

雲林縣異味感測器溯源輔助監測計畫 (計畫編號：YLEPB-112-062)

期末定稿本

雲林縣環境保護局委託辦理

計畫執行期間：112年8月25日至112年11月30日

受託單位：捷思環能股份有限公司

印製年月：113年1月



當每一片葉子由枯黃轉綠時，
代表我們努力的成果。

- ※「本報告書係受託單位或個人之研究意見，僅供本局施政之參考」
- ※「本報告之製作權屬雲林縣環境保護局所有，非經本局之同意，任何人均不得重製、仿製或其他之侵害」

雲林縣斗六市雲林路一段170號 電話：(05)534-0415

<http://www.ylepb.gov.tw>

雲林縣環境保護局

計畫編號 YLHPB-112-062

112
年度

雲林縣異味感測器溯源輔助監測計畫

中華民國

113
年 1
月

執行年度	中華民國112年度
計畫名稱	雲林縣異味感測器溯源輔助監測計畫-
計畫編號	YLEPB-112-062
計畫執行期間	112年8月25日至112年11月30日
受託單位	捷思環能股份有限公司
受託單位 執行人員	計畫主持人：陳俊能 計畫經理：顏銘樹
計畫經費	貳佰玖拾肆萬元整
印製年月	113年01月

計畫基本摘要

基本摘要內容：

計畫名稱：雲林縣異味感測器 計畫編號：YLEPB-112-062
溯源輔助監測計畫

主管機關：雲林縣環境保護局 執行單位：捷思環能股份有限公司

計畫主持人：陳俊能 聯絡人：顏銘樹

聯絡電話：07-3312152 傳真號碼：07-3312156

總經費：2,940 千元

全期期程：112 年 8 月 25 日至 112 年 11 月 30 日

本期期程：112 年 8 月 25 日至 112 年 11 月 30 日

1.執行進度：預定 100% 實際 100% 比較 0%；

本期進度：100%

2.經費支用：預定 2,940 千元 實際 2,940 千元 支用比率 100%

本期經費：2,940 千元；

3.主要執行內容：

本計畫於 112 年 8 月 25 日開始執行，工作內容包含感測器發展現況及陳情熱區既有資料解析、感測器項目及規劃布建作業、感測器數據品管機制、感應數據應用及分析。

在感測器項目及規劃布建作業上，計畫於 112 年 8 月 25 日提送異味監測點位設置規劃書，經環保局審核後於 112 年 9 月 11 日獲核定，並於 112 年 9 月 15 日完成 30 點移動感測器及 10 點風向風速感測器佈建作業，完成期間設備維運，並彙整數據進行解析。

在計畫成果展現上，112 年 12 月 11 日於雲林科技大學 1 場次成果發表說明會辦理，參與人數共計 52 人。

4.計畫變更說明：無

5.落後原因分析：無

6.解決辦法：無

7.主管機關管考建議：無

「雲林縣異味感測器溯源輔助監測計畫」

期末報告基本資料表

甲、委辦單位	雲林縣環境保護局			
乙、執行單位	捷思環能股份有限公司			
丙、年 度	112 年	計畫編號	YLEPB-112-062	
丁、專案性質	勞務類 94-污水及垃圾處理、公共衛生及其他環保服務			
戊、專案領域				
己、計畫屬性	<input type="checkbox"/> 研究型計畫		<input checked="" type="checkbox"/> 一般委辦計畫	
庚、全程期間	112 年 8 月~112 年 11 月			
辛、本期期間	112 年 8 月~112 年 11 月			
壬、本期經費	新台幣 <u>1,176</u> 千元			
	資本支出		經常支出	
	土地建築	_____ 千元	人事費	<u>250</u> 千元
	儀器設備	_____ 千元	業務費	<u>926</u> 千元
	其 他	_____ 千元	材料費	_____ 千元
			其 他	_____ 千元
癸、摘要關鍵詞（中英文各三則）				
可移動式感測器設備，污染熱區，感測器數據資料服務				
mobile sensors, pollution hotspots, sensors operation and data service				
參與計畫人力資料：				
參與計畫 人員姓名	工作要項 或撰稿章節	現職與 簡要學經歷	參與時間 (人月)	聯絡電話 及 e-mail 帳號
陳俊能	計畫主持人/統籌 計畫執行、計畫品 質管理、執行人力 工作協調	經理/中興大學環境 工程系碩士	2 人月	07-3312152#103 scott@jsene.com
顏銘樹	計畫經理/進度掌 控及報告彙整、局 內配合事項辦理、 數據分析應用	經理/淡江大學水資 源及環境工程系碩 士	5 人月	07-3312152#101 ken@jsene.com
蔡承軒	計畫工程師/感測 器巡檢維護及比 對校正作業管理	計畫工程師/中台科 技大學環安系學士	5 人月	0956-381-006 chengsyuan@jsene.co m

雲林縣環境保護局計畫成果摘要（簡要版）

一、中文計畫名稱：

雲林縣異味感測器溯源輔助監測計畫

二、英文計畫名稱：

Yunlin County odor sensor traceability auxiliary monitoring plan

三、計畫編號：

YLEPB-112-062

四、執行單位：

捷思環能股份有限公司

五、計畫主持人：

陳俊能

六、執行開始時間：

112/8/25

七、執行結束時間：

112/11/30

八、報告完成日期：

113/01/24

九、報告總頁數：

本文 **86** 頁

十、使用語文：

中文，英文

十一、報告電子檔名稱：

YLEPB-112062.doc

十二、報告電子檔格式：

Microsoft Word

十三、中文摘要關鍵詞：

異味感測器，空氣品質監測網，環境物聯網

十四、英文摘要關鍵詞：

odor sensor, IOT

十五、中文摘要：

本計畫於 112 年 8 月 25 日開始執行，工作內容包含感測器發展現況及陳情熱區既有資料解析、感測器項目及規劃布建作業、感測器數據品管機制、感應數據應用及分析。

在感測器項目及規劃布建作業上，計畫於 112 年 8 月 25 日提送異味監測點位設置規劃書，經環保局審核後於 9 月 11 日獲核定，並於 9 月 15 日完成 30 點移動感測器及 10 點風向風速感測器佈建作業。

統計設置完成至計畫結束為止，總共執行 30 次異常現場確認，經統計所有異常告警均來自於設備異常或者斷線所致，所有異常皆於 48 小時內完成排除作業，全數測項之監測資料完整率約 98%。

彙整 9 月至 11 月公害陳情系統中，在斗南鎮及虎尾鎮的陳情案件共計有 97 件，在惠來及田頭里中共計有 6 件，其中有 4 件為露天燃燒，2 件為豬屎、柴油異味，分別發生於 112 年 10 月 24 日及 11 月 18 日。11 月 18 日之事件經分析鄰近異味感測器的 VOC、NH₃、H₂S 等數據，結果顯示在上午 7 點前後，前述監測項目皆未有明顯的高值產生，研判當時該異味濃度持續不久或者該異味與目前感測元件未有相關靈敏度，以致無法透過時間序列與濃度的關係做污染趨勢分析；10 月 24 日之事件，以鄰近 5 台感測器的 VOC、CH₄S、NH₃、H₂S 等當日中午 12 點左右數據，以克利金法分析污染熱區，結果顯示 VOC、CH₄S 及 H₂S 之測值以 3100114 感測器附近濃度是較高處，NH₃ 的高濃度區域則是 3100134 感測器附近。綜上所述，當時風向多介於西到北北東及靜風(<1m/s)狀況下，研判該次民眾陳情空氣中有明顯的豬屎臭味可能是鄰近點位之畜牧場逸散的臭味所致。

十六、英文摘要：

This project commenced on August 25, 2023, and encompassed the development of sensor technology, analysis of existing data on odor complaint hotspots, planning and deployment of sensor projects, implementation of sensor data quality control mechanisms, and the application and analysis of sensor data.

In the aspect of sensor project planning and deployment, the project submitted the Odor Monitoring Point Setup Plan on August 25, 2023, which was approved by the Environmental Protection Bureau on September 11, 2023. Subsequently, on September 15, 2023, the deployment of 30 mobile sensors and 10 wind direction and speed sensors was completed.

From the initiation of the project until its conclusion, a total of 30 on-site verifications of anomalies were conducted. All anomalies were resolved within 48 hours, resulting in an overall completeness rate of approximately 98% for the monitoring data.

Between September and November 2023, a total of 97 odor-related complaints were received in Dou Nan Town (斗南鎮) and Hu Wei Town (虎尾鎮). Among these, 6 cases were specifically from Hui-Lai (惠來里) and Tian-Tou (田頭里), with 4 involving open burning and 2 related to pig manure and diesel odor, occurring on October 24 and November 18, respectively. Analysis of the incident on November 18, based on the data from nearby odor sensors for VOCs, NH₃, H₂S, indicated no significant high values around 7 am. This suggests that either the odor persisted for a brief duration or the current sensor components lacked sensitivity, making it challenging to conduct pollution trend analysis based on the relationship between time series and concentration. For the incident on October 24, analysis of data around noon from 5 nearby sensors for VOCs, CH₄S, NH₃, H₂S using kriging revealed higher concentrations near sensor 3100114 for VOCs, CH₄S, and H₂S, while NH₃'s high concentration area was near sensor 3100134. In summary, during these incidents, the wind direction

varied from west to north-northeast, and under calm wind conditions ($<1\text{m/s}$), it was deduced that the noticeable pig manure odor reported by residents may have originated from odor dispersion from nearby livestock farms.

目錄

第一章 前言	1-1
1-1 計畫目標	1-1
1-2 計畫工作項目及內容	1-1
第二章 背景資料	2-1
2-1 雲林縣簡介	2-1
2-1.1 地理介紹	2-1
2-1.2 人口概況	2-2
2-1.3 工業概況	2-3
2-1.4 機動車輛概況	2-4
2-2 空氣品質測站設置狀況	2-6
2-3 空氣品質感測器設置狀況	2-8
2-3.1 民生公共物聯網	2-10
2-3.2 環感城鄉建設相關計畫蒐集分析及策略研擬	2-10
2-3.3 國內空氣品質感測器布建推動現況	2-11
2-3.4 雲林縣空氣品質感測器布建推動現況	2-12
2-4 目標污染物簡介	2-15
第三章 感測器發展現況及陳情熱區解析	3-1
3-1 感測器發展現況	3-1
3-1.1 感測器原理	3-1
3-1.2 國內外異味感測資料蒐集	3-10
3-2 陳情熱區資料解析	3-14
第四章 異味感測器布建及維運作業	4-1
4-1 布建前置作業	4-1
4-2 點位設置規劃	4-3
4-2.1 感測布點選址規劃及位址說明	4-3
4-2.2 布建成果說明	4-5
4-3 維運作業	4-12
4-3.1 告警設定	4-12
4-3.2 資料完整率	4-14

目錄

第五章 數據傳輸系統及數據分析	5-1
5-1 數據傳輸系統.....	5-1
5-1.1 感測器資料回傳通訊.....	5-1
5-1.2 感測器資料收集平台.....	5-1
5-1.3 監測數據應用平台.....	5-2
5-1.4 Line 即時推播系統.....	5-10
5-2 陳情案件彙整.....	5-11
5-2.1 虎尾鎮與斗南鎮陳情案件統計.....	5-11
5-2.2 利用異味感測器分析陳情事件污染來源.....	5-12
5-3 數據應用分析結果.....	5-17
5-3.1 透過異味感測器的污染熱區推估方法.....	5-17
5-3.2 異味感測器監測數據分析結果.....	5-19
第六章 成果發表會	6-1
第七章 結論及建議事項	7-1
7.1 結論.....	7-1
7.2 建議事項.....	7-5

表目錄

表 2-1 雲林縣各鄉鎮人口數統計資料	2-2
表 2-2 雲林縣工業區園區概況	2-3
表 2-3 雲林縣歷年機動車輛統計表	2-4
表 2-4 雲林縣環保局人工測站監測項目與環境資料一覽表	2-6
表 2-5 雲林縣自動測站監測項目一覽表	2-7
表 2-6 雲林縣自動測站環境資料一覽表	2-7
表 3-1 國外主要異味感測器廠牌彙整	3-11
表 3-2 畜牧場硫化氫與氨氣空氣採樣文獻彙整表	3-12
表 3-3 雲林縣斗南鎮近四年空氣污染陳情案件(以異味區別)統計	3-17
表 4-1 異味感測器規格表	4-2
表 4-2 30 處異味感測器規劃設置區域統計表	4-4
表 4-3 30 處異味感測器規劃設置清單(1/2)	4-4
表 4-3 30 處異味感測器規劃設置清單(2/2)	4-5
表 4-4 30 處異味感測器設置成果(1/6)	4-6
表 4-4 30 處異味感測器設置成果(2/6)	4-7
表 4-4 30 處異味感測器設置成果(3/6)	4-8
表 4-4 30 處異味感測器設置成果(4/6)	4-9
表 4-4 30 處異味感測器設置成果(5/6)	4-10
表 4-4 30 處異味感測器設置成果(6/6)	4-11
表 4-5 告警警戒值彙整表	4-12
表 4-6 異常警示及處理動作統計表	4-13
表 4-7 異常維護清單	4-13
表 4-8 資料完整率	4-14

表 5-1 惠來及田頭里陳情資料彙整	5-11
表 5-2 不同監測項目的結果(11 月 18 日).....	5-12
表 7-1 工作進度表.....	7-1

圖目錄

圖 2-1 雲林縣各鄉鎮地理位置圖	2-1
圖 2-2 歷年機動車輛登記數變化趨勢圖	2-5
圖 2-3 雲林縣各類監測站分布圖	2-6
圖 2-4 「前瞻基礎建設」未來數位建設計畫經費配置	2-9
圖 2-5 階層式空品監測體系	2-9
圖 2-6 全方位環境品質感測物聯網發展	2-11
圖 2-7 國內空氣品質感測器布建推動現況概圖	2-12
圖 2-8 雲林縣空氣品質感測器布建推動歷程	2-14
圖 2-9 雲林縣空氣品質感測器布建推動現況概圖	2-14
圖 3-1 電子鼻中常見感測器之種類	3-1
圖 3-2 MOS 感測器的結構與原理	3-3
圖 3-3 MOS 感測器的實體模型圖	3-3
圖 3-4 常見之 CP 檢測器單體結構(a)吡咯、(b)吡啶、(c)苯胺、(d) 噻吩	3-4
圖 3-5 MOSFET 偵測器(n-type)之結構	3-5
圖 3-6 BAW 感測器之結構	3-7
圖 3-7 BAW 聲波傳播與石英振盪方向示意圖	3-7
圖 3-8 SAW 感測器之結構	3-8
圖 3-9 SAW 表面聲波傳播方向示意圖	3-8
圖 3-10 雲林縣歷年空氣污染案件陳情件數	3-15
圖 3-11 雲林縣近二年全類別及異味陳情案件分布	3-16
圖 3-12 斗南鎮近四年空氣污染陳情案件(異味)主要來源佔比	3-17
圖 4-1 感測器外箱示意圖	4-2

圖 4-2 30 處異味感測器規劃設置分布圖示.....	4-3
圖 5-1 數據傳輸公布流程圖	5-2
圖 5-2 JUNO 監測數據應用網	5-3
圖 5-3 微型感測器資料庫資訊管理系統登入畫面	5-4
圖 5-4 感測點(站)各時間表之資料獲取率示意圖.....	5-5
圖 5-5 感測點(站)歷史資料檢視示意圖.....	5-6
圖 5-6 感測點(站)圖表操作畫面.....	5-6
圖 5-7 濃度盒鬚圖檢視示意圖	5-7
圖 5-8 濃度熱點圖檢視示意圖	5-8
圖 5-9 日報表資料檢視示意圖	5-8
圖 5-10 空氣品質感測器監測網頁氣象圖示意圖	5-9
圖 5-11 即時推播告警資訊.....	5-10
圖 5-12 5 台異味感測器與陳情點位置示意圖.....	5-13
圖 5-13 VOC、H ₂ S 污染濃度分布結果(10/24 12:00).....	5-14
圖 5-14 CH ₄ S、NH ₃ 污染濃度分布結果(10/24 12:00).....	5-15
圖 5-15 10 月 24 日的風向逐時變化.....	5-16
圖 5-16 6 台感測器相對位置示意圖.....	5-19
圖 5-17 9 月份 6 台感測器 VOC 濃度時序圖	5-20
圖 5-18 VOC 感測器測值時空濃度分佈(2023/09/15 02:00~10:00) (1)5-20	
圖 5-19 9 月 15 日風玫瑰圖結果(02:00~10:00).....	5-21
圖 5-20 VOC 感測器測值時空濃度分佈(2023/09/22 02:00~10:00) (1)5-22	
圖 5-21 9 月 22 日風玫瑰圖結果(02:00~10:00).....	5-23
圖 5-22 VOC 感測器測值時空濃度分佈(2023/09/23 02:00~10:00) (1)5-23	

圖 5-23 9 月 23 日風瑰圖結果(02:00~10:00).....	5-24
圖 5-24 VOC 感測器測值時空濃度分佈(2023/10/07 02:00~10:00) (1)	5-25
圖 5-25 VOC 感測器測值時空濃度分佈(2023/10/18 02:00~10:00).	5-26
圖 5-26 VOC 感測器測值時空濃度分佈(2023/10/26 02:00~10:00).	5-27

第一章 前言

1-1 計畫目標

近年雲林縣環保局推動多項排放與減量的管制策略，使縣內固定/移動污染源排放量明顯降低。但特定公私場所產生的異味污染來源，容易造成民眾陳情，依據環境部公害陳情案件統計顯示，以異味污染物的陳情案件排名第一。以往異味污染監測皆由環檢所公告異味污染物官能測定法-三點比較式嗅袋法採樣告發，但這無法有效即時掌握疑似的污染來源，因此藉此計畫發展異味感測器的長期監測，並由模式推估限縮污染來源，以利後續相關稽查作業，進而降低異味陳情。

據此乃提出本計畫，並以下為計畫目標：

於本縣斗南及虎尾陳情熱區建置可移動式感測器設備，以作為異味污染物長期監測。

- 一、維運及維持穩定本計畫所建置感測器數據資料服務。
- 二、透過科學統計方法進行污染熱區來源推估，提供稽查人員輔助運用。

1-2 工作項目及內容

- 一、感測器發展現況及陳情熱區既有資料解析：
 - (一)彙整探討國內外異臭味/揮發性有機物體感測設備發展現況與實場應用。
 - (二)彙整本局近年來對於斗南田頭里及虎尾惠來里陳情熱區相關資料。
- 二、感測器項目及規劃布建作業：
 - (一)感測器元件至少包括硫化氫、氨、甲硫醇、VOC、CO、溫度及濕度等。
 - (二)應運用重點陳情熱區資訊進行設置點位規劃，共計布建 30 點，布建點位應考量可能污染源及陳情敏感點位。
 - (三)為瞭解污染流布，應建置 10 套風向風速計，設置點為應考量區域特性，以便進行後續溯源。

(四)廠商應於得標後 1 個月提送設置規劃報告，並於本局核可後 1 個月內完成設置。

(五)廠商應負責執行本計畫所需之選址、用地、用電、施工及證照申請等相關工作或協調(必要時機關得適時提供協助)，所衍生之費用(如工程費、電費、管理費或規費等)，除契約另有規定外，應由廠商負責。

(六)感測器可以 4G 或 5G 傳輸至雲端後，進行資料存儲及運算，本局可透過網路查詢各感測器即時及歷史數據，廠商應依據感測區域特性研擬及訂定合宜告警通知，並以 line 通知為主。

三、感測器數據品管機制：

(一)得標廠商應參酌環保署「空品感測物聯網布建及數據應用指引」，提出本計畫各項元件數據品質目標，並於設置規劃報告書中提出，經本局審核同意後據以執行。

(二)感測器設備異常時，應依據錯誤碼或感測數值進行初步判定異常情形，並先進行遠端重置來故障排除，如果問題無法排除，再進行現場維修處置，且感測器異常狀況將於 48 小時內排除。

四、感測數據應用分析：

(一)定期以 Artificial neural network (ANN) model 結合 Kriging method 以推估污染熱區與來源的影響

(二)辦理 1 場次成果發表說明會

第二章 背景資料

2-1 雲林縣簡介

2-1.1 地理介紹

雲林位在台灣西方的中南部，在嘉南平原最北端。東邊是南投縣，西臨台灣海峽，南邊隔著北港溪與嘉義縣為鄰，北邊沿著濁水溪和彰化縣接壤。東西最寬的地方有五十公里，南北最長的地方有三十八公里，全縣面積總計一千二百九十點八三五一平方公里。其中十分之九為平原，十分之一為山地，屬亞熱帶型氣候，年均溫攝氏 22.6 度，年均雨量 1,028.9 毫米，人口約六十六萬人。

雲林縣有二十個鄉鎮市，除斗六市、古坑鄉及林內鄉靠近山地，地勢較高外，其餘十七鄉鎮均屬平原地區。其相關地理位置如圖 2-1 所示。



圖註：藍色鄉鎮為雲林西部；綠色鄉鎮為雲林中部；橘色鄉鎮為雲林東部

資料來源：雲林縣政府全球資訊網(<http://www.yunlin.gov.tw/>)

圖2-1 雲林縣各鄉鎮地理位置圖

2-1.2 人口概況

依據雲林縣戶政入口資訊網 112 年 10 月各鄉鎮市人口統計資料顯示(如表 2-1)，雲林縣現住戶為 246,886 戶，共計 660,144 人，人口密度每平方公里約為 511 人，其中以斗六市 10 萬餘人及虎尾鎮 7 萬餘人最多。

表2-1 雲林縣各鄉鎮人口數統計資料

區域別	戶數	人口數(人)			鄉鎮面積 (平方公里)	人口密度 (人/平方公里)
		男	女	合計		
斗六市	40,738	53,398	54,770	108,168	94	1,151
莿桐鄉	9,494	14,264	13,157	27,421	51	538
林內鄉	6,057	8,749	7,935	16,684	38	439
斗南鎮	16,534	21,900	21,340	43,240	48	901
古坑鄉	11,512	15,661	14,262	29,923	167	179
大埤鄉	6,653	9,510	8,449	17,959	45	399
虎尾鎮	26,846	35,354	34,993	70,347	69	1,020
土庫鎮	9,733	14,352	13,211	27,563	49	563
褒忠鄉	4,443	6,390	5,518	11,908	37	322
元長鄉	8,989	12,823	10,604	23,427	72	325
西螺鎮	15,413	22,352	22,100	44,452	50	889
二崙鄉	8,938	13,316	11,573	24,889	60	415
崙背鄉	8,677	12,085	10,806	22,891	58	395
北港鎮	16,119	19,370	18,202	37,572	41	916
口湖鄉	9,182	13,359	11,694	25,053	80	313
水林鄉	9,413	12,499	10,342	22,841	73	313
麥寮鄉	15,605	24,465	24,994	49,459	80	618
東勢鄉	5,708	7,448	5,985	13,433	48	280
臺西鄉	8,375	11,656	10,160	21,816	54	404
四湖鄉	8,457	11,540	9,558	21,098	77	274
合計	246,886	340,491	319,653	660,144	1,291	511

資料來源：雲林縣戶政入口資訊網(<https://household.yunlin.gov.tw/home.aspx>)。

2-1.3 工業概況

依據雲林縣工商發展投資策進會網站資料，雲林縣已開發工業區大都是傳統綜合型工業區，目前使用率幾近飽和；近年編定的開發中工業區則順應全球化趨勢，規劃為高專業、高科技高人性的園區環境，雲林縣即將成為台灣基礎工業及高科技產業的重要搖籃。其雲林縣工業區園區概況如表 2-2 所示。

表2-2 雲林縣工業區園區概況

園區名稱	性質	園區面積	設廠家數	員工數	園區優勢(優惠)	開發狀態
豐田工業區	綜合型	39	33	1,191		已開發
元長工業區	農村型	16	30	539		已開發
大將工業區	綜合型	21	8			已開發
麻園工業區	一般	19	7			已開發
馬鳴山工業區	一般	20	1			已開發
斗六工業區	綜合型	203	245	7,220	斗六擴大工業區-土地市價化政策	已開發
雲林離島式基礎工業區						
麥寮區	基礎型	2,679	19	10,189		開發中
新興區	基礎型	1,433			土地市價化政策	開發中
台西區	基礎型	1,163				開發中
四湖區	基礎型	8,965				開發中
雲林科技工業區						
大北勢區	科技型	243	57	5,692	789 土地出租方案	已開發
竹圍子區	綜合型	267	72			已開發
石榴班區	預計生物科技型	72				開發中
中部科學園區-雲林基地	科技型	96	9	396		已開發

資料來源：雲林縣工商發展投資策進會(<https://idipc.yunlin.gov.tw/>)，查詢日期為 112 年 2 月 6 日。

2-1.4 機動車輛概況

統計雲林縣 90 年至 111 年之各項機動車輛數，由表 2-3 及圖 2-2 所示，顯示本縣機動車輛登記數自 90 年起逐年增加，至 100 年為最高，其後則逐年降低，至 105 年起又逐年增加，111 年登記的車輛數為 727,026 輛，車輛密度約為 563.22 輛/平方公里。由於改裝機動車輛是都市主要噪音污染的來源之一，故環境部近年對於機動車輛的管制相當嚴格，因此針對改裝機動車輛的管制為環保局目前對於噪音管制的一大重點。

表2-3 雲林縣歷年機動車輛統計表

統計期	總計					
	機動車輛登記數(輛)			機動車輛密度(輛/平方公里)		
	總計	汽車	機車	總計	汽車	機車
90年	599,333	186,357	412,976	464.30	144.37	319.93
91年	609,707	195,080	414,627	472.33	151.13	321.21
92年	626,661	202,276	424,385	485.47	156.70	328.77
93年	646,228	211,358	434,870	500.63	163.74	336.89
94年	669,764	222,514	447,250	518.86	172.38	346.48
95年	685,033	227,126	457,907	530.69	175.95	354.74
96年	697,206	228,053	469,153	540.12	176.67	363.45
97年	707,059	227,212	479,847	547.75	176.02	371.73
98年	715,691	229,534	486,157	554.44	177.82	376.62
99年	725,923	233,670	492,253	562.36	181.02	381.34
100年	739,886	239,801	500,085	573.18	185.77	387.41
101年	738,223	246,073	492,150	571.89	190.63	381.26
102年	701,417	251,389	450,028	543.38	194.75	348.63
103年	693,803	257,972	435,831	537.48	199.85	337.63
104年	693,793	264,720	429,073	537.47	205.08	332.50
105年	694,132	268,286	425,846	537.74	207.84	329.90
106年	698,038	272,329	425,709	540.76	210.97	329.79
107年	699,051	273,550	425,501	541.55	211.92	329.63
108年	710,201	280,066	430,135	550.19	216.97	333.22
109年	715,045	283,149	431,896	549.79	216.76	333.03
110年	721,247	287,572	433,675	558.75	222.78	335.97
111年	727,026	292,683	434,343	563.22	226.74	336.48

資料來源：環境部環境資源資料庫(統計至 111 年 12 月止)。

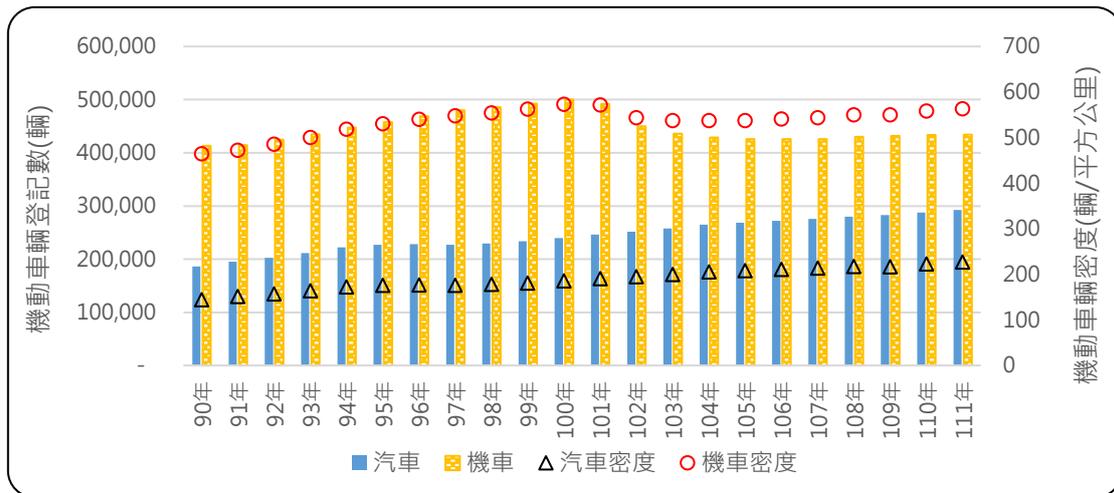


圖2-2 歷年機動車輛登記數變化趨勢圖

2-2 空氣品質測站設置狀況

環境部於雲林縣境內設置之 4 座自動空氣品質監測站及 2 座河川揚塵監測站；所屬環保局則有 5 座人工測站、1 座固定噪音監測站、2 座 PM_{2.5} 測站及 1 座虎尾自動空氣品質監測站，各測站分布如圖 2-3 所示，相關資料整理如表 2-4 至表 2-6。

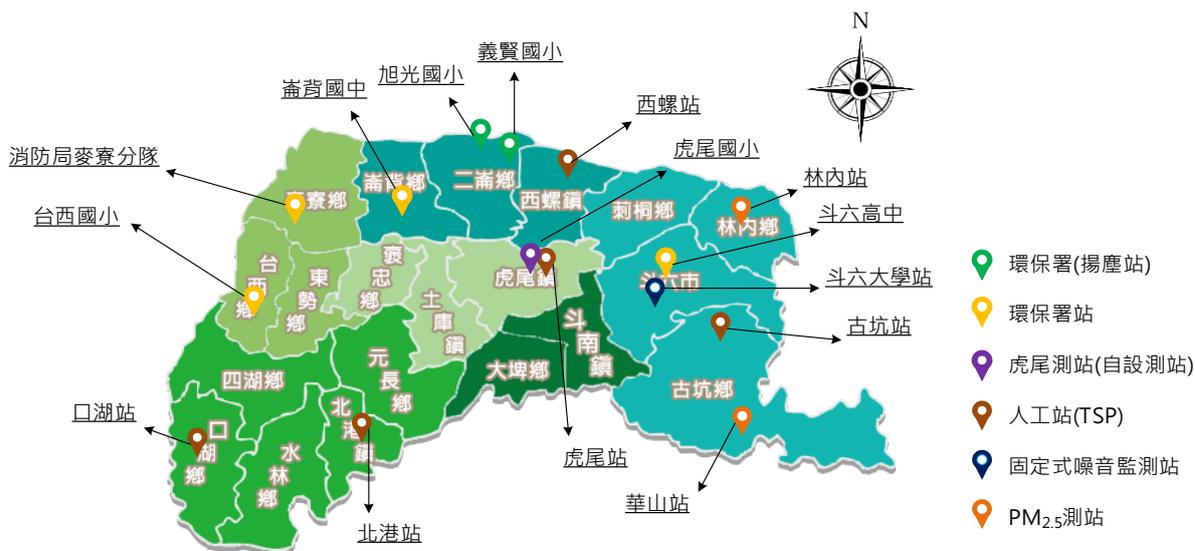


圖2-3 雲林縣各類監測站分布圖

表2-4 雲林縣環保局人工測站監測項目與環境資料一覽表

測站名稱	測站地點	經緯度		採樣口高度 (m)	最近道路距離 (m)	監測項目		使用年數(年)	測站說明
		經度	緯度			TSP	落塵量		
古坑東和國中	古坑鄉東和村文化路 130 號	120.567669	23.685409	12.5	50	●	●	9	84 年設置於雲林縣環保局，99 年 9 月搬遷至此並更新設備。
口湖崇文國小	口湖鄉蚵寮村崇文路二段 285 號	120.177024	23.575286	8.6	8	●	●	1	107 年 4 月設備更新。
虎尾衛生所	虎尾鎮明正路 11 號	120.433760	23.714535	13.8	7	●	●	0.3	108 年 11 月更新設備。
西螺鎮公所	西螺鎮民生路 20 號	120.465563	23.797787	13.8	10	●	●	0.9	108 年 5 月更新設備。
北港鎮公所	北港鎮北辰路一號	120.302581	23.576115	18.5	15	●	●	9	99 年 8 月更新設備。

表2-5 雲林縣自動測站監測項目一覽表

測站名稱	類別	PM ₁₀	PM _{2.5} (自動)	PM _{2.5} (手動)	O ₃	CO	NO ₂	SO ₂	THC	溫度	溼度	風速	風向	雨量	酸雨
斗六站	一般	●	●	●	●	●	●	●	-	●	●	●	●	●	-
崙背站	一般	●	●	-	●	●	●	●	-	●	●	●	●	●	●
台西站	工業	●	●	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	-
麥寮站	工業	●	●	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	-	-
虎尾站	一般	●	●	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	-

資料來源：環境部環境監測網及雲林縣空品測站暨連續設施管制計畫

表2-6 雲林縣自動測站環境資料一覽表

測站名稱	測站位置	經緯度		測站高度(m)	採樣口氣流角度(度)	採樣口高度(m)	主要道路最近距離(m)
		經度	緯度				
斗六站	斗六高中	120.545	23.71186	10	360	14.5	-
崙背站	崙背國中	120.34875	23.75755	3	360	3.5	-
台西站	台西國小	120.19933	23.70208	11	360	15.5	-
麥寮站	雲林縣消防局麥寮分隊	120.25183	23.7535	8	360	12.5	-
虎尾站	虎尾國小	120.430616	23.713340	13	360	4.5	125

資料來源：環境部環境監測網及雲林縣空品測站暨連續設施管制計畫

2-3 空氣品質感測器設置狀況

近年各國隨著環保議題的加溫，我國政府也日益重視空氣品質的監測與改善，行政院核定之「前瞻基礎建設計畫(106 至 114 年)」，願景為實現超寬頻網路社會生活、營造安全無虞與防災環境的智慧國土國際典範，成為全球數位科技標竿國家，聚焦「數位建設」、「水環境建設」、「軌道建設」、「綠能建設」、「城鄉建設」、「因應少子化友善育兒空間建設」、「食品安全建設」和「人才培育促進就業建設」八大建設主軸，以促進國家經濟加速轉型、平衡城鄉區域融合發展。涵蓋「數位建設」包含五大主軸「網路安全」、「寬頻建設」、「內容建設」、「服務建設」、「人才建設」，如所示圖 2-4。

其中「民生公共物聯網」計畫則含括於服務建設類別，主要為發展民眾有感之智慧聯網應用及政府服務，空氣品質監測部分的推廣計畫涵蓋「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」，規劃利用物聯網感測科技及其低單價特點，解決傳統空氣污染物測站高成本及無法大量布建問題，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。

目前國內之空氣品質測站主要分為 3 個等級(如圖 2-5)，分別為第一級：國家級測站(以環境部 85 個測站為基礎架構)；第二級：區域性測站(地方及特殊性工業區測站)；第三級：空品感測物聯網(智慧城市空品感測器)，其中數據品質、相關成本及其所影響之建置數量均有所不同。國家級測站之數據品質相對較高，但成本較高及建置數量亦較少；另一方面在空品感測物聯網中，其成本較低、建置數量較多，但其監測數據品質較差，而各級測站間之規劃與功能亦不盡相同，其空品感測物聯網因其維運成本較低可藉由提高建置數量，達到了解城市中小尺度污染物分布、污染物濃度變化、空品監測結果與民眾生活環境貼近及增加相關空氣品質模式模擬之準確度等目的。



資料來源：行政院科技會報辦公室，民國 109 年 5 月

圖2-4 「前瞻基礎建設」未來數位建設計畫經費配置

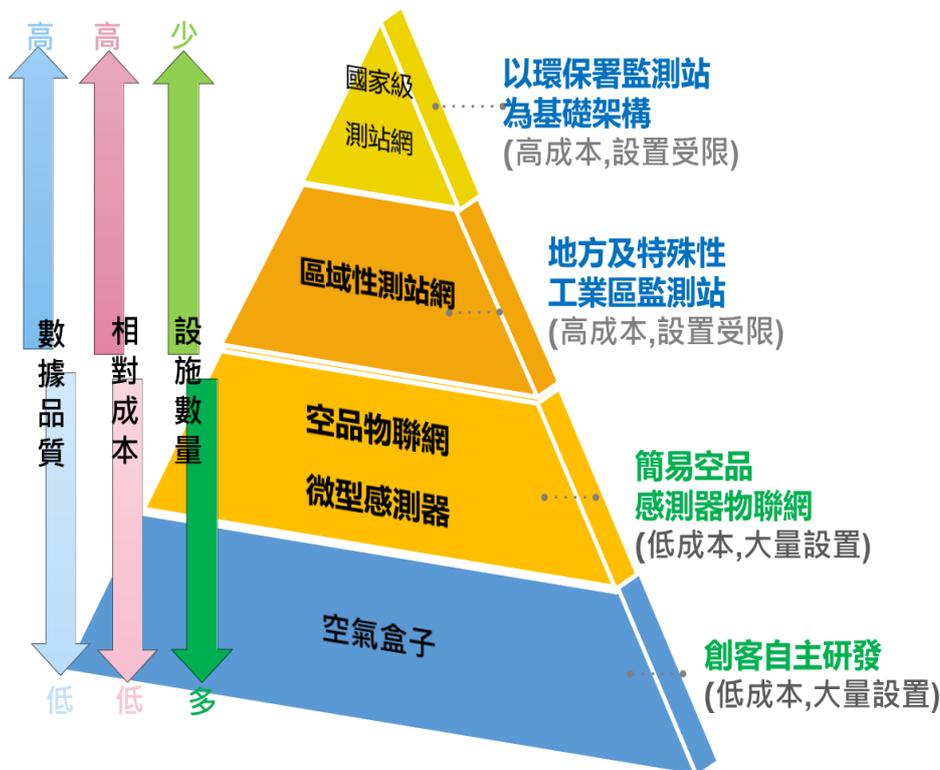


圖2-5 階層式空品監測體系

2-3.1 民生公共物聯網

我國於 106-109 年推動建構民生公共物聯網，環境部也積極擬定相關方案及執行措施，於全國布設空氣感測點、建置感測器測試認證平臺及制度、監測站與感測點系統整合、智慧環境感測數據中心建置、共通性應用服務及整合平臺建置、健全新世代環境執法智慧化作業體系等工作執行，預期達到「萬物聯網、環境優化」的治理願景。

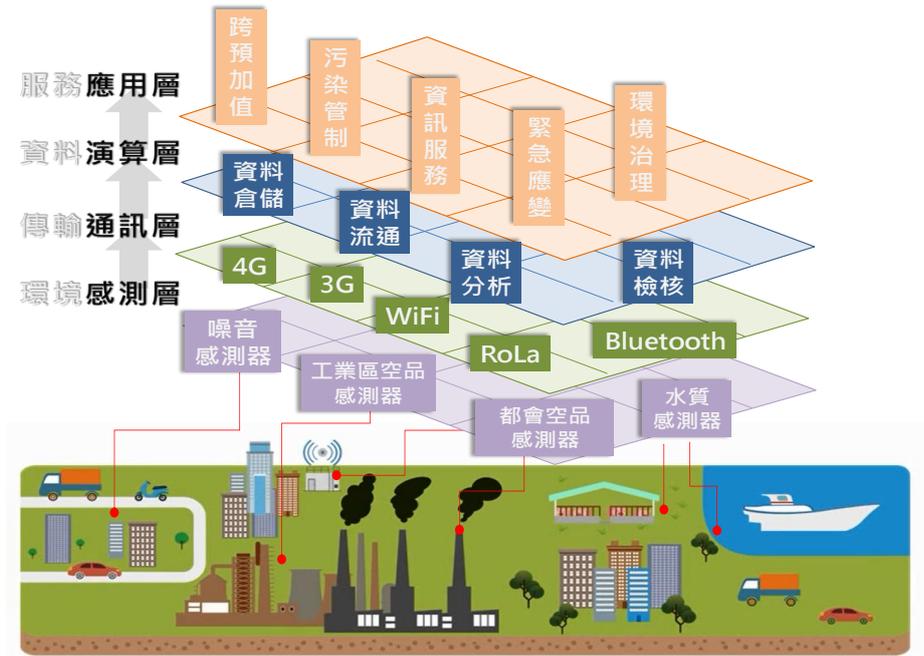
環境部將物聯網應用於空污感測，106-109 年屬於草創時期，主要致力於感測器認證、規範訂定、全臺感測點位設置、數據應用平臺；新年度 110 年及 111 年則編列 210,000 仟元，用以發展精進物聯網，包含十一大項目：最適化規模空品感測聯網精進及應用、高效益智慧水質物聯網應用設置、發展寧靜區聲音辨識物聯網體系、建構環境電磁波監測物聯網體系、發展環境治理智慧應用最佳服務、打造智能科技化環境執法新機制、深化在地環境資訊運用服務、發展自動化環境污染管理系統及應用移動感測聯網(MOT)發展都市污染管制服務。

環境部推動之年度計畫為接續前期計畫空氣品質感測器研發與布建應用成果，並透過感測器布建最適化，優化物聯網應用，強化監測工廠污染影響及環境空品之物聯網化，提早察覺異常並藉而提升民眾生活品質。

2-3.2 環感城鄉建設相關計畫蒐集分析及策略研擬

臺灣地區人口平均密度高，且人口過度集中於都會區，為提升都市治理效率，並有效縮小城鄉差距達到均衡永續發展，智慧城鄉必須運用新科技來轉換及管理系統，以最佳方式善用有限資源，必須提高基礎設施的使用壽命，讓下一代系統變得更有效率、有彈性、有適應力。

因應未來網路智慧發展，融入各項 IoT 技術應用，包含雲端應用服務、政府開放資料(Open Data)模式等，提升都市管理效率、均衡城鄉發展、降低能耗及碳排放，朝向結合低碳生活、增進民眾身心健康促進城鄉永續，經研擬出智慧城鄉五大面向：智慧型建築管理、智慧型社區安全、智慧型國土環境監測、智慧型土地資料流通應用及智慧型道路管線，使城鄉更有智慧且更具效率。

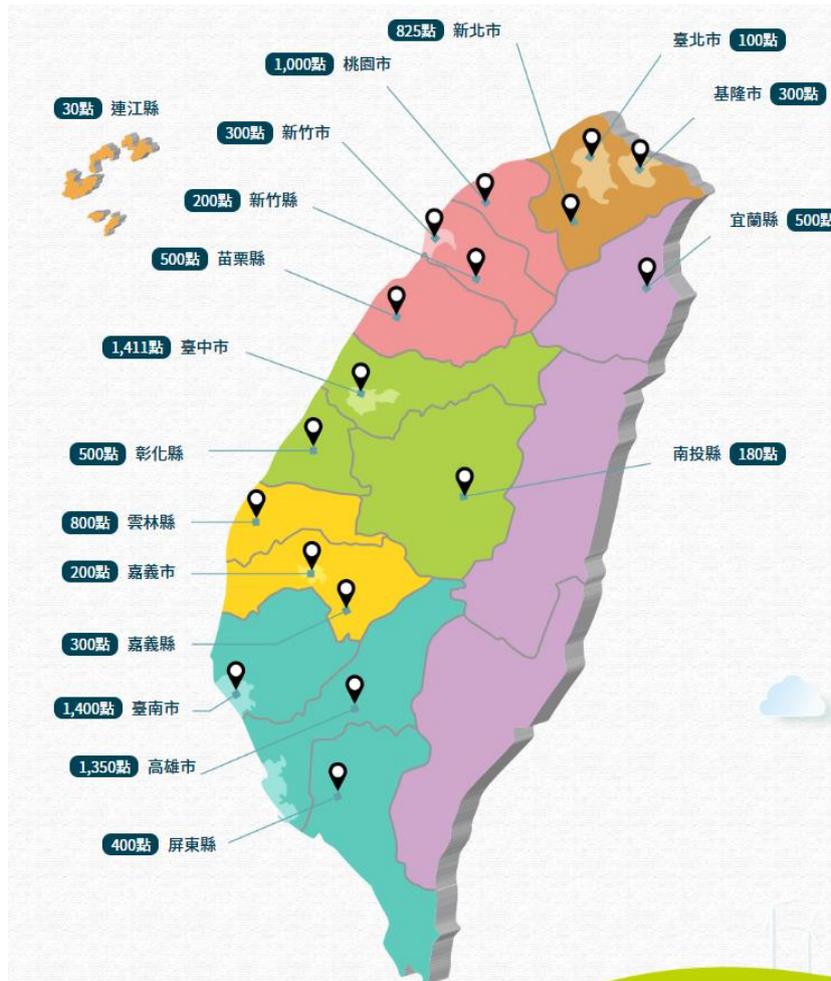


資料來源：環境部

圖2-6 全方位環境品質感測物聯網發展

2-3.3 國內空氣品質感測器布建推動現況

我國至 111 年止於臺北市、新北市、桃園市、臺中市、臺南市、高雄市、基隆市、新竹縣、新竹市、苗栗縣、彰化縣、雲林縣、嘉義縣、嘉義市、屏東縣、宜蘭縣、南投縣等 17 個地方政府皆有合辦布建 10,296 個空污感測器，總共覆蓋 282 個區級行政區、111 個工業區及科學園區 (如圖 2-7)，並且監控 8 萬多家列管工廠，使我國空氣品質能夠更有效的監控，並且提升我國空氣品質。



圖註：咖啡色為北北基縣市；粉色為桃竹苗縣市；綠色為中彰投縣市；黃色為雲嘉縣市；湖水綠為南高屏縣市；紫色為宜花東縣市

資料來源：環境部環境感測物聯網

圖2-7 國內空氣品質感測器布建推動現況概圖

2-3.4 雲林縣空氣品質感測器布建推動現況

感測器設置考量涵蓋設置之應用情境及現地選址原則，為有效運用微型感測器進行環境治理，環境部歸納為5大感測類型及布點原則，茲說明如下。

- 一、工業感測點：監控工廠密集區域，做為污染溯源及環境執法的用途，布建密度建議以50~300公尺距離規劃。
- 二、交通感測點：監控交通繁忙區域，主要目的為監測汽機車等移動載具在交通廊道的污染分布，布建密度建議不超過1公里距離設置。

- 三、社區感測點：主要以設於大型污染源附近的社區為主，例如距離工業區 2 公里範圍內社區，布建密度建議以 100~500 公尺設置。其他的一般社區，建議採用 1~1.5 公里網格狀密度設置，可做為該地民眾日常生活的參考。
- 四、輔助感測點：設置於無國家監測站的人口稀少鄉鎮市地區，例如結合氣象站的風速、風向量測，做為環境背景參考的依據。
- 五、特殊感測點：為使感測器設置點位更接近民眾生活圈，可納入特定區域進行評估，例如民眾陳情區域、醫院等多敏感族群集中場域，應依不同季節風向調整布建與使用方式。

雲林縣感測器布建作業於 107 年啟動，於該年度 8 月份完成 150 個空氣品質感測器之布建，主要設置於雲林科技工業區內，部分區域以密集式高密度(100 公尺—300 公尺/點)布建，期能有效追蹤工業區污染來源。108 年度則發包執行 400 台感測器之布建計畫，配合環境部「環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」，布建作業於 108 年 10 月份完成，於雲林縣各鄉鎮，鄰近工業區感測點以高密度布建、交通感測點(主要幹道、車流量甚多之道路)及各鄉鎮市公所建置環境感測物聯網，進行空氣品質感測器之布建及環境監測，期建構階層式空氣品質監測體系，並能運用環境物聯網科技強化掌握高解析度空氣品質。前述 550 點感測點位之布建主要涵蓋 5 大類感測類型中之工業區感測點、交通敏感區及社區感測點等三大類，在輔助感測點位、特殊感測點位及社區點位中之鄰近工業區感測點位布建點數較少。

至 110 年度專案之執行，因雲林縣整體感測器已應用約 2~3 年，為能提高感測器布建點位之適用性、代表性及擴大本縣感測器感測類型範圍，故進行感測點位之最適化調整作業，藉由對評估原則提出的應挪移標的(密集度太高、環境不佳點位)鎖定点位，並依據最適化目的(擴增鄉鎮空區、鄰近工業區社區、陳情點位、縣市邊界等)，經評估及現場勘查確認用地用電可行後，才納入最適化點位，並搭配擴增的 100 個感測設備進行調整，以強化輔助感測點位、特殊感測點位之布建，提升針狀污染物影響空品環境變化之追蹤及整體應用效能。雲林縣內於 111 年經最適化調整及新增擴充 150 點後，已完成超過 800 點的感測器布建點，布建建置歷程如圖 2-8，點位分佈如圖 2-9，透過分析大數據資料進行污染溯源、時空特徵、氣象及空間變化等分析，找出污染週期，掌握污染源方位與高濃度熱區，降低污染情事發生。

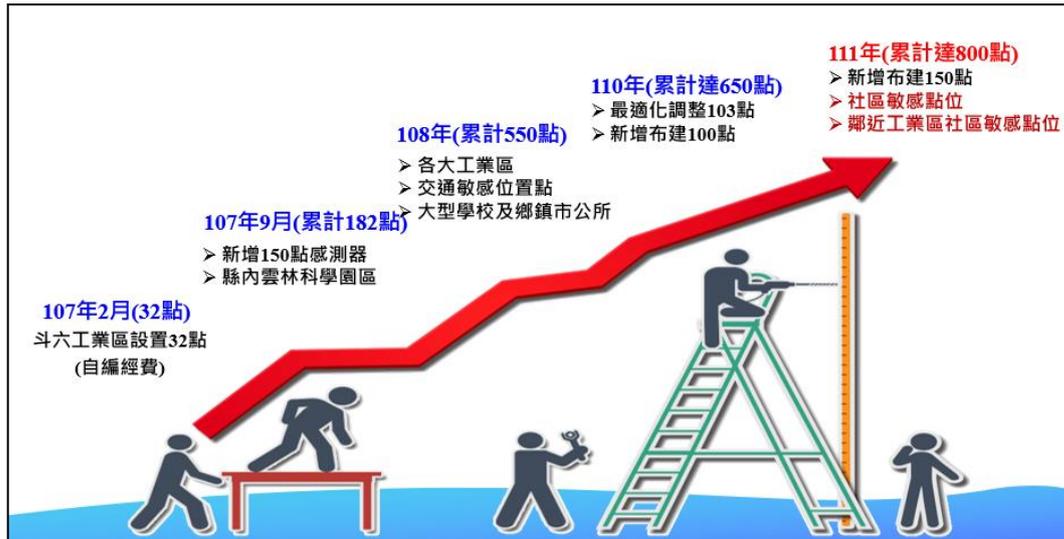
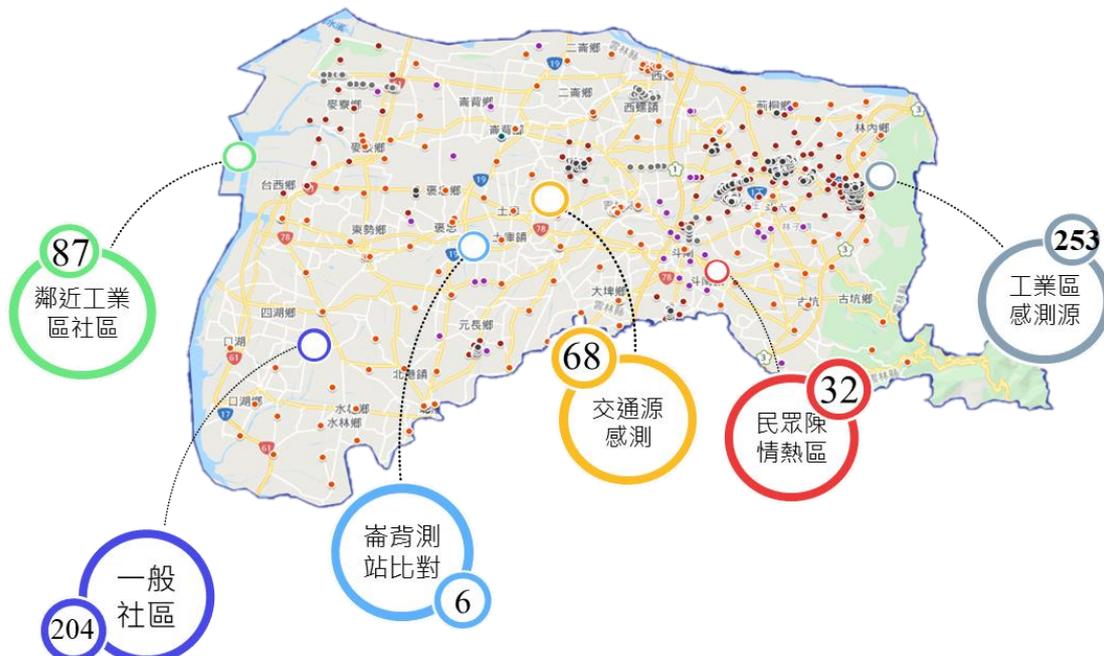


圖2-8 雲林縣空氣品質感測器布建推動歷程



資料來源：計畫團隊整理

圖2-9 雲林縣空氣品質感測器布建推動現況概圖

2-4 目標污染物簡介

本計畫目標之化合物針對異味污染物電子感測器將包含氨氣、硫化氫及硫醇類及烷類，在本計畫中將針對氨氣、硫化氫及甲硫醇進行以下彙整及各化合物之物化特性、來源與用途介紹，參考物質安全資料表及相關文章，相關文章有異味氣體之監測(凌永健 et al., 2005) 及以臭氧洗滌法去除回收 PP 熱熔排氣異味之研究(洪有進 et al., 2016)。

一、氨氣(Ammonia)

氨氣，英文名為 Ammonia，或稱氨、無水氨，化學式為 NH_3 ，CASnumber 為 7664-41-7，莫爾質量為 17.0306 g/mol，嗅覺閾值為 0.037-0.1ppm，熔點為 $-77.7\text{ }^\circ\text{C}$ ，沸點為 $-33.4\text{ }^\circ\text{C}$ ，外觀為無色氣體，氣味為強烈刺激氣味(尿味)，極易溶於水。正常狀況下安定，遇到氧化劑(如過氯酸鹽、氯酸鹽、過氧化氫、三氧化鉻、氫氧化物、硝酸、氯化硝鹽)或鹵化硼、酸、酸酐、氯酸、氯化三硫醯、四甲基胺會起激烈反應或爆炸，遇重金屬及其鹽類(如金、銀及汞)在乾燥條件下會形成對撞及敏感物質以致爆炸。

氨氣是一種會經由自然產生之化合物，藉由生物體活動所產生，氨氣其來源為排泄物中之尿酸、尿素、胺和未消化蛋白質中之含氮物分解，所以在畜牧業中是主要產生臭味的化合物之一。現今氨大部分被使用作生產氮肥，並為廣泛使用的製冷劑之一，也用於空調、冷藏和低溫用各種形式的製冷壓縮機中。國內勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準規定中，氨氣八小時日時量平均容許濃度(TWA)為 50 ppm(35 mg/m^3)，在吸入不同濃度氨氣後會有以下之症狀，嚴重的刺激呼吸道；於 20~25 ppm 開始覺得刺激與不適；於 133 ppm 曝露 5 分鐘會刺激鼻及咽喉；於 500ppm 立即嚴重的刺激鼻、咽喉及眼睛；短時間暴露於 1500 ppm 以上，會引起致命的肺水腫(胸部緊急呼吸困難)。

二、硫化氫(Hydrogen sulphide)

硫化氫，英文名為 Hydrogen sulphide，化學式為 H_2S ，CAS number 為 7783-06-4，莫爾質量為 34.082 g/mol，嗅覺閾值為 0.00047-0.0005 ppm，熔點為 $-80.30\text{ }^\circ\text{C}$ ，沸點為 $-60.28\text{ }^\circ\text{C}$ ，外觀為無色氣體，氣味為臭雞蛋味，微溶於水，具易燃性。正常狀況下

安定，遇氧化劑(如過氧化物和硝酸鹽)會起激烈反應或爆炸，遇金屬(如銅、鉛)會形成金屬硫化物，遇金屬氧化物(如氧化鎳)會氧化且能進行引燃。

硫化氫為一自然在於原油、天然氣、火山氣體和溫泉之中的化合物。在原油中只有少量的硫化氫、但天然氣可以包含高達 90%硫化氫；也可以在細菌於缺氧狀態下分解有機物的過程中產生，或者是一部分的腐敗海藻中常見。而生物體釋放出的屁含有極小量（少於屁成分的 1%）的硫化氫，且最常見之來源為透過禽畜的糞尿在腐敗分解的過程中，經過蛋白質及胺基酸經腐敗菌的作用後而轉化成硫化合物。國內勞工作業環境空氣有害物容許濃度標準規定中，硫化氫八小時日時量平均容許濃度(TWA)為 10 ppm(14 mg/m³)，人體在吸入不同濃度後會有以下不同症狀，於 0.13 至 30 ppm 下有明顯臭味；於 50 ppm 下鼻子和咽明顯乾燥和刺激，長期暴露可能引起流鼻水、咳嗽、聲音沙啞、呼吸短促和肺炎；於 100 至 150 ppm 下暫時性失去嗅覺；於 200 至 250 ppm 下，引起嚴重性刺激及頭痛、噁心、嘔吐和頭昏眼花等症狀。長期暴露可能引起肺部受損(肺充滿流體)，暴露 4 至 8 小時可能致死；於 300 至 500 ppm 下引起的症狀與 200 至 250 ppm 相同，但較快發生且更嚴重，暴露 1 至 4 小時後可能死亡；於 500 ppm 下 5 分鐘至 1 小時之內即發生興奮、頭痛、頭昏眼花、搖晃欲倒、沒有意識和呼吸衰竭，30 分鐘至 1 小時之內致死；暴露於 500 ppm 以上，快速失去意識。

三、甲硫醇(Methanethiol)

甲硫醇，英文名為 Methanethiol，或稱巰基甲烷、硫氫甲烷，化學式為 CH₄S，CAS number 為 74-93-1，莫爾質量為 48.11 g/mol，嗅覺閾值為 0.0001-0.0011 ppm，熔點為-123 °C，沸點為 5.95 °C，外觀為無色氣體，氣味為腐爛甘藍菜味，微溶於水，具易燃性。正常狀況下安定，遇氧化劑會起激烈反應或爆炸，遇酸會釋放出可燃性和毒性的硫化氫氣體，遇重金屬產生激烈反應。

甲硫醇為一種可在生物體內血液及腦中發現的天然物質，可透過糞便排出，也是屁所產生臭氣的主要化合物之一。現今甲硫醇主要用於生產甲硫氨酸，其被用在家禽和動物飼料膳食的成分，但當這些飼料如若管理不當而發生腐敗，則會藉由細菌分解出硫

醇類污染物。也常用於在塑料工業中用作自由基聚合的調節劑的和作為生產殺蟲劑中的前體。國內勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準規定中，甲硫醇八小時日時量平均容許濃度(TWA)為10 ppm(20 mg/m^3)，目前甲硫醇對人類健康的影響所知甚少，唯一的案例是當工人打開並清空甲硫醇罐而暴露到極高濃度時，發生貧血、陷入昏迷。

第三章 感測器發展現況及陳情熱區解析

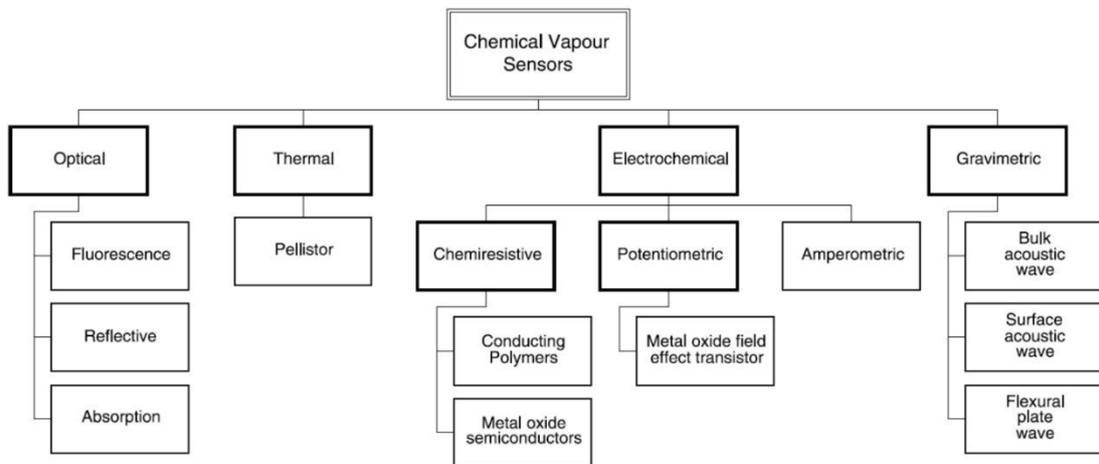
3-1 感測器發展現況

■ 國內、外相關異臭味之感測設備之測定技術

異味感測器近年發展現況主要可區分為二個部分，一為可模擬人類嗅覺細胞來感知氣味分子的電子分析儀器，另一為針對特定污染物進行濃度直接量測的感測設備，但其原理及方法大抵一致，主要的差異為後端的數據處理，電子鼻希望可以把數據直接對應為鼻子的感受狀況，而感測器則僅輸出經過校正後的實際濃度值。

3-1.1 感測器原理

目前市面上商業化且用於環境為主的感測器主要以化學性居多，常見類型有如圖 3-1 內所示，以下將挑選商業化常見之種類進行彙整。



(James et al., 2005)

圖3-1 電子鼻中常見感測器之種類

一、半導體金屬氧化物(Metal Oxide Semiconductor, MOS)

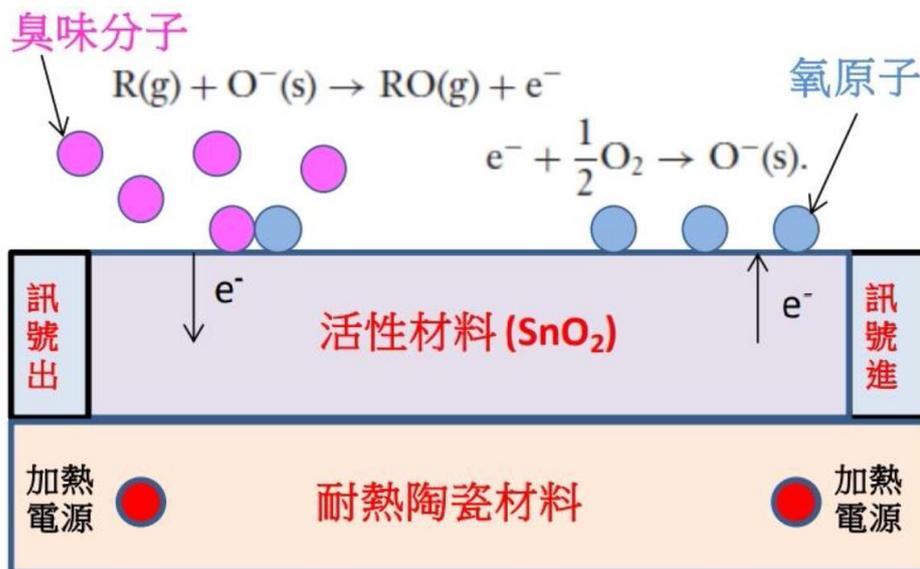
至 1960s 起，MOS 感測器首次在日本以 Taguchi(發明人)或 Figaro(公司名)的名義用做家用氣體警報器的商業行為上發表，為第一個被報導使用在電子鼻的傳感器(Schaller et al., 1998)。

在現今也是由 MOS 感測器占有市場相當高的比例，高達 80%，這類感測器被廣泛應用於各種氣體的偵測上，是各類電子鼻主要的感測器來源之一。

MOS 感測器是由半導體金屬氧化物(如 SnO_2 、 ZnO 、 WO_3 及 TiO_2 等)做為氣體分子的感應材料，並依據不同的半導體特性可分做 n-type(n =negative electron(負電子))及 p-type(p = positive hole(正電洞))兩種 type，其中 n-type 可提供電子為電子供應者，提供半導體熱或光去激發其帶正電，增加其與氧化分子的反應性；p-type 則為電子接受者，當被提供電子時則會促進還原性化合物的反應(Schaller et al., 1998)。MOS 氣體感測器是由金屬氧化物薄膜、加熱元件及電觸點所組成，主要構造可分為上下 2 層結構，上層為半導體金屬氧化物，位於兩電極之間；下層為填充陶瓷材料的加熱線，其結構與原理如圖 3-2 所示，模型圖如圖 3-3 所示。在 n-type 型半導體中最常使用 SnO_2 做為氧化金屬，當 MOS 加熱至 $300\text{-}450^\circ\text{C}$ 時，空氣中的氧氣會開始吸附至 MOS 表面，並從半導體表層(SnO_2)得到電子形成氧離子，而半導體則因失去電子而減少其導電度，造成電阻增加，也就是當 n-type 型 MOS 接觸到乾淨空氣時，此時之電阻值為最高。當 MOS 接觸器氣味分子(如 VOCs)時，MOS 表面上的氧離子可與 VOCs 進行反應並釋放電子，使得半導體中得到電子因而增加導電度，造成電阻降低。在這些反應過程中造成的電阻變化量與氣味分子的濃度有關，則可藉由其電阻值的變化來偵測出氣味分子的濃度 (Schaller et al.,1998)。

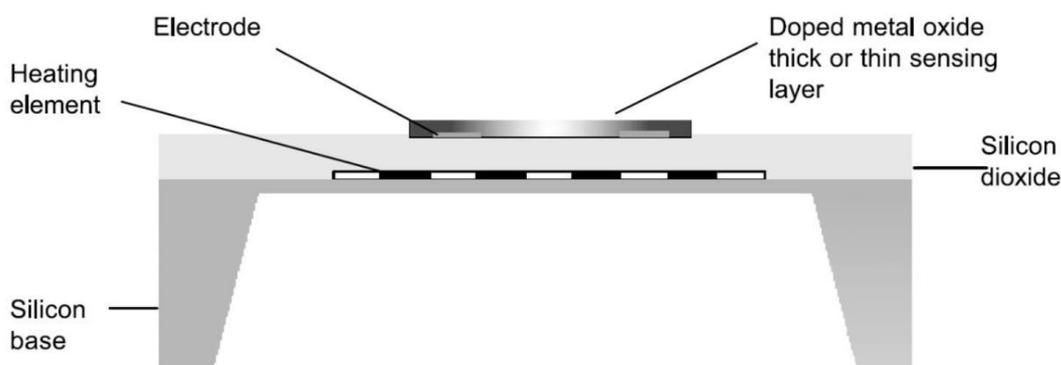
有幾種方式可以增加 MOS 對於不同氣味分子的選擇性，例如可以改變操作溫度，或者更換不同的半導體材料(如 ZnO 、 WO_3 、 In_2O_3 、 TiO_2 及 MoO_3 等)(Brattoli et al., 2011)，或者於金屬氧化物半導體材料中添加具有觸媒特性的金屬(如鉑 Pt、鈀 Pd 及鉛 Pb 等)。總結來說，MOS 感測器的優點為種類多，且因開發早，所以技術相對成熟，導致成本普遍較低。但其缺點於必須在高溫下進行操作，能源耗損量較大，且水器對於偵測器也會有影響，會造成數據干擾，因此需在使用前進行水器前處理或

者校正(Schaller et al., 1998)，也可以透過金屬摻雜氧化物(如 SnO₂、Pb 及 Bi 等)來降低工作溫度(Jahnke et al., 1997)。



(鄭仕斌 et al., 2020)

圖3-2 MOS 感測器的結構與原理



(James et al., 2005)

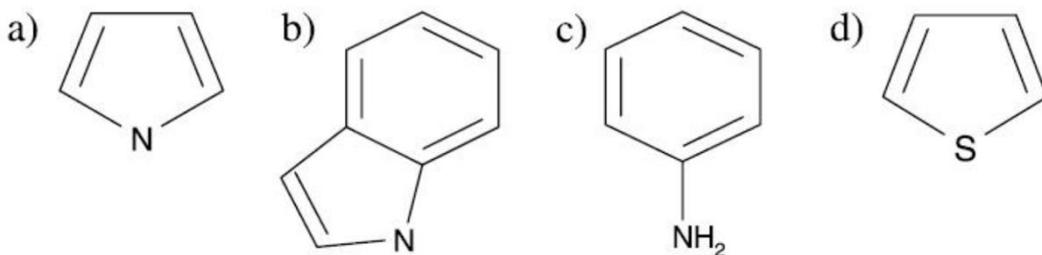
圖3-3 MOS 感測器的實體模型圖

二、導電性高分子檢測器(Conducting polymer, CP)

CP 感測器之感應材料為具有導電特性的高分子材料，材料依不同特性可分為本質導電性高分子(Intrinsically Conductive Polymers, ICPs)與複合導電高分子(Composite Conductive

Polymers)。聚合物高分子材料為具有線性共軛電子結構，這種線性共軛高分子材料在純淨狀態下的電導率較低，而本質導電性較佳的聚合物高分子材料有聚吡咯 (Polypyrroles, PPy) 與聚噻吩 (polythiophenes, PT) 等 (Brattoli et al., 2011)，而使用不同單體可用於生產不同的導電聚合體 (James et al., 2005)，常見之單體如圖 3-4 所示。這些聚合體在中性狀態時為絕緣的，但可以通過化學或電化學的氧化還原反應令其導電。而為了提高高分子材料的導電度，可進行摻雜處理 (Doping)，使其做為電子鼻的感測器會具有更加好的效果。而復合導電性高分子材料是透過將絕緣聚合物與導電材料 (如碳黑、石墨或金屬粉末) 混合製成並將混合物沉積在兩個電極之間 (Stitzel et al., 2011)。

CP 感測器原理是利用當聚合物膨脹或縮小時而導致其中的導電顆粒距離增加或縮減而造成電阻增加或漸少，藉此量測電阻改變值，可分析出偵測氣味分子的濃度。CP 感測器比起 MOS 感測器具有較佳的靈敏度，也可在常溫下進行操作，目前已有許多種商業化的產品，但相較於 MOS 感測器，其對於濕度也較敏感，需要對濕度控制或效正有更好的處理 (Stitzel et al., 2011)。



(James et al., 2005)

圖3-4 常見之CP檢測器單體結構(a)吡咯、(b)吲哚、(c)苯胺、(d)噻吩

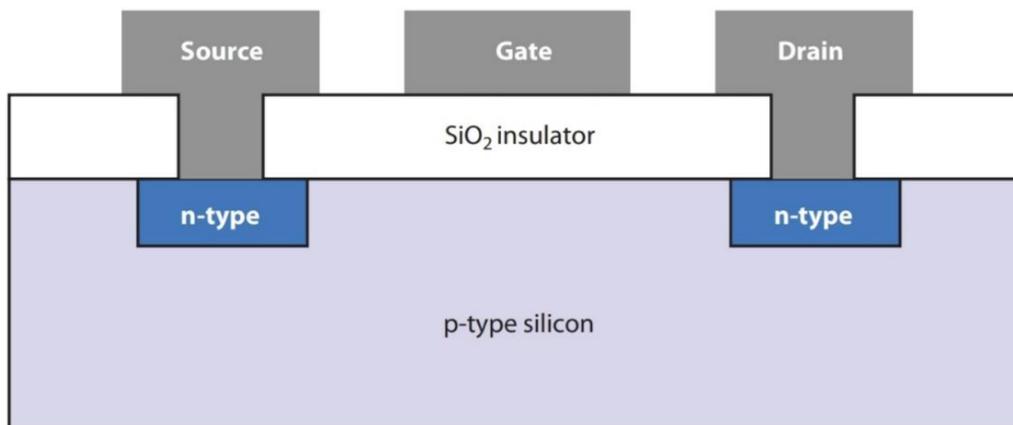
三、金屬氧化物半場效電晶體 (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistors, MOSFET)

MOSFET 之結構其組成包括一多孔金屬所製成的匣極 (Gate) 位於最上方，匣極之材料會使用具有催化劑功能之貴重金

屬(如鉑 Pt、鈀 Pd 及銱 Ir)，而最下方為 p-type 半導體(如矽)所構成之基極，並於 2 個 n-type 半導體(如矽)位於左右兩側構成源極(Source)與汲極(Drain)，而匣極與基極之間為半導體金屬氧化物(大多為 SnO_2)，如圖 3-5 所示。

MOSFET 感測器以 n-type FET 為例，運作方式是將正電壓通入匣極使電流開始流動，可使源極有一電流流向汲極，而施加在匣極的電壓則決定了電流的大小。當氣味分子於此時接觸到了匣極時，會受到匣極金屬的催化反應，形成一生成物(如 H_2)擴散至匣極的下方，將導致中間的 SnO_2 層的電荷分佈受到影響，連帶影響基極半導體的電荷分佈，使得源極與集極間的電阻值發生改變，此時若將維持源極與集極之間的電流，則必須增加施加於匣極的電壓，MOSFET 感測器這時就能量測匣極電壓的變化，藉此偵測出氣味分子的濃度。

MOSFET 感測器可以透過以下幾種方式去改變它的性質，像是改變操作溫度、匣極材料厚度/孔隙率及多孔金屬之材質等方法。MOSFET 感測器與 MOS 感測器較為相似，但相較於 MOS 感測器具有對濕度較不敏感的優點與比起 MOS 感測器具有較低的操作溫度($50^\circ\text{C}\sim 200^\circ\text{C}$)，並且因其與電晶體的電路相似，令 MOSFET 感測器可被以低成本的方式大量製作，且具有穩定品質的產品，但也因為其電路複雜，亦容易產生基線標移現象的問題(Stitzel et al., 2011)。



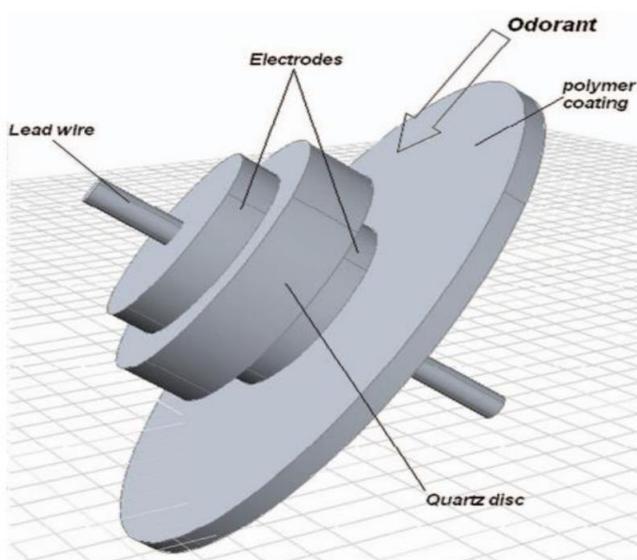
(Stitzel et al., 2011)

圖3-5 MOSFET 偵測器(n-type)之結構

四、壓電型感測器(Piezoelectric Sensors, PS)

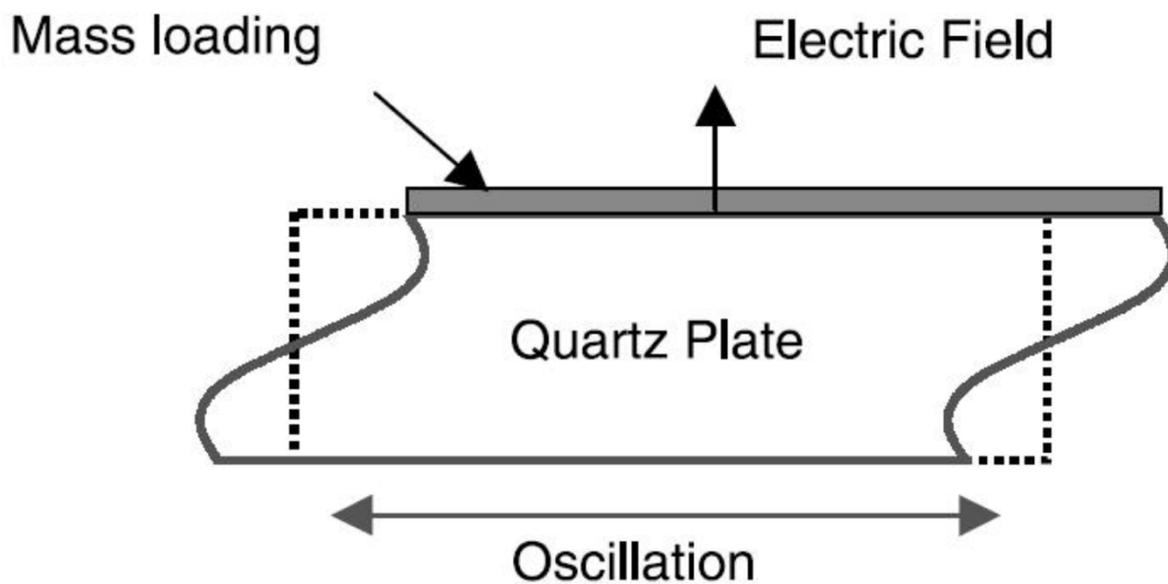
壓電型感測器是透過電壓材料上的質量變化對其震動頻率進行改變，以此方式來做為感測器的原理。PS 感測器常使用之壓電材料主要為單晶石英，將石英製成細小圓盤，並將可吸附氣味分子之活性材料均勻塗覆於其表面，藉由不同的塗層材質來決定偵測的不同氣味分子。透過在石英兩邊通入電流後可令石英產生穩定之震動頻率，而當隨著石英盤上的活性材料開始吸附氣味分子後，石英盤的總質量將逐漸增加，因而導致石英盤的震動頻率開始降低，就可以藉由分析石英震動頻率的改變來偵測氣味分子的濃度(鄭仕斌 et al., 2020)。

量測石英震動頻率的方式有 2 種分別為體聲波(Bulk Acoustic Wave,BAW)與表面聲波(Surface Acoustic Wave, SAW)量測，藉由搭配這 2 種不同的量測方法，可分為 BAW 感測器及 SAW 感測器。其中 BAW 感測器，又被稱做石英晶體微天平(Quartz Crystal Microbalance, QCM)感測器，其聲波的傳播方向與石英震動方向相同也就是聲波會通過物體傳播，其結構如圖 3-6 所示，傳播與震動方向如圖 3-7 所示，其頻率介於 5-30MHz 之間，目前研究人員在 QCM 感測器中可檢測到的質量變化約為 ng。BAW 感測器之優點為元件體積小、偵測靈敏及反應時間短，但其缺點為受溫/濕度影響、電路複雜及塗覆的技術高。SAW 感測器為一種表面聲波感測器，其量測聲波方向剛好與 BAW 感測器相反，為垂直於石英震動方向也就是聲波是沿著物體表面傳播，並且量測位置於石英表面下，其頻率高於 QCM 檢測器，可高達 1GHz，其結構如圖 3-8 所示，傳播方向如圖 3-9 所示。SAW 感測器的偵測頻率比起 BAW 更加寬廣，其優點為可利用電子工業技術中的光蝕法製作，令其成本可以大幅降低，但缺點就是容易受到環境中其他因素的干擾而產生擾動，導致訊號的雜訊值較高，且長期穩定性較差，對於濕度變化也較為敏感(Stitzel et al., 2011)。



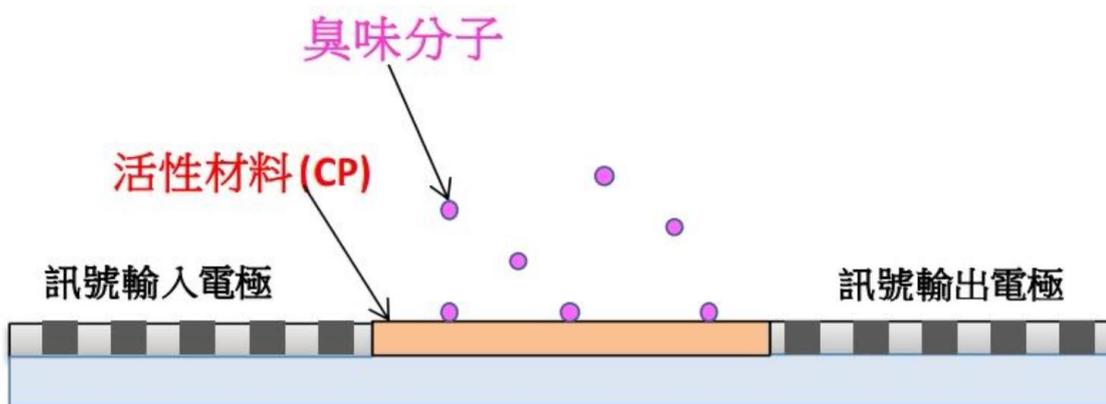
(Dymerski et al., 2011)

圖3-6 BAW 感測器之結構



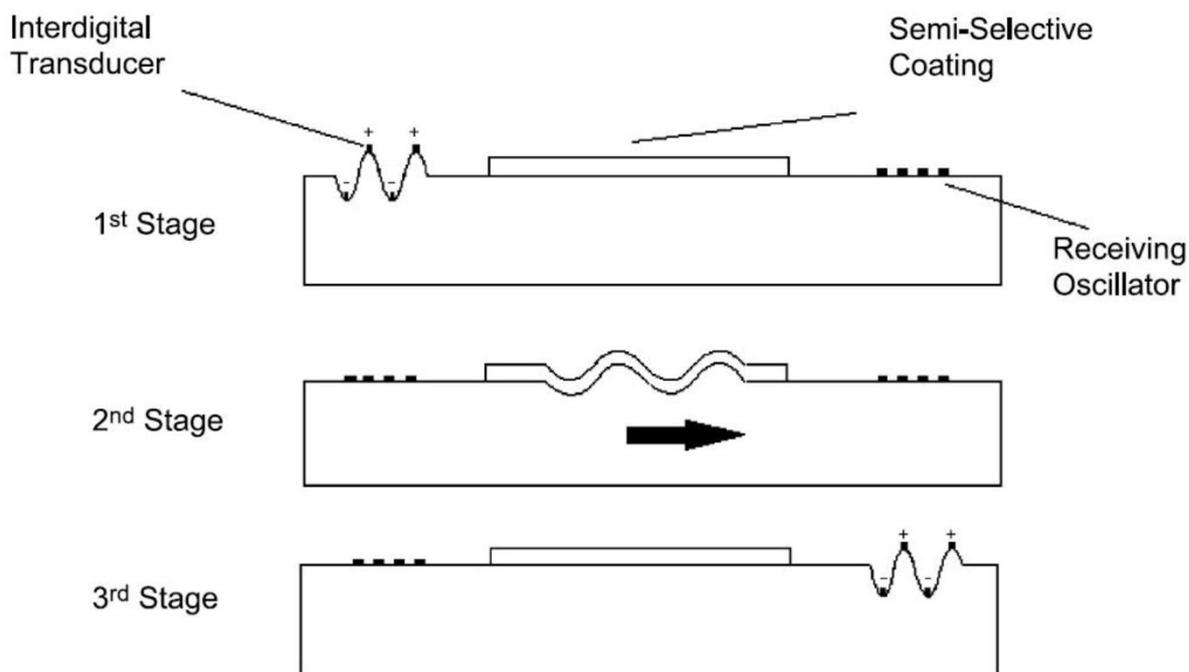
(James et al., 2005)

圖3-7 BAW 聲波傳播與石英振盪方向示意圖



(鄭仕斌 et al., 2020)

圖3-8 SAW 感測器之結構



(James et al., 2005)

圖3-9 SAW 表面聲波傳播方向示意圖

五、電化學感測器(Electrochemical Sensors)

電化學感測器包含電流式感測器(Amperometric Sensors)和電位式(包括液體及固體電解液)感測器(Potentiometric Sensors)，目前皆被廣泛應用於電子鼻技術中。電流式氣體感測器縮寫為

AGS，其共同特點是通過紀錄電化學電池中工作電極和相對電極之間的電流改變來對氣味分子濃度進行測量。當氣味分子在感測器上發生電化學反應(也就是分子被氧化或還原)，工作電極處就會開始產生電流。此反應通常由電壓穩定器控制在一個固定的電位下。目前 AGS 感測器被廣泛的使用在有毒氣體的檢測(如一氧化碳、氮氧化物、硫化氫及二氧化硫等)，也常應用於採礦作業人員環境上的監控保護及工業衛生及安全上之應用。

與電流式感測器相反，電位式感測器使用在零電流的電壓下，也就代表著一平衡的電化學過程。在感測器中可透過電極上所發生的電化學反應，可能在固相、液相及凝聚相上發生反應，藉由電化學反應所產生的電動勢來產生訊號，而訊號大小則取決於氣味分子的活性。而電位式感測器又可以分為固體電解液跟液體電解液感測器，其中固體電解液感測器通常被設計在高溫下運行，並可以選擇在電位或電流模式下則一進行。另一液體電解液感測器則常被使用在室溫下，其具有低消耗且非常堅固的特性，且對濕度不敏感也不易老化，對於訊號與氣味分子濃度之間式呈線性表現。但以上的感測器對電子鼻儀器來看，缺點是這些感測器是它們的體積並且只能選擇有限數量的氣味分子氣體(Stitzel et al., 2011)。

六、光學感測器(Optical Sensors)

光學感測器主要偵測方式是以量測光特性的調變。對於其他種類的感測器來說，光學感測器更為複雜，但也因為如此它可提供更多的測量方式的可能性，例如利用吸收度、(偏)極化、螢光、光學層厚度、顏色或波長(比色法)的變化皆可發展出不同的操作模式來進行測量。

電子鼻可透過使用各種不同化學反應染料(dye)的光學感測器陣列來識別不同的氣味分子，而光學感測器的靈敏度取決於染料類型、染料混合物的種類及聚合物類型。且可使用在光學感測器當中的廣泛染料是有非常多選擇性的，這也導致了在製作光學感測器時可以降低成本及選擇較簡單的製作程序。而這些

也就是光學感測器所擁有的優點，對氣味分子的不同種類具有非常廣泛的靈敏度，是其他感測器目前無法達成的。

最簡單的光學檢測器是使用變色指示劑(如金屬卟啉或一般的化學反應染料)，透過發光二極體和光檢測系統來對氣味分子進行吸光度測量，為一種比色感測器。在比色感測器陣列(Colorimetric Sensor Arrays, CSA)中應用了多種染料薄膜，這些染料會透過分子間的相互作用進行而改變顏色，由於染料薄膜的疏水性，此感測器也相較於傳統感測器來說較不易受相對濕度影響。CAS 在接觸氣味分子前後進行數位化的成像，由此產生的差異圖為單一或混合氣味分子的數位指紋，以此為基礎已有許多人開發出檢測毒性氣體(如 Cl_2 、 F_2 、 HCN 、 SO_2 及 NO_2 等)的感測器。

光學感測器有一個優點為反應時間短且線性(如氨反應小於 15 秒，線性動態範圍：180 - 18000 ppm)，與電子鼻其他使用的感測器比起來，它的特點為能抵抗有毒化合物的影響(如金屬卟啉)，而在這些物質影響下變色，並可以通過參考基準來來形象化氣味分子並鑑別，整體系統操作類似石蕊試紙的使用。

螢光方法類似於比色法的檢測方式，但相較於比色法檢測吸光度，螢光法是檢測低波長的光放射，此方法的感測器通常稱為光波導感測器(Optical Waveguide Sensors)，由玻璃纖維製成，並在玻璃纖維上覆蓋有一層薄(2 μm)化學活性材料含螢光染料的聚合物結構，而聚合物之特性(如極性、疏水性、孔隙率和膨脹趨勢)皆會對感測器有顯著影響。此感測器之缺點為其高複雜性，會導致如裝配在電子鼻上成本提高很多(Stitzel et al., 2011)。

3-1.2 國內外異味感測資料蒐集

目前國內外已商品化且用於環境監測之電子感測器如表 3-1，而目前國內主要則透過購置需要的感測器，進行後端系統整合，以本計畫而言，團隊乃使用日本 FIGARO 感測器進行相關監測作業。

表3-1 國外主要異味感測器廠牌彙整

廠牌	國家	型號	產品特色簡介
Sensigent	美國	Cyranose® 320	手持式感測器，可感測及辨識複雜氣體的混合化學物質，其用於化工、食品、塑料、醫學等領域。
E- Nose Pty Ltd.	澳洲	E-nose MK3	內建 6 個混和金屬化學氧化感測器、溫度、濕度感測器，可偵測氣體達 65,000 種，可依監測需求進行個別更換。
AirSense analytics	德國	Portable Electronic Nose(PEN)	為便攜式電子鼻，有小型、快速和強大的識別系統。可辨識單一化合物或混合氣體。
		OlfoSense	為全時環境狀況監測。可用於城市空氣監測，了解公共生活品質，亦可提供環保單位在高環境風險工廠周遭設置做為警示。
Odotech	加拿大	eNose	可即時監測氣味來源濃度，結果可使用 Odo Watch 平台觀看。
FIGARO Engineering Inc.	日本		擁有各式感測器，包含類型有 MOS、EC、CAT 等
Aryballe	法國	NeOse Advance	運用於食品、香精、香料等氣味。有各種配套措施可增加感測靈敏度、減少濕度影響等。Aryballe Suite 軟件工具集可增強數據採集與分析。

■ 國內、外實場執行案例

對於異味監測，尤其在氨、硫化氫及甲硫醇部分，主要以畜牧業為主，故計畫蒐集相關畜牧業主要空氣污染物排放彙整如表 3-2 所示。國際學者於畜養豬隻環境顯示，硫化氫濃度介於 5.14 ~ 322.84 ppb、氨氣濃度介於 3.52 ~ 12.79 ppb；畜養雞隻環境顯示，硫化氫 5.09 ppb、氨氣濃度介於 24.12~95.76 ppb。

綜合上述，畜養豬類畜牧場硫化氫濃度特徵較為明顯，畜養雞類畜牧場氨氣濃度特徵較為明顯。

表3-2 畜牧場硫化氫與氨氣空氣採樣文獻彙整表

項目	採樣位置	檢測物種(ppb)				參考文獻
豬	-	硫化氫		二硫化碳		(a)
	化糞池	34.01		15.25		
	整理室	5.91		0.29		
	產房	5.14		0.29		
	抗扇下風	322.84		0.51		
雞	雞舍	5.09		10.73		
豬	-	硫化氫		氨		(b)
	豬舍(冬)	482.83±202.32		12.79±2.3		
	豬舍(春)	307.78±159.99		12.1±1.2		
	豬舍(夏)	33.72±12.91		3.52±0.57		
	豬舍(秋)	218.1±63.13		6.13±0.35		
豬	-	異味強度值(無單位)				(c)
		硫化氫		氨		
	成豬豬舍	80.0		6.00		
	幼豬豬舍	140		6.00		
	廠房周界	20.0		4.00		
-	每個畜舍內 1.5m 處，採集 5 個空氣樣本	二甲基硫醚 (ppm)	二甲基二硫 (ppm)	二甲基三硫化物 (ppm)	二硫化碳 (ppm)	(d)
成豬		2.8±0.4	0.8±0.1	0.4±0.2	0.4±0	
小豬		4.6±0.9	2.5±0.8	1.7±1.1	0.6±0.1	
肉雞		0.3±0	0.2±0.1	n.d.	0.2±0	
蛋雞		6.3±2.2	3.7±0.9	0.1±0.1	0.4±0.1	
雞	蛋雞	氨(ppb)				(e)
		24.12~95.76				
奶牛	奶牛場周界	氨(ppm)		二甲硫醚(ppm)		(f)
		1.85~5.00		0.10~1.00		
羊	羊圍周界	2.50~10.0		1.60~8.00		

資料來源:

(a)Steven Trabue(2008). *Field sampling method for quantifying volatile sulfur compounds from animal feeding operations*(b)Jessica Blunden(2008). *Measurement and analysis of ammonia and hydrogen sulfide emissions from a mechanically ventilated swine confinement building in North Carolina*

- (c) Xiaopan Nie (2020). *As³⁺ or/and Cu²⁺ exposure triggers oxidative stress imbalance, induces inflammatory response and apoptosis in chicken brain*
- (d) Katrijn Van Huffel (2012). *Measurement of Odorants in Livestock Buildings: SIFT-MS and TD-GC-MS*
- (e) J Skóra (2016). *Evaluation of microbiological and chemical contaminants in poultry farms*
- (f) Julien Kammer (2020). *Characterization of particulate and gaseous pollutants from a French dairy and sheep farm*

3-2 陳情熱區資料解析

自環境部統計資訊網資料，雲林縣異味污染陳情事件遠高於非異味類(如圖 3-10)，因雲林縣為畜牧業大縣，畜牧養殖多以企業化大規模畜殖，其所散發之空氣污染物尤其是臭味常造成附近住家或鄰近鄉鎮居民之申訴及陳情，造成居民、畜牧場及政府機關困擾。

由於以往異味污染監測皆由環檢所公告異味污染物官能測定法-三點比較式嗅袋法採樣告發，惟其無法有效即時掌握疑似的污染來源，而隨著科技發展，監測設備及 IoT 物聯網應用發展已逐漸完備，以異味元件感測器於陳情熱區中即時且長時間監測，藉由長期數據的累積，統計區域污染源貢獻之追蹤，以利後續相關稽查作業，進而降低異味陳情。

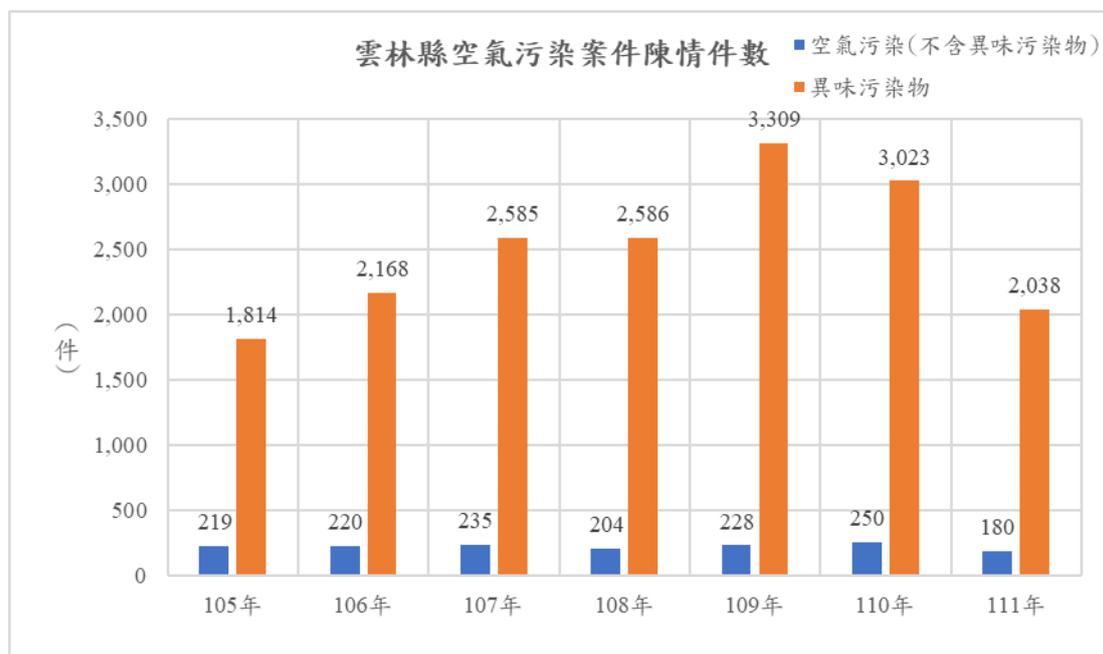
由雲林縣近二年全類別陳情案件之統計中，主要以斗六市、虎尾鎮及斗南鎮為主要受陳情區域(如圖 3-11)，以本專案關注之異味陳情案件之分布狀況中，斗南鎮田頭里及虎尾鎮惠來里位於此三個鄉鎮中心點位，該區域近幾年來常於下半年度異味案件頻繁，區域空品狀態及不明原因之異味排放狀況受地方民眾高度關注。環保局曾於 109 年及 111 年因異味案件頻仍之故，特地成立該區域之專案稽查小組，啟動相關稽查、監測資源，協力地方團體及民眾進行密集稽查監控等措施。

依據近年環保局內對斗南鎮陳情案件持續列管之統計資訊中，109 年 1 月 1 日至 112 年 5 月 31 日空氣污染陳情案件總數為 879 件(如表 3-3)，其中包含異味污染物 795 件及空氣污染不含異味 84 件，經案件稽查及後續管制告發裁罰之案件共計 55 件(裁罰金額約 834 萬元)。近 3 年之陳情案件有明顯下降之趨勢，112 年至 5 月份陳情案件 76 件次，僅為 111 年度之 36%。

而在異味陳情案件中，研析陳情類型主要為露天燃燒、其次為不明異味、畜牧場異味及化學異味等(如圖 3-12)，除常見的露天燃燒及畜牧場味以外，該區域亦屢見不明異味及化學異味等亦致民眾憂心之案件，例如由局內統計資訊可知，109 年度陳情案件，係以發酵、消毒及不明異味為主，而 111 年 1~7 月陳情案件及輿情小組情資蒐集進行剖析，主要陳情異味為消毒水味、酸臭味、發酵味、塑膠味等。針對前述不明異味，稽查專案組於 111 年強力稽查期間，執行期間發現主要可能異味來源分別為 O 大公司、虎尾掩埋場、台 O 公司及利 O 公司，並確實

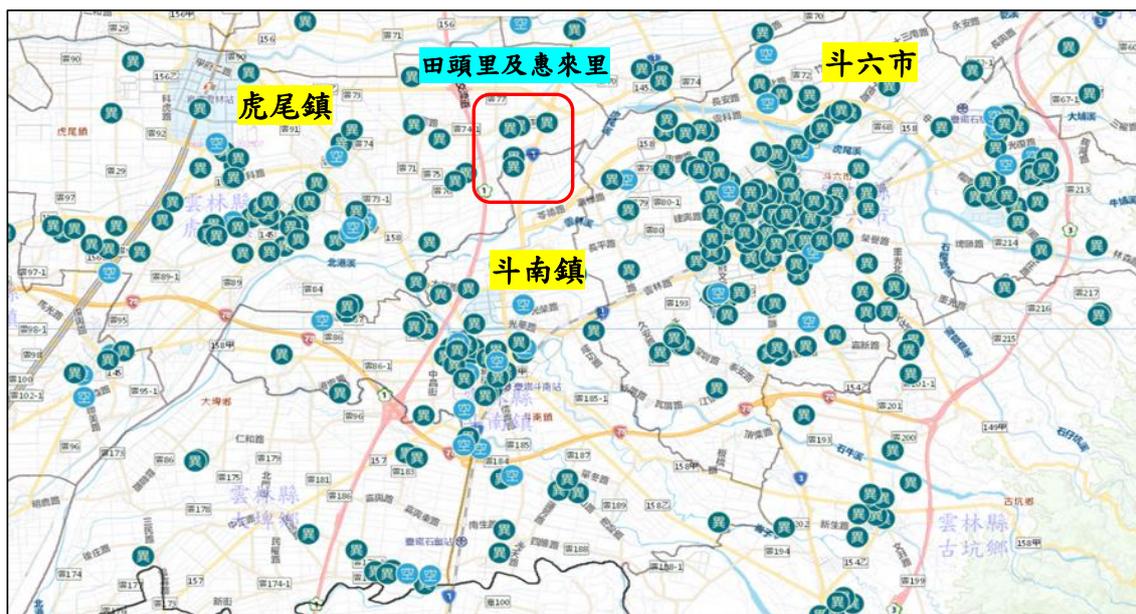
發現廠家有設備操作及許可登載配置不符狀況。針對該區域之稽查管制，環保局亦持續進行，主要作為有增設空品感測器監測、針對公私場所進行法規符合度查核，以及針對掩埋場內運用電子鼻，以釐清異味來源並改善。

計畫團隊於執行期間將持續針對該區域陳情案件狀況進行評析，除掌握陳情案件特性變化，亦期同步做為計畫執行之調整及分析依據。



統計來源：環境部—環保統計資訊網(<https://statis91.epa.gov.tw/epanet/index.html>)

圖3-10 雲林縣歷年空氣污染案件陳情件數



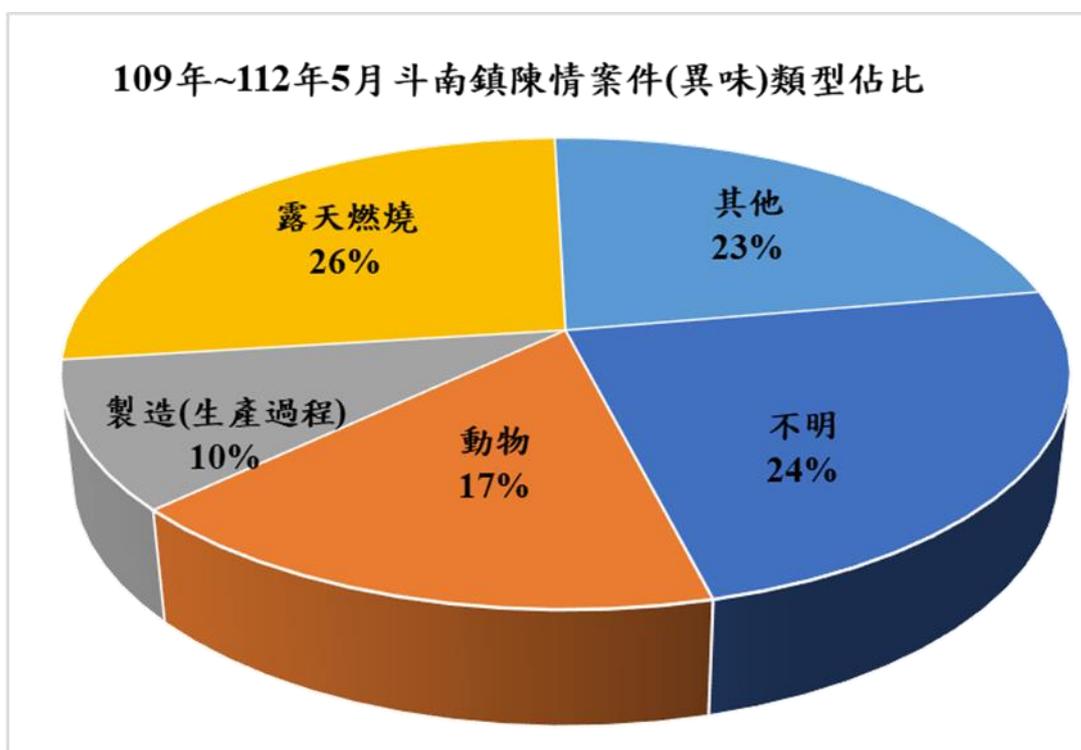
資料來源：雲林縣環境智慧決策支援系統

圖3-11 雲林縣近二年全類別及異味陳情案件分布

表3-3 雲林縣斗南鎮近四年空氣污染陳情案件(以異味區別)統計

空氣污染陳情案件統計			
年度	異味污染物	空氣污染不含異味	小計
109年	291	21	312
110年	253	32	285
111年	183	23	206
112年5月底	68	8	76
合計	795	84	879

資料來源：雲林縣第 20 屆定期會議統計資訊



資料來源：雲林縣第 20 屆定期會議統計資訊

圖3-12 斗南鎮近四年空氣污染陳情案件(異味)主要來源佔比

第四章 異味感測器布建及維運作業

4-1 布建前置作業

依據契約規定，感測器元件至少包括硫化氫、氨、甲硫醇、VOC、CO、溫度及濕度，市面上感測器元件監測原理主要以半導體式及電化學式為主，計畫本次使用之設備元件主要採用半導體式氣體感測原理，其有較高靈敏度。

感測設備將以雲林縣現行空氣品質微型感測器相同感測設備，捷思環能股份有限公司生產之 AQNA 1000 系列，其於物聯網資安驗證合格，於實場應用及資安防護上皆有實質成績及認證。

JS 感測器具備防水檔板、墊片及採百葉式設計之排氣孔，可避免雨水由系統進出氣孔溢入，防止感測器保護殼內積水，內部感測元件則以懸空固定，用以避免電磁干擾問題，外箱體以耐熱性、耐酸鹼 ABS 材質製作，減輕箱體重量，每一箱體皆附有快速裝拔裝置，可直接扳起扣環，快拆卸安裝，如圖 4-1 所示。

微型感測器內含抽引風扇、控制主板、感測元件、儲電電池、漏電斷路器及無線網路傳輸裝置，主要由主控板(MCU)控制感測元件進行偵測，並由主控板(MCU)於單位時間內蒐集各感測器之訊號，藉由 4G 行動網路傳送至數據蒐集中心，並可透過遠端執行軟體更新或重啟等作業，每分鐘偵測 1 筆數據。

本計畫設置之感測器元件包括硫化氫(H_2S)、氨(NH_3)、甲硫醇(CH_4S)、揮發性有機物(VOCs)、一氧化碳(CO)、溫度及濕度；感測器之進氣口與出氣口採分流設計，感測器上方設有抽氣風扇，將大氣氣體由感測器底部進氣口抽入感測器內，再經由感測器內感測元件偵測後，氣體由感測器背上方排氣孔排出，避免進出氣間形成自循環，影響量測準確度，設備及元件規格如表 4-1。



圖4-1 感測器外箱示意圖

表4-1 異味感測器規格表

項目		範圍及規格
類別	細項	
感測元件	溫度	0~50 °C
	濕度	0~100% RH
	硫化氫	0~30 ppm
	氨	0~30 ppm
	甲硫醇	0~10 ppm
	揮發性有機物(VOCs)	0~10 ppm
	一氧化碳	0~50ppm
	風速/風向	0~45 m/s / 0~359°
用電規格	輸出直流電壓	5.0V
	額定功率	5W
外觀	尺寸(公釐(mm))	238x349x171
	重量(公斤)	2.1(公斤)
	4G通訊模組	GSM/GPRS/EDGE LTE (4G) : 700/900/1800MHz

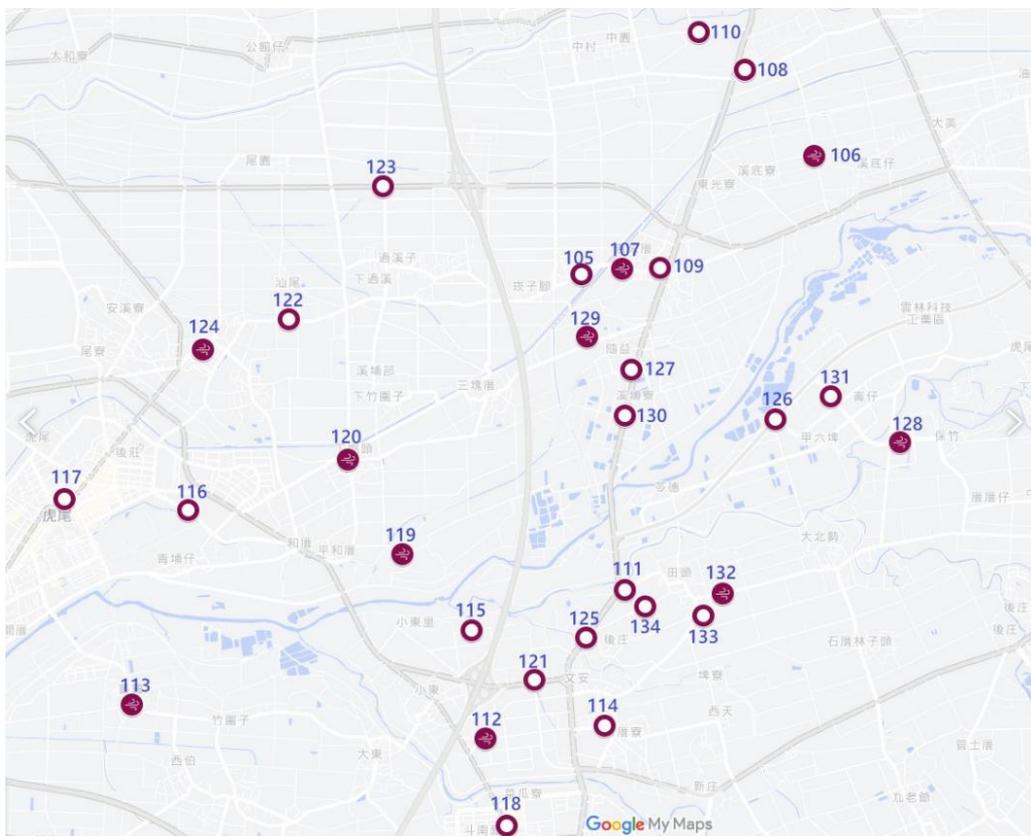
註：此表之誤差係感測器經過校正後，感測器通入標準氣體或經校正之儀器平衡比對顯示之測值需達此誤差範圍內。

4-2 點位設置規劃

4-2.1 感測布點選址規劃及位址說明

考量用地及用電申請之時效性，於團隊過往執行之空品感測物聯網計畫中，相關申請作業需經來往協商多次，而本次計畫執行期程較為緊湊短暫，並考量現行空氣品質微型感測器主要針對 PM_{2.5} 進行監測，因此擬透過將異味感測器設置於同處點位，掌控作業執行期程，亦可合併分析其他測項與粒狀物之間變化的關聯性。

選定點位規劃以虎尾鎮惠來里及斗南鎮田頭里為主要設置區域，考量監測期間將為9月份至11月份，此段期間正值秋季風場轉變之際，夏季之西南風及冬季之東北風皆會影響雲林縣，因此以其為中心向周遭選擇部分點位，作為後續污染流布判斷及背景參考值，整體分布如圖 4-2 所示。其中虎尾鎮及斗南鎮分別設置 12 處；莿桐鄉及斗六市分別設置 3 處，合計 30 處，如表 4-2 及表 4-3。



註：實心圖標為感測器及風向風速計共同設置點位(10 組)；空心圖標為僅有異味感測器點位(20 組)

圖 4-2 30 處異味感測器規劃設置分布圖示

表4-2 30處異味感測器規劃設置區域統計表

鄉鎮市	異味感測器	異味感測器 含風向風速計	總計
虎尾鎮	6	6	12
斗南鎮	10	2	12
莿桐鄉	2	1	3
斗六市	2	1	3
總計	20	10	30

表4-3 30處異味感測器規劃設置清單(1/2)

編號	鄉鎮市	設置路段	緯度	經度	備註	已設置感測器編號*
105	虎尾鎮	路墘里5-3號旁	23.72825	120.48109	惠來里內	YL-1056
106	莿桐鄉	大美村雲49-1線指示牌1	23.73837	120.50271	風向風速計	JS6502013
107	虎尾鎮	惠來里114號(惠來國小前)	23.72871	120.48486	惠來里內、風向風速計	YL-1050
108	莿桐鄉	延平路	23.74577	120.49621		TW120211A0506382
109	虎尾鎮	惠來路	23.72877	120.48834	惠來里內	TW120211A0506014
110	莿桐鄉	中村	23.74899	120.49191		TW120211A0506384
111	斗南鎮	田頭中路	23.70121	120.48505	田頭里內	TW120211A0506368
112	斗南鎮	大同路五六八巷29號	23.68849	120.47209	風向風速計	YL-1059
113	虎尾鎮	興南里43-1號旁	23.69134	120.43925	風向風速計	YL-1068
114	斗南鎮	正福路165-3號旁	23.68953	120.48323		TW120211A0506164
115	斗南鎮	斗南鎮大業路152巷3弄25號對面	23.69775	120.47085		TW120211A0506150
116	虎尾鎮	行政路	23.70805	120.44449		TW120211A0506360
117	虎尾鎮	林森路一段	23.70901	120.43299		TW120211A0506350
118	斗南鎮	大同路150號	23.68104	120.47408		TW120211A0506096
119	虎尾鎮	下溪里4號	23.70430	120.46440	風向風速計	YL-1066
120	虎尾鎮	下溪里大庄37-19號	23.71238	120.45931	風向風速計	YL-1057
121	斗南鎮	德業路	23.69349	120.47669		TW120111A0202708
122	虎尾鎮	中溪里中興202-6號	23.72435	120.45386		JS6502084
123	虎尾鎮	145乙線	23.73575	120.46263		TW120211A0506011
124	虎尾鎮	埤內里埤內121-1號對面	23.72180	120.44590	風向風速計	JS6502083

*註：現已設置之微型感測器編號為環境部與雲林縣環保局合辦之空品物聯網計畫設置之設備

表4-3 30處異味感測器規劃設置清單(2/2)

編號	鄉鎮市	設置路段	緯度	經度	備註	已設置感測器編號*
125	斗南鎮	延平北路	23.69710	120.48144	田頭里內	TW120111A0202728
126	斗六市	雲科路三段	23.71580	120.49906		TW120111A0202660
127	斗南鎮	義和路8號旁	23.72010	120.48572	田頭里內	TW120211A0506155
128	斗六市	科工七路	23.71385	120.51069	風向風速計	TW120111A0202674
129	虎尾鎮	惠來里202-3號斜對面	23.72291	120.48161	惠來里內、風向風速計	JS6502085
130	斗南鎮	延平北路	23.71612	120.48512	田頭里內	TW120111A0202701
131	斗六市	科工七路	23.71777	120.50425		TW120111A0202703
133	斗南鎮	田頭路5巷223號	23.70088	120.49416	田頭里內、風向風速計	YL-1060
132	斗南鎮	田興路3號對面	23.69899	120.49237	田頭里內	TW120211A0506151
134	斗南鎮	田西路65號旁	23.69981	120.48698	田頭里內	TW120211A0506136

*註：現已設置之微型感測器編號為環境部與雲林縣環保局合辦之空品物聯網計畫設置之設備

4-2.2 布建成果說明

一、行政作業流程

依據契約規範本公司於 112 年 8 月 25 日捷思字第 112305 號函提送「異味監測點位設置規劃書」，符合決標後 1 個月內提送，並經 貴局 112 年 9 月 11 日雲環衛字第 1121029866 號文核備，團隊並於 9 月 15 日完成 30 點位佈建作業。

二、布建成果說明

本計畫於 112 年 9 月 12 日接獲 貴局雲環衛字第 1121029866 號文同意依照「雲林縣異味感測器點位設置規劃書」進行現場設置作業，本公司乃於 9 月 13 日開始進行建廠佈建作業，並於 9 月 15 日前完成 30 處感測器設置作業，相關現場設置成果如表 4-4 所示。

後續將進行現場連續監測至 112 年 11 月 30 日，並定期進行相關數據解析作業。

表4-4 30處異味感測器設置成果(1/6)

項次	鄉鎮市	設置路段	緯度	經度	完工照片	
105	虎尾鎮	路墘里5-3號旁	23.72825	120.48109		
106	蔴桐鄉	大美村雲49-1線指示牌1	23.73837	120.50271		
107	虎尾鎮	惠來里114號(惠來國小前)	23.72871	120.48486		
108	蔴桐鄉	延平路	23.74577	120.49621		
109	虎尾鎮	惠來路	23.72877	120.48834		

表4-4 30處異味感測器設置成果(2/6)

項次	鄉鎮市	設置路段	緯度	經度	完工照片	
110	莿桐鄉	中村	23.74899	120.49191		
111	斗南鎮	田頭中路	23.70121	120.48505		
112	斗南鎮	大同路五六八巷29號	23.68849	120.47209		
113	虎尾鎮	興南里43-1號旁	23.69134	120.43925		
114	斗南鎮	正福路165-3號旁	23.68953	120.48323		

表4-4 30處異味感測器設置成果(3/6)

項次	鄉鎮市	設置路段	緯度	經度	完工照片	
115	斗南鎮	斗南鎮大業路 152巷3弄25號 對面	23.69775	120.47085		
116	虎尾鎮	行政路	23.70805	120.44449		
117	虎尾鎮	林森路一段	23.70901	120.43299		
118	斗南鎮	大同路150號	23.68104	120.47408		
119	虎尾鎮	下溪里4號	23.70430	120.46440		

表4-4 30處異味感測器設置成果(4/6)

項次	鄉鎮市	設置路段	緯度	經度	完工照片	
120	虎尾鎮	下溪里大庄 37-19號	23.71238	120.45931		
121	斗南鎮	德業路	23.69349	120.47669		
122	虎尾鎮	中溪里中興 202-6號	23.72435	120.45386		
123	虎尾鎮	145乙線	23.73575	120.46263		
124	虎尾鎮	埕內里埕內 121-1號對面	23.72180	120.44590		

表4-4 30處異味感測器設置成果(5/6)

項次	鄉鎮市	設置路段	緯度	經度	完工照片	
125	斗南鎮	延平北路	23.69710	120.48144		
126	斗六市	雲科路三段	23.71580	120.49906		
127	斗南鎮	義和路8號旁	23.72010	120.48572		
128	斗六市	科工七路	23.71385	120.51069		
129	虎尾鎮	惠來里202-3號斜對面	23.72291	120.48161		

表4-4 30處異味感測器設置成果(6/6)

項次	鄉鎮市	設置路段	緯度	經度	完工照片	
130	斗南鎮	延平北路	23.71612	120.48512		
131	斗六市	科工七路	23.71777	120.50425		
132	斗南鎮	田興路3號對面	23.69899	120.49237		
133	斗南鎮	田頭路5巷223號	23.70088	120.49416		
134	斗南鎮	田西路65號旁	23.69981	120.48698		

4.3 維運作業

為確保既設空氣品質感測器設備品質、數據服務有效性及數據品質，計畫團隊依據契約履約規範，並依循參考環境部「空品感測物聯網布建及數據應用指引」管理作業規則，訂定執行自動告警機制及快速 48 小時內維護作業，本小節統整說明計畫執行中相關方法與統計結果。

4.3.1 告警設定

為了即時了解異常測值狀況，計畫針對設備異常及環境異常設定告警訊息機制以即時因應。在環境異常部分，由於監測時間較短，無法彙整歷史數據進行已訂定符合環境的濃度警戒值，故初步乃參酌「固定污染源空氣污染物排放標準」H₂S 及甲硫醇設定為 15ppb，氨設定為 50ppb，VOCs 設定為 1000ppb。

表4-5 告警警戒值彙整表

項目	測項	警戒值	持續時間
環境異常	H ₂ S	15ppb	>10 分鐘
	NH ₃	50ppb	
	甲硫醇	15ppb	
	VOCs	1,000ppb	
設備異常	所有測項	固定值	
		0 值	
		負值	
		無測值	

依契約規範：感測器設備異常時，應依據錯誤碼或感測數值進行初步判定異常情形，並先進行遠端重置來故障排除，如果問題無法排除，再進行現場維修處置，且感測器異常狀況將於 48 小時內排除。

統計設置完成至計畫結束為止，總共執行 30 次異常現場確認，相關處置如表 4-6 及表 4-7 所示，所有異常皆於 48 小時內完成排除作業。經統計所有異常告警均來自於設備異常或者斷線所致，其中以斷線(斷訊)為主，造成斷線(斷訊)原因多樣，最主要為通訊障礙以至設備當機，

當於現場發現設備無異常但無資料訊號傳輸時，透過將設備重新啟動則大致可修復，若設備無法透過重新啟動而恢復正常時，為提升檢修效率，則將現場以備機更換替代，並將異常設備攜回整備，以確保資料傳輸完整率及資料可信度。

表4-6 異常警示及處理動作統計表

異常警示 \ 處理動作	重新啟動	更換備機	更換零件	其他 (不可抗力)	總計
斷訊	20		3		23
測值異常		2			2
電池沒電		1	2	2	5
總計	20	3	5	2	30

註：其他不可抗力為因燈桿未供電造成感測器電池續電不足，採取更換電池使其恢復運作並等待現場供電正常穩定。

表4-7 異常維護清單

項次	點位編號	異常日期	異常情形	維護日期	原因	處理動作	零件更換
1	132	2023/9/18	斷訊	2023/9/19	通訊異常	更換零件	MCU
2	108	2023/9/19	電池沒電	2023/9/19	其他不可抗力	夜巡並更換電池 等待現場恢復	
3	106	2023/9/22	電池沒電	2023/9/22	電池充電異常	更換零件	電池
4	111	2023/9/26	斷訊	2023/9/26	通訊異常	重新啟動	
5	121	2023/9/23	斷訊	2023/9/23	通訊異常	重新啟動	
6	125	2023/10/4	電池沒電	2023/10/4	零件損壞	更換備機	
7	105	2023/10/6	電池沒電	2023/10/6	其他不可抗力	風災致燈桿未供電， 更換電池等待現場恢復	
8	124	2023/10/11	斷訊	2023/10/11	通訊異常	重新啟動	
9	124	2323/10/12	測值異常	2023/10/12	測值異常	更換備機	
10	130	2023/10/13	斷訊	2023/10/13	通訊異常	重新啟動	
11	110	2023/10/17	斷訊	2023/10/17	通訊異常	重新啟動	
12	116	2023/10/23	測值異常	2023/10/23	測值異常	更換備機	
13	111	2023/10/30	斷訊	2023/10/30	通訊異常	重新啟動	
14	121	2023/10/31	電池沒電	2023/10/31	電池充電異常	更換零件	充電器
15	110	2023/11/6	斷訊	2023/11/6	通訊異常	重新啟動	
16	115	2023/11/6	斷訊	2023/11/6	通訊異常	重新啟動	
17	129	2323/11/7	斷訊	2323/11/7	通訊異常	重新啟動	

項次	點位編號	異常日期	異常情形	維護日期	原因	處理動作	零件更換
18	108	2023/11/22	斷訊	2023/11/22	通訊異常	重新啟動	
19	108	2023/11/23	斷訊	2023/11/23	通訊異常	更換零件	4G板
20	108	2023/11/27	斷訊	2023/11/27	通訊異常	重新啟動	
21	111	2023/11/27	斷訊	2023/11/27	通訊異常	重新啟動	
22	122	2023/11/27	斷訊	2023/11/27	通訊異常	重新啟動	
23	108	2023/11/28	斷訊	2023/11/28	通訊異常	重新啟動	
24	130	2023/11/28	斷訊	2023/11/28	通訊異常	重新啟動	
25	108	2023/11/29	斷訊	2023/11/29	通訊異常	重新啟動	
26	127	2023/11/29	斷訊	2023/11/29	通訊異常	重新啟動	
27	108	2023/11/29	斷訊	2023/11/29	天線異常	更換零件	天線
28	131	2023/11/30	斷訊	2023/11/30	通訊異常	重新啟動	
29	124	2023/11/30	斷訊	2023/11/30	通訊異常	重新啟動	
30	108	2023/11/30	斷訊	2023/11/30	通訊異常	重新啟動	

4-3.2 資料完整率

環境部對於微型感測器主要的品質目標之一即為數據完整率，該定義為數據剔除定值、零值、負值後，留存於資料庫的數據量，統計布建完成至計畫結束為止，各測點資料完整率如表 4-5 所示，全數測項之監測資料平均完整率大於 98%。

表4-8 資料完整率

項次	感測器	溫度	濕度	NH ₃	TVOC	CO	H ₂ S	CH ₄ S	WS	WD	備註
1	3100105	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%			
2	3100106	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	98%	98%	
3	3100107	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	99%	
4	3100108	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	
5	3100109	99%	99%	99%	97%	99%	99%	99%			
6	3100110	99%	99%	99%	97%	99%	99%	99%			
7	3100111	99%	99%	99%	96%	99%	99%	99%	100%	100%	
8	3100112	100%	100%	97%	100%	99%	97%	100%			
9	3100113	100%	100%	100%	98%	100%	96%	98%			
10	3100114	100%	100%	96%	100%	100%	96%	96%			
11	3100115	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%			
12	3100116	99%	99%	99%	97%	99%	99%	99%			
13	3100117	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%			

項次	感測器	溫度	濕度	NH ₃	TVOC	CO	H ₂ S	CH ₄ S	WS	WD	備註
14	3100118	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%			
15	3100119	99%	99%	99%	96%	99%	99%	99%	95%	95%	
16	3100120	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%			
17	3100121	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	100%	100%	
18	3100122	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
19	3100123	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%			
20	3100124	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%			
21	3100125	100%	100%	100%	94%	100%	96%	100%	98%	98%	
22	3100126	99%	99%	99%	96%	99%	99%	99%	99%	99%	
23	3100127	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%			
24	3100128	99%	99%	99%	96%	99%	99%	99%	100%	100%	
25	3100129	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%			
26	3100130	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%			
27	3100131	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%			
28	3100132	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%			
29	3100133	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%			
30	3100134	99%	99%	99%	95%	99%	99%	99%			
平均		99%	99%	99%	98%	99%	98%	99%	99%	99%	

註：統計期間為 9/15~11/30，完整率計算 = $\frac{\text{各測項之分鐘值總和}}{77\text{天} \times 24\text{小時} \times 60\text{分鐘} = 110880} \times 100\%$

第五章 數據傳輸系統及數據分析

5-1 數據傳輸系統

團隊採用之空氣品質感測器，於每分鐘產出各污染物濃度或環境參數之有效平均監測數據，以資料串流方式回傳通訊，再進行資料存儲及後續運算分析。本章節針對「感測器資料回傳通訊」、「感測器資料收集作業」、「Line 即時推播系統」之作業規劃進行說明。

5-1.1 感測器資料回傳通訊

無線通訊(Wireless communication)是指多個節點間不經由導體或纜線傳播的遠距離傳輸通訊，採用 4G 連續傳輸較穩定之模組使用，4G 網路以網際網路協定(Internet Protocol, IP)為基礎，資料會在有需要的時候，以一種稱為封包交換系統(packet-switching system)的方式收發。

5-1.2 感測器資料收集平台

計畫涉及資料傳輸、資訊系統之開發、功能擴增或維護需求，並可透過網路查詢各感測器即時及歷史數據，為確保數據可信度及正確性，整體傳輸流程如圖 5-1。

團隊於監測數據上傳至資料查詢平台前，執行兩階段資訊確認，確保監測數值穩定，第一階段為監測數據由發送端回傳至後端接收平台，第二階段為後端平台傳送至資料查詢平台。

一、第一階段：數值回傳

主要為感測器監測端監測值回傳作業，感測器端內控制主板自動執行數據整合換算，並將每分鐘平均值傳回後端接收平台，監測數據匯入資料庫前會先進行解碼，並確認各項資料有效性；資料有效性分別為：資料格式、專案編號、感測器 ID、監測項目等，符合資料格式者亦會寫入系統並進行後續換算作業。完成上述步驟，各測項回傳數值，皆有專屬的回歸公式進行校正，校正後為實際監測數值，匯入資料庫。

二、第二階段：數據篩選

考慮感測器監測時存在監測儀器誤差，若超過合理範圍，系統

會判定為無效測值，則不傳送至資料查詢平台。

數據合理性篩選原則為針對監測濃度的合理範圍值進行判定，若超出範圍系統具自動註記功能，提醒負責人員注意及研判。此合理性主要依據測項在環境中測值範圍所訂定，需依據該區域長時間統計平均濃度進行設定，惟現階段裝設初期，參考資料尚不足，故先以感測器偵測範圍為篩選依據。

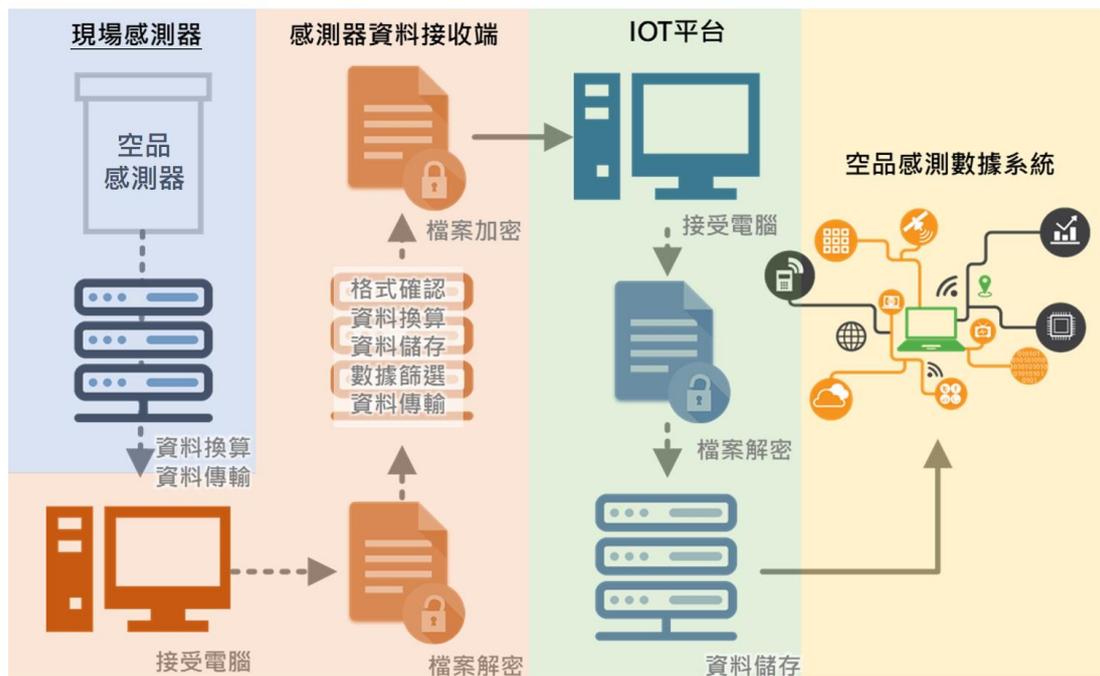


圖5-1 數據傳輸公布流程圖

5-1.3 監測數據應用平台

「空品感測器監測數據應用資訊系統」，網站架構如圖 5-2，監測數據應用平台包含基本圖資展示、視覺化統計圖表等功能，提供其分鐘數值、小時均值、日均值、週均值、月均值、年均值，並具輸出報表及簡易圖檔等功能。

在空氣品質感測器監測網頁規劃方面，因機密資料問題，故以身份權限作為登入的設計，在系統的使用者對象方面，管理版身份初步依據資料處理的性質，分為系統管理者及系統應用者，這些角色會決定管理端的功能使用權限，即表示使用者在登入管理端後，系統會判定使用者身份，提供不同功能。

空氣品質感測器監測網頁使用者操作介面包含，感測站資訊、趨勢圖表檢視、盒鬚圖檢視、熱點圖檢視、日報表/月報表資料檢視、風玫瑰圖檢視，以下詳細說明。

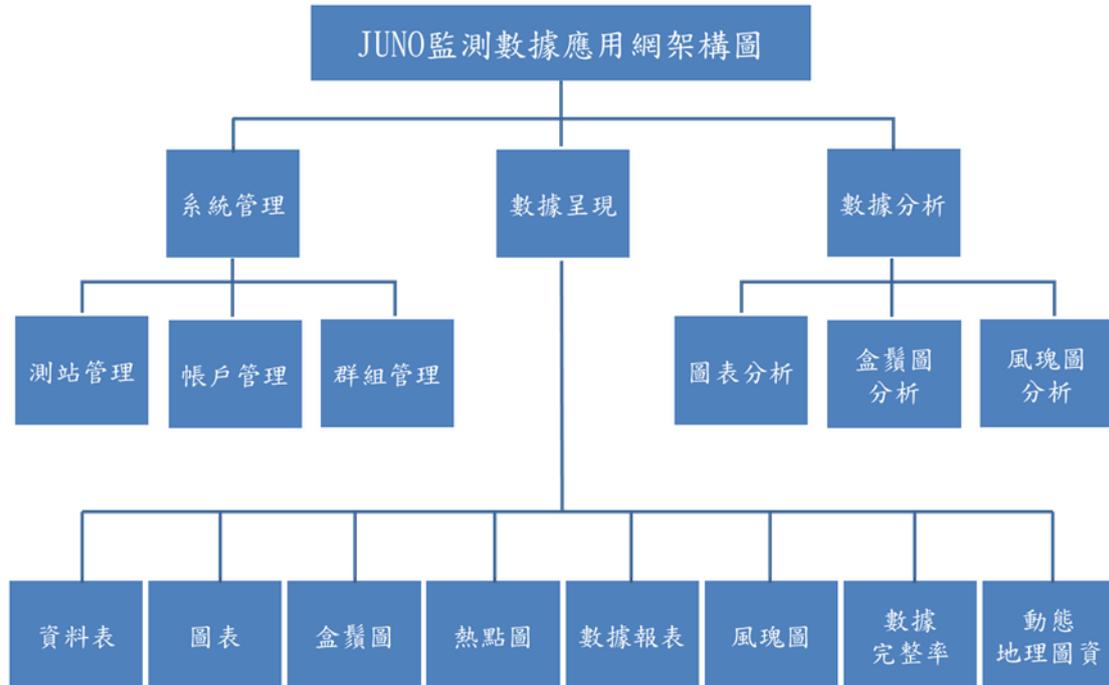


圖5-2 JUNO 監測數據應用網

一、使用者登入介面

1. 使用者登入機制以「帳號密碼登入」，登入畫面如圖 5-3。
2. 提升密碼強度，密碼長度設定至少 8 位以上，且需英數混合使用，並加設隨機碼驗證才可通過。
3. 密碼輸入欄位應採隱碼，當密碼認證嘗試超過三次失敗，即停止該帳號使用權限，需洽詢相關人員進行帳號開通。

Juno

Welcome to Juno 4.0

本系統支援：資料表、圖表、風玫瑰圖、濃度極座標圖、熱點圖、盒類圖、校正圖、日報表、分析圖、地理分布圖、即時監測...等。

請登入您的帳戶

1 Username

2 Password

3 驗證碼： 請輸入驗證碼

看不清楚一張

4 Login

保持登入

Copyright JS E&E Co., Ltd. © 2014

圖5-3 微型感測器資料庫資訊管理系統登入畫面

二、使用者操作介面：

1. 以中文語系為主。
2. 首頁包含感測點(站)連線狀態、氣象、登入紀錄或時間…等多種功能可擴充。
3. 網頁系統支援跨平台及裝置，提供手持裝置簡易操作介面。支援系統：Windows、MAC OS、Android、iOS…等符合視窗操作並提供瀏覽器功能之系統。
4. 自適應網頁視窗大小調整可視畫面。
5. 列表使用者可讀取之感測點(站)及感測點(站)存取到期日。

三、感測點(站)資訊

1. 感測點(站)資料更新狀態，列表感測點(站)並檢視每一時間資料表的更新時間及狀態，以四種顏色提示每一資料表更新狀態。
2. 圖表顯示感測點(站)各時間表之資料獲取率，可即時確認感測器

運作狀況，如圖 5-4 所示。

3. 感測點(站)地理位置圖。
4. 感測點(站)環境照片顯示。
5. 測值異常時，可同步調閱鄰近空品測站逐時測值。

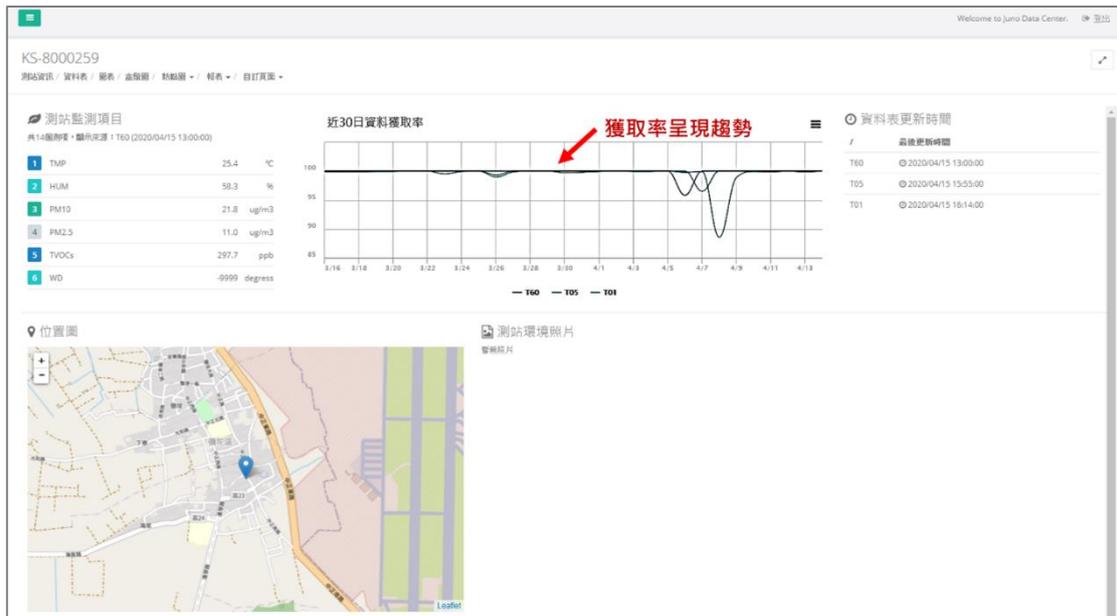


圖5-4 感測點(站)各時間表之資料獲取率示意圖

四、歷史資料表檢視

1. 依數據監測系統所提供之時間類別可選擇分鐘均值、五分鐘均值、小時均值和一日均值等瀏覽資料表，作為整合即分析感測器數據資訊，並具報表輸出功能。
2. 自訂起始日期(時間)和結束日期(時間)查詢特定區間資料。
3. 提供選取方框選擇欲顯示之測項欄位。
4. 每一欄位可遞增或遞減排序。
5. 數據帶有標記(Flag)欄位，則以高亮度顏色提示。
6. 提供 Excel 格式下載資料表功能。
7. 歷史資料檢視示意如圖 5-5。

DateTime	TMP °C	HUM %	PM10 ug/m	PM2.5 ug/l	TVOCs ppb	WD degrees	WS m/sec	TMP Count	HUM Count	PM10 Cou	PM2.5 Cou	TVOCs Cou	WD Count	WS Count
1 2020/03/23 00:00	22.6	76.9	48.3	24.6	319.4			1780.9	144.5	37.1	35.1	1725.9		
2 2020/03/23 01:00	22.2	77.8	49.0	25.0	302.0			1768.5	147.1	37.7	35.7	1613.0		
3 2020/03/23 02:00	22.3	78.0	88.9	46.4	323.2			1772.5	147.5	68.4	66.4	1750.7		
4 2020/03/23 03:00	22.4	77.7	69.1	35.8	330.9			1775.0	146.7	53.1	51.1	1801.1		
5 2020/03/23 04:00	22.4	76.8	51.2	26.2	330.3			1775.2	144.3	39.4	37.4	1797.1		
6 2020/03/23 05:00	22.4	76.4	49.0	25.0	325.9			1776.3	143.3	37.7	35.7	1768.1		
7 2020/03/23 06:00	22.0	77.8	59.1	30.4	382.0			1761.6	147.1	45.5	43.5	2132.7		
8 2020/03/23 07:00	23.1	75.4	81.6	42.5	432.8			1793.4	140.4	62.8	60.7	2463.1		
9 2020/03/23 08:00	27.8	63.6	60.9	31.4	405.2			1919.6	107.7	46.9	44.9	2283.6		
10 2020/03/23 09:00	30.0	59.5	58.0	29.8	391.1			1979.4	96.5	44.6	42.6	2192.2		
11 2020/03/23 10:00	30.3	59.8	58.6	30.2	390.6			1987.4	97.3	45.1	43.1	2188.7		
12 2020/03/23 11:00	29.0	62.5	67.3	34.9	358.1			1952.8	104.9	51.8	49.8	1977.6		
13 2020/03/23 12:00	27.9	64.5	57.1	29.3	331.9			1921.7	110.2	43.9	41.9	1807.5		
14 2020/03/23 13:00	28.2	63.0	49.3	25.1	313.3			1928.9	106.2	37.9	35.9	1686.5		
15 2020/03/23 14:00	27.8	64.1	45.7	23.2	306.9			1919.1	109.2	35.1	33.1	1645.2		

圖5-5 感測點(站)歷史資料檢視示意圖

五、趨勢圖表檢視

1. 依數據監測系統所提供之時間類別可選擇分鐘、一小時和一日資料繪製趨勢圖。
2. 自訂起始日期(時間)和結束日期(時間)查詢特定區間資料[1]、[2]。
3. 三種顯示模式：正常模式、多重座標軸模式、座標軸分行模式[3]。
4. 提供選取方框選擇欲顯示之測項欄位[4]。
5. 可顯示或屏蔽測項的趨勢線。
6. 每一測項可設定趨勢線種類：折線圖、曲線圖、折線區域圖、曲線區域圖、柱狀圖、點圖(圓形、方形、菱形、正三角、倒三角)(如圖 5-6 所示)。
7. 提供 PNG、JPEG、PDF、SVG 等四種下載格式[5]。

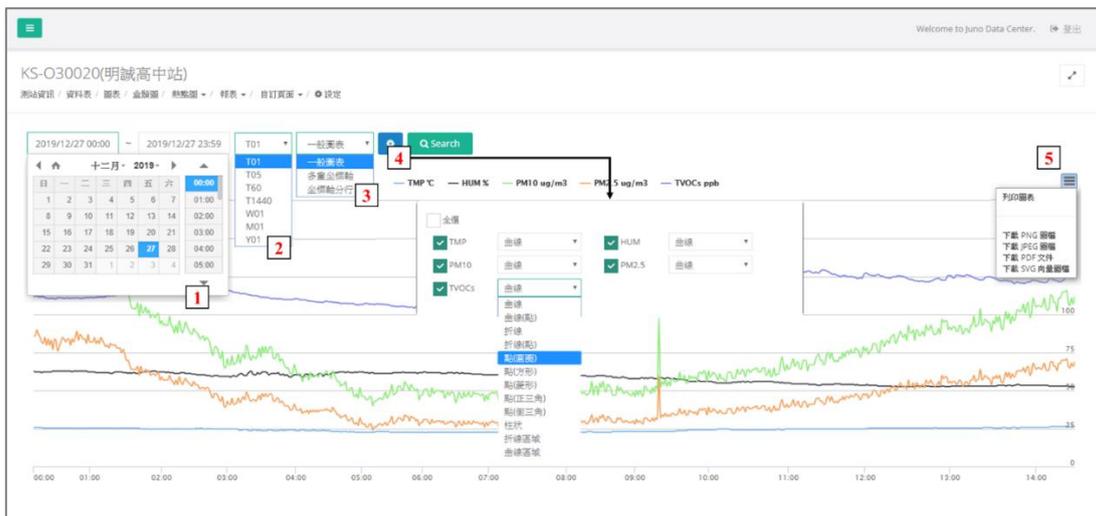


圖5-6 感測點(站)圖表操作畫面

六、盒鬚圖檢視

1. 依數據監測系統所提供之時間類別可選擇分鐘和一小時資料繪製盒鬚圖，可顯示每日監測數據範圍，以及標明最大值、最小值、中間值、7.5 分位值和 2.5 分位值(如圖 5-7)。
2. 自訂起始日期(時間)和結束日期(時間)查詢特定區間資料。
3. 提供下拉選單選擇欲顯示之測項。
4. 如數據帶有標記欄位，可檢查該筆資料是否為可用或不可用，依檢查結果可決定該資料是否顯示於盒鬚圖中。



七、熱點圖檢視

1. 以每日二十四小時為單位，可繪製長時間或大範圍的數據比較。

2. 自訂起始日期(時間)和結束日期(時間)查詢特定區間資料。
3. 可自行設定數值顏色區間(例 0~10 為藍色；10~20 為鵝黃色等)(如圖 5-8)。
4. 提供 PNG、JPEG、PDF、SVG 等四種下載格式。

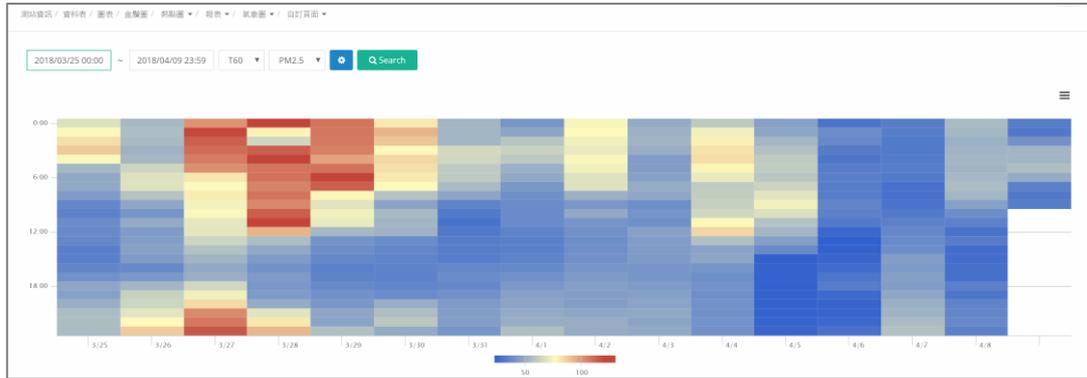


圖5-8 濃度熱點圖檢視示意圖

八、日報表/月報表資料檢視

1. 顯示單一測項之每日二十四小時資料或每日平均值(如圖 5-9)。
2. 日報表/月報表格式。
3. 自訂起始日期(時間)和結束日期(時間)查詢特定區間資料。
4. 提供下拉選單選擇欲顯示之測項。
5. 每一欄位可遞增或遞減排序。
6. 自動計算查詢區間之資料獲取率。

Date/Time	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
1 2018/03/25	19.0	18.9	18.9	18.9	18.9	19.0	19.3	21.2	23.7	25.3	26.4	27.5	28.3	28.7	28.5	27.9	26.8	24.6	23.0	22.3	21.9	21.9	21.0	20.2
2 2018/03/26	19.9	19.9	19.7	19.1	19.9	19.8	20.0	21.5	23.8	25.5	26.2	26.8	27.8	28.4	28.4	27.8	27.0	25.3	23.6	23.0	22.8	22.0	21.8	20.9
3 2018/03/27	20.7	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	20.2	22.1	24.1	25.9	27.7	28.6	29.4	29.8	29.0	28.9	27.7	25.5	23.9	23.2	22.8	22.0	21.9	21.7
4 2018/03/28	21.9	22.3	22.1	21.1	21.1	20.9	20.9	22.4	23.9	26.0	27.2	28.1	29.0	29.7	29.8	29.5	28.1	26.3	25.2	23.9	23.0	22.9	22.6	21.9
5 2018/03/29	21.9	21.9	21.9	21.1	20.9	20.9	21.2	22.8	25.0	26.7	28.3	29.2	29.4	30.3	29.3	27.9	27.8	25.5	23.2	22.9	22.7	22.0	21.9	21.6
6 2018/03/30	21.8	21.0	20.9	20.9	20.9	20.5	20.9	22.1	25.3	26.8	28.0	28.5	29.0	29.2	28.9	28.7	26.9	25.6	24.5	23.9	23.8	22.9	23.1	22.9
7 2018/03/31	23.2	21.9	21.9	21.9	21.9	21.9	22.1	24.0	25.5	26.2	27.2	27.9	28.8	29.1	29.2	28.9	27.9	26.2	24.9	24.8	23.9	23.9	23.4	22.9
8 2018/04/01	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.8	24.5	25.5	26.2	27.2	27.9	29.3	29.8	29.7	29.4	28.5	26.6	25.0	24.9	24.1	23.9	23.6	22.7
9 2018/04/02	22.6	22.9	22.3	21.9	21.9	21.9	22.3	23.4	24.8	26.9	27.8	28.8	29.4	29.6	29.3	28.8	27.2	25.3	24.9	24.0	23.9	23.3	22.9	22.9
10 2018/04/03	22.9	22.9	22.9	22.1	21.9	21.1	21.9	24.9	26.5	27.8	28.8	29.4	30.1	30.1	30.2	29.9	28.5	26.3	24.9	24.5	24.5	24.5	23.9	22.9
11 2018/04/04	23.5	22.9	22.5	21.9	22.3	22.9	23.6	24.7	25.8	27.8	28.7	29.7	30.1	30.2	29.8	29.3	27.8	26.3	25.6	24.9	24.9	24.7	24.8	24.5
12 2018/04/05	23.8	22.9	23.0	23.2	23.3	22.9	23.3	25.4	26.4	27.7	28.7	29.7	30.4	30.9	29.1	30.1	28.5	27.0	26.2	26.0	25.9	25.9	25.8	25.7
13 2018/04/06	25.1	24.6	24.4	24.4	23.9	23.9	24.4	26.1	27.7	28.7	29.2	30.0	30.8	31.1	30.9	29.6	27.1	25.9	24.9	23.2	21.8	20.9	20.0	19.5
14 2018/04/07	18.5	18.1	17.9	18.0	17.9	17.9	18.3	18.8	18.9	19.3	20.5	20.9	22.8	21.7	21.7	22.4	21.1	19.9	19.4	18.9	18.9	18.8	18.1	18.1
15 2018/04/08	17.9	17.9	17.9	17.6	17.1	16.9	17.6	19.7	21.2	22.6	24.4	25.7	26.8	27.8	27.7	27.3	26.5	24.7	22.1	21.7	20.9	20.5	19.9	19.9
16 2018/04/09	18.9	19.3	19.2	18.9	18.9	18.9	19.4	21.8	23.6	24.9														

Date/Time	TEMP °C	HUM %	PM10 ug/m3	PM2.5 ug/m3	VOC ppb	CO ppm	NO2 ppb	WD DEG	WS MPS
1 2018/04/01	25.4	67.3	50.5	44.4	171.3	0.64	31.6	93.7	0.82
2 2018/04/02	25.0	71.6	67.5	53.6	172.9	0.63	32.0	88.4	0.92
3 2018/04/03	25.6	67.0	52.4	45.4	172.4	0.63	31.7	90.7	0.89
4 2018/04/04	25.8	69.4	76.5	58.5	171.8	0.63	31.7	94.7	1.01
5 2018/04/05	26.3	69.8	50.9	44.3	175.0	0.64	30.5	109.1	1.03
6 2018/04/06	25.8	67.6	24.4	29.9	173.4	0.66	29.8	54.6	1.86
7 2018/04/07	19.5	55.4	43.2	38.8	176.2	0.66	29.9	70.9	2.53
8 2018/04/08	21.8	58.6	45.1	40.7	176.1	0.66	30.2	59.6	1.10

圖5-9 日報表資料檢視示意圖

九、氣象圖檢視

1. 結合戶外空氣品質及結合其他參數用於數據分析，其中與戶外風向/風速圖結合之數據分析之風玫瑰圖檢視功能如下。
2. 依數據監測系統所提供之時間類別可選擇分鐘、一小時和一日資料繪製風玫瑰圖，圖表可顯示風速區段及風向頻率。
3. 自訂起始日期(時間)和結束日期(時間)查詢特定區間資料。
4. 預設區分十個風速帶。
5. 可顯示或屏蔽特定區段的風速。
6. 如數據帶有標記欄位，可檢查該筆資料是否為可用或不可用，依檢查結果可決定該資料是否顯示於風玫瑰圖中。



圖5-10 空氣品質感測器監測網頁氣象圖示意圖

5-1.4 Line 即時推播系統

本計畫希冀透過 Line 高值預警推播，來達到即時掌握高值或是異常狀況，目前已初步完成建置如圖 5-11，Line 告警群組推播內容包含：發生區域、異常感測器裝置、異常時間區間等，當區域內發生測值異常時將推播高值通報方便應變處置之參考。後續將持續解析及測試，以訂定合理之告警值。

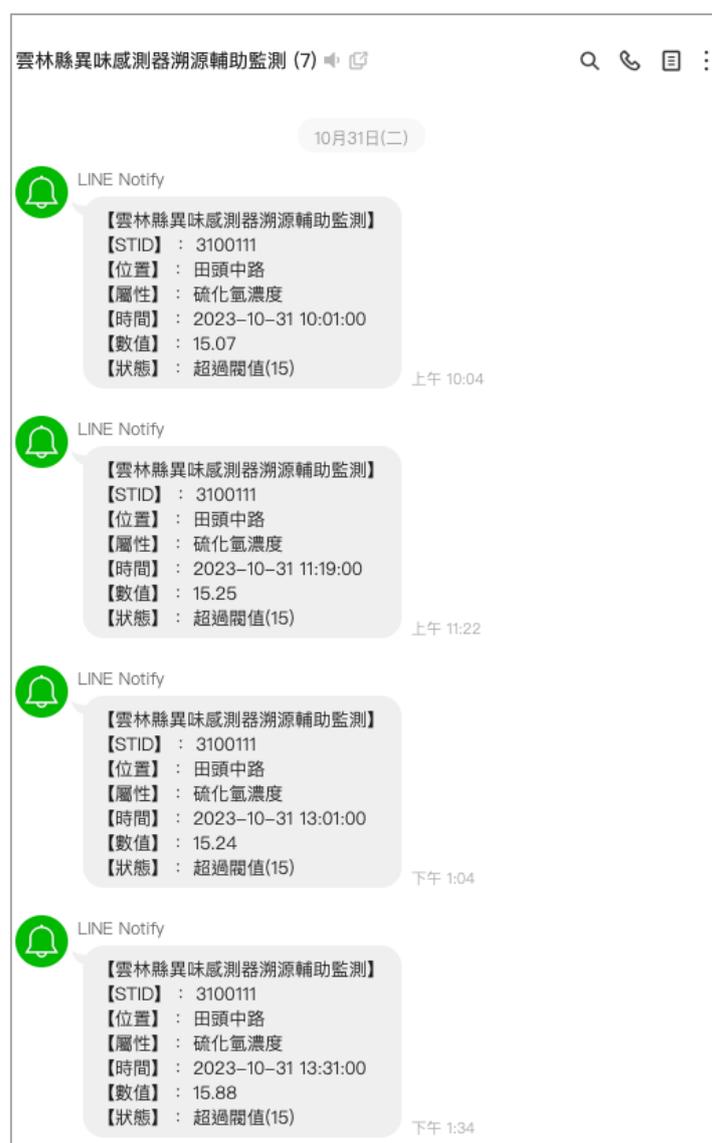


圖5-11 即時推播告警資訊

5-2 陳情案件彙整

依環境部統計資訊網資料，經統計顯示異味污染陳情事件比非異味污染陳情事件高出數倍的數量，其中異味污染陳情事件主要為露天燃燒、其次是不明異味、畜牧場異味及化學異味等。另由陳情案件統計分析，以斗六市、虎尾鎮及斗南鎮等為主要受陳情區域，本計畫以異味陳情案件之分布狀況中，斗南鎮田頭里及虎尾鎮惠來里位於此三個鄉鎮中心點位，該區域近年來常有民眾陳情異味案件頻繁，該區域空品狀況及不明原因之異味排放狀況受鄰近區域民眾高度關注。

5-2.1 虎尾鎮與斗南鎮陳情案件統計

彙整9月至11月公害陳情系統中，在斗南鎮及虎尾鎮的陳情案件共計有97件，在惠來及田頭里中共計有6件，其中有4件為露天燃燒，2件為豬屎、柴油異味，分別發生於112年10月24日12時33分及11月18日上午7時7分，詳細陳情案件如表5-1。

表5-1 惠來及田頭里陳情資料彙整

項次	鄉鎮	受理日期	污染者地址	污染者名稱	陳情備註	污染項目
1	虎尾鎮	2023-09-22 15:13:00	惠來里惠來 6-1號	露天燃燒	陳情上開地點於本月19號有露天燃燒情事，現已查獲行為人並通知到所說明，請本局派員會同查察。	異味污染物 _露天燃燒
2	斗南鎮	2023-10-24 12:33:00	文安路1-2號 附近	豬屎異味	陳情上開地點有豬屎異味，請本局派員查察。豬屎異味，請本局派員查察。	異味污染物 _動物
3	斗南鎮	2023-09-17 09:41:00	田頭里田頭 中路146號	露天燃燒	據陳情表示上開地點有露天燃燒情事，請本局派員查察。	異味污染物 _露天燃燒
4	虎尾鎮	2023-10-09 15:00:00	惠來里惠來 174號附近	露天燃燒	陳情上開地點有露天燃燒情事，請本局派員查察。	異味污染物 _露天燃燒
5	虎尾鎮	2023-10-17 10:11:00	惠來里惠來 179號	露天燃燒	陳情該址有露天燃燒情事，請本局派員查察。	異味污染物 _露天燃燒
6	虎尾鎮	2023-11-18 07:07	惠聖宮附近	濃濃空氣嗆 鼻味聞起來 像是柴油味	濃濃空氣嗆鼻味聞起來像是柴油味，惠聖宮附近空氣嗆鼻，已數日。	異味污染物 _不明

5-2.2 利用異味感測器分析陳情事件污染來源

本計畫執行期間虎尾鎮惠來里及斗南鎮田頭里有兩件陳情案件，其中虎尾鎮的惠聖宮附近，當時現場空氣中有濃濃的柴油味，而斗南鎮文安路 1-2 號附近，當時則是有明顯的豬屎臭異味。

一、虎尾鎮惠來里惠聖宮附件異味陳情分析

陳情時間為 112 年 11 月 18 日上午 7 點左右，分析鄰近異味感測器(3100105、3100107)的 VOC、NH₃、H₂S 等數據，結果顯示在上午 7 點前後，前述監測項目皆未有明顯的高值產生，研判當時該異味濃度持續不久或者該異味與目前感測元件未有相關靈敏度，以致無法透過時間序列與濃度的關係做污染趨勢分析，當日 VOC、NH₃、H₂S 濃度監測結果如表 5-2 所示。

表5-2 不同監測項目的結果(11月18日)

Sensor ID \ 測項	VOC(ppb)		NH ₃ (ppb)		H ₂ S(ppb)	
	3100105	3100107	3100105	3100107	3100105	3100107
時間						
2023/11/18 0:00	61.41	66.20	5.61	6.82	1.37	1.55
2023/11/18 1:00	60.50	62.54	5.68	6.78	1.40	1.54
2023/11/18 2:00	61.04	65.24	6.86	6.86	1.70	1.56
2023/11/18 3:00	60.10	61.77	6.40	6.82	1.58	1.55
2023/11/18 4:00	61.02	62.66	6.91	6.91	1.70	1.58
2023/11/18 5:00	61.18	63.02	8.49	6.87	2.10	1.56
2023/11/18 6:00	58.16	60.40	7.81	6.72	1.93	1.52
2023/11/18 7:00	56.11	57.94	9.52	6.74	2.36	1.52
2023/11/18 8:00	55.41	55.28	7.60	6.81	1.88	1.54
2023/11/18 9:00	54.91	53.78	6.94	6.86	1.71	1.56
2023/11/18 10:00	55.36	55.28	8.39	6.90	2.08	1.57
2023/11/18 11:00	55.11	55.17	12.47	6.90	3.09	1.58
2023/11/18 12:00	54.52	53.77	11.90	6.88	2.95	1.57
2023/11/18 13:00	54.39	53.83	10.87	6.87	2.69	1.57
2023/11/18 14:00	54.83	55.52	10.76	6.90	2.66	1.57
2023/11/18 15:00	55.14	56.83	12.17	6.91	3.01	1.58
2023/11/18 16:00	55.56	59.64	8.36	6.90	2.07	1.58
2023/11/18 17:00	58.03	61.14	23.05	6.89	5.74	1.57
2023/11/18 18:00	58.21	63.94	2.53	6.88	0.61	1.57

Sensor ID \ 測項	VOC(ppb)		NH ₃ (ppb)		H ₂ S(ppb)	
	3100105	3100107	3100105	3100107	3100105	3100107
時間						
2023/11/18 19:00	58.67	64.20	2.48	6.88	0.60	1.57
2023/11/18 20:00	58.06	63.60	2.40	6.84	0.60	1.55
2023/11/18 21:00	58.35	63.32	2.43	6.82	0.60	1.55
2023/11/18 22:00	57.95	62.37	2.45	6.80	0.58	1.54
2023/11/18 23:00	58.55	63.46	2.47	6.80	0.59	1.54

二、斗南鎮文安路 1-2 號附近異味陳情分析

陳情時間為 112 年 10 月 24 日中午 12 點左右，以鄰近 5 台感測器(編號 3100134、3100132、3100133、3100121、3100114，如圖 5-12) 的 VOC、CH₄S、NH₃、H₂S 等數據，以克利金法分析污染熱區，結果顯示 VOC、CH₄S 及 H₂S 之測值以 3100114 感測器附近濃度是較高處，NH₃ 的高濃度區域則是 3100134 感測器附近(圖 5-13 & 圖 5-14)。綜上所述，當時風向多介於西到北北東及靜風(<1m/s) 狀況下(圖 5-15)，研判該次民眾陳情空氣中有明顯的豬屎臭味可能是鄰近陳加石畜牧場逸散的臭味所致。

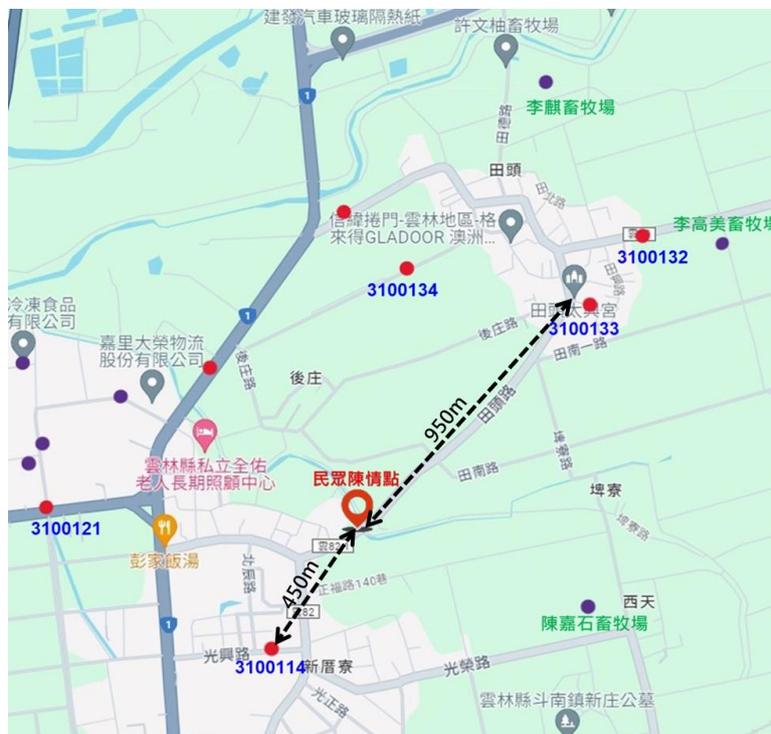


圖5-12 5台異味感測器與陳情點位置示意圖

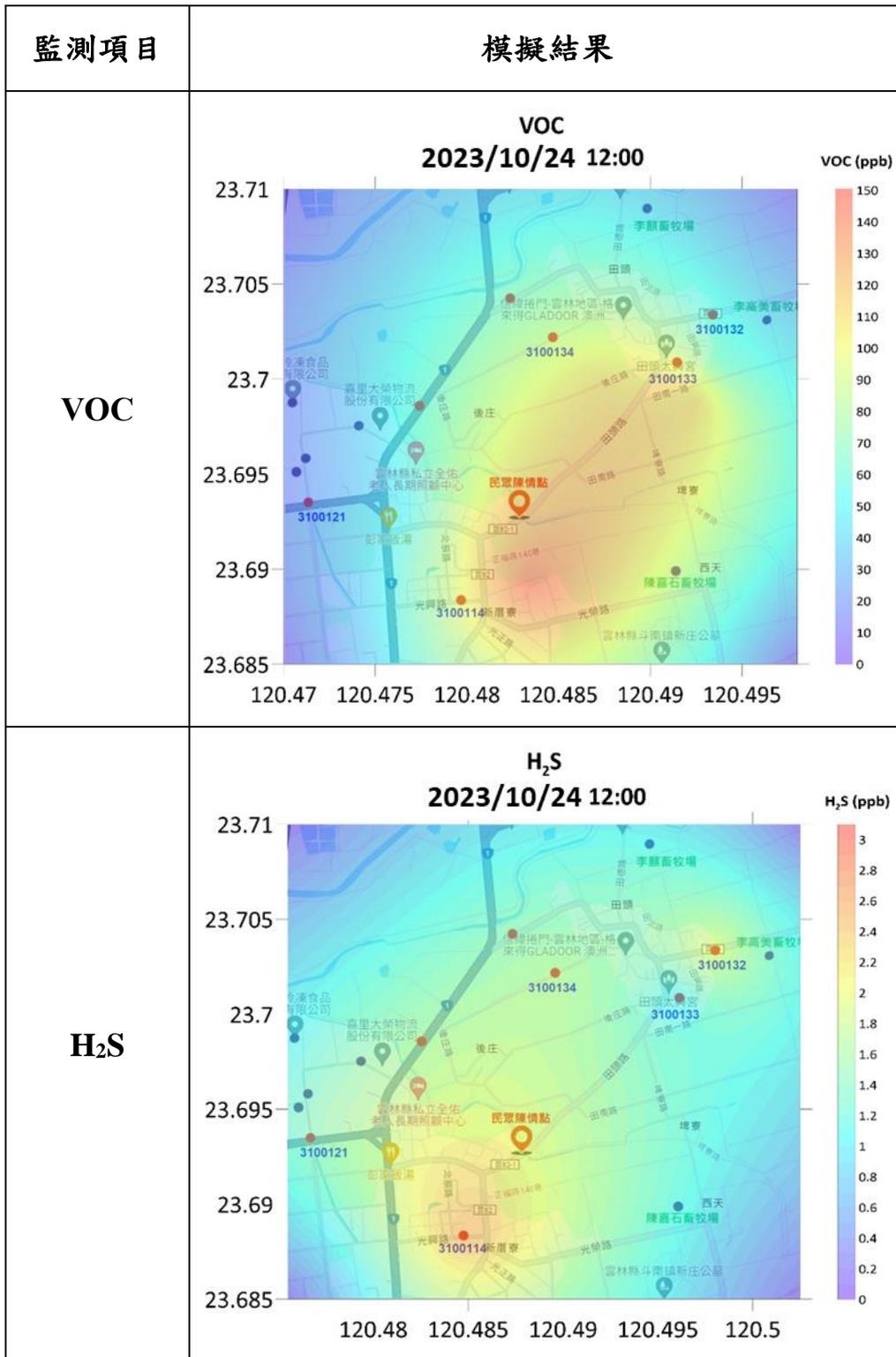


圖5-13 VOC、H₂S污染濃度分布結果(10/24 12:00)

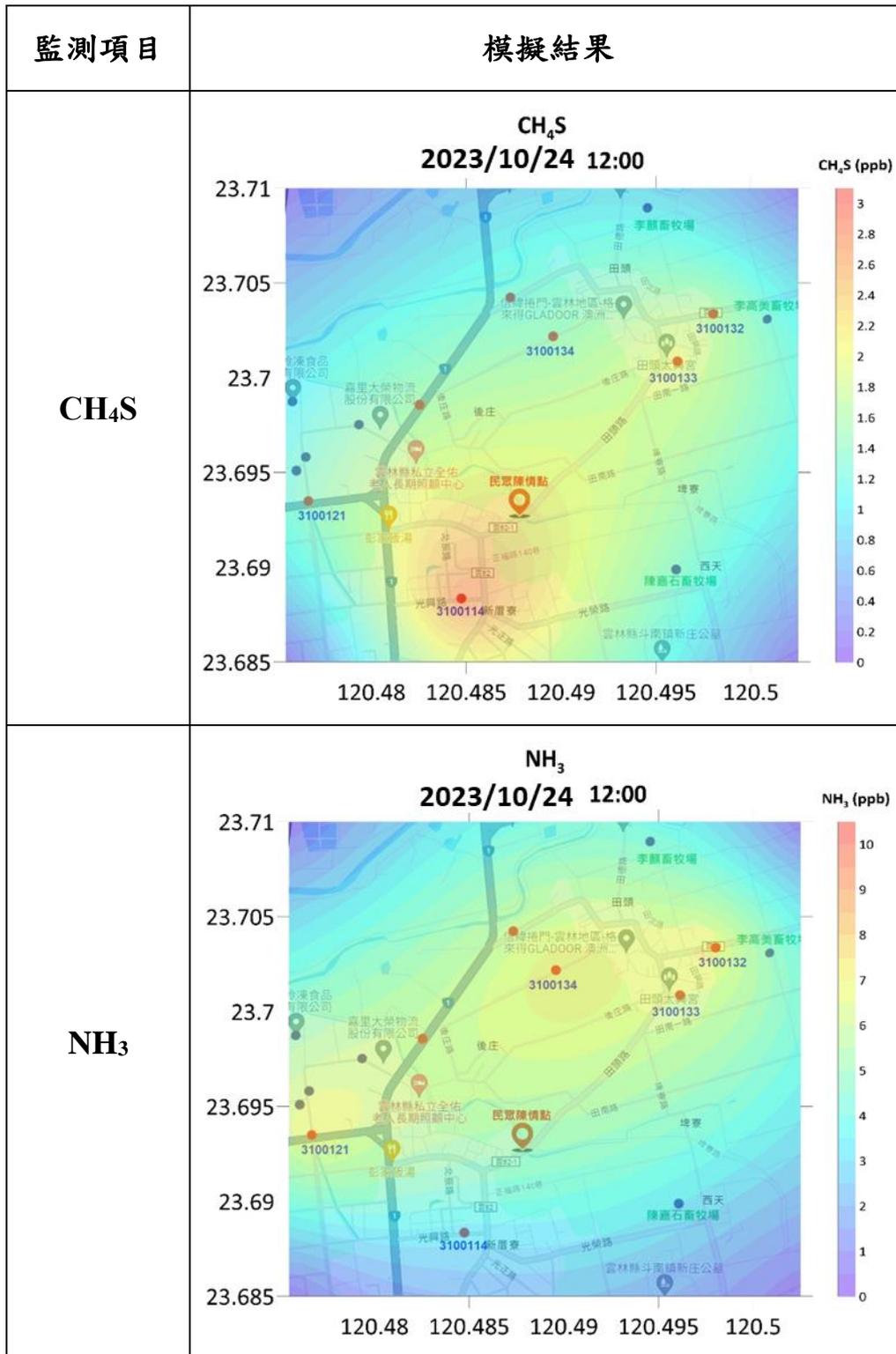


圖5-14 CH₄S、NH₃污染濃度分布結果(10/24 12:00)

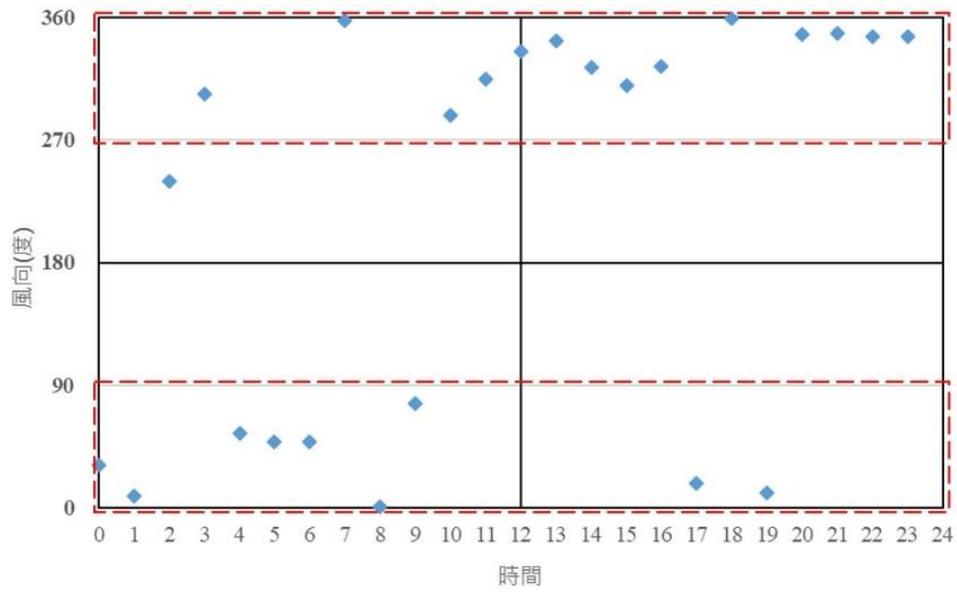


圖5-15 10月24日的風向逐時變化

5-3 數據應用分析結果

於計畫監測期間，各感測點無明顯單點特別出現高濃度反應現象，因此監測數據再進行群集統計及深度分析，如本小節說明。

5-3.1 透過異味感測器的污染熱區推估方法

克利金法(Kriging method)為一種高斯過程回歸法，藉由先驗方差(prior covariance)控制高斯過程的內插法。此方法已廣泛應用於空間分析和數值計算。克利金法利用鄰近已知點的加權平均質來預測給定未知點的值。這個方法在數學上與迴歸分析相似，兩種理論都是利用協方差假設，進而推導出最佳線性無偏差預估值，最後利用 Gauss-Markov 理論證明估計和誤差值的獨立性。

依據二階定常性假設(secondary order stationary)，現有某區域中某變數 $Z(X)$ 之期望值為一常數 m ，且不隨位置改變，則該期望值可表示為：

$$E[Z(X)] = m \quad (1)$$

此變數之共變異數 $Cov(X_1, X_2)$ 只與兩點 (X_1, X_2) 相對距離有關，而與其絕對位置無關，則共變異數與該變數兩點之期望值的關係可由下式表示：

$$E\{[Z(X_1) - m] \cdot [Z(X_2) - m]\} = Cov(X_1, X_2) = Cov(h_i) \quad (2)$$

$$h_i = |X_1 - X_2| \quad (3)$$

$$Cov(0) = E\{[Z(X_1) - m]^2\} = \sigma^2 = const \quad (4)$$

其中 σ^2 為變異數。由於二階定常性假設，屬於理想狀態下之條件，一般自然狀態下較不易滿足，因此區域變數理論又進一步發展出本質假設。當隨機變數符合下列兩項條件時，符合本質假設：

$$E[Z(X_1) - Z(X_2)] = m(h_i) \quad (5)$$

$$\text{Var}[Z(X_1) - Z(X_2)] = 2\gamma(h_i) \quad (6)$$

其中 $\text{Var}[\]$ 代表對括號內之變數取變異數， $\gamma(h_i)$ 為半變異數。若 $m(h_i) = 0$ ，且 $\text{Var}[Z(x)] = \text{const.}$ ，即符合二階常定性假設，則半變異數與共變異係數的關係如下：

$$\gamma(h_i) = \text{Cov}(0) - \text{Cov}(h_i) \quad (7)$$

克利金法是利用待推估區域內之已知點上之已知值(Z_0)來估算已知點之未知值(Z_0^*)，且具有下列特性：

- a. 最佳化:推估值與已知值之差具有最小的變異數

$$\text{Var}[Z_0^* - Z_0] = \min. \quad (8)$$

- b. 線性:推估值為已知值的線性組合

$$Z_0^* = \sum_{i=1}^n \lambda_0^i \cdot Z_i \quad (9)$$

其中 λ_0^i 為一常數。

- c. 不偏估性:估計值期望值與隨機變數期望值之差為零

$$E[Z_0^* - Z_0] = 0 \quad (10)$$

克利金法具有簡單克利金(Simple Kriging)、一般克利金(Ordinary Kriging)及通用克利金(Universal Kriging)三種方法，本計畫將利用一般克利金法推估空間之 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度分佈特性，即平均值未知但為一常數。此外，在執行克利金空間推估法時，需利用半變異數進行計算，然而半變異數為數個不連續的點所組成，無法實際應用於克利金法，因此需要利用連續性模式進行迴歸後，才能與克利金法應用，本計畫利用指數模式進行做為半變異數迴規模式進行連續擬合，公式如下：

$$\gamma(h) = \omega \left[1 - \exp\left(\frac{-h}{a}\right) \right], \text{ 影響半徑} = 3a \quad (11)$$

其中 ω 為臨界變異數， h 為距離， a 為影響範圍。

5-3.2 異味感測器監測數據分析結果

本計畫在斗南鎮田頭里及虎尾鎮惠來里共設置 11 台感測器，以其中 6 台感測器(編號 3100105、3100107、3100125、3100127、3100129、3100130，如圖 5-16)做時間趨勢分析，依今年 9 月份 VOC 及風速風向數據分析，結果顯示 6 台感測器在田頭里及惠來里區域 VOC 平均相對濃度範圍介於 40~100 ppb，其中 3100107 感測器在每日上午 6 點~8 點都有較高 VOC 濃度發生(如圖 5-17)，當時風向介於西到北方間。初判田頭里及惠來里區域每日上午 6 點~8 點在西到北方間有污染源貢獻，導致 VOC 感測器測值有監測到高於 100ppb 之結果，約多於平均監測值高約 30%。

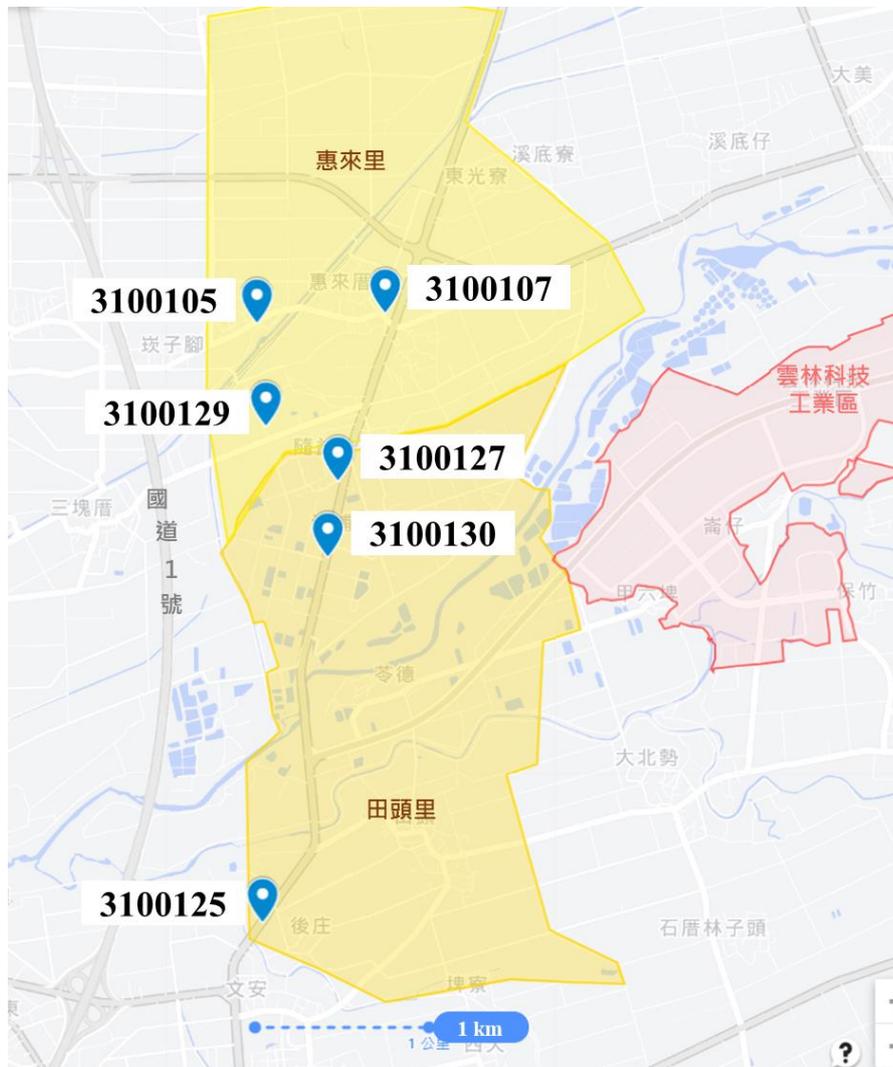
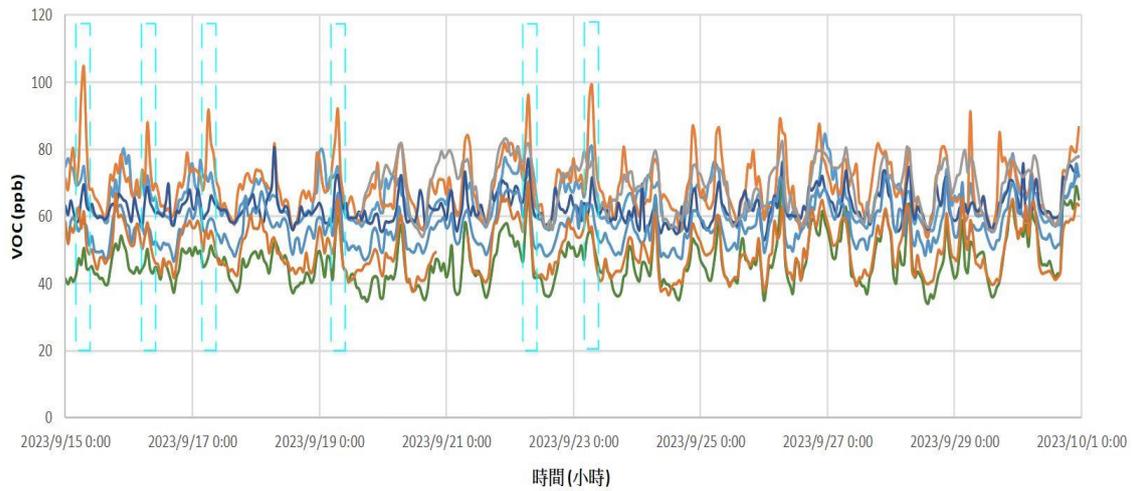


圖5-16 6台感測器相對位置示意圖



註：藍色虛框為高值時段

圖5-17 9月份6台感測器VOC濃度時序圖

一、不同時段污染熱區分析結果

(一)斗南與虎尾鎮 VOC 感測器測值時空濃度分佈(2023/09/15)

112 年 9 月 15 日模擬結果顯示，凌晨 2 點~3 點時 3100105 及 3100107 感測器鄰近區域可看出 VOC 濃度較高，早上 6 到 8 點間有明顯 VOC 濃度高值產生(圖 5-18)，而早上 7 點時 VOC 濃度 96ppb 最高，分析監測期間風向主要為北北西到北間(圖 5-19)。

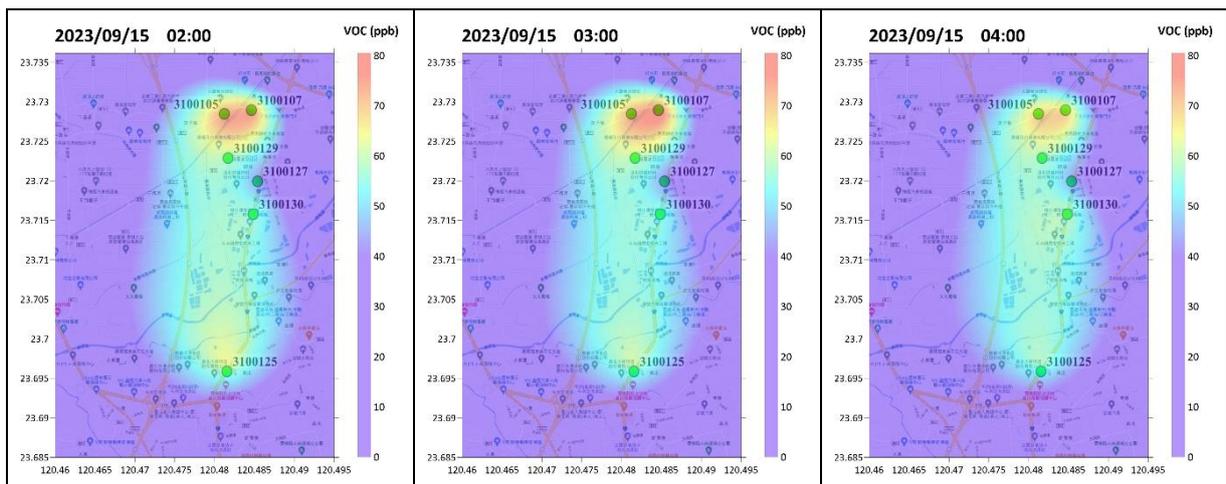


圖5-18 VOC感測器測值時空濃度分佈(2023/09/15 02:00~10:00) (1)

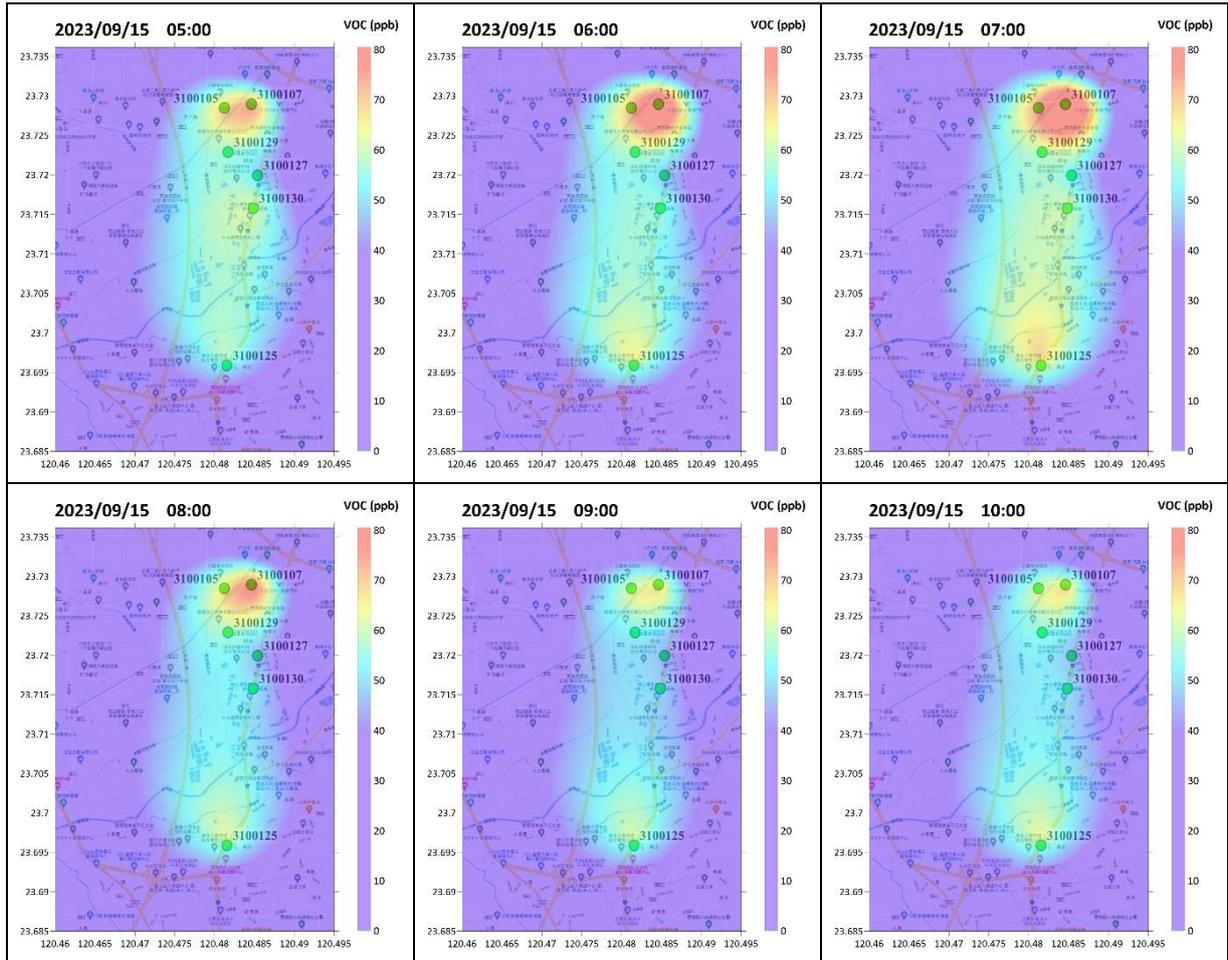


圖5-18 VOC感測器測值時空濃度分佈(2023/09/15 02:00~10:00) (2)

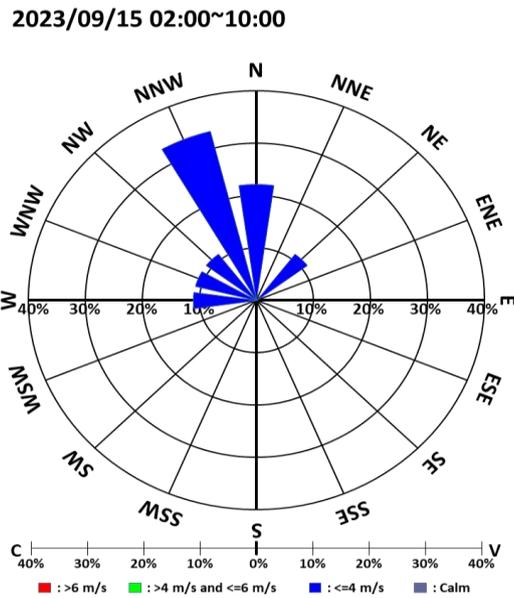


圖5-19 9月15日風玫瑰圖結果(02:00~10:00)

(二)斗南與虎尾鎮 VOC 感測器測值時空濃度分佈(2023/09/22)

112 年 9 月 22 日模擬結果顯示，凌晨 2 點~早上 7 點時 3100105 及 3100107 感測器鄰近區域可看出 VOC 濃度較高(圖 5-20)，而早上 7 點時 VOC 濃度 97ppb 最高，另由污染分佈圖可知相較其它時段 VOC 濃度較高，分析監測期間風向主要為西到北北東間(圖 5-21)。

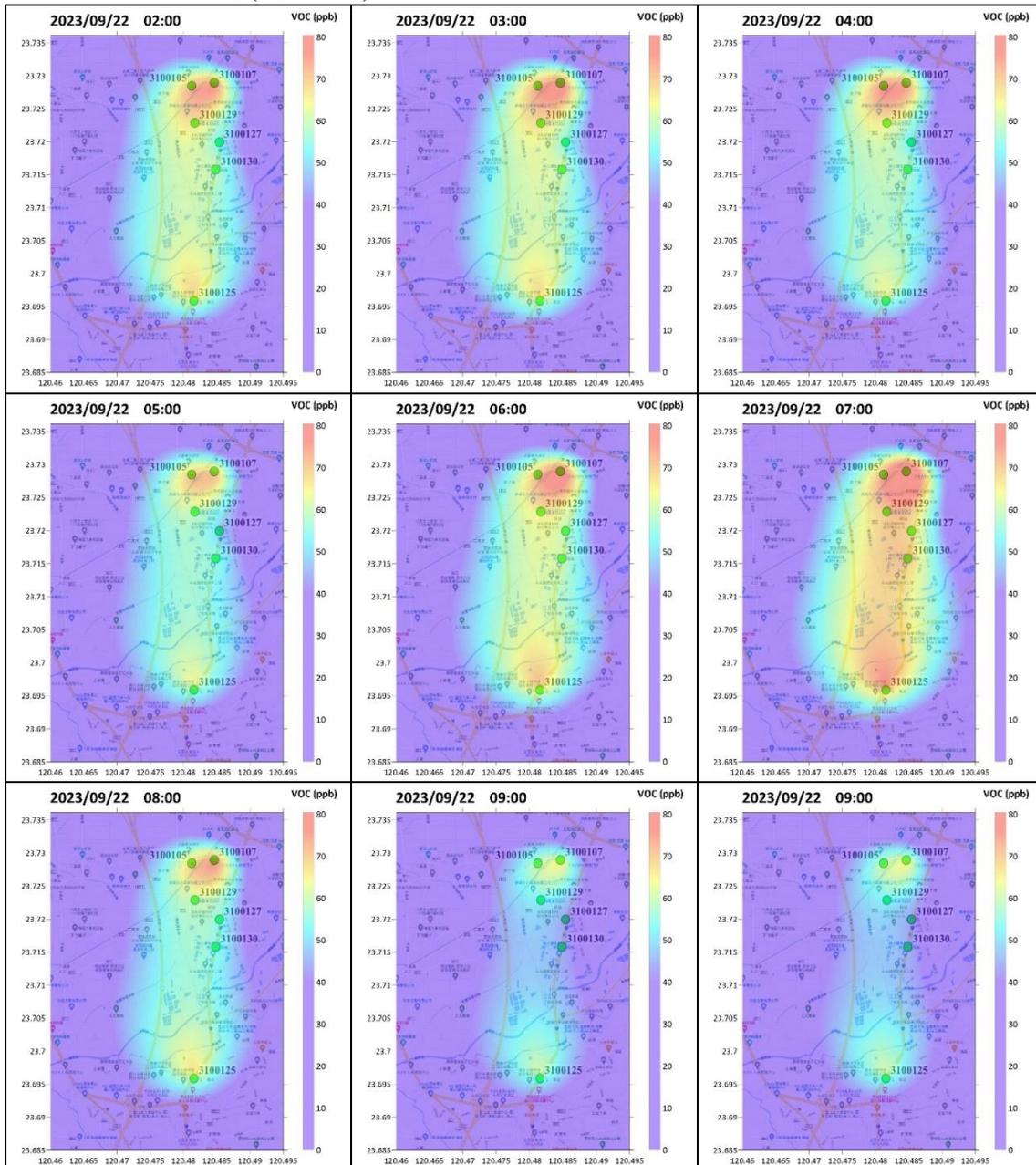


圖5-20 VOC感測器測值時空濃度分佈(2023/09/22 02:00~10:00) (1)

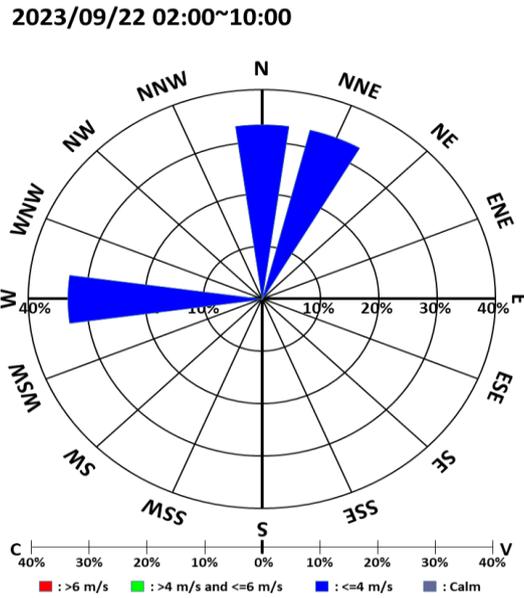


圖5-21 9月22日風玫瑰圖結果(02:00~10:00)

(三)斗南與虎尾鎮 VOC 感測器測值時空濃度分佈(2023/09/23)

112年9月23日模擬結果顯示，早上6到8點時3100105及3100107感測器鄰近區域可看出VOC濃度相較其它時段高(圖5-22)，而早上7點時VOC濃度99ppb最高，分析監測期間風向主要為西到北間(圖5-23)。

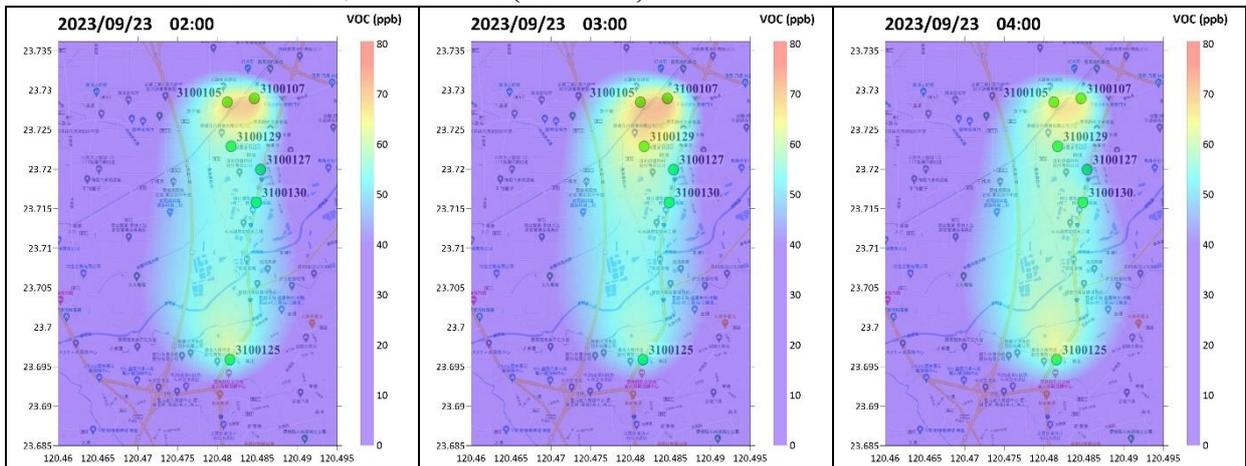


圖5-22 VOC感測器測值時空濃度分佈(2023/09/23 02:00~10:00) (1)

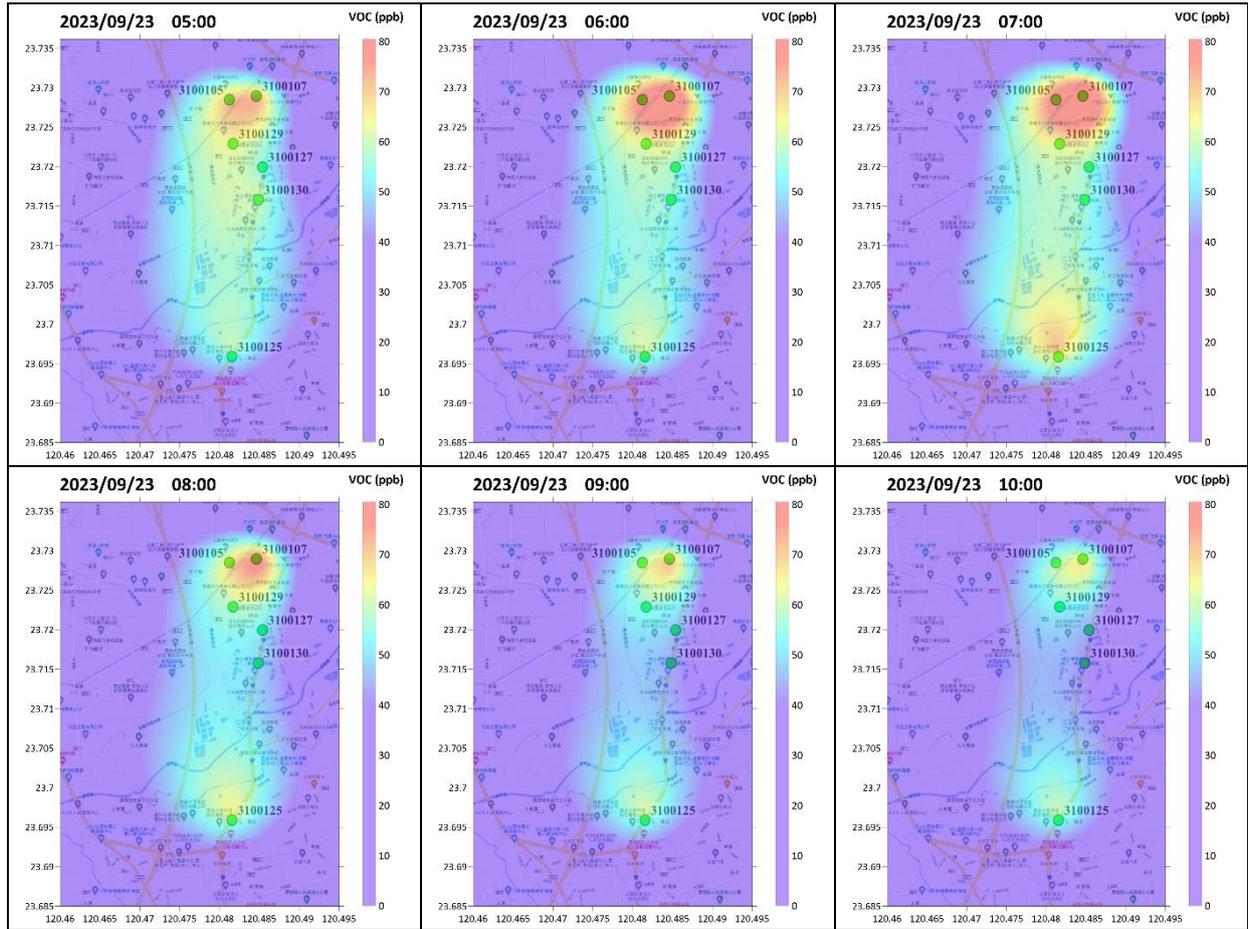


圖5-22 VOC感測器測值時空濃度分佈(2023/09/23 02:00~10:00) (2)

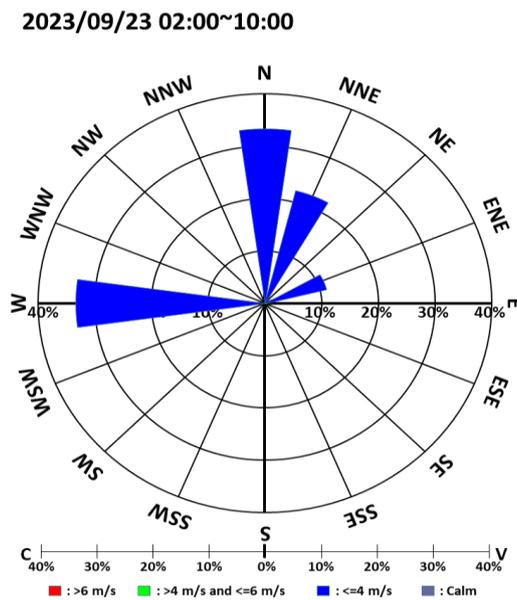


圖5-23 9月23日風玫瑰圖結果(02:00~10:00)

(四)虎尾鎮 VOC 感測器測值時空濃度分佈(2023/10/07)

112 年 10 月 7 日模擬結果顯示，凌晨 2 點~早上 7 點時 3100105 及 3100107 感測器鄰近區域可看出 VOC 濃度較高(圖 5-24)，而早上 7 點時 VOC 濃度 82ppb 最高。

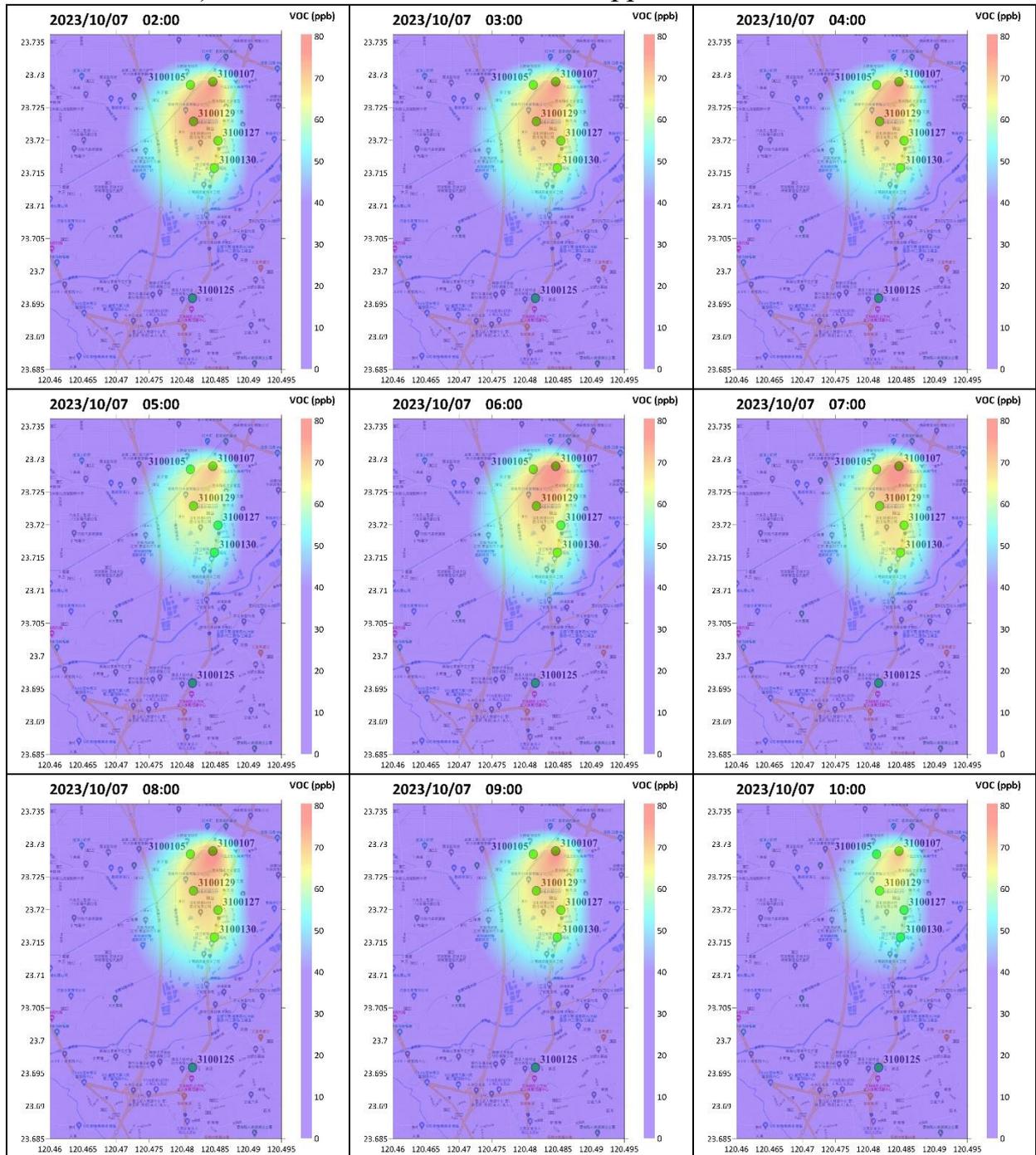


圖5-24 VOC感測器測值時空濃度分佈(2023/10/07 02:00~10:00) (1)

(五)虎尾鎮 VOC 感測器測值時空濃度分佈(2023/10/18)

112 年 10 月 18 日模擬結果顯示，清晨 5 點~早上 8 點時 3100105 及 3100107 感測器鄰近區域可看出 VOC 濃度較高(圖 5-25)，而早上 6 點時 VOC 濃度 102ppb 最高。

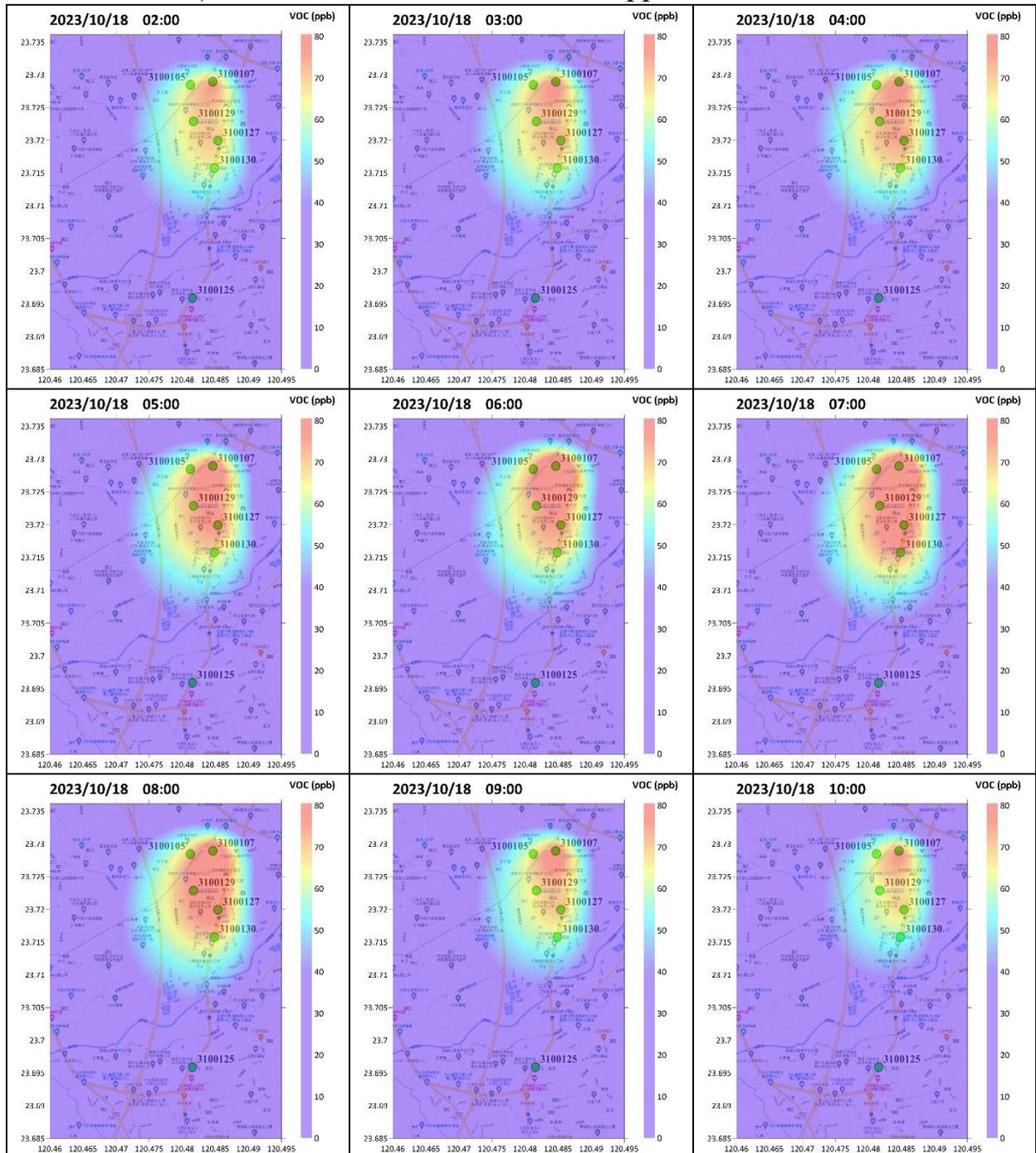


圖5-25 VOC感測器測值時空濃度分佈(2023/10/18 02:00~10:00)

(六)虎尾鎮 VOC 感測器測值時空濃度分佈(2023/10/26)

112 年 10 月 26 日模擬結果顯示，早上 6 點~7 點時 3100105 及 3100107 感測器鄰近區域可看出 VOC 濃度較高(圖 5-26)，而早上 6 點時 VOC 濃度 107ppb 最高。

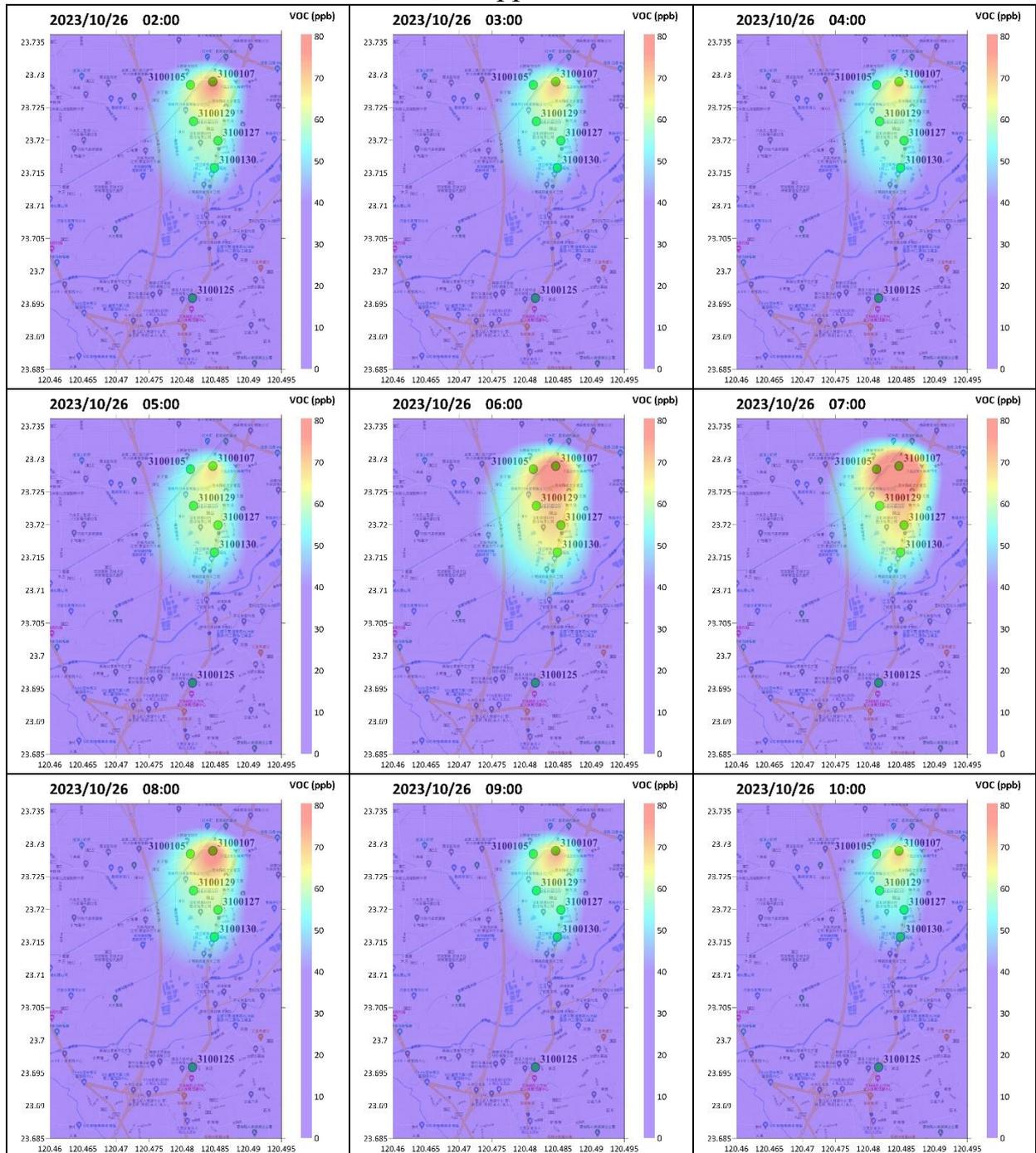


圖5-26 VOC感測器測值時空濃度分佈(2023/10/26 02:00~10:00)

二、VOC 測值分析結論

本計畫以斗南鎮田頭里及虎尾鎮惠來里設置的 11 台感測器群集分析，發現其中 3100105 感測器、3100107 感測器、3100125 感測器、3100127 感測器、3100129 感測器及 3100130 感測器較有一致趨勢。由 112 年 9 月 15 日、112 年 9 月 22 日、112 年 9 月 23 日、112 年 10 月 7 日、112 年 10 月 18 日及 112 年 10 月 26 日等結果，並透過時間序列及模擬結果找出 VOC 濃度高值多發生在早上 6 點到 8 點時，又以 3100105 及 3100107 感測器鄰近區域的 VOC 濃度較高。另由風玫瑰圖結果顯示，污染貢獻來源可能為 3100107 感測器相對方向的西到北方間，綜上所述，該區域內疑似污染貢獻來源為台榮產業股份有限公司雲林廠及源大環能台榮廠，而這兩廠在以往專案稽查時皆有發現空污防制設備未有效收集廢氣，導致鄰近周界空氣有異臭味之情形。

第六章 成果發表會

經貴局雲環衛字第 1121040745 號公文，同意展延成果發表會至 12 月 15 日辦理，因此計畫於 12 月 11 日辦理本場次成果發表會活動，主要呈現「雲林縣異味感測器溯源輔助監測計畫」執行成果及未來對於稽查可以協助之方向。

本場成果發表會邀請雲林科技大學作為協辦單位，由雲林科技大學產學長郭昭吟教授擔任計畫與談人，也歡迎雲林科技大學師生共同參與，來落實環保教育深耕；會議主軸分享由本計畫協助數據分析的洪廣華博士就計畫目前的執行成果提出說明，包括感測器的相關原理、限制及如何透過感測器進行污染熱點追蹤，最後也針對計畫執行成果進行簡要說明，辦理結果如下圖 6-1。

本場成果發表會之參與人數逾 50 人參加，期藉由此課程讓參與者更能瞭解空品感測器如何進行智慧稽查，讓環保機關同仁降低稽查負擔，以及現階段異味感測器應用發展的成果。



圖6-1 成果發表會現場照片

第七章 結論與建議事項

7.1 結論

本計畫之目標為藉由本次試驗設置異味感測器，並由模式推估限縮污染來源，以利後續相關稽查作業，進而降低異味陳情。

本次計畫主要執行內容包含建置可移動式感測器設備、維運及維持穩定本計畫所建置感測器數據資料服務，及透過科學統計方法進行污染熱區來源推估，以利稽查人員輔助運用，契約要求之工作量已全數完成，計畫整體進度控管統計如 7-1。

表7-1 工作進度表

雲林縣環境保護局進度控管表									
本計畫工作日期 112 年 8 月 25 日起至 112 年 11 月 30 日止									
計畫名稱：雲林縣異味感測器溯源輔助監測計畫 填表人：顏銘樹 填表日期：112 年 12 月 1 日									
項次	工作項目	單位	目標數	進度分析	民國 112 年				
					8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
1	提交感測器設置規劃	式	1	預定達成數	1				
				實際達成數	1				
				實際達成率	100%				
2	感測器設置	點	30	預定達成數		30			
				實際達成數		30			
				實際達成率		100%			
3	感測器維運	式	1	預定達成數		1	1	1	
				實際達成數		1	1	1	
				實際達成率		33.3%	66.7%	100%	
4	數據分析	式	1	預定達成數		1	1	1	1
				實際達成數		1	1	1	1
				實際達成率		25%	50%	75%	100%
5	成果說明會	式	1	預定達成數					1
				實際達成數					1
				實際達成率					100%
6	第 1 次工作報告	式	1	預定達成數			1		
				實際達成數			1		
				實際達成率			100%		
7	期中報告	式	1	預定達成數				1	
				實際達成數				1	
				實際達成率				100%	
8	期末報告	式	1	預定達成數					1
				實際達成數					1
				實際達成率					100%

於計畫期間已完成 30 套移動式感測器及 10 套風向風速感測器設置、48 小時內設備異常維護及排除、每月內部教育訓練、1 場次成果說明會、每月針對監測數據進行初步彙整，以及按時提交各查核點繳交文件(規劃書、工作報告、月報、期中報告及期末報告)，計畫目標及各項工作執行成果分述如下：

一、異味監測點位規劃與設置成果

由於本次計畫執行期程較短暫且急迫，考量用地及用電申請之時效性，本次計畫將異味感測器設置於現行空氣品質微型感測器同處點位，掌控作業執行期程。

選定之 30 組點位以虎尾鎮惠來里、斗南鎮田頭里以及其外圍鄰近點位為主要設置區域，另此段期間正值秋季風場轉變之際，夏季之西南風及冬季之東北風皆會影響雲林縣，因此以其陳情熱區為中心，於周遭選擇 10 組空曠處點位，作為氣象儀(風向、風速計)設置點位，相關期程如下：

- (一)點位設置規劃書：於 112 年 8 月 25 日提送監測點位設置規劃書，經貴局 9 月 11 日雲環衛字第 1121029866 號函核定。
- (二)完成安裝：計畫於收到核定後始開始安裝設備作業，於 112 年 9 月 15 日完成設置，並提送完工成果報告書。

二、監測設備、數據資料上傳及維運

本次設置之感測器元件包括硫化氫(H_2S)、氨(NH_3)、甲硫醇(CH_4S)、揮發性有機物(VOCs)、一氧化碳(CO)、溫度及濕度，各項監測數據藉由 4G 行動網路即時傳送至數據蒐集中心，每分鐘偵測 1 筆數據。相關結果統整如下：

- (一)於 9 月 15 日完成設置後始持續監測，期間各測項之平均資料完整率約 98%。
- (二)針對各測項設立濃度及數據中斷警戒值並自動以訊息推播通知。維護期間共計執行 30 次異常現場確認，所有異常皆於 48 小時內完成排除作業。

三、監測分析成果

(一)陳情事件解析

彙整 112 年 9 月至 11 月公害陳情系統中，在斗南鎮及虎尾鎮的陳情案件共計有 97 件，在惠來及田頭里中共計有 6 件，其中有 4 件為露天燃燒，2 件為豬屎、柴油異味，並針對此 2 起事件再進行詳細分析。

其中 112 年 11 月 18 日之事件監測項目皆未有明顯的高值產生，研判當時該異味濃度持續不久或者該異味與目前感測元件未有相關靈敏度；112 年 10 月 24 日之事件，以鄰近 5 台感測器的 VOC、CH₄S、NH₃、H₂S 等當日中午 12 點左右數據，以克利金法分析污染熱區，研判該次民眾陳情空氣中有明顯的豬屎臭味可能是鄰近點位之畜牧場逸散的臭味所致。

(二)長期監測結果分析

本計畫以斗南鎮田頭里及虎尾鎮惠來里設置的 11 台感測器群集分析，透過時間序列及模擬結果找出 VOC 濃度高值多發生在早上 6 點到 8 點時，又以 3100105 及 3100107 感測器鄰近區域的 VOC 濃度較高。另由風玫瑰圖結果顯示，污染貢獻來源可能為 3100107 感測器相對方向的西到北方間，綜上所述，該區域內疑似污染貢獻來源為台榮產業股份有限公司雲林廠及源大環能台榮廠，而這兩廠在以往專案稽查時皆有發現空污防制設備未有效收集廢氣，導致鄰近周界空氣有異臭味之情形。

四、成果發表會

計畫期間已辦理 1 場次成果發表會，參與人數逾 50 人參加，藉由成果發表會讓參與者更能瞭解空品感測器如何進行智慧稽查，讓環保機關同仁降低稽查負擔，以及現階段異味感測器應用發展的成果，相關期程如下：

(一)成果發表會規劃書：於 112 年 11 月 20 日提送成果發表會辦理規劃書；於 12 月 4 日再次提送成果發表會規劃書，經貴局 12 月 06 日雲環衛字第 1121042345 號函核定。

(二)112 年 12 月 11 日於雲林科技大學完成辦理，參與人數共計 52 人。

五、各期工作報告提送

各項報告提送期程如下：

- (一)第一次工作報告：於 112 年 10 月 13 日提送初稿；於 11 月 21 日提送第一次工作報告定稿。
- (二)期中報告：於 112 年 11 月 23 日提送初稿。
- (三)期末報告：於 112 年 12 月 4 日提送初稿。
- (四)9 月份至 11 月份月報：於 112 年 10 月 6 日、11 月 9 日及 12 月 7 日分別提送 9 月至 11 月份工作月報。

六、執行總結與發現

- (一)112 年 10 月 24 日陳情事件解析為經案件發生後，結合感測器監測濃度、風速及風向資料再進行熱區分析，經分析後研判較有可能會鄰近畜牧場逸散的臭味所致，建議後續針對該區域加強關注。若透過預先長期性分析縮小範圍、鎖定可疑熱區，當再有事件發生時可快速確認與過往分析是否吻合，已利即時稽查。
- (二)本次監測期間透過時間序列及模擬結果找出 VOC 濃度高值有規律性固定時間升高趨勢，但整體濃度則皆處於低濃度情形，推測可能受設置位址距離及貢獻源污染物特性影響。本計畫設置微型感測器之氣體感測元件採用半導體式氣體感測原理，其中 H₂S 及 NH₃ 之測量範圍介於為 0.1ppm 至 30ppm；CH₄S 及 VOCs 測量範圍介於為 0.1ppm 至 10ppm，故若空氣中揮發性氣體不具一定濃度量或很快消散，即可能無法感測反應；另外目前感測器中偵測範圍較大，可能會造成低值時較難以判斷，惟此偵測範圍為目前市面上可以找到最佳的半導體原理的感測器，因此於本次計畫中安裝使用。
- (三)於本計畫執行中，針對異常數值有系統自動判讀設定，包含 0 值、負值、持續定值之篩選，發現此些異常值時則會自動推播通知計畫人員以安排維修，此告警機制有利於即時維護；而於監測期間則無出現超標值以致告警訊息產生。

7.2 建議事項

一、異味感測器未來推廣性

空品感測物聯網之優勢為建置與維運成本較低，因此可提高建置數量，並升入民眾生活，貼近一般日常環境，惟監測性能及準確度不比大型空品測站，但可作為區域小尺度內污染物濃度變化趨勢參考。而本次計畫之異味感測器之特別亮點為感測項目之多樣提升，包含 H₂S、NH₃、CH₄S、VOCs 及 CO 之監測項目，經計畫期間的結果可顯示有部分點源監測數據有規律性固定時間升高趨勢，若透過定期分析感測器之污染熱區及好發時間，鎖定可疑熱區，當再有事件發生時可快速確認與過往分析是否吻合。

另於大量陳情案件或突發事故時，即時協助分析判斷可能來源及判斷事件影響範圍。此流程除了仰賴長期性分析外，另與陳情資料取得時間、數據分析人員執行與現場人員聯繫，以建立良好溝通管道及執行機制。

二、未來點位與設置前調校建議

本年度針對先前常有陳情案件之田頭里及惠來里為主要標的進行設置，但整體濃度大致處於低濃度情形，推測可能受設置位址距離及貢獻源污染物特性影響。

此次作為初步試驗，建議後續設置點盡可能的設置於標的物旁，對於製程未涵蓋的物質則應排除此監測項目。

而於監測中雖有固定時間升高趨勢，惟其他項目反應較不明顯，推測為設備於環境濃度低時，對於感測靈敏度較不足，若後續持續透過長期收集數據，並增加建置感測器綜合數值以利與三點比較式嗅袋法直接比對，並保留各感測器感測數值，以於提升運用成果。

有鑑於本次計畫期程較短且急促，於本次布建前僅經過出廠前設備元件一致性確認，建議後續若有相關執行計畫時，可於布建設置時初步於實驗室或固定場域進行各濃度之校正訓

練；而再考量各實際場域實際監測環境差異，於設置後應再透過分析比較單一設備之長期濃度變化，以了解或排除布設後實際環境變因造成的感測濃度值差異，以利提升監測之靈敏及有效程度。

三、警戒值調整建議

在本次監測計畫期間其數據呈現是以各感測測項分別針對一定值設定濃度警戒值，其中 H₂S 及 CH₄S 為 15 ppb；NH₃ 為 50 ppb，VOCs 為 1,000ppb，於監測期間無出現超標值以致告警訊息產生。

由於是分別產出化合物濃度，無呈現綜合異味值，而較難僅以單一物種高濃度判定是否有異味產生，因此建議後續可採用本段監測期間數據中，各物種濃度前 25% 之高濃度數據做為基礎，另再追加感測器測項綜合數值，並結合陳情時段發生時之陳情處旁感測器之濃度反應共同訂定調整。

另後續可新增與周圍感測器比對數值，透過交互比對鄰近感測濃度，以確認發生之高濃度測值為群體或單一點位現象，以及初步判斷是否有污染傳遞情形。

四、長期監測之數據校正及維護建議

本次計畫期程自設置完成到監測結束僅 2.5 個月，因此僅執行出現告警異常或斷線之維護。參考環境部所制定之「空品感測物聯網布建及數據應用指引」，針對長期布建之感測器已有訂定規範，包含透過每季抽樣巡檢、每半年全數一輪感測器目視檢查是否有設備損壞及周圍是否新增遮蔽物或干擾因素。另外在環境特性相似的區域內，透過將相似的群體歸類成同一個群集，分析群集的變異性，判斷出感測器的異常特徵。藉由個別感測器與群集感測器間的一致性分析，依據變異程度與發生頻率，在判定出感測器異常現象後，透過現場查證進行狀態釐清，應能強化故障排除。若後續計畫有延續或其他應用，此指引之目視檢查維護應能納入長期執行之工作項目中。