

國家科學及技術委員會

111 年度行政自行研究報告

題目：龍潭科學園區異味輸送作用暨大氣
擴散模式模擬探討

研究單位：國家科學及技術委員會新竹科學園區管理局

研究人員：賴昱璋、鄭楹枚

研究期程：111 年 1 月- 12 月

目錄

第一章 前言

1-1	計畫緣起	1
1-2	龍潭園區異味陳情統計	3
1-3	計畫目的研究方法流程與目標	5

第二章 資料蒐集

2-1	園區產業異味來源概述	6
2-2	科學園區異味特徵描述	10
2-3	龍潭園區氣象測站監測數據與異味陳情結果分析	12

第三章 研究與方法

3-1	高斯擴散模式介紹	19
3-2	高斯擴散模式基本參數假設	24

第四章 結果與討論

4-1	高斯擴散模式條件設定	28
4-2	模式模擬結果探討	31

第五章 結論與建議

5-1	結論	37
5-2	建議	38

圖目錄

圖 1-1	科學園區地理位置	1
圖 1-2	龍潭科學園區廠商地理位置	3
圖 1-3	龍潭園區 110 年-111 年 11 月陳情統計	4
圖 2-1	龍潭園區空氣品質監測站所在位置圖	12
圖 2-2	龍潭園區空氣品質監測站	13
圖 2-3	龍潭園區空氣品質監測站第 1~4 月風向圖	14
圖 2-4	龍潭園區空氣品質監測站第 5~8 月風向圖	15
圖 2-5	龍潭園區空氣品質監測站第 9~10 月風向圖	16
圖 3-1	高斯擴散模式污染物擴散示意圖	20
圖 3-2	煙囪受到鄰近建物影響煙流變化情況	22
圖 3-3	龍潭某面板廠蓄熱式焚化爐連續監測變化情況	24
圖 3-4	水平擴散係數與排放源下風處距離的關係	25
圖 3-5	垂直擴散係數與排放源下風處距離的關係	26

表目錄

表 2-1	半導體業排放標準	6
表 2-2	光電業排放標準	7
表 2-3	園區產業類別及家數統計	8
表 2-4	科技產業污染物特性	9
表 2-5	科學園區主要異味特徵及可能產生該異味的污染成分	10
表 2-6	周界異味與氣味特徵	11
表 2-7	111 年 1-10 月龍潭園區龍潭服務站監測結果	17
表 2-8	111 年 1-10 月龍潭園區聖德里集會所站監測結果	17
表 2-9	111 年 1-10 月龍潭園區德龍國小站監測結果	18
表 2-10	111 年 1-10 月龍潭園區移動站監測結果	18
表 3-1	高斯擴散模式風速及大氣穩定度分級	25
表 3-2	各級距之水平擴散係數與排放源下風處距離的關係	27
表 3-3	各級距之垂直擴散係數與排放源下風處距離的關係	27
表 4-1	龍潭某面板廠排放管道出口端 CC-FTIR 量測分析結果	30
表 4-2	醋酸排放與下風處污染物濃度之關係(風速 1m/s)	33
表 4-3	乙酸乙酯排放與下風處污染物濃度之關係(風速 1m/s)	33
表 4-4	醋酸排放與下風處污染物濃度之關係(風速 2m/s)	34
表 4-5	乙酸乙酯排放與下風處污染物濃度之關係(風速 2m/s)	34

表 4-6	醋酸排放與下風處污染物濃度之關係(風速 4m/s)	35
表 4-7	乙酸乙酯排放與下風處污染物濃度之關係(風速 4m/s)	35
表 4-8	醋酸排放與下風處污染物濃度之關係(風速 8m/s)	36
表 4-9	乙酸乙酯排放與下風處污染物濃度之關係(風速 8m/s)	36

第一章 前言

1-1 計畫緣起

新竹科學工業園區設立於民國(下同)69年，係我國第一個科學工業園區，主要為因應產業政策朝技術密集發展方向修正，因此發展以積體電路、電腦及周邊設備、通訊、光電、精密機械和生物技術等產業為主軸之科技園區，希望藉此建立高品質的研發、生產、工作、生活、休閒環境，吸引高科技人才，引進高科技技術，建立高科技產業發展基地，以促進臺灣產業升級。新竹科學園區目前總開發面積達1,471公頃，轄屬新竹(含寶山擴建基地)、竹科X基地、竹南、銅鑼、龍潭、宜蘭與新竹生物醫學園區等7個衛星園區。(如圖1-1)

龍潭科學園區位於桃園市龍潭區、平鎮區與楊梅區交界處，原為民間開發之工業區，於93年1月28日奉行政院核定納入科學園區，總開發面積為106.94公頃，分二期開發，第一期主要規劃為事業專用區，共計76.11公頃，第二期主要規劃為公園、綠地之開放空間，共計30.83公頃。規劃引進符合「科學園區設置管理條例」之科技產業。(竹科網站，111年)

龍潭園區目前進駐事業主要包括積體電路、電腦及周邊與生技產業等，形成產業聚落，並提供完善的公共設施，吸引高科技人才至園區服務。園區現有從業員工人數約為7,000人，核准廠商家數15家，計有超能高新、欣銓科技、采鈺科技龍潭廠、葡萄王生技、祥翊製藥、前電科創、台灣諾亞、友達光電龍科廠、明基材料、美商蘋果電子、台灣積體電路先進封測三廠、合晶科技、台灣日鑛金

屬、同欣電子及艾克爾先進等廠商進駐營運(如圖1-2)，整體年營業額超過500億元，可增進地方就業機會及繁榮經濟。

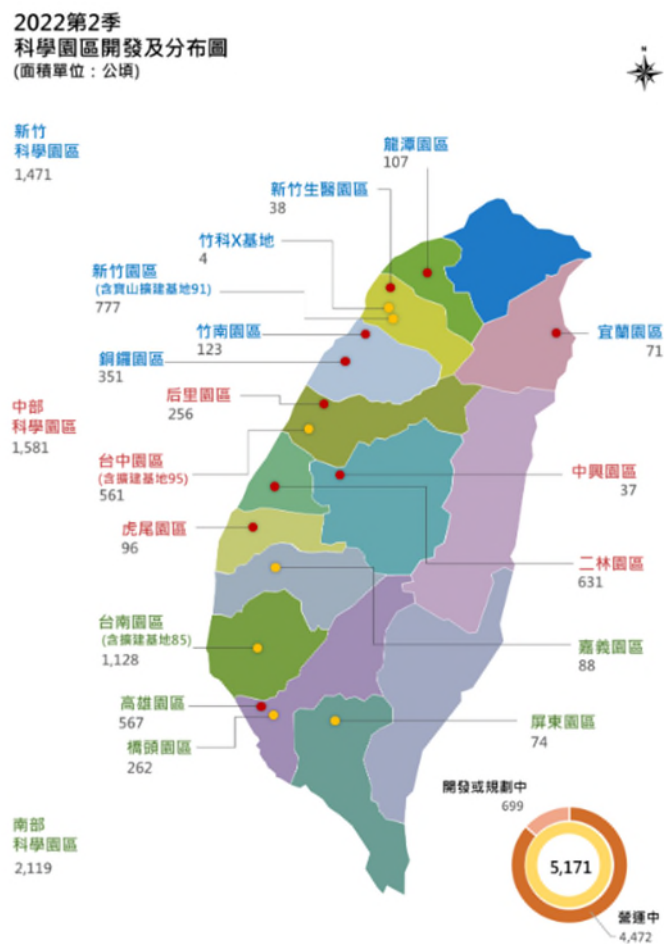


圖 1-1 科學園區地理位置(國家科學及技術委員會網頁，111 年)



圖 1-2 龍潭科學園區廠商地理位置 (竹科管理局網頁，111 年)

1-2 龍潭園區異味陳情統計

近年來環保意識抬頭，民眾對於環境品質要求也日益提高，根據環保署統計的公害陳情案件，110 年有 279,384 件。其中異味污染物類(如有機氣體異味(含溶劑)、製程(生產過程)、燃燒行為..等)計 83,256 件占 29.80%，而空氣污染不含異味污染(如揚塵、冒煙或排煙..等)10,258 件占 3.67%。111 年 1 月-9 月則有 177,180 件，其中異味污染 48,369 件占 27.30%，而空氣污染(不含異味污染)佔 5,848 件占 3.30%。從上述統計案件來看，空氣污染陳情案件集中在異味污染的陳情(環保署網頁，111 年環保統計刊物)。

統計竹科管理局接獲民眾公害陳情龍潭園區 110 年計有 18 案件，其中空氣異味佔 16 件；111 年 1-11 月計有 12 案件，其中空氣異味佔 10 件，由統計資料來看，龍潭園區陳情事件大部分以空氣異味為主，如有反應聞到塑膠味、魚腥草味異味、漂白水味...等。因此需要重視園區周界空氣品質以降低民眾陳情事件(竹科管理局陳情稽查管理系統，111 年)。

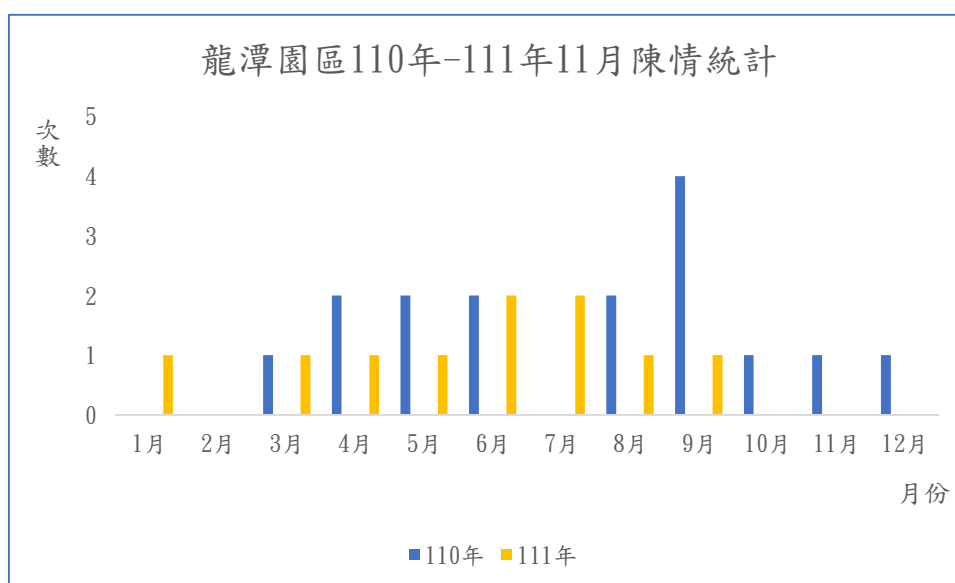


圖 1-3 龍潭園區 110 年-111 年 11 月陳情統計

1-3 計畫目的研究方法流程與目標

本研究首先蒐集相關空氣污染氣象數據與園區相關產業點源污染源相關文獻，包括國內外污染發生、傳輸機制與控制對策之文獻及相關防治設備等資料，以及產業類別建議參數與防治設備使用手冊，做為參考資料以建立龍潭科學園區異味與模式模擬研析，利用廠商檢測異常排放管道數據帶入模式模擬，以研究污染物對下風處民眾之影響。綜合上述可以歸納下列幾點：

1. 蒐集潭科學園區空氣品質測站監測成果。
2. 蒐集異味陳情案件、並歸納園區異味好發區域與時段。
3. 數據分析探討異味與高斯擴散模式分析。
4. 建議與改善對策。

第二章 資料蒐集

2-1 園區產業異味來源概述

隨著園區廠家增多，使用的化學原料、毒性化學物及溶劑亦是與日俱增。龍潭園區進駐廠商多以半導體及光電產業為主，其所使用的原物料及排放污染物種也不同，也造成各產業別污染排放特性均不盡相同，由於製程複雜，幾乎每個製成都會使用各種酸鹼物質、有機溶劑及毒性氣體，這些物質反應過後又會生成複雜的產物，因此所有製程都可能是空氣污染源，容易產生異味引發園區週遭住戶的陳情。

「半導體製造業空氣污染管制及排放標準」法規第2條所稱半導體製造業指從事積體電路晶圓製造、晶圓封裝、磊晶、光罩製造等作業者；依第4條規定半導體製造業產生之空氣污染物應由密閉排氣系統導入污染防制設備，並處理至符合表2-1規定後始得排放。

表 2-1 半導體業排放標準

空氣污染物	排放標準
揮發性有機物	排放削減率應大於九〇%或工廠總排放量應小於〇·六 kg/hr (以甲烷為計算基準)。
三氯乙烯	排放削減率應大於九〇%或工廠總排放量應小於〇·〇二 kg/hr。
硝酸、鹽酸、 磷酸及氫氟酸	各污染物排放削減率應大於九十五%或各污染物工廠總排放量應小於〇·六 kg/hr。
硫酸	排放削減率應大於九十五%或工廠總排放量應小於〇·一 kg/hr。

「光電材料及元件製造業空氣污染管制及排放標準」法規第 2 條所稱光電材料及元件製造業（光電業）係指從事液晶面板製造及其相關材料、元件或產品製造者，但僅從事二極體元件製造者不在此限。依第 4 條規定光電業排放之空氣污染物應經密閉排氣系統收集，並應符合表 2-2 規定後始得排放。

表 2-2 光電業排放標準

空氣污染物	適用對象	排放標準
揮發性有機物	新設製程	處理效率應達百分之八十五或管道排放量 0.4 公斤／小時以下（以甲烷為計算基準）。
	既存製程	處理效率應達百分之七十五或管道排放量 0.4 公斤／小時以下（以甲烷為計算基準）。
氫氟酸	污染防制設備前端廢氣濃度三 ppm 以上者	處理效率應達百分之八十五或管道排放量 0.1 公斤／小時以下
	污染防制設備前端廢氣濃度小於三 ppm 者	處理效率應達百分之七十五或管道排放量 0.1 公斤／小時以下
鹽酸	污染防制設備前端廢氣濃度三 ppm 以上者	處理效率應達百分之八十五或管道排放量 0.2 公斤／小時以下
	污染防制設備前端廢氣濃度小於三 ppm 者	處理效率應達百分之七十五或管道排放量 0.2 公斤／小時以下

園區產業以積體電路產業所生之污染較為嚴重，其次為光電產業，其他產業則對園區空氣污染影響較小。彙整 111 年 11 月新竹科學園區各產業廠商家數如表 2-3 所示(竹科管理局網站，111 年)。其中龍潭園區有效核准廠商家數積體電路業計有 5 家;光電業有效核廠

商家數計 3 家。

表 2-3 園區產業類別及家數統計

園區產業類別及家數統計									
單位：家(資料期間：2022 年 11 月)									
園區別	統計項目	積體電路	光電	電腦及周邊	通訊	精密機械	生物技術	其他	總計
新竹科學園區	有效核准廠商家數	192	96	61	44	62	148	10	613
(六大園區)	已入區登記廠商家數	185	91	59	43	54	126	8	566

彙整常見科技產業空氣污染物如 2-4 所示（國立交通大學劉沁瑋，「新竹科學工業園區空氣染物排放總量推估及 ISCST3 擴散模式應用」，民國 91 年。）。

表 2-4 科技產業污染物特性

產業別	次產業別	主要空氣污染物
半導體	晶圓製造	酸性廢氣、鹼性廢氣、有機廢氣、粉塵
	光罩製造	酸性廢氣(硫酸液滴)、有機廢氣(異丙醇、酮類)
	週邊產業	酸性廢氣(鹽酸)、鹼性廢氣(碳酸鈉)、氰系廢氣
	晶片製造	酸性廢氣、鹼性廢氣、有機溶劑廢氣、毒性氣體、燃燒性氣體
	封裝製造	酸性廢氣、錫煙、有機溶劑蒸氣(三氯乙烷、丙烷)、酸氣
光電產業	光電材料元件系統	酸性廢氣、有機廢氣、毒性氣體(含氰化物)、燃性氣體、含砷廢氣
	顯像管(彩色)	酸性廢氣、鹼性廢氣、氰系廢氣
	平面顯示器	毒性氣體、有機性氣體、酸氣
	電池	粉塵
電腦及週邊產業	微電腦系統	鉛錫煙、臭味
	儲存系統	酸性廢氣、有機廢氣
	輸入設備	鉛錫煙、有機廢氣
	電子零組件	有機廢氣
	網路設備	——
	連接器	——
	輸出設備	——
通訊產業	局用交換設備	鉛錫煙、有機廢氣、粒狀物
	局端傳輸設備	鉛錫煙、有機廢氣(異丙醇、三氯乙烷)
	用戶終端設備	鉛錫煙、有機廢氣(異丙醇、三氯乙烷)
	無線通設備(黃光、顯影、蝕刻、電渡製程)	酸性廢氣、有機廢氣(三氯乙烷、丙酮、甲苯、乙酸丁酯、CN-)
精密機械	精密機械設備	——
	製造 LD、CD-R、CD-RW、MO 等	粒狀物、硫氧化物、氮氧化物、有機廢氣、Ni
	生產碳化鎢素材及輥輪	粉塵(鈷、碳化鈦、碳化鎢)、有機廢氣
生物技術產業	疫苗製藥	酸性廢氣(鹽酸)、有機廢氣(二氯甲烷、三氯甲氧醯、正己烷)
	檢驗試劑	有機溶劑(苯、丙酮)
	農業應用	——

2-2 科學園區異味特徵描述

本計畫參考 111-113 新竹科學園區周界異味污染源調查計畫，及根據竹科管理局陳情稽查管理系統陳情描述龍潭園區主要異味特徵，大致上可能歸納為幾種異味其中塑膠味、魚腥草味或漂白水是較常出現的異味種類特徵，惟異味大多以混合物的型態排放，多種成分混合排放後容易產生異味之交互或協同效應。因此，以往以單一成分的濃度是否超過嗅覺閾值來判定異味有無的作法，無法反應異味的實際狀況，彙整科學園區主要異味特徵及可能產生該異味的污染成分如表 2-4、2-5。

表 2-5 科學園區主要異味特徵及可能產生該異味的污染成分

異味特徵	可能污染物
溶劑味：甜味、醚味、強力膠水味	主要成分為 PGME/PGMEA、酮類(環己酮、丙酮、丁酮)、酯類(乙酸丁酯、乙酸乙酯)、芳香族(甲苯、二甲苯)
酸味	主要是醋酸，次要的有硝酸、鹽酸和氫氟酸
腐臭味、罐頭玉米味	主要是 DMS 的罐頭玉米味、H ₂ S 的臭蛋味
魚腥味	Amines
特殊霉味	NF ₃
消毒水或藥水味	F ₂ 或 OF ₂

表 2-6 周界異味與氣味特徵

化合物	最大濃度 (ppbv)	平均濃度 (ppbv)	周界標準 (ppbv)	嗅覺閾 值(ppbv)	氣味特徵
異丙醇(IPA)	100.0	2.36	8,000	1000	乙醇和丙酮混合 味
氧化亞氮(N ₂ O)	77.5	1.61	--	--	輕微的醚味
矽甲烷(SiH ₄)	48.7	1.18	100	--	令人不愉快的異 味
氨氣(NH ₃)	46.2	1.01	1,000	43	嗆鼻味
三氟化氮(NF ₃)	36.6	0.71	--	--	霉味
汽油(Gasoline)	35.4	0.10	6,000	--	汽油味
丙酮(Acetone)	34.2	0.05	15,000	400	薄荷/水果甜味
甲醇(Methanol)	20.5	0.22	4,000	3300	酒味
四氟化碳(CF ₄)	12.9	0.39	--	--	醚味/大蒜味
丙二醇甲醚 (PGME)	11.6	0.18	--	--	乙醚味(ether-like)
八氟環丁烷(C ₄ F ₈)	5.3	0.06	--	--	輕微的乙醚味
六氟化硫(SF ₆)	1.5	0.09	20,000	--	臭蛋味
三氟甲烷(CHF ₃)	0.9	0	--	--	輕微的乙醚味
六氟乙烷(C ₂ F ₆)	0.8	<0.01	--	--	輕微的醚味

2-3 龍潭園區氣象測站監測數據與異味陳情結果分析

本研究彙整潭科學園區內空氣品質監測站(圖 2-1~2)111 年 1 月 10 月空氣監測月平均值數據，監測項目包括 SO₂、CO、O₃、NOX (NO、NO₂)、THC (CH₄、NMHC)、PM₁₀、PM_{2.5} 等，龍潭服務站表 2-7；聖德里集會所站表 2-8；德龍國小站表 2-9 及移動站表 2-10(111 年新竹科學園區環境品質智慧看格建置及維運計畫監測結果彙整)。

根據空品測站的氣象資料分析(圖 2-3~5)，每年 9 月～隔年 5 月以北風及東北風為主要盛行向，6~8 月則轉換為以西南及西南西風為主要盛行風向，依園區環保報案專線陳情統計異味好發階段大多介於 5~9 月(夏季)間。



圖 2-1 龍潭園區空氣品質監測站所在位置圖



圖 2-2 龍潭園區空氣品質監測站

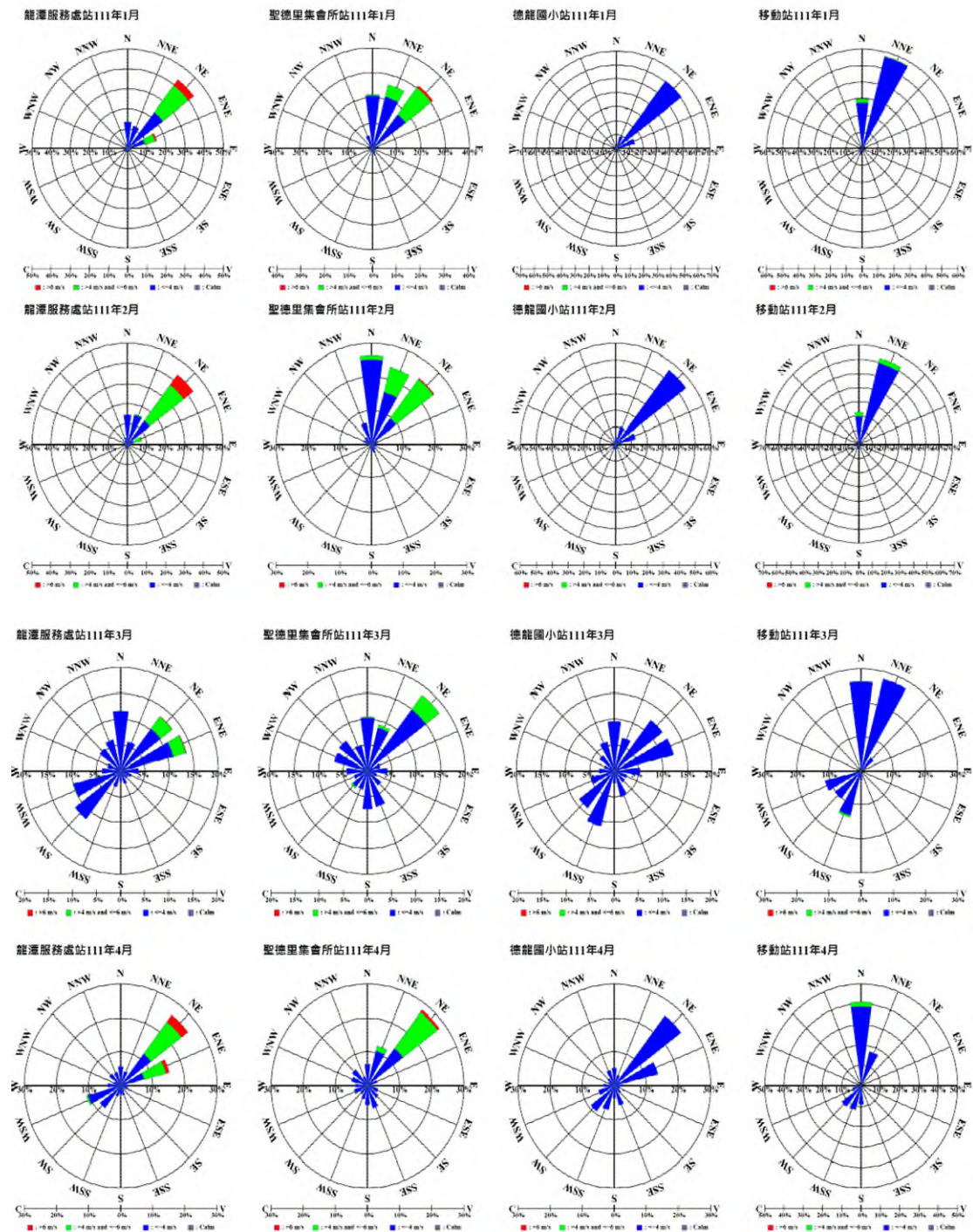


圖 2-3 龍潭園區空氣品質監測站第 1~4 月風向圖

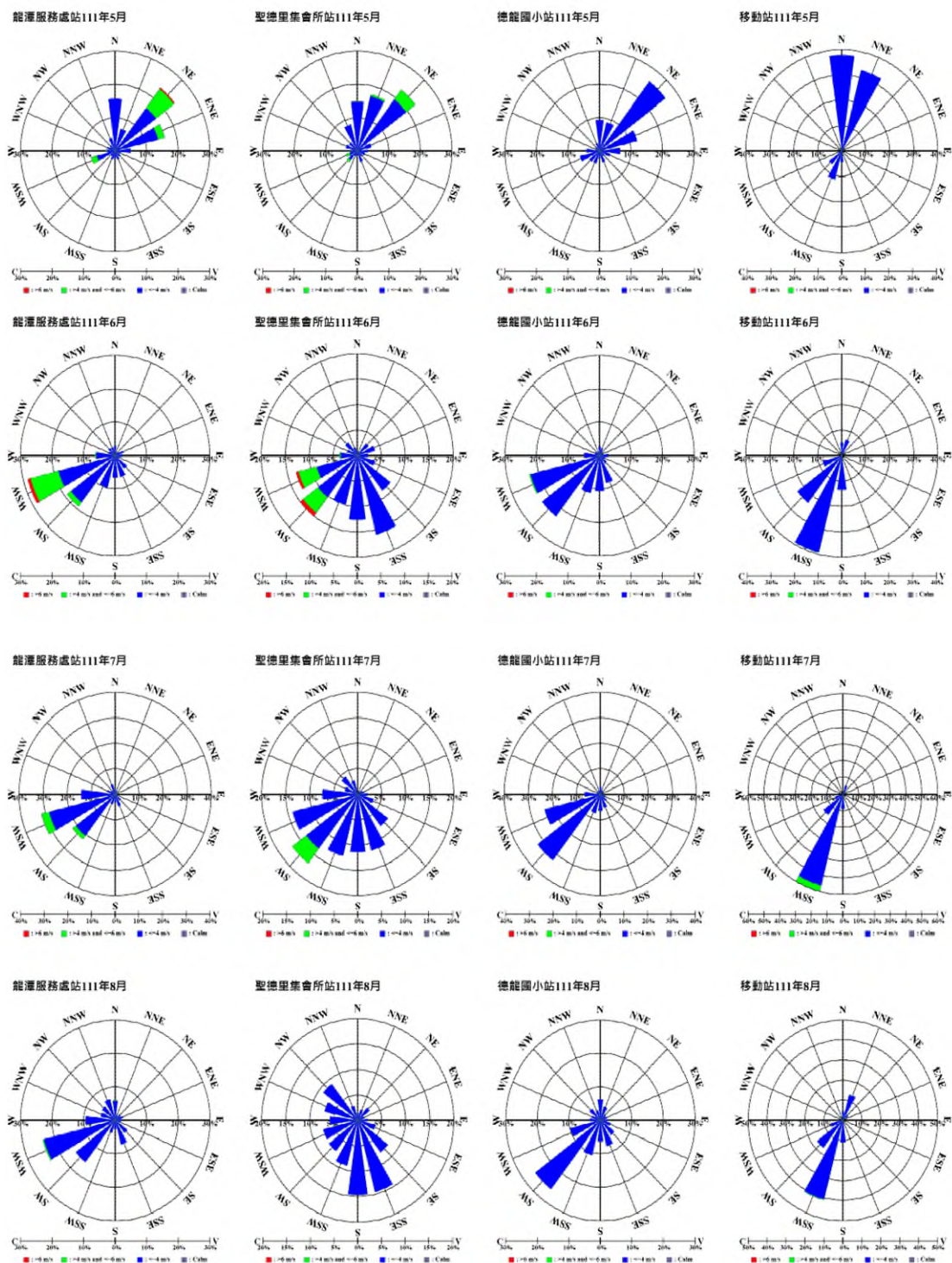


圖 2-4 龍潭園區空氣品質監測站第 5~8 月風向圖

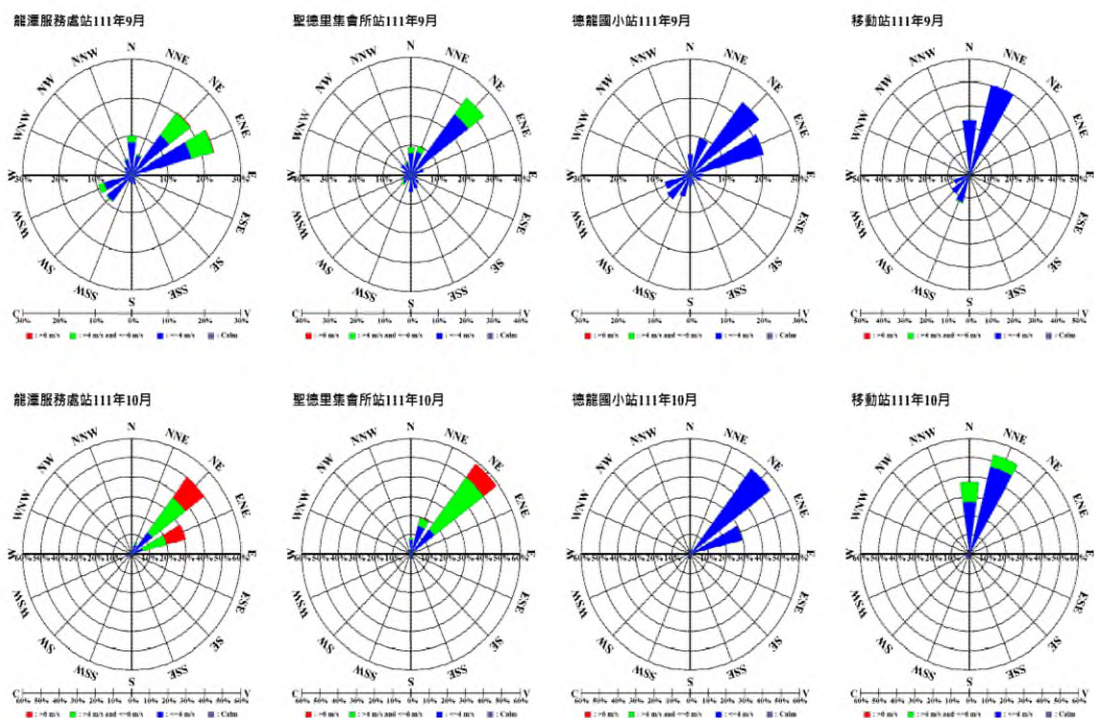


圖 2-5 龍潭園區空氣品質監測站第 9~10 月季風向圖

表 2-7 111 年 1-10 月龍潭園區龍潭服務站監測結果

龍潭服務處站							
月份 \ 監測項目	SO ₂	CO	O ₃	NO ₂	NMHC	PM ₁₀	PM _{2.5}
單位	ppb	ppm	ppb	ppb	ppm	μg/m ³	μg/m ³
1	2	0.45	34	8.8	0.18	24	13
2	1.9	0.38	38.1	7	0.17	19	10
3	1.8	0.39	37.4	10.7	0.21	34	20
4	2.1	0.48	39.6	8.7	0.23	32	18
5	1.8	0.4	35	7.9	0.21	18	10
6	1.6	0.38	22.2	7	0.2	20	10
7	1.8	0.4	26	6.6	0.18	22	10
8	1.8	0.39	30.1	7.3	0.18	24	13
9	1.9	0.39	42.5	6.5	0.18	30	16
10	2	0.35	38	5.2	0.15	24	12

表 2-8 111 年 1-10 月龍潭園區聖德里集會所站監測結果

聖德里集會所站							
月份 \ 監測項目	SO ₂	CO	O ₃	NO ₂	NMHC	PM ₁₀	PM _{2.5}
單位	ppb	ppm	ppb	ppb	ppm	μg/m ³	μg/m ³
1	2.2	0.56	32.3	11	0.16	24	12
2	2.4	0.5	35.5	8.8	0.13	18	10
3	2.4	0.5	33.1	13.3	0.2	35	19
4	2.3	0.42	34	10.5	0.16	34	18
5	2.3	0.39	30.8	10.1	0.16	19	10
6	2	0.42	19.8	8	0.16	22	11
7	2.1	0.45	24.5	7.5	0.15	24	13
8	2.1	0.52	28.3	8.4	0.16	26	16
9	2.4	0.55	41.6	8.4	0.12	29	17
10	2.2	0.49	38	6.9	0.09	23	11

表 2-9 111 年 1-10 月龍潭園區德龍國小站監測結果

德龍國小站							
月份 \ 監測項目	SO ₂	CO	O ₃	NO ₂	NMHC	PM ₁₀	PM _{2.5}
單位	ppb	ppm	ppb	ppb	ppm	µg/m ³	µg/m ³
1	2.3	0.39	35.3	8.9	0.21	25	11
2	2.1	0.36	38.5	7.2	0.2	20	8
3	2.3	0.42	36	10.3	0.22	33	17
4	2.3	0.45	36.4	8.4	0.2	33	15
5	2.2	0.46	31.3	8.1	0.22	21	8
6	1.9	0.48	20.8	5.7	0.18	22	7
7	1.9	0.51	25.8	5.6	0.17	23	9
8	2.1	0.51	29.4	6.3	0.17	26	11
9	2.2	0.56	42.3	6	0.18	31	13
10	2	0.53	39.5	5.2	0.16	26	10

表 2-10 111 年 1-10 月龍潭園區移動站監測結果

移動站							
月份 \ 監測項目	SO ₂	CO	O ₃	NO ₂	NMHC	PM ₁₀	PM _{2.5}
單位	ppb	ppm	ppb	ppb	ppm	µg/m ³	µg/m ³
1	2.1	0.52	35	9.1	0.26	28	12
2	2.2	0.43	41.5	7.6	0.26	23	9
3	2.3	0.5	38.5	10.5	0.28	35	18
4	2.4	0.42	34.2	8.6	0.24	35	16
5	2.1	0.42	29.7	9.4	0.22	23	9
6	2	0.39	18.9	5.8	0.21	24	9
7	2.2	0.41	23.1	5.1	0.19	26	11
8	2.4	0.44	26.3	5.9	0.19	28	13
9	2.2	0.47	35.8	6.4	0.15	34	15
10	2	0.42	31.9	5.2	0.07	28	12

第三章 研究方法

3-1 高斯擴散模式介紹

進行模擬分析空氣品質擴散模式的架構，主要可分為三個部分，(1) 模式輸入資料部分；(2) 大氣的物理化學特性模擬；(3) 下風處的空氣污染物濃度推估結果。早期大氣擴散模式是以點源模式為發展基礎後來逐漸演進使用平均濃度的盒子(Box)模式和Rollback 模式，而高斯擴散模式（Gaussian Dispersion）描述了空間裡為數眾多的點之濃度。為點源模式發展下基礎的空氣品質擴散模式，其基本假設為：(1)污染源為連續排放且速率為一定（Continuous Emissions）；(2)質量守恆且過程中不會有化學反應產生（Conservation of Mass）；(3) 平均風速和風向呈穩定狀態（Steady-State Conditions），(4)污染物擴散的濃度分佈為常態分佈（Crosswind and Vertical Concentration Distributions）等，其高斯擴散模式計算公式如下：

$$C(x, y) = \frac{Q}{\pi \sigma_y \sigma_z U} \exp \left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2} - \frac{h^2}{2\sigma_z^2} \right] \quad (3-1)$$

其中：C＝污染物濃度

Q＝污染物排放率（mg/sec）

U＝風速(m/sec)

σ_y ＝水平擴散係數 (meter)

σ_z ＝垂直擴散係數 (meter)

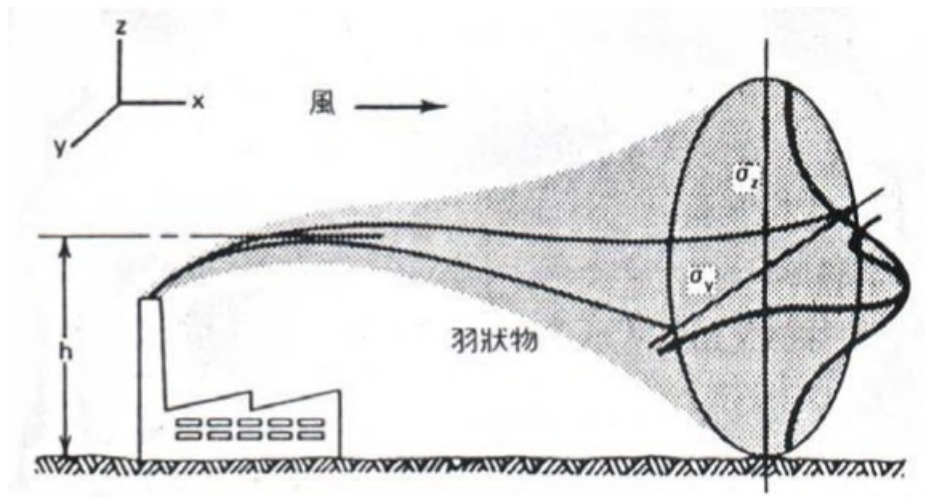


圖 3-1 高斯擴散模式污染物擴散示意圖

高斯擴散模式主要針對污染物從煙囪排放源排出來之後，對於下風處受體點受到大氣輸送及擴散作用後最終承受濃度之影響，期擴散示意圖如圖 3-1 所示，模式主要受到數種外在條件之影響，影響參數如下：

1. 有效煙囪高度：

當污染源從煙囪排放出污染物時，這個污染源會受到煙囪馬達帶動空氣之影響而受有上升之力量，故氣團會先往上升高，等到上升浮力與外界大氣達到平衡時氣團才不會持續上升。這個原本的煙囪高度，加上煙流因為機械帶動所造成的煙流上升高度，亦稱為有效煙囪高度。考量煙流上升後會受到外界大氣影響故會開始往下風處擴散如圖 3-1，此時如位於工廠旁邊不會聞到異味，煙流開始往下風處移動時則開始會往水平方向輸送與垂直方向擴散作用產生，故於下風處受體點地表會有高濃度測值產生，此測值大小即是擴散模式所欲計算模擬之數值，龍潭園區廠商因為廠房煙囪高度並不高，故近地表最高濃度應不致

離煙囪太遠，且模式設定限制。故下風處最近距離從 200m 開始設定，最遠距離設定 1,000m 應尚屬合理，故推估污染物近地表最高濃度位置應會落於 200m 至 1,000m 之間。

2. 氣團的傳輸與擴散：

污染物由煙囪排放後主要受到風速與風向之影響，水平移動是由於被平流(advection)的輸送形式的風吹送造成污染物往下風處分布之平均運動所造成，此水平運動亦稱輸送作用；污染物的垂直的分布，通常被稱為擴散作用(diffusion)，擴散作用主要會受到風向影響亦溫度差變化亦是主要影響因素之一，相同高度狀況下，溫度下降越大擴散作用越強大氣越不穩定越有利污染物擴散；反之，相同高度狀況下，溫度下降越小擴散作用越弱大氣，相對穩定反而不利污染物擴散，另外大氣偶有高度越高溫度隨之升高之逆溫情況產生，此時污染物會停滯在此高度污染物既無法上升亦無法下降。故污染物藉由大氣輸送與擴散作用會朝向下風處做水平與垂直傳輸，越往下風處污染物氣團會隨之膨脹造成濃度稀釋變化。

3. 下風處受體點與地表高度關係：

氣團開始往下風處輸送與擴散作用開始時，如果污染物擴散到地面，該地面區域就是一個受體點，故可以透過高斯擴散模式計算該地點的污染物濃度，進而了解該污染物對人體造成的影響，一般推估受體所在高度都以地面人員為主故以地表作為計算模擬之受體點。

4. 鄰近建築物彼此互相影響：

鄰近工廠如上風處有較高建物時，背風面會有負壓空腔產生，此時排放煙流會受到上風處負壓影響造成煙流無法沿著風向輸送；反之，煙囪下風處如有高建築物時亦有可能阻擋煙流擴散，導致廠區周邊受下洗煙流影響致污染物無法擴散，詳細情況如圖 3-2 所示。

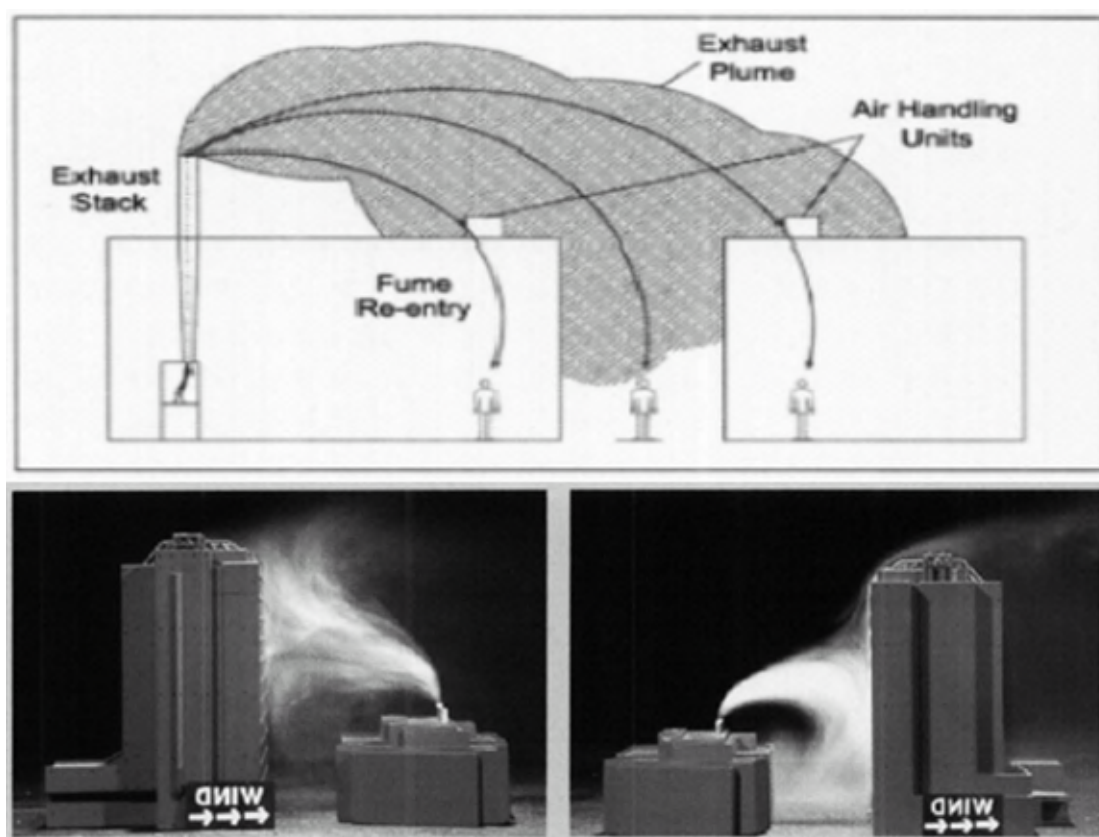


圖 3-2 煙囪受到鄰近建物影響煙流變化情況

本研究參考之數據，源自於「111-113 新竹科學園區周界異味污染源調查計畫」園區周界空氣污染物分析結果，該計畫研究調查發現龍潭園區某面板廠排放管道，其 RTO 焚化處理設備的排氣會有定期高濃度短時間排放污染物，排放疑似可能原因是 RTO 燃燒溫度不

足或爐床設計體積過小導致污染物於爐體停留時間過於短暫，受限於停留時間不足造成燃燒不完全，導致排放管道檢測過程中有間歇性高污染物由管道中排放至大氣。故本研究選擇此化學物質進行高斯擴散模擬分析，本研究針對不同氣象條件進行假設，並計算在不同情境下模擬擴散對下風處居民之影響，若下風處污染物濃度較高代表污染物對周遭鄰近居民影響程度較高；反之，若下風處污染物濃度較低代表污染物對鄰近居民影響性較不顯著，其擴散結果分析將於第四章中探討。

3-2 高斯擴散模式基本參數假設

本研究蒐集「111-113 新竹科學園區周界異味污染源調查計畫」園區周界空氣污染物分析結果進行模擬分析，針對 RTO 焚化爐排放間歇性高值污染物進行高斯擴散模擬分析

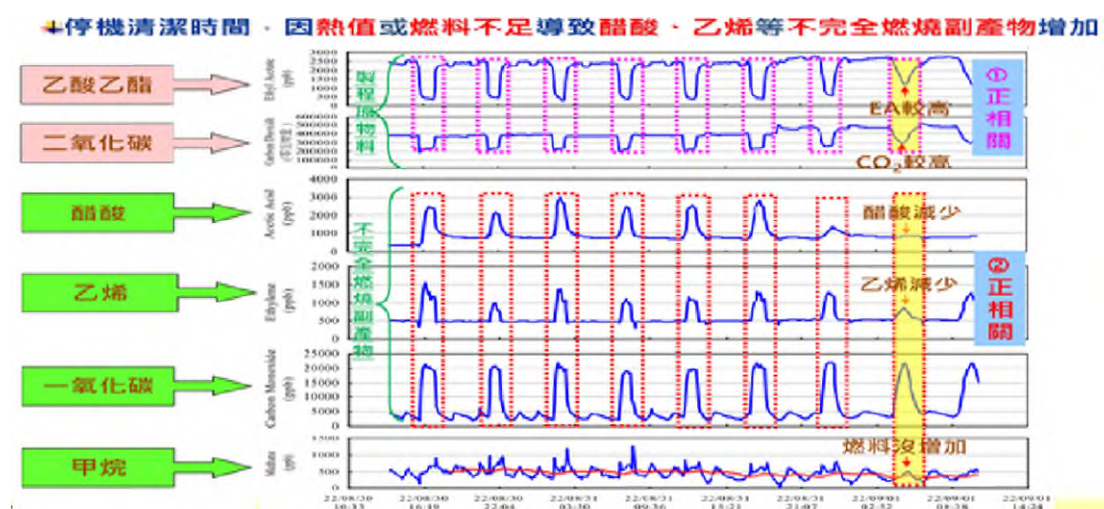


圖 3-3 龍潭某面板廠蓄熱式焚化爐連續監測變化情況

分析結果顯示由於 RTO 焚化爐排放間歇性排放高濃度乙酸乙酯以及醋酸等易被民眾聞到之異味，故下風處受體位置則是本研究關切之對象，由於污染物擴散受到風速與風向影響甚鉅，依圖表 3-1 大氣穩定度分級可分為 A~F 級，A 級屬於大氣穩定情況不利於污染物擴散；F 級屬於大氣不穩定情況有利於污染物擴散，並依據圖 3-4 及圖 3-5 可對應不同分級的大氣狀況對應 y 方向及 z 方向之擴散。

表 3-1 高斯擴散模式風速及大氣穩定度分級

10公尺處的 地面風速 (m/sec)	日			夜	
	入射的太陽輻射量			雲量覆蓋比例	
	強	中	弱	>4/8 ^b	≤4/8
<2	A	A-B	B		
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D ^c	D	D

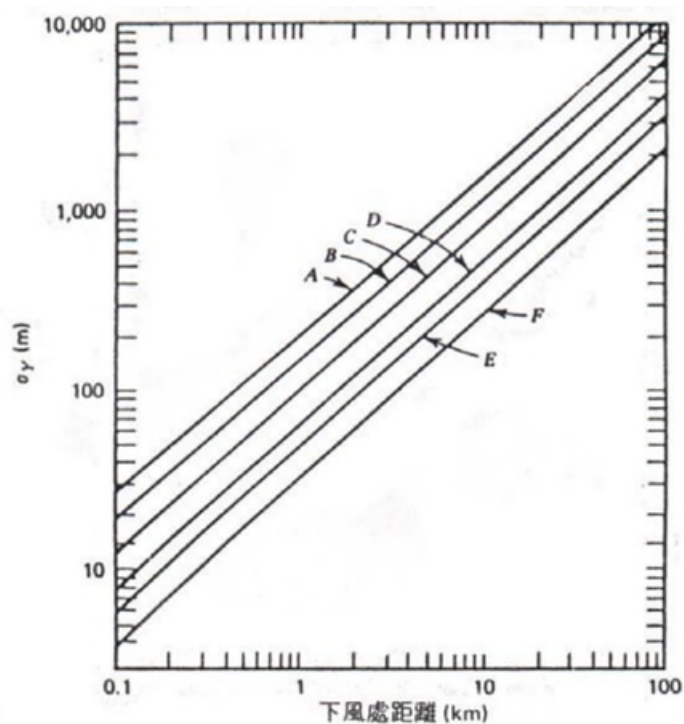


圖 3-4 水平擴散係數與排放源下風處距離的關係(Turner；1969)

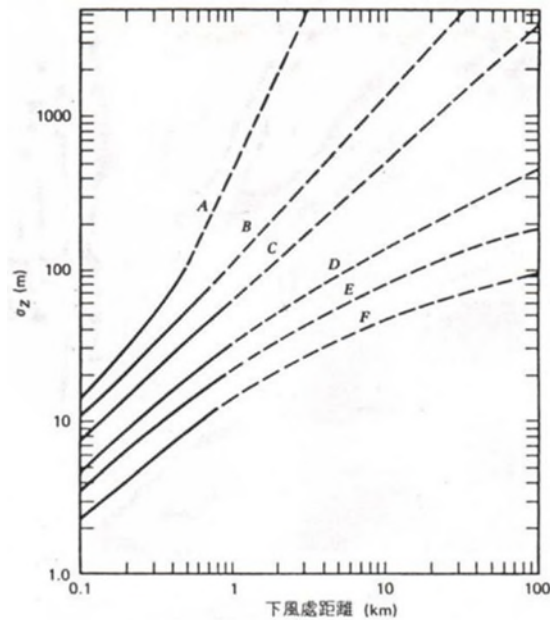


圖 3-5 垂直擴散係數與排放源下風處距離的關係(Turner；1969)

經過 A~F 分級帶入圖 3-3 及圖 3-4 後，可以分別獲得下風處 y 方向與 z 方向之大氣擴散距離，本研究考量科學園區廠商廠房均不高，廠房建築物大約 5~8 層樓，由於部分廠房樓層挑高，雖然樓層數不多但挑高後整體高度約 30 公尺至 40 公尺，故實際煙囪離地表大約 40 公尺至 50 公尺，與都市垃圾焚化爐或煉油廠動輒百米煙囪相比，龍潭科學園區煙囪高度實際上並不高，因而導致污染源擴散應不至於太遠，且依本局環保報案專線陳情紀錄分析，異味陳情多以龍潭園區周邊居民為主，故本研究考量實際情況與模式模擬適合之條件後，規劃以 200 公尺為一個單位，並以排放口下風處 1,000 公尺為污染物擴散邊界。

表 3-2 各級距之水平擴散係數與排放源下風處距離的關係

距離 分級	水平擴散係數與排放源下風處距離的關係 σ_y				
	200m	400m	600m	800m	1,000m
A 級	50	100	113	115	118
B 級	37	75	91	101	103
C 級	23	42	64	80	100
D 級	20	37	46	55	66
E 級	10	32	38	42	52
F 級	7	21	25	32	38

表-3-3 各級距之垂直擴散係數與排放源下風處距離的關係

距離 分級	垂直擴散係數與排放源下風處距離的關係 σ_z				
	200m	400m	600m	800m	1,000m
A 級	28	80	170	250	500
B 級	20	40	70	85	100
C 級	18	35	47	58	70
D 級	8	20	30	36	40
E 級	5	8	15	21	30
F 級	3	6	8	10	20

第四章 結果與討論

4-1 高斯擴散模式條件設定

本研究針對龍潭園區某面板廠 RTO 焚化爐排放管道 P101 污染物進行高斯擴散模式模擬分析，選擇模擬物種以醋酸及乙酸乙酯為主要模擬物種，選擇此兩種物種主要原因是因為調查結果顯示該 RTO 焚化爐有不正常排放之情況(表 4-1)，且乙酸乙酯具有指甲油味道，醋酸具有酸醋味道，較容易為民眾所辨別，故當民眾撥打環保報案專線描述陳情味到時，較容易鑑別污染物，主要假設條件如下：(1)該工廠空污許可證登載出口風量為 300CMM 至 833CMM；(2)防治設備 RTO 焚化爐 P001 管道直徑 1.68 公尺；(3)P001 管道換算後之廢棄出口速度為 2.25m/s 至 6.25m/s；(4)乙酸乙酯(分子量 88.11g/mole)最大檢測濃度為 25.1ppm 平均濃度為 8.15ppm 嗅覺閾值為 0.0056ppm(換算後相當於 $20\mu\text{g}/\text{m}^3$)，異味特徵為指甲油味道；(5)醋酸(分子量 60.05g/mole)最大檢測濃度為 11.3ppm 平均濃度為 1.05ppm 嗅覺閾值為 0.01ppm(換算後相當於 $20\mu\text{g}/\text{m}^3$)異味特徵為食用醋味道；(6)煙囪排放高度設定 40 公尺(廠房高度約 36 公尺；煙囪高度 4 公尺)；(7)水平風速初步設定為分別為 1m/s、2m/s、4m/s 及 8m/s 等模擬情境，針對連續操作焚化爐排放之瞬間高值進行擴散模擬。其結果可以發現大氣狀況呈現穩定情況時風速越慢(A 級及 B 級)下風處異味濃度越高，反之當大氣狀況呈現不穩定情況時風速越快(C 級至 F 級)下風處異味濃度越低，主要受到大氣作用中輸送與擴散作用之影響，因此園區周遭如能保持風場強烈能夠不要有靜風或無風的情況發生，適度的保持園區與民眾之距離，可以有效的使污染

物擴散，降低污染濃度減少異味發生。

表 4-1、龍潭某面板廠排放管道出口端 CC-FTIR 量測分析結果(111 年)

化合物	最大濃度(ppm)			平均濃度 (ppm)			最大異味強度 ^{註 1}			嗅覺 閾值 (ppm)	異味特徵
	111 年			111 年			111 年				
	RTO	水洗 塔	RTO	RTO	水洗塔	RTO	RTO	水洗塔	RTO		
	P101	P102	P105	P101	P102	P105	P101	P102	P105		
乙酸乙酯	25.1	0.48	2.76	8.15	0.36	2.06	4482	86	493	0.0056	指甲油味
乙酸正丁酯	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.0063	香蕉甜味
一氧化碳	29.4	--	21.82	0.97	--	6.85	--	--	--	--	無味
煤油	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.1	煤油味
甲烷	46.4	--	1.26	1.00	--	0.44	--	--	--	--	無味
二 甲 基 亞 砜 DMSO	20.5	--	--	0.08	--	--	--	--	--	--	--
醋酸	11.3	--	2.97	1.05	--	0.95	1130	--	297	0.01	食用醋味
一氧化氮	8.5	--	--	0.16	--	--	28	--	--	0.30	尖銳甜味
碳氫氟	4.9	--	--	0.07	--	--	--	--	--	--	刺鼻刺激
乙烯	3.2	--	1.52	0.43	0.60	--	--	--	--	17	甜味
乙炔	1.6	--	--	0.01	--	--	--	--	--	226	無味
甲酸	1.3	--	--	0.01	--	--	--	--	--	1.5	尖銳氣味
亞硝酸	0.9	--	--	0.01	--	--	--	--	--	--	--
乙醇	--	6.13	--	--	3.29	--	--	18	--	0.34	酒精味
甲醇	--	0.34	--	--	0.09	--	--	--	--	3.3	酒味
氨氣	--	0.10	--	--	0.01	--	--	--	--	1	嗆鼻味
丙烯酸丁酯	Det.	--	--	Det.	--	--	Det.	--	--		
Total	11	4	5	11	4	5	5640	104	790		

註¹：最大異味強度＝(最大量測濃度/嗅覺閾值)

4-2 模式模擬結果探討

本研究分析探討龍潭科學園區某面板廠 RTO 焚化爐 P001 排放管道異常濃度進行污染物排放擴散模擬，模擬結果選定醋酸與乙酸乙酯為污染物進行模擬分析，針對醋酸模擬結果顯示，醋酸由於檢測到的異常濃度較低，故無論距離下風處 200m、400m、600m、800m 及 1000m 範圍內之受體點均未超過文獻之嗅味閾值 ($25\mu\text{g}/\text{m}^3$)，即便在風速 1m/s 大氣相對穩定情況下(表 4-2)，模擬計算結果均小於醋酸嗅味閾值，另與本局對環保報案專線陳情人描述比較，民眾對於異味描述大多以臭味、燒焦味、溶劑味為主，描述酸味出現之頻率趨近於零，醋酸模擬分析結果在風速 2m/s(表 4-4)、4m/s(表 4-6)及 8m/s(表 4-8)等情況下，模擬濃度更低，此代表即便廠商設備異常造成短時間高濃度污染物排放，亦不會超過嗅味閾值，影響下風處居民造成不適。

另針對乙酸乙酯模擬結果分析，乙酸乙酯由於檢測到的異常濃度較高約 25.1ppm，故在水平風速於低風速 $<2\text{m/s}$ 情況下(表 4-3 及表 4-5)無論距離下風處 200m、400m、600m、800m 及 1000m 範圍內均模擬擬出超出嗅味閾值之濃度(超過文獻所列閾值 $20\mu\text{g}/\text{m}^3$)，故當廠商有設備異常情況發生時，亦有可能被民眾所聞到進而接獲民眾陳情，另與本局對環保報案專線陳情人描述比較，民眾對於異味描述大多以臭味、燒焦味、溶劑味為主，其中描述溶劑味亦有可能是乙酸乙酯所造成，乙酸乙酯模擬分析結果在風速較高情況下 4m/s(表 4-7)及 8m/s(表 4-9)，模擬濃度則不會超出嗅味閾值，因此廠商若操作過程中設備異常造成污染物排放，應特別注意風速與風向變化情況，應盡早提醒下風處居民做好因應措施，例如待在家裡緊

閉門窗減少外出、周邊居民盡量疏散、減少廠方外包商人員再進入園區等，都是可行的降低異常情況排放的因應對策。

另外，本次模擬在乙酸乙酯 1m/s 風速狀況下(表 4-3) 乙酸乙酯模擬濃度最高值為 $62.28\mu\text{g}/\text{m}^3$ (C 級穩定，下風處 400m)，與該物質嗅味閾值 $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ 比較，A 級穩定情況下，下風處 400m 測得濃度為 $20.32\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，B 級穩定情況下、下風處 600m 測得濃度為 $24.60\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、C 級穩定情況下、下風處 1,000m 測得濃度為 $22.36\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，數據分析上述距離測值可發現該部分測值僅稍微超出嗅味閾值。另與乙酸乙酯 2m/s 風速狀況下(表 4-5)比較，酸乙酯模擬濃度最高值為 $32.64\mu\text{g}/\text{m}^3$ (C 級穩定，下風處 400m)，A 級穩定情況下，下風處 400m 測得濃度為 $10.16\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，B 級穩定情況下、下風處 600m 測得濃度為 $0.10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、C 級穩定情況下、下風處 1,000m 測得濃度為 $0.08\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，可發現未來廠商如有異常情況發生時，可利用高斯擴散模式模擬擴散結果，並參考異常發生時之風速、大氣穩定程度及下風處濃度劃設預警網，適度提醒範圍內有可能受到影響的民眾進行防護措施，除可減少災害發生影響範圍外亦可提供救災單位及受災廠商參考判斷有效資源投入妥善分配救災能量。

表 4-2 醋酸排放與下風處污染物濃度之關係(風速 1m/s)

距離 分級	醋酸 分子量 60.05g/mole 嗅味閾值 25 μ g/m ³				
	200m	400m	600m	800m	1,000m
A 級	0.352	0.16	0.08	0.04	0.02
B 級	0.252	0.28	0.20	0.16	0.12
C 級	0.028	0.48	0.32	0.24	0.16
D 級	3.22*10 ⁻⁵	0.24	0.40	0.36	0.32
E 級	3.50*10 ⁻¹³	2.01*10 ⁻⁵	0.08	0.24	0.36
F 級	1.64*10 ⁻³⁷	2.45*10 ⁻⁹	2.57*10 ⁻⁵	1.15*10 ⁻³	0.24

表 4-3 乙酸乙酯排放與下風處污染物濃度之關係(風速 1m/s)

距離 分級	乙酸乙酯 分子量 88.11g/mole 嗅味閾值 20 μ g/m ³				
	200m	400m	600m	800m	1,000m
A 級	47.44	20.32	4.66	6.32	1.54
B 級	33.72	37.28	24.60	19.2	16.52
C 級	37.68	65.28	42.64	31.32	22.36
D 級	4.28*10 ⁻³	33.60	54.92	50.20	42.36
E 級	4.64*10 ⁻¹¹	2.68*10 ⁻³	9.24	34.12	48.56
F 級	2.06*10 ⁻³⁵	3.27*10 ⁻⁷	3.40	0.20	32.80

表 4-4 醋酸排放與下風處污染物濃度之關係(風速 2m/s)

距離 分級	醋酸 分子量 60.05g/mole 嗅味閾值 25 μ g/m ³				
	200m	400m	600m	800m	1,000m
A 級	0.176	0.08	0.04	0.02	0.01
B 級	0.126	0.14	0.10	0.08	0.06
C 級	0.014	0.24	0.16	0.12	0.08
D 級	1.61*10 ⁻⁵	0.12	0.20	0.18	0.16
E 級	1.75*10 ⁻¹³	1.01*10 ⁻⁵	0.04	0.12	0.18
F 級	8.18*10 ⁻³⁸	1.22*10 ⁻⁹	1.29*10 ⁻⁵	7.24*10 ⁻⁴	0.12

表 4-5 乙酸乙酯排放與下風處污染物濃度之關係(風速 2m/s)

距離 分級	乙酸乙酯 分子量 88.11g/mole 嗅味閾值 20 μ g/m ³				
	200m	400m	600m	800m	1,000m
A 級	23.72	10.16	4.66	3.16	1.54
B 級	16.86	18.64	12.30	9.60	8.26
C 級	18.84	32.64	21.32	15.66	11.18
D 級	2.14*10 ⁻³	16.08	27.46	25.10	21.18
E 級	2.32*10 ⁻¹¹	1.34*10 ⁻³	4.62	8.53	24.28
F 級	1.03*10 ⁻³⁵	1.63*10 ⁻⁷	1.70	0.05	16.40

表 4-6 醋酸排放與下風處污染物濃度之關係(風速 4m/s)

距離 分級	醋酸 分子量 60.05g/mole 嗅味閾值 25 μ g/m ³				
	200m	400m	600m	800m	1,000m
A 級	0.088	0.04	0.02	0.01	5.83*10 ⁻³
B 級	0.063	0.07	0.05	0.04	0.03
C 級	0.007	0.12	0.08	0.06	0.04
D 級	8.04*10 ⁻⁶	0.06	0.10	0.09	0.08
E 級	8.75*10 ⁻¹⁴	5.03*10 ⁻⁶	0.02	0.06	0.09
F 級	4.09*10 ⁻³⁸	6.12*10 ⁻¹⁰	6.43*10 ⁻⁶	3.62*10 ⁻⁴	0.06

表 4-7 乙酸乙酯排放與下風處污染物濃度之關係(風速 4m/s)

距離 分級	乙酸乙酯 分子量 88.11g/mole 嗅味閾值 20 μ g/m ³				
	200m	400m	600m	800m	1,000m
A 級	11.86	5.08	2.33	1.58	0.77
B 級	8.43	9.32	6.15	4.80	4.13
C 級	9.42	16.32	10.66	7.83	5.59
D 級	1.07*10 ⁻³	8.40	13.73	12.55	10.59
E 級	1.16*10 ⁻¹¹	6.71*10 ⁻⁴	2.31	8.53	12.14
F 級	5.16*10 ⁻³⁶	8.17*10 ⁻⁸	8.51*10 ⁻¹	0.05	8.20

表 4-8 醋酸排放與下風處污染物濃度之關係(風速 8m/s)

距離 分級	醋酸 分子量 60.05g/mole 嗅味閾值 25 μ g/m ³				
	200m	400m	600m	800m	1,000m
A 級	0.044	0.02	0.01	0.01	2.92*10 ⁻³
B 級	0.032	0.04	0.03	0.02	0.02
C 級	0.004	0.06	0.04	0.03	0.02
D 級	4.02*10 ⁻⁶	0.03	0.05	0.05	0.04
E 級	4.36*10 ⁻¹⁴	2.51*10 ⁻⁶	0.01	0.03	0.05
F 級	2.05*10 ⁻³⁸	3.06*10 ⁻¹⁰	3.22*10 ⁻⁶	1.81*10 ⁻⁴	0.03

表 4-9 乙酸乙酯排放與下風處污染物濃度之關係(風速 8m/s)

距離 分級	乙酸乙酯 分子量 88.11g/mole 嗅味閾值 20 μ g/m ³				
	200m	400m	600m	800m	1,000m
A 級	5.93	2.54	1.17	0.79	0.39
B 級	4.22	4.66	3.08	2.40	2.07
C 級	4.71	8.16	5.33	3.92	2.80
D 級	5.35*10 ⁻⁴	4.20	6.87	6.28	5.30
E 級	5.80*10 ⁻¹²	3.36*10 ⁻⁴	1.16	4.27	6.07
F 級	2.58*10 ⁻³⁶	4.09*10 ⁻⁸	4.26*10 ⁻¹	0.03	4.10

第五章 結論與建議

5-1 結論

(1) 龍潭園區常見異味物質

本次研究主要參考「111-113 新竹科學園區周界異味污染源調查計畫」分析數據調查而來，根據文獻中周界分析結果顯示，龍潭園區經常性測得的化合物有乙酸乙酯、醋酸、甲烷、二甲基亞楓、一氧化氮等數種化合物，氣體可大致歸納為製程氣體、燃燒副產物及有機溶劑等三大類。其中民眾報案陳情常見描述味道有指甲油味、酸味、刺鼻/刺激味等，經分析報案資料分析異味好發時段大多介於 5-9 月。

(2) 龍潭園區模式模擬影響範圍

針對廠商設備異常排放之醋酸與乙酸乙酯進行高斯擴散模式模擬後，模擬結果顯示醋酸無論在各種風速條件下及各種大氣穩定程度狀況下均無超過醋酸嗅味閾值 $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，雖然醋酸嗅味閾值低且異味特徵明顯容易被陳情民眾所鑑別，與環保報案專線陳情異味特徵描述相比大致相符，未有民眾反映酸味問題。

有關乙酸乙酯分析經高斯擴散模式模擬後，模擬結果顯示最大模擬濃度在 1m/s 風速(表 4-3)濃度最高值為 $62.28\mu\text{g}/\text{m}^3$ (C 級穩定，下風處 400m)及 2m/s 風速狀況下(表 4-5)濃度最高值為 $32.64\mu\text{g}/\text{m}^3$ (C 級穩定，下風處 400m)，模擬結果顯示 1m/s 及 2m/s 風速形況下部分區域濃度會超過嗅味閾值 $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，故極有可能被民眾陳情，在與本局環保報案專線比較，乙酸乙酯雖然不似醋酸有強烈刺鼻味，但類似指甲油的特殊異味在陳情民眾所報

案描述中溶劑味易相當反應出該乙酸乙酯存在，故可判定分析結果應該與陳情民眾所描述大致相符。

最後比較乙酸乙酯濃度擴散變化，分析後發現乙酸乙酯 A 級穩風處 400m、B 級穩定下風處 600m、C 級穩定下風處 1,000m，風速 1m/s 提升至 2m/s 時模擬濃度可下降至嗅味閥值附近，此結果可有利於未來監測預警網之劃設，未來廠商或主管機關，可利用高斯擴散模式模擬擴散簡易、可快速計算之優點，於平時建立好各種大氣狀況下濃度變化趨勢，事先規劃好警戒範圍，一旦設備異常排放時可依據當時之風速、大氣穩定程度及下風處影響範圍，適度提醒可能受到影響之民眾進行防護措施。

5-2 建議

本研究嘗試選用龍潭園區某面板廠 RTO 焚化爐 P001 管道排放異常測值進行高斯擴散模擬，針對異味改善提出以下建議：

- (1) 廠商防治設備定期檢視：廠商可定期檢視防治設備效率，建議可以定期針對每套防制設備進行連續 24 小時入口及出口污染物濃度變化量測，藉此可了解生產過程中每一批產品於製成循環過程中污染物排放變化情況，同時可以藉由排放污染物變化狀態，了解製程中可能存在問題及防治設配運轉效率。
- (2) 有關園區設置地點之選擇：高斯擴散模式模擬結果發現，大氣如呈現越不穩定情況(風速越高)，越有可能使污染物擴散越遠，下風處濃度將會更低，越不易有異味產生，故未來園區選擇設置地點可考慮設立於山頂或海邊，有利於污染物排

放。

- (3) 工廠排放管道盡量保持距離避免加乘效應產生：工廠管道間隔或工廠與工廠之間建議保持適當距離，避免污染物排放加乘效應產生，造成無法擴散情況產生。
- (4) 煙囪高度盡量提升有利污染源擴散：傳統焚化爐、煉油廠燃燒塔煙囪動輒百米，高煙囪高風速有利污染物擴散，且可以避免地面建築物因建物相互影響造成下風處負壓造成污染物下洗情況產生。
- (5) 適度與民眾保持緩衝綠帶間距：模式模擬結果顯示當低風速情況下，距離污染源 300m 範圍內亦會受到影響，故適度保持緩衝距離，可降低異味被民眾聞到陳情之機率，然而模式僅假設平坦空曠地區設計模擬，對於龍潭園區有落山風形況產生之園區，緩衝綠帶更應拉長。

參考文獻

1. 新竹科學園區管理局網站(<https://www.sipa.gov.tw>)，111。
2. 國家科學及技術委員會網頁(<https://most.gov.tw/>)，111年。
3. 行政院環境保護署網站(<https://www.epa.gov.tw/>)，111年。
4. 國家科學及技術委員會新竹科學園區管理局，「新竹科學園區環境品質智慧看格建置及維運計畫111年成果報告」，民國111年。
5. 光宇學校財團法人元培醫事科技大學，「111-113新竹科學園區周界異味污染源調查計畫」111年工作進度報告，民國111年。
6. 國立交通大學劉沁瑋，「新竹科學工業園區空氣染物排放總量推估及ISCST3擴散模式應用」，民國91年。
7. 張書豪、張木彬，「科學園區空氣污染排放特性之探討」民國90年。
8. 新竹縣環境保護局，「新竹工業區高科技工業空氣品質稽查管制計畫」，民國91年。