

中華大學

碩士論文

題目：新竹科學工業園區周界空氣中
揮發性有機物 (VOCs)量測

系所別：土木工程學系碩士班 環工組
學號姓名：M08904036 吳倍任
指導教授：黃思尊 副教授

中華民國 九十一年 六月

授權書

(博碩士論文)

本授權書所授權之論文為本人在中華大學大學(學院)土木工程系所
環境工程組九十學年度第二學期取得碩士學位之論文。

論文名稱：新竹科學工業園區周界空氣中揮發性有機物 (VOCs)量測

同意 不同意

本人具有著作財產權之論文全文資料，授予行政院國家科學委員會科學技術資料中心、國家圖書館及本人畢業學校圖書館，得不限地域、時間與次數以微縮、光碟或數位化等各種方式重製後散布發行或上載網路。
本論文為本人向經濟部智慧財產局申請專利的附件之一，請將全文資料延後兩年後再公開。(請註明文號：)

同意 不同意

本人具有著作財產權之論文全文資料，授予教育部指定送繳之圖書館及本人畢業學校圖書館，為學術研究之目的以各種方法重製，或為上述目的再授權他人以各種方法重製，不限地域與時間，惟每人以一份為限。

上述授權內容均無須訂立讓與及授權契約書。依本授權之發行權為非專屬性發行權利。依本授權所為之收錄、重製、發行及學術研發利用均為無償。上述同意與不同意之欄位若未鈎選，本人同意視同授權。

指導教授姓名：黃思尊

研究生簽名：吳倍任
(親筆正楷)

學號：M08904036
(務必填寫)

日期：民國 91年 6月 30日

1. 本授權書請以黑筆撰寫並影印裝訂於書名頁之次頁。
2. 授權第一項者，請再交論文一本予畢業學校承辦人員或逕寄 106-36 台北市和平東路二段 106 號 1702 室國科會科學技術資料中心 王淑貞。(電話:02-27377746)
3. 本授權書已於民國 85 年 4 月 10 日送請內政部著作權委員會(現為經濟部智慧財產局)修正定稿。
4. 本案依據教育部國家圖書館 85.4.19 台(85)圖編字第 712 號函辦理。

中華大學碩士班研究生

論文指導教授推薦書

土木工程學系 碩士班 吳倍任 君所提之論文

新竹科學工業園區周界空氣中
揮發性有機物(VOCs)量測

，係由本人指導撰述，同意提付審查。

指導教授 黃思華 (簽章)

中華民國 九十一年 六月

中華大學土木工程學系碩士班

論文口試委員審定書

土木工程學系碩士班 吳倍任君所提之論文
新竹科學工業園區周界空氣中揮發性有機物(VOCs)量測

，經本委員會審議，符合碩士資格標準。

論文口試委員	召集人	<u>盧重興</u>	(簽章)
	委員	<u>黃思華</u>	(簽章)
		<u>余榮彬</u>	(簽章)
		<u>詹武忠</u>	(簽章)
			(簽章)
	系主任	<u>張奇偉</u>	(簽章)

中華民國九十一年六月二十七日

摘要

在 2001 年的 11 月及 12 月期間，在科學園區內及外圍住宅區共進行了四次採樣行動，主要是針對園區工廠所排放的揮發性有機物(VOCs)共量測到 40 餘種化合物，採樣分析方法主要是參考環保署公告方法 NIEA A715.11B：空氣中揮發性有機化合物檢測方法－不銹鋼採樣筒-氣相層析質譜儀方法為主，再參考美國環保署所公告的 TO-14A、TO15 方法進行檢測。為避免移動性污染源的影響及考量大氣混合層高度在夜間較低，因此採樣時間選則為晚間的 10 點進行採樣，由於進行的是園區周界採樣因此量測到的物種大多濃度偏低，甚至低於偵測極限($0.1\mu\text{g}/\text{m}^3$)，故以篩選的方法，選出園區常出現且濃度高的物種進行討論；大致分為極性物種 Acetone、IPA 及 2-Butanone (園區內常用之溶劑與光阻劑)與非極性物種 苯、甲苯、乙苯、二甲苯及三甲基苯(汽機車排放物)。在 11 月份的例行性檢測行動中 Acetone、IPA 及 2-Butanone 平均濃度分別為 10、1.56、13.99 ppbv，其中 2-Butanone 為歷年來新高，為更進一步了解園區內空氣品質情況，利用統計方法裡的群落分析，以得到園區內採樣點與周遭產業的相關性。後三次的檢測則是針對園區內外的空氣品質相關性進行討論；第四次採樣為針對園區第二安遷戶所進行的園區內外採樣，當天在風向朝安遷戶的情況下，以極性物種 Acetone、IPA 及 2-Butanone 進行內外的比對，其 R^2 值高達 0.9855，因此在特定的風向下，顯示園區內外的空氣品質是具有正相關性的。

目錄

摘要	i
目錄	ii
表目錄	iv
圖目錄	vii
第一章 前言	1
1.1 研究動機	1
1.2 研究目的	3
第二章 文獻回顧	4
2.1 環境空氣中揮發性有機物分析方法	4
2.2 新竹科學園區空氣品質相關執行成果	6
2.3 園區製程常使用之溶劑及化學品	10
2.4 國內相關法令規定	15
第三章 實驗方法	17
3.1 不銹鋼採樣筒採樣分析方法	18
3.2 實驗分析的品管與品保	29
3.3 採樣策略及採樣地點	32
第四章 實驗結果與討論	39

4.1 新竹科學園區空氣中揮發性有機化合物檢測結果	39
4.2 園區內揮發性有機污染物之統計分析.....	50
4.3 園區內與安遷戶社區間污染物之相關性	65
第五章 結論	73

表目錄

表 1-1、新竹科學園區空氣中常見物種資料表 ³	3
表 2-1、不同 VOCs 採樣分析方法的差異 ¹⁵	5
表 2-2、園區三期某積體電路廠一廠週界空氣污染物分析結果	7
表 2-3、園區三期某積體電路廠二廠建廠背景調查分析結果.....	7
表 2-4、過去 GC-ECD 五天連續監測數據整理(2000/5/12~200/5/16)	9
表 2-5、以 canister 採樣 50 個測點最高的前十種揮發性有機廢氣	10
表 2-6、工廠周界空氣中污染物的排放標準	16
表 3-1、極性物種.....	20
表 3-2、非極性物種.....	20
表 3-3、GC/MS 極性物種檢量線之 RSD 值	29
表 3-4、GC/MS 非極性物質 (TO-14 物種) 檢量線之 RSD 值	30
表 3-5、品管與品保.....	30
表 3-6、PFTBA TUNE 其特性離子之相對質荷比	32
表 3-7、園區內第一次採樣位置	34
表 3-8、空氣品質較差的區域，進一步確認的採樣編號及地點	36
表 3-9、長時間進一步確認的採樣編號及地點	37
表 3-10、針對第二安遷戶及鄰近園區所進行之採樣位置.....	38

表 4-1、園區三期 (A 區) 十一月份空氣品質檢測結果	39
表 4-2、園區二期 (B 區) 十一月份空氣品質檢測結果	40
表 4-3、園區一期高速公路以西 (C 區) 十一月份空氣品質檢測結果	40
表 4-4、園區一期高速公路以東 (D 區) 十一月份空氣品質檢測結果	41
表 4-5、園區外各住宅社區 (E 區) 十一月份空氣品質檢測結果	41
表 4-6、園區內污染較為嚴重的採樣位置	44
表 4-7、園區第一期安遷戶污染問題的再確認結果.....	45
表 4-8、園區第二期安遷戶污染問題的再確認結果.....	45
表 4-9、園區第三期安遷戶污染問題的再確認結果.....	46
表 4-10、長時間進一步確認園區內外相關性的採樣編號及地點	47
表 4-11、園區第一期安遷戶污染問題的長時間的檢測結果.....	48
表 4-12、園區第二期安遷戶污染問題的長時間的檢測結果.....	48
表 4-13、園區第三期安遷戶污染問題的長時間的檢測結果.....	49
表 4-14、園區第二期安遷戶及鄰近園區的檢測結果.....	49
表 4-15、園區內重要之揮發性有機污染物濃度年度數據之比較	57
表 4-16、園區群落分析之群落 1 附近的工廠類別	64
表 4-17、園區一期與第一期安遷戶間非極性物質間的關聯性.....	67
表 4-18、園區二期與第二期安遷戶間非極性物質間的關聯性.....	67

表 4-19、園區三期與第三期安遷戶間非極性物質間的關聯性.....	68
表 4-20、園區內外相關性檢定表	71
表 5-1 園區常出現高濃度之物種平均濃度及標準偏差.....	73

圖目錄

圖 1-1、近地表臭氧生成循環圖	2
圖 2-1、半導體業積體電路晶圓代工廠製造流程圖	13
圖 2-2、半導體業 DRAM 暫存記憶體廠製造流程圖	14
圖 3-1、9 種 polar 標準圖譜	23
圖 3-2、TO-14 標準圖譜	24
圖 3-3、不銹鋼採樣筒清洗確認圖	27
圖 3-4、canister 清洗流程圖	28
圖 3-5、對溴化苯調校 (BFB Tune) 的結果	33
圖 3-6、揮發性有機物質採樣地點相關位置圖	35
圖 4-1、十一月份丙酮之直方圖	51
圖 4-2、十一月份丁酮之直方圖	51
圖 4-3、十一月份順 1,2 二氯乙烯之直方圖	52
圖 4-4、十一月份異丙醇之直方圖	52
圖 4-5、十一月份甲苯之直方圖	53
圖 4-6、十一月份乙苯之直方圖	53
圖 4-7、十一月份間/對-二甲苯之直方圖	54
圖 4-8、十一月份鄰-二甲苯之直方圖	54

圖 4-9、十一月份 1,3,5-三甲基苯之直方圖	55
圖 4-10、十一月份 1,2,4-三甲基苯之直方圖	55
圖 4-11、去年度及今年度丙酮檢測結果之比較	57
圖 4-12、去年度及今年度丁酮檢測結果之比較	58
圖 4-13、去年度及今年度異丙醇檢測結果之比較	58
圖 4-14、去年度及今年度甲苯檢測結果之比較	59
圖 4-15、去年度及今年度乙苯檢測結果之比較	59
圖 4-16、去年度及今年度間/對-二甲苯檢測結果之比較	60
圖 4-18、丙酮、丁酮、異丙醇及甲苯長期監測歷年之變化	62
圖 4-19、園區內群落分析圖	63
圖 4-20、群落 1 及群落 3 之重要物種濃度圖	64
圖 4-21、新竹科學園區一期與第一期安遷戶間污染物的比較	66
圖 4-22、新竹科學園區二期與第二期安遷戶間污染物的比較	66
圖 4-23、新竹科學園區三期與第三期安遷戶間污染物的比較	67
圖 4-24、新竹科學園區一期與第一期安遷戶間非極性物質的相關性	69
圖 4-25、新竹科學園區二期與第二期安遷戶間非極性物質的相關性	69
圖 4-26、新竹科學園區三期與第三期安遷戶間非極性物質的相關性	70
圖 4-27、第四次採樣園區內外物種濃度比較圖	71

第一章 前言

1.1 研究動機

新竹科學園區為國內第一個高科技工業園區，對促進科技工業在國內生根及提昇我國科技水準之貢獻卓越，同時也促進了地方的繁榮與進步，媲美美國的矽谷。目前園區內之產業共計有電腦及週邊工業、積體電路產業、通訊工業、光電產業、精密機械產業及生物技術等六大產業。截至 91 年 3 月止，竹科園區管理局總共核准家數達 351 家，員工數約 96,000 人，就整體的營業額而言，在 90 年度為 6,613 億元。¹而高科技產業雖會帶動經濟的快速成長，但相對地也會對環境造成更大的衝擊。台灣因為地小人稠，竹科工廠密集度高，特殊的產業別如光電、半導體在製程中均需使用大量的毒性氣體及有機溶劑，在園區週遭仍有許多居民，會受到直接的衝擊。於是常引起當地居民嚴重的抗議事件。因此，政府積極制定相關法令來控制空氣品質，如半導體製造業空氣污染管制及排放標準，就民眾、廠商、或政府而言，皆希望有一合理的量測數據來監控竹科的空氣品質。

因此，竹科園區管理局又鑑於新竹地區空氣品質指標污染物臭氧的濃度居高不下，自民國 87 年起即委託學術單位進行空氣污染物監測與調查研究，即對空氣揮發性有機物(VOCs)進行監測與研究；空氣中 VOCs 的來源大多數來自工業化城鎮，除了工廠規律的排放外，還有汽機車的排放、瓦斯管線的洩漏及家庭乾洗等，而這些化合物有許多的已被證實對人體的危害性及至癌性^{2,3}。因此針對新竹科學園區常出現之物種進行整理，參見表 1-1。另外，許多 VOCs 在日照下會不穩定，形成二次有機化合物

及自由基，導致臭氧的形成⁴，而臭氧又是光化學煙霧的主要成分。因此對於空氣揮發性有機物的監測刻不容緩。目前也有許多國際上各城市在進行大氣中 VOCs 的分析與監測的研究 (Na et al.,2001⁵;Liu et al., 2000⁶;Clarke et al., 1996⁷; Cheng et al., 1997⁸; Mukund et al., 1996⁹)。至於空氣中的揮發性有機物引起光化學氧化劑之問題(煙霧，臭氧)，參見圖 1-1。

整套複雜的大氣反應的總反應式大致如下：

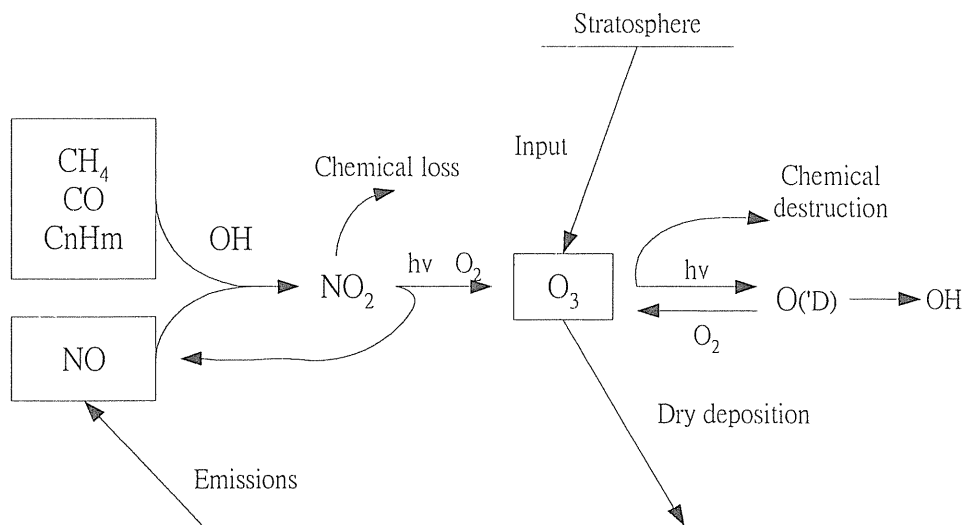
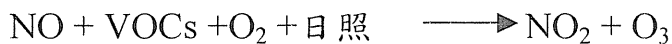


圖 1-1、近地表臭氧生成循環圖

歷年園區週界對有機性化合物檢測結果顯示以丙酮、異丙醇及甲苯為主，今年的量測結果則是多了丁酮此一物種，丙酮及異丙醇為園區工廠常用之清洗及擦拭用溶劑或為原料之溶液¹⁰，而甲苯除了是汽機車排放之污染物外，在微影製程中的光阻劑中亦含有此一成份，丁酮則是微影製程中光阻劑與顯影劑之成份之一。

表 1-1、新竹科學園區空氣中常見物種資料表³

物種	美國化學品製造量排名	長期暴露對人體的影響	在環境中分解情形	味道	國內法規規定週界濃度標準
Acetone	36	頻繁接觸可能造成皮膚脫脂及皮膚炎	會迅速被生物分解	特殊甜味，薄荷味	15
IPA	44	皮膚長期接觸會造成皮膚乾燥和龜裂	預期會進行光解作用	橡膠酒精味	8
2-Butanone	---	對神經、肝及皮膚有影響	會與氫氧自由基作用	特殊甜味，薄荷味	4
Benzene	15	可能造成血液和骨髓形成受損。為一致癌物。	會與氫氧自由電子基結合	芳香味	0.5
Toluene	16	造成中樞神經系統抑制。	具生物降解性。	芳香族的特性味道	2
Ethylbenzene	18	長期強烈暴露可能使腎臟、血液和睪丸受影響	與氫氧基反應而光分解	芳香味	0.03
Xylene	24	反覆或長期暴露可能引起皮膚炎及肝臟和腎臟損害	與氫氧自由基作用而快速分解掉	芳香味	2
Trimethylbenzene	---	困倦、疲勞、頭痛、支氣管炎等	光化作用產生氫氧基和硝酸鹽基而分解	特殊芳香味	0.5

1.2 研究目的

本研究目的在於量測園區內空氣中的 VOCs，利用環保署所公告之不鏽鋼採樣筒氣相層析質譜儀法來評估園區內的污染情形及物種分佈狀況，另特別針對園區內的污染物質以實際檢測的結果來瞭解對於附近住宅區空氣品質的問題並探討之。

因此，本研究探討的內容大致可分為下列幾個部分：

- (1) 竹科園區內外揮發性有機污染物的監測結果
- (2) 建立竹科園區空氣品質長期的背景資料與統計分析
- (3) 污染物歷年的比較與探討
- (4) 利用統計方法分析園區內與安遷戶社區間污染物質的相關性

第二章 文獻回顧

我們居住的環境，隨著高科技產業的誕生，已暴露在更高或未知的危害風險裡。新興工業中常開發或使用眾多的化學藥品來製造各種特殊用途的化學材料或支援精密製程的清洗需求，但這些藥品卻常具有毒性，若此時不能有效地掌控該污染物質，極可能會帶給人類在環保及安全上的危害。新竹科學園區毗鄰新竹縣市，居民對於園區內工廠的污染防治工作仍有疑慮，雖然園區內工廠的污染防治工作已優於國內一般水準，但若能直接從顯示新竹地區包含園區內的空氣品質，則對居民的疑慮更具有說服力。因此，環境監測的技術與推動仍需積極的進行。

2.1 環境空氣中揮發性有機物分析方法

美國環保署針對空氣中的 VOCs 制定了一些標準方法 TO-1、TO-14、TO-15、TO-17 等，以利環檢業作為參考。由於這些物種在周界的濃度都相當的低，約在數 10 ppb 至 1 ppb 間，所以都必須經過樣品的前濃縮的步驟，以降低偵測極限。依採樣的方法 TO-1 及 TO-17 大致可歸為一類，而 TO-14、TO-15 可歸為一類，其中 TO-1 為單層吸附床/熱脫附法，TO-17 為多層吸附床/熱脫附法，TO-14、TO-15 則為利用不鏽鋼瓶採樣的方法，就樣品而言，TO-1、TO-17 在採樣時就已經具有濃縮的效應，且對於待分析的樣品具有選擇性，而 TO-14、TO-15 則是將待分析的真實氣體全幅收集至不鏽鋼瓶內，再經由冷凝前濃縮裝置至分析系統中；另外尚有一美國環保署所公告之標準方法 TO-16 常用於周界氣象污染物的檢測，為開

放式傅立葉轉換紅外光遙測法，簡稱 OP-FTIR(Open-Path Fourier Transform Infrared)，其分析方法與上述最大的不同在於其為以光作為量測依據的分析方法，此三種不同分析方法比較如下表 2-1，

表 2-1、不同 VOCs 採樣分析方法的差異¹⁵

監測技術	OP-FTIR	GC/MS-Canister	GC/MS-Adsorption
相關標準	TO-16	TO-14、TO-15	TO-1、TO-17
適用化合物	NH ₃ 、HCN 及多種 VOCs (依標準圖譜之數量而定)	碳數 4 至碳數 10 的有機化合物	依所選用之吸附劑而定
優點	<ol style="list-style-type: none"> 1.量測涵蓋範圍大 2.長期而連續的即時時間測污染物 3.可同時監測多種污染物 4.可監測污染濃度隨時間的變化趨勢 	<ol style="list-style-type: none"> 1.可快速採樣 2.可多點同時監測 3.偵測極限低 4.可量測之污染物種類多 5.一瓶可重複分析 	<ol style="list-style-type: none"> 1.體積小攜帶方便 2.價格便宜 3.採樣具有選擇性，可避免不要的基質干擾 4.採樣具有前濃縮性
缺點	<ol style="list-style-type: none"> 1.監測濃度為光徑之平均值，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向 3.儀器設備及量測分析費用昂貴 4.受限於標準光譜的數量，可監測之物種有限 	<ol style="list-style-type: none"> 1.只知瞬間濃度或一段時間的平均濃度，無法判斷濃度隨時間的變化趨勢 2.儀器設備及量測分析費用昂貴 	<ol style="list-style-type: none"> 1.需考慮吸附劑破出問題 2.採樣時樣品的濃度及當時環境的水氣及溫度等均會影響吸附效率 3.需搭配幫浦 4.同一樣品無法重複分析

另外，TO-15 是 TO-14 的延伸版，除對於品管/品保的規範更為嚴格外，TO-15 亦特別要求偵檢器為質譜儀來提高定性上的準確度。也因其定性上的能力大幅提升，故可決定 97 種以上的 VOCs，其也使用 Dry purge 的方式達到除水的目的。

2.2 新竹科學園區空氣品質相關執行成果

新竹科學園區空氣品質相關計畫，主要大都是由科學園區管理局及新竹縣市環保局所委辦，而交由代檢驗業或學術研究單位來執行。在民國 85 年，新竹市環保局為了瞭解科學園區內各工廠可能排放的空氣污染物，委託康城工程顧問股份有限公司執行『新竹科學園區工廠污染排放調查與空氣品質影響評估計畫』，計畫中主要是以園區空氣品質的檢測為主，其結果顯示主要的空氣污染物是異丙醇、丙酮、乙酸丁酯、丁酮、環戊酮、2-庚酮、二硫化碳；其中丙酮、丁酮、異丙醇及乙酸丁酯的濃度甚至高達 1000ppb 以上。至於其濃度的排序，則視地點的不同而有不同。若以計畫選定的工廠來看其附近的濃度，丙酮、丁酮、庚酮及乙酸丁酯的濃度皆較異丙醇為高¹¹。

延續上一年度的計畫，在 86 年底，新竹市環保局為了調查科學園區三期積體電路廠所排放的空氣污染物，仍然委辦康城工程顧問有限公司，針對園區內某一工廠進行週界的檢測，以每 6 小時採集一次的方式，連續四次共計 24 小時，其結果如表 2-2 所示。由表得知，異丙醇為積體電路廠主要的空氣污染物，而且大氣空氣品質檢測常得到丙酮卻不在其中。為了進一步瞭解其它形成的原因，調出該工廠建廠時的檢測資料作為背景值，如表 2-3 所示。由表中發現，丙酮及異丙醇的量皆達到數佰 ppbv，而甲苯、乙苯及二甲苯也皆可以檢測得到。由此背景值可見交通運輸車輛的排氣，對園區空氣品質會有少許的貢獻。也因此可斷定表 2-3 積體電路廠周界中檢測到的苯類物種，應該部份是由交通運輸工具所貢獻。至於丙酮及異丙醇，猜測應該與檢測時的盛行風有關，其來源有可能是園區一期的工廠。

表 2-2、新竹科學園區三期某積體電路廠一廠週界空氣污染物分析結果¹¹

物種	測點 1	測點 2	測點 3	測點 4	測點 5
Dichloromethane	3.9	2.0	1.1	5.5	-
Benzene	1.0	0.76	0.92	0.84	1.0
Trichloroethene	0.22	-	0.16	0.23	0.22
Toluene	18.3	8.5	9.2	16.7	9.1
Tetrachloroethene	3.9	3.3	2.6	3.3	2.5
Chlorobenzene	0.49	-	-	0.28	-
Ethylbenzene	4.0	3.2	2.9	3.2	2.8
M,p-Xylene	14.5	3.9	3.6	3.7	3.4
o-Xylene	9.5	1.8	1.9	1.9	1.8
1,2,4-Trimethylbenzene	2.1	0.34	1.3	0.48	1.0
IPA	8850	680	4378	-	2073
2-heptanone	315.0	-	-	77.5	-
1,3,5-trimethylbenzene	0.34	-	0.33	0.19	0.17

單位：ppbv

表 2-3、新竹科學園區三期某積體電路廠二廠建廠背景調查分析結果¹¹

物種	測點 1	測點 2
Dichloromethane	0.2	0.4
Chloroform	0.4	-
Toluene	6.4	7.8
Tetrachloroethylene	0.5	0.2
Ethylbenzene	1.1	0.9
m,p-Xylene	2.2	1.8
o-Xylene	0.7	0.7
Acetone	131.3	398.3
Isopropyl alcohol (IPA)	178.0	84.5
1,3,5-Trimethylbenzene	0.6	0.6

單位：ppbv

接著由新竹縣環保局接棒。在過去三年內，為了因應『半導體製造業空氣污染管制及排放標準』，在 87 年度即委託工程顧問公司對半體業相關產業進行工廠評鑑、煙道檢測及環境空氣品質監測等工作。在煙道採樣上，以異丙醇、丙酮、乙酸丁酯為主，濃度最高可達數十個 ppm，但環境周界卻是以甲苯、異丙醇、丙酮、乙酸丁酯為主，濃度大約在 10ppb 以下。

89 年度的檢測項目中也增加了 PGMEA, 2-butanone, ethyl acetate 等物質，而且還使用了可以連續自動監測的 FTIR 遙測技術。

竹科園區管理局鑑於新竹地區空氣品質指標污染物臭氧的濃度居高不下，自民國 87 年起即委託國立清華大學羅俊光教授實驗室進行為期三年的空氣污染物監測與調查研究¹²。根據羅教授的研究結果，其分析到的污染物種可依其自行發展的分析方法分為以下 4 種類。(1)以 GC/FID 分析極性化合物，分析到 Acetone、Isopropyl alcohol (IPA)、Benzene、Toluene、m/p-xylene、o-xylene、Cyclopentanone、Propylene glycol monoether acetate (PGMEA)等 8 種物種，而其中以丙酮及甲苯的濃度最高。(2)以 GC/ECD 分析含鹵之化合物，可分析到三氯甲烷、三氯乙烷、四氯化碳、三氯乙烯、四氯乙烯等物種，其濃度頗高，範圍皆在數十數百 ppb 之間，請詳見表 2-4。(3)以 FTIR 分析含氟之化合物，分析到 Ammonia、Acetylene、Methanol、Sulfur hexafluoride、Acetone、Dichloromethane、Perfluoroethane、Carbon tetrafluoride、Ozone、Ethanol、n-Pentane Trichlorofluoromethane、Dichlorodifluoromethane、Ethyl acetate、Chlorodifluoromethane，在園區一路以丙酮、dichloromethane、ethanol、n-pentane 的濃度最高，可高達數百 ppb，而在園區二路少了乙醇及 n-pentane，卻增加大量的乙酸乙酯。(4)以不銹鋼採樣筒 (canister) 採樣，分析得到的主要物種為 Acetic acid、Acetone、Acetaldehyde、Benzene、Benzene, 1,2,4-trimethyl-、Butanone、Ethyl acetate、IPA、Trimethyl-silanol、PGMEA、Toluene、Trichloroethylene，若以園區各週界的採樣地點區分，其中又以丙酮、異丙醇及甲苯具有相對較高的濃度，但基本上都很低。

表 2-4、過去 GC-ECD 五天連續監測數據整理(2000/5/12~200/5/16)¹²

物種	平均值	標準差	最大值	最小值	最大值出現時間		最小值出現時間	
CHCl ₃	70.48	24.65	117.66	15.1	5/13/00	14:22	5/16/00	22:25
CH ₃ CCl ₃	118.42	42.2	334.57	81.63	5/16/00	11:24	5/14/00	19:23
CCl ₄	116.56	14.65	210.59	92.01	5/15/00	10:23	5/15/00	16:24
C ₂ HCl ₃	89.42	66.36	333.29	16.69	5/12/00	21:23	5/14/00	19:23
C ₂ Cl ₄	32.37	14.69	79.81	8.44	5/12/00	20:23	5/16/00	20:25

單位：ppbv

從去年度 (89 年 5 月) 開始至今,竹科管理局也針對園區外的有害物質進行研究,除了請清大原科所洪益夫教授實驗室負責揮發性有機物質的檢測外¹³,亦請交大環工所蔡春進教授實驗室負責酸性物質的採樣¹⁴。根據其 89 年度的研究報告,顯示其已鎖定極性物質:丙酮、異丙醇、丁酮及非極性物質:苯、甲苯、乙苯、間/對二甲苯、鄰二甲苯為主要分析的對象。最高之物種為異丙醇或丙酮,其次為甲苯。在聖經書院,於 89 年 7 月 11 日測得丙酮近 27 ppbv 為年度所有檢測中之最高值;在大崎村寶山路,於 89 年 9 月 7 日測異丙醇近 28 ppbv 為年度所有檢測中之最高值。幾乎每個檢測點皆有顯著的丙酮及異丙醇的污染,濃度約在 10 ppbv 左右。另外蔡氏及白氏^{15,16}亦特別針對園區空氣中酸性氣體進行採樣分析,在 1996 至 1997, HNO₃ 及 HNO₂ 約為 0.37、0.35 μg/m³。

今年度工研院環安中心承接環保署『運用紅外光遙測技術執行石化工業區污染監測』的計畫¹⁷,其中的一項工作即針對新竹科學園區的空氣品質以公告之標準方法 (canister 採樣分析法)進行全面性的檢測。為此,其涵蓋的工作範圍非常地廣。計畫之初,計畫單位先以手提式總碳氫儀進行污染物的初步確認,最後在園區第一期選定 29 個採樣點,第二期選定 9 個採樣點,而第三期選定 12 個採樣點,總共規劃 50 個採樣點。綜觀其檢測的結果,可檢測到的物種數目高達 72 種,而濃度則介於 0.04-40 ppbv 之間。如表 2-5 所示。若以含氧基極性碳氫化合物來看,仍是以丙酮最高,

其次為乙酸丙酯、丁酮、乙醛、甲酸丁酯。

表 2-5、以 canister 採樣 50 個測點最高的前十種揮發性有機廢氣¹⁵

名次	物種	類別	濃度	採樣點位置
1	Acetone	含氧基極性碳氫化合物	40.3	創新一路與創新二路交叉口
2	Acetic acid, propyl ester	含氧基極性碳氫化合物	39.6	全友工業東二與工業東三路
3	Silanol, trimethyl-	含氧基極性碳氫化合物	37.7	力行七路友訊與世界先進
4	2-Butanone	含氧基極性碳氫化合物	30.9	博達與立衛之間
5	Silane, fluorotrimethyl	烷類	27.8	全友工業東二或三路
6	Acetaldehyde	含氧基極性碳氫化合物	26.1	工業東五路與工業東四路口
7	m/p-Xylene	芳香族	15.4	華邦四廠入口斜坡處
8	Formic acid, butyl ester	含氧基極性碳氫化合物	13.1	研發二路(乾坤警衛亭)
9	Benzene, 1-ethyl-4-methyl-	芳香族	12.6	遠東金士頓/展邦科技
10	Toluene	芳香族	12.6	研發二路(乾坤警衛亭)

單位：ppbv

2.3 園區製程常使用之溶劑及化學品

園區內大多數的工廠均以積體電路廠為主，而積體電路的製程相當複雜，使用了多種的化學物質，如各種酸鹼液、有機溶劑、及毒性氣體等，若處理不當則會排放進入大氣，進而危害空氣品質及民眾的健康。環保署於 88 年 1 月 6 日公告“半導體製造業空氣污染管制及排放標準”，針對積體電路製造時所排放的揮發性有機化合物及酸性氣體，進行全面性的管制。

電子半導體業的晶圓製造流程，包括清洗、氧化、主程序（擴散、磊晶、化學氣相沈積、金屬化、離子植入等擇其一）、黃光製程（微影、光罩、顯像）、蝕刻等，然後再視產品的特性需求，循環操作，詳如圖 2-6 及圖 2-7 所示。而有機溶劑除使用於清洗步驟外，亦存在於黃光製程中的光阻劑（photoresist）、顯影液（developer）及剝除液（stripper）中；另外在主製程中，如化學氣相沈積製程（chemical vapor deposition, CVD）中，亦可見到有機矽（HMDS）或有機金屬化合物。這些化合物在使用中會因本

身的揮發性而逸散，或經不完全的反應而變成揮發性有機氣體。例如，HMDS 水解成三甲基矽醇。

凌氏及周氏^{18,19}分別於『氣體分析在半導體廠量測與預警防災之應用』研討會中，提到晶圓製造的流程並非想像中的複雜，只是因產品的功能要求而必須在數個單元中多次反覆操作。就污染物的特性而言，會產生揮發性有機污染物的製程主要是清洗、化學爐及光阻/顯影等三處。使用於化學爐的化學物質，包括二氯甲烷、三氯乙烯、四氯乙烯、1,1,1-三氯乙烷等；使用於光阻顯影及去光阻的藥劑中，包括的揮發性有機化合物，有異丙醇 (IPA)、丙二醇單甲醚醋酸酯 (PGMEA)、甲基乙基酮 (丁酮，MEK)、乙酸正丁酯、丙酮、甲苯、二甲苯、甲醇、HMDS (hexamethyldisilazane)等，其中 IPA 與 MEK 也是其他電子業清洗常用的物質。

王氏及賴氏 (1999)²⁰任職於工業技術研究院化學工業研究所空氣污染防治研究室，其於年度計畫中，現場訪查了 26 家積體電路製造工廠，並根據所收集到的原物料使用量，推估積體電路製造業的有機溶劑 (含光阻劑等) 使用量約為 560 噸/年。

為了進一步瞭解空氣污染物排放的種類及排放量，根據 26 家積體電路製造工廠的空氣污染防制設備或處理現況等資料，篩選出 7 家大型晶圓製造工廠的排放管道或處理設備進行實地的連續自動監測，其分析的對象包括總碳氫化合物 (THCs) 及揮發性有機物 (VOCs)，而分析的方法則依據公告之標準方法 NIEA A723.71B。按其分析的結果，得知主要的物種來自清洗過程中使用的異丙醇、丙酮、乙酸丁酯、甲苯、二甲苯、含氯有機物等，其排放量約等於使用量的 10-30%，排放濃度約在 100ppm as CH₄。該報告所論及空氣污染物，大抵與凌氏及周氏的報告相同，但沒有

甲乙酮 (MEK) 及丙二醇單甲醚醋酸酯 (PGMEA)、甲醇 (methanol) 及 HMDS 等物種。

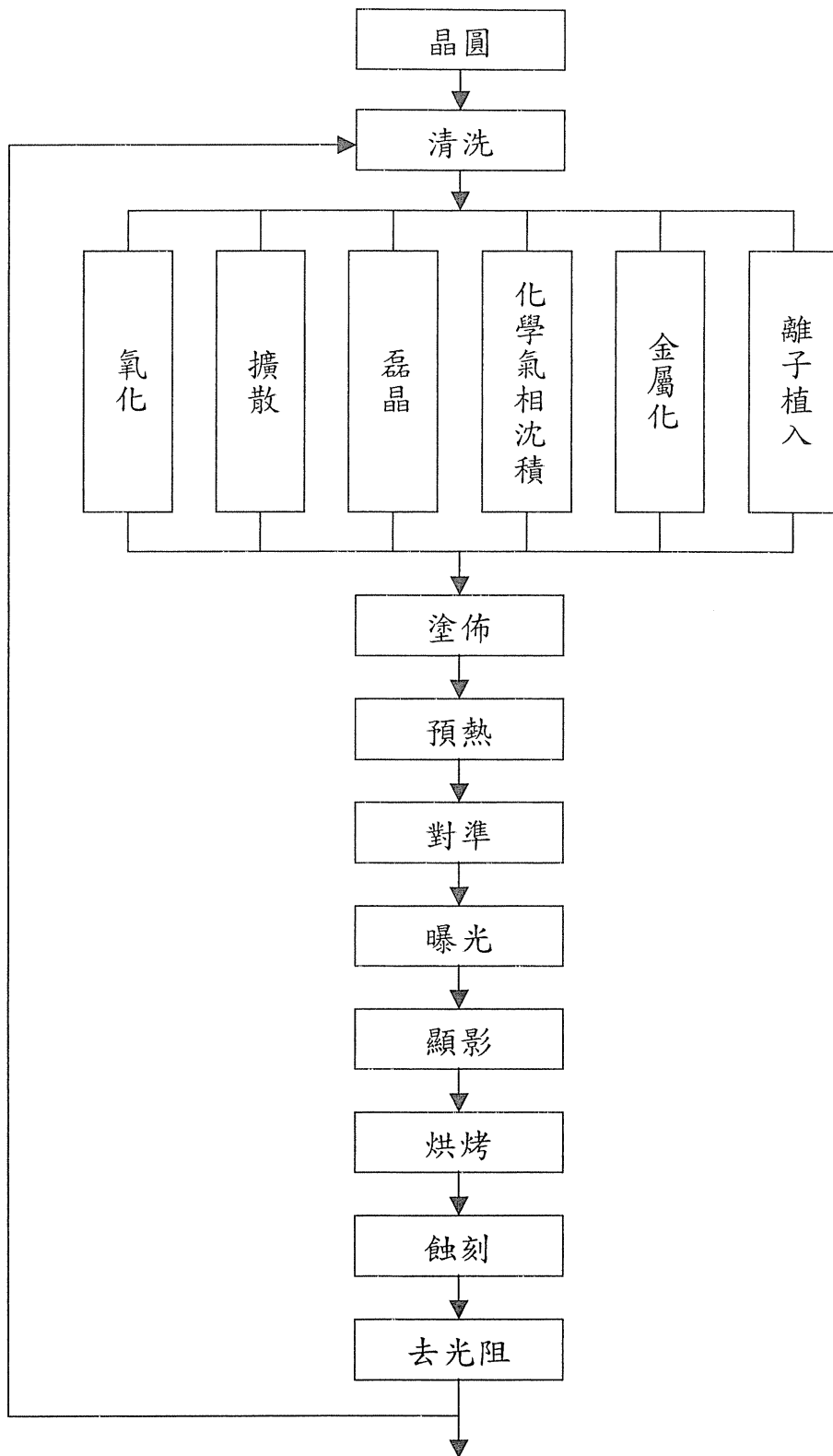


圖 2-1、半導體業積體電路晶圓代工廠製造流程圖

使用機台

使用材料

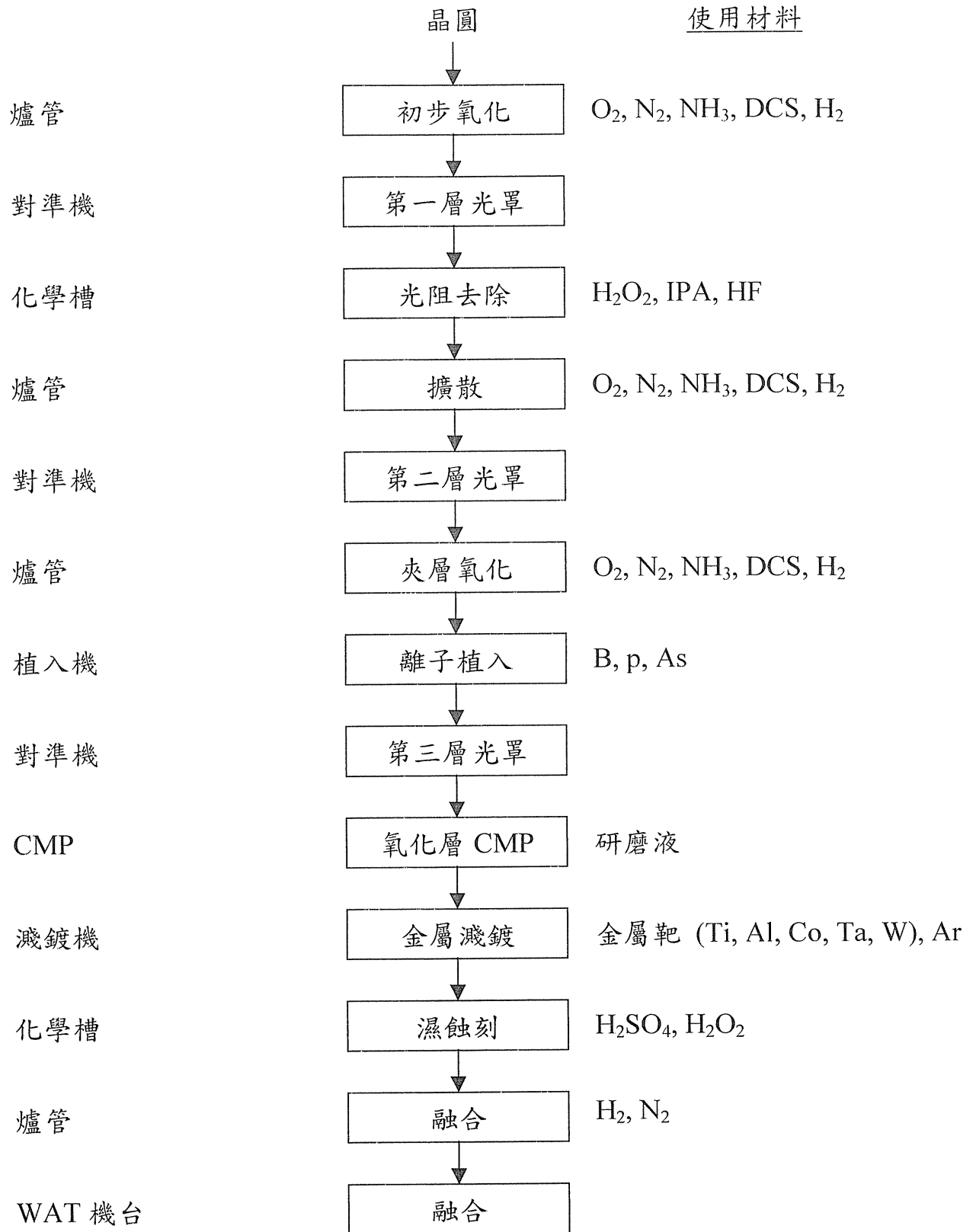


圖 2-2、半導體業 DRAM 暫存記憶體廠製造流程圖

2.4 國內相關法令規定

電子業為我國經濟之命脈，而半導體業又是電子業中的龍頭，其相關產業包括晶圓材料、設計、光罩、代工、封裝、導線架產、化學材料與設備的製造與測試等。而其中會排放大量空氣污染物的行業為晶圓製造及封裝，單一工廠的空氣污染物總排放量即可能高達數百噸/年。為此，環保署於 79 年即開始研究該產業之空氣污染排放特性及管制策略，歷經多年的努力，終於在 87 年 1 月公告『半導體製造業空氣污染管制及排放標準』，令業者加強改善其製程或逕行加裝有效的管末處理設施，以維護人體健康及空氣品質。其中主要的空氣污染物，即揮發性有機物質與酸鹼性氣體。

協助環保署訂定管制規範的單位，工業技術研究院環境安全衛生技術發展中心，將其訂定的過程發表於化工資訊中。該單位建議若單一工廠揮發性有機物的最高排放量為 0.6kg/hr 以下（以甲烷為計算基準），則管制後最大落地濃度為 $7.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。一般工廠若其排放總量大於 0.6kg/hr，則其污染防制設備的處理效率必須大於 90%。從其調查資料中，顯示半導體業使用有機溶劑的種類有甲苯、二甲苯、乳酸乙酯 (ethyl lactate)、甲醇、異丙醇、丙二醇單甲基醚醋酸酯(PGMEA)、2-EEA、乙酸丁酯、二氯乙烯、三氯乙烯等²¹。

與半導體製程相類似的行業，即光電產業，同樣使用了微影、顯像、蝕刻等方法，以及擴散、磊晶、氧化、沈積、蒸鍍等程序。在環保署『光電製造業空氣污染管制及排放標準』草案摘要中，提到揮發性有機氣體的管制。雖然仍仿照半導體業的辦法，揮發性物質的總排放量需小於 0.6kg/hr，否則各污染物的削減率必須大於 70%，明顯較半導體業寬鬆。由於揮發性有機物質很容易逸散進入大氣，以往每年檢測一次的辦法，對

於一些大型工廠的管制是不夠的。為此，光電業同半導體業，凡年使用量大於 50 公噸者，則必須設置揮發性有機物濃度監測器。

除了這二個行業外，其他行業仍然受到空氣污染防制法令的管制，按其工廠周界標準，如表 2-6 所示。基本上，該法令所規範的濃度範圍皆以 ppmv 註記，對現行實際污染的濃度而言，實在仍有一段差距。也因此，其他業者若據此法規來簡化其污染防治的工作，則環保單位是很難去作管制，目前環保單位最有可能採行的方法，應是臭味的方式來進行處罰²²。

表 2-6、工廠周界空氣中污染物的排放標準²²

污染物種	週界排放濃度
Acetic acid	0.2
Acetic acid, butyl ester	3
Acetone	15
Benzene	0.5
Cyclohexane	6
Dimethyl sulfide	0.2
Hexane	1
M/p-xylene	2
Dichloromethane	1
Naphthalene	0.2
o-Xylene	2
Pentane	12
Styrene	1
Toluene	2
Trichloroethylene	1
1,2,4-Trimethylbenzene	0.5
1,3,5-Trimethylbenzene	0.5
Isopropyl Alcohol	8
Ethyl acetate	8
Cyclohexanone	0.5

單位：ppmv

第三章 實驗方法

採樣分析方法主要是參考環保署公告方法 NIEA A715.11B: 空氣中揮發性有機化合物檢測方法－不銹鋼採樣筒-氣相層析質譜儀方法為主，再參考美國環保署所公告的 TO-14A²⁴、TO15²⁵ 方法，針對新竹科學工業園區環境中揮發性有機物做一分析量測工作。為避免過多汽機車排放源的干擾，採樣時間均選擇了汽機車較少的夜間時段，再配合採樣時氣象因素與工廠位置分佈，將分析結果作一統計分析。實驗方法主要包括下列所述部分：

1. 儀器設備
2. 標準樣品資料建立
3. 分析條件選定
4. 不鏽鋼罐清洗與測定
5. 分析方法接受性評估
6. 品管與品保
7. 採樣地點及採樣策略

3.1 不銹鋼採樣筒採樣分析方法

主要是將已先抽至 10^{-2} mmHg 真空度之 6L 不銹鋼採樣筒以瞬間吸入採集方式收集空氣中揮發性有機化合物(VOCs)，利用冷凍捕集方式濃縮一定量 200ml 的空氣樣品後，再經熱脫附至氣相層析注入口前端再次冷凍聚焦，最後注入氣相層析質譜儀(GC/MS)中，將樣品中揮發性有機化合物定性與定量

3.1.1 儀器設備及其相關的藥品與材料

採樣及清洗裝置

1. 粒狀物過濾器：可濾掉 $10\ \mu\text{m}$ 以上之粒狀物，且使瞬間採樣時，空氣平緩流入。
2. 不銹鋼採樣筒：為 EnTeck, USA 容積 6L 的不銹鋼採樣筒，其內壁經過刨光處理，鍍上一層熔融矽膠，其進樣管道也有經矽烷化處理。
3. 自動清洗裝置：吉偉儀器公司自行研發的自動化清洗裝置，可用來做為控制不銹鋼採樣筒清洗流程(以氮氣加壓、去離子水濕化及抽至真空)之裝置。
4. 真空泵：為 ILMVAC, Tpye 302051, Diffusion pump 能抽不銹鋼採樣筒至真空度 2×10^{-4} mbar 絕對壓力以下。
5. 加熱帶：可加熱至 120°C ，用來加熱清洗不銹鋼採樣筒用。

儀器設備

1. 氣相層析質譜儀：HP-5890 GC
2. 分離管柱：內徑 0.25 mm, 長 60M 之熔融矽膠毛細管柱之 DB-624 管柱
3. 樣品前處理裝置：ENTECH-7100 冷凝濃縮裝置
4. 液體注射針筒：10 μ L
5. 氣密式注射針筒：1.0 mL

試劑方面

1. 查核標準氣體：購置市售之標準混合氣體（可配成一瓶或多瓶）；內含如表 3-1 及表 3-2 之化合物，但必需經濃度確認並可追溯至國際標準者，用來確認檢量線之查核樣品。
2. 檢量線標準氣體：購置另一與查核標準氣體不同來源之純度 99.5% 分析試藥級標準混合氣體如表 3-1 及表 3-2。
3. 內標準氣體：自行配製 50 ppbv 之 1,4-二氟苯
4. 冷凍捕集劑：液態氮
5. 儀器用氣體：純度 99.999% 以上之氬氣
6. 試劑水：去離子水，HPLC 級，供清洗 canister 時，作為溼化用之水氣
7. 對氟溴化苯 (BFB)：自行配製對氟溴化苯氣體作為質譜儀調整用。

3.1.2 標準樣品資料建立

目標分析物

目標分析物可依極性分為極性物種及非極性物種等兩種，有關極性物種請參見 3-1，而非極性物種請參見表 3-2。

表 3-1、極性物種

1	1,3-Butadiene
2	Acetone
3	Isopropyl Alcohol
4	Acrylonitrile
5	2-Butanone
6	Butyl acetate
7	Cyclopentanone
8	2-Heptanone
9	Cyclohexanone

表 3-2、非極性物種

12	Freon 12 (difluorodichloromethane)
13	Freon 114
14	Methyl chloride (chloromethane)
15	Vinyl chloride (chloroethene)
16	Methyl bromide (bromomethane)
17	Ethyl chloride (chloroethane)
18	Freon 11 (trichlorofluoromethane)
19	Freon 113 (1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroethane)
20	1,1-Dichloroethene
21	Dichloromethane
22	1,1-Dichloroethane
23	cis-1,2-Dichloroethylene
24	Chloroform (trichloromethane)
25	Methyl chloroform (1,1,1-trichloroethane)
26	Carbon tetrachloride (tetrachloromethane)
27	1,2-Dichloroethane
28	benzene
29	Trichloroethylene

30	1,2-Dichloropropane
31	cis-1,3-Dichloropropene
32	Toluene
33	trans-1,3-Dichloropropene
34	1,1,2-Trichloroethane
35	Tetrachloroethylene
36	1,2-Dibromoethane
37	Chlorobenzene
38	Ethylbenzene
39	m/p-Xylene
40	o-Xylene
41	Styrene
42	1,1,2,2-Tetrachloroethane
43	1,3,5-Trimethylbenzene
44	1,2,4-Trimethylbenzene
45	m-Dichlorobenzene
46	p-Dichlorobenzene
47	o-Dichlorobenzene

以高壓標準氣體鋼瓶製備檢量線用之氣體

標準氣體濃度為 1ppmv，由於待分析目標物為周界空氣中的揮發性有機物，無法滿足實驗上的需求，必須自行稀釋；為製備檢量線用之不同濃度標準氣體，將高壓氣體鋼瓶以零級空氣來稀釋，其製備步驟如下：

1. 先取得所有待測化合物之標準氣體。
2. 以可精確控制流量之設備（質量流量控制器）正確量取一定之標準氣體之體積，注射至體積以抽真空之乾淨之不鏽鋼採樣筒內。
3. 以含水氣之乾淨空氣加壓不鏽鋼採樣筒。
4. 以下列方程式計算各待測化合物濃度：

$$\text{濃度, ppbv} = \frac{V_{std}}{n \times V_{canister}} \times \text{標準氣體濃度 (ppbv)}$$

V_{std} : 注射標準氣體之體積

V_{canister} ：不鏽鋼筒之容積

n ：稀釋倍數

(兩個 V 值之表示單位必需一致)

5. 本計畫所使用儀器之標準圖譜，如圖 3-1 及圖 3-2 所示。

檢量線建立

將不同濃度之 50ppbv、25ppbv、10ppbv、5ppbv、2ppbv 的標準氣體分別進入系統，同時在樣品冷凝捕集處進一 50ppbv 之內標準品後，進行分析，再由 HP 的軟體進行檢量線的製作。另外由分析儀器偵測所得之尖峰面積與濃度關係，可藉由內標準品求出每種化合物之相對感應因子 (RRF)，及平均感應因子 ($\overline{\text{RRF}}$)。

相對感應因子：對於每一個待測化合物以適當之內標準品計算其感應因子

$$\text{RRF} = \frac{A_x C_{is}}{A_{is} C_x}$$

其中 RRF：相對感應因子

A_x ：待測化合物主要定量離子積分面積

A_{is} ：內標準品主要定量離子積分面積

C_{is} ：內標準品添加濃度；ppbv

C_x ：待測化合物之濃度；ppbv

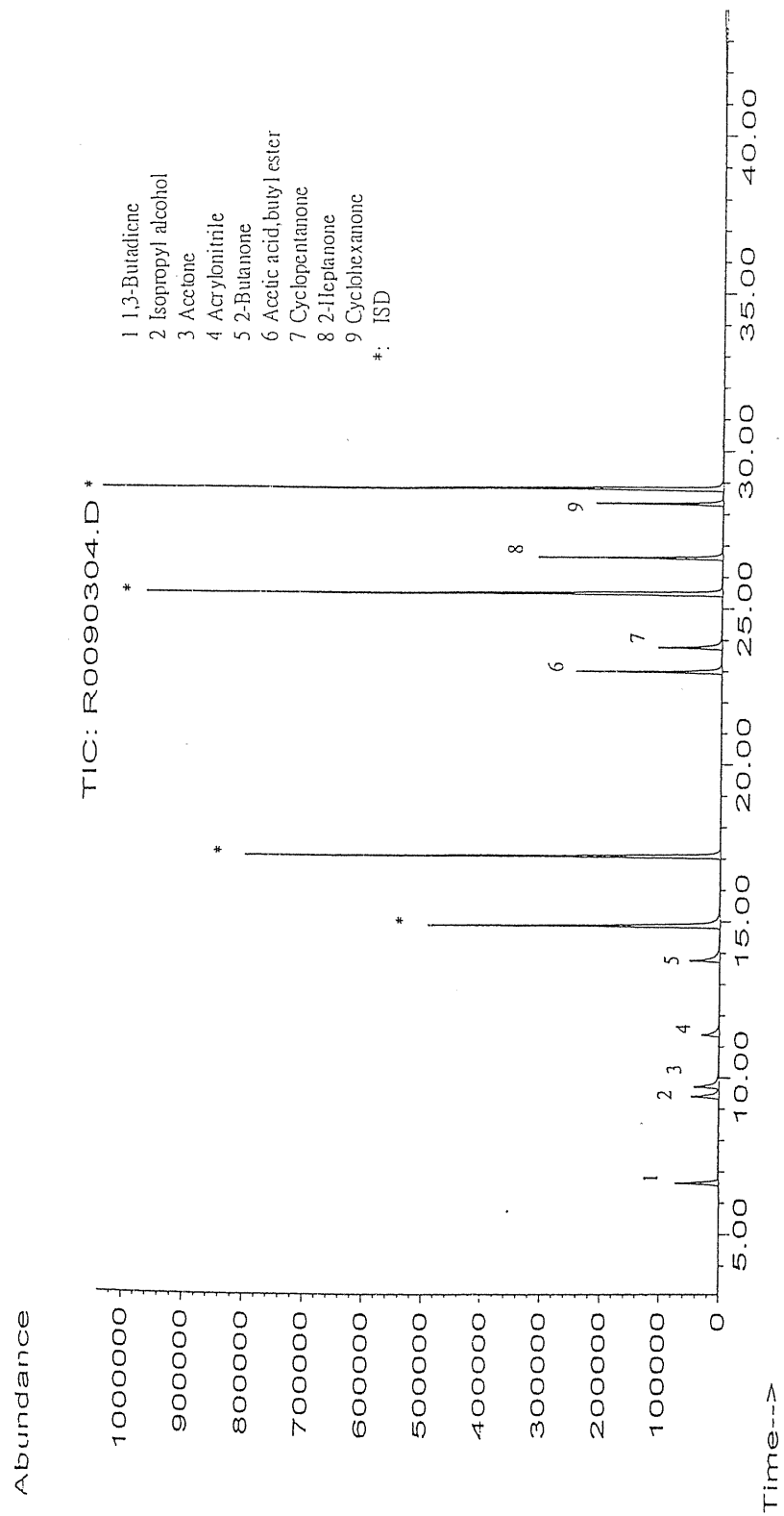


圖 3-1、9 種 polar 標準圖譜

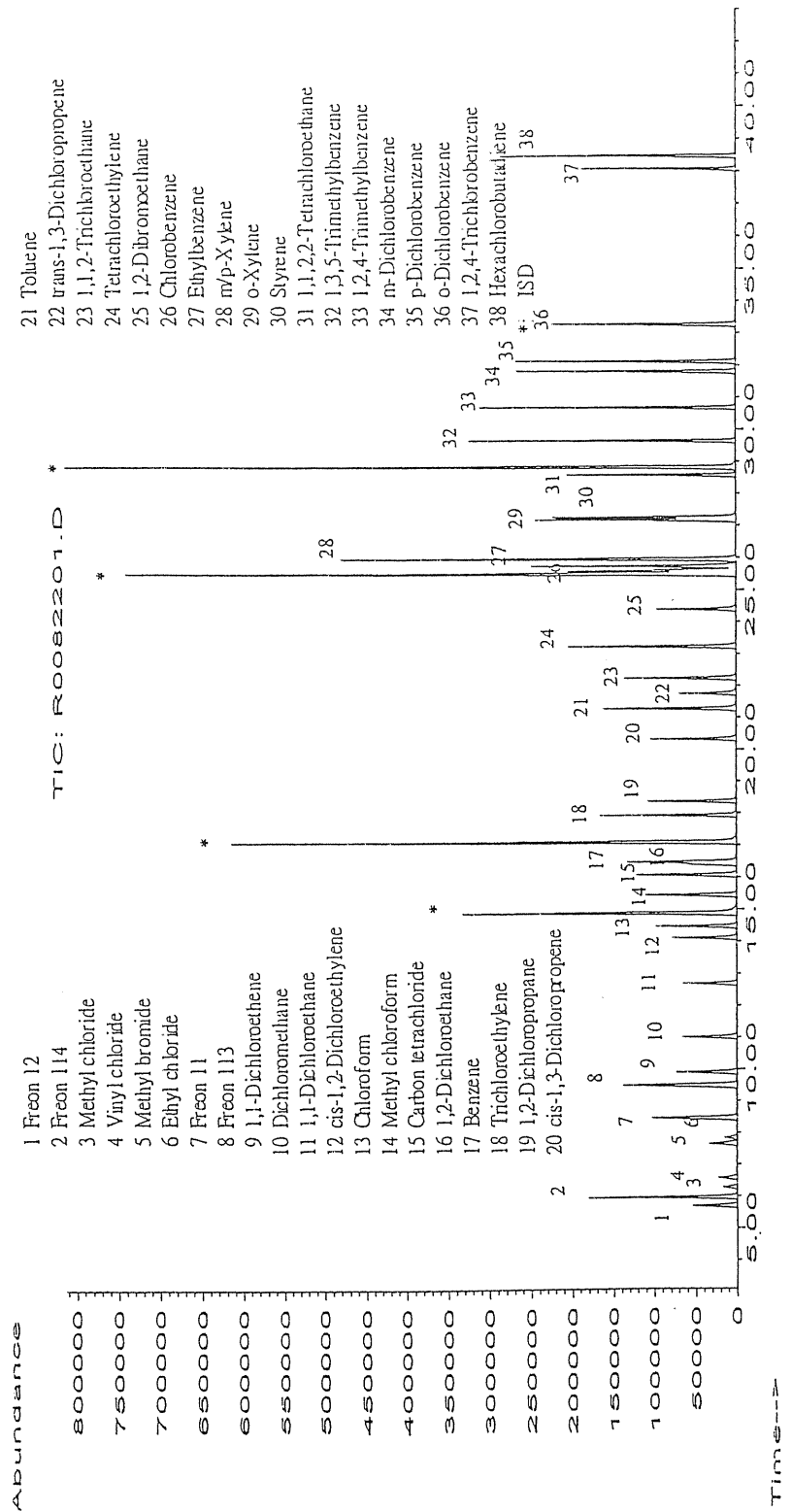


圖 3-2、TO-14 標準圖譜

平均相對感應因子：對於每個待測化合物，以下列公式計算五種不同濃度標準氣體之感應因子的平均值，即為平均相對感應因子(\overline{RRF})：

$$\overline{RRF} = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n}$$

其中 \overline{RRF} ：平均相對感應因子

X_i ：待測化合物每個濃度的 RRF 值

n ：相對感應因子的個數

相對標準偏差百分比(% RSD)：使用起始檢量線之 RRFs 值，及下列方程式計算所有待測化合物之 % RSD 值。

$$\%RSD = \frac{SD_{RRF}}{RRF} \times 100$$

$$SD_{RRF} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (RRF_i - \overline{RRF})^2}{N-1}}$$

SD_{RRF} ：起始檢量線上各濃度感應因子之標準偏差(每個待測化合物)

RRF_i ：每個濃度之相對感應因子

\overline{RRF} ：起始檢量線上各濃度相對感應因子之平均值(每個待測化合物)

3.1.3 分析條件選定

需設定的儀器包括濃縮設備及氣相層析儀，其設定條件如下：

ENTECH-7100

該裝置乃以三段冷凝程序來進行濃縮，第一段冷凝程序填裝玻璃珠，

須將其溫度調到-150°C，等欲分析之氣體進入後，再快速的升溫至 180°C，利用載流氦氣導入到第二段，第二段為填充 Tenax 材質，須將其溫度調到-40°C，第三段冷凝則需降溫到-150°C。前二段的目的是在於濃縮，同時去除樣品中的水氣及二氧化碳。而最後一段的冷凝，在使樣品進入管柱前再濃縮，此種冷凝方式可以提升樣品的感度及降低偵測極限，圖譜的分離也較佳。

GC/MS 氣相層析質譜儀

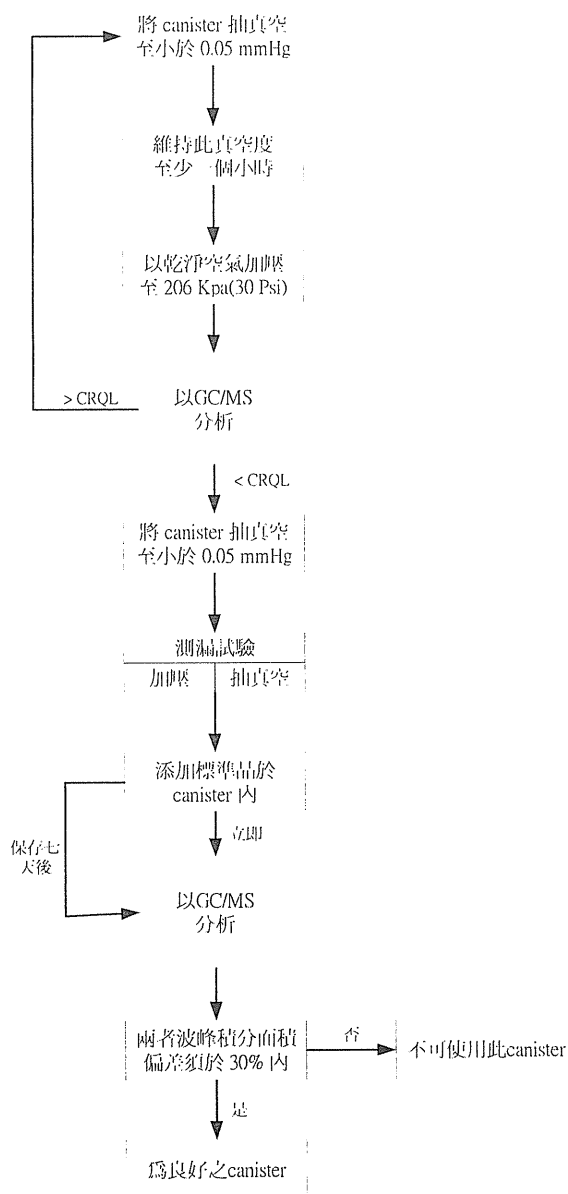
GC/MS 的分析操作條件建議如下：

1. 管柱起始溫度：35°C(停 5 分鐘)
2. 升溫速率：每分鐘 5°C 到 110°C(停 2 分鐘)；再以每分鐘 7°C 至 185°C，再以每分鐘 10°C 至 200°C
3. 最終溫度：200°C
4. 維持時間：10 分鐘
5. 載流氣體(氦氣)流率：1 mL/min
6. 游離能：70 電子伏特
7. 質譜範圍：33 至 260 amu
8. 離子源溫度：280°C

3.1.4 不鏽鋼罐的清洗與測定

新購之不鏽鋼採樣筒於使用前必須經過測漏程序，環保署標準方法為以乾淨空氣加壓每一個不鏽鋼採樣筒至壓力錶上壓力約為 30Psig，測量時記錄最初壓力，然後關閉不鏽鋼採樣筒閥門，24 小時後打開閥門，測試及記錄其壓力。其壓力變化應在 0.029 Psig 範圍內。此外亦可將每一

個不鏽鋼採樣筒抽真空至小於 0.05mmHg，記錄其真空度讀值，放置 24 小時後，其壓力變化應在 0.02mmHg 範圍內。²³ 整個確認動作，請參見圖 3-3。

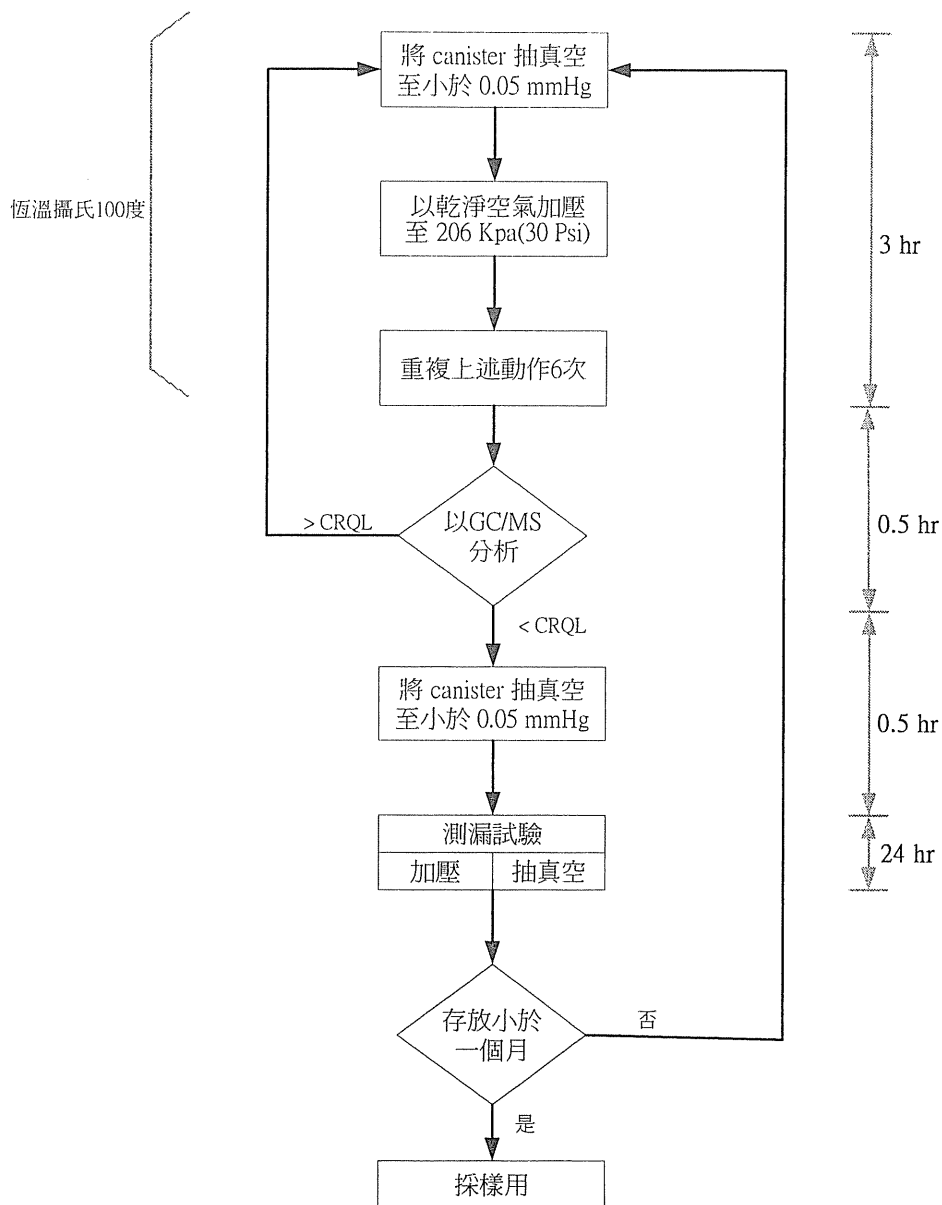


canister 確認流程圖

圖 3-3、不鏽鋼採樣筒清洗確認圖

不鏽鋼筒之清洗，使用吉偉儀器所設計之全自動清洗裝置，一次可洗

4 個不繡鋼瓶另外於瓶外綁一加熱帶，加熱至 100 °C，此溫度已足夠使污染物氣化而被抽掉，清洗流程，請參見圖 3-4。



canister 清洗流程圖

圖 3-4、canister 清洗流程圖

3.2 實驗分析的品管與品保

對於一個分析方法其表現評價的優劣可以從三方面來評估，根據 TO-15 所述，這些準則如下。^{24,25}

1. 方法偵測極限(method detection limit)要在 0.5ppb 以內，配製於 5 倍於儀器偵測極限的標準氣體，重複分析七次，所得標準偏差值之 3.14 倍之相當濃度，即為方法偵測極限。
2. 精密再現性(replicate precision)要在 25% 以內，針對標準氣體做七以上之重複分析，以相對標準偏差(RSD)來評估其精密度，所得之 RSD 須要在 25% 以內。
3. 測試值準確性(audit accuracy)要在 30% 以內，分析已知濃度之標準氣體，將分析濃度值減掉真實濃度值再除以真實濃度值，以百分比計算之，驗證標準值要在 30% 以內。

而 GC/MS 極性物質與非極性物質檢量線的相對標準偏差百分比 (RSD) 則如表 3-5 及表 3-6 所示。RSD% 值不可超過 30%，若有超過 30% 時，最多不能有兩個以上的待測化合物超過，且 RSD% 不能超過 40%。

表 3-3、GC/MS 極性物種檢量線之 RSD 值

物種	RSD	物種	RSD
1,3-Butadiene	3.1	Butyl acetate	4.3
Acetone	2.7	Cyclopentanone	4.1
Isopropyl Alcohol	3.7	2-Heptanone	2.5
Acrylonitrile	4.4	Cyclohexanone	2.3
2-Butanone	5.4		

單位：ppbv

表 3-4、GC/MS 非極性物質 (TO-14 物種) 檢量線之 RSD 值

物種	RSD	物種	RSD
Freon 12	17.8	cis-1,3-Dichloropropene	9.1
Freon 114	19.0	Toluene	6.0
Chloromethane	20.4	trans-1,3-Dichloropropene	7.5
Chloroethene	7.5	1,1,2-Trichloroethane	9.0
Bromomethane	6.1	Tetrachloroethylene	7.3
Freon 11	9.0	1,2-Dibromoethane	7.5
Freon 113	4.6	Chlorobenzene	8.6
1,1-Dichloroethene	5.6	Ethylbenzene	7.8
Dichloromethane	7.1	m/p-Xylene	6.7
1,1-Dichloroethane	8.7	o-Xylene	7.9
cis-1,2-Dichloroethylene	7.7	Styrene	7.1
Chloroform	7.7	1,1,2,2-Tetrachloroethane	4.2
1,1,1-Trichloroethane	9.6	1,3,5-Trimethylbenzene	7.5
Tetrachloromethane	10.8	1,2,4-Trimethylbenzene	6.5
1,2-Dichloroethane	10.2	m-Dichlorobenzene	6.6
Benzene	8.3	p-Dichlorobenzene	7.1
Trichloroethylene	7.9	o-Dichlorobenzene	6.4
1,2-Dichloropropane	6.8		

單位：ppbv

品保目標

分析方法所進行的品管與品保(QA/QC)，其目的、方法及要求，如表 3-5 所示。

表 3-5、品管與品保

品管措施	方法與目的
採樣罐清洗與測試	於採樣前採樣罐清洗過後
儀器空白值	於分析每批樣品前
系統調校	儀器操作條件更改，每日校正不合格
檢量線的確認	分析前注入已知濃度標準氣體來確認檢量線堪用性
每日校正	AUTO TUNE

品保措施說明

1. 採樣罐清洗與測試

目的：在避免清洗不完全或有機化合物污染以及增加樣品儲存時的穩定性，以確保採樣可靠性。方法：將清洗、濕化過的採樣罐隨機抽樣後，以 GC-MS 分析系統進行分析各目標分析物之濃度。要求：分析結果各目標分析物總濃度不得超過 10 ppb；每一批採樣罐清洗後，不得少於 10% 或一個採樣罐測試。

2. 儀器空白值測試

目的：測知儀器狀況是否有洩漏、污染等。方法：將超高純度氦氣(99.9995%) 接於樣品導入口，依照樣品分析之方法步驟進行分析。要求：儀器空白值測試其目標化合物總濃度不得超過 10 ppb。

3. 系統調校

目的：檢視氣相層析質譜儀之性能狀況，以期達到正確之離子質量確認、良好的解析度及定性定量，待結果確認符合標準後方可進行分析。方法：於電腦控制軟體下選取 AUTOTUNE，由儀器進行調整。利用 PFTBA 進行校正。要求：PFTBA TUNE 其特性離子之相對質荷比需符合表 3-6 所述。

4. 對溴化苯調校 (BFB Tuning)：其結果，如圖 3-5 所示。

5. 檢量線確認

目的：確認此檢量線是否能用。方法：打已知濃度的標準氣體，確認感度。要求：感度誤差在 5% 以內。本文所有極性物質與非極性物質之檢量線，如附錄 1 所示。

表 3-6、PFTBA TUNE 其特性離子之相對質荷比

項目	MSD	標準值範圍
Abs.Abund	m/z 69	250,000~400,000
Rel.Abund	m/z 69	100%
	219/69	35~99%
	502/69	>1%
Isotope ratio	70/69	0.5~1.6%
	220/219	3.2~5.4%
	503/502	7.9~12.3%
Mass assignment	69.0/219.0/502.0	誤差 0.2 以內
PW50		0.45~0.65

6. 每日校正

目的：確定系統調校結果有效性，並檢視氣相層析質譜儀是否有異常。其實驗方法必須於系統開機後，操作軟體並執行『check out TUNE』之指令，以將結果顯示出來。在要求上，標準氣體分析須待儀器空白值、系統調校通過後，方可以進行後續的分析測試。

3.3 採樣策略及採樣地點

由於本文的目標是在於園區工廠所排放之揮發性有機物在園區及鄰近住宅區分佈的情形，因此在採樣策略上，主要是避免交通污染源干擾的影響；在採樣地點則是參考之前的報告，在濃度較高的位置佈採樣點

採樣策略

新竹科學園區內的揮發性有機化合物主要的來源是以工廠與汽機車的排放為主。由於汽機車的排放並非本文調查之重點，因此採樣點與採樣時段將盡可能選擇在交通污染源干擾較低的地點與時間，因此選擇晚上 10 點作為採樣的時間，另外，大氣中最大混合層的高度在夜間較低，以

便使量測結果真實地反應出園區內因工廠排放所造成的揮發性有機污染物分佈狀況；本文主要是針對揮發性有機化合物，預計在園區共採樣四次，第一次是例行性採樣，主要針對園區內過去設定的 34 個採樣點及園區外 5 個採

樣點 (請參見表 3-7 及圖 3-6)，進行採樣；第二次採樣則是針對第二期安遷戶社區等空氣品質較差之區域，進行共 24 點的採樣，其地點位置詳如表 3-8 所示。另外根據以往報告，在濃度偏高的地點，進行長時間 4 點的第三次採樣(從晚上 10 點、12 點、凌晨 2 點及 4 點等)，總共 24 點，其地點位置詳如表 3-9 所示。另外，還有針對園區第二安遷戶及鄰近的園區工廠進行 11 點的第四次採樣。其位置參見表 3-10。

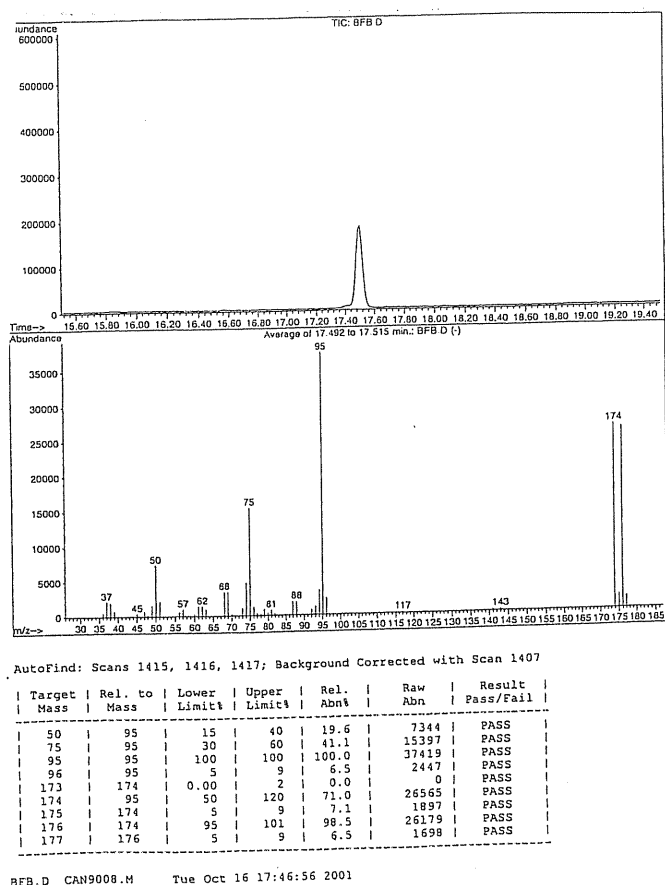


圖 3-5、對溴化苯調校 (BFB Tune) 的結果

採樣地點

表 3-7、竹科園區內第一次採樣位置

組別	編號	地點
A	1	實驗中學門口
	2	禾翔公司牌
	3	國聯光電公司牌
	4	旺宏警衛亭
	5	世大警衛亭
	6	聯電聯合大樓門口處
	7	飛利浦門口
	8	力晶警衛亭 (馬路中間)
	9	聯友光電公司牌
B	1	園區三路往青草湖路口檳榔攤 (佳友對面)
	2	亞瑟大門口
	3	台積電警衛亭
	4	研新二路、興業二路交叉路口
	5	巨擘公司牌
	6	中德後門停車場出口處
	7	合泰警衛亭
	8	台積電三、四廠門牌
	9	矽統科技公司牌
C	1	研發二路、園區二路交叉路口
	2	台灣應用材料公司牌
	3	創新三路、研發二路交叉路口
	4	聯電公司牌
	5	神基科技公司牌
	6	研發六路與新安路交叉路口
	7	園區三路靠近同步輻射中心圍牆
D	1	園區一路、工業東七路交叉路口
	2	工業東四路與工業東七路交叉路口
	3	工業東四路全陽門口
	4	工業東九路與園區二路交叉路口
	5	工業東二路與工業東一路交叉路口
	6	展示中心旁
	7	工業東二路與科技二路交叉路口
	8	污水處理廠門口
	9	太空計畫室門口
E	1	龍山社區 (近園區處)
	2	華清社區 (近園區處)
	3	比佛利 (近園區處)
	4	高翠路籃球場
	5	愛迪生社區 (近園區處)

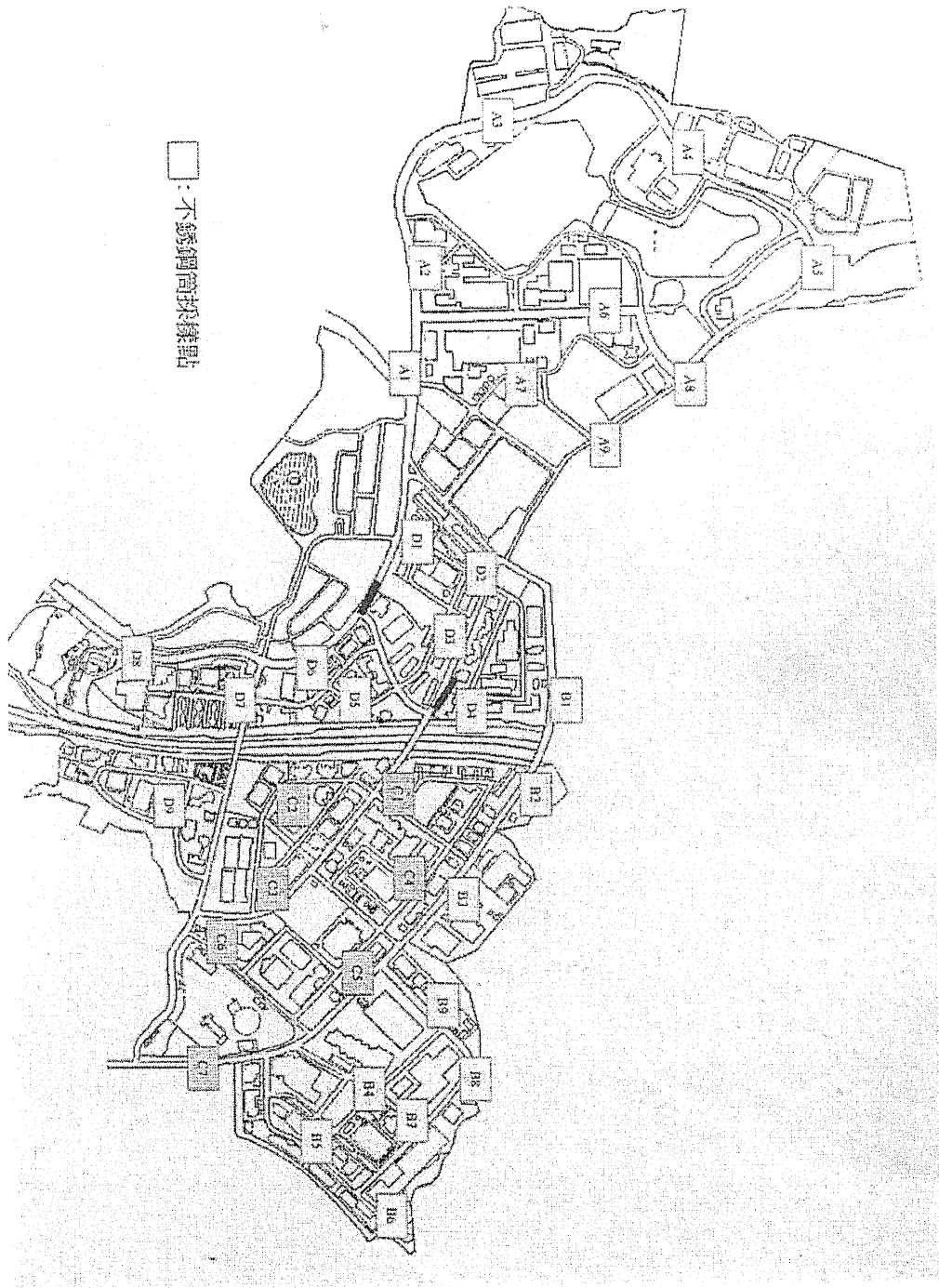


圖 3-6、揮發性有機物質採樣地點相關位置圖

表 3-8、空氣品質較差的區域，進一步確認的採樣編號及地點

採樣時間	採樣編號	採樣地點
pm10:15 ~ pm10:25	F1	第二安遷戶(南區)
	F2	第二安遷戶(中區)
	F3	第二安遷戶(北區)
pm10:25 ~ pm10:35	F4	研發六路與新安路交叉路口
	F5	台積電警衛亭(創業一路)
	F6	研新二路、興業二路交叉路口
	F7	巨擘公司牌
	F8	矽統科技公司牌
pm10:45 ~ pm11:05	F9	工業東四路與工業東七路交叉路口
	F10	工業東四路全陽門口
	F11	工業東九路與園區二路交叉路口
	F12	工業東二路與工業東一路交叉路
pm10:50 ~ pm11:10	F13	第一安遷戶
	F14	第一安遷戶
	F15	第一安遷戶
pm11:20 ~ pm11:38	F16	第三安遷戶
	F17	第三安遷戶
	F18	第三安遷戶
pm11:45 ~ pm12:15	F19	禾翔公司牌
	F20	世大警衛亭
	F21	力晶警衛亭(馬路中間)
	F22	國聯光電公司牌
	F23	聯電聯合大樓門口處
pm10:00	F24	中華大學

表 3-9、長時間進一步確認的採樣編號及地點

採樣編號	區別	採樣時間
G1	第二安遷戶 (F2)	pm10:00
G2		pm12:00
G3		Am2:00
G4		Am4:00
G5	B區 (F6)	pm10:00
G6		pm12:00
G7		Am2:00
G8		Am4:00
G9	C區 (F5)	pm10:00
G10		pm12:00
G11		Am2:00
G12		Am4:00
G13	第一安遷戶 (F14)	pm10:00
G14		pm12:00
G15		Am2:00
G16		Am4:00
G17	第三安遷戶 (F17)	pm10:00
G18		pm12:00
G19		Am2:00
G20		Am4:00
G21	A區 (F21)	pm10:00
G22		pm12:00
G23		Am2:00
G24		Am4:00

表 3-10、針對第二安遷戶及鄰近園區所進行之採樣位置

採樣時間	採樣編號	採樣地點
pm10:10 ~ pm10:15	1	第二安遷戶(南區)
	2	第二安遷戶(中區)
	3	第二安遷戶(北區)
pm10:10 ~ pm10:15	4	研新二路、興業二路交叉路口
	5	巨擘公司牌
	6	中德後門停車場出口處
	7	交大南大門
pm10:10 ~ Pm10:15	8	聯電公司牌
	9	神基科技公司牌
	10	創新三路、研發二路交叉路口
	11	研發二路、園區二路交叉路口

第四章 實驗結果與討論

本實驗為竹科園區例行性之分析工作，主要是針對園區空氣中揮發性有機物質作長期監測背景資料之建立。以下內容包括竹科園區四次採樣分析結果，並針對幾個重要物種，嘗試討論過去四年內這段時間竹科園區環境中揮發性有機物質的變化趨勢，也使用統計多變量分析裡的群落分析，依物種及濃度將採樣位置作一分類，另外，則是針對園區內與安遷戶社區間污染物之相關性作一討論；然而數據的量不夠多，因此實際上並無法嚴謹地代表園區揮發性有機物質的分佈狀況及與安遷戶間的相關性，僅能代表某一時段園區揮發性有機物質的分佈狀況。

4.1 新竹科學園區空氣中揮發性有機化合物檢測結果

4.1.1 新竹科學園區十一月份第一次採樣分析結果

新竹科學園區十一月份第一次採樣分析，主要是因應園區管理局所做的園區例行性檢測，結果如表 4-1、4-2、4-3、4-4、4-5 所示。

表 4-1、新竹科學園區三期 (A 區) 十一月份空氣品質檢測結果

英文名稱	中文名稱	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	合計
Acetone	丙酮	4.39	5.71		5.60		8.62	6.68	6.47		37.47
2-Butanone	丁酮	4.79	3.32		2.59	3.49	4.10	1.64			19.93
cis-1,2-Dichloroethylene	順1,2-二氯乙烯		4.37								4.37
Benzene	苯	0.89									0.89
Toluene	甲苯	2.01	2.69	4.31	1.96	2.13	9.90	6.05	10.4	5.84	45.29
Ethylbenzene	乙苯		0.85	1.13	0.54		1.94	1.04	3.05	1.07	9.62
m/p-Xylene	間/對-二甲苯	0.52	0.53	0.71	0.34		2.70	0.65	1.91	0.67	8.03
o-Xylene	鄰-二甲苯	0.43					2.53		1.56		4.52
1,3,5-Trimethylbenzene	1,3,5-三甲基苯						0.78	0.87			1.65
1,2,4-Trimethylbenzene	1,2,4-三甲基苯	0.62					2.66	1.74	2.90	1.03	8.95
合計		13.65	17.47	6.15	11.03	5.62	33.23	18.67	26.29	8.61	140.72

單位：ppbv

表 4-2、新竹科學園區二期 (B 區) 十一月份空氣品質檢測結果

英文名稱	中文名稱	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	合計
Acetone	丙酮	11.50	4.50	9.26	18.5	11.75	5.67	4.53		4.93	70.64
2-Butanone	丁酮					18.50	41.88	18.45		26.00	104.83
Difluorodichloromethane	二氯二氟甲烷						7.48			0.33	7.81
Freon 114	1,1,2,2-四氯乙烷						5.33			1.43	6.76
Bromomethane	溴化甲烷						0.87				0.87
Trichlorofluoromethane	三氯氟甲烷						5.55				5.55
1,1,2-Trichloro-1,2,2-trifluoroethane (Freon 113)	112-三氯-122-三氟乙烷						3.27				3.27
1,1-Dichloroethane	1,1-二氯乙烷									2.96	2.96
cis-1,2-Dichloroethylene	順12-二氯乙烯			3.73	3.21	14.97	8.33			1.69	31.93
Chloroform	三氯甲烷						10.25			3.25	13.50
1,1,1-Trichloroethane	1,1,1-三氯乙烷						10.75			3.30	14.05
Tetrachloromethane	四氯化碳									2.81	2.81
1,2-Dichloroethane	12-二氯乙烷									2.81	2.81
Benzene	苯					0.60	1.35	0.41		3.04	5.40
Trichloroethylene	三氯乙烯									1.07	1.07
1,2-Dichloropropane	12-二氯丙烷									0.91	0.91
cis-1,3-Dichloropropene	順13-二氯丙烷									0.97	0.97
Toluene	甲苯	4.12	4.05	3.04	3.44	3.49	1.21	3.20		1.11	23.66
Tetrachloroethylene	四氯乙烯									1.63	1.63
1,2-Dibromoethane	12-二溴乙烷									1.12	1.12
Chlorobenzene	氯苯									1.14	1.14
Ethylbenzene	乙苯		0.90	0.56	1.04	0.36	1.31	0.30		1.03	5.50
m/p-Xylene	間/對-二甲苯		0.61	0.35	0.61	0.40	1.26	0.33		1.01	4.57
o-Xylene	鄰-二甲苯					0.38	1.36	0.31		1.06	3.11
Styrene	苯乙烯									1.05	1.05
1,1,2,2-Tetrachloroethane	1,1,2,2-四氯乙烷						1.45			1.26	2.71
1,3,5-Trimethylbenzene	1,3,5-三甲基苯					0.39	1.38			1.28	3.05
1,2,4-Trimethylbenzene	1,2,4-三甲基苯					0.48	0.95	0.39		1.34	3.16
m-Dichlorobenzene	間-二氯苯						0.49			1.28	1.77
p-Dichlorobenzene	對-二氯苯						0.60			0.99	1.59
合計		15.62	10.06	16.94	26.8	51.32	110.74	27.92	0	70.80	330.20

單位：ppbv

表 4-3、新竹科學園區一期高速公路以西 (C 區) 十一月份空氣品質檢測結果

英文名稱	中文名稱	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	合計
Acetone	丙酮	45.00	14.45	12.19	11.22	15.11	13.46	11.93	123.36
Isopropyl Alcohol	異丙醇	26.79					6.73		33.52
2-Butanone	丁酮	47.00	41.68	34.38	11.78	35.98	25.25	21.88	217.95
Butyl acetate	乙酸丁酯	4.09							4.09
Cyclopentanone	環戊酮	12.85							12.85
2-Heptanone	甲戊酮	36.50						1.15	37.65
Cyclohexanone	環己酮	16.30							16.30
Difluorodichloromethane	二氯二氟甲烷	2.12							2.12
Freon 114	1,1,2,2-四氯乙烷	0.98							0.98
Chloroethene	氯乙烯	15.63							15.63
cis-1,2-Dichloroethylene	順12-二氯乙烯	7.73	0.92	3.97	5.36	3.67	1.08		22.73

Benzene	苯	0.80		0.56			0.49		1.85
Toluene	甲苯	2.83	2.17	7.37	2.72	3.29	3.19	1.62	23.19
trans-1,3-Dichloropropene	逆-1,3-二氯丙烯		0.67		1.18				1.85
1,1,2-Trichloroethane	1,1,2-三氯乙烷		0.33						0.33
Chlorobenzene	氯苯						0.53		0.53
Ethylbenzene	乙苯	0.49	0.29	6.73	0.54	0.37	0.45	0.38	9.25
m/p-Xylene	間/對-二甲苯	0.47	0.25	5.85	0.34	0.49	0.67	0.22	8.29
o-Xylene	鄰-二甲苯	0.43	0.31	4.03	0.33	0.46	0.63	0.24	6.43
Styrene	苯乙烯	0.28							0.28
1,1,2,2-Tetrachloroethane	1,1,2,2-四氯乙烷	0.29							0.29
1,3,5-Trimethylbenzene	1,3,5-三甲基苯	0.26	0.38	0.33	0.37	0.29	0.31		1.94
1,2,4-Trimethylbenzene	1,2,4-三甲基苯	0.51	0.94	1.35	0.73	0.77	1.14	0.43	5.87
m-Dichlorobenzene	間-二氯苯	0.40							0.40
p-Dichlorobenzene	對-二氯苯	0.57							0.57
o-Dichlorobenzene	鄰-二氯苯	1.57							1.57
合計		223.89	62.39	76.76	34.57	60.43	53.93	37.85	549.82

單位：ppbv

表 4-4、新竹科學園區一期高速公路以東 (D 區) 十一月份空氣品質檢測結果

英文名稱	中文名稱	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	合計
Acetone	丙酮	15.32	31.20	9.24	15.20	6.30	9.32	4.53	12.30	4.93	108.34
Isopropyl Alcohol	異丙醇		19.60								19.60
2-Butanone	丁酮	18.23	14.3	5.31	17.30	4.00	21.30	12.30	14.32	26.00	133.06
2-Heptanone	甲庚酮		6.50								6.50
Difluorodichloromethane	二氟二氯甲烷									0.33	0.33
Freon 114	1,1,2,2-四氯乙烷									1.43	1.43
Dichloromethane	二氯甲烷		3.12		2.31		1.23			12.20	18.86
cis-1,2-Dichloroethylene	順1,2-二氯乙烯		2.20	4.12	1.23		8.65			11.40	27.60
Chloroform	三氯甲烷						11.20				11.20
Benzene	苯	3.61			3.10		4.20	2.30	4.20	0.46	17.87
Toluene	甲苯	4.26	9.32	1.20	3.43	1.15	3.20	6.30	6.20	2.30	37.36
trans-1,3-Dichloropropene	逆-1,3-二氯丙烯					1.24					1.24
Ethylbenzene	乙苯	1.32	2.30	0.73	1.02	0.88	1.23	3.10	1.32	2.10	14.00
m/p-Xylene	間/對-二甲苯	0.98	1.60	0.78	0.99	0.26	1.02	1.20	2.30	3.21	12.34
o-Xylene	鄰-二甲苯	1.23				0.12	0.35			1.26	2.96
1,1,2,2-Tetrachloroethane	1,1,2,2-四氯乙烷						1.46				1.46
1,3,5-Trimethylbenzene	1,3,5-三甲基苯	0.32					1.23			1.32	2.87
1,2,4-Trimethylbenzene	1,2,4-三甲基苯	2.30	2.30	0.63		1.62		0.26			7.11
m-Dichlorobenzene	間-二氯苯	1.21									1.21
p-Dichlorobenzene	對-二氯苯	1.33									1.33
合計		50.11	92.44	22.01	44.58	15.57	64.39	29.99	40.64	66.94	426.67

單位：ppbv

表 4-5、新竹科學園區外各住宅社區 (E 區) 十一月份空氣品質檢測結果

英文名稱	中文名稱	E1	E2	E3	E4	E5	合計
Toluene	甲苯	4.10	1.25	2.80	1.82	2.73	12.70
Ethylbenzene	乙苯	0.91	0.75				1.66
m/p-Xylene	間/對-二甲苯	0.79	0.46				1.25
1,3,5-Trimethylbenzene	1,3,5-三甲基苯		0.58				0.58
1,2,4-Trimethylbenzene	1,2,4-三甲基苯		0.71				0.71
合計		5.80	3.75	2.80	1.82	2.73	16.90

表 4-1 說明竹科園區三期 (A 區) 在十一月份的空氣品質，表 4-2 說明竹科園區二期 (B 區) 在十一月份的空氣品質，表 4-3 說明竹科園區一期高速公路以西 (C 區) 在十一月份的空氣品質，表 4-4 說明竹科園區一期高速公路以東 (D 區) 在十一月份的空氣品質，表 4-5 說明竹科園區外各社區 (E 區) 在十一月份的空氣品質。

綜合各表之檢測結果，在物種方面，丁酮 (0~47.00 ppbv) 及丙酮 (0~45.00 ppbv) 曾出現的濃度最高，其次為異丙醇 (0~26.79 ppbv) 及甲苯 (0~14.97 ppbv)，或更少的二氯乙烯及甲戊酮；由於這最大的四種物質並非汽機車排氣之主要成份，加上檢測的時間為晚上 10 點左右，因此判定所檢測到的濃度，應由當地的工廠所貢獻。根據園區半導體及光電產業的製程，得知丙酮、丁酮及異丙醇皆為該製程主要使用的揮發性有機物質；例如晶圓、半導體、光電元件的清洗，且丁酮也可做為光阻顯影劑或去光阻劑的稀釋劑。另外，從組成份中並沒有見到任何石化產業常見到的丙烯晴、苯乙烯、丁二烯等單體，是相當合理；少量的甲苯、乙苯、二甲苯可能來自移動污染源—汽機車的排放²⁷；其他少量的含氯有機化合物，包括二氯甲烷、三氯乙烯、四氯乙烯、1,1,1-三氯乙烷等，可能來自半導體製程—化學爐。

在十一月份的數據中，以區域來看，園區一期高速公路以西的 C 區 (總污染濃度為 549.82 ppbv) 及園區一期高速公路以東的 D 區 (總污染濃度為 426.67 ppbv) 最為嚴重，其次為園區二期的 B 區，總污染濃度在 330.20 ppbv 左右。至於園區三期及園區外各社區的空氣品質則較佳，園區三期的總污染濃度為 140.72 ppbv，而園區外更僅 16.90 ppbv。以單點而言，按出現的濃度高低，依序分別為 C1 (223.89 ppbv)、B6 (110.74 ppbv) 及 D2 (92.44 ppbv) 等位置，C1 位置的丙酮及丁酮濃度高達 45 ppbv 以上，

異丙醇的濃度也有 26.79 ppbv；B6 位置的丁酮濃度高達 40 ppbv 以上，而其他的濃度並不高，但種類卻是最多；D2 的丙酮濃度高達 30 ppbv 以上，而異丙醇及丁酮的濃度也在 10~20 ppbv 之間。其中 C1 位置為研發二路與園區二路交叉口，附近工廠有台揚、宏碁及美格；B6 位置為中德後門停車場出口處，附近工廠有智邦、旺宏及茂矽，由於此點最接近第二期安遷戶，相信這也是區民抗爭的原因所在；D2 位置為工業東四路與工業東七路交叉口，在先前九月份白天的檢測數據中，這點因交通因素所測得的濃度也是最高的。除此之外，其他較嚴重的區域還包括 B5, B9, C2, C3, C5, C6, D1, D6, D9 等處，請參見表 4-6，較嚴重的區域皆以顏色標記。

本次檢測的結果也再次顯示，園區外的住宅社區並無明顯的污染情況 (表 4-5)，可是由於園區接近各安遷戶的地區，仍然可以檢測到不少污染物及頗高的濃度。相信在特定的風向下，園區外的居民很可能會聞到相當程度的臭味。

4.1.2 新竹科學園區第二次採樣(含 1,2,3 期安遷戶)分析結果

經由過去兩季的檢測結果，以及今年度工研院環安中心於七月份對竹科園區空氣品質的檢測結果，篩選出 3 個空氣品質較為不良、臭味較為嚴重且鄰近第一、二、三期安遷戶的區域，其中園區三期 (A 區) 鄰近第三期安遷戶；園區二期 (B 區) 鄰近第二期安遷戶；園區一期高速公路以東 (D 區) 鄰近第一期安遷戶等；再加上第一、二、三期安遷戶本身所在的地區，一共針對 6 個區域，總共 24 個測點 進行全面性的檢測，其檢測結果如表 4-7、4-8 及 4-9 所示。

表 4-6、新竹科學園區內污染較為嚴重的採樣位置

組別	編號	地點
A	1	實驗中學門口
	2	禾翔公司牌
	3	國聯光電公司牌
	4	旺宏警衛亭
	5	世大警衛亭
	6	聯電聯合大樓門口處
	7	飛利浦門口
	8	力晶警衛亭 (馬路中間)
	9	聯友光電公司牌
B	1	園區三路往青草湖路口檳榔攤 (佳友對面)
	2	亞瑟大門口
	3	台積電警衛亭
	4	研新二路、興業二路交叉路口
	5	巨擘公司牌
	6	中德後門停車場出口處
	7	合泰警衛亭
	8	台積電三、四廠門牌
	9	矽統科技公司牌
C	1	研發二路、園區二路交叉路口
	2	台灣應用材料公司牌
	3	創新三路、研發二路交叉路口
	4	聯電公司牌
	5	神基科技公司牌
	6	研發六路與新安路交叉路口
	7	園區三路靠近同步輻射中心圍牆
D	1	園區一路、工業東七路交叉路口
	2	工業東四路與工業東七路交叉路口
	3	工業東四路全陽門口
	4	工業東九路與園區二路交叉路口
	5	工業東二路與工業東一路交叉路口
	6	展示中心旁
	7	工業東二路與科技二路交叉路口
	8	污水處理廠門口
	9	太空計畫室門口
E	1	龍山社區 (近園區處)
	2	華清社區 (近園區處)
	3	比佛利 (近園區處)
	4	高翠路籃球場
	5	愛迪生社區 (近園區處)

表 4-7、新竹科學園區第一期安遷戶污染問題的再確認結果

英文名稱	中文名稱	F13	F14	F15	F9	F10	F11	F12	CHU	F4
Acetone	丙酮									5.36
2-Butanone	丁酮									
cis-1,2-Dichloroethylene	順1,2-二氯乙烯									
Dichloromethane	二氯甲烷									
Benzene	苯						2.80			
Toluene	甲苯	15.8	12.77	7.81	11.3	15.03	11.26	8.44	8.46	52.06
Ethylbenzene	乙苯	4.00			2.22	1.52	1.06	1.81		7.13
m/p-Xylene	間/對-二甲苯	2.50			1.35	2.5	1.71	1.19		11.00
o-Xylene	鄰-二甲苯					2.1	1.23			8.45
1,1,2,2-Tetrachloroethane	1,1,2,2-四氯乙烷									1.39
1,3,5-Trimethylbenzene	1,3,5-三甲基苯									6.67
1,2,4-Trimethylbenzene	1,2,4-三甲基苯					2.52	1.65			
合計		22.30	12.77	7.81	14.87	23.67	19.71	11.44	8.46	92.06

F13~15 為第一期安遷戶；F9~12 為園區一期近安遷戶處；CHU 為中華大學；F4 為交大南大門，原 C6 單位：ppbv

表 4-8、新竹科學園區第二期安遷戶污染問題的再確認結果

英文名稱	中文名稱	F1	F2	F3	F5	F6	F7	F8	CHU	F4
Acetone	丙酮		5.64							5.36
2-Butanone	丁酮	2.10	1.71	2.42						
cis-1,2-Dichloroethylene	順1,2-二氯乙烯									
Dichloromethane	二氯甲烷		6.02							
Benzene	苯									
Toluene	甲苯	11.80	12.85	9.50	9.40	8.38	11.00	17.32	8.46	52.06
Ethylbenzene	乙苯	0.79	0.88	0.53	1.22	1.50	1.14	3.78		7.13
m/p-Xylene	間/對-二甲苯	1.17	1.31	0.80	0.77	0.94	1.76	2.36		11.00
o-Xylene	鄰-二甲苯	0.91	1.03				1.41	2.30		8.45
1,1,2,2-Tetrachloroethane	1,1,2,2-四氯乙烷									1.39
1,3,5-Trimethylbenzene	1,3,5-三甲基苯						1.38	4.43		6.67
1,2,4-Trimethylbenzene	1,2,4-三甲基苯	1.34	1.21	0.76			1.99	4.61		
合計		18.11	30.65	14.01	11.39	10.82	18.68	34.80	8.46	92.06

F1~3 為第二期安遷戶；F5~8 為園區一期近安遷戶處；CHU 為中華大學；F4 為交大南大門，原 C6 單位：ppbv

表 4-9、新竹科學園區第三期安遷戶污染問題的再確認結果

英文名稱	中文名稱	F16	F17	F18	F19	F20	F21	F22	F23	CHU	F4
Acetone	丙酮						10.76	5.70			5.36
2-Butanone	丁酮							3.30			
cis-1,2-Dichloroethylene	順1,2-二氯乙烯							4.03			
Dichloromethane	二氯甲烷										
Benzene	苯										
Toluene	甲苯	7.80	5.55	4.09	6.52		6.16	2.80	2.48	8.46	52.06
Ethylbenzene	乙苯	0.88	2.01	1.40	2.04		0.75	4.00			7.13
m/p-Xylene	間/對-二甲苯	1.46	1.21	0.86	1.25		1.22	2.50			11.00
o-Xylene	鄰-二甲苯	1.42		0.78	1.21		1.26				8.45
1,1,2,2-Tetrachloroethane	1,1,2,2-四氯乙烷										1.39
1,3,5-Trimethylbenzene	1,3,5-三甲基苯	1.51		1.76	1.90		1.68				6.67
1,2,4-Trimethylbenzene	1,2,4-三甲基苯	3.49		1.77	2.89		2.42				
合計		16.55	8.77	10.66	15.81	0.00	24.25	22.33	2.48	8.46	92.06

F16~18 為第二期安遷戶；F19~23 為園區一期近安遷戶處；CHU 為中華大學；F4 為交大南大門，原 C6 單位：ppbv

由於採樣的時間已到 12 月份，適逢下雨過後，空氣中的濕氣較為嚴重，有可能造成檢測的結果偏低。為此，針對中華大學本身的空氣品質，以及先前空氣品質較為不良且靠近安遷戶的測點，作為背景比較值，中華大學的數據做為空白組，而交大南大門 (F4 或 C6) 的測點則作為空氣品質最為嚴重的比較組。

由表 4-7 得知，僅甲苯的濃度較高，極性物質皆未見到。由於安遷戶內與園區一期近安遷戶處皆未見到極性物質，因此判定該採樣時間的空氣品質良好。由表 4-8 得知，亦僅有甲苯的濃度較高，但在安遷戶內可檢測到不少極性物質。由於安遷戶內可以檢測到極性物質，但園區一期近安遷戶處卻未見到，猜測當時的採樣並非完全達到真正的同步採樣，在些許時間上 (分鐘) 的誤差可能因風速的忽大忽小而造成很大的影響。當然，基本上附近的排放源必須是量小且可能是批次排放的。由表 4-9 得知，沒有任何一種物質的濃度較高，先前曾討論到園區的空氣品質相對較佳。今在

第一、二期的檢測濃度大幅降低下，自然可以檢測的濃度會更低。另外，由於安遷戶內未見到極性物質，而園區三期近安遷戶處皆卻檢測極性物質，因此判定該採樣時間的污染物仍未傳到安遷戶。這亦意謂，園區夜間的污染排放，有可能是間歇性的或是園區內風速風向的變化是非常地劇烈。這二個理由，似乎後者較可能成立，但園區偶爾的廢水排放也會造成相當大的影響。

4.1.3 新竹科學園區第三次採樣(歷時採樣)分析結果

經由先前的檢測結果，各區篩選出一個空氣品質狀況較為嚴重的地區，進行長時間的監測，從晚上 10 點到凌晨 4 點止，每隔兩個小時，採樣一次，總共分析 24 點次。其位置、風向及風速，如表 4-10 所示；至於檢測結果則如表 4-11、4-12 及 4-13 所示。由於檢測的時間為 12 月份，可能因為氣候變冷，鋒面來臨，濕度過高等理由，造成污染物的濃度大幅降低。由表 4-11、4-12 及 4-13 可看出，僅園區第三期的甲苯檢測濃度有按深夜愈晚濃度愈高之情形，其餘的數據皆未呈現一定的趨勢。

表 4-10、長時間進一步確認園區內外相關性的採樣編號及地點

採樣編號	區別	採樣時間	備註
G1	第二安遷戶 (F2)	pm10:00	東南風0.6 m/s
G2		pm12:00	西南風1.8 m/s
G3		Am2:00	西風1.5m/s
G4		Am4:00	西風0.6m/s
G5	B區 (F7, B5)	pm10:00	西風2.8 m/s
G6		pm12:00	西南風1.7 m/s
G7		Am2:00	西南風1.5 m/s
G8		Am4:00	西南風1.2 m/s
G9	D區 (F9, D2)	pm10:00	東風1.3m/s
G10		pm12:00	東風2.1m/s
G11		Am2:00	東風1.1m/s
G12		Am4:00	東南風2.5 m/s

G13	第一安遷戶 (F14)	pm10:00	西風1.2 m/s
G14		pm12:00	西南風2.2 m/s
G15		Am2:00	西南風1.22m/s
G16		Am4:00	南風1.13 m/s
G17	第三安遷戶 (F17)	pm10:00	西南風1.0 m/s
G18		pm12:00	南風1.0 m/s
G19		Am2:00	西風3.2 m/s
G20		Am4:00	無風
G21	A區 (F21, A8)	pm10:00	西風1.2 m/s
G22		pm12:00	西南風1.0 m/s
G23		Am2:00	西南風1.0 m/s
G24		Am4:00	西南風3.2 m/s

表 4-11、新竹科學園區第一期安遷戶污染問題的長時間的檢測結果

英文名稱	中文名稱	G13	G14	G15	G16	G9	G10	G11	G12
Acetone	丙酮	1.23			1.14	1.35		0.97	
Isopropyl Alcohol	異丙醇	0.99			1.12	0.93			
Benzene	苯	1.54			2.10	1.66			
Toluene	甲苯	4.12		3.21	5.62	4.23	1.23	1.43	0.87
Ethylbenzene	乙苯	1.23		1.10	2.30	1.11	3.12	0.86	
m/p-Xylene	間/對-二甲苯	1.25		0.56	1.65	1.35	1.10		
1,3,5-Trimethylbenzene	1,3,5-三甲基苯	0.98			0.99	0.97		1.04	
1,2,4-Trimethylbenzene	1,2,4-三甲基苯	1.22			1.86	1.26			

單位：ppbv

表 4-12、新竹科學園區第二期安遷戶污染問題的長時間的檢測結果

英文名稱	中文名稱	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
Acetone	丙酮				1.40	1.03			
2-Butanone	丁酮					0.31	3.20		
Dichloromethane	二氯甲烷						1.20		
Benzene	苯			2.30					
Toluene	甲苯	4.23	3.56	6.30	3.80	7.21	7.36	2.30	1.40
Ethylbenzene	乙苯	3.12	0.61	2.30	1.20	0.86	1.50		
m/p-Xylene	間/對-二甲苯	1.11		0.90	0.23		1.30		3.21
o-Xylene	鄰-二甲苯	0.26		1.30					0.8
1,3,5-Trimethylbenzene	1,3,5-三甲基苯	0.35		0.12					
1,2,4-Trimethylbenzene	1,2,4-三甲基苯	1.36	1.10	0.33					

單位：ppbv

表 4-13、新竹科學園區第三期安遷戶污染問題的長時間的檢測結果

英文名稱	中文名稱	G17	G18	G19	G20	G21	G22	G23	G24
Acetone	丙酮	3.20		3.12	1.10				
Benzene	苯						1.00		
Toluene	甲苯	5.44	2.65	7.30	9.30	1.30	12.21	5.60	3.40
Ethylbenzene	乙苯	4.45	1.03		4.30	1.12	3.21	3.30	2.20
m/p-Xylene	間/對-二甲苯			1.10	2.30	1.21	1.20		1.56
1,3,5-Trimethylbenzene	1,3,5-三甲基苯	0.89			4.32	0.98	0.88	3.40	
1,2,4-Trimethylbenzene	1,2,4-三甲基苯	1.23	1.36			1.20	1.02		0.95
m-Dichlorobenzene	間-二氯苯	0.96			4.60	3.10			1.23
p-Dichlorobenzene	對-二氯苯	1.21			5.30				
o-Dichlorobenzene	鄰-二氯苯				1.50				

單位：ppbv

4.1.4 新竹科學園區第四次採樣(針對 2 期安遷戶)分析結果

在 12 月份新竹科學園區第四次採樣行動中，主要是針對第 2 期安遷戶及相鄰的園區，分析結果如表 4-14 所示，數據顯示在住宅區仍可檢測到丙酮、丁酮、異丙醇等為園區常見重要指標物種。

表 4-14、新竹科學園區第二期安遷戶及鄰近園區的檢測結果

中文名稱	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
丙酮	8.56	9.66			6.76	6.25		8.25	23.80		15.94
異丙醇	4.29				7.76					7.50	5.55
丁酮	1.19	0.25							0.88		
環戊酮											29.76
甲戊酮											58.85
環己酮											34.87
苯	2.27		5.94						0.99		
甲苯	12.56	15.31	32.27	6.93	9.72	11.79	4.40	11.20	7.70	3.23	15.30
乙苯	1.14	2.78	3.56	3.15	3.36	1.94		2.94	0.85		2.73
間/對-二甲苯	1.35	3.12	4.83	1.97	2.98	1.22		1.84	0.82		2.94
鄰-二甲苯	1.17	3.80	4.45	1.61	1.74				0.68		2.46
1,3,5-三甲基苯		4.21	4.81								
1,2,4-三甲基苯	1.26	5.47	4.62	1.83	1.82						

1~3 為第二期安遷戶；4~11 為鄰近園區內的採點；單位：ppbv

4.2 園區內揮發性有機污染物之統計分析

4.2.1 本年度園區內揮發性有機污染物之濃度分佈

根據前一章之檢討，十一月份可檢測到的濃度包括丙酮 (Acetone)、異丙醇 (Isopropyl Alcohol)、丁酮 (2-Butanone)、順 1,2 二氯乙烯 (cis-1,2-Dichloroethylene)、甲苯 (Toluene)、乙苯 (Ethylbenzene)、間/對-二甲苯 (m/p-Xylene)、鄰-二甲苯 (o-Xylene)、1,3,5-三甲基苯 (1,3,5-Trimethylbenzene)、1,2,4-三甲基苯 (1,2,4-Trimethyl benzene)，今依序對其直方圖 (Histogram)，詳見圖 4-1、4-2、4-3、4-4、4-5、4-6、4-7、4-8、4-9、4-10 等。由圖 4-1 得知，丙酮的濃度分配呈現右偏鐘形分配，以 10 ppbv 為主，偶爾會到達 50 ppbv；由圖 4-2 得知，丁酮的濃度分配呈現指數分配，以 20 ppbv 為主，最高可到達 50 ppbv 且其在 20-30 ppbv 之間的測點較丙酮為多；由圖 4-3 得知，順 1,2 二氯乙烯的濃度分配亦呈現指數分配，以 4-8 ppbv 為主，最高可到達 14 ppbv；由圖 4-4 得知，異丙醇的濃度未能形成分配，大都為零，偶爾會有 20-30 ppbv 的濃度，這結果與園區所使用的原物料數據不盡吻合，按聯電公司詹經理允煒先生所言，園區內各半導體工廠皆裝設有異丙醇回收設備，在空氣中的含量自然會比未裝設回收設備的丙酮為少；由圖 4-5 得知，甲苯的濃度分配呈現一常態分配，以 2-4 ppbv 為主，最高可到達 10 ppbv，由於其濃度範圍皆在 10 ppbv 左右，與汽機車排放的甲苯濃度範圍相比，是相當的吻合；同樣的結果也出現在後續的圖 4-6 的乙苯 (1-2 ppbv 為主) 及圖 4-7 與圖 4-8 的二甲苯 (1-2 ppbv 為主)。至於圖 4-9 及圖 4-10 所顯示的三甲基苯亦為汽機車排氣之組成，因為其並非主要之成份，所以其濃度範圍落在 1-3 ppbv 以下。

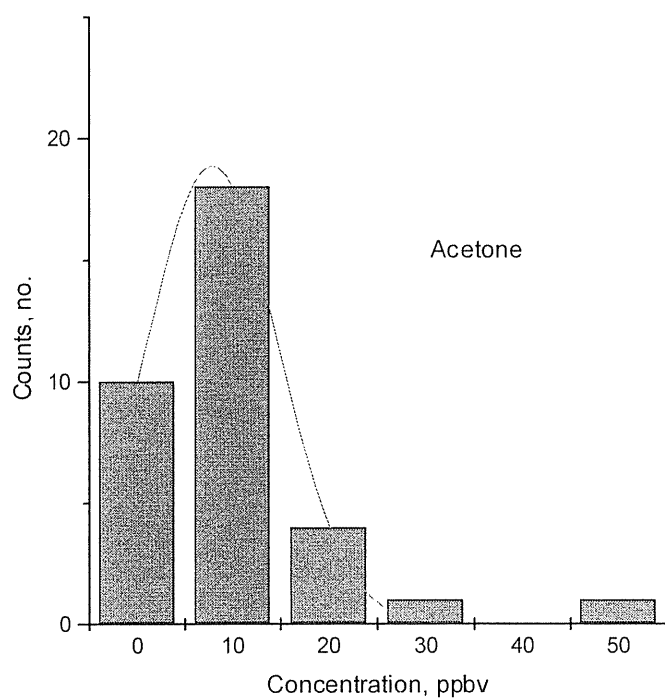


圖 4-1、十一月份丙酮之直方圖

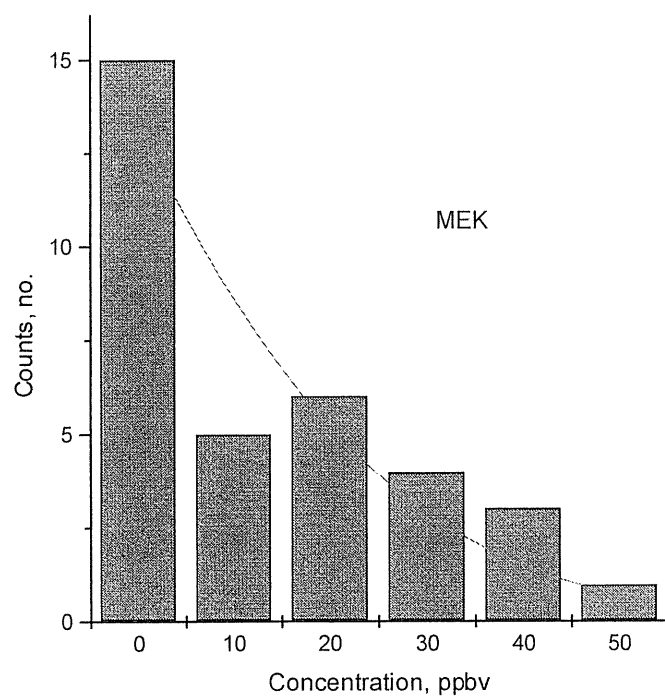


圖 4-2、十一月份丁酮之直方圖

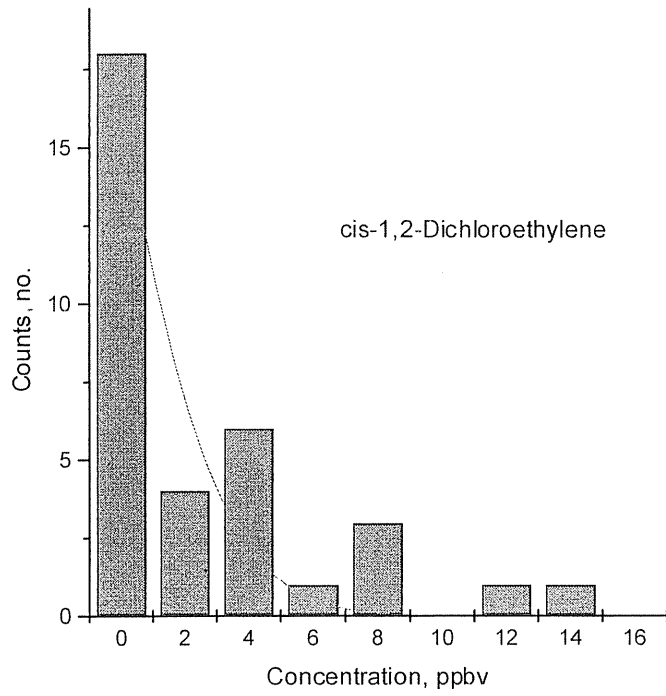


圖 4-3、十一月份順 1,2 二氯乙烯之直方圖

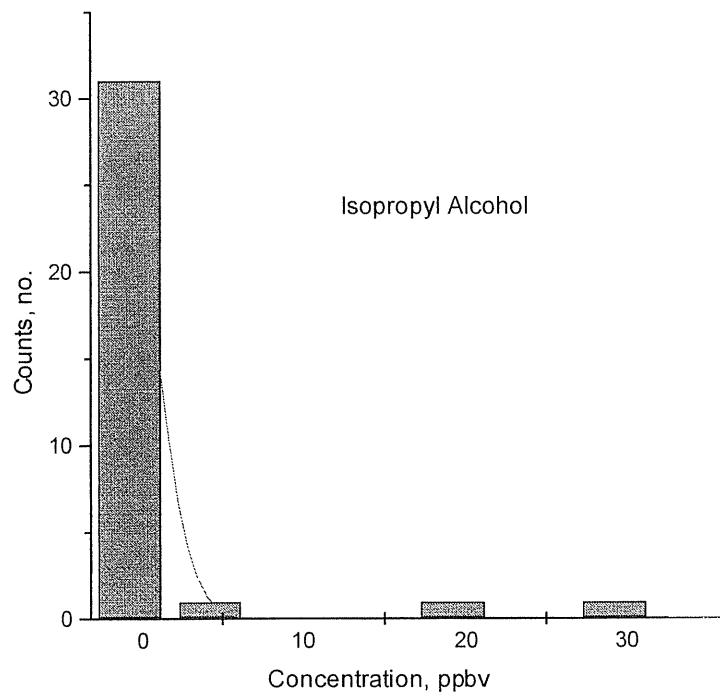


圖 4-4、十一月份異丙醇之直方圖

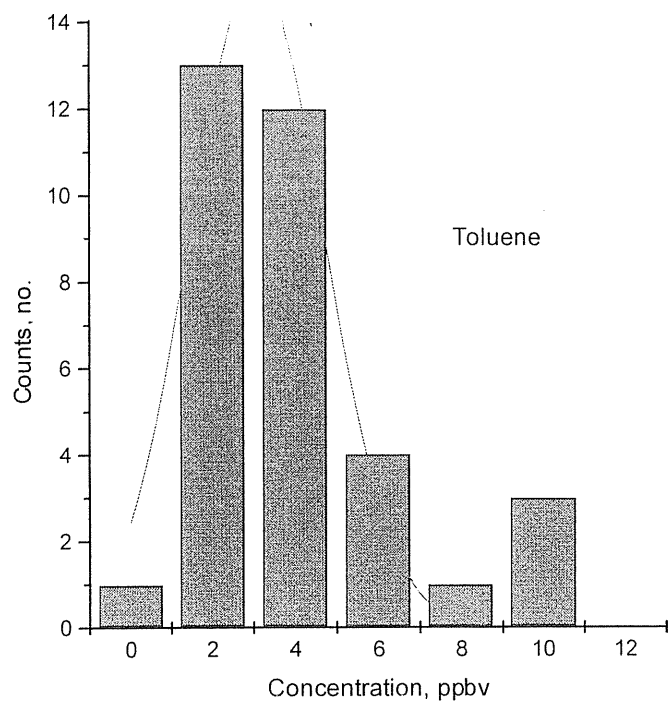


圖 4-5、十一月份甲苯之直方圖

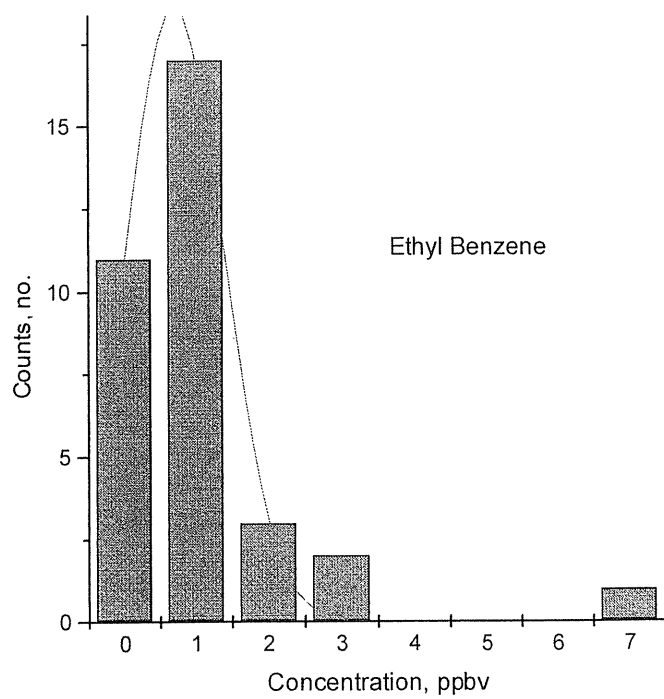


圖 4-6、十一月份乙苯之直方圖

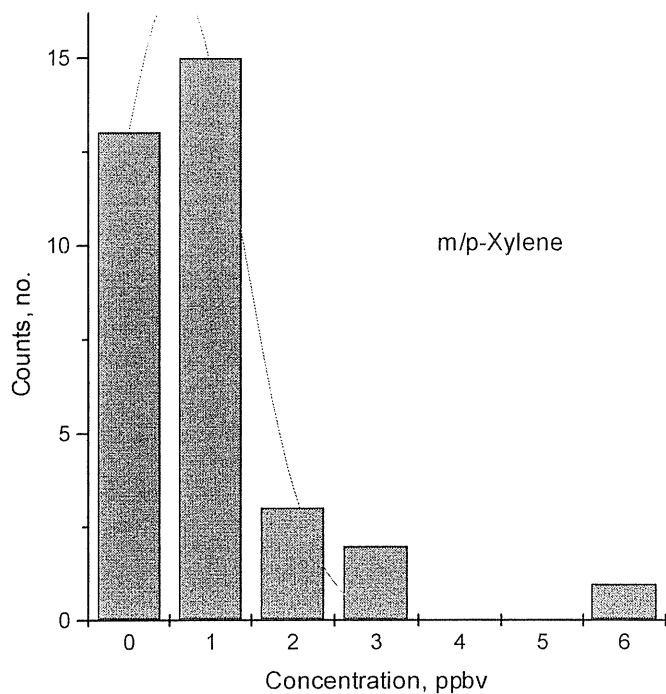


圖 4-7、十一月份間/對-二甲苯之直方圖

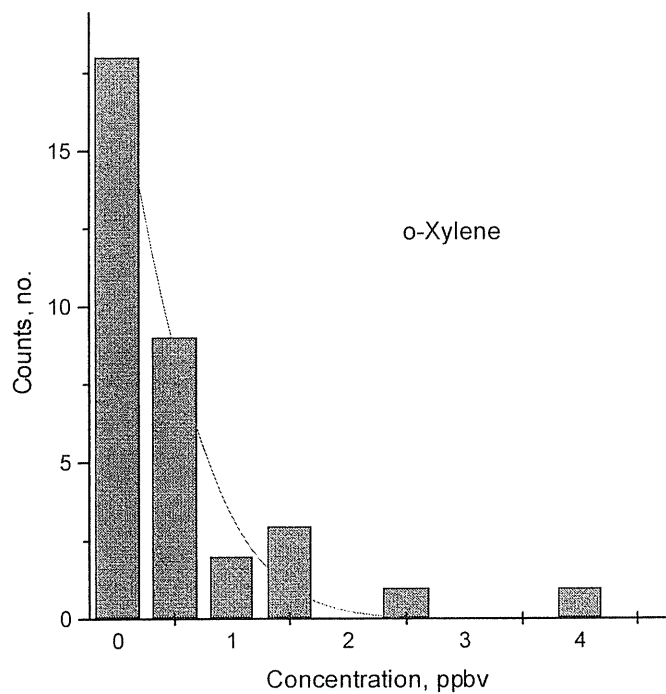


圖 4-8、十一月份鄰-二甲苯之直方圖

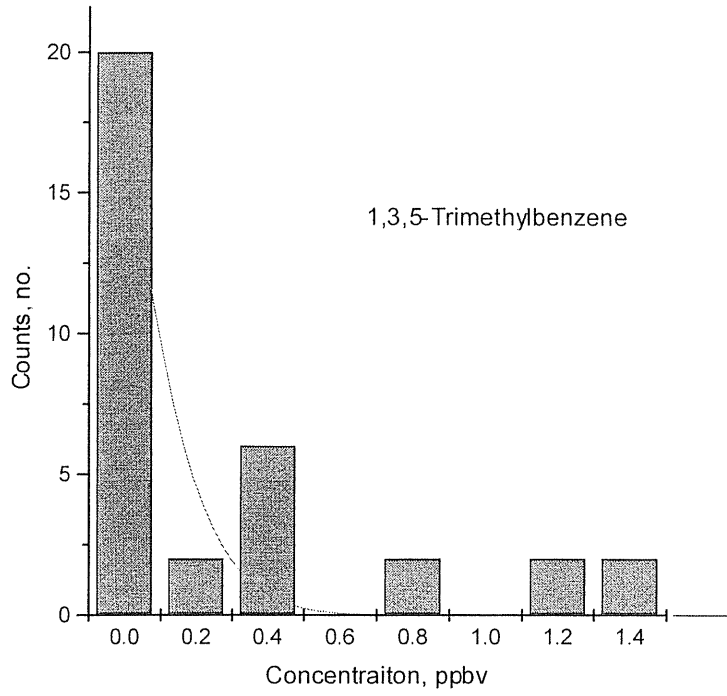


圖 4-9、十一月份 1,3,5-三甲基苯之直方圖

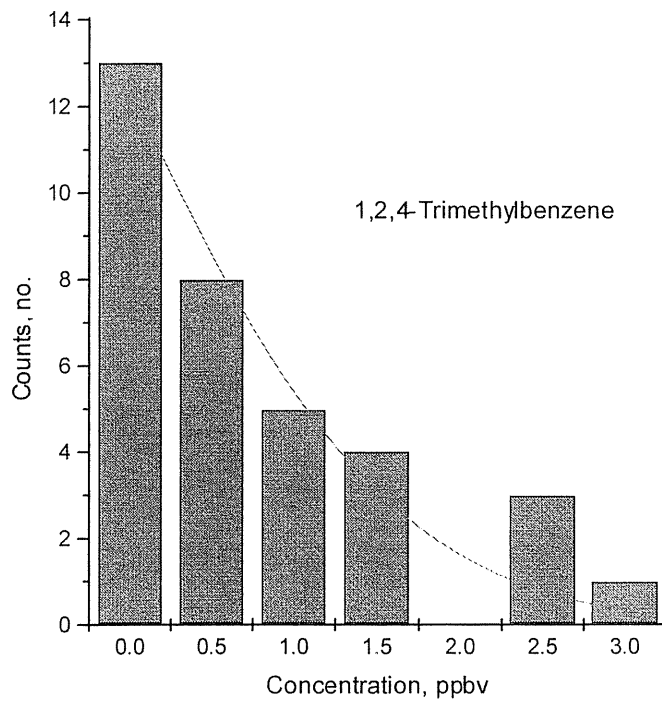


圖 4-10、十一月份 1,2,4-三甲基苯之直方圖

4.2.2 與去年度之檢測結果作比較

主要是針對園區內常出現之物種進行比較，其物種包括丙酮、丁酮、異丙醇、甲苯、乙苯、間/對-二甲苯及鄰-二甲苯等。各物種濃度比較的柱狀圖，如圖 4-11、4-12、4-13、4-14、4-15、4-16、4-17；以及表 4-15 所示。

由圖 4-11 得知，除了 A3、D8 及 D9 外，今年度所測得的丙酮濃度皆較去年度為高，又由表 4-15 之檢定結果，更可以確認今年度的平均值為 9.993 ppbv 的確大於去年度的 3.550 ppbv。

由圖 4-12 得知，除了 A6 外，今年度所測得的丁酮濃度皆較去年度為高，又由表 4-15 之檢定結果，更可以確認今年度的平均值為 13.993 ppbv 的確大於去年度的 1.005 ppbv。

由圖 4-13 得知，今年度除了 C1、C6 及 D2 外，幾乎測不到異丙醇，這結果與工研院環安中心今年度七月份的檢測數據吻合。由圖 4-14 得知，今年度所測得的甲苯濃度與去年度的數相當，互有勝負，又由表 4-15 之檢定結果，更可以確認今年度的平均值為 3.808 ppbv 與去年度的 3.707 ppbv 沒有差別。

由圖 4-15 得知，今年度所測得的乙苯濃度皆較去年度為高，又由表 4-15 之檢定結果，更可以確認今年度的平均值為 1.128 ppbv 在統計上的意義是較去年度的 0.460 ppbv 為高。

由圖 4-16 得知，今年度所測得的間/對-二甲苯濃度有不少皆較去年度為高，但卻有很多監測點檢測不出來，根據表 4-15 之檢定結果，確認今年度的平均值為 0.976 ppbv 與去年度的 0.514 ppbv 沒有差別。

由圖 4-17 得知，其情形與圖 4-16 相同，也同樣可以由表 4-15 之檢定結果，確認今年度的平均值為 0.500 ppbv 與去年度的 0.412 ppbv 沒有差

別。綜合之，本年度所檢測到的丙酮、丁酮、以及乙苯皆較去年度為高。

表 4-15、新竹科學園區內重要之揮發性有機污染物濃度年度數據之比較

中文名稱	年度	平均值 (ppbv)	標準偏差 (ppbv)	變異數 F 檢定之 P 值	平均值檢定之 P 值	統計學之意義
丙酮	本年度	9.993	8.792	8.2E-11	0.0002	(顯著)
	去年度	3.550	2.482			
丁酮	本年度	13.993	14.111	1.4E-34	0.0000	(顯著)
	去年度	1.005	0.708			
異丙醇	本年度	1.562	5.679	9.6E-01	0.0619	(不顯著)
	去年度	4.189	5.724			
甲苯	本年度	3.808	2.539	5.8E-02	0.8501	(不顯著)
	去年度	3.707	1.816			
乙苯	本年度	1.128	1.261	2.5E-18	0.0044	(顯著)
	去年度	0.460	0.201			
間/對-二甲苯	本年度	0.976	1.139	2.5E-11	0.0281	(不顯著)
	去年度	0.514	0.309			
鄰-二甲苯	本年度	0.500	0.856	7.9E-12	0.5673	(不顯著)
	去年度	0.412	0.223			

註：顯著之標準為 $p < 0.05$ ；去年度數據來自於清大羅俊光教授實驗室。

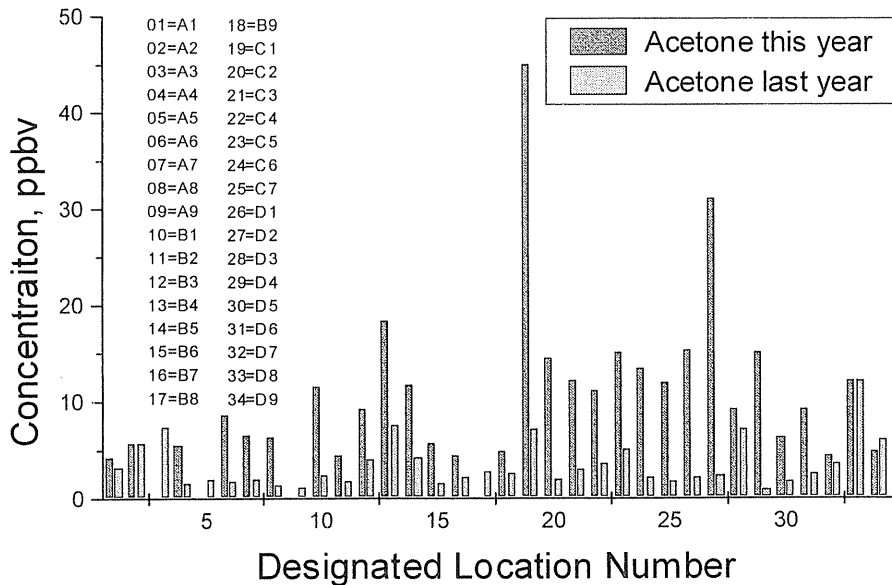


圖 4-11、去年度及今年度丙酮檢測結果之比較

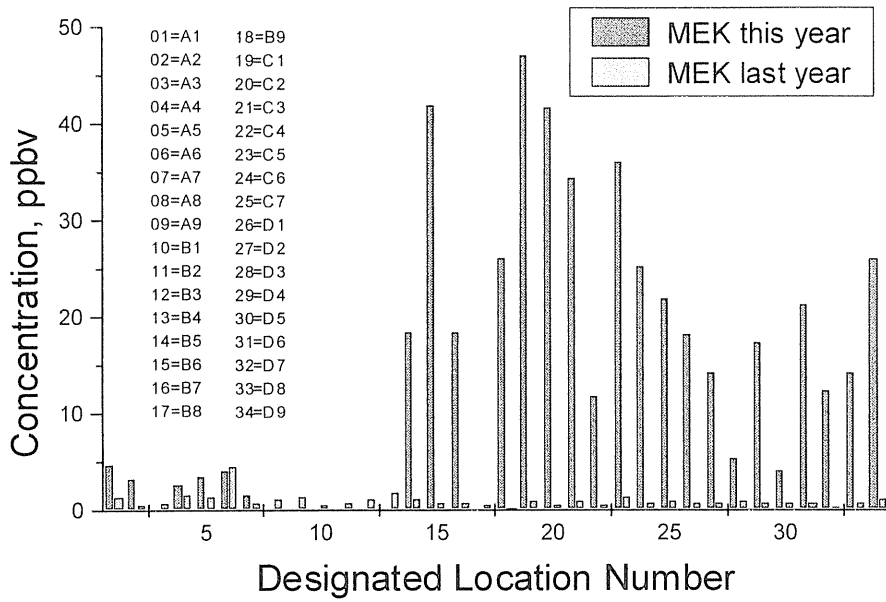


圖 4-12、去年度及今年度丁酮檢測結果之比較

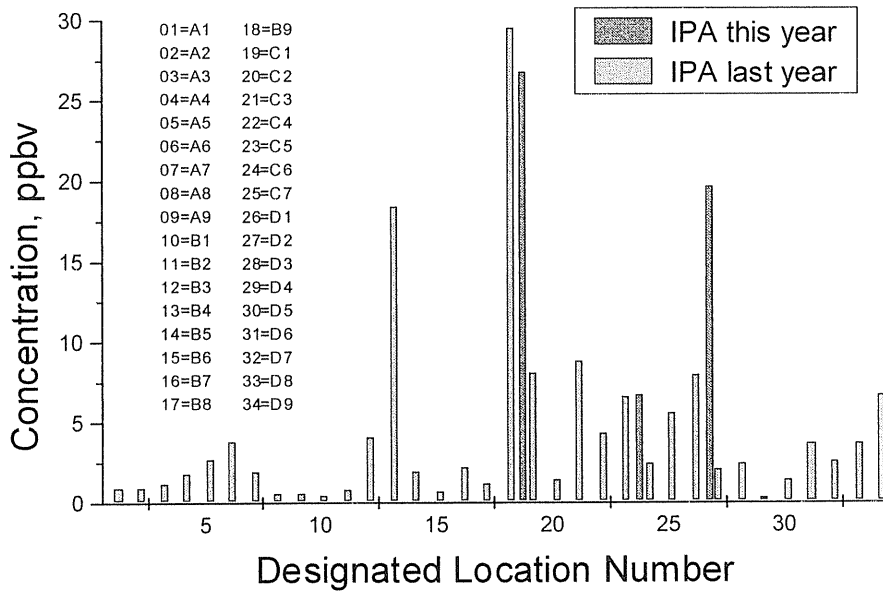


圖 4-13、去年度及今年度異丙醇檢測結果之比較

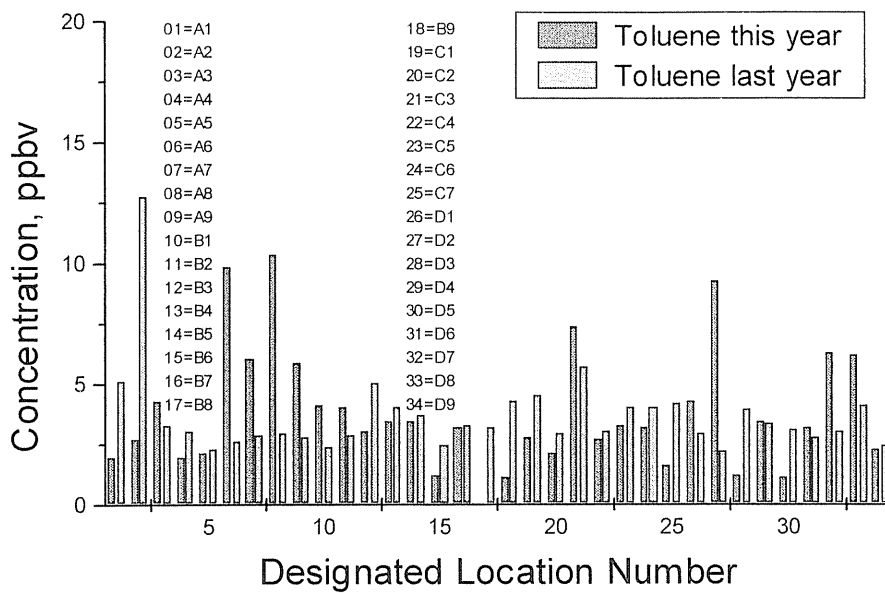


圖 4-14、去年度及今年度甲苯檢測結果之比較

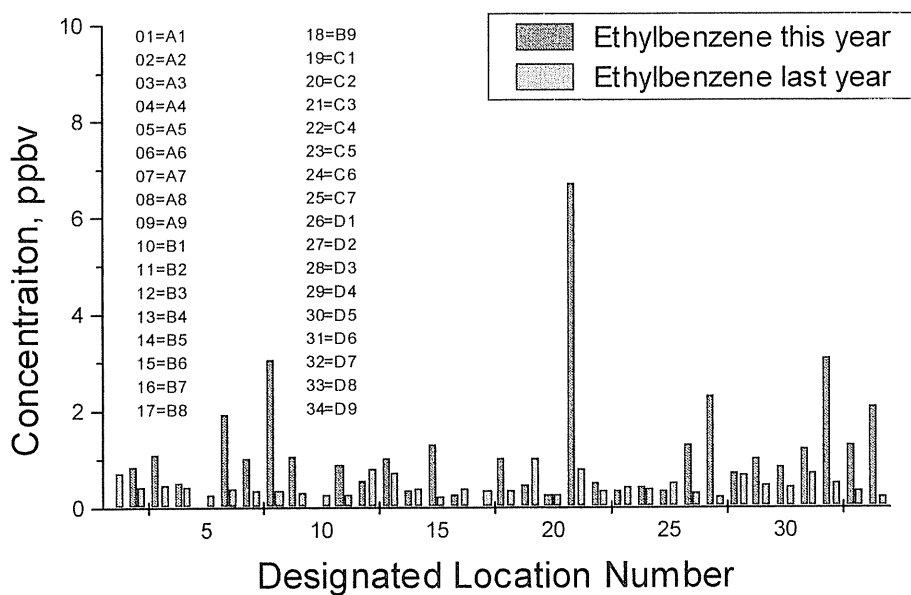


圖 4-15、去年度及今年度乙苯檢測結果之比較

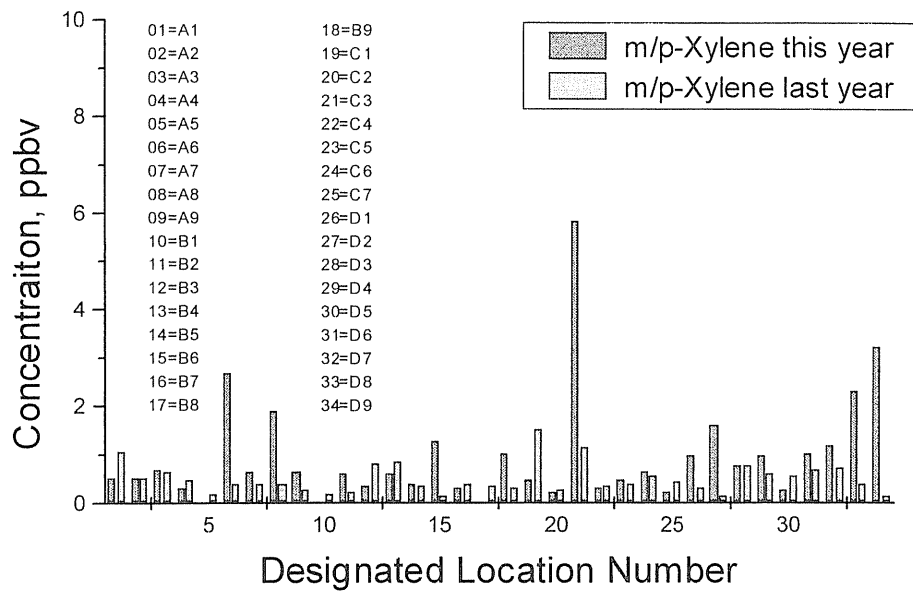


圖 4-16、去年度及今年度間/對-二甲苯檢測結果之比較

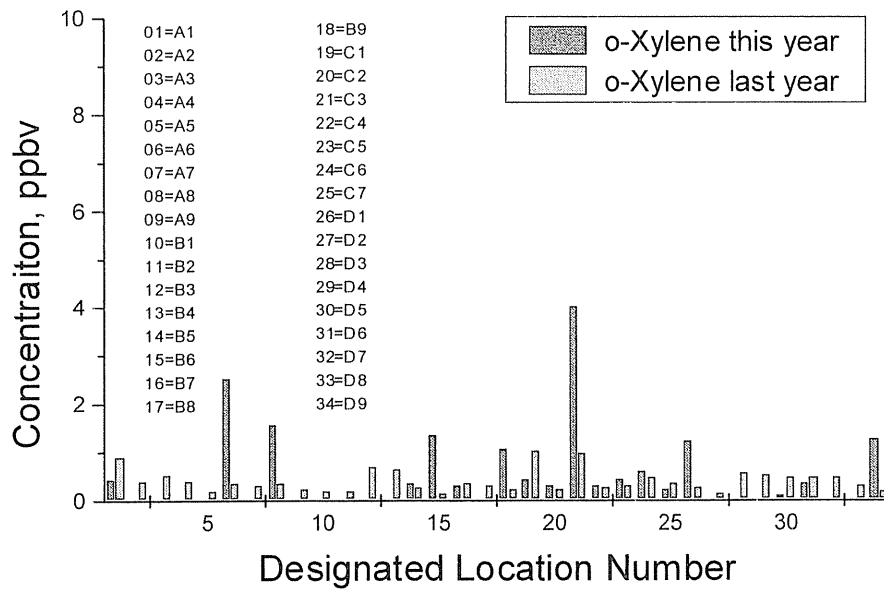


圖 4-17、去年度及今年度鄰-二甲苯檢測結果之比較

4.2.3 污染物歷年之變化

根據先前的討論，得知園區內最主要的揮發性有機污染物為丙酮、丁酮、異丙酮、甲苯等，選定以上四種物種進行長期的追蹤。主要是以園區內各污染物的平均值來進行討論，主要原因是園區管理局主管業務人員離職，過去之報告未能交接，以致無法提供過去長期監測之資料。目前僅能就羅教授去年度計畫中所提供的平均值數據進行討論，而無法就各區各監測點來討論長期的趨勢。

丙酮

由圖 4-18 得知，丙酮的濃度呈現一個凹型的變化，最高濃度皆在 10 ppbv 左右，去年度的檢測數據較低，今年度卻又回升了。若以全部的數據進行迴歸分析，其斜率幾近為零 (-0.26 ; P 值= 0.843)，在統計上的意義是沒有變化的 (若 P 設為小於 0.10，才有變化)。

丁酮

由圖 4-18 得知，丁酮的濃度呈現指數成長，最高之平均濃度以今年度的 15 ppbv 為最高，去年度的檢測數據非常低，不到 3 ppbv，今年度卻大幅回升。若以全部的數據進行迴歸分析，其斜率為 3.54 (P 值= 0.095)，在統計上的意義是呈現變化的 (若 P 設為小於 0.10，才有變化)。

異丙醇

由圖 4-18 得知，異丙醇的濃度呈現一個凸型的變化，最高濃度在 7-8 ppbv 之間，今年度卻又回降到 2-3 ppbv。若以全部的數據進行迴歸分析，其斜率為 -0.27 (P 值= 0.823)，在統計上的意義是沒有變化的 (若 P 設為小於 0.10，才有變化)。

甲苯

由圖 4-18 得知，甲苯的濃度呈現遞減的現象，最高濃度曾接近 20 ppbv 左右，今年度降到 5 ppbv 左右。若以全部的數據進行迴歸分析，其斜率為-2.85 (P 值=0.217)，在統計上的意義仍然是沒有變化 (若 P 設為小於 0.10，才有變化)。

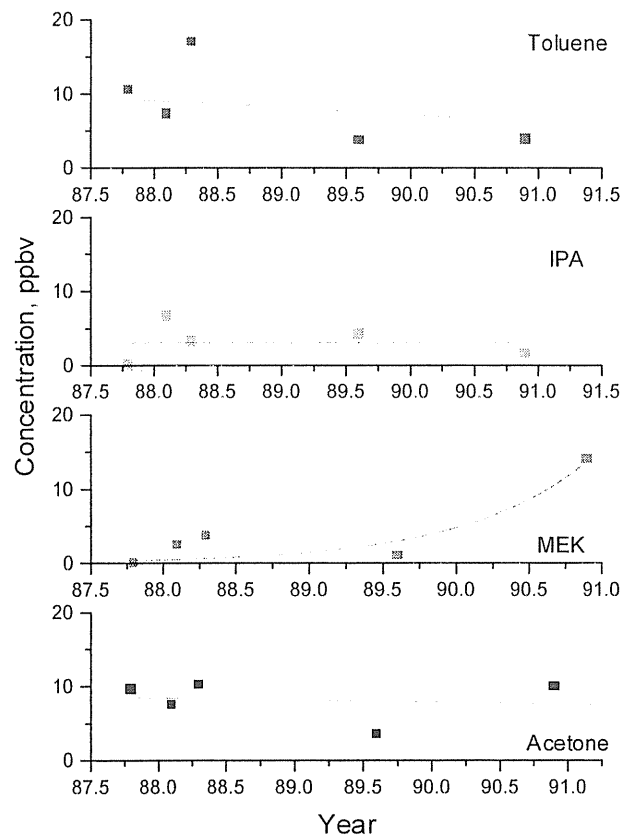


圖 4-18、丙酮、丁酮、異丙醇及甲苯長期監測歷年之變化

4.2.3 園區內採樣點之群落分析

為更進一步探究園區內外的污染物的分佈情形，應用多變量分析裡的群落分析，主要是利用 SPSS 統計軟體設定正確的參數後，輸入採樣點及濃度，再利用群落分析將採樣點分成具有相關的群組，如圖 4-19，共分了 5 個群組，從圖 4-19 來看，最大的兩個群落分別為群落 1 和群落 3，群落 1 的採樣點大致坐落在園區的內圈，而群落 3 則大多坐落在園區的外圈，且群落 1 附近相關產業大致上都是積體電路產業，以大型公司居多，見表 4-16，群落 3 附近相關產業並無明顯一致性，圖 4-20，為群落 1 及群落 3 的重要物種濃度圖，群落 1 大多物種濃度都較群落 3 高之外，還多了 IPA 此一物種，由上知道在群落 1 大多是積體電路廠，故群落 1 濃度圖可作為積體電路廠周界濃度圖的參考。

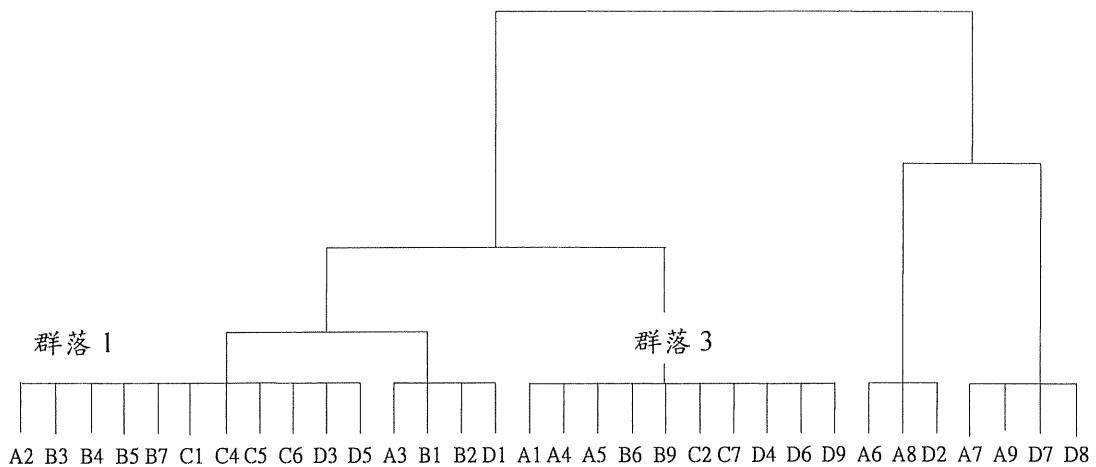


圖 4-19、園區內群落分析圖

表 4-16、園區群落分析之群落 1 附近的工廠類別

採樣點	鄰近工廠	類別	採樣點	鄰近工廠	類別
A2	翔準	積體(光罩)	C1	力捷	電腦及週邊
	聯測	積體		盟立	機械
B3	台積	積體(晶圓)	C4	聯電	積體
	世界先進	積體(dram)		微相	積體
	台灣光罩	積體(光罩)	C5	神基	電腦及週邊
	微相	積體(光罩)		華邦	積體(電子)
B4	漢磊	積體	C6	華隆	積體(電子)
	台積	積體(晶圓)		精儀中心	
B5	旺宏	積體	D3	吉聯	積體
	智邦	電腦及週邊		全陽	通訊
	茂矽	積體(電子)	D5	中美矽晶	積體
B7	中德	積體(電子)		大王	積體(電子)
	茂矽	積體(電子)			
	台積	積體(晶圓)			

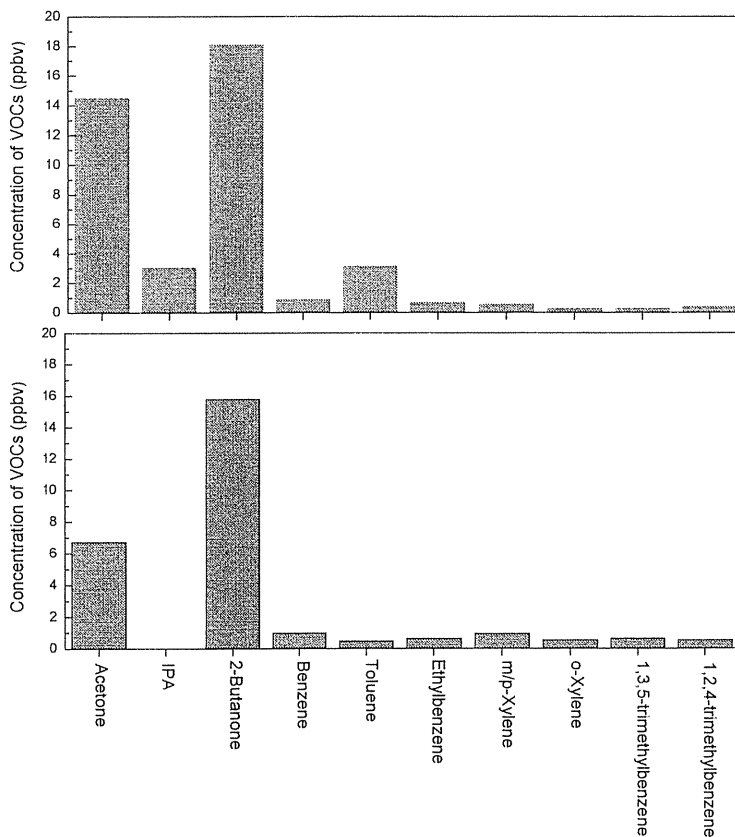


圖 4-20、群落 1 及群落 3 之重要物種濃度圖

4.3 園區內與安遷戶社區間污染物之相關性

4.3.1 第一、二、三期安遷戶與相鄰園區之統計分析

為了進一步分析園區內與安遷戶間污染物的相關性，將區內區外污染物種的總量分別加總計算，並繪圖，如圖 4-21、4-22、4-23 所示。該物種序號，1~4 表示為極性物質，5~12 表示為非極性物質；由圖 4-21 得知，園區內外皆沒有極性物質，而非極性物質的濃度，在園區內的濃度明顯較低，但高低起伏卻相當一致。由於非極性物質來自於汽機車的排放，推論該非極性污染物應該是由汽機車所貢獻，且在夜間區外的車輛明顯較區內為多之故。由圖 4-22 得知，園區內有極性物質，而非極性物質的濃度，在園區內的濃度亦明顯較低。這理由與圖 4-21 相同，非極性物質是由汽機車的排放所貢獻，但極性物質仍然是由區內的工廠所貢獻。由圖 4-23 得知，園區外有極性物質，而在園區內非極性物質的濃度明顯較低，並且發現園區三期內外的濃度皆較園區一期（圖 4-21）及園區二期（圖 4-22）的濃度為低，大約少了 30 ppbv。之前曾對極性物質解釋過，應該是風速及風向的因素，造成區外有污染物而區內卻沒有之情形。當然園區三期的空氣品質較佳，污染物不易累積也是理由之一。至於非極性物質的情形與之前皆相同，應來自於汽機車的排放。

雖然從圖 4-21 到 4-23 可以看出園區內外非極性物質的濃度變化相當一致，但為了求得統計上的解釋上，首先比較各非極性物質濃度上因園區內外的差異，其結果如表 4-17、4-18、4-19；極性物質、1,1,2,2 四氯乙烷及 1,3,5 三甲基苯因為未檢測到濃度，所以未將其列入考慮。由於趨勢非常明顯，由表 4-17、4-18 及 4-19 皆發現園區內外的數據並沒有差別。

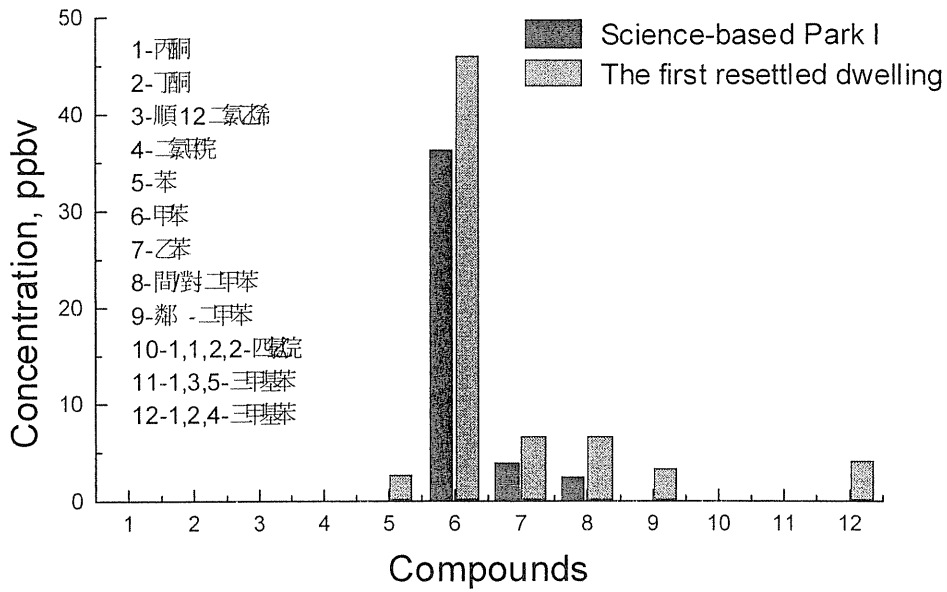


圖 4-21、新竹科學園區一期與第一期安遷戶間污染物的比較

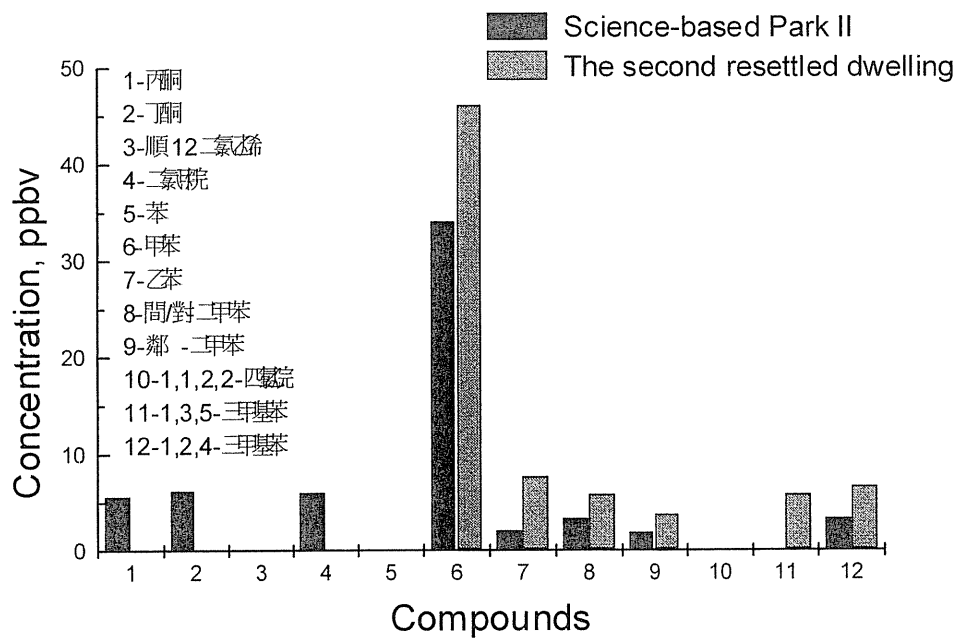


圖 4-22、新竹科學園區二期與第二期安遷戶間污染物的比較

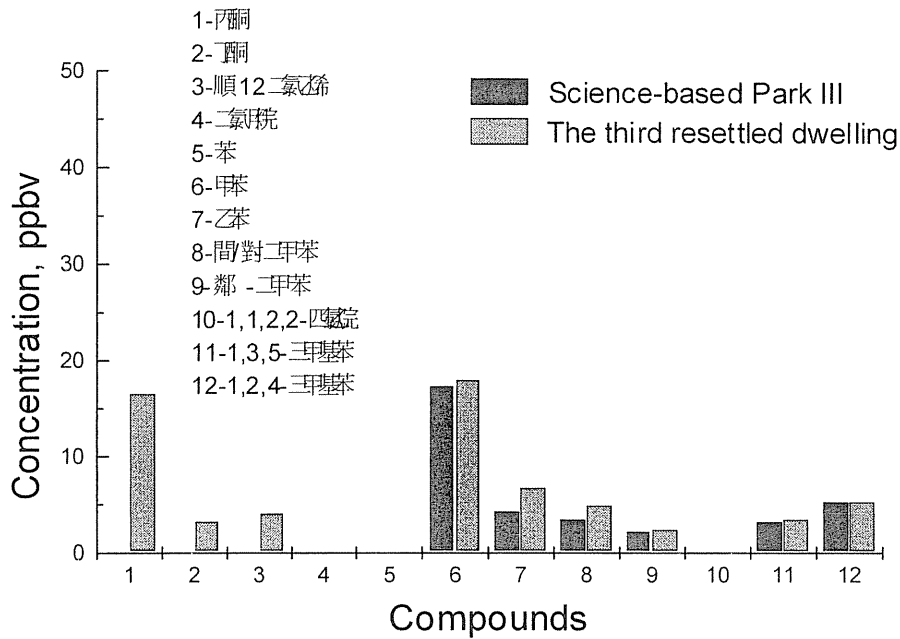


圖 4-23、新竹科學園區三期與第三期安遷戶間污染物的比較

表 4-17、新竹科學園區一期與第一期安遷戶間非極性物質間的關聯性

位置 物種	第二期安遷戶			園區二期				統計分析之P值	
	F1	F2	F3	F5	F6	F7	F8	σ Ftest	μ Ttest
甲苯	15.80	12.77	7.81	11.30	15.03	11.26	8.44	0.511	0.816
乙苯	4.00	0.00	0.00	2.22	1.52	1.06	1.81	0.032	0.793
間/對二甲苯	2.50	0.00	0.00	1.35	2.50	1.71	1.19	0.175	0.322
鄰二甲苯	0.00	0.00	0.00	0.00	2.10	1.23	0.00	-	0.228
1,2,4三甲基苯	0.00	0.00	0.00	0.00	2.52	1.65	0.00	-	0.219

單位：ppbv

表 4-18、新竹科學園區二期與第二期安遷戶間非極性物質間的關聯性

位置 物種	第二期安遷戶			園區二期				統計分析之P值	
	F1	F2	F3	F5	F6	F7	F8	σ Ftest	μ Ttest
甲苯	11.80	12.85	9.50	9.40	8.38	11.00	17.32	0.316	0.957
乙苯	0.79	0.88	0.53	1.22	1.50	1.14	3.78	0.041	0.157
間/對二甲苯	1.17	1.31	0.80	0.77	0.94	1.76	2.36	0.229	0.461
鄰二甲苯	0.91	1.03	0.00	0.00	0.00	1.41	2.30	0.410	0.713
1,2,4三甲基苯	1.34	1.21	0.76	0.00	0.00	1.99	4.61	0.038	0.692

表 4-19、新竹科學園區三期與第三期安遷戶間非極性物質間的關聯性

位置 物種	第二期安遷戶			園區二期					統計分析之P值	
	F16	F17	F18	F19	F20	F21	F22	F23	σ Ftest	μ Ttest
甲苯	7.80	5.55	4.09	6.52	0.00	6.16	2.80	2.48	0.685	0.266
乙苯	0.88	2.01	1.40	2.04	0.00	0.75	4.00	0.00	0.205	0.947
間/對二甲苯	1.46	1.21	0.86	1.25	0.00	1.22	2.50	0.00	0.157	0.783
鄰二甲苯	1.42	0.00	0.78	1.21	0.00	1.26	0.00	0.00	0.830	0.651
1,3,5三甲基苯	1.51	0.00	1.76	1.90	0.00	1.68	0.00	0.00	0.927	0.618
1,2,4三甲基苯	3.49	0.00	1.77	2.89	0.00	2.42	0.00	0.00	0.683	0.567

單位：ppbv

其次為了檢定園區內外非極性物質各濃度總量的變化起伏是否一致，將各非極性物質在園區內外的濃度分別註記在 X 及 Y 軸上，其圖形如圖 4-24、4-25、4-26 所示。由三張圖的相關係數可以很清楚得知，就非極性物質而言，園區內與其相對應的安遷戶間，有非常好的相關性，其相關係數依園區一、二、三期，分別為 0.995、0.992 及 0.987。也許這關係與甲苯的濃度太高有關係，因此，嘗試將甲苯移除，再求其迴歸之相關係數，分別為 0.785、0.590 及 0.923。由此可見，園區三期的污染程度最為輕微，當地的主要污染物來自於汽機車的排放。

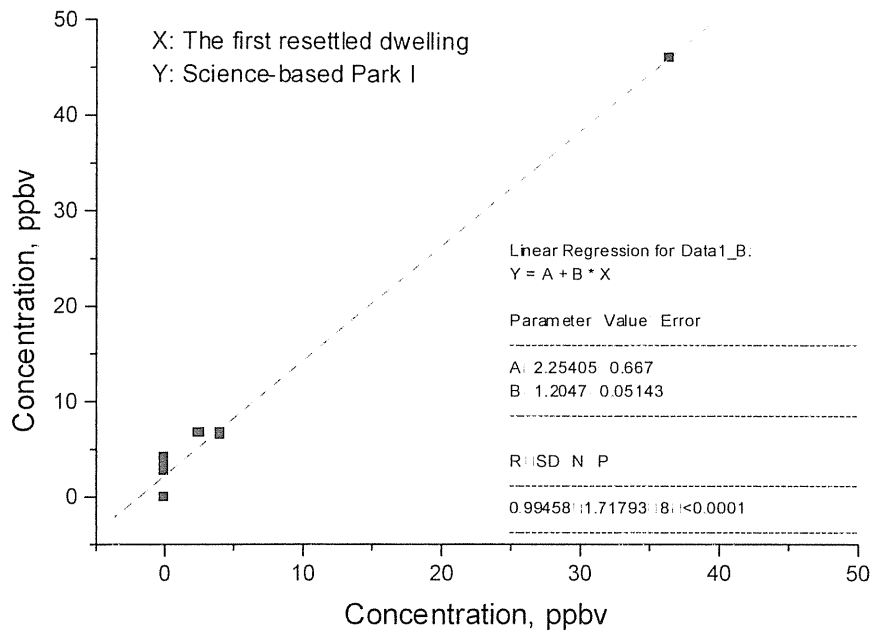


圖 4-24、新竹科學園區一期與第一期安遷戶間非極性物質的相關性

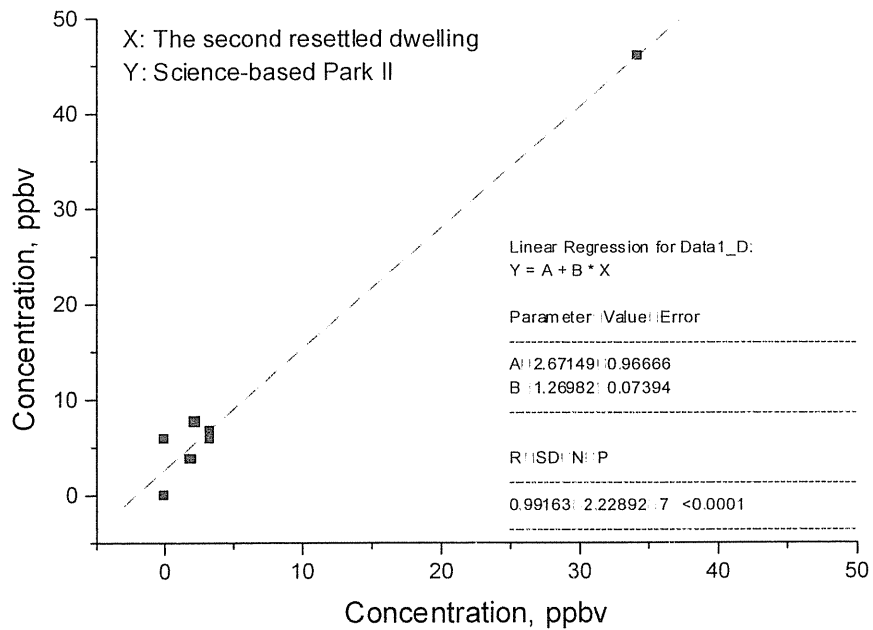


圖 4-25、新竹科學園區二期與第二期安遷戶間非極性物質的相關性

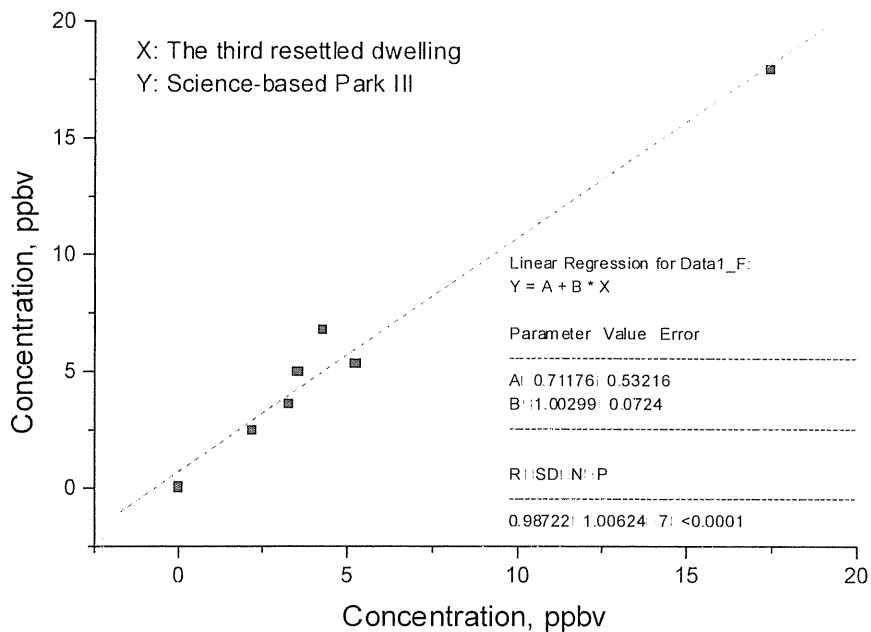


圖 4-26、新竹科學園區三期與第三期安遷戶間非極性物質的相關性

4.3.2 針對第二期安遷戶及鄰近園區之統計分析

為第四次採樣分析後之統計分析，採樣時，風微向第二安遷戶吹。從數據顯示在住宅區可檢測到比之前濃度還高的丙酮、丁酮、異丙醇等為園區常見重要指標物種，從圖 4-27 可以大略知道為園區內外物種濃度分佈情形，為了解及證明園區內外空氣中污染物質的相關性，使用了統計裡的假設檢定(Paired-samples T test)Tab3 得到-1.156(t 值)落入 95% 之信賴區間 [-4.9107,1.6307]且 Sig. (2-tailed) 0.281>0.05，所以園區內外並無顯著差異，再從圖 4-28 得知丙酮、丁酮、異丙醇等物質的濃度值，其園區內外的相關係數 R^2 值為 0.9855，由於數據過少是不代表統計上的意義，但明

顯的表示園區內外是具有正相關性的。至於苯、甲苯、乙苯、二甲苯及三甲基苯，住宅區的濃度較園內裡高，可能是因為住宅區仍有零星車輛在往來所造成。

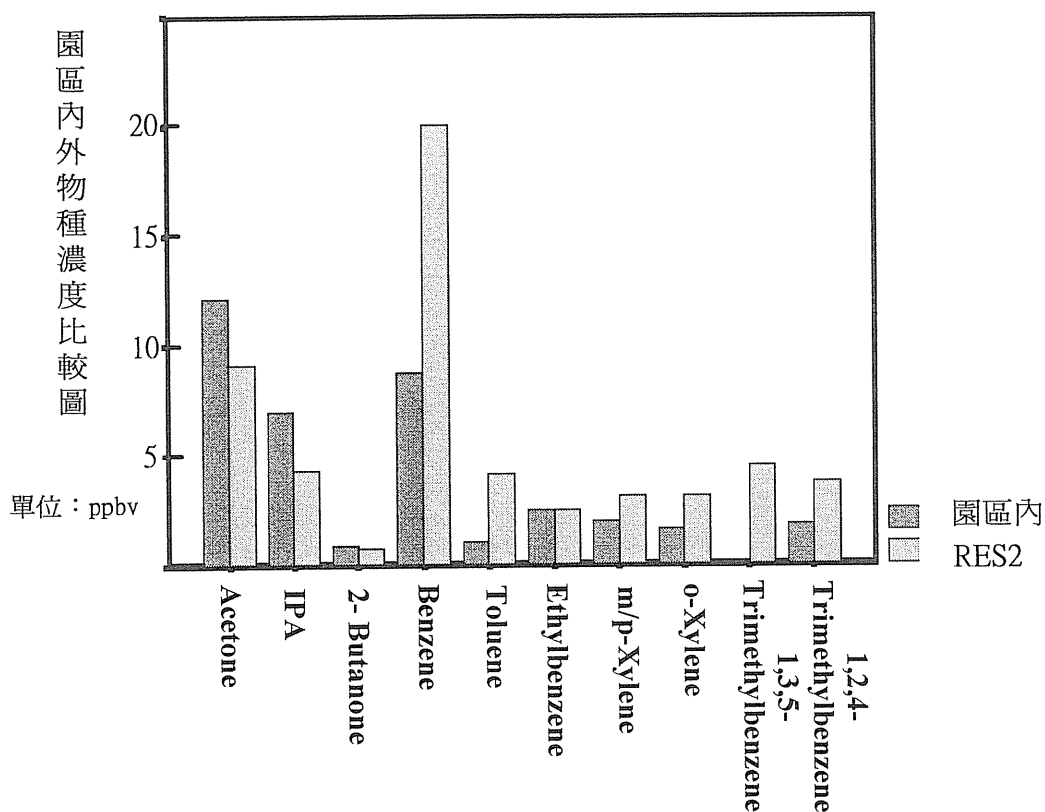


圖 4-27、第四次採樣園區內外物種濃度比較圖

表 4-20、園區內外相關性檢定表

	Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
	95% Confidence Interval of the Difference				
	Lower	Upper			
Residential -Industrial	-4.9107	1.6307	-1.156	8	.281

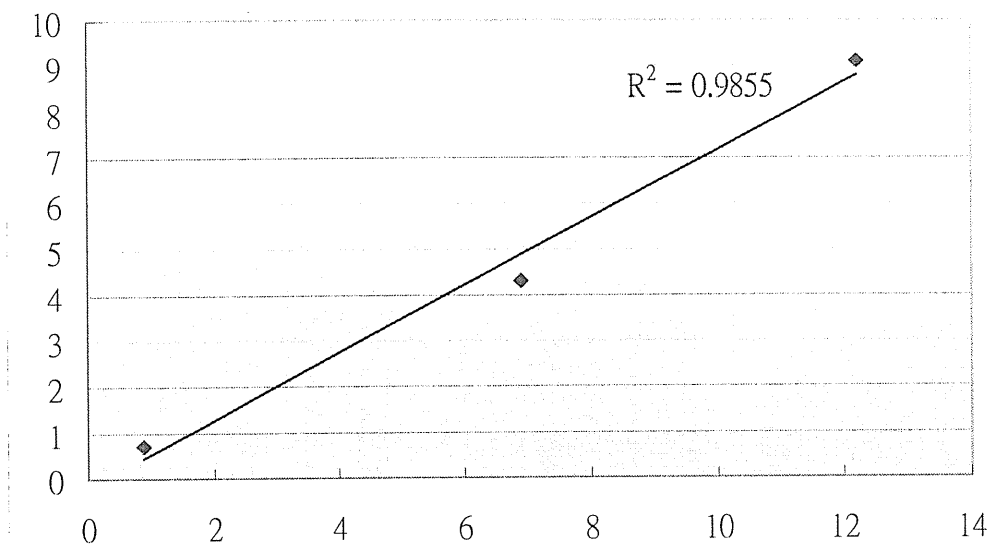


圖 4-28、第四次採樣園區內外物種相關性

第五章 結論

1. 在十一月份園區內例行性檢測數據結果，以物種方面來看，在園區內量測到的最高值依次為丁酮、丙酮、異丙醇及甲苯(47.0、45.0、26.8、15.0 ppbv)，其平均濃度及標準偏差如下表 5-1

表 5-1 園區常出現高濃度之物種平均濃度及標準偏差

物種	平均濃度	標準偏差
2-Butanone	14.0	13.2
Acetone	10.0	8.3
IPA	1.5	8.3
Toluene	3.8	2.4

單位：ppbv

2. 以區域來看，園區一期高速公路以西的 C 區 (各物種總平均濃度為 5.48 ppbv) 及園區一期高速公路以東的 D 區 (各物種總平均濃度為 3.12 ppbv) 較嚴重，其次為園區二期的 B 區，(各物種總平均濃度在 1.94 ppbv)。
3. 就園區與周圍住宅區空氣中污染物質的相關性，數據顯示在住宅區仍可檢測到丙酮、丁酮、異丙醇等為園區常見重要指標物種，因此針對這些物種，使用了統計裡的假設檢定(Paired-samples T test)得到 -1.156(t 值)落入 95% 之信賴區間[-4.9107,1.6307]且 Sig. (2-tailed) 0.281>0.05，所以園區內外並無顯著差異，再從園區內外丙酮、丁酮、異丙醇等物質的濃度值，得到園區內外的相關係數 R^2 值為 0.9855，

由於數據過少是不代表統計上的意義，但明顯的表示園區內外是具有正相關性的。

4. 園區內檢測的數據做一群落分析，主要是利用統計軟體 SPSS 將園區內檢測結果做群落分析，共分了 5 個群組，最大的兩個群落大致上分別坐落在園區的內圈及園區的外圈，內圈附近相關產業大致上都是以積體電路產業為主，內圈物種濃度也均比外圈高，且多了 IPA 這物種。
5. 雖然園區內工廠的污染防治工作已優於國內一般水準，但若能直接快速地從網路顯示新竹地區包含園區內的空氣品質，對當地居民的許多疑慮則更具有說服力。因此，快速即時環境監測的技術與推動仍需積極的進行。

文獻回顧

1. 新竹科學園區管理局網站，<http://www.sipa.gov.tw/report.html>。
2. Buffler, P. A., Crane, M. and Key, M. M., 1985, Possibilities of detecting health effects by studies of populations exposed to chemicals from waste disposal sites. *Environ. Res.* 65, 172-194.
3. MSDS 物質資料表。
4. Uno, I., Wakamatsu, S., Wadden, R.A., Konno, S. and Koshio, H., 1985. Evaluation of hydrocarbon reactivity in urban air. *Atmospheric Environment* 19,1283-1293.
5. Na, K., Kim, Y. P., Moon, K. C., Moon, I., Fung, K., 2001. Concentrations of Volatile organic compounds in an industrial area of Korea. *Atmospheric Environment* 35, 2747-2756.
6. Liu, C., Xu, Z., Du, Y., Guo, H., 2000. Analyses of volatile organic compounds and variation trends in the air of Changchun, the northeast of China. *Atmospheric Environment* 34, 4459-4466.
7. Clarke, A.G., Ko, Y.H., 1996. The relative significance of vehicular emissions of volatile organic compounds in the urban area of Leeds, UK. *The science of the Total Environment* 189/190, 401-407.
8. Cheng, L., Fu, L., Angel, R. P., Sandhu, H. S., 1997. Seasonal variations of volatile organic compounds in Edmonton, Alberta. *Atmospheric Environment* 31, 239-246.
9. Mukund, R., Kelly, T. J., Spicer, C. W., 1996. Source attribution of ambient air toxic and other VOCs in Columbus, OHIO. *Atmospheric Environment* 30, 3457-3470.
10. 葉銘鵬、吳榮泰、余榮彬，1990，“以氣相層析質譜法偵測半導體作業環境中有害物”，*勞工安全研究季刊*，8, 159-174。

- 11.黃覃君，1998，“半導體工業空氣中揮發性有機化合物之分析”，科儀新知，20, 30-38。
- 12.羅俊光、蔡培癸，2000，“新竹科學工業園區環境空氣中有害物質監測分析”，新竹科學工業園區管理局委辦計畫，國立清華大學原子科學研究所。
- 13.洪益夫、蔡春進，2000，“園區空氣品質監測小組工作計畫”，新竹科學工業園區管理局委辦計畫，國立清華大學原子科學研究所。
- 14.蔡春進、洪益夫，2001，“園區空氣品質監測計畫”，新竹科學工業園區管理局委辦計畫，國立交通大學環境工程研究所。
- 15.Tsai, C. J., Perng, S. B. and Chiou, S. F., 2000, “Use of Two Different Acidic Aerosol Samplers To Measure Acidic Aerosols in Hsinchu, Taiwan”, J. of Air & Waste Management Association, 50: 2120-2128.
- 16.Bai, H. and Wen, H.Y. “Performance of the Annular Denuder System with Different Arrangements for HNO and HNO Measurements in Taiwan”, J. of Air & Waste Management Association, 50: 125-130.
- 17.張寶額、陳新友、黃秀華，2001，“運用紅外光遙測技術執行石化工業區污染監測”，行政院環保署委辦計畫，工業技術研究院環境安全衛生技術發展中心。
- 18.凌永健，1998，“攜帶式GC-MS在半導體廠之應用”，氣體分析在半導體廠量測與預警防災之應用研討會，國立清華大學原科系羅俊光老師實驗室、惠普科技股份有限公司、工研院工安衛中心等承辦。
- 19.周崇光，1998，“半導體製程尾氣特性與防制”，氣體分析在半導體廠量測與預警防災之應用研討會，國立清華大學原科系羅俊光老師實驗室、惠普科技股份有限公司、工研院工安衛中心等承辦。

- 20.王耀銘、賴慶智，1999，“半導體業揮發性有機物之空氣污染防治”，化工資訊，45-51。
- 21.賴慶智、林樹崧，1999，“半導體業空氣污染管制及排放標準訂定緣由”，化工資訊，40-44。
- 22.行政院環保署網站，<http://w3.epa.gov.tw/epalaw/index.htm>
- 23.Thomas, J. K., Michael, W. H., 1995. Applicability of canisters for sample storage in the determination of hazardous air pollutants. *Atmospheric Environment* 29,2595-2608.
- 24.US EPA, 1999. Method TO14a: determination of volatile organic compounds (VOCs) in ambient air using SUMMA passivated canister sampling and gas chromatographic analysis. In *Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air*. EPA/600/4-89/017, Office of Research and Development, Research Triangle Park, U.S. Environmental Protection Agency, NC, USA.
- 25.US EPA, 1999. Method TO15: determination of volatile organic compounds (VOCs) In air collected in specially-prepared canisters and analyzed by gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS). In *Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air*. EPA/625/R-96/010b, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH, USA.
- 26.Kuo, H. W., Wei, H. C., Liu, C. S., Lo, Y. Y., Wang, W. C., Lai, J. S., and Chan, C. C., 2000. Exposure to volatile organic compounds while commuting in Taichung, Taiwan. *Atmospheric Environment* 34, 3331-3336.