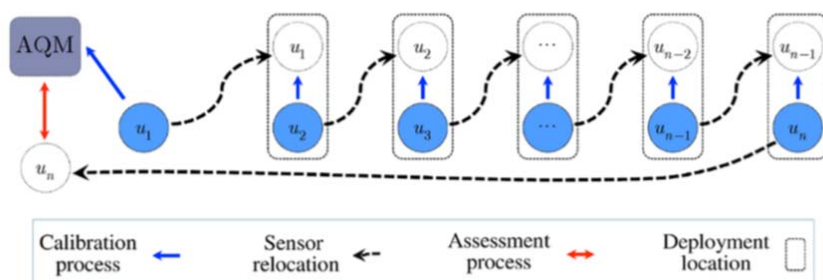


圖 2-27、Node-to-Node 研究簡圖

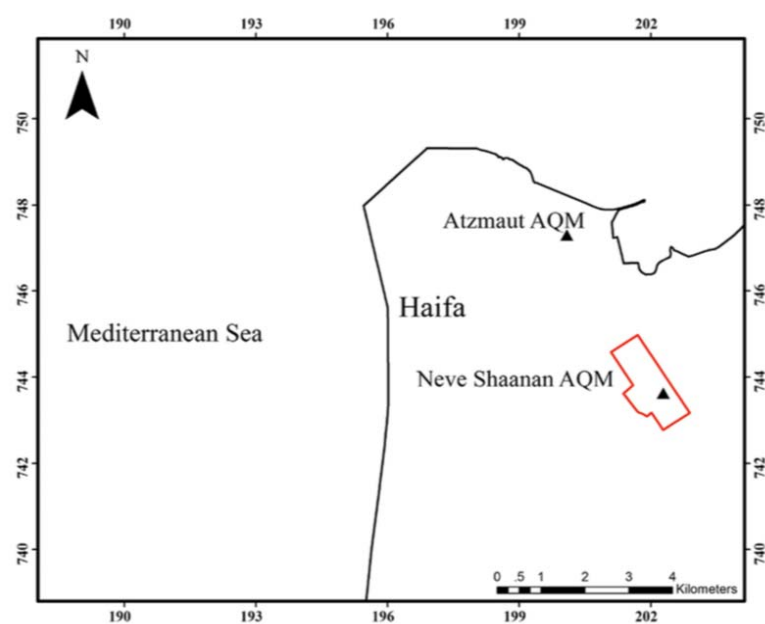


圖 2-28、案例區布建示意

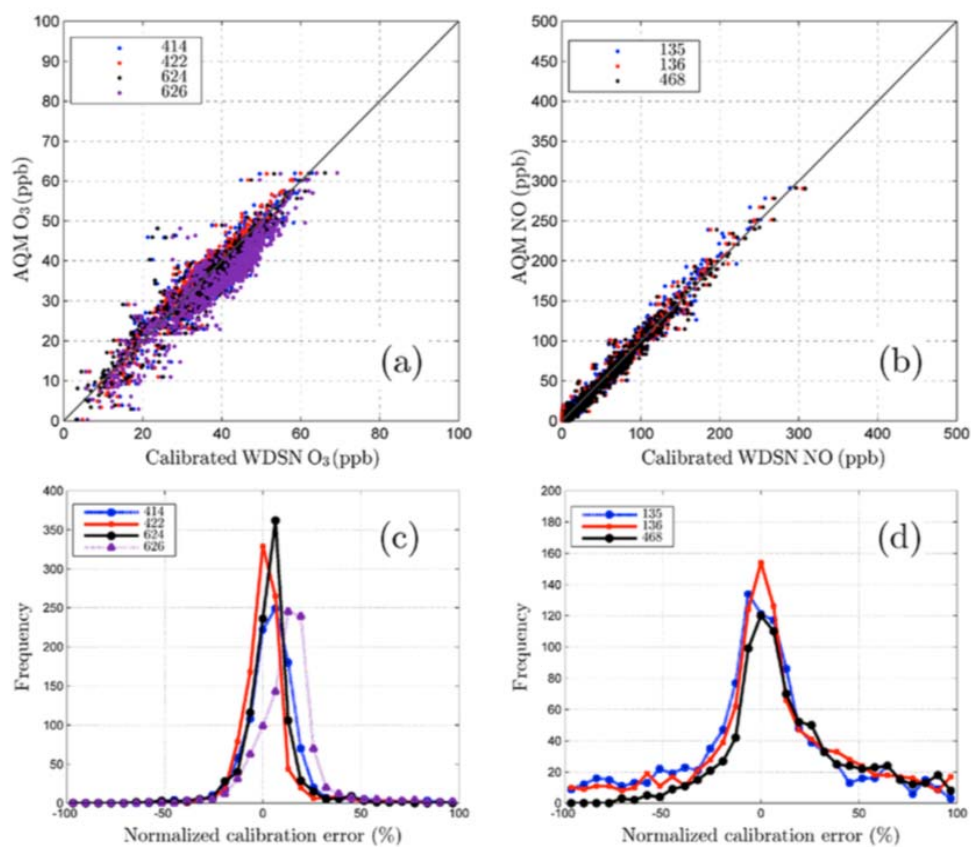


圖 2-29、校正後的狀況，與標準測站的數值十分貼近

2.5 評估可國產化之空氣品質感測元件 3 項，並分析國內外時空背景及感測技術資料蒐集，提出市場需求預測、國產化研發設計生產可行性、推動策略

本計畫在執行時亦將針對目前國內可國產化之空氣感測技術加以評估，並分析國內外時空背景及感測技術資料蒐集，最後將提出市場需求預測、國產化研發設計生產可行性、推動策略。

一、美國空氣品質感測技術發展重點：

美國環保署近年來積極與產學研單位合作，共同開發新一代(next generation)空氣品質感測技術，包含以下幾大重點：

- 空氣污染感測器與應用程式：開發可攜式、低成本感測設備技術。
- 移動監測技術：致力於探索安裝在汽車上的空氣污染監測設備技術。
- 定點監控技術：研究透過布建在多個位置以監測工廠污染物排放集中區域的低成本的技術。
- 環境空氣品質標準的參考方法：探討滿足國家環境空氣品質標準需求的監測方法。
- 衛星監測：使用衛星技術提高空氣品質管制活動，包括空氣品質預報、排放估計和空氣品質對人類健康的影響評估。
- 資料融合方法：整合監測資料的科學建模結果，縮小監控網路時空差距。

二、歐盟空氣品質感測技術發展重點：

(1) CARBOTRAF 計畫：

始於 2011 年，為期 3 年。由奧地利研究機構 AIT 主導，參與機構涵蓋比利時、英國等多個國家。該計畫開發一個可用於即時交通控制決策之支援系統，通過視覺感測器、空氣品質感測器採集到的交通場景及環境品質等數據，結合其他資料來源，形成具標準化的資料庫，並根據即時交通污染情況實施動態的交通控制措施。該方法將可有效控制 CO₂ 及碳黑的排放量，從而減少交通污染物排放對空氣品質的不良影響。

(2) CITI-SENSE 計畫：

始於 2012 年，為期 4 年。由挪威研究機構 NILU (Norwegian Institute for Air Research) 主導，參與機構包含英國、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。該計畫開發一個基於公民為主之環境監測資訊系統，應用全新的分散式監測感測器技術，結合資通訊技術來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。此計畫主要效益為提高了公民環保意識，同時形成更有效的環保監測處理方法。

從上述美國、歐盟近年發展重點，可歸納以下幾個技術趨勢：

- (1) 空氣品質感測器趨於低成本與微型化發展。
- (2) 環境空氣品質監測與管理更趨於大眾參與。
- (3) 應用範圍更趨於跨領域合作。
- (4) 開發可攜式感測器或是可與個人移動載具相結合之感測器。

而在可穿戴設備等新型大量應用的推動下，迄今為止現有空氣品質感測技術面臨著新的技術挑戰，如圖 2-30 所示，除了尺寸/成本降低以外，低功耗、增加選擇性，可同時多種氣體檢測及無線通訊技術等都是目前國際上發展主軸重點。

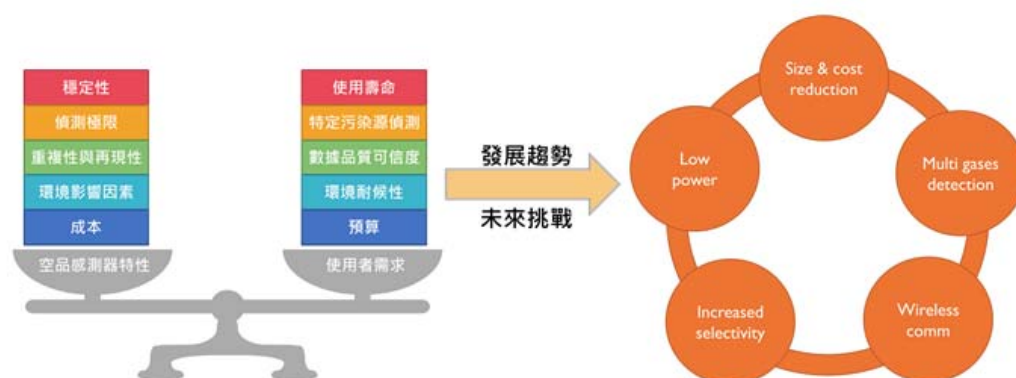


圖 2-30、國際空氣品質感測器發展趨勢與未來挑戰

氣體感測器最重要的參數包含感測器面積、功耗、平均售價(ASP)、靈敏度(Sensitivity)及反應時間(Response time)等，針對上述重要參數，整理目前主要技術之比較如圖 2-31、圖 2-32 所示。總體而言，光學技術(NDIR、FTIR、chemiluminescence、micro chromatography)在某些特定情況下，非

常準確，但是體積大、成本高，而且功耗高。因此對消費者而言，MOS 技術是目前最佳選擇，因為其成本與尺寸可符合安裝在智慧型手機等可攜式裝置上；然而 NDIR 在光電二極與 LED 一起使用時，已可達到低功耗（約 $50\mu\text{W}$ ），而最新研究趨勢也逐漸往縮小尺寸（從而降低成本）發展，加上其具有較 MOS 優異的靈敏度，預期在不久將來，在可攜式空氣感測器應用上，NDIR 將成為 MOS 重要競爭對手。

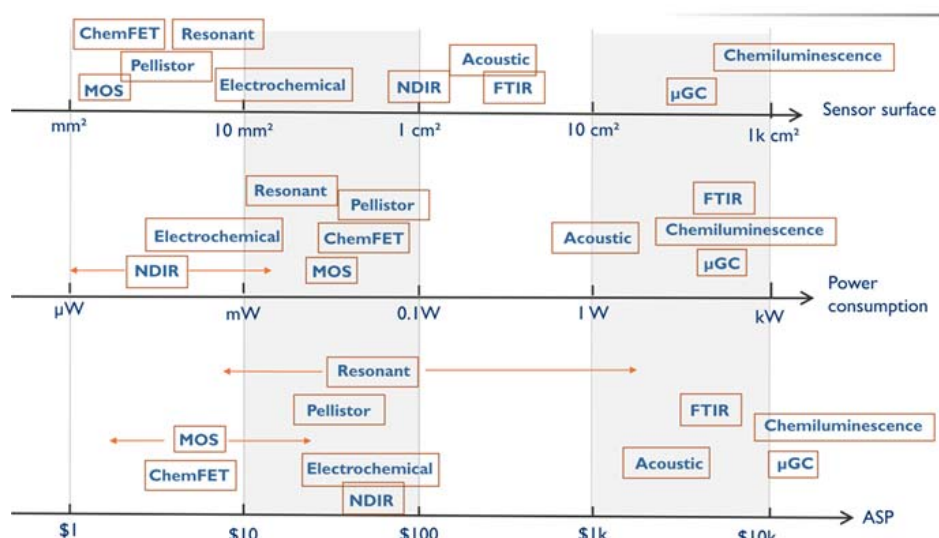


圖 2-31、氣體感測器主要技術之比較(1)

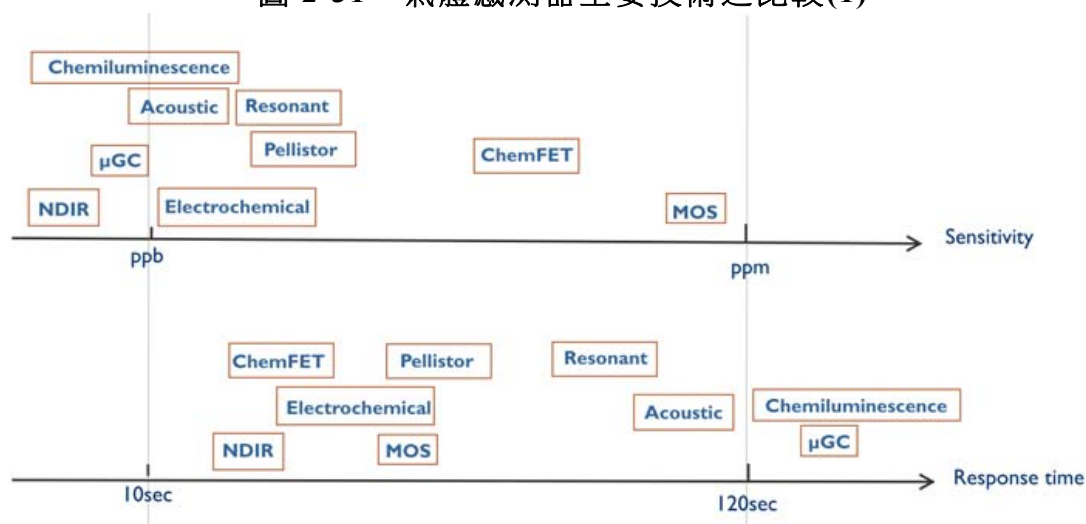


圖 2-32、氣體感測器主要技術之比較(2)

而針對應用與產品壽命進行各技術之比較，整理如圖 2-33。可以發現

MOS 半導體技術具有最廣泛的應用（醫療、運輸、HVAC、消費者市場）和最長的產品壽命（5 至 10 年）；而電化學與觸媒式相對 MOS 來說是較為舊的技術，產品壽命較短（一般低於 5 年），其主要用於國防和工業應用；光學技術則是同時具有高精度與長產品壽命的最佳製程技術，但其缺點為不適合用於戶外環境，容易受到干擾及降低壽命，因此通常不用於運輸等易接觸惡劣環境之應用，最常用於 HVAC(暖氣通風空調，heating, ventilation and air conditioning)。而進一步微小化和降低價格的趨勢將成為技術改進之最佳驅動力，例如 SPEC Sensors 利用印刷式製程開發電化學氣體感測器(printed electrochemical gas sensors)，目前每個成本已可降至 1 美元以下。

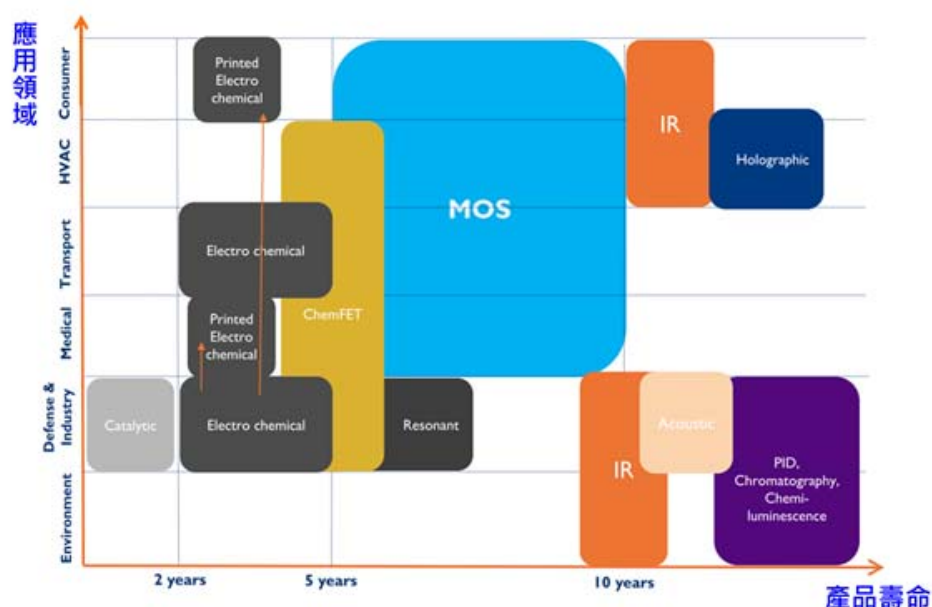


圖 2-33、氣體感測器主要技術之應用領域與產品壽命之比較

而根據 Yole 研究報告指出(如圖 2-34)，預期到了 2020 年，將有更多複合式氣體感測器商品(氣體、微粒、溫濕度、壓力等)，且功耗可降低至約數十 mW，同時具備 ppb 等級之精準度，而驅動這一切技術與產品發展的正是目前最熱門的可攜式應用。

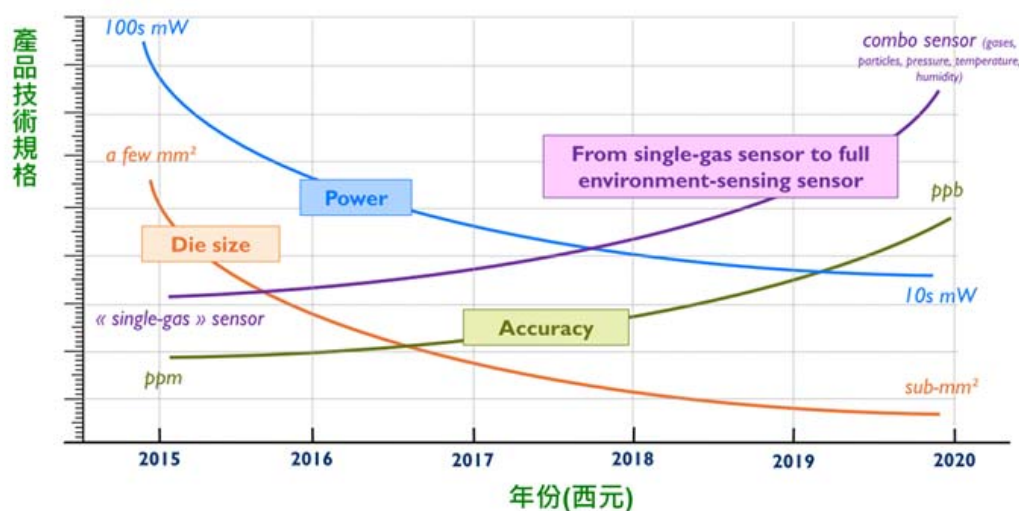


圖 2-34、氣體感測器發展藍圖

而目前經濟部技術處委託工研院智慧微系統中心開發 PM_{2.5} 與 CO 感測器，將其與國際主要廠商產品(低成本產品為主)進行比較，結果分別如

表 2-6 與表 2-7 所示。可以發現：

- (1) 現有 PM_{2.5} 與 PM₁₀ 之商業產品非常眾多，尺寸與價格也非常有競爭力，故建議臺灣投入該類產品之研發，功能或產品定位上必須要有明顯區隔性(例如提高靈敏度、精準度、複合式感測器、特殊場域等等)，否則不易與現有廠牌競爭。另外目前環境中 PM₁ 粒子漸受到國際關注，但市場上很少有商用 PM₁ 感測器，建議可做為臺灣日後研發重點之一，同時及早投入 PM₁ 的相關標準規範制定。
- (2) 盤點商用 PM_{2.5} 與 CO 感測器之規格，發現幾無廠商有列出 Bias Error，建議此點與校正標準手法可列為未來空氣品質產業推動重點之一。

表 2-6、經濟部技術處擬開發 PM_{2.5} 感測器與國際主要產品規格比較

PM _{2.5} sensor	Price (USD)	Size (mm)	Weight (g)	Detectable Size range (µm)	Concentration range (µg/m ³)	R ² (Field)	R ² (Lab)	Bias Error (%)	LOD (µg/m ³)	耐用性 (月)
經濟部技術處	17 (Cost)	<15 x 10 ⁴ mm ²	<120	0.3~2.5	15~500	≥ 0.7	≥ 0.9	< 30% @ ≥15µg/m ³	≥ 5	> 12
Alphasense OPC-N2	450	75×64×60	105	0.38~17 µm in 16 size bins	0.1~1,500,000	PM _{1.0} : 0.63~0.82 PM _{2.5} : 0.38~0.80 PM ₁₀ : 0.41~0.60	-0.99	-	-	-
Dylos DC 1100	300	178×114×76	544	0.5~2.5 and 0.5~10	0~106 particles/cm ³	0.65 to 0.85	-0.89	-	< 1	-
Dylos DC 1700	400	178×114×76	544	0.5~2.5 and 0.5~10	0~106 particles/cm ³	0.65 to 0.85	-0.89	-	< 1	-
Novafitness SDL301	250	204×100×36	580	0.3~2.5 and 0.3~10	0~1000	-	-	-	-	-
Novafitness SDS021	35	42×32×24	-	0.3~2.5 and 0.3~10	0~1000	-	-	-	-	-
Plantower PMS 1003	20	65×42×23	-	0.3~1.0 1.0~2.5 2.5~10	0~500	0.82~0.93	0.69~0.99	-	0.72~10.5	36
Plantower PMS 3003	20	65×42×23	-	0.3~1.0 1.0~2.5 2.5~10	0~500	-	0.73~0.97	-	-	36
Shinyei PPD42NS	15	59×45×22	24	≥ 1.0	0~28 particles/cm ³	0.53~0.98	0.93~0.96	-	4.59~6.44	-
Shinyei PPD60PV	250	88×60×20	36	> 0.5	0~70 particles/cm ³	0.43	-	-	-	-
Sharp GP2Y1010AU0F	10	46×30×18	15	> 0.5	0~600	0.72~0.99	0.92~0.99	-	26.1~26.9	-
Sharp DN7C3CA007	30	53×40×51	53±7	2.5~5	25~500	-	0.98~0.99	-	-	-
Samyoung DSM501A	15	59×45×20	25	> 1.0	0~1400	0.07~0.46	0.58~0.97	-	4.28~11.4	-

表 2-7、經濟部技術處擬開發 CO 感測器與國際主要產品規格比較

CO sensor	Price (USD)	Size (mm)	Weight (g)	Concen. range (ppm)	R ² (Field)	R ² (Lab)	Bias (%)	Sensitivity	Stability (days)	Power consumption (mW)	LOD (ppb)	Type
經濟部技術處	< 10 (Cost)	3x3x1.4	< 0.1	0.1 ~ 200	≥ 0.7	≥ 0.9	≤ 50%	> 0.2 0.1%ppm@ 1ppm Log(R, 100ppm)	Drift < 50% @ > 90days	< 0.1 @ Pulse mode	100-	MOS
Alphasense CO B4	130	32.3x32.3x21	< 13	0~1000	0.53~0.87	≥ 0.99	-	420~650 nA/ppm at 2ppm CO	-	-	6.8 (18/21)	EC
Alphasense CO MMO	-	-	-	5~500	0.50~0.85	-	-	-	-	-	-	MOS
Spec Sensors Package 110-102	20	20x20x3.8	-	0.5~1000	0.84~0.90	-	-	4.75 ± 2.75 nA/ppm	-	0 mW @ 0 mV bias (10 to 50 uW)	-	EC
Figaro TGS-5042	20	50x20.9x14.1	12	0 ~ 10000	0.27~0.30	-	≤ 10 ppm equivalent	-	-	-	-	EC
Figaro TGS-5141	15	7x14.3x15	2.5	0~5000	-	-	≤ 10 ppm equivalent	-	-	-	-	EC
MICS-5525	12	11x11x24.5	-	1~1000	0.02~0.16	-	-	-	-	-	-	MOS
MICS-4514	10	5.5x7.5x2.75	-	1~1000	0.76~0.78	-	-	-	-	-	-	MOS

三、評估可國產化之空氣品質感測元件 3 項：

依據上述國內外空氣品質感測元件之文獻探討及需求分析後，加上國內因應環境品質及工安需求之前提下，提出以 PM₁、VOCs 及酸氣為未來可國產化之空氣品質感測元件，說明如下：

(1) PM₁ 空氣品質感測元件：

環保署統計，歷年來全台空氣品質測站紅害日數已逐年減少，但民眾有時遠望經常還是霧茫茫一片。學者研究分析發現，過去較常被忽略

的超細懸浮微粒 PM_1 ，很可能是影響能見度的原因。國外文獻亦發現，懸浮微粒已被認定是一級致癌物，會導致肺部受害，其中 $PM_{2.5}$ 不僅能直接進入血管，導致血管發炎，恐併發心血管、中風等疾病，比 $PM_{2.5}$ 更小的 PM_1 涵蓋更多重金屬、有毒物質等，甚至能直接進入胎盤，影響胎兒發育。故未來可朝向 PM_1 之空氣品質感測元件進行研發。

工研院研究團隊目前已利用電子衝擊式的原理進行 $PM_{2.5}$ 感測元件研發且有初步成果圖 2-35，期間發現電子衝擊式可有效篩分小於 $1\mu m$ 粒徑之微粒且使其帶電，故建議後續可評估朝向 PM_1 發之可行性

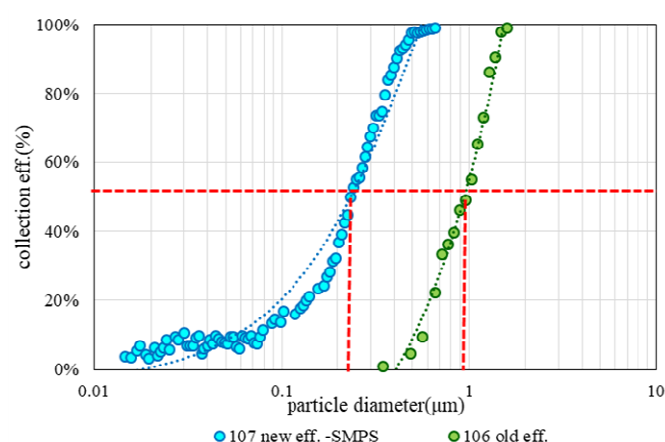


圖 2-35、微粒偵測粒徑下限大幅下降至 $0.25 \pm 0.02 \mu m$

(2) VOCs 空氣品質感測元件：

開發 VOCs 感測器之環境偵測首要在釐清被偵測對象物質的範圍為何，數種類似揮發性有機物相關的定義如下：

- VOC, Volatile Organic Compounds, 揮發性有機物 (不包括甲烷、一氧化碳、二氧化碳、碳酸、碳化物、碳酸鹽、碳酸銨等化合物)。
- VOC 會在常溫下以氣體形式存在。按其化學結構的不同，可以進一步分為八類：烷類、芳烴類、烯類、鹵代烴類、酯類、醛類、酮類和其他。VOC 的主要成分有：烴類、鹵代烴、氧烴和氮烴，它包括：苯系物、有機氯化物、氟里昂系列、有機酮、胺、醇、醚、酯、酸和石油烴化合物等。
- THC, Total Hydrocarbons, 總碳氫化合物。
- NMHC, Non-Methane Hydrocarbon, 非甲烷碳氫化合物; $THC = CH_4$

+ NMHC。

- TOG, Total Organic Gas, 總有機氣體。
- NMOG, Non-Methane Organic Gas, 非甲烷有機氣體。
- ROG, Reactive Organic Gas, 反應性有機氣體。
- VOC $\cong$ NMHC $\cong$ ROG: 促成臭氧及光化學煙霧的主因(前驅物質)。

由於 VOCs 組成複雜，目前無感測技術可進一步分辨 VOC 種類，難以界定污染來源，氣體感測器兩大挑戰在於低濃度偵測及感測物種的選擇性。目前室外氣體 VOCs 規範是針對 THC(總碳氫化合物)與 NMHC(非甲烷碳氫化合物)，能夠偵測的技術方法是 GC-FID 儀器，以燃燒游離信號為判讀，但大量布建即時性的 THC/NMHC 感測器與測站，在實務上有一定困難度，故國際上尚無此類產品開發文獻。

工研院團隊曾經以建立 MOS 感測元件核心技術專業知識能力，協助勞動部開發有害氣體監測器，而這些是對於 ppm 等級濃度工安與職安之偵測需求。未來將評估是否以 MOS 或 PID 的原理，開發空氣品質用途的低濃度 VOCs 感測器之研發。

(3) 酸氣空氣品質感測元件：

執行團隊於 7 月初曾拜訪台灣某些高科技廠，討論微型感測設備應用於環境監測及應變預警之可行性，獲得業界的高度肯定。但深入評估高科技廠偵測項目時，發現大多針對廠周界異味酸氣之偵測需求，而目前環保署空氣品質感測設備無法提供此監測項目，僅能以酸氣與溼氣結合產生氣膠之微粒偵測來取代，故審慎評估未來朝向酸氣感測元件研發之重要性。

高科技廠可能產生酸氣之常見物種包括： HCl 、 HNO_3 、 HF 、 H_2SO_4 及 H_3PO_4 等，蒐集國外文獻發現已有部份產品朝向 HCl 、 HNO_3 等測項進行研發且有初步成果，但這些產品大多用在高濃度廠區工安偵測，如下圖 2-36 所示。工研院研發團隊擬參考工安產品研發方向，利用電化學式的原理，將感測元件縮小及微小化，評估應用於環境品質感測之情境需求。



圖 2-36、高濃度廠區工安偵測之 HNO_3 偵測器

第三章 國產化空氣感測元件研發或感測器原型

大氣中之細懸浮微粒除原生性外，由原生性空氣污染物如 SO_2 、 NO_x 、 O_3 及揮發性有機物質(VOCs)等，衍生之細懸浮微粒也是重要的貢獻來源，因此除監測 $\text{PM}_{2.5}$ 外，對於衍生性 $\text{PM}_{2.5}$ 之前趨物 SO_2 、 NO_x 、 O_3 及揮發性有機物質(VOCs)等也需要加以監測。因此，對於適用這些氣體之感測器技術有其必要。政府所設空氣品質標準監測站可以長時間連續監測各種空氣污染物之濃度，但設備龐大不易移動，故無法普及於各種環境空氣品質監控應用。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。

前述之氣狀污染物種中 VOCs 組成較為複雜，而 SO_2 在大氣中濃度較低，因此本計畫優先開發 $\text{PM}_{2.5}$ 、 NO_2 及 O_3 等國產化感測技術。茲將各項元件開發之工作說明如下。

3.1 國產化 $\text{PM}_{2.5}$ 感測元件之感測器模組

目前國際市場上 $\text{PM}_{2.5}$ 感測技術以光學技術為主，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光散射，在特定方向上的光散射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。該技術成熟且產品眾多，但光學感測元件的缺點是微粒的散射受到微粒折射率、散射角度、微粒粒徑、形狀或表面特性以及光源污染、遮蔽效應等之影響，結果將導致量測上的誤差。此外市售之光學 $\text{PM}_{2.5}$ 感測元件均不具微粒篩選機制，因此 $>2.5\mu\text{m}$ 之微粒亦會進入感測器。另外光學元件量測之微粒粒徑下限為 $>1\mu\text{m}$ ，這些亦是造成目前市售感測器量測值與實際值之差異擴大之因素。

3.1.1 $\text{PM}_{2.5}$ 感測元件工作進度說明

一、本年度工作目標及內容

106 年度主要開發重點為設計新型之 PM_{2.5} 感測雛型元件，並進行初步測試以驗證技術之原理及可行性。根據上述測試之結果，已初步驗證電子衝擊技術之可行性，故本年度之重點則將進一步將雛型元件模組化。去(106)年度進行微粒帶電及偵測極限測試時，元件使用之電源為外部電源供應器所供應，而微粒收集區是以 Keithley 或 key sight 之靜電計來量測微粒之帶電量。這些儀器之體積龐大且價格昂貴，無法將其縮小並設置在模組中，故本年度之主要目標為感測元件之模組化，包含感測元件雛型修改及測試、模組化之電路板設計開發與銜接、感測模組之效能測試。

在感測元件雛型之修改與測試方面，上年度之雛型元件設計主要驗證元件中三個技術組件之技術原理及可行性，故設計時不考慮使用情境。本年度將會在不影響元件功能之原則下進行元件之修改，例如朝體積縮小或重量降低等方向進行設計，同時針對元件設計小型除濕器以降低濕度對元件之影響，設計完成之雛型元件將進行 3S 測試。在模組化之電路板設計開發與銜接工作方面，去(106)年度元件測試時主要由儀器供應電源，並使用靜電計量測微電流/電壓，本(107)年度則將以電路板來取代上述儀器之功能。

以電路板取代靜電計之困難點在於，感測元件收集區所收集到之微電流約為 fA (10^{-15} 安培)等級，一般電路板之雜訊已高於此等級，因此要如何偵測如此低的電流同時又必須將電路板的雜訊微小化是本項工作的一大挑戰。經過與相關專家請益，後續將朝電容累積之方向來設計，並使用空白比對校正方式來提高訊雜比。電路板設計完成後，則須與雛型元件進行銜接並加以測試。

二、執行成果

如上所述本年度首要工作為核心元件之設計修改，除朝重量減輕及體積縮小之方向進行設計外，同時亦考量增加微粒之收集效率並降低微粒偵測(收集)之粒徑下限。除核心元件修改外，同時將設計一小型擴散除濕器，可用於各種小型裝置上。

(一) 小型擴散除濕器設計及測試

擴散除濕器之設計圖 3-1(a)如下所示，圖中藍色部分為矽膠吸濕劑 (silica gel)，帶有水分之氣體進入到擴散除濕器的氣流通道時，水分會因為

濕度梯度而擴散並被矽膠吸濕劑吸附。當吸濕劑達飽和時，可啟動除濕器外部之加熱片使吸濕劑再生，而不需更換除濕劑。製作完之擴散除濕器實體如圖 3-1(b)所示。

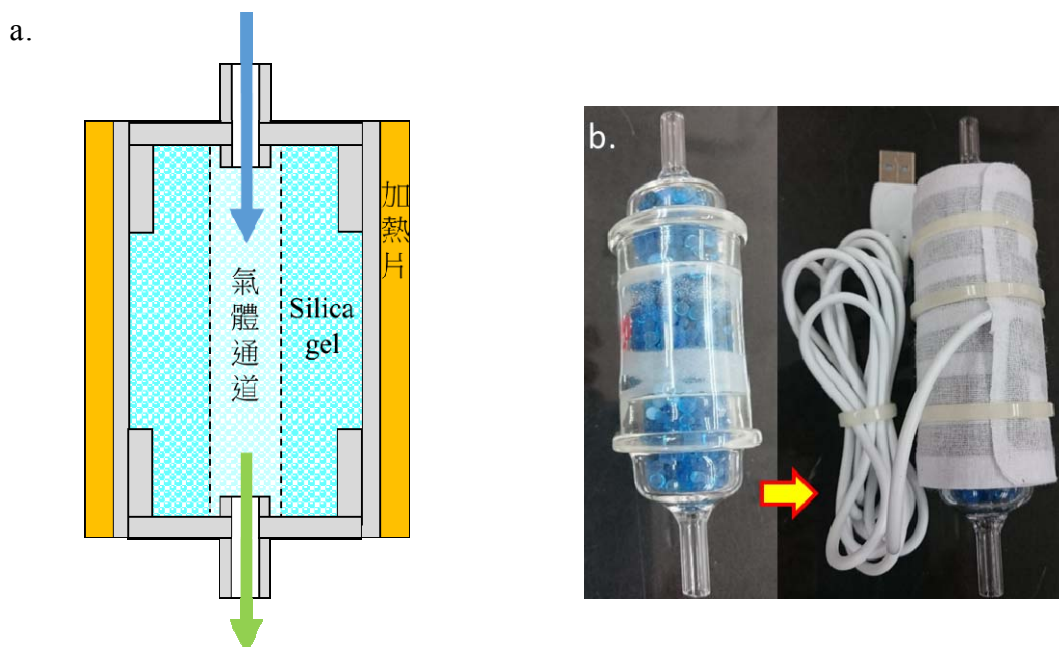


圖 3-1、小型擴散除濕器設計

小型擴散除濕器之測試實驗設置如圖 3-2 所示，將乾淨之壓縮空氣通入充滿去離子水之加濕器中，加濕後之空氣直接通入混合瓶，混合瓶可以通入適當之乾淨空氣以調整相對濕度，再進到緩衝瓶調整進入除濕器之氣流量以進行測試。測試時先調整壓縮空氣流量及混合瓶氣流量，將測試空氣濕度調整至相對濕度 100%，再通入除濕器中。測試之結果如圖 3-3 所示，在風量 0.5 lpm 條件下，通過除濕器相對濕度 100%之空氣在 9hr 內仍可維持在相對濕度 < 75%，第二次測試在 16.6hr 內可維持在相對濕度 < 80%。在風量 1.0 lpm 條件下，通過除濕器相對濕度 100%之空氣在 9hr 內可維持在相對濕度 < 80%。由實驗結果顯示，雖然該除濕器性能尚可，但在微粒感測時，氣體經過除濕可能會有可凝結性微粒損失之問題，因此使用除濕器前應先考量相關得失。

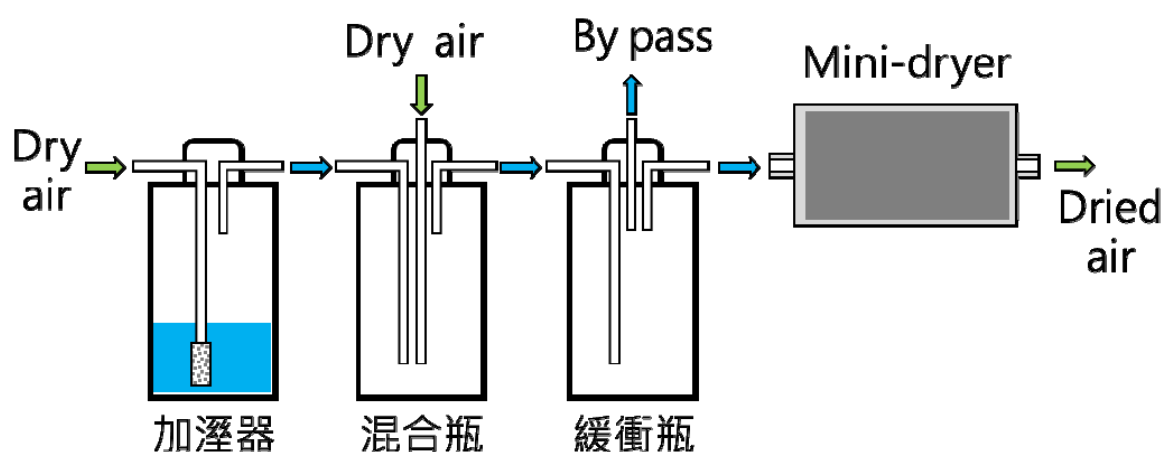


圖 3-2、除濕器測試設置圖

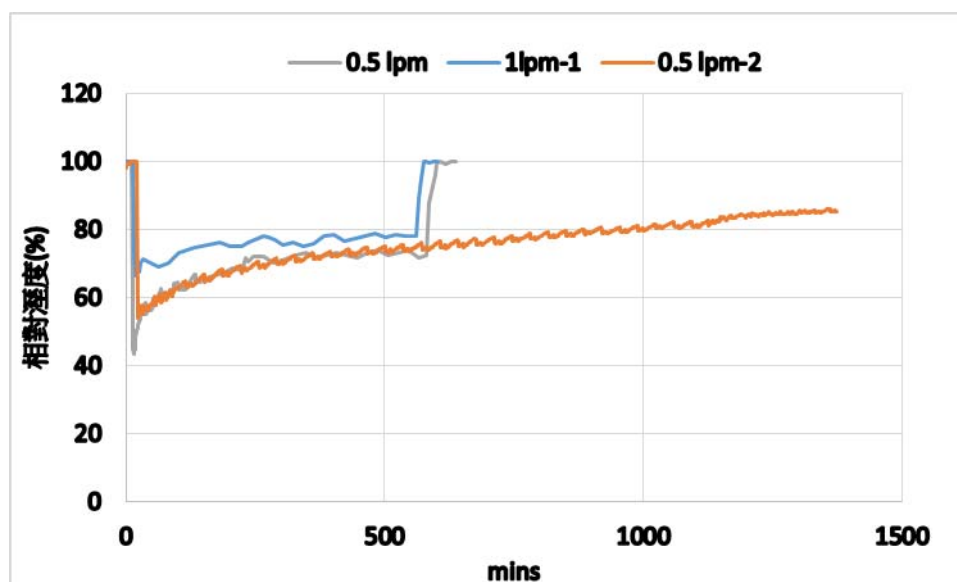


圖 3-3、除濕器測試結果

(二) 核心元件之設計修改與測試

核心元件設計修改，新設計之元件由外向內可分成 3 層，最外層為金屬屏蔽，第二層則為絕緣層。此二層主要之作用為避免外界空氣之游離電子的干擾，因為本元件主要為量測微粒所帶之電荷，故如無屏蔽則空氣中之游離電子會造成量測上之干擾。最內層為本元件之核心，由上至下分別為慣性衝擊微粒篩選區，中間為微粒荷電區，最下方則為微粒收集及感測區。新版設計與舊版設計外表上之差異如表 3-1 所示，其中新版之重量及

體積大小較舊版減少約 50%，但收集面積則增加 10 倍。圖 3-4 所示則為新舊版元件之實體。

表 3-1、新舊核心元件外觀之比較

項目	舊版設計	新版設計
體積	283 cm ³	126 cm ³
重量	635 g	330 g
電場作用面積 (收集面積)	3 cm ²	30 cm ²



圖 3-4、新舊版元件之實體比較

PM_{2.5} 感測元件 3S 測試內容如「國產化 O₃、NO₂ 及 PM_{2.5} 感測原型機測試規劃」書所載詳如附件一，步驟及測試結果說明如下：

新設計元件之微粒收集效率及收集粒徑下限(選擇性)測試步驟說明如下，實驗將在常溫下進行，測試微粒由氣膠產生器產生，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佈。再藉由三向閥控制氣流的方向，上游乾燥後的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，量測粒徑範圍 0.5-20μm。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。測試之結果在粒徑 $1.0\mu m$ 舊版收集效率為 55%，新設計之元件在相同粒徑收集效率 95-99%，故該粒徑效率提升約 40%。在粒徑 $0.5-0.7\mu m$ 舊版收集效率為 4-30%，新設計之元件在相同粒徑收集效率 >95%，該粒徑效率提升 >65% 以上。

針對 $<0.5\mu m$ 之微粒測試，量測儀器改用掃描式電移動粒徑偵測器 (Scanning Mobility Particle Sizer, SMPS, TSI 3080L)，其量測之粒徑範圍 $0.02-0.6 \mu m$ 。由實驗結果顯示，在粒徑 $0.4-0.6\mu m$ 新版收集效率為 >88%，在粒徑 $0.3-0.4\mu m$ 收集效率為 >67%，在粒徑 $0.1-0.3\mu m$ 收集效率則為 17-65%， $<0.1\mu m$ 收集效率為 3-15%。在收集(偵測)粒徑下限方面，106 年之元件收集(偵測)粒徑下限之擷取粒徑約為 $0.9 \pm 0.05 \mu m$ 。而 107 年之元件，收集(偵測)粒徑下限之擷取粒徑約為 $0.25 \pm 0.02 \mu m$ ，新版設計之收集效率較舊版元件大幅提升。

微粒充電效率(穩定性)測試方面，本計畫之 $PM_{2.5}$ 感測元件是以微粒帶電為主要量測原理，故微粒充電效率的穩定性為重要的量測因子，故本感測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，測試流程如圖 3-5 所示，實驗將在常溫下進行。以振盪流孔板單徑氣膠產生器產生單徑螢光氨微粒，微粒經由靜電中和器後呈現波茲曼均衡電荷分佈，再導入一小腔體裡與乾燥空氣混和以便於乾燥微粒。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)。

$$Pn = I / (CeQ) \quad (2)$$

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。

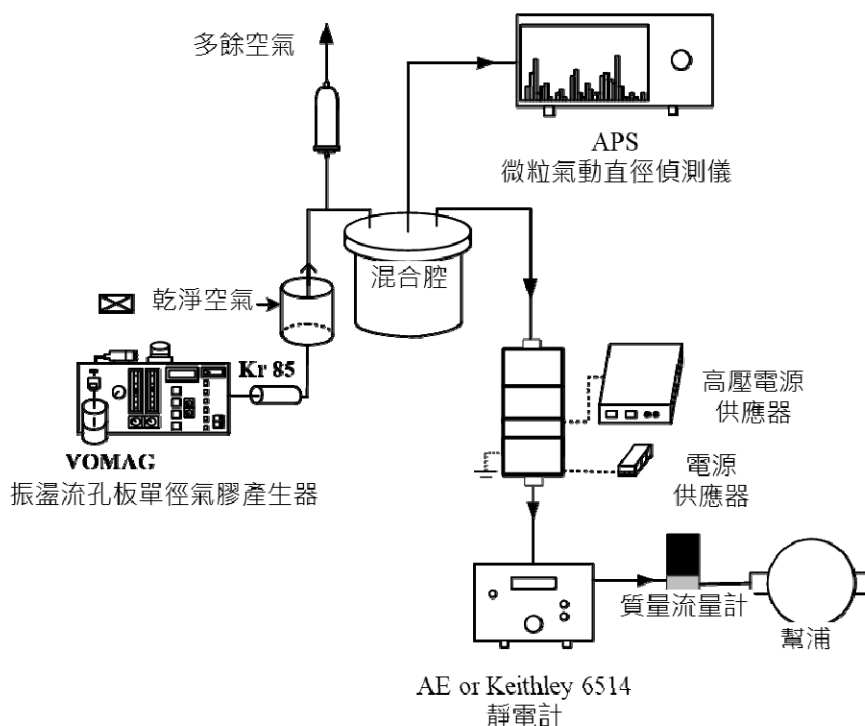


圖 3-5、微粒之充電效率測試系統

由重複 10 次測試結果可知 107 年設計之元件帶電效率 P_n 值平均為 23~174 標準差為 1.6~2.4，CV% 平均約為 4.1%，相較於舊版 18~133 稍有提升，充電效率增加約 4~31%。本計畫充電組件平均之微粒充電效率約為大型儀器 ELPI⁺微粒充電效率之 0.6~0.72 倍。由 CV% 顯示本元件之再現性良好，穩定性高。

在微粒量測比對(靈敏度)方面，測試之流程如圖 3-6 所示，實驗將在常溫下進行。測試時因需使用較大粒徑之微粒測試，故選擇粒徑較齊全之聚苯乙烯(polystyrene latex particle, PSL)單徑微粒，後續其他測試則改用 SiO₂ 及鹽類做為測試微粒。微粒以微粒產生器(Palas AGK-2000)產生，再導入一小腔體裡與乾淨空氣混和以便調控微粒濃度。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 用來量測感測元件進口端之 PM_{2.5} 微粒質量濃度，感測元件後端置有一部靜

電計(Keithley 6514)量測在收集組件上所收集到之微粒所帶之電流值，測試之濃度級距將參考 AQ-SPEC 分為 5 個濃度等級如表 3-2 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值比對，並進行線性回歸並計算其相關係數 R^2 值。

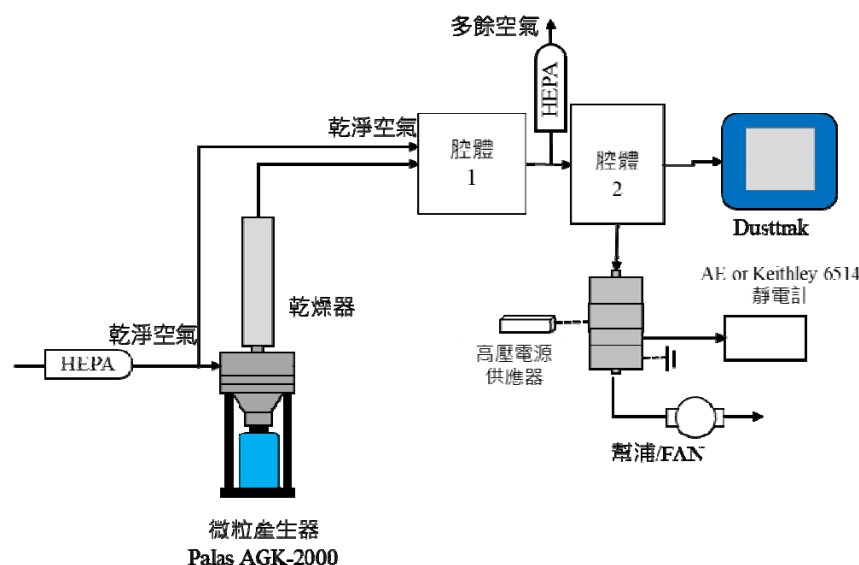


圖3-6、PM_{2.5}感測元件偵測極限之測試流程

表 3-2、測試之濃度級距

污染物濃度 等級	非常低	低	中	高	非常高
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	15 ± 5	50 ± 10	100 ± 30	200 ± 45	300 ± 60

測試之結果當微粒濃度在非常低等級時，靜電計量測到之電流值範圍為 1-5 fA。當微粒濃度在低等級時，靜電計量測到之電流值範圍為 10-19 fA。微粒濃度在中等級時，靜電計量測到之電流值範圍為 15-25fA。當微粒濃度在高和非常高等級時，靜電計量測到之電流值範圍為 20-56 fA。由上可知本元件之最低偵測濃度約在 $15\pm5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。微粒質量濃度與靜電計電流值之相關係數(R^2)為 0.8722。靜電計所量測之電流值轉換為微粒濃度之關係 $R^2 > 0.8$ ，顯示本計畫元件與參考儀器 dusttrak 的讀值相當一致。各濃度等級測試結果之 CV%分別為 40、36、21、22 及 12%，顯示在低濃度有較大之差異，因為低濃度之微粒產生較為困難，且接近靜電計之偵測下限，故有較大之差異產生。

核心元件 3S 測試項目包含選擇性、穩定度及靈敏度測試結果摘要如表 3-3 所示。

表 3-3、PM_{2.5} 感測核心元件 3S 測試結果摘要

選擇性 (偵測粒徑下限) (μm)	穩定性 (帶電效率) (CV %值)	靈敏度	
		測試濃度範圍 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	線性關係
0.25±0.02 μm	Pn 值 23-174 (CV 值 4.1%)	15±5~300±60	$R^2=0.86$
□ 與國外機型比較： 目前並無同原理之機型，如與光學比較主要差異，本技術： 1.受微粒表面特性及外部環境影響小 2.有微粒篩選機制、偵測粒徑下限低 3.外部雜訊對於量測影響很大 □ 預期壽命：內部結構為 304 不銹鋼材料，以該結構來看，至少可使用 3-5 年以上，但必須定期清潔維護。 □ QA/QC：未來將採定期游校以確定其穩定性及修正誤差，並結合雲端大數據運算管理方式來解析其數據的可信賴度。			

電路板設計製作方面，微粒所帶電流靜電等級(fA)，一般必須使用儀器量測，同時使用電源供應器供電，如圖 3-7 所示。



圖 3-7、測試用之電源供應器及靜電計

而本計畫必須將靜電量測儀器之電路縮小，且此電路系統同時必須包含溫濕度感測及元件之電源供應。此階段工作遭遇之困難為在設計微電流量測電路時必須先考慮系統雜訊之去除，因外界任何雜訊都會覆蓋微粒帶電輸出之訊號(靜電等級之電流)，例如電路本身之雜訊、電源輸入產生之雜訊、地線之雜訊、環境中游離電荷，以及電路板本身之雜訊...等，均增加該電路設計時之難度。所以本計畫之電路板以區塊方式設計及思考，各個區塊必須分別加以絕緣，以防止電路板本身的訊號干擾，共分四個區塊，分別為類比前端、類比轉換、電腦連接介面及 power board。圖 3-8 則為整個電路控制之流程圖，類比前端及類比轉換主要之功用為接收並量測來自於感測元件之類比訊號，然後進行訊號處理與轉換，再經由電腦連接介面，將數據傳至電腦。同時可由電腦設定感測元件之操作參數，如風扇轉速或微粒充電組件之放電頻率等。所有的電源均由 power board 供應，power

board 具有穩壓及去除雜訊之功能。

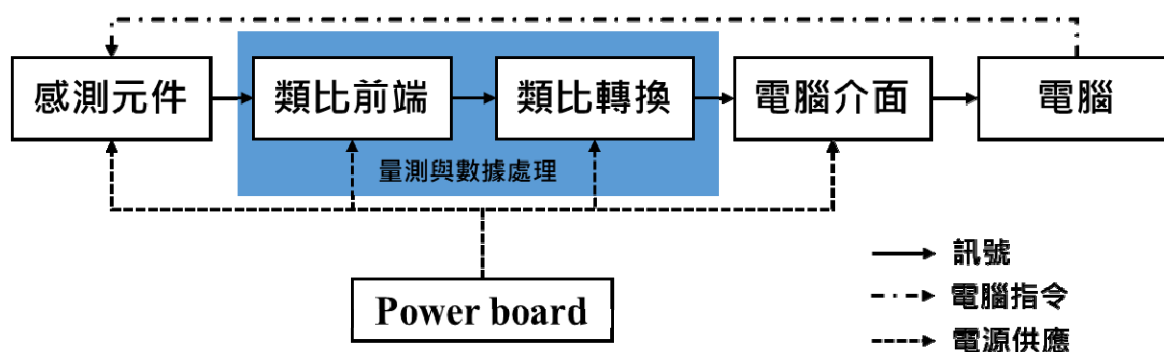


圖 3-8、電路控制之流程圖

因為本元件所量測之電流為靜電等級，故在進行電路板測試前，必須先了解背景雜訊，故將針對測試腔絕緣、環境雜訊及帶電組件對訊號之影響進行測試，同時亦針對不同電源與接地進行測試，以了解 power board 是否可以有效去除雜訊，圖 3-9 為獨立測試之 power board 照片。背景雜訊測試示意圖如圖 3-10 所示，測試時元件及靜電計將與電源共同地線，使用電源供應器時地線則與建築物之地線相連，測試將以靜電計進行電流值量測。



圖 3-9、獨立測試用之 power board

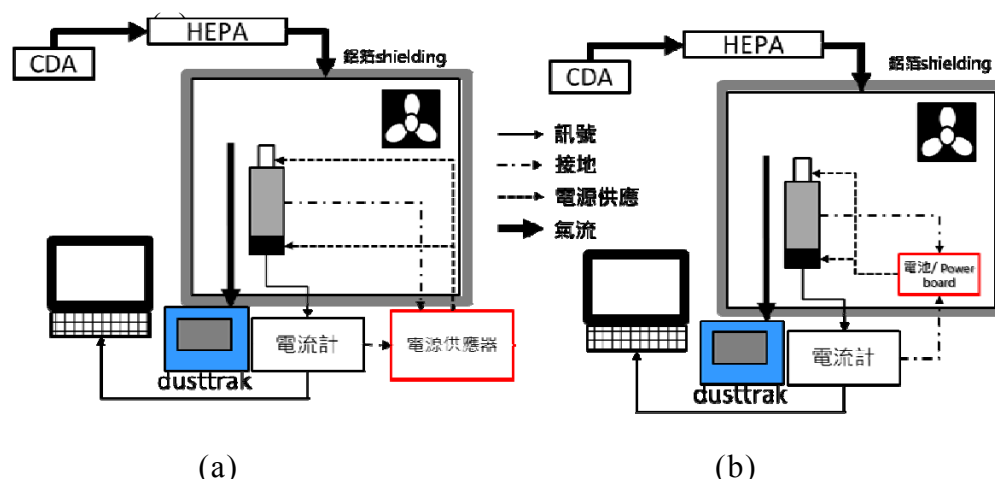


圖 3-10、背景雜訊測試示意圖

所有測試條件如表 3-4 所示，測試條件 1 及 2，主要測試環境中之雜訊，可了解測試腔以鋁箔作為絕緣包覆是否可有效隔絕環境中之雜訊。測試條件 2、3、5 可以了解測試系統以不同電源供電(不同接地)，是否可以降低雜訊。測試條件 4、6 則可以了解測試系統在不同電源供電下(不同接地)，帶電組件之開關是否會影響背景值。測試結果如表 3-5 及圖 3-11 所示。

由測試條件 1 及 2 之結果可知，在測試腔有屏蔽時，可濾除約 99.99% 以上之環境雜訊，這些雜訊來自於空氣中游離之電子或離子、電燈或其他儀器所發出之電磁波等以及電源地線之影響。由測試條件 2、3 之測試結果可知，供電及接地系統改為電池時，雜訊由 $8.19 \times 10^{-14} \text{ A}$ (由電源供應器供電) 降至 $3.49 \times 10^{-14} \text{ A}$ 下降約 57%。在此測試中同時發現，當以電源供應器供電時，實驗室測試之靜電集塵器跳電時，會量測到大量之負電流，主要是因為靜電計、電源供應器以及靜電集塵器之地線與建築地線相同，故會相互干擾，如圖 3-12 所示。由測試條件 3 及 5 之測試結果可知，供電及接地系統改為 power board 時，雜訊由 $3.49 \times 10^{-14} \text{ A}$ (由電池供電) 降至 $1.66 \times 10^{-14} \text{ A}$ 約下降 52%。由此可知由 power board 供電及接地時，確實可有效濾除雜訊，也不會受到其他儀器跳電的干擾，且變異係數 CV 值亦下降，顯示使用 power board 供電，可使系統穩定度增加。由測試條件 3、4 及 5、6 之測試結果可知使用電池和 power board 供電時，帶電組件開啟，背景值各下降約 40% 及 24%，主要是因為帶電組件會釋放空氣負離子，故使背景值下降。

表 3-4、背景測試條件

測試條件		1	2	3	4	5	6
測試腔 shielding		-	V	V	V	V	V
Dusttrak 及元件風扇		on	on	on	on	on	on
元件帶電組件		off	off	off	on	off	on
電源供應 及接地	電源 供應器	V	V	-	-	-	-
	電池	-	-	V	V	-	-
	Power board	-	-	-	-	V	V
乾淨空氣		V	V	V	V	V	V
測試流程		(a)	(a)	(b)	(b)	(b)	(b)

表 3-5、背景測試結果

測試結果	1	2	3	4	5	6
平均電流值(A)	5.80×10^{-8}	8.19×10^{-14}	3.49×10^{-14}	2.10×10^{-14}	1.66×10^{-14}	1.26×10^{-14}
STD(A)	1.95×10^{-8}	4.49×10^{-14}	1.30×10^{-14}	6.59×10^{-15}	2.05×10^{-15}	2.12×10^{-15}
CV(%)	33%	55%	37%	31%	12%	17%

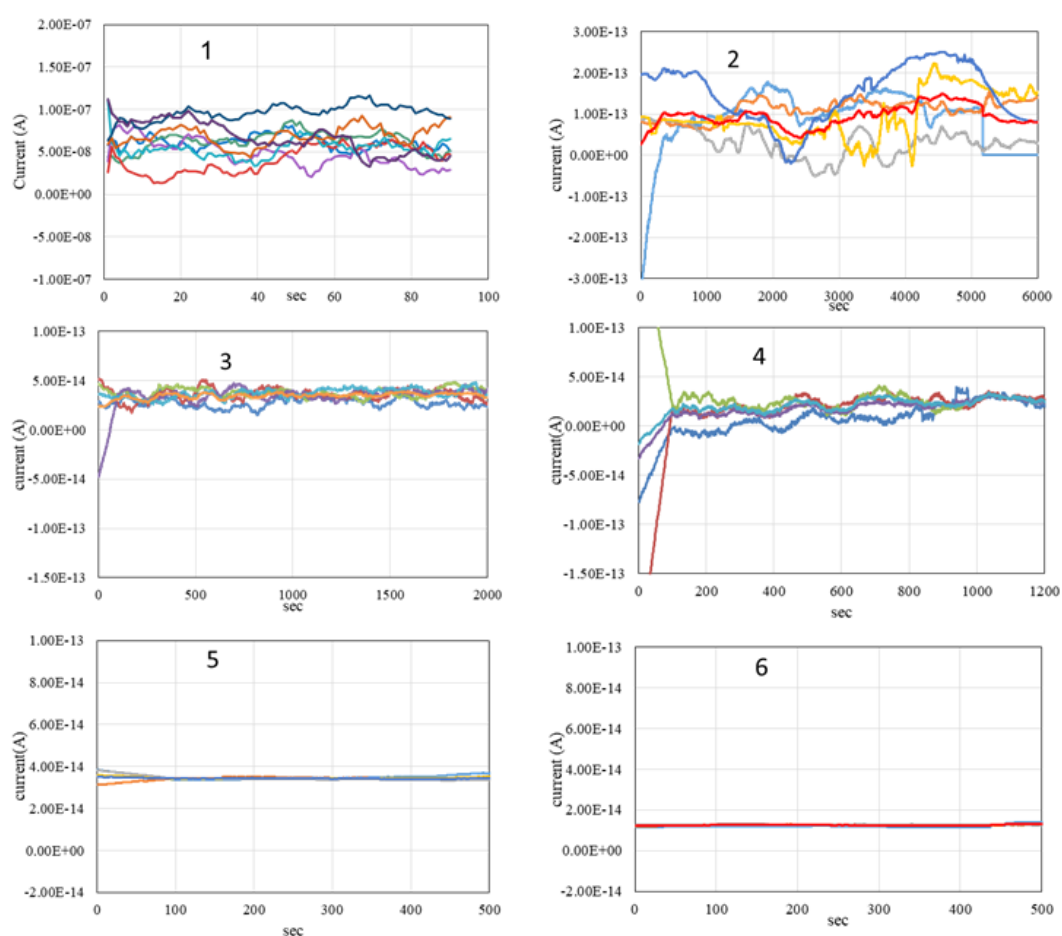


圖 3-11、背景雜訊測試結果

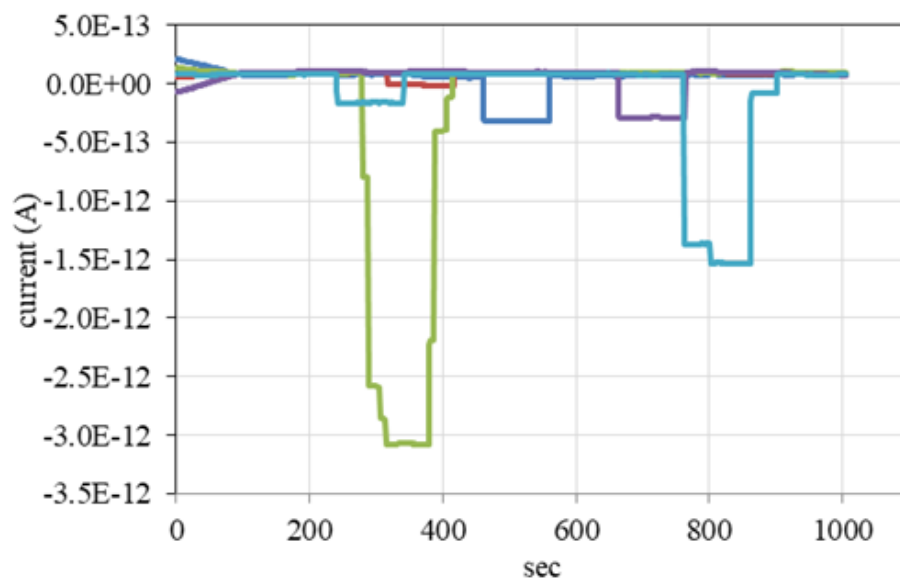


圖 3-12、與建築共地線時其它儀器產生之影響

在背景測試時同時亦執行元件絕緣材料測試，此材料為支撐元件微粒收集組件並與外殼隔離之材料，絕緣必須良好，測試時系統才能快速穩定，且不受干擾。絕緣材料分別測試鐵氟龍、泡棉膠、防震海綿、矽膠及橡膠四種材料，測試結果發現在非連續使用狀態下，鐵氟龍穩定時間最久、其次為橡膠、矽膠、防震海綿，而泡棉膠穩定時間最短。在電位穩定方面，橡膠無法穩定，鐵氟龍為 $>80\text{fA}$ ，其次為矽膠及泡棉膠之 $15\text{-}20\text{ fA}$ 。為後續製作之方便，故測試時均採用泡棉膠為絕緣材料。

圖 3-13 為電路板初步測試之電腦畫面，由圖可知此電路板除量測元件之電流/電壓值外，同時具備量測溫度及濕度之功能，明年度可利用此功能累積大量數據，以進行溫溼度校正及差分補償。測試時電路板及元件之外觀如圖 3-14 所示。圖 3-15 為原型機(含電路板)在實驗室比對測試之設置圖，測試步驟如附件一「國產化 O_3 、 NO_2 及 $\text{PM}_{2.5}$ 感測原型機測試規劃」書所述，中低濃度以大氣進行測試， $>40\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ 則在測試腔中測試，測試腔為內部空曠用來模擬一般大氣之狀況，較無壓力瞬間變化之問題，同時可以調整微粒濃度以利測試。測試時參考儀器(TSI dusttrak)與原型機將同步進行量測，所量測之數據將由電腦接收並記錄，初步測試(TSI dusttrak)濃度範圍在 $<100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 時，以電流/電壓數據直接轉換後之結果 R^2 約為 0.7。

在專利申請部分，已通過工研院綠能所所級評審，原址申請臺灣專利，但評審一致認為應增加申請美國專利，評審結果如圖 3-16 所示，故本技術將於年底前先進行臺灣專利申請，同時進行美國專利申請文件準備。

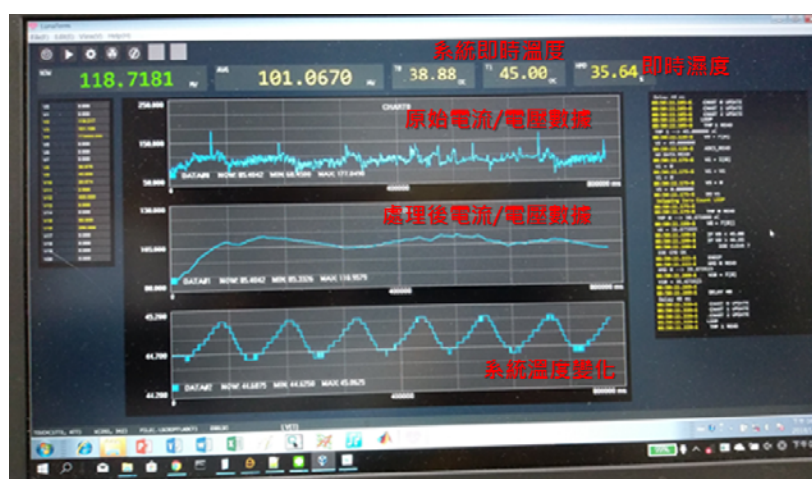


圖 3-13、電路板初步測試時電腦顯示之畫面

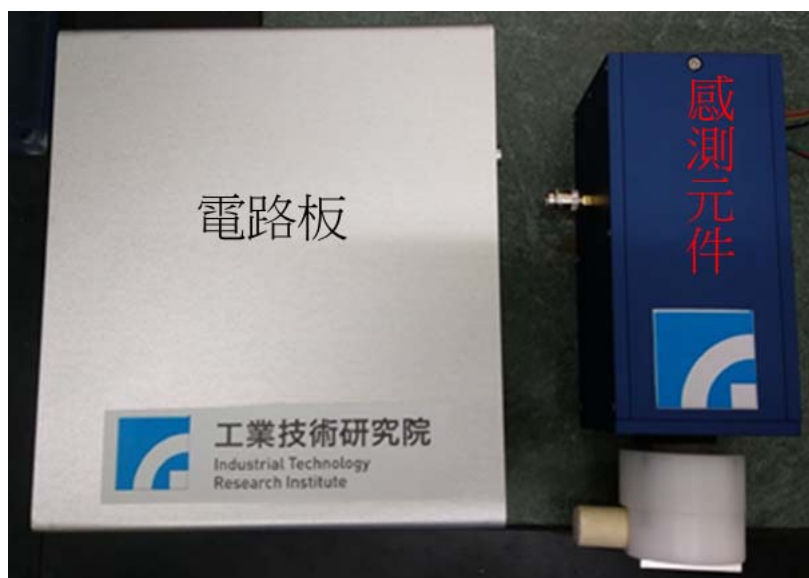


圖 3-14、感測元件及電路板外觀

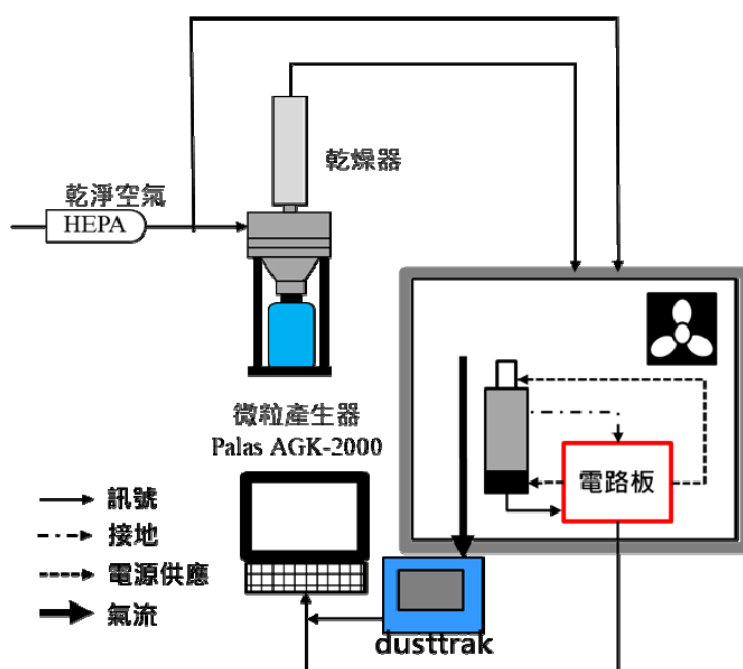


圖 3-15、感測原型(含電路板)比對測試圖

圖 3-16、PM_{2.5} 元件綠能所所級評審結果通知函

三、結論與後續建議

106 年度已初步驗證電子衝擊技術之可行性，本年度則進一步將雛型元件模組化，並加以測試以及專利申請。107 年模組化之重點則在於將為外部電源供應器以及靜電計兩項儀器合併並縮小在於電路板中，整體體積縮小約為儀器之 1/10，同時修改感測核心元件將其體積縮小並降低重量至 106 年之元件的 1/3。元件修改後針對帶電效率、濃度偵測下限以及偵測粒徑下限測試，測試結果均符合預定目標。尤其在偵測粒徑下限部分，測試結果約為 0.25 μm 低於光學偵測之極限 0.3 μm 。感測原型(含電路板)與 TSI dusttrak 進行比對測試，初步測試結果在微粒濃度 < 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 時，與 TSI dusttrak 之 $R^2 > 0.7$ 。

後續兩年規劃部分，在本年度已將感測技術已經初步模組化，但目前電路僅具有濾除雜訊、電源供應以及 fA 訊號擷取/量測功能，且尚須由電腦連結控制，對於數值自動分析演算功能亦尚未建立。故後續如欲商品化則需朝驅動、量測以及數據分析等功能整合於電路模組之方向進行，以內建硬體運算單元來控制感測元件，並可額外增加自動零點校正及溫溼度差分補償功能，以降低雜訊和訊號之漂移。最後再進一步將整個模組體積縮小，以利於商品化、與其他設備整合運用或獨立運用，並於 109 年可進行試量產及技術移轉。

另外可進近一步規劃PM_{1.0}感測元件之可行性研究，由圖3-17可知大氣中以<1.0 μm 之微粒居多，而粒狀污染物之毒性除了成分以外，微粒之表面積(粒徑)效應對於健康影響亦不容忽視，Win-Shwe(2015)指出有越來越多的

報導表明吸入的超細微粒可以到達大腦並可能與神經變性有關。Clifford (2018) & Srivastava (2015)的報告中則指出超細微粒毒性作用，如炎症、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，在孕早期、中期、晚期以及整個孕期的 $PM_{1.0}$ 暴露每增加 $10\mu g/m^3$ ，分別導致早產的風險增加7%、10%、4%和9 %；高污染地區（ $PM_{1.0}$ 濃度大於 $52\mu g/m^3$ ）與低污染地區（ $PM_{1.0}$ 濃度小於 $34\mu g/m^3$ ）相比，孕產婦發生早產的風險會增加36%(Wang, 2018)。

故建議於108年度可針對 $PM_{1.0}$ 之感測/監測技術以及市場需求加以了解，目前研發之 $PM_{2.5}$ 之偵測下限之擷取粒徑為 $0.25\mu m$ 左右，量測粒徑範圍 $2.5-0.1\mu m$ ，已足夠做為 $PM_{1.0}$ 之感測核心，但 $PM_{1.0}$ 之電流感測可能 $<1 fA$ ，目前國際尚可偵測如此低電流之電路板可用，此為目前 $PM_{1.0}$ 感測研發之瓶頸。成熟之 $PM_{1.0}$ 偵測以中高階儀器為主，並無相關小型感測器。與中階儀器相比，大多數價格約在30-50萬。以TSI Dusttrak (光學) 其濃度偵測極限為 $1\mu g/m^3$ ，此為本計畫所開發之感測元件尚待努力之處，有必要時可於109年度進行相關技術先期研究。

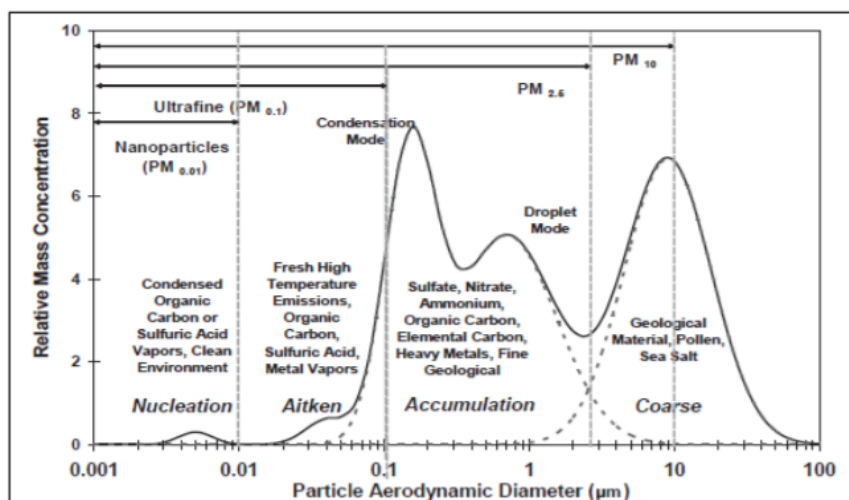


圖 3-17、大氣中微粒之分布及其對健康之影響

3.2 國產化 O₃ 感測元件之感測器模組

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NO₂、SO₂、O₃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、低偵測濃度的電化學氣體感測器為產、官、學、研共同致力發展之目標。

四極式電化學感測其工作原理包括待測氣體分子先通過防冷凝薄膜，該薄膜除了具有防冷凝外，也可當作一保護層來阻擋空氣中的灰塵，該待測氣體分子藉由一毛細管擴散至觸媒選擇性薄膜，該薄膜的作用為選擇性的過濾氣體分子，氣體分子接著通過疏水薄膜到達工作電極的表面催化活性位置，藉由電化學氧化/還原反應過程中所產生或消耗的電子來產生一反應電流，該電流值與待測氣體分子濃度成比例關係。此外，由於工作電極會受到陽極氧化或是陰極還原反應、電解質產生氧化或還原反應和空氣中的氧氣產生還原反應等來產生一微弱的背景電流，這對於感測低濃度待測氣體會有顯著的影響，因此將設計一輔助電極來校正此背景電流值。另一方面，四極式電化學反應槽中，也存在另一輔助電極，其作用則為平衡電化學反應，感測電極與輔助電極間的離子電流，會經由電解液來傳輸，透過接線與接角傳輸來量測該電流值大小。而參考電極的作用則是維持感測電極的操作電位在固定電壓下操作。

3.2.1 O₃ 感測元件工作內容及方法

一、本年度工作目標及內容

去(106)年度的開發重點為觸媒選擇性薄膜，來排除 O₃ 與 NO₂ 於電化學感測訊號之相互干擾。今(107)年的開發重點為四極式電極材料研發，包括工作電極、輔助電極(校正)、輔助電極(電流收集)與參考電極等，透過此四種電極材料的研發，開發出高靈敏度之國產化電化學氣體感測元件。

在四極式電極材料開發方面，工作電極的研發是開發高靈敏度感測器的關鍵，在工作電極上的電子轉移包括幾個步驟：1.表面吸附待測氣體分

子，2.表面電化學反應，3. 氣體表面脫附。這些步驟與電極結構、形貌、物化性質有關，因此，如何設計高感測度工作電極來提升其電動力學反應性，增加三相介面接觸面積與減少感測器反應時間等，是極其重要的。根據文獻，典型的電化學氣體感測電極材料主要為貴金屬如白金等，如表 3-6 所示，材料的基材大都為孔洞結構，用以提升比表面積和增加反應性。此外，貴金屬也具備了極佳的電化學穩定性，不易在電解液中產生腐蝕現象。然而現行文獻提到的感測電極偵測極限皆位於 ppm 等級，對於開發能偵測低濃度 ppb 等級的感測電極，目前技術仍在起步的階段。現行的電化學感測技術中電極開發之材料主要有常見的金屬合金電極(metal alloy electrode)、薄膜電極(thin film electrode)與碳基電極(carbon based electrode)，由文獻可知還原式電化學機制可同時量測 O₃ 和 NO₂ 氣體，其中以碳基電極為近年來主要開發對象，改質後的碳基電極具有適當的比表面積、較佳的電子轉移速率來提升反應速率與具有表面催化活性位置，能提高感測器之靈敏度與選擇性。

表 3-6、應用於電化學氣體感測器感測電極之文獻

感測電極	待測氣體	反應機制	參考文獻
Au/hydrophobic plastic	O ₃ 、NO ₂	還原	K. F. Blurton et. al. , 1977.
Au/C/Nafion	O ₃ 、NO ₂	還原	S. C. Chang et. al. , 1990.
Pt/CdCr ₂ O ₄	O ₃ 、NO ₂	還原	N. Miura et. al. , 1998.
Pt/C	O ₃ 、NO ₂	還原	J. Saffell et. al. , 2016

因此，本研究亦以改質碳材之電極開發為主，期望能開發出兼具環境友善與高靈敏度之電化學工作電極材料。本研究擬利用氣相沉積法與化學法於奈米結構碳材的表面上(bottom-up approach)成長與摻雜活性金屬原子，此改質碳材具有一定的缺陷位置來進行電催化反應，期望透過改質碳材具有高電子轉移速度與熱化學穩定性等特性，搭配輔助電極的校正與電流收集，來提升電化學感測器之穩定度與靈敏度，進而達到扶助國內廠商開發國有氣體感測器之目的。

二、執行成果

如上所述，本年度工作重點為四極式電極核心材料開發，包括四極式電極核心材料配方設計開發、四極式電極配方調控與製作與最佳化設計，

並設計製作感測模組整合之原型機，應用於場域布建與驗證測試上，元件架構如圖 3-18 所示。四極式電化學感測的核心元件組成包含工作電極、校正輔助電極、參考電極與輔助電極等。在設計電極方面，由於電催化反應(electro-catalysis)有別於一般的催化反應(catalysis)，其可視為在不同電極材料間之相對電化學反應速率；電催化反應的速率決定步驟常常來自於在電場作用下，反應物與催化劑表面的吸附作用力。此作用力的大小則取決於催化劑的表面特性。為了增強此作用力，常使用奈米材料當作催化劑，因奈米材料具有表面積大，表面以及角落或階梯(corner and edge)的原子濃度高，表面原子的配位數低，以及獨特的電子特性和量子尺寸效應(quantum size effects)等特性。此外，對於一些相對於結構非常敏感的反應，反應物和催化劑表面的作用力常和其結晶面有高度的相關。以上所有的性質可以調整催化劑的尺寸、形狀、組成、結晶度，以及結構等達到其最佳的活性。

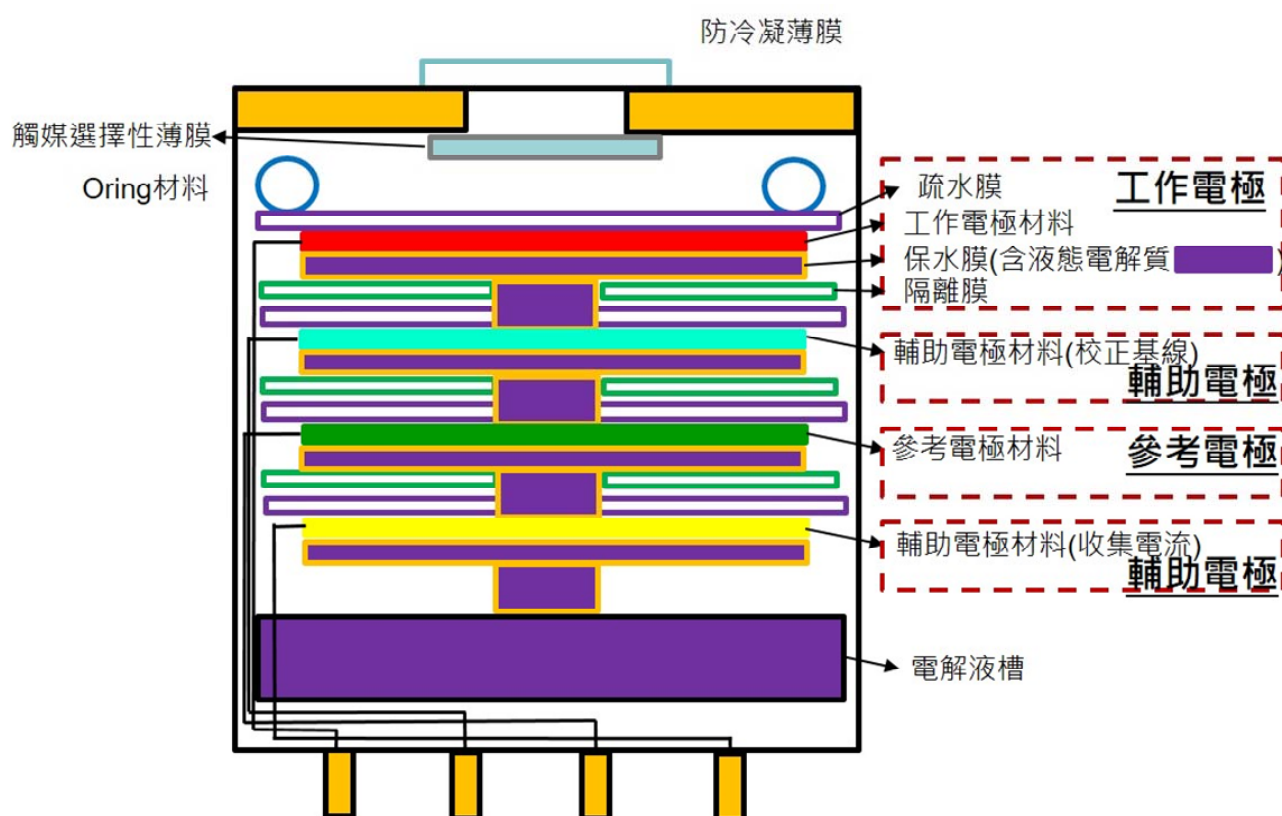


圖 3-18、四極式電極材料開發示意圖

一維奈米材料為直徑小於 100 nm 的奈米線/管/棒之一維結構。因奈米材料具有非常大的表面積，故常應用於感測材料、催化材料及能源材料等。

再則，在電催化方面，不同形狀的奈米金屬結構具有獨特的化學和物理性質，經由文獻實驗觀察到，在奈米尺寸材料中，尤其是 1-D (1-dimensional) 結構，許多與結構相關的反應，會因電催化使其動力學產生劇烈的變化。因此，在工作電極與校正輔助電極製作上，我們利用化學法來成長不同元素組成的一維結構合金奈米線於多孔載體上，如圖 3-19 示意圖，此製程將調控反應之 pH 值/反應時間/前驅物種等製程參數，直接利用還原劑在不需要任何模板或介面活性劑下，以緩慢成長製備出具有異相性的一維奈米線結構，透過此綠色製程來製備一維結構合金奈米線觸媒。

除了成長一維結構合金奈米線外，本研究為了提升電催化活性，也設計多孔奈米結構的碳載體，如圖 3-20 所示，本研究利用化學氣相層積法來分別合成微米級圓形碳載體與少層石墨烯載體，由 BET 量測結果可知，兩種的碳載體比表面積皆大於 $100 \text{ m}^2/\text{g}$ ，適合用於當作金屬觸媒的載體使用。

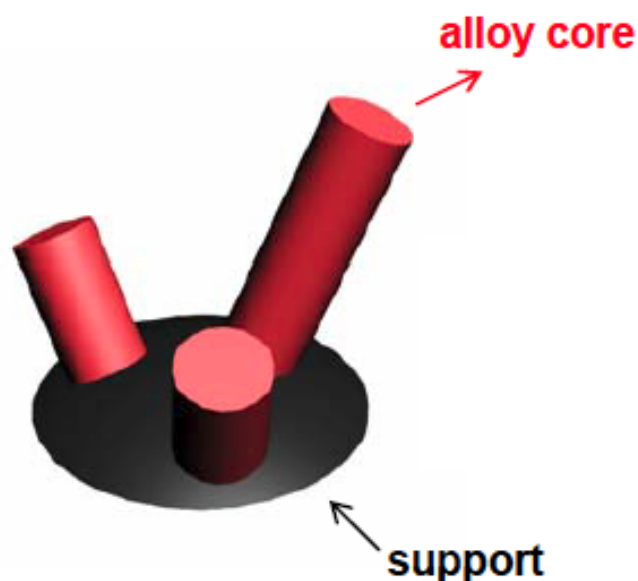


圖 3-19、電極材料示意圖

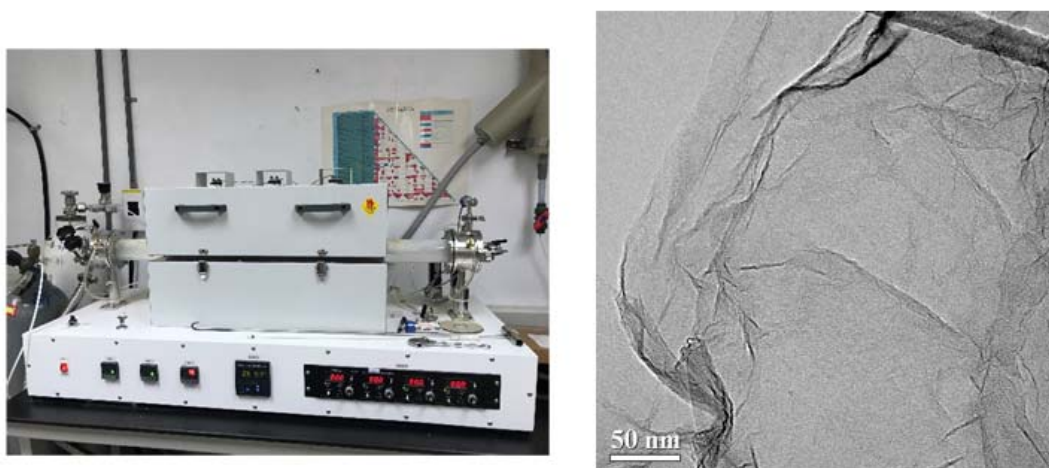


圖 3-20、化學氣相層積法來合成石墨烯薄膜

另一方面，在參考電極製作上，我們利用沉澱沉積方法(deposition precipitation, DP)製備 Pt /C 觸媒，製備觸媒之 metal loading ~30 %。首先將碳支撐物 (XC-72R)在室溫下分散於去離子水中。秤取適量的 H_2PtCl_4 溶於去離子水中，將混合的金屬前驅物溶液用 1 M (莫耳濃度) 之 NaOH 調控溶液的酸鹼值在 pH 值範圍為 7-9，在 300 K 下攪拌 24 小時後清洗，並置入 320 K 的烘箱中乾燥 24 小時。所合成之參考電極之 TEM 圖譜與 EDS 分析結果如圖 3-21 所示。此外，我們也合成氯化銀來當作參考電極，利用常見的銀來進行氯化作用 (chlorination) 使銀氯化成氯化銀。將銀線浸泡於硝酸溶液中，然後用去離子水清洗後置於 0.1M 鹽酸溶液中，進行陽極氧化，利用 Pt 當作陰極，電解的陽極電流密度為 0.4 mA/cm^2 ，電鍍時間為 30 分鐘，氧化後的氯化銀電極呈黑色。

在輔助電極製作上，如圖 3-22 所示，我們將高分子 resin 在溶劑中分散並添加觸媒來形成不均質的球形顆粒狀在水溶液中，接著我們在無氧 1200°C 的環境下進行碳化，來得到球狀的輔助電極材料。

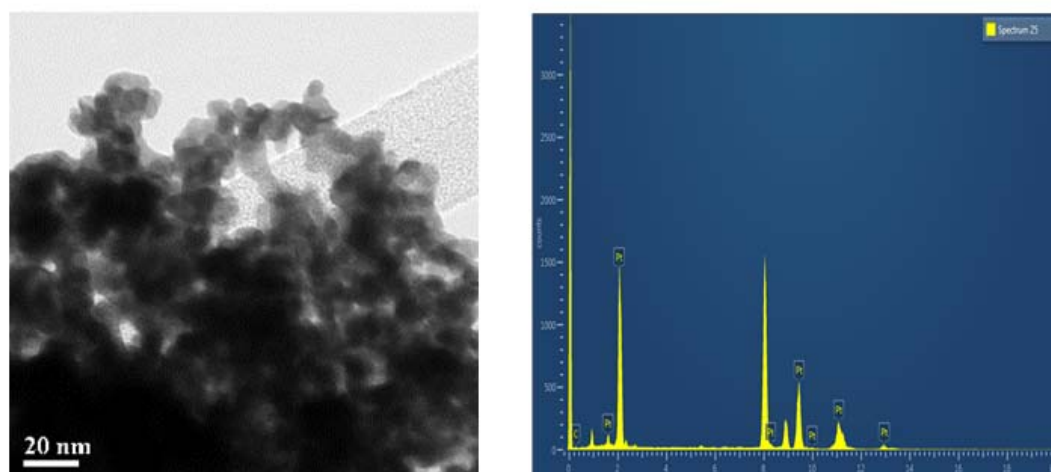


圖 3-21、參考電極 Pt/C 之 TEM 與 EDS 分析結果

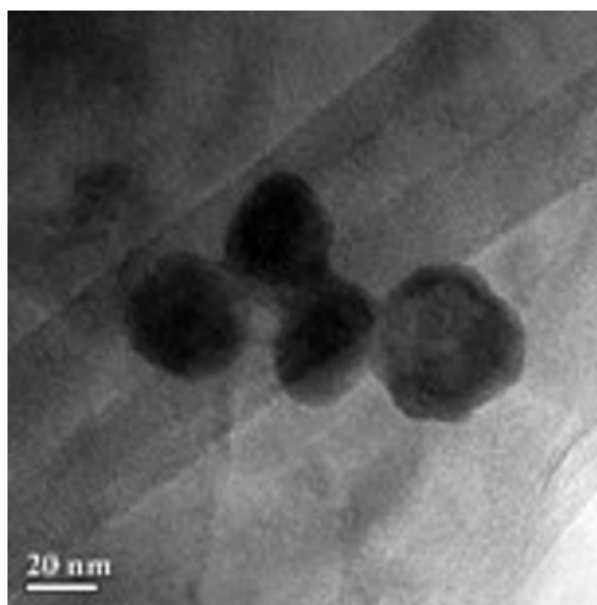


圖 3-22、輔助電極 C 之 TEM 圖譜

另一方面，如元件架構圖 3-23 所示，除了四極式電化學感測核心材料外(工作電極、校正輔助電極、參考電極與輔助電極)，本研究也進行薄膜材料開發，包括電極隔離疏水膜、電解質保水膜與電極分離膜等材料。在電極隔離疏水膜方面，考量到薄膜材料不與臭氧反應以及其必須具有一定的透氣量讓待測氣體通過等特點，因此我們採用透氣性的 PTFE 膜，PTFE 膜材料具有不同厚度與孔徑。在電解質保水膜方面，如圖 3-24 所示，我們選取了四種具沸石結構的材料來當作電解質保水膜，保水膜材料之保水率

皆大於 80 %。

Compound Name	Formula
Paulingite	$(\text{K};\text{Na})_2\text{Ca}(\text{Si}_{13}\text{Al}_4)\text{O}_{34}\cdot 13\text{H}_2\text{O}$
Heulandite	$(\text{Na};\text{Ca})_{2-3}\text{Al}_3(\text{Al};\text{Si})_2\text{Si}_{13}\text{O}_{36}\cdot 12\text{H}_2\text{O}$
Wallsite	$(\text{Ba};\text{CaK}_2)\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Stilbite	$\text{Ca: NaCa}_4(\text{Si}_{27}\text{Al}_9)\text{O}_{72}\cdot 28(\text{H}_2\text{O})$

圖 3-23、電解質保水膜材料

在電極分離膜方面，我們須考量到薄膜材料必須具有耐酸性質(電解質為硫酸液體)，同時仍有效阻隔各電極間的反應，如圖 3-32 所示，因此我們選擇乙烯共聚物來當作電極分離膜材料。

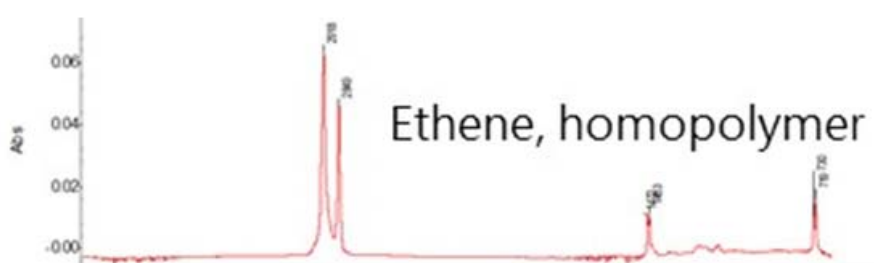


圖 3-24、電極分離膜材料

目前已合成許多的電極材料，接著我們利用電化學測試系統(CH Instruments, Inc.)來驗證工作電極材料對於臭氧(0-300 ppb)的初步效能，系統的測試流程圖與架設示意如圖 3-25 與圖 3-26 所示。測試步驟包括：(1) 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；(2)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；

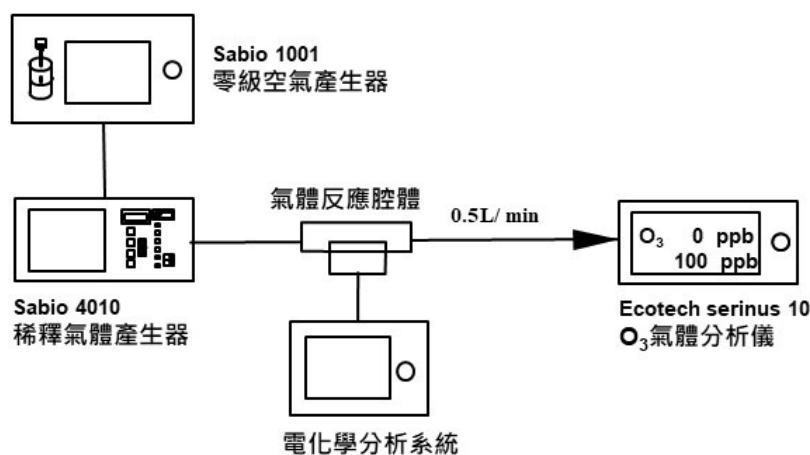


圖 3-25、系統測試流程圖



圖 3-26、電化學測試系統

(3)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)；(4)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 4，穩定進入步驟(5)利用稀釋氣體校正器通入 O_3 300 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(5)，穩定進入步驟(6)彙整測試資料，並記錄其線性濃度區間(eg.0-300 ppb)與計算其線性數值(合理的線性區間其 $R > 0.9$)。

下一階段方面，我們將工作電極材料塗佈於三極式式片(如圖 3-27 所示)

上進行電化學測試，參考電極與輔助電極皆為碳電極，電解質為硫酸液體，接著我們在適當的偏壓操作下，利用 Amperometric i-t Curve 方法進行測試，初步結果顯示元件的線性範圍為 0-284 ppb，工作電極感測電流與氣體濃度呈線性($R^2 > 0.9$)。接著，我們也將所合成之電極材料塗佈於透氣 PTFE 膜上，透過塗佈電極材料於不同厚度與孔徑之 PTFE 膜，並測試驗證感測電流與通孔流速之關聯性，測試結果顯示其感測電流與通孔流速呈正相關，因此之後我們皆選用薄膜厚度 $> 0.13\text{mm}$ 、空氣流速 $> 1500\text{ ml/min/cm}^2$ 之 PTFE 膜當作工作電極的隔離疏水膜材料。

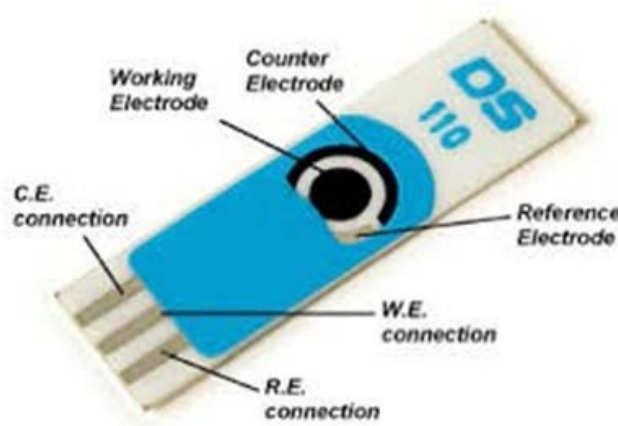


圖 3-27、三極式式片

在雛型元件的 O_3 效能測試方面，我們建立一個雛形元件模組如圖 3-28 所示，模組中包括參考電極 AgCl 、輔助電極 Au 和電解質硫酸液體等，實驗結果顯示對於相同濃度臭氧，感測電流的大小會受到工作電極於 PTFE 膜上之塗佈均勻性所影響，感測電流區間介於 $0.01\text{-}100\text{nA}$ 。 O_3 效能測試結果顯示，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，雛型模組的線性區間 O_3 0-700 ppb， $R^2 > 0.9$ 。

在元件設計製作方面，如圖 3-28 之 3D 機構圖所示，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。布建感測模組整合之原型機設計與雛型製作，共產出 20 個模組。

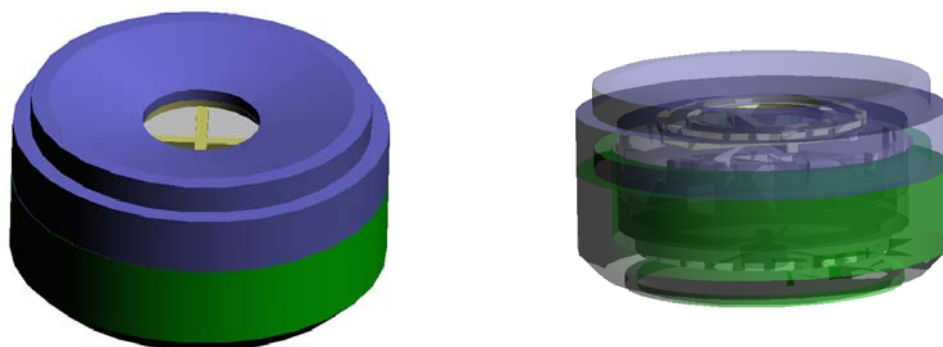


圖 3-28、感測元件之 3D 外殼模組設計

在電路設計製作方面，基本架構如圖 3-29 所示，包含電源供應模組、通訊模組、量測模組與 AFE 板，整合四個電路模組與雛型元件如圖 3-30 所示。

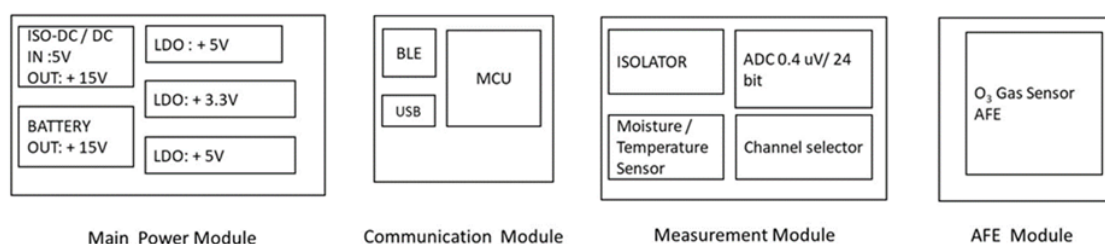


圖 3-29、電路設計基本架構

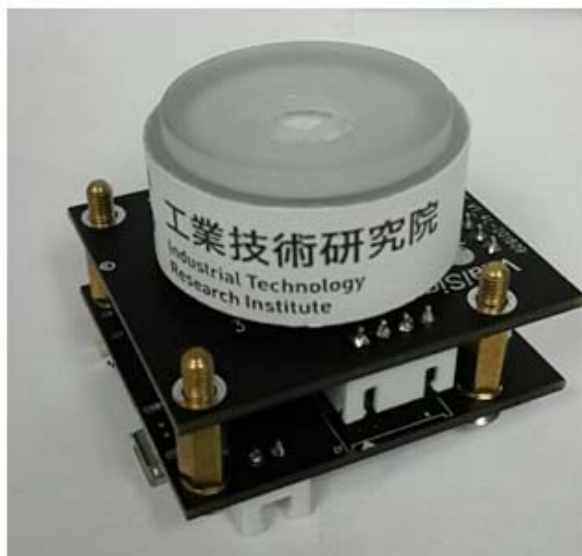


圖 3-30、整合電路模組與雛型元件

O₃ 感測元件 3S 測試內容如“國產化 O₃、NO₂ 及 PM_{2.5} 感測原型機測試規劃”書所載，步驟及測試結果說明如下：為有效代表測試之樣本數，將以隨機方式選取 15% 的原型機數量進行測試，故以 20 組原型機中選用 3 組來進行選擇性、穩定性與靈敏度的 3S 評估測試。

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指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圖如圖3-31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：
- $$LDL = B_L \text{ or } B_k (\text{量測到的最低濃度}) - B_z \quad (3)$$

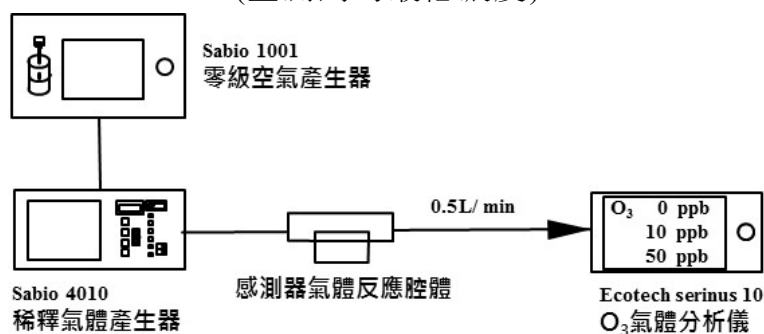


圖 3-31、 O_3 原型機最低偵測極限之測試示意圖

B.另一方面，靈敏度也以線性表示，其測試示意圖如圖3-32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O₃ 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O₃ 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O₃ 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.0-400 ppb)與計算其線性數值(合理的線性區間其 $R^2 > 0.8$)。

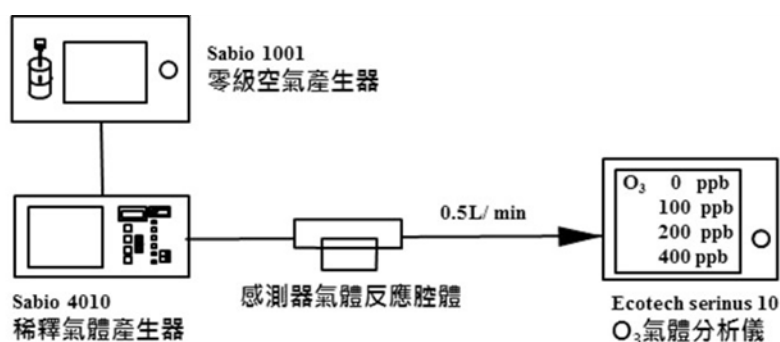


圖3-32、O₃感測原型機線性之測試示意圖

O₃ 偵測極限測試結果顯示，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，元件模組的最低偵測極限為 20ppb，線性區間 O₃ 0-100 ppb， $R^2 > 0.9$ 。

(2) O₃ 原型機測試作業

A.選擇性測試

將所設計之O₃原型機進行選擇性測試，目標是驗證O₃原型機與其他物種之干擾性(interference)，測試之流程如圖3-33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0-60psig，輸出之流量>22SLM at 25 psig，

CH₄，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SO₂ 400 ppb、NO 400 ppb與CO 40ppm)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)。

$$\text{Interference equivalent (IE) as } IE = R_I - R \quad (1)$$

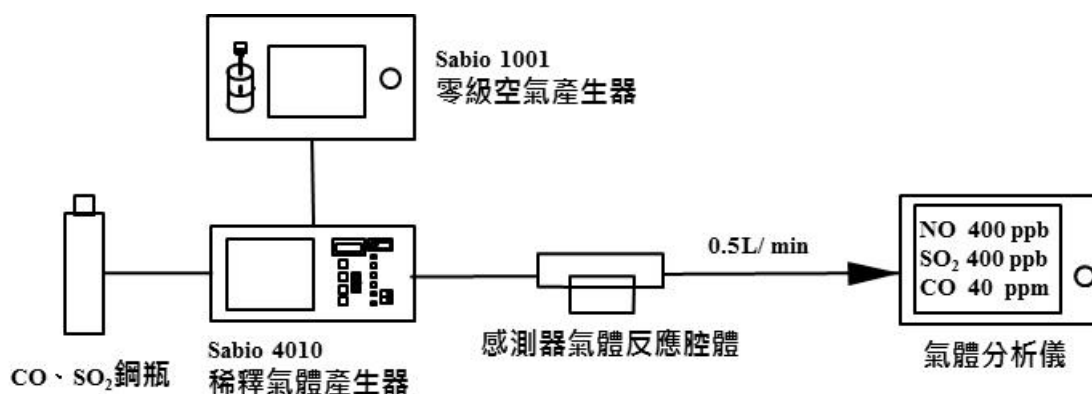


圖3-33、O₃原型機選擇性測試之示意圖

測試環境的溫度為 25°C、濕度為 25~30%RH。我們首先藉由通入不同 ppb 濃度之 O₃ 來驗證 O₃ 感測元件的線性，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(秒)，首先我們分別通入不同濃度之 O_3 標準氣體(0、20、50、100 ppb)，接著通入混和氣體(SO_2 400 ppb、 NO 400 ppb 與 CO 40ppm)， O_3 感測元件選擇性結果顯示，感測元件不受混合氣體干擾，干擾值(IE) < 6.2。

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圖如圖3-34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_3 100 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等數值。將量測資料代入下列公式來計算其穩定性(CV%)：

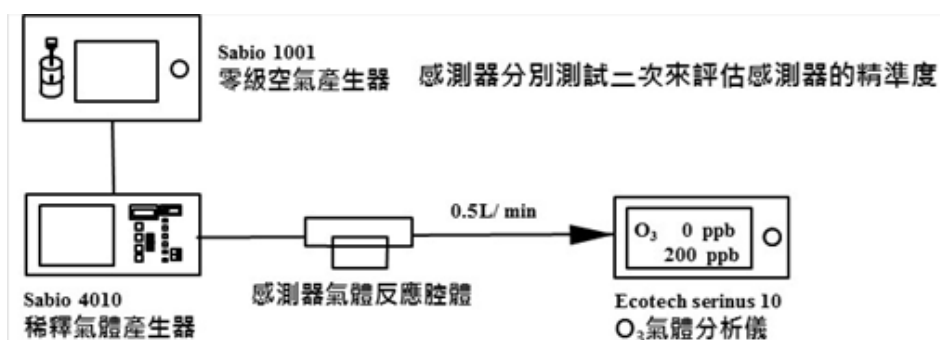


圖3-34、 O_3 原型機穩定性測試之示意圖

測試環境的溫度為 25°C、濕度為 25~30%RH。我們首先藉由通入 100 ppb 濃度之 O₃ 來驗證 O₃ 感測元件的穩定性，縱軸數值表示為感測器量測所顯示的 O₃ 濃度，橫軸數值表示為量測時間(秒)，首先我們在早上九點 (TEST1)通入 100 ppb 濃度之 O₃ 標準氣體，等待感測數值穩定後記錄其讀值，接著在下午三點(TEST2)通入 100 ppb 濃度之 O₃ 標準氣體，等待感測數值穩定後記錄其讀值，O₃ 感測元件穩定性結果顯示，感測元件於 100 ppb O₃ 濃度之穩定性(CV%) < 20 %。

表3-7、O₃元件3S測試結果

元件 3S test				
選擇性	穩定性 (CV %)	靈敏度		
		測試濃度範圍 (ppb)	最低偵測極限 (LDL)	線性關係 (R ²)
干擾值(IE) < 6.2，代表感測元件不受 CO、SO ₂ 與 NO 影響	< 20 %	0~400	20±5	> 0.8
□ 與國外機型比較： • 3S 測試結果與國外 Alphasense O₃-B4 機型相近，優於美國 SPEC O₃ 感測器(最低偵測極限 200 ppb、線性 R² ~0.24)。 • 本研究 O₃ 感測元件採用，選擇性薄膜濾材、電化學感測電極、電解液槽等組成，並利用低雜訊電路來進行數據收集以及利用微處理器來演算溫溼度干擾影響，進而達到 ppb 濃度等級量測。 • 長時間穩定性仍需評估 □ 預期壽命：正常操作下可使用 1 年以上。 □ QA/QC：未來將採定期游校以確定其穩定性及修正誤差，並結合雲端大數據運算管理方式來解析其數據的可信賴度。				

(3) 專利申請作業

在專利申請部分，已通過工研院綠能所所級評審，評審結果如圖 3-35 所示，故本技術將於年底前先進行臺灣專利申請，同時進行美國專利申請文件準備。

您好！

由「劉丞偉,陳俊吉,吳信賢,黃馨儀」所提出之專利構想提案「一種增強擴散型安培式電化學氣體感測裝置」,案編號為「P55070032」,已評審完畢。

評審結論為：應申請專利

申請國家為：中華民國;美國;中國大陸

專利工程師：?冠任(分機：14854)

專利程序人員：劉炫慧(分機：13783)

圖 3-35、O₃ 元件綠能所所級評審結果通知函

三、結論與後續建議

106 年度的開發重點為觸媒選擇性薄膜，來排除 O₃ 與 NO₂ 於電化學感測訊號之相互干擾。107 年的開發重點為四極式電極材料研發，包括工作電極、輔助電極(校正)、輔助電極(電流收集)與參考電極等，透過此四種電極材料的研發，開發出高靈敏度(ppb 濃度等級)之國產化電化學 O₃ 氣體感測元件。所開發之元件模組已進行專利申請與進行實驗室環境 3S 測試，測試結果均符合預定目標。在 O₃ 偵測下限部分，測試結果可達 20 ppb。O₃ 濃度 0-400 ppb 間之靈敏度， $R^2 > 0.7$ 。

後續兩年規劃部分，在本年度已將感測技術已經初步模組化，但仍需進行感測元件精進與量產化技術開發，並評估感測元件的環境溫溼度效應、老化效應、長時間穩定性等影響。此外，對於感測元件校正功能亦尚未建立。故後續如欲商品化則需提升產品的穩定性、精確性來發展，藉由整合於數值演算模組(自動零點校正及溫溼度差分補償功能)之方向進行。目前為止，已與許多業者洽談技術轉移事宜，預計將於 109 年可進行試量產及技術移轉。

另一方面，除了 O₃ 對於環境造成影響外，如圖 3-36 所示、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。目前國內石化業或光電產業所採用的危害性氣體洩漏偵測系統尚無特別針對酸性氣體進行偵測，由於一般感測器存在偵測極限過高(ppm 濃度等級量測)，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。因此若能開發相關低濃度(ppb 濃度等級)酸性氣體感測器技術彌補石化與光電產業遇到的工廠氣體洩漏問題，進而提升環境上的安全、降低工安事故的發生，對此相關產業將是一大益處。故建議於 108 年度可針對酸性氣體之感測/監測技術以及市場需

求加以了解，有必要時可於 109 年度進行相關技術開發。

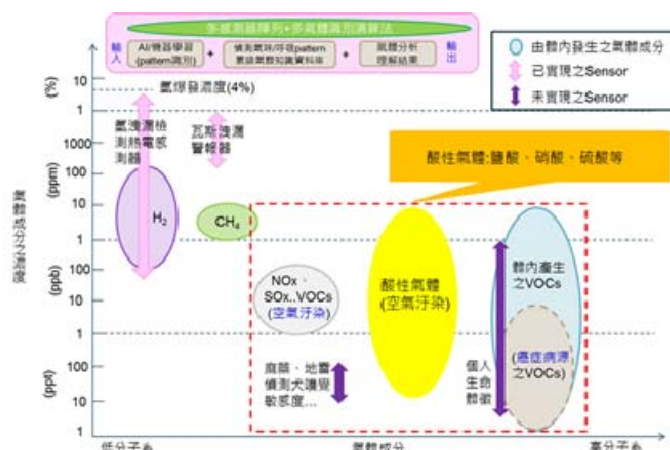


圖 3-36、酸性氣體易造成環境上的危害

3.3 國產化 NO₂ 感測元件之感測器模組

交通運輸燃油尾氣與工廠廢氣煙霧污染源之 NO₂ 濃度管制被全球列為國家環境績效指數，然而環境偵測面臨兩大挑戰，主要為 ppb 等級的低濃度偵測與克服環境干擾之感測物種的選擇性。環境物聯網監測布建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建主流，然而傳統元件需要工作溫度高，在偵測的過程都需要給予 100~350 °C 的工作溫度，面臨設計上需解決功耗與封裝問題。加熱型以電阻電熱催化反應，雖然靈敏性較高且反應快，卻易受還原性氣體干擾(EX: CO、VOCs、H₂)而電性訊號消失或加大造成誤判，在實務環境應用上深具挑戰。本計畫在去(106)年度成功開發室溫型 NO₂ 感測器，符合節能省電的物聯網應用趨勢，添加多壁奈米碳管 p/n 異質介面複合感材，研發常溫型之 MOS 感測技術以 WO₃/CNT 的結構設計複合感材提高 NO₂ 之選擇性來解決 MOS 感測器的耗能高溫偵測與易受還原性氣體干擾的缺點。並建立感測複材搭配光電驅動感測模組，感測複材元件搭配驅動電路與數據分析整合模組；光激發感測反應同步訊號擷取，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。

3.3.1 NO₂ 感測元件工作進度說明

一、本年度工作目標及內容

去(106)年之 NO₂ 感測技術開發與雛型元件測試為主，今(107)年度之工作將延續上年度繼續開發 MOS 感測元件，並更加精進提升感測模組之功能，預計產出 50 個模組以供布建測試。為達到落實國產化做法有三部分展開，分別為：

- (一) NO₂ 感測元件持續精進：元件溫濕度效應趨勢分析，觸媒增感與元件樣品篩選。偵測範圍 0 - 1000 ppb；目標為 LDL 20ppb、訊號偏差率<50%、R² 值>0.6 與 URAT/I2C 格式數據輸出。
- (二) 產品化開發：技術上以雛型進化設計與工程化驗證為主之方向。完成 50 套布建機，相容目前環保署布建之感測器，進行實地場域數據收集與分析。
- (三) 業者技轉與合作：落實業界導入，規劃業者參與模組件之製造代工與技轉以不同階段，以產品角度的業界參與代工、技術合作與商業運轉。
- (四) 將 106 年之 NO₂ 感測技術成果”一種氧化性氣體檢測方法與裝置“臺灣申請案號 106145905 與美國申請案號 15/855,933，實現原型機設計雛型：偵測穩定性、溫濕度補償修正、導入演算法訊號處理提高穩定性與選擇性。

預計本年度之主要工作包含：

- 1. NO₂ 感測單元微小化封裝設計與光電複合驅動之整合模組製作之感度測試：NO₂ 元件與光驅動 LED 裸晶元件共整合封裝設計之感測單元，搭配 LED 節能驅動電路，室溫型的光電複合驅動之整合模組。
- 2. NO₂ 感測元件之電路模組製作與測試：提升 NO₂ 感測元件偵測能力之極限與穩定性，電路模組設計製作與測試。感測模組將結合溫濕度補償修正，導入演算法訊號處理提高穩定性與選擇性結果。
- 3. 布建之感測模組整合及原型機設計：原型機架構設計規格與雛型設計，URAT/I2C 格式數據，量測範圍 0 ~ 1000 ppb，可整合既有工業區布建感測器平台資源應用於實地場域。
- 4. NO₂ 小型量產原型機與場域測試：完成 NO₂ 小型量產原型機 50 組與國內實地場域測試。

二、執行成果

在今(107)年度之工作第一季為將去(106)年底完成之 NO₂ 感測展示為聯接電腦來程式驅動控制系統，簡化為去 PC 化設計。完成功能規格：插電 110V，RH，Temp. 與濃度顯示，原始訊號數值與演算數值，USB SD card 存儲分析，說明如下圖 3-37。

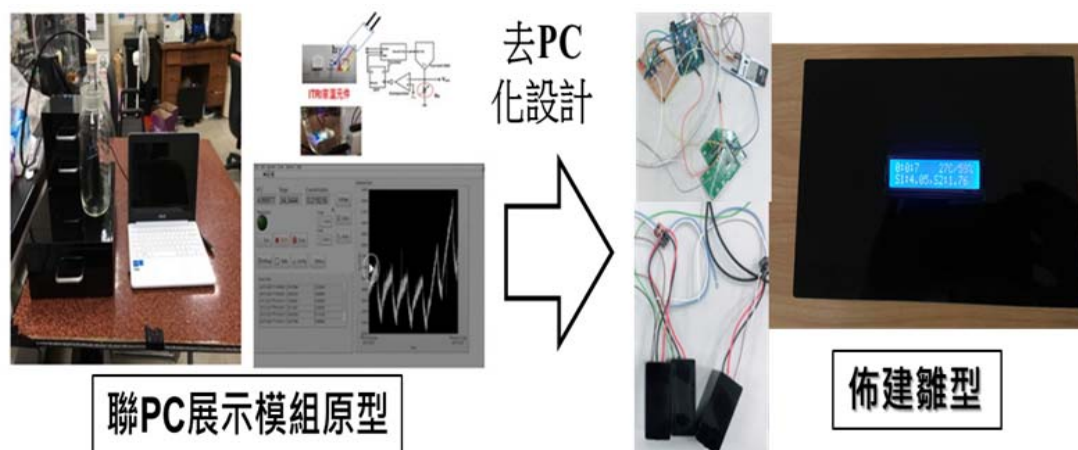


圖 3-37、展示模組去 PC 化設計

在第二季完成 NO₂ 元件與光驅動 UV LED 裸晶元件共整合封裝與驅動模組設計，由業界則葳實業公司來封裝設計開發材質採用 Out gasing free 組裝與 SIP (single-in-line) 接腳，模組以電腦輔助機構設計與立體電路板設計及製作，將原本光驅動之光源縮小體積設計相較原體積之縮小化 $<1/10$ 。說明如下圖 3-3838 與 3-39。由業界聯齊科技來技術整合產出感測物聯網布建機硬體之零組件連接電路架構設計圖與模組機構設計，如下圖 3-40(a)(b) 所示。

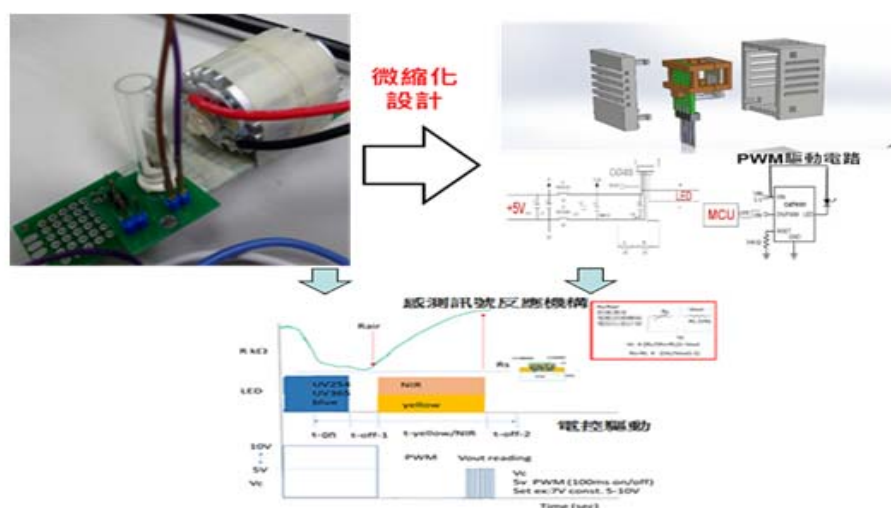


圖 3-38、元件與 LED 裸晶元件共整合封裝與驅動模組設計

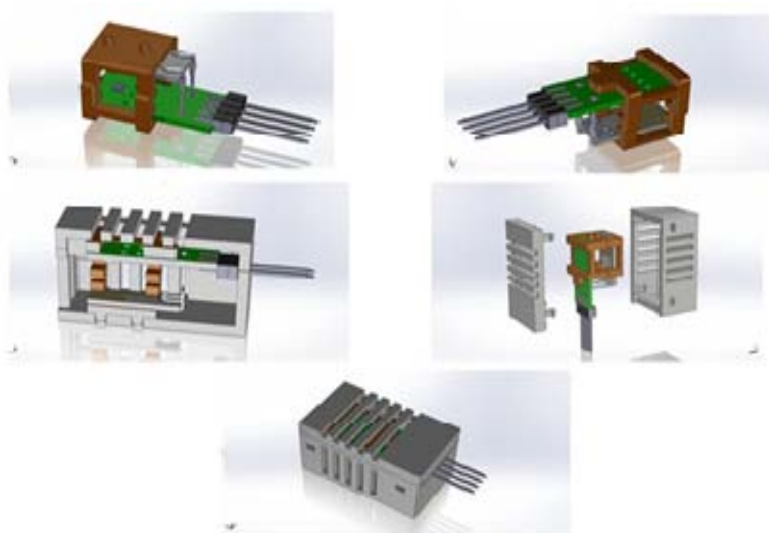


圖 3-39、NO₂ 感測單元微小化封裝結構設計

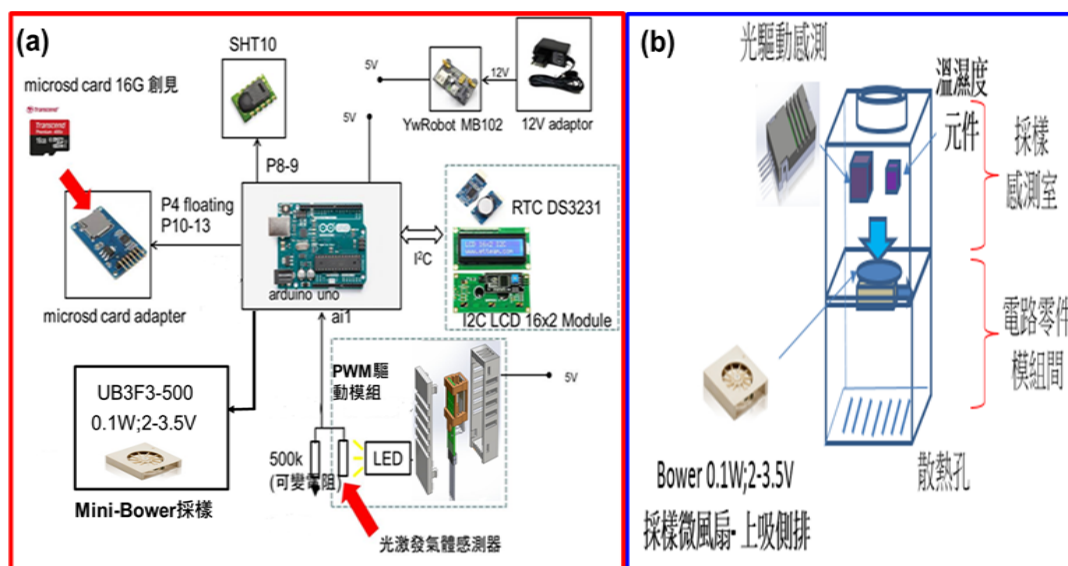


圖 3-40、NO₂ 感測器硬體(a)組件連接電路架構設計(b)模組機構設計

為精進元件觸媒材料，比對商用 Drager NO₂ meter 極限 40ppb 測試訊號。NO₂ 感測元件之材料觸媒改良以氧化鐵修飾 FeO catalyst/WO₃-CNT，目前可以測到 40ppb 之 NO₂ 濃度，對照以 UV 光驅動之訊號可提升 2 倍以上。元件之測試對照有無 UV 激發之效果如圖 3-41 所示，測試從 40ppb 到 1000ppb 之濃度範圍之線性度良好有 $R^2=0.999$ ，如圖 3-42 所示。

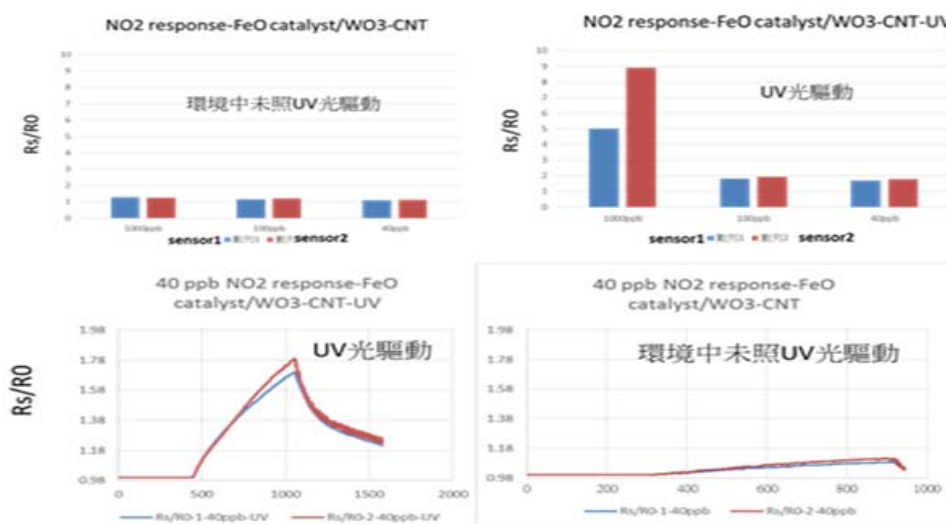
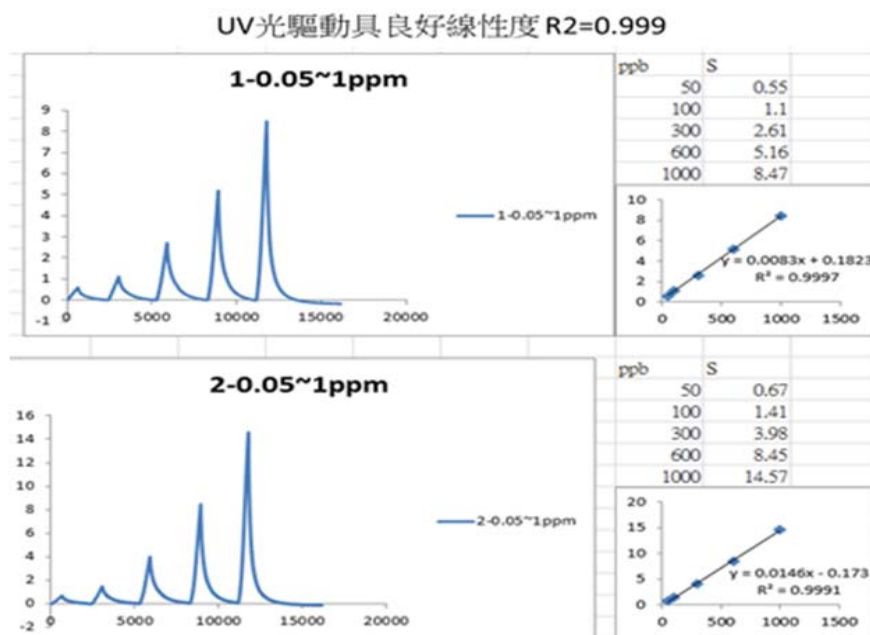


圖 3-41、NO₂ 元件材料氧化鐵觸媒改良提升靈敏度

圖 3-42、NO₂ 元件測試有良好線性度

第三季進行元件模組之機電整合產品化，NO₂ 布建雛型元件機設計與樣品階段的雛型模組測試比較：將 ITRI 光驅動模組裝載在自製壓克力雛型感測器，進行測試感測驅動模組測試，外觀如圖 3-43 所示。以 50ppb NO₂ 導入壓克力雛型感測器測試，ITRI 光驅動模組測試感測訊號對照商用元件 (SGX)與電化學直讀儀器(Drager)，結果如圖 3-44 所示，三次流動式配置 50ppb NO₂ 濃度，三者不同偵測方式的感測訊號變化之趨勢有一致性。



圖 3-43、共整合封裝與驅動模組裝置在場域測試雛型感測器外觀

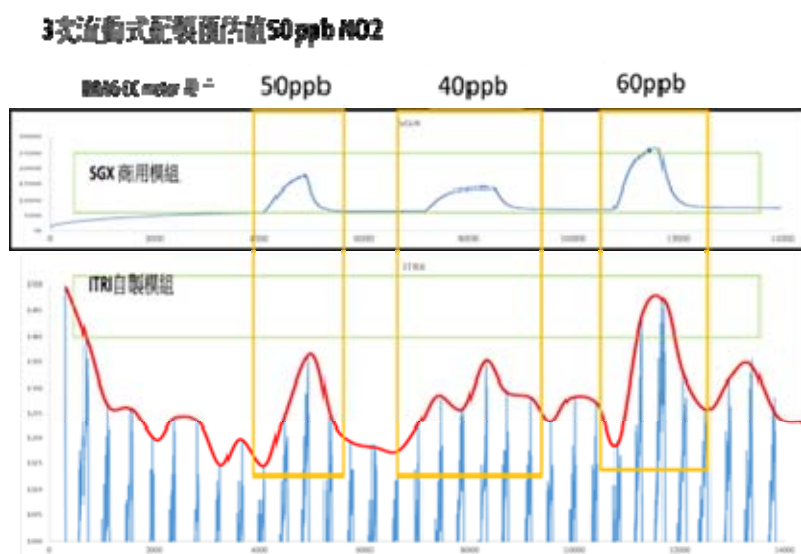


圖 3-44、雛型感測模組於自製感測器訊號測試

1. 雛型感測器戶外場域背景測試

地點為陽明山上文化大學建築物位置地圖與雛型感測器連結攜帶型電源如圖 3-45 所示，下午維持四小時的背景測試數據結取每秒一筆累積，對照商用 SGX 熱驅動元件與自製 ITRI 光驅動元件，發現環境濕度越低與溫度越高靈敏度越大趨勢，結果如圖 3-46 所示。



圖 3-45、雛型感測模組於自製感測器戶外背景測試

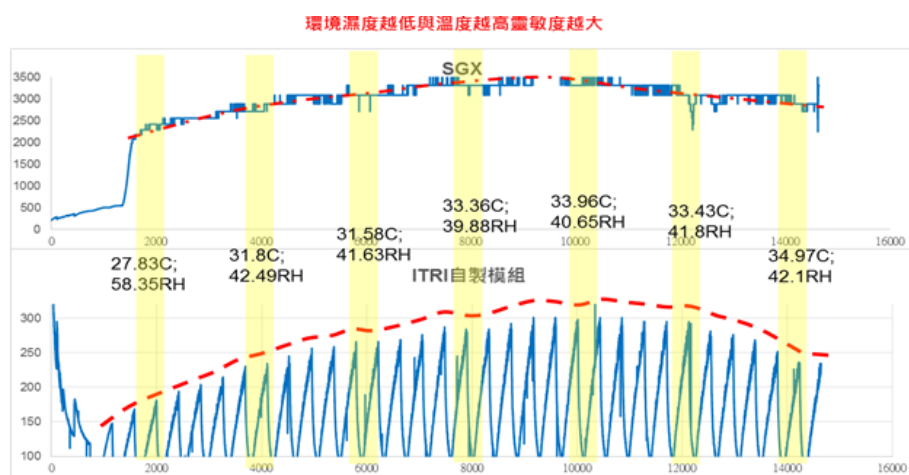


圖 3-46、雛型感測模組於自製感測器訊號的戶外背景測試

2. 雛型感測器戶外機車排氣測試

以 2011 年份 KYMCO racing 125CC 光陽機車為 NO_2 源，在地點為騎樓下與雛型感測器連結攜帶型電源如圖 3-47 所示，以 2 小時的背景測試數據結取每秒一筆累積，對照商用 SGX 熱驅動元件與自製 ITRI 光驅動元件，實驗設計 0-1hr 之數據為背景值，1hr 發動摩托車進入怠速，1hr10min 催油門 3 分鐘後熄火，1hr30min 發動摩托車進入怠速，1hr40min 催油門 3 分鐘後熄火。實驗發現發動機車後 SGX 商用元件阻值下降，機車廢氣除了大量 CO_2 與 NO_2 ，還含有 CO 與 C_xH_y 屬於還原性氣體，結果如圖 3-48 所示，光驅動雖然訊號小反應慢，相較熱驅動元件對還原性氣體干擾小，對於交通污染源之監測有優勢。



圖 3-47、雛型感測模組於自製感測器戶外機車測試

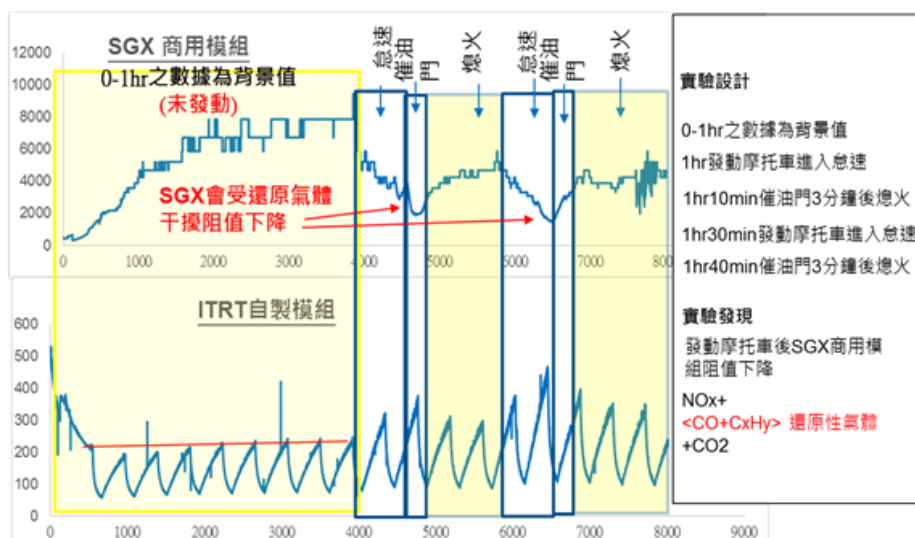


圖 3-48、雛型感測模組於自製感測器戶外機車排氣實驗測試

3.布建模組機構設計

NO₂ 布建雛型元件機構設計與成品方面，考量商用感測器之布建模組相容性，ITRI 光驅動模組 NO₂ 布建雛型機之機構與電路架構設計可與柏昇公司感測器整合，設計之布建模組可相容裝置在商用感測器製作成品之外觀，解構從商用感測器之內部空間再利用設計布建模組，如圖 3-49 所示。程控採樣演算訊號處理與穩定性之電路模組設計整合之雛型布建模組，設計之布建組可相容裝置在商用感測器製作成品之外觀如圖 3-50 所示。

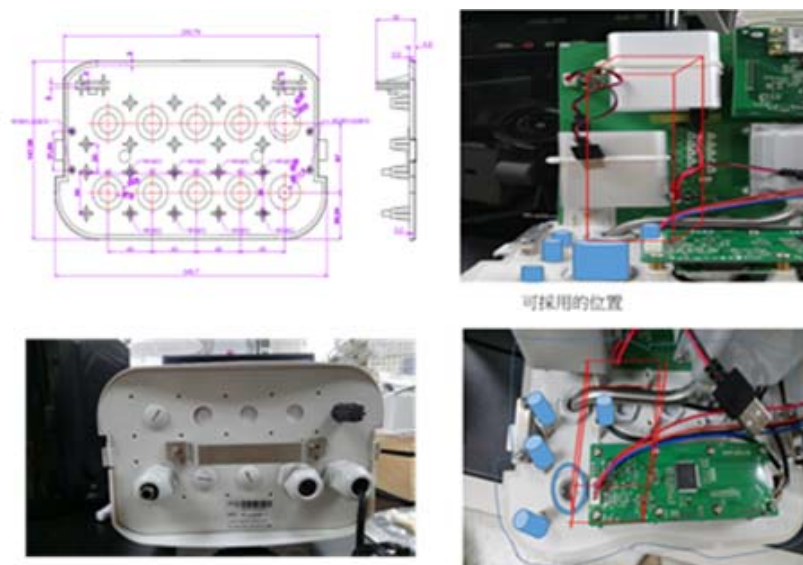


圖 3-49、商用感測器內部空間解構之布建模組設計

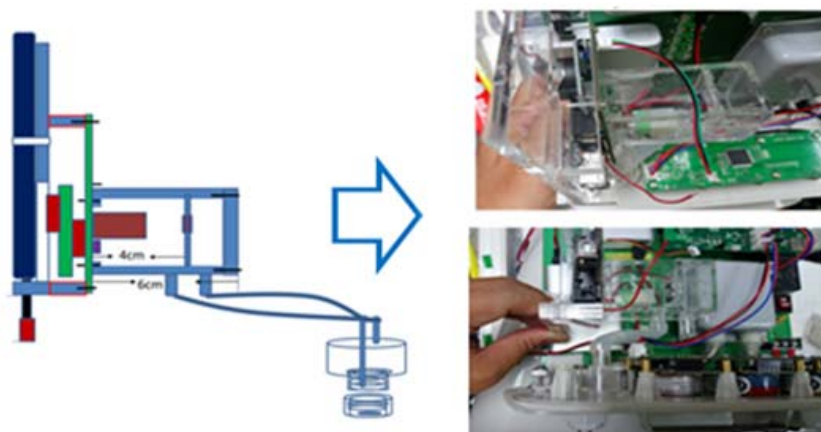


圖 3-50、布建模組設計與製作樣品裝設感測器內外觀

4. 布建模組原型機

ITRI 光驅動模組與溫度濕度之背景測試數據如下：新模組背景測試有風扇採樣，與 LED 光驅動過程有溫度與光讓 SGX 有受到影響的訊號變成有周期性感測。布建機模組之光驅動 ITRI 感測元件與熱驅動 SGX 之不同濕度下之訊號比較，在濕度 $RH > 80\%$ 之 NO_2 測試有顯著影響，然而 SGX 訊號無法判讀，溫濕度與感測元件規律週期性同步化偵測有助於數據擷取演算法分析如圖 3-51 所示。

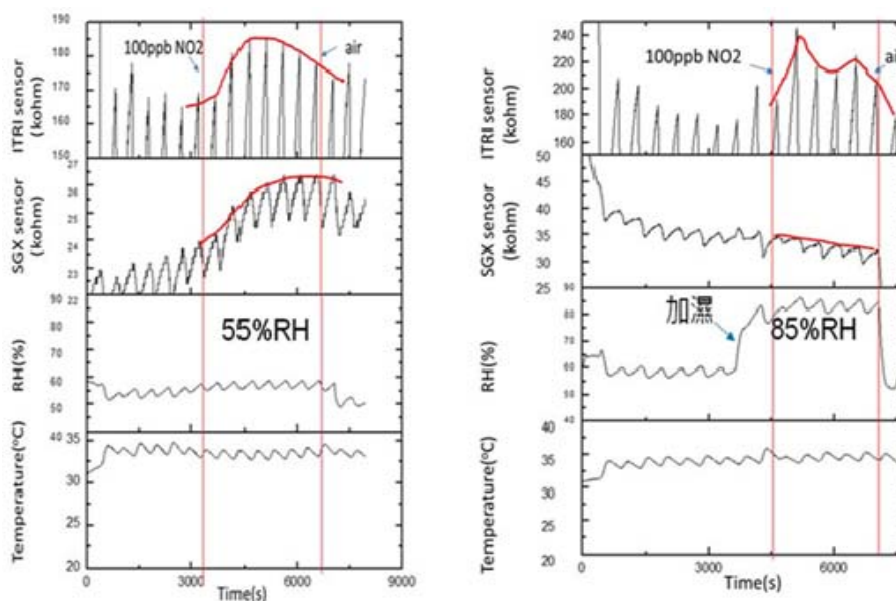


圖 3-51、雛型布建模組測試結果

光驅動元件/模組建置 NO₂ 布建原型機如圖 3-52 所示，體積約 13cm×8cm×8cm，內含光驅動 NO₂ 模組、演算修正用溫濕度感測之採樣機構在整合電路架構設計，可相容裝置在商用感測器製作成品之外觀。完成 50 套雛型布建機模組硬體成品如圖 3-53 所示。

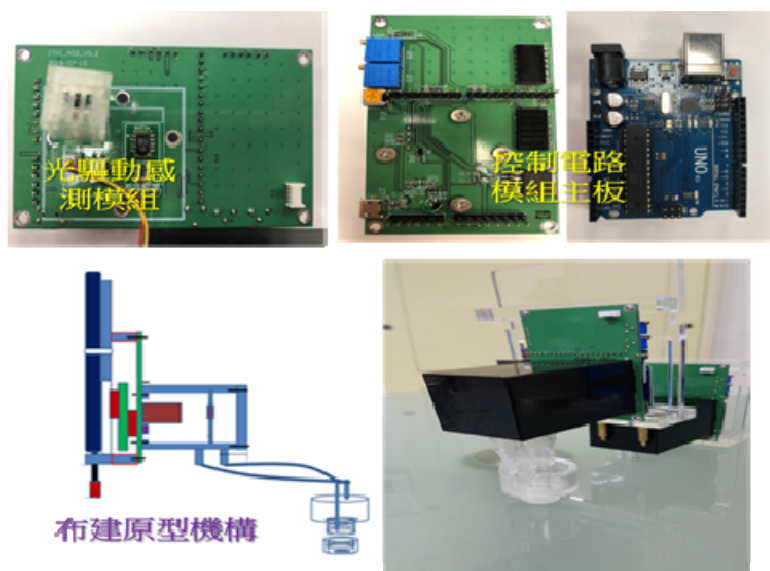


圖 3-52、光驅動元件/模組建置 NO₂ 布建原型機



圖 3-53、NO₂ 布建機模組 50 套外觀

5.NO₂ 布建機模組測試評估

本感測模組 3S 測試項目包含選擇性、穩定度及靈敏度測試結果摘要如表 3-8 所示。

表 3-8、NO₂ 模組 3S 測試結果摘要

選擇性 (訊號影響性對 CO 50 ppm;H ₂ 100 ppm)	穩定性 150ppb NO ₂ Rs/R0 感度指標 (RSD %值)	靈敏度	
		50ppb 之 Rs/R0 感度指標統計	線性關係
不顯著	(1.27±0.03)， 相對標準偏差 RSD2.5%	(1.08±0.03)， 相對標準偏差 RSD3.05%	R ² =0.91±0.03
□ 與國外機型比較：目前並無同原理之機型： ·本技術採用室溫光驅動可避開降低環境中還原性氣體干擾 ·在整體功能上具有周期性訊號數據分析與演算降低干擾提昇訊號正確性特點。 □ 預期壽命：感測元件材料為耐候性佳之陶瓷氧化物，與附屬光驅動 LED die，元件單元至少可使用 3-5 年以上，加上電路模組防水防塵封裝與安裝在商用空氣盒子中有同樣使用壽命。 □ QA/QC：未來將採定期游校以確定其穩定性及修正誤差，並結合雲端大數據運算管理方式來解析其數據的可信賴度。			

NO₂ 感測模組 3S 測試內容如附件一「國產化 O₃、NO₂ 及 PM_{2.5} 感測原型機測試規劃」書所載，NO₂ 氣體感測元件/模組測試評估對照商用直讀式偵測器/儀器，(1)選擇性：以高濃度 CO 與 H₂ 非目的干擾氣體之反應訊號，測試採用 NO₂ 氣體濃度為 300 ppb；以 CO 濃度為 50 ppm 及 H₂ 濃度為 100 ppm；(2)穩定性：待測元件/模組反應訊號一致性以 200 ppb NO₂ 氣體之模組重複測試；(3)靈敏度：以對照商用校驗直讀式偵測器 50 ppb NO₂ 的偵測下限之模組重複測試。

為有效觀察該場域測試之成果，規劃將 NO₂ 感測模組與柏昇公司生產之商用空氣品質感測器(以下簡稱商用感測器)架設於環保署標準監測站(以下簡稱監測站)進行測試，平行比對 NO₂ 感測原型機、商用感測器 NO₂ 數值以及鄰近環保署標準監測站的 NO₂ 數值。目前 NO₂ 感測原型機之數據擷取頻率為取 7.5 分鐘的平均值，商用感測器 NO₂ 數值為每分鐘 1 筆數據，監測站 NO₂ 數值為每分鐘 1 筆數據，將採同時段每 15 分鐘的平均值進行平行比對。

測試數據擷取以 NO₂ 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)模組機構示意如圖 3-69 所示，製作多模組測試篩選箱外觀如圖 3-54 所示。測試實驗參考以商用校驗之 Drager LC:EC meter NO₂ 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 NO₂，控制測試箱內 NO₂ 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感測器架設測試場域(監測站)，模組數據以 URAT 格式藉由商用感測器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，比對同時段商用感測器 NO₂ 數值及環保署監測站的 NO₂ 數值。

(1)測試場域分析說明

目前 NO₂ 感測原型機之數據擷取頻率為取 7.5 分鐘的平均值，商用感測器 NO₂ 數值為每分鐘 1 筆數據，監測站 NO₂ 數值為每分鐘 1 筆數據，將採同時段每 15 分鐘的平均值進行平行比對。針對數據比對方式說明如下：

(A) 建立 NO₂ 感測原型機、商用感測器以及鄰近環保署標準監測站時間濃度趨勢圖。(B)計算 NO₂ 感測原型機、商用感測器以及鄰近環保署標準監測站等，彼此 NO₂ 濃度差距分析。(C)計算 NO₂ 感測原型機、商用感測器以及鄰近環保署標準監測站等，彼此 NO₂ 濃度相關性分析。

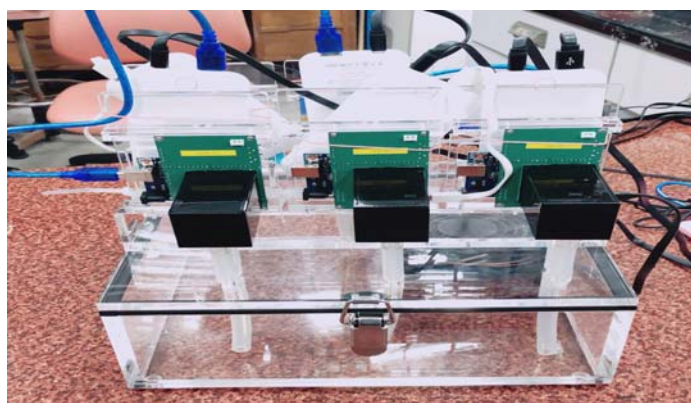


圖 3-54、NO₂ 布建機模組測試箱外觀

A.穩定性測試

穩定性測試步驟如下：

- (A)將感測模組通電 24 小時以上,以確認感測模組已穩定,可供測量
- (B) 由電腦讀取模組記憶卡 SD 數據測試顯示
- (C) 導入零點空氣 15 分鐘以上

- (D) 確認氣體曲線已穩定,若不穩定回到步驟(D), 穩定進入步驟(E)
- (E) 打入固定濃度 ≤ 200 ppb NO_2 氣體 15 分鐘以上
- (F) 確認氣體曲線是否有上升, 若有: 確認氣體曲線已穩定, 記錄其讀值 $P1(\text{ppb})$ 接著排氣, 進入步驟(G)。確認氣體曲線是否有上升, 若無, 確認氣體曲線已穩定, 進入步驟(I)。
- (G) 重複步驟(C)~步驟(F)兩次
- (H) 打入固定濃度 ≤ 200 ppb NO_2 氣體 15 分鐘以上
- (I) 彙整測試資料來獲得 $P2$ 、 $P3$ 等數值。將量測資料代入公式來計算其精確度(precision)

穩定性測試以抽樣五套模組同步化以 150ppb NO_2 重複三次反應訊號變化圖與數據統計分析結果, 對 150ppb 之 R_s/R_0 感度指標統計 (1.27 ± 0.03), 相對標準偏差 RSD2.5% 如下圖 3-55 所示。

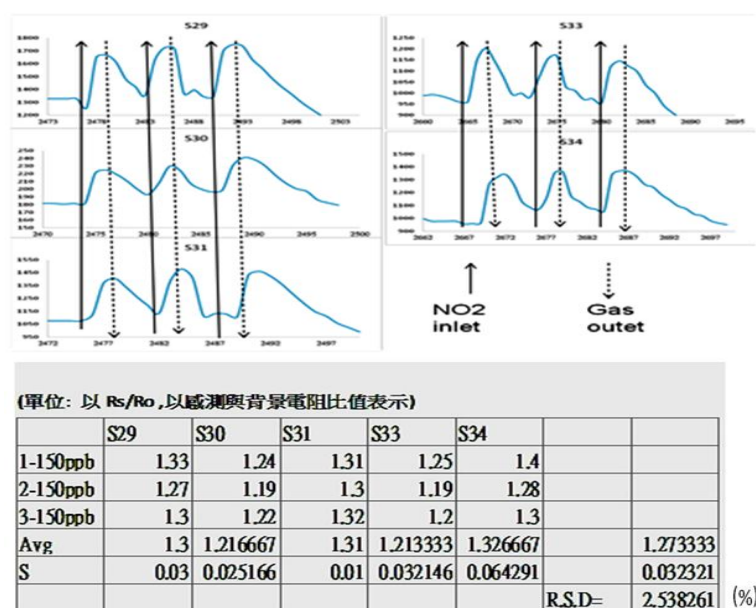


圖 3-55、抽樣模組穩定度測試

B. 選擇性測試

目的為了測試所設計之 NO_2 氣體感測模組對干擾氣體之干擾訊號反應, 方法為測試中 NO_2 混合導入干擾氣體的效應與單獨干擾氣體選

擇性，分別採用 CO 及 H₂ 為代表，測試採用 NO₂ 氣體濃度為 300 ppb；以 CO 濃度為 50 ppm 及 H₂ 濃度為 100 ppm；配合開發板與配件可接筆電之介面顯示與感測電阻數據儲存。測試步驟如下：

- (A) 將感測模組通電 24 小時以上,以確認感測模組器已穩定,可供測量
- (B) 以由電腦讀取模組記憶卡 SD 數據測試顯示
- (C) 乾淨空氣零點背景 15 分鐘以上
- (D) 確認氣體曲線已穩定進入步驟(E)
- (E) 打入 300 ppb NO₂ 氣體；15 分鐘以上紀錄無干擾下之訊號值
- (F) 排氣回到步驟(C)
- (G) 打入 300 ppb NO₂ 氣體；隨即注入干擾氣體 CO 濃度為 50 ppm
- (H) 確認氣體曲線已穩定，截取數據，進入步驟(L)
- (I) 排氣回到步驟(C)
- (J) 打入 300 ppb NO₂ 氣體；隨即注入干擾氣體 H₂ 濃度為 100 ppm
- (K) 確認氣體曲線已穩定,，擷取數據，進入步驟(L)
- (L) 彙整測試資料

本計畫開發之 NO₂ 模組偵測原理不同於市面的產品，是以半導體氧化物複材元件與光激發感測反應，不會有電化學式 NO₂ 感測器會受其它氧化性氣體交叉感測現象。但是一般半導體氧化物偵測氧化性氣體會受還原性氣體電性訊號干擾而抵消，CO 及 H₂ 是一般環境可能存在氣體，對一般半導體氧化物會顯著受影響的高濃度 CO 為 50 ppm 及 H₂ 濃度為 100 ppm 注入干擾訊號來評估比較。選擇性測試以抽樣四套模組同步化以測試採用 NO₂ 氣體濃度為 300 ppb;以 CO 濃度為 50 ppm 及 H₂ 濃度為 100 ppm 注入干擾訊號觀察對照商用 SGX 感測器之比較，結果顯示在實驗誤差相等條件下，兩者對 CO 氣體相近並無顯著干擾，而 H₂ 氣體本開發模組對 H₂ 的干擾遠低於商用元件，反應訊號變化圖與數據統計分析結果如下圖 3-56 所示。

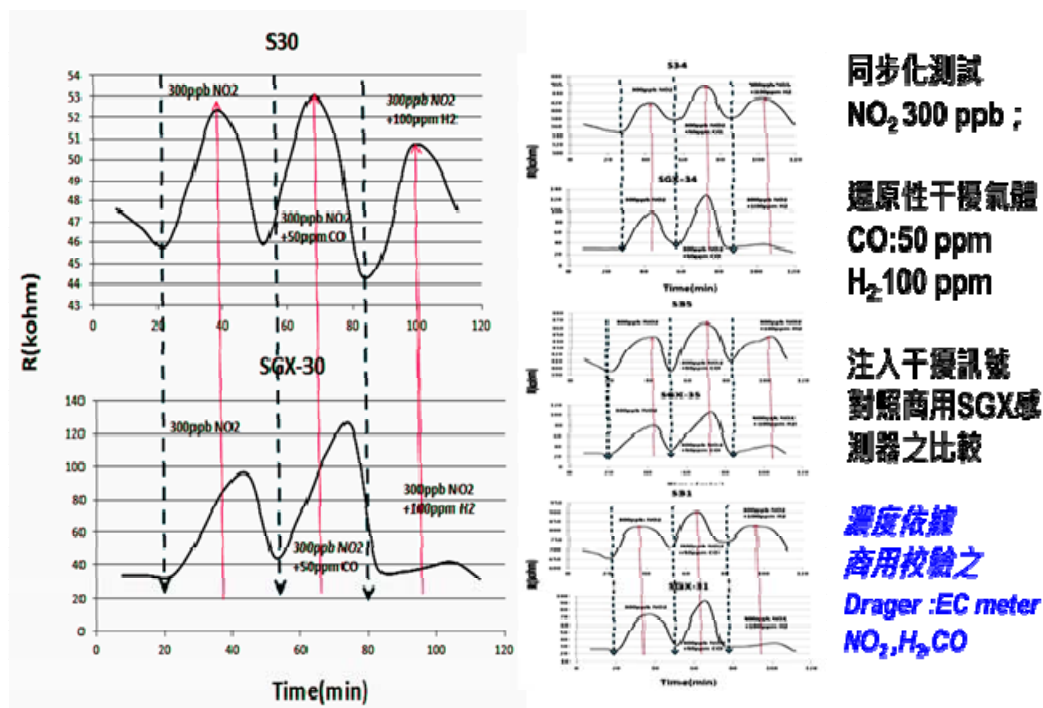


圖 3-56、抽樣模組選擇性對照商用元件之測試

C.靈敏度測試

靈敏度測試步驟如下：

- 將感測模組通電 24 小時以上，以確認感測模組已穩定，可供測量
- 由電腦讀取模組記憶卡 SD 數據測試顯示
- 導入零點空氣 15 分鐘以上
- 確認氣體曲線已穩定，若不穩定回到步驟 4，穩定進入步驟 5
- 打入 50 ppb NO₂ 氣體 15 分鐘以上
- 確認氣體曲線是否有上升，若有，確認氣體曲線已穩定，排氣，進入步驟(G)。確認氣體曲線是否有上升，若無，確認氣體曲線已穩定，進入步驟(H)。
- 導入零點空氣 15 分鐘以上
- 彙整測試資料
- 重複步驟(C)~步驟(H)兩次

靈敏度測試以抽樣四套模組同步化以 50ppb NO₂ 重複 6 次反應訊號變化圖與數據統計分析結果，對 50ppb 之 R_s/R_0 感度指標統計 (1.08 ± 0.03)，相對標準偏差 RSD3.05% 如下圖 3-57 所示。

- (L) 確認氣體曲線已穩定，若不穩定回到步驟(L)，穩定進入步驟(M)
- (M) 打入 200 ppb NO₂ 氣體 15 分鐘以上
- (N) 確認氣體曲線是否有上升，若無，確認氣體曲線已穩定，進入步驟(O)
- (O) 打入 300 ppb NO₂ 氣體 15 分鐘以上
- (P) 確認氣體曲線是否有上升，若無，確認氣體曲線已穩定，進入步驟(Q)
- (Q) 彙整測試資料，記錄其線性濃度區間(eg.0-300 ppb)與計算其線性數值

本模組具備同步化溫濕度與氣體感測訊號紀錄功能，圖 3-58 所示是四種感測訊號在從 50ppb、100ppb、150ppb、300ppb 與 400ppb 的不同 NO₂ 濃度同步紀錄的訊號記錄繪圖表示。

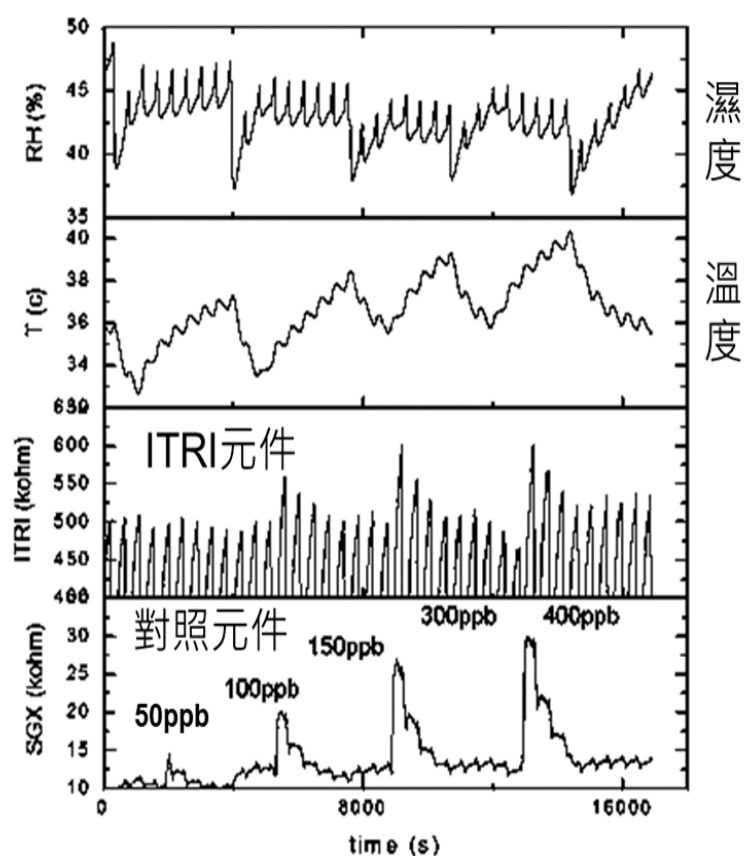


圖 3-58、NO₂ 布建機模組週期性同步化訊號擷取對照測試

以上週期性數據分析演算法建立光驅動 ITRI 元件對照商用 SGX 元件，分析數據結果如圖 3-59 所示，原始電阻數值與計算數值結果在測試從 50ppb、150ppb、200ppb、250ppb 與 300ppb 不同 NO₂ 濃度同步紀

錄訊號，可明顯觀察到電阻訊號隨濃度越高而越大。抽樣 3 模組成 品之測試以 R_s/R_o 感度表示其線性曲線對照商用 SGX 元件，本模組 對照商用元件之線性指標 R^2 值較優圖 3-60 所示，由線性曲線經計算推導與背景比較，本模組偵測下限可達 40ppb。

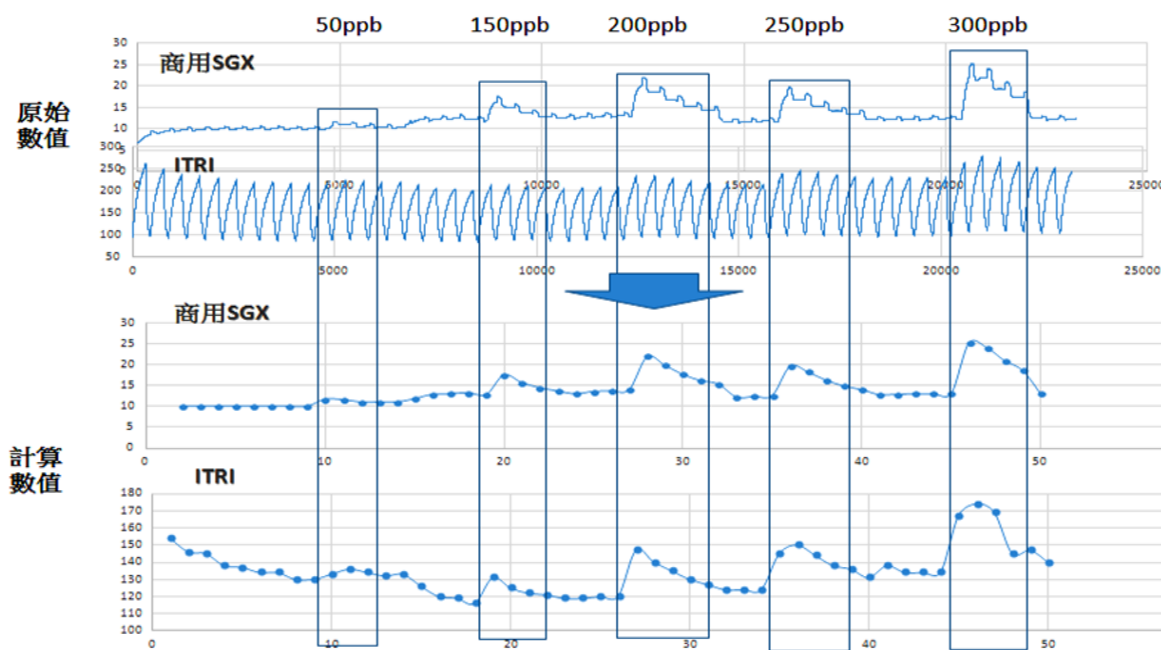


圖 3-59、NO₂ 布建機模組測試與數據分析結果

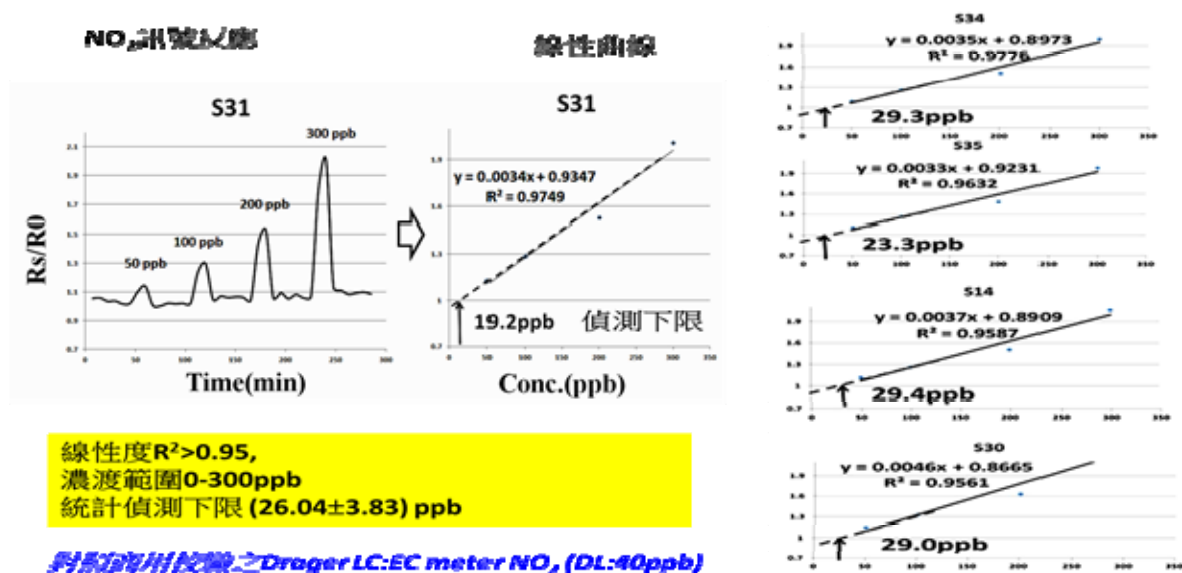


圖 3-60、NO₂ 布建機模組濃度線性曲線對照測試

6. NO₂ 感測模組戶外場域測試

抽樣 5 套模組戶外持續測試 2day (12/01 中午 12:30 到 12/03 中午 12:30) 測試地點:台北市文山區福興路 46 巷民宅陽台，測試結果 5 套模組戶外持續測試 2day，尚符合一致性，測試地點電子地圖區域與模組設置外觀與感度指標 R_s/R_0 之小時內變化如圖 3-61 所示。

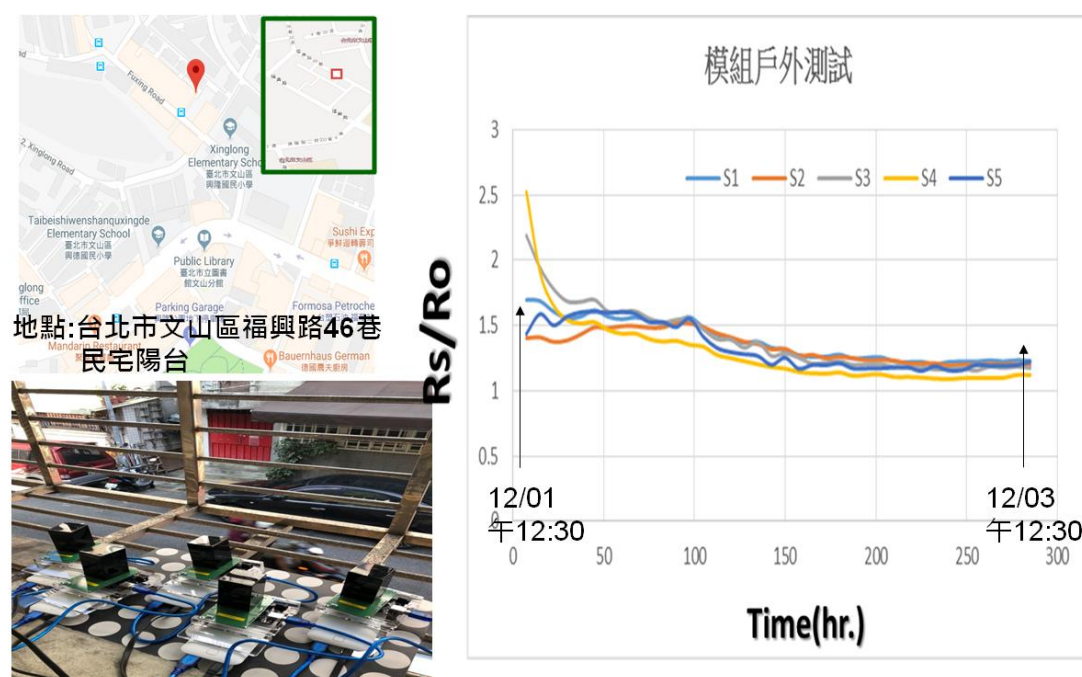


圖 3-61、NO₂ 布建機模組戶外一致性測試

三、結論與後續建議

106 年度已驗證以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光驅動 NO₂ 技術之可行性，本年度則進一步將雛型元件模組產品化。107 年感測模組之產品工程化製造產出 50 套布建機，可相容商用感測器布建於場域，進行數據收集與分析。本計畫開發之 NO₂ 布建機模組規格及偵測原理是以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，配合特定驅動電路與演算法整合模組來提升量測靈敏度及選擇性。偵測方法與裝置機構之發明專利 ”一種氧化性氣體檢測方法與裝置“通過中華民國發明專利與獲證號 I642924，美國專利申請，案號 15/855,933。規格(含偵測極限)及大小為可測範圍濃度：0~1000 ppb NO₂ gas；偵測極限 < 50ppb；整合封裝元件外觀尺寸：20mm x 12 mm。模組產品技術特色：光驅動感測元件搭配驅動電路整合模組、光激發感測反應同步訊號擷取、

數據演算法提升量測靈敏度及選擇性與周期性同步化訊號紀錄。

本模組之場域實用性的評估，在實驗室靈敏度測試線性度 $R^2 > 0.95$ ，濃度範圍 0-300ppb，統計偵測下限 (26.04 ± 3.83) ppb，若以三重測站為例的去年 2017 全年 NO₂ 每日每小時的平均濃度數據統計結果分佈，得到 >20ppb 佔 88%，參考非儀器型的商用 Drager LC:EC NO₂ meter 之代表 Low cost NO₂ 感測元件規格(LDL)為 40ppb 的背景弱訊號解析困難，然而廣布環境物聯網感知器主要是可針對污染事件熱點發生源的瞬間最高濃度的快篩與管理資訊服務目的，本開發之國產化元件是可符合需求的。

本計畫開發之 NO₂ 模組偵測原理是以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，配合特定驅動電路與演算法整合模組來提升量測靈敏度及選擇性。可針對不同應用場域濃度來調整偵測參數，如光激發時間與感測複材元件微結構可達 ppm，該感測材料之過去實驗室測試從 0.5ppm 到 20ppm 尚符合 $R^2 > 0.8$ 線性度，在高濃度 ppm 等級之 NO₂ 工業排污監測應用潛力。

物聯網大數據的時代趨勢造就感測器的需求與挑戰，時代演進已經從 3C 產品到有”可信度”的量測資訊，過去元件的 3S(靈敏度、選擇性與可靠度)無法單靠材料技術來滿足 IOT 產業需求，在推動環境物聯網之感知層技術要開發採用”Low Cost 元件”+MCU 電子模組(數據演算)來提升。半導體型 MOS NO₂ 感測器成本最便宜是誘因(<US\$10)，在檢測訊號處理上是最具挑戰的，若能夠用整合電路與演算方法克服問題，將是環境物聯網上最具競爭力的低成本感測器的優選。產品開發的定義，以空氣品質感測應用實務分析，並符合環保法規/國際指標與國內測站合理偵測濃度範圍。

從國內外文獻與實務測試，NO₂ 戶外偵測最具挑戰與困難度，感測器之背景值漂動，NO₂ 之偵測受到環境溫濕度與材料老化等因素影響。然而，本開發模組在戶外機車測試發現 NO₂ 光驅動雖然訊號小反應慢，相較熱驅動元件對還原性氣體干擾小，對於交通污染源之監測有應用優勢。以環境物聯網技術結合產業推動的面向，在交通移動式污染源偵測結合車電產業之國造化商機，可帶動國內車聯網(汽車電子)產業鏈結構。汽車電子產業可整合車用污染源偵測的相關電子感測模組關鍵零組件與車聯網技術等具有關鍵零組件量產能力，將有助於開發國際市場，在汽車電子化的商機占有一席之地。

對於移動污染源內燃引擎汽車，能夠管理監控改善達到合格排放，建立結合汽車電子產業的交通移動式污染源偵測的國造化車聯與環境管理的物聯網系統，將能監測管理內燃機動力汽車排放污染狀況，適時改善排放機制以降低污染，提供都會移動污染大數據參考。執行面上需要藉由環保單位的推動指導與功能分工，以法人研究單位強化國造偵測技術開發，與移動污染源偵測分析之專家共同研議污染源演算指標，結合國內相關產業鏈-車聯網與汽車電子業進行製造整合生產。

後續 NO₂ 感測模組精進與場域驗證分析，除了不斷改良提升精進模組功能，結合商用感測器業者的長期場域測試，及大量布建多種環境收集大數據分析，並遠距診斷與校正導入設計，以演算法數值-線性&多項式回歸與類神經網路分析，讓偵測數據有品質與合理性，建立環境參數與感測數值修正分析資料庫提高正確性。並應用開發在交通移動式污染源偵測結合交通載具的商轉運作。環境中存在 NO_x 是以 NO 與 NO₂ 的 2 物種存在，濃度判別具有環保污染意義，目前計畫上已經開發了 NO₂ 模組，未來規劃 NO 感測元件相關技術先期研究，以完整化 NO_x 之(NO、NO₂)的物種濃度偵測模組技術。

第四章 辦理空氣品質感測器巡檢工作及小規模布建工作並強化校園教育推廣

本章以空氣品質感測器巡檢工作及小規模布建工作，並強化校園教育推廣事項進行說明，包括以下內容：全國及離島 50 點以上空氣品質感測器布建規劃工作規劃、空氣品質感測器認證單位認證或機關認可之空氣品質檢測儀器、規劃辦理全國及離島 200 點以上空氣品質感測器之巡檢工作、規劃全國 50 間校園空氣品質感測器之巡檢工作、空氣品質感測器巡檢工作之規劃及分析報告研提、辦理空氣品質監測相關說明會或訓練會、辦理國內教育人員之空氣品質認知訓練或研習會、製作空氣品質認知之教學指導手冊等，現階段工作執行進度說明如後。

4.1 全國及離島 50 點以上空氣品質感測器布建規劃工作

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，本工作項完成全國及離島布建 50 點以上空氣品質感測器，詳如表 4-1，布建之空氣品質感測器必須監測 PM_{2.5}、溫度、濕度。本團隊經與環保署討論後，將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督察總隊或環保局做為輔助智慧稽查之機動布建。目前出借給北區督察大隊及南區督察大隊做為輔助智慧稽查之機動布建，其他相關布建成果說明如下：

表 4-1、50 點空氣品質感測器布建成果

項目	感測器號碼	使用單位	用途	借用日期	目前 放置位址	一致性比 對監測站
1	861108037995486	北區督察大隊	基隆工廠監測	2018/11/8	基隆市現場	板橋站
2	861108038010707	北區督察大隊	基隆工廠監測	2018/11/8	基隆市現場	板橋站
3	861108037977898	北區督察大隊	板橋工廠監測	2018/11/8	新北市現場	板橋站
4	861108037978524	北區督察大隊	板橋工廠監測	2018/11/8	新北市現場	板橋站
5	861108037996518	工研院 PMO	綠島長期監測	2018/11/28	凱薪飯店	板橋站
6	861108035984920	工研院 PMO	綠島長期監測	2018/11/28	凱薪飯店	板橋站
7	861108035973071	南區督察大隊	大社工業區 污染監測	2018/12/6	高雄市現場	板橋站
8	861108035975928	南區督察大隊	大社工業區 污染監測	2018/12/6	高雄市現場	板橋站

項目	感測器號碼	使用單位	用途	借用日期	目前 放置位址	一致性比 對監測站
9	861108037986402	南區督察大隊	大社工業區 污染監測	2018/12/6	高雄市現場	板橋站
10	861108037986543	南區督察大隊	大社工業區 污染監測	2018/12/6	高雄市現場	板橋站
11	861108035997740	南區督察大隊	大社工業區 污染監測	2018/12/6	高雄市現場	板橋站
12	861108035975639	監資處 朱前處長	室內監測	2018/7/23	台北市室內	板橋站
13	861108035979060	空保處	移動式監測	2018/7/23	監資處室內	板橋站
14	861108035979219	空保處	移動式監測	2018/7/23	監資處室內	板橋站
15	861108035984896	空保處	移動式監測	2018/7/23	監資處室內	板橋站
16	861108035993319	空保處	忠明國小監測	2018/6/23	板橋監測站	板橋站
17	861108035994028	空保處	忠明國小監測	2018/6/23	板橋監測站	板橋站
18	861108037985131	空保處	忠明國小監測	2018/6/23	板橋監測站	板橋站
19	861108038008917	空保處	忠明國小監測	2018/6/23	板橋監測站	板橋站
20	861108037998456	空保處	忠明國小監測	2018/6/23	板橋監測站	板橋站
21	861108037998233	空保處	忠明國小監測	2018/6/23	板橋監測站	板橋站
22	861108035995132	空保處	忠明國小監測	2018/6/23	板橋監測站	板橋站
23	861108037995890	空保處	忠明國小監測	2018/6/23	板橋監測站	板橋站
24	861108038009790	空保處	忠明國小監測	2018/6/23	板橋監測站	板橋站
25	861108037995593	空保處	忠明國小監測	2018/6/23	板橋監測站	板橋站
26	861108035987568	空保處	忠明國小監測	2018/6/23	板橋監測站	板橋站
27	861108037987319	空保處	忠明國小監測	2018/6/23	板橋監測站	板橋站
28	861108035979748	空保處	忠明國小監測	2018/6/23	板橋監測站	板橋站
29	861108035993780	空保處	忠明國小監測	2018/6/23	板橋監測站	板橋站
30	861108037994356	空保處	忠明國小監測	2018/6/23	板橋監測站	板橋站
31	861108038008719	空保處	忠明國小監測	2018/6/23	板橋監測站	板橋站
32	861108038009386	空保處	忠明國小監測	2018/6/23	板橋監測站	板橋站
33	861108038006002	空保處	忠明國小監測	2018/6/23	板橋監測站	板橋站
34	861108037987673	台中市環保局	台中工業區監測	2018/6/8	板橋監測站	板橋站
35	861108037985925	台中市環保局	台中工業區監測	2018/6/8	板橋監測站	板橋站
36	861108037985537	廣域科技	參加展覽	2018/10/30	廣域科技	板橋站
37	861108038002522	廣域科技	參加展覽	2018/10/30	廣域科技	板橋站
38	861108037996278	工研院 PMO	備用	2018/10/30	台中辦公室	板橋站
39	861108035980647	工研院 PMO	巡檢	2018/10/30	台中辦公室	板橋站
40	861108038007950	工研院 PMO	感測元件 場域測試	2018/10/30	廣域科技	板橋站
41	861108035985901	氣象局	氣象站測試	2018/10/30	廣域科技	板橋站
42	861108035994879	氣象局	氣象站測試	2018/10/30	廣域科技	板橋站
43	861108035985902	氣象局	氣象站測試	2018/10/30	氣象站	板橋站

項目	感測器號碼	使用單位	用途	借用日期	目前 放置位址	一致性比 對監測站
44	861108035985903	氣象局	氣象站測試	2018/9/20	氣象站	板橋站
45	861108035985904	氣象局	氣象站測試	2018/9/20	氣象站	板橋站
46	861108035985905	氣象局	氣象站測試	2018/9/20	氣象站	板橋站
47	861108035985906	氣象局	氣象站測試	2018/9/20	氣象站	板橋站
48	861108035985907	氣象局	氣象站測試	2018/9/20	氣象站	板橋站
49	861108035985908	氣象局	氣象站測試	2018/9/20	氣象站	板橋站
50	861108035985909	氣象局	氣象站測試	2018/9/20	氣象站	板橋站

一、離島布建

為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，據以做為未來發展境外污染源預估資訊之分析參數。經洽詢地方政府之意願目前規劃設置於蘭嶼及小琉球等兩處，計畫團隊已洽詢所屬鄉鎮區公所提供布建地點建議，主要考量以設置地點之方便維護管理，同時避免鄰近有干擾因子，初步訂定選址原則為：

- (一)感測點安裝高度臨近路面，易受移動污染源影響，故選定可隨時進入之適當場所，安裝於高度較高之樓層，做為背景值之感測點。
- (二)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。
- (三)基於避免移動污染源影響與維護之便利性，建議感測點安裝高度為約 3~4 公尺，依現場實際情況做調整。
- (四)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。故訂定出以下的選點準則，做為挑選路燈燈桿之依據。
 1. 停車方便處，方便高空作業車施工。
 2. 燈桿周圍需有 1 公尺以上淨空空間，方便安裝與維修。
 3. 供電正常之燈桿。
 4. 選擇道路兩旁之燈桿較佳，安全島上燈桿維運、交管較為困難，不利於施工與維護。
 5. 燈桿處不可有遮蔽物，如：樹木、招牌...等等。
 6. 避免周圍有公廟及金爐燃燒之可能。
 7. 避開車輛出入口。

8. 避開鬧區及車流量大處。
9. 如為水泥燈桿，選擇饋電點在下方處者。

(五)離島布建 4 點，說明如下：

1. 綠島：於 11 月完成設置於綠島凱薪飯店(臺東縣綠島鄉南寮村 102-12 號)，直接設置於綠島觀光客最密集的道路，並於飯店樓頂再設置 1 點，據以瞭解大區域的環境背景數據，合計共設置 2 點。
2. 蘭嶼：目前已將設備整備完成，預計於天候狀況許可後完成設置於蘭嶼五爪貝民宿(臺東線蘭嶼鄉郎島村 6 號)，直接設置於綠島觀光客最密集的道路，並於飯店樓頂再設置 1 點，據以瞭解大區域的環境背景數據，合計共設置 2 點。



圖 4-1、綠島與蘭嶼感測器點位規劃

二、機動式感測器

為配合地方環保局或環保署督察總隊因應智慧化稽查之需求，初步規劃設計 40 組機動式感測器，可提供臨時性布建需求，針對疑似污染源附近因未布建感測器，急需提供臨時性指定點位實施布建，故計畫團隊初步規劃機動式感測器配合環保署需求，除可補強智慧稽查的感測器點位，未來也可開發做為災害應變之需求，進行事故區域周界及下風處之污染點位監控，依據空品物聯網之監測數據，提供應變團隊及周邊民眾具體污染趨勢，達成安全應變之目標，針對機動式感測器之功能需求規劃如下：

(一)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 $=0.3A \times 24hr \times 7day = 50.4Ahr$ ，取安全係數 1.2 $=50.4 \times 1.2 \div 60.0Ahr$ 。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表 1。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。

表 4-2、電池方案評估

方案	電池系統	體積	重量	優缺點	電池價格	其他配件	總金額
1	鉛酸電池 (12V 75Ah)	26cm(L)×17 cm(W)×27c m(H)	24.5kg	優點：便宜好保養，充放電次數多(800 次)、充電時間短(8 小時) 缺點：體積大、重量重	降壓與封裝固定 3,000 元整	防水金屬箱 3,000 元整 充電設備 1,000 元整	2 組電池 (6,000 元)+ 其他配件 (4,000 元) =10,000 元
2	鋰聚合物 電池 (7.4V 60Ah)	17cm(L) × 10cm(W) ×6cm(H)	2.3kg	優點：大電流充電速度快(24 小時)，安全性高，體積重量小 缺點：價格昂貴、充放電次數有限(300 次)	降壓與封裝固定 12,000 元整	防水箱 1,000 元整 充電設備 3,000 元整	2 組電池 (12,000 元)+其他 配件(4,000 元) =16,000 元
3	鋰電池 (7.4V 58Ah) 18650 2900mA 40pcs	26cm(L) × 9cm(W) ×36cm(H)	2.0kg	優點：使用循環次數多(1000 次)，體積重量小 缺點：價格昂貴、充電速度慢(48 小時)，充電風險高， 須電池廠商配合降壓封裝作業	降壓與封裝固定 12,000 元整	防水箱 1,000 元整 充電設備 1,500 元整	2 組電池 (12,000 元)+其他 配件(2,500 元) =14,500 元

(二)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，設計方案詳如圖 4-2。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，設計方案詳如圖 4-3。

- (三)計畫團隊於 6/8~7/8 偕同台中市政府機動布建 2 組感測器於台中工業區輔助智慧稽查，成功協助環保局舉發不法排放廠商。
- (四)計畫團隊於 11/15 起偕同環保署北區督察大隊機動布建 4 組感測器，其中 2 組設於新北市板橋區超級城市 SUPER 讚社區，針對民眾陳情密集點進行監控，目前持續進行中。另外 2 組設於基隆市○○化學工廠附近，針對民眾陳情污染源進行監控，目前持續進行中。
- (五)計畫團隊於 12/6 起偕同環保署南區督察大隊機動布建 5 組感測器，設於大社工業區，針對民眾陳情密集點進行監控，目前持續進行中。

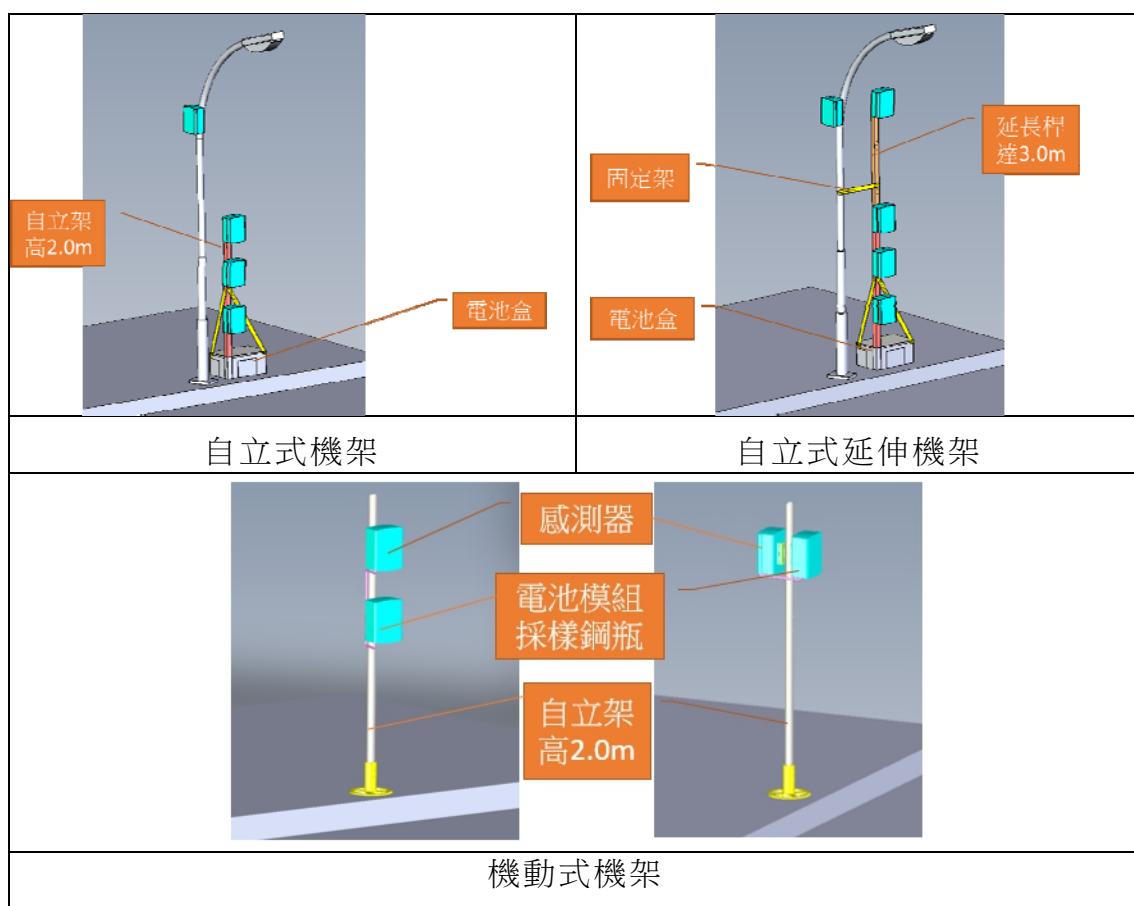


圖 4-2、自立式機架設計圖

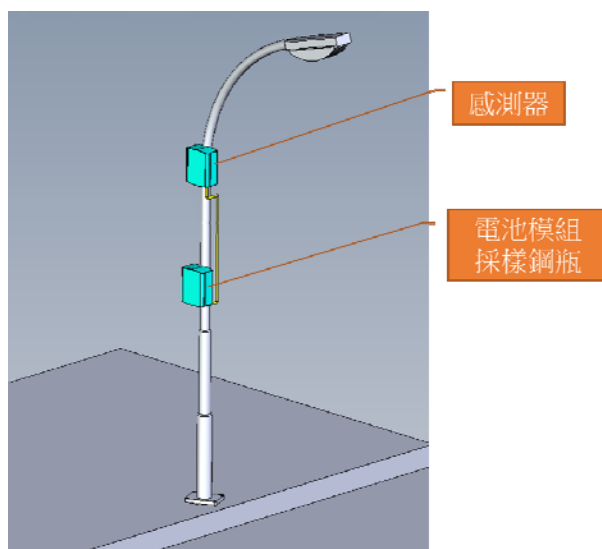


圖 4-3、臨時性固定模組設計圖

三、車載式感測器規劃

由於國內空氣污染之貢獻有三成來自於移動污染源，為協助了解在重要交通動線上移動污染源之貢獻分布，初步規劃設計 2 組車載式感測器搭配 10 組車站牌機動式感測器，預計布建在都會區的重要交通工具上，據以收集交通動線上之污染現況。目前已與中壢客運洽談完成合作方案，預計安排 12 月進行安裝與測試，初步以市區公車為載體，收集在大眾運輸路線(167 號路線)上之污染分布，據以分析污染熱區，協助釐清各車站之污染狀況，據以研擬站點淨空措施，同時由交通空品物聯網之建立，分析通勤的空污模式，與交通部建立交流平台，以交通動線上的污染現況資訊，提供民眾在規劃使用交通動線時，據以評估使用各路段之曝露風險，以避免在高污染濃度之區域，進行長時間的步行、騎腳踏車或騎機車。同時研擬對於民眾步行、騎機車及騎腳踏車最有利的交通號誌管制方式，提供民眾最佳的活動空間，達成民眾生活舒適之目標，針對車載式感測器之功能需求規劃如下：

- (一)感測器電力搭配車載電力系統：由於車載式感測器的電力系統需要長期配置於車輛上，電力系統必須符合車輛電力輸出規格，12V 或 24V 的電壓，同時必須設計穩壓系統，避免車輛因動能變動導致輸出電壓與電流震盪，造成感測器電力系統提前耗損。
- (二)強化感測器系統耐震能力：由於車載式感測器需長期配置於車輛上，整體系統長期處於震動狀態，感測器內部元件、機板、接點、

焊腳皆須要有足夠耐震，據以確保整體系統的穩定性，必要時須減少可拆卸式模組，方能達成系統之完整性。

(三)強化數據傳輸的穩定性：由於車載式感測器需要長期配置於車輛上，在移動過程中必須維持數據傳輸的穩定性，以目前無線數據傳輸的方案包含藍牙(Bluetooth)、智慧藍牙(Bluetooth Smart)、Wi-Fi、ZigBee、SigFox/LoRa、3G/4G，由於臺灣擁有高密度的行動網路基地台布建優勢，依據 NCC 國家通訊傳播委員會統計資料，截至 106 年底全台 3G/4G 行動網路基地台數量達到 47 萬 5 千座以上，因此在無論在城市偏鄉大多數地區皆可透過行動網路傳輸資料，故考量在臺灣地區道路上需提供車載式感測器穩定的無線傳輸服務，初步建議採用 3G/4G 的行動數據傳輸服務，才足以應付在於高速移動傳輸率及封包完整率的需求。

(四)重新檢討風場效應：由於原設計之空品感測器是適用於固定設施，系統在偵測過程藉由風扇提供穩定的進氣量，藉以推估在固定流量下的 PM_{2.5} 濃度，故當採用車載式感測器進行偵測時，因為車速變化將會影響進氣流量變化，造成推估計算之偏差，故全系統必須進行修正檢討，據以計算符合實際環境濃度數據。

四、忠明國小機動式感測器布建情形

為瞭解汽機車污染對於學童之影響，特於台中市忠明國小附近裝設機動式感測進行監控圖 4-4，據以分析家長接送區之空氣污染現況，提供後續因應措施與改善方式，相關內容說明如下：

(一)感測點布設狀況：於忠明國小周邊合計布設 18 個感測器及空氣品質監測車。說明如下：

1. 校園內：空氣品質監測車 1 台，設置於校園前門入口處空氣品質監測車，設置 1 台車。
2. 校園內監測車上：設置感測器 2 台。
3. 校園前門：於家長接送區及汽機車停等區設置 10 台感測器。
4. 校園後門：於家長接送區及汽機車停等區設置 2 台感測器。
5. 前門臺灣大道：於臺灣大道快慢車分隔島設置 3 台感測器。
6. 後門忠明路：於博館路與忠明路口設置 1 台感測器。



圖 4-4、忠明國小感測器配置圖

表 4-3、感測器布建位置與高度彙整表

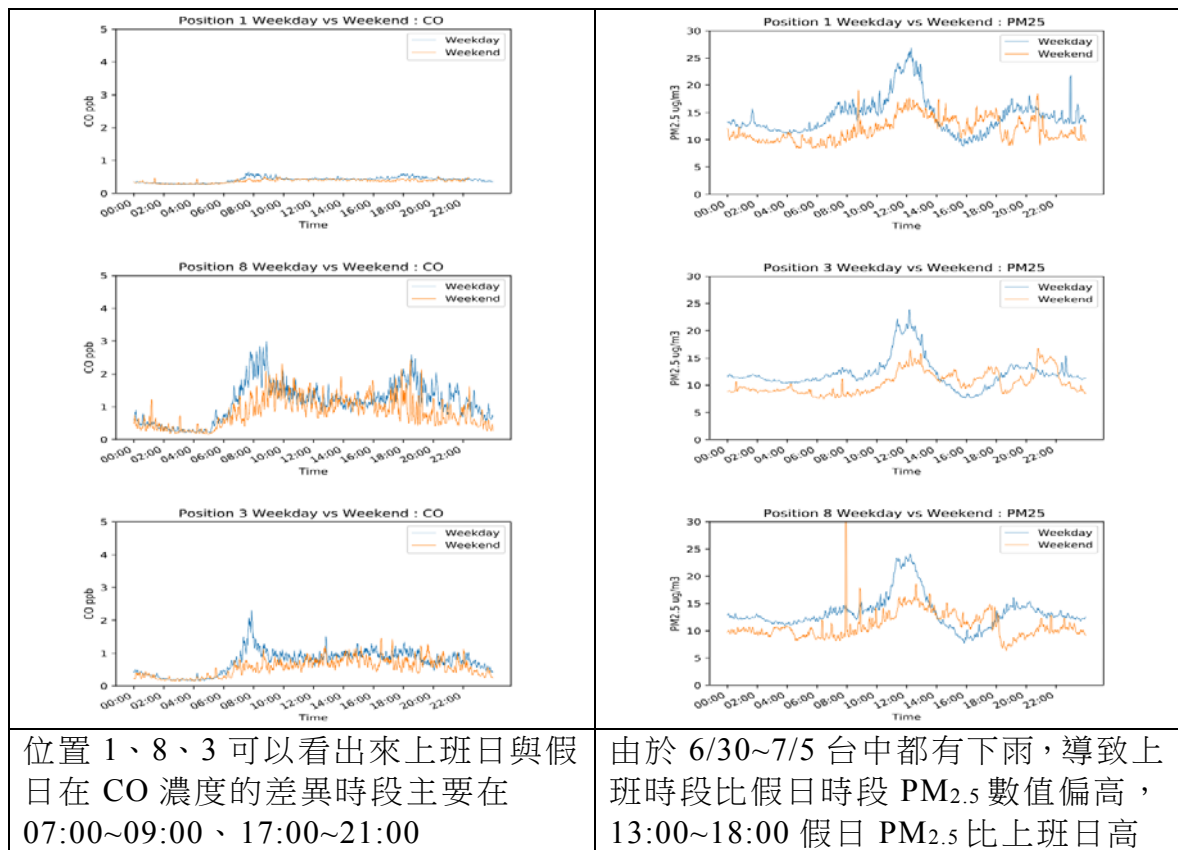
圖面位置	感測器編號	設置高度	設置位置	設置區域
1	872	1.4m	臺灣大道/ 太原路口	交通號誌停等區
2	851	1.5m	公車站	前門機車停等區
	875	0.9m		
3	871	1.5m	前校門右前方	前門機車停等區
	876	0.9m		
	852	0.4m		
4	864	1.5m	前校門左前方	前門汽車停等區
	874	0.9m		
5	870	0.9m	人行地下道出口	前門汽車停等區

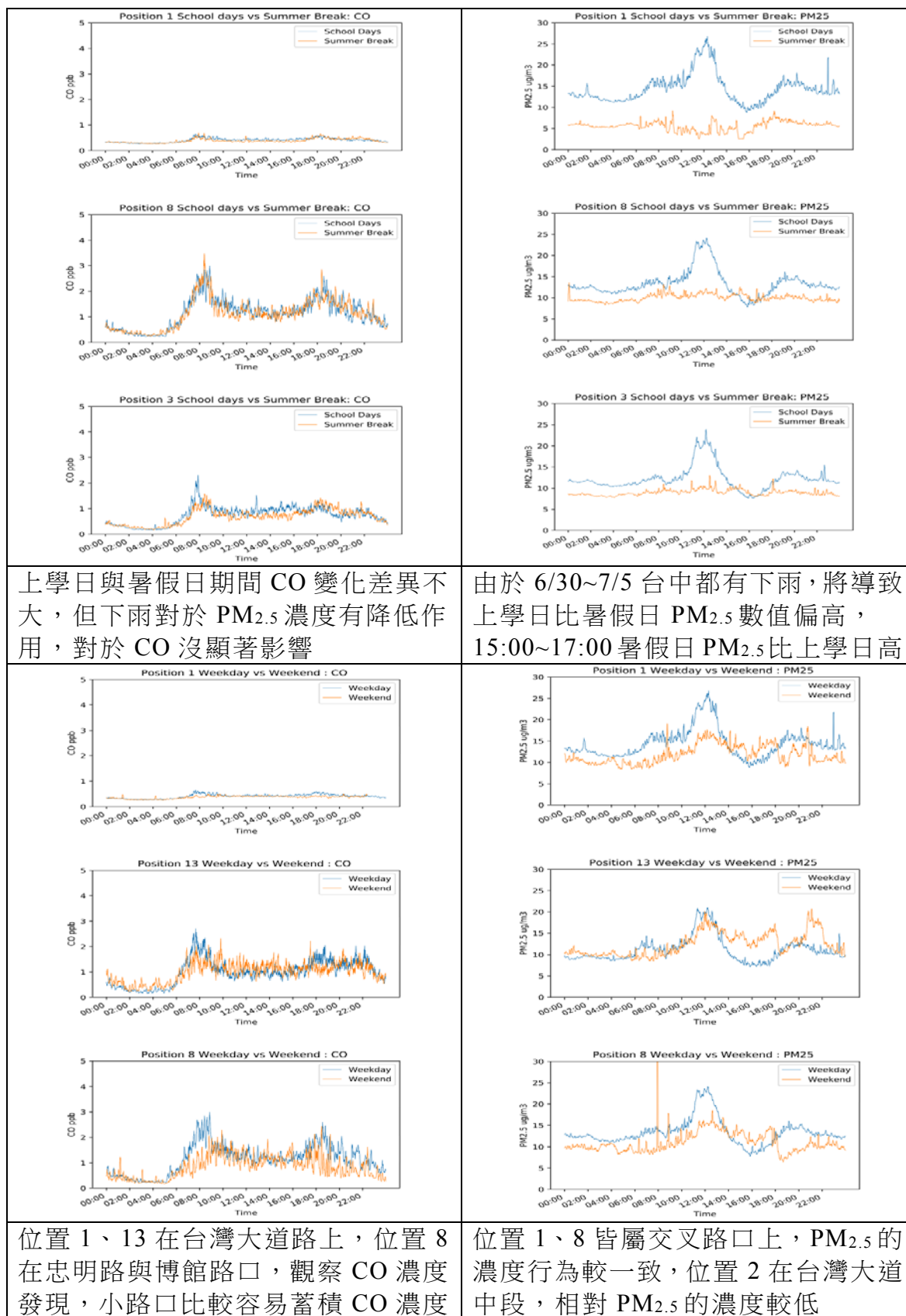
圖面位置	感測器編號	設置高度	設置位置	設置區域
6	855	1.2m	學校圍牆欄杆	前門汽車停等區
7	869	0.9m	停等區與忠明路口	前門汽車停等區
8	866	1.0m	忠明路/博館路口	交通號誌停等區
9	867	0.9m	後校門右前方	後門汽機車停等區
10	873	1.0m	後校門左前方	後門汽機車停等區
11	854	3.0m	監測車上方	校園內花圃
	863	3.0m		
12	868	0.9m	臺灣大道/3 號位置	快慢車道分隔島
13	865	0.9m	臺灣大道/2 號位置	快慢車道分隔島

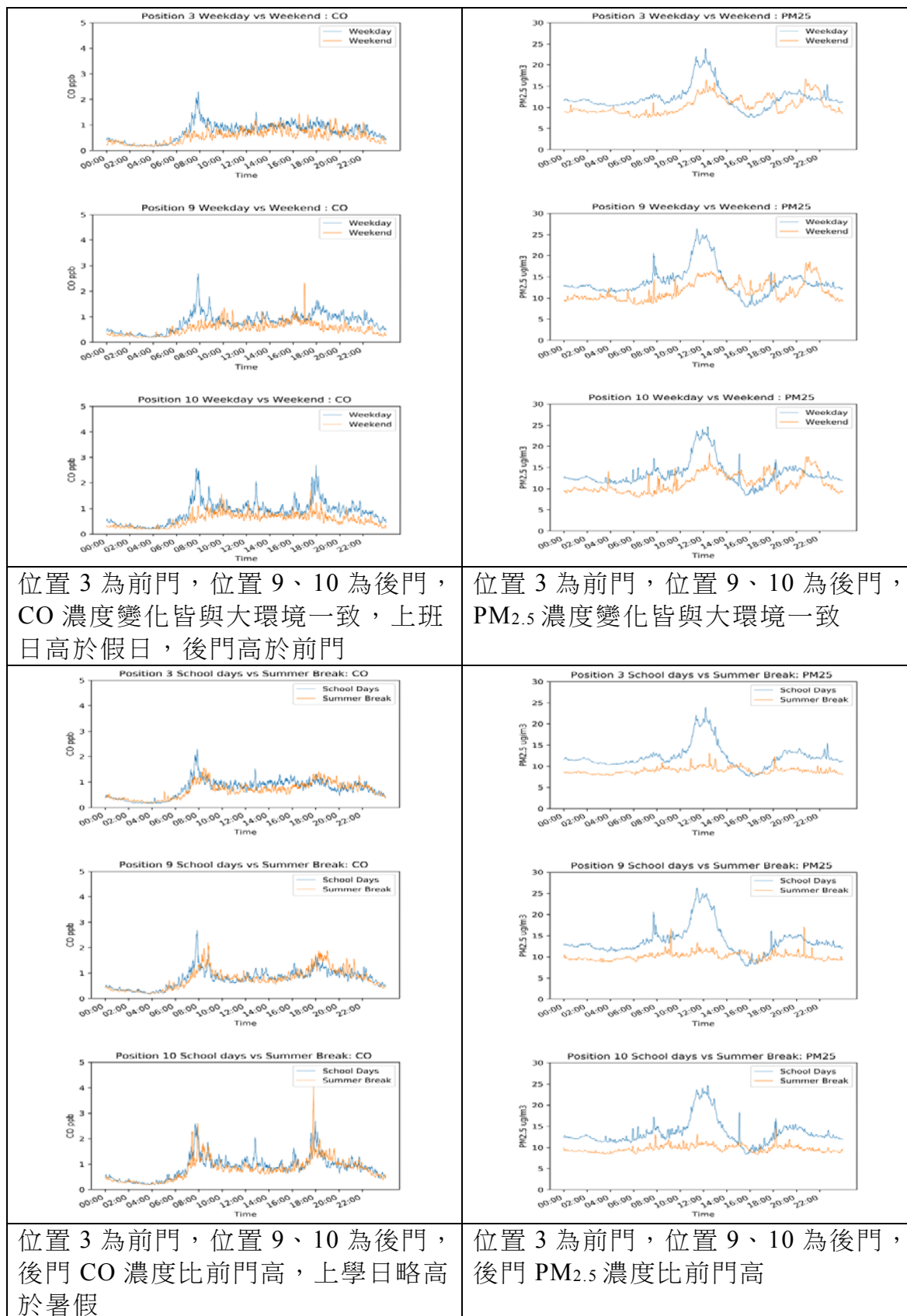
(二)感測分析說明：感測器於 6/24 設置完成，於 7/11 拆除，合計監控 16 天，觀察正常上課時段(6/25~6/29、7/2~7/6)，正常上課時段(6/25~6/29)，暑假時段(7/2~7/6)，周末時段(7/30~7/1)。綜整分析成果詳如圖 4-5。另以家長接送區位置 3 的三台感測器為例，彙整車流量之分析如圖 4-6，進行小時平均說明如下：

1. 上班日 CO 濃度最高約達 2.0ppm，出現在早上 7 至 8 時左右，明顯高於周末同時段，此時並非當日車流量最高值，故家長接送停等區 CO 的濃度與臺灣大道快車道車流量的關係並不顯著，此時 CO 濃度為清晨 4 時(當日最低濃度約 0.25ppm)的 8 倍，清晨 4 時亦為當日車流量最少之時段。
2. 周末 CO 濃度變化較為平緩，於下午 5 時達最高值約 1.4ppm，為周末清晨 4 時最低濃度的 5.6 倍。
3. 上班日及假日 PM_{2.5} 濃度最高皆發生於中午 12 時左右，與車流量的趨勢並無相關，應為中午日照最強，導致光化反應之二次生成細懸浮微粒之現象所致。
4. 本團隊觀察感測器布設高度對於 PM_{2.5} 及 CO 濃度反應可知，0.4 公尺(娃娃車高)明顯濃度高於 0.9 公尺(兒童口鼻高)及 1.5 公尺(成人口鼻高)。

5. 觀察忠明國小家長接送停等區之 CO 濃度變化，並未發現與家長接送之行為有正相關特性，經現場觀察發現，家長接送以機車為主要交通工具，進入停等區後皆熄火等待學童出來，故未發生 CO 濃度蓄積之現象。
6. 本次測試發現忠明國小學童數僅 300 多位，導致家長接送數量有限，故未能發現空氣污染的具體行為，未來將挑選學童數量達 1000 名以上的學校，以利觀察空氣品質與家長接送行為的相關性。







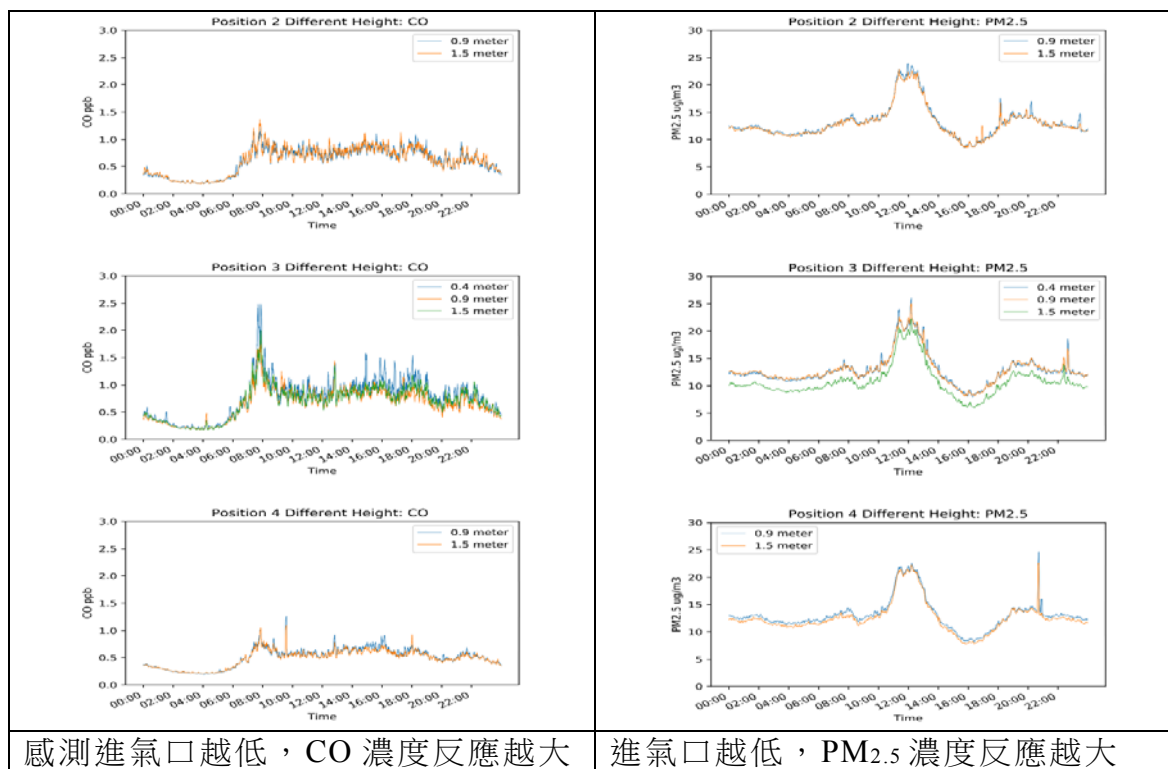


圖 4-5、忠明國小感測數據分析成果圖

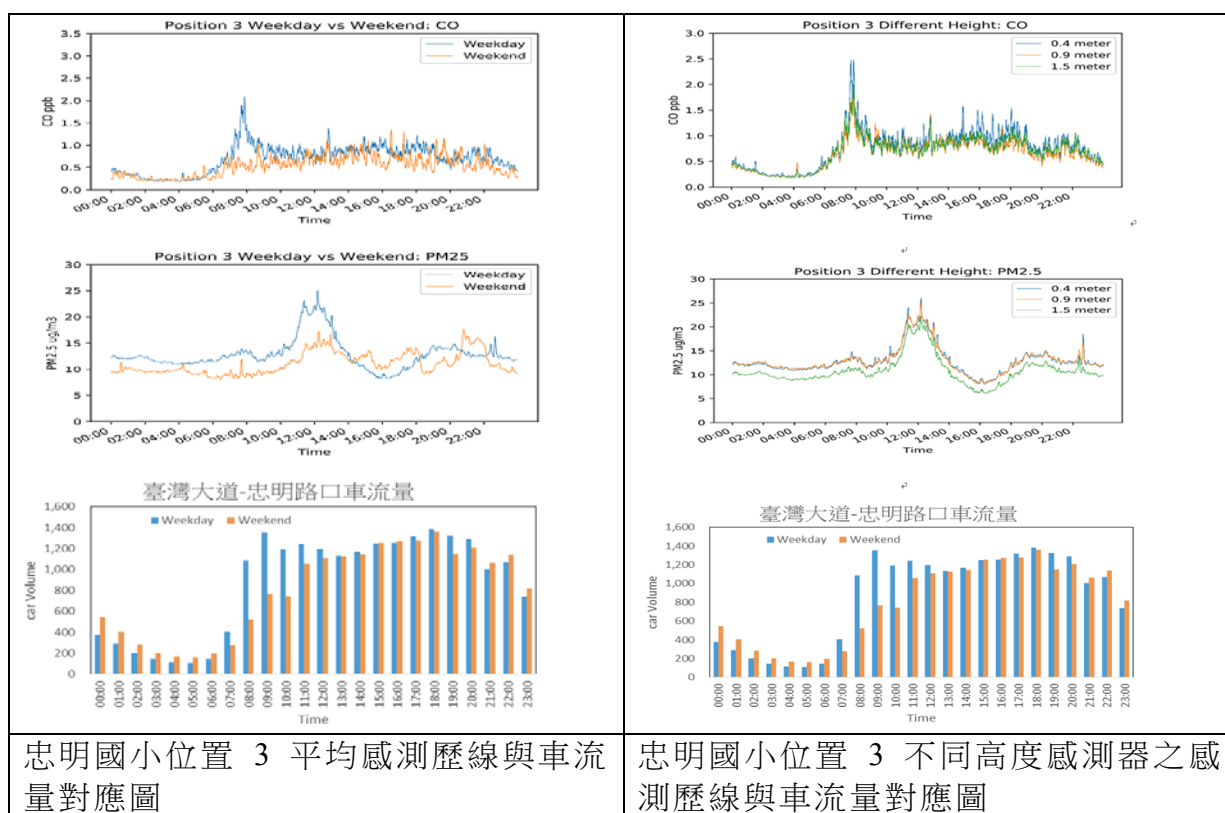


圖 4-6、忠明國小位置 3 感測歷線圖

4.2 空氣品質感測器認證單位認證或機關認可之空氣品質檢測儀器

為有效掌握中央及地方單位目前已建置完成之空氣品質感測器監測數據準確度與完整度，數據資料品質目標係參考 USEPA Air Sensor Guidebook 建議，以環保署績效查核的誤差(bias)在 50% 以內為品質目標。基於本項需求，計畫備置 6 臺以上經空氣品質感測器認證單位認證或機關認可之空氣品質檢測儀器，經與環保署空氣品質監測站儀器進行比對建立對應關係。

一、空氣品質檢測儀器

為查核 106 年度環保署布建之空氣品質感測器，本計畫備置 6 台 PM_{2.5} 質量濃度之參考儀器，同時為求與既設空品感測器之同等規格實施檢測，將藉由備置與既設空品感測器之同廠牌型號之基礎感測器(Golden Sample)實施現場巡檢，巡檢前經過與環保署標準監測站一致性比對與檢測後校正之品質控制，作為後續空氣品質感測器現場巡檢時平行比對與量測之巡檢儀器。依據現場巡檢之需求，採用之參考儀器必須具備以下功能：1)適用於基本環境及工業區環境測定；2)可檢測 PM_{2.5}；3)測量濃度範圍至少須達 1.0 至 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；4)具備電池式供電，可應用於後續巡檢比對之用。故計畫選用下列巡檢儀器，說明如下：

(一) TSI Dusttrak 8533，規格說明如下：

1. 備置數量：1 台
2. Particle Size Range：0.1 to 15 μm
3. Aerosol Concentration Range：0.001 to 150 mg/m^3
4. Display：Size Segregated Mass Fractions for PM₁、PM_{2.5}、Respirable、PM₁₀ and Total. All displayed
5. Resolution： $\pm 0.1\%$ of reading or 0.001 mg/m^3 ，whichever is greater
6. Zero Stability： $\pm 0.002 \text{ mg}/\text{m}^3$ per 24 hours at 10 sec time constant
7. Flow Rate：3.0 L/min
8. Flow Accuracy： $\pm 5\%$ of factory set point，internal flow controlled
9. Temperature Coefficient：+0.001 mg/m^3 per $^{\circ}\text{C}$
10. Operational Temp：32 to 120 $^{\circ}\text{F}$ (0 to 50 $^{\circ}\text{C}$)
11. Storage Temp：-4 to 140 $^{\circ}\text{F}$ (-20 to 60 $^{\circ}\text{C}$)
12. Operational Humidity：0 to 95% RH, non-condensing

13. Time Constant : User adjustable , 1 to 60 seconds

(二) TSI Dusttrak 8530 , 規格說明如下 :

1. 備置數量 : 1 台
2. Particle Size Range : Approximately 0.1 to 10 μm
3. Aerosol Concentration Range : 0.001 to 400 mg/m^3
4. Display : Size Segregated Mass Fractions for PM_1 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 Respirable 、 PM_{10} and Total. All displayed
5. Resolution : $\pm 0.1\%$ of reading or 0.001 mg/m^3 、 whichever is greater
6. Zero Stability : ± 0.002 mg/m^3 per 24 hours at 10 sec time constant
7. Flow Rate : 3.0 L/min set at factory 1.4 to 3.0 L/min adjustable
8. Flow Accuracy : $\pm 5\%$ of factory set point, internal flow controlled
9. Temperature Coefficient : +0.001 mg/m^3 per $^{\circ}\text{C}$
10. Operational Temp : 32 to 120 $^{\circ}\text{F}$ (0 to 50 $^{\circ}\text{C}$)
11. Storage Temp : -4 to 140 $^{\circ}\text{F}$ (-20 to 60 $^{\circ}\text{C}$)
12. Operational Humidity : 0 to 95% RH, non-condensing
13. Time Constant : User adjustable , 1 to 60 seconds
14. Data Logging : 45 days at 1 minute samples
15. Log Interval : 1 second to 1 hour

(三) MetOne AEROCET 531S , 規格說明如下 :

1. 備置數量 : 2 台
2. Mass Concentration Ranges : PM_1 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_4 、 PM_7 、 PM_{10} and TSP
3. Sensitivity : High = 0.3 μm , Low = 0.5 μm
4. Concentration Limit : 0 – 1,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
5. Sample Time : 1 minute
6. Particle Size Ranges :
 - (1) High sensitivity : 0.3 μm 、 0.5 μm 、 1.0 μm 、 5.0 μm and 10 μm
 - (2) Low sensitivity : 0.5 μm 、 1.0 μm 、 5.0 μm and 10.0 μm
7. Concentration Limit: 0~3,000,000 particles per cubic foot (105,900 particles/L)
8. Size Accuracy : $\pm 10\%$
9. Sensitivity : User selectable (0.3 μm / 0.5 μm)
10. Flow Rate : 0.1 cfm (2.83 lpm)

- 11. Operational Temp : 32 to 120°F (0 to 50°C)
- 12. Storage Temp : -4 to 140°F (-20 to 60°C)
- 13. Operational Humidity : 0 to 95% RH, non-condensing

(四) MetOne AEROCET 531 , 規格說明如下 :

- 1. 備置數量 : 1 台
- 2. Mass Concentration Ranges : PM₁ 、PM_{2.5} 、PM₇ 、PM₁₀ and TSP
- 3. Concentration Range : 0 - 1 mg/m³
- 4. Sample Time - Mass Mode : 2 minute
- 5. Particle Size Ranges : Two channels - 0.5 and 5.0 μm
- 6. Concentration Limit: 0~3,000,000 particles per cubic foot (105,900 particles/L)
- 7. Sample Time - Particle Mode : 1 minute
- 8. Accuracy : ± 10%, to calibration aerosol
- 9. Sensitivity : 0.5 μm @ 2 to 1 peak to valley (JIS) , 2 to 1 S/N
- 10. Operational Temp : 32 to 120°F (0 to 50°C)
- 11. Storage Temp : -4 to 140°F (-20 to 60°C)

(五) MetOne Aerosol 831 , 規格說明如下 :

- 1. 備置數量 : 1 台
- 2. PM Ranges : PM₁ 、PM_{2.5} 、PM₄ 、PM₁₀
- 3. Concentration Range : 0 – 1,000 μg/m³
- 4. Resolution : 0.1μg/m³ (display / serial output)
- 5. Sensitivity : 0.5μm
- 6. Accuracy : ± 10% to calibration aerosol
- 7. Flow rate : 0.1 CFM (2.83 lpm)
- 8. Sample Time : 1 minute
- 9. Operational Temp : 32 to 120°F (0 to 50°C)
- 10. Storage Temp : -4 to 140°F (-20 to 60°C)
- 11. Operational Humidity : 0 to 95% RH, non-condensing



TSI Dusttrak 8533



TSI Dusttrak 8530



MetOne AEROCET 531S



MetOne AEROCET 531



Shown with optional rubber boot

MetOne Aerosol 831

圖 4-7、PM_{2.5} 質量濃度之參考儀器外觀圖

二、空氣品質檢測儀器校正

由於巡檢參考儀器將作為比對廣布型空氣品質感測器之基準，需確保其量測數據之準確性與穩定性，為確保後續巡檢比對時量測之準確性，將巡檢儀器送至工研院量測中心之測試平台進行比對測試，相關成果說明如表 4-4。

表 4-4、巡檢儀器平行比對成果說明

巡檢儀器	平比期程	濃度區間	標準儀器	相關係數(R ²)	相對器差(%)
TSI-8533	5/19~5/24	8.0~27.0	GRIMM	0.81	37.73
	7/2~7/5	2.0~16.0	GRIMM	0.89	-15.14
	7/25~7/31	2.0~36.0	台中測站	0.38	14.32
	8/3~8/6	3.0~14.0	GRIMM	0.93	24.62
	12/13~12/17	2.0~27.0	GRIMM	0.96	3.32
TSI-8530	6/29~7/2	2.0~22.0	台中測站	0.81	27.00
	9/25~9/28	2.0~24.0	台中測站	0.76	17.01
	11/27~11/30	3.0~31.0	台中測站	0.89	13.00
MetOne-831	11/21~11/23	7.0~47.0	台南測站	0.47	37.38
	11/24~11/26	7.0~45.0	台南測站	0.61	-3.56
	11/26~11/28	4.0~35.0	台南測站	0.50	41.62
MetOne-531S 049	6/26~6/29	2.0~33.0	忠明測站	0.65	28.35
	8/2~8/6	3.0~14.0	GRIMM	0.70	55.39
	12/4~12/7	4.0~37.0	忠明測站	0.87	17.48
MetOne-531S 050	6/26~6/29	2.0~33.0	忠明測站	0.90	20.45
	8/2~8/6	3.0~14.0	GRIMM	0.80	-40.22
	11/22~11/25	3.0~34.0	忠明測站	0.91	18.47
MetOne-531	6/11~6/14	11.0~42.0	台南測站	0.73	9.6
	9/25~9/28	6.0~27.0	台南測站	0.83	12.77
	12/4~12/7	9.0~65.0	台南測站	0.89	8.78
SAQ-200 75639	12/13~12/17	2.0~27.0	GRIMM	0.99	-1.72

(一) TSI Dusttrak 8533，校正說明如下：

本次校正在工研院光復院區量測中心之測試平台進行，比對之標準儀器為 GRIMM/EDM 180。共進行 2 次比對，於 4/23~5/1 進行校正比對，環境濃度 $49.5 \sim 4.59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，比對測試結果之 R^2 為 0.85，顯示 TSI Dusttrak 8533 與 GRIMM/EDM 180 兩者相關性佳，數據校正公式為 $y=3.6x$ 。TSI Dusttrak 8533 修正參數後於 5/19~5/24 再進行校正後比對，環境濃度 $30.48 \sim 4.59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，比對測試結果之 R^2 為 0.8，顯示 TSI Dusttrak 8533 與 GRIMM/EDM 180 兩者相關性佳，數據校正公式為 $y=1.1x$ 。比較校正前後發現校正後 R^2 值下降，經與校正單位工研院量測中心討論後，判斷原因為校正後比對時間之環境濃度偏低，較易導致 R^2 值下降。另外光學式儀器對於環境濕度反應較為敏感，經查證得知在校正後的比對期程中因環境濕度的影響也造成 R^2 值下降所致，未來將持續比對空品檢測儀器與標準儀器之相關性，據以建立濕度的修正參數，作為後續修正干擾之參考依據。

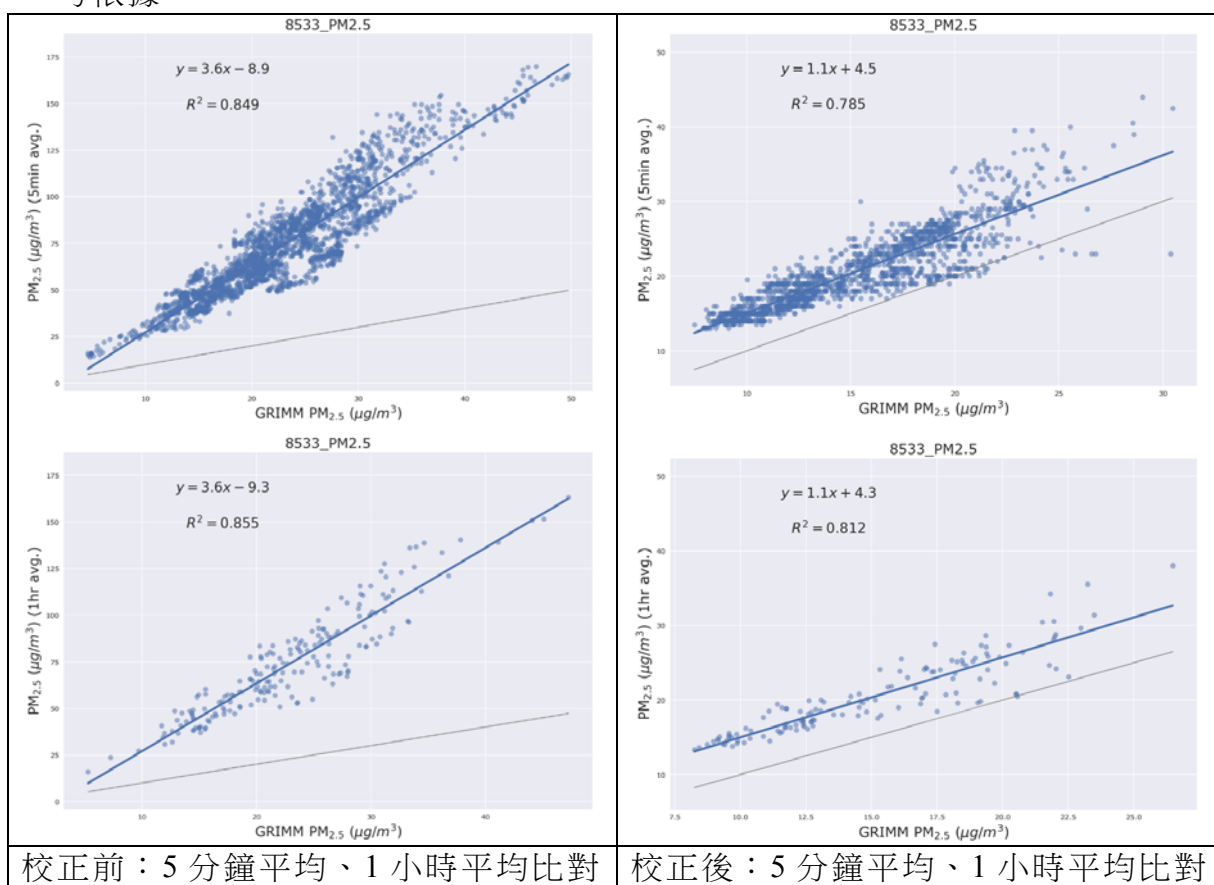


圖 4-8、TSI Dusttrak 8533 與 GRIMM/EDM 180 兩者之相關性

(二) TSI Dusttrak 8530，校正說明如下：

本次比對在工研院光復院區測試，比對之標準儀器為 Comde-Denerda APM-2，比對實驗在工研院光復院區 3 館頂樓進行，共進行 2 次每次約 6-7hrs，經過二次比對測試結果之 R^2 為 0.968，顯示 TSI Dusttrak 8530 與 Comde-Denerda APM-2 兩者相關性佳，數據校正公式為 $y=0.8189x$ 。再以 TSI dusttrak 修正後之參數進行後續巡檢比對，據以釐清既設空氣品質感測器之準確性。

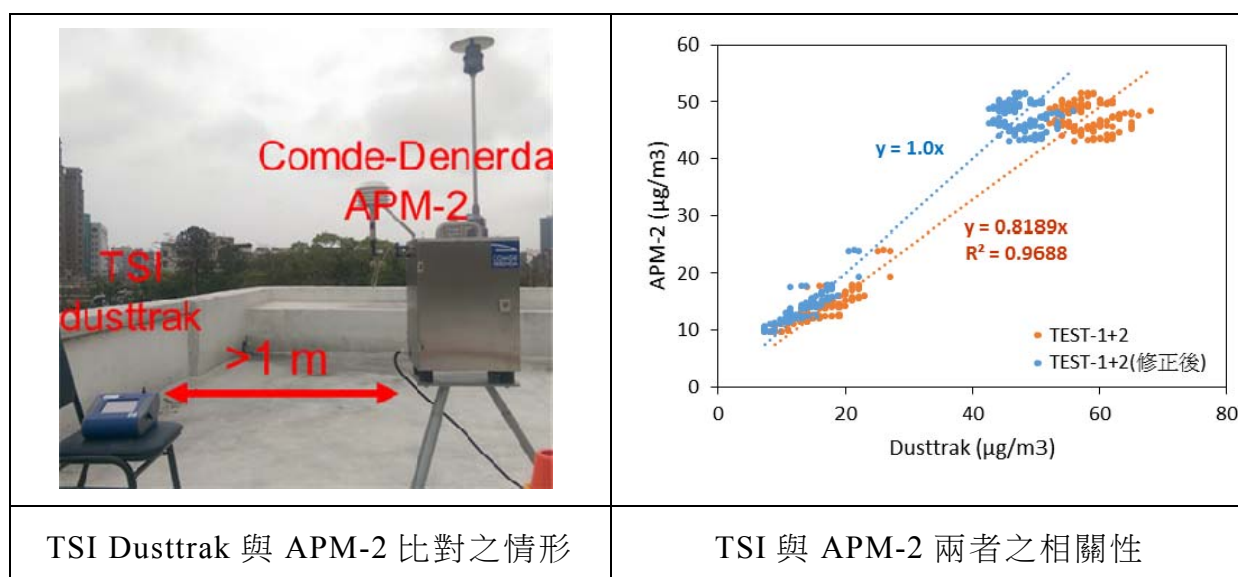


圖 4-9、TSI Dusttrak 8530 與 Comde-Denerda APM-2 兩者之相關性

(三) MetOne AEROCET 531S，比對說明如下：

本次校正在工研院光復院區量測中心之測試平台進行，比對之標準儀器為 GRIMM/EDM 180。同時針對 MetOne 531S 編號 0949、0950 進行比對，於 8/3~8/6 進行平行比對，環境濃度 $13.0 \sim 3.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，比對測試結果之 R^2 分別為 0.7 與 0.8，顯示 MetOne 531S 與 GRIMM/EDM 180 兩者相關性佳。

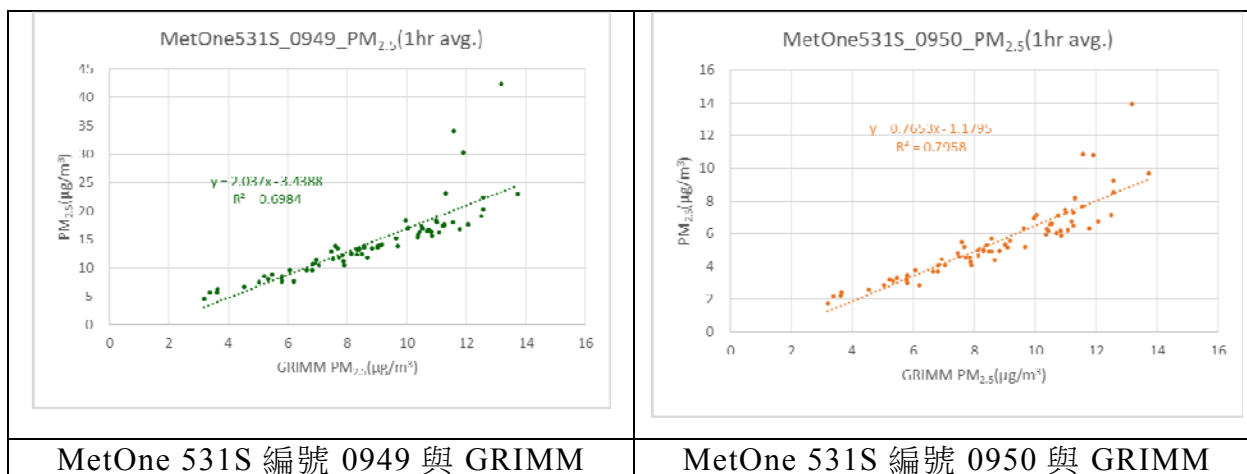


圖 4-10、MetOne 531S 與 GRIMM/EDM 180 兩者之相關性

4.3 辦理全國及離島 200 點以上空氣品質感測器之巡檢工作

為協助環保署了解既設空氣品質感測器之運作現況，藉由辦理全國及離島 200 點以上空氣品質感測器之巡檢工作，巡查既設空氣品質感測器之運作現況，藉由環保署品保室或環保署委託之空氣品質感測裝置性能測試驗證單位校正過手提式分析檢測器，並經過環保署認可之品保品管程序，隨機抽驗一定數量比例感測器，協助了解空氣品質感測器有效資料完整率及數據品質目標滿意度，及與分析檢測器量測數據之相關係數平方(R^2)及相對器差(relative bias)，據以評估既設空氣品質感測器監測數據之應用服務等級，做為未來建立分級巡檢智慧維護檢修作業模式之參考。本團隊規劃實施方法如下：

一、巡檢對象

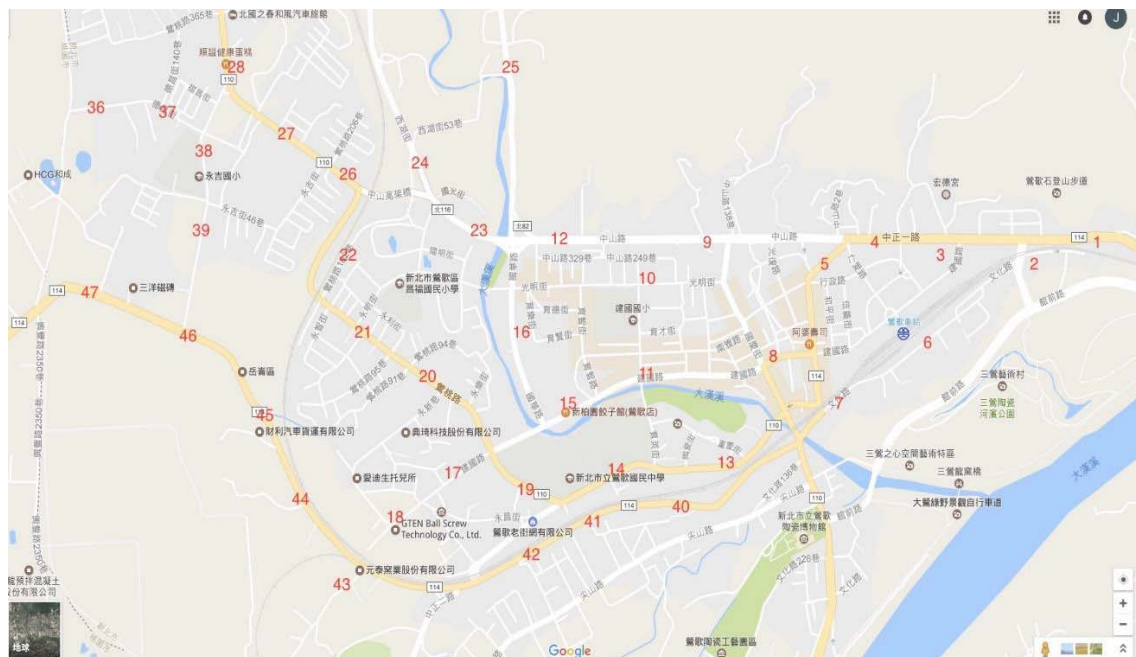
為有效執行空氣品質感測器之巡檢工作，針對巡檢作業必須依據標準作業程序執行後續巡查工作。目前已知既設空氣品質感測器共計 702 點，主要分布於桃園市、台中市及高雄市，布設之區位涵蓋工業區、都會區、交通路口及高敏感環域，相關詳細的點位資訊盤點說明如下：

(一)桃園市觀音工業區：共計 100 點，其中設置於 82 支燈桿、8 家工廠及 10 間敏感受體，其區位如圖 4-11。



圖 4-11、觀音工業區空氣品質感測器點位分布圖

(二) 新北市鶯歌地區：共計 78 點，設置於都會區及交通路口，接設置於燈桿。其區位如圖 4-12。



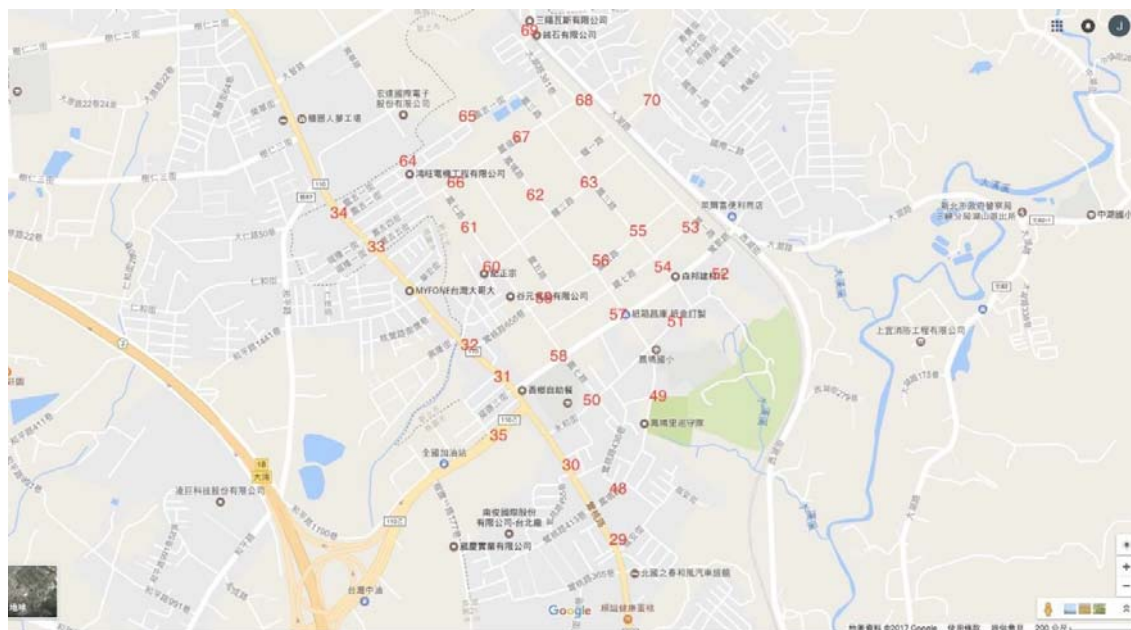


圖 4-12、新北市鶯歌地區空氣品質感測器點位分布圖

(三) 高雄市大林蒲地區：共計 22 點，皆設置於敏感環域。其區位如圖 4-13。

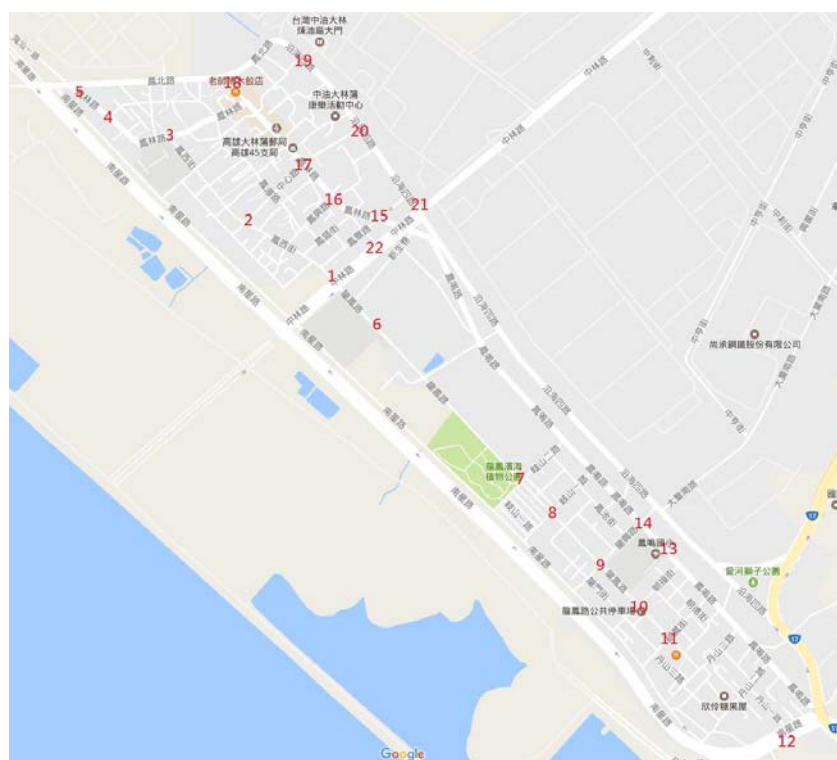


圖 4-13、高雄市大林蒲地區空氣品質感測器點位分布圖

(四)台中市：共計 500 點，工業區感測點有 147 點，交通感測有 94 點，社區感測有 245 點，與標準測站比對有 14 點。區位詳圖 4-14。

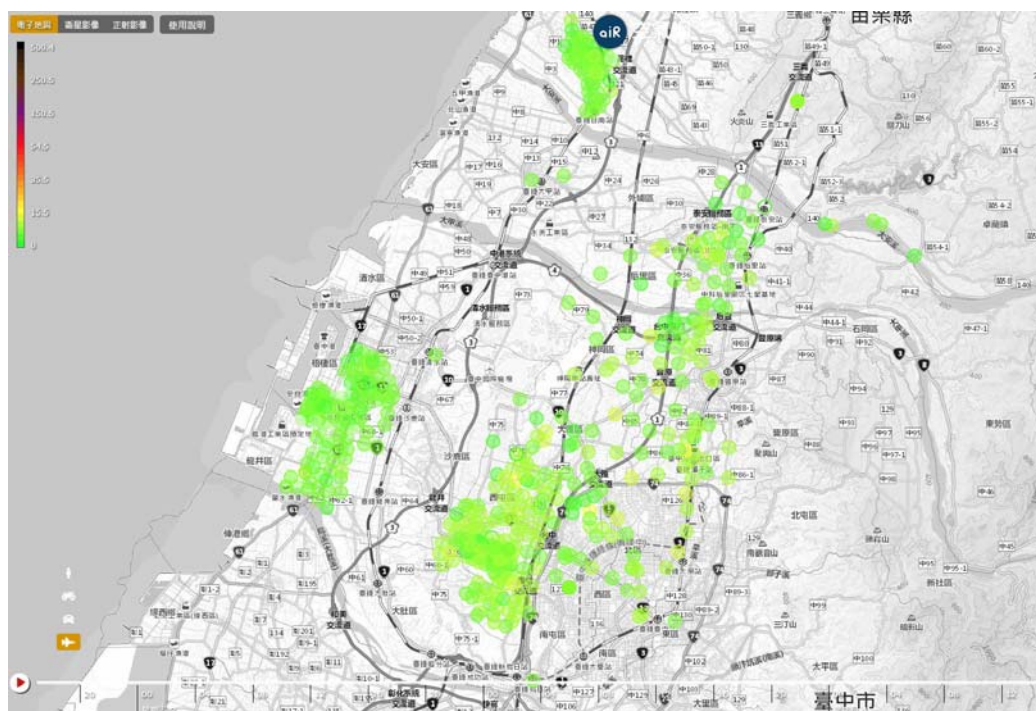


圖 4-14、台中市地區空氣品質感測器點位分布圖

二、巡檢抽樣方式

(一)剔除明確異常感測器，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。

(二)績效查核抽樣方案如下：採隨機抽樣感測器進行查核。

三、作業方式

(一)以 2 人（含）以上編組執行巡檢作業。

(二)依需求可採無預警或有預警巡檢作業。

(三)依需求可擇一採行下述行巡檢比對作業：

1. 採用具精準度、可校正的檢測儀器，至現場與空氣品質感測器進行平行比對檢測。
2. 由空氣品質感測器建置單位自行拆除空氣品質感測器，送至環保署或地方環保局委託專業機構進行比對檢測。

(四)巡檢儀器要求：

1. 巡檢儀器必須經環保署品保室校正通過之分析檢測器，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。
2. 巡檢儀器於巡檢前後之品質目標：
 - (1) 巡檢儀器於巡檢前後需置於環保署標準測站或環保署委託之測試平台比對至少 3 天。
 - (2) 巡檢前巡檢儀器與環保署標準測站量測濃度之相對器差 (relative bias) 中位數低於等於 30.0%，相關係數平方(R^2)大於等於 0.70。
 - (3) 巡檢後巡檢儀器與環保署標準測站量測濃度之相對器差 (relative bias) 中位數低於等於 30.0%，相關係數平方(R^2)大於等於 0.70。
 - (4) 如巡檢後巡檢儀器與環保署標準測站或環保署委託之測試平台量測濃度之相對器差(relative bias)及相關係數平方(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。
- (五) 進行巡檢比對作業時，檢測儀器與空氣品質感測器之進氣口應盡量接近(建議不超過 1 公尺)，但需避免阻礙比對雙方進氣之影響。
- (六) 檢測儀器與空氣品質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。

四、設備及資料

- (一) 空氣品質感測器巡檢儀器：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。

五、巡檢步驟

整體巡檢作業流程如圖 4-15，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」。巡檢點檢表及記錄表詳如附件二。

(一)巡檢前儀器校正作業：置於環保署標準測站或環保署委託之測試平台比對

1. 比對時間：3 天。
2. 濃度值相對器差(relative bias)絕對值中位數：低於等於 30.0%。
3. 濃度值最低相關係數平方(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)巡檢後儀器校正品質：置於環保署標準測站或環保署委託之測試平台比對

1. 比對時間：3 天。
2. 濃度值相對器差(relative bias)絕對值中位數：低於 30.0%。
3. 濃度值相關係數平方(R^2)：大於等於 0.70 以上。

六、績效查核抽樣名單

初步依據隨機抽樣方案進行抽樣查核詳如附件二。

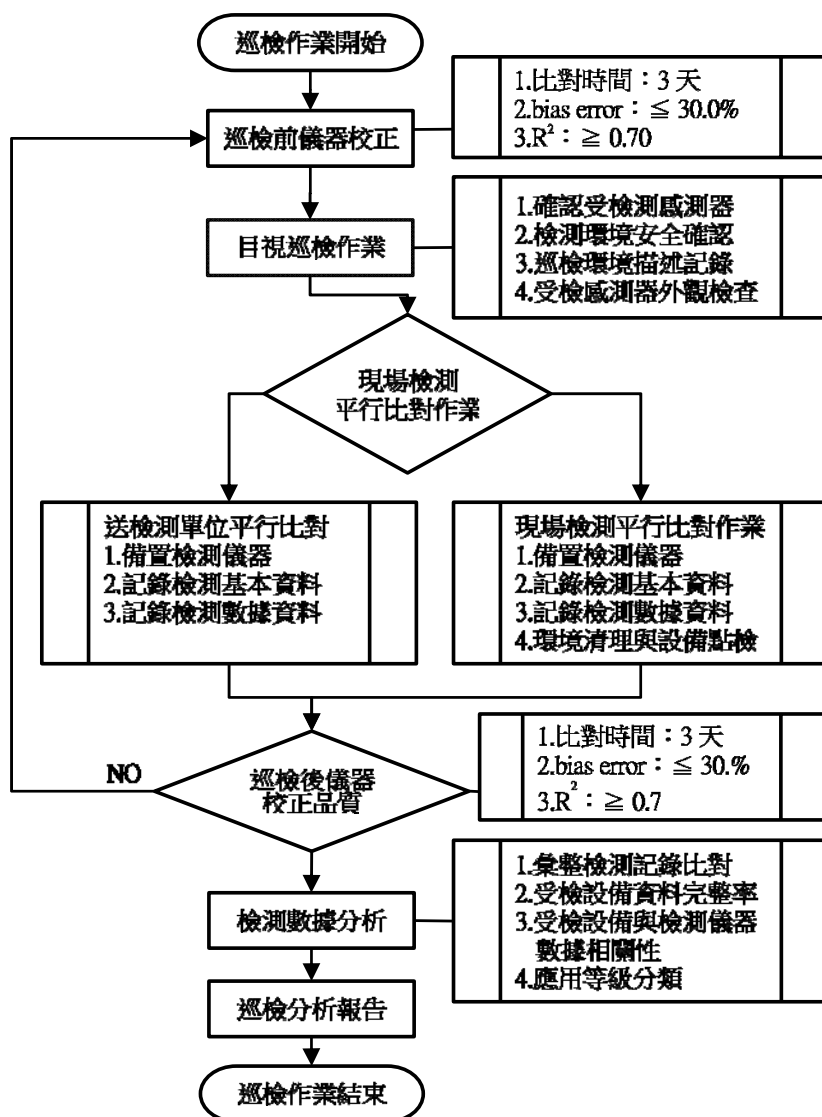


圖 4-15、巡檢作業流程圖

4.4 辦理全國 50 間校園空氣品質感測器之巡檢工作

為協助瞭解布建於全國校園之空氣品質感測器之運作現況，協助確認空氣品質感測器之妥善率及監測數據之精密度與偏差率，但礙於校園感測器的維運不易，負責的學校老師配合度與積極度參差不齊，經與環保署及教育部討論後，其校園感測器巡檢方案於宣導會上，請有意願的老師攜帶感測器至宣導會現場，並於現場介紹空氣品質感測器的巡檢比對方式，並進行實作示範。將藉由教育宣導的活動中，提供平行比對的測試服務，利用巡檢儀器作為參考標準儀器，進行校園感測器之巡檢與比對作業，比對成果將直接在會議現場說明，藉由提供感測器至現場之學校，與會議中討論感測器與參考標準儀器間的數據品質、相對器差及相關性與一致性，同步也可以討論不同學校間感測器數據間的差異，可有效協助學校老師了解空氣品質感測器的應用現況、使用限制及學校內既設感測器的數據品質。

校園空氣品質感測器之巡檢工作已完成 3 批次，分別在 9/17 完成新竹縣 9 台感測器之比對作業、9/19 完成屏東縣 15 台感測器之比對作業、10/4 完成臺東縣 15 台感測器之比對作業、11/14~15 完成高雄市 30 台感測器之比對作業，合計巡檢 69 個感測器，執行成果詳如表 4-5，實施過程中相關重要說明如下。

表 4-5、校園巡檢成果彙整表

項次	受檢感測器 所屬學校	比對場域	巡檢時間	PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			與巡檢儀 相關性 (R ²)	與群體 相關性 (R ²)	群體變 異係數 CV	bias(%)		
				MAX	MIN	MED				MAX	MIN	MED
	巡檢儀器 TSI_8530	新竹縣室內	2018/9/17	13	8	8.5						
01	忠孝國中	新竹縣室內	2018/9/17	8	7	7	0.11	0.39	0.092	0%	-38%	-17%
02	六家國中	新竹縣室內	2018/9/17	9	7	8	0.21	0.49	0.052	13%	-31%	-12%
03	博愛國中	新竹縣室內	2018/9/17	9	7	7.5	0.03	0.25	0.085	13%	-38%	-13%
04	自強國中	新竹縣室內	2018/9/17	9	7	8	0.35	0.51	0.067	0%	-31%	-13%
05	東興國中	新竹縣室內	2018/9/17	8	7	8	0.01	0.16	0.078	0%	-38%	-13%
06	尖石國中	新竹縣室內	2018/9/17	13	8	9	0.67	0.59	0.212	13%	-18%	0%
07	仁愛國中	新竹縣室內	2018/9/17	9	7	8	0.51	0.63	0.053	0%	-31%	-11%
08	五峰國中	新竹縣室內	2018/9/17	9	8	8	0.12	0.56	0.043	13%	-31%	-6%
09	成功國中	新竹縣室內	2018/9/17	8	8	8	-	-	0.049	0%	-38%	-6%
	群體平均值	新竹縣室內	2018/9/17	9.0	7.4	7.9	0.61			3%	-31%	-10%
	巡檢儀器 TSI_8533	屏東縣室外	2018/9/19	36	20	22.5						
10	佳平分校	屏東縣室外	2018/9/19	40	33	34	0.23	0.98	0.014	70%	-6%	60%
11	武潭國小	屏東縣室外	2018/9/19	39	32	33.5	0.23	0.95	0.025	68%	-6%	58%
12	平和分校	屏東縣室外	2018/9/19	40	32	34.5	0.18	0.93	0.024	70%	-9%	57%
13	來義國小	屏東縣室外	2018/9/19	41	33	36	0.21	0.83	0.039	75%	-3%	63%

項次	受檢感測器 所屬學校	比對場域	巡檢時間	PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			與巡檢儀 相關性 (R ²)	與群體 相關性 (R ²)	群體變 異係數 CV	bias(%)		
				MAX	MIN	MED				MAX	MIN	MED
14	望嘉國小	屏東縣室外	2018/9/19	37	30	32	0.23	0.96	0.074	60%	-11%	47%
15	青葉國小	屏東縣室外	2018/9/19	40	33	34.5	0.21	0.96	0.016	70%	-6%	61%
16	百合分校	屏東縣室外	2018/9/19	41	33	34.5	0.18	0.97	0.018	70%	-6%	59%
17	北葉國小	屏東縣室外	2018/9/19	40	33	34	0.18	0.95	0.020	70%	-6%	59%
18	霧臺國小	屏東縣室外	2018/9/19	40	33	34	0.19	0.97	0.015	70%	-6%	59%
19	德文分校	屏東縣室外	2018/9/19	40.0	33.0	34.5	0.20	0.98	0.014	70%	-6%	57%
20	青山國小	屏東縣室外	2018/9/19	40	33	35	0.26	0.93	0.016	75%	-3%	57%
21	口社國小	屏東縣室外	2018/9/19	39	32	34	0.22	0.90	0.034	70%	-9%	57%
22	佳義國小	屏東縣室外	2018/9/19	41	33	34.5	0.24	0.99	0.017	70%	-3%	61%
23	枋山分校	屏東縣室外	2018/9/19	39	32	33.5	0.23	0.96	0.025	65%	-6%	55%
24	地磨兒國小	屏東縣室外	2018/9/19	45	34	41.5	0.43	0.27	0.150	110%	22%	74%
	群體平均值	屏東縣室外	2018/9/19	39.7	32.7	34	0.21			68%	-6%	58%
	巡檢儀器 MetOne949	台東縣室內	2018/10/4	24.6	22.1	24						
25	馬蘭國小	台東縣室內	2018/10/4	17	16	17	0.52	0.44	0.074	-23%	-35%	-30%
26	新生國小	台東縣室內	2018/10/4	29	15	18	0.14	0.62	0.400	21%	-37%	-26%
27	寶桑國小	台東縣室內	2018/10/4	14	12	14	0.62	0.83	0.143	-41%	-51%	-42%
28	復興國小	台東縣室內	2018/10/4	15	12	14	0.06	0.29	0.121	-32%	-51%	-42%
29	光明國小	台東縣室內	2018/10/4	16	13	14	0.51	0.49	0.096	-34%	-47%	-38%
30	綠島國中	台東縣室內	2018/10/4	17	14	16	0.51	0.53	0.042	-30%	-42%	-33%
31	都蘭國中	台東縣室內	2018/10/4	16	15	16	0.60	0.82	0.031	-28%	-39%	-34%
32	台東附小	台東縣室內	2018/10/4	14	13	14	0.90	0.60	0.129	-38%	-43%	-42%
33	仁愛國小	台東縣室內	2018/10/4	16	13	15	0.50	0.81	0.083	-34%	-47%	-38%
34	豐榮國小	台東縣室內	2018/10/4	16.0	15.0	16.0	0.85	0.56	0.055	-32%	-38%	-34%
35	豐里國小	台東縣室內	2018/10/4	16	14	15	0.68	0.51	0.072	-33%	-42%	-37%
36	蘭嶼中學	台東縣室內	2018/10/4	17	15	16	0.53	0.58	0.045	-27%	-38%	-32%
37	海端國中	台東縣室內	2018/10/4	17	15	16	0.74	0.60	0.038	-30%	-38%	-33%
38	長濱國中	台東縣室內	2018/10/4	32	16	18	0.01	0.02	0.434	41%	-34%	-25%
39	豐原國小	台東縣室內	2018/10/4	16	12	15	0.02	0.24	0.081	-27%	-51%	-37%
	群體平均值	台東縣室內	2018/10/4	16.4	14.2	15.2	0.60			-32%	-42%	-36%
	巡檢儀器 TSI_8533	高雄市室外	2018/11/14	61	41	50						
40	民生國小	高雄市室外	2018/11/14	74	53	63	0.81	0.99	0.032	37%	13%	27%
41	茂林國小	高雄市室外	2018/11/14	75	55	63	0.73	0.94	0.035	51%	16%	29%
42	四維國小	高雄市室外	2018/11/14	77	54	63	0.94	0.94	0.035	33%	20%	28%
43	興中國小	高雄市室外	2018/11/14	81	56	67	0.87	0.97	0.035	45%	23%	35%
44	民族大愛國 小	高雄市室外	2018/11/14	76	54	63	0.68	0.95	0.036	43%	10%	29%
45	大汕國小	高雄市室外	2018/11/14	75	52	61	0.69	0.95	0.060	38%	10%	24%
46	瑞興國小	高雄市室外	2018/11/14	78	55	64	0.66	0.93	0.039	45%	15%	29%
47	旗津國小	高雄市室外	2018/11/14	82	57	69	0.80	0.99	0.067	49%	25%	39%
48	竹圍國小	高雄市室外	2018/11/14	80	55	66	0.91	0.94	0.026	38%	24%	33%
49	文德國小	高雄市室外	2018/11/14	75	54	63	0.86	0.99	0.031	36%	16%	28%
50	維新國小	高雄市室外	2018/11/14	79	54	64	0.90	0.95	0.023	36%	21%	31%
51	中洲國小	高雄市室外	2018/11/14	79	55	65	0.89	0.97	0.015	40%	20%	31%
52	寶山國小	高雄市室外	2018/11/14	82	58	67	0.95	0.92	0.044	41%	26%	36%

項次	受檢感測器 所屬學校	比對場域	巡檢時間	PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			與巡檢儀 相關性 (R ²)	與群體 相關性 (R ²)	群體變 異係數 CV	bias(%)		
				MAX	MIN	MED				MAX	MIN	MED
53	五福國小	高雄市室外	2018/11/14	81	57	67	0.86	0.99	0.041	48%	25%	35%
54	鳳西國小	高雄市室外	2018/11/14	80	58	67	0.75	0.98	0.043	50%	20%	36%
	群體平均值	高雄市室外	2018/11/14	77	55	64	0.83			40%	17%	30%
	巡檢儀器 TSI_8533	高雄市室外	2018/11/15	46	33	40						
55	蚵寮國中	高雄市室外	2018/11/15	67	50	59	0.85	0.98	0.018	61%	39%	46%
56	鳥松國中	高雄市室外	2018/11/15	69	50	63	0.62	0.94	0.063	76%	39%	56%
57	茂林國中	高雄市室外	2018/11/15	65	49	58	0.88	0.97	0.019	58%	36%	45%
58	桃源國中	高雄市室外	2018/11/15	68	50	61	0.61	0.94	0.038	68%	37%	49%
59	梓官國中	高雄市室外	2018/11/15	63	49	57	0.86	0.97	0.028	55%	33%	41%
60	苓雅國中	高雄市室外	2018/11/15	65	50	59	0.57	0.91	0.021	64%	30%	46%
61	英明國中	高雄市室外	2018/11/15	63	49	57	0.66	0.95	0.026	61%	30%	41%
62	龍肚國中	高雄市室外	2018/11/15	64	50	58	0.88	0.95	0.022	58%	38%	45%
63	大仁國中	高雄市室外	2018/11/15	63	48	56	0.93	0.92	0.040	52%	36%	41%
64	五福國中	高雄市室外	2018/11/15	63	49	57	0.79	0.97	0.035	58%	30%	41%
65	興仁國中	高雄市室外	2018/11/15	68	50	59	0.91	0.95	0.043	61%	42%	51%
66	美濃國中	高雄市室外	2018/11/15	80	49	58	0.46	0.70	0.072	74%	26%	45%
67	獅甲國中	高雄市室外	2018/11/15	65	50	58	0.59	0.92	0.022	61%	30%	44%
68	瑞豐國中	高雄市室外	2018/11/15	65	51	57	0.66	0.82	0.034	65%	33%	41%
69	南榮國中	高雄市室外	2018/11/15	65	50	58	0.69	0.96	0.016	64%	33%	44%
	群體平均值	高雄市室外	2018/11/15	65	50	58	0.79			61%	35%	46%

(一)巡檢儀器：TSI 的 DustTraK II Desktop Aerosol monitor 8533

(二)巡檢儀器 TSI 8533 校正

- 1.校正方式：委託量測中心於新竹驗證平台進行
- 2.比對儀器：GRIMM/EDM 180
- 3.巡檢前校正：8/3~8/6(共 3 天)，濃度區間(15.16~2.54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)，與比對儀器(GRIMM/EDM 180)之 R² 為 0.93，相對器差(bias%)為 24.62%。詳圖 4-16。
- 4.巡檢後校正：12/14~12/17(共 3 天)，濃度區間(26.46~2.14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)，與比對儀器(GRIMM/EDM 180)之 R² 為 0.96，相對器差(bias%)為 3.32%。詳圖 4-17。

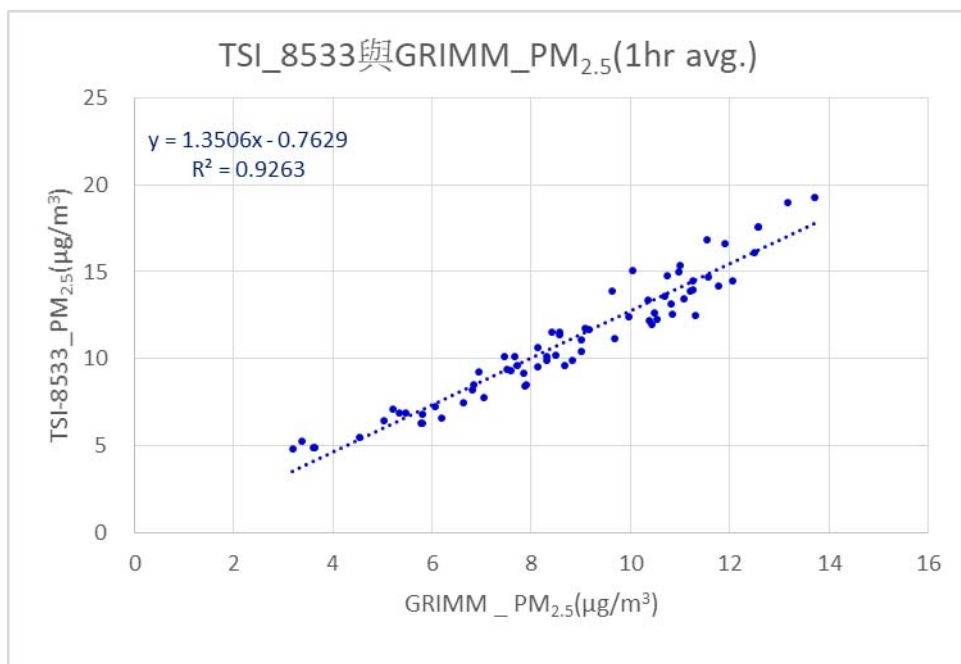


圖 4-16、巡檢前 TSI Dusttrak 8533 與 GRIMM/EDM 180 之相關性

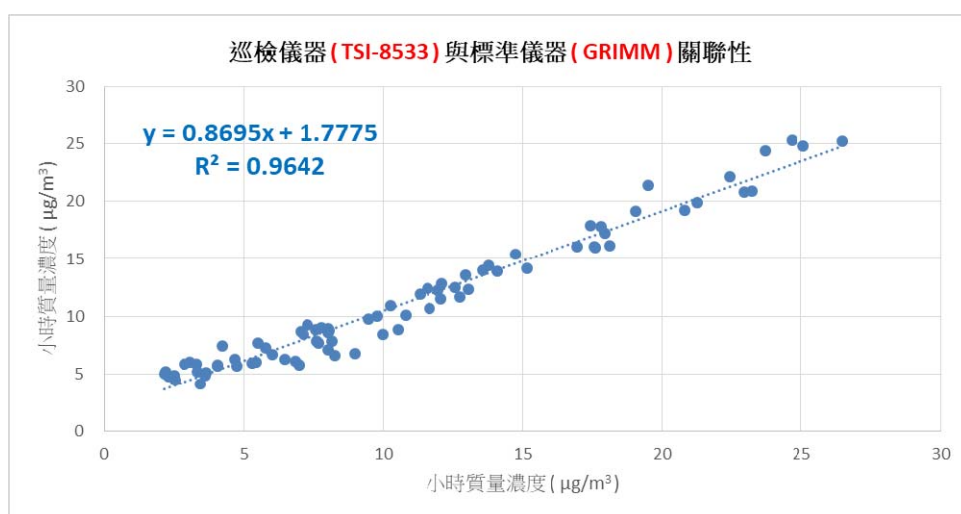


圖 4-17、巡檢後 TSI Dusttrak 8533 與 GRIMM/EDM 180 之相關性

(三) 巡檢成果

1. 新竹縣校園感測器比對

- (1) 環境濃度低於 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，感測器數據比對不具代表性。
- (2) 成功國中感測器讀值為定值，須請維運廠商確認感測器的性能。
- (3) 尖石國中感測器讀值的變異係數過高，與群體的一致性較

差，建議維運廠商確認感測器的性能。

2. 屏東縣校園感測器比對

- (1) 15 個學校感測器讀值的變異係數皆低於 0.2，群體的一致性佳，其中地磨兒國小與群體平均的相關係數平方為 0.27，明顯與群體一致性不佳。
- (2) 15 個學校感測器讀值與 TSI 讀值的相關係數平方皆低於 0.43，與標準儀器的相關性不好。
- (3) 僅望嘉國小感測器讀值與 TSI 讀值的相對器差中位數(47%)低於 50%。
- (4) 建議應持續觀察地磨兒國小感測器數據品質，其餘感測器之相對器差過大，應以標準儀器進行校正。

3. 臺東縣校園感測器比對

- (1) 僅新生國小、長濱國中感測器讀值的變異係數高於 0.2，與群體的一致性較差，建議維運廠商確認感測器的性能。
- (2) 15 個學校感測器讀值與 MetOne 讀值的相關係數平方皆低於 0.43，與標準儀器的相關性不好。
- (3) 15 個學校感測器讀值與 MetOne 讀值的相對器差中位數皆低於 50%。

4. 高雄市國小校園感測器比對

- (1) 15 個學校感測器讀值的變異係數皆低於 0.2，與群體平均的相關係數平方皆高於 0.92，群體的一致性佳。
- (2) 除民族大愛國小、大汕國小、瑞興國小感測器讀值與 TSI 讀值的相關係數平方低於 0.7，建議維運廠商應持續觀察感測器性能。
- (3) 15 台感測器讀值與 TSI 讀值的相對器差中位數皆低於 50%。

5. 高雄市國中校園感測器比對

- (1) 15 個學校感測器讀值的變異係數皆低於 0.2，群體的一致性佳，與群體平均的相關係數平方皆高於 0.92。
- (2) 計有鳥松國中、桃源國中、苓雅國中、英明國中、美濃國中、獅甲國中、瑞豐國中、南榮國中感測器讀值與 TSI 讀值的相關係數平方低於 0.7，建議維運廠商應持續觀察感測器性能。

- (3) 僅烏松國中、興仁國中感測器讀值與 TSI 讀值的相對器差中位數高於 50%，建議維運廠商應持續觀察感測器性能。

4.5 空氣品質感測器巡檢工作之規劃及分析報告研提

為有效執行空氣品質感測器之巡檢工作，針對巡檢作業必須建立標準作業程序，協助巡檢人員執行巡檢作業時，能更容易的釐清現場面臨之突發狀況與問題，避免發生遺漏作業要項等缺失，確保巡檢任務之完備。

規劃實施方法則是以懸浮微粒 PM_{2.5} 感測器現場巡檢而言，由於法規標準所使用之最小時間解析度為 1 個小時，因此各個感測點的測試時間初步規劃為累積 1 個小時測值。故查核感測裝置現地數據品質之需求規劃實以每一點次之查核準備工作前後至少需要 1 個小時，實際測試時間至少 1 個小時進行規劃，故每個點次預計工作時間約為 3 小時。整體巡檢工作分為三個階段實施，說明如下：

一、巡檢工作前置作業：

(一)巡檢標的確認

1. 盤點受檢之空氣品質感測器：針對所有需接受現場巡檢之感測器進行盤點，依據設置之地點、設置編號、設置時間，詳細盤點感測器設置與維護廠商、感測器廠牌，並調閱歷史監測紀錄及故障與維護記錄。
2. 進行巡檢標的排程：為有效執行巡檢作業，將選定進行巡檢感測器之設置地點，考量交通動線及巡檢執行的順暢，擬定巡檢排程，以一部檢測儀器一天負責 3 個點位進行規劃，並考量同一時間多台儀器同時量測不同點位之方案，以提升巡檢效益。

二、巡檢前準備作業：

- (一)確認空氣品質檢測儀器，記錄儀器廠牌、編號與偵測極限，確認上次校正時間、維修保養記錄。
- (二)確認空氣品質檢測儀器功能正常，包含電力、資訊顯示與相關配件。
- (三)確認現場巡檢所需設備：相機、巡檢記錄表、計時器、風速風向儀、溫濕度計、卷尺、GPS...等。
- (四)巡檢標的排程：依據遴選之巡檢標的，以一天一台儀器巡檢 3 個點次為目標，建立巡檢排程順序。

巡檢作業執行：

(一)巡檢方式

1. 依據選定之巡檢排程順序，進行無預警巡檢作業，必要時得通知相關主管單位。
2. 巡檢人員編組，至少採 2 員一組進行現場巡檢作業，必要時得增加人員編組。

(二)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. 於備置檢測儀器完成後，即進行巡檢記錄，巡檢記錄項目包含：巡檢地點(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)、受檢測感測器外觀檢查、檢測數據記錄(頻率)、檢測照片(受檢設備現況、檢測過程、周邊環境)、檢測環境描述(受檢設備環境狀況、布設距地面高度、檢測儀器與受檢設備相對位置與高度)、其他說明。
3. 於現場巡檢完畢後，進行環境清理與設備點檢，確認現場與設備完好無虞後方能離開。

(三)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附件三。

1. 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 $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之數據紀錄。
2. 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 $\times 100\%$
3. 受檢感測器與巡檢儀器之決定係數(R^2)：於數據比對區間內
4. R^2 (Coefficient of determination)=受檢感測器與巡檢儀器數據之相關係數平方

5. 受檢感測器相對器差(relative bias)：受檢感測器與巡檢儀器於比對區間內之相對器差

$$\text{相對器差} = (\text{巡檢數據} - \text{感測器數據}) / \text{巡檢數據} \times 100\%$$

6. 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 $\leq \pm 50.0\%$

(2) 109 年度資料品質目標：相對器差 $\leq \pm 30.0\%$

(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 $\times 100\%$

7. 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	$< 50\%$	$\geq 50\%$
II	熱點鑑識與污染追蹤	$< 30\%$	$\geq 75\%$
III	輔助監測	$< 20\%$	$\geq 80\%$
IV	個人暴露評估	$< 30\%$	$\geq 80\%$

三、巡檢成果

巡檢作業於 5/29~12/11 實施，合計巡檢 205 個感測器，實施過程中相關重要說明如下：

(一) 巡檢比對設備：

1. 巡檢儀器：TSI 的 DustTraK II Desktop Aerosol monitor 8533

2. 查核件：柏昇 2 號感測器，設備編號 0751、0752

(二) 巡檢儀器 TSI 8533 校正

1. 校正方式：委託量測中心於新竹驗證平台進行

2. 比對儀器：GRIMM/EDM 180

(三) 巡檢校正期程

- 1.巡檢前校正：5/19~5/24(共 5 天)，濃度區間(8.0~27.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)，與比對儀器(GRIMM/EDM 180)之 R^2 為 0.81，相對器差(bias%)為 37.73%。
2. 巡檢前校正：7/2~7/5(共 4 天)，濃度區間(2.0~16.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)，與比對儀器(GRIMM/EDM 180)之 R^2 為 0.90，相對器差(bias%)為 -15.14%。

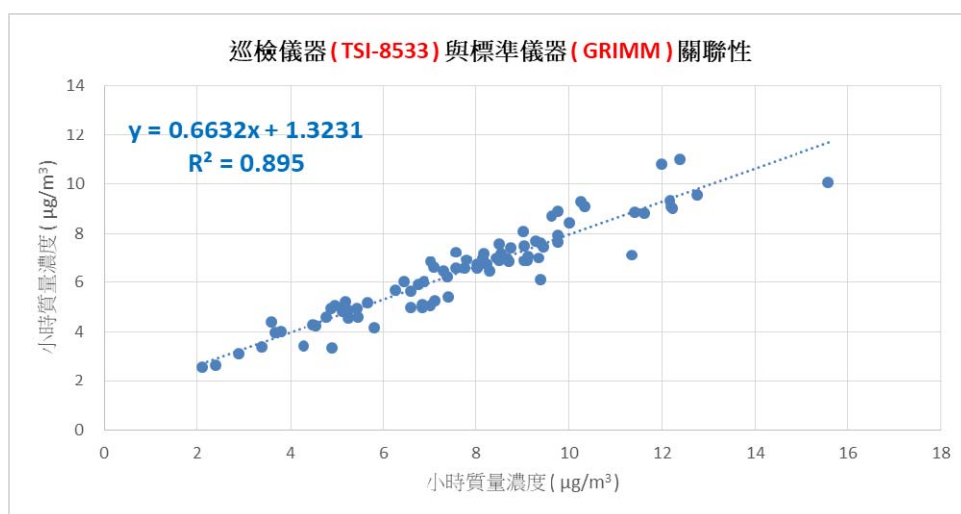
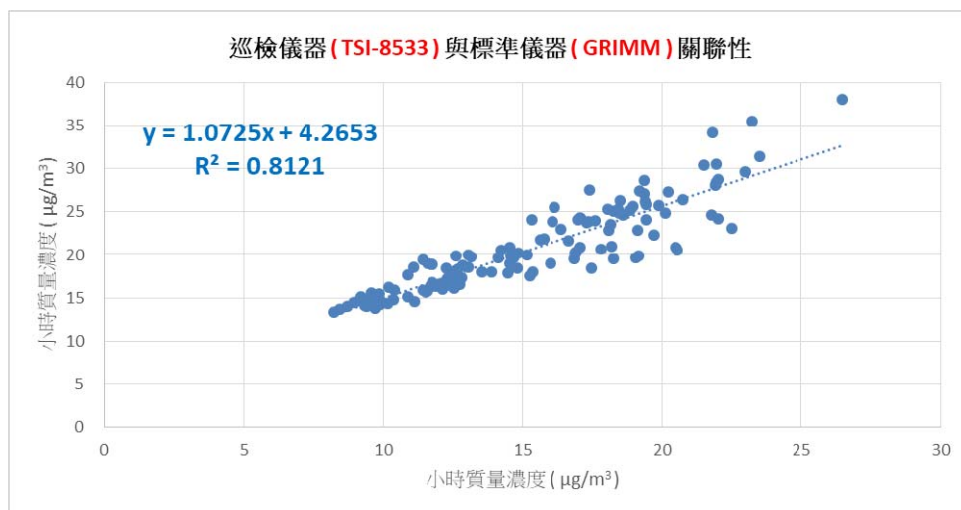


圖 4-18、巡檢前 TSI Dusttrak 8533 與 GRIMM/EDM 180 之相關性

- 3.巡檢後校正：8/3~8/6(共 3 天)，濃度區間(15.16~25.54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)，與比對儀器(GRIMM/EDM 180)之 R^2 為 0.93，相對器差(bias%)為 24.62%。詳圖 4-16。

4.巡檢後校正：12/14~12/17(共 3 天)，濃度區間(26.46~2.14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)，與比對儀器(GRIMM/EDM 180)之 R^2 為 0.96，相對器差(bias%)為 3.32%。詳圖 4-19。

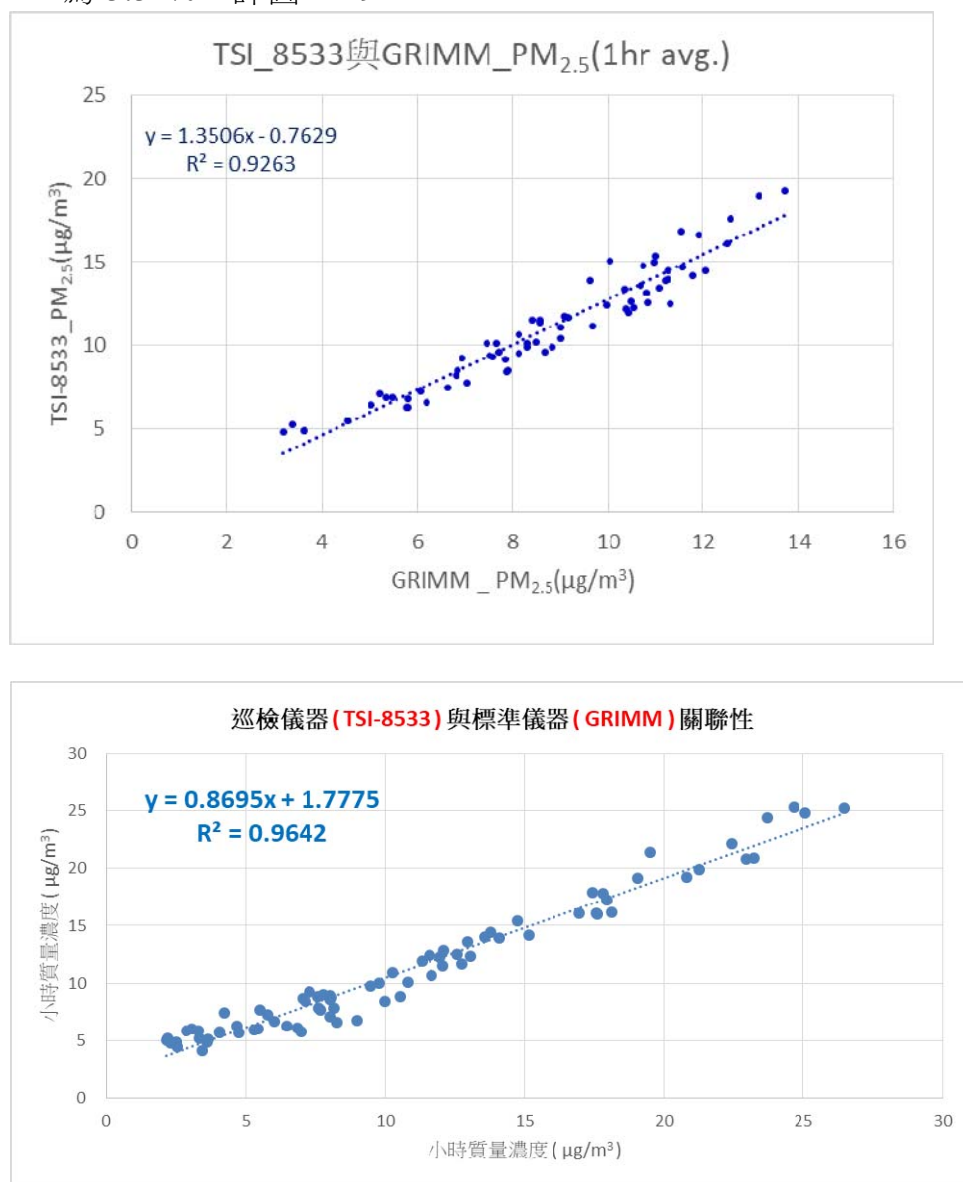


圖 4-19、巡檢後 TSI Dusttrak 8533 與 GRIMM/EDM 180 之相關性

(四) 巡檢計算方式說明

1. 數據來源

- (1) 巡檢儀器：TSI DustTraK II 8533 儀器內之量測記錄
- (2) 受檢感測器：環境物聯網資料中心(IOT data center)之紀錄
- (3) 查核件：查核件 1、2 感測器於 IOT data center 之紀錄

2. 數據擷取

(1) 原始數據：統計分析 IOT data center 之 3 分鐘 1 筆的所有數據

(2) 排除 $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下數據：分析 $16\mu\text{g}/\text{m}^3$ (含)以上之數據

3. 資料完整率：比對時間內(70 分鐘) IOT data center 之資料筆數

(1) 受檢感測器資料筆數/比對時間內應有之資料筆數 $\times 100\%$

4. 與巡檢儀器相對器差：計算每一時間點 bias(%)之絕對值

(1) 同一時間點(受檢感測器數據-巡檢儀器數據)/巡檢儀器數據 $\times 100\%$ 之絕對值

(2) MAX/MIN/MED：比對時間內相對器差絕對值之最大值/最小值/中位數

(3) R^2 ：比對時間內受檢感測器數據與巡檢儀器數據之 R^2

5. $\text{bias} \leq 50\%$ 符合比率：比對時間內相對器差絕對值 $\leq 50.0\%$ 之比率

(1) 相對器差絕對值 $\leq 50.0\%$ 之筆數/比對時間內應有之資料筆數 $\times 100\%$

(五) 巡檢成果說明

1. 台中市巡檢 155 點，高雄市巡檢 25 點，桃園市巡檢 25 點，合計巡檢 205 點感測器，受檢感測器的數據完整率有 94%符合規範要求之 90%(含)以上。受檢感測器與巡檢儀器的相對器差有 76%符合規範要求之 50%(含)以下，如果剔除環境濃度低於 $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ (含)以下的數據，相對器差將提升至 86%符合規範要求之 50%(含)以下。巡檢成果詳如表 4-6。

2. 台中市巡檢成果：

(1) 巡檢期間環境濃度： $243.0 \sim 1.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。有 35%的巡檢點位，巡檢時的環境濃度低於 $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ (含)以下。

(2) 受檢感測器布建位置有 27%有被障礙物遮蔽的問題，已轉知維運廠商檢視需求，調整設置地點。另外有 1%發現鄰近金爐，已轉知維運廠商檢視需求，協調民宅移除金爐，避免影響感測數據。

(3) 受檢感測器的數據完整率，有 96%符合規範要求之 90%(含)以上。

(4) 受檢感測器與巡檢儀器的相對器差，有 80%符合規範要求之 50%(含)以下。如果排除低於環境濃度低於 $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ (含)以下的數

據，將提升至 97%符合規範要求之 50%(含)以下。可看出環境濃度低於 $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ (含)以下對感測器的影響。針對不符合規範要求之感測器已轉知維運廠商檢修或更換，明年度將再進行抽樣尋檢確認。

3. 高雄市巡檢成果：

- (1) 巡檢期間環境濃度： $142.0\sim7.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。有 8%的巡檢點位，巡檢時的環境濃度低於 $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ (含)以下。
- (2) 受檢感測器布建位置有 4%有被障礙物遮蔽的問題，已轉知維運廠商檢視需求，調整設置地點。
- (3) 受檢感測器的數據完整率，有 96%符合規範要求之 90%(含)以上。
- (4) 受檢感測器與巡檢儀器的相對器差，有 72%符合規範要求之 50%(含)以下。如果排除低於環境濃度低於 $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ (含)以下的數據，將提升至 80%符合規範要求之 50%(含)以下。可看出環境濃度低於 $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ (含)以下對感測器的影響。針對不符合規範要求之感測器已轉知維運廠商檢修或更換，明年度將再進行抽樣尋檢確認。

4. 桃園市巡檢成果：

- (1) 巡檢期間環境濃度： $107.0\sim3.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。有 48%的巡檢點位，巡檢時的環境濃度低於 $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ (含)以下。
- (2) 受檢感測器布建位置有 12%有被障礙物遮蔽的問題，已轉知維運廠商檢視需求，調整設置地點。
- (3) 受檢感測器的數據完整率，有 84%符合規範要求之 90%(含)以上。
- (4) 受檢感測器與巡檢儀器的相對器差，有 64%符合規範要求之 50%(含)以下。如果排除低於環境濃度低於 $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ (含)以下的數據，將提升至 80%符合規範要求之 50%(含)以下。可看出環境濃度低於 $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ (含)以下對感測器的影響。針對不符合規範要求之感測器已轉知維運廠商檢修或更換，明年度將再進行抽樣尋檢確認。

表 4-6、巡檢成果彙整表

序號	受檢感測器編號	巡檢區域	巡檢時間	設備周邊檢查	設備布建高度	設備外觀檢查	全部感測數據						排除 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (含)以下感測數據					
							PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		資料完整率	與巡檢儀器相對器差		bias $\leq$ 50%符合比率	PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		資料完整率	與巡檢儀器相對器差		bias $\leq$ 50%符合比率
							Max	Min		MED	R ²		Max	Min		MED	R ²	
001	0452	台中市	5/29	1m 遮蔽	3.10	良好	11	8	100%	17%	0.22	100%	-	-	-	-	-	-
002	0451	台中市	5/29	1m 遮蔽	2.95	良好	19	10	100%	8%	0.41	100%	16	13	100%	20%	1	100%
003	0441	台中市	5/29	1m 遮蔽	2.92	良好	25	15	100%	10%	0.79	100%	29	16	100%	11%	0.77	100%
004	0434	台中市	5/30	全遮蔽	3.12	良好	20	10	100%	10%	0.74	100%	-	-	-	-	-	-
005	0432	台中市	5/30	1m 遮蔽	2.95	良好	34	16	100%	14%	0.78	100%	34	16	100%	14%	0.78	100%
006	0431	台中市	5/30	1m 遮蔽	2.95	良好	18	11	100%	16%	0.67	100%	22	18	100%	15%	0.01	100%
007	0458	台中市	5/30	無遮蔽	2.88	良好	17	10	100%	18%	0.68	100%	25	17	100%	27%	1	100%
008	0460	台中市	5/30	無遮蔽	2.90	良好	13	8	100%	13%	0.33	100%	-	-	-	-	-	-
009	0544	台中市	5/30	無遮蔽	2.90	良好	11	9	100%	16%	0.02	100%	-	-	-	-	-	-
010	0550	台中市	5/30	無遮蔽	3.00	良好	10	8	8%	37%	-	8%	-	-	-	-	-	-
011	0601	台中市	6/6	無遮蔽	3.30	良好	14	7	100%	18%	0.55	100%	-	-	-	-	-	-
012	0608	台中市	6/6	無遮蔽	2.85	良好	6	4	100%	38%	0.61	100%	-	-	-	-	-	-
013	0548	台中市	6/6	無遮蔽	3.00	良好	9	5	100%	23%	0.02	100%	-	-	-	-	-	-
014	0519	台中市	6/6	3 面遮	2.90	良好	8	6	100%	16%	0.07	100%	-	-	-	-	-	-
015	0439	台中市	6/6	1 面遮	2.90	良好	10	5	100%	26%	0.79	100%	-	-	-	-	-	-
016	0582	台中市	6/12	全遮蔽	2.80	良好	24	20	100%	45%	0.31	91%	24	21	100%	40%	0.03	100%
017	0504	台中市	6/12	無遮蔽	2.95	良好	25	21	100%	9%	0.07	100%	25	21	100%	9%	0.07	100%
018	0501	台中市	6/12	無遮蔽	2.83	良好	26	22	100%	6%	0.04	100%	26	22	100%	6%	0.04	100%
019	0565	台中市	6/12	無遮蔽	2.83	良好	26	17	100%	10%	0.18	100%	26	17	100%	10%	0.18	100%
020	0650	台中市	6/15	無遮蔽	2.90	良好	4	1	100%	35%	0.02	91%	-	-	-	-	-	-
021	0475	台中市	6/15	全遮蔽	2.95	良好	20	4	100%	23%	0	96%	-	-	-	-	-	-
022	0405	台中市	6/21	無遮蔽	3.10	良好	10	7	71%	44%	0.55	71%	-	-	-	-	-	-
023	0408	台中市	6/21	0.5m 遮蔽	3.32	良好	10	8	27%	11%	0.6	27%	-	-	-	-	-	-
024	0564	台中市	6/21	無遮蔽	2.85	良好	10	8	22%	10%	0.75	22%	-	-	-	-	-	-
025	0570	台中市	6/23	無遮蔽	3.00	良好	9	6	58%	30%	0.28	58%	-	-	-	-	-	-
026	0072	台中市	6/24	無遮蔽	2.90	良好	17	8	100%	25%	0.01	96%	-	-	-	-	-	-
027	0083	台中市	6/24	1m 遮蔽	2.95	良好	9	6	100%	46%	0.14	65%	-	-	-	-	-	-
028	0119	台中市	6/24	無遮蔽	3.90	良好	9	6	100%	20%	0.35	96%	-	-	-	-	-	-
029	0110	台中市	6/24	無遮蔽	2.95	良好	12	7	100%	17%	0.66	100%	-	-	-	-	-	-
030	0118	台中市	6/24	無遮蔽	3.10	良好	9	6	100%	88%	0.04	9%	-	-	-	-	-	-

序號	受檢感測器編號	巡檢區域	巡檢時間	設備周邊檢查	設備布建高度	設備外觀檢查	全部感測數據							排除 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (含)以下感測數據						
							PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		資料完整率	與巡檢儀器相對器差		bias $\leq$ 50%符合比率		PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		資料完整率	與巡檢儀器相對器差		bias $\leq$ 50%符合比率	
							Max	Min		MED	R ²			Max	Min		MED	R ²		
031	0124	台中市	6/24	無遮蔽	3.30	良好	14	6	100%	59%	0.04	70%	-	-	-	-	-	-	-	-
032	0128	台中市	6/24	無遮蔽	4.30	良好	10	7	100%	39%	0.23	86%	-	-	-	-	-	-	-	-
033	0207	台中市	6/27	無遮蔽	3.07	良好	10	7	100%	16%	0.12	100%	-	-	-	-	-	-	-	-
034	0318	台中市	6/27	1m 遮蔽	3.20	良好	7	6	100%	7%	0.21	100%	-	-	-	-	-	-	-	-
035	0328	台中市	6/27	0.1m 遮蔽	3.00	良好	9	6	100%	18%	0.2	100%	-	-	-	-	-	-	-	-
036	0330	台中市	6/27	無遮蔽	3.65	良好	10	7	100%	14%	0.06	100%	-	-	-	-	-	-	-	-
037	0357	台中市	6/27	無遮蔽	3.70	良好	13	7	100%	14%	0.38	100%	-	-	-	-	-	-	-	-
038	0346	台中市	6/28	無遮蔽	3.30	良好	25	16	100%	20%	0.18	100%	25	16	100%	20%	0.18	74%	-	-
039	0368	台中市	6/28	無遮蔽	3.10	良好	13	10	100%	8%	0.05	100%	-	-	-	-	-	-	-	-
040	0372	台中市	6/28	無遮蔽	3.30	良好	12	7	100%	14%	0.23	100%	-	-	-	-	-	-	-	-
041	0669	台中市	6/28	無遮蔽	3.30	良好	8	6	100%	22%	0.09	96%	-	-	-	-	-	-	-	-
042	0109	台中市	6/29	無遮蔽	4.00	良好	48	9	100%	22%	0.28	91%	48	14	100%	54%	0.01	50%	-	-
043	0163	台中市	6/29	無遮蔽	3.60	良好	16	9	100%	7%	0.74	100%	16	15	100%	15%	0.09	100%	-	-
044	0016	台中市	6/30	0.1m 遮蔽	2.90	良好	17	8	100%	16%	0.07	96%	-	-	-	-	-	-	-	-
045	0023	台中市	6/30	1m 遮蔽	3.10	良好	21	12	100%	12%	0.35	100%	21	13	100%	14.00%	0.66	100%	-	-
046	0045	台中市	6/30	無遮蔽	3.10	良好	14	10	100%	11%	0.16	100%	11	11	100%	31%	-	100%	-	-
047	0046	台中市	6/30	無遮蔽	3.00	良好	15	8	100%	8%	0.83	100%	15	15	100%	21%	-	100%	-	-
048	0604	台中市	7/1	0.3m 遮蔽	3.00	良好	26	9	100%	28%	0	92%	11	10	100%	58%	1	67%	-	-
049	0474	台中市	7/1	0.4m 遮蔽	3.20	良好	14	9	100%	10%	0.73	100%	-	-	-	-	-	-	-	-
050	0473	台中市	7/1	無遮蔽	3.20	良好	13	8	100%	23%	0.64	100%	-	-	-	-	-	-	-	-
051	0547	台中市	7/1	無遮蔽	3.30	良好	9	6	100%	20%	0.58	100%	-	-	-	-	-	-	-	-
052	0401	台中市	9/4	無遮蔽	2.90	良好	23	11	97%	-8%	5%	97%	23	16	50%	-31%	-	50%	-	-
053	0404	台中市	9/4	1m 遮蔽	3.15	良好	19	13	100%	-30%	31%	100%	19	16	100%	-35%	8%	100%	-	-
054	0413	台中市	9/4	0.1m 遮蔽	3.60	良好	19	13	100%	-6%	5%	100%	19	16	100%	-6%	0%	100%	-	-
055	0409	台中市	9/4	無遮蔽	2.80	良好	22	12	100%	-9%	22%	100%	22	16	100%	-16%	1%	100%	-	-
056	0440	台中市	9/4	無遮蔽	2.00	良好	21	17	100%	-44%	0%	97%	21	17	100%	-44%	0%	97%	-	-
057	0464	台中市	9/5	無遮蔽	3.00	良好	34	18	100%	-15%	29%	100%	34	18	100%	-15%	29%	100%	-	-
058	0437	台中市	9/5	無遮蔽	2.95	良好	42	23	100%	-69%	35%	0%	42	23	100%	-69%	35%	0%	-	-
059	0468	台中市	9/5	無遮蔽	2.90	良好	31	24	100%	-15%	28%	100%	31	24	100%	-15%	0.28	100%	-	-
060	0441	台中市	9/5	0.5m 遮蔽	2.70	良好	34	24	100%	-8%	40%	100%	34	24	100%	-8%	40%	100%	-	-
061	0436	台中市	9/5	0.5m 遮蔽	2.80	良好	38	30	100%	-15%	10%	100%	38	30	100%	-15%	10%	100%	-	-

第四章 辦理空氣品質感測器巡檢工作及小規模布建工作並強化校園教育推廣

序號	受檢感測器編號	巡檢區域	巡檢時間	設備周邊檢查	設備布建高度	設備外觀檢查	全部感測數據						排除 15µg/m³(含)以下感測數據					
							PM _{2.5} (µg/m³)		資料完整率	與巡檢儀器相對器差		bias ≤ 50%符合比率	PM _{2.5} (µg/m³)		資料完整率	與巡檢儀器相對器差		bias ≤ 50%符合比率
							Max	Min		MED	R²		Max	Min		MED	R²	
062	0517	台中市	9/6	無遮蔽	3.25	良好	80	36	100%	-24%	52%	100%	80	36	100%	-24%	52%	100%
063	0511	台中市	9/6	無遮蔽	2.90	良好	67	27	94%	-25%	65%	94%	67	27	94%	-25%	65%	94%
064	0512	台中市	9/6	無遮蔽	3.10	良好	27	17	90%	-11%	82%	90%	27	17	90%	-11%	0.82	90%
065	0508	台中市	9/6	0.5m 遮蔽	3.05	良好	22	13	97%	0%	7%	97%	22	16	100%	0%	0	100%
066	0467	台中市	9/6	無遮蔽	3.10	良好	29	21	100%	-8%	4%	100%	29	21	100%	-8%	0.04	100%
067	0606	台中市	9/6	無遮蔽	3.45	良好	37	23	100%	-19%	0.01	100%	37	23	100%	-19%	0.01	100%
068	0589	台中市	9/7	無遮蔽	3.60	良好	37	20	100%	-7%	0.64	100%	37	20	100%	-7%	0.64	100%
069	0595	台中市	9/7	1m 遮蔽	3.30	良好	29	11	100%	-13%	0.78	100%	29	16	100%	-15%	0.46	100%
070	0590	台中市	9/7	無遮蔽	3.40	良好	17	11	100%	-3%	0.47	100%	17	16	100%	-6%	0.01	100%
071	0605	台中市	9/7	無遮蔽	2.90	良好	18	10	100%	-29%	0.23	99%	18	16	100%	-42%	0.05	83%
072	0616	台中市	9/7	無遮蔽	2.65	良好	19	14	100%	-7%	0.34	100%	19	16	100%	-13%	0.07	100%
073	0615	台中市	9/9	無遮蔽	3.10	良好	8	2	100%	33%	0.59	71%	-	-	-	-	-	-
074	0612	台中市	9/9	0.5m 遮蔽	3.60	良好	106	9	100%	-60%	0.01	29%	106	16	100%	-63%	0	13%
075	0613	台中市	9/9	0.2m 遮蔽	2.90	良好	8	4	100%	40%	0.11	81%	-	-	-	-	-	-
076	0614	台中市	9/9	1m 遮蔽	3.30	良好	15	4	100%	37%	0.06	80%	-	-	-	-	-	-
077	0617	台中市	9/9	無遮蔽	2.95	良好	7	4	100%	33%	0.01	91%	-	-	-	-	-	-
078	0671	台中市	9/10	無遮蔽	3.30	良好	162	3	100%	20%	0.23	77%	162	17	100%	-55%	0.01	40%
079	0668	台中市	9/10	無遮蔽	3.15	良好	12	4	100%	0%	0	97%	-	-	-	-	-	-
080	0563	台中市	9/10	無遮蔽	3.40	良好	7	4	100%	20%	0.18	97%	-	-	-	-	-	-
081	0568	台中市	9/10	無遮蔽	3.30	良好	8	5	100%	27%	0.1	96%	-	-	-	-	-	-
082	0509	台中市	9/10	無遮蔽	3.60	良好	19	6	100%	0%	0.44	100%	19	19	100%	-47%	-	100%
083	0661	台中市	9/11	無遮蔽	3.60	良好	33	16	97%	-10%	0.62	97%	33	16	97%	-10%	0.62	97%
084	0472	台中市	9/11	無遮蔽	2.90	良好	38	18	100%	-17%	0.64	100%	38	18	100%	-17%	0.64	100%
085	0449	台中市	9/11	無遮蔽	3.20	良好	17	9	100%	0%	0.13	100%	17	16	100%	-24%	1	100%
086	0549	台中市	9/11	無遮蔽	3.20	良好	20	13	100%	-7%	0.05	100%	20	16	100%	-13%	0.01	100%
087	0545	台中市	9/11	無遮蔽	3.30	良好	17	12	100%	-20%	0.18	100%	17	16	100%	-25%	0.01	100%
088	0366	台中市	9/14	無遮蔽	3.05	良好	91	30	100%	-30%	0.45	99%	91	30	100%	-30%	0.45	99%
089	0344	台中市	9/14	無遮蔽	2.90	良好	59	17	100%	-17%	0.25	99%	59	17	100%	-17%	0.25	99%
090	0377	台中市	9/14	無遮蔽	3.05	良好	27	14	100%	-30%	0.05	100%	27	16	100%	-30%	0.01	100%
091	0324	台中市	9/14	無遮蔽	2.90	良好	15	9	100%	-36%	0.2	100%	-	-	-	-	-	-
092	0327	台中市	9/14	0.5m 遮蔽	3.00	良好	15	11	100%	-36%	0	100%	-	-	-	-	-	-

序號	受檢感測器編號	巡檢區域	巡檢時間	設備周邊檢查	設備布建高度	設備外觀檢查	全部感測數據						排除 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (含)以下感測數據					
							PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		資料完整率	與巡檢儀器相對器差		bias $\leq$ 50%符合比率	PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		資料完整率	與巡檢儀器相對器差		bias $\leq$ 50%符合比率
							Max	Min		MED	R ²		Max	Min		MED	R ²	
093	0331	台中市	9/14	無遮蔽	3.20	良好	19	11	100%	-37%	0.11	97%	19	17	100%	-50%	1	50%
094	0069	台中市	9/16	無遮蔽	3.10	良好	15	4	100%	0%	0.07	97%	-	-	-	-	-	-
095	0076	台中市	9/16	無遮蔽	3.00	良好	13	4	100%	0%	0.56	100%	-	-	-	-	-	-
096	0079	台中市	9/16	無遮蔽	3.10	良好	23	7	100%	-11%	0.26	97%	23	17	100%	-36%	0	100%
097	0090	台中市	9/16	無遮蔽	3.10	良好	8	6	100%	-13%	0.23	100%	-	-	-	-	-	-
098	0086	台中市	9/16	無遮蔽	2.65	良好	9	6	100%	-29%	0.29	100%	-	-	-	-	-	-
099	0085	台中市	9/16	0.1m 遮蔽	3.65	良好	19	8	100%	-23%	0.03	96%	19	16	100%	-51%	0.11	50%
100	0084	台中市	9/16	無遮蔽	2.50	良好	15	8	100%	-11%	0.03	100%	-	-	-	-	-	-
101	0082	台中市	9/16	無遮蔽	3.00	良好	19	9	100%	-25%	0.51	100%	19	16	100%	-29%	0.1	100%
102	0061	台中市	9/16	無遮蔽	3.00	良好	22	10	100%	-67%	0.1	3%	22	16	100%	-69%	0.06	0%
103	0098	台中市	9/17	0.5m 遮蔽	3.00	良好	15	5	100%	-33%	0.05	80%	-	-	-	-	-	-
104	0093	台中市	9/17	無遮蔽	3.30	良好	39	7	100%	-4%	0.02	94%	39	16	100%	-50%	0.45	67%
105	0102	台中市	9/17	無遮蔽	3.40	良好	158	14	100%	-80%	0.01	11%	158	16	100%	-80%	0.01	11%
106	0106	台中市	9/17	無遮蔽	3.00	良好	74	11	100%	-29%	0.1	84%	74	16	100%	-30%	0.01	79%
107	0113	台中市	9/17	0.7m 遮蔽	4.00	良好	24	12	100%	-56%	0.09	19%	24	16	100%	-61%	0	4%
108	0121	台中市	9/17	無遮蔽	3.40	良好	34	13	100%	-8%	0.58	99%	34	16	100%	-11%	0	98%
109	0008	台中市	9/22	無遮蔽	3.00	良好	40	23	100%	-28%	0.79	100%	40	23	100%	-28%	0.79	100%
110	0011	台中市	9/22	無遮蔽	3.10	良好	27	13	100%	-5%	0.82	100%	27	16	100%	-6%	0.75	100%
111	0009	台中市	9/22	無遮蔽	2.90	良好	17	12	100%	-13%	0.47	100%	17	16	100%	-19%	0.07	100%
112	0032	台中市	9/22	無遮蔽	3.80	良好	18	10	100%	-67%	0	0%	18	16	100%	-75%	-	0%
113	0041	台中市	9/22	無遮蔽	4.00	良好	20	13	100%	-37%	0.04	100%	20	16	100%	-39%	0	100%
114	0043	台中市	9/22	0.5m 遮蔽	3.00	良好	31	13	100%	-10%	0.6	100%	31	16	100%	-11%	0.52	100%
115	0030	台中市	9/22	無遮蔽	3.15	良好	37	15	100%	-15%	0.93	100%	37	16	100%	-15%	0.93	100%
116	0013	台中市	9/22	無遮蔽	3.10	良好	34	23	100%	-11%	0.28	100%	34	23	100%	-11%	0.28	100%
117	0018	台中市	9/22	無遮蔽	3.10	良好	38	27	100%	-14%	0.81	100%	38	27	100%	-14%	0.81	100%
118	0321	台中市	11/16	無遮蔽	3.00	良好	34	20	100%	3%	0.85	100%	34	20	100%	3%	0.85	100%
119	0253	台中市	11/16	無遮蔽	3.20	良好	26	16	100%	31%	0.26	100%	26	16	100%	31%	0.26	100%
120	0250	台中市	11/16	無遮蔽	3.30	良好	23	16	100%	0%	0.44	100%	23	16	100%	0%	0.44	100%
121	0247	台中市	11/16	無遮蔽	3.50	良好	20	13	96%	6%	0.22	96%	20	16	96%	0.00%	0.25	96%
122	0248	台中市	11/16	0.1m 遮蔽	3.10	良好	19	13	100%	-6%	0.09	100%	19	16	100%	-6%	0.62	100%
123	0127	台中市	11/17	0.5m 遮蔽	4.60	良好	32	20	100%	16%	0.51	100%	32	20	100%	16%	0.51	100%

第四章 辦理空氣品質感測器巡檢工作及小規模布建工作並強化校園教育推廣

序號	受檢感測器編號	巡檢區域	巡檢時間	設備周邊檢查	設備布建高度	設備外觀檢查	全部感測數據						排除 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (含)以下感測數據					
							PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		資料完整率	與巡檢儀器相對器差		bias $\leq$ 50%符合比率	PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		資料完整率	與巡檢儀器相對器差		bias $\leq$ 50%符合比率
							Max	Min		MED	R ²		Max	Min		MED	R ²	
124	0125	台中市	11/17	無遮蔽	4.20	良好	52	16	100%	26%	0	80%	52	16	100%	26%	0	80%
125	0123	台中市	11/17	0.1m 遮蔽	3.80	良好	50	13	100%	14%	0.81	100%	50	16	100%	11%	0.79	100%
126	0132	台中市	11/17	無遮蔽	2.90	良好	17	11	100%	21%	0.43	100%	17	17	100%	6%	-	100%
127	0135	台中市	11/17	無遮蔽	3.00	良好	20	11	100%	21%	0.33	99%	20	16	100%	0%	1	99%
128	0130	台中市	11/17	無遮蔽	3.20	良好	24	11	100%	15%	0	100%	24	16	100%	-18%	0.1	100%
129	0134	台中市	11/17	0.3m 遮蔽	3.15	良好	22	12	100%	-13%	0.22	100%	22	16	100%	-17%	0.02	100%
130	0136	台中市	11/17	1m 遮蔽	3.40	良好	40	15	100%	10%	0.2	99%	40	16	100%	10%	0.2	99%
131	0218	台中市	11/29	1m 遮蔽	3.20	良好	20	13	100%	-41%	0.24	90%	20	16	100%	-44%	0.07	88%
132	0217	台中市	11/29	0.5m 遮蔽	3.20	良好	24	18	100%	-5%	0.17	100%	24	18	100%	-5%	0.17	100%
133	0203	台中市	11/29	無遮蔽	3.00	良好	31	21	100%	-25%	0.06	100%	31	21	100%	-25%	0.06	100%
134	0214	台中市	11/29	無遮蔽	3.30	良好	23	15	100%	13%	0.01	100%	23	16	100%	12%	0	100%
135	0220	台中市	11/29	無遮蔽	3.20	良好	19	16	100%	-18%	0.05	100%	19	16	100%	-18%	0.05	100%
136	0140	台中市	11/30	無遮蔽	3.40	良好	37	19	100%	-26%	0.33	100%	37	19	100%	-26%	0.33	100%
137	0142	台中市	11/30	無遮蔽	2.90	良好	76	24	100%	-12%	0.02	97%	76	24	100%	-12%	0.02	97%
138	0148	台中市	11/30	無遮蔽	4.10	良好	44	30	0%	-	-	0%	44	30	0%	-	-	0%
139	0155	台中市	11/30	無遮蔽	2.70	良好	54	42	100%	-9%	0.37	100%	54	42	100%	-9%	0.37	100%
140	0160	台中市	11/30	無遮蔽	3.00	良好	60	39	100%	-15%	0.8	100%	60	39	100%	-15%	0.8	100%
141	0166	台中市	11/30	無遮蔽	3.10	良好	67	44	100%	-47%	0.56	67%	67	44	100%	-47%	0.56	67%
142	0168	台中市	11/30	0.5m 遮蔽	3.20	良好	65	50	100%	-85%	0.19	0%	65	50	100%	-85%	0.19	0%
143	0143	台中市	11/30	無遮蔽	4.00	良好	77	54	100%	-12%	0.22	100%	77	54	100%	-12%	0.22	100%
144	0350	台中市	12/1	無遮蔽	4.00	良好	104	46	100%	-36%	0.11	89%	104	46	100%	-36%	0.11	89%
145	0353	台中市	12/1	有香爐	3.30	良好	243	27	100%	-8%	0.53	84%	243	27	100%	-8%	0.53	84%
146	0347	台中市	12/1	無遮蔽	2.90	良好	38	21	100%	-11%	0.69	100%	38	21	100%	-11%	0.69	100%
147	0356	台中市	12/1	無遮蔽	4.20	良好	33	20	100%	-21%	0.47	100%	33	20	100%	-21%	0.47	100%
148	0358	台中市	12/1	無遮蔽	2.70	良好	52	19	100%	-13%	0.04	99%	52	19	100%	-13%	0.04	99%
149	0316	台中市	12/1	無遮蔽	3.20	良好	30	19	100%	-10%	0.68	100%	30	19	100%	-10%	0.68	100%
150	0312	台中市	12/1	無遮蔽	3.10	良好	32	25	97%	-4%	0.51	97%	32	25	97%	-4%	0.51	97%
151	0552	台中市	12/7	無遮蔽	3.20	良好	5	1	100%	150%	0.03	11%	-	-	-	-	-	-
152	0546	台中市	12/7	無遮蔽	3.10	良好	13	2	100%	67%	0	33%	-	-	-	-	-	-
153	0433	台中市	12/7	無遮蔽	3.10	良好	8	2	100%	67%	0.11	44%	-	-	-	-	-	-
154	0469	台中市	12/7	無遮蔽	3.00	良好	59	2	100%	25%	0.21	61%	59	16	100%	-22.50%	0.69	61%

序號	受檢感測器編號	巡檢區域	巡檢時間	設備周邊檢查	設備布建高度	設備外觀檢查	全部感測數據						排除 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (含)以下感測數據					
							PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		資料完整率	與巡檢儀器相對器差		bias $\leq$ 50%符合比率	PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		資料完整率	與巡檢儀器相對器差		bias $\leq$ 50%符合比率
							Max	Min		MED	R ²		Max	Min		MED	R ²	
155	0445	台中市	12/7	0.2m 遮蔽	3.10	良好	9	3	100%	0%	0.01	97%	-	-	-	-	-	-
156	30210	高雄市	12/3	無遮蔽	3.1	良好	31	23	100%	30%	0.61	100%	31	23	100%	30%	0.61	100%
157	30214	高雄市	12/3	無遮蔽	3.2	良好	44	22	100%	-25%	0.27	96%	44	22	100%	-25%	0.27	96%
158	30228	高雄市	12/3	無遮蔽	3	良好	43	19	100%	-8%	0.02	89%	43	19	100%	-8%	0.02	89%
159	30244	高雄市	12/3	無遮蔽	3.2	良好	142	19	100%	-48%	0.37	69%	142	19	100%	-48%	0.37	69%
160	30252	高雄市	12/3	無遮蔽	2.9	良好	109	26	100%	-33%	0.71	98%	109	26	100%	-33%	0.71	98%
161	30265	高雄市	12/3	無遮蔽	3.5	良好	105	24	100%	-29%	0.32	95%	105	24	100%	-29%	0.32	95%
162	30324	高雄市	12/3	無遮蔽	2.9	良好	88	15	100%	-16%	0.45	92%	88	17	100%	-16%	0.44	92%
163	30333	高雄市	12/3	無遮蔽	3.2	良好	66	20	100%	3%	0.06	93%	66	20	100%	3%	0.06	93%
164	30351	高雄市	12/3	無遮蔽	3.2	良好	90	21	100%	3%	0	85%	90	21	100%	3%	0	85%
165	30355	高雄市	12/3	無遮蔽	3.2	良好	32	19	100%	-14%	0.33	100%	32	19	100%	-14%	0.33	100%
166	30079	高雄市	12/4	無遮蔽	3.3	良好	57	20	100%	8%	0.95	100%	57	20	100%	8%	0.95	100%
167	30100	高雄市	12/4	無遮蔽	3.3	良好	31	19	100%	-18%	0.35	100%	31	19	100%	-18%	0.35	100%
168	30207	高雄市	12/4	無遮蔽	3.2	良好	29	15	100%	-20%	0.37	100%	29	16	100%	-21%	0.38	100%
169	30164	高雄市	12/4	無遮蔽	3.2	良好	39	21	100%	-12%	0.4	100%	39	21	100%	-12%	0.4	100%
170	30179	高雄市	12/4	無遮蔽	3.2	良好	46	13	100%	-21%	0.1	88%	46	13	100%	-18%	0.01	85%
171	30389	高雄市	12/4	無遮蔽	3.3	良好	21	11	100%	-31%	0.01	99%	21	17	100%	-49%	0.09	75%
172	30404	高雄市	12/4	無遮蔽	3.1	良好	33	11	100%	-54%	0	39%	33	16	100%	-62%	0.01	21%
173	30413	高雄市	12/4	無遮蔽	3.2	良好	31	11	100%	0%	0.03	95%	31	16	88%	-15%	0.01	85%
174	30430	高雄市	12/4	1m 遮蔽	3.2	良好	14	9	100%	-83%	0.07	3%	-	-	-	-	-	-
175	30444	高雄市	12/4	無遮蔽	2.9	良好	15	7	80%	44%	0.01	63%	-	-	-	-	-	-
176	30446	高雄市	12/5	無遮蔽	3.0	良好	22	15	100%	5%	0.18	100%	22	16	100%	5%	0.2	100%
177	30449	高雄市	12/5	無遮蔽	3.2	良好	30	16	100%	0%	0.32	100%	30	16	100%	0%	0.32	100%
178	30454	高雄市	12/5	無遮蔽	3.2	良好	34	18	100%	-31%	0.56	100%	34	18	100%	-31%	0.56	100%
179	30462	高雄市	12/5	無遮蔽	3.2	良好	57	26	100%	-34%	0.59	97%	57	26	100%	-34%	0.59	97%
180	30479	高雄市	12/5	無遮蔽	3.3	良好	62	26	100%	-3%	0.4	98%	62	26	100%	-3%	0.4	98%
181	0107	桃園市	12/9	1m 遮蔽	3.4	良好	107	7	100%	-81%	-	4%	107	16	100%	-81%	-	0%
182	0145	桃園市	12/9	無遮蔽	3.2	良好	6	3	100%	-20%	0.02	99%	-	-	-	-	-	-
183	01a9	桃園市	12/9	無遮蔽	3.2	良好	7	4	100%	0%	0.1	96%	-	-	-	-	-	-
184	0128	桃園市	12/9	0.5m 遮蔽	3.2	良好	12	4	0%	-	-	0%	-	-	-	-	-	-
185	011a	桃園市	12/9	無遮蔽	3.2	良好	10	4	0%	-	-	0%	-	-	-	-	-	-

序號	受檢感測器編號	巡檢區域	巡檢時間	設備周邊檢查	設備布建高度	設備外觀檢查	全部感測數據						排除 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (含)以下感測數據					
							PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		資料完整率	與巡檢儀器相對器差		bias $\leq$ 50%符合比率	PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		資料完整率	與巡檢儀器相對器差		bias $\leq$ 50%符合比率
							Max	Min		MED	R ²		Max	Min		MED	R ²	
186	0101	桃園市	12/9	無遮蔽	3.3	良好	16	7	100%	-44%	0.03	66%	16	16	100%	-63%	-	50%
187	0140	桃園市	12/9	無遮蔽	3.1	良好	8	3	0%	-	-	0%	-	-	-	-	-	-
188	013f	桃園市	12/9	無遮蔽	3.3	良好	15	4	100%	0%	0.01	96%	-	-	-	-	-	-
189	0177	桃園市	12/10	無遮蔽	3.6	良好	14	9	100%	-50%	0.02	65%	-	-	-	-	-	-
190	01cc	桃園市	12/10	無遮蔽	3.4	良好	34	17	100%	-18%	0	71%	34	17	100%	-18%	0	71%
191	0141	桃園市	12/10	無遮蔽	3.4	良好	22	6	100%	68%	0.32	38%	22	16	100%	75%	0.29	40%
192	0114	桃園市	12/10	無遮蔽	3.0	良好	12	7	100%	-36%	0.34	91%	-	-	-	-	-	-
193	0110	桃園市	12/10	無遮蔽	3.3	良好	35	7	100%	18%	0.8	79%	35	16	100%	29%	0.54	60%
194	01a6	桃園市	12/10	無遮蔽	3.5	良好	13	7	100%	-25%	0.01	99%	-	-	-	-	-	-
195	013c	桃園市	12/10	無遮蔽	3.4	良好	29	8	100%	-20%	0.62	90%	29	17	100%	2%	0	84%
196	0134	桃園市	12/10	無遮蔽	3.3	良好	12	8	100%	33%	-	100%	-	-	-	-	-	-
197	011d	桃園市	12/10	無遮蔽	3.4	良好	14	9	100%	0%	0.32	100%	-	-	-	-	-	-
198	0136	桃園市	12/10	無遮蔽	3.2	良好	17	10	100%	8%	0.16	91%	17	16	100%	-3%	0.96	100%
199	01d0	桃園市	12/11	1m 遮蔽	3.4	良好	13	9	100%	9%	0.27	100%	-	-	-	-	-	-
200	01c3	桃園市	12/11	無遮蔽	3.5	良好	31	13	100%	-38%	0.35	87%	31	16	100%	-37%	0.33	85%
201	0191	桃園市	12/11	無遮蔽	3.4	良好	21	10	0%	-	-	0%	21	16	0%	-	-	0%
202	01a3	桃園市	12/11	無遮蔽	3.4	良好	20	13	100%	14%	0.29	100%	20	16	100%	-100%	0.07	100%
203	0117	桃園市	12/11	無遮蔽	3.3	良好	16	9	100%	-7%	0.23	100%	16	16	100%	-44%	-	100%
204	01ad	桃園市	12/11	無遮蔽	4.1	良好	17	9	100%	9%	0.27	96%	17	16	100%	0%	0.06	100%
205	0120	桃園市	12/11	無遮蔽	3.5	良好	16	7	100%	0%	0.34	99%	16	16	100%	-31%	-	100%

4.6 辦理空氣品質監測相關說明會或訓練會國內教育人員之空氣品質認知訓練或研習會

目前校園已陸續實施空氣品質感測器之布建，更需確實讓學校老師對於布建感測器及感測器的監測數據在實務問題上有所了解，並為能達到會議實質上需求，將於會中安排直接針對已在校園布建之感測器與 TSI 巡檢的標準儀器直接比對，並於會議中分享成果，可以讓與會的老師確實了解目前校園內的感測器現況、監測數據的誤差及維護管理與校正的重要性。

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學校困擾，於 6 月中旬聯合與中研院及教育部針對本工項進行合作討論乙案，主要希望相同性質議題的內容不要造成學校教職員的參與度不佳及教育部協助發文將會造成重工的部分，基於此，本計畫團隊與中研院 107 年校園布建進行聯合整天會議辦理，期望達成會議辦理的實質功效。此外，本團隊並安排針對空氣品質感測有意願之學校進行半天議程之校園說明宣導，其相關辦理成果如表 4-7 彙整說明。

表 4-7、107 年空氣品質感測認知宣導會時間及地點擇定規劃

地區	時間	地點	人數	備註
新竹縣	9 月 17 日	新竹縣教育處	42	工研院與中研院 合辦全天
屏東縣	9 月 19 日	屏東縣教師研習中心	142	
臺東縣	10 月 4 日	臺東縣教師研習中心	65	
苗栗縣	10 月 18 日	苗栗西湖渡假村	103	
高雄市國小部	11 月 14 日	三信家商 7 樓講堂	125	
高雄市國中部	11 月 15 日	三信家商 7 樓講堂	81	
台南市	10 月 23 日	崑山科技大學	65	工研院辦理半天
高雄市	10 月 23 日	輔英科技大學	62	
桃園市	11 月 23 日	長庚大學	59	
桃園市	12 月 8 日	中央大學	60	
台中市	12 月 5 日	朝陽科技大學	100	
台中市	12 月 13 日	東海大學	90	

此外，本宣導會除了說明本會議辦理目的外，初步規劃其課程內容應包括：生活中空氣污染說明、空氣品質指標 AQI 說明、空氣品質監測資訊

應用、空氣品質感測器應用及中研院空氣品質感測器設置目的及安裝實作等課程。宣導課程內容如表 4-8 及表 4-9。

表 4-8、空氣品質認知訓練或研習會課程規劃

時間	課程說明	講師/備註
8:20~8:50	報到/空氣品質感測器現場裝設	
8:50~9:00	主席致詞	教育部、環保署
9:00~10:40	生活中空氣污染物介紹 如何運用空氣品質感測器	工研院
10:40~10:50	休息	
10:50~12:20	空氣盒子計畫的現況與未來	中研院-陳伶志研究員
12:20~13:20	午餐、休息	
13:20~14:50	微型感測器安裝教學	中研院-荊輔翔研究助理
14:50~15:00	休息	
15:00~16:40	空氣品質感測器的數據解讀 空氣品質資訊百寶箱	工研院

(資料來源:本計畫與中研院團隊聯合規劃)

表 4-9、空氣品質認知訓練課程規劃

時間	課程說明	講師/備註
1 小時	環境感測物聯網國際趨勢與國內現況 空氣污染物介紹	工研院
1 小時	空氣品質感測器的數據解讀 如何運用空氣品質感測器	工研院

(資料來源:本計畫規劃)

依據上述日期及課程說明，目前完成新竹縣、屏東縣、臺東縣及苗栗縣研習會議辦理，其相關辦理情形如下說明：

一、新竹縣「微型 PM_{2.5} 感測器介紹與裝設」說明會

(一)時間：107 年 9 月 17 日

(二)地點：新竹縣教育處會議室

(三)參與人數(不含工作人員)：42 員

(四)老師關注議題：

(1)PM_{2.5} 的防護應該採用甚麼口罩？

(2)發給學校的感測器準不準？



圖 4-20、新竹縣「微型 PM_{2.5} 感測器介紹與裝設」說明會現場情況

二、屏東縣「微型 PM_{2.5} 感測器介紹與裝設」說明會

(一)時間：107 年 9 月 19 日

(二)地點：屏東縣教師研習中心(鶴聲國小)

(三)參與人數：142 員

(四)老師關注議題：

(1)聽說發給學校的感測器準不準，學校有裝的必要嗎？

(2)感測器的壽命有多久？

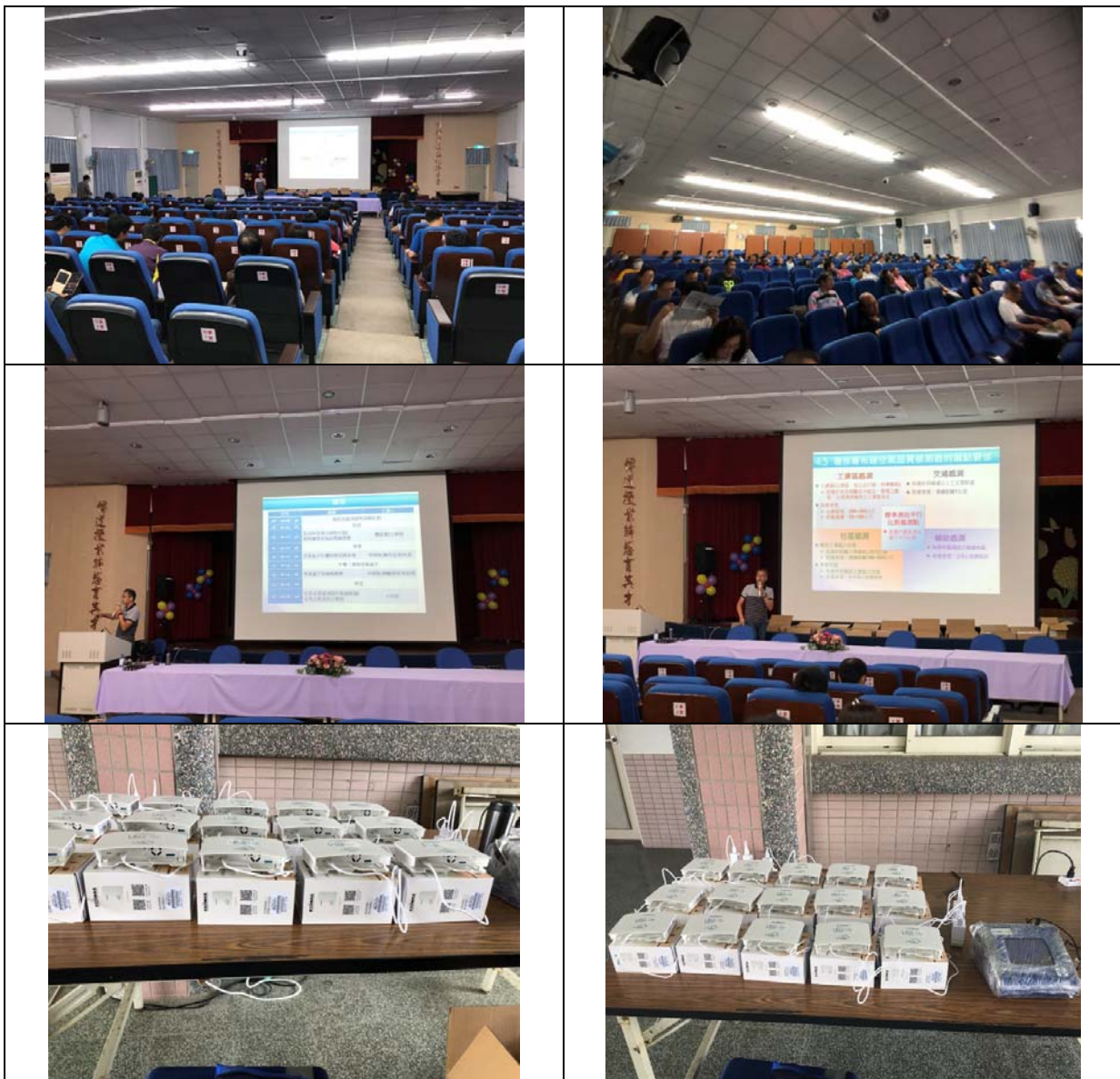


圖 4-21、屏東縣「微型 PM_{2.5} 感測器介紹與裝設」說明會現場情況

三、臺東縣「微型 PM_{2.5} 感測器介紹與裝設」說明會

(一)時間：107 年 10 月 4 日

(二)地點：臺東縣教師研習中心(寶桑國小)

(三)參與人數：65 員

(四)老師關注議題：

(1)感測器的壽命有多久，該如何維護保養？

(2)學校在卑南溪旁，風飛沙很嚴重，感測元件要如何清潔？

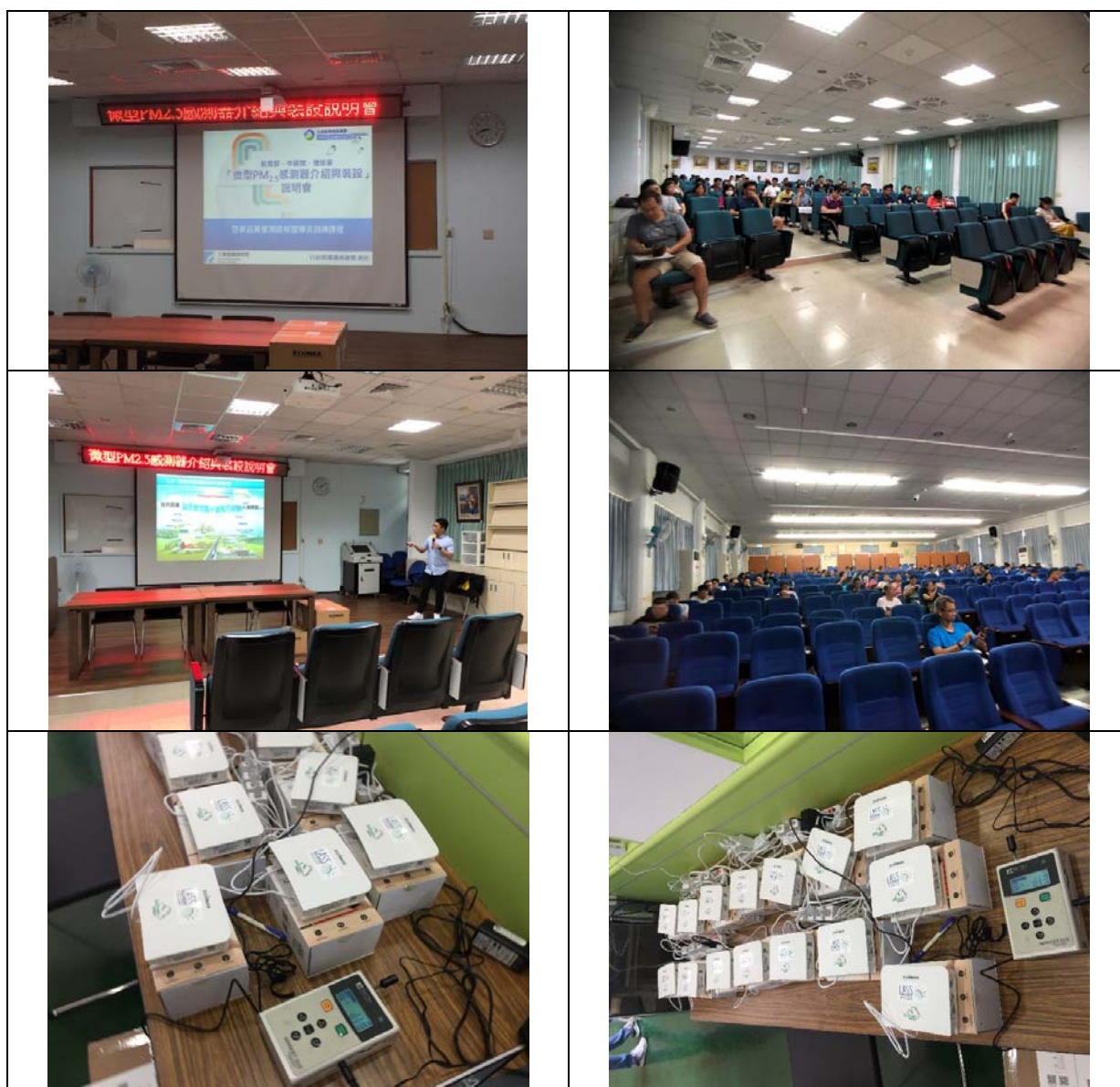


圖 4-22、臺東縣「微型 PM_{2.5} 感測器介紹與裝設」說明會現場情況

四、苗栗縣「微型 PM_{2.5} 感測器介紹與裝設」說明會

(一)時間：107 年 10 月 18 日

(二)地點：西湖渡假村 B1 會議室

(三)參與人數：103 員

(四)老師關注議題：

(1)感測器的壽命有多久，可以提供告警嗎？

(2)空污旗要以感測器的數據為主，還是標準監測站？



圖 4-23、苗栗縣「微型 PM_{2.5} 感測器介紹與裝設」說明會現場情況

五、高雄市國小部「微型 PM_{2.5} 感測器介紹與裝設」說明會

(一)時間：107 年 11 月 14 日

(二)地點：高雄市三信家商

(三)參與人數：125 員

(四)老師關注議題：

(1)之前發給學校的感測器還能用嗎？

(2)發給校園的感測器要裝在哪個位置才合適？



圖 4-24、高雄市國小部「微型 PM_{2.5} 感測器介紹與裝設」說明會現場情況

六、高雄市國中部「微型 PM_{2.5} 感測器介紹與裝設」說明會

(一)時間：107 年 11 月 15 日

(二)地點：高雄市三信家商

(三)參與人數：81 員

(四)老師關注議題：

(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？

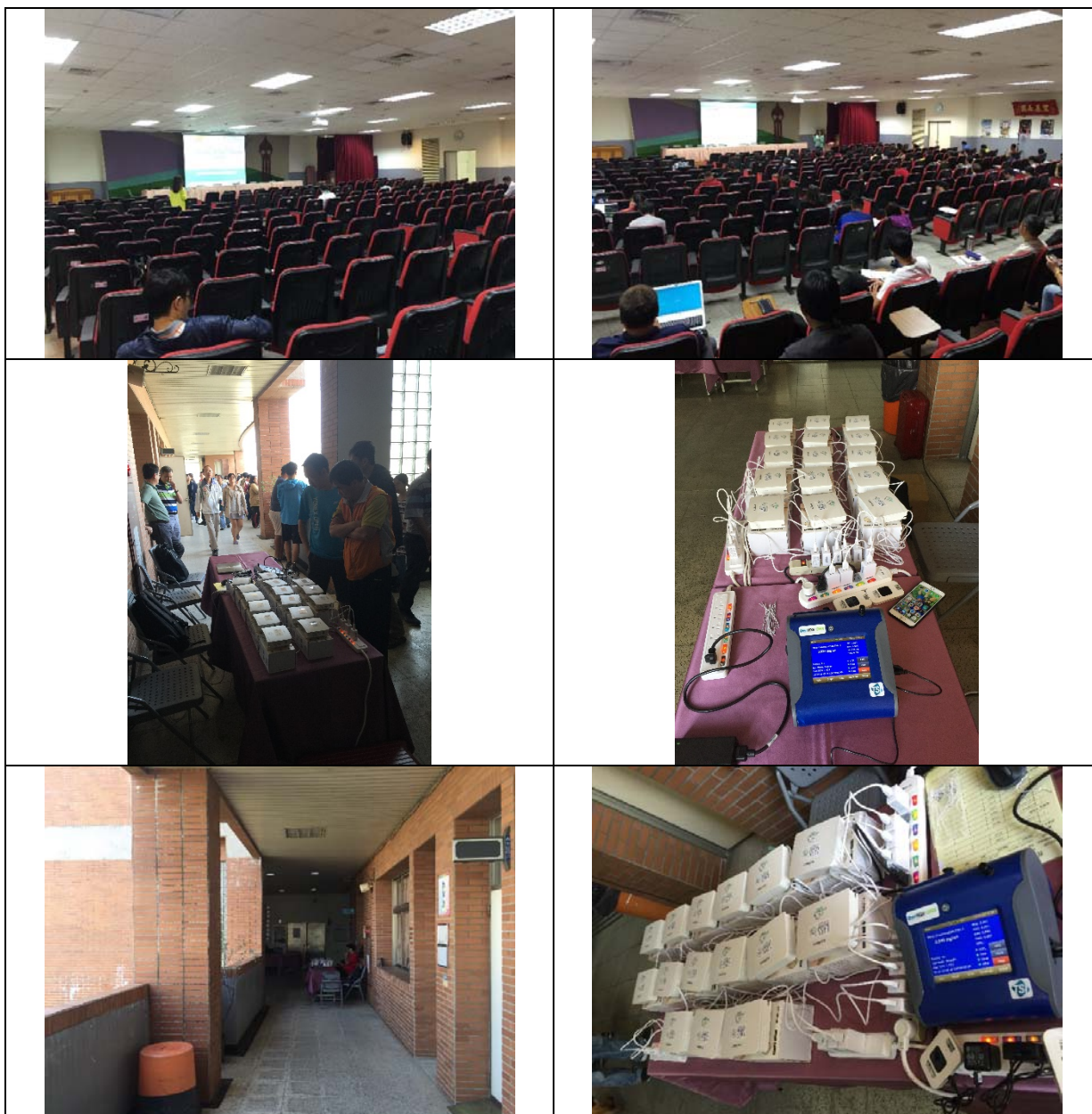


圖 4-25、高雄市國中部「微型 PM_{2.5} 感測器介紹與裝設」說明會現場情況

綜觀以上縣市學校教育訓練所知，辦理空氣品質認知教育訓練可讓學校教職員熟悉空氣污染議題與空氣盒子的使用及應用限制，空氣盒子提供環境教育素材，提高國民對環境問題或者問題的公眾意識和知識，並結合中研院建置校園空氣盒子布建計畫，透過中研院建置之雲端平臺與後續大數據分析，透過資料視覺化讓學校教職員及學生可透過網站及APP觀看即時數據，來得知所在區域空氣品質變化趨勢，結合校園空氣品質政策，推廣教育部空氣品質旗幟宣導，讓教師及學生建立正確的空氣品質觀念，學習如何依空氣品質採取適當的自主保護措施，以維護自己的健康；後續可整體規劃將空氣品質警示及防護融入學校課程教學或議題領域，更能讓學生體悟環境生態的重要，期能增值學校推動之環境教育，喚醒民眾對環境、空污等議題的重視。另外透過環保署空氣品質管理系統長期蒐集空氣品質客觀數據，更可瞭解該區域學校空氣品質現況，未來建議整合環保署測站、空氣盒子的資料，提供更完善的 PM_{2.5} 開放資料供民眾使用。

4.7 製作空氣品質認知之教學指導手冊

隨著對於空氣品質的關注程度增加，並因應 106 年空品物聯網產業開展計畫所投入各縣市中小學感測器布建規劃，為能落實校園布建之成效，並讓環境教育可以深入校園，因此，本計畫除了上述規劃的宣導會議之外，並須製作空氣品質認知之教學指導手冊以利後續相關人員及課程使用。

目前已完成該手冊之內容規劃，其內容符合中小學校使用，並易於瞭解及融入生活中，利於達到本教材充分使用。該手冊內容涵蓋生活中空氣污染物介紹、如何運用空氣品質感測器及空氣品質資訊百寶箱三大重點說明。此外，為瞭解本手冊是否編擬合宜，另請長榮大學賴信志教授給予本手冊建議，並依據相關建議進行修正，期望能傳達正確資訊供學生及教師參酌，詳如附件四。本手冊規劃大綱如下：

一、生活中空氣污染物介紹

1. 1.1 什麼是空氣污染
 2. 1.2 空氣污染物的特性與影響
 3. 1.3 我國空氣污染的特徵
 4. 1.4 如何改善空氣品質
 5. 1.5 環保署推動空氣污染防制行動方案
-

二、如何運用空氣品質感測器

1. 2.1 AQI 空氣品質指標
2. 2.2 AQI 指標對日常的活動建議
3. 2.3 環保署如何監測 PM_{2.5}?
4. 2.4 空氣品質感測器(俗稱空氣盒子)介紹
5. 2.5 環保署監測站與空氣盒子有何不同?

三、空氣品質資訊百寶箱

1. 3.1 如何查詢空氣品質最新資訊
2. 3.2 環境資源資料開放平台
3. 3.4 其他相關宣導資料

四、參考文獻

第五章 協助地方政府感測器布建工作、環保署物聯網工作推動

為掌握我國環境品質，本計畫已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 協助地方政府落實空氣品質感測器布建之評估、規劃、執行

環保署於今(107)年度與 13 個地方政府合辦空氣品質物聯網布建計畫，合計布建 2,600 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、布建後巡檢及維修等規劃工作，並依據上述規劃執行空氣品質感測器布建。

本節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染源鑑別、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、通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。

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 5-1。

表 5-1、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)			

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、布建於環境執法應用效益：

本計畫統計 106 年環境執法稽查 15 家工廠，查獲告發違規行為 11 件次，3 件涉及刑責移送法辦，107 年迄今已有 12 件次。裁處不法利得金額總計新臺幣超過 1 億 2 仟萬元。總觀以環境執法的成果因本年度 14 縣市年底才完成布建及資料收集，建議未來可針對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。

三、產業效益於布建商的整體成效：

依據本年度布建之得標通訊廠商分析得知，已量化效益來評估得知年銷售感測器數量、物聯網平台建立、感測器施工通訊費用、維護人力、軟體設計衍生價值及專利申請等，不僅提高國內產業自主性，感測器也取代國外原有技術來源，其總投入成本約 3 仟萬元，造就產出整體產業鏈效益約 9 仟 9 佰萬元。本計畫後續將持續進行產業效益的調查及彙整，以環境物聯網生態系(Ecosystem)進行效益分析。

5.2 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

為確保 13 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，計畫團隊研提空氣品質物聯網感測器布建作業之重點，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、布建後巡檢及維護等規劃工作，並研擬相關標準作業方法，並依據上述規劃執行空氣品質感測器布建之品質管控。計畫團隊為有效審查地方政府所提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所擬定之內容，建立布建細部規劃審查表如表 5-2。

四、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。

五、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 ug/m³ 的測試數值不列入計算。評估參數之建議要求須達：

(一) 同型號之模組間變異性(IMV): $\leq 10.0\%$

(二) 相對器差(偏移誤差)bias: $\leq 30.0\%$

(三) 線性迴歸之相關係數平方(R^2): ≥ 0.70

(四) 數據接受率: $\geq 90.0\%$ 。

六、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)小時值，建議比對期間環境濃度需涵蓋 $15\sim 40\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 $\leq 30.0\%$ 。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) ≤ 0.2 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。

七、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。

八、布建點位規劃

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染源鑑別、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。

九、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。

十、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 1 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 $R^2 \geq 0.70$ 、 $\text{bias} \leq 30.0\%$ 。巡檢之感測器與受檢感測器的 bias 之標準為 $\leq 50\%$ ，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。

表 5-2、布建細部規劃書審查紀錄表

空氣品質感測物聯網發展布建計畫(107 合辦)查核點 1 確認表

環保局 填表人：

日期：

107.5.10 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、感測器項目與規格	1. 感測器廠牌	○○					
	2. 感測器型號	○○					
	3. 溫度感測性能規格	○○℃					
	4. 濕度感測性能規格	○○%					
	5. PM _{2.5} 感測性能規格	○○μg/m ³					
二、感測器型式驗證(報告、資料可後補，需加註預計送驗及完成時間)	1. 實地場域報告	(有或無)					
	1.1 送驗時間(預計)	107 年○月○日					
	1.2 完成時間(預計)	107 年○月○日					
	1.3 IMV(%)測試結果	○○%					
	1.4 R ² (%)測試結果	○○%					
	1.5 bias(%)測試結果	○○%					
	2. 實驗室報告：	(有或無)					
	2.1 送驗時間(預計)	107 年○月○日					
	2.2 完成時間(預計)	107 年○月○日					
	2.3 IMV%測試結果	○○%					
	2.4 R ² 測試結果	○○%					
	2.5 bias(%)測試結果	○○%					
三、感測器布建選址規劃	1. 規劃布建經濟部工業區	○○工業區(○○點、密度○○公尺)					
	2. 規劃布建其他工業區	○○工業區(○○點、密度○○公尺)					
	3. 規劃布建社區感測點	○○社區(○○點、密度○○公尺)					
	4. 規劃布建交通感測點	○○路(○○點、密度○○公尺)					
	5. 規劃布建輔助感測點	○○地區(○○點、密度○○公尺)					
四、布建位置與用地協調	1. 規劃布建經濟部工業區	權責單位/ 107 年○月○日申請/預計 107 年○月○日核定					
	2. 規劃布建其他工業區	權責單位/ 107 年○月○日申請/預計 107 年○月○日核定					
	3. 規劃布建社區感測點	權責單位/ 107 年○月○日申請/預計 107 年○月○日核定					

表 5-2、布建細部規劃書審查紀錄表(續)

	4. 規劃布建交通感測點	權責單位/ 107 年○月○日申請/預計 107 年○月○日核定					
	5. 規劃布建輔助感測點	權責單位/ 107 年○月○日申請/預計 107 年○月○日核定					
五、感測器布建作業	1. 感測器布建架設標準作業方法擬定	(有或無)					
	2. 感測器布建期程規劃	(有或無)					
	2.1 實驗室測試預計完成時間	107 年○月○日					
	2.2 一致性比對預計完成時間	107 年○月○日					
	2.3 全數感測器布建完成預計時間	107 年○月○日					
	2.4 數據上傳預計完成時間	107 年○月○日					
六、感測器布建後巡檢與維護作業	1. 巡檢標準作業方法擬定	(有或無)					
	1.1 定期校正之巡檢儀器設備廠牌型號	○○廠牌，○○型號					
	1.2 每一個感測器巡檢比對頻率	次/(月、季)					
	1.3 每一個感測器巡檢比對時間	○○小時					
	1.4 巡檢儀器與受檢感測器之合格 bias(%)標準	○○%					
	2. 異常處理程序	(有或無)					
	2.1 異常判斷標準	(有或無)					
	2.2 維護保養頻率	次/(月、季)					
建議環保局修正事項：(環保局請勿填寫)							

5.3 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，並視需要召開管理會議

針對環保署於今(107)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，必要時將辦理教育訓練。

(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) 建立合辦計畫進度控管表，詳如表 5-3，定期查核各地方政府計畫執行進度，每週確認 1 次。
- (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
 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 gmail 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、計畫執行成果

截至目前 11/15 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，重點說明如下：

- (一) 3/26 日召開空氣品質感測器合辦布建進度會議（第 1 次）
 1. 地方政府合辦布建計畫執行之查核重點管制說明
 - (1)說明「地方政府合辦布建計畫」進度管控之各查核重點期程與要求。包含招標進度、得標廠商、用地協調、量測中心驗證、送署審核文件、第一期署撥款進度、感測器全組裝、感測器全檢、布建進度、數據上傳、驗收送署審核、第二期署撥款進度。
 - (2)說明「地方政府合辦布建計畫」後續配合之行政作業與管控方式。包含署內之聯繫窗口、計畫團隊聯繫方式、每週進度追蹤事項、資訊分享平台。
 2. 地方政府布建空氣品質感測器之經驗分享
 - (1)桃園市環保局針對布建工業區之經驗，說明在布建過程之相關行政作業程序、遭遇之困難與解決方案進行說明與分享。

(2)台中市環保局針對布建空氣品質感測器之經驗，說明在布建過程之相關行政作業程序、遭遇之困難與解決方案進行說明與分享。

3. 空氣品質感測器品保品管說明

介紹「地方政府合辦布建計畫」之空氣品質感測器應符合品保品管之要求，包含送量測中心之型式驗證（場域、實驗室）、感測器全檢（送量測中心或送標準測站）。

4. 工業區布建空氣品質感測器之行政程序說明-以觀音工業區為例

為協助「地方政府合辦布建計畫」之行政作業順利，以 106 年布建觀音工業區為例，說明與觀音工業區之協商與行政作業程序與相關期程。包含環保局於觀音工業區服務中心辦理建置說明會、選定設置區位後辦理用地與用電之申請（所需文件範例）、辦理工業區服務中心初審（文件審查）、辦理工業區區管理處之複審（現地審查）、送工業局審核（文件審查）。

5. 布建空氣品質感測器資料格式與傳輸規範說明

為確保「地方政府合辦布建計畫」之資料傳輸順利，邀約中華電信研究所針對數據平台及資料傳輸格式進行說明，以協助符合規範之要求，達成數據服務品質與資訊完整度之目標。

6. 重點結論

(1)107 年合辦布建計畫中查核點 1（107 年 4 月 30 日）及查核點 2（107 年 9 月 30 日）需提送本署之審查資料，請依本署 106 年 11 月 17 日環署資字第 1060091961 號函送之合辦說明辦理，本署未規定提報格式，爰請以本次會議簡報所列規範及項目撰寫資料。

(2)本案感測器布建計畫經費由前瞻基礎建設計畫（特別預算）之支應，行政院及會計部門都將嚴格管考執行進度與撥款進度，請環保局務必符合前項合辦說明之核銷及結案規定，於結案前將本署分攤經費全額撥付完成。環保局分攤經費亦請儘速於 107 年底前撥付完成，如於結案時未能撥付環保局經費者，請於經費支用明細表註明預計撥付時程，以利本署審查。

(3)本署分攤經費皆屬業務費，有關計畫經費明細表註明「各項經費項目得於總經費內相互支應」一節，近日經洽本署相關單位，宜

符合提報之計畫經費明細表為原則，如有用途別、項目及經費不符情形，請環保局後續應提出計畫變更，以符實際支用情形。

- (4)合辦計畫中本署分攤經費屬業務費，故本署分攤經費無法支應設備採購，係以維持資料服務方式辦理，建議環保局持續與府內會計單位溝通協調。如仍有疑慮，建議彙整疑義提供本署請教會計單位。
- (5)本署將函請經濟部工業局協助申請工業區路燈附掛之程序，請環保局 107 年 4 月中前提供規劃布建感測器之工業區名稱。
- (6)考量標準監測站場地有限及比對作業需時，惟為確保組裝後感測器符合「一致性比對」之品質需求，原則上基礎感測器(Golden Sample)比對場地需在標準監測站(含手動測站)執行，且需符合一致性要求（目前建議 $IMV < 10\%$ 、 $bias < 30\%$ ，本署將再評估後儘速函文通知環保局 107 年布建計畫之感測器性能標準），再由基礎感測器與其他感測器選擇合適場域進行一致性比對，如場地有限制，可考量不需要全數感測器在布建區域鄰近之標準監測站執行。
- (7)建議布建作業最遲需於 107 年 8 月 31 日前完成，方能符合 107 年 9 月 30 日查核點 2 需 1 個月傳輸數據之規範，因各環保局布建點數不同，為避免完工期程延後，建議承攬廠商可依布建數量增加工班施工，應可有效達成計畫目標。107 年 11 月 15 日提送之結案資料，可再整理較佳之 1 個月感測數據資料，其資料完整率將影響罰款金額。
- (8)合辦計畫規範資料完整率 90%為「各個」感測器連續 1 個月之資料完整度皆需達 90%，分母數值為 30 日 $\times$ 24 小時 $\times$ 20 筆資料，分子數值為扣除無效數值（固定值、負值、無數據等可認定儀器異常產生的數據）筆數。感測點資料有效性亦可參考本署 106 年 11 月 17 日函送資料附件二「感測資料格式規範、資訊服務計價及驗收準則」二（三）內容。
- (9) 本 次 會 議 相 關 資 料 ， 請 至 網 址 (<http://60.248.81.37:5000/sharing/BBC6fV01L>)下載。後續本署也將建置本案資料交流平台，提供相關資訊供環保局參考。

(10)本署已完成桃園觀音工業區、臺中地區空氣品質感測器之布建工作，請桃園市環保局及臺中市環保局加強感測資料之分析及應用，並積極建立智慧稽查模式，輔助空氣污染執法。

(11)請環保局儘速完成 107 年委辦計畫公告作業，及研擬 107 年 4 月 30 日查核點 1 提送本署資料。

(12)本署預計於下次進度會議介紹本案資料交流平台，以利環保局了解運用，並將依序辦理布建教育訓練、依需求提供輔導資源。

(13)預計 107 年中旬將請各環保局提出 108-109 年度空氣品質感測器布建合辦計畫，請環保局先行研議規劃布建點數需求及期程，本署後續將另召開會議，邀請有意願環保局說明及討論合辦之辦理細節、合辦經費比例、計畫書格式等事項。

(二) 5/9 日召開空氣品質感測器合辦布建進度會議（第 2 次）：

1. 運用環保署環境物聯網平臺輔助稽查污染源作業說明

為協助環保局了解如何運用空氣品質感測器數據，藉由介紹本署整合感測技術、通訊技術及資料科學所建構之「環境物聯網系統」平臺，可協助環保局判讀感測器之數據，進行污染溯源追查，未來將朝向建立預警機制，全面提升環境治理之效能。

2. 如何正確解讀型式驗證實地場域測試報告內文

為協助環保局了解所布建之空氣品質感測器在實地場域型式驗證的成果，透過解讀型式驗證定義、實地場域測試方法、實地場域量化評估參數（公式）、報告正文解讀（量化結果說明）、報告附錄解讀（非量化結果說明）等內容，可協助了解空氣品質感測器之性能，以供後續營運管理之參考依據。

3. 環保署空氣品質監測設施借用申請程序與空氣品質感測器一致性比對作業流程說明

藉由介紹進入本署空氣品質標準測站之申請程序與注意事項，及說明空氣品質感測器一致性比對作業流程，據以協助環保局監督布建廠商執行空氣品質感測器一致性比對作業。

4. 合辦布建計畫查核點 1 資料之審查重點說明與交流平台介紹

(1) 說明今（107）年合辦布建計畫中查核點 1（107 年 4 月 30 日）提送本署資料之審查重點與注意事項，並提供範例資料以利參考

運用。

- (2) 為協助環保局合辦布建計畫順利推動，建置交流平台以供運用，透過介紹重點參考資料、Q&A 資訊交流、進度追蹤管理、相關聯繫窗口及核備文件管理等，以利提升合辦布建計畫之執行效率。

5. 環保局報告合辦布建計畫執行進度

本署為協助環保局順利推動布建計畫，協請環保局說明目前計畫執行進度及困難點，期盼透過雙向交流及經驗分享，逐步達成與地方政府合辦空氣品質感測器布建之年度目標。

6. 重點結論

- (1) 環保局與執行廠商進入本署標準監測站時，非假日進出校園務必避免干擾學校上課，假日進出校園內的監測站時，注意不要被鎖在頂樓(因為監測站大部分在教室頂樓)，進入校園不得吸菸，作業過程的下腳料務必帶走。
- (2) 為確保空氣品質感測器的數據品質，布建的每一台感測器皆需置於本署標準監測站(最好是具有手動監測者)進行一致性比對，如果環保局因考量標準監測站場地有限及比對作業需時，可協調至鄰近縣市標準監測站進行一致性比對。如果因布建時限仍無法克服，請環保局洽本署另案辦理。
- (3) 為協助環保局瞭解布建於轄區內感測器之數據與標準測站間的一致性，建議可以預留幾台布建用感測器附掛於鄰近之標準監測站內，做為與標準監測站數據長期比對的依據。
- (4) 由於揚塵的顆粒以 PM₁₀ 為主，故於砂石場與河道區域設置 PM_{2.5} 感測器無法發揮監測功能，請環保局在規劃感測器布建點位時，評估監測的目的與用途，方可發揮感測器的效益。
- (5) 附掛於路燈之感測器用電需與路燈管理單位協商，由於電力來源皆屬於台電的供應，無法要求路燈管理單位無償提供用電，目前本署已函請經濟部工業局協助針對所屬工業區申請工業區路燈附掛之程序，請環保局再透過協調機制克服其他布建區域之用地與用電問題，另請工研院協助整理各縣市用地與用電之處理情形，以利本署掌握布建進度狀況。

- (6)合辦計畫所布建的感測器監測數據統一上傳至本署 IOT 平台，環保局可加值應用本資訊平台，或回饋精進資訊平台的功能需求。本署短期會透過分析及應用技術，積極建立智慧稽查模式，未來會再加強民眾即時查閱功能，提供民眾隨時透過行動服務取得生活周遭 PM_{2.5} 的資訊，發揮智慧環境生活的應用服務功效。
 - (7)為了提升智慧稽查的效益，建議布建於工業區內感測器點位密度至少需達 100 公尺~300 公尺。
 - (8)請嘉義縣環保局考量將中正大學民雄校區也納入布建感測器點位。
 - (9)本署預計於下次進度會議介紹感測器巡檢作業機制，以完備各縣市環保局有效管控轄區感測器之數據品質。
 - (10)請各環保局務必要求承攬商確保感測器的用電安全，並對於感測器與路燈電源接電處源頭務必加裝漏電斷路器，據以確保公共安全。
 - (11)目前部分縣市布建時程落後，請大家繼續努力追上進度，一起達成今年度的布建目標。
 - (12)請各環保局於 107 年 5 月 15 日前依空氣品質感測器布建調查表提報 108-109 年度空氣品質感測器布建合辦規劃，本署後續將另召開會議，邀請環保局說明及討論合辦之辦理細節、合辦經費比例、計畫書格式等事項。
- (三) 7/10 召開空氣品質感測器合辦布建進度會議（第 3 次）：
- 1. 感測數據分析-本署智慧化稽查應用
本署利用已知事件為學習範本，運用機器學習及大數據分析，結合跨域資料（例如氣象），分析可疑污染潛在熱區及其時間空間分布，提供給稽查單位進行智慧稽查應用。
 - 2. 空氣品質感測器全數一致性比對作業說明
說明本署及環保局合辦計畫有關空氣品質感測器一致性比對作業之流程及數據判讀方式，並可協助環保局監督布建廠商執行空氣品質感測器一致性比對作業。
 - 3. 空氣品質感測器現場布建作業 SOP 說明
說明空氣品質感測器布建作業應注意之重點要求，包含布建點

位規劃與選擇、布建施工作業重點、維護與巡檢作業重點、感測器異常處理重點，並要求環保局確認布建廠商落實每個空氣品質感測器之布建細節及運作品質。

4. 空氣品質感測器數據蒐整、檢核、通報及呈現

展示環境物聯網資料中心(IOT data center)如何蒐整空氣品質感測器數據、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，並由環境物聯網查詢系統（WOT 平臺）整合所有資料呈現以視覺化結果。

5. 環保局報告合辦布建計畫執行進度

本署為協助環保局順利推動布建計畫，請環保局說明目前計畫執行進度及困難點，以逐步達成與地方政府合辦空氣品質感測器布建之年度目標。

6. 空氣品質感測器 108-109 年布建合辦計畫之期程規劃草案

說明本署 108-109 年布建合辦計畫之期程規劃草案，期望以相對寬裕時間辦理既有感測器之維運工作及新設感測器之布建工作。

7. 重點結論

(1)依據 107 年度空氣品質感測器布建之合辦說明及注意事項，地方政府進行空氣品質感測物聯網布建選址時，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。基於本署布建於觀音工業區及工業區台中 500 點之經驗，為了能追溯污染源，建議環保局未來在工業區內點位之規畫可以以 50~100 公尺的高密度布建，同時針對鄰近工業區的社區也可採 100~500 公尺之密度布建。

(2)本署建議全數布建的感測器皆需置於本署標準監測站(具有手動監測功能)進行一致性比對，為因應諸多環境濃度偏低之區域，建議可以至其他環境濃度較高區域之標準監測站(具有手動監測功能)進行一致性比對，並加長一致性比對時間(可獲取環境濃度家較高之數據)，以利比對作業順利推動。

(3)針對感測器用電問題，多屬權責單位特例要求，並非台電公司的統一規定，建議請環保局自行協調。如事屬台電公司的規定，請

環保局提供具體事項，以利本署與台電總公司統一協調。

(4)107 年布建合辦計畫可按原訂規畫密度進行布建，108~109 年布建密度可依需求進行規劃，以補足 107 年布建點位不足之處。

(5)因不可抗拒之因素(如遇道路拓寬)須遷移點位至其他處，或布建高度因現場限制需超過 3~4 公尺，可依不同的目的設計調整，建議針對該點位加註說明，可不受原規範限制。

(6)108~109 年布建合辦計畫為 2 年期計畫，請環保局儘量提早作業，以利一致性比對作業可避開環境 PM2.5 濃度低值之期間。

(7)布建合辦計畫屬於合辦計畫，非補助計畫，故無配合款之需求。
108~109 年布建合辦計畫各環保局經費分攤比率至少須達 1.0% 以上。

(8)本署預計於下次進度會議介紹感測器數據上傳之帳號申請與作業方式，以協助環保局有效管控轄區感測器之數據品質。

(9)環保局提送細部規劃書內容應以審查項目簡要撰寫，非相關內容不需納入，並確實勘誤常見錯字。

(10)為確保感測器布建作業安全，務必要求承攬商落實施工安全管理。

(11)目前部分縣市布建時程落後，請大家繼續努力追上進度，一起達成今年度的布建目標。

(12)請各環保局於 107 年 7 月 20 日前依空氣品質感測器布建意願調查表提報 108-109 年度空氣品質感測器布建合辦規劃，本署後續將另召開會議，邀請有意願環保局說明及討論合辦之辦理細節、合辦經費比例、計畫書格式等事項。

(四) 10/29 召開空氣品質感測器合辦布建進度會議（第 4 次）

1.合辦布建計畫查核點 2 資料、成果報告之審查重點及內容說明

(1)說明今(107) 年合辦布建計畫中查核點 2（107 年 9 月 30 日）提送本署資料之審查重點與注意事項，並提供資料格式以利參考運用。

(2)說明今(107) 年合辦布建計畫結案成果報告（107 年 11 月 15 日）提送本署資料之審查重點與注意事項，並提供資料格式以利參考運用。

2. 環保局報告合辦感測器布建及執法應用成果

請環保局說明目前計畫執行情形及執法應用成果，期盼透過雙向交流及經驗分享，逐步達成與地方政府合辦空氣品質感測器布建之年度目標。

3. 空氣品質感測器 108-109 年合辦規劃說明

說明本署 108-109 年合辦規劃說明，期望各環保局提早於 108 年將空氣品質感測器布建完成，109 年加強環境執法及強化智慧稽查。

4. 重點結論

- (1)針對台電對於感測器須收取線路補助費一事，台電公司承諾行政院科技會報將另訂收費標準，尚待台電公司建立收費標準才得以再進一步討論。建議環保局請轄區台電營業處與台電總公司協調，等台電總處提出收費標準後，再進行後續收費事宜。
- (2)環保署已建立環境感測資料展示平臺，登錄可追蹤分析近 3 天的污染熱區，完整的感測資料請至環境物聯網數據資料中心平臺下載，建議環保局加強運用感測數據的濃度趨勢，輔助應用於環境稽查工作。
- (3)針對 107 年合辦計畫之經費審核作業，必須依據本署核定之 107 年合辦計畫經費明細實施，各環保局如有異動，建議需於經費審核作業前完成變更 107 年合辦計畫書。
- (4)建議增設高值通報 line 群組功能，輔助環保局管控感測器之異常資訊。
- (5)建議於空氣品質感測資料展示平臺增加 VOCs 感測資訊，以利環保局輔助稽查。
- (6)請環保局針對布建感測器及相關資訊系統加強資訊安全稽查作業，並納入自主查核工作。
- (7)請環保局針對 108-109 年合辦計畫相關契約，加強智慧財產權及感測數據所有權之要求，確保環保局及環保署能永久取得無償使用，並取得全部權利。
- (8)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，將該布建之感測器所有權無條件提供(或轉移)給環保局及環保

署，以利後續空氣品質感測物聯網持續運作。

(9)布建於戶外場域之感測器屬感測室外空氣污染變化，故不得採用室內機改裝，以符合感測目標。

(10)108~109 年合辦計畫本署一次核定 2 年之布建與維運經費，共需再布建 7,100 點感測器，目前尚有 2,700 點的餘裕，請各環保局盡速提出點數需求。

表 5-3、空氣品質感測器布建計畫管控表

序號	縣市	調整後 點數	本署同 意函 (107年 發文日)	107年布建執行情形														
				是否 公告	標案公告 日期/ 預計公告	等標期	公告截 止日期	決標廠商	經濟部工業區名稱	預計送量測 中心時間	用地用電 協調	提細部規 劃書時間	預計提查核點 1時間	感測器一 致性比對 開始	開始布建 時間	完成布建 時間	數據上傳 連續30天有效資料 完整率(每個)	預計提查核點 2時間
1	宜蘭縣	100	1/29	是	3/7公告	14天	3/19	遠傳電信-柏昇 (得標)	龍德工業區	5/15	3/19	4/27	5/30	7/17	8/1	8/9	8/22	11/15
2	基隆市	100	2/13	是	4/18公告	11天	5/1	昱山環境技術服 務顧問有限公司- 柏昇(得標)	大武崙工業區	5/15	6/8	10/1	10/30	8/6				11/15
3	新北市 (直轄市)	100	2/13	否	5/16	14天	5/30	遠傳電信-柏昇 (得標)	土城、林口工二工 業區	5/15	7/6	8/9	9/30	8/7				8/24
4	桃園市 (直轄市)	400	1/29	是	2/1公告 (3/2修正)	28天	3/8	亞太電信-柏昇 (得標)	龜山、平鎮、大 園、觀音工業區	5/15	5/8	4/30	5/30	6/20	8/27	8/29	8/29	11/15
5	新竹縣	200	2/13	是	3/28公告	14天	4/9	祐丞科技-維新應 用(得標)	新竹工業區	5/22	4/30	4/27	5/30	7/22	8/8	8/31	8/31	11/15
6	新竹市	150	3/7	是	3/23公告	12天	4/3	亞太電信富鴻網- 柏昇(得標)		5/15	5/1	4/30	6/30	7/22	8/15	8/30	8/30	11/15
7	苗栗縣	200	2/27	是	3/23公告	14天	4/9	中華電信-昇(得 標)		頭份工業區	5/15	7/9	6/20	7/30	7/31	8/9	8/24	8/30
8	雲林縣	150	1/31 (又來修 正)	否	5/18	14天	6/1	亞太電信-柏昇 (得標)	雲林科技工業區	5/15	6/22	8/14	9/30	7/21	8/16	8/27	8/27	11/15
9	嘉義縣	100	1/31	否	5/18	7天	6/8	亞太電信-柏昇 (得標)	民雄、頭橋工業區	5/15	5/23	8/6	9/30	7/27	8/15	8/21	8/30	11/15
10	嘉義市	200	1/29	是	4/03公告	14天	4/17	亞太電信-柏昇 (得標)		5/15	4/25	5/24	7/30	8/10	8/22	8/22	8/30	11/15
11	台南市 (直轄市)	100	2/8	是	3/14公告	14天	3/27	遠傳電信-柏昇 (得標)			5/15	6/30	4/30	5/30	7/22	8/22	8/31	8/31
12	高雄市 (直轄市)	500	1/29	否	6/13	21天	7/11	捷思環能(得標)	臨海、仁武、大 社、林園、大發工 業區	4/16	8/21	9/21	10/31	9/2	9/1	9/12	9/12	11/15
13	屏東縣	300	3/13	是	3/23公告	24天	4/13	昱山環境技術服 務顧問有限公司- 柏昇(得標)	屏東、內埔、屏南 工業區	5/15	5/21	7/16	9/30	8/9	9/1	9/17	9/17	11/15
	加總	2,600																

表 5-4、布建計畫感測數據報告審查紀錄表

空氣品質感測物聯網發展布建計畫(107 合辦)查核點 2 確認表(草案)

〇〇〇 環保局		填表人：〇〇〇		日期：_____		107.5.10 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	
1、一致性比對作業數據報告(與標準監測站)	1. 符合有效資料上傳筆數 $\geq 90\%$ 之感測器數量	〇〇					
	2. 符合 $\text{bias} \leq 30.0\%$ 之感測器數量	〇〇					
	3. 符合 $\text{CV} \leq 0.2$ 之感測器數量	〇〇					
	附件 1 一致性比對作業						
	附件 1-1 一致性比對數據計算表 (第一批)						
	附件 1-2 一致性比對數據計算表 (第二批)						
	附件 1-3 一致性比對數據計算表 (第三批)						
2、感測器型式驗證	1. 實驗室報告						
	1.1. 送驗時間	107 年〇月〇日					
	1.2. 完成時間	107 年〇月〇日					
	1.3. IMV% 測試結果	〇〇 %					
	1.4. R^2 測試結果	〇〇					
	1.5. bias(%) 測試結果	〇〇 %					
	附件 2 型式驗證						
附件 2-1 實驗室測試驗證報告							
3、感測器布建位置	1. 經濟部工業區感測	〇〇工業區(〇〇點)、大致高度 〇〇 公尺					
	2. 其他工業區感測	〇〇社區(〇〇點)、大致高度 〇〇 公尺					
	3. 社區感測						
	3.1 鄰近工業區之社區	〇〇社區(〇〇點)、大致高度 〇〇 公尺					
	3.2 其他社區	〇〇社區(〇〇點)、大致高度 〇〇 公尺					
	4. 交通感測點	〇〇路(〇〇點)、大致高度 〇〇 公尺					
	4. 輔助感測點	〇〇地區(〇〇點)、大致高度 〇〇 公尺					
	附件 3 感測器布建實際點位						
	附件 3-1 感測器紀錄表						

4、 感測器 布建作 業與數 據上傳	1.數據上傳開始時間	107 年○月○日				
	2.數據上傳完成時間	107 年○月○日				
	3. PM _{2.5} 資料完整率≥90% 感測器數量	○○				
	4. 溫度資料完整率≥90% 感測器數量	○○				
	5. 相對濕度資料完整率≥ 90%感測器數量	○○				
	附件 4 感測器數據上傳					
建議環保局修正事項：(環保局請勿填寫)						

5.4 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」各分項計畫之推動

本專案管理計畫執行期程約為 10 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」（下稱布建計畫）下各分項計畫、工作提案研析修正建議及意見，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)，以及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(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，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，整體管理方式如圖 5-1 所示。

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性，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。



圖 5-1、布建計畫管理機制

此外，因布建計畫納管之計畫數量多，為了能更有效掌控各進度及資料彙整能告完善，以利委辦單位更能有效掌握個子計畫團隊目前執行現況及各計畫間需求因應，預計則採用 Google 共編平臺進行每周計畫進度填報如圖 5-2 所示，填報資料如表 5-4 所示，後續亦由專案單位彙整及檢視並回報環保署承辦單位。

提供各部會每週進度填寫共編平台，節省彙整之人力費時及解決版次管理問題

計畫執行單位及計畫名稱

計畫進度說明

圖 5-2、環境物聯網週報填寫共編平臺

表 5-4、「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」雙週進度管控表

前瞻計畫分項一	計畫基本資料			執行廠商聯絡人			107年度預計重要成果產出(全年度)	本期進度報告 107.04.29~107.05.12
子項計畫名稱	招標計畫名稱	執行廠商	計畫期程	姓名	連絡電話	E-MAIL		
1.建構全國空氣品質感測物聯網	107年環境品質感測物聯網推動及專案管理計畫	工業技術研究院綠能與環境研究所	107.03.23~107.12.31	陳家馨	03-5916243	meter_chen@itri.org.tw	1.成立專案辦公室 2.研擬空氣感測器巡檢作業SOP，完成全國(200點)及校園(50間)空氣感測器巡檢作業 3.完成國內空品物聯網布建藍圖規劃 4.完成校園微型感測設備教育宣導14場次及宣導手冊500本 5.全國及離島布建50點空氣感測器 6.完成國內大型研討會(1場次)及記者會 7.完成至少2件產業化媒合實績(新創)、完成至少2件國際需求媒合 8.完成參與IOT國際研討會及參展 9.協助國內縣市地方布建空氣感測器2,600點 10.完成PM2.5原型機、O3感測設備技轉量產、NO2感測設備技轉量產	1.研擬空氣感測器巡檢作業SOP，規劃完成全國(200點)及校園(50間)空氣感測器巡檢名單。 2.規劃澎湖本島設置7點、金門本島設置點、蘭嶼設置4點、小琉球設置4點、綠島設置4點，正與環保局協商布設方案。 3.5/3偕同環保署拜訪督察總隊及中區督察大隊，研商智慧稽查之實務執行方案。 4.規劃機動式空氣感測器，強化電力續航力、方便布建及搭配遠端遙控採樣功能之規畫方案。 5.協助13個縣市地方布建空氣感測器，擬訂細部規劃書範本，於5/9完成空氣品質感測器合辦布建進度會議(第2次)。 6.完成NO2感測設備原型機設計。
	環境物聯網感測裝置驗證設施及品保作業制度建置維護計畫	工業技術研究院量測技術發展中心	106.05.~109.12.31	徐雅玲	03-5732028	sharlin@itri.org.tw	1.提交「系統測試驗證收費基準」 2.氣狀污染場域測試平臺與實驗室測試系統建置，並完成兩種以上不同型式感測裝置性能測試 3.蒐集國際社群現場運作之維運與數據品質查核管理作業制度 4.測試實驗室國際認證	1.執行實地場域測試兩家次，送測單位為捷思環能有限公司與萬物聯網智慧科技有限公司。 2.開立與空氣感測裝置測試系統硬體採購，預計六月底到貨後開始進行機台組裝與測試。 3.參加地方佈建台辦會議，進行如何正確解讀實地場域測試報告之內文說明。
	中部地區空氣品質感測物聯網布建維護及資料服務先進型	中華電信股份有限公司企業客戶分公司	106.07.20~108.12.31	顏廉育	02-23266541	bryan168@cht.com.tw	1.500個感測器維護、巡檢校正工作 2.維持每季有效資料完整率及數據品質目標滿意度達成90%為目標 3.完成一盞指標型智慧路燈建置 4.辦理教育訓練、宣傳發表本計畫研究成果	1.5/1電子郵件通知台中市環保局協助宣導空氣感測器裝設之路燈權管單位，注意感測器狀況勿任意移動、破壞。 2.5/4再次會同台中市環保局於台中大坑9號登山步道空地辦理一盞指標型智慧路燈設置地點會勘確認。5/8台中市環保局發函會勘紀錄，尚待台中市養工處同意函。 5/14環保局與本計畫進度報告
	智慧城市簡易空氣品質感測網維護及資料服務計畫	柏昇企業股份有限公司	106.10.06~107.12.31	陳好婷	02-22235889	cindy.chen@bsc.com.tw	1.維持新北市鶯歌區、桃園市觀音工業區及高雄市大林蒲之空氣品質感測網200點感測器正常運作。 2.提升感測資料之有效接收率，改善通訊系統封包遺失率。 3.增加感測品項	1.針對觀音工業區改善接收率(更換4G)及更換模組罩(Sensor Board) 2.觀音工業區一高值異常點位查修，並分析其結果 3.加強落實上週月會議提到之維護人員施作安全問題

表 5-4、「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」雙週進度管控表
(續)

前瞻計畫分項一	計畫基本資料			執行廠商聯絡人			107年度預計重要成果產出(全年度)	本期進度報告 107.04.29~107.05.12
子項計畫名稱	招標計畫名稱	執行廠商	計畫期程	姓名	連絡電話	E-MAIL		
2.農地污染潛勢區域水質感測物聯網	水質感測物聯網研發、實場布建及展示分應用	財團法人工業技術研究院	107.01.01~107.12.31	朱振華	03-5732075	ronaldchu@	107.04.30 完成「感測點選址作業準則」報告 107.04.30 完成「快速安裝及運作標準作業程序」報告 107.04.30 完成「巡檢品管及簡易維護標準作業程序」報告 107.04.30 完成「異常偵測及維修標準作業程序」報告 107.05.31 完成水質感測設備布建營運規劃報告 107.06.30 完成水質感測設備累計共50台布建工作 107.06.30 完成「水質感測設備現場查核標準作業程序」與「水質感測設備第三方比對查核標準作業程序」 107.06.30 完成水質感測物聯網資料展示及服務資訊系統 107.07.31 完成新型態水質感測原件設計 107.08.31 完成水質感測設備累計共100台布建工作 107.08.31 完成水質感測物聯網布建營運管理系統 107.11.30 完成新型態水質感測原件模組 107.11.30 完成30套研發原型機 107.11.30 完成水質感測設備之有效數據完整率與數據品質滿意度評估 107.11.30 完成水質感測設備現場查核100組與第三方比對查核5組 107.11.30 完成水質感測資料分析決策應用系統 107.11.30 完成100台水質感測設備數據研析報告一份 107.11.30 完成水質感測物聯網技術應用及大數據分析規劃報告一份 107.11.30 完成水質物聯網應用情境規劃報告一份	分項(一)、研發及精進即時線上水質監測元件 1. 利用實場廢水持續進行新版溫度、電導度與酸鹼值微型化感測模組之穩定性與準確性測試 2. 完成電源管理系統之測試驗證 3. 針對監測裝置內部組裝建購進行討論與調整 4. 完成4G無線傳輸電路板設計，並送至廠商製作 5. 彙整布建機台4.13~5.12水質感測裝置驗證實驗資料，結果顯示經MF模組過濾之系統生物膜生長速度較慢，系統誤差較小 6. 修正光機系統可變電阻，將基線零點修正至合理範圍，提升低濃度CODs之檢測精確度 7. 完成消毒模組影響模擬測試，結果顯示經過3倍水力停留時間後，雙氧水並無殘留現象 8. 電化學金屬離子濃度測定分析(1)調配緩衝溶液與水樣比例 (2)以碳網版電極檢測Pb標準品初步測試
								分項(二)、完成工業區、河川及灌溉渠道水質感測物聯網感測點選址、安裝布建、巡檢品管及維護管理等各項物聯網作業體系 1. 4/30已完成「感測點選址作業準則」、「快速安裝及運作標準作業程序」、「巡檢品管及簡易維護標準作業程序」、「異常偵測及維修標準作業程序」報告撰寫，並發文至署內參存。 2. 5/09已初步確認桃園90個布建點位之確認，分別為龜山工業區25點、東門溪5點、南坎溪主渠35點、坑子口圳農渠25點。
3.健全新世代環境執法智慧化作業體系	107年督察工作管理平臺功能提升及維護案	環資國際有限公司	107.05.09~107.12.31	林洋玟	02-66308000-229	aggie21336@eri.com.tw	1. 修正本計畫平臺功能。 2. 依計畫需求更新介接相關系統資料。 3. 製作3個指標型案件污染樣態邏輯。 4. 資訊揭示屏幕及手持平板設備購置維護工作。 5. 辦理平臺功能輔導服務與使用說明會。	1. 107年5月9日辦理議價工作，決標金額為1420萬元。 2. 107年5月15日討論三區督察環境大隊所提針對系統之修正意見辦理情形及依督察所需欄位介接部分固定污染源空污費暨排放量申報整合系統資料等議題進行討論。
	107年高技術性污染稽查及偵測科技工具操作委託服務工作	群聯環境科技公司	107.01.01~107.12.31	蘇敬倫	02-2792-0587	frank_su@escotech.com.tw	以地球物理探測(地電阻影像法、透地雷達、感應電磁法)、紅外線熱成像氣體檢測設備、開閉式傅立葉轉換紅外線光譜儀(OP-FTIR)及即時影像監控系統等科技工具協助辦理稽查督察環境污染案件。	107年5月8日完成開閉式傅立葉轉換紅外線光譜儀(OP-FTIR)監測現勘作業
	107年度跨領域專業諮詢顧問協助查處作業計畫	台灣愛寧工程顧問股份有限公司	107.03.30~107.12.31	張淑惠	04-23293771*202	shchang@cm	1. 辦理本署環境督察總隊交送之不法利得案件8件。 2. 撰編「不法利得案件之行政救濟結果研析報告」。 3. 成立污染案件跨領域專家學者專業諮詢顧問團，並依本署所提需求，協調顧問團成員出席諮詢研商會議，累計總人次達計12人次。 4. 建立3種不同水污染行業別之不法利得計算應用程式。 5. 辦理9場次「精進查處技術研討會議」。	1. 107年5月10日交付1件不法利得計算案。 2. 辦理不法利得案件研析之前置作業，彙整全國環保機關98~107年3月間裁處不法利得案件，後續將依據反法令類別、年份裁處單位進行統計分析。
	擴充督察科技工具		107.01.01~107.12.31				採購高階偵測設備以執行環境污染源督察。	1. 確認「FLIR GF632紅外線熱顯像氣體測漏測溫儀」已需求規格，將採最有利標方式辦理，擬定招標文件中，將依程序審核及辦理招標作業。
4.智慧環境感測數據中心、共通性應用服務及整合平臺	107年度環境感測數據分析服務建置計畫	卡米爾股份有限公司	107.01.01~107.12.31	彭其捷	919618655	foxfirejack@cameo.tw	一、環境感測分析數據公開服務規劃 二、精進環境感測數據分析服務平臺模組功能 三、推廣及宣導服務 四、配合其他增進本計畫成果相關工作及相關行政、系統客服服務 五、安全與保密	支援中區大隊與台中環保局，提供熱區頻率與週期性分析進行空污數據融合規則規劃與邏輯設計 分析平鎮大火與高屏SO ₂ 高值事件 發展強化數據服務平臺模組
	環境感測資料中心維護及功能擴充計畫	中華電信企業客戶分公司	107.01.05~107.12.31	潘珈逸	02-23266132	cypan@chtc.com.tw	(一) 完成環境感測資料中心公有雲功能擴充。 (二) 建置智慧化數據檢核功能，包含數據過濾、檢核、異常值告警等項目，以及監控感測裝置健康趨勢分析、即時數據品質、平臺使用分析、多維度報表等功能。 (三) 建置帳號權限控管功能，有效控管登入帳號可使用之權限與功能，並針對登入帳號之操作行為留下稽核軌跡紀錄，以確保平臺之資訊通訊安全機制。 (四) 完成感測資料平臺與其他平臺資料交接交換，包含環境資源資料交換平臺、環境感測數據分析平臺等，提供智慧環境應用服務相關API。 (五) 完成建立標準化感測物聯網資訊流作業，包含規劃感測設備、資料傳輸、資料格式並制定相關作業規範，此規範將作為環境物聯網之統一介接標準。	一、數據檢核規劃與實作 (1) 05/03 自動寄送Email 依據區域列出每日完整率 (2) 05/04 完成高值、低值、負值、缺值於地圖上的標示 (3) 05/10 完成依據時間區間KPI查詢完整率功能 (4) 05/10 提供定值裝置資料和區域高值異常資料 (5) 05/11 完成自動寄送Email 每日高值異常率與妥安率報告 二、微型測站監控儀表板優化 (1) 05/09 完成即時顯示資料完整率、設備妥安率趨勢圖表 (2) 05/11 完成特定裝置ID呈現各項測項資料圖表功能 三、資訊調校與提供 (1) 05/04 協助柏昇更新500點感測器經緯度 (2) 05/08 提供台中微型感測器154點資料給國網中心

5.5 協助全方位環境物聯網推動方案之執行

今(107)年協助全方位環境物聯網推動方案推動經驗，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(以下簡稱布建計畫)」及「空品物聯網產業開展計畫(以下簡稱開展計畫)」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。此外，為廣布空氣品質感測器，協助環保署與地方政府合辦計畫推動，包括舉辦說明會、計畫書範例及原則研擬、協助預審及評核、溝通聯繫協調事宜。

為建構全國全方位環境物聯網體系，環保署期透過署內各業務單位共同推動，新建各類環境品質感測網，同步發展環境物聯網各類資料蒐集及大數據分析技術，並建置各類環境資料智慧應用及污染治理作業制度，藉此整合環境物聯網產業。本方案執行期程為 106 年至 109 年，目標為至少達成新建空品物聯網 1 萬 200 點感測點及灌溉水質物聯網 1,000 點感測點，並完成即時資訊、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 5 類智慧應用作業模式，預計至少在國內年產值達 5 億元以上，同時輔導業者整案複製輸出國外，至少爭取 15 億以上年產值目標。本案訂定四大策略及項下具體措施進行推動。

- (一) 基礎建構面：將配合署內各相關單位針對空氣污染防制、水質污染防制、土壤污染防制、地下水污染防制等項目，開放土壤及地下水感測器研發提案，並彙整已有相關自動監測及管理辦法，加強與其他部會合作微型感測器科研計畫，以爭取資源輔導產學研加強研發。
- (二) 整合布建面：整合督察總隊提供環境監測資料進行環境執法，統整空保處、水保處及綜計處辦理環境執法之相關活動，強化公民科學參與及推動環境教育。
- (三) 智慧應用面：監資處於 107 年辦理「環境感測資料中心服務建置及管理計畫」，開始接收感測裝置數據。空保處以空品資訊應用強化分析及執法應用，督察總隊與監資處聯合提報「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」，未來將逐年開發智慧化污染勾稽模組。監資處現已有環境資源資料交換平台已訂有資料交換及分享作業，未來將持續擴展並辦理「環境感測數據分析服務建置計畫」。

(四) 創新加值面：監資處於 107 年辦理「環境物聯網發展推動計畫」，研析未來產業整合方式及資料品保認證制度建立，並透過環境資源資料交換平台，發布環境資訊資料集。

5.6 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，並召開交流會議，溝通意見強化政策推動

環境品質物聯網包含感知層、網路層、資料層及應用層，而感知層則具有感測、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的應用軟體，物聯網與行業間的專業進行技術融合之應用層。其環境品質感測物聯網層層相扣，為了有效解決所遇問題，本項工作將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，目前辦理感測器元件交流會議及感測器數據一致性比對諮詢會議，其分述如下：

一、感測元件開發專家諮詢會議

本團隊於 107 年 8 月 8 日假工業技術研究院台北長安大樓辦理感測元件開發專家諮詢會議，主要就 PM_{2.5}、NO₂ 及 O₃ 三種感測元件之感測器開發規劃與進度，及環境物聯網感測器場域應用挑戰與方案進行專家諮詢，本次會議出席委員有中央大學張木彬教授、中央研究院龍世俊教授及中央研究院張志忠教授，並給予感測元件研發團隊寶貴經驗。

1. 釐清每個發展階段之發展重點，是 low-cost 現階段重要?還是微型重要?未來市場定位?
2. 感測器之 lifetime 是 user 關心重點之一，觸媒飽和等問題。
3. 感測器之 maintenance 也是 user 關注重點，包括清潔維護等之成本，也可以是賣點之一。
4. 發展之 concentration range 也可分成高低濃度不同之感測器，針對不同客群來發展。
5. 流量之設定?所需之 pump 大小?周邊之設計都需要在發展階段納入考量。
6. 以不同於市售品的測量原理，開發國產化觀測套件，初步成果值得

肯定。與市售約同等級套件，要有效能上差別，需進一步突破瓶頸，以及測試干擾因子的影響關聯，進行修正回饋。

7. 目前所開發的 PM_{2.5}、NO₂ 及 O₃ 三種感測元件就未來的應用性而言，是要獨自運作還是三者整合為一個系統？其售價定位及預期使用壽命為何？宜再做系統性的規劃與思考。
8. 溫溼度對 PM_{2.5}、NO₂ 及 O₃ 量測數據之影響，應再進一步探討。
9. PM_{2.5} 感測器之 LDL 20μg/m³，NO₂ 之 LDL20 ppb，似嫌偏高，未來應進一步降低，提升其應用性。
10. PM_{2.5} 感測器係以電子衝擊量測原理為基礎，可避開光學感測原理，粒徑值測極限較高的缺點，但充電效率較低，及如何精準量測 fA 等級之電流，則是目前面臨的瓶頸，應再努力克服。
11. 電子衝擊式(cut-size) 2.5 μm，很有潛力用於 PM₁ 的測量。
12. PM_{2.5} 感測器可在發展 PM₁ 與 PM_{2.5} 數據同時呈現。
13. NO₂ 實地場域布建於交通流量大，未來也很有潛力用於 on-road 移動源的即時監測。
14. 選擇式薄膜概想很好，初步實驗效果也佳，為一與市售感測器差異突破，很有潛力的部分。O₃ 感測器(有選擇性薄膜)實際上，較符合 NO₂ 感測。O₃ 感測器(無選擇性薄膜)，較符合(O₃+NO₂)oxidant 感測。

二、感測元件開發專家諮詢會議

本團隊於 107 年 8 月 16 日假工業技術研究院台北長安大樓辦理感測器監測數據品質討論諮詢會議，主要就於布建前如何以統計方法分析群體感測器(100 顆以上)數據符合一致性；對於布建至現場之感測器，採用巡檢儀器進行現場平行比對，如何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，降低人工作業進行專家諮詢，本次會議出席委員有交通大學高正忠教授、台北科技大學林文印教授、中央研究院龍世俊教授及台北大學許玉雪教授，並給予本團隊於感測器巡檢及數據分析有其寶貴經驗。

1. 與標準測站比對用的感測器之布置 SOP 宜探討之，以免產生誤差，標準測站之選擇宜探討之，以免受原來測站誤差所影響，包括比對時的環境變動性及測試期間之濃度變化。全檢時應有規範設定感測

器全檢時彼此間之距離，以避免誤差。

2. 環保署測站數據只收集 45-50 分鐘，因此，與感測器比較，感測器的數據也應只使用 45-50 分鐘的數據來比較。
3. 巡檢儀器本身也需經過與標準儀器之實場比對，再用迴歸式校正數據。
4. 感測器數據比對分析，可以了解數據品質，應可做初步篩選區分，感測器數據品質期間和測站儀器數據期間似有差異，宜再討論說明。
5. 相對器差中位數的意義及以絕對值 30.0%為基準，仍可檢視了解。
6. 實地場域測試及實驗室評估，感測器相對位置和風速風向等變數可能的影響，仍可再評估規劃。
7. 巡檢宜把重點著重於中高濃度部分，巡檢時機及記錄宜考量當時之濃度。
8. 巡檢的成本是否太高了些，必要性及 SOP 宜再探討，尤其是未來設置之技術均愈來愈便宜且簡單，數量有可能呈指數成長。
9. 巡檢應該未來用大數據分析來取代，而不再用人力巡檢。未來巡檢機制可透過雲端數據的統計模式化分析來取代人工作業。
10. 巡檢未來可考慮及探討是否可能借助無人機之可能性。
11. 建議再思考空氣品質感測器物聯網的適用範疇及其技術方法，建置維護管理所需資源。對於物聯網數據之定位宜探討之，感覺對它期望太高且花費太多成本。

三、感測器巡檢與查核智慧化專家諮詢會議

本團隊於 107 年 10 月 12 日假元智大學二館 6 樓 R2608 室，辦理感測器巡檢與查核智慧化討論諮詢會議，本次會議出席委員有元智大學工業工程與管理學系林真如副教授、崑山科技大學環工系陳賢坤副教授，並給予感測元件研發團隊寶貴經驗。主要結論如下：

1. 主要就龐大感測器布建後，對於設備的品保品管機制，需依據功能用途界定相關標準，建議以國際之相關規範或標準予以律定。
2. 可以參考 ISO17025 實驗室品質管理系統，依據相關定義與規範檢視合適的做法。以相對器差絕對值中位數為基準，較符合感測器品質控制的需求。

3. 不同品牌及精準度之感測數據的數據融合，必須建立在同一標準的立場實施，應該如同環保署一致性比對的執行下，以標準監測站為標準進行融合基準。
4. 同一個點位如果進行感測器更換，必須以標準監測站為基準，比較新舊感測器的誤差特性，重新界定運作感測器的數據，據以延續此點位的感測數據歷程，但是該點位的感測器異動必須詳細紀錄。
5. 標準件的建立可參考 ISO17025，目前大部分的文獻以強化標準件的精準度為主，較無討論誤差傳遞的問題。
6. 感測器因品牌、生產批次、布建環境皆會影響感測器的生命週期，需要透過長期比對與觀察紀錄才能進行有效評估，不可能僅依賴統計工具與數學模式，必須結合跨域專業進行，包含環工、機電的專業導入，方能建構智慧化的維護管理系統。

5.7 規劃及辦理研討會或研商會或說明會或教育訓練

目前環署已在全國設置 77 個空氣品質監測站，每小時蒐集最新監測數據，並但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，已於 107 年 7 月 10 日假臺中市精密園區勞工聯合服務中心辦理說明會及教育訓練，主要針對環保署運用機器學習及大數據分析，並結合跨域氣象資料，利用已知事件為學習範本，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。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，並由 WOT 平臺整合所有資料呈現以視覺化結果。再者，說明空氣品質感測器一致性比對作業流程及數據判讀方式，據以協助環保局監督布建廠商執行空氣品質感測器一致性比對作業。此外，說明空氣品質感測器布建作業應注意之重點要求，包含布建點位規劃與選擇、布建施工作業重點、維護與巡檢作業重點、感測器異常處理重點，據以協助環保局要求布建廠商落實空氣品質感測器之運作品質。最後說明環署為協助環保局順利推動布建計畫，協請環保局說明目前計畫執行進度及困難點，期盼透過雙向交流

及經驗分享，逐步達成與地方政府合辦空氣品質感測器布建之年度目標。

同日益辦理教育訓練，說明布建選址之要領，針對常見錯誤案例進行說明，並介紹正確布建範例，同時進行雙向溝通與討論。並安排現場參觀環保署於台中市布建之空氣品質感測器，現場觀摩空氣品質感測器之布建現況，並進行布建與維護之經驗分享。圖當日辦理情形



圖 5-3、縣市環保局說明會暨教育訓練

5.8 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、文宣素材製作

本計畫除配合協助規劃參與 3 月底在臺灣舉辦的 2018 智慧城市論壇暨展覽(Smart City Summit & Expo, SCSE)，協助協助相關作業分述如下。

一、展覽簡介

為了促進智慧城市的發展與全民意識，並讓各界了解物聯網產業於智慧城市中扮演不可或缺的角色，智慧城市展在 2013 年，由 IBM 台灣公司、大同、中華電信、研華、台灣地理資訊中心以及資策會等單位共同發起，並於 2014 年正式舉辦首屆展覽，截至今(2018)年共歷經了五屆，期望透過帶動物聯網產業發展的同時，能兼具臺灣軟硬體業者其產品或服務的外銷，創造更多商機。此五屆展覽(如下圖 5-4所示)均有不同的發展願景與方向，在掌握全球智慧城市商機的同時，尚能促進科技產業的軟硬體整合，產業升級的同時，也能帶動臺灣智慧城市產業的輸出。

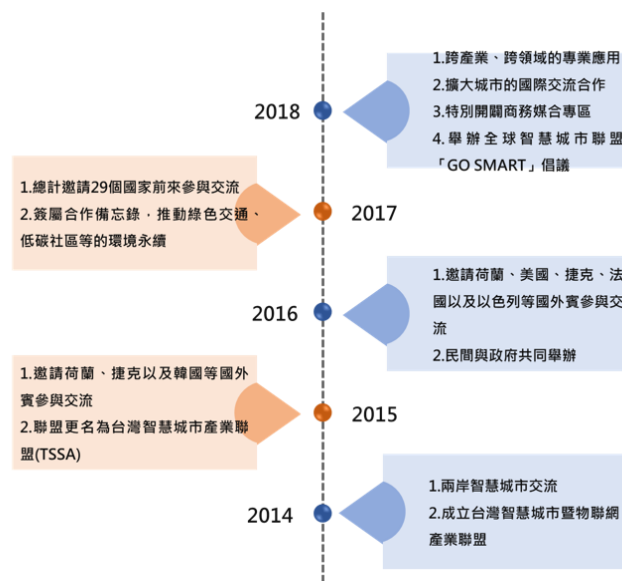


圖 5-4、歷屆智慧城市展願景與亮點

二、參展主題

由於此次智慧城市展強調跨產業與跨領域的應用，因此配合此次大會活動主題「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，並用「環境物聯網智慧執法應用」為設計主題，涵蓋了

「感測設備布建」、「數據模式分析與視覺化呈現平台」以及「實際場域應用」三個主要特色亮點，也包含「民眾有感服務」與「跨域整合應用」，供產業界、政府單位、學術界、研究單位以及民眾能夠更加了解未來環境物聯網發展的挑戰與機會。而關於「環境物聯網智慧執法應用」主視覺設計如下圖 5-5 所示，以物聯網的三個基礎組成「感測層」、「網路層」以及「應用層」，分別對應感測設備、資料平台以及應用分析三個展示平台，同時結合國內三家企業：柏昇企業、卡米爾以及宸訊科技所提供的產品與技術服務，藉由實際展示的方式讓國內外參觀者更加有感。



圖 5-5、「環境物聯網智慧執法應用」主視覺

三、展區規劃

針對此次「環境物聯網智慧執法應用」展區主題，總計有五大重點，包含：國產化感測設備展示、數據平台與功能呈現、AI 學習與智慧稽查應用、結合氣象站的跨域應用以及環境即時通便民資訊服務，以有規劃的導覽流程，讓所有民眾可以從零開始了解整個環境物聯網的進程(展區配置則如圖 5-6 所示)。其五大重點依序分述如下：



圖 5-6、「環境物聯網智慧執法應用」展區配置

(一) 國產化感測設備展示(圖 5-7): 包含工研院的光學式 $PM_{2.5}$ 感測器與柏昇企業的第二代空品感測器。



圖 5-7、光學式 $PM_{2.5}$ 感測器與第二代空品感測器

(二) 數據平台與功能呈現(圖 5-8)：包含中華電信與宸訊科技的環境物聯網平臺



圖 5-8、環境物聯網平臺

(三) AI 學習與智慧稽查應用(圖 5-9)：包含卡米爾公司的環境數據智慧化分析技術。

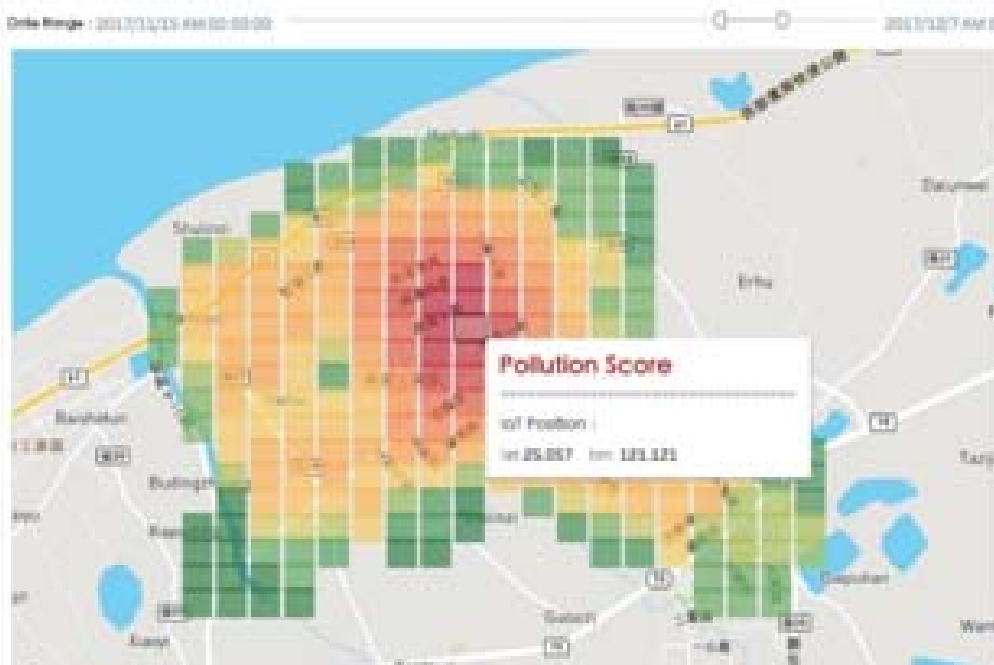


圖 5-9、環境數據智慧化分析技術

(四) 結合氣象站的跨域應用(圖 5-10)：包含柏昇企業第二代空品感測器與翰昇環境科技的折疊式氣象站。

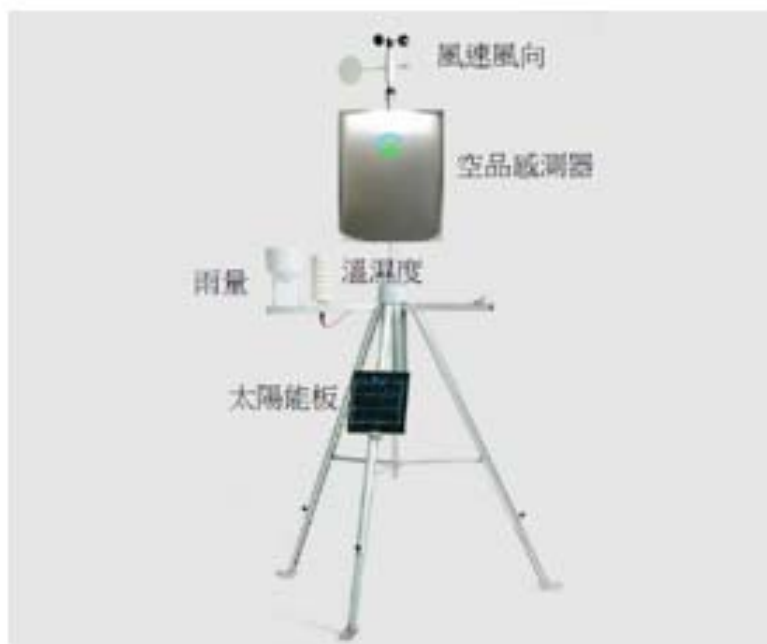


圖 5-10、第二代空品感測器與折疊式氣象站

(五) 環境即時通便民資訊服務(圖 5-11)：包含宸訊科技的環境即時通 App



圖 5-11、環境即時通

四、展覽紀實

此次活動於 107 年 3 月 27 日在南港展覽館正式展出如圖 5-12，其中環保署不僅以「智慧環境治理：環境物聯網智慧執法應用」獲頒創新應用獎，更於現場展出目前環境物聯網的布建與應用現況。活動期間專區實際展出項目包含：微型空氣品質感測器(同時結合氣象站)實機展示、環境物聯網數據平臺與功能展示、AI 學習與智慧稽查應用展示以及環境即時通展示等，更運用 AR 擴增實境方式，讓參觀民眾體驗在桃園觀音工業區的空氣污染潛勢熱區分布情境。透過此次智慧城市展，不但能與更多國內外企業、專家學者以及一般民眾交流，藉此得到更多改善精進資訊，還能了解國內外的發展現況，並尋求與更多國內外企業合作洽談的機會，帶動環境物聯網服務模式的輸出。



圖 5-12、2018 智慧城市展現場概況

此外，本計畫於 107 年 11 月 8 日亦協助環保署辦理空污現形-空品

物聯網啟動智慧執法新世代記者會，記者會將以簡報宣傳本署「空氣網」階段成果，輔以海報及宣傳影片視覺化介紹等，並藉由故事情境展示輔助智慧稽查之成果功能。最後以海報預告「環境感測物聯網與產業創新時代研討會」。

針對環保署運用微型空氣品質感測器與物聯網技術，自 106 年起分別在桃園市觀音工業區、新北市鶯歌區、高雄市大林蒲地區及臺中市陸續布建完成 700 個空氣品質感測器，提供每 3 分鐘 1 筆之溫度、濕度、PM2.5 等感測數據。本(107)年度計有宜蘭縣、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 個地方政府與本署合辦空氣品質感測器布建工作，再提供 2,000 點空氣品質感測器投入輔助智慧稽查工作，逐步普及空氣品質感測物聯網監控範圍，提升智慧執法之應用服務地區。民眾也可以透過本署愛環境資訊平台(<https://ienv.epa.gov.tw/>)，查詢上述空氣品質感測點每 3 分鐘感測數據，共同參與空氣品質改善行動。



圖 5-13、記者會現場實況

5.9 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

本工作項目將持續配合機關環境物聯網開展計畫、報告案、會議，協助彙整研提資料、簡報。並延續去(106)年所建置的「臺灣環境物聯網」宣傳網站，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，進行宣傳網站加值工作，包裝原設計之六大功能架構，包含「我們所做的」、「訊息中心」、「解決方案」、「出版品」、「計畫夥伴」藉以提升網站豐富度與觀看者的動機與問題解決。今(107)年整合「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」向下之三大子計畫空品物聯網團隊，以柏昇企業(股)公司與卡米爾(股)公司及宸訊科技(股)公司創立「Taiwan A-team」團隊，攜手拓展海外市場，提供空品物聯網輔導與商品服務新合作模式，透過宣傳網站揭露此產品服務優勢與形象。

本年度調整網站內容以 1 個主題進行拓銷(Taiwan A-Team)，強調從開發→佈建→管理→分析→呈現→決策，一條龍的整體輸出模式，即這 1 個主題內容會結合柏昇、卡米爾、宸訊 3 家企業的產品設備或服務技術進行包裝，截至 107 年 5 月 15 日第一階段工作確認此 3 家可提供之產品/服務之資料蒐集如下，並預計於 107 年 7 月中完成各產品/服務形象宣傳品於網站上架曝光，以提供後續國際參展、研討會、產品拓銷之用：

- 一、柏昇：空氣品質感測器-可偵測大氣中極低濃度的一氧化碳、二氧化氮、臭氧、PM_{2.5}、TVOC 以及溫度和濕度，並運用高性能的微控制器整合多項無線傳輸技術，無縫連接物聯網應用市場。
- 二、卡米爾：環境數據智慧化分析-環境數據智慧化分析平台，結合物聯網與人工智慧技術，進行環境污染分析新型態演算法研發，分析環境監測數據，利用機器學習技術建置污染預測、推估、溯源等智慧化模型，強化環保單位污染稽查能力。
- 三、宸訊科技：空品監控戰情平臺-即時彙整氣象，交通，公害，工廠污染源，空品監測數據等，以地圖平台提供全程歷史回溯數據分析，以及未來預測資訊。

依照上述確認之內容，製作 EDM、情境宣傳稿、國際形象影片用以包裝出住家、社區、工廠、工業區以及城市之環境物聯網意涵，提供具特色之產品於參展、新聞稿內報導及宣傳之題材，各製作主題初步規劃介紹如

下：

- 一、EDM：包含產品/服務的形象的封面、封底，以及 3 家公司的技術能量介紹、未來應用、場域應用、實際案例...等主題內容(如下圖 5-14所示)，以技術能量來說，將涵蓋公司介紹、產品介紹、產品特點、綠色亮點、相關認證、公司聯繫人等資訊，以提供感興趣者或買主詳細之產品服務介紹與最重要的聯繫方式。



圖 5-14、Taiwan A-Team EDM

- 二、情境宣傳稿：最主要是以高美術質感的圖片，以情境方式不經意的帶出企識別牌、形象以及價值。此次結合了元件開發、裝置布建、數據管理、數據分析、數據視覺化以及管理決策等概念，透過圖示的表達，以圖片代替冗長文字，讓瀏覽者保有更多對於產品/服務的直覺與增加好奇心(如下圖 5-15所示)。

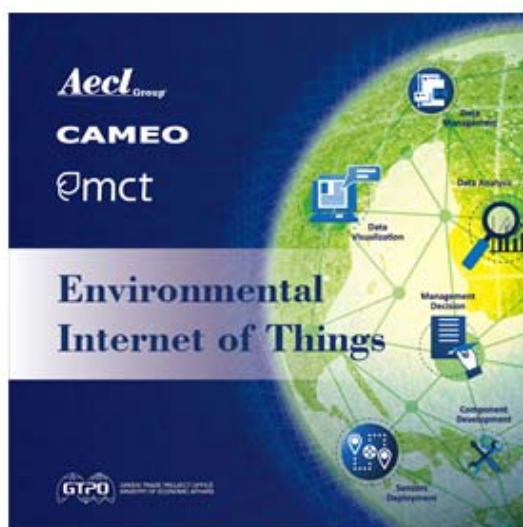


圖 5-15、環境物聯網情境宣傳稿

三、國際形象影片：形象影片以 2 分 30 秒左右之微電影製作方式進行拍攝，其中整合了 3 家公司之產品與服務綠色亮點，並結合動畫與特效，輔以字幕與旁白，大幅提升此服務模式國際間能見度，並以找到當地代理/經銷/貿易商/客戶，或於海外地區布建帶來商機為目標(如下圖 5-16所示)。



圖 5-16、Taiwan A-Team 國際版微電影

承 5.2 節，本計畫於今年為確保 13 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，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等工作，並研擬相關標準作業方法，依據上述規劃執行空氣品質感測器布建之品質管控；本工作透過這些已完成相關標準驗證後之空氣感測元件，效仿美國 AQ-SPEC 之做法，將感測元件圖片、偵測原理、產品規格與產品應用以及相關驗測放置「臺灣環境物聯網」宣傳網站，以公開且透明化的作法，提供各界已通過具公信力機關驗測之各種型態之空氣感測元件，提升地方各區域空氣品質感測器之品質水準。

本計畫已初步規劃上述已通過具公信力機關驗測，各種型態之空氣感測元件之頁面設計，係以「我們所做的」之主題項下作為展示頁面路徑，頁面進入後可以圖表或是列表方式查詢空氣感測元件(圖 5-17及圖 5-18)，圖表方式可看到圖片與感測元件名稱，列表方式可以看到感測元件之基本資料，包含圖片、製造商、類型、污染物、售價、現場與實驗室 R^2 ，以及提供總結報告下載功能。若要更詳細之介紹，可透過點選圖片方式查看感測元件之詳盡說明，包含偵測原理、產品規格、產品應用以及驗測報告下載功能，以圖文方式讓使用者能更了解實際內容，提升閱讀性與連結性(圖 5-19)。



圖 5-17、感測研發方案各感測元件圖表設計頁面



圖 5-18、感測研發方案各感測元件列表設計頁面



圖 5-19、感測研發方案感測元件詳細內容設計頁面

此外，並於 107 年 10 月 19 日與處內報告本計畫研討會報名入口網站後(<http://epaeiot.tw/>)，確立未來要依此網站風格與架構(一頁式網站)進行建置，並納入會後的各種靜動態文宣等內容，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，如卡米爾與中華電信所建置之成果內容，豐富環保署環境物聯網對外宣傳內容的豐富度。

依據上述建置條件，已重新規劃整體架構，詳細說明如下條列(圖 5-30):

1. 2018 本計畫研討會資訊:以會議現場廣角圖當大底圖，襯出活動名稱與主題簡介說明，分成兩大區域：(1)為新聞稿與照片及手冊的內容宣傳區；(2)為各主題現場側錄影片 youtube 欣賞區。
2. Taiwan Ateam:置入 Taiwan Ateam 智慧科技解決環境問題影片，一次瞭解本計畫為環境物聯網所做的事情。
3. 目標與願景:以動態機器人伸出手捧著環境感測物聯網關鍵標的，再以動態字說明本計畫之願景與目標。
4. 計畫成果:嵌入環境預報模式與資料應用及水質物聯網計畫成果網站，藉以添入更多本計畫於環境物聯網推動解決方案內容。
5. 重要感測晶片媒合:做為國產元件產業橋接媒合區，讓有興趣之各產官學研有一個管道能夠進一步找尋到技術開發者做更多了解。
6. 合作夥伴:羅列計畫的所有夥伴，並連結各夥伴經營之網站。



圖 5-20、臺灣環境物聯網宣傳網站架構

第六章 成立「空品物聯網產業開展計畫」之專案辦公室，強化計畫管考及產業推動

本章以空品物聯網專案辦公室規劃及相關協助聯繫事項進行說明，包括以下內容：(一)空品物聯網產業開展計畫專案辦公室成立，並辦理相關物聯網推動及資源整合工作、(二)規劃空品物聯網服務中心或推廣中心之運作方式、(三)蒐集國際環境品質感測元件、物聯網應用資訊，辦理大型研討會議或展覽，相關內容說明如後。

6.1 空品物聯網產業開展計畫專案辦公室成立，5 人以上專責人員，全職辦理相關物聯網推動及資源整合工作

隨著資訊網路與微型感測技術進步，物聯網科技正帶動新科技浪潮，環保署為強化環境品質資訊掌握與服務、建立環境智慧治理的基礎，依行政院前瞻基礎建設－數位建設項下「建構民生公共物聯網計畫」之內容，遂成立專案辦公室(如附件三)，協助空品物聯網整體推動與資源整合，組織架構如圖 6-1。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。

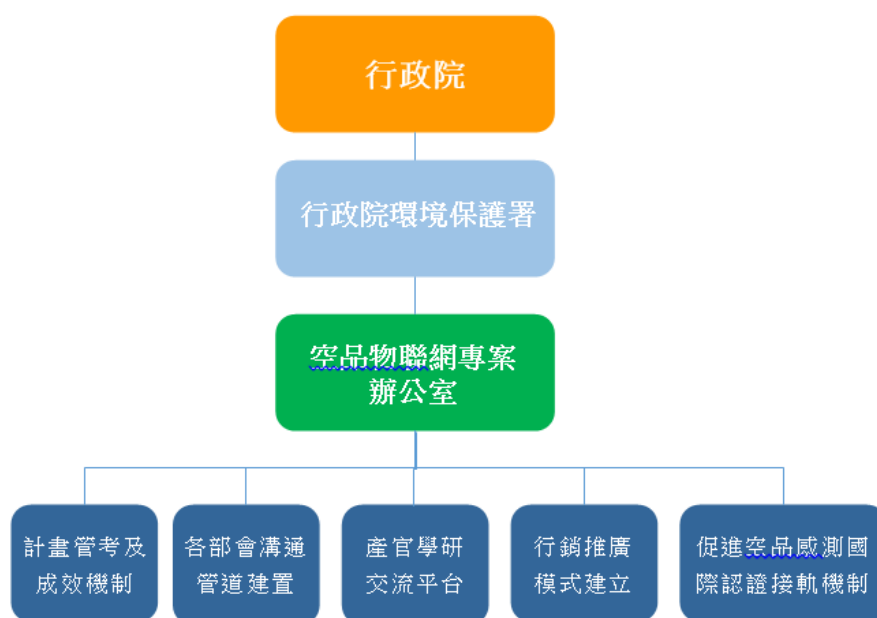


圖6-1、空品物聯網專案辦公室組織架構

本專案辦公室成立位置於台北市長安大樓，近台北車站且交通便利，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。初步規劃有接待區、辦公區、會議區、產業諮詢交流區、資訊查詢區，使用面積約 100 坪，專案辦公室平面配置如圖 6-2。



圖 6-2、空品物聯網專案辦公室平面配置圖

表 6-1、專案辦公室人員配置及工作內容說明表

姓名	主責	職銜	資格
* 蔡志成	部會協調 (專案辦公室管理人)	工研院產經中心產業分析師	- 產業科技創新與人才發展推動計畫(科技會報) - 科技政策決策機制精進計畫(科技部)
曹永暉	產業研析 市場分析	工研院產經中心總監	- 知識服務委外發展規劃案(工業局) - 臺灣資料服務產業發展現況暨人才需求調查(工業局) - 產業創新科技與跨域數位人才推動計畫研究規劃(科技會報) - 南部科學園區十年願景規劃案(台南科學園區)
* 王順輝	部會協調 市場分析	工研院產經中心產業分析師	- 孕育扶植研發服務業 RSC 以推動產業創新先期規劃(經濟部技術處) - 新興產業技術研發布局及策

姓名	主責	職銜	資格
			略推動計畫（經濟部技術處）
* 康瑋帆	產業研析 市場分析	工研院產經中心產業分析師	■ 農業科技產業發展策略分析計畫（農委會） ■ 產業科技創新與人才發展推動計畫(科技會報) ■ 臺灣及德國農業循環經濟產業發展（農科院）
* 呂秀月	規劃辦理大型研討會及展覽活動	綠能與環境研究所 副研究員	■ 環境物聯網發展推動計畫(環保署) ■ 事業廢棄物管理策略與推動計畫(環保署) ■ 綠色貿易推動計畫(國貿局) 碳足跡輔導(工業局)
* 陳重叡	蒐集國際物聯網及展覽活動	綠能與環境研究所 副研究員	■ 強化綠色產業行銷能量--綠色貿易輔導(外貿協會) ■ 綠色貿易推動計畫(國貿局) ■ 環保科技園區查核(環保署)
梁文寧	籌組專家團隊，輔導或查核業界及地方政府	綠能與環境研究所 副研究員	■ 綠色貿易推動計畫(國貿局) ■ 水物聯網計畫(環保署) ■ 土壤及地下水環境管理及污染預防示範計畫(土基會) ■ 資源永續循環策略規劃及推動專案工作計畫(環保署)

6.2 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

行政院環保署為加強掌握環境資訊，嘗試利用物聯網感測科技及其低單價特點，解決傳統測站高成本而無法大量布建問題，提供高解析度環境品質監測數據，作為強化環境品質資訊服務、智慧治理與環境執法應用，特規劃「環保署環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」並經行政院核定執行，以元件開發、場域驗證、智慧應用及創新加值作為發展主軸。然行政院預期由發展環境物聯網同時帶動國內相關產業發展之可行性，故結合科技部、經濟部、教育部、中研院及國網中心等部會，研擬「空品物聯網產業開展計畫」，補強產業發展面向不足之處。擬由圖 6-3 中心之布建計畫發展範疇，擴增連結外圈之開展計畫強化面向，朝向國產化元件開發、擴大民眾參與之廣布型場域布建、空品大數據分析及預報模式建構、後端數據產業加值開發。前述之專案辦公室將以整合上述二計畫之資源及成果，推動其與國際接軌。



圖 6-3、布建計畫及開展計畫發展互補性

因此，計畫以空氣品質物聯網產業開展為目標，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」推動工作之基礎，結合上述部會，

整合發展相關科技及產業，打造我國成為智慧環境感測及應用的標竿國家，二計畫整體執行規劃如圖 6-4 所示，以布建計畫為基礎(藍色處)輔以開展計畫(紅色處)以強化產業連結推動。

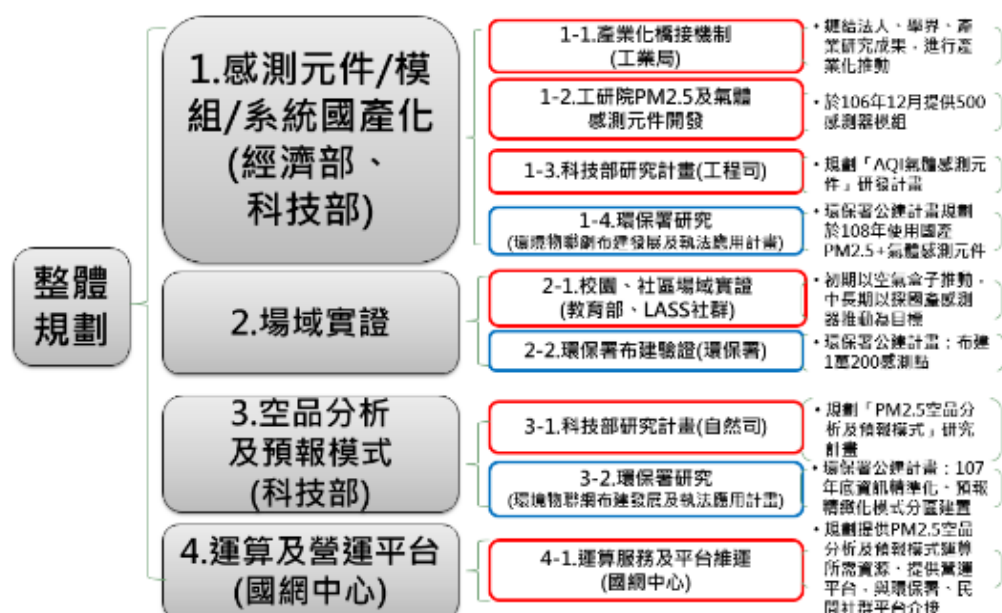


圖 6-4、布建計畫及開展計畫整體執行規劃

本項經盤點各部會計畫之相關管考工作，依時程大致區分為每月/每季、年度或不定期等二大類，彙整如表 6-2 所示。

表 6-2、跨部會計畫管考工作盤點

時程	相關工作
每月/每季	1. 每月進度成果彙整回報 2. 參加建構民生公共物聯網執行工作會議，向呂忠津召集人報告進度概況 3. 參加分項二相關部會計畫之工作會議（例如 1070326 科技部 PM _{2.5} 空品分析及預報模式專案計畫第三次工作會議，含會議記錄及後續交辦事項處理） 4. 召開相關會議，階段性成果報告 5. 政委主持建構民生公共物聯網計畫執行檢視會議
年度或不定期	1. 108、109 年度計畫書撰寫與彙整(含經費與工作項目之滾動式調整) 2. 106 年計畫執行成果彙整 3. 其他交辦工作

本專案辦公室將扮演督導、聯繫、協調各部會計畫事宜，同時與行政院科技會報辦公室、建構民生公共物聯網推動小組等，亦維持良好互動關係，確保資訊上、下溝通順暢無誤，以下將針對各項工作之運作規劃 SOP，詳細說明如下：

一、每月/每季例行性工作產出

(一) 每月進度成果彙整回報

每月月底前 5 個工作天，先以 email 方式，請部會聯絡窗口於月底前 3 個工作日期將資料統一寄送專案辦公室同仁彙整，為確保部會窗口收到 email 及按時提交，過程中建議亦用電話方式聯繫確認進度狀況。資料內容依科技部給的簡報格式，大致分為六大項(1)上次會議結論辦理情形；(2)進度及預算執行情形；(3)重要執行成果及里程碑達成情形；(4)遭遇困難或須跨部會協調事項；(5)規劃大型(重要)計畫之發包、採購規格或條件；(6)其他(例如：3 月政委檢視會議指示應辦事項之進度說明)其中若經費或工作執行進度有落後，則需要請執行部會再詳細說明原因及補救辦法。

(二) 參加建構民生公共物聯網執行工作會議，向呂忠津召集人報告進度概況

建構民生公共物聯網執行工作會議，預計每月召開一次，由呂忠津召集人主持，地點則可能於台北或新竹輪流舉辦。簡報內容格式與科技部的月進度成果報告大致相同，專案辦公室從接到推動小組開會通知單及報告格式後，相關會議前之工作流程如圖 6-5，包括請相關部會填寫進度、指示事項辦理情形及出席人員等，每次會議之裁示事項，需檢視部會執行狀況，據以填報簡報資料中之會議結論辦理情形，以滾動檢討執行成果，並由專案辦公室提供相關建議予環保署參考。最後依環保署處內長官指示修改簡報資料，奉核可後才將定稿版簡報提交給推動小組。會議當天，專案辦公室則主要將先前彙整之分項二各計畫月進度成果做一口頭報告，後續若環保署長官有事，則分項一的工作進度亦由專案辦公室來報告。

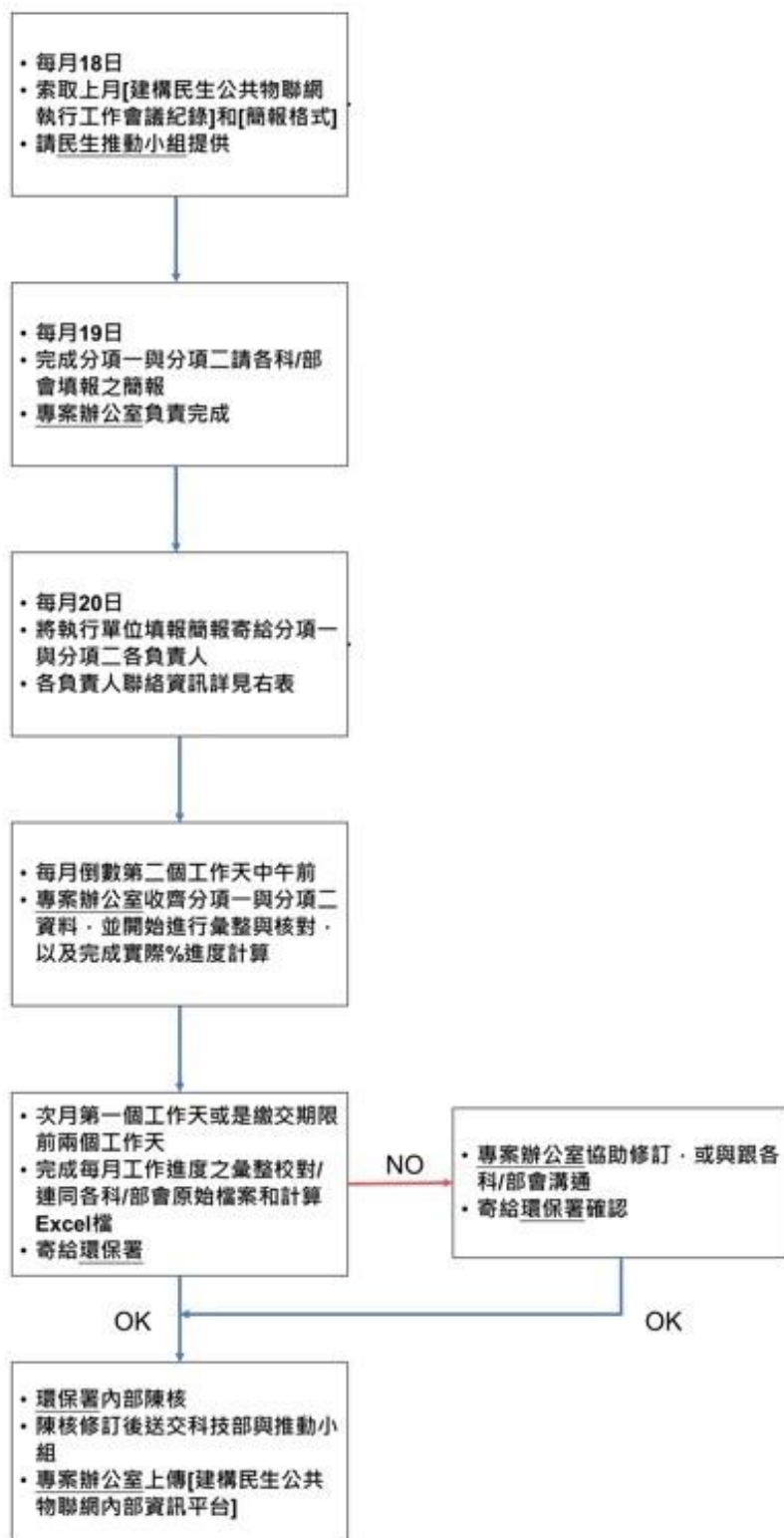


圖 6-5、民生公共物聯網執行工作會議之相關推動工作 SOP

彙整歷次推動小組召開之會議名稱、與會人員及重點摘要如表 6-3。

表 6-3、出席歷次推動小組召開之會議資料

時間	會議名稱	會議地點	與會人員	會議(討論)摘要
107.04.09	建構民生公共物聯網執行工作會議(4月)	科技大樓 2 樓會議室 4	環保署：劉玉玫科長、陳佳沛技正 專案辦：蔡志成	1.環保署給地方環保局 107 年 PM _{2.5} 感測器招標規格 2.科技部工程司 AQI 感測元件開發期末成果發表 (5/9)
107.05.07	建構民生公共物聯網執行工作會議(5月)	國立清華大學台達館 919 會議室	環保署：劉玉玫科長、陳佳沛技正 專案辦：陳范倫經理、王順輝、蔡志成	1.微型感測器布建位置與資料公開時程 2.確認布建微型感測器資料所有權
107.06.06	空品感測器校驗說明會議	國立清華大學台達館 918 會議室	專案辦：陳范倫經理	工研院智慧微系統中心研製的 500 套國產 PM _{2.5} 感測模組，部分進入環保署空品測站長期追蹤測試；其餘套數提供中研院進行強化場域布建
107.06.11	建構民生公共物聯網執行工作會議(6月)	國立清華大學台達館 919 會議室	環保署：陳佳沛技正、鍾偉瑜 技術師 專案辦：陳范倫經理、王順輝、蔡志成、林依琪	1.各縣市環保局所布建之微感測器，故介接至國網中心之時程尚需與推動小組討論與修正 2.協助科技部空品預警機器學習計畫團隊了解空品資料特性，避免錯誤使用
107.07.09	建構民生公共物聯網執行工作會議(7月)	國立清華大學台達館 919 會議室	環保署：陳佳沛技正 專案辦：蔡志成、林依琪	1.關於微感測器的觀測資料之智慧財產權，請環保署再確認。 2.工研院微系統中心交付中研院 60 套國產 PM _{2.5} 感測器，部分置於環保署測站，請回覆部署概況與測試結果。
107.07.16	建構民生公共物聯網計畫-資料服務與應用產業座談會	科技大樓 2 樓	環保署：莊惟然 專案辦：蔡志成	會議主要介紹民生公共物聯網資料服務平台與年底舉辦之資料應用服務競賽，以及彙整產業意見。專案辦公室彙整座談會重點給處內參考，亦向處長口頭說明。
107.08.06	建構民生公共物聯網執行工	交通部中央氣象局 617 會議室	環保署：陳佳沛技正 專案辦：蔡志成	1.中研院團隊布建於校園之空氣盒子，上線率不足 2.工研院微系統中心交付中研院 60 套國產 PM _{2.5} 感

時間	會議名稱	會議地點	與會人員	會議(討論)摘要
	作會議(8月)			測器之改善方式與成果。後續共 500 套感測器將進行合作布建，請微系統中心及中研院團隊進行協調
107.09.10	建構民生公共物聯網執行工作會議(9月)	國立清華大學台達館 919 會議室	環保署：陳佳沛技正 專案辦：蔡志成、王順輝	1.國網中心提供運算及儲存資源予科技部自然司空品模式預報及預警團隊，請國網中心回覆辦理情形。 2.離岸風機裝設海上氣象觀測設備，請環保署基於實務布建維運經驗，評估大型空品感測設備裝置於離岸風機進行觀測之可能性
107.10.08	建構民生公共物聯網執行工作會議(10月)	國立清華大學台達館 919 會議室	環保署：游智淵科長、陳佳沛技正 專案辦：陳范倫、蔡志成、王順輝	1.請空品專案辦公室檢視分項二各子計畫之鏈結，以確保 108 -109 年子計畫間之合作順利進行。 2.工研院微系統中心在 CO 感測模組的開發上，必須預設使用情境 (室內、外、隧道、生活應用等)，以開發對應之 CO 感測模組。

(三) 參加分項二相關部會計畫之工作會議

為即時掌握分項二各計畫之推動狀況，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 圖 6-6 所示。專案辦公室並首次於 1070326 參加科技部 PM_{2.5} 空品分析及預報模式專案計畫第三次工作會議，並協助完成重點事項會議記錄及後續交辦事項處理如表 6-4。

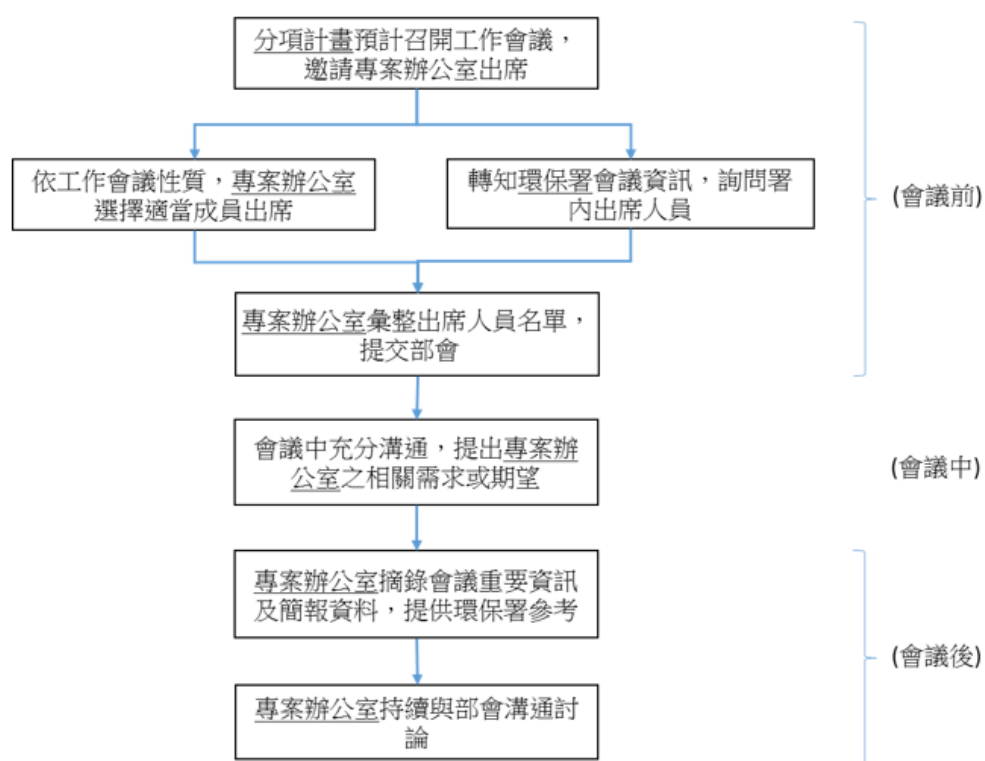


圖 6-6、參加分項二相關部會計畫之工作會議之 SOP

表 6-4、出席歷次科技部召開之會議資料

時間	會議名稱	會議地點		與會人員	會議(討論)摘要
107.03.26	PM _{2.5} 空品分析及預報模式專案計畫工作會議第三次工作會議	科技大樓 17 樓會議室		專案辦：陳范倫經理、陳家磐經理、蔡志成	自然司 7 個計畫需要進行整合，包括模式分析的 3 個計畫整合，機器學習的 4 個計畫整合，最終分析結果提供環保署參考
107.04.30	PM _{2.5} 空品分析及預報模式專案計畫工作會議第四次工作會議	科技大樓 2 樓會議室 4		專案辦：陳范倫經理、	因應環保署預報作業需求，尚需加入 PM ₁₀ 、O ₃ 、O _{3_8} 小時之模擬預報，及氣象場預報範圍應擴大至東亞地區
107.06.01	PM _{2.5} 空品分析及預報模式專案計畫	科技大樓 2 樓會議室 11		環保署：張順欽處長、邱慶睿	張斐章教授團隊所遇到的資料檢核問題，協助提供聯繫人員名單予科技部自

時間	會議名稱	會議地點		與會人員	會議(討論)摘要
	期中審查會議			專案辦：蔡志成	然司，以協助資料檢核問題。
107.08.29	PM _{2.5} 空品分析及預報模式專案計畫工作會議第六次工作會議	科技大樓 2 樓會議室 12		環保署：邱慶睿 專案辦：陳范倫經理、王順輝	持續了解各計劃團隊之進度與階段性成果
107.09.28	PM _{2.5} 空品分析及預報模式專案計畫工作會議第七次工作會議	科技大樓 2 樓會議室 4		環保署：邱慶睿 專案辦：蔡志成	預計將物理分析模式與 AI 模式團隊目前的研發狀況，透過環保署標準測站資料進行 PK 比賽。後續討論資料格式及產出內容。
107.10.29	PM _{2.5} 空品分析及預報模式專案計畫工作會議第八次工作會議	科技大樓 2 樓會議室 10		環保署：邱慶睿 專案辦：蔡志成	預計於近日進行物理模式與 AI 模式團隊之空氣品質預測 PK 比賽。也請國網中心協助團隊運算資源及資料空間的取得及後續結果呈現。

(四) 召開會議，階段性成果報告

針對環境品質感測物聯網推動及專案管理計畫，環保署目前規劃每個月每個項目(包含專案推動辦公室之計畫管考工作、產業分析、海外參訪、研討會、產業推廣等)要各別與環保署討論進度，所以透過此討論會議進行階段性成果報告。專案辦公室除配合整體主計畫，分別於 4 月 10 日環境品質感測物聯網推動及專案管理計畫範疇會議、6 月 19 日環境品質感測物聯網推動及專案管理計畫第一次進度會議、9 月 18 日環境品質感測物聯網推動及專案管理計畫期中審查會議，等相關會議中，提出目前階段性工作成果狀況，也另外進行工作進度報告及彙整部會進度報告，如表 6-5 所示。

表 6-5、專案辦公室向環保署工作進度報告

時間	會議名稱	會議地點	與會人員	會議(討論)摘要
107.07.19	空品物聯網專案辦公室工作進度報告	環保署 4F 會議室	環保署：陳佳沛技正 專案辦：蔡志成、王順輝	針對 2018 越南臺灣形象展，請專案辦公室在提供更多相關研討會及展場資料
107.08.31	空品物聯網產業開展計畫進度會議(會前會)	環保署 4F 第 4 會議室	環保署：張順欽處長、王嶽斌副處長、陳佳沛技正 專案辦：陳范倫、曹永暉、蔡志成、王順輝	了解各部會目前執行進度是否符合預期，專案辦公室後續將持續追蹤各部會執行狀況，若有遇到問題可提出協助解決。
107.09.06	空品物聯網產業開展計畫進度會議	環保署 2F 預報室	環保署：張順欽處長、王嶽斌副處長、陳佳沛技正 專案辦：陳范倫、蔡志成、王順輝、各部會代表	1.工研院微系統中心完成之 500 套 $PM_{2.5}$ 微型空氣品質感測器模組交付中研院布建，應掌握進度及後續更新改善。 2. CO 感測器模組，應先確認未來市內或室外使用情境

(五) 政委主持建構民生公共物聯網計畫執行檢視會議

為清楚掌握前瞻基礎建設計畫項下，建構民生公共物聯網 7 個相關計畫的執行進度，行政院吳政委政忠將依需要召開會議，會議前需由空品物聯網專案辦公室彙整分項二的相關子計畫進度成果，先於環保署內陳核，經核可後再提供給總彙整單位科技部來完成簡報，同時亦提供出席人員名單。針對空品物聯網相關計畫，請推動部會以 109 年底為 Endpoint，完整規劃發展之 Roadmap。有關政委會議專案辦公室相關工作之 SOP 如圖 6-7 所示。

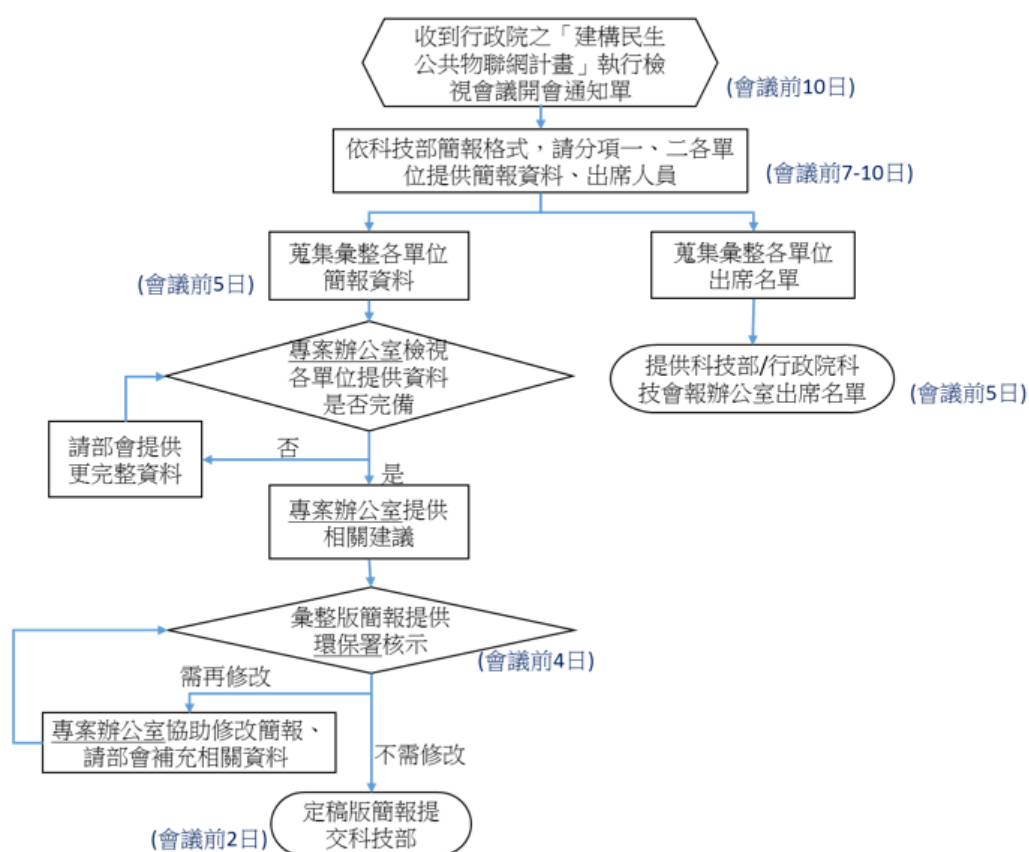


圖 6-7、政委會議專案辦公室相關工作之 SOP

另經 4 月 25 日政委主持空品物聯網產業發展策略及分析預報模式整合規劃報告會議，專案辦公室彙整分項二經濟部技術處、工業局與科技部自然司、工程司之 Endpoint 及 Roadmap 如圖 6-8 及圖 6-9。

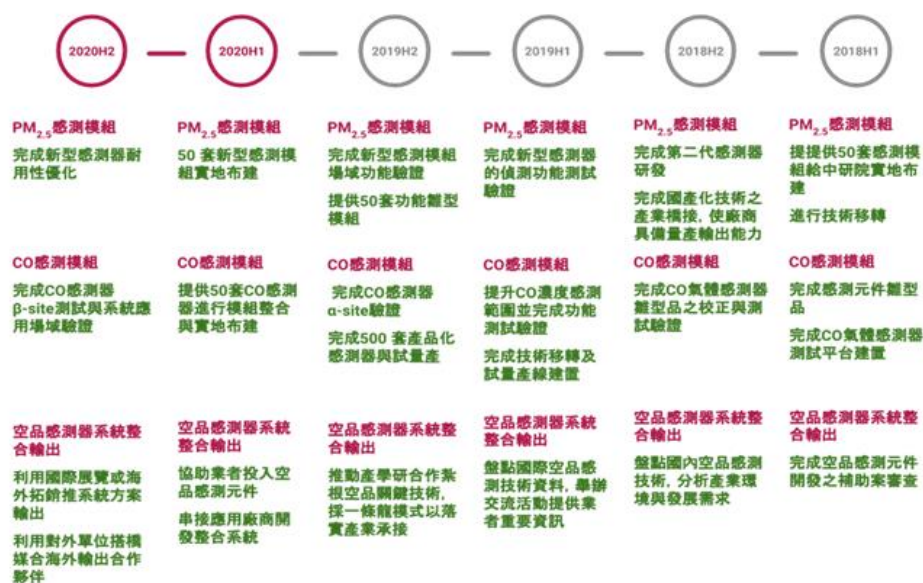


圖 6-8、經濟部技術處、工業局之發展 Roadmap



圖 6-9、科技部工程司、自然司之發展 Roadmap

二、年度或不定期工作產出

(一) 108、109 年度計畫書撰寫與彙整(含經費與工作項目之滾動式調整)
有關 108、109 年度計畫書撰寫與彙整之相關工作 SOP 如圖 6-10 所示。

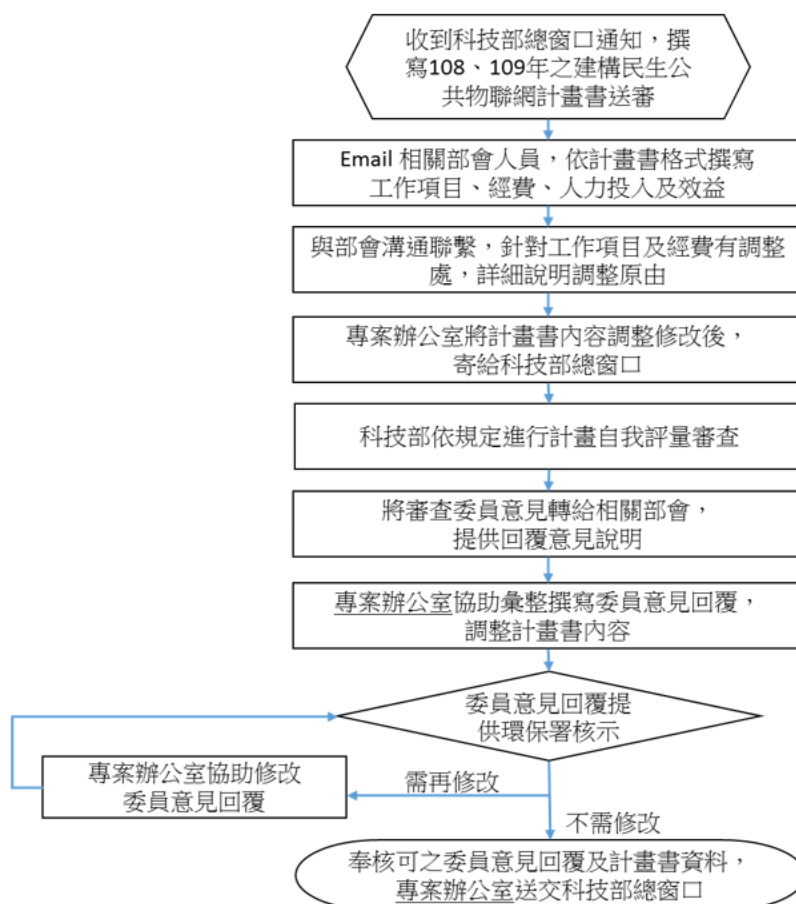


圖 6-10、108、109 年度計畫書撰寫與彙整之相關工作流程 SOP

(二) 有關空品物聯網產業開展計畫中各部會之 108、109 年計畫書及經費需求

專案辦公室亦協助部會多次回覆審查委員意見及調整計畫書內容，依據行政院科技會報辦公室之審查會議結論資料，彙整分項二各工作計畫之 106-109 年之分年經費與總經費如表 6-6 所示。

表 6-6、空品物聯網產業開展計畫-各部會工作項目及經費規劃

單位	工作項目	總經費 (千元)	分年經費(千元)			
			106 核定經費	107 核定 經費	108	109
經濟部(技術處)	研發 PM _{2.5} 感測元件技術 (106~107) 研發 CO 感測元件技術 (107~109)	164,808	24,808	40,000	50,000	50,000
經濟部(工業局)	建立空品物聯網產業橋接機制及鼓勵廠商發展空品感測元件	115,000	10,000	35,000	35,000	35,000
中研院、教育部	推動校園社區場域布建實證、促進全民參與	29,427	2,927	10,000	8,000	8,500
科技部(工程司)	研發 AQI 氣體感測元件	73,000	5,000	23,000	27,000	18,000
科技部(自然司)	建構空品分析及預報模式	144,450	30,650	39,800	37,000	37,000
科技部(國網中心)	建立空品物聯網運算服務營運平台	35,450	2,250	9,200	12,000	12,000
科技部	固定污染源成分連續自動監測實驗	0	0	0	(將在其他計畫中執行)	(將在其他計畫中執行)
科技部(自然司)	環境品質對民眾社會經濟福祉影響研究	0	0	0	(將在其他計畫中執行)	(將在其他計畫中執行)
行政院環保署	空品物聯網專案辦公室	30,000	0	10,000	10,000	10,000
總計		592,135	75,635	167,000	179,000	170,500

(三)106年計畫執行成果彙整

本專案辦公室亦配合行政院科技會報辦公室及科技部之要求，彙整 106 年計畫執行成果，經盤點 106 年主要計畫工作如下：

1. 發展空氣品質感測元件及模組國產化

(1) 研發 PM_{2.5} 感測元件技術(光學散射及 QCM 感測元件開發)。

(經濟部技術處)

(2) 研發 AQI 氣體感測元件。(科技部工程司)

- (3) 建立空品物聯網產業橋接機制及鼓勵廠商發展空品感測元件
(經濟部工業局)
2. 強化場域布建及實證
推動校園及社區等場域布建及實證，106 年布建 600 點。(教育部委託中央研究院執行)
3. 建構空品分析及預報模式
 - (1) 發展高解析度空品傳輸分析及預報模式。(科技部自然司)
 - (2) 建置空品數值分析及預報模式專用運算與儲存環境(科技部國網中心)
4. 建立空品物聯網運算營運平台(科技部，國網中心)
 - (1) 建立空品物聯網運算服務營運平台。提供空品資料介接、保存、管理。
 - (2) 建置空品分析、推估運算環境。
 - (3) 建立空氣品質相關資料彙整與管理平台，以網頁及 API 方式提供服務。

重大計畫效益如下：

1. 空氣品質感測元件模組國產化，建立自主感測技術能量。
2. 進行校園及社區等場域空氣品質感測器布建實證，結合環境教育及擴大民眾科學參與，達到公私協力、民眾有感。
3. 建構空品分析及預報模式，精緻預報尺度提供智慧應用。
4. 建立空品物聯網運算營運平臺，健全資料服務體系。

(四)其他交辦工作

專案辦公室協助完成之相關交辦工作彙整如表 6-7，包括 6 月時提供發明專利侵害分析報告_氣體偵測警報系統-專利證號 I301539 研析初稿，供環保署內長官參考。

表 6-7、專案辦公室協助完成相關交辦工作

時間	工作摘要
107.05.24	1.完成中研院 FY106~FY109 布建/汰換、社群布建感測器之地點、數量、及完成日期資料調查 2.協助確認使用經費來源與 FY106 布建感測器型號

107.06.08	協助署內回復行政院科技會報辦公室之 106 年度空品物聯網產業開展計畫各細部計畫績效評估報告
107.06.15	協助署內回復行政院科技會報辦公室 108-109 年分項一、分項二「建構民生公共物聯網計畫之書面審查意見」
107.06.24	提供發明專利侵害分析報告_氣體偵測警報系統-專利證號 I301539 研析初稿
107.07.17	協助彙整完成前瞻基礎建設計畫規劃與執行統計表-數位建設工作內容摘要
107.07.31	協助彙整完成「106 年度中央政府科技研發績效」報告
107.08.28	協助完成 107 年環境品質感測物聯網推動及專案管理計畫進度報告意見回覆

專案辦公室於督導、聯繫、協調分項二各部會計畫事宜工作上，除於每月/每季例行工作業務上已建立數個推動工作 SOP，並依政委及署內長官指示，協調確認分項二各部會計畫推動之 109 年 Endpoint，與 107、108 年各階段之 milestone，後續專案辦公室將依規劃內容，持續掌握各部會之工作進度，亦協助跨部會間的溝通與合作，以期望能讓最終分項二計畫成果能提供環保署參考使用，目前各部會均依規劃進度執行中。今年度另一重要工作，即是協助研提 108、109 年計畫書申請前瞻計畫經費，經專案辦公室多次彙整修改計畫書內容及回覆審查委員意見，已收到行政院核定之計畫經費，除科技部經費略有調整外，其餘均依原提案經費通過。

6.3 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

此項工作之整體規劃如下圖 6-11 說明，先透過政委會議確認分項二空品物聯網開展計畫中各部會之 109 年 Endpoint 及其 Roadmap 規劃，從中找出各子計畫之關鍵工作項目與時間點，再從每月進度追蹤及子計畫工作會議中，了解進度概況，並發掘可能的問題，提出預警分析供環保署長官參考。同時，專案辦公室亦將參考部會執行進度狀況，依需要召開專案進度討論會議，請專責部會報告工作規劃進度，例如 1070328 召開空品物聯網產業開展計畫之空氣感測元件產業推動作法討論會議。針對有進度落後之

情形者，再研提建議做法供環保署長官參考，以期望各計畫成果除了可符合政委要求，亦能串接提供給環保署內參考使用。至於細節推動作法，已整併於前項「(三)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」之相關工作項目中，此處不再贅述。

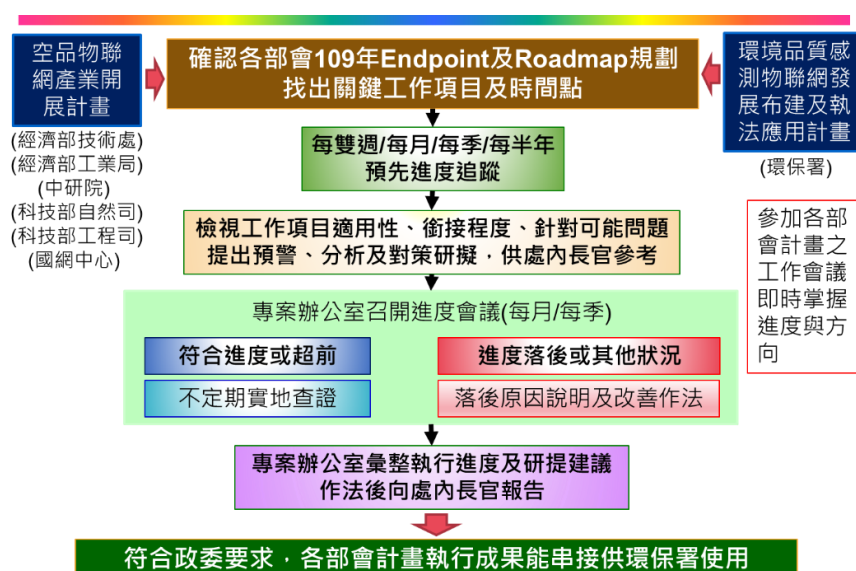


圖 6-11、工作之整體規劃

空品物聯網專案辦公室參與部會相關會議內容如表 6-8，透過多次與部會溝通論，除協助部會計畫順利執行，並能促進部會間與環保署的溝通聯繫，以期部會最終執行成果可供環保署參考利用。

表 6-8、專案辦公室參與協助之相關會議工作內容

時間	會議名稱	會議地點	與會人員	會議(討論)摘要
107.03.28	空氣感測元件技術發展討論會議	環保署 2 樓預報室	環保署：張順欽處長、王嶽斌副處長、陳玉玫科長、陳佳沛技正 專案辦：陳范倫、陳家磐、蔡志成	1.請經濟部技術處及研發團隊再思考感測器量產時程提前之可能性 2.經濟部團隊須力求 $PM_{2.5}$ 感測元件較現有市售產品更好，同時滾動式檢討
107.06.08	技術處 500 台感測模組去處溝通討論建議說明	電話溝通	技術處：卓至元、中研院：荊輔翔、 專案辦：蔡志成	500 套感測模組，主要提供給中研院於校園或民間布建使用，其餘少部分於環保署標準測站旁，進行長期比對測試
107.07.30	空品物聯網產業開展-研	南創園區	專案辦：陳一誠、蔡志成	$PM_{2.5}$ 感測模組及系統在市面上已有不少商品化成品，其

時間	會議名稱	會議地點	與會人員	會議(討論)摘要
	發 PM _{2.5} 及 CO 感測元件技術(期中審查會議)			中感測元件甚多使用中國製元件，本計畫應提出具競爭力的解決方案，以使我國產業界成為具有競爭力的後進者。
107.04.17	空氣品質分析與預報模式發展討論會議	環保署 2 樓預報室	環保署：張順欽處長、王嶽斌副處長、陳佳沛技正、蔡宜君等 專案辦：陳范倫、王順輝、蔡志成	1.有關污染物濃度預報，建議科技部除 PM _{2.5} ，亦可增加 PM ₁₀ 、O ₃ 2.預報或預警系統的產出更新頻率參考環保署需求提供
107.04.25	「空品物聯網產業發展策略及分析預報模式整合規劃」檢視會議	科技大樓 4006 會議室	環保署：張順欽處長、王嶽斌副處長、陳玉玫科長、陳佳沛技正 專案辦：陳范倫、蔡志成	1.經濟部再強化感測器研發及產業化之整體布局 2.分析預報模式之整合，須以成立公司並面向產業及國際競爭為目標
107.08.06	空氣盒子資安檢測報告(LTE)/(WiFi)溝通討論會議	長安大樓 8 樓	TTC：王慶豐 資策會、柏昇公司、訊舟公司 專案辦：陳范倫、蔡志成	1.經受測單位(柏昇公司)說明受測產品之產品定位(簡易微型空氣品質感測器)、用途(提供空品資料 open data，非用於環境稽查工作)，並與檢測單位密切溝通後，原檢測報告所提及資安疑慮部分已解除，TTC 另於 10 月 5 日提供第 4 版無資安疑慮檢測報告。 2.經受測單位(訊舟公司)說明受測產品定位、用途，並與檢測單位密切溝通後，原檢測報告所提及資安疑慮部分已解除，TTC 另於 8 月 17 日提供第 2 版無資安疑慮檢測報告

今年度一個重要工作，即是微型感測器的資安問題，由於空品感測核心元件目前多來自中國，其傳輸內容是否有資安疑慮，政委指示應進行相關產品的資安檢測。專案辦公室遂協助進行相關資安檢測作業：於 107 年 4 月將分項一環保署及分項二中研院之空氣品質感測器/空氣盒子，送財團法人電信技術中心(TTC)檢測，檢測結果經 107 年 8 月 6 日專案辦公室召開 2 場溝通討論會議(柏昇 LTE 與訊舟 WiFi 分別召開)，及後續持續協助雙方密切溝通聯繫後，最終協助讓兩家公司感測器均無資安疑慮(均無紅字)。

6.4 規劃空品物聯網一站式服務中心或推廣中心之運作方式，以利產官學研民交流情資，創造跨專業領域結合機會，及訂定問答集並辦理必要之宣傳工作

一、空品物聯網一站式服務中心

(一)於台北市長安大樓成立專案辦公室，建立一站式服務中心據點。

(二)透過與廠商間的拜訪交流互動，提供廠商所需一站式服務。拜訪廠商包括：遠傳電信、中華電信、富鴻網公司、匯資科技、Honeywell 等，彙整廠商重要看法及產業發展建議如下：

1.廠商對於空品物聯網未來應用領域，初步建議三個發展方向：(1)室內空氣品質感測、(2)工業區的稽核或搭配工廠內自動化(空氣品質管理)、(3)移動污染源的監測。此外，參考其他市場分析資料，健康醫療及車聯網，是目前物聯網產業較為看好的應用領域，如何與空品感測器串連?國外有哪些應用案例?是後續專案辦公室要再深入探討分析之處。

2.電信業者因目前所處主力電信市場已飽和，會積極向外開拓新應用領域市場。另有廠商認為空品物聯網產業的發展重點在於感測器及營運平台(含資料處理分析)兩大塊，不論是哪個應用領域都需要。

(三)召開空氣品質物聯網產業聯盟推動座談會

專案辦公室為推動一站式服務中心，以利產官學研民交流情資，創造跨專業領域結合機會，並凝聚產業發展共識，於 107 年 10 月 19 日（星期五）假台北市和平東路二段 106 號(科技大樓)4 樓 4002 會議室，召開空氣品質物聯網產業聯盟推動座談會。邀請產學研各界代表與會，其中包括：(1)14 個縣市微型感測器布建得標廠商：遠傳電信、亞太電信(富鴻網)、昱山環境、振興發科技、中華電信、捷思環能；(2)空氣盒子/感測器：匯資科技、工研院微系統中心、Honeywell、國研院儀科中心、維新應用；(3)資料處理分析：科技部自然司研發團隊、(4)系統整合 SI 廠商：大同世界科技公司。會議議程規劃如下：

時間	議程	主持人/講者
13:45~14:00	報到	
14:00~14:05	主席致詞	工研院 產科國際所 曹永暉總監
14:05~14:20	國內外空氣品質物聯網推動 概況說明	工研院 產科國際所 王順輝副研究員
14:20~14:50	政府相關計畫成果分享 一、高解析度空品分析及預 報模式發展計畫 二、空氣品質預警應變資訊 平台發展 三、國產自主化 PM _{2.5} & CO 感測器技術介紹	中研院 周崇光老師 中興大學 莊秉潔教授 工研院 微系統中心 王俊堯組長
14:50~15:00	政府現有補助計畫資源說明	工研院 產科國際所 蔡志成研究員
15:00~15:50	綜合討論	與會成員
15:50~16:00	會議總結	

經與會產學研專家熱烈討論後，綜整相關建議如下：

1. 地方政府對於污染源的傳輸(境外)及預報等也很重視，只是空氣污染源的判斷與擴散難度很高，後續在數據分析應用方面，希望與老師多合作。
2. 希望專案辦公室協助提供一些物聯網民生應用的產業分析或案例，因為未來較大的市場會是在民生應用領域，也可供國內業者在海外輸出時參考。
3. 發展空污預測模式，同時用英國與國內的氣象及空污資料進行模式預測，發現國內 Open Data 的 quality 問題，不論是 data format 或是直接使用度都可以再加強。
4. 希望國內能有好的 sensor 產品及具競爭力價格可直接採購。

後續並持續與廠商互動，包括協助安排遠傳電信的李浩正資深顧問於 107 年 12 月 13 日至環保署，報告空品預測模式的研究成果；並與民生公共物聯網產業聯盟(彭啟明總經理)進行聯繫，以推動我國空品物聯網產業

發展。

二、訂定空品物聯網問答集

目前已依環保署要求，完成供環保署內部參考之空氣品質物聯網相關 Q&A，內容共分為六大類，分別是：「技術開發」、「感測器布建」、「感測器執法」、「產業推動」、「預報及預測模式/資料平台」及「其他/綜合」，共計 32 個題目及預擬回答。後續將依環保署要求持續更新 Q&A 內容。

三、辦理相關宣傳工作

參與新南向市場的海外推廣活動，包含 107 年 7 月在越南、107 年 8 月在泰國以及 107 年 10 月在馬來西亞舉辦的臺灣形象展等，以強化環境物聯網在國際間的推動，目前已完成 3 場次臺灣形象展的參與，並視展示成效以越南為主，泰國與馬來西亞為輔，敘述如下。

(一)、展覽簡介

有鑑於新南向國家面臨經濟與工業的高速發展，必須同時減少對環境的衝擊，因此衍生了對於空氣品質、環境監測、淨水、廢水處理以及廢棄物處理等龐大商機。而配合政府新南向政策協助臺灣企業拓展東協與南亞市場，此次由中華民國對外貿易發展協會主辦的新南向臺灣形象展，總計在印尼(3 月)、印度(5 月)、越南(7 月)、泰國(8 月)以及馬來西亞(10 月)等五國展出，以結合我國產業優勢，協助臺灣廠商產品順利拓銷至新南向市場地區(2018 年臺灣形象展 EDM 如圖 6-12 所示)。而本計畫此次配合主辦單位的報名期程，依序報名了 7 月越南、8 月泰國以及 10 月馬來西亞之活動。



圖 6-12、2018 年臺灣形象展

以 7 月的越南臺灣形象展而言，越南為臺灣廠商設廠投資的重點國家，由於越南政府對環保法規的日趨嚴格，對於廢水及廢棄物處理、環境監測以及廢棄物再利用等需求高，因此是國內企業可切入越南市場的機會。而現階段越南空氣污染更已造成嚴重的健康與環境危害，這些污染來源包含：汽機車使用的日漸增加、農業焚燒、燃煤電廠、水泥以及鋼鐵等重工業所造成的影響。

過去由於越南缺乏空氣品質的相關規定，許多民眾亦不了解空氣品質指數(AQI)，更缺乏減少或監測空氣污染的有效解決措施。因此 2016 年 6 月越南政府啟動了至 2020 年並展望 2025 年的國家控制空氣品質行動計畫，目標是監測排放量，透過制定更多解決空氣污染的方案，如空氣監測站設置等，來改善空氣品質。

(二)、參展主題

臺灣從 2017 年開始有環境物聯網的誕生，能透過環境智慧聯網，協助達到智慧稽查與智慧治理的目標，因此透過臺灣環境物聯網經驗與模式的整體輸出，能有效協助越南當地的布建，包含相關產品、技術以及服務等，也能使當地民眾有感。

此次展區分別位於越南、泰國以及馬來西亞臺灣形象展之綠色產品形象館專區，並以三家企業籌組成 Taiwan A-TEAM 團隊(包含柏昇企業的空

氣品質感測器、卡米爾的環境數據智慧化分析以及宸訊科技的空品監控戰情平臺)的方式聯合參展，其主視覺如圖 6-13 所示，代表環境物聯網是由小至大的布建，從家庭至社區，工廠至工業區，整個智慧城市即可由社區與工業區建構而成，透過層層布建帶來分級防護的概念。



圖 6-13、「環境物聯網」主視覺

目前臺灣企業擁有成熟的技術，從研發、布建、分析至呈現均能提供全方位的解決方案，加上已有實際的布建經驗，因此透過 Taiwan A-TEAM 團隊希望能讓越南當地無論政府單位、產業企業以及一般民眾等，帶來有感服務，藉由環境監測產品與技術服務，協助改善空氣污染問題(圖 6-14 依序為柏昇、卡米爾以及宸訊科技的 EDM 簡介)。



圖 6-14、柏昇、卡米爾以及宸訊科技 EDM 簡介

(三)、展區規劃

此次展覽與論壇舉辦地點，分別在越南西貢會展中心 Saigon Exhibition & Convention Center (SECC)、泰國曼谷國際貿易展覽中心 Bangkok International Trade & Exhibition Center 以及吉隆坡會展中心 Kuala Lumpur Convention Centre (KLCC)，並大致區分為形象區與產業區兩大專區，其中形象區包含台灣精品館、臺灣綠色產品形象館、臺灣智慧城市館、臺灣健康產業形象館、臺灣新創電商館、臺灣觀光形象館以及臺灣珍珠奶茶館等，產業區包含運動健康區、美妝美容區、家居生活區、電子資通訊區、機電設備區、農產食品區、環境科技區以及教育及工商服務區等。

環境物聯網 Taiwan A-Team 團隊即座落於臺灣綠色產品形象館(三場次展區採相同設計，如圖 6-15 所示)，現場展示了環境物聯網空氣品質感測器、環境數據智慧化分析技術以及空品監控戰情平臺，並透過國際版微電影、三家企業簡介 DM 以及環境物聯網整體解決方案簡介 DM 作為廣宣。



圖 6-15、環境物聯網 Taiwan A-Team 專區

(四)、展覽紀實

此次報名參加的三場展覽，也可視為環境物聯網進入新南向國家前的初步市場調研，以當地企業與專業客戶的詢問度而言，仍以越南其詢問的專業對象最多，例如：越南臺灣形象展開展的第一天，開展當天上午即有越南當地的 CAMIX 公司前來 Taiwan A-Team 攤位洽談，越南 CAMIX 公司為廢水處理的廠商，因為未來也會有空氣品質監測的需求，因此特此前來了解臺灣團隊的技術與經驗，並交換了名片，後續可持續技術交流與合作(如下圖所示)。下午也有另一家代理商前來了解臺灣的物聯網產品，此代理商為 PHA VIET NAM TECHNOLOGIES DISTRIBUTION JSC，專營包含

智慧建築、環境、醫療、工廠以及城市等項目，前來了解有沒有代理的機會，尤其是空品感測器與環境物聯的整體解決方案(如圖 6-16 所示)。



圖 6-16、越南 CAMIX 公司與智能產品代理商

而專區展示部分，亦有越南電腦公會會長前來了解臺灣布建的情況與點位，經了解越南電腦公會會長本身擁有兩家公司，並管理越南某工業區，因此特地前來了解臺灣的環境物聯網建置情形，對於未來在越南當地布建將更有助益，畢竟環境物聯網牽涉到當地選址、感測器布建、當地通信網路、智慧數據分析、數據視覺化呈現以及治理決策等，有了當地單位做為橋樑，後續環境物聯網在越南的示範建置才能順利開展(如圖 6-17 所示)。

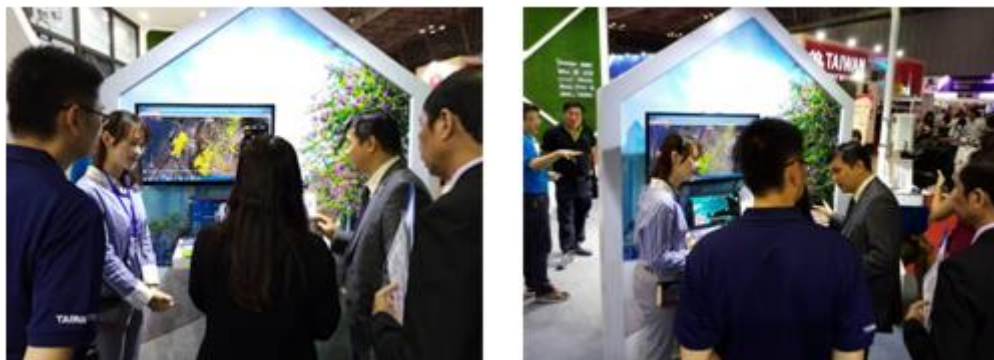


圖 6-17、越南電腦公會會長參觀展區

泰國與馬來西亞臺灣形象展雖然也有客戶詢問，但以一般民眾居多，當地企業與代理商較為少數(如圖 6-18 所示)，經團隊現場了解與洽談後，雖然暫無合作的空間，但仍作為潛在客戶對象，持續追蹤。而泰國與馬來西亞或其他尚未推廣觸及的國家，其對於環境物聯網的市場需求雖暫時不明，但 Taiwan A-Team 團隊仍會持續進行廣宣，待未來有相關產業需求，即適時切入。



圖 6-18、泰國與馬來西亞民眾、當地企業以及代理商交流

Taiwan A-Team 團隊旗下的三家企業，過去對於新南向國家地區的拓展較為陌生，藉由此此次越南、泰國以及馬來西亞臺灣綠色形象展，目前已

與 2 個代理商(越南與泰國)與 1 個在地企業(越南)以及 1 個官方單位(越南)進行合作交流。透過與當地業者或其他單位對象的洽談，仍初步評估越南較適合作為環境物聯網布建的示範場域，但由於布建是提供整體的解決方案，並非感測器送到安裝即可，尚需在當地完成許多連網與後端測試，因此適宜分階段逐步完成布建。

本團隊於 11 月 2 日(五)~11 月 3 日(六)前往印度參訪，主要辦訪印度國家環境監測中心及 CSIR 環境感測器實驗室；拜訪印度國家環境監測中心(Rajasthan State Pollution Control Board)如圖 6-19，討論於 Jaipur 國家測站附近布建空氣品質感測器之可行性。副主任 Dr. Vijai Singhal 表達歡迎並樂見台灣環境物聯網之應用成果可以驗證於 Jaipur 城市。

拜訪 CSIR 環境感測器實驗室如圖 6-20，該實驗室因應 CSIR-ITRI 之合作協議下成立，目的在協助台灣已研發並應用之環境感測設備，於印度智慧城市布建之可行性。實驗室主任 Dr. Ram Prakash 希望台灣-印度雙方可以相互合作，共同研發。除了將台灣環境物聯網已布建之設備在 Jaipur 驗證外，也希望驗證後可以廣布於 Jaipur 城市，當成智慧城市實際應用成果，並擴散到全印度智慧城市情境。

亦順利完成 3 個感測設備之布建工作，監測項目包含：PM_{2.5}、PM₁₀、O₃、NO₂、VOC、溫度、濕度..等，驗證期間約 3 個月，雙方團隊將收集國家監測站數據及感測器數據進行分析，驗證未來印度場域布建之可行性，成功將國內環境物聯網感測器應用於印度智慧城市布建。



圖 6-19、與印度國家環境監測中心討論合作布建



圖 6-20、至國家監測站附近進行布建

6.5 建立物聯網產業聯盟資訊，蒐集及整理業者環境品質物聯網開發情形。另鏈結國內物聯網公協會及產業，組成交流平台

專案辦公室規劃一網頁架構如圖 6-21，主要包含：首頁、我們所做的、產業聯盟交流平台、市售感測商品、計畫夥伴及出版品等 6 大項目。

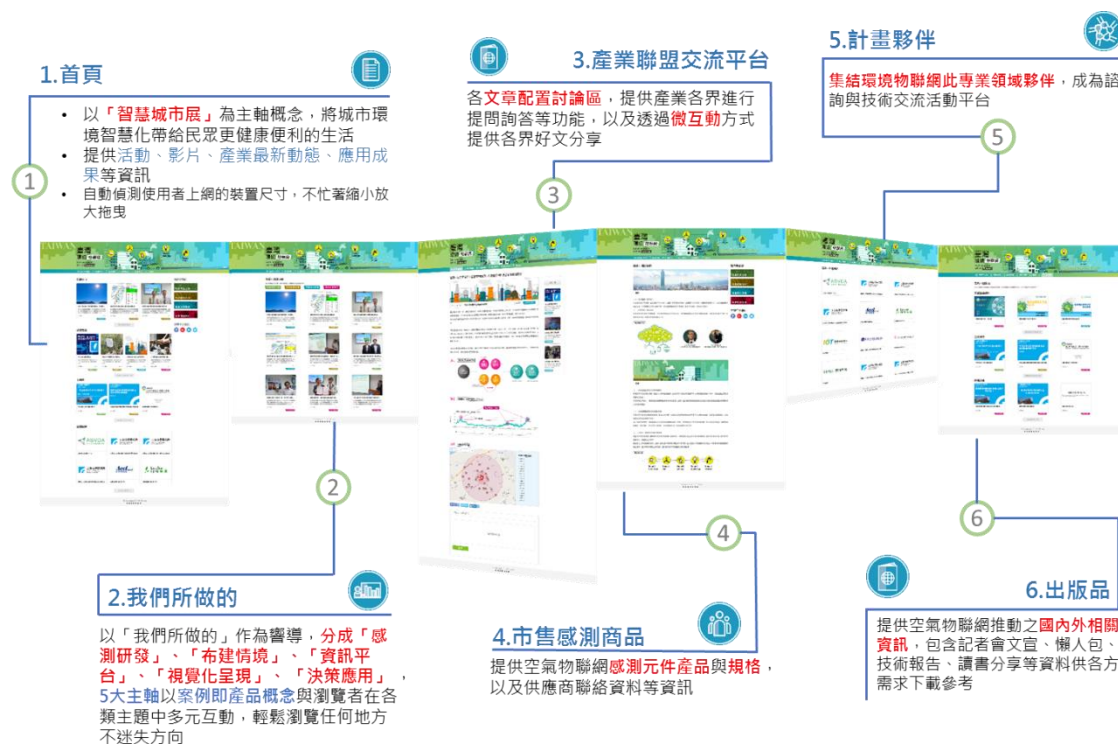


圖 6-21、空品物聯網網頁設計架構

一、國內物聯網產業聯盟資訊與差異分析

就幾個國內物聯網相關的聯盟與協會進行彙整(如表 6-9 所示)，其中包含：亞洲矽谷物聯網產業大聯盟(ASVDA)、台灣智慧城市產業聯盟(TSSA)、台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)、台灣雲端物聯網產業協會(Cloud Computing Association in Taiwan)以及台灣物聯網協會(TIOTA)等八大產業聯盟，近年來各聯盟協會已由初期的基礎架構技術交流，發展至串聯產業上、中、下游供應鏈並進軍國際為導向，而各聯盟簡介與涵蓋領

域彙整表所示。

表 6-9、八大產業聯盟簡介與涵蓋領域

項次	八大產業聯盟	簡介/宗旨目的	涵蓋領域
1	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
2	台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 ■智慧建築 ■智慧創新
3	台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
4	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

項次	八大產業聯盟	簡介/宗旨目的	涵蓋領域
5	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
6	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
7	台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)台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
8	台灣物聯網協會	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)

以聯盟專屬領域分類分群，其中台灣物聯網產業技術協會傾向於半導體、車輛以及醫療等產業，以推動產業技術規格標準與兩岸和國際交流活動為主。而亞太電信物聯網聯盟則以 LoRa 網路傳輸技術，進一步應用至居家生活甚至是穿戴式裝置。物聯網智慧感測產業聯盟、台灣雲端物聯網產

業協會以及台灣物聯網協會則偏向軟硬體(設備與平台等基礎架構)間的技術交流。最後包含亞洲矽谷物聯網產業大聯盟、台灣智慧城市產業聯盟以及亞洲物聯網聯盟三者的發展均以智慧城市為目標，涵蓋層面也較廣，項下包含工、商、農、醫療、家庭以及建築等不同行業別，但僅最新成立的亞洲矽谷物聯網產業大聯盟領域有涉及到環境監控(智慧生態範疇，包含水源監控與環境監測)，其八大產業聯盟差異分析如圖 6-22。107 年度將持續更新國內相關物聯網產業聯盟資訊，達到彼此交流學習與擴大產業效益的目的。

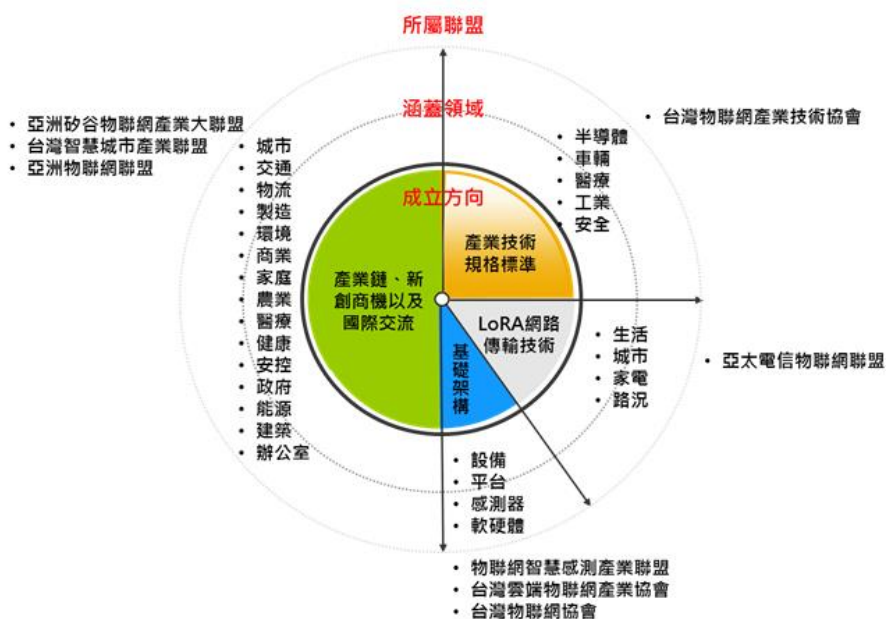


圖 6-22、八大產業聯盟差異分析

6.6 蒐集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

本計畫已蒐集包含英國、荷蘭、美國、日本以及韓國等國外與物聯網相關的計畫，今(107)年度亦將持續蒐集並更新各國間的最新發展進程。而因智慧城市或智慧城鄉，可視為地方政府、社群利用科技提升生活品質的方式，環境物聯網更可視為智慧城市的一環，協助城市治理，更有效率的進行環境治理與各種污染控制。

綜觀各國與物聯網相關計畫其演進與推動歷程，均有短、中、長期的布局策略，但仍與相關技術等基礎設施的建構、相關監測網絡的全面布建、相關資訊的蒐集與公開以及相關聯網整合後的創新應用等環環相扣，而進一步與我國計畫推動相比，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，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，進而衍生創新應用服務等劣勢。因此從環境物聯網發展的策略定位來看，目前定位已居於萌芽期邁向成長期的階段，我國物聯網產業更已從基礎建設躍升至平臺整合為導向，未來需以更成熟的應用服務為發展定位目標(如表 6-10 所示)，才能使服務模式更加多元。

表 6-10、環境物聯網的發展定位

產業生命週期	產業價值鏈		
		基礎建設	平臺整合
		基礎建設	平臺整合
		基礎建設	平臺整合
成熟期			未來定位
成長期			
萌芽期	目前定		

有關國內外物聯網現況研析之研究架構如圖 6-23 所示

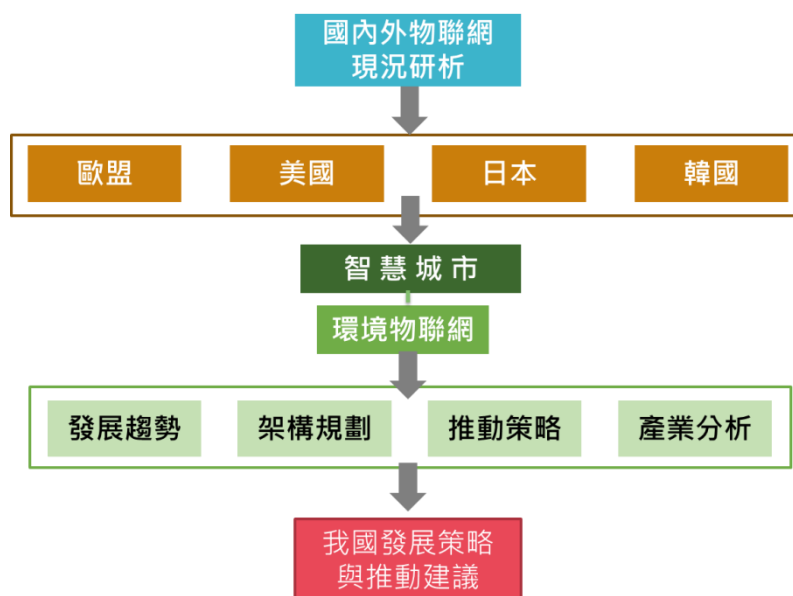


圖 6-23、國內外物聯網現況研析之研究架構

一、先進國家空氣感測物聯網現況研析

本計畫針對空氣環境監測應用研究，研析美國與歐盟近年來相關研究重點。首先：

(一) 美國環保署積極與研究機構、工業界和新創公司等合作，研究新一代空氣監測技術圖 6-24。，包括以下幾個方面：

- (1) 空氣污染感測器與應用程式方面：工業企業、研究機構與新創公司正開發和利用的可攜式、低成本傳感設備技術。
- (2) 汽車監測技術方面：研究致力於探索安裝在汽車上的空氣污染監測設備技術。
- (3) 被動監控方面：研究透過布建在多個位置用來監測工廠污染物排放集中區域的低成本的技術。
- (4) 環境空氣品質標準的參考方法方面：探討滿足國家環境空氣品質標準需求的空氣品質監測方法。
- (5) 衛星監測方面：使用衛星技術提高空氣品質管制活動，包括空氣品質預報、排放估計和空氣品質對人類健康的影響評估。
- (6) 資料融合方法方面：聚焦整合監測資料的科學模擬結果，縮小監控網路時空差距。



圖 6-24、美國環保署近年空氣感測技術研究重點

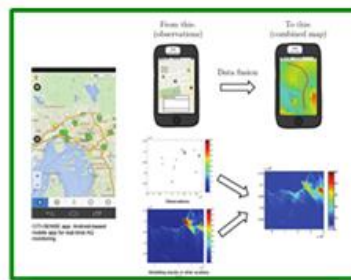
(二) 歐盟 Seventh Framework Programme (FP7)：是歐盟研究與技術發展計畫，也是歐盟資助歐洲科學研究的主要工具，其目的是促進歐洲科學技術的開發合作，應對就業需求、競爭力和生活品質問題。主要關注領域包括健康、食品農業與生物技術、資訊與通訊技術、奈米科學與新興生產技術、能源、環境（氣候變化）、交通、人文社會科空間、安

全 10 大類。挑選近年來與空氣品質監測相關計畫進行研析，圖 6-25 及圖 6-26。

- (1) CITI-SENSE 計畫：始於 2012 年，為期 4 年。由挪威研究機構 NILU 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。
- (2) CARBOTRAF 計畫：始於 2011 年，為期 3 年。由奧地利研究機構 AIT 主導，參與機構涵蓋比利時、英國等多個國家。計畫開發了一個即時交通控制決策支援系統，通過視覺感測器、空氣品質感測器採集到的交通場景及環境質量數據，結合其他資料來源形成標準化的資料庫，並根據交通污染情況實施動態的交通控制措施。該方法將可有效控制 CO₂ 及碳黑的排放量，從而減少交通污染物排放對空氣品質的不良影響。



整合型感測器: CO + NO₂ + O₃



使用資料融合方法，動態呈現空氣品質

圖 6-25、歐盟 FP7 CITI-SENSE 計畫研究重點



圖 6-26、歐盟 FP7 CARBOTRAF 計畫研究架構

二、國際應用案例研析

(一) Aclima(美國)：

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、O₃、CO、CO₂、VOC、CH₄、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 6-27。藉由導入 AI 技術之環境智能移動平台，能收集傳動固定測站所無法覆蓋之環境資料，並即時監控並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)。

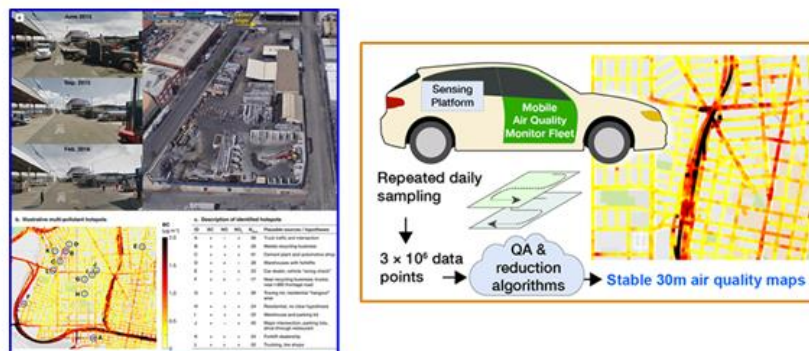


圖 6-27、Aclima 與 Google 合作開發環境智能移動平台

(二) Tantalum (英國)：

因車輛排放廢氣中之 NO_x ，會影響兒童肺部發展，同時在倫敦每年約造成 6,000 人死亡。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，降低污染排放如圖 6-28。



圖 6-28、Tantalum 利用 IoT 與感測技術，提供決策參考與改善空氣質量

(三) Phoenix Robotix (印度)：

印度新創公司 Phoenix Robotix 成立於 2015 年，利用智能環境硬體與軟體平台，結合數據分析，即時監測空氣、水質等，提供環境物聯網解決方案。2017 年 9 月，與 Honeywell 合作，在印度城市 Rajkot 布署 50 個環境物聯網感測器，並結合 CCTV、ANPR 安裝於智能桿(smart poles)上，可監測 NO_x 、 SO_2 、 CO_2 、 CO 、 O_2 、Particulates、Temperature、Humidity、Ambient Light、Noise 等，經數據處理後，透過污染監測儀表板即時提供資訊給公民及相關利益者，圖 6-29。

即時環境智能分析可讓政府機關預測空氣質量，從而有助於決策，例如警告孩子、老人和哮喘患者等，以避免到戶外、並可讓市民和遊客採取預防措施，享受健康環境。政府單位亦可減少頻繁的實地考察。



圖 6-29、Phoenix Robotix 利用感測器、軟體平台結合數據分析提供環境物聯網解決方案

(四) Breezometer (以色列)：

以色列新創公司 Breezometer 成立於 2014 年，利用特有演算法與機器學習，結合大數據分析技術，提供即時空氣品質，並曾獲得 Top 2017 Global Cleantech 100 等多項肯定與認證。空品資料庫來自於多達 50 多個國家政府和其他來源所監測採集之數據，包含衛星、交通模式、天氣動力學、監測站以及 GPS 等數據，使用 BIG DATA 技術每小時驗證超過 1.6TB 的數據，產生 4.2 億個地理數據點，再透過使用機器學習技術的分散演算法執行 71 億個複合計算，預測空氣污染如何移動與散佈，並給予使用者建議，以及提供 Air Quality solution 給企業與政府。

應用領域涵蓋智能家居、天氣、汽車用戶、美容化妝品業、健康與健身等，主要客戶有：Dyson、CISCO、foobot、VEOLIA、HELLA、LIFEMAP 等，藉由提供即時空品資訊，替客戶提供加值服務，創造更多客源與收益，圖 6-30。

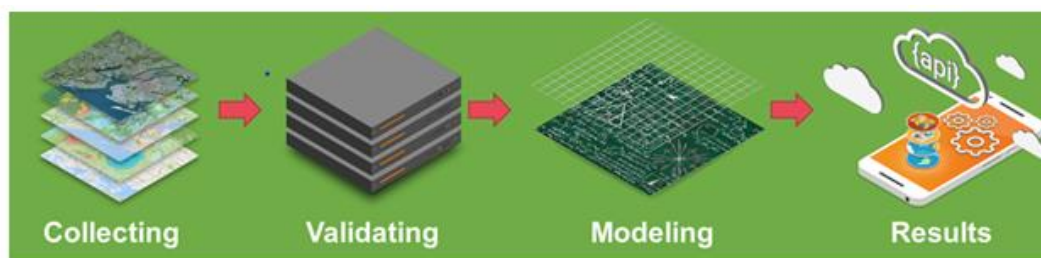


圖 6-30、Breezomete 利用演算法與機器學習技術，提供即時空品資訊並創造加值

(五)Infineon (德國)：

Infineon 與德國新創公司 Eluminocity 合作開發智慧路燈。Infineon 負責提供多年感測器、功率管理晶片與安全系統技術經驗，德國新創公司 Eluminocity 則提供 IoT 系統整合、數據分析與應用解決方案經驗，希望達到節能、啟動 IoT 基礎建設以滿足未來智慧城市需求。透過合作雙方可提供具備擴充感測器中樞、數據處理及連網的安全平台，該解決方案也善用現有基地台基礎建設，且未來也可支援到 5G 設備布建如圖 6-31。



圖 6-31、Infineon 與 Eluminocity 合作開發整合電動車充電站及多種環境感測器之智慧路燈

三、PM_{2.5} 與 CO 感測器優劣分析

本計畫針對經濟部技術處預計開發 PM_{2.5} 與 CO 感測器與國際主要廠商產品(低成本產品為主)進行比較,結果分別如表 6-11、圖 6-32 與表 6-12、圖 6-33 所示。可以發現：

- (1) 目前環境中 PM₁ 粒子漸受到國際關注,但市場上卻鮮少有商用 PM₁ 感測器,建議可做為臺灣日後研發重點之一。
- (2) 經濟部技術處開發之 PM_{2.5} 與 CO 感測器在初步成本上,有一定優勢,但仍需盡快訂出未來若大量生產時之售價,以評估競爭優勢;另外在 R² 的競爭力,均仍稍嫌不足。
- (3) 盤點商用 PM_{2.5} 與 CO 感測器之規格,發現幾無廠商有列出 Bias Error,建議此點與校正標準手法可列為未來空氣品質產業推動訴求賣點之一。

表 6-11、經濟部技術處預計開發 PM_{2.5} 感測器與國際主要產品規格比較

PM _{2.5} sensor	Price (USD)	Size (mm)	Weight (g)	Detectable Size range (µm)	Concentration range (µg/m ³)	R ² (Field)	R ² (Lab)	Bias Error (%)	LOD (µg/m ³)	耐用性 (月)
經濟部技術處	17 (Cost)	<15 × 10 ⁴ mm ³	<120	0.3~2.5	15~500	≥ 0.7	≥ 0.9	< 30% @ ≥15µg/m ³	≥ 5	> 12
Alphasense OPC-N2	450	75×64×60	105	0.38~17 µm in 16 size bins	0.1~1,500,000	PM _{1.0} : 0.63~0.82 PM _{2.5} : 0.38~0.80 PM ₁₀ : 0.41~0.60	-0.99	-	-	-
Dylos DC 1100	300	178×114×76	544	0.5~2.5 and 0.5~10	0~106 particles/cm ³	0.65 to 0.85	-0.89	-	< 1	-
Dylos DC 1700	400	178×114×76	544	0.5~2.5 and 0.5~10	0~106 particles/cm ³	0.65 to 0.85	-0.89	-	< 1	-
Novafitness SDL301	250	204×100×36	580	0.3~2.5 and 0.3~10	0~1000	-	-	-	-	-
Novafitness SDS021	35	42×32×24	-	0.3~2.5 and 0.3~10	0~1000	-	-	-	-	-
Plantower PMS 1003	20	65×42×23	-	0.3~1.0 1.0~2.5 2.5~10	0~500	0.82~0.93	0.69~0.99	-	0.72~10.5	36
Plantower PMS 3003	20	65×42×23	-	0.3~1.0 1.0~2.5 2.5~10	0~500	-	0.73~0.97	-	-	36
Shinyei PPD42NS	15	59×45×22	24	≥ 1.0	0~28 particles/cm ³	0.53~0.98	0.93~0.96	-	4.59~6.44	-
Shinyei PPD60PV	250	88×60×20	36	> 0.5	0~70 particles/cm ³	0.43	-	-	-	-
Sharp GP2Y1010AU0F	10	46×30×18	15	> 0.5	0~600	0.72~0.99	0.92~0.99	-	26.1~26.9	-
Sharp DNTC3CA007	30	53×40×51	53±7	2.5~5	25~500	-	0.98~0.99	-	-	-
Samyoung DSM501A	15	59×45×20	25	> 1.0	0~1400	0.07~0.46	0.58~0.97	-	4.28~11.4	-

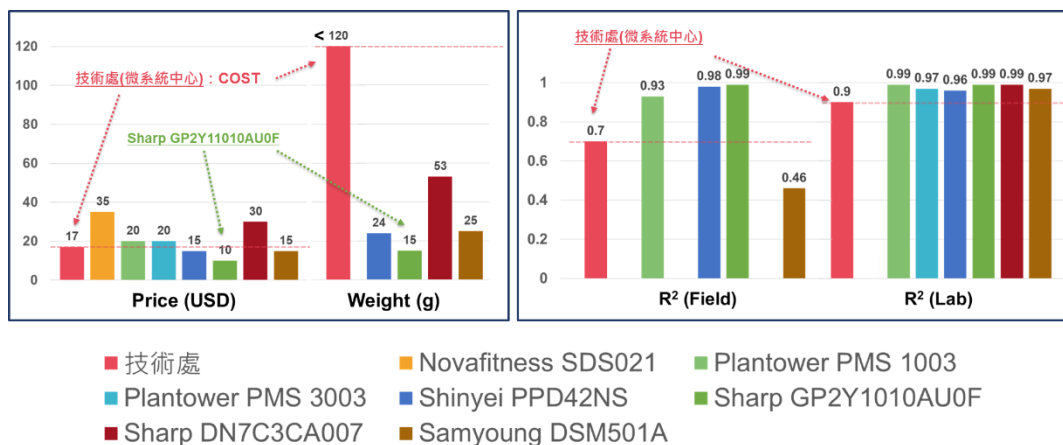
圖 6-32、經濟部技術處預計開發 PM_{2.5} 感測器與國際主要產品規格比較

表 6-12、經濟部技術處預計開發 CO 感測器與國際主要產品規格比較

CO sensor	Price (USD)	Size (mm)	Weight (g)	Concen. range (ppm)	R ² (Field)	R ² (Lab)	Bias (%)	Sensitivity	Stability (days)	Power consumption (mW)	LOD (ppb)	Type
經濟部技術處	< 10 (Cost)	3x3x1.4	< 0.1	0.1 ~ 200	≥ 0.7	≥ 0.9	≤ 50%	> 0.2 0.1% CO ₂ (typical) Log(0.1/0.05ppm)	Drift ≤ 50% @ > 90days	< 0.1 @ Pulse mode	100-	MOS
Alphasense CO B4	130	32.3x32.3x21	< 13	0-1000	0.53-0.87	≥ 0.99	-	420-650 nA/ppm at 2ppm CO	-	-	6.8 (18/21)	EC
Alphasense CO MMO	-	-	-	5-500	0.50-0.85	-	-	-	-	-	-	MOS
Spec Sensors Package 110-102	20	20x20x3.8	-	0.5-1000	0.84-0.90	-	-	4.75 ± 2.75 nA/ppm	-	0 mW @ 0 mV bias (10 to 50 uW)	-	EC
Figaro TGS-5042	20	50x20.9x14.1	12	0 ~ 10000	0.27-0.30	-	< ±10 ppm equivalent	-	-	-	-	EC
Figaro TGS-5141	15	7x14.3x15	2.5	0-5000	-	-	< ±10 ppm equivalent	-	-	-	-	EC
MICS-5525	12	11x11x24.5	-	1-1000	0.02-0.16	-	-	-	-	-	-	MOS
MICS-4514	10	5.5x7.5x2.75	-	1-1000	0.76-0.78	-	-	-	-	-	-	MOS

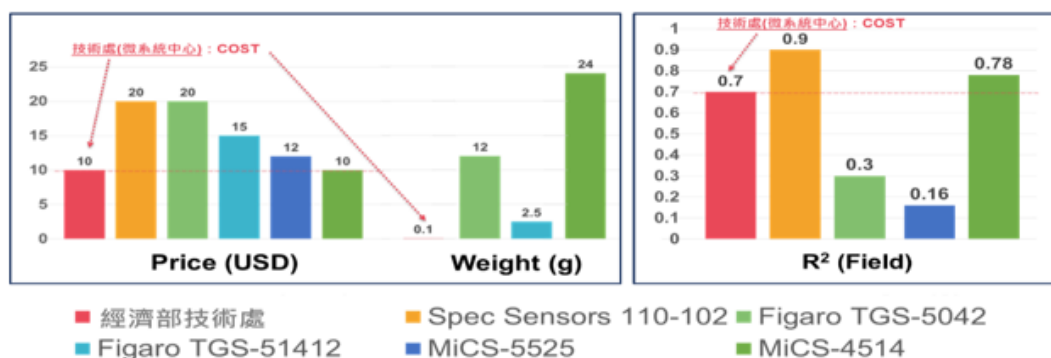


圖 6-33、經濟部技術處預計開發 CO 感測器與國際主要產品規格比較

四、空品物聯網計畫市場經濟效益評估

本計畫根據 GSMA (2018) 在討論「使用物聯網與大數據進行空氣品質」說明將空氣品質感測物聯網的價值鏈中空氣品質監測的參與者或經營者 (operator) 區分成網路服務者、資料提供者、應用平臺提供者及智慧服務提供者，其得知建置空氣品質感測物聯網的市場經濟效益評估，可以區分成空氣品質感測物聯網的硬體設備投資及空氣品質資料收集後與相關資料整合的資料分析與服務的純粹服務性分析。本團隊參考臺灣大學公共經濟研究中心進行空品物聯網計畫市場經濟效益評估報告得知，空品物聯網產業開產計畫，由設備製造、布建維運、數據平台及模式分析等效益評估，產業鏈總值達 3 億 2 仟 3 佰萬元。

6.7 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

在環境污染問題的驅策下，可望加速氣體感測器龐大應用商機成形，未來氣體感測器可望導入穿戴裝置、手機、空氣清淨機、恆溫器、視訊監控、車載安全系統...等載具，以不同面貌遍布於未來之物聯網(IoT)世界。是以國內環境品質物聯網之應用情境不應侷限於環境品質執法監測範疇，更可多元應用於不同情境，以擴大市場並達到產業加值效益。根據現階段研析結果，研提加值應用方式大致可分為居家安全能源(過敏原/毒物偵測)、行車安全(車內空氣品質/酒精偵測)、工安&食安(氣體製劑外洩/食物鮮度偵測)、醫療安全(疾病檢測)、健康紀錄管理(新陳代謝/燃燒脂肪/呼吸偵測)、農漁業環境(種養殖環境監控)等六大應用範疇，如圖 6-34 所示。

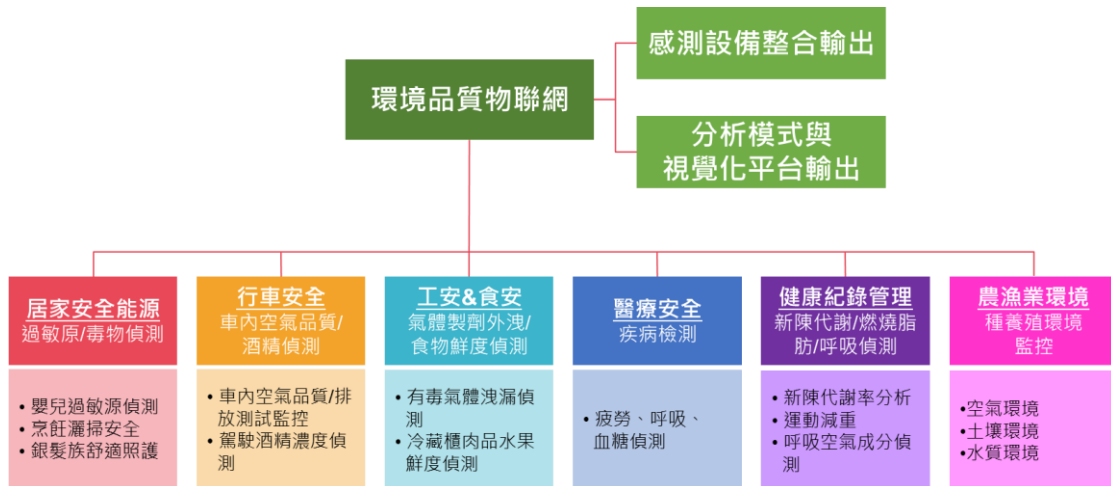


圖 6-34、環境品質物聯網之加值應用方式

以下針對上述加值應用介面作介紹：

1. 智慧居家建築感測應用

(1) 節能環保扮演智慧居家建築感測應用重要角色

智慧家庭建築通常可劃分為節能環保、安全安心、健康照護、便利育樂四大應用範疇(見圖 6-35)，其中節能環保又扮演著提升建築能效、降低家庭能耗、確保環境空氣品質的重要角色。近來隨著感知技術的持續進步、與國際大廠於系統載具的設計創新，已使節能環保應用下的智慧系統形態不斷推陳出新，由過去智慧電錶、智慧家電、智慧照明衍生出更多智慧恆溫器、智慧插座、In Home Display、智慧節能建築外層、無線空氣清淨監控機...等創新系統，進而帶動更多感測技術應用需求。



圖 6-35、 節能環保為智慧家庭節能感測應用重要環節

(2) 智慧居家建築節能環保感測應用趨勢

觀察未來智慧節能環保感測應用情境發展，大致可歸納成「非接觸式人機介面」、「在地設施環保偵測」、「廣域電力網路穩定」三大趨勢(見圖 6-36)。

「非接觸式人機介面」主要係指語音助理、3D 視覺等非接觸式感測近來大舉進入家庭對人機操控方式產生結構性改變，目前主要透過聲控或體感方式增加家電操作便利性，一旦感測與辨識技術發展更為成熟，將使所有居家嵌入式系統得以逐漸理解用戶能源使用行為進而建立回饋機制，帶動所有家用設備蛻變為具人工智慧特色的居家認知系統，並可隨時與住戶對話溝通同時動態執行用戶行為導向的節能策略。一旦此一境界成真，在可預見的未來聲控設備可望逐步取代現有家庭開關，進而免去建築大量佈線需求衍生的能耗負；更重要的，是未來居家設備將持續導入大量 MEMS 麥克風、3D 感測器...等非接觸式感測元件，帶動更龐大的人機交互感測方案商機。而除了用

戶主動進行的設備操控節能外，透過被動方式嵌入諸多紅外線感測模組於居家牆面與角落，藉此偵測住戶存在與進出狀態，進而適時調節空調照明維持節能舒適最佳化之方案，也是近來發展快速了另一重點感測應用技術。

「在地設施環保偵測」則進一步將範圍擴大到包含家庭的建築載體與公共空間，未來智慧恆溫器在此項應用的重要性可望進一步提升，為扮演好維持環境與節能條件平衡的角色，恆溫器未來有可能進一步整合前述聲控 / 視覺感測器與各種環境 / 動作感測器，形成居家環境節能狀態的偵測樞紐，將 HVAC、CO 探測器、TVOCs 探測器...等感測系統偵測資訊進行彙集，進而連結至雲端做大數據分析與節能策略擬定建議；此時預期也將衍生出更多溫濕度、環境光、色彩、氣體...等環境感測器需求。

「廣域電力網路穩定」將範圍由家庭 / 建築持續拓展到社區電網環境，包括社區變電、配電與用電系統，為能精準量測變壓器、配電盤、EC 馬達、PV 逆變器...等社區電力網路系統是否穩定，需要導入大量的電流 / 磁性感測器與霍爾感測器，以便在發生電力異常或有跳電 / 走火事故之虞時，可即時偵測進而啟動應變機制。

展望未來，可以預見在節能環保的大趨勢下，不論家庭、建築、社區皆將導入更多內藏智慧空氣品質分析功能的感測模組，而這些模組將以節點串連方式遍布在居家環境各角落，隨時因應用戶行為習慣為消費者執行節能策略於無形。而對感測器本身而言，則可能衍生出一種即插即用的全新智慧感測模組型態，依據消費者客製化需求，將不同環境品質、動作、聲音、影像感測器以可插拔方式之次模組型態，直接嵌入家庭、建築、社區的系統設備與各空間角落，藉此落實真正客製化的節能應用目標。而透過研發這類可插拔式感測模組，環境空氣品質感測也可望逐漸在節能環保應用場域扮演更重要角色，並刺激出

更多的市場商機。



圖 6-36、智慧居家建築節能環保感測應用趨勢

(3) Honeywell 智慧居家建築環境氣體感測應用案例

國際大廠 Honeywell 則主推氣體感測器以因應智慧家庭建築的環境偵測應用(見圖 6-37)，由於 Honeywell 集團擁有完整的 BEMS/HEMS (建築 / 家庭能源管理系統)系統整合與氣體探測器技術，加上其氣體感測技術層次已達消防等級，因此該公司近來企圖積極整合相關系統元件技術而大舉布局智慧家庭建築應用氣體感測方案。

Honeywell 主要著眼於居家環境空氣品質保護，透過導入各種電化學、氣象 / 催化燃燒、VOCs(揮發性有機物)...氣體感測器，藉此監測潛藏於居家場域的各種有害氣體，並透過與各家無線通訊及軟體數據分析業者建立夥伴合作關係，希望不只執行前端氣體成份濃度資料採集工作，還期待進一步將採集數據進行系統性分析，形成一集結感測、計算、傳輸、分析決策的整體解決方案，以此為該公司的建築設施管理產品方案進行功能加值。



圖 6-37、Honeywell 智慧居家建築環境氣體感測應用案例

(4) IAQ 室內空氣品質法刺激 VOCs 感測市場需求

除了OMRON、Honywell等國際大廠擬透過導入更多紅外線與氣體感測模組滿足更多住戶在智慧家庭建築的節能環保需求外，近來法規的推波助瀾也可望加速各項智慧感知方案的商機早日成形。

目前歐美諸多環保機構對確保未來居家建築之室內空氣品質已逐漸形成共識，並開始著手制定法規，除明確定義 IAQ(Indoor Air Quality) 係指建築結構與週遭之空氣品質，也針對污染物 / 污染源進行分類，將 CO、CO₂、臭氧等 TVOCs(全揮發性有機物) 具體列為有害氣體，並揭示好的空氣品質將成為未來設計新建築的重要考量因素。最後則希望透過法規導入進行規範，目前因應 IAQ 法規需求，除歐美先進國家較早起跑，包括日本、台灣等東亞國家也開始就室內 TVOCs 容許量訂定具體規範（日本 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、台灣 0.65 ppm），並進一步制定 ISO-16000-29 測試標準（見圖6-38）。

展望未來，可以預見當更多國家投入 IAQ 法規制定後，將進一步帶動更多獨立式與居家系統嵌入式氣體感測器百花齊放，並促使用戶購屋或建商推案時將導入氣體感測設備列入重要考量，進而驅動更大的氣體感測應用商機。



圖6-38、 IAQ 室內空氣品質法將刺激 VOCs 感測市場需求

(5) 智慧居家建築節能環保感測器應用市場可期

經由上述，可以得知智慧居家建築隨著人機介面應用條件趨於成熟、在地設施環境偵測 / 廣域網路穩定性需求持續提升、空氣品質法規強制導入...等要素驅動下，將在未來幾年刺激出強勁的感測器市場動能。

展望未來，整體智慧居家建築之節能環保感測應用產值將由 2016 年的 7.5 億美元快速成長至 2022 年的 18.23 億美元，2016~2022 年產值 CAGR 將達 19.4% 的高成長水準（見圖6-39）。再就感測器產品類別來觀察，影像 & 3D 感測與 MEMS 麥克風等視覺與聽覺感測器，將隨著聲控 / 體感等非接觸應用快速普及在應用比重與成長速度領先群倫，市場佔比預計將由 2017 年

的 29% 成長至 2022 年的 40%。其次電流、IR、氣體感測器在應用滲透率與市場成長率也將緊迫在後，三者合計市場佔比預計將由 2017 年的 18% 成長至 2022 年的 30%，總計五大感測器市場佔比於 2022 年將達 7 成水準，成為規模與成長性最受看好的感測技術。

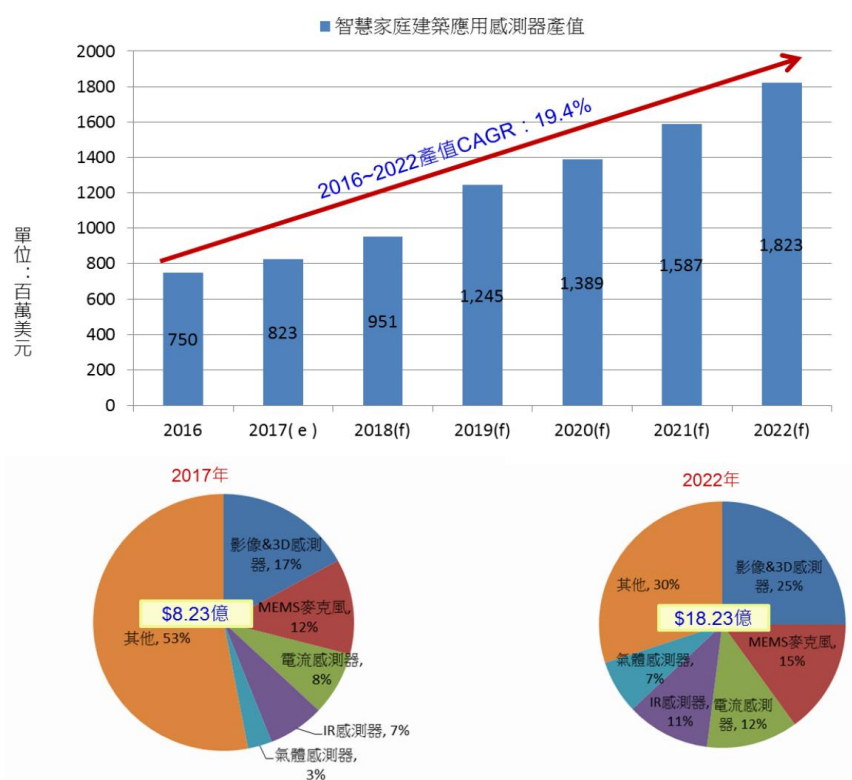


圖 6-39、智慧家庭建築節能環保感測應用商機可期

2. 智慧城市環保應用-動態空氣品質量測

如下圖6-40 所示，目前歐美多國政府的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可能被改裝成嵌入氣體感測器的空汙巡邏車，透過城市街道地毯式偵測建構動態高汙染地區地圖，藉此提醒高速公路/主要幹道/市區道路不同路段是否有空汙過高情形並即時示警，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 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

際大廠思考將氣體感測器整合至城市大型數位看板，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監測運具，透過各種創新應用方式落實智慧城市的環保新目標。



圖6-40、執行智慧城市環保之應用情境

3. 食品安全偵測應用-食品鮮度&環境氣味偵測雙管齊下

而在食品安全偵測應用方面；目前在居家、零售、農業等場域也開始出現多種氣體感測器的創新應用方案(見圖6-41)；如在居家廚房冰箱內嵌入具氣體感測功能之 NFC 標籤，用以偵測腐敗肉品產生的腐胺和屍胺，或將光譜檢測功能整合之手持裝置連結手機 APP，透過簡單按鈕按壓方式，即可藉由不同波長對應之氣體濃度檢測出酒類/茶類/化妝品之年份與成份特性，取代過去品茶師/品酒師較冗長的偵測流程。更有甚者，也有國際大廠思考將大量氣體感測器廣泛布署於農業供應鏈各環節，以可視化顯示介面方式呈現出大區域範圍作物的成份濃度，進而建構出一農業作物成份變化的地圖模型。



圖6-41、食品安全偵測應用

4. 健康疾病量測應用

而就中長期來看，如何將氣體感測器打造成一電子鼻，進而透過偵測人體呼吸成份進行疾病癥兆判斷，一直是科技界與醫界專家長久以來持續努力的目標與理想(見圖 6-42)。舉例而言，人類呼吸氣體中所包含的丙酮、異戊二烯、氨...等 VOCs 分別可判斷出是否有糖尿病、膽固醇、肝腎衰竭...等慢性疾病徵兆，並可藉由偵測相關氣體成份濃度計算新陳代謝率/燃燒脂肪以利健康管理，並判斷是否有睡眠呼吸中止與肺病疾病預兆，且未來同樣可進一步整合更多氣體辨識演算法與 AI/機器學習軟體，透過各種呼吸圖案的變化判斷未來可能提供的藥物種類及數量，期望有朝一日能創造吹口氣即完成健檢的健康疾病量測新境界。

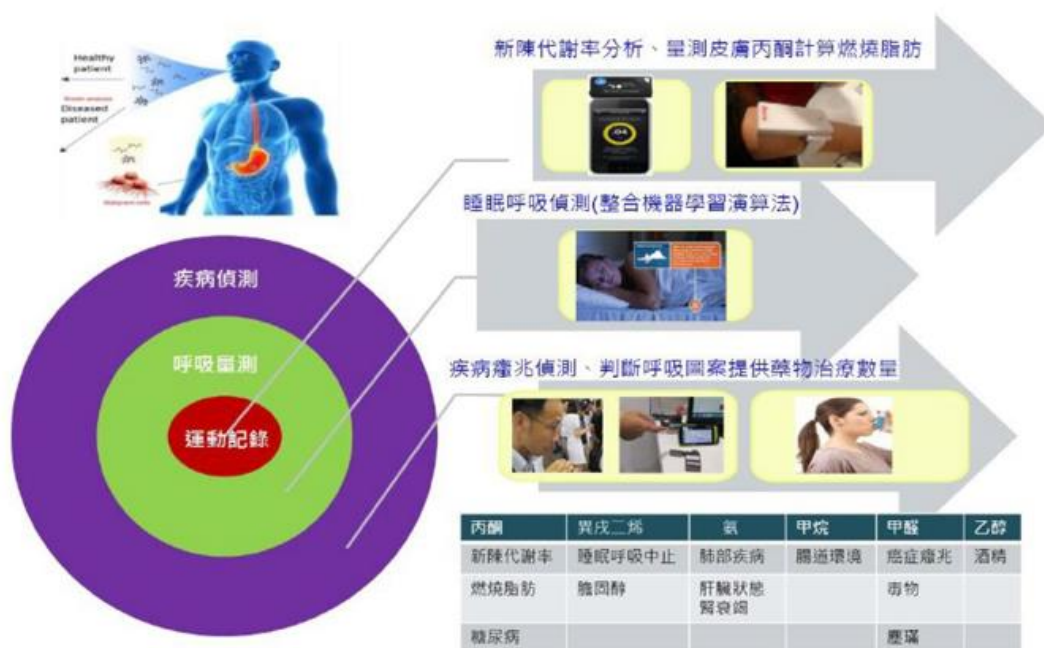


圖6-42、健康疾病量測之應用情境

而未來技術勝出關鍵將取決於低功耗、高靈敏度、多氣體識別資料庫與演算法之效能平衡展現，其中材料技術創新又扮演促使氣體感測器達到法規與效能要求之關鍵要角。著眼於此，建議國內相關材料、零組件、模組與次系統業者應群策群力，針對特定潛力應用進行廣泛產品技術合作與結盟，加強發展感測監控、系統應用、傳輸技術與機器學習等技術；並發展小型易攜且適用於不同距離之智慧感知載具或產品；同時連結學研機構研發成果，活絡創新人才；並藉由政策工具提供資金與驗證場域之協助，創造協同作業生態體系，以取得能源、醫療、工安、家庭等相關應用領域之龐大市場商機。

本計畫透過產業生態系解構與業者訪談，針對臺灣空氣品質物聯網產業能量進行盤點，公司名單參考來源：民生公共物聯網各分項計畫委辦廠商、民生公共物聯網資料應用競賽之參賽廠商、臺灣物聯網產業技術協會、物聯網智慧感測產業聯盟、Open Data 聯盟等會員名單、通過經濟部工業局智慧城鄉生活應用發展計畫之廠商等。

依照端：感知層、網：網路層、雲：平台、資料分析、應用服務之生態

系架構進行解構，其結果如圖 6-43 所示。就感知層之感測器來看，我國感測器產業在中下游製造與封測領域雖具備相當競爭力，惟上游 Sensor 設計開發公司能量較弱，缺乏國產自主化氣體感測元件，目前國內下游品牌仍多採用國際氣體感測元件，再自行組裝成模組，或依客製化改裝於不同載具或場域。而至於網路層，歸功於國內優異 ICT 技術，搭配政策推動，國內無論是無線傳輸技術或硬體供應與雲端資料中心等，均已具備相當實力。關於雲端平台廠商，目前主要電信業者均積極投入開發此市場，此外，部分新創公司亦瞄準物聯網之熱潮，配合自身創新能力優勢，持續耕耘環境物聯網相關市場。而應用服務上，主要電信業者與系統整合業者近年來均積極轉型投入物聯網相關市場，包含智慧製造、智慧節能、智慧運輸，以及智慧城市之環境監控、治理等相關應用領域。但臺灣空氣品質物聯網產業鏈中，目前主要缺口為資料分析之業者，多數業者僅止於資料收集、儲存，缺乏將巨量資料進行處理與分析後，進行加值利用之業者。

針對空氣品質物聯網解決方案制定發展藍圖，如圖 6-44 所示。從感測元件技術研發建立出發，針對不同應用場域，開發不同硬體載具解決方案(例如：無人機、穿戴裝置等)，並結合應用軟體之研發(例如：熱區溯源、資安防護、視覺化等)，開發軟體解決方案，結合 AI 運算資源與演算法開發，進行大數據收集與分析，進而提供不同服務解決方案，創造產業競爭力與加值。

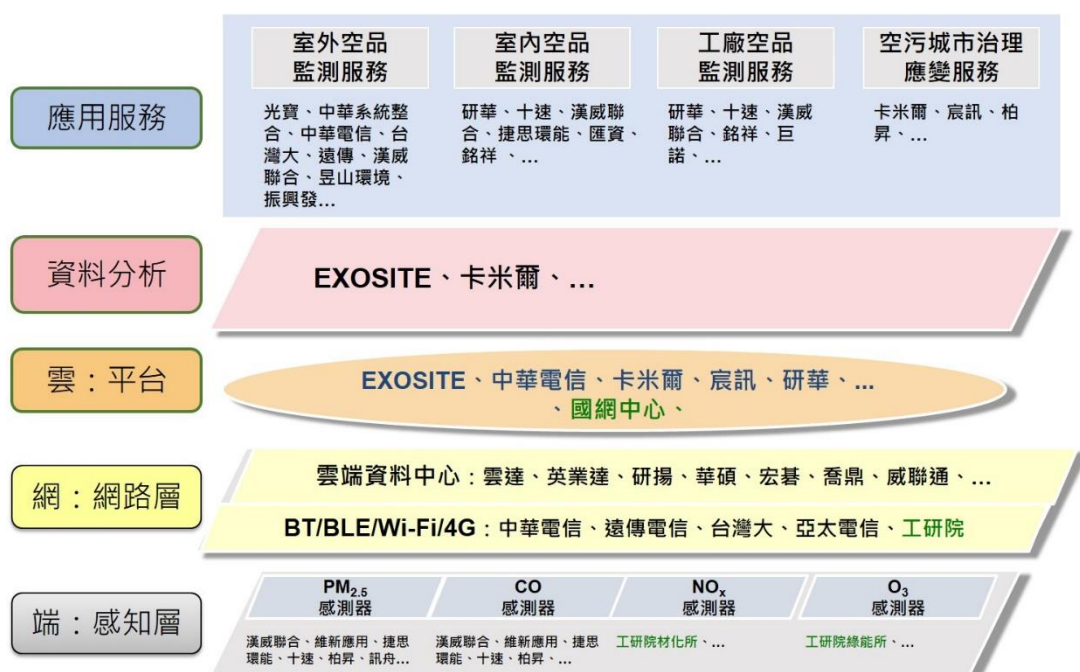


圖6-43、臺灣空氣品質物聯網產業生態



圖6-44、空氣品質物聯網解決方案發展藍圖

綜上所述，可以得知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；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，逐步向外擴散至其他民眾有感、觸及民眾痛點或需求之應用場域，包含：

1. 智慧建築：智慧居家建築隨著人機介面應用條件趨於成熟、在地設施環境偵測/廣域網路穩定性需求持續提升、空氣品質法規強制導入...等要素驅動下，將在未來幾年刺激出強勁的感測器市場動能。
2. 智慧車聯：可將空氣品質感測器結合車用電子，與交通工具相連結，除了可作為移動感測器應用外，亦可作為日後環保法規要求降低排污之車輛配備與監測工具。此外亦可應用在行車安全上，例如針對車內空氣品質/排放進行監控，或偵測酒精濃度，除可安裝於椅背監測不易察覺的內燃機損壞，也可內建至手機等行動裝置，透過吹氣顯示血液酒精濃度是否超標(如圖 6-45)，未來若能應用在職業駕駛(物流業者、客運業者)監控上，無論是社會或經濟價值上，均極具貢獻與潛力。
3. 智慧居家：如圖 6-46 所示，可針對嬰兒房偵測過敏源與塵蟎屍體，並感測散佈於廚具、浴廁、天花板/地板之甲苯、二甲苯、丙酮等 VOCs，為主婦灑掃環境進行安全預警。此外，透過加裝於浴廁的 CO/CO₂ 感測器也可在偵測到一氧化碳/二氧化碳濃度異常時，透過 Sensor 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。目前代表的 Sensor 業者為 ams 公司，其所開發之氣體感測器已內建於空氣清淨機，該系統整合了 500 萬畫素相機、雙麥克風與溫濕度計並支援 Wi-Fi/藍芽，除 CO 外也可檢測住家中之乙醇、醛、酮、有機酸、胺、脂肪烴、芳香烴...等 VOCs 有機化合物，未來該公司也擬進一步切入恆溫器、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。



圖 6-45、氣體感測器之行車安全應用情境



圖 6-46、氣體感測器之居家安全節能應用情境

4. 智慧工廠：特殊氣體感測器可應用於半導體化學製程控制，藉由氣體偵測掌握製程一致性或進而調整達到性能或良率優化；亦可偵測有毒氣體，提前預警避免工安事件發生；此外也可用來讓業者本身達到自行監控污染排放，達到企業社會責任之貢獻。目前代表的 Sensor 開發機構與產品有 IHP-Leibniz 開發的小尺寸、低成本氣體質譜分析感測系統，利用毫米波吸收光譜(Millimeter absorption spectroscopy)技術判定分子濃度，並以蕭特基二極體/下行頻率乘法器、毫米波頻率乘法器做為 RF 發射

源，能偵測到極小的振幅變化，做為氣體吸收分析之結果。

- 運動紀錄健康管理：在運動記錄健康管理應用方面(見圖 6-47)，氣體感測器可內建至新陳代謝率分析儀；透過智慧手機連接氣體感測系統，並提供一直覺式監控介面，或整合 MCU 針對病患呼吸腔系統以遠端方式進行偵測，進而建立用戶呼吸樣本，藉此監控用戶生活型態。此外，氣體感測器也可導入穿戴裝置或手機量測皮膚丙酮計算燃燒脂肪，未來還可進一步量測反映醉態的乙醇、反映腸內環境的甲烷、及反映癌症發病和進展狀況的甲醛。再進一步發展，氣體感測器還可搭配流量計做呼吸鑑定，透過電化學氧氣感測器、非色散紅外線二氧化碳感測器等氣體 Sensor 量測空氣化學物質成份，藉由手機 APP 以可程式化方式，每 30 秒偵測一次，提供安全、警告、警戒等不同層次指示，並告知用戶環境可能的危險程度變化，目前主要的代表廠商有 NASA、Alphasense、GSS 等業者。



圖 6-47、氣體感測器之運動紀錄健康管理應用情境

產業推動策略建議：

就技術發展方向來做觀察，結合「VOCs 感測器陣列」與「多氣體識別演算法」的軟硬體整合方案近來已逐漸成為大勢所趨，早期氣體感測器多以偵測低分子與成份濃度偵測精度較低的標的為主要量測應用對象(如氫

與瓦斯洩漏偵測)，然隨著層出不窮的空氣污染(NO_x 氮氧化物/ SO_x 硫氧化物)、恐怖攻擊(毒氣、炸藥...)、食品安全(農藥殘留、腐壞食品)、慢性/重症疾病...問題急遽蔓延，也使市場對於氣體感測器偵測高精確氣體種類、成份、濃度產生各高的要求；著眼於此，可以預見未來氣體感測元件的設計開發，將逐漸由過去的單一元件走向高精度多感測器陣列型態，並搭配多氣體識別演算法協助，輔以 AI/機器學習對不同氣體的 pattern 進行識別，同時逐步累積各種 VOCs(揮發性有機物)之知識資料庫，以便完成後續的完整分析與氣體成份理解判斷。

綜合以上，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；而在應用面則兼具當前市場最關注的空氣品質、食品安全、醫療診斷等多元應用需求。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、儀器...等關鍵技術耕耘皆相當積極，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具備相當基礎，未來如能鏈結學研單位在感測元件設計/材料...等技術的研發布局，並由政府協助扶植更多多氣體辨識演算法/AI 機器學習人才，補足氣體感測器在軟體部分的最後一塊缺角，則未來相當有機會在下一波空氣品質感測技術應用的市場競爭舞台脫穎而出，再創新局。

另外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，如平台分析與應用服務，並集中資源於具國際競爭力的環境應用領域。台灣物聯網產業鏈以終端硬體較具優勢，平台與系統整合為目前主要缺口，未來若能整合終端、網路傳輸、平台與系統整合優勢，善用 AI、NB-IoT、邊緣運算等新興技術，搶先佈局健康、等領域，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。而目前國內電信業者挾自身物聯網通訊基礎設備之優勢，積極尋求相關產業鏈廠商合作；系統整合業者具有整合軟硬力與提供客製化解決方案之能力。為目前臺灣投入環境物聯網產業最為積極亦較有優勢之業者。未來推動產業與輸出國際，將扮演其中要角，然臺灣雖具有 ICT、製造業之技術優勢，但較缺乏水

平鏈結，例如共通性平台、資料分析平台等，同時在資料應用加值思維上，亦較為缺乏，均為推動環境物聯網產業價值鏈需要積極補強之處。

另根據計劃研析結果，建議我國環境物聯網推動策略可採：

1. 善用產業發展基礎，開發市場利基性產品：善用既有感測器技術，結合產業生態鏈相關資源，開發並行銷具市場利基之創新產品或服務(空品即時監測、預報、決策建議等)。未來台灣可結合國內自主開發之空品感測器，結合物聯網平台廠商或系統整合業者(例如：台達電、光寶、研華、宏碁等)，開發新服務產品。
2. 以既有市場產品為載具，提供獨特功能應用：利用既有市場產品為載具(如：車輛、路燈)，尋求需求痛點，開發並行銷具市場利基之創新產品或服務(如：智慧路燈、智慧車污監控與駕駛行為改善建議)。未來台灣可結合國內自主開發之空品感測器，結合汽車、路燈廠商，結盟，開發新服務產品。

6.8 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，並提出建議

由於國內環境品質物聯網布建成果以空氣品質感測器最快，合計106年與107年度已有5都（新北市、桃園市、臺中市、臺南市、高雄市）及9縣市（宜蘭縣、基隆市、新竹縣、新竹市、苗栗縣、雲林縣、嘉義縣、嘉義市、屏東縣）完成約3,200點，除了14個地方環保局外，感測器設備商主要有柏昇科技公司、廣域科技公司、維新應用科技公司、捷思環能公司。系統整合商主要有中華電信公司、亞太電信公司、遠傳電信公司、昱山環境技術服務顧問公司、佑承科技公司、振興發科技公司、富鴻網公司等。為協助公私部門的需求，本項工作計畫團隊邀請環境品質感測物聯網技術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、CO₂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。

依據地方環保局及承攬廠商之感測器布建需求，本團隊擇定於107年10月8日新竹縣、107年10月22日高雄市、107年10月22日台南市、107年10月26日嘉義市及107年11月1日屏東縣完成五場次輔導與查核會議。

會議議程主要為參訪感測器及系統供應商，討論公司運作與業務介紹、布建感測器技術介紹(感測項目、元件、感測器運作程序)、感測器品管與維護機制說明(出廠品管、巡檢作業)、感測器數據平臺及區域校正說明、感測器優缺點評估與改善建議；同時至感測器布建現場進行輔導，確認空氣品質感測器相關標準作業程序、感測器主體檢視及布建點位環境資訊確認、感測器數據分析與呈現、智慧稽查應用需求；基於廠商之需求，至基礎感測器附掛於標準測站之現勘，檢視感測器平行比對作業、感測數據分析，輔導過程進行雙向交流及其他輔導需求協助。相關成果詳如表6-13。

表 6-13、空氣品質感測物聯網輔導與查核成果

時間	地點	專家委員	查核缺失與輔導建議
107.10.08	國立清華大學育成中心會議室	- 中國文化大學蘇平貴教授 - 雲林科技大王詩涵教授 - 中央研究院張志忠教授	- 量測數據有一致性偏高的現象，可能需確認是否符合產品的規格範圍，或是產品有顯著性誤差存在？這將導致布建至現場的感測器數據偏高的問題，是否需要進行修正。 - 建議應有長時間穩定性的測試結果與未來布建時的感測器校正方式。 - 各種濃度範圍的感測結果應與”標準”量測方式建立相對關係。 - 請具體釐清計畫整體分工與權責範圍，以確保 200 點感測器之運作品質。
107.10.22	捷思環能	高雄科技大學薛丁仁教授	建議感測器準確度能再加強並能提供綠色能源；如太陽能。

時間	地點	專家委員	查核缺失與輔導建議
	股份有限公司	• 雲林科技大 王 詩 涵 教 授 • 崑山科技大學陳賢焜 教 授	• 目前與環保署標準測站相關性狀況為何?校正的條件是否有系統的測試。 • 空氣中的酸性氣體易影響感測器或造成腐蝕，建議可多加改善以延長壽命及維持準確性。 • 程式自動判讀系統對異常數據之篩選，可再利用 AI 系統輔助判讀。 • 請說明感測器之比對程序及比對儀器之校正程序。
107.10.22	台南市環保局 1 樓多媒體會議室	• 高雄科技大學薛丁仁教授 • 高苑科技大學莊惠仁教授 • 崑山科技大學蔡德明教授	• 如何比對 VOC、溫度濕度及 PM_{2.5} 準確性及感測器的背景值歸零。 • 如何增加網路斷訊、電池失效、台電斷訊及感測器自動回傳功能。 • PM_{2.5} 的粒徑切割方式為何?是否可代表實際的粒徑大小，如何確定其正確性。 • 目前感測器布建密度為 300 公尺布建一點位，建議以 50 公尺布建一點位，準確性較高。 • 感測器有與環保署標準測站進行比對，是否可模擬環保署的自動與人工比較的方法，提供迴歸係數，以便數據可用性更高。
107.10.26	行政院雲嘉南區聯合服務中心 2 樓會議室	• 崑山科技大學陳賢焜教授 • 高苑科技大學莊惠仁教授 • 崑山科技大學蔡德明教授	• 異常數據之篩選原因判斷是否有程式或 AI 之輔助 • 在即時濃度警示圖，建議加入風速風向之呈現，以利污染源擴散的方向。 • 建議建立決策維護平臺於環保局。 • 感測器進出氣口容易造成污染，建議建立清潔維護方式，讓背景值維持正常。 • PM_{2.5} 使用年限約 1~3 年，如何進行後續維護，避免 sensor 超過使用

時間	地點	專家委員	查核缺失與輔導建議
			年限。
107.11.01	屏東縣政府環境保護局	- 崑山科技大學陳賢焜教授 - 高苑科技大學莊惠仁教授 - 輔英科技大學陳世裕教授	- 水分對數據之影響及酸性水氣對感測元件之影響，宜有設備改良及數據管理的方法。 - 對單一感測器之數據趨勢，宜建立一個管理系統，以便瞭解感測數據及元件之現況。 - 建議建立策略維護平臺，以便維護管理感測器之硬體故障及數據回傳支應用。 - 建議就每一個感測器巡檢結果，建置其相關履歷，以瞭解各感測器是否有數據偏移現象，可及早預防。 - 感測器數據處理及分析，可提供預防或應變之用途。

6.9 蒐集國際物聯網、智慧城市展覽活動資訊，擇 2 場以上進行參訪

為能後續推廣環境物聯網理念、了解國外產業動態，以及與國外專家深度訪談，本團隊擬由以下國際重要環境物聯網會議場次，擇 2 場以上進行參訪，以下依次介紹之。

(一) 參加美國”Air Sensors International Conference”研討會，瞭解國外空氣微型感測器研發、部署、品保品管及資料分析應用現況，並拜訪相關單位進行技術交流。綜整資訊如下：

1. 美國是透過 AB617 由社群出發進行微型感測器的佈置，與我國由政府端出發進行佈置的思維不同，可相互參考。美國目前僅執行一年期間，處於初期階段，有些問題台灣已經先行遇到。
2. 資料校準、分析與同化的經驗，可參考講者相關研究成果，作為我國參考，看是否能夠透過數學模式的自動校準方式，降低我國維護成本。
3. 移動式感測器是下一階段的熱門議題，但目前美國方面也還在探索階

段。

4. 美國 CARB 在移動污染源鑑定採用的 PEAQS 系統，以路邊遙測監測重型車輛造成的環境污染。主要以 CARB 實驗室自行組裝空氣品質感測器，再透過蒐集其他環境因子，以模式去除尾氣測量的環境干擾，該應用值得臺灣未來參考。
5. 透過感測器不同污染物監測數據的比例，尤其是 CO 及 CO₂，有機會鑑定該污染的種類是由燃燒或工廠排放造成，或可作為後續大數據分析及污染源鑑定的參考。
6. 中低收入國家亦開始發展空氣品質監測，然仍面臨的許多困境如缺少標準感測器校正、惡劣的環境條件及缺乏維運費用支應等，可作為我國未來將國產化感測器拓銷海外的考量。
7. 美國已有學校採用電子遷移原理（electrical-mobility）測量氣溶膠污染物感測器，測量範圍從 10 奈米至 2.5 微米。
8. 由 NASA 的 Global Modeling and Assimilation Office (GMAO)，建立 GEOS-CF 系統，透過遙測分析空氣品質，已考量眾多物理及化學參數，並可做到預測，未來在遙測技術的空間及時間解析度的精進將為空氣品質監測帶來新世代的空氣污染健康研究。
9. 香港大學的研究團隊，創造了許多感測器的新應用，如搭載於無人機以追蹤煙流、透過室內空氣品質量測保護世界遺產，或結合公車載具，建立了城市尺度的移動式監測，並發現無論是 PM_{2.5} 以及 NO₂，在 6 種不同的路徑出現了相同的基線趨勢，可作為未來我國移動式空氣品質感測器的應用方式。
10. 多項演講提到，VOC 的低成本感測器將會是後續 4~5 年重要的發展重點。
11. 美國透過在各地大使館建立監測網路的想法值得借鏡，我國也可在各國辦事處建立，以推廣我國技術，並可加入國際污染監測計畫，擴大我國的影響力。
12. 由於 AB617 法案的訂定，美國在社區布建議題上推動的非常成功，皆強調需有社區成員參與，我國在社區及校園布建上，應不只是布建在社區及校園而已，可以效法美國如何實現環境正義及推動公民科學，讓民眾有感。

13. 美國 CARB 在移動污染源鑑定採用的 PEAQS 系統，可能是我國低成本感測器的一個應用方向，建議後續可拜訪 CARB 進行更細部的技術交流。

14. 未來可邀請之專家名單如下：

- (1) 美國 AQ-SPEC Andrea Polidori
- (2) 美國 TD environment 的 Tim Dye
- (3) 中國解洪興主任: tonny.xie@iccs.org.cn
- (4) 加拿大 Sensorup 公司的 Liang 教授
- (5) EDF 的 Abhijit RS
- (6) 歐洲 Alena Bartonova, alena.bartonova@nilu.no
- (7) 以色列 David Broday 教授。
- (8) CARB 專家：胡韶華博士，Email: Shaohua.Hu@arb.ca.gov。
- (9) USEPA Ethan McMahon: 美國環保署 Smart City Air Challenge 負責人(big data, iot, citizen science)。Email: mcmahon.ethan@epa.gov
- (10) CGI 的 Brian Miles, PhD, brian.miles@cgifederal.com。

(二)The IoT Solution World Congress 2018

本團隊參加 The IoT Solution World Congress 2018，其舉辦時間為 10/16~10/18 於西班牙巴塞隆納(Fira de Barcelona)，會議方向偏向各種最新科技的展示，商業氣息較濃厚，對於我國環境物聯網國外合作機會較有幫助。另拜訪氣體感測器研發商 Alphasense 公司，分析國產化元件之競爭力與優劣、拜訪英國車聯網平台供應商 Tantalum 公司，收集移動污染源監測及收費機制、參觀倫敦實際布建場域及應用及參加 2018 年物聯網解決方案國際研討會。

1. 拜訪氣體感測器研發商 Alphasense 公司：該公司致力於提供氣體檢測 OEM 廠商優質的氣體感測器和優良的售後服務，分別針對氣體感測器製作流程與校正、適用於環境物聯網應用之感測器、Alphasense 感測器研發進展、氣體感測器實務經驗分享及未來雙方合作建議進行討論。
2. 拜訪英國車聯網平台供應商 Tantalum 公司：為加強並賦予英國民眾對於車輛污染排放知的權利，同時提供關心環境議題的人們綠色交通

選擇，Tantalum 公司提供作業平台讓民眾瞭解其駕駛車輛污染排放情形，提供解決方案。

3. 參加 2018 年物聯網解決方案國際研討會：

(1)展場上涉及傳感器應用於環境物聯網之廠商為西班牙 Libelium 公司，該公司提供環境物聯網生態系統，整合傳感器、傳輸平台、物聯網連結、雲端應用分析，並將合作伙伴分為解決方案型態、傳輸平台、硬體介面、經銷商。我國亦可整合國內資源成立生態系統建立環境物聯網解決方案團隊。

(2) 於環境物聯網空污應用上以西班牙污水處理廠為例，目前使用該 Envirosuite 公司自行研發的空氣污染偵測平台，來預測周圍社區的臭味風險。可提前 72 小時獲得預測，使工廠能夠避免事故發生並提前瞭解高風險時間，會議中分享傳感器分布的三角點位置對於後續空氣污染擴散模擬分析十分重要。

(3) 本次研討會主辦方亦提供管道媒合廠商訪談，由於本次係第一次參加，故係提供本次參訪資訊，由外部廠商主動媒合來訪廠商，於研討會期間完成了 6 場次國際廠商合作討論。

(三)今年度國外環境物聯網展覽、研討會等活動蒐集

因應環保署內要求，專案辦公室亦蒐集今年度國外有關環境物聯網展覽、研討會之相關資訊，如表 6-14 至表 6-16。基本上針對空品或環境感測物聯網的會議很少，主要多是針對物聯網產業或技術發展及其應用領域探討的活動。其中幾個建議可優先參加的活動，分別是：

1. 2018 Air Sensors International Conference (ASIC) (第一屆於 2018 年 9 月 12-14 日舉辦，尚不確定多久舉辦一次)

ASIC 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。

以氣體感測為例，由於用在測量氣相污染物的低成本空氣品質感測器的可用性和應用正在迅速變化。此活動將探討有關此類感測器性能的科學現狀，描述如何運用這些感測器，以及使用這些感測器數據來呈現當地空氣品質狀況的案例。由於這是個針對空氣感測器議題的國際研討會，討論主題也與環保署空氣品質計畫內容高度相關，是相當建議環保署同仁與計畫團隊共同出席及發表成果的一個研討會活動。

2. IoT Tech Expo Global (於 2018 年 4 月 18-19 日舉辦，預計每年舉辦一次)

此會議是世界上最大的物聯網系列會議之一，其中在倫敦舉辦之物聯網技術博覽會活動，將匯集全球各主要行業於 2 天活動中進行充分討論。主要探索物聯網的創新做法，並探討其對製造業、運輸、供應鏈、保險、物流、政府、能源和汽車等眾多行業的影響。相關研究內容包括：智慧建築和設施管理、建立互聯供應鏈、智慧城市和交通管理、智慧電網數據管理和分析、資產監控和管理、提供智慧互聯新產品等。第四屆年度全球活動將舉辦 3 場活動，包括區塊鏈，網路安全和雲端及人工智能和大數據，預計將有 12,000 名與會者參加，出席者將包括 CTO、創新與技術主管、IT 主管、開發人員和初創公司、政府、運營商、技術提供商、投資公司等等。參加此會議將可對智慧城市物聯網發展應用，以及相關數據應用分析等，有更多的認識與學習。

3. SENSORS EXPO & CONFERENCE (於 2018 年 6 月 26-28 日舉辦，預計每年舉辦一次)

此會議是感測器和感測相關技術的工程師和工程專業人員會參加的最大聚會。30 多年來，來自全國各地和 40 多個國家的 7000 多名專業人士齊聚一堂，共同探索當今的感測器技術，並找到解決未來感測挑戰的解決方案。2019 年的活動預計將有 300 多家參展廠商，以及來自業界優秀的專家參與最全面的感測器研討會，以及豐富精采的活動特色和網絡機會。參加此會議將可了解全球感測器的最新發展與其應用解決方案，若要對感測器有更多的認識可以考慮參加。

4. Future IoT 2018 : IEEE International Conference on Future IoT Technologies (於 2018 年 1 月 18-19 日舉辦，IEEE 預計每年舉辦一次，但可能更換主題)

此會議目的是將利用物聯網（IoT）工具和技術的開發者和用戶，聚集在一起，討論出未來物聯網應用發展。物聯網的應用領域非常廣泛，從智慧建築和城市，到健康監測和可穿戴設備，再到農業和工業預測系統。再細看物聯網專用設備、解決方案和科學方法的應用也很廣泛：從數據通過感測器或移動設備獲取、透過無線等通訊技術於數據傳輸和數據收集、驗證和優化技術幫助感測器網路維護和營運、大數據方法提供預測分析、可視化解決方案有助於使數據分析的結果易於理解，以便支援相關決策等。

此會議涵蓋了從理論結果的具體應用和解決方案。相關主題包括但不限於：工業 4.0、感測器網絡、智能設備、大數據和數據挖掘、物聯網安全解決方案、智能城市的物聯網、物聯網移動技術、測量數據的可視化、虛擬實境、物聯網人工智慧等等。參加此會議將可了解物聯網最新的應用方式及數據分析模式等等，以及分析結果如何支援相關決策，亦值得環保署及計畫同仁參與或發表相關研究成果。

表 6-14、國外環境物聯網展覽、研討會活動

項次	活動名稱/時間	地點/城市	網站	相關說明	著重領域	建議參加程度
1	2018 Air Sensors International Conference (ASIC)	美國加州	https://ppt.cc/f8bDpx	討論美國本土政策與國際情形。從軟體到硬體，從數據品質到數據共享議題皆有碰觸。參加人數多元化，共有560人參加，有149場演講。	空氣品質/政策/AI技術/資料共享	優先
2	IoT Tech Expo Global (4/18-4/19)	英國倫敦	https://www.iottechexpo.com/global/	會議主要匯集來自全球各地的主要行業，介紹和探索物聯網中的最新創新發展，涵蓋製造，運輸，健康，物流政府，能源和汽車等領域。	智慧城市、數據分析、自駕車	優先
3	Internet of Things Conference (4/26-4/27)	瑞典馬爾默 Malmö, Sweden	https://www.iotconf.se/	此會議是一年一度的活動，旨在提供物聯網未來的清晰圖景 - 當前狀態和未來趨勢。活動包括七個40分鐘的研討會議，涵蓋的主題包括區塊鏈，智能城市，安全，商業，人工智能等。	智慧家庭、智慧城市、區塊鏈	其次
4	Internet of Things World (5/14-5/17)	美國加州	https://tmt.knect365.com/iot-world/whats-new-for-2018	來自70多個國家的與會者和參展商，涵蓋各個行業（分析平台，安全軟件測試，傳感器，半導體，物聯網雲應用，連接平台，網絡服務，設備製造商），希望創造一個增進廠商間互動交流的會議。	工業物聯網和人工智能體驗區	其次

表 6-14、國外環境物聯網展覽、研討會活動(續)

項次	活動名稱/時間	地點/城市	網站	相關說明	著重領域	建議參加程度
5	SENSORS EXPO & CONFERENCE 2019(6/25-27, 2019)	美國 SAN JOSE, CA	https://www.sensorexpo.com/	會議舉辦 30 多年來，Sensors Expo & Conference 已成為北美首屈一指專注於感測器和感測器系統的盛會。為期 3 天的研討會將涵蓋感測器的新想法、趨勢和成功應用技巧等，共 65 個以上會議場次可供選擇參加。	MEMS 和感測器技術、感測器的測量與檢測、光學式感測技術、感測技術應用	優先
6	IoT Evolution Expo(1/22-1/25)	美國奧蘭多	https://www.iotevolutionexpo.com/east/	此活動是企業尋求如何開發和實施物聯網解決方案的領先教育和網絡論壇。透過一系列豐富的研討會議及主題演講等，將可了解跨多個行業（零售、石油和天然氣、醫療保健、農業等）的物聯網採用和實施對其營運效率的巨大影響。	會議側重於物聯網技術和解決方案，提高了製造過程的生產效率	其次
7	Smart to Future Cities(4/25-26)	英國倫敦	https://tmt.knect365.com/smart-future-cities/	歐洲唯一每年一度以城市為中心的活動。七年來，來自歐洲各地的城市領導者都提供實用且以公民為中心的內容。透過此活動探索改善民眾福祉，提高效率 and 實現新城市服務的應用。	從智慧街道照明、open data 到電力管理和網絡服務等	其次

表 6-14、國外環境物聯網展覽、研討會活動(續)

項次	活動名稱/時間	地點/城市	網站	相關說明	著重領域	建議參加程度
8	Future IoT 2018 (1/18-1/19)	埃格爾，匈牙利 Eger, Hungary	https://futureiot.uni-eszterhazy.hu/page/announcement	會議由 IEEE 與 Eszterházy Károly 應用科學大學、德布勒森大學和物聯網研究所共同組織，涵蓋範圍從理論結果到具體應用和解決方案都有。包括：工業 4.0、智慧城市的物聯網、物聯網移動技術、可視化測量數據。	物聯網人工智慧、大數據分析	優先
9	IAC2018	美國密蘇里州	https://www.iac2018.org/	有一特別論壇為「Low-cost and portable sensors」，著重最新感測器技術、校正與驗證、場域應用等方向不論是了解最新方向或分享我國經驗皆適合	空氣品質/感測器	其次
10	2018 年越南臺灣形象展 (7/26-7/28)	越南胡志明市	https://goo.gl/5JjbcP	以臺灣整體形象，搭配優勢產業，前往新南向國家辦理之旗艦型展會	臺灣整體形象	其次
11	2018 年泰國臺灣形象展 (8/30-9/1)	泰國曼谷	https://goo.gl/KGZQtd	以臺灣整體形象，搭配優勢產業，前往新南向國家辦理之旗艦型展會	臺灣整體形象	其次
12	2018 年馬來西亞臺灣形象展 (10/25-10/27)	馬來西亞吉隆坡	https://goo.gl/q4PZN	以臺灣整體形象，搭配優勢產業，前往新南向國家辦理之旗艦型展會	臺灣整體形象	其次

此外，物聯網相關研討會尚有下列數個，但因有些主要是區域型或針對工業 4.0 的物聯網應用研討會，與空氣品質物聯網或環境物聯網的相關性並不高，僅提供參考。

1. Smart IoT London (日期：March 21-22, 2018、地點：ExCel, London, UK、網址：<https://www.smartiotlondon.com/>)
2. Nordic IoT Week (日期：April 16-20, 2018、地點：Kattilahalli, Helsinki, Finland、網址：<https://www.nordiciotweek.com/>)
3. ICIOT 2018 (日期：June 25-30, 2018、地點：Seattle, WA, USA、網址：<http://iciot.org/2018/>)
4. Advanced Factories (AF) 2018 (日期：March 13-15, 2018、地點：Barcelona, Spain、網址：<https://www.advancedfactories.com/en/>)
5. Industry 4.0 Summit (日期：February 28 – March 1, 2018、地點：Manchester, UK、網址：<https://www.industry40summit.com/about/>)

(四)物聯網未來推動之應用模式及商業模式分析建議

有關物聯網未來推動之應用模式及商業模式，經研析國外電信業者於空品物聯網產業鏈中可以扮演的角色，及其相關作法，提出建議說明如下：

1.商業模式及電信營運商扮演的角色

針對空氣品質物聯網產業，電信營運商可以採用多種不同的商業模式和角色來定位自己的市場，並能夠提供一些新的空氣品質數據和分析服務來增加營收利潤，模式簡要說明如下：

- (1)數據產品商業模式：主要透過創建和銷售空氣品質數據產品，讓買方可以進一步增值利用，例如創建和銷售自己的數據資料群。通常，營運商可透過對數據服務的訂閱或交易來收取費用。
- (2)合作商業模式：營運商與提供領域專業知識的第三方合作，以提供更完整或更精確的數據資料庫服務。通常亦將建立資料使用付費模式，收益/利潤由合作方與營運商共享。
- (3)平台業務模式：除提供聯網服務、數據儲存，更再進一步提供分析平台

及程式開發工具，供需求業者跨市場使用，營運商將對平台的使用收費。支付模式可包括使用平台的即用即付或訂閱費用。

(4)新興服務商業模式：營運商可創建和投資新產品業務或品牌，並透過開發領域專業知識來創造這些新的應用服務。支付模式可能包括交易、即用即付或訂閱費用。

每種商業模式都有不同的特色，電信運營商可以選擇同時遵循一種或多種商業模式，以匹配其公司戰略、能力和市場機會。綜合上述，電信業者於空氣品質物聯網可扮演的角色及營運模式有下列四種(圖 6-48)，越往右邊公司可創造的附加價值愈高。

連網及裝置管理 提供者	資料 提供者	應用服務平台 提供者	智能服務 提供者
✓ 使用包含LPWA行動IOT技術之2G/3G/4G，提供聯網服務 ✓ 提供裝置管理服務 ✓ 提供認證與資訊安全服務	✓ 提供包括空氣品質、網路及IOT相關資料群 ✓ 進行資料清理工作，包括異常值刪除，整理成可用的資料群 ✓ 參與資料市場交易	✓ 提供資料平台及程式開發工具，讓應用程式開發者可快速完成 ✓ 提供育成計畫讓新創團隊可以快速開發產品及服務	✓ 透過大數據、機器學習等技術，分析空氣品質及相關數據資料，提供預報或預警等相關服務 ✓ 提供平台讓新創團隊可以運用上述成果再加值創新

創造價值增加

圖 6-48、電信業者於空氣品質物聯網產業可扮演的角色及營運模式

2.案例說明：德國電信的空氣品質監測服務-Smart AirQ

德國電信公司(Deutsche Telecom)與感測器供應商 Smart Sense 合作，開發建置了 Smart AirQ 監控系統，這是一個用於監控空氣品質的感測器平台。該解決方案最初部署在克羅埃西亞的杜布羅夫尼克市(Dubrovnik)內，現已部署在四個不同的國家地區：克羅埃西亞、德國、希臘和沙烏地阿拉伯。另外，為了幫助患有慢性呼吸道疾病的學生改善病況、並提高學校學生的學習狀況，Smart Sense 也為克羅埃西亞的多所學校開發 AirQ Indoor 系統來了解學校及教室內的空氣品質狀況。此系統使用的硬體及軟體元件，

均是由 Smart Sense 公司所開發。

Smart AirQ 系統支援室內和室外空氣品質的監測，因此可監測房間、街道和城市層面等的多種空氣品質參數，包括：相對濕度、溫度、大氣壓力、CO、CO₂、NO_x、SO₂、O₃ 和空氣中的顆粒。透過德國電信提供的連網服務，將收集到的資訊上傳集中於雲端平台，並經過分析後提供視覺化的結果給用戶使用。圖 6-49 即為 Smart AirQ 提供給客戶的數據呈現方式。

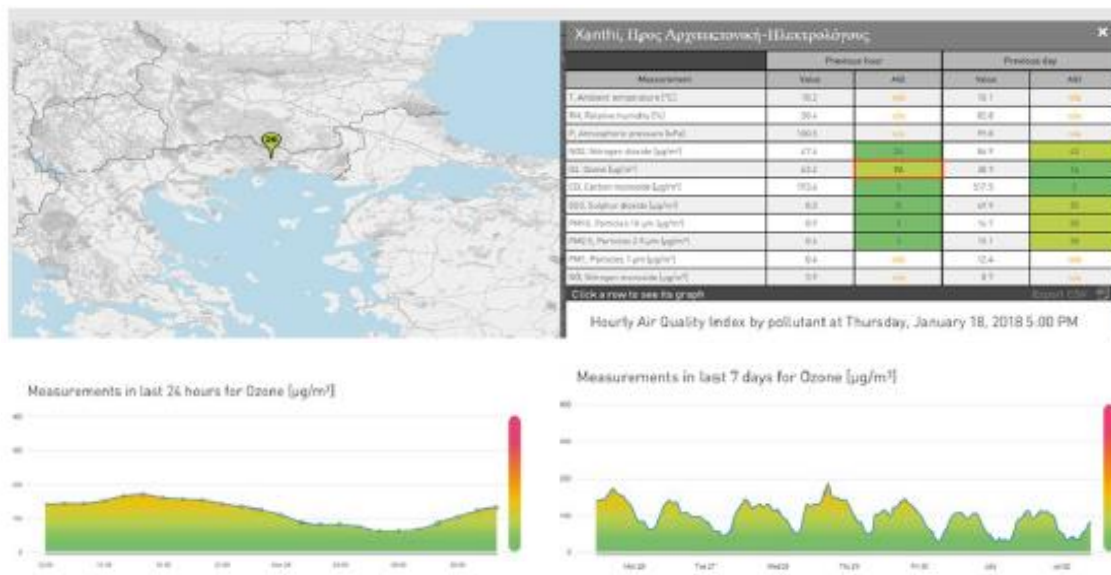


圖 6-49、德國電信(Deutsche Telecom)提供的 AirQ 服務

於此案例中，德國電信扮演「連網及裝置管理提供者」及「資料提供者」兩種角色，並與感測器供應商 Smart Sense 等相關廠商合作。其主要資源是偵測到的空氣品質數據，並證明可透過行動 IoT(NB-IoT)技術，傳輸空氣品質感測器量測之空品數據，再將這些數據作加值應用提供服務。此模式的主要客戶族群，可包括城市管理者、政府單位、環境機構及教育單位等；服務提供方式則初步規劃有自動化提供服務，及於 AirQ 的平台上呈現相關資料及分析成果。

以上串起了德國電信空氣品質監控整個營運模式的建立，雖然是在 proof of concept 的階段，但透過與相關廠商合作，發展室內及室外客製化的空氣品質分析服務，並在多個國家推動，已具初步成效，此一模式亦可

供國內業者參考推動。目前環保署計畫下結合柏昇、卡米爾、宸訊等三家廠商推動的小聯盟，也有些類似之處，只是小聯盟目前尚無電信業者加入，也是後續可以考慮加入電信業者以壯大小聯盟團隊實力之處。

6.10 規劃及辦理大型研討會議或交流會議或展覽

隨著資訊網路與微型感測技術進步，物聯網為未來科技及資訊新趨勢，環保署有鑑於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，並同步研發水質感測元件規劃建置於水質污染潛勢區域，亦可為配合智慧城市發展之一環。本計畫舉辦，其相關規劃事項及成果說明逐一說明如下所列：

一、 會議地點：張榮發基金會國際會議中心。

二、 會議時間：時間為 107 年 11 月 16 日~17 日共計 2 天。

三、 辦理單位：

(一)主辦單位：行政院環境保護署

(二)協辦單位：科技部、經濟部

(三)執行單位：工業技術研究院

(四)指導單位：行政院科技會報辦公室

四、 會議方式：

本研討會預計將邀請環保署長官致歡迎詞，後續以五大主題為主軸，進行為期兩天的專題研討會與展業應用，同時成果展示區進行四大主題展覽及圓桌媒合，期藉由多元化的辦理傳達環境感測物聯網新時代開創。

首先在專題研討會與產業應用「環境應用國際趨勢」主題方面，擬邀專家分享智慧城市在環境物聯網的應用發展，該領域已為現階段各國發展重點，無論是智慧城市、車聯網及農地用水安全皆開始考量環境應用面，跨域整合的創新應用勢必成為未來趨勢。

在「智慧布建跨域應用」主題上，擬邀請環保署長官介紹我國在公私

協力下，全面廣布環境物聯網的成果，從智慧校園、工業區到智慧城市，如何應用感測數據，輔助空氣品質之預測與應變相當重要。

在「創新科技優化生活」主題，擬邀請國內業者分享在創新科技引領下，如何優化改善生活，如智慧建築應用環境感測數據，自動控制空調，或以大數據應用分析與人工智慧平台，作為人體健康暴露資訊提供。

在「元件研發產業橋接」主題，擬邀我國研發團隊分享我國研發團隊發展各種感測元件，期望藉由目前研發量能拋磚引玉國內更多產業投入環境品質感測物聯網發展，並促成產業橋接。

在「技術媒合產業開展」主題，擬邀經濟部工業局及工研院說明政府在產業輔導資源及技轉方式。

同時，在成果展示區將進行四大主題展覽，分別為「元件研發主題區」、「布建推廣故事區」、「模式開發主題區」及「情境體驗主題區」。此外，將由主辦單位事先媒合有技術需求的產業，於成果展示區，安排每 30 分鐘一場次，進行產業圓桌媒合討論。

在「元件研發主題區」將展示工研院綠能所(GEL) 電子衝擊式 $PM_{2.5}$ 感測元件及電化學式 O_3 感測元件；工研院材化所(MCL) 國產化 NO_2 感測器技術及國產化水質感測元件；工研院微系統中心(MSTC) 國產化 CO 感測器技術及 $PM_{2.5}$ 感測元件；科技部工程司 NO_2 光學式感測器、AQI 感測器及 NO_2 薄膜式感測器。

在「布建推廣故事區」，將邀請 107 年布建合辦計畫，已應用感測器稽查之高雄市政府環境保護局及桃園市環境保護局，推廣其感測器布建到智慧稽查應用故事。

在「模式開發主題區」邀請宸訊科技、中華電信及科技部，展示其環境物聯網資訊加值分析及應用方式。

在「情境體驗主題區」將分為二大區域：（一）邀請卡米爾公司模擬污染預警情境，及監控中心處理資訊及應變的一系列流程，使民眾身歷其境；（二）以情境設計方式，例如室內家居或水塘，放入感測器及即時呈現感測數據，展示情境體驗，讓民眾感受視覺化分析成果之展示。

研討會議程初擬內容如表 6-14 及表 6-15 所示，每項議題分享結束後，將安排 Q&A 時間，以便讓與會各界就主要議題進行充分討論。

表 6-15、專題研討會與產業應用議程(第一日)

時間	議程	
09：30 -10：00	報到	安排貴賓室、記者室
10：00 - 10：20	貴賓致詞	行政院長官、環保署長官、工研院長官
10：20 - 11：50	專題一：環境應用國際趨勢 主持人：行政院環境保護署監資處 張順欽 處長 與談人：清華大學電機系 呂忠津教授 1. 智慧城市環境物聯網未來發展議題－資安及光纖感測(30 mins) 講者：荷蘭貿易暨投資辦事處創新科技處 楊智凱資深專員 2. 智慧車聯網及環境感測分析跨域整合應用(30 mins) 講者：交通部運輸研究所 周家慶 高級運輸分析師 3. 污染潛勢農地之環境物聯網智慧分析(30 mins) 講者：台灣大學生物環境系統工程學系 張尊國教授	
11：50 - 13：10	午餐	
13：10 - 14：40	專題二：智慧布建跨域應用 主持人：行政院環境保護署監資處 王嶽斌 副處長 與談人：國立暨南大學資訊管理學系 戴榮賦 教授 1. 桃園市環境智慧監控物聯網(30 mins) 講者：桃園市政府環境保護局 沈志修 局長 2. 智慧校園與科學園區環境監控與跨域應用(30 mins) 講者：國立交通大學環境工程研究所 白曠綾 教授 3. 智慧工業區物聯布建及智慧稽查應用(30 mins) 講者：環保署環境督察總隊中區督察大隊 李金福大隊長	
14：40 - 15：00	茶敘/Tea Break	
15：00 - 16：30	專題三：創新科技優化生活 主持人：經濟部工業局 吳振華 副組長 與談人：工研院綠能所 蔡振球特別助理 1. 以智慧建築創新科技深耕環境應用(30 mins) 講者：漢威聯合股份有限公司 業務發展總監 李冠慧 2. 大數據分析應用於水資源的管理(30 mins) 講者：1.台灣自來水公司 林清鑫 副總工程師 2. 磐旭智能股份有限公司 林巨範 業務執行副總經理 3. 從大數據價值出發－佈建物聯網應用趨勢與未來(30 mins) 講者：EXOSITE 遠景科技 / 亞太區行銷長 郝正德	
16：30~	結束賦歸	

表 6-16、專題研討會與產業應用議程(第二日)

時間	議程
09：00 - 09：20	報到
09：20 -09：30	第二天開場引言說明(圓桌媒合及技轉資源)
09：30-11：50	專題四：元件研發產業橋接 主持人：工研院綠能所 李宏台副所長 1.空氣品質感測元件創新研發(100 mins) - 介紹環境品質感測物聯網發展布建及執法應計畫空氣品質感測元件研發成果與競爭優勢(50 mins) 講者：行政院環保署計畫 / 工研院綠能所 吳信賢經理 講者：行政院環保署計畫 / 工研院材化所 簡仁德主任 - 介紹空氣物聯網產業開展計畫 AQI 空氣品質感測元件研發之成果與競爭優勢(50 mins) 講者：經濟部技術處計畫 / 工研院微系統中心 范玉玟副主任 講者：科技部工程司計畫 /國家實驗研究院儀器科技研究中心 黃國政組長 2.水質感測元件創新研發(20 mins) - 介紹水質晶片、COD 及重金屬等感測元件研發成果與優勢 講者：行政院環保署計畫 / 工研院材化所 張冠甫主任 (含 20 分鐘休息)
11：50 - 13：00	午餐
13：00 - 15：00	專題五：技術媒合產業開展 主持人：工研院產科國際所 曹永暉研究總監 1.研發成果移轉合作模式說明 (60 mins) 講者：工研院綠能所 彭國樑經理 2.政府資源介紹-產業升級創新平台輔導計畫(60 mins) 講者：經濟部工業局產創平臺推動辦公室 蔡佳容主任
15：00~	結束賦歸 (供應餐盒)

五、環境感測物聯網與產業創新研討會實景



現場實境



成果展示區情況



展區導覽解說實境



貴賓大合影

電子衝擊式PM_{2.5}感測模組

偵測原理

- 以慣性作用原理篩選微粒
- 以電致發光原理量測微粒濃度

規格(含偵測極限)及大小

- 偵測範圍: 0.25~0.03 μm
- 核心元件尺寸: 4cm x 4cm x 150cm
- 不含過濾網

技術特色

- 結合了衝擊式的精準以及電子偵測的靈敏，可快速篩選微粒且精準量測微粒濃度
- 以靜電場電路大幅降低環境雜訊
- 主動式數據及電壓校正系統，降低外在環境影響

應用情境

- 可應用於室內外環境
- 可與其他感測器整合應用

目前開發進度

感測元件與電路整合及環境測試

氣態污染物(O₃)感測模組

偵測原理

- 運用電化學式氣體感測原理
- 選擇性過濾元件排除干擾氣體
- 智能演算法排除環境干擾

規格(含偵測極限)及大小

- O₃、NO₂偵測範圍: 0~400 ppb
- O₃、NO₂偵測極限: <20 ppb

技術特色

- 以奈米碳材料改質電極，提高電化學式靈敏度，並利用選擇性過濾及感測陣列演算，主除大氣環境中干擾因子之影響
- 設計數據匯取與放大模組結合統計演算模式提高感測精準度

應用情境

- 滿足工業安全、室內外環境感測物聯網之需求
- 對空氣品質異常濃度訊息提出示警

目前開發進度

完成原型機組件開發並設計感測器模組

氣態污染物(NO₂)感測模組

偵測原理

- 以感測材料元件微結構設計與電性調控搭配室溫光激發感測反應
- 配合特定驅動電路與演算法整合模組來提升測量靈敏度及選擇性

規格(含偵測極限)及大小

- 偵測範圍: 0~1000 ppb NO₂ gas
- 偵測極限: <50ppb
- 整合封裝元件外觀尺寸: 20 mm x 12 mm

技術特色

- 光驅動感測元件搭配驅動電路整合模組
- 光激發感測反應同步步頻提取
- 數據演算法提升測量靈敏度及選擇性
- 高期性同步化訊號配對

應用情境

- 工業生產、公共安全管理、交通監測、醫療等領域之物聯網化感測系統整合應用。

目前開發進度

完成室溫型NO₂之原型感測器與3S測試結果

光學式NO₂氣體感測器

應用於工廠煙道環境之即時光學空氣品質監測系統

應用情境

利用九架無人飛行載具搭載九個可攜式光學空氣品質感測器即時追蹤空污與熱點來源

感測器規格

產品名稱	光學式氣體微量濃度偵測裝置	高精準度光學空氣微粒偵測裝置
偵測物質	NO ₂ 氣體	PM _{2.5}
測量濃度範圍	5~1200ppm	0~999μg/m ³
解析度	5ppm (目前)	1μg/m ³
反應時間	<5 sec	<5 sec
虛誤濃度	5ppm (目前)	

薄膜式多感測器整合

基於AQI之氣體感測器數據標準化暨大臺南地區AQI大數據分析平台建構

微型、低耗能AQI氣體感測器

氣體	可偵測範圍	技術規格
臭氧(O ₃)	可偵測0.1~10 ppm	MOS-type, chip area 2mm ² , Heater power <100mW for NO ₂ and SO ₂ . 採用微系統技術大面積地感測器，進行即時空氣監測，可與傳感元件規格：增加熱感測器可達2000次以上on-off；連續工作時間達500小時。
一氧化碳(CO)	可偵測20~100 ppm	
二氧化氮(NO ₂)	可偵測1~1000 ppm	
二氧化硫(SO ₂)	可偵測1~1000 ppm	
複合型氣體感測元件	整合二種氣體感測器同時進行監測	

薄膜式NO₂氣體感測器

手機操控可攜式氮氧化物氣體感測器

應用情境

此感測器對二氧化氮偵測濃度範圍為5~1000ppb，解析度為5ppb，符合環境監控二氧化氮的規格要求，可應用於工廠制程監控、個人健康照護。

感測器規格

項目	規格參數
範圍	5~1000 ppb
解析度	5 ppb
線性	25% for 5~100 ppb 15% for >100 ppb
響應時間	5 min @10 ppb 1 min @100 ppb
激發光源	UV LED
耗電功率	1 W
工作溫度	0~50 °C
工作濕度	20%~95%
體積	12 x 10 x 6 cm ³

元件研發主題區說明背板



布建推廣故事區說明背板



情境體驗主題區

六、環境感測物聯網與產業創新研討會成果說明

本次辦理環境感測物聯網與產業創新研討會於 16 日熱鬧登場，呼應環保署長李應元所言「感測物聯網對生活、環境保護已經有很深遠的影響」，研討會當日出席人員含環保署及各地方環保局(含長官及同仁)、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、業者單位及學術單位，兩日總計共 452 人(不含展區解說)；而媒合成果兩日合計 20 家廠商參與 39 場次圓桌媒合，8 組感測元件參與技轉媒合，共同研發合作 7 家，技轉洽談 4 家；其中技轉洽談以 $PM_{2.5}$ 、電化學 O_3 、CODs。

整體議題展現綜整了國際微型感測物聯網之發展趨勢及國家推動展略，藉由在智慧生活、智慧城市及車聯網的研發成果，運用於環境治理的跨域應用上，協助提升我國環境品質及民眾生活之革新服務。同時也於這次研討會中，展示全國目前已完成之環境感測物聯網之布建成果及智慧治理效益，結合智慧城市規劃願景，強化產、官、學、研投入環境物聯網加值應用的興趣。介紹我國在空氣品質及水質感測元件國產化(微型化)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。本計畫持續研發力抗環境污染的利器，包括氣態污染物(NO_2)感測模組、電子衝擊式 $PM_{2.5}$ 感測模組、氣體污染物(O_3 ，臭氧)感測模組、移動式水質監測設備，就是要給你海陸空 24 小時不間斷的全

方位防護；並解析專利技術授權之方式與效益評估，建立技術媒合平台，建構跨域合作及產業開展機制，並導入政府產業輔導資源，擴大產業發展成效。對於環境應用領域上更導入大數據分析及機械學習之污染溯源模式，期盼能在協助臺灣環境治理，同時也帶動臺灣產業研發量能，開創新的產木業生態圈。

有鑑於大環境的需求與環境改善提升及未來物聯網的應用趨勢，讓政府資源能過相互結合達到有效傳達的效益，建議未來能與其他公部門相關計畫聯合辦理，無論是研發技術端、縣市布建落實作為、資訊平台結合及未來產業界的運用，以利達到研討會宣傳及辦理效益。

1. 民眾日報



2. 經濟日報

工研院新技術 全方位抗汙

感測物聯網研討 秀出四大監測模組 搭起水陸空防護網

【記者李向瑛／新竹報導】環保署舉辦的環境感測物聯網與產業創新研討會16日熱鬧登場，呼應環保署長李應元所言「感測物聯網對生活、環境保護已經有深遠的影響」，工研院在這次研討會中，端出對抗環境汙染的利器，包括氣體汙染物感測模組、電子衝擊式PM2.5感測模組、氣體汙染物感測模組、移動式水質感測設備，就是要給你海陸空24小時不間斷的全方位防護。

為能深度瞭解空氣汙染，工研院在既有的自主化光學式PM2.5（指大小只有2.5微米的懸浮微粒）感測器之外，又新推出三款新研發，包括氣體汙染物（NO₂）感測模組、電子衝擊式PM2.5感測模組、氣體汙染物（CO₂、溫室氣體）感測模組，三款感測模組原理不同，也各有妙用。

帶電偵測，空汙無所遁形
電子衝擊式PM2.5感測模組係以偵測作用原理來篩選微粒，並以微粒帶電原理量測微粒濃度，技術特色結合衝擊原理的精準以及電子偵測的靈敏，既可快速篩選微粒，精準量測微粒濃度，同時可以免除光學式PM2.5感測器因光線折射或是環境雜訊所帶來的誤差，量測的偵測精度也因而不大幅提高，初步粒徑偵測極限已達到0.25 μm（0.1 μm），逼近日、美、德等國際先進標準的等級。

為便於這款新型電子衝擊式PM2.5感測模組商業化，工研院在設計時，特別朝微型化、小型化的方向走，整體研發於今年邁入第二年，成功將核心元件尺寸下修到4mm x 4mm x 10mm，並進入感測元件雜型機電整合和環境測試



工研院展出電子衝擊式PM2.5感測元件及模組。 記者杜建軍／攝

階段，距離商業化僅一步之遙。
光驅動技術讓毒氣無所遁形
氣體汙染物（NO₂）感測模組，採用的是以光驅為核心的感測複合元件結構設計，技術特點在於採用電性調控隔絕光激發感測反應，配合特定驅動電路以及演算法整合模組，可以提高對氣體汙染物的靈敏度，所屬的光驅動偵測氣化性氣體技術已於通過國內專利，特別的是，該項產品幾乎全數採用國產材料等組件製造，堪稱另類台灣之光。

臭氣偵測上看ppb等級
此外，工研院氣體汙染物CO₂感測模組，特別加入奈米碳材改質電極來提高電化學式靈敏度，同時採用選擇性電極及感測陣列演算，去除大氣環境中干擾因子影響，最終經由設計數據截取，處於大模組組合統計演算模式，提高感測器精準度。其偵測精度已經從ppm級推廣到ppb級，光敏型機電到CO₂及NO₂的極限已達到20ppb（10-9M），產品已

完成原型機組件開發，進入感測器模組設計階段。

綠頭鴨水中游，水質即時測
針對水質檢測，工研院特別以綠頭鴨為造型，設計出移動式水質監測設備，由於造型可愛，更成為全場亮點。

不論是移動式或固定式水質監測設備，都是採用晶片式感測技術，在設計時特別採用微型化設計，輔以低耗電量考量，分析迅速，可以經由通訊模組與感測物聯網連接，即時分析並提出預警通知，適合用在河川水質監控上，加上綠頭鴨造型十分討喜，可說是未演先轟動，詢問度極高。
工研院綠頭鴨所長李安合指出，將環境感測物聯網結合居家安全、水質監控及戶外空汙監測等跨域應用是未來趨勢，除過去推出的固定式水質監測設備，這次成果更直接給予以微型化，包括：電子衝擊式PM2.5感測模組、氣體汙染物感測模組、移動式水質監測設備都呈現具體的微型化設計。（廣告）

李應元:監測科技有助緊急防制 提早改善空品

f 分享 分享 留言 列印 存新聞 A- A+

2018-11-16 19:54 中央社 記者楊淑閔台北16日電 讚0 分享

環保署署長李應元今天表示，衛星俯瞰下，台灣空氣狀況值得獲得掌聲；透過科技研發監測空氣品質，可在進入緊急防制機制的紅色警戒時，讓業者減排、提早改善空品。

環保署今天在張榮發基金會國際會議中心舉辦「環境感測物聯網與產業創新」研討會，以「環境應用國際趨勢」、「智慧布建跨域應用」、「創新科技優化生活」、「元件研發產業橋接」、「技術媒合產業開展」等5大主題涵蓋建構感測物聯網的各階段面向進行研討。

會場同步展示「元件研發」、「布建推廣」、「模式開發」、「情境體驗」等4大主題的互動式展覽，提供產業與研發團隊進行技術優勢評估及專利授權討論，促進產業媒合與跨域合作的交流機會。

李應元肯定、並感謝產學界投入相關研發，對於生活、環境保護、產業發展都有很深的意義。而科技結合「空氣品質嚴重惡化緊急防制辦法」運作，可提早改善空氣品質。

李應元說，從衛星來看空氣狀況，「其實我們台灣值得大家掌聲的」。對比整個亞洲大陸，從中國東北一直到東南亞、印度大陸，整個天空都是紅通通的，台灣海峽是淺紅，到台灣則是顯示空氣品質良好的綠色。

他舉例，上週的紅色警戒，本來預測會有3天，後來一天半就結束，因為各界關注工業區污染防治，所以當監測到紅色警戒時，業界會在不影響產業的出口、供應鏈程度下減排。

李應元說，工業區減排需齊心，切不可有「順風車」心態，萬一變成更糟的紫色警戒，就只能祭出法律強制要求，記錄每家廠商的排放量與減排量，讓監測數據說話。

工研院新技術 全方位抗汙

f 分享 分享 留言 列印 存新聞 A- A+

2018-11-22 00:46 經濟日報 記者李珣瑛／新竹報導 讚1 分享



工研院展出電子街壘式PM2.5感測元件及模組。 記者杜建重／攝影

環保署舉辦的環境感測物聯網與產業創新研討會16日熱鬧登場，呼應環保署長李應元所言「感測物聯網對生活、環境保護已經有很深遠的影響」，工研院在這次研討會中，端出力抗環境汙染的利器，包括氣體汙染物感測模組、電子街壘式PM2.5感測模組、氣體汙染物感測模組、移動式水質監測設備，就是要給你海陸空24小時不間斷的全方位防護。

為能深度隔絕空汙，工研院在既有的自主化光學式PM2.5（指大小只有2.5微米的懸浮微粒）感測器之外，又新推出三款新研發，包括氣體汙染物（NO2）感測模組、電子街壘式PM2.5感測模組、氣體汙染物（O3，臭氧）感測模組，三款感測模組訴求不同，也各有妙用。

3. 工商時報

環境感測物聯網與產業創新研討會

工研院 提升微型感測技術量能

袁朝庭／台北報導

工研院於日前環境感測物聯網與產業創新研討會中，展出電子衝擊式PM 2.5感測元件、電化學式O₃感測模組及半導體式NO₂的研發成果，希望能提升臺灣在微型感測元件的技術量能。此外，在環境感測物聯網的品質管理上也協同環保署建立臺灣微型感測器第三方驗證機制。對於環境應用領域上更導入大數據分析及機械學習之污染溯源模式，期望能在協助臺灣環境治理，同時也帶動臺灣產業研發量能，開創新的產業生態圈。

工研院綠能所副所長李宏台表示，電子衝擊式PM 2.5感測元件、電化學式O₃及半導體式NO₂感測模組都已經跟廠商洽談技術轉，而水科技物聯網應用平台也已經在桃園實地測試中，希望把廠商的技術帶進來，盡快把這些技術商業化。現在外面一般所使用的環境感測技術大多採用國外感測器，工研院積極投入感測技術開發，期望能夠在臺灣深耕，未來將持續推動與國際接軌之驗證平台，強化國產化元件之國際競爭力，輔以國內場域驗證之實值與應用分析結果，將環境物聯網之整體服務推廣到國際市場。

李宏台進一步指出，現階段環境感測技術大多是偵測現在環境的數據，並且搜集這些資料，還沒有做到預測。接下來開發的重點是希望透過AI人工智慧，結合氣象、人為活動等資料庫，更深入掌握地區特性，讓機器學習，進一步達到預測的效果。

電子衝擊式PM 2.5感測模組

工研院所開發的「電子衝擊式PM 2.5感測模組」，是用以偵測空氣中微小粒子，其偵測原理是以慣性作用原理篩選粒徑，並以微粒帶電原理量測微粒濃度。技術的特色在於結合了衝擊氣得精準、以及電子偵測的靈敏，可快速篩選粒徑且精準量測微粒濃度，以前光學式感測技術大多沒有這樣的篩選機制，造成數據資料的誤差。電子衝擊式PM 2.5感測模組可以應用於室內外環境，也可以和其他感測器整合運用，已經完成感測元件離型機電整合及環境測試，首先會應用於工業上，裝設在像工廠排放氣體的煙道、或是工業區的電線桿上。

氣態污染物（O₃）感測模組

「氣態污染物（O₃）感測模組」主要是用來偵測環境中像是O₃、NO₂等有害氣體，這也是臺灣第一個可以偵測O₃、NO₂的感測模組。其偵測原理是運用電化學式氣體感測原理，以奈米碳材改質電極，提高電化學式靈敏度，並利用選擇性腐蝕及感測陣列演算，去除大氣環境中干擾因子的影響。

O₃是在汽車、工廠排放之後，經過光照所產生，如果濃度超過70ppb就對人體有害，此一感測模組的偵測極限（20ppb）。氣態污染物感測模組可以滿足工業安全、室內外環境感測物聯網的需求，並且對空氣品質異常濃度訊息提出示警。

●圖為工研院研發之電子衝擊式PM2.5感測模組，及氣態污染物（O₃、臭氧）感測模組。圖／簡謙隆

NO₂感測模組

NO₂感測模組是以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，相比傳統上以加熱方式感測，可大大降低了其他還原性氣體的干擾，而且可以偵測低濃度，在臺灣已經通過了專利申請、同時也在美國申請專利。依照環保標準來看，53ppb就達到黃色警戒，工研院所開發的NO₂感測模組可以偵測到50ppb以下，現階段已經完成室溫型NO₂之原型感測模組與3S測試結果。高溫燃燒會產生NO₂，一般在交通擁擠的地方有刺鼻的噴味刺激引發過敏咳嗽，可能是NO₂作祟，未來可以放置像是警署、或交通擁塞熱點偵測。

移動式水質感測設備

「移動式水質感測設備」是把國產化感測器縮小，整合了4G傳輸、GPS定位模組，放置於一個活動式載具內，偵測水中的酸鹼度、溫度、以及重金屬物質，目前可以測出銅的濃度，未來會慢慢開發其他重金屬及測項的偵測。以前水質檢測是依靠環工人員一路採水，耗時也缺乏即時性。未來應用此設備，從上游到下游一路漂下來，每40秒會傳送一筆數據，如果有異常狀況，可即時啟動處置機制，避免污染擴散。



4. 聯合新聞

環境感測物聯網 公私協力打造環境品質管理

f 分享 分享 留言 列印 二存新聞

2018-11-16 12:46 聯合報系攝影中心 記者杜建重／即時報導

環保署今天展開為期兩天的「環境感測物聯網與產業創新研討會」，透過跨領域國際趨勢及未來應用情境等專題、分享環保署運用於環保稽查的成果，應用成效。研討會邀請荷蘭貿易暨投資辦事處、交通部運輸所、工研院等專家及國內學者，暢談智慧環境國際發展趨勢及環境感測物聯網產業發展的商機，會場同時也展出科技部、經濟部、環保署現階段環境感測元件研發的成果。

環保署長李應元在研討會上致詞時表示，空氣污染的時候，平時有風能把汙染物沖淡，從四面八方排走，但是當風是靜止狀態時，尤其是逆溫層200公尺，風都不動，就要拜託民眾社會大家一同來減量，若達紅色警戒時，工廠雖減排20%，但供應難的不會受到太大影響，希望在這兩天研討會上，大家共同來探討如何讓空氣改善，如何管理空氣品質。

工研院在研討會場上展出電子衝擊式PM 2.5感測元件、電化學式O₃感測模組及NO₂的研發成果，希望能提升我國在微型感測元件的技術量能。另外，在環境感測物聯網的品質管理上，也協同環保署建立我國微型感測器第三方驗證機制，對於環境應用領域上更導入大數據分析及機械學習之污染溯源模式，希望能在我國環境治理上盡一份心力。



工研院展出電子衝擊式PM2.5感測元件及模組。記者杜建重／攝影

5. 蘋果日報

減排20%奏效 李應元：上周預測空品3天紅害結果只有1天半

956 出版時間：2018/11/16 12:43



環保署今舉辦環境感測物聯網與產業創新研討會，外界關心最近空污嚴重，尤其上周連續3天空品很糟糕，圖為環保署李應元。環保署提供

上周中部空品區以南因擴散條件差，空品連續3天不良，全台半數測站深陷空污危害之中，環保署長李應元今表示，若逆溫層約200公尺，導致四面八方空污的污染物都不動，此時要拜託大家一起自主減少排放量20%；以上周為例，原本預測連續3天紅害嚴重，如果什麼都不做，就是3天都紅害，後來大家一起減量，第2天下午紅害測站就減少了，甚至第3天紅害色就沒了，最後3天紅害變成只有1天半而已。

6. 中國時報

環境感測物聯網 智慧執法成效佳



2018環境感測物聯網與產業創新研討會，環保署署長李應元（右四）等貴賓出席。圖／顏謙隆

友善列印



2018年11月17日 04:10 工商時報 臺灣版 / 台北報導

環保署舉辦的「環境感測物聯網與產業創新研討會」昨（16）日登場，分享環保署適用於環保稽查的成果，驗證智慧執法的應用成效。環保署長李應元表示，透過空污偵測、記錄減排量，利用科技讓大家知法、節制，從衛星圖來看，台灣的成效值得給予掌聲。未來應用面向會從空氣到水，也希望透過研討會腦力激盪，讓感測技術更精準，共同為減排來努力。

7. 環保署

環保署舉辦「環境感測物聯網與產業創新」研討會

提供單位：行政院環境保護署監資處

發布日期：2018.11.16



環保署於今(16)日展開為期兩天的環境感測物聯網研討會，透過跨領域國際趨勢及未來應用情境等系列專題、分享環保署運用於環保稽查之成果，驗證智慧執法的應用成效。研討會邀請荷蘭貿易暨投資辦事處、交通部運輸研究所、工業技術研究院等專家及國內學者，暢談智慧環境國際發展趨勢及環境感測物聯網產業發展商機，會場同時展出科技部、經濟部、環保署現階段環境感測元件研發成果，並設有產業媒合專區交流，環保署誠摯邀請各界踴躍蒞臨，共同開創環境感測物聯網產業發展商機。

環保署今(16)日於張榮發基金會國際會議中心8樓（臺北市中正區中山南路11號）舉辦為期兩天的「環境感測物聯網與產業創新」研討會(<http://epaeiot.tw/>)，研討會議題以「環境應用國際趨勢」、「智慧布建跨域應用」、「創新科技優化生活」、「元件研發產業橋接」、「技術媒合產業開展」等5大主題涵蓋建構感測物聯網的各階段面向；會場同步展示主題成果，藉「元件研發」、「布建推廣」、「模式開發」、「情境體驗」等4大主題的互動式展覽及產業媒合專區，提供產業與研發團隊進行技術優勢評估及專利授權討論，促進產業媒合與跨域合作的交流機會。

環保署展示運用環境感測物聯網技術輔助環保稽查之成果，包含今(107)年度陸續布建完成約2,500個感測器所提供每3分鐘1筆PM2.5感測數據，並開發空氣品質感測資料展示平臺，藉由一站式整合空污感測數據、列管污染源(PRTR)、固定污染源連續監測資訊(CEMS)、公害陳情、風場及風向等資料，以視覺化動態地理圖呈現感測器即時數據及時空變化、污染潛勢、即時告警資訊，輔助環保稽查之效能，逐步強化智慧執法之具體成果；環保署107年已查獲12家違規事業並依法告發處分，本次研討會亦邀請環保署環境督察總隊、桃園市環保局及高雄市環保局分享經驗。

8. TVBS

16 空氣盒子數據大於環保署！ 綠委揚言刪預算

Nov
2018

記者 畢倩涵 / 攝影 張肇華 報導 © 2018/11/16 22:49

小 中 大



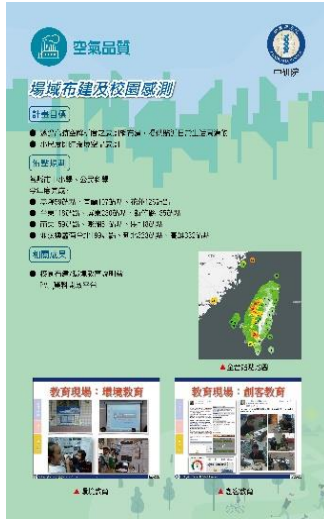
民進黨立委吳煥裕，在14號備詢時提到由中研院開發的空氣盒子，時常數據跟中央不同，引起民怨恐慌揚言刪預算，其實像空氣盒子，多半是學校買來做教學使用，監測的範圍小，也沒有統一擺放高度，使用意義跟中央不同，不能跟環保署空氣品質監測站數據相比。

七、參加「建構民生公共物聯網計畫計畫成果展及資料應用競賽暨民生公共物聯網產業聯盟成立大會」展覽

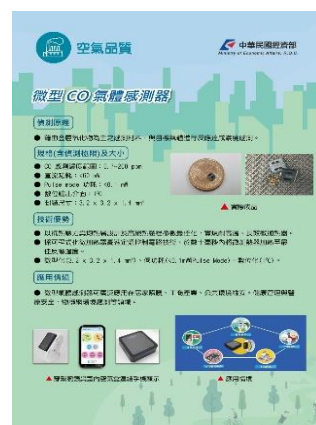
為提供我國民生公共物聯網相關服務，前瞻基礎建設－「建構民生公共物聯網計畫」致力於整合我國空氣品質、地震、災害、水資源等民生四大領域資料，以期能強化政府智慧城鄉服務，提升全民生活幸福感。同時，將透過資料服務平台一站式入口，提供穩定、高品質的感測資料與運算資源，促進國內資料產業經濟發展，並以國際輸出為目標，提供資料創新服務的整合方案。

建構民生公共物聯網計畫，係由行政院環保署、經濟部技術處與工業局、科技部、中央研究院資訊科學研究所、交通部中央氣象局、國家實驗研究院地震工程研究中心、國家災害防救科技中心、內政部消防署、經濟部水利署、行政院農委會等共同推動，致力於整合空氣品質、地震、防救災、水資源等民生相關物聯網建設及監測資料。本次活動於 107 年 12 月 17 日(一)，假台北國際會議中心 2 樓 201 室(台北市信義區信義路五段 1 號)舉辦，內容包含資料競賽、「民生公共物聯網產業聯盟」介紹及各分項成果展。

有關整體成果展的主題概念及相關內容，因建構民生公共物聯網計畫涵蓋四大主題一水、空、地、災，此次展覽將與民眾分享計畫內容，也因為這些議題與民生息息相關，同樣環繞著我們生活的環境衍生出各個議題，因此將此次展覽的主題概念訂為「家」，民眾進到展場內，可以透過主題設計、互動式的裝置，更了解這些平常忽略的課題，讓這些平常看似枯燥的議題看起來更加平易近人。環保署主要負責空氣品質領域(分項一、二)，讓民眾更了解計畫成果及未來智慧城鄉發展。此次成果展有展出環保署及中研院收集空氣品質數據資料，打造空品物聯網運算及營運平台，收集到的數據除提供外界進行創新加值運用，也可用來推測空氣污染的時間和區域，建立空氣品質分析、預報及變化預警系統。相關展示資料如下所示。







第七章 結論與建議

7.1 結論

(一)、評估國內外物聯網現況並提出分析

1. 完成國內外環境物聯網分析報告，參考美國、歐洲、韓國、日本等國家、城市與產業角度，以開放式創新平台與客製化服務為主軸策略，分析產業投入物聯網的動力，比較不同屬性公司在平台的競爭優勢以及商業成長，產出台灣推動環境感測物聯網跨領域之應用可能方向及評估整體輸出之國外市場。
2. 完成依據工業、交通、社區與輔助四種類型情境優化全國感測器布建規劃，其中工業感測情境依工廠行業別特性的環境釋放狀況進行修正，交通感測情境則搭配交通流量記錄點，社區感測情境以民眾陳情熱區進行調整，另增設於區域標準監測站進行平行比對，以利評估感測器的使用壽命及校正依據。
3. 完成收集目前民間自設感測器種類與其他單位之感測器類型，挑選市售量高者送工業技術研究院量測中心辦理感測設備型式驗證，並產出分析報告。民間感測器需透過與標準監測站平行比對之結果，做為後續建立資料融合之基礎及參考，另仍需評估數據歷程或異常情形之解決方式，以利後續感測資料之資料融合與加值應用。

(二)、完成國產化空氣感測元件研發或感測器原型機

1. 完成國產化 $\text{PM}_{2.5}$ 、 O_3 、 NO_2 感測器模組， $\text{PM}_{2.5}$ 感測器模組偵測粒徑下限約為 $0.25\ \mu\text{m}$ 低於光學偵測之極限 $0.3\ \mu\text{m}$ ，在微粒濃度 $< 100\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 時，與 TSI dusttrak 之 $R^2 > 0.7$ 。 O_3 感測器模組偵測下限可達 20 ppb，在 O_3 濃度 0~400 ppb 間之靈敏度 $R^2 > 0.7$ 。 NO_2 感測器模組偵測下限可達 (26.04 ± 3.83) ppb，在 NO_2 濃度 0~300 ppb 間之靈敏度測試線性度 $R^2 > 0.95$ 。
2. 完成本計畫刻正已開發之空品感測器在實際應用場域之維運週期及可行性分析，本案開發具備低功耗、低成本、穩定性及可靠性等環境空氣品質監控技術，有助於提升國內感測元件之靈敏度、反應速度、穩定性、小體積、低價格、低耗能與長壽命等目標。

3. 本案開發之感測元件已提出臺灣或歐盟或美國之專利申請，其中 O_3 及 NO_2 感測元件已啟動技術轉移， NO_2 感測元件已取得臺灣專利，逐步落實國內相關感測器技術業界生產製造能力，發展本土國產化空氣品質感測元件開發設計量能。逐步落實國內相關感測器技術業界生產製造能力，同時並完成一式技術轉移業界量產，發展本土國產化氣體監測關鍵元件開發設計量能。

(三)、辦理空氣品質感測器巡檢工作及小規模布建工作，並強化校園教育推廣

1. 完成 50 點小規模感測器布建工作，因應技術不同應用情境，以辦理微型感測器應用之彈性為展示主軸，建立空氣感測器布建示範準則，提供相關人員訓練、布建與觀摩參考。
2. 106 年已布建數據完整率，並完成 205 點 106 年布建感測器巡檢作業，受檢感測器的數據完整率有 94%符合數據完整率 90%(含)以上。受檢感測器與巡檢儀器的相對器差有 76%符合兩者相對器差 50%(含)以下。建議應落實感測器布建標準作業程序，並應強化感測器巡檢與維護保養機制，確保感測器數據品質。
3. 由於微型感測器現場巡檢耗費人力物力，未來應建立智慧化巡檢與校正機制，運用數據分析與模式推估，為主要辨別方式，針對異常感測器再進行現場校驗與維修。
4. 完成 69 點校園感測器巡檢比對作業，將布建至校園的感測器大致上一致性良好，但仍會發現有 4.3%的感測器群體一致性較差；另外受檢感測器(53 個)與巡檢儀器的相對器差有 76%符合兩者相對器差 50%(含)以下，但相對器差最大約 110%、最低約-51%，明顯顯示校園感測器雖然一致性良好，但是數據誤差範圍甚大，須審慎使用感測數據。建議未來校園感測器於布建前應完成一致性比對作業，針對群體一致性差的感測器進行更換，同時感測器數據的判讀應以長期趨勢的變化為主，不建議僅看單一感測數據，容易造成使用者誤判。
5. 因監測站及各式感測器之感測原理、機器性能、設置環境等皆不同，未來應強化標準監測站、微型感測器之差異說明，透過社群媒體、現場實作及案例說明，提升民眾、機關與校園師生對感測

器與監測資料應用之瞭解，擴大教育宣導與輔導之效能。

(四)、協助地方政府感測器布建工作、環保署物聯網工作推動

1. 協助環保署與 13 個地方環保局合作布建 2,600 點感測器，協助環保署並與環保局召開 4 次進度會議，管控感測器布建進度及布建品質，並修正布建標準作業程序。
2. 完成協助環保署「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」各分項計畫之推動，每月管理追蹤其工作及經費執行進度，並通盤評估整體計畫關鍵工作及時間點之銜接是否完整。
3. 完成全方位環境物聯網推動方案之執行，彙整各單位之規劃內容，並研提對策分析、強化推動策略建議。
4. 辦理完成 6 場次全天及 4 場次半天的校園空氣品質感測認知宣導會，對校園師生宣傳感測器與監測資料應用方式與限制。完成 1 場次對環保局與感測器廠商之布建作業實作訓練及數據應用分析介紹，有效提升地方布建感測器之數據品質，並推動感測數據輔助智慧稽查之效能。辦理 3 場次交流會議，邀約各界專家學者針對感測元件開發、感測器監測數據品質、感測器巡檢與查核智慧化等，協助提供經驗與專業建議，共同討論未來可發展方向。
5. 於 107 年 11 月 8 日協助環保署辦理「物聯網科技結合智慧稽查，中央地方聯手監控污染，提升空氣品質」，透過簡報、海報及故事情境影片展示空品物聯網輔助智慧稽查之成果。

(五)、成立「空品物聯網產業開展計畫」之專案辦公室，強化計畫管考及產業推動

1. 成立專案辦公室，定期聯繫蒐集各部會相關成果，以強化計畫管考與產業化推動進度。
2. 完成空品物聯網一站式服務中心，建立產官學研民交流情資，創造跨專業領域結合機會，提升國內環境品質物聯網之商機，訂定問答集並辦理必要之宣傳工作。
3. 完成 Taiwan A Team 籌組，參與 7/26~28 越南綠色環保展、8 月泰國、10 月馬來西亞，與印度 CSIR-CEERI Development of Low Cost Air Quality System for Indian Terrains 啟動合作案，將環境物聯網整體包裝行銷至海外。

4. 於 107 年 11 月 16 日及 17 日完成辦理「環境感測物聯網與產業創新研討會」研討會 1 場次，共計 450 人次參加，11 組平面及電子媒體報導，會場並達成 20 家廠家媒合洽談，共同研發合作 7 家，技轉洽談 4 家；充分達到宣傳我國發展國產化空氣品質感測元件經驗，推廣相關產業創新整合成效。

7.2 建議

(一)、評估國內外物聯網現況並提出分析

1. 國際上物聯網之發展仍以工業管理、醫療及車聯網為主軸，環境議題正逐步發酵，雖然國際都市以智慧城市為發想，但仍偏重於民眾資訊服務為主，絕少有我國如以臺灣為示範應用場域，以環境治理為目標之發展，106~107 年國內環境物聯網的應用效益主要是環保單位智慧稽查及不法利得廠商之查處，有顯著效益。建議 108 年後可針對布建密度較完整的地區(如單一縣市)，結合該地方政府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，作為輔助整體空污減量及空品淨化成果之評估參考。
2. 我國基於環境治理需求定義感測器布建於工業、交通、社區與輔助等四種類型感測情境，依此規劃已具有明確之應用需求，環保署透過實地場域驗證各種感測需求之布建策略、布建密度、布建高度及相關作業準則，實屬實務具體經驗，亟具參考價值，未來可持續發展不同情境之應用服務準則，將臺灣場域各種應用情境彙整成範例故事或模組，未來或許可進階發展為環境治理之「客製化」服務技術，對於整體服務及產業輸出極具競爭力，凸顯我國客製化服務特點。
3. 無論對於評估感測器的使用壽命及校正依據，或是融合不同感測器數據資料之技術，皆為國際目前對於物聯網大數據分析之迫切解決之議題，目前尚無可適用之商業產品能直接套用，我國自行發展透過與標準監測站平行比對之成果，建立資料融合之基礎，以利後續感測資料之資料融合與加值應用之成功根本。

(二)、完成國產化空氣感測元件研發或感測器原型機

1. PM_{2.5} 感測元件雖然具有技術提升至 PM₁ 的機會，後續尚須精進量

測微粒所帶電流靜電等級(fA)，同時必須設計系統雜訊之去除效率，據以量測高精度的微粒靜電電流，以獲得穩定的量測數據。

2. O₃、NO₂ 感測器模組雖然已有原型機，但在實地場域的測試尚不足夠，下階段應加強實地場域的測試數據，以了解環境溫溼度及干擾氣體對於原型機的影響；並且透過機構與電路設計，搭配量產的封裝設計技術，尋求高穩定性的商轉產品，以強化在低中高污染環境中之感測效能，提升我國環境物聯網技術與國際競爭力。
3. 除了上述較成熟的國產化元件研發外，目前國際及國內廠商針對酸氣及 VOCs 也展現出高度的需求及未來應用性，建議國產化研發可朝向酸氣及 VOCs 進行可行性評估，並分析未來可能的應用場域及市場規模。

(三)、辦理空氣品質感測器巡檢工作及小規模布建工作，並強化校園教育推廣

1. 為因應地方環保局及環保稽查單位針對特定目標，加強感測器布建密度需求，滿足機動性高及電力自給自足條件，本團隊規劃採用長效型電池及太陽能電力為主，未來可發展簡易布建型態之自立式感測器，以符合機動布建感測器輔助智慧稽查之目標。
2. 由於微型感測器巡檢作業耗費人力與時間龐大，可發展自動化巡檢機制，例如透過大數據分析評估感測器數據品質，據以分析需現場巡檢校正之感測器，降低巡檢作業成本。
3. 雖然校園感測器之應用以資訊提供及環境教育為目的，其數據品質仍應維持相對器差小於等於 50%以內，避免造成使用民眾的認知錯誤，建議仍應評估是否透過第三方巡檢工作的推動，加強維護校園感測器可用性，提升在校師生對環境感測認知程度。
4. 為避免民眾誤用微型感測器數據，建議強化民眾對於空氣品質指標及感測數據之具體認知意義，例如持續透過媒體及網路社群宣傳正確知識，擴大教育宣導效益，未來也可透過動態影片或實作驗證來提升民眾、機關與校園學員對感測數據與環境品質之認知。

(四)、協助地方政府感測器布建工作、環保署物聯網工作推動

1. 環保署現階段已完成 3300 點感測器布建，除持續維運感測器之數據品質外，下個階段將以數據應用輔助環境治理為主要目標，建

議強化各環保單位運用物聯網輔助智慧稽查作業，協助環保稽查單位加強運用感測數據，確實執行環境治理的目標，達成優化環境且民眾有感之目的。

2. 針對已完成布建之感測器，應持續觀察不同廠牌型號、不同區域、不同環境濃度對感測數據的影響，提供研判感測器之壽命與維護頻率，掌握個別感測器的數據特性。
3. 明年度感測器布建前之一致性比對，建議規劃於空氣污染濃度較高之時段為佳，如 6 月份之前或 10 月份之後，並能持續 5~7 天的比對，可同時一併分析感測器在低、中、高污染濃度區間內之群體一致性及與標準監測站的相對器差，據以強化感測器之數據品質掌握。

(五)、成立「空品物聯網產業開展計畫」之專案辦公室，強化計畫管考及產業推動

1. 依據國際環境品質感測產業分析，我國空品物聯網產業的推動建議以歐洲為主要標的市場，輔以新南向資源開拓東南亞市場，結合跨部會之資源及在地的產業聯盟，以臺灣目前的成功案例，持續擴大環境物聯網之成效與產業化推動進度。
2. 持續收集國內流通感測器進行實地場域驗證，整合各部會研發與布建成果，彙整實際應用案例，運用空品物聯網宣傳網站，宣傳網站展示空品物聯網的計畫成效、可協助國人及業界選購適當感測器、提供國際產官領域認識我國驗證成果，亦能以網站點閱流量評估民眾有感或產業開展的多重目標。
3. 「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」已有相當豐碩成果，建議後續可邀約國外專家與企業共同參與，為下一階段的發展與推廣研擬方向，同時吸納國際物聯網企業之目光，達到提升國內技術研發與產業發展之效益。