

小區域異味事件溯源追蹤技術之開發與案例測試

余雅芳，中國醫藥大學公共衛生學系助理研究員
陳冠伊，中國醫藥大學公共衛生學系研究所博士生
倪詩蓓，中國醫藥大學公共衛生學系助理研究員
張嘉津，中國醫藥大學公共衛生學系助理研究員
江舟峰*，中國醫藥大學公共衛生學系教授

計畫編號：

一、前言

臺灣工業區常與住宅區毗鄰，異味空污陳情數也居高不下，為各縣市環保單位巡查的重點(環保署, 2023)。然而，異味陳情係基於民眾的即時感知(perception)，異味事件的裁處則須根據異味官能測定，目前並無即時的感測器採檢技術。文獻中常使用逆軌跡(backward trajectory)或正矩陣因子(Positive Matrix Factorization, PMF)等受體模式(receptor model)，來追蹤污染源，但這些受體模式多屬於大範圍(10~100 km)之追蹤技術，小區域(< 2 km)之溯源(tracking)技術亟待研發(Cai et al., 2021；Hu et al., 2018)。

本研究針對南部某高科技廠的異味事件，研發三套小區域的溯源技術，分別為：氣象站時風花圖(hourly windrose)、濃度花圖(concentration rose)及總揮發性有機物(TVOC)微感器等濃度圖(contour)，以判斷疑似異味源與陳情點位之上下風關係。本研究也開發一套異味事件分析(event analysis)程序，以 2021 年楠梓加工區陳情事件為例，測試這三套溯源技術。本研究期望未來可進一步開發一套動態圖臺技術，介接這些氣象及感測器數據，即時自動比對疑似異味源，以協助政府及廠商進行異味事件的溯源追蹤 (江等，2013；2014；余等，2019)。

二、研究方法

異味事件分析：分析步驟如下：(1)年陳情點頻率分析，統計各陳情點發生次數、百分比及排序，採用 Quantum 地理資訊系統(QGIS)，繪製陳情頻率泡泡圖，獲得最頻陳情點位；(2)年陳情點區塊分析，採用 QGIS 集群分析模組(cluster analysis)，進行地圖空間集群及區塊分析，定義各區塊名稱及計算頻率百分比；(3)月分佈分析，進一步統計各月份陳情次數，分析最頻陳情季節或月份之陳情點及區塊(江等，2014；2015)。

時風花圖分析：挑選關切事件附近之氣象站，繪製事件發生時之風花圖，分析低風速之最頻風向，並將風花圖套疊於陳情點位區塊圖上，藉以判定上風處之疑似異味源。

微感器濃度花圖及等濃度圖：挑選關切事件鄰近之 TVOC 微感器，微感器

通常可同時收集即時之簡易氣象資料，花圖的半徑代表濃度，風來的方向採用 16 方位。使用 R 程式語言分析及繪製事件時濃度花圖，另使用 QGIS 繪製微感器 TVOC 時均等濃度圖，將濃度花圖套疊於等濃度圖上。

異味事件模擬：採用 ISC3 模擬事件日之受體點著地濃度，以驗證疑似異味源與陳情點的相關性。本研究開發一套點選式的圖形介面(Graphical user interface, GUI)，於選擇參數及條件後，系統可自動抽取原物料、固定源及氣象資料庫，組合污染源(SO)、受體(RE)、地形(TE)、氣象(ME)、控制(CO)等 5 項模擬參數檔，執行年均、月均、日均之均期模擬，並輸出特定點之著地濃度及等濃度圖(江等，2014)。

三、結果與討論

刪除揚塵、水溝異味、遠離加工區及無法定位者，2021 年異味陳情資料共 61 件。案例基地資料的盤點結果：當地氣象(8 座×1 年)、微感器 TVOC (61 站×1 年)、OP-FTIR(8 條側線×1 年)、煙道定檢(2 廠×2 年)、原物料及成分分析(5 廠×1 年)等。圖 1 為 2021 年加工區 2 km×2 km 陳情頻率泡泡圖，其中陳情點以黃色圓圈表示，圓圈越大代表陳情次數越多。進一步集群分析結果顯示，陳情點可歸納為 5 大區塊：工北區、工南區、工西北區、工西南區及住工區，其中，年陳情頻率以工西南區最高(73%)，次為住工區(10%)，經由月分布分析得知最頻陳情月份為 3 月、10 月及 11 月，最頻陳情季節為秋季(9~11 月)。當地氣象站-綜合大樓之四季風花圖顯示，秋季以高風速(≥ 8 m/s)為主，春夏及冬季以靜風(≤ 0.5 m/s)及慢風速(0.5~2 m/s)為主，此外春季盛行風為東北風(25%)，冬季為北北西風(33%)，夏及秋季則較無明顯之盛行風向。

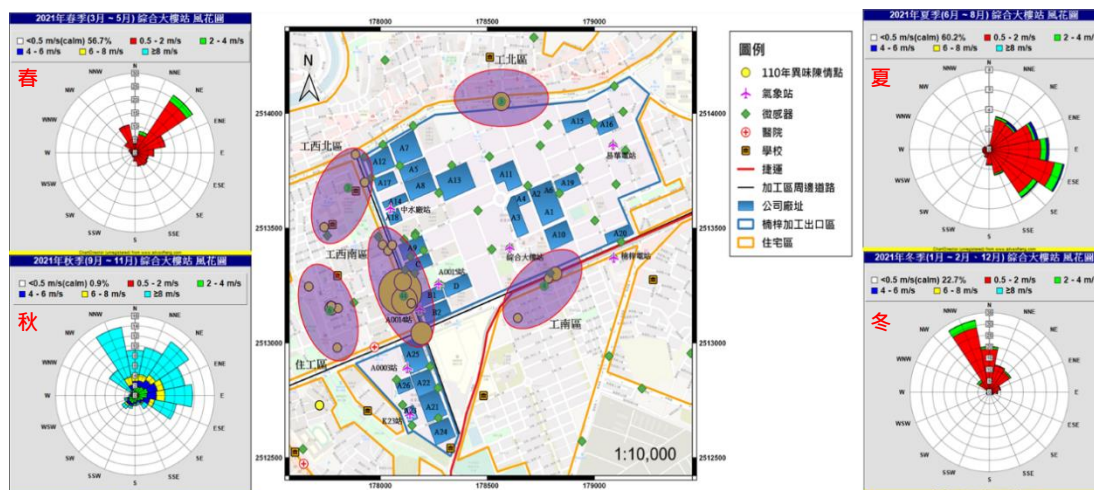


圖 1. 2021 年楠梓加工區陳情頻率泡泡、區塊圖及四季風花圖

時風花圖分析結果發現，受評基地不大而氣象站過於密集(n=8)，進一步以集群分析每月份 5 分均的風向資料顯示，歐幾里德距離之華德法有良好的階層樹

狀分群，8 個氣象站可以歸類為 3 群，其中 A003、A014 及 A015 為同一群，且風向距離相當接近，決定以鄰近 A 事件陳情點之 A014 為此 3 站之代表站。

圖 2 為 A 事件 2021 年 10 月 18 日 20 時之風花圖、濃度花圖及 TVOC 等濃度圖，風花圖顯示最頻風向為東北東風，疑似異味源為 B1 及 D 廠；TVOC 濃度花圖顯示高濃度(400-600 ppb)主要來自東南東方，疑似異味源為 B1 及 B2 廠；TVOC 等濃度圖顯示 C 廠南方有一焦點區(325 ppb)，可能也是異味來源。

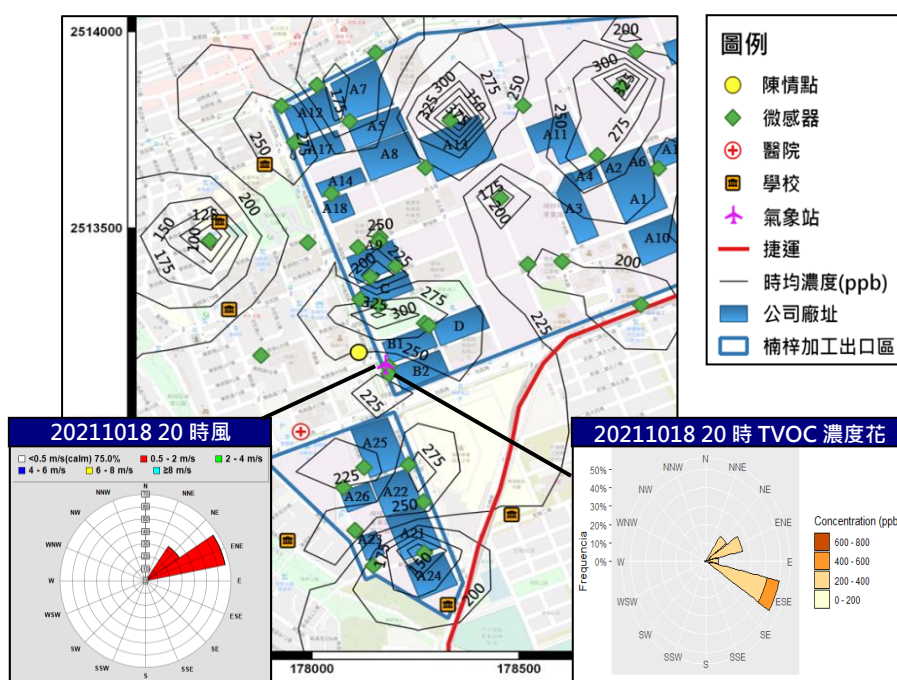


圖 3 為 ISC 模組操作介面及 A 事件日 5 等級擴散模擬等濃度圖，針對疑似異味源 A22 廠管道排放之 VOC，進行 5 km×5 km 範圍 100 m 網格點之事件日模擬，並以當地氣象資料置換區域站。結果顯示，受當日盛行風東南東風影響，焦點區(0.2 ppb)位於 A22 廠西北方，靠近陳情點位。模擬濃度之時序直方圖進一步顯示，陳情點於 11~17 點有較高濃度，較陳情時間提早 9 小時，說明 A 事件與 A22 廠煙道排放相關性不高。



圖 3. ISC 模組操作介面及 A 事件日 5 等級擴散模擬等濃度圖

四、結論

本研究研發一套異味事件分析程序，以 110 年楠梓加工區陳情資料為例，獲得最頻陳情季節為秋季(北~東南風)，最頻陳情區塊為工西南區(73%)。本研究也開發三套小區域溯源技術：氣象站時風花圖、濃度花圖及 TVOC 微感器等濃度圖，可以上下風關係逐步限縮疑似異味源，以工西南區 2021 年 10 月 18 日 20 時之 A 陳情事件為例，分析結果顯示 B1 及 B2 廠證據力大於 C 廠和 D 廠。另以 ISC 模擬驗證 A22 廠煙道排放與該事件相關性不高。本研究期望未來可進一步開發一套動態圖台技術，介接這些氣象及感測器數據，即時自動比對疑似污染源，以協助政府及廠商進行異味事件的溯源追蹤。

參考文獻

1. 江舟峰、蔡清讚、余雅芳、葉嘉宏、鄭榕真、蔡經綸，空污事件管理決策支援系統之建立與測試-以台灣臺中市工業區異味陳情為例，第四屆海峽兩岸環境保護會議-福州論壇，中國福州市(2014)。
2. 江舟峰、蔡清讚、余雅芳、葉嘉宏、鄭榕真、蔡經綸，健康風險評估決策支援系統 - 異味陳情事件分析，第十六屆兩岸環境保護會議，臺中市(2015)。
3. 余雅芳、吳勇興、吳承諺、江舟峰，石化廠突發排放追蹤 AI 儀表板之開發與驗證，第三十一屆環境工程學會研討會，臺中市(2019)。
4. Cai, A., Zhang, H., Wang, L., Wang, Q., Wu, X., Source Apportionment and Health Risk Assessment of Heavy Metals in PM2.5 in Handan: A Typical Heavily Polluted City in North China. *Atmosphere* 12(10): 1232 (2021).
5. Hu, W., Wang, H., Dong, L., Huang, B., Borggaard, O. K., Hansen, H. C. B., He, Y., Holm, P. E., Source identification of heavy metals in peri-urban agricultural soils of southeast China: An integrated approach. *Environmental Pollution* 237: 650-661 (2018).