

工業區空氣污染鑑識新突破：PTR-MS 初試啼聲

王振興

壹、緣起

2008 年 12 月緊鄰高雄縣大發工業區的潮寮地區接連發生附近國中小學學童因吸入毒氣送醫引發民眾抗爭之空污事件，當時行政院環保署以接近事件情境採集之若干不銹鋼樣品進行分析比對，推定有 80% 揮發性有機物（VOCs）中來自大發工業區內七家工廠的產物與排放；然而，至今仍無直接科學數據佐證污染來源。隔年環保署檢討國內潛在或可能立即發生有害空氣污染物（HAPs）事件區，共列舉了包括大發等 7 個敏感工業區，規劃建立 HAPs 背景資訊以作事件事前防範與事後查證之參考。

貳、空氣污染鑑識面臨之困難

要能第一時間追查複雜工業區內空污事件污染之來源，需儘可能掌握污染物種特性及儘速與鄰近可能污染源周界空氣污染物作比對，所以，相較於一些持久性污染物及重金屬等其他高穩定性之土壤、地下水或廢棄物等環境污染介質，空氣中 HAPs 常是船過水無痕，瞬間污染資訊不易掌握，相關污染源之鑑識工作亦難以完成。

參、研發案例與分析

本文將介紹環保署環境檢驗所近年來在空氣污染源鑑識上的成果案例，這些案例鑑識過程中，環境檢驗所所以先進儀器－質子轉移反應質譜儀（Proton transfer reaction mass, PTR-MS）及傳統不銹鋼筒採樣-氣相層析質譜儀（Canister-GC/MS）二項檢測技術，並結合主成分分析（PCA）、因素分析（FA）、風玫瑰圖（Wind-rose）及等濃度圖（Contour）等數據解析技巧，從點與面等二面向對南台灣某敏感工業區內空氣污染特性與成因作探討，俾對於敏感工業區之空氣污染源之鑑識工作有助益。研究工作分成 PTR-MS 定點連續監測與主成分分析、工業區內 Canister

佈點 GC/MS 檢測據分析、PTR-MS 與 Canister-GC/MS 分析數據之比較等 3 部分進行，相關採樣監測佈點說明如圖一。

相關案例之研究成果包括：

- 一、以 PTR-MS 線上即時偵測工業區可得 30 餘種空氣污染物（如表一），經統計分析當地空氣污染數個成因與污染物之歸類，進而歸納出可能主污染源。
- 二、在約 3000 筆連續監測數據中得到空氣中丙基胺濃度與丙酮濃度的比例為 1：30（如圖二）、吡啶濃度與苯濃度濃度的比例為 1：15、二丁醇與丙烯腈污染源濃度比例應為 1：1 等重要結果可作為污染源之追查與鑑識之依據，配合污染物濃度、風向與地理位置關係可佐證污染源之推測（如圖三）。
- 三、由 PTR-MS 時間系列連續觀測，發現二甲基甲醯胺（DMF）濃度週期變化得知排放源工廠 24 小時作業，以下午 2 時左右為單元起訖點，夜間為 DMF 洩漏最高峰（如圖四）。
- 四、由日間與夜間污染濃度之地域分佈差異可判定附近污染源排放作業特性，例如工業區內全日丁二烯（如圖五）、苯等污染物最高濃度位置可證明工廠 24 小時作業排放。
- 五、研究並比對 PTR-MS 監測與 Canister-GC/MS 在共同可偵測物種之分析結果，顯示 Canister -GC/MS 分析濃度多可落於 PTR-MS 監測高低濃度範圍內，甚至 PTR-MS 監測平均值多與 Canister -GC/MS 分析濃度接近（如圖六）。

肆、結語

本文為環保署環境檢驗所近年來使用 PTR-MS 搭載於一具有完整氣象偵測設備之移動平台作為國內某工業區內空氣污染物成因調查與解析之案例，可預期的是 PTR-MS 為主的移動實驗室將成為國內工業區污染源追查與環境鑑識上重要利器。

表一 PTR-MS 監測南台灣工業區空氣中主要物種表列

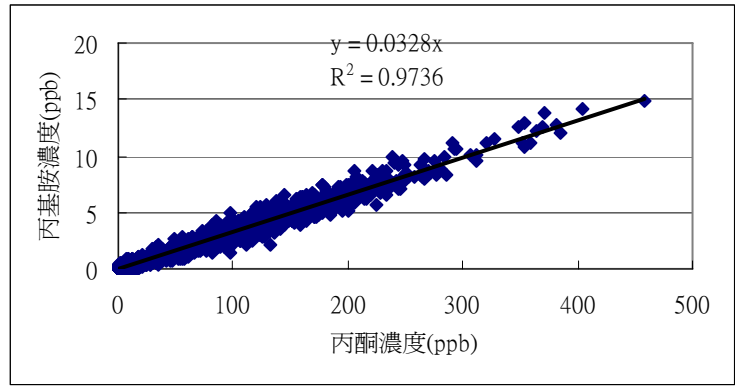
甲醛	甲醇	乙腈	環丙二烯
丙烯	乙醛	乙醇	丙烯腈
丙酮	丙基胺	異丙醇(IPA)	二甲基硫(DMS)
二甲基甲醯胺(DMF)	苯	吡啶	環己二烯
甲苯	環己酮	苯乙烯	乙苯
乙酸乙酯	丙烯醛	2-丁酮	m/z 38.0*
丙炔	異戊二烯 (Isoprene)	異丙苯	m/z 117.0*
1,3-丁二烯	環己烯	m/z 119.0	m/z 131.0*

*符號表示該化合物無法辨識之物種

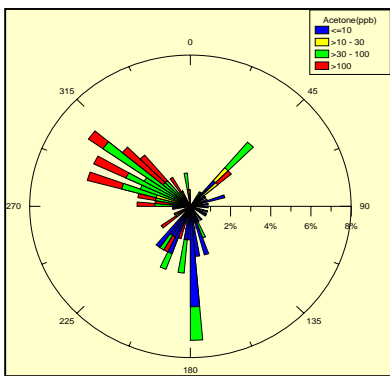


- A 站：工業區北方，近纖維廠
(Canister)
- B 站：工業區西方，近樹脂廠
(Canister)
- C 站：工業區東南方
(Canister)
- D 站：工業區西南方
(Canister)
- E 站：工業區最南邊緣
(Canister)
- F 站：工業區南方，近石化、樹
脂、污水處理廠
(Canister 及 PTR-MS)
- G 站：工業區服務中心
(Canister 及 PTR-MS)

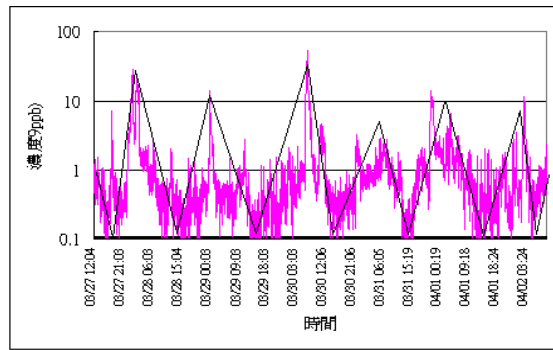
圖一 南台灣某工業區空氣污染物測點配置示意圖及說明



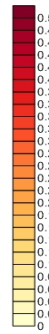
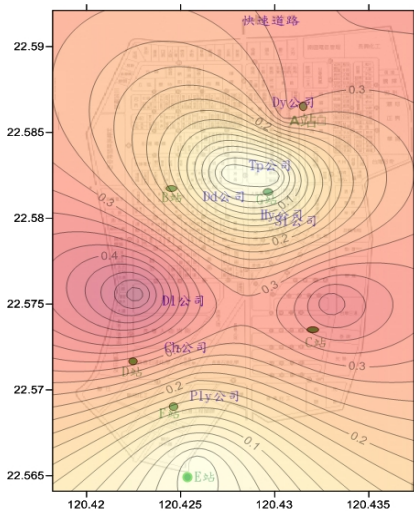
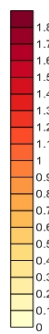
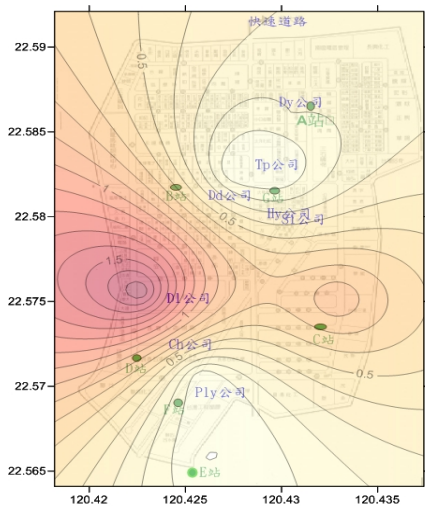
圖二 南台灣某工業區空氣中丙基胺與丙酮 PTR-MS 監測濃度間線性關係
 (顯示丙基胺濃度與丙酮濃度的比例為 1 : 30 之重要污染特性)



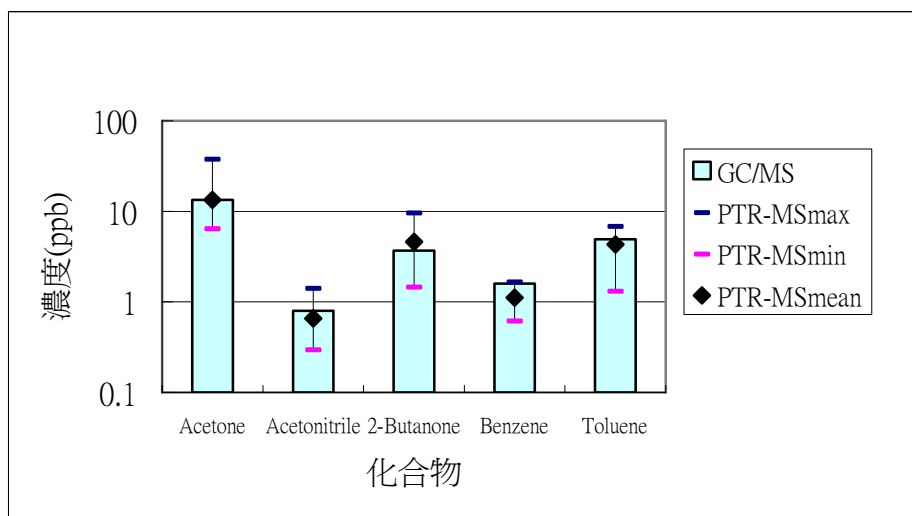
圖三 南台灣某工業區空氣中丙酮
 污染來自西北方向工廠



圖四 南台灣某工業區空氣中 DMF 具週期
 性濃度變化



圖五 南部某工業區內空氣中丁二烯日 (圖左)、夜 (圖右) 等濃度分布圖
 (顯示工廠污染源為全日持續固定排放丁二烯污染物)



圖六 以不同檢測方法測定南台灣某工業區內空氣污染物之結果比較
 (GC/MS 為小時平均測值，PTR-MS 為即時動態濃度值)