

統計專題分析

高雄市 OP-FTIR 監測及污染追蹤成效

撰寫人員：徐靖婷

撰寫機關：高雄市政府環境保護局

中華民國112年7月13日

壹、前言

高雄市設有多個大型工業區，由於各類工業活動和居住環境之間幾乎沒有緩衝的界線，其原料、中間產物、產品等排放源可能造成空氣污染或異味問題，且成分特性呈現多樣化及複雜化，如未妥善管制空氣污染物排放源，將影響居民生活之環境品質，情況輕微者可能導致民眾暫時性不適，嚴重者可能會影響當地居民的身體健康。

高雄市轄內工業區中又以大社工業區直接坐落於人口稠密之市區內，且大社工業區有多家石化工廠貢獻多項揮發性有機物(VOCs)至環境，當中包括部分致癌物種，故空氣污染及異味問題為鄰近區域長年陳情要點，高雄市政府環境保護局(以下簡稱環保局)針對該工業區雖投入多項監(檢)測能量，然多數監測多為單點式且非連續型方式，因此對於污染來源追蹤效益有限；鑑於此，環保局特導入OP-FTIR(開徑式傅立葉轉換紅外光，Open-Path Fourier Transform Infrared)監測系統，利用OP-FTIR具有大範圍並連續監測污染物之特性，以達到監測地區環境空氣污染物及追蹤來源之目的。而經掌握污染源後，可有利於環保局進一步管制工廠及輔導改善，同時持續監測管制期間空氣污染物變化趨勢，以評估污染源管制效益及修正管制策略，藉由環境監測、污染追蹤、管制改善及管制後評估等一系列作為，改善大社工業區環境中之污染負荷。

貳、現況描述

環保局為有效掌握大社工業區對於區域環境之污染貢獻及影響，103年11月起，於大社工業區陳情相對密集之西北側五常里地區，設置一固定式OP-FTIR測站進行長期連續監測；而經常年監測及追蹤管制污染源後，

在區域污染達改善之成效下，環保局另於110年及111年分別在大社工業區東側及南側，各設置東側及南側固定式OP-FTIR測站進行監測，以全面掌握大社工業區對於周邊環境之污染貢獻，各固定式OP-FTIR測站相對位置及設置說明，分別如圖1及表2所示。

圖 1、大社工業區固定式 OP-FTIR 測站設置分布圖



資料來源：高雄市政府環境保護局

表 2、大社工業區固定式 OP-FTIR 測站設置時間表

測站名稱	設置時間	位置
五常里固定式 OP-FTIR 測站 (五常里測站)	103 年 11 月	大社工業區西北側
東側固定式 OP-FTIR 測站 (東側測站)	110 年 4 月	大社工業區東側
南側固定式 OP-FTIR 測站 (南側測站)	111 年 4 月	大社工業區南側

資料來源：高雄市政府環境保護局

參、統計分析

(一)五常里測站監測成果分析

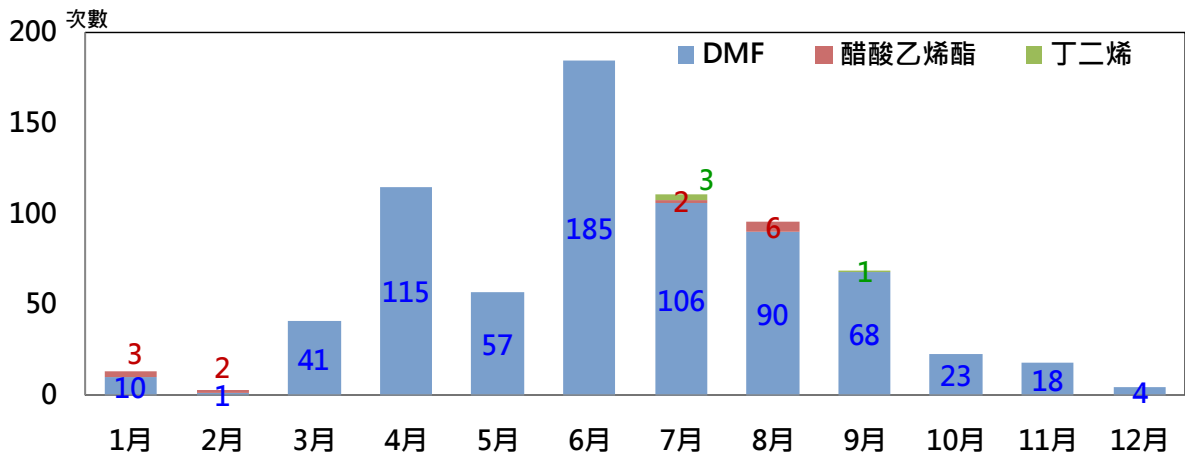
污染追蹤及管制作業中，為有效利用管制量能改善環境污染，將超逾周界標準具相對高值之污染物，作為污染追蹤改善重點，並依據可能貢獻情形擬定管制策略。彙整五常里測站長期監測數據，區域環境中共測得約64項物種，其中共有二甲基甲醯胺(DMF)、醋酸乙烯酯、1,3-丁二烯、環氧乙烷、氰化氫及丙烯腈等6項物種為具相對高值之污染物，以下就各年度相對高值污染物變化趨勢進行說明：

1.104年監測成果分析

104年五常里測站監測期間，共掌握得DMF、醋酸乙烯酯及1,3-丁二烯等3項污染物具相對高值，共計735次。DMF高值次數共718次，以6月份185次為最高，DMF逐月高值次數約呈現季節性變化趨勢，偏向常態貢獻型態；另醋酸乙烯酯及1,3-丁二烯相對高值各計13次及4次，醋酸乙烯酯以8月份6次最高，1,3-丁二烯以7月份3次為最高，上述兩項污染物高值出現較偏向事件貢獻型態，相關污染相對高值次數統計如圖2所示。此外，本研究並將前述3項高值污染物之監測值與當下環境風向進行結合，如圖3示，以分析污染可能來源。

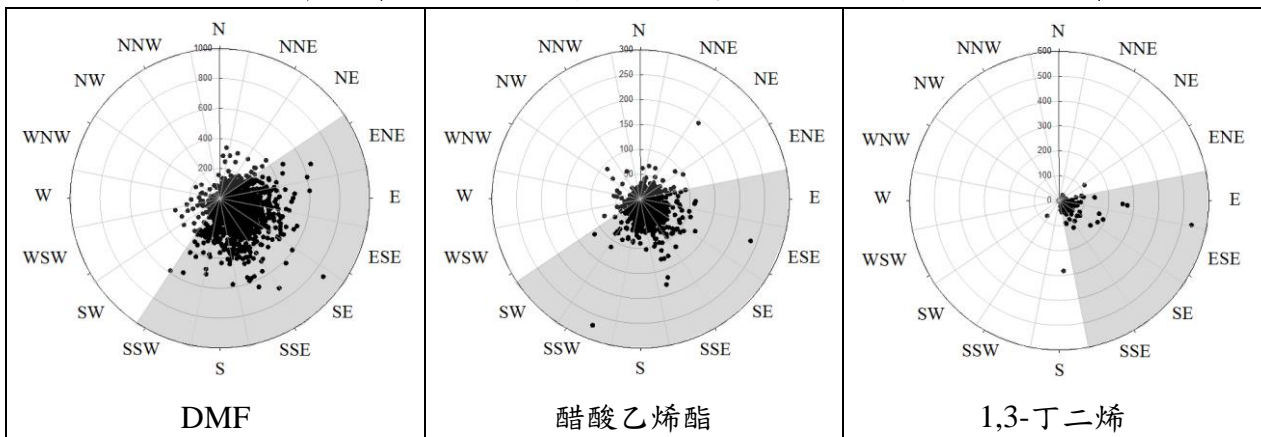
依據104年度污染追蹤，掌握得DMF可能貢獻來源中之A廠具較高污染貢獻潛勢，該年度即進行相關查核及要求改善；醋酸乙烯酯可能貢獻來源以B廠較具污染潛勢，要求該廠盡速修復並運轉防制設備RTO；在1,3-丁二烯方面，推測其高值可能來自C廠之歲修作業及D廠爆炸事故貢獻，已就相關調查，要求C、D兩廠進行改善。

圖 2、104 年五常里測站污染物相對高值次數逐月統計圖



資料來源：高雄市政府環境保護局

圖 3、104 年五常里測站相對高值污染物濃度及來源方向分析圖



資料來源：高雄市政府環境保護局

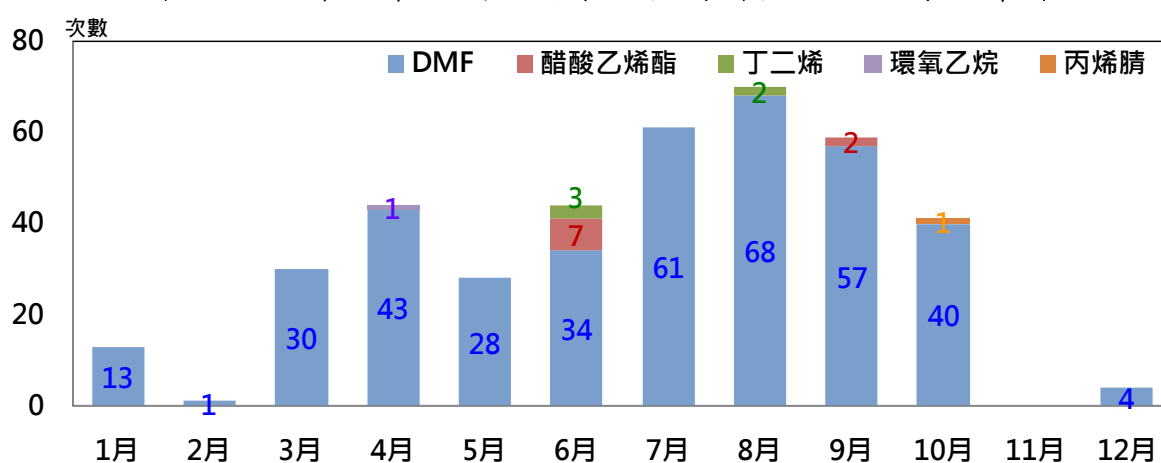
2.105年監測成果分析

105年五常里測站監測期間，共掌握得DMF、醋酸乙烯酯、1,3-丁二烯、環氧乙烷及丙烯腈等5項污染物具相對高值，共計395次。DMF高值次數共379次，以8月份68次為最高，DMF逐月高值次數約呈現季節性變化趨勢，偏向常態貢獻型態；另醋酸乙烯酯、1,3-丁二烯、環氧乙烷及丙烯腈相對高值各計9次、5次、1次及1次，醋酸乙酯及1,3-丁二烯均以6月份7次及3次最高，而環氧乙烷及丙烯腈高

值僅分別出現於4月及10月各1次，上述四項污染物高值出現較偏向事件貢獻型態，相關污染相對高值次數統計如圖4所示。此外，本研究並將前述5項高值污染物之監測值與當下環境風向進行結合，如圖5示，以分析污染可能來源。

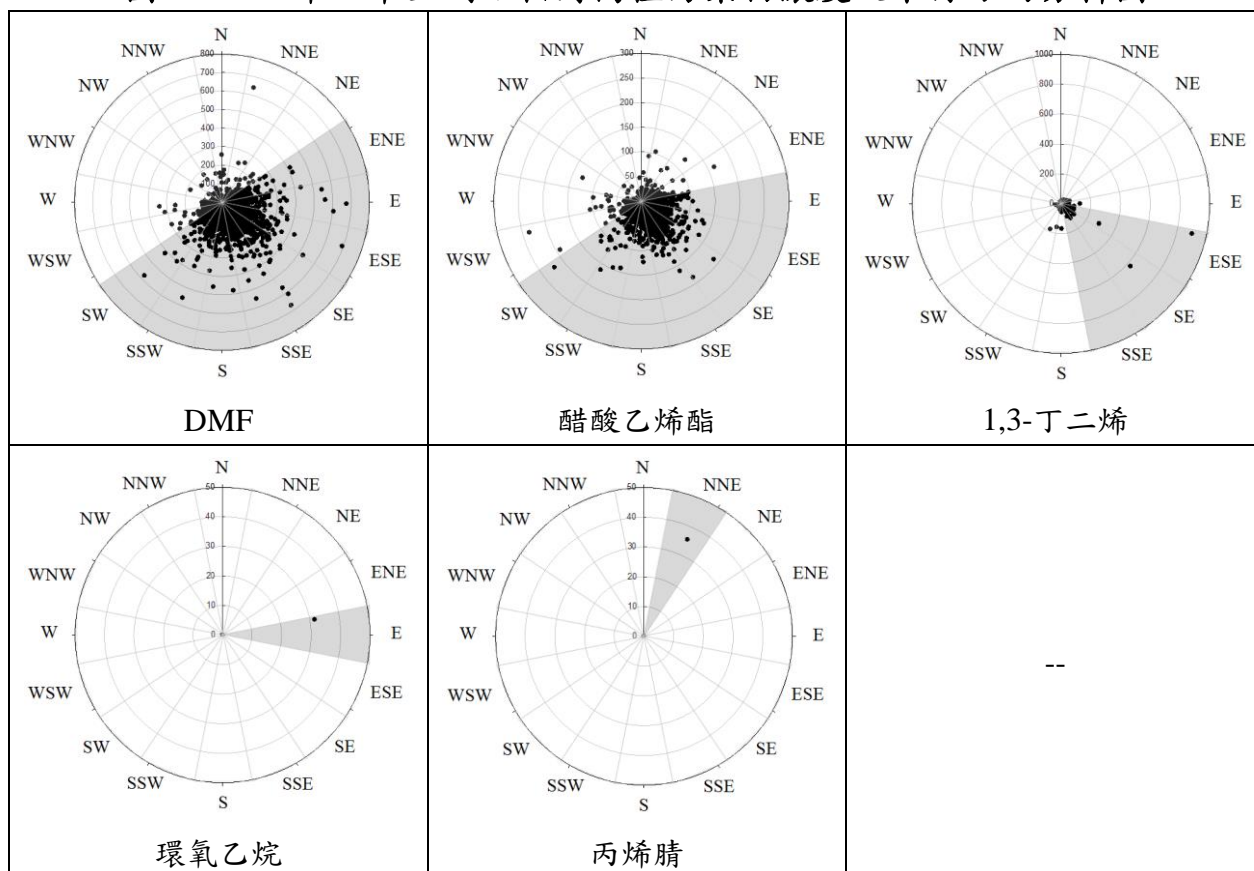
依據105年度污染追蹤，除要求DMF可能貢獻來源A廠進行相關逸散改善外，並藉由聯合稽查方式積極管制其污染排放；在醋酸乙烯酯方面，針對可能貢獻來源B廠強化查核及檢測等管制作為；在1,3-丁二烯方面，105年度經查核，以C廠貢獻潛勢較高，並要求該廠進行相關改善；在環氧乙烷方面，可能來源E廠及F廠中，以E廠瞬間逸散具較高污染潛勢；在丙烯腈方面，評估可能來源G廠之管道短時間高值排放較具污染潛勢。

圖 4、105 年五常里測站污染物相對高值次數逐月統計圖



資料來源：高雄市政府環境保護局

圖 5、105 年五常里測站相對高值污染物濃度及來源方向分析圖



資料來源：高雄市政府環境保護局

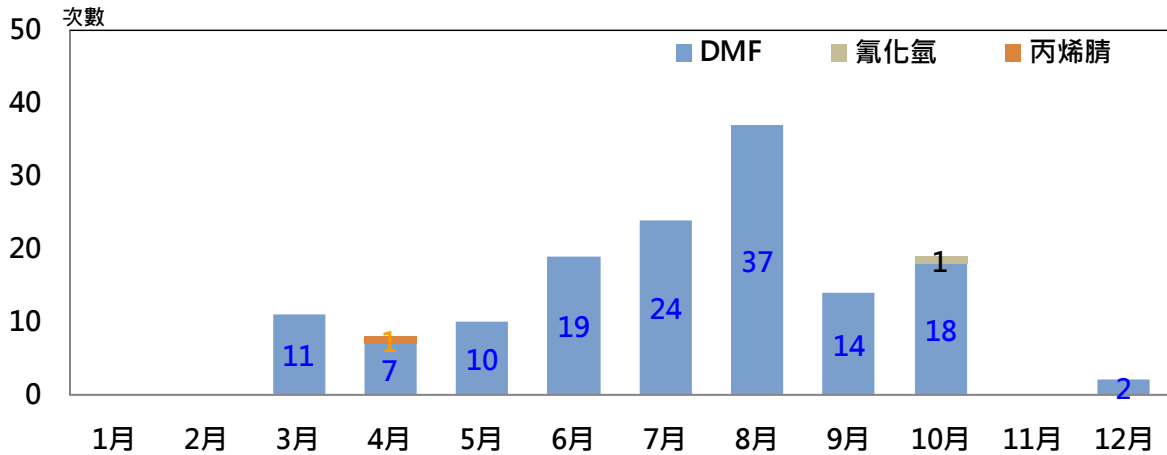
3.106年監測成果分析

106年五常里測站監測期間，共掌握得DMF、氰化氫及丙烯腈等3項污染物具相對高值，共計144次。DMF高值次數共142次，以8月份37次為最高，DMF逐月高值次數約呈現季節性變化趨勢，偏向常態貢獻型態；另氰化氫及丙烯腈相對高值均各計1次，上述兩項污染物高值出現較偏向事件貢獻型態，相關污染相對高值次數統計如圖6所示。此外，本研究並將前述3項高值污染物之監測值與當下環境風向進行結合，如圖7示，以分析污染可能來源。

依據106年度污染追蹤，在DMF方面，延續近年管制方針，強化可能貢獻來源A廠各面向之管制作為；在氰化氫方面，可能來源G廠

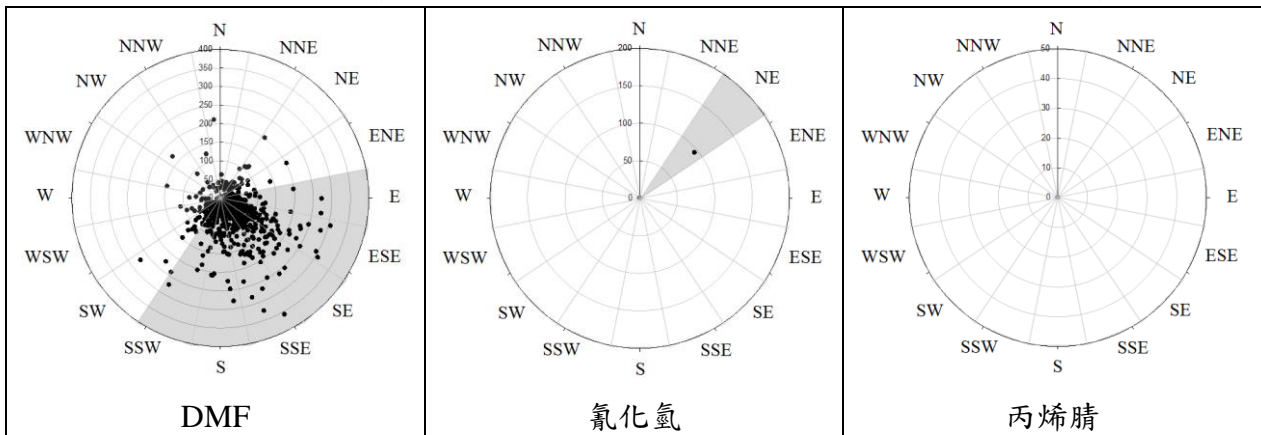
及H廠中，以G廠管道短時間高值排放較具污染潛勢；在丙烯腈方面，評估可能來源G廠之管道短時間高值排放較具污染潛勢。

圖 6、106 年五常里測站污染物相對高值次數逐月統計圖



資料來源：高雄市政府環境保護局

圖 7、106 年五常里測站相對高值污染物濃度及來源方向分析圖



資料來源：高雄市政府環境保護局

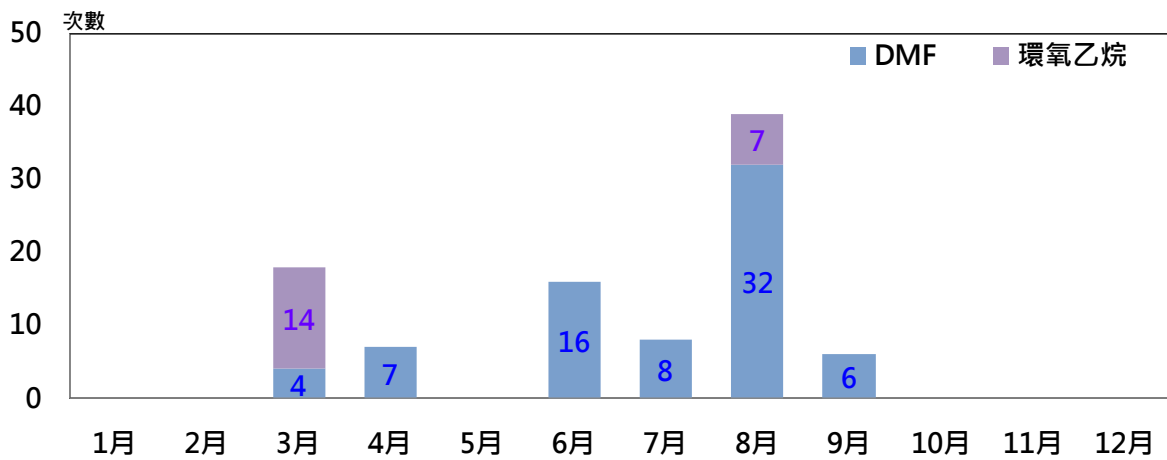
4.107年監測成果分析

107年五常里測站監測期間，共掌握得DMF及環氧乙烷等2項污染物具相對高值，共計94次。DMF高值次數共73次，以8月份32次為最高，DMF逐月高值次數約呈現季節性變化趨勢，偏向常態貢獻型態；另環氧乙烷相對高值共計21次，以3月份14次最高，其高值出現較偏向事件貢獻型態，相關污染相對高值次數統計如圖8所示。此外，

本研究並將前述2項高值污染物之監測值與當下環境風向進行結合，如圖9示，以分析污染可能來源。

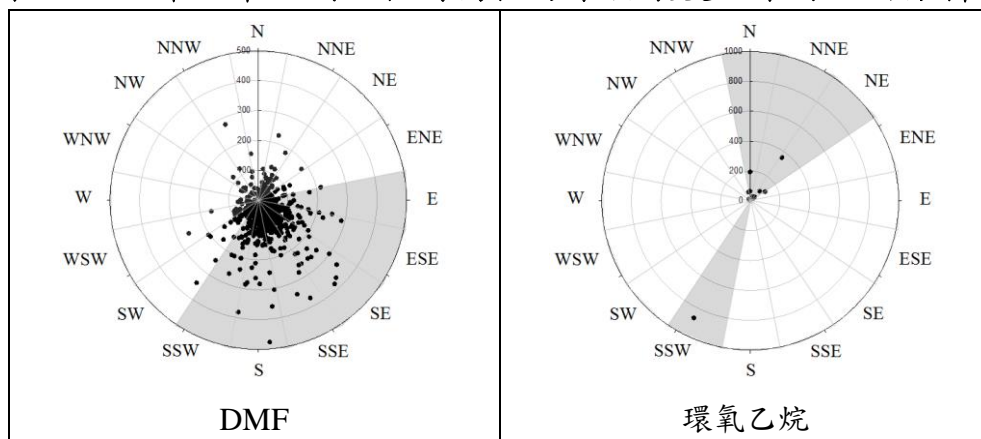
依據107年度污染追蹤，經長期管制可能貢獻來源A廠後，該廠於107年逐步撤除與DMF相關之產能；在環氧乙烷方面，可能來源E廠及F廠中，以E廠瞬間逸散具較高污染潛勢，並強化該廠逸散查核等管制作為。

圖 8、107 年五常里測站污染物相對高值次數逐月統計圖



資料來源：高雄市政府環境保護局

圖 9、107 年五常里測站相對高值污染物濃度及來源方向分析圖



資料來源：高雄市政府環境保護局

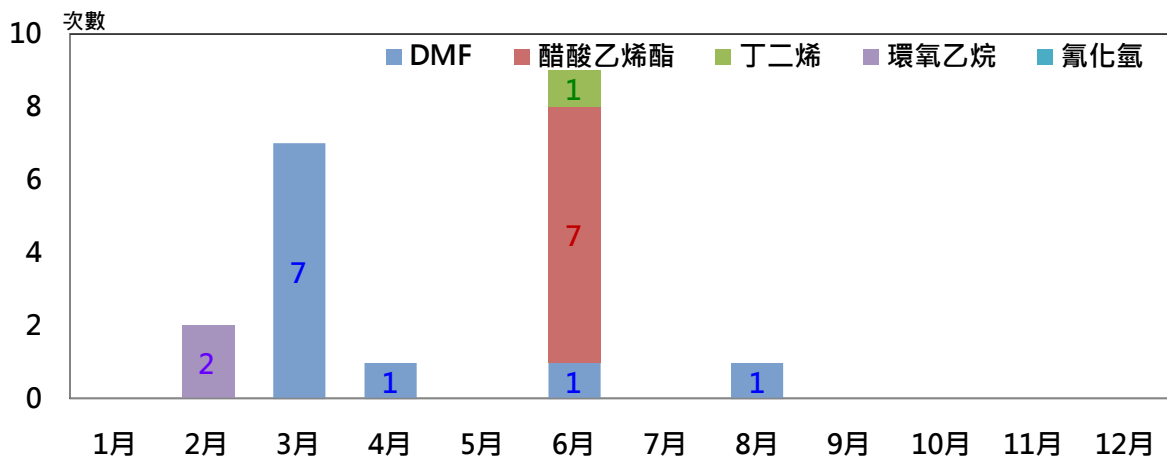
5.108年監測成果分析

108年五常里測站監測期間，共掌握得DMF、醋酸乙烯酯、1,3-

丁二烯及環氧乙烷等4項污染物具相對高值，共計20次。DMF高值次數共10次，以3月份7次為最高，108年度較無顯著常態貢獻情形；另醋酸乙烯酯、1,3-丁二烯及環氧乙烷相對高值各計7次、1次及2次，上述三項污染物高值出現較偏向事件貢獻型態，相關污染相對高值次數統計如圖10所示。此外，本研究並將前述4項高值污染物之監測值與當下環境風向進行結合，如圖11示，以分析污染可能來源。

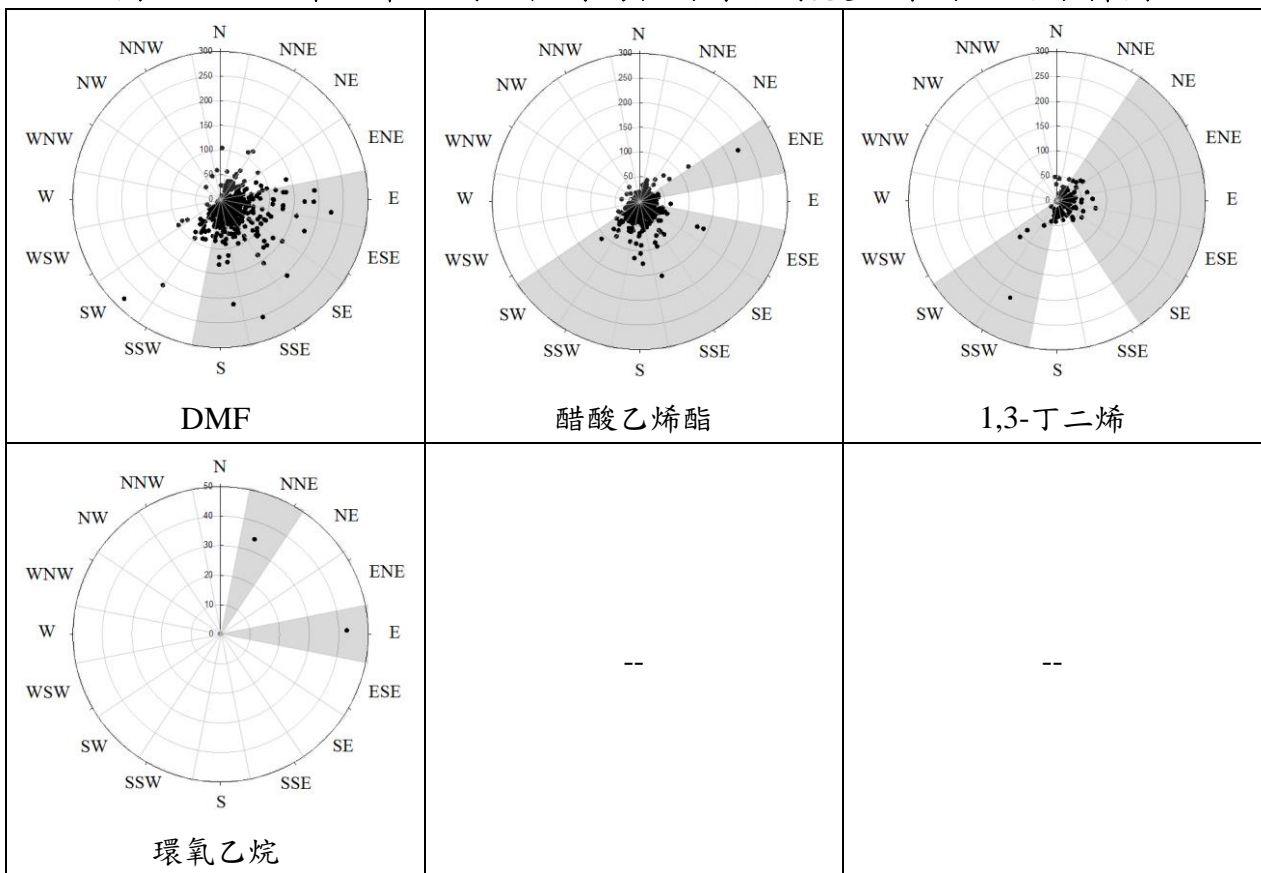
依據108年度污染追蹤，經長期管制可能貢獻來源A廠後，該廠於108年撤除大部分DMF相關之產能；在醋酸乙烯酯方面，除可能貢獻來源B廠外，108年度I廠因廢氣燃燒塔使用，評估較具醋酸乙烯酯高值貢獻潛勢；在1,3-丁二烯方面，推測其高值可能與C廠之歲修作業有關；在環氧乙烷方面，評估E廠歲修作業之逸散具較高貢獻潛勢。

圖 10、108 年五常里測站污染物相對高值次數逐月統計圖



資料來源：高雄市政府環境保護局

圖 11、108 年五常里測站相對高值污染物濃度及來源方向分析圖



資料來源：高雄市政府環境保護局

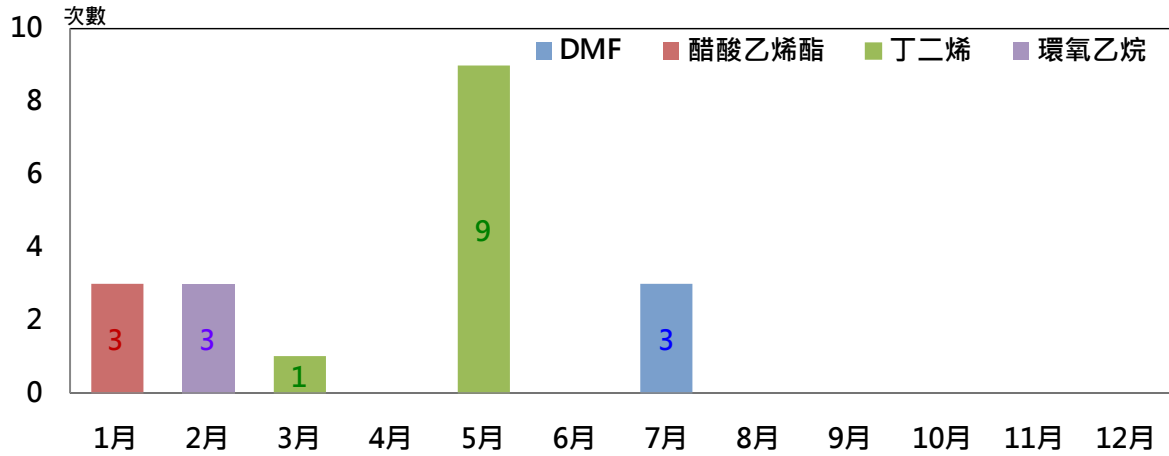
6.109年監測成果分析

109年五常里測站監測期間，共掌握得DMF、醋酸乙烯酯、1,3-丁二烯及環氧乙烷等4項污染物具相對高值，共計19次。DMF、醋酸乙烯酯、1,3-丁二烯及環氧乙烷相關高值次數各計3次、3次、10次及3次，上述三項污染物高值出現較偏向事件貢獻型態，相關污染相對高值次數統計如圖12所示。此外，本研究並將前述4項高值污染物之監測值與當下環境風向進行結合，如圖13示，以分析污染可能來源。

依據109年度污染追蹤，該年度DMF相對高值可能與D廠設備洩漏貢獻有關，醋酸乙烯酯高值以B廠廢氣燃燒塔使用具較貢獻潛勢，1,3-丁二烯高值可能分別與C廠及D廠之開、停車之非常態作業有關，環氧乙烷高值則評估以E廠停車作業之逸散具較高貢獻潛勢。前述各

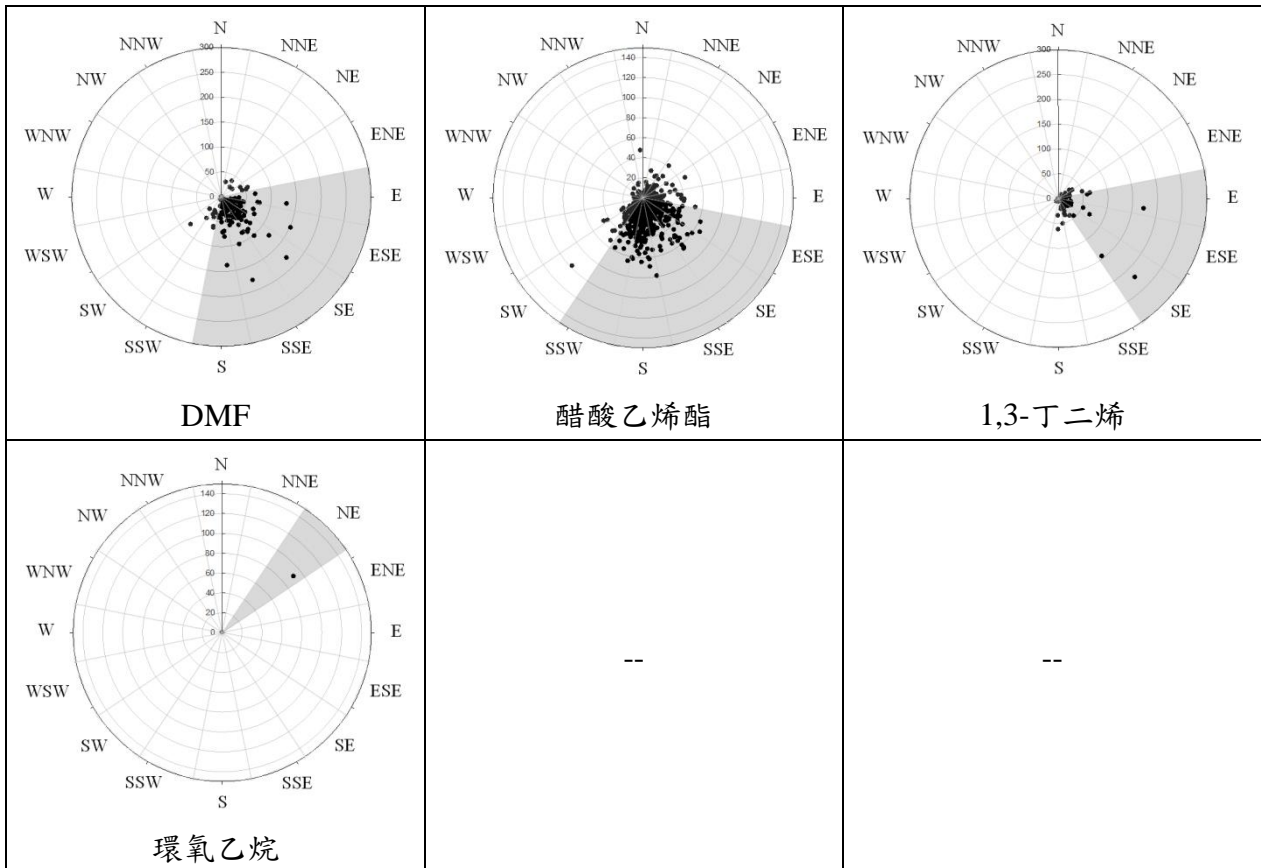
污染貢獻情形，環保局均進行污染源查核及後續管制作為。

圖 12、109 年五常里測站污染物相對高值次數逐月統計圖



資料來源：高雄市政府環境保護局

圖 13、109 年五常里測站相對高值污染物濃度及來源方向分析圖



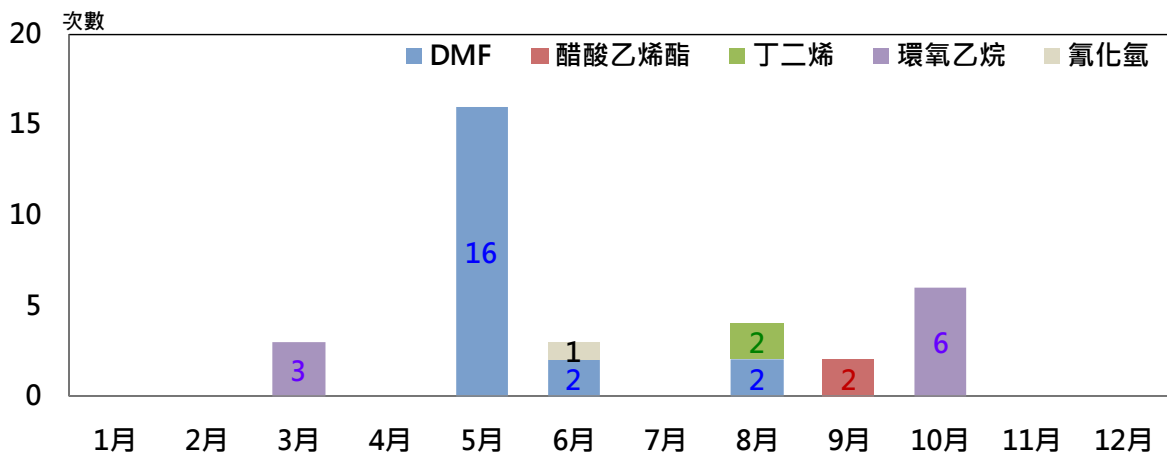
資料來源：高雄市政府環境保護局

7.110年監測成果分析

110年五常里測站監測期間，共掌握得DMF、醋酸乙烯酯、1,3-丁二烯、環氧乙烷及氰化氫等5項污染物具相對高值，共計34次。DMF高值次數共20次，以5月份16次為最高，DMF逐月高值次數約呈現季節性變化趨勢，偏向常態貢獻型態；另醋酸乙烯酯、1,3-丁二烯、環氧乙烷及氰化氫相對高值各計2次、2次、9次及1次，上述四項污染物高值出現較偏向事件貢獻型態，相關污染相對高值次數統計如圖14所示。此外，本研究並將前述4項高值污染物之監測值與當下環境風向進行結合，如圖15示，以分析污染可能來源。

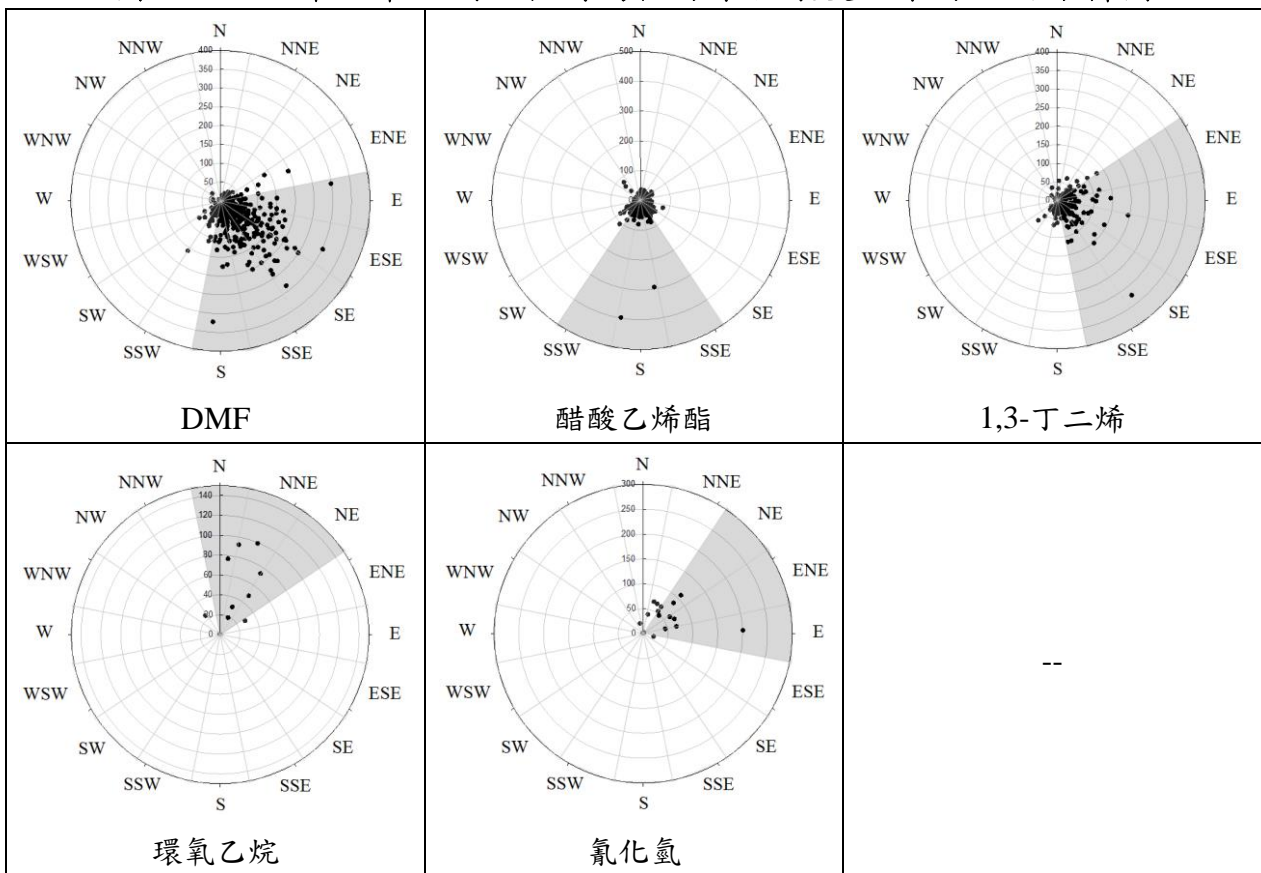
依據110年度污染追蹤，推測A廠之排放具較高污染貢獻潛勢，其次J廠之排放可能具有部分貢獻潛勢；在醋酸乙烯酯方面，推測其高值與B廠停車作業有關；在1,3-丁二烯方面，推測其高值可能分別來自C廠之歲修作業及D廠之排放；在環氧乙烷方面，評估E廠之逸散具較高貢獻潛勢；在氰化氫方面，推測G廠及H廠之排放均具一定之污染潛勢。

圖 14、110 年五常里測站污染物相對高值次數逐月統計圖



資料來源：高雄市政府環境保護局

圖 15、110 年五常里測站相對高值污染物濃度及來源方向分析圖



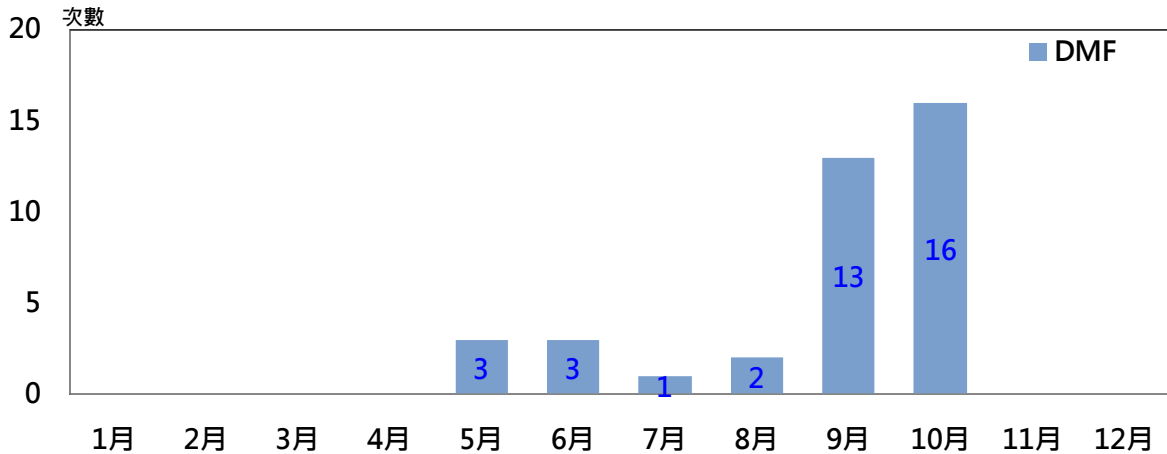
資料來源：高雄市政府環境保護局

8.111年監測成果分析

111年五常里測站監測期間，共掌握得DMF該項污染物具相對高值，共計38次，以10月份16次為最高，DMF逐月高值次數約呈現季節性變化趨勢，偏向常態貢獻型態，相關污染相對高值次數統計如圖16所示。此外，本研究並將前述高值污染物之監測值與當下環境風向進行結合，如圖17示，以分析污染可能來源。

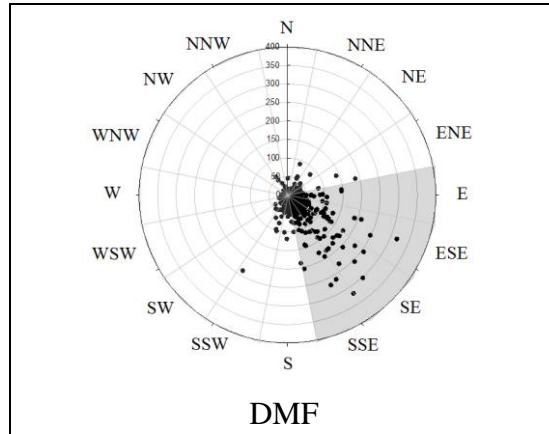
依據111年度污染追蹤，推測A廠之未許可列管產線及部分與DMF相關製程之排放，可能具較高DMF貢獻潛勢。

圖 16、111 年五常里測站污染物相對高值次數逐月統計圖



資料來源：高雄市政府環境保護局

圖 17、111 年五常里測站相對高值污染物濃度及來源方向分析圖



資料來源：高雄市政府環境保護局

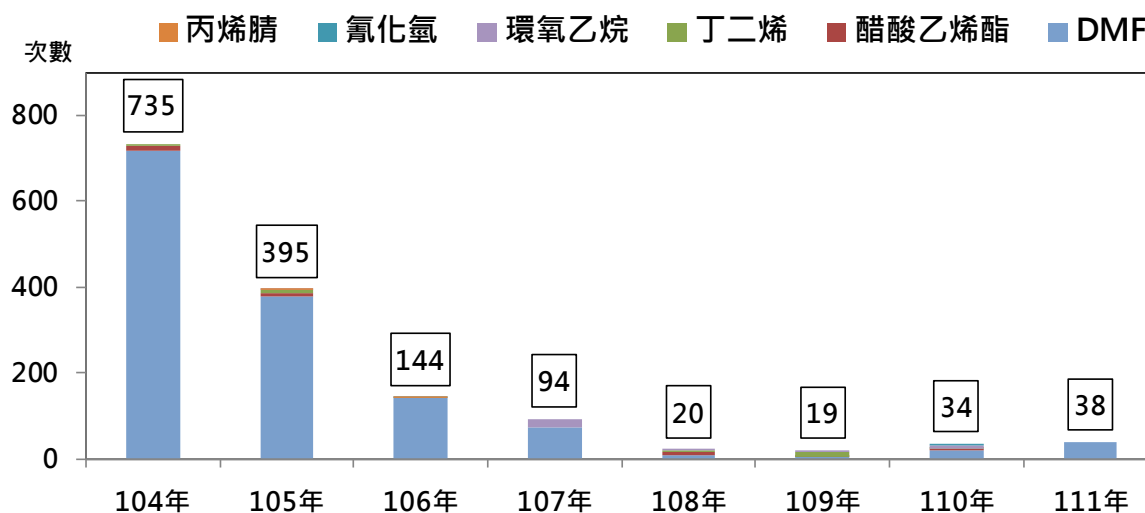
9.104~111年五常里測站監測分析及污染追蹤說明

彙整五常里測站104年~111年監測成果，並將其所掌握之污染物相對高值次數彙整如圖18所示，由變化趨勢圖可知近年經環保局長期污染管制及改善追蹤後，五常里區域一帶污染高值次數呈現逐漸改善趨勢，由104年相對高值次數735次降至111年之38次，減少697次（94.8%），顯示經由OP-FTIR測站監測及污染追蹤，可有效提升污染源管制成效。

進一步分析近年污染物變化與污染源之相關性，在DMF方面，

其污染高值型態較為接近常態貢獻，評估與主要可能貢獻來源A廠之操作型態有關，經環保局長期查核及管制，該廠因廠房較為老舊，改善效益有限情況下，逐步於106年轉移產能、107年撤除相關製程後，DMF相對高值有顯著下降。在醋酸乙烯酯方面，該化合物於104年度有較高之相對高值次數，高值型態略為相近常態貢獻，經查可能與B廠防制設備RTO及成品槽逸散防制設置初期，操作未穩定有關，後經105年改善後，除去非常態操作作業(如：開、停車、歲修)，五常里測站已無醋酸乙烯酯高值出現情形。此外，在1,3-丁二烯、環氧乙烷、氰化氫及丙烯腈方面，上述4項污染物於五常里測站出現相對高值時，多與污染源非常態操作(如：開、停車、歲修)有關，鑑於此，環保局近年加強各廠歲修作業之查核及相關缺失改善追蹤，111年度期間，五常里測站因工廠非常態操作導致之污染高值次數均為0次，具改善成效。

圖 18、104~111 年五常里測站污染物相對高值逐年變化趨勢



資料來源：高雄市政府環境保護局

(二)東側測站監測成果分析及污染追蹤說明

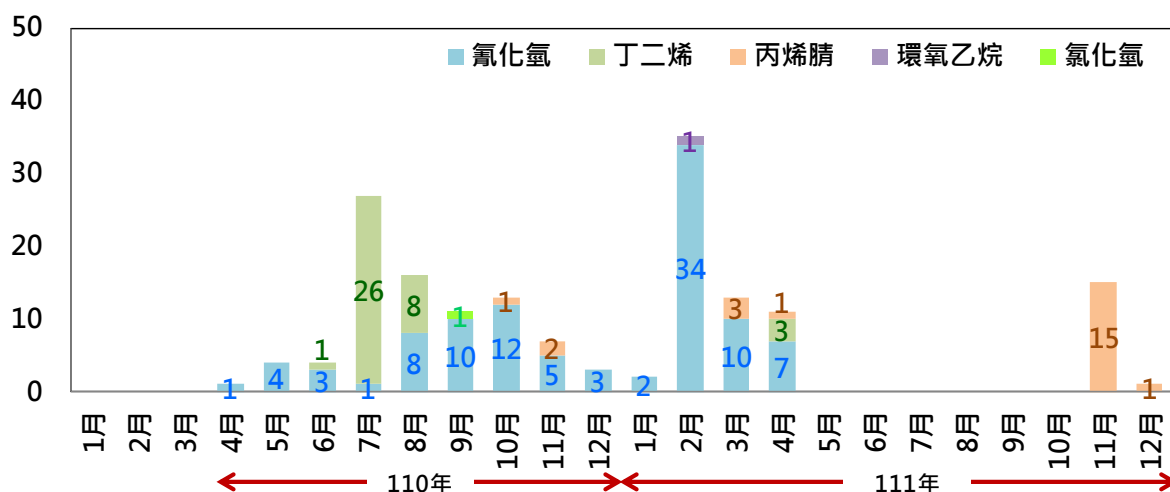
鑑於近年五常里測站OP-FTIR監測及管制成效，又因OP-FTIR測站對於污染源之掌握受限於與貢獻源之距離，故環保局於110年4月起於大社工業區東側另設置一固定式OP-FTIR測站，即東側測站。彙整110~111年東側測站監測數據，區域環境中共測得約42項物種，其中氰化氫、1,3-丁二烯、丙烯腈、環氧乙烷及氯化氫等5項物種為具相對高值之污染物，各污染物相對高值次數變化趨勢如圖19所示，在110年期間，相對高值次數總計86次，以氰化氫相對高值次數47次為最高，其次依序為1,3-丁二烯35次、丙烯腈3次、氯化氫1次；在111年期間，相對高值次數總計77次，以氰化氫相對高值次數53次為最高，其次依序為丙烯腈20次、1,3-丁二烯3次、環氧乙烷1次。

承上，環保局並將前述高值污染物之監測值與當下環境風向進行結合，如圖20及圖21示，以分析污染可能來源，氰化氫110~111年期間均約較常來自西南西至北側方向；丙烯腈110年期間較常來自偏西北側方向，111年期間除西北側外，其部分高值約來自西南西方向；1,3-丁二烯110年期間約來自南南東至西北側方向，111年期間另有顯著高值來自偏西側方向；在偶發性高值污染物方面，氯化氫約來自西北側方向，環氧乙烷無顯著特定來源方向。

經OP-FTIR監測後，環保局分別就污染源操作型態、污染高時段及污染來源軌跡進行污染源追蹤，並進一步管制污染源，在重點高值污染物氰化氫方面，可能來源有G廠、H廠及K廠等3廠，後續環保局即分別要求各廠進行改善，G廠進行逸散、管道排放及廢氣燃燒塔使用之相關改善，H廠進行廢氣燃燒塔使用改善，K廠則進行防制設備操作改善，經管制，111年5月後東側測站區域已無氰化氫相

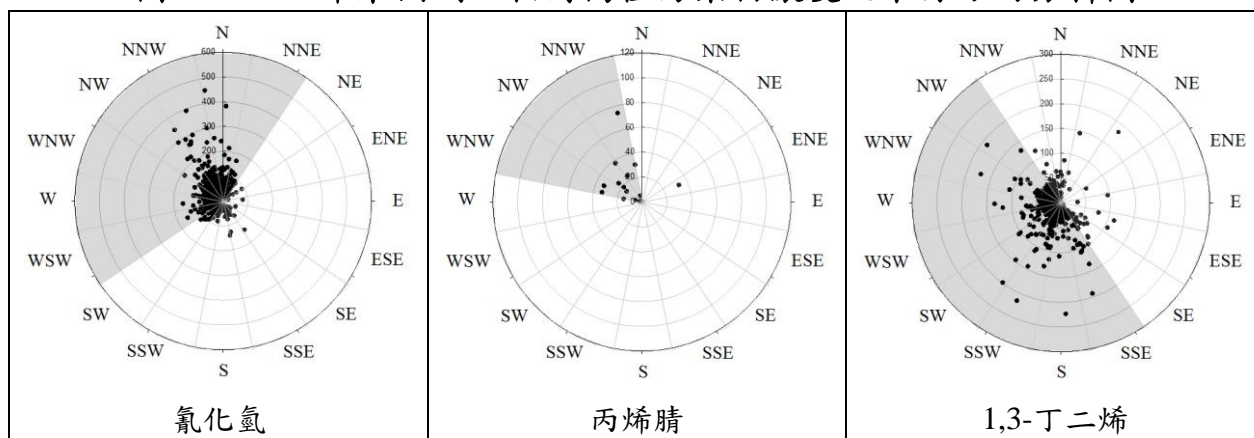
對高值出現，達顯著改善成效；另在丙烯腈方面，評估以G廠具較高貢獻潛勢，D廠次之，經追蹤管制，111年5月後其高值次數略有下降趨勢，但111年11月因G廠開車作業，至丙烯腈高值次數有上升現象，為未來環保局管制重點；在1,3-丁二烯方面，高值可能來源包括C廠及D廠，但東側測站受C廠廢氣燃燒塔排放影響較大，經近年度環保局加強各廠歲修查核等管制作為後，丁二烯111年度高值次數3次較110年35次減少32次(91.4%)，具改善成效；另在環氧乙烷及氯化氫方面，推測屬偶發性污染情形，經追蹤及查核可能貢獻工廠後，後續已無再現情形。

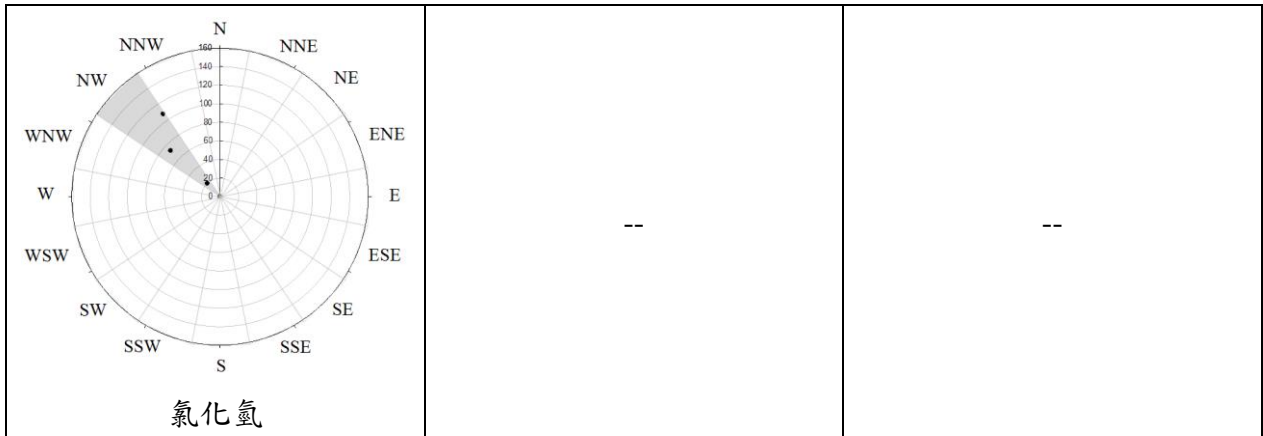
圖 19、110~111 年東側測站污染物相對高值次數逐月統計圖



資料來源：高雄市政府環境保護局

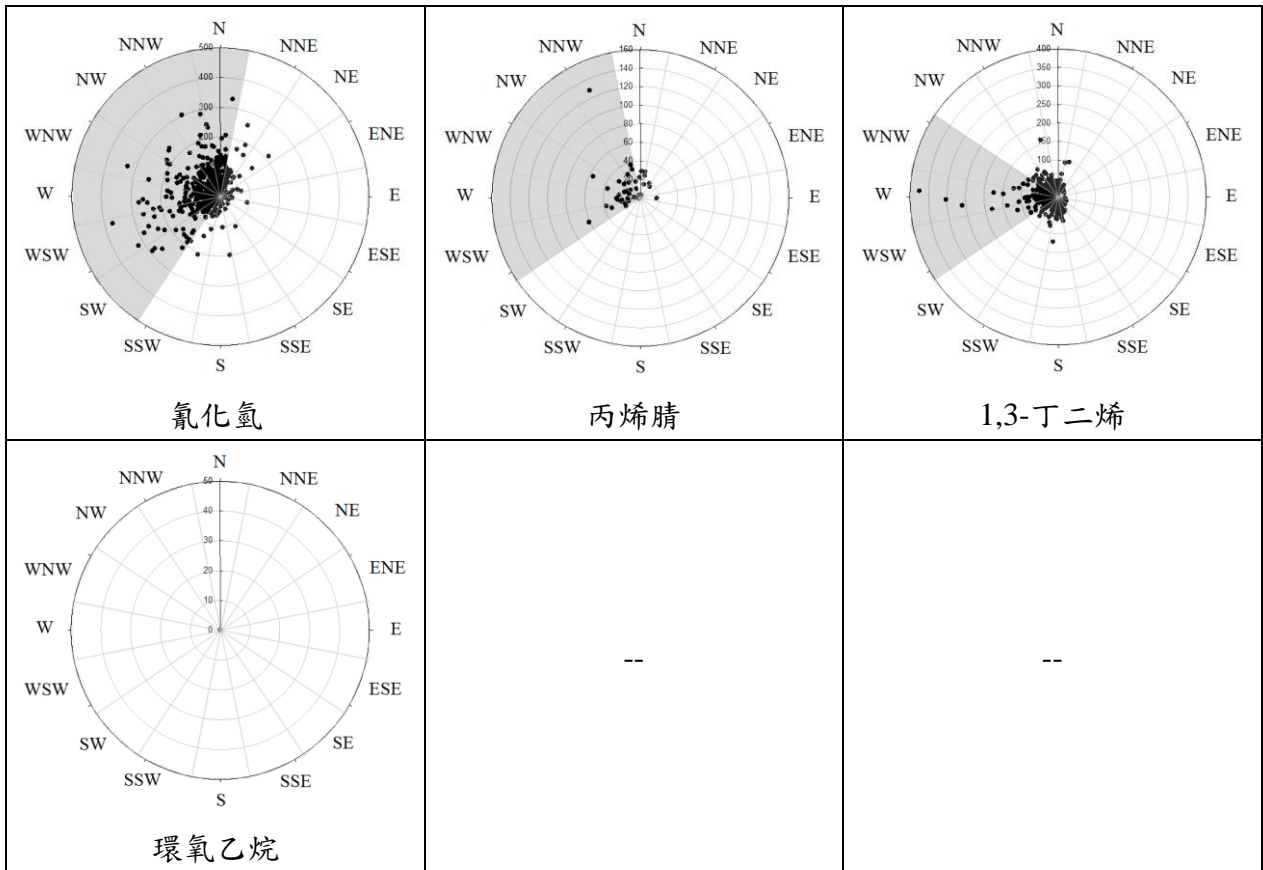
圖 20、110 年東側測站相對高值污染物濃度及來源方向分析圖





資料來源：高雄市政府環境保護局

圖 21、111 年東側測站相對高值污染物濃度及來源方向分析圖



資料來源：高雄市政府環境保護局

(三)南側測站監測成果分析及污染追蹤說明

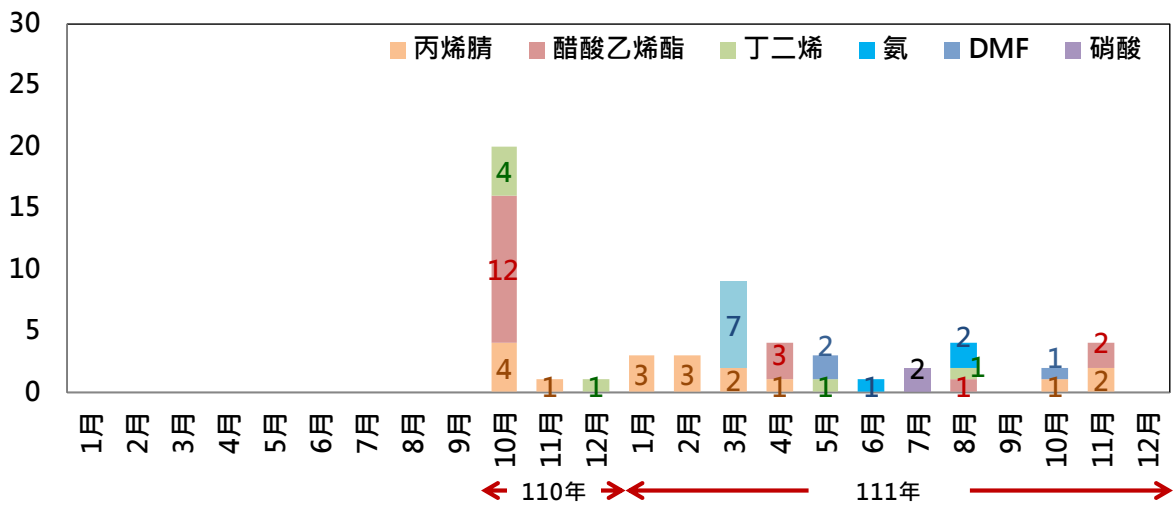
為全面掌握大社工業區對於周邊環境之污染貢獻，環保局110年10月起另於大社工業區南側另設置一固定式OP-FTIR測站，即南側測站。彙整110~111年南側測站監測數據，區域環境中共測得約50

項物種，其中丙烯腈、1,3-丁二烯、醋酸乙烯酯、氨、DMF及硝酸等6項物種為具相對高值之污染物，各污染物相對高值次數變化趨勢如圖22所示，在110年期間，以醋酸乙烯酯相對高值次數12次為最高，其次依序為丙烯腈5次、1,3-丁二烯5次；在111年期間，以丙烯腈相對高值次數12次為最高，其次依序為氨10次、醋酸乙烯酯6次、DMF 3次、1,3-丁二烯2次、硝酸2次。

承上，環保局並將前述高值污染物之監測值與當下環境風向進行結合，如圖23及圖24示，以分析污染可能來源，丙烯腈110~111年期間均約較常來自北北西至西北西方向；1,3-丁二烯110~111年期間均約較常來自西側至北側方向；醋酸乙烯酯110年相對高值約來自西北側方向，而西南至西北側則為110年部分高值及111年高值主要來源方向；氨111年期間相對高值約來自偏南側方向，部分測值約來自北側至西北側；DMF 111年期間相對高值約較常來自西南至北側方向；硝酸111年期間相對高值約來自東南至南南西方向。

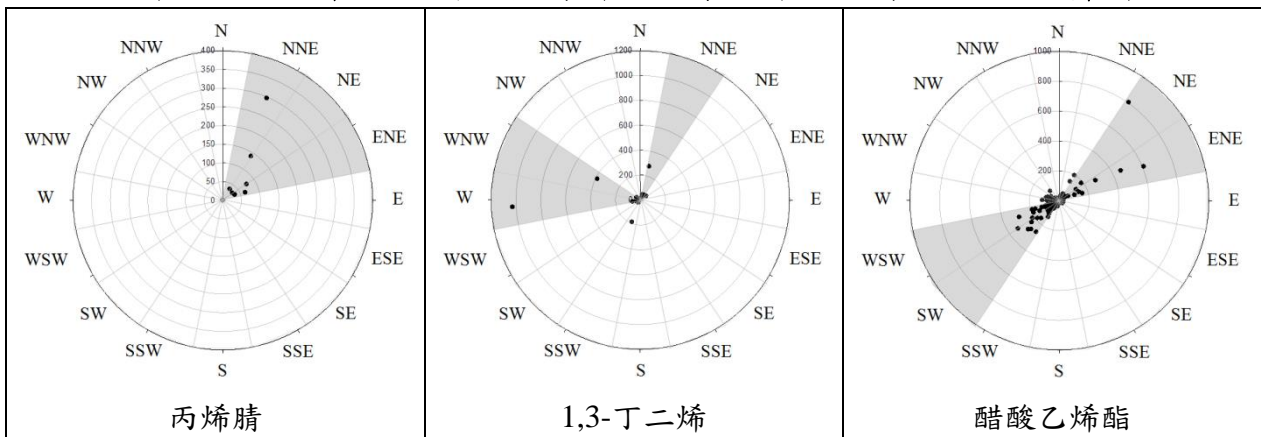
南側測站多項污染物及可能來源，經與五常里測站及東側測站交相比對，多可掌握其主要貢獻來源或型態，在1,3-丁二烯、醋酸乙烯酯及丙烯腈等污染物方面，其相對高值多與工廠非常態操作有關，而DMF則可能與A廠常態操作之貢獻有關；另南側測站有較不同其他測站之相對高值污染物氨及硝酸，推測可能來自大社工業區外南側之L廠常態操作所貢獻。上述各污染物及污染源，環保局均已納為管制及改善追蹤對象，雖南側測站相對其他測站設置期程較短，較不易評估長期改善效益，但111年期間已無110年單月相對高值次數大於10次之現象，略有改善成效。

圖 22、110~111 年南側測站污染物相對高值次數逐月統計圖



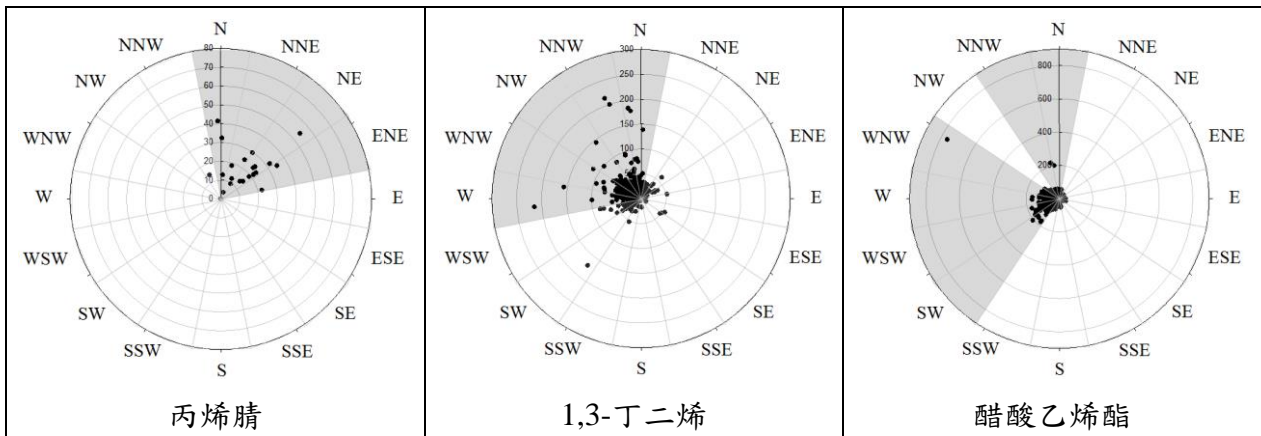
資料來源：高雄市政府環境保護局

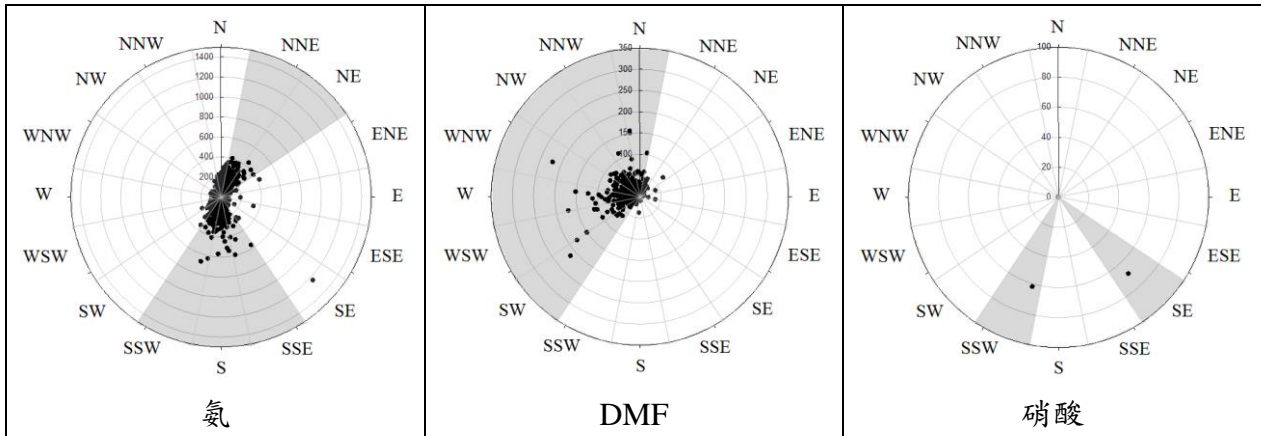
圖 23、110 年南側測站相對高值污染物濃度及來源方向分析圖



資料來源：高雄市政府環境保護局

圖 24、111 年南側測站相對高值污染物濃度及來源方向分析圖





資料來源：高雄市政府環境保護局

肆、結論與建議

環保局為提升管制量能之效益及評估管制作為成效，針對大社工業區投入OP-FTIR，進行長期監測及污染追蹤，並依據追蹤成果擬定管制策略後，逐步改善污染源對於民生環境之影響，位處大社工業區西北側之五常里測站，其111年污染物相對高值出現次數38次，較之104年735次，已達顯著改善成效；另在近年(110年)方設置完成之大社工業區東側測站及南側測站，經追蹤及管制，各測站污染高值有部分改善成效，其中重點污染物氰化氫於110年4月~111年4月期間高值次數計100次，111年5月後至現今已無高值情形，亦有顯著改善成效。

依據上述所執行之污染改善策略，即監測-追蹤-改善-評估等作為之連結應用，環保局有效改善大社工業區對於區域環境之污染貢獻，以長期性層面而言，長期測站五常里測站污染相對高值改善可達94.8%。此外，進一步分析前述方法成果，污染物高值次數下降，多與常態性操作導致之污染高值貢獻改善有關，即環保局藉由前述方法雖能針對工廠端整體之運作污染貢獻達到改善效益，但非常態作業期間(如：開、停車、設備維護等)之瞬間污染高值近年仍有改善空間，多數工廠於非常態操作情況下，除因緊急應變而有防制疏漏外，各廠歲修作業之防制作為亦較常態

操作期間不足，因此近年環保局已加強投入各廠歲修作業之查核，並輔以OP-FTIR監測，視其污染貢獻再加強巡檢能量，以全面改善工業區之污染貢獻情形。

伍、參考文獻

1. 高雄市政府環保局(2023)，111年度OP-FTIR監測及污染追蹤計畫正式結案報告。
2. 高雄市政府環保局(2023)，111年高雄市空氣污染巡查檢測計畫正式結案報告。
3. 高雄市政府環保局(2022)，110年高雄市空氣污染巡查檢測計畫正式結案報告。
4. 高雄市政府環保局(2022)，110年度OP-FTIR監測及污染追蹤計畫正式期末報告。
5. 高雄市政府環保局(2021)，109年高雄市空氣污染巡查檢測計畫正式結案報告。
6. 高雄市政府環保局(2020)，107~108年有害空氣污染物採樣檢測暨揮發性有機物連續監測設備維護運轉計畫正式報告。
7. 高雄市政府環保局(2018)，105~106年有害空氣污染物採樣檢測暨揮發性有機物連續監測設備維護運轉計畫正式結案報告。
8. 高雄市政府環保局(2017)，103-104年度高雄市揮發性有機物連續監測與採樣計畫正式結案報告。