

宜蘭縣政府環境保護局
106 年度自行研究計畫

固定污染源周界外遠距離異味污染物影響分析

提報者：陳科長旻谷
中華民國 106 年 7 月

宜蘭縣環境保護局 105 年度 研究報告摘要 表		填表人：陳科長旻谷 填表日期：106 年 07 月 7 日	
研究報告名稱	固定污染源周界外遠距離異味污染物影響分析		
研究單位及人員	空氣噪音科 陳科長旻谷	研究時間	自 105 年 06 月 29 日 至 105 年 07 月 07 日
內 容 摘 要			
<p>1. 近年來宜蘭縣冬山鄉及蘇澳鎮附近時常有不明異味的發生，民眾形容異味如同酸臭味、煙硝味、魚腥味、阿摩尼亞味、化學製品味及無法形容的臭味等。</p> <p>2. 民眾表示異味大多發生在上午及清晨，發生的時間並不連續，每次持續的時間也不相同，有時持續較長有時持續較短或為瞬間異味，尤其以冬山鄉的慈心華德福學校附近的異味最為明顯，同時學校附近的香和、南興、東城、冬山等社區，也都深受空污之苦。</p> <p>3. 環保署於 105/06/29~07/07 期間，分別於冬山鄉的慈心華德福學校和蘇澳鎮的馬賽路附近進行兩條 OP-FTIR 測線的連續監測，以每 5 分鐘蒐集 1 筆光譜的頻率，進行長時間連續監測，配合同步監測的氣象資料，釐清各空氣污染成分的來源方向。</p> <p>4. 監測結果顯示主要異味成分超過嗅覺閾值(超出倍數-測線)如下：二硫化碳 16ppb (9.34-冬山)、氨氣 43ppb (4.99-冬山&蘇澳)及醋酸甲酯 170ppb (1.38-冬山)</p> <p>5. 比對量測期間冬山鄉測線附近居民的異味陳情記錄與 OP-FTIR 監測結果</p> <p>(1)量測期間共發生過 13 次的異味事件(2)所有 13 次的異味記錄中，上午發生的次數最多(8 次)；下午 2 次，晚上 1 次，清晨 2 次(3) OP-FTIR 監測數據顯示，醋酸甲酯、甲醇、乙酸乙酯、二硫化碳及羰基硫等 5 種污染物的平均濃度都呈現上午高於其他時段，和異味陳情的時段以上午居多的特性相似(4)氨氣和一氧化碳的平均濃度則呈現夜間高於日間，和異味陳情的時段以上午居多的特性略有不同(除了清晨以外)</p>			

6. 污染來源分析:

(1) 冬山鄉和蘇澳鎮的醋酸甲酯、甲醇和乙酸乙酯，都是從台化龍德廠的方向飄送過來；利用逆軌跡分析可以進一步證實，醋酸甲酯的來源應以台化龍德廠北半邊廠區為主

(2) 慈心華德福學校的二硫化碳和羰基硫，則是從測線的東-東南東-東南方飄送過來；同一時間在文化國中-馬賽國小測線，亦測得羰基硫從西北方飄送過來(二硫化碳濃度可能低於偵測下限)，顯示冬山鄉測線的二硫化碳和羰基硫和蘇澳鎮測線的羰基硫，應該都是從台化龍德廠的方向飄送過來；利用逆軌跡分析也進一步證實，二硫化碳的污染來源應以台化龍德廠南半邊廠區為主。

第一章 研究主旨

1.1 研究動機

近年來宜蘭縣冬山鄉及蘇澳鎮附近時常有不明異味的發生，宜蘭縣轄區內除了有龍德及利澤工業區以外，還有多家水泥工廠。附近居民時常抱怨聞到不明的臭異味，因而打電話向環保局陳情，並形容異味如同酸臭味、煙硝味、魚腥味、阿摩尼亞味、化學製品味及無法形容的臭味等。由於宜蘭縣具有畚箕形的地形，同時又靠山、面海，因此在區內產生的空氣污染物，受到海陸風及地形風的影響，較不易擴散容易累積在特定區域造成異味。民眾表示異味大多發生在上午及清晨，發生的時間並不連續，每次持續的時間也不相同，有時持續較長有時持續較短或為瞬間異味，尤其以冬山鄉的慈心華德福學校附近的異味最為明顯，同時學校附近的香和、南興、東城、冬山等社區，也都深受空污之苦。

1.2 研究目的

宜蘭縣環保局指出，105年6月1日水泥業空污加嚴標準已經上路，配合年初發布的加嚴異味污染物排放標準，希望能夠藉由法規的加嚴規範來減少污染。但是對於困擾當地居民多年的異味問題，仍然缺乏有力的科學證據來佐證或反映異味發生的真正情境；換言之，從未有任何單位在異味發生的所在地(學校或社區)附近進行受體(receptor)的連續監測，再配和當地民眾在聞到臭味時記錄下時段及氣味特徵，再配合氣象資料及空污監測數據來解析真正造成民眾嗅覺感知不佳的異味是由何種成分造成，以及異味的濃度、特徵及強度，甚至來源的風向與發生的時間，以便瞭解當地居民所感受到的臭異味，是否除了現有已知的污染源以外，還有其他未知或不明確的來源。

有鑑於各縣市的異味陳情數量逐年快速增加且稽查處分無法有效地確認異味污染來源或製程，環保署在潮寮重大空氣污染事件之後，於歷年的委辦計畫中發展「漸進式污染源搜尋方法」，結合光學遙測技術的特性和主成份分析統計方法，建立快速找出異味污染源的技術，並成功地運用於台中工業區和台南科工區等屢遭陳情異味污染來源調查，找出污染來源並督促工廠進行改善後順利地解決

台中工業區附近的東海大學和學校北邊東海里的異味問題、新竹縣紡織廠異味問題及台南科工區附近的異味問題，以「漸進式污染源搜尋方法」，配合地方環保局的相關計畫進行污染問題(異味污染成份)和來源製程/管道的確認，進而提供環保局相關的調查結果作為要求工廠進行污染改善的依據。

因此本次針對宜蘭縣的不明異味污染調查，亦將依據附近主要污染源的許可資料，分析原物料、產品的使用情形及空氣污染防制設備的設置狀況，評估可能的異味成分及事件發生的特性；同時彙整分析工業區內工廠的行業別，依據行業別特性、製程操作特性、有機溶劑使用情形及空氣污染防制設備的設置情形；再配合 OP-FTIR 及同步的氣象站於異味陳情頻繁地區進行長時間的連續監測，比對居民異味陳情記錄，追蹤異味的可能成分、方向及來源，督導污染源進行污染改善，以避免異味污染物持續影響當地居民的生活品質。

1.3 研究範圍

圖 1.3-1 為龍德及利澤工業區廠商配置圖。根據宜蘭縣環保局的異味陳情案件統計，冬山鄉的慈心華德福學校和蘇澳鎮的馬賽路附近是該縣境內之兩處主要的異味熱區，就地理位置而言，兩者分別位於龍德工業區的西邊 1.8 公里處及東南邊 1.3 公里處，除了龍德工業區以外，慈心華德福學校的西邊還有潤泰水泥廠，可能產生氨氣而有阿摩尼亞的異味問題。圖 1.3-2 為異味陳情點和工業區的相對位置圖。



圖1.3-1龍德工業區廠商配置圖



圖1.3-2異味陳情點和附近可疑污染源(含龍德工業區)的相對位置圖

內容

第一章 研究主旨	4
1.1 研究動機	4
1.2 研究目的	4
1.3 研究範圍	5
圖 1.3-1 龍德工業區廠商配置圖	6
圖 1.3-2 異味陳情點和附近可疑污染源(含龍德工業區)的相對位置圖	6

第二章 環境背景資料

1.1 陳情事件之分析

103 年至 105 年異味污染物「製程異味」陳情案件分別為分別為件 427、385 件和 614 件，分別佔總異味污染物之 19.1%、18.6% 和 27.3%。製程異味主要之污染來源為「工業（工廠）」，陳情地點多位於五結鄉、冬山鄉及蘇澳鎮之利澤與龍德工業區，而陳情原因主要為民眾聞到工廠運作時產生的異味，雖多數陳情案件為稽查後未發現明顯污染之情事，仍會勸導附近業者注意加強空污防制，避免造成污染之情事。

104 年與 105 年製程異味屢遭陳情對象如表 1-1 所示。新德記肥料廠 105 年陳情件數較 104 年減少 6 件，被陳情原因為工廠傳出惡臭味。業者於廠內有加裝水洗、活性炭吸附等防制設備。環保局人員至現場稽查時，於該廠周界外巡視皆未發現明顯污染情事，故勸導業者加強注意排放情形，避免造成空氣污染之情事。

台灣化學纖維股份有限公司龍德廠 105 年陳情案件較 104 年減少 4 件，其陳情原因為排放惡臭氣味、酸臭味及濃煙瀰漫。經環保人員到場稽查，均未發現有明顯異常排放或異味情形。針對該廠將建議業者加強注意廠內操作及空污防制（靜電除塵及溼式洗滌排煙脫硫）工作，以防止空氣污染產生。

潤泰精密材料股份有限公司冬山廠 105 年陳情件數較 104 年增加 5 件，其被陳情原因為工廠傳出惡臭味。環保人員至該廠周界區域及下風處稽查，均未發現臭異味情形。另查看自動連續監測系統，亦符合相關規定標準。但還是要求業者加強注意工廠煙道排放及異味防制工作，避免造成空氣污染之情事。

整體而言，在管制上仍需落實於後續追蹤及輔導工作，製程異味陳情案件很多來自工業區之工廠，而民眾陳情內容多為「聞到酸臭味」、「聞到惡臭味」、「工廠排放白煙」以及「工廠排放異常黑煙、灰煙」。

表1-1 製程異味屢遭陳情對象

鄉鎮	污染者名稱	104年 陳情次數	105年 陳情次數	105年 增加次數
五結鄉	新德記肥料廠	8	2	-6
冬山鄉	台化龍德廠	18	14	-4
	潤泰冬山廠	4	9	5

資料來源：宜蘭縣環保局報案中心

1.2 宜蘭縣臭異味現況與管制

104年與105年製程異味陳情增加件數分布上可看出，主要集中在特定區域，冬山鄉與蘇澳鎮之特定路段，民眾感受與環保標準存在落差，主因為法規標準與污染物人體閾值之落差，如硫化氫周界標準100ppb，而文獻指出高於0.4ppb即可能感受到異味，針對前述問題，既有法規管制面向分為「臭味管制」和「污染物濃度管制」

- 1.前者於105.1.22公告實施「宜蘭縣異味污染物排放標準」
- 2.後者依工業區空氣污染物種類，著手研擬加嚴濃度標準，但仍需評估合理性和技術可行性

表1-2 104年與105年製程異味陳情增加件數分布

陳情項目	鄉鎮市	陳情案件增加路段分布	說明
製程異味	蘇澳鎮	馬賽地區(30件)	主要為陳情家寶魚腥味
	冬山鄉	照安路(29件) 香和路(8件) 香南路(16件)	分布於慈心華德福附近異味陳情案件
	蘇澳鎮、冬山鄉	龍祥路段(42件) 德興路段(52件)	主要為龍德工業區酸臭味陳情案件

宜蘭縣環境保護局 105 年度 研究報告摘要表		填表人：陳科長旻谷 填表日期：106 年 07 月 7 日	
研究報告名稱	固定污染源周界外遠距離異味污染物影響分析		
研究單位及人員	空氣噪音科 陳科長旻谷	研究時間	自 105 年 06 月 29 日 至 105 年 07 月 07 日
內 容 摘 要			
<p>7. 近年來宜蘭縣冬山鄉及蘇澳鎮附近時常有不明異味的發生，民眾形容異味如同酸臭味、煙硝味、魚腥味、阿摩尼亞味、化學製品味及無法形容的臭味等。</p> <p>8. 民眾表示異味大多發生在上午及清晨，發生的時間並不連續，每次持續的時間也不相同，有時持續較長有時持續較短或為瞬間異味，尤其以冬山鄉的慈心華德福學校附近的異味最為明顯，同時學校附近的香和、南興、東城、冬山等社區，也都深受空污之苦。</p> <p>9. 環保署於 105/06/29~07/07 期間，分別於冬山鄉的慈心華德福學校和蘇澳鎮的馬賽路附近進行兩條 OP-FTIR 測線的連續監測，以每 5 分鐘蒐集 1 筆光譜的頻率，進行長時間連續監測，配合同步監測的氣象資料，釐清各空氣污染成分的來源方向。</p> <p>10. 監測結果顯示主要異味成分超過嗅覺閾值(超出倍數-測線)如下：二硫化碳 16ppb (9.34-冬山)、氨氣 43ppb (4.99-冬山 & 蘇澳)及醋酸甲酯 170ppb (1.38-冬山)</p> <p>11. 比對量測期間冬山鄉測線附近居民的異味陳情記錄與 OP-FTIR 監測結果</p> <p>(1)量測期間共發生過 13 次的異味事件(2)所有 13 次的異味記錄中，上午發生的次數最多(8 次)；下午 2 次，晚上 1 次，清晨 2 次(3) OP-FTIR 監測數據顯示，醋酸甲酯、甲醇、乙酸乙酯、二硫化碳及 羰基硫等 5 種污染物的平均濃度都呈現上午高於其他時段，和異味 陳情的時段以上午居多的特性相似(4) 氨氣和一氧化碳的平均濃度則呈現夜間高於日間，和異味陳情的時段以上午居多的特性略有不同(除了清晨以外)</p>			

內 容 摘 要

12. 污染來源分析:

(1) 冬山鄉和蘇澳鎮的醋酸甲酯、甲醇和乙酸乙酯，都是從台化龍德廠的方向飄送過來；利用逆軌跡分析可以進一步證實，醋酸甲酯的來源應以台化龍德廠北半邊廠區為主

(2) 慈心華德福學校的二硫化碳和羰基硫，則是從測線的東-東南東-東南方飄送過來；同一時間在文化國中-馬賽國小測線，亦測得羰基硫從西北方飄送過來(二硫化碳濃度可能低於偵測下限)，顯示冬山鄉測線的二硫化碳和羰基硫和蘇澳鎮測線的羰基硫，應該都是從台化龍德廠的方向飄送過來；利用逆軌跡分析也進一步證實，二硫化碳的污染來源應以台化龍德廠南半邊廠區為主。

第一章 研究主旨

2.1 研究動機

近年來宜蘭縣冬山鄉及蘇澳鎮附近時常有不明異味的發生，宜蘭縣轄區內除了有龍德及利澤工業區以外，還有多家水泥工廠。附近居民時常抱怨聞到不明的臭異味，因而打電話向環保局陳情，並形容異味如同酸臭味、煙硝味、魚腥味、阿摩尼亞味、化學製品味及無法形容的臭味等。由於宜蘭縣具有畚箕形的地形，同時又靠山、面海，因此在區內產生的空氣污染物，受到海陸風及地形風的影響，較不易擴散容易累積在特定區域造成異味。民眾表示異味大多發生在上午及清晨，發生的時間並不連續，每次持續的時間也不相同，有時持續較長有時持續較短或為瞬間異味，尤其以冬山鄉的慈心華德福學校附近的異味最為明顯，同時學校附近的香和、南興、東城、冬山等社區，也都深受空污之苦。

2.2 研究目的

宜蘭縣環保局指出，105年6月1日水泥業空污加嚴標準已經上路，配合年初發布的加嚴異味污染物排放標準，希望能夠藉由法規的加嚴規範來減少污染。但是對於困擾當地居民多年的異味問題，仍然缺乏有力的科學證據來佐證或反映異味發生的真正情境；換言之，從未有任何單位在異味發生的所在地(學校或社區)附近進行受體(receptor)的連續監測，再配和當地民眾在聞到臭味時記錄下時段及氣味特徵，再配合氣象資料及空污監測數據來解析真正造成民眾嗅覺感知不佳的異味是由何種成分造成，以及異味的濃度、特徵及強度，甚至來源的風向與發生的時間，以便瞭解當地居民所感受到的臭異味，是否除了現有已知的污染源以外，還有其他未知或不明確的來源。

有鑑於各縣市的異味陳情數量逐年快速增加且稽查處分無法有效地確認異味污染來源或製程，環保署在潮寮重大空氣污染事件之後，於歷年的委辦計畫中發展「漸進式污染源搜尋方法」，結合光學遙測技術的特性和主成份分析統計方法，建立快速找出異味污染源的技術，並成功地運用於台中工業區和台南科工區等屢遭陳情異味污染來源調查，找出污染來源並督促工廠進行改善後順利地解決台中工業區附近的東海大學和學校北邊東海里的異味問題、新竹縣紡織廠異味問題及台南科工區附近的異味問題，以「漸進式污染源搜尋方法」，配合地方環保局的相關計畫進行污染問題(異味污染成份)和來源製程/管道的確認，進而提供環保局相關的調查結果作為要求工廠進行污染改善的依據。

因此本次針對宜蘭縣的不明異味污染調查，亦將依據附近主要污染源的許可資料，分析原物料、產品的使用情形及空氣污染防制設備的設置狀況，評估可能的異味成分及事件發生的特性；同時彙整分析工業區內工廠的行業別，依據行業別特性、製程操作特性、有機溶劑使用情形及空氣污染防制設備的設置情形；再配合 OP-FTIR 及同步的氣象站於異味陳情頻繁地區進行長時間的連續監測，比對居民異味陳情記錄，追蹤異味的可能成分、方向及來源，督導污染源進行污染改善，以避免異味污染物持續影響當地居民的生活品質。

2.3 研究範圍

圖 1.3-1 為龍德及利澤工業區廠商配置圖。根據宜蘭縣環保局的異味陳情案件統計，冬山鄉的慈心華德福學校和蘇澳鎮的馬賽路附近是該縣境內之兩處主要的異味熱區，就地理位置而言，兩者分別位於龍德工業區的西邊 1.8 公里處及東南邊 1.3 公里處，除了龍德工業區以外，慈心華德福學校的西邊還有潤泰水泥廠，可能產生氨氣而有阿摩尼亞的異味問題。圖 1.3-2 為異味陳情點和工業區的相對位置圖。



圖2.3-1 龍德工業區廠商配置圖



圖2.3-2 異味陳情點和附近可疑污染源(含龍德工業區)的相對位置圖

內容

第一章 研究主旨 4

1.1 研究動機.....	4
1.2 研究目的.....	4
1.3 研究範圍.....	5
圖 1.3-1 龍德工業區廠商配置圖.....	6
圖 1.3-2 異味陳情點和附近可疑污染源(含龍德工業區)的相對位置圖	6

第二章 環境背景資料

3.1 陳情事件之分析

103 年至 105 年異味污染物「製程異味」陳情案件分別為分別為件 427、385 件和 614 件，分別佔總異味污染物之 19.1%、18.6%和 27.3%。製程異味主要之污染來源為「工業（工廠）」，陳情地點多位於五結鄉、冬山鄉及蘇澳鎮之利澤與龍德工業區，而陳情原因主要為民眾聞到工廠運作時產生的異味，雖多數陳情案件為稽查後未發現明顯污染之情事，仍會勸導附近業者注意加強空污防制，避免造成污染之情事。

104 年與 105 年製程異味屢遭陳情對象如表 1-1 所示。新德記肥料廠 105 年陳情件數較 104 年減少 6 件，被陳情原因為工廠傳出惡臭味。業者於廠內有加裝水洗、活性碳吸附等防制設備。環保局人員至現場稽查時，於該廠周界外巡視皆未發現明顯污染情事，故勸導業者加強注意排放情形，避免造成空氣污染之情事。

台灣化學纖維股份有限公司龍德廠 105 年陳情案件較 104 年減少 4 件，其陳情原因為排放惡臭氣味、酸臭味及濃煙瀰漫。經環保人員到場稽查，均未發現有明顯異常排放或異味情形。針對該廠將建議業者加強注意廠內操作及空污防制（靜電除塵及溼式洗滌排煙脫硫）工作，以防止空氣污染產生。

潤泰精密材料股份有限公司冬山廠 105 年陳情件數較 104 年增加 5 件，其被陳情原因為工廠傳出惡臭味。環保人員至該廠周界區域及下風處稽查，均未發現臭異味情形。另查看自動連續監測系統，亦符合相關規定標準。但還是要求業者加強注意工廠煙道排放及異味防制工作，避免造成空氣污染之情事。

整體而言，在管制上仍需落實於後續追蹤及輔導工作，製程異味陳情案件很多來自工業區之工廠，而民眾陳情內容多為「聞到酸臭味」、「聞到惡臭味」、「工廠排放白

煙」以及「工廠排放異常黑煙、灰煙」。

表3-1 製程異味屢遭陳情對象

鄉鎮	污染者名稱	104年 陳情次數	105年 陳情次數	105年 增加次數
五結鄉	新德記肥料廠	8	2	-6
冬山鄉	台化龍德廠	18	14	-4
	潤泰冬山廠	4	9	5

資料來源：宜蘭縣環保局報案中心

3.2 宜蘭縣臭異味現況與管制

104年與105年製程異味陳情增加件數分布上可看出，主要集中在特定區域，冬山鄉與蘇澳鎮之特定路段，民眾感受與環保標準存在落差，主因為法規標準與污染物人體閾值之落差，如硫化氫周界標準100ppb，而文獻指出高於0.4ppb即可能感受到異味，針對前述問題，既有法規管制面向分為「臭味管制」和「污染物濃度管制」

1.前者於105.1.22公告實施「宜蘭縣異味污染物排放標準」

2.後者依工業區空氣污染物種類，著手研擬加嚴濃度標準，但

仍需評估合理性和技術可行性

表3-2 104年與105年製程異味陳情增加件數分布

陳情項目	鄉鎮市	陳情案件增加路段分布	說明
製程異味	蘇澳鎮	馬賽地區(30件)	主要為陳情家寶魚腥味
	冬山鄉	照安路(29件) 香和路(8件) 香南路(16件)	分布於慈心華德福附近異味陳情案件
	蘇澳鎮、冬山鄉	龍祥路段(42件) 德興路段(52件)	主要為龍德工業區酸臭味陳情案件

內容

第二章 環境背景資料..... 8

 2.1 陳情事件之分析 8

 2.2 宜蘭縣臭異味現況與管制 9

表 2-1 製程異味屢遭陳情對象..... 9

表 2-2 104 年與 105 年製程異味陳情增加件數分布 10

第三章 研究方法
調查方法

異味污染源的確認，首重在異味成份和來源的調查，所謂「工欲善其事，必先利其器」，因此調查量測的技術是基礎，但必須要有適當的方法和系統性的調查規劃，才能達到事半功倍的效果。就空氣污染調查的目的而言，最根本的要求不外乎符合法令的規定，環保機關透過管制法規和排放標準及標準檢測方法的制訂，提供行業別的排放標準、廢氣的處理技術及明訂防制設備的控制效率，供業者得以遵循。然而，符合法令的規定，通常並不代表不會有污染陳情及抗爭事件的發生，因為許多的空氣污染物都具有相當低的嗅覺閾值，只要很低的濃度就會產生異味問題。異味物質的監測調查，傳統上的量測方法包括氣體成分分析和官能測定。兩種方法均有其優缺點，成分分析可以瞭解現場的氣體組成，但濃度和 嗅覺的感知並沒有絕對的相關性；而官能測定雖然可以感知味道，但卻流於主觀的判定，且無法知道造成異味的化學成分，因此，雖然官能測定方法為目前普遍 用於臭味污染的執法上，但卻往往缺乏客觀的證據而影響其污染來源的認定。然而，氣體分量測的方法也往往因異味污染發生的時間點不易掌握，錯失採樣時機而無法確定是否採集到異味污染物。傳統的異味調查技術大多侷限於某一短暫 時間之定點採樣檢測，故檢測結果大多僅代表某一定點之單一測值(濃度或強度)，無法反映大範圍之污染情形且無法呈現時序變化的情形，更不易釐清在那一種風向時才會出現污染，因此無法有效地區別污染排放源所在方位，故常有事倍功半之憾。此外，空氣樣品的採樣步驟在分析過程中扮演著決定性的角色，因為採樣步驟決定了樣品的代表性。採樣技術的選擇，決定了何種分析的資訊(結果) 可以提供給我們做為決策的參考。通常採樣技術的選擇，除了必須考慮到樣品的來源(如排放管道或大氣環境)外，最好要先釐清污染物的種類和組成，例如：揮發性有機空氣污染物(VOCs)、半揮發性有機空氣污染物(SVOCs)、極性(polar)、 非極性(non-polar)等。

監測原理

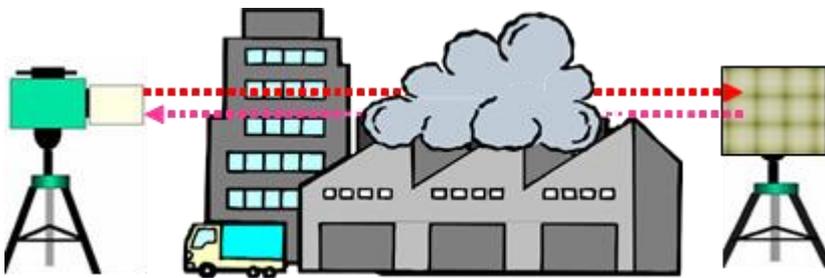
本計畫以環保署環境檢驗所公告之「開徑式傅立葉轉換紅外光光譜分析法」(中華民國 94 年 11 月 09 日環署檢字第 0940090233 號公告 NIEA A002.10C)標準方法，在異味陳情熱區進行。該方法係以開徑式傅立葉轉換紅外光譜儀(Open-path Fourier Transform Infrared Spectroscopy，簡稱 OP-FTIR)連續掃描空氣中有機和無機 揮發性污染物，經光譜分析求得在量測路徑內氣體樣品的平均濃度。OP-FTIR 係 量測開放空間量測光徑距離內的氣體平均濃度，偵測原理為利用紅外光源 (light source) 產生光束並通過開放空間(O)，其中光徑範圍內的污染氣體分子，會吸收特定波長的紅外光，使得入射光的強度在特定的波段有所改變，該光強度改變的訊息，藉由偵檢器 (detector) 偵知後，即可獲得一張紅外光的干涉圖譜，經由一系列的傅立葉轉換數學運算後，可將干涉圖譜轉換成穿透、吸收光譜，再

用以與標準圖譜資料庫中的圖譜進行比對，根據光譜圖上化合物的吸收位置 (Position,cm-1)、吸收波峰形狀(shape)及相對的吸收強度(intensity)，即可判別化合物之種類，進行污染物的定性分析(0)。根據 Beer-Lambert 定律 (0)，氣體分子的吸收強度與濃度呈線性關係，故可得知通過光徑之污染氣體濃度。

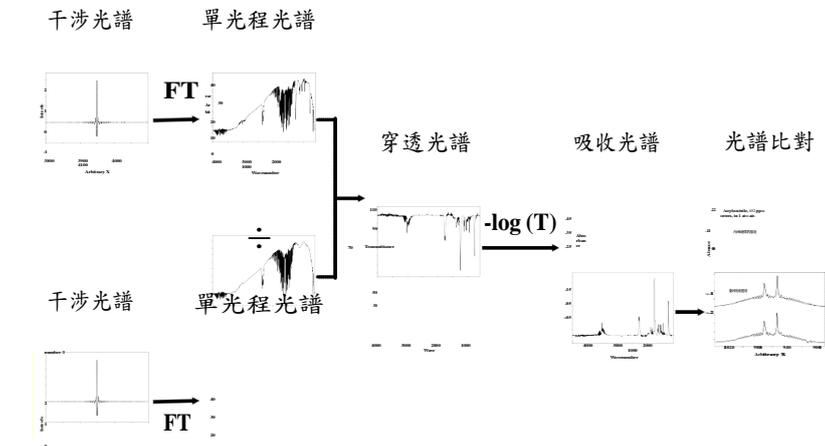
$$A = -\log_{10} \frac{I_t}{I_0} = \log_{10} \frac{1}{T} = K \cdot l \cdot c$$

- A : 吸光度 ;
- I_0 : 入射光的強度 ;
- I_t : 透射光的強度 ;
- T : 透射比, 或稱透光度 ;
- K : 係數, 可以是吸收係數或摩爾吸收係數
- l : 吸收介質的厚度, 一般以 cm 為單位 ;
- c : 吸光物質的濃度, 單位可以是 g/L 或 mol/L

Beer-Lambert 定律公式



OP-FTIR 量測方式



光譜種類與分析流程

OP-FTIR 儀器之介紹

儀器架構主要分為四大部份，第一部份包括由光源、干涉儀 (interferometer)、偵測器(detector)等組成的主機部份，其功能主要為產生並偵測 紅外光訊號。第二部份為望遠鏡，可用來發射與接收紅外光。第三部份為反射鏡 (retroreflector)，可反射並集中紅外光束。其餘部份則為訊號收集及處理系統。儀器的基本設計為對量測區域發射一道光束，並量測光束通過待測氣體後的強度變化量。由於每種氣體分子均有其特定之紅外光吸收係數，在光束通過量測區域 時，特定氣體分子會吸收特定波長的光，使得光束在此波段之強度減弱，而吸收 前後之光強度比值與氣體的濃度直接相關，測量氣體樣品的吸光波段及強度，便 可得知氣體中所含的成分及濃度。

本計畫所使用儀器之最高解析度為 1 cm^{-1} ，每個光譜取得(包含霍氏轉換所需 時間)大約為 4~5 秒產生一個光譜圖。實際量測時，其偵測極限(MDL)會因總光徑長度不同而有所不同，亦即偵測極限會隨著反射鏡與光源的實際距離而改變，拉長量測距離雖可提高儀器的靈敏度，但訊號強度亦隨之降低。依據本計畫儀器可接受光徑長度測試結果，當光程來回路徑總長介於 100 到 500 公尺(相當於主機與反射鏡距離 50 到 250 公尺)之間，光強度變化呈線性關係，故以該距離為本量測之偵測長度範圍。

光學遙測量測分析技術因其儀器設計原理特性，不需經過採樣後再帶回實驗室分析判讀的兩個不連續的過程，可於污染現場量測所得的干涉光譜 (interferogram)，經由儀器做快速的傅立葉轉換而得到一個單光程光譜，每一個單光程光譜即為一筆量測數據，而後儲存在連接於 FTIR 的電腦中。歸納 FTIR 在進行氣體量測上具備下列之優點：(1)不需要採樣程序即可直接對大氣中之氣體污染物進行量測(2)可應用於點測定 (Close-cell FTIR, CC-FTIR)，亦可採用開放光徑監測 (Open-Path FTIR, OP-FTIR)，使監測範圍擴大，可達數百公尺(3)具即時監測 (real-time monitoring) 能力(4)可進行連續量測，了解氣體污染物之濃度變化(5)可同時進行多種氣體監測，監測之氣體種類達 300 種以上。

FTIR 技術說明

FTIR 之定性原理(0)，主要係依據化合物的某一特定官能基或鍵結在振動或轉動 時，對於特定頻率的紅外光有其獨特(unique)的吸收，此特性僅與化合物之結構 或鍵結位置有關，而不受其它因素影響，故可經由理論推算或與實測光譜資料庫比對，找出確切的化合物種類。理論上，除了單原子及同核雙原子分子之外(如： N_2 、 O_2)，幾乎所有化合物均具有獨特的紅外光吸收，而且即使是光學同分異構物 或同位素(如 $^{14}\text{N}^{15}\text{N}^{16}\text{O}$ 、 $^{15}\text{N}^{14}\text{N}^{16}\text{O}$ ； H_2O 、 HDO 、 D_2O 等)，在紅外光光譜的吸收上 亦各自表現出不同特性，由此可知紅外光儀對於有機或無機；固體、液體或氣體；自由基；甚至材料中之微量不純物分析，皆有相當的應用空間。

光學遙測量測分析技術與傳統之採樣分析方法（如： GC/MS -不鏽鋼筒）的差異，如 0 所示。

除 0 中所列此兩種採樣分析方法的差異外，光學遙測技術具有相當多的優點，分別歸納如下：

- (1)光學遙測法能偵測人員難以靠近或不易採樣之地區，如煙囪排煙、危害性廢棄物掩埋場等。
- (2)光學遙測法提供光徑內物質之平均濃度，故特別適用於連續式廠周界偵測及 區域性氣體洩漏偵測。
- (3)可直接進行現場量測，不需經過採樣程序，故無傳統式點監測法的樣品不夠 完整之困擾。
- (4)長光徑連續量測方式，配合同步的氣象資料(風速風向)監測，可追查潛在的污染來源。

相對於其他監測方法，紅外光遙測技術的優勢恰可展現在複雜環境的量測中，舉例而言，其他監測方法常遭遇的困難如相互氣體干擾、無法確定污染時間及地點等，對 OP-FTIR 而言均不構成問題，亦即污染物種類繁多、污染成因不明的環境，適能展現 OP-FTIR 量測技術的優越性，而石化工業區恰為此種環境的典型，故對於大範圍、污染源不明確的量測環境而言，OP-FTIR 為極佳的量測工具。

OP-FTIR 和 GC/MS-不鏽鋼筒方法的差異

監測技術	相關標準	適用化合物	優點	缺點
OP-FTIR	環保署 (NIEA-A002.10C) U.S. EPA(TO-16)	NH ₃ 、HCN、及 多種 VOCs (依 標準圖譜之數 量而定)	1.大範圍量測 2.長期而連續監測 3.可同時監測多種化 合物 4.監測極限低(ppb) 5.可監測污染濃度的 變化趨勢	1.監測濃度為光徑的平 均值，無法確實量測定 點的污染濃度 2.無法判定確實的污染 來源，只能推論大約的 位置及方位 3.受限於標準光譜的數 量，可監測的物種有限 只知瞬間或一段時間的 平均濃度，無法判定濃 度隨時間的變化趨勢
GC/MS- Canister	環保署(NIEA- A715.10A) U.S. EPA(TO-14)	碳數 4 至碳數 10 的有機化合 物	1.可快速採樣 2.可多點同時監測 3.監測極限低 4.可量測之污染物種 類多	



OP-FTIR

開徑式傅立葉紅外光譜儀(OP-FTIR)

定性分析探討

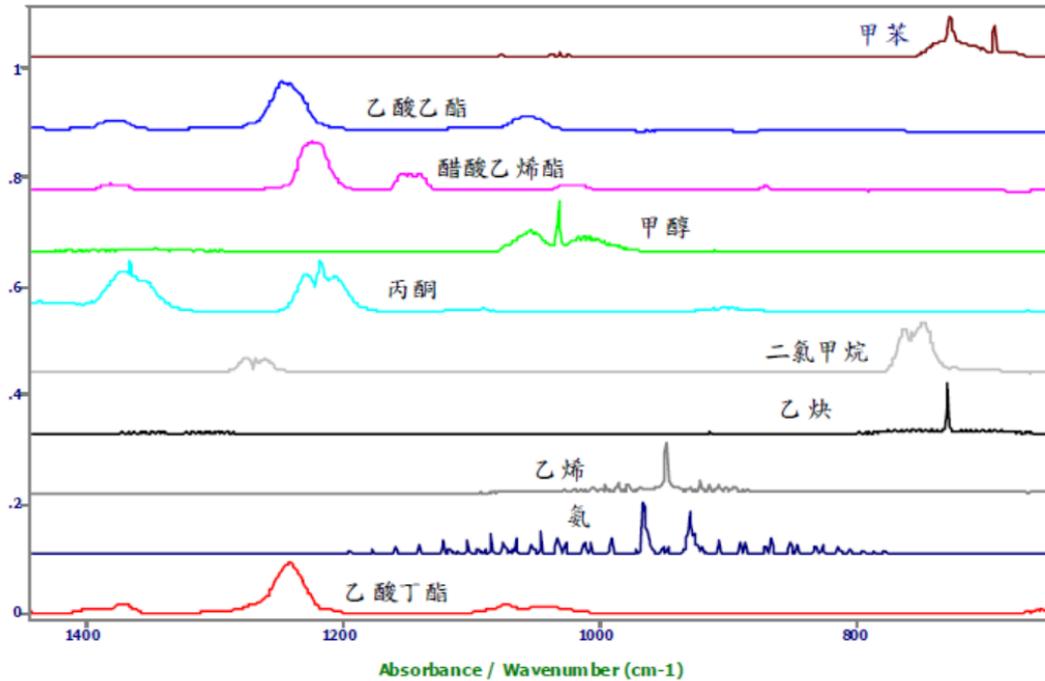
FTIR 之定性原理，主要係依據化合物的某一特定官能基或鍵結在振動或轉動時，對於特定頻率的紅外光有其獨特(unique)的吸收，此特性僅與化合物之結構或鍵結位置有關，而不受其它因素影響，故可經由理論推算或與實測光譜資料庫比對，找出確切的化合物種類。理論上，除了單原子及同核雙原子分子之外(如 N₂、O₂)，幾乎所有化合物均具有獨特的紅外光吸收，而且即使是光學同分異構物或同位素(如 14N15N16O、15N14N16O；H₂O、HDO、D₂O 等)，在紅外光光譜的吸收上亦各自表現出不同特性，由此可知紅外光儀對於有機或無機；固體、液體或氣體；自由基；甚至材料中之微量不純物分析，皆有相當的應用空間。

以定性的角度而言，對於液、氣光譜的收集則以 Aldrich 出版的「The Aldrich Library of FT-IR Spectra」中所蒐羅的光譜最為詳盡 16，其中液態光譜的解析度為 4 cm⁻¹，而氣態光譜的解析度多為 1 cm⁻¹。至於小分子的氣態光譜則以 Rao 所著的「Molecular Spectroscopy: Modern Research」一書最為詳盡。近年來配合電腦的大量使用，坊間亦已出現電腦化的光譜資料庫，並附有搜尋軟體，提供使用者更迅速、便捷的查詢工具，但因售價太高，尚未普及化。

紅外光儀的定性依據主要靠數據點比對，由於各化合物出現在光譜上的波數位置十分固定，故可根據吸收波段決定可能存在於光譜中的所有化合物種類。目前的光譜儀皆可將頻率標定的準確性精確至最小解析度的一半，換言之，最高解析度為 0.5 cm⁻¹ 的光譜儀頻率標定可精確至一個資料點 0.25 cm⁻¹，以 Ethylene 949.5 cm⁻¹ 的中心吸收頻率為例，實測光譜可能介於 949.25~949.75 cm⁻¹ 之間。儀器

的水平飄移(Shift)可藉軟體運算加以克服，將每個資料點調回正確波數位置之後，即可進行光譜形狀的吻合度比對，若吻合度在 95%以上，即可確認該位置的吸收是由何種化合物造成。

在比對未知物光譜與標準光譜(或稱參考光譜)時，必須堅守的原則為：若未知物光譜的吸收峰數目少於標準光譜，而其它吸收峰皆相當吻合，則只能認定該未知物與標準光譜上的標示化合物結構相近，但並非同一化合物。反之，若未知物的吸收峰多於標準光譜，而其它吸收峰則相當吻合，則該未知物極可能為標準光譜上所標示的化合物，多餘的吸收峰可能來自其它干擾物或雜訊。0 為數種 VOC 的標準圖譜。



數種 VOC 的紅外光標準圖譜

定量分析探討

經定性分析找出樣品光譜中所含之分析物種類之後，可續將樣品吸收光譜與 已知濃度之參考光譜相互比較，再經由數學運算程序，求出分析物濃度，此過程稱為定量分析。FTIR 定量分析結果計算，在數學上，主要是以古典最小平方法(Classical Least Squares)計算而得，FTIR 應用軟體之最小平方法與統計學上的最小平方法並無二致，待測物吸收峰 A_s 與參考光譜吸收峰 A_r 之間的比例 k 值，是決定定量分析結果準確與否的一大關鍵。 k 值的定義如下：

$$k = \frac{\sum_i (A_{si} \cdot A_{ri})}{\sum_i (A_{ri})^2}$$

A_{si} = 第 i 個待測物的吸收峰

A_{ri} = 第 i 個參考光譜吸收峰

一旦 k 值已知，則待測物的濃度 C_s 就等於 $k \times C_r$ (其中 C_r 為參考光譜濃度)。若有吸收峰重疊的現象時，亦即吸收峰 A_{si} 為多種化合物的貢獻吸收時，則：

$A_{s1} = k_1 C_{s1}$

$A_{s2} = k_2 C_{s2}$

 $A_{si} = k_{ij} C_{sj}$

總和之 A_{si} 是由 $A_{si1} + A_{si2} + A_{si3} \dots$ 所組成。若多個化合物光譜在同一吸收峰上皆有吸收，則多個化合物在多個頻率上的吸收強度與吸收係數的關係，將相當於二維陣列的方程組 $A = K \cdot C$ 。在作實樣分析時，通常面對極複雜的大氣環境，除非利用光譜相減法將化合物的各別吸收光譜一一隔離出來，否則若用逐次的多吸收強度分析法，極易將其它化合物的吸收包含進來，導致高估先分析的化合物濃度、低估後分析的化合物濃度。較佳的解決方式是同時考慮多個化合物的吸收，利用最小平方方法解出陣列最佳(最小)的殘差分佈。

在光譜上，根據 Beer's Law 寫成的二維陣列 $A = K \cdot C$ 稱為 k-matrix 或古典最小平方方法(CLS)，在此， K 可經由所有已知的參考光譜中求出 $K = A_r \cdot C_r^T (C_r C_r^T)^{-1}$ ，其中 C_r^T 表 C 的轉置矩陣(transpose matrix)，一旦求得 K 之後，待測光譜的吸收便可由已知的 k_{ij} 或 K 表示： $A_{si} = \sum k_{ij} C_{sj}$ 或 $A_s = K \cdot C_s$ ，可由電腦快速運算出逆矩陣(inverse matrix) K^{-1} ，如此一來，待測濃度 C_s 便等於 $K^{-1} A_s$ 。

另一解決方式為直接利用 $C_s = (Kt K)^{-1} \cdot Kt \cdot A_s$ 求得 C_s 。利用此一古典最小平方
法可同時解出多個化合物之間的吸收與濃度關係，所獲得的濃度 C_{si} 也較單一逐次 分析完備。儘管
如此，使用 **k-matrix** 仍有一個缺點：在建立 **K** 矩陣時，須先行了 解待測光譜中所有吸收峰的歸屬
化合物，一旦有未知的化合物出現，則無法建立 一良好的 **k-matrix**。此外，前面述及的殘差亦被列
入吸收的陣列中，無形中增加 許多誤差來源，除非未知光譜的組成極為明確，否則當未知物的吸收
強度極為接 近已知物的吸收強度時，**k-matrix (CLS)**法容易產生相當大的誤差。

為了減少此種誤差來源，本研究在定量分析上係針對每個偵測區域的特性， 撰寫適用於該廠的定量
程式（或稱 **script**），根據 **script** 計算各污染物的濃度，由 於每個區域的污染物種類各異，故 **script**
亦各不相同。**FTIR** 定量程序為：（1）以偵測工廠為單位，待偵測完畢之後，以前述之定性方法鑑定 **IR**
吸收光譜中含有的所有污染物種類；（2）根據每一工廠定性的所有化合物，以各化合物的標準光譜 在
電腦上相加而成一張合成光譜（3）再依各工廠的污染特性，製作一份 **script**， **script** 包含定量化合
物名稱、定量波數範圍、干擾物種類、干擾波數範圍等重要 資訊；（4）依據所撰寫之 **script**，以驗證
分析結果的準確性，其作法為以標準光 譜製作的已知濃度的合成光譜，利用已設定的 **script** 試行運
算各化合物的濃度 值，若定量誤差小於 25%，表示此 **script** 可接受，否則應修正 **script** 設定參數，
重新進行定量工作（5）最後以電腦依照 **script** 之指示進行濃度運算。

FTIR 可量測之物種

數據處理軟體是利用 ETG 公司改良 Galactic 公司的 LC 軟體，再根據實際需求 加以修改而成；所使用的參考光譜為 U.S. EPA 標準光譜及 Infrared Analysis 公司所製作的光譜。目前計畫中之 FTIR 可分析之物種超過 300 種化合物(0)。

FTIR 可進行定性及定量物種之清單

項次	化合物	項次	化合物	項次	化合物
1	1,1,1,2-Tetrachloroethane	104	Chloroethane	207	Methyl iodide
2	1,1,1,2-Tetrafluoroethane	105	Chloroform	208	Methyl isoamyl ketone
3	1,1,1-Trichloroethane	106	Chloromethane	209	Methyl isobutyl ketone
4	1,1,2,2-Tetrachloroethane	107	Chloromethyl methyl ether	210	Methyl mercaptan
5	1,1,2,2-Tetrafluoroethane	108	Chloropentafluoroethane	211	Methyl methacrylate
6	1,1,2-Trichloroethane	109	Chloroprene	212	Methyl nitrite
7	1,1,2-Trifluoroethane	110	Chlorotetrafluoroethane	213	Methyl tert-butyl ether
8	1,1-Dichloro-1-fluoro ethane	111	Chlorotrifluoroethylene	214	Methyl vinyl ether
9	1,1-Dichloroethane	112	Chlorotrifluoromethane	215	Methyl vinyl ketone
10	1,1-Dichloroethene	113	cis-1,2 Dichloroethylene	216	m-xylene
11	1,1-Dimethyl hydrazine	114	CO2(much)	217	n,n-Diethyl aniline
12	1,2,3-Propanetriol w/methyloxirane	115	Crotonaldehyde	218	n,n-Dimethyl formamide
13	1,2,3-Trichloropropane	116	Cumene	219	Naphthalene
14	1,2,4-Trichlorobenzene	117	Cyclohexane	220	n-Butyl acetate
15	1,2,4-Trimethyl benzene	118	Cyclohexanone	221	n-Butyl alcohol
16	1,2-Dibromo-3-chloropropane	119	Cyclohexene	222	n-Butyraldehyde
17	1,2-Dibromoethane	120	Cyclopentene	223	n-Heptane
18	1,2-Dichloroethene	121	Cyclopropane	224	n-Hexane
19	1,2-Dichloropropane	122	Dibromomethane	225	Nitric acid
20	1,2-Dichlorotetrafluoroethane	123	Dichlorodifluoromethane	226	Nitric oxide
21	1,2-Epoxybutane	124	Dichloroethyl ether	227	Nitro benzene
22	1,2-Propylenimine	125	Dichloromethane	228	Nitro ethane
23	1,3-Butadiene	126	Dichloromethane (methylene chloride)	229	Nitro methane
24	1,3-Dichloropropane	127	Dichlorotrifluoroethane	230	Nitrogen dioxide
25	1,3-Dichloropropene	128	Dichlorovos	231	Nitrogen dioxide (and N2O4)
26	1,4-Dichlorobenzene	129	Diethyl amine	232	Nitrogen trifluoride
27	1,4-Dioxane	130	Diethyl ether	233	Nitroso benzene
28	1-Butanol	131	Diethyl ketone	234	Nitrosomorpholine
29	1-Chloro-1,1-difluoro ethane	132	Difluoroethane	235	Nitrous acid
30	1-Pentene	133	Diisopropyl ether	236	Nitrous oxide

項次	化合物	項次	化合物	項次	化合物
31	2,2,4-Trimethylpentane	134	Dimethyl carbamoyl chloride	237	n-Nitrosodimethylamine
32	2,4,5-Trichlorophenol	135	Dimethyl ether	238	n-Nitrosomorpholine
33	2,4,6-Trichlorophenol	136	Dimethyl formamide	239	n-Octane
34	2,4-Toluene diisocyanate	137	Dimethyl phthalate	240	n-Propanol
35	2-Amino-2-methyl-1-propanol	138	Dimethyl sulfide	241	n-Propyl acetate
36	2-Butanone	139	Dinitrogen tetroxide	242	n-Propyl benzene
37	2-Chloro-1,3-butadiene	140	Dodecane	243	n-Propyl nitrate
38	2-Chloroacetophenone	141	Epichlorohydrin	244	o-Cresol
39	2-Chlorotoluene	142	Ethane	245	o-Dichlorobenzene
40	2-Hexanone	143	Ethanol	246	o-Dichlorobenzene
41	2-Methyl 1-pentene	144	Ethyl acetate	247	o-Toluidine
42	2-Methyl 2-butene	145	Ethyl acrylate	248	Oxygen difluoride
43	2-Methyl 2-pentene	146	Ethyl benzene	249	o-Xylene
44	2-Methyl butane	147	Ethyl butyrate	250	o-Xylene
45	2-Methyl pentane	148	Ethyl chloride	251	Ozone
46	2-Methyl-1-pentene	149	Ethyl formate	252	p-Cresol
47	2-Methyl-2-pentene	150	Ethyl vinyl ether	253	p-Dichlorobenzene
48	2-Nitropropane	151	Ethylene	254	Pentafluoroethane
49	2-Pentene	152	Ethylene dibromide	255	Pentane
50	3-Methyl 1-butene	153	Ethylene dichloride	256	Perfluorobutane
51	3-Methyl pentane	154	Ethylene oxide	257	Perfluorohexane
52	4-Chlorotoluene	155	Ethylidene dichloride	258	Perfluoromethane
53	4-Methyl 2-pentene	156	Exxon 87 gasoline	259	Perfluoropropane
54	55% Dibutyl	157	Fluorobenzene	260	Perfluoropropene
55	Acetaldehyde	158	Fluoroethane	261	Peroxy acetyl nitrate
56	Acetic acid	159	Fluoromethane	262	Phenol
57	Acetic acid, monomer and dimer	160	Formaldehyde	263	Phosgene
58	Acetone	161	Formic acid (monomer)	264	Phosphine
59	Acetonitrile	162	Furan	265	Phosphorus trichloride
60	Acetophenone	163	Glyceryl trinitrate	266	Propane
61	Acetyl Chloride	164	Hexachloro-1,3-butadiene	267	Propionaldehyde
62	Acetylene	165	Hexachlorobutadiene	268	Propionic acid
63	Acrolein	166	Hexachlorocyclopentadiene	269	Propylene
64	Acrylic acid	167	Hexachloroethane	270	Propylene dichloride
65	Acrylic acid monomer	168	Hexamethylphosphoramide	271	Propylene glycol methyl ether acetate

項次	化合物	項次	化合物	項次	化合物
66	Acrylic acid, monomer and dimer	169	Hexane	272	Propylene oxide
67	Acrylic acid, mostly monomer	170	Hexyl acetate	273	Propyleneimine
68	Acrylo nitrile	171	Hydrazine	274	p-Xylene
69	Allyl alcohol	172	Hydrogen bromide	275	Quinoline
70	Allyl chloride	173	Hydrogen chloride	276	Silane
71	Alpha-pinene	174	Hydrogen cyanide	277	Silicon tetrafluoride
72	Ammonia	175	Hydrogen fluoride	278	SOCl ₂ (Thionyl chloride)
73	Analine	176	Hydrogen iodide	279	Styrene
74	Arsine	177	Hydrogen peroxide	280	Styrene oxide
75	Benzaldehyde	178	Hydrogen sulfide	281	Sulfur dioxide
76	Benzene	179	Iodomethane	282	Sulfur hexafluoride
77	Benzotrichloride	180	Iodopentafluoroethane	283	Sulfur monochloride (S ₂ Cl ₂)
78	Benzyl chloride	181	Iodotrifluoromethane	284	Sulfuryl fluoride
79	Beta-pinene	182	Isobutane	285	Tertiary butyl benzene
80	bis-Chloromethyl ether	183	Isobutanol	286	Tetrachloroethylene
81	bis-Dichloroethyl ether	184	Isobutylene	287	Tetraethoxy silane
82	bis-Propiolactone	185	Isocyanic acid	288	Tetrafluoromethane
83	Boron trichloride	186	Iso-Octane	289	Tetrahydrofuran
84	Boron trifluoride	187	Isophorone	290	Tetrahydrothiophene
85	Bromomethane	188	Isoprene	291	Thionyl fluoride
86	Bromobenzene	189	Isopropanol	292	Thiophene
87	Bromochloromethane	190	Isopropylbenzene	293	Toluene
88	Bromoform (Tribromo methane)	191	K-1 kerosene	294	trans-3-pentene nitrile
89	Bromomethane	192	Maleic anhydride	295	Tributyl phosphate
90	Bromotrifluoromethane	193	m-Cresol	296	Trichloroethylene
91	Butane	194	m-Dichlorobenzene	297	Trichlorofluoromethane
92	Butyl acetate	195	Mesitylene	298	Trichlorotrifluoroethane
93	Carbon dioxide	196	Methane	299	Triethylamine
94	Carbon disulfide	197	Methanol	300	Trifluoroethane
95	Carbon monoxide	198	Methyl acetate	301	Trifluoromethane
96	Carbon tetrachloride	199	Methyl acrylate	302	Vinyl acetate
97	Carbon tetrafluoride	200	Methyl amine	303	Vinyl bromide
98	Carbonyl fluoride	201	Methyl bromide	304	Vinyl chloride

項次	化合物	項次	化合物	項次	化合物
99	Carbonyl sulfide	202	Methyl chloride	305	Vinylidene chloride
100	Chloroacetic acid	203	Methyl chloroform	306	Ethanol, 2-methoxy-,acetate
101	Chloroacetophenone	204	Methyl ethyl ketone	307	2-ethoxyethyl acetate
102	Chlorobenzene	205	Methyl formate		
103	Chlorodifluoromethane	206	Methyl hydrazine		

內容

第三章 研究方法	19
3.1 調查方法	19
3.2 監測原理	19
3.3 OP-FTIR 儀器之介紹	22
3.4 FTIR 技術說明	22
3.3.1 定性分析探討	23
3.3.2 定量分析探討	24
3.3.3 FTIR 可量測之物種	27

表 3-1 OP-FTIR 和 GC/MS-不鏽鋼筒方法的差異 23

表 3-2 FTIR 可進行定性及定量物種之清單 27

圖 3-1 Beer-Lambert 定律公式 21

圖 3-2 OP-FTIR 量測方式 21

圖 3-3 光譜種類與分析流程 21

圖 3-4 開徑式傅立葉紅外光譜儀(OP-FTIR) 23

圖 3-5 數種 VOC 的紅外光標準圖譜 24

第四章 執行成果

基於宜蘭縣冬山鄉及蘇澳鎮附近時常有異味陳情案件，本計畫利用兩部 OP-FTIR 及同步監測的氣象站，分別於冬山鄉和蘇澳鎮的異味陳情熱區附近進行至少連續七天的異味受體調查量測，希望透過 OP-FTIR 連續多物種及大範圍的監測技術，配合同步監測的氣象資料，瞭解造成冬山鄉及蘇澳鎮異味陳情的可能污染物及其濃度範圍，以加強兩區域異味污染源的管制。

4.1 測線規劃及基本資料

在實際量測之前，本計畫人員會同宜蘭縣環保局及環保署北區督察大隊至冬山鄉慈心華德福學校及蘇澳鎮馬賽路附近進行儀器架設地點之現勘。經現勘後考量受體和可疑污染源的相對角度、儀器放置地點的安全性及電源供應等因素，決定兩組 OP-FTIR 儀器架設的地點如表 4-1 所示。針對冬山鄉的異味調查，OP-FTIR 主機發射端架設在慈心華德福學校西北邊香南路的一處民宅二樓陽台，反射鏡則架設在慈心華德福學校南側校舍的 3 樓頂，氣象站架設在反射鏡旁樓梯間的上方，為方圓 500 公尺內的制高點，測線的單光程距離為 188 公尺。針對蘇澳鎮的異味調查，OP-FTIR 主機發射端及氣象站都架設在文化國中操場南側校舍 3 樓陽台，反射鏡則架設在馬賽國小西

側校舍 4 樓頂，測線的單光程距離為 400 公尺。圖 4.1-1 為宜蘭縣冬山鄉及蘇澳鎮 OP-FTIR 異味源調查儀器架設位置及現場照片。

表4-1 冬山鄉及蘇澳鎮異味熱區OP-FTIR 污染源調查架設地點

異味區域	OP-FTIR 主機	反射鏡	光徑長	氣象站
冬山鄉	慈心華德福學校外西北方香南路一處民宅二樓陽台	慈心華德福學校南側校舍3樓頂	188m (單程)	慈心華德福學校南側校舍3樓頂樓梯間上方
蘇澳鎮	文化國中操場南側校舍3樓陽台	馬賽國小西側校舍4樓頂	400m (單程)	文化國中操場南側校舍3樓陽台



圖4.1-1 宜蘭縣冬山鄉及蘇澳鎮OP-FTIR 異味源調查儀器架設位置

4.2 風速風向觀測結果

105/6/29~7/6 於宜蘭縣進行 OP-FTIR 的調查期間，受到夏季西南風盛行以及當地地形風的影響，當地以東南-南南東-東南東風，以及南南西-西南-西南西-西 風等風向的出現比例較高，貢獻比例分別達 9.7%-6.5%-5.9%，以及 5.07%-7.2%-6.3%-5.6%，總計這七種風向累計的貢獻比例達 46.3%；也就是佔了量測期間將近一半的機率。換言之，量測期間有 22%的風向是從東邊的龍德工業區飄來；16.01%是從西方的潤泰水泥飄來。

在平均風速方面，量測期間當地的靜風(平均風速<0.5 m/sec)的比例 19.95%，低風速(0.5~2m/sec)的比例達 44.19%，合計這段期間當地有超過 64.145%的量測時間其平均風速在 2m/sec 以下；而高風速的比例則以 2~3m/sec 最高(佔 13.25%)，其次是 4~5m/sec (佔 5.88%)，總計高風速(2~6m/sec) 的比例僅佔 35.87%，顯示量測期間，當地的平均風速較低，工廠排放的空氣污染物會緩慢地隨著低風速擴散到 OP-FTIR 測線附近。表 4-2 為 105/6/29~7/6 宜蘭縣 OP-FTIR 異味源追蹤調查間風速風向觀測結果，圖 4.2-2 為這段量測期間當地的風玫瑰圖。

表4-2 冬山鄉及蘇澳鎮異味熱區OP-FTIR 污染源調查架設地點

風速 風向	平均風速 (m/sec)							Total (不含 靜風)
	靜風 (<0.5)	0.5~2	2~3	3~4	4~5	5~6	>6	
N	0.54%	1.85%	0.72%	0.14%	0.09%	0.00%	0.00%	2.80%
NNE	0.54%	1.54%	0.77%	0.14%	0.05%	0.00%	0.00%	2.49%
NE	0.68%	1.63%	0.77%	0.09%	0.00%	0.00%	0.00%	2.49%
ENE	0.63%	2.35%	1.72%	0.45%	0.14%	0.05%	0.00%	4.70%
E	0.63%	1.72%	0.86%	0.36%	0.36%	0.27%	0.27%	3.84%
ESE	0.72%	0.77%	0.95%	0.72%	0.95%	1.04%	1.45%	5.88%
SE	1.13%	1.22%	1.27%	1.49%	1.58%	2.04%	2.13%	9.72%
SSE	1.04%	1.45%	0.95%	0.90%	1.18%	0.90%	1.09%	6.47%
S	1.18%	1.09%	0.54%	0.27%	0.95%	0.36%	0.32%	3.53%
SSW	1.04%	3.26%	0.81%	0.59%	0.23%	0.14%	0.05%	5.07%
SW	2.94%	6.29%	0.59%	0.18%	0.14%	0.05%	0.00%	7.24%
WSW	2.71%	5.56%	0.41%	0.27%	0.09%	0.00%	0.00%	6.33%
W	2.53%	4.79%	0.59%	0.09%	0.05%	0.00%	0.05%	5.56%
WNW	1.36%	3.71%	0.23%	0.09%	0.05%	0.00%	0.05%	4.12%
NW	1.31%	3.53%	1.18%	0.27%	0.00%	0.05%	0.00%	5.02%
NNW	0.95%	3.44%	0.90%	0.32%	0.05%	0.09%	0.00%	4.79%
總計	19.95%	44.19%	13.25%	6.38%	5.88%	4.98%	5.38%	80.05%

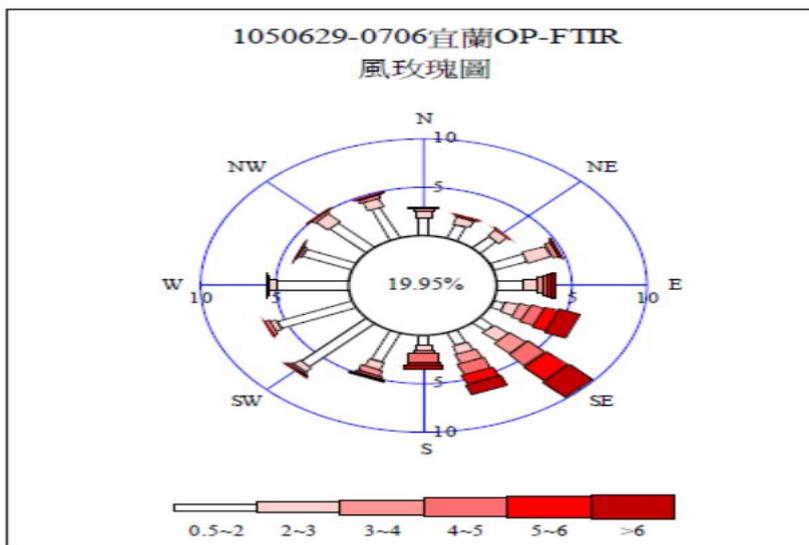


圖4.2-2OP-FTIR 調查期間風玫瑰圖(105/6/29~7/6)

4.3 OP-FTIR 量測結果

此次 OP-FTIR 調查量測，自 105/6/29 開始至 7/7 為止，共量測將近 8 天的時間；以每 4~5 分鐘收集一筆紅外光吸收圖譜，慈心華德福學校及文化國中-馬賽國小分別收集 2,211 及 2,310 筆連續的有效圖譜。除了環境中常態存在的污染物如、二氧化碳、甲烷和臭氧之外，慈心華德福學校測線共偵測到醋酸甲酯、甲醇、二硫化碳、氨氣、乙酸乙酯、乙炔、羰基硫、1,1,1,2-四氟乙烷、氯二氟甲烷、二氯二氟甲烷及高於環境背景的一氧化碳等 11 種污染物；文化國中-馬賽國小則偵測到醋酸甲酯、乙酸乙酯、氨氣、氯化氫、甲醇、羰基硫、1,1,1,2-四氟乙烷及高於環境背景的一氧化碳等 8 種污染物。圖 9 為此次 OP-FTIR 之定性量測結果，表 4-3 為冬山鄉慈心華德福學校 OP-FTIR 量測結果；表 4-4 為蘇澳鎮文化國中-馬賽國小 OP-FTIR 量測結果。附件一是各污染物的現場光譜和標準光譜比對圖。以下分別針對慈心華德福學校及文化國中-馬賽國小的調查結果進行說明。



圖4.3-3冬山鄉及蘇澳鎮 OP-FTIR 異味源調查定性結果

4.3.2 冬山鄉慈心華德福學校測線

本測線之最大濃度以一氧化碳的背景增量 621.8 最高，醋酸甲酯的最大濃度 達 82.8 ppbv 排序第二；其他污染物的最大濃度依序為甲醇 67.3 ppb、二硫化碳 52.7 ppv、氨氣 35.1 ppbv、乙酸乙酯 21.9 ppbv、乙炔 14.2 ppbv、羰基硫 5.8 ppb、1,1,1,2-四氟乙烷 3.9 ppbv、氯二氟甲烷 1.8 ppbv 及二氯二氟甲烷 1.6 ppbv。

平均濃度方面，以一氧化碳的背景增量的平均濃度 27.66 ppb 最高，其他化合物的平均濃度都在 1 ppb 以下，其中醋酸甲酯的平均濃度為 0.84 ppb 居次，氨氣的

平均濃度為 0.41 ppb 列居第三，乙酸乙酯和甲醇的平均濃度分別為 0.27 ppb 及 0.26 ppb，乙炔的平均濃度為 0.21，而二硫化碳及羰基硫的平均濃度則分別為 0.12 ppb 及 0.03 ppb；至於三種氟氯碳化物(1,1,1,2-四氟乙烷、氯二氟甲烷及二氯 二氟甲烷)的平均濃度則都在 0.01 ppb 以下。

出現頻率方面，出現頻率最高的化合物仍以一氧化碳的背景增量為主，其出現頻率達 55.45%，亦即在整個量測期間，有超過二分之一以上的時間可以量測到 一氧化碳。氨氣的出現頻率為 14.83 %居次，乙炔的出現頻率為 5.29%列居第三；其他污染物的出現頻率依序為，醋酸甲酯 4.07%、乙酸乙酯 4.03%、甲醇 2.85%、羰基硫 1.31%及二硫化碳 0.77%；至於三種氟氯碳化物的出現頻率都在 1%以下。在有害空氣污染物的量測結果(量測濃度>周界標準)方面，所有測得的污染物 中，即使考量可疑污染源通過 OP-FTIR 測線時的氣雲寬度(σ_y)之後，量測期間並沒有任何一種成分的濃度曾經超過固定污染源排放管制標準的周界標準值。然而在異味污染物方面，當考量可疑污染源所排放的氣雲的寬度(σ_y)，則共有醋酸甲酯、二硫化碳及氨氣等 3 種污染物的濃度曾經超過其對應的嗅覺閾值。醋酸甲酯的文獻最低嗅覺閾值為 170 ppb，整個量測期間 σ_y 調整後的濃度最大值達到 234.8ppb，計算量測期間濃度超過嗅覺閾值的比例達到 0.18%，根據圖 10(a)濃度時間趨勢與嗅覺閾值的關係圖，我們發現醋酸甲酯測值，除了 6/30 曾出現於夜間(23:32~23:37) 以外，其他時間大致上都出現在上午的時段，而且幾乎每天的這個時段都有測值。

表4-3 宜蘭縣冬山鄉慈心華德福學校 OP-FTIR 量測結果(105/6/29~105/7/6)

化合物	最大濃度 ppbv (σ_y 調整 ⁽⁵⁾)	平均濃度 ppbv ⁽¹⁾ (σ_y 調整)	出現頻 率 ⁽²⁾	偵測極 限 ppbv	周界標 準 ppbv ⁽³⁾	超過周界 標準比例 (σ_y 調整)	嗅覺閾 值 ppbv ⁽⁴⁾	超過嗅覺 閾值比例 (σ_y 調整)	氣味特徵 ⁽⁴⁾
一氧化碳 Carbon Monoxide	621.8 (1767.5)	27.66 (78.44)	55.45%	3.13	--	0.00%	--	--	無味
醋酸甲酯 Methyl Acetate	82.8 (234.8)	0.84 (2.39)	4.07%	3.44	4,000	0.00% (0.00%)	170	0.00% (0.18%)	水果味、醚味、辛辣味(acrid)
甲醇 Methanol	67.3 (191.0)	0.26 (0.75)	2.85%	0.50	4,000	0.00% (0.00%)	3300	0.00% (0.00%)	酒味
二硫化碳 Carbon Disulfide	52.7 (149.4)	0.12 (0.35)	0.77%	8.97	400	0.00% (0.00%)	16	0.32% (0.72%)	氣仿味，原料級很臭
氨氣 Ammonia	35.1 (214.5)	0.41 (2.49)	14.83%	0.32	1,000	0.00% (0.00%)	43	0.00% (0.95%)	嗆鼻味
乙酸乙酯 Ethyl Acetate	21.9 (62.1)	0.27 (0.77)	4.03%	0.41	8000	0.00% (0.00%)	170	0.00% (0.00%)	指甲油味
乙炔 Acetylene	14.2	0.21	5.29%	0.55	--	--	226000	0.00%	無味
羰基硫 Carbonyl Sulfide	5.8 (16.3)	0.03 (0.10)	1.31%	2.92	100 (OSHA)	0.00% (0.00%)	55	0.00% (0.00%)	令人不愉快的硫化物特殊氣味
1,1,1,2-四氟乙烷 1,1,1,2-Tetrafluoroethane	3.9	<0.01	0.09%	0.25	--	--	--	--	輕微的醚味
氯二氟甲烷 Chlorodifluoromethane	1.8	<0.01	0.09%	0.23	20,000	0.00%	--	--	甜味
二氯二氟甲烷 Dichlorodifluoromethane	1.6	<0.01	0.27%	0.11	20,000	0.00%	--	--	幾乎無味

表4-4 宜蘭縣蘇澳鎮文化國中-馬賽國小OP-FTIR 量測結果(105/6/29~105/7/7)

化合物	最大濃度 (ppbv)	平均濃度 (ppbv) ⁽¹⁾	出現頻率 ⁽²⁾	偵測極限 (ppbv)	周界標準 (ppbv) ⁽³⁾	超過周界標準比例	嗅覺閾值 (ppbv) ⁽⁴⁾	超過嗅覺閾值比例	氣味特徵 ⁽⁴⁾
一氧化碳 Carbon Monoxide	350.8	19.84	54.50%	4.44	--	0.00%	--	--	無味
醋酸甲酯 Methyl Acetate	75.3	0.79	3.81%	3.29	4,000	0.00%	170	0.00%	水果味、醚味、辛辣味(acrid)
乙酸乙酯 Ethyl Acetate	64.8	0.16	1.56%	0.78	8000	0.00%	170	0.00%	指甲油味
氨氣 Ammonia	59.8	1.32	19.65%	0.51	1,000	0.00%	43	0.09%	嗆鼻味
氯化氫 Hydrogen Chloride	33.4	0.07	0.39%	4.10	100	0.00%	225	0.00%	刺激性味道
甲醇 Methanol	17.9	0.06	1.08%	0.71	4,000	0.00%	3300	0.00%	酒味
羰基硫 Carbonyl Sulfide	11.6	0.05	1.95%	0.71	100 (OSHA)	0.00%	55	0.00%	令人不愉快的硫化物特殊氣味
1,1,1,2-四氟乙烷 1,1,1,2-Tetrafluoroethane	5.2	0.01	0.30%	0.47	--	--	--	--	輕微的醚味

註：

- (1) 平均濃度=ΣC_i/n=(大於偵測極限之所有量測濃度總和)/總量測數據筆數(慈心華德福n=2211, 文化國中-馬賽國小n=2310)；
- (2) 出現頻率=[(大於偵測極限之量測數據筆數)/(總量測數據筆數)]×100%；
- (3) 周界標準參考「固定污染源排放管制標準」附表；附表周界標準中未明列之污染物，歸屬「其他污染物」，其周界標準為A/50(A：勞工作業環境空氣中有害物質容許濃度)；Occupational Safety and Health Administration (OSHA)為美國職業安全衛生署
- (4) 嗅覺閾值及氣味特徵資料參考“Odor Thresholds for Chemicals with Established Occupational Health Standards”, American Industrial Hygiene Association, 1989。
- (5) σ_y調整：利用所測得的個別污染成分從受體(OP-FTIR 測線的中心點)到可疑污染源(如龍德工業區)之間的距離及大氣穩定度求得σ_y，再以光徑長除以σ_y求得不同穩定度下濃度的調整倍數，以各種穩定度之最大值，乘以原始濃度求得最嚴重情況(worst case condition)下的濃度值為括弧內的數值。

由於 OP-FTIR 的濃度係以測值除以測線平均濃度(path average concentration)表示，也就是說測值為 OP-FTIR 測線(188×2=376 公尺)的平均濃度，亦即在 FTIR 主機和反射鏡之間每一點的濃度均為一致的濃度，但實際上並非如此，污染氣雲 (plume) 由工業區飄到 OP-FTIR 的主機和反射鏡之間的氣雲寬度，視當時的大氣穩定度及污染源和受體的距離而定，因此必須進一步比對民眾的異味感知記錄表和濃度出現及消失之間的關係，才可判斷哪些時間確實有異味。根據表 4-5 當地居民提供的異味陳情記錄及同一時間 OP-FTIR 測得的污染成分，在 13 次的異味事件中，有 8 次有測得醋酸甲酯，而且除了 6/30 晚間以外，其他時間都出現在上午時段，同時根據風向資料該時段的風向多以東北東-東-東南東為主，顯示醋酸甲酯的來源應位於慈心華德福學校的東北東-東-東南東方。此外，就二硫化碳的異味問題而言，二硫化碳的文獻最低嗅覺閾值為 16ppb，在整個量測過程中共出現過 6 次的測值，而且幾乎是只要量測到二硫化碳，其濃度就會超過嗅覺閾值，根據

表 4-5 當地居民提供的異味陳情記錄及同一時間 OP-FTIR 測得的污染成分，在 13 次的異味事件中有 6 次有二硫化碳；換言之，所有有二硫化碳測值的時間點，民眾都有反應聞到異味，異味特徵又以煙硝味為主，而且出現的時段有 4 次在上午，1 次在下午，1 次在晚上，故出現的時段仍然以上午居多，出現的風向以東南東-東南風為主，顯示二硫化碳的污染源應該位於慈心華德福學校的東南東-東南方。至於氨氣的異味問題，氨氣的文獻最低嗅覺閾值為 43ppb，整個量測期間濃度最大值達到 214.5 ppb，計算量測期間濃度超過嗅覺閾值的比例達到 0.95%，依據表 4-5 當地居民提供的異味陳情記錄及同一時間 OP-FTIR 測得的污染成分，在 13 次的異味事件中有 7 次有氨氣。圖 4.3-4 為醋酸甲酯、二硫化碳及氨氣的濃度與嗅覺閾值與風向的關係圖。表 4-5 則為冬山鄉慈心華德福學校周邊居民提供的異味記錄表。

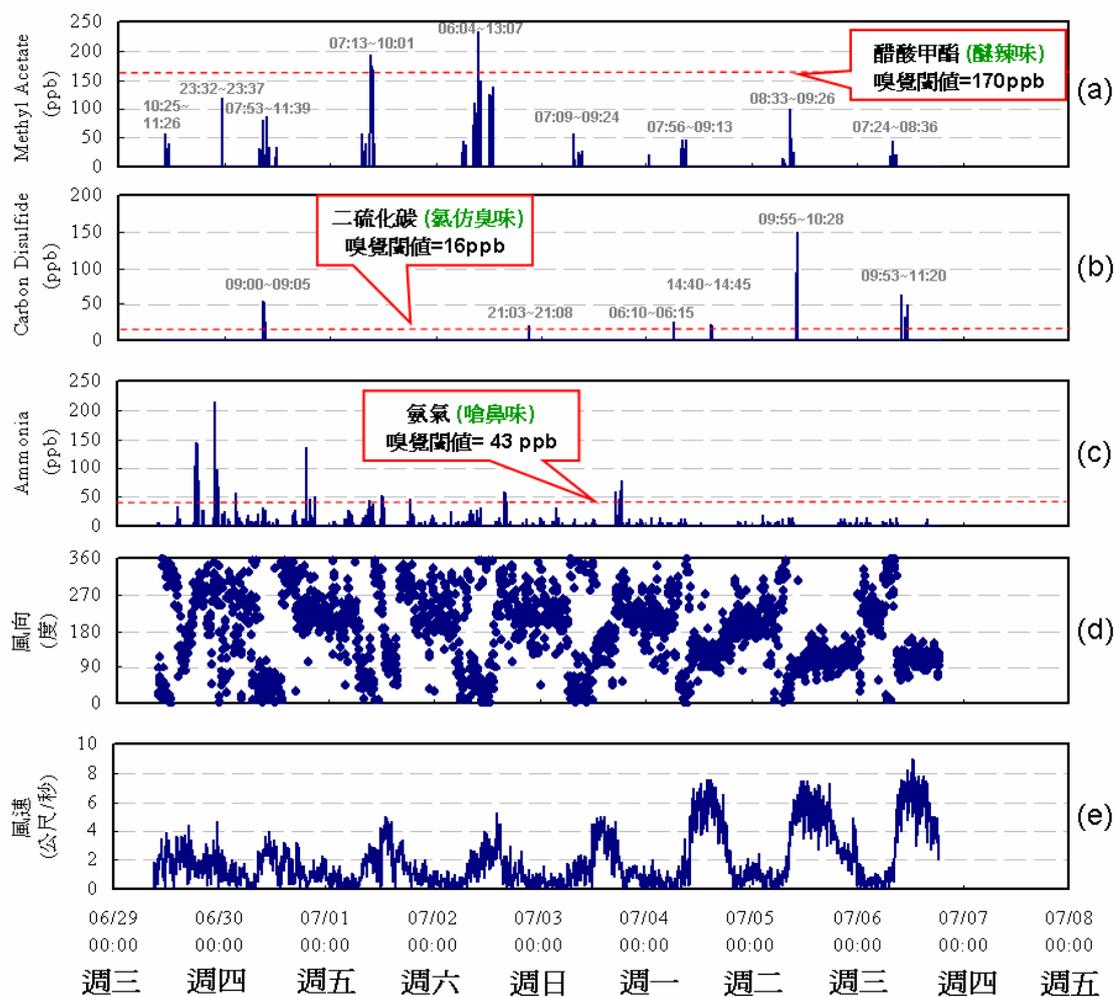


圖4.3-4醋酸甲酯、二硫化碳及氨氣的濃度與嗅覺閾值與風向的關係圖

表4-5 宜蘭縣冬山鄉慈心華德福學校周邊之異味陳情記錄(105/06/29~07/07)

發現臭異味時間	時段	發現臭異味地點	臭異味特徵	OP-FTIR 測得污染物 (前後一小時內)
2016/6/29 23:00	晚上	香南路252 號	燒塑膠味	醋酸甲酯、氨氣
2016/6/30 02:30	清晨	香和路土地公廟	濃重化學酸味	氨氣
2016/6/30 05:50	清晨	香和路土地公廟	煙硝味	氨氣
2016/6/30 06:25	早上	香南路324 號	燒東西的味道	醋酸甲酯
2016/6/30 08:45	早上	香和路土地公廟	強大的鮪魚罐頭味	醋酸甲酯、二硫化碳、 氨氣、乙酸乙酯、甲醇
2016/6/30 11:10	早上	香南路324 號	有臭豬味/魚腥味	醋酸甲酯、氨氣
2016/7/3 7:00	早上	富農路一段到三段	說不出的惡臭	醋酸甲酯、氨氣
2016/7/4 7:00	早上	冬山鄉香南路138 號	重金屬的臭味	醋酸甲酯、二硫化碳、 氨氣
2016/7/4 14:25	下午	香和路土地公廟	燃燒的異味	二硫化碳
2016/7/5 09:30	早上	香和路土地公廟	化學酸味	醋酸甲酯、二硫化碳、 甲醇、一氧化碳
2016/7/5 11:00	早上	香和路與香南路口	煙硝味	二硫化碳
2016/7/6 07:00	早上	冬山鄉慈心籃球場	醋酸味	醋酸甲酯
2016/7/6 12:10	下午	台九線與照安街 口，香南路138 號	煙硝味，重金屬味	二硫化碳、羰基硫

4.3.3 蘇澳鎮文化國中至馬賽國小測線

本測線之最大濃度以一氧化碳的背景增量 350.8 最高，醋酸甲酯的最大濃度達 75.3 ppbv 排序第二；其他污染物的最大濃度依序為乙酸乙酯 64.8 ppb、氨氣 59.8 ppv、氯化氫 33.4 ppbv、甲醇 17.9 ppbv、羰基硫 11.6 ppbv 及 1,1,1,2-四氟乙烷 5.2 ppbv。

平均濃度方面，以一氧化碳的背景增量的平均濃度 19.84 ppb 最高，氨氣的 平均濃度 1.32ppb 排序第二，其他化合物的平均濃度都在 1 ppb 以下，依序為醋 酸甲酯 0.79 ppb、乙酸乙酯 0.16 ppv、氯化氫 0.07 ppbv、甲醇 0.06 ppbv、羰基硫 0.05 ppbv 及 1,1,1,2-四氟乙烷 0.01 ppbv。

出現頻率方面，出現頻率最高的化合物仍以一氧化碳的背景增量為主，其出現頻 率達 54.50%，亦即在整個量測期間，有超過二分之一以上的時間可以量測到一氧化 碳。氨氣的出現頻率為 19.65 %居次，醋酸甲酯的出現頻率為 3.81%列居第三；其他

污染物的出現頻率依序為羰基硫 1.95%、乙酸乙酯 1.56%、甲醇 1.08%、氯化氫 0.39%及 1,1,1,2-四氟乙烷 0.30%。

本測線調查期間，所有量測到的 8 種污染物中，除了氨氣的濃度有超過嗅覺 閾值以外，其他並沒有任何一種污染物的濃度超過周界標準或其文獻的嗅覺閾 值，但由於 OP-FTIR 的濃度係以測值除以測線平均濃度(path average concentration) 表示，表 4-4 所顯示的濃度為 OP-FTIR 測線(400×2=80 公尺)的平均濃度，亦即在 FTIR 主機和反射鏡之間每一點的濃度均為一致的濃度。但實際上並非如此，假設某一 污染成份的污染氣雲(plume)由工業區飄到 OP-FTIR 的主機和反射鏡之間，氣雲的 寬度(2σ) 為 200 公尺，則在此氣雲範圍內的實際濃度可達表所列之濃度的 4 倍以上，在此假 設情形下，醋酸甲酯的濃度將達到 301 ppbv 高於其文獻嗅覺閾值 170ppbv，因而會 有醚味及辛辣味的特殊氣味；另外乙酸乙酯的最大濃度亦達到 259 ppb，高於對應的 嗅覺閾值 170ppb 而有類似指甲油味；此外，羰基硫具有令人不 悅的硫化物特殊氣 味，其最大濃度在考量氣雲寬度的前提下亦可達到 46.4ppb， 相當接近嗅覺閾值的 55ppb。

4.4 主要污染物成份時序變化及來源分析

由各污染成分的濃度時間變化趨勢分析各種污染物的相關性，據以研判污染物的來源。假設 A 污染物和 B 污染物的濃度隨時間的變化趨勢一致，則 A 污染物和 B 污染物的濃度隨時間的變化就有相關性 (correlation, r)，相關係數 (correlation coefficient, r) 為量測兩個變數之間的線性相關性，當兩個變數(在此為兩種污染物的量測濃度)呈現正相關(positive correlation)時，就表示這兩種污染物的濃度隨時間的變化成一致性，當相關性越高，也就表示兩種污染物來自同一污染排放源的機率越高。相關係數 r 的計算公式如下：

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y} \tag{1}$$

$$S_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n} \tag{2}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \tag{3}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n}} \tag{4}$$

表 4-6 為宜蘭縣冬山鄉慈心華德福學校 OP-FTIR 量測期間各污染成分的濃度相關性分析結果。依據各種污染成分的濃度時間變化趨勢，彙整分析其濃度變化的相關性，除了氨氣和一氧化碳，以及醋酸甲酯和二氧化碳的相關係數達 0.4 以上外，顯示兩兩之間的濃度隨時間變化的趨勢呈現輕微的相關，亦即部分濃度呈現同步高低起伏，顯示兩兩的來源可能相似，另外甲醇和乙酸乙酯的相關性達 0.315，表示兩者也有部分時間的濃度有相似的趨勢；其他大部分污染物兩兩之間的相關性都在 0.3 以下，顯示這些污染物之間的相關性較弱，代表污染源可能不止一個。

表 4-7 為蘇澳鎮文化國中至馬賽國小 OP-FTIR 量測期間各污染成分的濃度相關性分析，同樣地除了氨氣和一氧化碳，以及醋酸甲酯和二氧化碳的相關係數達 0.4 以上外，醋酸甲酯和一氧化碳的相關性達 0.321，其他大部分污染物兩兩之間的相關性都在 0.3 以下。

由表 4-6 及表 4-7 的結果我們可以發現兩測線的濃度隨時間變化的趨勢不易以相關係數矩陣表來說明彼此之間的相關性，因此接下來我們將利用主成分因素分析法來說明各污染物在各主成分(因素)群組的關係。

表4-6 宜蘭縣冬山鄉慈心華德福學校OP-FTIR 量測期間各污染成分的濃度相關性分析

1050629-0706宜蘭慈心華德福-OP-FTIR各成分相關係數	氨	醋酸甲酯	甲醇	一氧化碳	乙酸乙酯	乙炔	1,1,1,2-四氟乙烷	二氧化碳	羰基硫	二氯二氟甲烷	氯二氟甲烷	二硫化碳
氨	1											
醋酸甲酯	0.068	1										
甲醇	0.044	0.272	1									
一氧化碳	0.489	0.191	0.099	1								
乙酸乙酯	0.013	0.247	0.315	0.148	1							
乙炔	0.031	0.049	0.025	0.1	0.013	1						
1,1,1,2-四氟乙烷	0.011	-0.004	0.073	-0.009	-0.004	-0.005	1					
二氧化碳	0.077	0.429	0.199	0.197	0.139	0.06	-0.003	1				
羰基硫	0.016	0.133	0.093	0	0.075	0.006	-0.002	0.075	1			
二氯二氟甲烷	-0.01	-0.007	-0.004	-0.017	-0.007	-0.003	-0.001	-0.005	-0.004	1		
氯二氟甲烷	0.006	-0.004	-0.003	-0.007	0.005	-0.005	-0.001	-0.003	0.022	-0.004	1	
二硫化碳	-0.012	-0.011	0.024	-0.02	0.002	-0.015	-0.002	-0.009	0.286	-0.005	-0.003	1

表4-7 宜蘭縣蘇澳鎮文化國中至馬賽國小OP-FTIR 量測期間各污染成分的濃度相關性分析

1050629-0707宜蘭文化國中-馬賽國小OP-FTIR各成分之相關係數	氨	醋酸甲酯	甲醇	一氧化碳	乙酸乙酯	1,1,1,2-四氟乙烷
氨	1					
醋酸甲酯	-0.004	1				
甲醇	0.029	0.122	1			
一氧化碳	0.11	0.321	0.068	1		
乙酸乙酯	-0.016	0.151	0.028	0.11	1	
1,1,1,2-四氟乙烷	-0.014	0.021	-0.004	-0.011	0.029	1
羰基硫	-0.006	0.228	0.05	0.205	0.04	-0.005
氯化氫	-0.015	-0.009	-0.005	-0.005	-0.005	-0.003

為了凸顯這些污染物的濃度-時間變化趨勢的共變性，我們進一步利用多變量統計分析之主成分因素分析法，將多種污染物的排放特性，依其濃度變化趨勢的共變性來探討污染物的組合和污染源之間的關係。表 10 為慈心華德福學校 OP-FTIR 測得幾種主要污染物之因素分析結果，所放入的 9 種分析物質中，依特徵值大於 1.0 及陡坡圖轉折點為標準，共萃取出 3 個因素，共可解釋 51%的變異，其中又以因素 1(Factor 1)解釋的變異達 22.2 %最高；其次是因素 2 的 15.4%；第三是因素 3 的 13.7。整體的取樣適當性量度達 0.6，顯示該組數據尚可進行因素分析。

表4-8 OP-FTIR 測線的主要污染物之因素分析(慈心華德福學校OP-FTIR 測線)

Compounds	MSA (overall 0.6)	旋轉的因素特徵值 (解釋率比例)		
		Factor1 (22.2%)	Factor2 (15.4%)	Factor3 (13.7%)
Methyl Acetate	0.7	0.7	0.1	0.0
Ethyl Acetate	0.6	0.7	0.0	0.0
Methanol	0.7	0.6	0.0	0.1
Carbon Dioxide	0.7	0.6	0.1	0.0
Ammonia	0.5	0.0	0.9	0.0
Carbon Monoxide	0.6	0.3	0.8	-0.1
Methane	0.5	0.0	0.3	0.1
Carbon Disulfide	0.5	-0.1	0.0	0.8
Carbonyl Sulfide	0.5	0.1	0.0	0.8
Source direction		ENE-E-ESE	WNW-W-WSW	E-ESE-SE
Possible sources		PTA processing by-products	Portland cement production	Regenerated fiber production

註: (1) 因式分解法: 主成分分析.(2) 選取3個因素可解釋51%的變異 (3) 轉軸法: 正交 Varimax with Kaiser 正規化(4) 紅色粗體字指因子負荷>0.4為該因素(來源)的主要成分 (5) Kaiser's 取樣適當性量度(Measure of Sampling Adequacy,MSA): Overall MSA=0.6。

以因子負荷>0.4 為基準來篩選各個因素的主要成分，因素 1 的主要成分包括醋酸甲酯、乙酸乙酯、甲醇和二氧化碳，由於這些成分組合的來源方向(Source direction)都是東北東(ENE)、東(E)及東南東(ESE)方，因此上風處台化龍德廠之 PTA(對苯二甲酸製造程序)為最可能同時排放這四種成分的工廠。PTA(對苯二甲酸 製造程序)係以氧化法製成粗對苯二甲酸，再將此粗對苯二甲酸以化學方法純化為 純對苯二甲酸，製程中可能排放的空氣污染物，除了原料中的對二甲苯和醋酸以外，還包括醋酸甲酯和甲醇；圖 4-5 的反應式顯示甲醇與醋酸經過酯化反應後會產生醋酸甲酯；至於乙酸乙酯可能是前述酯化反應後產生醋酸甲酯的不純物；而 二氧化碳則可能是反應或燃燒的副產物也可能是伴隨著台化 PTA 廠東邊的汽電 共生廠的煙囪排放而來。圖 4.4-6 為

因素 1 的醋酸甲酯、乙酸乙酯、甲醇和二氧化碳的濃度-風向-時間變化趨勢，四種成分出現濃度的時間和當地風向轉變為東向 風有很大的關係，換句話說，當風從東邊吹來時就會出現這些成分，但風不是從東邊吹來時就不會出現這些成分，顯示這四種成分的濃度變化係由風向的日夜變化所致，而並非污染源的排放型態有所改變，是故台化的污染源應屬於「連續性的排放」。

因素 2 的主要成分包括氨氣和一氧化碳，氨氣的來源方向是西北西(WNW)、西(W)、西南西(WSW)方，一氧化碳的來源方向則除了西邊的方向以外還有東邊的 來源。以慈心華德福學校西邊的污染源排放特性而言，距離 800 公尺外的潤泰水泥是最可能同時排放氨氣和一氧化碳的污染源，因為根據該廠的固定污染源操作 許可證，潤泰水泥生產的水泥包括卜特蘭水泥、高爐水泥及預拌乾混水泥砂漿等 三種，其中設計產量最大的是卜特蘭水泥，其一年的產量高達 120 萬噸。卜特蘭水泥(Portland cement，又稱矽酸鈣水泥)是使用石灰岩、黏土或頁岩為原料生產，其主要化學成分為氧化鈣(CaO)、氧化矽(SiO₂)、氧化鋁(Al₂O₃)、氧化鐵(Fe₂O₃) 及其他少量之氧化物如氧化鎂(MgO)、鹼(K₂O、Na₂O)...等製成，其中氧化鈣和過 氧化鈣等成分會使水泥的鹼性提高促使氨氣產生。根據 USEPA AP-42 Portland cement manufacturing 的排放資料庫，卜特蘭水泥製造程序可能產生的空氣污染 物除了粒狀污染物、氮氧化物、二氧化硫、一氧化碳和二氧化碳以外，還有微量 的氨氣、揮發性有機物、氯氣及氯化氫，其中氨氣的排放係數為 0.0051 公斤/公 噸，也就是每生產 1 公噸的水泥會排放 0.0051 公斤的氨氣，若以潤泰水泥一年生產 120 萬噸的卜特蘭水泥計算，其一年產生的氨氣的量高達 6 公噸。圖 4.4-7 為因素 2 的氨氣和一氧化碳的濃度-風向-時間變化趨勢。

因素 3 的主要成分包括二硫化碳及羰基硫，這兩種成分的來源都是來自 測線的東(E)、東南東(ESE)及東南(SE)方，而這些方向的上風處最可能同時排放 這兩種成分的污染源為台化龍德廠，該廠的再生纖維廠製程 M31 於生產螺縲的 過程中使用二硫化碳(CS₂)當作溶劑，而 CS₂ 在參與反應及排放過程中會轉化為 羰基硫(COS)，因此可以研判因素 3 中 CS₂ 及 COS 之排放來源為台化龍德廠的 M31 再生纖維製程。羰基硫有臭雞蛋味具有毒性，其文獻的嗅覺閾值為 55ppb，羰基硫的毒性作用在於被人體吸入後會與水分作用生成硫化氫，對肺部有輕微的 刺激作用，會損傷中樞神經系統。二硫化碳具有硫化物極臭的味道亦為有毒物質，慢性中毒會引起腸部肌肉蠕動不正常、貧血、心跳不規則、體重降低、尿多 及月經不順，在嚴重之慢性

中毒病人亦會引發肝臟病變及黃疸。圖 4.4-8 為因素 3 的二硫化碳和羰基硫的濃度-風向-時間變化趨勢。

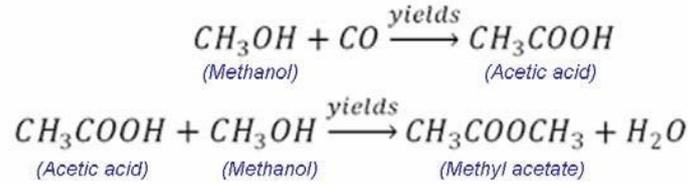


圖4.4-5PTA 製程副產物的反應程序

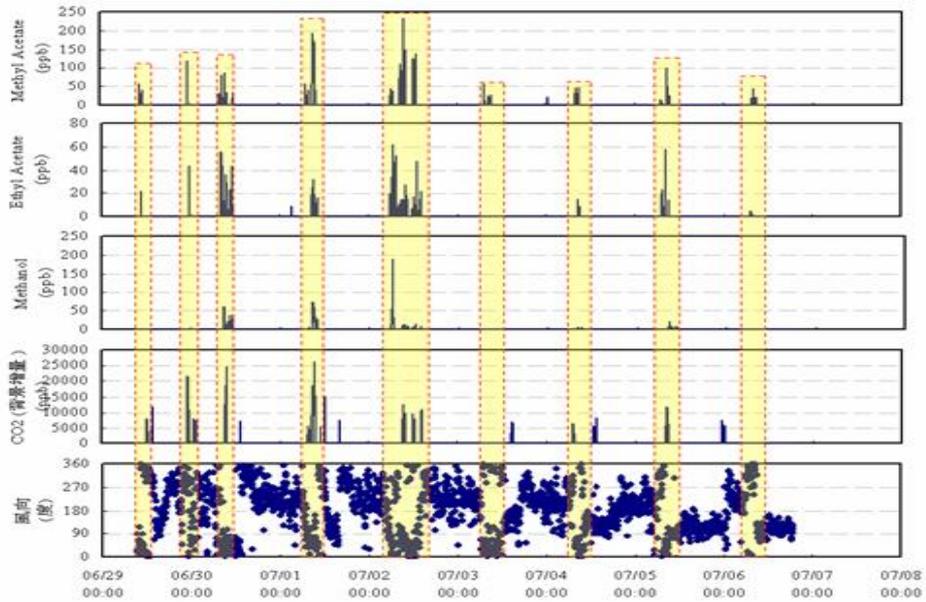


圖4.4-6慈心華德福學校醋酸甲酯、乙酸乙酯、甲醇和二氧化碳的濃度-風向-時間變化趨勢(因素1)

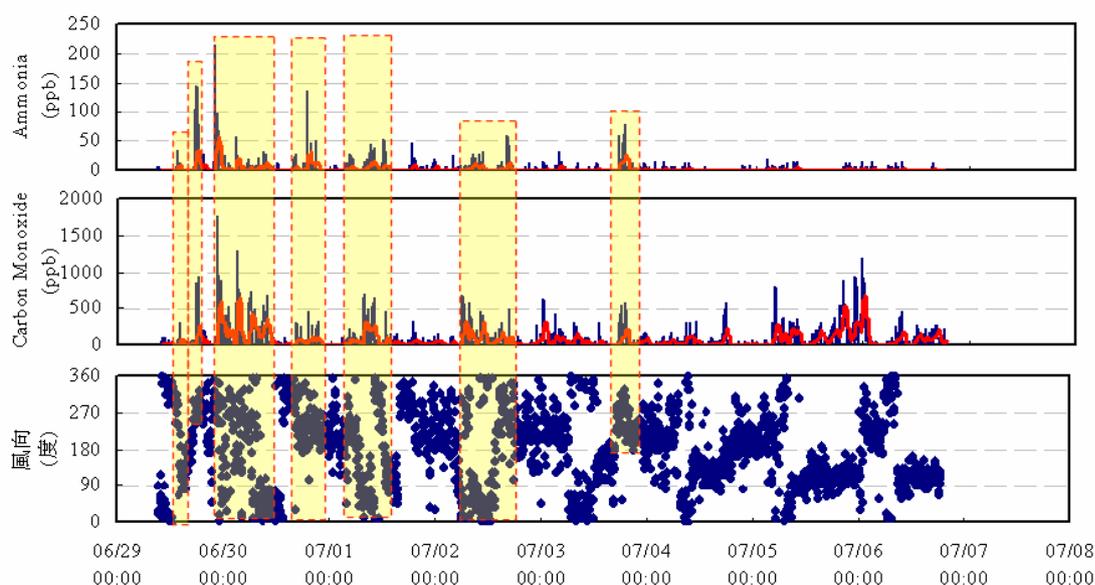


圖4.4-7慈心華德福學校氨氣和一氧化碳的濃度-風向-時間變化趨勢(因素2)

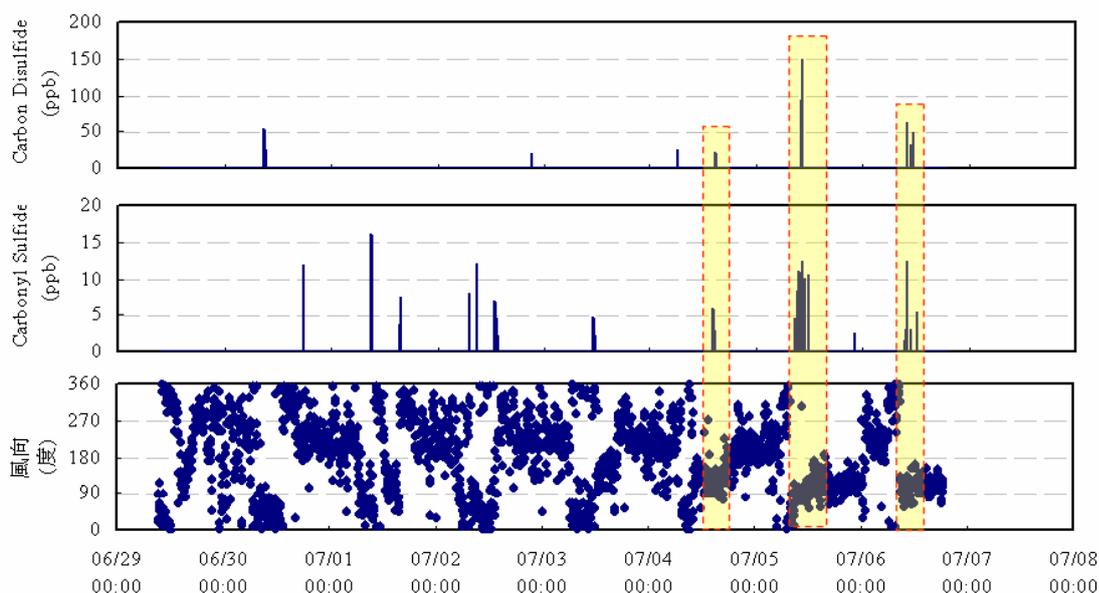


圖4.4-8慈心華德福學校二硫化碳和羰基硫的濃度-風向-時間變化趨勢(因素3)

至於乙炔、1,1,1,2-四氟乙烷、二氯二氟甲烷及氯二氟甲烷等其他成分的濃度-時間變化趨勢圖如圖 4.4-9 所示，除了乙炔出現機率較高以外，其他三種冷媒的成分，在量測期間都指出現 1 次，屬於瞬間排放的型態，可能和附近的交通污染源的排放有關。

圖 4.4-10 為宜蘭縣冬山鄉慈心華德福學校 OP-FTIR 量測期間當地居民記錄異味

發生次數及各污染物濃度時序變化圖。圖 4.4-10(a)顯示在所有 13 次的異味記錄中，上午發生的次數最多(8 次)，估算發生機率達 62%；下午的發生次數僅 2 次(發生機率 15%)，晚上 1 次(發生機率 8%)，清晨 2 次(發生機率 15%)。進一步比對 OP-FTIR 的量測結果，**錯誤! 找不到參照來源。**(b)顯示醋酸甲酯、甲醇、乙酸乙酯、二硫化碳及羰基硫等 5 種污染物的平均濃度都呈現日間高於夜間，其中日間的濃度又以上午(每日上午 6 時至中午 12 時)較高，此時序變化的特性和圖 4.4-10 (a)的居民記錄異味發生次數的時序變化特性”幾乎相同”，顯示這 5 種污染物極可能就是造成慈心華德福學校附近異味問題的主要成分。相形之下，圖 4.4-10 (c)中氨氣和一氧化碳的平均濃度則呈現夜間高於日間，亦即晚上和清晨的濃度高於上午和下午的濃度，故此時序變化的特性和圖 4.4-10 (a)的居民記錄異味發生次數的時序變化特性”明顯不同”。由此可知，異味發生期間 OP-FTIR 測得的成分以台化龍德廠所排放的污染物為主，包括：醋酸甲酯、甲醇、乙酸乙酯、二硫化碳及羰基硫；相反地，氨氣和一氧化碳出現的時間點，除了清晨以外和當地居民記錄異味的時間點(以上午最多)較為不符。綜合上述的分析，於慈心華德福學校附近，上午時段的異味應由”台化龍德廠”所排放醋酸甲酯、甲醇、乙酸乙酯、二硫化碳及羰基硫等污染成分混合產生的特殊異味為主要原因；但清晨的異味則以”潤泰水泥廠”所排放的氨氣為主要原因。

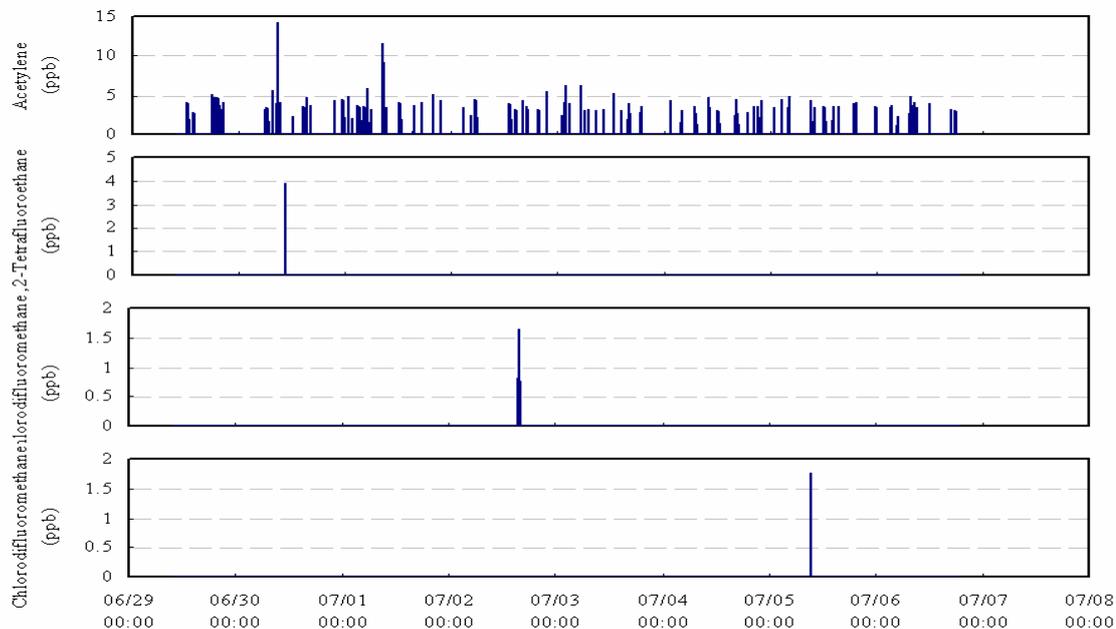


圖4.4-9慈心華德福學校其他污染物的濃度-時間及風向-時間變化趨勢分析



圖4.4-10 宜蘭縣冬山鄉慈心華德福學校異味陳情次數及各污染物濃度時序變化

至於文化國中-馬賽國小測線測得污染物的濃度-時間變化趨勢如圖 4.4-11 及圖 4.4-12 所示。醋酸甲酯、甲醇、乙酸乙酯和羰基硫等出現的時間，除了最後一天 7/7 尼伯特颱風到達前夕的濃度出現較頻繁外，其他時間都是比較短暫的排放型態，同時出現時的風向大多以西北風為主，顯示這些污染物的來源應該位於文化國中-馬賽國小的西北方。另外，氨氣和一氧化碳則屬於連續的排放型態；1,1,1,2-四氟乙烷和氯化氫則屬於瞬間的排放型態。

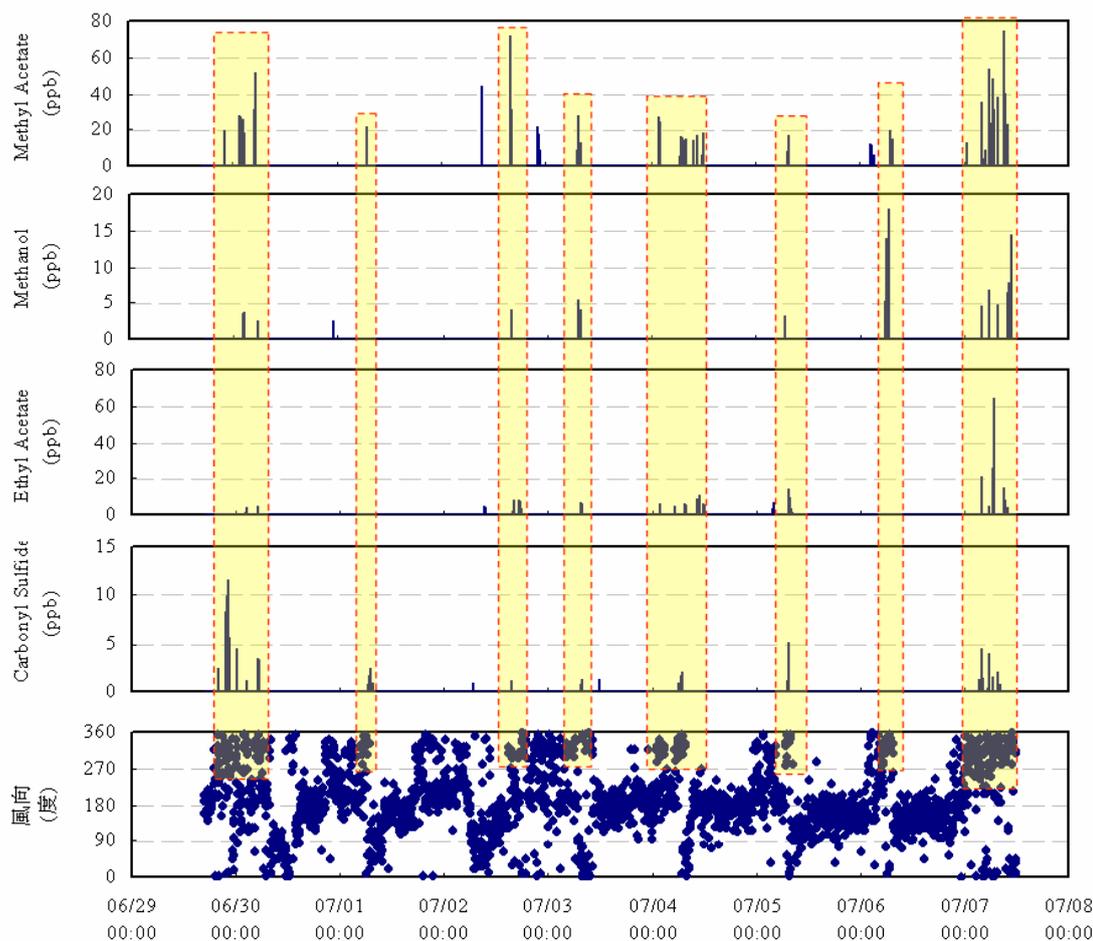


圖4.4-11 文化國中-馬賽國小醋酸甲酯、甲醇、乙酸乙酯和羰基硫的濃度-時間變化趨勢圖

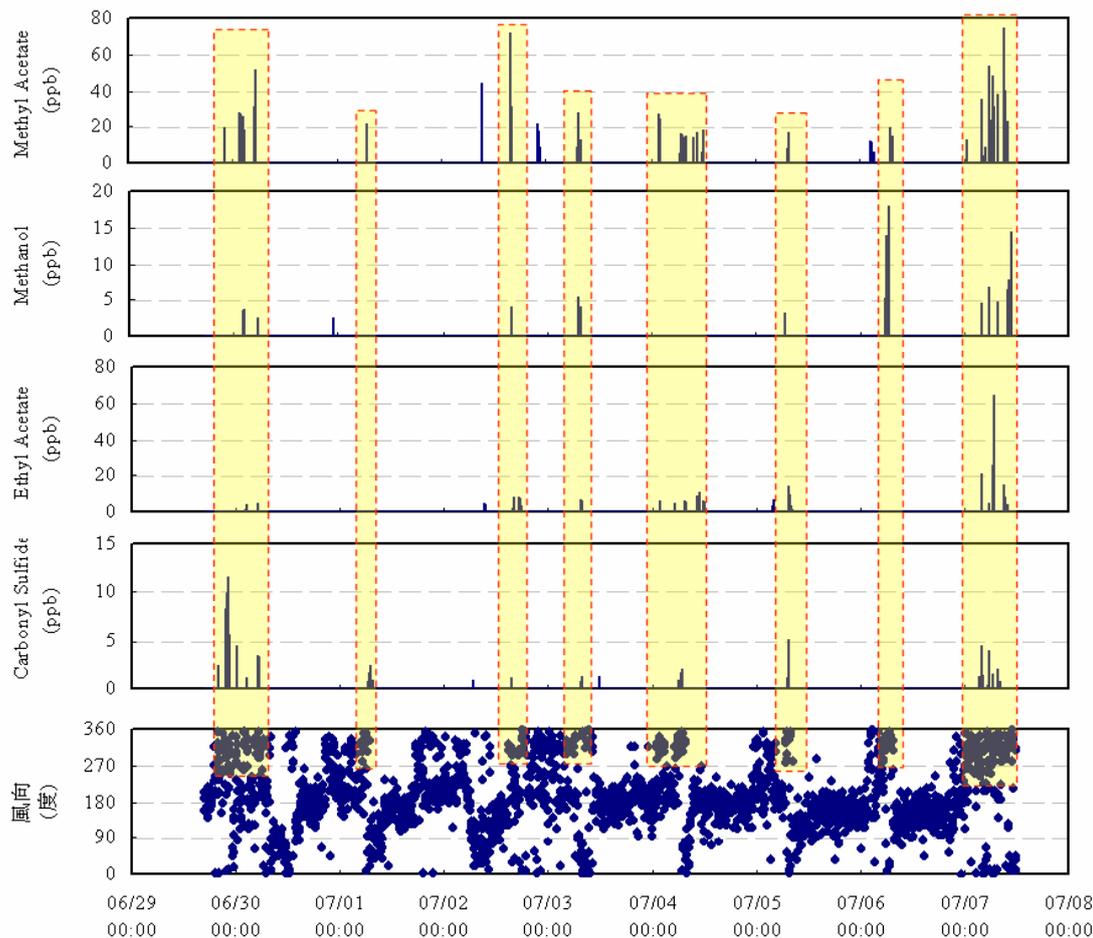


圖4.4-12 文化國中-馬賽國小氨氣、一氧化碳、1,1,1,2-四氟乙烷及氯化氫的濃度-時間變化趨勢圖

在污染來源方向方面，圖4.4-13 顯示慈心華德福學校測得的醋酸甲酯、甲醇和 乙酸乙酯都是從測線的東北東、東及東南東等方向飄送過來；同一時間在文化國中-馬賽國小測線的同樣三種成分的來源方向則以西北方為主，雖然甲醇還有部分 北邊的濃度，顯示這些污染物可能和上風處交集的台化龍德廠(北半邊)有關。

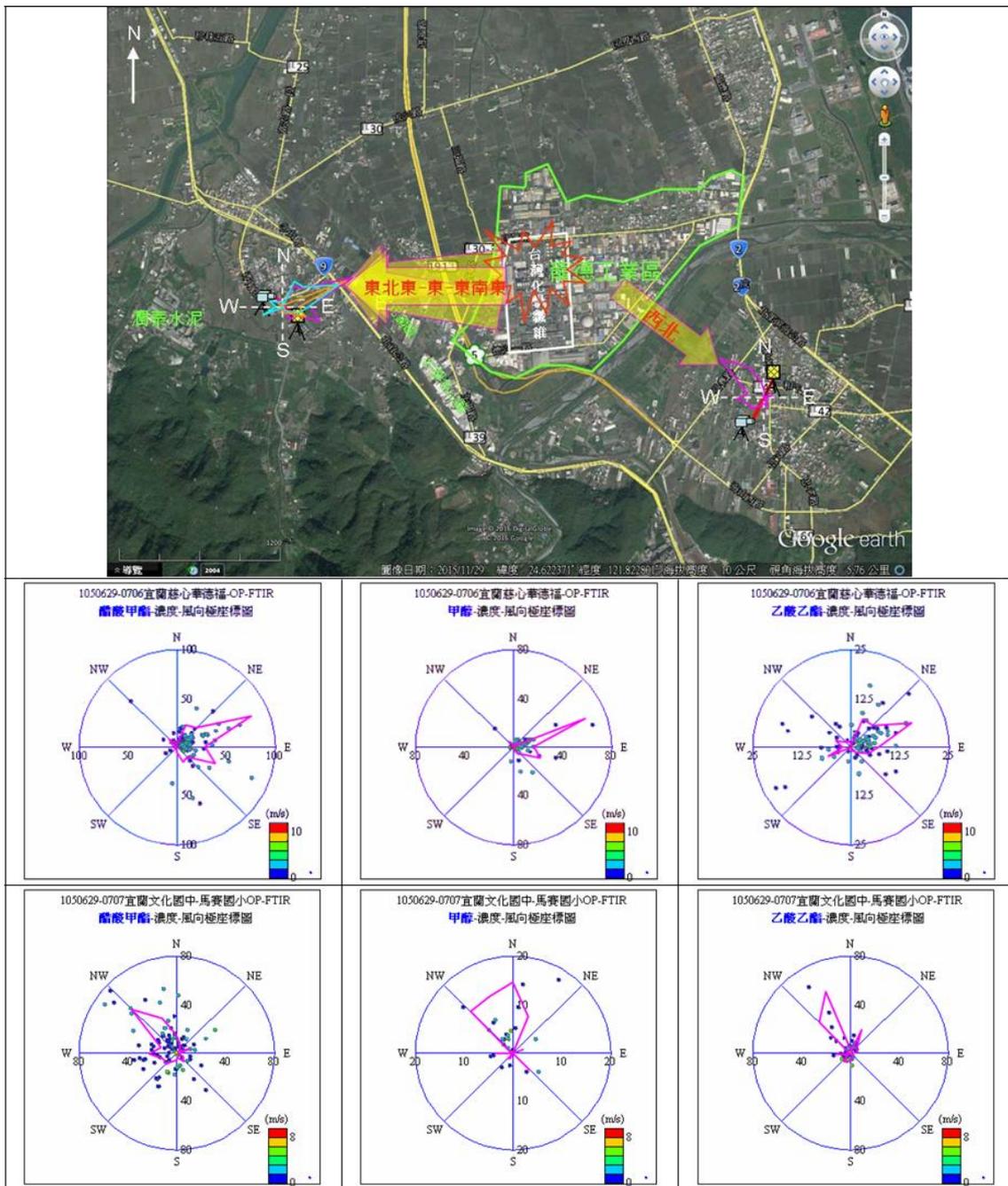


圖4.4-13 醋酸甲酯、甲醇和乙酸乙酯的濃度來源風向分析(慈心華德福&馬賽國小)

相較之下，二硫化碳和羰基硫的來源則比較偏南邊一些，但兩條 OP-FTIR 測線兩種污染物的來源仍交集於台化龍德廠，但以廠區的南半邊為主要污染源。

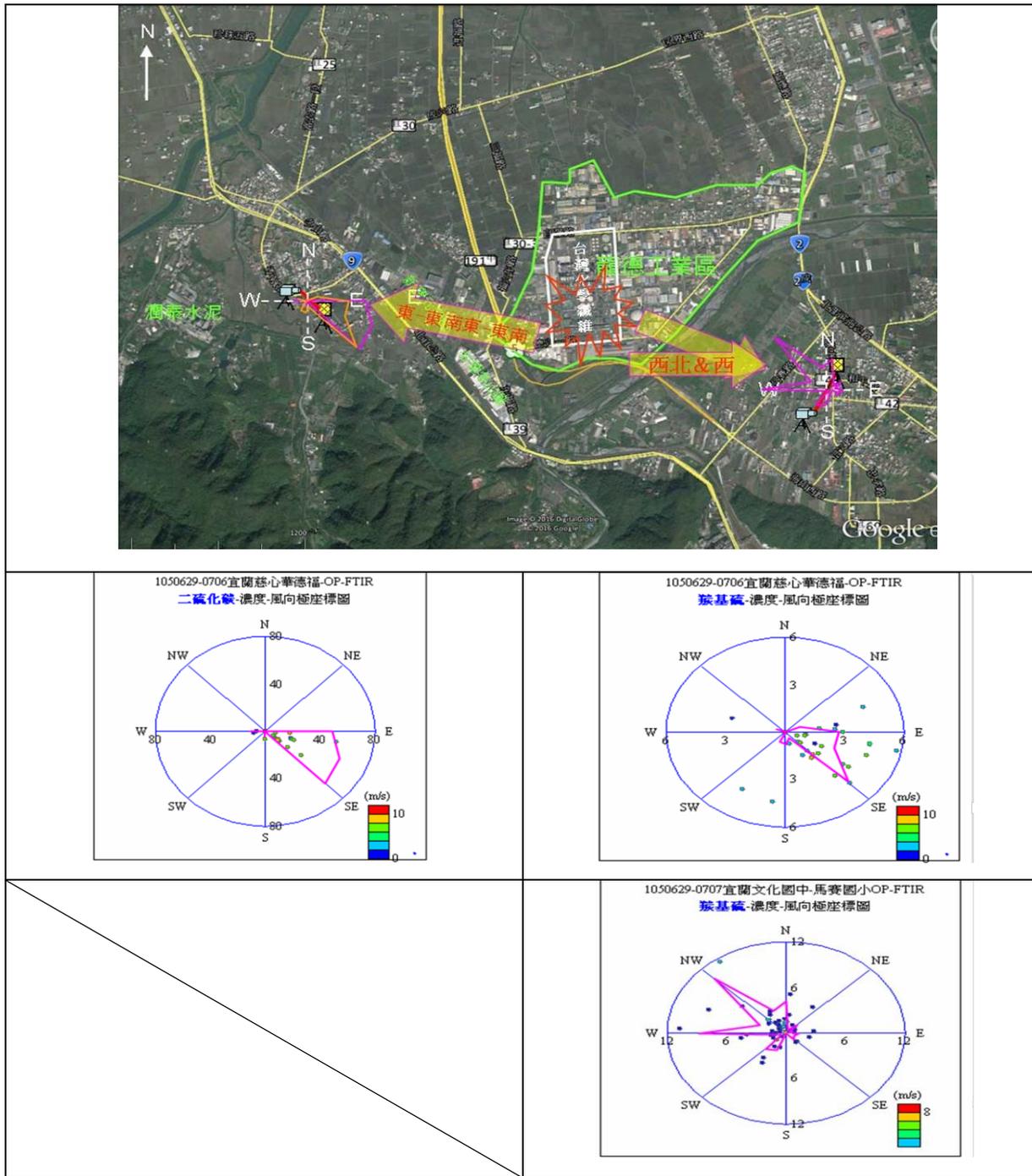


圖4.4-14 二硫化碳和羰基硫的濃度來源風向分析(慈心華德福&馬賽國小)

慈心華德福學校 OP-FTIR 測得的氨氣和一氧化碳的來源方向則和其他污染成分完全不同，主要來自測線的西邊，由於氨氣和一氧化碳都是水泥廠可能排放的空氣污染物，故研判學校的西方之上風處的潤泰水泥廠為主要污染源。

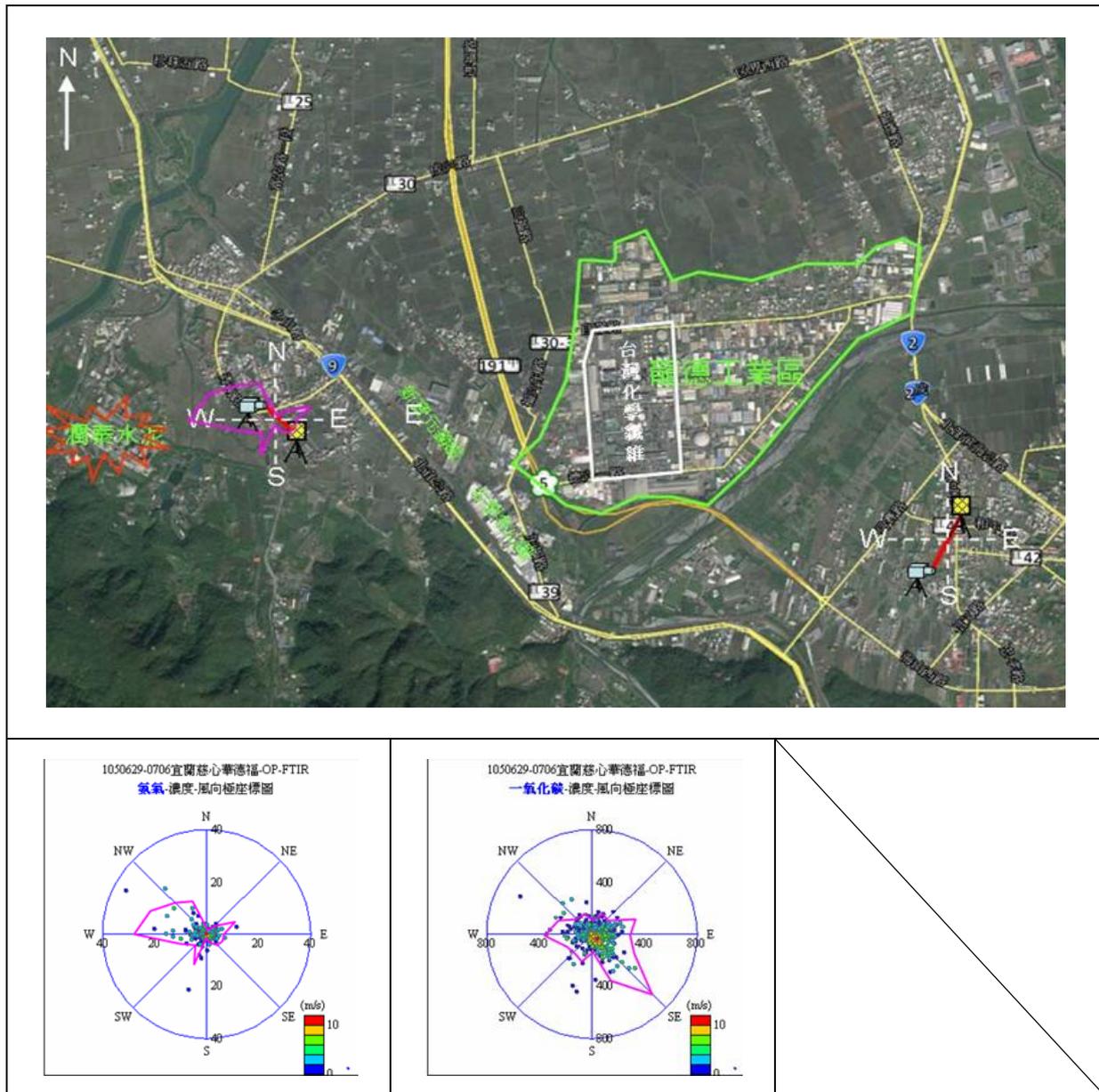


圖4.4-15 氨氣和一氧化碳的濃度來源風向分析(慈心華德福學校)

至於文化國中至馬賽國小 OP-FTIR 測得的氨氣來源方向以南邊為主，一氧化碳則除了南邊及西南邊的來源以外還有西北邊的來源，研判可能和龍德工業區的 排放有關；至於氯化氫的來源則集中在西北邊，研判也與龍德工業區的排放有關。

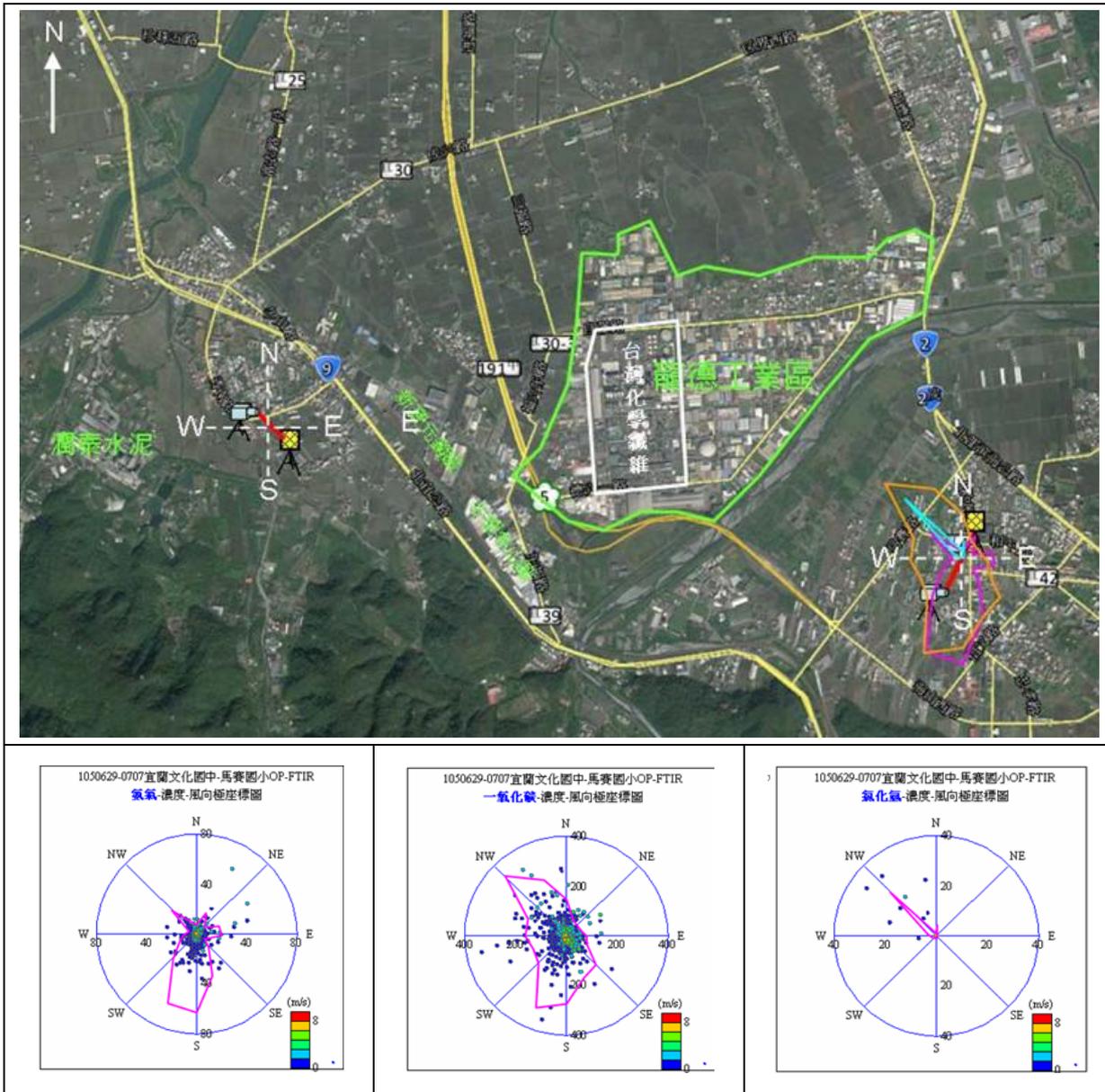


圖4.4-16 氨氣、一氧化碳和氯化氫的濃度來源風向分析(文化國中至馬賽國小)

內容

第四章 執行成果.....	31
4.1 測線規劃及基本資料.....	31
4.2 風速風向觀測結果.....	34
4.3 OP-FTIR 量測結果.....	36
4.2.1 冬山鄉慈心華德福學校測線.....	36
4.2.2 蘇澳鎮文化國中至馬賽國小測線.....	4-42
4.4 主要污染物成份時序變化及來源分析.....	4-44
表 4-1 冬山鄉及蘇澳鎮異味熱區OP-FTIR 污染源調查架設地點	33
表 4-2 冬山鄉及蘇澳鎮異味熱區OP-FTIR 污染源調查架設地點	35
表 4-3 宜蘭縣冬山鄉慈心華德福學校 OP-FTIR 量測結果(105/6/29~105/7/6)	4-38
表 4-4 宜蘭縣蘇澳鎮文化國中-馬賽國小OP-FTIR 量測結果(105/6/29~105/7/7)	4-39
表 4-5 宜蘭縣冬山鄉慈心華德福學校周邊之異味陳情記錄(105/06/29~07/07)	4-42
表 4-6 宜蘭縣冬山鄉慈心華德福學校OP-FTIR 量測期間各污染成分的濃度相關性分析	4-46
表 4-7 宜蘭縣蘇澳鎮文化國中至馬賽國小OP-FTIR 量測期間各污染成分的濃度相關性分析	4-46
表 4-8 OP-FTIR 測線的主要污染物之因素分析(慈心華德福學校OP-FTIR 測線)	4-47
圖 4-1 宜蘭縣冬山鄉及蘇澳鎮OP-FTIR 異味源調查儀器架設位置	33
圖 4-2 OP-FTIR 調查期間風玫瑰圖(105/6/29~7/6).....	35
圖 4-3 冬山鄉及蘇澳鎮 OP-FTIR 異味源調查定性結果.....	36
圖 4-4 醋酸甲酯、二硫化碳及氨氣的濃度與嗅覺閾值與風向的關係圖	4-41
圖 4-5 PTA 製程副產物的反應程序	4-49
圖 4-6 慈心華德福學校醋酸甲酯、乙酸乙酯、甲醇和二氧化碳的濃度-風向-時間變化趨勢(因素1)	4-49
圖 4-7 慈心華德福學校氨氣和一氧化碳的濃度-風向-時間變化趨勢(因素2)	4-50
圖 4-8 慈心華德福學校二硫化碳和羰基硫的濃度-風向-時間變化趨勢(因素3)	4-50

- 圖 4-9 慈心華德福學校其他污染物的濃度-時間及風向-時間變化趨勢分析 4-52
- 圖 4-10 宜蘭縣冬山鄉慈心華德福學校異味陳情次數及各污染物濃度時序變化 4-53
- 圖 4-11 文化國中-馬賽國小醋酸甲酯、甲醇、乙酸乙酯和羰基硫的濃度-時間變化趨勢圖 54
- 圖 4-12 文化國中-馬賽國小氨氣、一氧化碳、1,1,1,2-四氟乙烷及氯化氫的濃度-時間變化趨勢圖 55
- 圖 4-13 醋酸甲酯、甲醇和乙酸乙酯的濃度來源風向分析(慈心華德福&馬賽國小) 56
- 圖 4-14 二硫化碳和羰基硫的濃度來源風向分析(慈心華德福&馬賽國小) 57
- 圖 4-15 氨氣和一氧化碳的濃度來源風向分析(慈心華德福學校).. 58
- 圖 4-16 氨氣、一氧化碳和氯化氫的濃度來源風向分析(文化國中至馬賽國小) 59

第五章 結論與建議

4.5 結論

- 一、 環境中常態存在的污染物如一氧化碳、二氧化碳、甲烷和臭氧之外，冬山鄉測線共偵測到醋酸甲酯、甲醇、二硫化碳、氨氣、乙酸乙酯、乙炔、羰基硫、1,1,1,2-四氟乙烷、氯二氟甲烷、二氯二氟甲烷及高於環境背景的一氧化碳等 11 種污染物；蘇澳鎮測線則偵測到醋酸甲酯、乙酸乙酯、氨氣、氯化氫、甲醇、羰基硫、1,1,1,2-四氟乙烷及高於環境背景的一氧化碳等 8 種污染物。
- 二、 在測值超過周界標準及嗅覺閾值方面，兩處測線的所有測得污染物中，並沒有任何一種污染物的濃度曾經超過固定污染源排放管制之周界標準。考量大氣水平擴散係數(σ_y)對於監測濃度的影響後，冬山鄉測線共有醋酸甲酯、二硫化碳及氨氣的量測濃度(最大值分別為：234.8ppb、149.4ppb 及 214.5ppb)曾經超過其對應的嗅覺閾值，其中又以二硫化碳超過嗅覺閾值(16ppb)達 9.34 倍最多，顯示測線附近只要有二硫化碳氣體就很容易被民眾聞到，因為二硫化碳具有硫化物極臭的異味非常容易被鼻察覺。量測期間氨氣超過嗅覺閾值(43ppb)達 4.99 倍，排序第二，故測線附近亦容易出現氨氣之嗆鼻氣味。至於醋酸甲酯超過嗅覺閾值 (170ppb)達 1.38 倍，排序第三，顯示測線附近亦可能出現醋酸甲酯類似水果味、醚味及略帶辛辣味的特殊氣味。至於蘇澳鎮測線則只有氨氣的濃度曾經超過其文獻的嗅覺閾值(43ppb)，因此在測線附近可能出現氨氣的嗆鼻味。

- 三、 分析冬山鄉慈心華德福學要周邊，發現慈心華德福學校 OP-FTIR 測得的醋酸甲酯、甲醇、乙酸乙酯、二硫化碳和羰基硫，在上午的平均濃度有明顯高於其他時段的情形，同時異味發生時 OP-FTIR 前後 1 小時所測得的污染成分，也多以醋酸甲酯、甲醇、乙酸乙酯、二硫化碳和羰基硫等 5 種成分為主，但這 5 種成分並非每次都一起出現(時多時少)，故研判異味的特徵也可能因為每次異味物質的組合不同而有所差異。比對這 5 種異味物質時序變化的特性和民眾路異味發生次數的時序變化特性有極高之相關性，因而顯示醋酸甲酯、甲醇、乙酸乙酯、二硫化碳和羰基硫極可能就是造成慈心華德福學校附近異味問題的主要原因。
- 四、 氨氣和一氧化碳的平均濃度則呈現夜間高於日間，此時序變化的特性和民眾記錄異味發生次數的時序變化特性有明顯不同。綜言之，慈心華德福學校附近地區，上午時段的異味可能導因於”台化龍德廠”排放醋酸甲酯、甲醇、乙酸乙酯、二硫化碳及羰基硫等物質的”混合物”所產生的特殊異味；但清晨的異味則可能以”潤泰水泥廠”所排放的氨氣異味為主。
- 五、 有鑑於當地的異味問題係以混合氣體產生的異味為主，利用主成分因素分析及污染極座標圖與鄰近污染源的特性，歸納造成冬山鄉慈心華德福學校附近異味的污染源共可分為三類：第一類是來自東北東-東-東南東方的醋酸甲酯、甲醇、乙酸乙酯和二氧化碳，研判污染源可能為上風處台化龍德廠的PTA 製程及汽電共生廠的高處排放源(如煙囪)。第二類是來自西北西-西-西南西等方向的 氨氣和一氧化碳，污染源可能為該方向上 800 公尺上風處的潤泰水泥廠，因為該廠產量最大的卜特蘭水泥(一年的產量 120 萬噸)，製程中氧化鈣和過氧化鈣使水泥的鹼性提高促使氨氣產生，同時依 USEPA AP-42 排放係數，卜特蘭水泥製造程序(Portland cement manufacturing)氨氣的排放係數為 0.0051 公斤/公噸，以潤泰水泥一年生產 120 萬噸的卜特蘭水泥計算，其一年產生的氨氣的量最高可達6 公噸。第三類是來自東-東南東-東南等方向的二硫化碳及羰基硫，研判污染源可能為該些方向上風處的台化龍德廠的 M31 再生纖維製程，因該製程於生產螺縲的過程中使用二硫化碳當作溶劑，而二硫化碳在參與反應及排放過程中會轉化為羰基硫。

六、 透過污染物濃度極座標圖的分析，發現慈心華德福學校的醋酸甲酯、甲醇和乙酸乙酯都是從測線的東北東、東及東南東方飄送過來；同一時間在文化國中-馬賽國小測線，這三種成分則是從西北方飄送過來，兩相比較之下發現不論是在冬山鄉慈心華德學校或是在蘇澳鎮文化國中和馬賽國小，測得的醋酸甲酯、甲醇和乙酸乙酯，都是從台化龍德廠的方向飄送過來；利用逆軌跡分析可以進一步證實，醋酸甲酯的來源應以台化龍德廠北半邊廠區為主。至於慈心華德福學校的二硫化碳和羰基硫，則是從測線的東、東南東和東南方飄送過來；同一時間在文化國中-馬賽國小測線，亦測得羰基硫從西北方飄送過來(二硫化碳濃度可能低於偵測下限)，由此顯示，在冬山鄉測線的二硫化碳和羰基硫和蘇澳鎮測線的羰基硫，應該都是從台化龍德廠的方向飄送過來；利用逆軌跡分析也進一步證實，二硫化碳的污染來源應以台化龍德廠南半邊廠區為主(附件二)。另外，氨氣和一氧化碳則是來自測線的西邊，根據 USEPA AP-42 排放係數資料，這兩種成分都是水泥廠可能排放的空氣污染物，故研判學校的西方的潤泰水泥廠可能因為排放氨氣造成異味污染問題。

4.6 建議

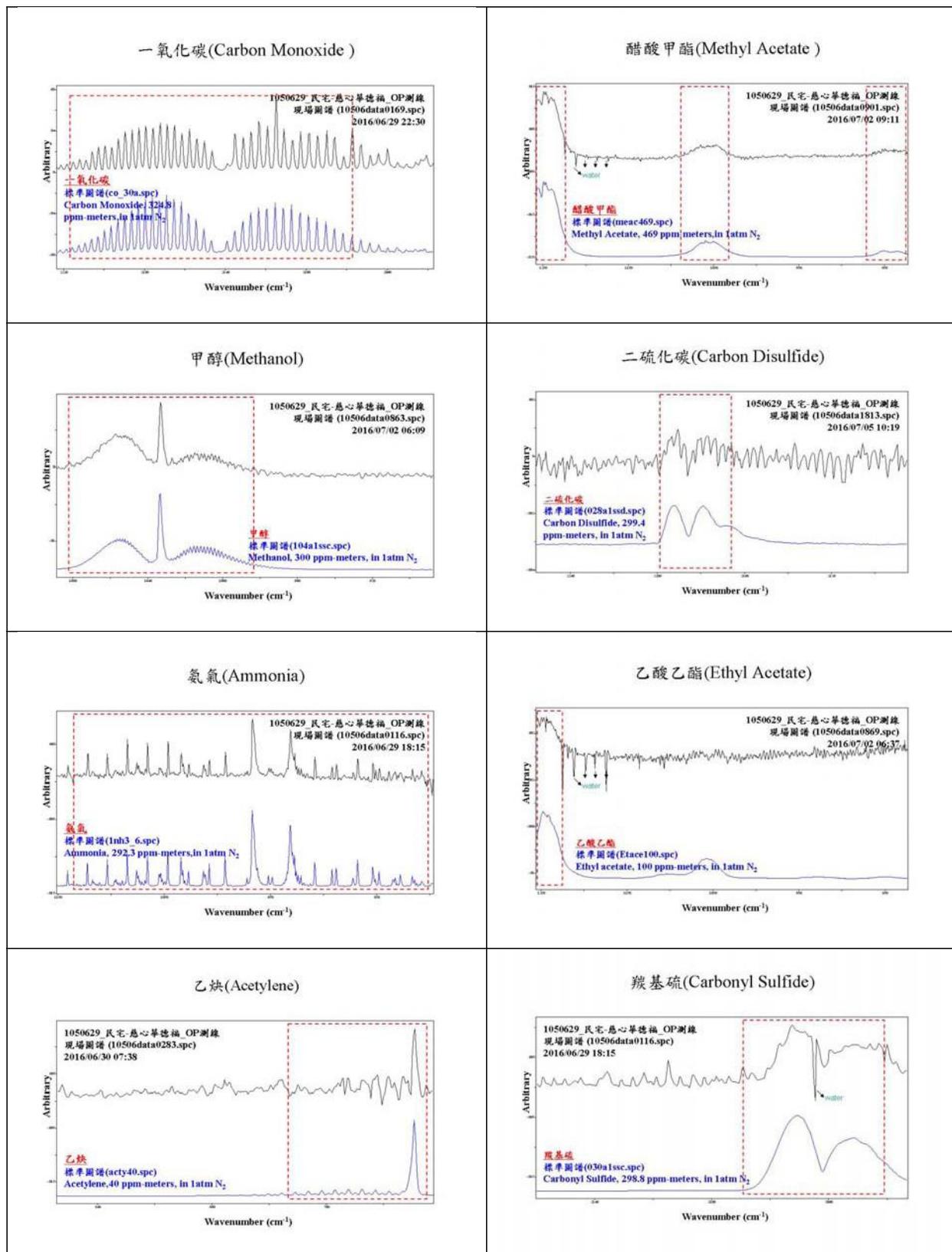
- 一、 本次宜蘭縣不明異味源之調查，經比對 OP-FTIR 及氣象站於異味熱區監測結果及當地民眾異味感知記錄，初步確認造成慈心華德福學校附近異味的主要來源共有台化龍德廠 PTA 製程(M53)、潤泰水泥冬山廠及台化龍德廠再生纖維製程(M31)等三處。由於三處污染源的特徵污染物各有不同，因而建議進行第二階段的污染源確認工作，以釐清異味污染問題之責任歸屬。營建工地 PM_{2.5} 污染源採樣結果顯示，在隧道工程 PM_{2.5}/Par.比例達到 4.4，約為其它工地比值的 4 倍，在管制工作推動上將加強追蹤隧道工程法規符合度。
- 二、 由於台化龍德廠距離慈心華德福學校較遠(>1.8 公里)，故建議第二階段針對台化龍德廠的調查的方向應朝高處污染源(如煙道)為追查方向；至於潤泰水泥廠則因為距離受體較近(約 800 公尺)則建議同時考量點源和逸散源對受體的影響。
- 三、 第二階段的污染源確認工作，建議利用連續式的點監測技術(CC-FTIR)針對可疑的污染源進行長時間的多物種監測，再利用主成分因素分析法，將 CC-FTIR 的分析結果和下風處受體 OP-FTIR 的分析結果進行比對，以分析污染源端 CC-FTIR 分析結果的主成分是否和下風處受體端 OP-FTIR 的主成分相同，藉以釐清污染源和受體之間的關係。
- 四、 待第二階段污染源確認完成後，建議透過「減量協談」的機制，督促工廠儘速針對其本身的污染問題研擬污染改善計畫書，並提交主管機關審核確認，要求業者依其計畫書之各項改善期程進行污染改善。後續建議可定期於受體端進行 OP-FTIR 的複測，配合當地居民的異味記錄，評估污染改善的成效，以瞭解異味問題改善的程度。

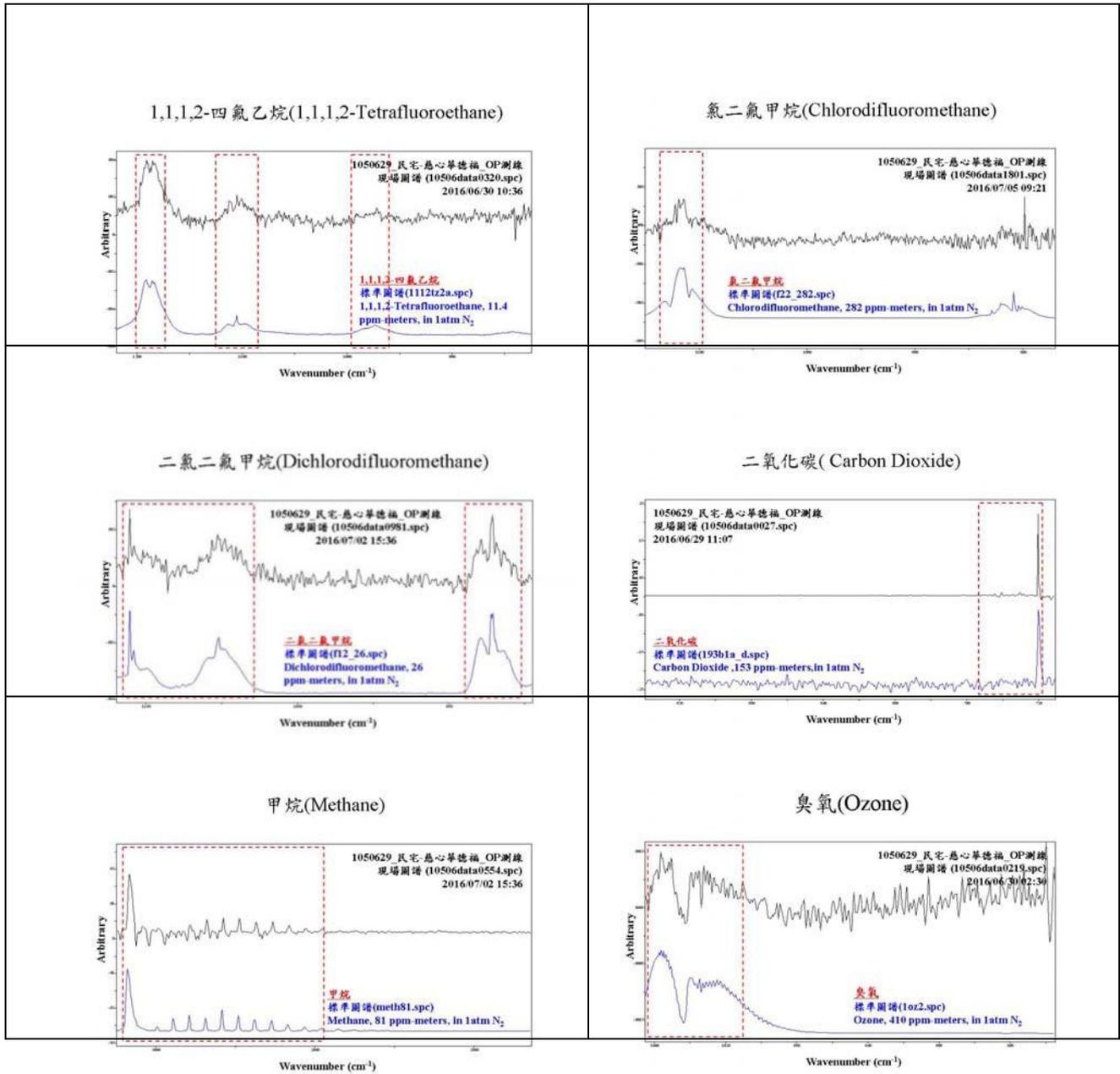
內容

第五章 結論與建議.....	61
5.1 結論.....	61
5.2 建議.....	64

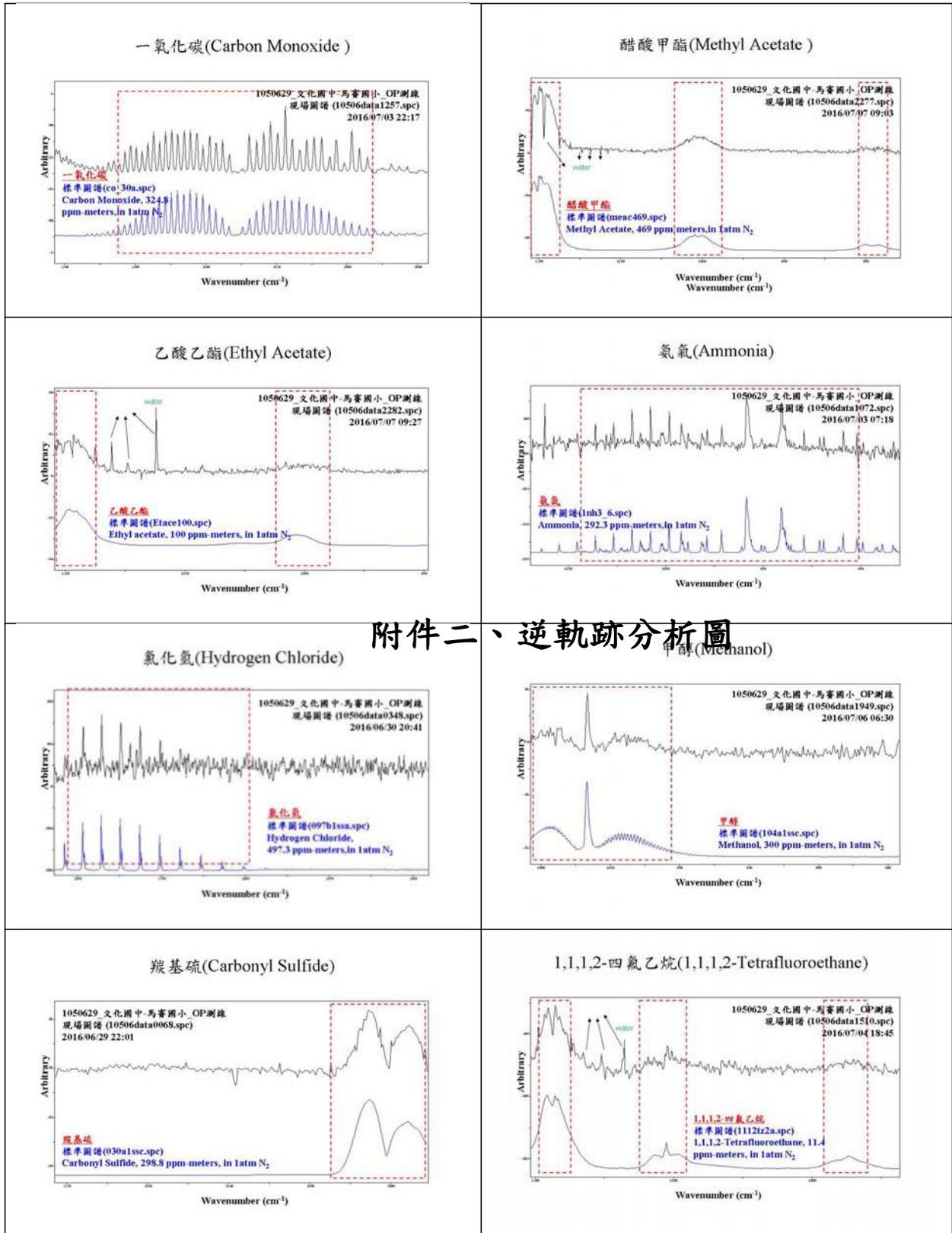
附件一、現場量測與標準圖譜比對

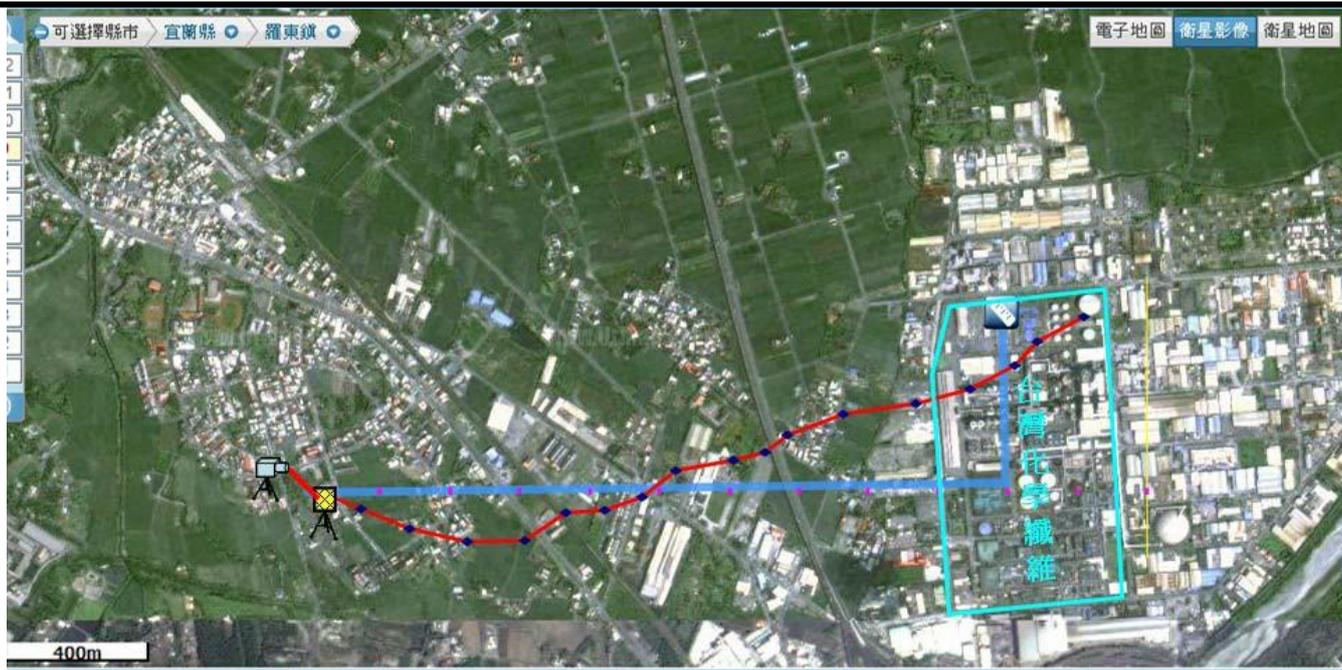
5.1 宜蘭縣冬山鄉慈心華德福學校OP-FTIR 測線現場vs.量測光譜比對



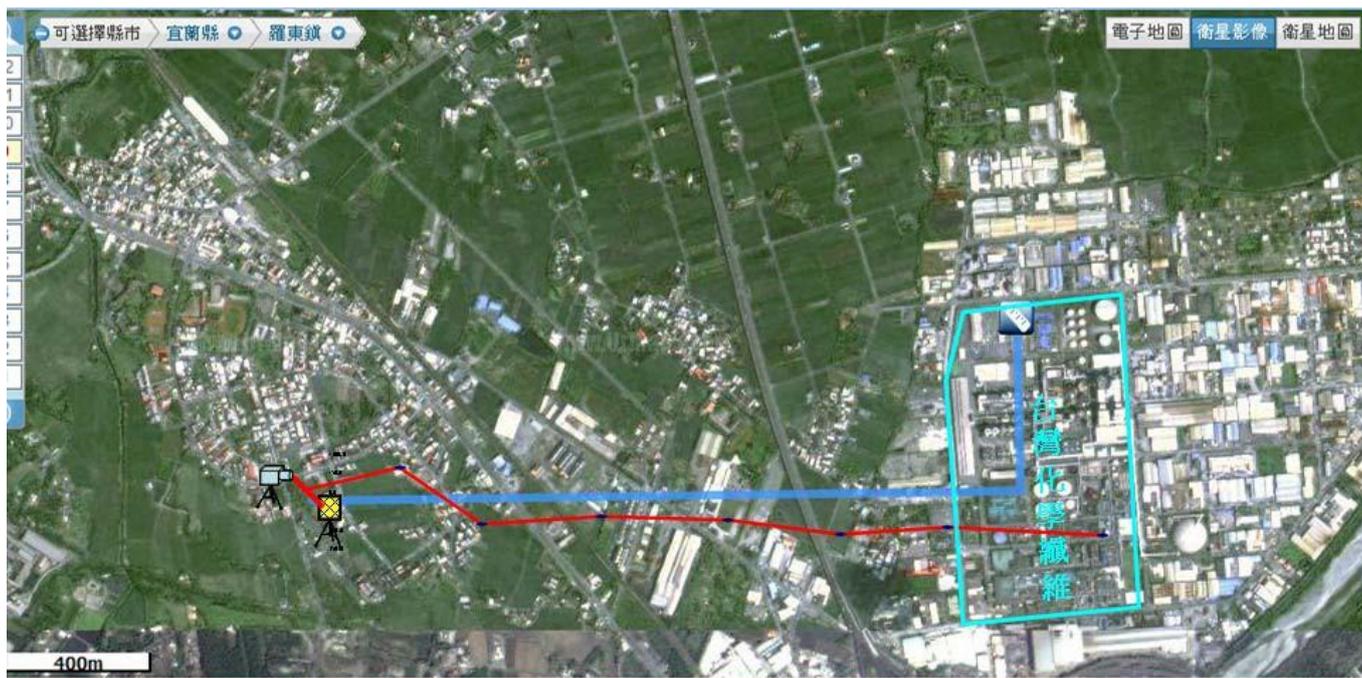


宜蘭縣蘇澳鎮文化國中至馬賽國小OP-FTIR 測線現場vs.量測光譜比對





醋酸甲酯排放路徑逆軌跡分析(慈心華德福學校到台化龍德廠)



二氧化碳排放路徑逆軌跡分析(慈心華德福學校到台化龍德廠)