

新竹科學園區異味特性調查

張宗良^{1*}、林育旨¹、陳文欽¹、吳南明¹、
王欽彥²、林玉焜²、楊玉玲²

¹ 元培科技大學環境工程衛生系，台灣新竹
² 新竹市環境保護局，台灣新竹

摘要

異味污染的偵測與防治為目前空氣品質管理上的重要課題，本研究為新竹科學園區異味特性調查，探討園區的異味發生率與發生強度特性。結果顯示園區異味最高發生率高達 86%，而調查之異味型態皆屬瞬間發生及消散的形式，異味持續時間皆低於 1 分鐘，在儀器偵測到之濃度變化低於 1 ppm，此為造成目前監測管理上之挑戰。此外，發現高科技廠之放流水含有揮發性有機物與氨氣，可能為造成局部地區異味發生的原因。

關鍵詞：空氣污染；異味；揮發性有機物

Characteristics of odor in Hsinchu Science Park

Chang Chung-Liang^{1*}, Lin Yu-Chin¹, Wu Nan-Min¹, Chen Wen Chin¹,
Wang Chin-Yen², Lin Yie-Kuan², Yang Yu-Ling²

¹Department of Environmental Engineering and Health, Yuanpei University,
Hsinchu, Taiwan

²Environmental Protection Bureau of Hsinchu City, Hsinchu, Taiwan

Abstract

The odor detection and prevention are important issues on the current air quality management. The purpose of this research is to evaluate the frequency, intensity, and distribution odor pollution in Hsinchu Science Park. The odor detection was also evaluated in this study. The research results show that the occurrence frequency of odor was 86% in September. However, odor duration was less than 1min and odor variation was lower than 1ppm. This result will cause difficulties in monitoring and management. In addition, it was found that the high-tech plant effluent containing volatile organic compounds and ammonia, may be causing localized odor occurred.

Key words: air pollution, odor, volatile organic compounds

1. 前言

高科技產業製程複雜，所使用的化學物質種類龐雜，在製程不斷更新下，這些化學物質也不斷大量地配合更換耗用，根據近來民眾陳情案件統計，高科技廠集中的新竹科學園區的空氣中常有異味的發生，使得環境與生活品質降低。

異味污染物定義為係足以引起厭惡或其他不良情緒反應氣味之污染物。常見臭味物質包含不飽和、含氧、含還原態氮、含還原態硫、含鹵素等揮發性有機物或硫醇類。新竹科學園區半導體廠揮發性有機氣體(volatile organic compounds, VOCs) 排放特性，Chen 等人(2003)研究中利用 GC-MS 判定 VOCs 廢氣之顯著物質為 IPA；Chiu 等人(2005)以針對了竹科週界大氣 VOCs 進行採樣、並以根據 TO-15 法以 GC-MS 分析、瞭解其分佈，結果指出週界大氣 VOCs 主要為 2-propanol, acetone, benzene, 及 toluene，而在一些測點也分析有超過閾值之臭味物質如 carbon disulfide 及 dimethyl sulfide；Wu 等人(2006)針對竹科廢水處理廠及廢水排放系統所揮發之 VOCs 進行採樣，研究結果顯示 acetone, isopropanol (IPA) 及 dimethyl sulfide (DMS) 為主要污染物質，其中 acetone 佔了 78%。Chang 等人(2010)以中科光電廠周邊為區域，利用 GC-MS 進行 VOCs 特性研究，結果指出大氣中主要含有之 VOCs 為 toluene, acetone, m/p-xylene, 及 ethanol；Tsai 等人(2011)分別利用 IC 及 GC-MS 進行中科園區大氣採樣之粒狀污染物質、水溶性離子及氣體樣本分析，denuder 吸收系統採集、經分析後所得主要物質為 SO₂, HNO₂ 及 NH₃；在 PM₁₀ 及 PM_{2.5} 中所含有主要為 nitrate, sulfate 及 ammonium 離子；大氣所含有 VOCs 物種，有 toluene, propane, isopentane 及 n-butane 等為來自汽機車等移動污染源排放，建廠過程中排放了 ethylbenzene, m-xylene, p-xylene, o-xylene, 1,2,4-trimethylbenzene, 及 toluene，投片生產後 VOCs 主要物種為 methyl ethyl ketone, acetone 及 ethyl acetate。

依據 2010 年度新竹市揮發性有機物及餐飲業稽查管制計畫之執行成果，顯示排放管路中以甲苯與丙酮濃度達到臭味閾值為異味來源物質。周界污染物採樣結果與排放管道污染物質比較，發現甲苯、鄰-二甲苯、1,2,4-三甲基苯及 1,3,5-三甲基苯，共 4 種為相同污染種類。其中排放管道檢測以異丙醇(IPA)、丙酮、乙醇及甲苯值較高，而周界檢測結果以 1,2,4-三甲基苯及 1,3,5-三甲基苯之值較為偏高，但周界檢測結果皆未達到臭味閾值。雖然歷年新竹市環保局執行新竹科學園區相關空氣污染管制計畫，對於空氣污染物之排放管制，已有具體的減量管制成效，然而對於異味之管制，仍具有一定困難，主要為在異味消散前無法立即採樣比對，因此如何突破此關鍵技術，將是異味管制之關鍵。

本研究為 2011 年 9 月至 2012 年 1 月，新竹市環保局執行新竹市科學工業區異味來源偵測評估計畫，調查園區的異味發生率與發生強度特性，並找出污染源以評估有效的異味的偵測與管制法。

2. 研究方法

異味調查選定為科學園區三期的區塊，進行異味特性調查，工作方法主要為：

- (1) 密集人員巡查，以了解異味官能感受與發生率。
- (2) 固定三熱點以簡易型 PID 偵測器長時間監測，以評估偵測之可行性。
- (3) 熱區工廠現勘與採樣分析，以找出異味污染源。

2.1 人員巡查

以計畫工作人員與志工擔任巡查工作，異味調查使用六階段的異味強度表示法，

分述如下:

- 0 度:無異味。
- 1 度:隱約感受到有異味。
- 2 度:稍能曉得是何種異味程度。比方說,是酸溜溜的氣味或是有焦糊糊的異味。
- 3 度:很容易感受到的異味。比方說,我們一踏進醫院大門可感受特有的消毒液的異味。
- 4 度:強烈的其味。如管理不佳的廁所之糞尿異味。
- 5 度:極強烈的異味,想要吐或是頭暈頭疼,喉嚨不舒服程度。

2.2 固定三熱點以簡易型 PID 偵測器長時間監測。

本研究使用簡易型光離子化偵測器(Photo-ionization detector, PID)進行異味偵測評估,廠牌:Baseline - MOCON, Inc,規格:光離子化強度為 10.6eV,可感應氣體共 289 種,偵測濃度範圍:0~200 ppm(以異丁烯校正操作,解析度 0.01 ppm)。雖然此設備無法直接分析異味物質種類,但是由於 PID 的價格便宜,設備簡單且可隨身攜帶,並對多種揮發性有機物具有一定的靈敏度,適合評估做為標準方法的高值觸發的偵測器或者人員巡查攜帶。

本計畫執行異味調查工作,引起園區公會環保小組高度重視,促成園區環保小組召開三期異味討論會議,三期廠商成立異味通報系統,達成強化三期異味管制的共識。並與廠商溝通與評估後,以力晶 P2 廠、力晶 P3 廠與台積電 8 廠為 PID 固定監測點,後續稱為三熱區(點)。

2.3 熱區工廠現勘與採樣分析。

執行對於異味熱區的工廠現勘工作,當發現疑似的異味源,將氣體採樣分別使用 PID 偵測、異味官能測定(NIEA A201.13A)、不鏽鋼桶採樣分析 VOCs 物種(NIEA A715.14B),與 CC-FTIR 分析,以探討可能產生的異味物質。

3. 結果與討論

3.1 人員巡查結果

自 100 年 9 月至 101 年 1 月科學園區三期共計完成 114 天與 1194 點次(n)的紀錄,調查人員在執行期間,發現三期異味皆屬於瞬間發生型式,異味的持續時間皆在 1 分鐘內,異味強度的紀錄皆在 3 以下,圖 1 與圖 2 分別為統計非熱區與熱區異味強度資料發生點次比例圖,圖 1 結果顯示在非熱區無異味之比率則無明顯變化維持在 63%附近,異味強度以 2 為最高發生率。圖 2 顯示 9 月異味熱區之無異味的機率只有 24%,代表 9 月在三期熱區行走時,可以聞到異味機率高達 86%。隨著監測與巡查工作的執行,異味發生率逐月從 86%降低至 10%,異味強度 2 和 3 發生率亦明顯逐月降低。證明因本計畫執行三期熱區的監測點的擺放與高頻率的巡查,引起周邊廠商注意,使操作人員更注意污染物之控制,有達到良好警示管制功效,改善了熱區的周邊空氣品質。

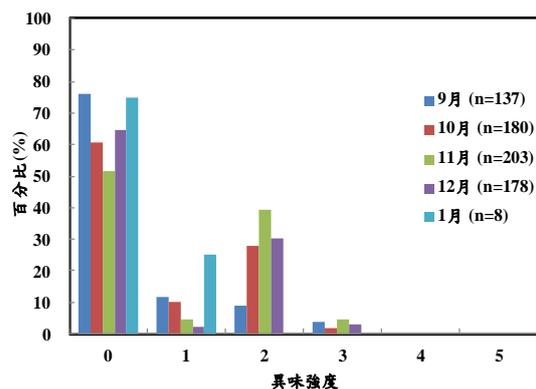


圖 1 非異味熱區之異味強度比例圖

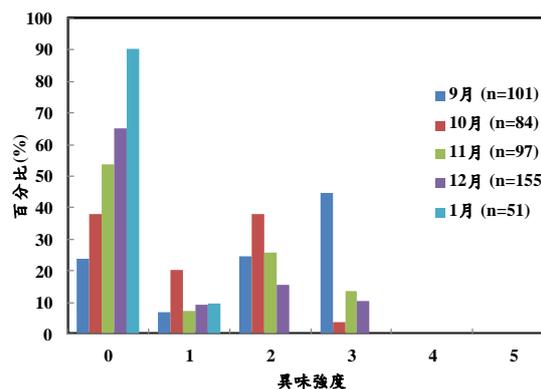


圖 2 三異味熱區之異味強度比例圖

圖 3 為科學工業園區三期的異味強度分布圖，三熱區中以力晶P2 廠(C區)的力行一路，此區為異味強度 2 與 3 發生最多的區域，而台積電 8 廠(B區) 附近區域的力行路次之。在異味調查期間發現，台積電 12 廠附近的園區二路與友達光電公司靠力行九路附近路段也易有異味發生值得後續調查與管制。



圖 3 科學工業園區三期異味強度分布圖(力晶P3 廠(A區)、台積電 8 廠(B區)與力晶P2 廠(C區))

3.2 PID偵測

圖 4 為本計畫使用 10ppm 的丙酮進行 PID 測試結果圖，顯示設備可於 1min 鐘內反應出 90% 的濃度值。如果當有園區常見之揮發性有機物丙酮逸散時，且濃度 10ppm 以上，且持續 2 分鐘以上，以此 PID 當成高值觸發的感應器是非常可行的。

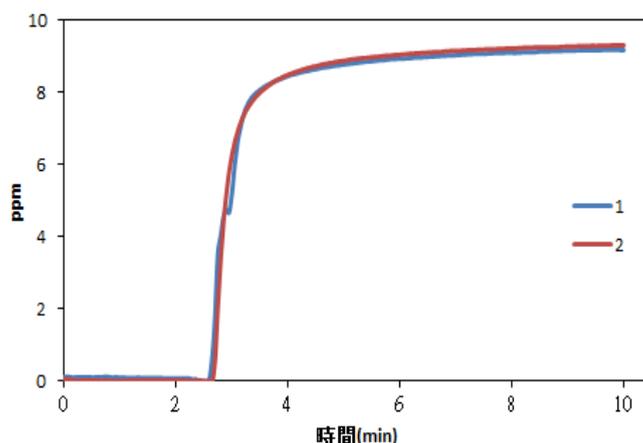


圖 4 PID使用 10ppm丙酮測試圖

PID監測點共計完成 761 小時的監測，圖 5 為PID測點平均濃度變化圖，資料顯示三監測點的平均濃度變化趨勢一致，監測濃度在白天 7:00 後開始上升，中午 11:00 至 13:00 達最高濃度，應與園區作業時間與上下班交通有關。最大平均濃度以力晶P2 廠的測點濃度最高為 3ppm。

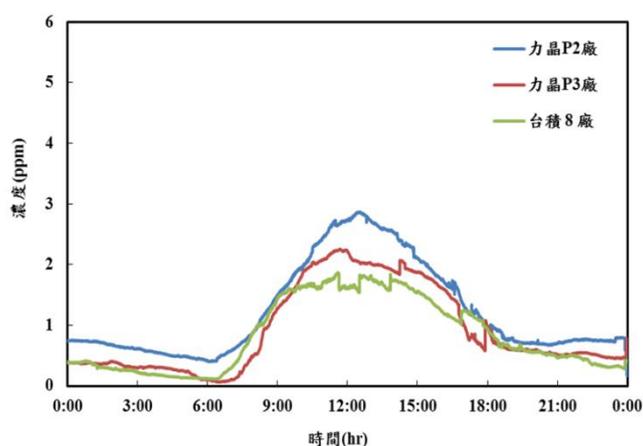


圖 5 三監測點PID測值平均濃度變化圖

依據環保法規”固定污染源空氣污染物排放標準”第六條氣體污染物周界測定之取樣時間，除硫氧化物外之氣體其採樣時間應以 30 分鐘為原則。園區最常見揮發性有機物”丙酮”，其周界標準在 25°C 應相對為 15ppm。以本計畫執行所採用的固定式PID偵測器，偵測濃度 15 ppm 以上的丙酮，理論上感應程度會非常良好，而且目前由圖 5 的三熱區背景PID最大測值皆在 5.5 ppm 以下，可說明丙酮周界標準與背景測值具有一定的鑑別度，因此以PID偵測器作為周界之高值觸發是非常可行的。

圖 6 本計畫工作人員於巡查時使用手提式PID分析測值，於有聞到異味前背景值約為 97ppb，當異味來臨時最高值為 151ppb，雖然感受到異味強為 3 級，但異味持續時間為 18 秒，異味飄散後降為 98ppb。整體巡查發現異味持續皆在

1min內，而儀器可感知的變動皆在 0.1ppm至 1.2ppm以內，可說明以現行法規的周界濃度採樣標準執行現況的瞬間異味採樣時，於採樣 30 分鐘所得的物種濃度的均值，皆會因稀釋作用而低於法規標準。



有異味前:97ppb 有異味時:151ppb 有異味後:98ppb

圖 6 PID偵測到異味時之測值變化

3.3 工廠現勘

經多次巡查與工廠現勘發現於P廠與E廠之放流水排放口上方氣體有異味，表 1 為PID測值與異味官能測定結果，資料顯示兩個樣本氣體異味官能測定值分別為 120 與 132，超過工業區異味周界為 50 的標準值，特別是E廠之放流水氣提後氣體經由CC-FTIR的方式分析，發顯現有氨氣反應。此外，兩家廠商的放流水排放口氣體經物種分析，結果如表 4 所示，以丙酮濃度最高而甲苯次之，P廠之放流水排放口氣體中有丙酮、甲苯、苯乙烯三種氣體濃度達到嗅覺閾值。E廠的放流水氣提後氣體之丙酮測值高達 41ppm，代表放流水中含有大量丙酮，達到嗅覺閾值為丙酮與甲苯。對照兩家廠商之原物料，可以發現丙酮與氨氣皆被兩家廠商所使用。兩家廠商放流口皆在馬路邊，只要有氣體溢散，就易造成路過人員感受到異味。可說明放流水排放口可能為該區主要異味源來源之一。

對於瞬間型的異味最佳的處理方式，建議仍需增加專業人力的巡察與工廠現勘輔導，周界的濃度愈靠近污染源濃度愈高，巡查人員可攜帶PID偵測器當成輔助工作，用以找到明確污染源，輔導與督促廠家改善。

表 1 氣體樣本 PID 測值與官能測定值

| 樣本 | PID 測值 (ppm) | 異味官能測定 | 異味工業區周 界標準 |
|------------------|-----------------|--------|---------------|
| P 廠之放流水 排放口氣體 | 32 | 120 | 50 |
| E 廠之放流水 排放口氣體 | 132 | 132 | 50 |

表 2 VOCs 物種分析表

| 檢測項目 | E 廠之放流水排放口氣體(ppb) | P 廠之放流水排放口氣體(ppb) | 嗅味閾值(ppm) |
|------------|-------------------|-------------------|------------|
| 丙酮 | 41000 | 115 | 0.037-800 |
| 甲苯 | 53.2 | 30.2 | 0.021-69 |
| 苯乙烯 | 1.1 | 28.4 | 0.0047-61 |
| 2-丁酮 | 4.7 | 16.6 | 0.05-85 |
| 對,間位-二甲苯 | 1.3 | 10.6 | 0.041-2.1 |
| 氯仿 | ND | 9.3 | 11.0 |
| 丙烷 | ND | 7.5 | |
| 甲基丙烯酸甲酯 | ND | 5.4 | |
| 乙苯 | 0.5 | 4.5 | 0.092-2.3 |
| 鄰-二甲苯 | 0.6 | 3.4 | 0.081-5.4 |
| 正己烷 | ND | 1.1 | 1.5-248 |
| 苯 | 0.6 | 1.1 | 0.16-160 |
| 二氯二氟甲烷 | 0.3 | 0.4 | — |
| 一氯二氟甲烷 | ND | ND | |
| 正戊烷 | ND | ND | — |
| 1,2,4-三甲基苯 | ND | ND | 0.0024-2.4 |

4. 結論

經由新竹市環保局計畫的執行，以固定式PID儀器設置、異味巡查、工廠現勘輔導的方法與園區公會的努力，顯現異味之發生率與異味強度有逐月下降的趨勢。評估以PID偵測器作為異味偵測是一種經濟與快速的偵測方式，特別是以園區常見原物料丙酮，其周界標準 15ppm為偵測標的之使用時，應視為非常可行。然而就計畫執行期間調查發現目前園區周界異味的特性為瞬間型態，儀器對瞬間之低濃度感應仍不明顯，監測結果完成三熱區PID測值的背景基礎變化特性，可供後續長期監測的比對與應用。在熱區中發現高科技廠之放流水上方之氣體，含有揮發性有機物與氨氣等異味物質，加上放流口靠近道路，當逸散時易造成路過人員之異味感知，有立即改善之必要性。

參考文獻

- [1]Chen, H.M, Chen, T.M., “Emission Characteristics of Volatile Organic Compounds from Semiconductor Manufacturing,” Journal of The Air & Waste Management Association, 53(8), pp.1029-1036 (2003).
- [2]Chiu, K.H. , Wu, B.Z., Chang, C.C., Sree, U., Lo, J.G., “Distribution of Volatile Organic Compounds Over a Semiconductor Industrial Park in Taiwan,” Environmental Science & Technology, 39(4), pp. 973-983 (2005).

- [3]Wu, B.Z., Feng, T.Z., Sree, U., Chiu, K.H., Lo, H.G.,” Sampling and Analysis of Volatile Organics Emitted from Wastewater Treatment Plant and Drain System of an Industrial Science Park,” *Analytic Chimica Acta*, 576(1), pp.100-111 (2006).
- [4]Chang, T.Y., Lin, S.J., Shie, R.H., Tsai, S.W., Hsu, H.T., Tsai, C.T., Kuo, H.W.,
- [5]Chiang, C.F., Lai, J.S., Characterization of Volatile Organic Compounds in the Vicinity of an Optoelectronics Industrial Park in Taiwan,” *Journal of The Air & Waste Management Association*, 60(1), pp.55-62 (2010)
- [6]Tsai, J.H., Huang, Y.S., Shieh, Z.X., Chiang, H.L., “Concentration Characteristics of VOCs and Acids/Bases in the Gas phase and Water-soluble Ions in the Particle Phase at an Electrical Industry Park During Construction and Mass Production,” *Journal of Environmental Science and Health Part A-Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering*, 46(5), pp.540-551 (2011)