

目錄

目錄.....	I
表目錄.....	III
圖目錄.....	V
壹、前言.....	1
一、背景.....	1
二、雲林縣人文地理環境資料.....	2
三、沿海地區之環境與工業概況.....	15
四、國內外相關研究回顧之文獻探討.....	23
五、雲林縣空氣品質狀況.....	26
貳、研究目標與方法.....	31
一、整體研究目標.....	31
二、研究方法.....	32
1. 文獻回顧.....	32
2. 彙整環境污染物監測資料.....	32
3. 收集居民健康資料.....	32
4. 進行環境暴露與健康效應之相關性分析.....	33
5. 規劃未來的社區居民流行病學調查工作事項.....	45
參、結果與討論.....	46
一、文獻回顧.....	46
1. 石化工業區環境及監測相關文獻.....	46
2. 石化工業區附近居民健康效應相關文獻.....	59
二、環境資料分析.....	89
1. 雲林地區空品測站資料分析.....	89
2. 台西光化學測站資料分析.....	99
3. 氣象資料分析.....	110
4. 空品測站資料與環評報告之比較.....	129
5. 地下水資料蒐集.....	130
三、居民健康資料蒐集.....	140
1. 本計畫彙整之健康與人口統計資料.....	140
2. 雲林縣人口學資料.....	140
四、環境暴露與健康效應之相關性分析.....	149
1. 死因資料分析結果.....	149
2. 癌症登記資料分析結果.....	155
3. 台西與崙背空氣品質監測站周邊鄉鎮居民-健保門診及住院與各空氣污 染物關係之分析結果.....	159
4. 台西與崙背空氣品質監測站周邊鄉鎮居民-死亡與各空氣污 染物關係之 分析結果.....	160

5. 台西光化測站周邊鄉鎮居民-死亡與 VOC 關係之分析結果.....	161
6. 揮發性有機物質濃度對居民之健康風險.....	162
7. 未監測之 air toxics.....	165
8. 研究限制.....	170
五、 未來環境流行病學規劃.....	175
肆、 結論與建議.....	180
五、 參考文獻.....	183
附錄一 六輕工業區周邊鄉鎮居民之死因資料分析結果.....	A-1
附錄二 六輕工業區周邊鄉鎮居民之癌症登記資料分析結果.....	A-188
附錄三 台西與崙背空氣品質監測站周邊鄉鎮居民的死亡、健保門診及住院與各 空氣污染物關係之分析結果.....	A-303
附錄四 台西站 TVOC 濃度>200ppb 之日期 (單位：ppb).....	A-389
附錄五 第一次工作進度報告省查意見.....	A-390
附錄六 期中報告省查意見.....	A-395
附錄七 期末報告省查意見	A-400

表目錄

表 1 雲林縣主要河川水文概況.....	6
表 2 雲林縣 2009 年 1 月份人口數.....	7
表 3 雲林縣重要交通動脈表.....	9
表 4 六輕工業區各廠之時間切割表.....	17
表 5 雲林地區空氣品質監測站資訊.....	21
表 6 台塑六輕石化廠及其周邊居民現況基本資料.....	25
表 7 光化測站所監測之 56 種揮發性有機物(VOC)	29
表 8 本計畫分析之主要死因與其 ICD-9 代碼	33
表 9 世界衛生組織之 2000-2025 年世界標準人口	36
表 10 本計畫所選擇之對照區與對照區鄉鎮.....	38
表 11 本計畫分析之主要癌症與其 ICD-O-FT 代碼.....	39
表 12 國內石化工業區環境資料相關碩博士論文.....	48
表 13 國內石化工業區環境相關報告.....	50
表 14 國內環境監測相關文獻.....	52
表 15 國外環境監測相關文獻.....	54
表 16 國內石化廠健康效應的相關碩博士論文及相關計畫.....	62
表 17 國內石化廠健康效應的相關計畫.....	67
表 18 石化工業區附近居民健康效應相關文獻-國外白血病	69
表 19 石化工業區附近居民健康效應相關文獻-國內白血病	70
表 20 石化工業區附近居民健康效應相關文獻-國外新生兒的出生、性別情形	72
表 21 石化工業區附近居民健康效應相關文獻-國內新生兒的出生、性別情形	73
表 22 石化工業區附近居民健康效應相關文獻-國內呼吸道症狀及疾病	74
表 23 石化工業區附近居民健康效應相關文獻-國內癌症死亡	76
表 24 石化工業區附近居民健康效應相關文獻-國外癌症死亡	78
表 25 石化工業區附近居民健康效應相關文獻-國內婦女懷孕週數	79
表 26 石化工業區附近居民健康效應相關文獻-其他疾病	80
表 27 石化工業區工人健康文獻-婦女懷孕	81
表 28 石化工業區工人健康文獻-癌症	83
表 29 石化工業區工人健康文獻-全死亡率	85
表 30 石化工業區工人健康文獻-其他	87
表 31 台西光化測站 2007 年 3 月至 2008 年 4 月總揮發性有機碳氫化合物(TVOC) 與烷類(alkane)每小時濃度(ppb)值之敘述性統計 (N=9695 小時).....	101
表 32 台西光化測站 - 2007 年 3 月至 2008 年 4 月烯類(alkene)每小時濃度(ppb) 值之敘述性統計(N=9695 小時).....	102
表 33 台西光化測站- 2007 年 3 月至 2008 年 4 月芳香族(aromatic)每小時濃度(ppb) 值之敘述性統計(N=9695 小時).....	103
表 34 台西光化測站 - 2007 年 3 月至 2008 年 4 月總揮發性有機碳氫化合物	

(TVOC),烷類(alkanes),烯類(alkenes)及芳香族(aromatics)每小時濃度(ppb)值之敘述性統計.....	104
表 35 台西光化測站 – 2007 年 3 月至 2008 年 4 月烷類(alkanes),烯類(alkenes)及芳香族(aromatics)每小時濃度值佔總揮發性有機碳氫化合物(TVOC)比例之敘述性統計.....	105
表 36 台西光化測站 – 2007 年 3 月至 2008 年 4 月各碳數揮發性有機物(VOC)每小時濃度值(ppb)之敘述性統計.....	106
表 37 台西光化測站 – 2007 年 3 月至 2008 年 4 月各碳數揮發性有機物(VOC)每小時濃度值佔總揮發性有機碳氫化合物(TVOC)比例之敘述性統計.....	108
表 38 以台西與崙背空品測站每小時風向資料，分析工業區附近居民一年中位居工業區下風處之時數(hour)與其比例.....	114
表 39 以台西空品測站每小時風向資料，分析工業區附近居民一年中各個月份位居工業區下風處之時數(hour)與其比例.....	115
表 40 以崙背空品測站每小時風向資料，分析工業區附近居民一年中各個月份位居工業區下風處之時數(hour)與其比例.....	119
表 41 台西國小及麥寮國小地下水監測資料(2000 年至 2008 年).....	132
表 42 明倫國小及大同國小地下水監測資料(2000 年至 2008 年).....	133
表 43 六輕工業區周邊鄉鎮之人口數與各年齡層之比例.....	144
表 44 2006 年(民國 95 年)，雲林縣各鄉鎮市人口密度、增加率、死亡率.....	146
表 45 2006 年(民國 95 年)底，雲林縣滿 15 歲以上現住人口之教育程度—按鄉鎮市別分.....	147
表 46 揮發性有機物質之風險參數.....	162
表 47 台西站揮發性有機物(VOC)平均濃度(單位：ppb)及慢性健康風險.....	164
表 48 台西站苯的致癌風險.....	164
表 49 六輕工業區原料物種清單.....	165
表 50 六輕工業區產物物種清單.....	167
表 51 國外學者於石化廠附近進行監測之揮發性有機物濃度(Cetin et al., 2003).....	172
表 52 國內學者 1997-1999 於高雄大社工石化工業區環境監測所採集到 39 種揮發性有機物 (in ppb)(Chan et al., 2006).....	173
表 53 未被光化測站監測之揮發性有機化合物之風險係數.....	174
表 54 鎳、釩及砷所造成之健康危害.....	175

圖目錄

圖 1 雲林縣地圖.....	2
圖 2 雲林縣河川及水位測站分布圖.....	5
圖 3 雲林縣土地使用現況分布圖.....	8
圖 4 雲林縣交通運輸圖.....	10
圖 5 雲林縣工業區分布圖.....	14
圖 6 雲林縣各項工業分布圖.....	15
圖 7 雲林地區台西、崙背及斗六三測站對於六輕工業區之相對地理位置圖.....	22
圖 8 雲林縣台西站 1993-2006 年臭氧(O ₃)平均值之變化	26
圖 9 雲林縣台西站 1993-2006 年 PM ₁₀ 平均值之變化	26
圖 10 雲林縣台西站 1993-2006 年二氧化硫(SO ₂)平均值之變化	27
圖 11 雲林縣台西站 1993-2006 年一氧化碳(CO)平均值之變化	27
圖 12 雲林縣台西站 1993-2006 年氮氧化物(NO _x)平均值之變化.....	28
圖 13 台西站 2007 年乙烷(左圖)與丙烷(右圖)月平均濃度分佈圖	30
圖 14 台西站 2007 年丙烯(左圖)與異戊二烯(右圖)月平均濃度分佈圖	30
圖 15 台西站 2007 年苯(左圖)與甲苯(右圖)月平均濃度分佈圖	30
圖 16 六輕工業區周邊鄉鎮位置圖.....	37
圖 17 台西與崙背空氣品質監測站周邊 10 公里鄉鎮位置圖.....	43
圖 18 雲林地區斗六、崙背及台西三測站一氧化碳(CO)年平均值變化	90
圖 19 雲林地區斗六、崙背及台西三測站氮氧化物(NO _x)年平均值變化	90
圖 20 雲林地區斗六、崙背及台西三測站臭氧(O ₃)年平均值變化.....	91
圖 21 雲林地區斗六、崙背及台西三測站懸浮微粒(PM ₁₀)年平均值變化	91
圖 22 雲林地區斗六、崙背及台西三測站二氧化硫(SO ₂)年平均值變化	92
圖 23 雲林地區斗六、崙背及台西 1993-2007 年一氧化碳(CO)月平均值變化...93	
圖 24 雲林地區斗六、崙背及台西 1993-2007 年氮氧化物 (NO _x)月平均值變化	93
圖 25 雲林地區斗六、崙背及台西 1993-2007 年臭氧(O ₃)月平均值變化	94
圖 26 雲林地區斗六、崙背及台西 1993-2007 年懸浮微粒(PM ₁₀)月平均值變化	94
圖 27 雲林地區斗六、崙背及台西 1993-2007 年二氧化硫(SO ₂)月平均值變化	95
圖 28 雲林地區斗六、崙背及台西 1993-2007 年一氧化碳(CO)小時平均值變化	96
圖 29 雲林地區斗六、崙背及台西 1993-2007 年氮氧化物(NO _x)小時平均值變化	97
圖 30 雲林地區斗六、崙背及台西 1993-2007 年臭氧(O ₃)小時平均值變化	97
圖 31 雲林地區斗六、崙背及台西 1993-2007 年懸浮微粒(PM ₁₀)小時平均值變化	98
圖 32 雲林地區斗六、崙背及台西 1993-2007 年二氧化硫(SO ₂)小時平均值變化	98

圖 33 台西站 2007 年 3 月至 2008 年 4 月揮發性有機物質濃度百分比.....	99
圖 34 雲林台西光化站 2007 年 3 月至 2008 年 4 月揮發性有機物質月平均濃度	100
圖 35 台西站一年間(2007 年 4 月至 2008 年 3 月)風玫瑰圖	111
圖 36 雲林台西光化測站 2007 年 3 月至 2008 年 4 月總揮發性有機碳氫化合物 (TVOC)濃度與風向關係圖	123
圖 37 高濃度事件(TVOC conc.>200ppb)期間(2007 年 5 月 7-15 日)逐時濃度分佈 圖.....	124
圖 38 雲林縣台西測站 2007 年各月份之風向小時變化.....	125
圖 39 雲林縣台西測站 2007 年各月份之風速小時變化.....	125
圖 40 雲林地區台西測站 1993 年 9 月至 2007 年 12 月溫度與相對濕度圖.....	127
圖 41 雲林地區台西測站 1993 年 9 月至 2007 年 12 月累積雨量圖.....	128
圖 42 六輕工業區鄰近之地下水監測站位置圖.....	131
圖 43 雲林縣台西國小 2000 年至 2008 年地下水監測站總溶解固體物及總硬度之 變化.....	135
圖 44 雲林縣台西國小 2000 年至 2008 年地下水監測站氨氮及硝酸鹽氮之變化	135
圖 45 雲林縣麥寮國小 2000 年至 2008 年地下水監測站總溶解固體物及總硬度之 變化.....	136
圖 46 雲林縣麥寮國小 2000 年至 2008 年地下水監測站氨氮及硝酸鹽氮之變化	136
圖 47 雲林縣大同國小 2000 年至 2008 年地下水監測站總溶解固體物及總硬度之 變化.....	137
圖 48 雲林縣大同國小 2000 年至 2008 年地下水監測站氨氮及硝酸鹽氮之變化	137
圖 49 雲林縣橋頭國小 2000 年至 2008 年地下水監測站總溶解固體物及總硬度之 變化.....	138
圖 50 雲林縣橋頭國小 2000 年至 2008 年地下水監測站氨氮及硝酸鹽氮之變化	138
圖 51 雲林縣台西國小、大同國小、麥寮國小及橋頭國小 2001 年至 2008 年地下 水監測站總有機碳之濃度變化.....	139
圖 52 六輕工業區周邊鄉鎮，各年齡層人口數變化情形, 1980-2006	142
圖 53 雲林台西光化測站資料之急性健康危害指數(HIa).....	163

壹、前言

一、背景

台塑企業鑑於國內石化基本原料長期以來嚴重供應不足，導致石化業中下游的發展受到限制，為紓解原料短缺之困境，乃提出六輕計劃，六輕即中華民國第六套輕油裂解廠，於 1986 年獲政府核准興建，使雲林縣麥寮鄉成為中南部地區的石化工業重鎮 (FPCC, 2007)。

石化工業區所造成的環境污染與對其附近居民健康的可能影響，一直以來是民眾所關心的議題，國內外研究的結果顯示石化工業區可能增高其周遭環境的揮發性有機化合物濃度，而且工業區所產生的污染物質可能與其附近居民的癌症、呼吸道疾病、異常出生結果等健康效應有關，但結果尚無定論。

六輕工業區排放的物質對其周界空氣品質與對其附近居民健康的可能影響，尚未被充分了解，故需做深入且整體的探討，包括：完整地收集與分析既有的環境暴露與居民健康狀況資料、進行先期的健康效應評估與可行性研究，進而規劃未來進行居民健康風險評估之研究設計與工作內容，以確保沿海地區之環境品質與居民健康。此研究所指沿海地區為六輕工業區之鄰近鄉鎮，此外，本計畫亦以風向來界定各鄉鎮處於上風或下風的位置。

二、 雲林縣人文地理環境資料

關於雲林縣的人文地理資料，我們透過環境區域、自然環境與人文環境三個方面來說明，首先介紹環境區位。

1. 環境區位

(1)地理區位

雲林位在台灣西方的中南部，在嘉南平原最北端。東邊是南投縣，西臨台灣海峽，南邊隔著北港溪與嘉義縣為鄰，北邊沿著濁水溪和彰化縣接壤。東西最寬的地方有五十公里，南北最長的地方有三十八公里，全縣面積總計一千二百九十點八三五一平方公里。其中十分之九為平原，十分之一為山地，屬亞熱帶型氣候，年均溫攝氏 22.6 度，年均雨量 1028.9 毫米。雲林縣全部有二十個鄉鎮市，除斗六市、古坑鄉及林內鄉靠近山地，地勢較高外，其餘十七鄉鎮均屬平原地區。人口約有七十二萬三千人。(資料來源：雲林縣政府全球資訊網)



(來源：雲林縣政府全球資訊網)

圖 1 雲林縣地圖

(2)發展沿革

早期的先住民，是屬於馬來族系之番人居住。由於雲林位於台灣最西端，離澎湖最近，人民由澎湖移居至本島，為西海岸為最早及最容易。約在一千八百年（宗道乾七年）以前，在北港（毗舍耶）一帶即與中國大陸有所接觸。至明初，空氣污染對沿海地區環境及居民健康影響

更有國人移往雲林及與番人通商之跡象。明天啟元年（民國前二九一年，西元 1621 年）顏思齊自日本渡海來台，鄭芝龍隨後跟之，於雲林西海岸即當時之笨港登陸，以原十寨為根據地，而向四周發展。荷人據台長達三十七年，曾全力獎勵漢人移往，開拓疆土，創設教堂。永曆十五年(西元 1662 年)，鄭成功將荷蘭人全部驅逐出境，建立政制，實施兵農合一之屯田制。當時開拓的區域，以台南附近二十四厘為中心，再逐漸擴展。本地方為成功部將林圯率部，初拓斗六門，開墾拓佃，而以軍旅屯田為主，拓佃開墾次之。清朝占領台灣後，於康熙二十三年(西元 1684 年)，改明鄭東寧府為台灣府，下置台灣、鳳山、諸羅三縣，而雲林縣是屬於諸羅縣管轄。光緒十年(西元 1884 年)，清廷任劉銘傳為首任台灣巡撫。光緒十二年(西元 1886 年)，劉銘傳建議於嘉義之北，彰化之南，自濁水溪始，石圭溪止，添設一縣曰雲林縣，並派陳世烈駐斗六，籌備建城，卜定沙連堡林圯埔街之外郊，雲林坪為建立縣城之位置。築土城，其寬六尺，設東西南北四門，周圍一千三百丈，環植蔴竹三層，於光緒十三年(西元 1887 年)二月完工。日據之初，雲林縣隸屬於台灣總督府台灣嘉義支廳轄下，後獨立設置斗六支廳。1945 年(民國 34 年)台灣光復，改設台南縣，於斗六、虎尾、北港三區分置區署佐治。1950 年(民國 39 年)本省行政區域重新劃分，於是成立雲林縣，設治於斗六。今日之雲林縣，在行政區域劃分上計轄斗六市與斗南、虎尾、西螺、土庫、北港等五鎮，及古坑、大埤、蔴桐、林內、二崙、崙背、麥寮、東勢、褒忠、台西、元長、四湖、湖口、水林等十四鄉。（資料來源：雲林縣綜合發展計畫）

2. 自然環境

(1)地形

雲林縣位於濁水溪下游的扇狀三角洲上，其廣大平原可以一望無際，為臺灣最平坦的地方之一。其地形輪廓為東西狹長，呈不規則之長方形狀，境內絕大部份為平坦之平原地形，佔全縣面積 87% 以上，只有斗六市、林內鄉為山地丘陵，而古坑鄉則介於山地丘陵與中高海拔之地形。依地勢而言，東部為中央山脈玉山山系向西逐漸趨於平坦，東側古坑鄉之山地為最高地區，海拔約 1770 公尺。雲

林縣之地形可區分為濱海、平原、山坡丘陵、高山等四大類型。

(2)地質、土壤

全縣的地質，靠近山區屬砂土、礫土，平原地區是屬壤土、壤質砂土、植土、砂質壤土等，沿海地區是屬砂質壤土、砂土、重鹹地等。雲林縣在早期是個缺乏灌溉的地方，所以只出產蕃薯、豆類、甘蔗。直至嘉南大圳之完成後，後來則成為台灣重要之甘蔗產地。臺糖鐵路密佈，糖廠林立，以虎尾鎮之糖廠較為有名，為台灣三大糖廠之一。雲林縣的沿海地帶，不但海風強，除鹽水外，食用之淡水則較難得到，且土地貧瘠，不適於耕種。然而近年來政府開發其沿海區的地下水源，並致力於將鹽地淡化轉變為良田，同時進行開發海埔新生地，向臺灣海峽的海灘擴展中，未來將興建成工業發展區。

(3)氣候

雲林縣位於台灣西南部平原區，其氣候受緯度與暖流影響，屬亞熱帶氣候區，氣候溫暖，一年中每候平均溫度在攝氏 22 度以上者高達 220 天，冬季甚短。雲林縣年平均氣溫約在 22.86℃ 左右，終年氣溫溫和，四季變化小，就全縣氣溫變化週期而言，三至四月氣溫逐漸上升至 20℃ 以上，最高溫為七、八月份的 30℃ 或更高氣溫。十至十一月氣溫逐漸下降，至十二月降到 20℃ 以下，而最高最低溫差以一月份出現較多。以地區而言，濱海平原地區氣溫變化較小，山坡丘陵地區氣溫變化較大，尤以日夜溫差為顯著。就以地形地勢而言，南北氣候差異較小，東西之差異較大。雲林縣之氣候區可劃分為三段：為 1.山地丘陵區，東側之斗六、古坑、林內三鄉屬之，特徵為雨量多，風害旱災極少；2.平原區域，中部之斗南、大埤、莿桐、西螺、二崙、虎尾、土庫等鄉鎮屬之；3.沿海區域，西側之台西、麥寮、四湖、口湖、水林、東勢、褒忠、崙背、元長、北港等鄉鎮屬之，特徵為雨量較少，冬季乾燥、旱災頻率較高、且冬季季風強烈，暴風日多，時帶鹽份，農作發展頗受影響。雲林縣全縣年平均降雨量約在 1028.9 公厘左右，降雨期以五至九月較豐沛，約佔全年百分之 65%，每年十至一月則為乾旱期，月平均降雨量約 30 公厘以下。以地區言，山地丘陵地之降雨量較多，而雨量隨地勢減緩而漸次下降。

(4)水文、礦業與能源

雲林縣之水系分佈如下圖所示，主要以濁水溪與北港溪為主要河川，濁水溪橫互雲林縣北面與彰化縣為界，為台灣境內最長之河川，全長 186.4 公里，亦為雲林縣之重要農業灌溉水源之一。濁水溪流量豐枯懸殊，含砂量甚大，枯水期水量經上游灌溉取水後，已幾無地表餘水可用，故雲林縣自來水每日用水28萬噸，長期以來均使用地下水，造成濁水溪沖積扇嚴重地層下陷。北港溪彎延迴繞於雲林縣南境，全長81.6公里，也為灌溉水源。但隨著生活水準的提升，人口集居，污染物之處理未盡妥善，及民眾隨意於河堤岸邊棄置垃圾或於河床盜採砂石，造成了北港溪水源之嚴重污染。

雲林縣內之土石開採，由於前幾年縣內砂石超採，導致河川青灰泥裸露，破壞原有環境及景觀，且採砂場的防砂措施付之闕如。當東北季盛吹之際，平均風速約 3.6 公尺／秒，平均最大風速達 10.1 公尺／秒，極端最大風速高達 14.8 公尺／秒，風力強大，而砂石運輸時並未加以覆蓋致使飛砂四溢，砂害問題隨之漫延，尤以濁水溪沿岸一帶受害最深。為維護景觀生態，減少砂害影響，目前政府已頒佈相關法令限採砂石。（資料來源：雲林縣綜合發展計畫）



（資料來源：中央管河川）

圖 2 雲林縣河川及水位測站分布圖

表 1 雲林縣主要河川水文概況

河流	起點		出海 口地 點	河川長 度 (km)	平均 比降	流域面 積 (km ²)	歷年平 均逕流 量 (mm)	歷年年 逕流量 (10m)	歷年年輸砂量	
	地點	標高							10MT	MT/Km ²
濁水溪	合歡山	3416	麥寮鄉	186.40	1:55	3155.21	2428.4	6068.03	63.15	20014
北港溪	劉菜園	516	東石鄉	81.66	1:159	645.21	1877.17	1032.75	2.40	3720

(資料來源：雲林縣觀光發展整體綱要計畫)

3. 人文環境

(1) 人口指標

雲林縣轄區內計有一市一斗六市；五鎮一斗南、虎尾、西螺、土庫、北港等；十四鄉—古坑、大埤、莿桐、林內、二崙、崙背、麥寮、東勢、褒忠、台西、元長、四湖、水林、口湖等，共有 387 個村里，6392 個鄰。其中以斗六市有 38 個里最多，褒忠鄉僅有 9 個村。由雲林縣戶政入口資訊網統計資料顯示，在 2009 年(民國 98 年)1 月份，共計有 723,700 人，其中男性人口為 379,331 人，女性人口為 344,369 人，總戶數共有 223685 戶。

表 2 雲林縣 2009 年 1 月份人口數

區 域 別	鄰數	戶 數	人口數(人) Population(Persons)		
Locality	No. of Neighbor-hood	No. of Household	計 Total	男 Male	女 Female
雲林縣 Yunlin County	6,392	223,685	723,700	379,331	344,369
斗六市 Douliou City	736	33,444	106,281	53,704	52,577
斗南鎮 Dounan Township	428	14,906	47,624	24,223	23,401
虎尾鎮 Huwei Township	524	21,622	69,895	35,667	34,228
西螺鎮 Siluo Township	365	13,746	48,941	24,934	24,007
土庫鎮 Tuku Township	250	8,533	30,940	16,205	14,735
北港鎮 Beigang Township	408	14,932	43,753	22,797	20,956
古坑鄉 Gukeng Township	363	10,442	34,964	18,545	16,419
大埤鄉 Dapi Township	207	6,530	21,679	11,570	10,109
莿桐鄉 Cihong Township	310	8,833	30,757	16,151	14,606
林內鄉 Linnei Township	216	5,596	20,105	10,533	9,572
二崙鄉 Erlun Township	255	8,674	30,281	16,282	13,999
崙背鄉 Lunbei Township	240	8,221	27,963	14,816	13,147
麥寮鄉 Mailiao Township	210	11,690	34,276	18,172	16,104
東勢鄉 Dongshih Township	213	5,662	17,333	9,462	7,871
褒忠鄉 Baozhong Township	134	4,230	14,617	7,818	6,799
臺西鄉 Taisi Township	315	8,653	26,897	14,508	12,389
元長鄉 Yuanchang Township	316	9,201	29,373	16,060	13,313
四湖鄉 Sihhu Township	296	8,945	27,464	15,055	12,409
口湖鄉 Kouhu Township	288	9,515	30,998	16,595	14,403
水林鄉 Shuilin Township	318	10,310	29,559	16,234	13,325

(資料來源：內政部、雲林縣戶政入口資訊網)

Source : Ministry of the Interiors, Household Registration Services of Yunlin Country)

(2) 土地利用

根據雲林縣統計要覽所示，截至 2001 年(民國 90 年)底，雲林縣土地利用總面積為 129,083.5 公頃，其中 123,402.6 公頃為已登錄使用之土地面積。在已登錄之土地面積中以古坑鄉之佔地面積 13,468.7 公頃最高，佔 10.91 %；在土地利用上，都市用地、水利用地，各占土地利用之 7.99 %及 8.24

％；建築用地（如公園、建築基地、寺廟占地、墳場等），占土地利用之 5.52％；交通用地（包括鐵、公路等），占土地利用之 3.90％；其它用地佔 65.27％。至 2001 年(民國 90 年)年底雲林縣之編定工業用地總面積 337.7644 公頃，占雲林縣總面積之 25.8％，農地重劃後，其農地總面積為 853.492 公頃，占雲林縣總面積之 66.1％。



（資料來源：雲林縣環境保護計畫）

圖 3 雲林縣土地使用現況分布圖

(3) 交通運輸

A. 公路運輸

i. 區域性聯外道路

雲林縣區域聯外道路成南北貫穿，地區可分為濱海地區台 17 號，平原地區以國道中山高速公路及台 19 號、台 1 號省道，丘陵地區以台 3 號省道及中南部第二高速公路等為主要聯外道路。

ii. 區域內主要聯絡道路

雲林縣內交通聯絡甚為便利，其重要聯絡道路如表 3 所示，就交通模式而言，區域性道路系統成棋盤型，聯絡區域內各鄉鎮交通命脈。

iii. 區域內次要聯絡道路

由於雲林縣多為平坦平原，故區域內地方次要道路均以產業道路形式較

多且四通八達。

表 3 雲林縣重要交通動脈表

縣道號別	經過路線	方向別	功能
一四一	彰雲大橋、林內、台三線	南北	通往彰化
一四五	西螺、虎尾、土庫、北港	南北	通往台中
一五四	橋頭、西螺、林內	東西	縣內聯絡
一五八	台西、東勢、褒忠、虎尾、斗南	東西	縣內聯絡
一五八甲	台西、東勢、褒忠、土庫、斗南	東西	縣內聯絡

（資料來源：雲林縣綜合發展計畫，2003）

iv. 公路運輸現況

縣內之客運班車計有台汽客運、台西客運及草嶺遊覽公司等。

B. 鐵路運輸

雲林縣的鐵路客運運輸由彰化進入雲林生活圈，經林內、石榴、斗六、斗南等四個站後，繼續南下往嘉義，為雲林縣內一條重要的運輸路線。整體而言，雲林縣境內的四個車站中，主要車站有斗六及斗南以對號快車為主，林內站是以快車及普快車為主，石榴站則完全以普快車為主。雲林縣的鐵路各站貨運起運量以林內站為最多，其次為斗南站。其貨運到運量則以斗南站為首，其次為斗六站。由於公路運輸日漸發達，而使雲林縣鐵路貨運貨運起運量或貨運到運量日趨減少，讓公路運輸逐漸取代了鐵路貨運運輸。

C. 高鐵雲林車站

高速鐵路通過雲林縣之鄉鎮市包括：二崙鄉、西螺鎮、虎尾鎮、土庫鎮、元長鄉及北港鎮等六個鄉鎮，並在虎尾鎮附近預留站址。雲林車站中心里程為 TK218+480，採高架式車站，含四股道及二邊式月台。未來完工後，可大幅縮短交通時間、降低空間阻礙、調整人口、產業及都市之空間分佈，並重組國土空間及土地利用結構以促進區域發展。高速鐵路雲林車站目前已進入

規劃設計，尚有部分樁位與計畫道路需進一步確定，最快約在民國 103 年完工。但由於雲林地區用水過度仰賴地下水，長期抽取地下水之結果，造成地層下陷。由高程檢測資料顯示，2008 年(民國 97 年)雲林大部分地區下陷速率已低於 7 公分/年，持續下陷面積為 581 平方公里，相較於 2005 年(民國 94 年)計畫執行前，最大年平均下陷速率為 11.6 公分/年，持續下陷面積為 679 平方公里，顯示計畫實施後，地層下陷現象已呈現持續趨緩。對於地層下陷可能對高鐵行車安全造成之影響，政府各部門已進行嚴密監控及採取防範措施。

D. 海運

雲林縣整個海岸地區範圍北自濁水溪南岸，南至北港溪口北岸，南北長約 42 公里。本區主要之大型港灣為位於麥寮地區之麥寮工業區之專用港（位於新興區與四湖區之間，舊虎尾溪出口處），港區範圍面積約 1,277.5 公頃。雲林縣之交通運輸概況如下圖所示：



(資料來源：雲林縣環境保護計畫)

圖 4 雲林縣交通運輸圖

(4) 產業活動

A. 一級產業

i. 農業

雲林縣地處亞熱帶區，主要之產業結構以農業為主，屬二期稻作，根據 2007 年(民國 96 年)農業統計年報所示，雲林縣之耕地面積為 80818 公頃，其中又以水田之 61496 公頃，占耕地面積之 62.61%。農戶數至 2006 年(民國 95 年)底共 71668 戶、共 286454 人，占雲林縣總戶數之 33.19%。主要生產作物為濁水米、柳橙、蕃薯、臺灣鯛、海文蛤、麻油、坪頂茶、蒜頭、文旦、洋香瓜、咖啡。農業對環境的衝擊性較少，諸如農藥使用過量，排入溝渠中造成河川污染的問題也較少。

林業

雲林縣林業土地利用分為森林地面積、非森林面積、森林覆蓋率。森林地面積方面，針葉樹林為 1332 公頃，針闊葉混淆林為 1017 公頃，闊葉樹林為 6478 公頃，竹林為 7033 公頃，非森林面積為 115400 公頃，森林覆蓋率為 12.04%(資料來源：九十六年農業統計年報；行政院農委會林務局全球資網)。

ii. 漁業

雲林縣西面為台灣海峽，與海峽比鄰之鄉鎮計麥寮、台西、四湖及口湖四個鄉，其漁業中心分別是金湖港、台西港、三條崙港、箔仔寮港，全縣的漁業以淡水水養殖業為主。依九十六年農業統計年報，雲林縣總漁戶數為 6,374 戶，其中台西鄉 2,258 戶，麥寮鄉 423 戶，四湖鄉 1,650 戶，口湖鄉 1,764 戶，這四個鄉鎮即占全縣漁戶數之 95.6%。值得注意的是這些鄉鎮漁業活動多以內陸養殖為主要之漁業活動，且漁業戶數占該鄉鎮之四成五以上。(資料來源：九十六年農業統計年報；環境保護統計年報，2001)

iii. 畜牧業

根據台灣養豬科學研究所統計指出，以 60 公斤豬隻而言，其污染量每日可達 COD 400 g，SS 200g，排泄物不妥善處理除造成環境衛生問題外，空氣污染對沿海地區環境及居民健康影響

廢水排入河川中會造成水體污染等問題。現階段採用三段式處理系統處理養豬廢水，但由於人工飼料中含有銅、鋅等問題，往往造成生物處理成效不彰，故在畜牧業污染防治上仍是值得研究注意的課題。(資料來源：財團法人台灣動物科技研究所)

B. 二級產業

i. 工業

雲林縣的工業區分為已開發、開發中、未開發工業區及新市鎮(如圖 5 所示)。

(1)已開發工業區：將開發面積、時程及使用情形列表所示：

已開發工業區	開發面積	開發時程及使用情形
豐田工業區	30 公頃	1974 年(民國 63 年)8 月開發完成進駐廠商 30 家，已全部使用。
元長工業區	16 公頃	1974 年(民國 63 年)9 月開發完成進駐廠商 25 家，已全部使用。
大將工業區	21 公頃	1980 年(民國 69 年)10 月開發完成現有建大.昌達.大將.天神等七家廠商進駐使用率 95%。
麻園工業用地	19 公頃	1980 年(民國 69 年)7 月編定，現已由廠商申請設廠
馬鳴山工業區	20 公頃	1980 年(民國 69 年)7 月編定，現已由長城.中榮公司設廠。
斗六內林工業區	19 公頃	1992 年(民國 81 年)4 月編定由福懋公司申請編定設廠。
斗六工業區第一期	55 公頃	1981 年(民國 70 年)7 月開發完成，現有廠商彰源.元山.茂一等 107 家，已全部使用。
斗六工業區第二期	148 公頃	1989 年(民國 78 年)12 月編定 21 日編定 1990 年(79 年)5 月至 1996 年(85 年)12 月開發完成目前土地出售已達 70% 以上。

(2) 開發中工業區

開發中工業區為離島基礎工業區及雲林科技工業區。離島基礎工業區是屬基礎型工業區，於 1991 年(民國 80 年)編定面積為 15680 公頃，規劃有麥寮、四湖工業專用港並引進工業以石化、煉油、煉鋼、電力及相關中下工業為主。目前麥寮工業區已開始使用。雲林科技工業區是屬科技工業區，於 1994 年(民國 83 年)8 月編定面積為 590 公頃。此包括三個基地：1.大北勢區：面積約 246 公頃。2.竹

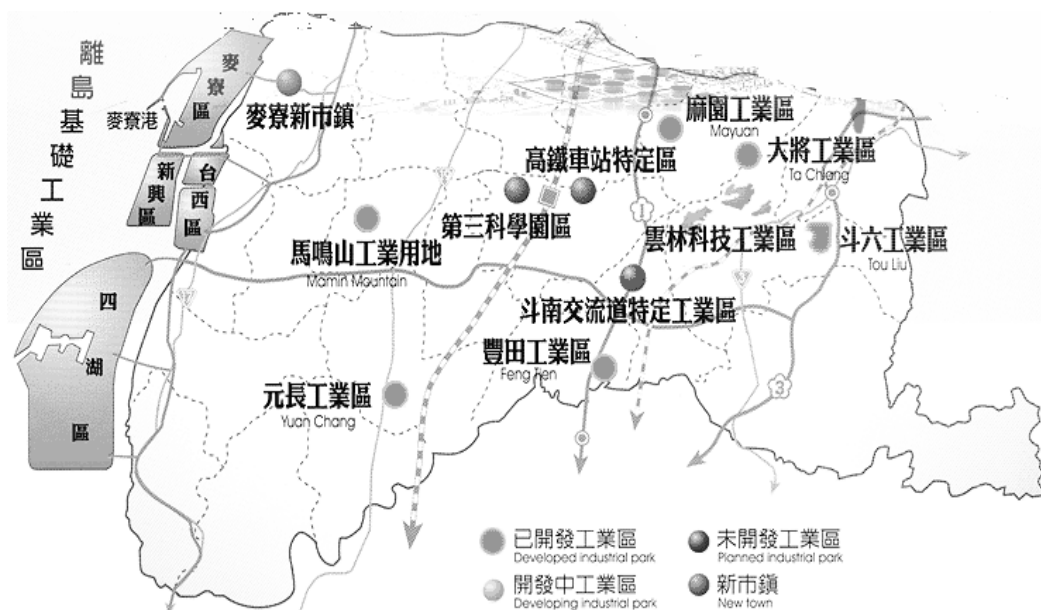
圍子區：面積約 276 公頃，規劃為「絲織專業加工出口區」。3.石榴班區：面積約 77 公頃，擬規劃為「生化科技園區」。其地點位於雲林縣斗六市西北側，距斗六市 2 公里處，可結合週邊台 1、台 1 丁、台 3 號省道及地方生活圈道路，串連中山高速公路、縱貫鐵路、西濱快速道路、中部第二高速公路、以及興建中的高速鐵路，形成快速便捷的交通網路。

(3) 未開發工業區

未開發工業區為斗南交流道特定工業區，屬綜合型工業區，於 1977 年(民國 66 年)8 月編定面積為 74 公頃，部份已自行設廠，現正以都市計劃通盤檢討中。

(4) 未來新市鎮

未來新市鎮則位於高鐵特定區旁 98 公頃台糖土地，為行政院國科會在中部建置第三科學園區，以生化科技城之建構為國家發展重點項目。中科雲林基地籌備處已於 2002 年(民國 91 年)正式進行運作，雲林縣府也已組成園區推動委員會，全力協助土地徵收取得，並全力進行聯外道路等公共建設，未來結合台大雲林分部、高鐵特定區，將發展成為農業生物科技園區。



(資料來源：雲林縣工策會)

圖 5 雲林縣工業區分布圖

至 2001 年(民國 90 年)底，雲林縣工廠登記共 2,039 家，其中以食品業共 568 家佔總工廠廠數之 27.86%，其次是金屬業及機械設備製造修配業。而編定工業用地面積 502.0884 公頃，占雲林縣全縣總面積之 38%。

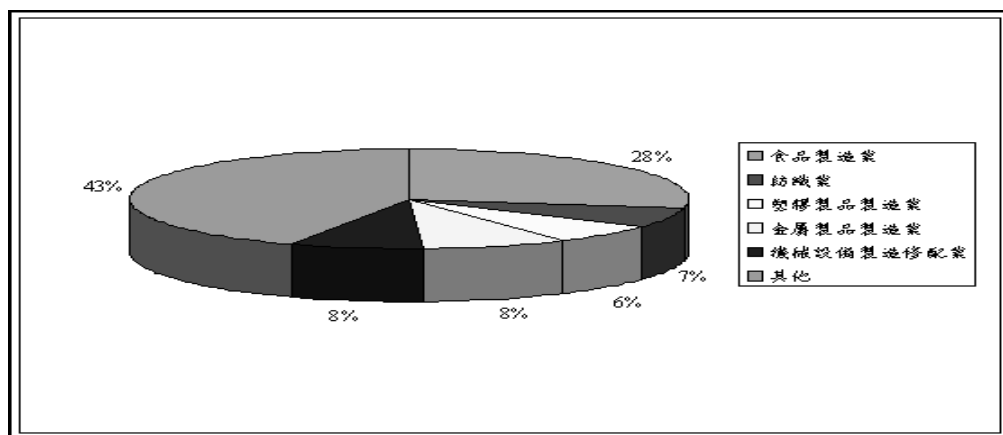
在離島六輕工業區順利運轉之後，麥寮鄉已從沿海的農漁小鄉，搖身一變成爲台灣工業重鎮之一；然而麥寮鄉鄉民並不以此爲足，如何運用麥寮鄉的優勢，積極發展更具經濟價值的工商業，改善麥寮鄉親們的生活品質。

「自由貿易港區設置管理條例」已於 2003 年(民國 92 年)7 月 10 日經立法院三讀通過。該條例第十八條規定：「自由港區事業自國外運入自由港區內供營運之貨物，免徵關稅、貨物稅、營業稅、菸酒稅、菸品健康福利捐、推廣貿易服務費及商港服務費。」

而麥寮港水深達二十四公尺，可供二十六萬噸級油輪及十八萬噸的煤輪進出，港內迴船池的直徑達九百公尺，並有二十公尺寬的環廠道路繞行港區，相當符合申請設置條件。目前雲林縣政府、麥寮鄉公所與台塑企業除了正積極申請在麥寮設置自由貿易港區之外，還訂定了雲林麥寮特定區主要計畫案。期望在離島工業區附近地區規劃開發一處相對因應之都市發展地區，提

升離島工業區及六輕廠之開發投資效益，連結沿岸與內陸地區之發展。

這兩項計畫若能順利達成，港區內從事貿易、倉儲、物流、貨物集散、轉運、承攬運送、報關服務、組裝、重整、包裝、修配、加工、製造、技術服務...等事業，以及自由港區事業以外之事業，如：金融、裝卸、餐飲、旅館、商業會議、交通轉運...等事業，不僅將提供麥寮鄉民大量的就業機會，幫助建立石化工業連鎖支援基地，更將為麥寮鄉的未來發展注入源源不絕的經濟動力。



(資料來源：雲林縣環境保護計畫)

圖 6 雲林縣各項工業分布圖

三、 沿海地區之環境與工業概況

六輕於 1991 年確定於雲林縣麥寮鄉設立，截至 2008 年，經過了 15 次的工業區、焚化爐、產能調整及擴建等之環境影響評估及差異分析報告，而根據所蒐集之六輕工業區資料，其中較大的環評案有「雲林縣離島式基礎工業區環境影響評估報告書」(於民國 80 年 6 月 11 日公布)以及「六輕四期擴建計畫環境影響評估說明書」(於民國 92 年 11 月 20 日提出)，目前工業區中共有 66 個廠(包含長春、大連)在運轉，本研究將各廠之建廠時間、試車時間及營運時間作時間的切割，初步將時間分為四個區段，分別為：

一、廠址興建前期：是指 1995 年 6 月以前，此時間點之前尚未有任何相關工廠空氣污染對沿海地區環境及居民健康影響

設立，故此時間點之前之空氣污染情形可作為六輕工業區空氣污染評估之基準值；

二、營運第一期：截至 2000 年 8 月為止，共有 27 個廠(已達 80%之第一期程廠數 33 廠)，其中含台化 5 廠(累積產能 2,123,547 公噸)、台塑 7 廠(累積產能 1,854,661 公噸)、塑化 3 廠(累積產能 1,489,820)，南亞 7 廠(累積產量 1,545,896、芳香烴累積產量 2,601,345KL)及發電廠(600MW x 4)、重工廠等完工營運；

三、營運第二、三期：係指 2004 年 7 月，此階段已完成第二、三期程之所有廠共並開始營運，共有 52 個廠，已達所有運轉廠之 70% 以上(結至 2003 年止，南亞、台化、台塑及塑化累積產能分別為 5,826,828、826,285、7,258,081 及 8,196,060 公噸，發電量 600 MW x 5)；

四、營運第四期：2007 年 6 月，此時間為第四期全部工廠開始試車營運。

上述之時間切點如下表所示：

表 4 六輕工業區各廠之時間切割表

1995 年 6 月以前	1995 年 6 月至 2000 年 8 月間開始營運		2000 年 8 月至 2004 年 7 月間開始營運		2007 年 6 月以後(66個廠全部完工並開始營運)	
無任何廠開始建蓋	公司別	廠別	公司別	廠別	公司別	廠別
	台塑石化	輕油廠	台塑石化	公用廠(汽二區)	台塑石化	輕油廠
	台塑石化	輕油裂解廠 1	台塑	環氧氯丙烷廠	台塑石化	輕油裂解廠 1
	台塑石化	輕油裂解廠 2	台塑	甲基丙烯酸甲酯廠	台塑石化	輕油裂解廠 2
	台塑石化	公用廠(汽一區)	台塑	線性低密度聚乙烯廠	台塑石化	輕油裂解廠 3
	台塑石化	公用廠(汽三區)	台塑	四碳廠	台塑石化	公用廠(汽一區)
	麥寮汽電	發電廠	台塑	碳纖廠	台塑石化	公用廠(汽二區)
	台塑	丙烯腈廠	台塑旭	彈性纖維廠	台塑石化	公用廠(汽三區)
	台塑	碱廠	南亞	丙二酚二廠	麥寮汽電	發電廠
	台塑	氯乙烯廠	南亞	1,4 丁二醇廠	台塑	環氧氯丙烷廠
	台塑	聚氯乙烯廠	南亞	鄰苯二甲酐廠	台塑	丙烯腈廠
	台塑	丙烯酸/丙烯酸酯廠	南中石化	乙二醇廠	台塑	甲基丙烯酸甲酯廠
	台塑	高密度聚乙烯廠	南亞	乙二醇二廠	台塑	碱廠
	台塑	聚乙烯醋酸乙烯酯廠	南亞	雙氧水廠	台塑	氯乙烯廠
	南亞	丙二酚廠	南亞	異壬醇廠	台塑	聚氯乙烯廠
	南亞	二異氰酸甲苯廠	南亞	抗氧化劑廠	台塑	丙烯酸/丙烯酸酯廠
	南亞	異辛醇廠	台化	苯乙烯二廠	台塑	高密度聚乙烯廠
	南亞	可塑劑廠	台化	聚丙烯廠	台塑	線性低密度聚乙烯廠
	南亞	乙二醇廠	台化	二甲基甲醯胺廠	台塑	聚乙烯醋酸乙烯酯廠
	南亞	環氧樹脂廠	台化	對苯二甲酸廠	台塑	四碳廠

1995 年 6 月以前	1995 年 6 月至 2000 年 8 月間開始營運		2000 年 8 月至 2004 年 7 月間開始營運		2007 年 6 月以後(66 個廠全部完工並開始營運)	
無任何廠開始建蓋	公司別	廠別	公司別	廠別	公司別	廠別
	南亞	一般事業廢棄物焚化爐	台化	聚苯乙烯廠	台塑	碳纖廠
	台化	芳香烴一廠	台化	聚碳酸酯樹脂廠	台塑旭	彈性纖維廠
	台化	芳香烴二廠	大連化工	醋酸乙烯一廠	南亞	丙二酚廠
	台化	苯乙烯一廠	長春人造	甲醛廠	南亞	丙二酚二廠
	台化	對苯二甲酸廠	長春人造	酚醛樹脂廠	南亞	丙二酚三廠
	台化	合成酚廠	中塑油品	柏油廠	南亞	二異氰酸甲苯廠
	台朔重工	--			南亞	1,4 丁二醇廠
	台塑勝高	--			南亞	1,4 丁二醇二廠
					南亞	鄰苯二甲酐廠
					南亞	異辛醇廠
					南亞	可塑劑廠
					南亞	乙二醇廠
					南中石化	乙二醇廠
					南亞	乙二醇二廠
					南亞	乙二醇三廠
					南亞	環氧樹脂廠
					南亞	雙氧水廠
					南亞	異壬醇廠
					南亞	抗氧化劑廠
					南亞	安定劑廠

1995 年 6 月以前	1995 年 6 月至 2000 年 8 月間開始營運	2000 年 8 月至 2004 年 7 月間開始營運	2007 年 6 月以後(66 個廠全部完工並開始營運)	
無任何廠開始建蓋	公司別	廠別	公司別	廠別
			南亞	一般事業廢棄物焚化爐
			台化	芳香烴一廠
			台化	芳香烴二廠
			台化	芳香烴三廠
			台化	苯乙烯一廠
			台化	苯乙烯二廠
			台化	苯乙烯三廠
			台化	聚丙烯廠
			台化	二甲基甲鹽胺廠
			台化	對苯二甲酸廠一廠
			台化	對苯二甲酸廠二廠
			台化	合成酚廠
			台化	聚苯乙烯廠
			台化	聚碳酸酯樹脂廠
			台灣醋酸	醋酸廠
			大連化工	醋酸乙烯一廠
			大連化工	醋酸乙烯二廠
			大連化工	丙烯醇廠
			大連化工	1,4 丁二醇廠
			大連化工	聚四亞甲基醚二醇廠

1995 年 6 月以前		1995 年 6 月至 2000 年 8 月間開始營運		2000 年 8 月至 2004 年 7 月間開始營運		2007 年 6 月以後(66 個廠全部完工並開始營運)	
無任何廠開始建蓋	公司別	廠別	公司別	廠別	公司別	廠別	
					長春人造	甲醛廠	
					長春人造	三聚甲醛廠	
					長春人造	酚醛樹脂廠	
					長春石化	聚乙烯醇一廠	
					中塑油品	柏油廠	
					台朔重工	--	
					台塑勝高	--	

目前針對雲林地區之空氣品質監測站有斗六、崙背、以及台西站共三處，斗六監測站位於斗六鎮商業區，設置於斗六高中三樓頂，屬於一般大氣監測站，附近車流量受上、下學時間影響較大；崙背監測站位於崙背鄉行政區，設置於崙背國中三樓頂，附近為農田無影響採樣氣流之虞；台西站位於台西鄉行政區，設置於台西鄉圖書館頂樓，四周圍大多為農田及魚塭，氣流角度佳，靠近海邊不遠，地表裸露且風沙較大。此外，為求了解六輕工業區對於雲嘉南地區臭氧形成所造成的影響，行政院環保署於 2007 年的 3 月 5 日已將原本位於竹山光化測站搬遷至台南市中山國中，稱為中山站；3 月 12 日將崇倫光化測站搬遷至雲林縣台西鄉圖書館，稱為台西站，而草屯站移到嘉義朴子鄉的朴子國小，稱為朴子站，三站機台均已安置完畢正常運作，以進行揮發性有機化合物(Volatile Organic Compounds, VOCs)之即時監測。表 5 為雲林地區空品測站(斗六、崙背、及台西站)之基本資訊，圖 7 是雲林縣三測站(台西、崙背及斗六)之相對位置。

表 5 雲林地區空氣品質監測站資訊

名稱	開始運作日期	測站種類	環境監測項目
斗六	1991/7～迄今	一般測站	SO ₂ , CO, O ₃ , PM ₁₀ , NO _x , NO, NO ₂ , PM _{2.5}
崙背	1991/7～迄今	一般測站	SO ₂ , CO, O ₃ , PM ₁₀ , NO _x , NO, NO ₂ , THC, NMHC, CH ₄ , PM _{2.5}
台西	1991/7～迄今	工業測站	SO ₂ , CO, O ₃ , PM ₁₀ , NO _x , NO, NO ₂ , PM _{2.5}
台西	2007/3～迄今	光化測站	揮發性有機化合物(Volatile Organic Compounds, VOCs)

以上三處監測站，除斗六站屬於雲林縣東區外，其崙背及台西站屬於雲林縣西區之空氣品質監測站。

雲林縣麥寮工業區相對位置圖

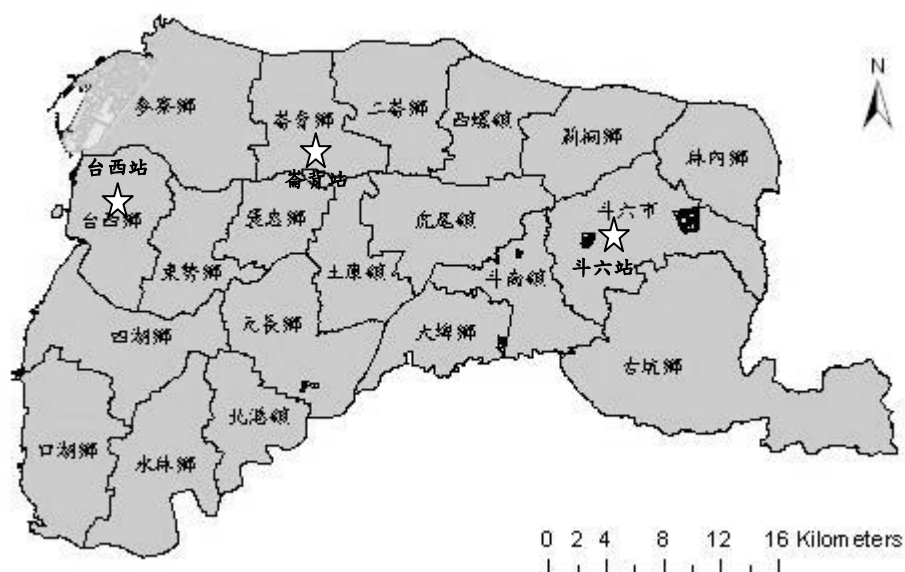


圖 7 雲林地區台西、崙背及斗六三測站對於六輕工業區之相對地理位置圖

四、國內外相關研究回顧之文獻探討

1. 環境監測部分

揮發性有機化合物的主要來自於石化燃料的燃燒、石化工業儲存及輸送過程中的逸散，溶劑使用及其他工業製程。在都會區中，汽機車的廢氣排放亦會造成 VOCs 的濃度上升。國內學者(Lin et al., 2004)針對高雄石化工業區附近進行 VOCs 的量測，發現苯與甲苯是含量最高的 VOC 成份，而且所量測的總 VOCs 濃度是高雄市區的十幾倍。近年來於土耳其的研究，指出石化工業區附近的 VOCs 及二氯乙烷(ethylene dichloride)濃度較高(Elbir et al., 2007)。

2. 環境暴露與健康之關係

國內外有許多流行病學研究持續探討石化工業區對其附近居民可能造成的健康效應，包括：呼吸道症狀與疾病、胎兒與出生嬰兒的健康情形、癌症死亡等。國內的相關研究結果整理如下：(1)橫斷面流行病學研究指出石化工業區附近居民的成人的急性刺激性呼吸道症狀 (Yang et al., 1997a)與學童的鼻子症狀 (Chen et al., 1998)比對照區高，其他呼吸道症狀與疾病的盛行率並無差異 (Chen et al., 1998; Yang et al., 1997b)。(2)橫斷面研究發現工業區附近居民的大部份癌症標準化死亡比大於 100，但只有 0-19 歲女性的骨癌與 0-19 歲男性的膀胱癌達統計上的顯著差異(Pan et al., 1994)、石化工業鄉鎮男性的肝與肝內膽管癌死亡率高於對照鄉鎮 (Yang et al., 1997b)。(3)一系列的生態型流行病學(ecological study)研究表示石化工業區附近鄉鎮居民有較高的早產(Yang et al., 2004)與足月低出生嬰兒體重(Yang et al., 2002)盛行率、以及異常的出生嬰兒性別比值(Yang et al., 2000)。(4)病例對照研究發現居住在石化工業區域與婦女的肺癌死亡有關(Yang et al., 1999)、與 20-29 歲者的白血病有顯著關係(Yu et al., 2006)。

在國外的流行病學研究報告，曾有文獻回顧了有關工業區污染與社區居民健

康的研究，特別是癌症風險如肺癌、泌尿道癌症及淋巴血液癌症的影響(Benedetti et al., 2001)；而危害性化學工業區與周邊居民生殖系統及先天缺陷風險也被經常探討，如可能會增加先天缺陷疾病或異常出生結果 (Savitz et al., 1997; Scialli et al., 1997; Wyrobek et al., 1997)。近年的研究顯示居住在石化工廠周邊與肺癌死亡顯著相關(Belli et al., 2004)、石化工業區鄰近居民男性嬰兒出生比例逐年降低(Mackenzie et al., 2005)，但是亦有報告指出石化工業區附近居民沒有較高的總死亡率與癌症死亡率(Tsai et al., 2004)。

另外，在健康風險評估方面，石化工業所排放揮發性有機化合物中，苯被國際癌症研究局(International Agency for Research on Cancer, IARC)認定是 Group 1：確定為人類致癌物；而在 Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)資料庫中指出，慢性長期暴露高濃度的甲苯，會造成困倦、運動失調、顫抖、腦部受損、語言能力、聽覺視覺的損害。

國內亦有研究報導 VOCs 職業暴露之可能健康風險，詹等人的研究指出，高雄縣大社工業區工人，因職業上暴露苯所導致的致癌風險範圍值為 5.0×10^{-5} 至 2.5×10^{-4} ，已大於可接受的 10^{-6} (Chan et al., 2006)。

另外，詹等人於 1993 年環保署「以管制燃料油品質降低都會區大氣中苯濃度之監測計畫」的結果顯示，台北都會區空氣中污染物苯的濃度幾何平均值為 $26.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，約為 8.16ppb。因此，苯對於台北都會區居民的終生致癌風險，以幾何平均值及單位致癌風險係數 $8.3 \times 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ 計算，達 217×10^{-6} ，若以目前建議值範圍的下限 $2.2 \times 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ 計算，則致癌風險變為 57.5×10^{-6} (詹長權，1993)。

綜合上述相關文獻探討，國內外研究的結果顯示石化工業區可能增高其周遭環境的揮發性有機化合物濃度，而且工業區所產生的污染物質可能與其附近居民

的癌症、呼吸道疾病、異常出生結果等有關，但是這些結果因個別研究的方法限制，尚無定論，仍需研究探討。此外，六輕工業區排放的物質對其周界空氣品質與對其附近居民健康的可能影響，尚未被充分了解，故本研究中利用所蒐集之資料，進行工業區對環境及居民健康的影響評估，以維護環境品質及保障民眾健康。

表 6 台塑六輕石化廠及其周邊居民現況基本資料

基本資料	台塑六輕石化廠
地理位置	位於雲林縣麥寮區及海豐區，為雲林縣最北端濁水溪出海口，南北長約 8 公里，沿海岸線向外延伸 4 公里多之外海地帶，開發造地的面積約 2,255 公頃。六輕計劃一至四期，共興建 61 座工廠，目前已全部完工。
管理單位	經濟部工業局
六輕計畫規模	一、營建工程； 二、麥寮港； 三、獨立發電廠； 四、煉油廠； 五、輕油裂解廠； 六、汽電共生廠； 七、機械廠和鍋爐廠； 八、矽晶圓廠； 九、彈性纖維廠； 十、六輕投資項目
六輕計畫產品	汽油、柴油、液化石油氣（丙烷、丁烷）、航空燃油、煤油、燃料油、輕油、乙烯、丙烯、丁二烯、丁二烯粹餘油（1-丁烯、2-丁烯、異丁烯、丁烷）、硫磺、柏油、稀乙稀、硫酸、潤滑油等
周邊居民現況	雲林縣總人口數為 736,772 人，麥寮鄉合計 12 個村、210 鄰、11,188 戶、男人口數 17,564 人、女人口數 15,049 人、總人口數 32,613 人

五、 雲林縣空氣品質狀況

根據 1993 年至 2006 年的歷年空氣品質趨勢分析結果，除臭氧的趨勢是上升的(如圖 8 所示)，其餘的污染物濃度，包括 PM₁₀、SO₂、CO 與 NO_x 的濃度的則是屬於持平或是下降的趨勢(如圖 9、10、11 及 12 所示)。

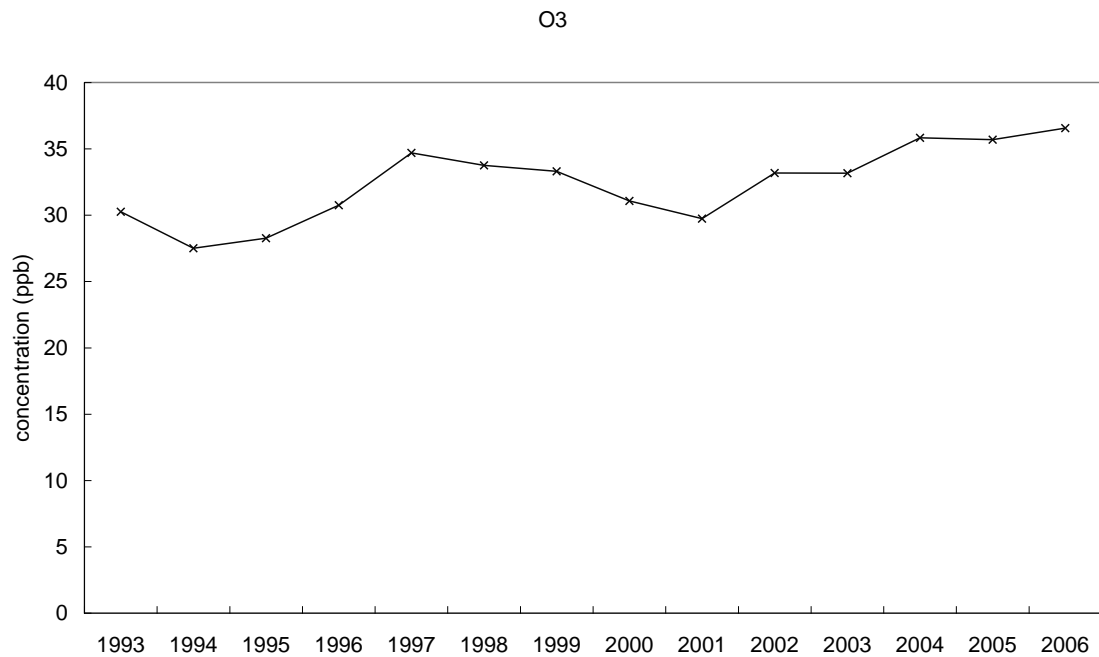


圖 8 雲林縣台西站 1993-2006 年臭氧(O₃)平均值之變化

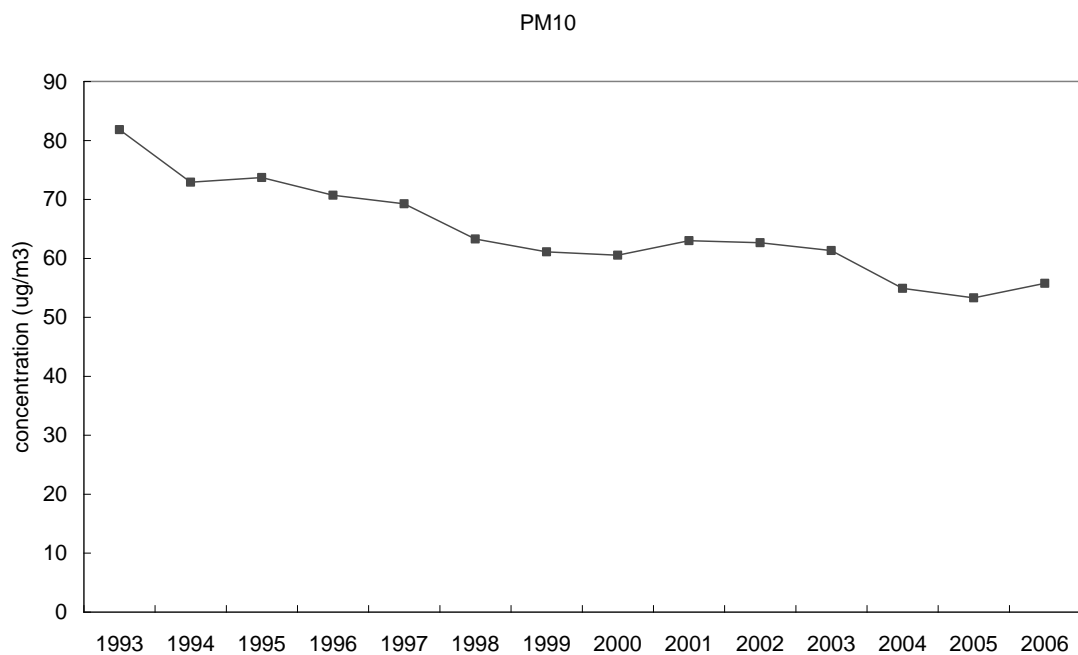


圖 9 雲林縣台西站 1993-2006 年 PM₁₀ 平均值之變化

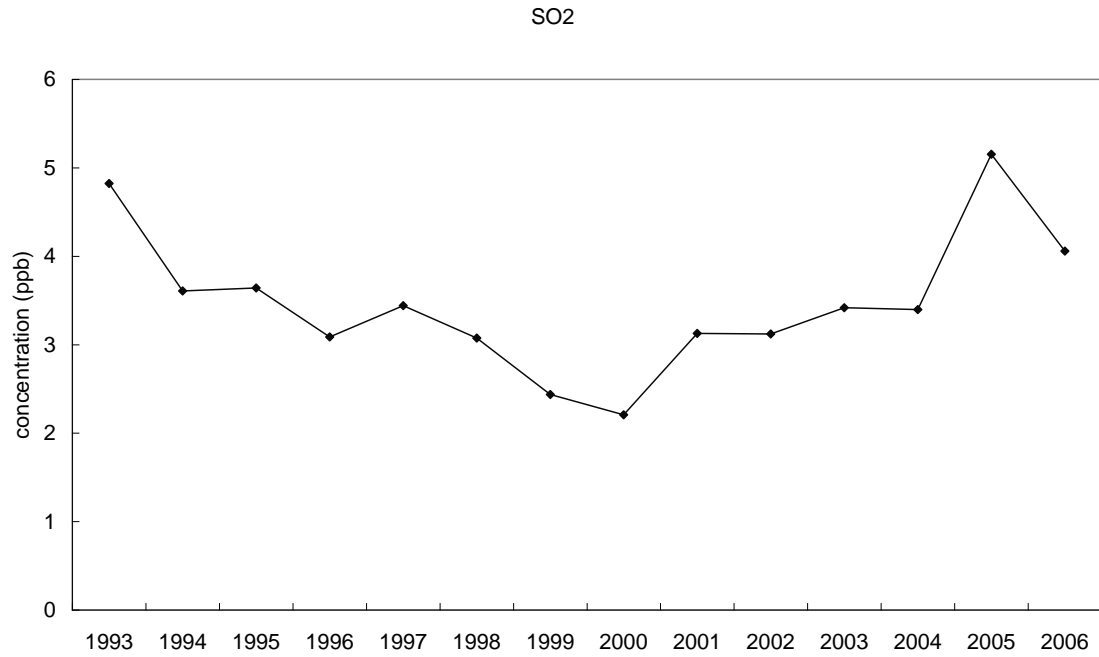


圖 10 雲林縣台西站 1993-2006 年二氧化硫(SO₂)平均值之變化

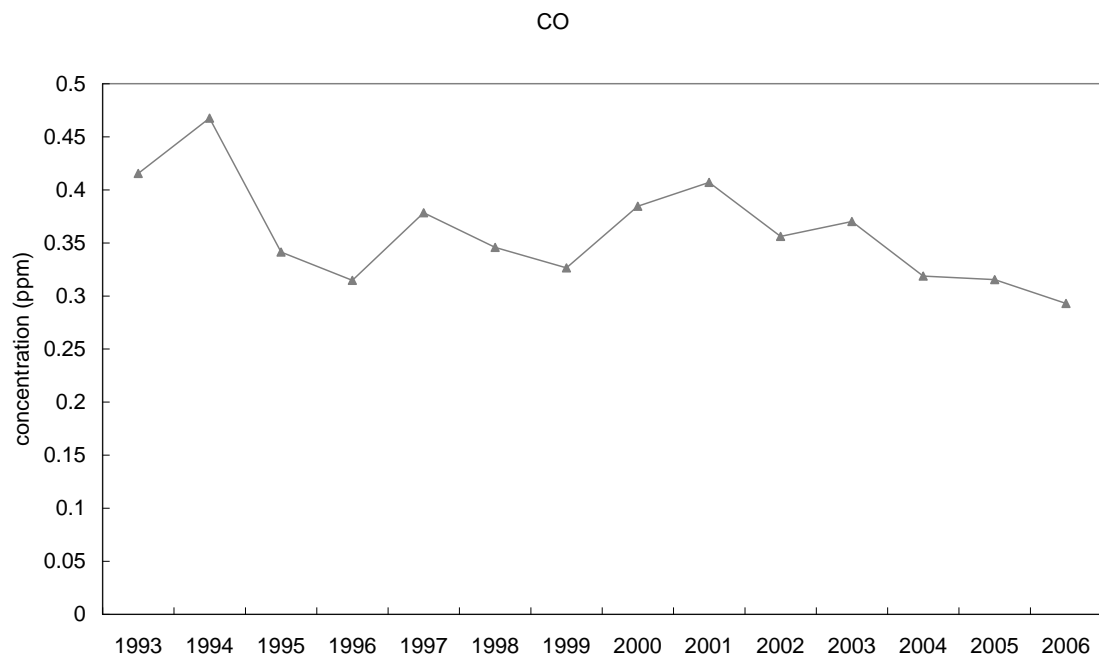


圖 11 雲林縣台西站 1993-2006 年一氧化碳(CO)平均值之變化

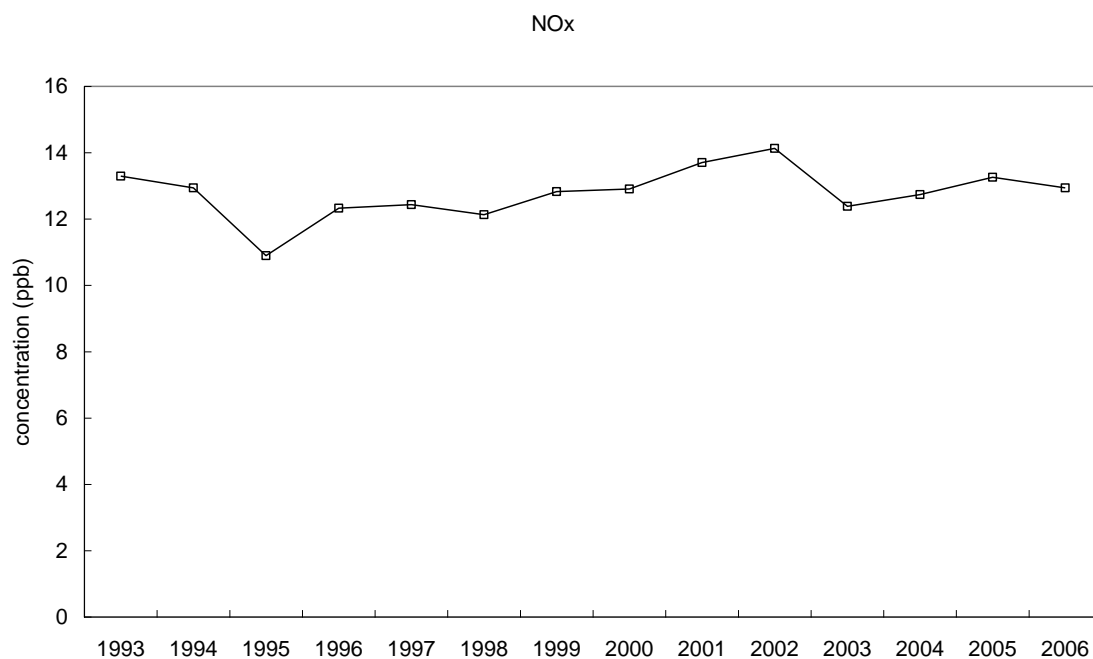


圖 12 雲林縣台西站 1993-2006 年氮氧化物(NO_x)平均值之變化

光化學監測站在設立之初，主要目的是了解臭氧形成的成因及機制探討，監測具有高臭氧生成潛勢之物種，測站所監測的物質共有五十六種 VOCs，詳如表 7 所示。

表 7 光化測站所監測之 56 種揮發性有機物(VOC)

Target Compound Name	CAS No.	Target Compound Name	CAS No.
ethylene	74-85-1	2,3-dimethylpentane	565-59-3
acetylene	74-86-2	3-methylhexane	589-34-4
ethane	74-84-0	2,2,4-trimethylpentane	540-84-1
propylene	115-07-1	n-heptane	142-82-5
propane	74-98-6	methylcyclohexane	108-87-2
isobutane	75-28-5	2,3,4-trimethylpentane	565-75-3
1-butene	106-98-9	toluene	108-88-3
n-butane	106-97-8	2-methylheptane	592-27-8
t-2-butene	624-64-6	3-methylheptane	589-81-1
c-2-butene	590-18-1	n-octane	111-65-9
isopentane	78-78-4	ethylbenzene	100-41-4
1-pentene	109-67-1	m&p-xylenes	108-38-3,106-42-3
n-pentane	109-66-0	styrene	100-42-5
isoprene	78-79-5	o-xylene	95-47-6
t-2-pentene	646-04-8	n-nonane	111-84-2
c-2-pentene	627-20-3	isopropylbenzene	98-82-8
2,2-dimethylbutane	75-83-2	n-propylbenzene	103-65-1
cyclopentane	287-92-3	m-ethyltoluene	620-14-4
2,3-dimethylbutane	79-29-8	p-ethyltoluene	622-96-8
2-methylpentane	107-83-5	1,3,5-trimethylbenzene	108-67-8
3-methylpentane	96-14-0	o-ethyltoluene	611-14-3
2-methyl-1-pentene	763-29-1	1,2,4-trimethylbenzene	95-36-3
n-hexane	110-54-3	n-decane	124-18-5
methylcyclopentane	96-37-7	1,2,3-trimethylbenzene	526-73-8
2,4-dimethylpentane	108-08-7	m-diethylbenzene	141-93-5
benzene	71-43-2	p-diethylbenzene	105-05-5
cyclohexane	110-82-7	n-undecane	1120-21-4
2-methylhexane	591-76-4	n-dodecane	112-40-3

由光化測站在 2007 年所監測的五十六個物種中，初步進行烷類(圖 13)、烯類(圖 14)與芳香烴類(圖 15)的代表物種，由目前的監測結果可知，除了異戊二烯之外，其他物種皆在夏季時(6 月到 8 月)呈現最低值的狀況，在冬季時物種達到最高的濃度，由於夏季日照強烈，使 VOC 物種進行較完全的光化反應，另外，

夏季的大氣混合層較低也是造成濃度分佈季節差異的成因之一。然而，在受到上風處的高濃度排放的影響時，該日或該小時濃度值會有突然上升的狀況，此一部分的資料，進一步以氣象資料協助判斷之。

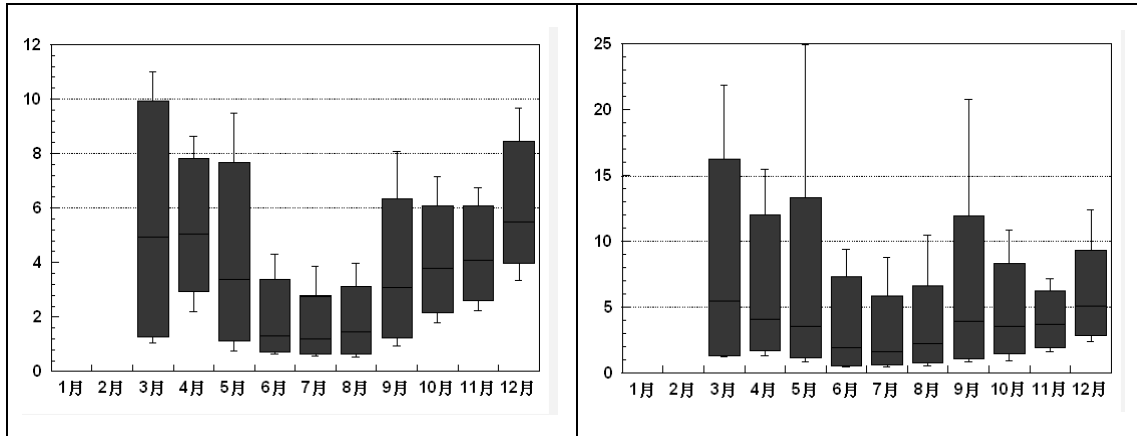


圖 13 台西站 2007 年乙烷(左圖)與丙烷(右圖)月平均濃度分佈圖

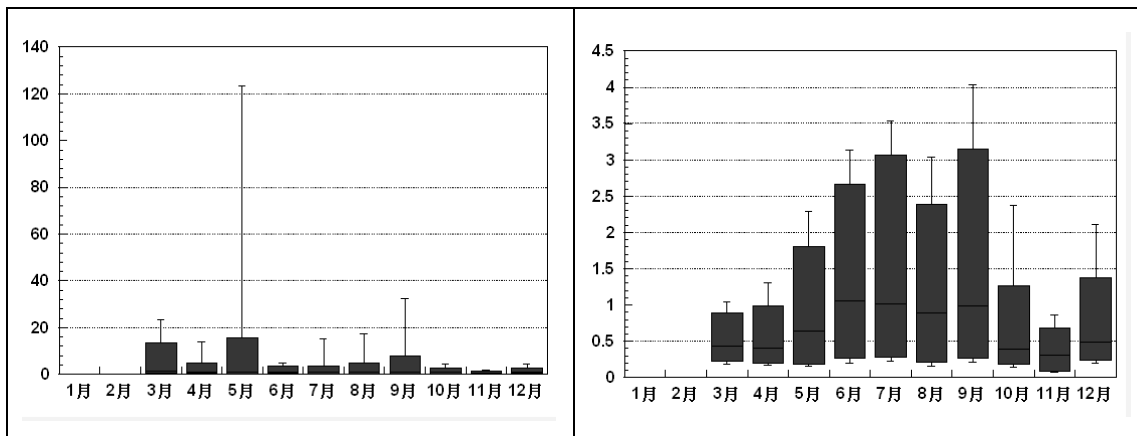


圖 14 台西站 2007 年丙烯(左圖)與異戊二烯(右圖)月平均濃度分佈圖

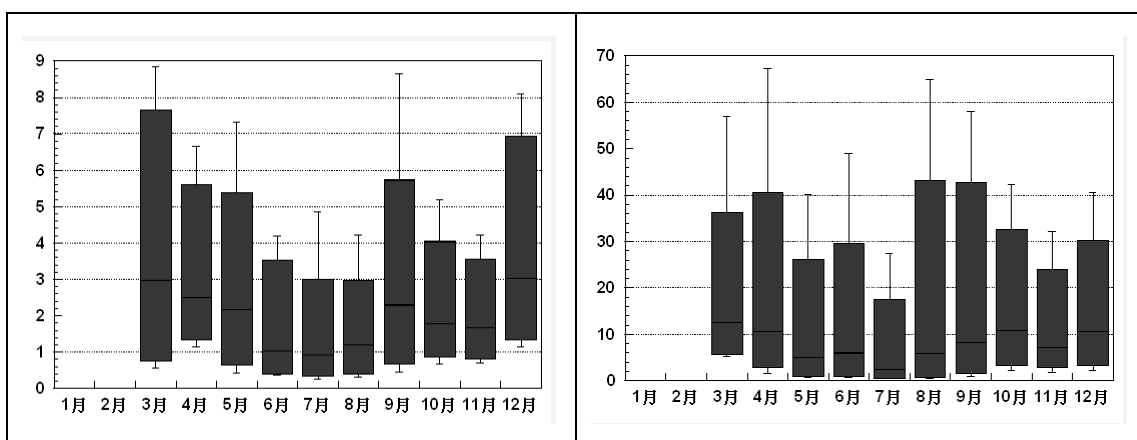


圖 15 台西站 2007 年苯(左圖)與甲苯(右圖)月平均濃度分佈圖

貳、研究目標與方法

一、整體研究目標

由上述之台西站資料初步結果顯示整個研究方向與架構均已建立，運用文獻回顧、環境資料與健康資料彙整分析，評估工業區對沿海地區居民之初步健康風險的影響並規畫未來環境流行病學長期研究之執行策略。

(一)文獻回顧

於本計畫結束後，彙整環境監測及健康效應等相關文獻成完善之資料庫。

(二)彙整環境污染物監測資料

本次計畫結束後，完整收集鄰近地區既有之環境監測資料，包括：空氣品質監測站、光化學測站及水質等監測資料。

(三)收集居民健康資料

於本計畫結束後，完整收集雲林縣居民的人口學資料、常規的健康登記或調查資料，彙整成資料庫。

(四)進行環境暴露與健康效應之相關性分析

本次計畫結束後，完成評估居民之癌症死亡率等與居住地區空氣污染物濃度相關性、與揮發性有機化合物對居民造成之急性、慢性及癌症健康風險。

(五)規劃未來的社區居民流行病學調查工作事項

於本次計畫結束後，擬訂出適當之流行病學研究設計與方法，供未來進一步評估工業區排放的空氣污染物對其鄰近居民身體健康之可能影響之參考。

二、 研究方法

1. 文獻回顧

針對工業區與居民健康影響效應之歷年來國內外發表研究期刊、報告、碩博士論文等相關文獻，利用 Pubmed、Medline 與 Scopus 資料庫等重要學術資訊網、國內碩博士論文網站、與國內政府機關的相關研究計畫報告網站，進行國內外相關文獻收集工作，再將之彙整成 Endnote 資料庫形式，並以學術論文方式分類整理探討。且進一步進行資料的判讀，彙整成完善之石化工業區環境及效應之完善資料庫。並針對石化工業區文獻國內國外環境監測之類別及健康影響效應類別，進行分類整理探討之。

2. 彙整環境污染物監測資料

收集沿海與鄰近地區現有之環境監測資料，包括：空氣品質監測站、光化學測站及水質等監測資料，亦蒐集氣候因子，包括風速、風向、雨量、溫度及濕度等資料。雲林縣台西站的空氣品質監測站自 1993 年 9 月開始運作，至 2007 年為止，已有長達十三年以上之資料，從六輕興建前與六輕興建後，以定性了解不同時期六輕造成之貢獻量，此外，蒐集及分析位於雲林縣另兩個斗六及崙背測站，以了解雲林地區空氣品質歷年來變化之情形，亦蒐集台西光化學測站資料，進行至少一年份的數據分析處理。關於水質方面，本研究利用行政院環保署全國環境水質監測網資料，蒐集六輕工業區鄰近之地下水監測站資料。上述資料擬透過行政院環保署進行數據下載，以統計軟體 SPSS 或 SAS v9.1 (SAS Institute, Cary, USA)進行描述性統計分析處理。

3. 收集居民健康資料

蒐集雲林縣居民的基本人口學資料，以及常規的健康登記或調查資料，包括：死因登記資料、癌症登記、健保資料或縣政府提供之複合式健康篩檢等資料。

本計畫收集該地區居民過去的健康資料，包括：衛生統計資料、相關的流行病學調查資料，衛生署 1971 年至 2006 年的死因資料檔、1971 年至 2006 年內政

部人口統計資料、衛生署 1980 年至 2005 年的癌症登記資料、縣政府提供之複合式健康篩檢等。並參考國家衛生研究院出版的「台灣健康地圖集系列-癌症死亡率 1998-2002」、行政院衛生署國民健康局出版的「中華民國癌症死亡率分佈地圖集(1972-2001)」，以統計軟體 SAS v9.1 (SAS Institute, Cary, USA)進行資料的分析處理與敘述性統計，並且針對資料不足處，提出相關資料收集之未來規劃。

4. 進行環境暴露與健康效應之相關性分析

本計畫彙整之健康與人口統計資料包括：(一)衛生署 1971 年至 2006 年的死因資料檔；(二)衛生署 1980 年至 2005 年的癌症登記資料；(三)全民健康保險資料庫 1996 年至 2006 年的住院資料；(四)全民健康保險資料庫 1996 年至 2006 年的西醫門診資料；以及內政部 1971 年至 2006 年的人口統計資料。

本計畫以 SAS (SAS Institute, Cary, NC) version 9.1 軟體進行資料之統計分析，所有統計檢定之 α 值為 0.05，並在適切處列出 95%信賴區間或 p value 供參考。個別資料之分析方法敘述如下：

4.1 六輕工業區周邊鄉鎮居民之死因資料分析 - 年齡標準化死亡率與標準化死亡比

本計畫彙整衛生署 1971 年至 2006 年的死因資料檔與內政部 1971 年至 2006 年的人口統計資料，分析六輕工業區周邊鄉鎮居民各年齡層之總死亡與個別死因之死亡率，以 International classification of diseases - 9th revision (ICD-9)進行疾病之分類，計算每一年代各研究鄉鎮之各性別、各年齡層(每五歲)上述各死因之死亡率。表 8 簡述本計畫分析之主要死因與其 ICD-9 代碼。

表 8 本計畫分析之主要死因與其 ICD-9 代碼

死因	ICD-9 code
全死因(不含外因)	001-800
傳染病及寄生蟲病	001-139
腫瘤	140-239
惡性腫瘤	140-208
內分泌、營養及新陳代謝疾病與免疫性疾患	240-279
血液和造血器官的疾患	280-289
精神疾患	290-319
神經系統及感覺器官之疾病	320-389
循環系統疾病	390-459

死因	ICD-9 code
呼吸系統疾病	460-519
消化系統疾病	520-579
泌尿生殖系統疾病	580-629
妊娠、生產及產褥期之併發症(限女性)	630-679
皮膚及皮下組織疾病	680-709
骨骼肌肉系統及結締組織之疾病	710-739
先天性畸形	740-759
源於周產期之病況	760-779
徵候及診斷欠明之各種病態	780-799
傷害及中毒	800-999
口腔癌(含口咽及下咽)	140,141,143-146,148,149
鼻咽癌	147
食道癌	150
胃 癌	151
小腸癌	152
結腸直腸癌	153,154
結腸癌	153
直腸癌	154
肝 癌	155
膽囊癌	156
胰臟癌	157
腹膜癌	158
喉 癌	161
肺 癌	162
骨 癌	170
結締組織癌	171
皮膚癌	172,173
女性乳癌(限女性)	174
子宮頸癌(限女性)	179,180
子宮體癌(限女性)	182
卵巢癌(限女性)	183
攝護腺癌(限男性)	185
膀胱癌	188
腎臟癌	189.0
腦 癌	191
甲狀腺癌	193
非何杰金淋巴瘤	200, 202, 203
何杰金淋巴瘤	201
白血病	204-208
高血壓性疾病	401-405
缺血性心臟病	410-414
腦血管疾病	430-438

死因	ICD-9 code
動脈粥樣硬化	440
慢性阻塞性肺部疾病	490-496
氣喘	493

年齡標準化死亡率與 95%信賴區間之估算

年齡標準化死亡率(age-adjusted mortality rate)採用世界衛生組織公佈之 2000-2025 年世界標準人口為標準(表 9) (Ahmad et al, 2001)，依下列式子計算 (Esteve et al., 1994)：

$$\text{標準化死亡率} = \bar{t} = \frac{\sum_{x=1}^g L_x t_x}{L}$$

其中： L 為標準人口之總人數

L_x 為標準人口中 x^{th} 年齡層之人口數

t_x 為研究之鄉鎮中 x^{th} 年齡層之死亡率

標準化死亡率之 95%信賴區間(95% confidence interval，簡稱 95% CI)以下列式子計算(Esteve et al., 1994)：

$$95\% \text{ CI} = [\bar{t} - Z_{\alpha/2} \sqrt{\text{VAR}(\bar{t})} ; \bar{t} + Z_{\alpha/2} \sqrt{\text{VAR}(\bar{t})}] , \alpha = 0.05$$

$$\text{而 } \text{VAR}(\bar{t}) \text{ 之估計值由下列式子計算所得： } \sum_{x=1}^g \left(\frac{w_x^2}{m_x^2} \right) k_x ,$$

m_x 為研究之鄉鎮中 x^{th} 年齡層之人口數， $w_x = L_x/L$

表 9 世界衛生組織之 2000-2025 年世界標準人口

年齡組別(歲)	世界平均 2000-2025
0-4	8.86
5-9	8.69
10-14	8.6
15-19	8.47
20-24	8.22
25-29	7.93
30-34	7.61
35-39	7.15
40-44	6.59
45-49	6.04
50-54	5.37
55-59	4.55
60-64	3.72
65-69	2.96
70-74	2.21
75-79	1.52
80-84	0.91
85 以上	0.635
合 計	100

標準化死亡比與 95%信賴區間之計估算

標準化死亡比(standardized mortality ratio, SMR)乃以全台灣地區各年代的各性別一年齡別之各死因死亡率為標準，以下列式子計算各研究鄉鎮的期望死亡數與 SMR (Esteve et al., 1994)：

$$\text{期望死亡數}(E) = \sum_{x=1}^g m_x \lambda_x$$

其中： λ_x 為標準人口中 x^{th} 年齡層之死亡率

m_x 為研究之鄉鎮中 x^{th} 年齡層之人口數

$$\text{標準化死亡比}(SMR) = \frac{O}{E} \times 100, \text{ 其中 } O \text{ 為各研究鄉鎮觀察到之死亡數}$$

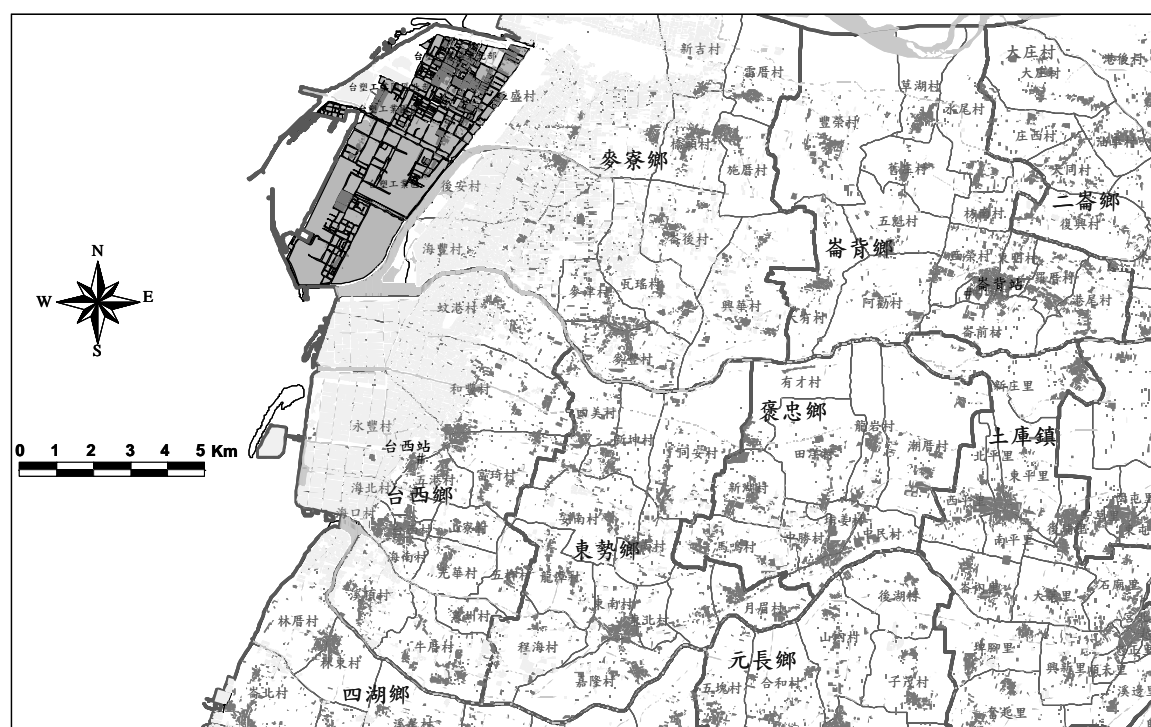
SMR 之 95%信賴區間(95% CI)以下列式子計算(Esteve et al., 1994)：

$$\left[\left(\frac{Z_{\alpha/2}}{2} - \sqrt{O} \right)^2 \times \frac{100}{E} ; \left(\frac{Z_{\alpha/2}}{2} + \sqrt{O+1} \right)^2 \times \frac{100}{E} \right], \alpha = 0.05$$

當 $O = 0$ 時，SMR 之 95%信賴區間下限為 0。

暴露區與對照區鄉鎮之選擇

本計畫初步以六輕工業區周邊 10 公里內之鄉鎮為暴露區，包括：四湖鄉、東勢鄉、崙背鄉、麥寮鄉、臺西鄉、褒忠鄉等六個鄉(圖 16)。對照區之選擇考慮下列因素：都市化程度、距六輕工業區 10 公里以上、且不在下風處。有關都市化程度之分類，本計畫參考劉介宇等人(2006)在「台灣地區鄉鎮市區發展類型應用於大型健康調查抽樣設計之研究」報告中的台灣地區鄉鎮市區都市化程度分層結果，該研究考慮的變數包括人口密度(人/平方公里)、專科以上教育程度人口比率、65 歲以上人口比率、農業人口比率與每 10 萬人西醫人數；其使用之七個都市化程度分層為：高度都市化市鎮、中度都市化市鎮、新興市鎮、一般鄉鎮市區、高齡化市鎮、農業市鎮、偏遠鄉鎮。本計畫所選擇之對照區與對照區鄉鎮列於表 10 中。



註記：深色區域為六輕工業區

圖 16 六輕工業區周邊鄉鎮位置圖

表 10 本計畫所選擇之對照區與對照區鄉鎮

鄉鎮名稱	都市化程度分層	暴露區	對照區
臺西鄉	一般鄉鎮市區	E1	
東勢鄉	農業市鎮	E2	
崙背鄉	農業市鎮	E3	
麥寮鄉	偏遠鄉鎮	E4	
褒忠鄉	偏遠鄉鎮	E5	
四湖鄉	高齡化市鎮	E6	
虎尾鎮	一般鄉鎮市區		C1
二崙鄉	農業市鎮		C2、C3
莿桐鄉	偏遠鄉鎮		C4、C5
元長鄉	高齡化市鎮		C6
口湖鄉	一般鄉鎮市區		
土庫鎮	偏遠鄉鎮		
大埤鄉	農業市鎮		
斗六市	中度都市化市鎮		
斗南鎮	一般鄉鎮市區		
水林鄉	高齡化市鎮		
北港鎮	一般鄉鎮市區		
古坑鄉	農業市鎮		
西螺鎮	農業市鎮		
林內鄉	偏遠鄉鎮		

資料來源：都市化程度分層之資料來自劉介宇等(2006)。

E1~E6：為本計畫所選擇之六個暴露鄉鎮；C1~C6：為暴露鄉鎮個別之對照鄉鎮。

研究時間之暴露分期

本計畫在研究時間的分期，考慮兩大因素：(一)VOC 暴露量 - 六輕工業區各製程運轉期程與 VOC 排放量；(二)各鄉鎮各年度各死因別之死亡數與死亡率之大小。

首先，本計畫參考六輕工業區提供之資料(各廠建廠運轉期程彙整表、六輕計畫一至四期工廠累計產能彙總表)以及國立雲林科技大學環境與安全工程系之「96 年度六輕相關計畫之特定有害空氣污染物所致健康風評估報告」中表 4.1.4 列出之「環評、許可揮發性有機物排放量比對情形」等資料，初步獲得之結果為：1998 年(民國 87 年)之前六輕工業區無排放 VOC 的製程運轉、1999 年底至 2001 年有少數排放 VOC 的製程開始運轉、2002 年起有多數排放 VOC 的製程開始運

轉。因此，初步定義 1998 年以前為運轉前、1999-2001 年為運轉_{第 1-3 年}、2002 年起為運轉_{第 4 年~}。

另外，本計畫亦計算各鄉鎮之每年、每兩年、每三年各死因之年齡標準化死亡率與標準化死亡比，經檢視所得數據，初步決定以每三年為一期計算各死因之年齡標準化死亡率與標準化死亡比。

4.2 六輕工業區周邊鄉鎮居民之癌症登記資料分析 - 年齡標準化發生率與標準化發生比

本計畫彙整衛生署 1980 年至 2005 年的癌症登記資料與內政部 1980 年至 2005 年的人口統計資料，分析六輕工業區周邊鄉鎮居民各年齡層之個別癌症之發生率。按國際疾病分類腫瘤學 1988 年試用版(International Classification of Diseases for Oncology, Field Trial, ICD-O-FT)的分類標準進行癌症部位之分類，計算每一年代各研究鄉鎮之各性別、各年齡層(每五歲)上述各癌症之發生率。表 11 簡述本計畫分析之主要癌症與其代碼。

表 11 本計畫分析之主要癌症與其 ICD-O-FT 代碼

癌症名稱	ICD-O-FT 代碼
全癌症(總計)	140-199
唇、口腔及咽	140-149
口腔(含口咽及下咽)	140,141,143-146,148,149
唇(唇的皮膚 T-173.0 除外)	140
舌	141
主唾液腺	142
齒齦	143
口底	144
口腔之其他及未詳細說明部位	145
口咽	146
鼻咽	147
下咽	148
咽和唇、口腔及咽之分界不明部位	149
消化器官及腹膜	150-159
食道	150
胃	151
小腸	152
結腸及直腸	153,154
結腸	153
直腸、乙狀結腸連結部及肛門	154

癌症名稱	ICD-O-FT 代碼
肝及肝內膽管	155
膽囊及肝外膽管	156
胰	157
後腹膜腔及腹膜	158
消化器官之其他部位及與腹膜間分界不明部位	159
呼吸系統及胸腔內器官	160-165
鼻腔、副竇、中耳及內耳	160
喉	161
肺、支氣管及氣管	162
胸膜	163
胸腺、心臟及中隔	164
白血病	169
造血系統及網狀內皮系統(白血病除外)	169
骨、關節及關節軟骨	170
結締組織、軟組織及其他皮下組織	171
皮膚	173
皮膚，惡性黑色素瘤	173
皮膚，非惡性黑色素瘤	173
女性乳房(限女性)	174
男性乳房(限男性)	175
女性生殖器官(限女性)	179-184
子宮，未明示部位(限女性)	179
子宮頸(限女性)	180
子宮體(限女性)	182
卵巢、輸卵管及寬韌帶(限女性)	183
陰道、外陰部及其他未詳細說明之女性生殖器官(限女性)	184
男性生殖器官(限男性)	185-187
攝護腺(限男性)	185
睪丸(限男性)	186
陰莖及其他男性生殖器官(限男性)	187
泌尿器官	188-189
膀胱	188
腎	189.0
腎盂	189.1
輸尿管	189.2
尿道及其週邊腺體	189.3,189.4
跨越泌尿器官兩個以上相鄰部位之病變	189.8
泌尿系統，未明示部位	189.9
眼及淚腺	190
中樞神經系統	191-192
腦	191

癌症名稱	ICD-O-FT 代碼
其他神經系統及未詳細說明部位	192
甲狀腺	193
其他內分泌腺	194
其他分界不明的部位	195
淋巴結	196
不明原發部位	199
急性淋巴芽細胞白血病	M-98213, M-98243
慢性淋巴球白血病	M-98233
急性骨髓樣白血病	M-98613
慢性骨髓樣白血病	M-98633
何杰金氏淋巴瘤	M-96503-M-96673
非何杰金氏淋巴瘤	M-95903-M-95943, M-96703-M-97043
其他惡性淋巴瘤	M-97203-M-97233

年齡標準化發生率與 95%信賴區間之估算式子如同上述 4.1，亦採用世界衛生組織公佈之 2000-2025 年世界標準人口為標準(表 9) (Ahmad et al, 2001)。

標準化發生比與 95%信賴區間之估算式子如同上述 4.1，但是以全雲林縣各年代的各性別一年齡別之各癌症發生率為標準。

4.3 台西與崙背空氣品質監測站周邊鄉鎮居民的死亡與各空氣污染物關係之時間序列分析

本計畫彙整衛生署 1993 年至 2007 年的死因資料檔與環保署 1993 年至 2007 年的台西與崙背空氣品質監測站資料，分析台西與崙背空氣品質監測站周邊 10 公里內鄉鎮(圖 17)之每日死亡(ICD-9： ≤ 800)人數、循環系統疾病(ICD-9：390-459)死亡人數、與呼吸道疾病(ICD-9：460-519)死亡人數和每日各空氣污染物(CO、NO、NO₂、NO_x、O₃、PM₁₀、SO₂)平均濃度之關係，其中 PM₁₀、NO₂、SO₂ 以每日 24 小時平均監測值為當日代表值，CO 的逐日代表值為八小時平均之最大濃度值，而 O₃ 則以 24 小時中的最大濃度值為當日代表值。

空氣污染物將包括下列時間點的值：當日；前一日(1-day lag)、前二日(2-day lag)、前三日(3-day lag)、moving average 等。環境影響因子包括：溫度，以每日 24 小時平均監測值為當日代表值，由環保署的空氣品質監測網每日逐時的監測資料獲得；此外，亦將考慮星期日期(day of the week)。

針對個別空氣污染物對健康影響測量值之時間與統計值型態之探討：利用 Pearson 相關係數，分別找出 CO、NO、NO₂、NO_x、O₃、PM₁₀、SO₂ 與各個健康效應相關聯的時效差異、及統計數字型態(最大值、平均值、日間平均值、日間最大值等)。

分析空氣污染物之重要影響因素對結果變項為計數(count)性質資料者：本計畫採用 SAS 中之 generalized additive models (GAM)來討論各空氣污染物與每日死亡數之關係，使用之模式如下：

$$Y_t \sim \text{Poisson}(\mu_t)$$

$$\log \mu_t = \alpha + \beta AP_t + s_1(\text{temperature}) + s_2(\text{time}) + \eta I_{\text{dow}}$$

其中：Y_t 為每日死亡人數

AP 為各空氣污染物，一次考慮一個

s₁ 為 smooth functions of 溫度，在此採用 LOESS smooth functions

s₂ 為 smooth functions of 日期，在此採用 LOESS smooth functions

I_{dow} 為星期日期(day of the week)的 indicator variables

所有的分析分為：1993 年至 2007 年的資料、1993 年至 2000 年的資料、2001 年至 2007 年的資料。

檔(特定主題分檔)資料與環保署 1996 年至 2006 年的台西與崙背空氣品質監測站資料，分析台西與崙背空氣品質監測站周邊 10 公里內鄉鎮(圖 17)之每日循環系統疾病(ICD-9：250-309)門診人數與呼吸道疾病(ICD-9：460-519)住院人數和每日各空氣污染物(CO、NO、NO₂、NO_x、O₃、PM₁₀、SO₂)平均濃度之關係。資料分析方法與使用之模式如 2.4.3 所示。所有的分析分為：1996 年至 2006 年的資料、1996 年至 2000 年的資料、2001 年至 2006 年的資料。

4.6 台西光化測站周邊鄉鎮居民的死亡與 VOC 濃度關係之時間序列分析

本計畫彙整衛生署 2007 年 3 月至 2008 年 4 月的死因資料檔與環保署 2007 年 3 月至 2008 年 4 月的台西光化監測站資料，分析台西光化測站周邊 10 公里內鄉鎮之每日死亡(ICD-9：<=800)人數、循環系統疾病(ICD-9：390-459)死亡人數、與呼吸道疾病(ICD-9：460-519)死亡人數和每日各 VOC 平均濃度之關係。資料分析方法與使用之模式如 4.3 所示。

4.7 健康風險估算

本計畫評估當地之揮發性有機化合物濃度對居民造成之健康風險，包括急性、慢性及癌症健康風險，計算方法如下所述：

急性健康風險：評估短時間內，透過呼吸的暴露途徑，所產生的急性健康風險。其指標為急性健康危害指數(Hazard Index Acute, HIA)，公式如下：

$$HI_A = \frac{C_1}{Acute_REL_1} + \frac{C_2}{Acute_REL_2} + \dots + \frac{C_i}{Acute_REL_i}$$

C_i 為污染物一小時的最大濃度；Acute REL_i 為急性健康風險建議標準 (Acute Inhalation Reference Exposure Level)，其定義為在一個小時內，暴露在此濃度標準以下，不致有不良的健康效應。

- i. 慢性健康風險：評估在長期暴露的情況下，一般而言長期是指一生的 12% 或者 8 年的暴露時間，透過呼吸的暴露途徑，所產生的慢性健康風險。其指

標為慢性健康風險危害指數(Hazard Index Chronic, HIC)，其公式為：

$$HI_C = \frac{C_{avg1}}{Chronic_REL_1} + \frac{C_{avg2}}{Chronic_REL_2} + \dots + \frac{C_{avg_i}}{Chronic_REL_i}$$

C_i 為污染物濃度；Chronic REL_i 為慢性健康風險建議標準(Chronic Inhalation Reference Exposure Level)。

- ii. 致癌風險：長期暴露情況不變時，暴露在某一濃度下，造成終生癌症發生的機率，其公式為：

$$\text{致癌風險} = \text{致癌物濃度}(\mu\text{g}/\text{m}^3) \times \text{單位致癌風險係數(Units Risk Factor)}(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$$

本研究參考美國環保署(USEPA) IRIS(Integrated Risk Information System)資料庫以及加州環保署(Cal EPA) 所提供的官方文件“Hot Spot Guidelines”，分別鑑定出具有急性健康風險、慢性健康風險；之後並蒐集這些物質相關的急性、慢性參考暴露標準(Reference Exposure Level)進行急性、慢性健康風險的計算。

另外，針對具有致癌性的空氣污染物，本研究將利用美國環保署(US EPA)及國際癌症研究署(International Agency for Research on Cancer, IARC)資料庫，鑑定出為具有致癌性的污染物，及其單位致癌風險係數，進行致癌風險的計算評估。

5. 規劃未來的社區居民流行病學調查工作事項

依據所蒐集資料之探討與分析，訂出適當之研究設計與方法，以了解這些工業區排放的空氣污染物是否影響其附近居民的身體健康。

整合在文獻回顧所彙整之國內外有關石化工業區排放物質與居民健康關係之流行病學研究、本計畫所收集之環境污染物監測資料、居民健康資料、以及初步之環境暴露-健康效應相關性分析結果，分析比較國內外相關工作之規劃方式、執行方式及結果，擬訂出適當之流行病學研究設計與方法(包括：可能研究對象之選取、適切之暴露評估方法、健康效應種類、各流行病學調查方法之優缺點等等)，供主管單位未來進一步評估工業區排放的空氣污染物對其鄰近居民身體健康可能影響之參考。

參、結果與討論

一、文獻回顧

1. 石化工業區環境及監測相關文獻

由國內石化工業區環境相關碩博士論文發現，過去大多利用台灣空氣品質模式來進行工業區的揮發性有機物質濃度的模擬，以推估排放量，例如由 ISC 模式來模擬高雄工業區之苯及氯乙烯最大年平均濃度分別為 72.255 及 $191.422 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (田浚致, 2004)；另外，國內相關計畫所推估之排放量多以有害空氣污染物，例如含有苯環類、氯乙烯等為主（見表 12、表 13）。

總揮發性有機碳氫化合物之濃度為容易用來了解石化工業區空氣污染情形之指標，針對國內環境監測相關文獻，於工業區鄰近地區(僅離廠區 100 公尺)採樣發現其濃度明顯高於位於較遠之空品測站採樣點(距工業區約 3-6 公里)，顯示離工業區越近之空氣汙染濃度越嚴重(見表 14)。

根據所彙集之國外環境監測相關研究，大多利用定點採樣方式以得到石化工業區周遭之空氣汙染濃度情形，針對 NO_2 、 SO_2 、BTEX 以及其他揮發性有機物質瞭解濃度及其分佈情形，以常被討論之 BTEX 濃度，位居道路旁兩側的採樣點，雖高於工業區的濃度情形(Ras-Mallorqui et al., 2007)，但若對於工廠旁的採樣點來說，苯及甲苯濃度分別仍有 2.1 ± 0.8 ppb 及 3.9 ± 0.9 ppb (Na et al., 2001)左右，且 BTX 分佈以煉油廠濃度最高向外依風向而擴散分佈(De Santis et al., 2004)，(見表 15)。以同樣位於廠外採樣點之國內外 BTX 濃度相比較，國內 BTX 濃度是比國外來得高的(Kalabokas et al., 2001, Chiang et al., 2007)。

另外，石化工業區之環境監測，氣象因子在相關研究中佔了很大的影響，例如風向、風速、溫濕度等：在長期位於下風處的監測點，會有較高的總揮發性有機碳氫化合物(TVOC)濃情形；夏季的濃度最高，其次為秋季，可能是因為溫度

較高時 VOC 容易揮發所造成。除了風向、風速、溫濕度等因子外，仍有許多可能因素例如是否鄰近道路、交通排放量大小、日照強度等，都可能影響環境監測結果。

表 12 國內石化工業區環境資料相關碩博士論文

學校/作者	地區	監測項目	採樣/分析方法	結果
台灣大學職業醫學與工業衛生研究所/謝瑞豪, 2000	高雄石化工業區	毒性物質分布	利用 FRIR 遙測技術針對工業區作時間與空間的監測。	1. 量測到 51 種不同之 VOCs 物質。 2. 在各工廠進行量測時也發現，會出現其他工廠的汙染物，顯示有交互汙染的情形發生。
成功大學環境醫學研究所/田浚致, 2004	居住於高雄林園、仁大工業區內居民，並分為高暴露及低暴露組	推估工廠歷年排放量，致癌風險評估	- 利用空氣擴散模式（ISC）推估當地空氣汙染物濃度之分佈情形。	1. 仁大工業區之氯乙烯由模式所模擬出最大之平均濃度為 $191.422\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ，當地居民接受高暴露風險值為 $3.719\times 10^{-4}\sim 5\times 10^{-5}$ 。 2. 工業區中之苯由模式所模擬出來之最大年平均濃度為 $72.255\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ，當地居民所接受之高暴露區風險值為 $1.244\times 10^{-4}\sim 1\times 10^{-6}$ 。
雲林科技大學環境安全衛生工程研究所/詹家偉, 2007	雲林六輕離島工業區	以台灣空氣品質模式 (TAQM) 並加入實測模擬量	- 以 TAQM 為工具，並搭配光化指標、老化指標、氣團指標轉變值方程式等方式來對六輕排放量加入前後所導致雲嘉南地區的	1. 由模擬期間的結果顯示，六輕環評排放量全量運轉後會致使雲嘉南地區的臭氧最大改變量約略增加10到20 ppb左右。 2. 若以臭氧敏感性方程式（ITVEAM）分析六輕環評全量運轉後對於雲嘉南空品區臭氧敏感性改變情形，六輕環評排放量的影響會導致臭氧控制方向往VOC控制方向作改變，改變的區域以台南及高雄為主。 3. 以實測通量法所推估的六輕VOCs排放量代入TAQM進行模擬並與環評排放量的模擬結果相較，兩者模擬結果在各種指標的空間分佈情況極為類似。

學校/作者	地區	監測項目	採樣/分析方法	結果
			空氣污染改變情形進行探討。	4. 而實測通量法模擬結果的臭氧濃度僅較環評排放量多了約2-6ppb。

表 13 國內石化工業區環境相關報告

計畫名稱/執行單位	地區	結果
96 年度六輕相關計畫之特定有害空氣污染物所致健康風險評估報告/國立雲林科技大學環境與安全衛生工程、長庚醫學管理學系, 2008	六輕工業區	<ol style="list-style-type: none"> 1. 參考美國 FIRE6.25 資料庫獲得 VOCs、揮發性有機空氣污染物及 PAHs 排放係數，利用“排放口 HAPs 排放量=活動強度×排放係數×排放口之 VOCs 排放比例”，來推估各廠 HAPs(有害空氣污染物)排放量，並加權各廠有害強度。 2. 推估結果：台塑聚氯乙烯廠為三氯乙烯最大來源(421.9 ton/year)、二甲苯廠所排放口最大二甲苯量為 267.8 ton/year、氯乙烯最大排放量為 208.8 ton/year、甲苯最大排放量為輕油廠 459.0 ton/year、甲醛最大排放量為輕油廠 414.1 ton/year。
雲林離島式基礎工業區空氣汙染總量調整規劃,2006	六輕工業區	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本工業區所在地空品區原生性空氣品質均逐年下降，但臭氧濃度卻逐年增加。 2. 進一步以 CAMx 及 CALPUFF 模式證實台灣地區污染事件發生時，光化煙霧中的臭氧及衍生性懸浮微粒的主要貢獻來自地面之移動污染源，其次為排放高度較低的工業鍋爐，其排放量較低，反而具有較大的濃度貢獻，最後才是大型的發電設施。
雲林離島式基礎工業區環境與居民身體健康之暴露及風險評估研究/財團法人成大研究發展基金會, (94.5.12-94.12.31),2005	六輕工業區	<ol style="list-style-type: none"> 1. 利用 ISCST3 來進行空氣污染物濃度之擴散模擬，以了解實際空氣污染物濃度之分佈情形。 2. 模擬出來之各污染物排放量大小依次為苯>苯乙烯>乙苯>異丙苯>二甲苯>氯乙烯>甲基第三丁基醚。
台灣地區光化學污染之形成、傳輸機制及其影響/台大/國立台灣大學公共衛生學院職業醫學與工業衛生研究所,	雲林縣台西光化測站周邊	<ol style="list-style-type: none"> 1. 當風向為南風時，台西站所測得之乙烯、丙烯值較低，但當風向為北風時，台西站的所測得之乙烯、丙烯值偏高，甚至於丙烯濃度高於 100 ppbv。 2. 由於台西的位置在六輕工業區的南方約 5 公里處，且為農業鎮，機動車輛污染並不高，因此吹南風時背景的乙烯、丙烯濃度要比都會區來得低，週邊除六輕

計畫名稱/執行單位	地區	結果
(96.5.16-96.12.23), 2008		工業區外，並無其它排放源，因此可以判斷這些污染應來自六輕工業區。

表 14 國內環境監測相關文獻

國家/作者	監測地區	監測項目	採樣/分析方法	結果
台灣/ Chen et al., 2006	桃園煉油廠	煉油廠內進行採樣 VOC 的採樣(以免交通工具所造成的干擾)	2004 年 2 月至 12 月，每一季節採兩次，一共 8 次調查，以不銹鋼瓶 (Canister)進行採樣。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在本研究調查中發現烷類所佔的比例約為 51%，其次為烯類 27%、芳香族 10%、環狀碳氫化合物 8%及鹵化碳氫化合物 3% 等。 2. 苯的濃度為 28 ± 26ppb，甲苯為 83 ± 49ppb，Ethylbenzene 為 13 ± 8ppb，m,p-Xylene 為 33 ± 19ppb。 3. 主要的逸散點為儲油槽、廢液處理廠等。
台灣/Chiu et al.,2005	高雄煉油廠鄰近地區	煉油廠附近之 NO ₂ 、SO ₂ 、O ₃ 、HCHO 及 VOC 濃度情形。	2001/4/24~5/4 UV-DOAS 採樣	<ol style="list-style-type: none"> 1. 當在 SO₂ 及 NO₂ 較高的那天，其夜晚之芳香族及 HCHO 濃度也較高。 2. 在採樣期間中，O₃ 出現最大濃度值為 161ppbv，NO₂ 出現最大濃度值為 98ppbv，SO₂ 出現最大濃度值為 219ppbv，甲醛出現最大濃度值為 91ppbv，苯出現最大濃度值為 373ppbv，甲苯出現最大濃度值為 282ppbv，Ethylbenzene 出現最大濃度值為 15ppbv，p-Xylene 出現最大濃度值為 13ppbv。

國家/作者	監測地區	監測項目	採樣/分析方法	結果
台灣/ Lin et al., 2004	高雄煉油廠 鄰近地區	VOCs	-2001/4/24~5/4，利用 canister 採樣(廠內、廠外及廠區外共 26 個點，早上與下午各 1 個樣本，共 52 個樣本)，用 GC-FID 分析； -另外架設 UV-DOAS 採樣 (4/28~5/4) 1 週。	1. GC 方法： - TVOCs 最高濃度為 2506 ppbv (靠近燃燒廢棄物的煙囪)，各採樣點濃度的差異性很大 - TVOCs 比高雄市的濃度高 10-18 倍 - 平均濃度：benzene: 110 ppbv；toluene: 118 ppbv；m, p-xylene: 20 ppbv；ethylbenzene 10 ppb，比其他國家測得的數值高。 2. UV-DOAS 方法： - 夜晚的 BTXE 濃度高於白天，可能是因為逆溫層阻擋了大器擴散或是逸散增加。 - 平均濃度：benzene: 144 ppbv；toluene: 139 ppbv；p-xylene: 4.74 ppbv；ethylbenzene 2.04 ppb，亦比其他國家測得的數值高。 3. 影響空氣 VOCs 分布的氣象因子有溫度、相對濕度、風向風速、以及太陽輻射

表 15 國外環境監測相關文獻

國家/作者	監測地區	監測項目	採樣/分析方法	結果
義大利/De Santis et al., 2004	位於 Falconara 鄰近的煉油廠周界共 56 個採樣點	利用被動式採樣以瞭解 SO ₂ , NO ₂ , NO _x , NH ₃ 及 BTX 等濃度以及空間分布情形。	採樣： 於 2001 年 3 月至 10 月將 56 個採樣點分成三種類型 1) 道路旁、2) 開發區(為受到煉油廠溢散影響之主要區域)及 3) 遠離煉油廠及道路區域(可做為背景值)，一個月份採一次，448 個樣本。 分析方法： Colorimetry for NO ₂ , NO _x ，離子層析儀分析 SO ₂ 及 NH ₃ ，氣相層析儀分析 BTX。	1. NO _x 月平均濃度：道路旁：88.5 µg/m ³ ，背景值 31.0 µg/m ³ ，開發區：49.0 µg/m ³ ；NO ₂ 月平均濃度：道路旁：47.3 µg/m ³ ，背景值 26.6 µg/m ³ ，開發區：38.7 µg/m ³ ；SO ₂ 月平均濃度：道路旁：17.7 µg/m ³ ，背景值 12.2 µg/m ³ ，開發區：17.0 µg/m ³ ；苯月平均濃度：道路旁：3.3 µg/m ³ ，背景值 1.4 µg/m ³ ，開發區：1.7 µg/m ³ ；甲苯月平均濃度：道路旁：10.8 µg/m ³ ，背景值 8.1 µg/m ³ ；Xylene 月平均濃度：道路旁：14.5 µg/m ³ ，背景值 11.6 µg/m ³ 。 2. NO ₂ 、NO _x 、及 SO ₂ 位居於鄰近高流量道路的濃度比住宅區及背景值高，其中 NO _x 月平均值為 88.5 µg/m ³ ，且與居住區及背景值有差異。 3. 苯於道路旁的採樣點有較高的濃度 3.3(µg/m ³)，低於其他歐洲國家(最大約 50 µg/m ³)，符合法規。 4. 在苯、甲苯、二甲苯三者的濃度空間分佈，可發現位於煉油廠附近有較高的濃度情形，可將其歸納為是由於煉油廠的溢散所造成。
印度/ Rao et al., 2007	Digboi 煉油廠廠區內 56 處	瞭解苯於煉油廠中的濃度以及其與空間、季節的影響	2004 年夏季及冬季，進行煉油廠區室內及室外及邊界的主動採樣，利用 GC-MS 分析。	1. 冬季時，廠區室內的苯濃度明顯高於室外之苯濃度為 42-282 µg/m ³ 。 2. 夏季時，廠區室內的苯濃度為 7-133 µg/m ³ ；廠外的苯濃度為 1-352 µg/m ³ 。 3. 不管於夏季或是冬季，苯的平均濃度都是廠內高於廠外。

國家/作者	監測地區	監測項目	採樣/分析方法	結果
阿曼 /Andul-Wahab et al., 2004	位於 Mina Al-Fahal 工業區之中的煉油廠	葉子中 SO ₂ 及 sulphate 濃度	於 2002 年 12 月至 2003 年 1 月利用熱帶植物以瞭解煉油廠附近的 SO ₂ 濃度。	1. 由等高圖可以發現越接近煉油廠之環境 SO ₂ 的濃度越高。
韓國/ Na et al., 2001	韓國 Ulsan 工業區及其臨近的一個城市	VOCs (C ₂ -C ₉ total hydrocarbons: alkanes, alkenes, alkynes, aromatics, naphthenes, oxygenated hydrocarbons, halogenated hydrocarbons)、氣象因子	- 1997/6/3-6/15 採集 fine particles, 6/3-6/8 利用 canister 進行 VOC 採樣 - 工業區及城市各有一個採樣點 - 以 GC-FID 進行分析	1. 工業區日平均值±標準差： C2-9 total hydrocarbons: 1317.3±1184.4 ppbC ; oxygenated hydrocarbons: 829.7±1076.7 ppbC ; methanol/ethanol/acetone 467.8±533.4 ppb ; benzene: 2.1±0.8 ppb ; toluene: 3.9±0.9 ppb ; o-xylene: 1.1±0.4 ppb ; ethylbenzene 0.9±0.3 ppb ; vinyl chloride: 4.0±1.8 ppb 2. 工業區的各項 VOC 平均值及其每日變化差異皆比城市高、TVOC 濃度約為城市的 4 倍 3. 兩地皆以 oxygenated hydrocarbons groups 為七組 hydrocarbons 中濃度最高者。

國家/作者	監測地區	監測項目	採樣/分析方法	結果
美國 /Kulkarni et al., 2007	鄰近德州 休士頓之 石油煉油 廠	PM _{2.5} 並分 析 Particles 中的金屬濃 度	利用空品站之直讀式 PM _{2.5} 監測儀即時採樣監測。 (2006/7/31-2006/8/4)	1. 在此段期間的監測中濃度多為 5-10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，最大值為 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。 2. Particles 的濃度受到盛行風影響。
西班牙 /Ras-Mallo rqui et al., 2007	位於 Catalonia 之南部 Tarragona 石化工業 區及都市 區	52 種揮發 性有機物質	於 2005 年 12 月至 2006 年 1 月各一天，共兩天。四個 鄰近道路之都市區採樣點 及三個鄰近石化工廠的採 樣點進行吸附管採樣。	1. 工廠旁三個採樣點之最大濃度值苯為 16.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，甲苯為 15.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，Ethylbenzene 為 12.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，o-xylene 為 15.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，m,p-xylene 為 8.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。 2. 在都市區的交通來源空氣污染物濃度最大值，苯為 27.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，甲苯為 134.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，Ethylbenzene 為 22.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，o-xylene 為 23.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，m,p-xylene 為 63.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。 3. Methylene chloride, 1,4-dichlorobenzene, chloroform 及 styrene 較常出現於工業區採樣點，且 TVOCs range 為 19-85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

國家/作者	監測地區	監測項目	採樣/分析方法	結果
希臘/ Kalabokas et al.,2001	煉油廠鄰近區域	碳氫化合物、芳香族等	於 1997/2/22-1997/3/2、1997/5/4-1997/5/12、1997/9/14-1997/9/21、1997/10/25-1997/11/2，五個採樣點位於距離煉油廠 3km 的西、西北、北、東北及東方，另一個採樣點於距離煉油廠 8km 東南方位置，並探討時間與下風位置進行採樣，共 130 個樣本。以 FID 進行樣本的分析。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 130 個樣本平均濃度值：苯：0.81 ± 0.70ppbv，甲苯：1.67 ± 1.43ppbv，Ethylbenzene：0.31 ± 0.34ppbv，o-xylene：0.63 ± 0.68ppbv，m,p-xylene：0.72 ± 0.71ppbv，Hexane：1.46 ± 4.43ppbv，BTX：3.89 ± 3.18ppbv。 2. 在採樣的四個月份中(2 月、5 月、9 月及 10 月)，BTX 及 PAR(飽和碳氫化合物)濃度以 5 月及 9 月的濃度較高。 3. 在採樣的四個時段中(0:00、06:00、12:00 及 18:00)，PAR 濃度以 12:00 的濃度最高(3.74 ± 10.15ppbv)，BTX 濃度以 06:00 的濃度最高(3.91 ± 3.51ppbv)。 4. 若與當地都市交通排放相比，交通排放仍高於煉油廠的情形。
土耳其 /Cetin et al., 2003	位於 Izmir 的 Aliaga 煉油廠及石化工廠鄰近區域	VOC	於 2000 年 9 月至 2001 年 9 月於三個採樣點各採集 26 個 VOC 樣本，共 78 個。以 GC-FID 進行分析。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 53 個鄰近石化工業區樣本的二氯乙烯濃度($38.5\pm59.5\mu\text{g}/\text{m}^3$)高於本地區之郊區濃度($5.9\pm4.1\mu\text{g}/\text{m}^3$)，位於工業區之 Ethyl alcohol 濃度為 $29.5\pm34.8\mu\text{g}/\text{m}^3$ (n=39)，Acetone 濃度為 $23.4\pm30.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ (n=76)。Ethyl acetate 濃度為 $17.3\pm34.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ (n=33) 2. 氣象因子在相關研究中佔了很大的影響，例如風向、風速、溫濕度等，在長期位於下風處的監測點會有較高的 TVOC 濃情形。 3. 本研究中 TVOC 平均值最大出現於 site1($112.8\pm128.3\mu\text{g}/\text{m}^3$)，主要原因可能結合了煉油廠及石化廠的逸散。 4. VOC 濃度受到溫度及風速的影響，夏季的濃度高於最高，其次為秋季，可能是因為溫度較高時 VOC 容易揮發所造成。

國家/作者	監測地區	監測項目	採樣/分析方法	結果
瑞典/ Ulf Ostermark, 1995	Scanraff 裂解煉油廠	碳氫化合物	1992/3/3-1992/4/10 利用活性碳管，於煉油廠下風處 50-100 公尺採樣，採集期間風速大約回 6-15m/s，彩及後的樣本以 GC-FID 分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 研究中發現烷類所佔 C₂-C₈總碳氫化合物約為 76.0-81.0%，其次為烯類約 16.1-20.1%。 2. C₂-C₈總碳氫化合物濃度 range 為 93-320µg/m³。
印度/Rao et al., 2005	煉油廠	煉油廠內各點可能會溢散的化學物質種類	(沒有說明)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 研究中發現在煉油的過程中有許多有害物質溢散，例如含硫碳氫化合物、酸類、醇類、BTX、酮類等。 2. 在位於原料填充處下風位置處 2M，THC 濃度 > 1000ppm，距離 10M 及 20M 下風處 THC 濃度分別為 120 及 14ppm。
西班牙 /Moreno et al., 2006	距離石化工廠西北方的採樣點	PM ₁₀ 及 PM _{2.5}	2004/1/22-2-5/3/1 採集 PM ₁₀ 及 PM _{2.5} 樣本各 110 及 111 個，平均一周採集兩次，並以 ICP-OES、ICP-MS 分析微粒中的金屬濃度。	在沒有發生沙塵暴的日子，來自石化工廠的 PM ₁₀ 佔了採樣的 51%。

2. 石化工業區附近居民健康效應相關文獻

國內有許多石化廠健康效應的相關碩博士論文及相關計畫，如：劉長明(1992，碩士論文)以高雄市前鎮區興邦里社區（鄰近大型石化工廠）為中心，距離一公里為半徑範圍之所有社區共 11 個社區，再以 1976 年(民國 65 年)至 1990 年(民國 79 年)該區域社區居民之死亡診斷書資料共 2001 份，分析全死因，惡性腫瘤，循環系統之疾病，高血壓性疾病。結果顯示，11 個社區總合之男性重要死因顯著高於台灣地區者有：全死因，惡性腫瘤，循環系統之疾病，高血壓性疾病；高於高雄市地區者有：全死因，惡性腫瘤，意外事故及不良影響。女性重要死因顯著高於台灣地區者有：惡性腫瘤，高血壓性疾病，糖尿病，而沒有任何重要死因是顯著高於高雄市地區。另外鄭明芬(1997，碩士論文)以 1991 至 1994 年台灣地區居民死亡資料檔來分析得肺癌及比較得到全癌症。結果在調整職業、居住、死亡地後發現石化工業區之中等及高等污染區得肺癌的勝算比都比低等污染區高，且都達到統計學上的顯著差異。而陳彥如(2000，碩士論文)以民國 85-88 年住在高雄地區 26 個鄉鎮市區，離石化工業區 3km 為周界，以 30 歲以下之原發性腦瘤病例共 145 名(男性 69 名，女性 76 名)來研究，結果發現年輕族群原發性腦瘤在石化工業區周界 1 公里內的累積發生率是對照區的 1.28 倍(95CI=0.77-2.12)。

闕大順(2001，碩士論文)用高雄大社、仁武、林園、左楠四大石化工業區的居民，找到共 88 名新白血病個案及 181 名對照，發現在調整了年齡、性別及相關的干擾因子後，在懷孕時期居住距離石化工業區周界一公里內罹患急性淋巴性白血病的危險性為 4.82 倍(95%CI=1.06-21.92)，具統計意義。林盟喬(2002，博士論文)則利用資料分析 1995 年至 1997 年高雄市六個空氣監測站周圍 2 公里內出生的新生兒 2545 個，想瞭解嬰兒低體重率及早產率，結果發現，在校正干擾因素包括母親年齡、出生季節、婚姻狀況、母親教育程度、和胎兒性別，校正後的低出生體重兒勝算比(Odds Ratio)是 1.767(95%CI: 1.002-3.116)。新生兒早產率是 3.11%，其餘地區僅有 2.28%。(如表 16)

空氣污染對沿海地區環境及居民健康影響

在國內石化廠健康效應的相關計畫方面，財團法人成大研究發展基金會(2005)的計畫，「雲林離島式基礎工業區環境與居民身體健康之暴露及風險評估研究」的結果顯示癌症標準死亡率和癌症標準發生率，在麥寮鄉除了肝癌、食道癌、及口腔癌歷年死亡率成長趨勢高於台灣地區外，與空氣污染相關之肺癌在麥寮鄉則逐漸減少，其肺癌發生率並無較高趨勢。另外，國立雲林科技大學環境與安全衛生工程系(2008)的計畫，「96 年度六輕相關計畫之特定有害空氣污染物所致健康風險評估報告」，結果顯示利用 85-91 年間之全國死亡資料檔得知年齡標準化死亡率(SMR)顯示麥寮鄉居民相較於全台灣之居民有較高之死亡率(SMR=1.26-1.46)，其統計結果達顯著意義。(如表 17)

國內外有許多流行病學研究持續探討石化工業區對其附近居民可能造成的健康效應，如：白血病、呼吸道症狀及疾病、新生兒的出生、性別情形、婦女懷孕週數、癌症死亡等。

在針對白血病的研究方面，發現居住的越久、並在石化廠或加油站附近、年齡在 20-29 歲之間其得病的機率越高(美國加州,Speer et al 2002;法國,Steffen et al 2004;台灣,Yu et al 2006 ;台灣,Weng et al 2008)(見表 18、表 19)。

在新生兒的研究方面，發現新生兒的出生體重、性別與石化工業所排放之物質可能有關(加拿大,Mackenzie et al 2005; 台灣,Yang et al 1999;台灣,Lin et al 2004)，也有無顯著相關(巴西,Oliveira et al 2002)(見表 20 表 21)。

在呼吸道的研究方面，居住在石化廠附近並會聞到化學異味的地方，居民得到呼吸道相關疾病甚多(台灣,Yang et al 1997; 台灣,Chen et al 1998;台灣,Liao et al 2005)(見表 22)。

針對婦女懷孕週數，發現居住在石化廠 3km 附近對於懷孕週數及早產是有影響(台灣,Yang et al 2001; 台灣,Yang et al 2001)(見表 25)。

在得到癌症方面，住離石化廠越近會得到肺癌、淋巴瘤、腦癌、等相關癌症

的機率大幅增加，其死亡率也越高(台灣,Pan et al 1994; 台灣,Yang et al 1997; 台灣,Yang et al 1999;義大利,Benedetti 2001;義大利,Belli et al 2003;台灣,Liu et al 2008)(見表 23、表 24)。

另外還有針對慢性自體免疫甲狀腺炎的盛行率與是否居住在石化工業區附近，是無顯著相關(巴西,Camargo et al 2006)(見表 26)。

另外，國內外也有許多流行病學研究是持續探討石化工業區對其工作的工人的健康可能造成的健康效應，如：婦女懷孕、癌症死亡、全死亡率及其他疾病等等。

在針對婦女週數，研究發現暴露在石化工廠的化學物質其婦女的流產率有較高的影響(中國,Xu et al 1998; 中國,Thurston et al 2000)，其壓力也是影響懷孕的重要因子(韓國, Lee et al 2008)。(見表 27)

在得到癌症方面，在石化廠工作或居住在附近的工人，會得到肺癌等相關癌症的機率大幅增加(美國德州,Kim et al 1999;義大利,Pasetto et al 2008)，但膀胱癌則尚無結果(美國,Felknor et al 2003)(見表 28)。

在全死亡率或標準死亡率的研究方面，不論是全死亡率、全癌症死亡率、個別癌症死亡率、非癌症死亡率都比一般美國人口還要低。受雇的年份和工作分類也不影響。(美國伊利若州, Rodu et al 2001; 美國加州,Wong et al 2001; 美國德州,Wong et al 2001; 美國路易斯安那州,Tsai et al 2003; 美國德州,Tsai et al 2007; 英國,Sorahan et al 2007)。(見表 29)

其他還有關於遭受到苯暴露的工廠工人的回溯性研究發現，其苯可能會造成 Chromosome aberration(CA)及 Sister chromatid exchange(SCE)的異常(匈牙利,Tom et al 2005)、心血管及肥胖的增加(美國德州,Tsai et al 2008)，也會造成視力異常(韓國, Lee et al 2006);不過，在之前的研究會提到暴露在 benzene 中會有血液學上的異常，但在本篇中並無差異(美國,Tsai et al 2004)。(見表 30)

表 16 國內石化廠健康效應的相關碩博士論文及相關計畫

學校/ 作者	研究設 計	研究對象 (N,age,sex)	暴露因子/ 暴露評估	健康效應/評估方 法	結果
高醫/ 劉長 明 1992 碩士 論文	資料分 析	民國 65 年 至民國 79 年該區域 社區居民 之死亡 診斷書資 料（共 2001 份）。	-高雄市前鎮 區興邦里社 區（鄰近大型 石化工廠）為 中心，距離一 公里為半徑 範圍之所有 社區共 11 個 社區 -距離	-全死因，惡性腫 瘤，循環系統之 疾病，高血壓性 疾病 -死亡 診斷書資料	1.在 11 個社區總合之男性重要死因 顯著高於台灣地區者有：全死因，惡性腫瘤，循環系統之 疾病，高血壓性 疾病 2. 在 11 個社區總合之男性重要死因顯著高於高雄市地區 者有：全死因，惡性腫瘤，意外事故及不良影響 3. 在 11 個社區總合之女性重要死因顯著高於台灣地區者 有：惡性腫瘤，高血壓性疾病，糖尿病，而沒有任何重要 死因是顯著高於高雄市地區 4. 在 11 個社區總合之男性部位癌症顯著高於台灣地區者 有：全癌症，消化器及腹膜，肝膽，泌尿器，腎臟 5. 在 11 個社區總合之男性部位癌症顯著高於高雄市地區 者有：全癌症，消化器及腹膜，腎臟 6. 在 11 個社區總合之女性部位癌症顯著高於台灣地區者 只有全癌症與泌尿器二項，而沒有任何部位癌症是顯著高 於高雄市地區。

學校/ 作者	研究設 計	研究對象 (N,age,sex)	暴露因子/ 暴露評估	健康效應/評估方 法	結果
高醫/ 鄭明 芬 1997 碩士 論文	病例對 照研究 法、生 態研究 法	1991 至 1994 年之 台灣 地區 居民死亡 資料檔	-石油及石化 污染物溢散 致癌 -以 1989 年石 化工廠雇用 人口作計 算，以雇用人口 數除以該 地區所有人口 數，做為居民 暴露於石 化工業污染 指標，再平均 分割成三等 分以利比較	-肺癌、比較得到 全癌症 -死亡資料檔	1.在調整職業、居住、死亡地後，石化工業區之中等及高等 污染區得肺癌的勝算比都比低等污染區高，且都達到統計 學上的顯著差異 2.以直接年齡調整死亡率比較 16 個石化工業社區及 16 個對 照區。結果發現：除了男性肝癌有較高的死亡率 外，其餘癌症在石化工業區的居民並沒有較高的危險性。

學校/ 作者	研究設 計	研究對象 (N,age,sex)	暴露因子/ 暴露評估	健康效應/評估方 法	結果
高醫/ 陳彥 如 2000 碩士 論文	資料分 析	民國 85-88 年住在高 雄地區 26 個鄉鎮市 區 30 歲以 下之原發 性腦瘤病 例共 145 名(男性 69 名，女性 76 名)	-其四個大型 石油及石化 工業區，包括 左營楠梓、大 社、仁武和林 園，依石化工 業區其周界 1 公里、周界 1-2 公里、周界 2-3 公里內與周 界 3 公里外 (對照區) -居住距離石 化工業區的 遠近與年輕 族群原發性 腦瘤間的關 聯	-原發性腦瘤病例 (ICD191) -全民健保住院資 料	1.結果發現民國 85-88 年間年輕族群原發性腦瘤在石化工業區周界 1 公里內的累積發生率是對照區的 1.28 倍 (95% CI=0.77-2.12) 2.在周界 1-2 公里是對照區的 1.13 倍 (95% CI=0.50-2.57)；在周界 2-3 公里是對照區的 0.61 倍 (95% CI=0.23-1.65) 3.但以腫瘤型態來看，腦惡性腫瘤尤其是神經膠質瘤在周界 1-2 公里內比周界 2 公里外有較高的累積發生率 (RR=1.91, 95% CI=0.69-5.31)，特別是女性 (RR=3.23, 95% CI=0.97-10.80) 4.而男性腦良性腫瘤在石化工業區周界 1-2 公里處比周界 2 公里外的對照區也有較高的危險性 (RR=5.16, 95% CI=1.11-23.88)。

學校/ 作者	研究設 計	研究對象 (N,age,sex)	暴露因子/ 暴露評估	健康效應/評估方 法	結果
高醫/ 闕大 順 2001 碩士 論文	病例對 照研 究，以 hospital based 做對照	高雄大 社、仁武、 林園、左楠 四大石化 工業區的 居民，共 88 名新白 血病個案 及 181 名 對照	-石化工業可 能逸散洩露 其之污染 物，如苯、環 氧乙烷等 -以居住之遠 近，職業別	-得到白血病與否 -收集自民國 86 年 1 月至民國 90 年 1 月，居住於 高雄縣市 26 個鄉 鎮區域內 30 歲以 下的新發生白血 病個案，以 1:3 隨機抽取同年齡 性別之健康居民 為對照，探討不 同時期（懷孕 前、懷孕期間、 出生至診斷前） 居住地距離石化 工業區的遠近及 父母親職業暴露 對年輕族群白血 病的影響。	1. 在調整了年齡、性別及相關的干擾因子後，在懷孕時期 居住距離石化工業區周界一公里內罹患急性淋巴性白 血病的危險性為 4.82 倍（95%CI=1.06-21.92），具統計 意義。 2. 在未調整干擾因子： -懷孕時期居住在一公里內罹患急性淋巴性白血病的危險性 是 3.73 倍(95% CI= 1.04-13.33)達統計顯著； -父母親的職業暴露中，母親曾經暴露於美容美髮劑 (OR=6.42 , 95%CI=1.60-25.68) -父親曾經暴露於錫焊燻煙(OR=4.43 , 95%CI=1.02-19.11)、 在母親懷孕期間暴露廢氣(OR=4.43 , 95%CI=1.02-19.11)等 -對於子代罹患白血病呈高相關且達統計顯著性。

學校/ 作者	研究設 計	研究對象 (N,age,sex)	暴露因子/ 暴露評估	健康效應/評估方 法	結果
高醫/ 林盟 喬 2002 碩士 論文	資料分 析	1995 年至 1997 年高 雄市六個 空氣監測 站周圍 2 公里內出 生的新生 兒 2545 個	-二氧化硫和一 氧化碳、氮 氧化物 (NOX)、懸 浮微粒 (PM10) -1995 年至 1997 年高雄 市六個空氣 監測站周圍 2 公里內	-週產期 37 週以 上及體重低於 2500g 之出生嬰 兒低體重率及早 產率 -全民健保資料	1.低出生體重兒的粗盛行率在石化工業區有 3.22%，在其他 非石化工業區為 1.84% 2.在統計勝算比 (Odds Ratio) 校正干擾因素包括母親年齡、 出生季節、婚姻狀況、母親教育程度、和胎兒性別。 3.校正後的低出生體重兒勝算比 (Odds Ratio) 是 1.767 (95% 信賴區間：1.002-3.116)。新生兒早產率是 3.11%，其餘地 區僅有 2.28% 4.我們同樣校正上述幾個重要的干擾因子之後，算出石油工 業區對非石油工業區其早產兒發生的勝算比 (Odds Ratio) 為 1.40 (1.08-1.82)。5.經過校正相同的干擾因子之後發現 二氧化硫和一氧化碳在第二孕程 (Second Trimester) 對於 出生低體重兒的發生有顯著正相關。 6.在早產兒方面，經過校正後發現二氧化硫在第一孕程 (First Trimester) 與其有顯著正相關；氮氧化物 (NOX) 在第一孕程和第二孕程與其有顯著正相關；懸浮微粒 (PM10) 則是在所有的孕程都有顯著正相關。

表 17 國內石化廠健康效應的相關計畫

計畫名稱/執行單位	研究設計	研究對象	暴露因子/ 暴露評估	健康效應/評估方法	結果	監測 資料
-96 年度六輕相關計畫之特定有害空氣污染物所致健康風險評估報告 -國立雲林科技大學環境與安全衛生工程系	生態型研究	麥寮鄉居民	-以 VOCs 為主 -以空氣品質模式模擬	-癌症標準死亡率與標準發生率 -衛生署疾病統計資料	麥寮鄉: - 肝癌、食道癌、口腔癌標準化死亡率上升趨勢高於台灣 - 肺癌死亡率:與台灣比較,逐年減少 - 肝癌發生率高於下風處行政區 - 肺癌發生率: 與台灣比較,呈下降趨勢	有

計畫名稱/執行單位	研究設計	研究對象	暴露因子/ 暴露評估	健康效應/評估方法	結果	監測 資料
-94 年度雲林離島式 基礎工業區環境與 居民身體健康之暴 露及風險評估研究 -財團法人成大研究 發展基金會	生態型研 究	麥寮鄉居 民	-以 VOCs 為 主 -ISC 空氣擴 散模式	-標準化死亡比 (SMR)與標準化癌 症發生比(SIR)、健 保使用率、新生兒 出生異常 -健康保險資料、全 國死亡資料庫、新 生兒出生通報資料 庫	麥寮鄉: - SMR: 肝癌、肺癌、心血管 疾病 顯著高 於全台灣 - SMR: 肝癌、心臟病顯著高於雲林縣其 他地區 - 85-91 年 SIR: 男性 肝癌 顯著高於全 台灣(2-19 倍) - 新生兒早產及出生體重過輕比例 > 全 台灣，未達顯著 - 健康風險評估: 苯 之最大可能年平均模 擬濃度所估算的最大風險值(risk) 高於 10^{-6} 的區域包含 - 麥寮鄉、台西鄉、四湖鄉、口湖鄉及東勢 鄉	有

表 18 石化工業區附近居民健康效應相關文獻-國外白血病

國家/作者	研究設計	研究對象	暴露因子/暴露評估	健康效應/評估方法	結果	監測資料
美國加州橘郡/ Speer et al 2002	病例對照研究法	從 1984-1993 年間選取急性白血 病(Acute myeloid leukemia)AML 病 患 604 位,骨髓癌 (multiple myeloma)MM 病 患 643 位,控制組 (有得到大腸癌) 為 7112 人	- 抽煙史、職業 史、居住在載運石 化廢物至垃圾場 的路線 - 暴露評估 1. GIS 2.問卷	- 得到急性白 血病或骨髓癌 - Data analysis	1. 居住於大型垃圾場,每居住 10 年且每接近 一英里會得到 MM 的風險會多 1.6 個病例 2. 病患有持續抽煙者,其 AML OR=2.0,設備 清潔和運輸搬運者其 AML OR=3.5 及 2.4。 3. 建築及資源回收者其 MM OR=2.8。 4. 住家距石化廢棄物垃圾場愈近,得到骨髓癌 的風險增加	無
法國 Steffen et al /2004	病例對照研究法	在 1995 年 1 月 -1999 年 12 月間 針對 0-14 歲的小 孩在 4 個城市中 診斷出有急性白 血病的 280 名為 對照組,另有 280 名小孩為控制組	-Hydrocarbon 環境 暴露,是否在懷孕 時或小孩出生後 居住在修車廠或 加油站旁 -以問卷訪問母親	-得到兒童急性 白血 病 -在醫院接受細 胞學和免疫表 型之檢驗	1.住家靠近加油站或汽車修理廠,急性白血 病的風險增加 OR=4.0 (95% CI=1.5-10.3) 2.居住地點和得病有正相關	無

表 19 石化工業區附近居民健康效應相關文獻-國內白血病

國家/ 作者	研究 設計	研究對象	暴露因子/暴露評 估	健康效應/評估 方法	結果	監測資 料
台灣 /Yu et al 2006	Case control study	在 1997 年 11 月 -2003 年 6 月，控制 組是白血病患者 171 位，年紀小於 29 歲且位於收案 地區，對照組是隨 機挑選之健康者 410 位	- 居住在石化工 業區的暴露 - 由問卷得到的 居住史	- 白血病 (ICD9： 204-208) - 由各醫院診 斷，最後在由高 醫病理科確診	1.在 Young-Age(0-19 歲)病例組中，其主要疾病 是 ALL，佔 72%;在 Old-Age(20-29 歲) 病例組 中，其主要疾病組成中 ALL 和 AML、CML 各 佔 1/3。 2.對照組的高中畢業比例較高佔 56%，病例組 是 30%。 3.以電腦程式計算每月風向及距離造成之暴露 量，在 20-29 歲中，居住在石化工業區是明確 的危險因子，在控制性別、年齡、抽煙、教育 程度後，其暴露指數每增加一單位 $OR=1.54$ ($95\%CI = 1.14-2.09$) 4.曾在暴露區住過的這個因子在 Old-Age(20-29 歲) 病例組中的 adjust odd ration= 4.59 ($95\%CI = 1.66-12.54$) 5. 在 Old-Age(20-29 歲) 病例組中，住在石化 區下風處 1KM 處每 2.7 個月，相當於 log-transformed exposure opportunity score 增加 一單位。	無

表 19 石化工業區附近居民健康效應相關文獻-國內白血病(續)

國家/ 作者	研究 設計	研究對象 (N,age,sex)	暴露因子/暴露評 估	健康效應/評估方 法	結果	是否有監測 資料
台灣/ Weng et al 2008	Case control study	在 1995 年-2005 年間，控制組是死於白血病患者，對照組是死於非腫瘤或呼吸道疾病者	<ul style="list-style-type: none"> - 是否住在石化工業區的城市 - 用石化工廠之工人除以一般居民來做評估 	<ul style="list-style-type: none"> - 死於白血病患者 (ICD9：204-208) - 死亡登記 	在控制配對性別、出生年齡、和死亡年齡後發現居住在高度石化污染區有顯著的風險得到白血病(OR=1.75 (95%CI=1.00-3.06))	無

表 20 石化工業區附近居民健康效應相關文獻-國外新生兒的出生、性別情形

國家/ 作者	研究設計	研究對象	暴露因子/暴露評估	健康效應/評估方法	結果	監測資料
巴西 Oliveira et al 2002	Case control study	1983-1998 年間之新生 兒共 17113 名	-居住在石化廠 附近 -用居住區域區 分	-1.新生兒出生體 重(<2500 g) 2. 有重大先天性 異常 3.死產但大於 500g -病歷資料	多變量模式分析，低出生體重和母親居住在石 化廠附近 無顯著相關	無
加拿大安大 略省 Aamjiwnaa ng 原住民 部落 /Mackenzie et al 2005	Cohort study	調查當地 1984-2003 年之新生兒	-周邊石化工廠 及化工廠 -資料分析	-新生兒性別 -戶口調查	1.研究發現該原住民部落每生兩個女 嬰，才生一個男嬰 2.性別失衡情況，在 1984-1992 年之間 並無改變，但在 1993-2003 年間，發現 男性比例大幅下降	無

表 21 石化工業區附近居民健康效應相關文獻-國內新生兒的出生、性別情形

國家/ 作者	研究 設計	研究對象	暴露因子/暴露評 估	健康效應/評估 方法	結果	監測資 料
台灣/ Yang et al 2000	Ecolog ical study	1971-1996 出生 之 嬰兒與女性肺癌死 亡率	-居住在石化廠附 近所接受之污染 -戶口調查	-新生兒性別比 率、女性肺癌 (ICD9：162)死 亡率 -資料分析	1.女性肺癌死亡率於石化廠營運 30-37 年後上 升 2.新生兒性別比率和石化污染無相關	無
台灣/ Lin et al 2004	Cross- section al study	在 1995-1997 年 間，懷孕週數在 37-44 週，出生體重 在 1000-5000 克之 間的新生兒 128512 名	-母親居住的暴露 量 -從戶口調查的出 生地配合地圖	-新生兒的體重 (<2500 g) -戶口調查	1.在調整母親懷孕年齡、出生順序、出生季節、 母親教育程度、結婚年齡，其高雄的盛行率仍 比台北高 13%，OR=1.13 (95%CI=1.03-1.24) 2.低體重兒的盛行率：高雄(2.4%)高於台北 (2.1%)	有：高 雄、台北 各 5 個 監測站 其項目 為： SO ₂ 、 O ₃ 、 PM ₁₀

表 22 石化工業區附近居民健康效應相關文獻-國內呼吸道症狀及疾病

國家/ 作者	研究 設計	研究對象	暴露因子/暴露評估	健康效應/評估 方法	結果	監測資 料
台灣/ Yang et al 1997	Cross -secti onal study	Case:住在神尾國小 (林園) 30-64 歲成 人 436 人 Control:住在台西國 小附近 30-64 歲成 人共 488 人	-居住地附近鄰近 石化廠地區 -以問卷評估	-慢性呼吸症狀 、急性刺激症狀 -以問卷評估	在控制年齡、性別、教育程度、抽煙、居住時間、 自述性的職業暴露等因素後， 1.慢性呼吸症狀盛行率無顯著不同 2.急性刺激症狀盛行率有顯著上升，尤其能聞到 化學異味的地方(84.6%vs2.1%)	有監測 性資 料： SO ₂ 、 NO ₂ 、 PM ₁₀
台灣 /Chen et al 1998	Cross -secti onal study	共有 5072 名國小學 生，來自 6 個社區， 鄉村：台西，城市： 基隆、三重，石化 工業區：頭份、仁 武、林園	-居住在都市或鄉 村與石化工業區 之影響/ -放置在國小內之 監測器	-呼吸道症狀及 疾病（日或夜 咳、喘、鼻子症 狀、慢性咳嗽氣 喘、鼻竇炎、過 敏性鼻炎、支氣 管炎） -問卷	1.城市比鄉村有顯著更多阿呼吸道症狀和疾病 2.鼻子症狀石化工業區學童比在鄉村高	有監測 性資 料： （PM ₁₀ 、SO ₂ 、 NO _x 、O ₃ 、 CO）

表 22 石化工業區附近居民健康效應相關文獻-國內呼吸道症狀及疾病（續）

國家/ 作者	研究 設計	研究對象	暴露因子/暴露評 估	健康效應/評估 方法	結果	監測資 料
台灣/ Liao et al 2005	Cross -secti onal study	調查 7873 名彰化地 區國小一年級學生 (6-8yrs)住在 Taihao 石化廠附近	-居住地點 -問卷	-氣喘、鼻炎、 濕疹的盛行率 -問卷	1.總體和最近 12 個月的氣喘發作率 10.4%和 5% 2.由醫生確定診斷的氣喘 7%、鼻炎 24.6%、濕 疹 18% 3.男性氣喘鼻炎多 4.氣喘發作高峰是冬天(12-1 月) 5.在 Taihao 石化廠附近有較高的氣喘發生率、氣 喘和濕疹的診斷率，但鼻炎無差異 6.在溪湖焚化爐附近和海岸地區濕疹和鼻炎發生 比率較高，但氣喘無差異 7.海岸地區、鼻炎合併眼睛癢的盛行率較高	無

表 23 石化工業區附近居民健康效應相關文獻-國內癌症死亡

國家/ 作者	研究 設計	研究對象	暴露因子/暴露評 估	健康效應/評估 方法	結果	監測資 料
台灣/ Pan et al 1994	Cross- section al study	1971-1990 年間 0-19 歲，居住在高 雄市附近 3 座石化 工業區 3km 內	-居住在石化工業 區 3km 內 -戶口調查	-癌症死亡率 -台灣省健康局 生命統計處	-幾乎所有的骨癌、腦癌、膀胱癌發生在工業區 3 km 範圍內 - 1981-1990 工業區附近 10-19 歲之癌症死亡顯著 高於對照區 - 工業區附近骨癌、腦癌女孩多於男孩(其他地 區:男多於女)	無
台灣/ Yang et al 1997	Cross- section al study	1982-1991 年間居 住在石化廠工人佔 人口 2% 以上之鄉 鎮 977853 人及非 佔 2% 以上人口之 鄉鎮 870758 人	-石化廠工人佔人 口 2% 以上之鄉 鎮 -戶口調查	-癌症死亡率 -戶口調查	男性肝癌死亡率在石化廠工人佔人口 2% 以上之 鄉鎮偏高	無

表 23 石化工業區附近居民健康效應相關文獻-國內癌症死亡（續）

國家/ 作者	研究 設計	研究對象	暴露因子/暴露評 估	健康效應/評估 方法	結果	監測資 料
台灣/ Yang et al 1999	Ecolog ical study	Case:1990-1994 年 間死於肺癌且介於 50-69 歲女性且職 業為家庭主婦	-居住區域分成三 區（高、中、低 污染區） -戶口調查（台灣 省健康統計局）	-肺癌死亡率 -戶口調查（死 亡證明）	住在中/高石化污染區之婦女肺癌風險有明顯增 高趨勢，且線性相關傾向有顯著升高	有，每日 PM10
台灣/ Liu et al 2008	Case control study	在 1995 年-2005 年 間，控制組是死於 腦癌患者 340 位， 對照組是死於非 腫瘤或呼吸道疾病 者 340 位	-是否住在石化工 業區的城市 -用石化工廠之工 人除以一般居民 來做評估	-死於腦癌患者 (ICD9：191) -死亡登記	在控制配對性別、出生年齡、和死亡年齡後發現 居住在高度石化污染區有顯著的風險得到腦癌 (OR=1.65 (95%CI=1.00-2.73))	無

表 24 石化工業區附近居民健康效應相關文獻-國外癌症死亡

國家/ 作者	研究設 計	研究對象	暴露因子/暴露評 估	健康效應/評 估方法	結果	監測資 料
義大利/ Benedetti 2001	Review papers , 12 篇 都是 Case control study	12 篇有關工業區 居民暴露和肺 癌、淋巴瘤之關 係	-住在工業區附近 -資料分析	-肺癌、淋巴瘤 -資料分析	1.有 7 篇研究顯示肺癌和居住接近工業區相關 2.有 3 篇研究顯示肺癌和居住接近工業區不相關 3.有 2 篇研究顯示淋巴瘤和居住接近工業區相關	無
Italy/ Belli et al 2004	Case control study	在 1996-1997 年 間，住在石化廠 附近 3 個鄉鎮 10 年以上且死於肺 癌、肋膜癌、膀 胱癌跟淋巴造血 系統的居民 case 組共 144 人， control 組為非死 於 4 項疾病以外 的共 176 人	-居住離 Bridis 距 離 -問卷	-肺癌(ICD IX revision 162.0-162.9) 、肋膜癌 (ICD163.0-16 3.9)、膀胱癌 (188.0-188.9) 跟淋巴造血 系統 (200.0-208.9) -死亡檔	1.此研究為居住在石化廠附近二公里的居民死於 肺癌、肋膜癌、膀胱癌跟淋巴造血系統的情形。 2. 在調整抽煙習慣、職業、和教育程度後發現， 顯示居民住的離石化廠越近，其死亡率越高。死於 肺癌有 3 倍之多 (AOR=3.1 (CI=0.83-12))，但 並無顯著差異。膀胱癌 (AOR=3.9 (CI=0.33-47)) 跟淋巴造血系統癌症 (AOR=2.7 (CI=0.45-17)) 也有相似的升高。 3.故研究顯示居民住的離石化廠越近，其上述 3 種 癌症的死亡率越高。	無

表 25 石化工業區附近居民健康效應相關文獻-國內婦女懷孕週數

國家/ 作者	研究設 計	研究對象	暴露因子/暴露評 估	健康效應/評估 方法	結果	監測資 料
台灣/ Yang et al 2001	Ecolog ical study	控制組是在大社 及仁武方圓 3km 內出生之新生 兒，共 5338 位;對 照組是在大社及 仁武方圓 3kn 以外 的居民共 51789 位	-是否住在石化工 業區附近 -戶口調查	-懷孕週數 (<37 週) -戶口調查	1.在控制母親年齡、季節、婚姻狀況、母親教育 程度、嬰兒性別，其 adjusted OR=1.18(95%CI= 1.04-1.34) 2.結果證明住的較近其空氣污染會影響懷孕週數	無
台灣/ Yang et al 2001	Case control study	位於 3 座煉油廠 (桃園、高雄、大 林)方圓 3km 內之 新生兒 7095 位， 對照組為 50388 位	-是否住在石化工 業區附近 -戶口調查	-懷孕週數 (<37 週) -戶口調查	1.在控制母親年齡、季節、婚姻狀況、母親教育 程度、嬰兒性別，其 adjusted OR=1.14 (95%CI =1.01-1.28) 2.結果證明住的較近其空氣污染會影響懷孕週數	無

表 26 石化工業區附近居民健康效應相關文獻-其他疾病

國家/ 作者	研究設 計	研究對象	暴露因子/暴露 評估	健康效應/評估 方法	結果	監測資料
巴西 Camargo et al 2006	population based cross-sectional study	409 位來自 Polo area 石化工業區居民和 420 位來自 control area(Sao Bernardo Campo area)	-是否住在石化 工業區附近 -戶口調查	-慢性自體免疫 甲狀腺炎 -1.調查醫療史 2.超音波 3.血液：測 free T4、TSH、 Antibody 4.尿液：測 Iodine 5.檢查家中使 用的鹽	1. 在 Polo area 石化工業區，慢性自體免疫甲 狀腺疾病盛行率為 15.6%，在 control area 石化 區其慢性自體免疫甲狀腺疾病盛行率為 19.5 %，其 $p=0.145$ ，無統計上之意義；但 chi-square 有差異，其 $p=0.046$ 。 2. 平均甲狀腺體積為 11.2ml，平均尿碘量 300ug Iodine/L 3. 甲狀腺炎盛行率與是否住在石化工業區附近 無顯著相關	無

表 27 石化工業區工人健康文獻-婦女懷孕

國家/ 作者	研究 設計	研究對象 (N,age,sex)	暴露因子/暴露評估	健康效應/評估方法	結果	是否 有監 測資 料
中國 /Xu et al 1998	回溯 性研 究	3105 個女 性，年齡分 佈在 20-44 歲	-石化工廠的化學物質 -懷孕前3個月的工作暴露 量，依工作名稱、化學暴 露量、落塵量、個人防護 用具、噪音及壓力	-是否流產 -利用專家問卷依 工作等級的暴露 量來做評估	1.在調整了年齡、性別、教育程度及相關的干擾因 子後，暴露在石化工廠的婦女流產率（8.8%,在 5.8-9.8%之間）比沒有暴露在化學物質的婦女來 的高（2.2%,在 0-7.1%之間），其 OR=2.7， (95%CI=1.8-3.9)。 2.有 3 種暴露的化學物質是有意義的： benzene(OR=2.5 95%CI=1.7-3.7)、gasoline(OR=1.8; 95%CI=1.1-2.9)、hydrogen sulphide(OR=2.3; 95%CI=1.2-4.4)。	無
中國 /Thurst on et al 2000	Cross secti onal study	3000 名年齡 在 22-44 歲 在石化廠工 作的女工	-Benzene 暴露 -受雇時間長短、及使用化 學物是否影響、噪音、粉 塵、有害物質及工作壓力	-不正常的月經 （AMCL） -問卷	1. 在暴露 Benzene 7 年後，每多暴露年得到 AMCL 的調整後 Odds ration 是 1.71 2. 壓力也是重要的預測因子	無

表 27 石化工業區工人健康文獻-婦女懷孕(續)

國家/ 作者	研究 設計	研究對象 (N,age,sex)	暴露因子/暴露評估	健康效應/評估 方法	結果	是否 有監 測資 料
韓國 /Lee et al 2008	回溯 性橫 斷研 究	針對 2002 年在 石化工廠工作 之男性工人及 其妻子，其挑 選條件為沒有 避孕措施且曾 有懷孕經驗 的，共 322 對 夫妻。	-在石化廠工作之丈夫 /使用 effort-reward imbalance 問卷調查法 -benzene exposure 的 暴露量/使用 expert rating system(job-time-expos ure matrix)	-Time to pregnary(TTP) -利用專家問卷 依工作等級的 暴露量來做評 估	懷孕比例的下降和增加的 effort-reward ration 有強 烈的相關(OR=0.47; 95%CI=0.22-0.99)，長期慢性 的壓力會影響懷孕的時間(OR=0.67; 95%CI=0.47-0.94)。而懷孕的時間和 benzene exposure 的暴露量並無相關性。	無

表 28 石化工業區工人健康文獻-癌症

國家/ 作者	研究設 計	研究對象 (N,age,sex)	暴露因子/暴露評估	健康效應/評估 方法	結果	是否 有監 測資 料
美國德 州/Kim et al 1999	病例對 照研究 法	因肺癌死亡 的 112 名在 石化廠工作 者 (1946-198 7 年間) 及 490 名 matched 對 照組	-石化工廠的化學物質 和抽煙 -抽煙和在石化廠工作 跟得到肺癌是否相關	-得到肺癌與否 -利用醫療資料 來分析	1. 以 1940 年之前的聘雇和 1940 年之後其增加的 OR 不明顯 (OR=1.71; CI=0.85-3.45) 2. 員工受雇大於 30 年的時間越長，和肺癌相關性的 OR 越高 (OR=2.98; CI=1.07-8.31) 3. 有抽煙的技工其 OR=1，和工作時間長短並無相關	無
美國 /Felknor et al 2003	Cohort study	在 1970-1996 年間 1800 位 在水管工廠 工作且過去 石化廠之工 人	-潛在的 Beta-naphthylamine 暴 露 -是否對健康造成影響	-膀胱癌 -1.血尿 2.細胞學檢查	未出來，只追蹤了 3 年	無

表 28 石化工業區工人健康文獻-癌症(續)

國家/ 作者	研究 設計	研究對象 (N,age,sex)	暴露因子/暴露評 估	健康效應/評估方 法	結果	是否 有監 測資 料
義大 利 /Paset to et al 2008	對照 研究	1960-1993 年間 的工人，共 6458 個男性	-居住史 -在同一城市不同 的居住地點	-肺癌的死亡率-收 集死因資料(由死 亡證明)	1.某一頁某一頁 居住在 Gela 有較高的肺癌死亡 率。 2.非住在石化廠的居民其肺癌 Mortality Rate Ratio(RR)=1，住在石化廠的居民其肺癌 Mortality Rate Ratio(RR)=1.66(95%CI=1.07-2.58)。	無

表 29 石化工業區工人健康文獻-全死亡率

國家/ 作者	研究 設計	研究對象 (N,age,sex)	暴露因子/暴露評 估	健康效應/評估方 法	結果	是否 有監 測資 料
美國 伊利 若州/ Rodu et al 2001	回溯 性追 蹤調 查	在 1970-1996 年間 6956 名石 化研究機構員 工	-在石化研究機 構工作 -評估暴露量造 成身體危害	-標準化死亡率 -資料分析	1. 全死亡率低 2. 全癌症死亡率低 3. 腦瘤低 4. 大腸癌稍高	無
美國 加州 /Won g et al 2001	回溯 性資 料分 析	以 1959-1997 年工作至少滿 一年以上工 人，共 3328 名	-石化工廠的化 學物質 -全死亡率、全癌 症死亡率、個別 癌症死亡率、非 癌症死亡率	-死亡率及疾病發 生率，主要區分為 惡性腫瘤（如消 化、呼吸、生殖系 統..）及非惡性腫瘤 （如心血管疾病、 肺炎..）二大類） -以 Mobil 石油公司 的員工資料分析	工人的全死亡率(SMR=81.9; 95%CI=76.0-88.2)、全 癌症死亡率(SMR=79.8; 95%CI=67.9-93.1)、個別癌 症死亡率、非癌症死亡率比一般美國人口還要低。 受雇的年份和工作分類不影響死亡率，但維修工人 自殺(SMR=208.6; 95%CI=111.1-356.7)和肝硬化 (SMR=190.1; 95%CI=101.2-325.1)的比率較高。	無

表 29 石化工業區工人健康文獻-全死亡率(續)

國家/ 作者	研究 設計	研究對象 (N,age,sex)	暴露因子/暴露評 估	健康效應/評估方 法	結果	是否有監測 資料
美國 德州 /Won g et al 2001	回溯 性資 料分 析	以 1945-1996 年 工作至少滿一 年以上工人，共 7534 名	-石化工廠的化學 物質 -全死亡率、全癌 症死亡率、個別 癌症死亡率、非 癌症死亡率	-死亡率及疾病發 生率，主要區分為 惡性腫瘤（如消 化、呼吸、生殖系 統..）及非惡性腫瘤 （如心血管疾病、 肺炎..）二大類） -以 Mobil 石油公司 的員工資料分析	工人的全死亡率、全癌症死亡率、個別癌症 死亡率、非癌症死亡率比一般美國人口還要 低(SMR=95.7; 95%CI=92.3-99.2)。但維修工 人在急性骨髓性白血病的死亡率有稍微高一 點(SMR=185.5; 95%CI=80.1-365.6)（但以整 體而言不高）	無
美國 路易 西安 那 /Tsai et al 2003	回溯 性資 料分 析	以 1973-1999 年 共 4221 名男性 工人來研究死 亡率，以 1990-1999 年共 2203 名工人來 研究致病率，其 定義病假為 76 天	-石化工廠的化學 物質 -年齡、性別和四 種健康因素如抽 煙、高血壓、高 血脂和肥胖	-死亡率及疾病發 生率（如消化、呼 吸、生殖系統..） -以 Shell 石油公司 的 health surveillance system(HSS)的結 果來分析	工人的全死亡率(SMR=0.75;p<0.05)、全癌症 死亡率(SMR=0.79;p<0.05)、個別癌症死亡 率、非癌症死亡率比一般美國人口還要低 (SMR=0.77;p<0.05; (SMR=0.83;p<0.05))，其 具有四種風險因子(抽煙、高血壓、高血脂和 肥胖)致病率高。有抽煙的工人，其心臟病發 生率增加 79%，呼吸道疾病發生率增加 50%，肌肉骨骼系統疾病發生率增加 50%。 有抽煙的工人請的病假較不抽煙的工人多 2.9 天，比曾抽過菸但已停止的工人多 1.6 天。	無

表 30 石化工業區工人健康文獻-其他

國家/ 作者	研究設 計	研究對象(N,age,sex)	暴露因子/暴露 評估	健康效應/評估 方法	結果	是否有監測 資料
匈牙利 /Tom pa et al 2005	回溯性 橫斷研 究	有 10 名已遭 Beneze 暴露工人及 26 名配對的控制的工人和 87 名工廠的控制組工人，全部共有 123 名，從無換工作要並每年要抽血追蹤共 14 年。	-苯暴露的健康 效應 -抽血	-Beneze -抽血作 DNA 的 chromosome aberration(CA) 和 Sister chromatid exchange(SCE)	Chromosome aberration(CA)值有下降，工廠在 2001 年達到無苯環境後，避免使已受暴露的工人 DNA 更加惡化	有，測量空氣中的苯濃度，一年量 6 次
美國 德州/ Tsai et al 2008	回溯性 資料分 析	回溯 10 年 (1994-2003)共 4153 名工人	-肥胖的影響 -以 Shell 石油 公司的資料結 果來分析	-肥胖 -心血管疾病、 請病假、生產力	肥胖的員工請病假的頻率多 80%，天數多了 3.7 天。以趨勢來看，從 1994 到 2003 年因肥胖而請病假缺席的頻率從 31%-36%，有增加的趨勢。	無

表 30 石化工業區工人健康文獻-其他(續)

國家/ 作者	研究 設計	研究對象 (N,age,sex)	暴露因子/暴露評 估	健康效應 /評估方法	結果	是否有監測資料
美國 /Tsai et al 2004	病例 對照 研究 法	1200 名在石化廠 工作的員工參與 了 the Shell Benzene Medical Surveillance Program(BMSP) ，另有 3227 名對 照組是沒有接觸 benzene 和 butadiene	-在 1977-1988 年間 暴露在 benzene exposure (TWA-8)0.60ppm ，從 1988 年之後其 benzene exposure (TWA-8)為 0.14ppm -苯是否造血液異 常	-6 個 CBCs parameter， WBC、RBC、 Hb、MCV -抽血	在調整年齡、性別、 種族、第一次和最後 一次檢驗的時間和 最近抽煙程度的平 均值並無差異。在之 前的研究會提到暴 露在 benzene 中會有 血液學上的異常，但 在本篇中並無差異。	有，分為 2 段時間 1977-1988 年及 1988-2002 年
韓國 /Lee et al 2007	病例 對照 研究 法	以 1236 位石化工 廠工人先排除眼 疾等影響視力之 疾病後，共選取 908 人，並至少工 作 6 個月以上	-Benzene 和其他 化學品的暴露 -工廠內為 Benzene 高 102%TLV 及工 作上的暴露時間	-辨色力及視力異 常 -利用 Lanthony D-15 desaturated panel 及 color- confusion index(CCI)	1. CCI 和年齡有正 相關 2. 全色盲盛行率高 尤其是左眼 3. Type 3 在邊緣 值。	有。

二、環境資料分析

1. 雲林地區空品測站資料分析

將所蒐集 1993 年(民國 82 年)至 2007 年(民國 96 年)斗六、台西及崙背三監測站之空品資料進行分析，以年趨勢、月趨勢、日趨勢等比較三測站之不同以及了解氮氧化物、二氧化硫、臭氧、一氧化碳及懸浮微粒等物質的變化情形，以更釐清污染物特性。

目前位於雲林地區之空氣品質監測站有斗六、崙背、以及台西站共三處(如圖 17 所示)，斗六監測站位於斗六鎮商業區，設置於斗六高中三樓頂，屬於一般大氣監測站，附近車流量受上、下學時間影響較大；崙背監測站位於崙背鄉行政區，設置於校區崙背國中三樓頂，校區附近為農田，無影響採樣氣流之虞，但鄰近省道台 17 以及縣道 156 等車流量較大之道路，所以濃度可能受到交通影響；台西站位於台西鄉行政區，設置於台西鄉圖書館頂樓，四周圍大多為農田及魚塭，氣流角度佳，靠近海邊不遠，地表裸露且風沙較大。

(一) 1993-2007 年雲林地區三測站年平均變化

由圖 18及圖 19可以很清楚的了解，造成一氧化碳及氮氧化物的主要原因為交通因素：斗六站處於商業區，交通流量及尖峰小時交通量大，造成三測站中最高污染之情形。

臭氧係由氮氧化物、反應性碳氫化合物及日光照射後產生之二次污染物，所以在圖 20看到台西站的臭氧濃度逐年增加，增加的原因有可能為(1) 境外臭氧移入，或是(2) 臭氧前驅物質的增加，例如NO_x濃度增加、VOC濃度增加或兩者濃度增加。

早期台灣之汽油含硫量非常高，高級柴油含硫量由1990年(民國79年)的0.5%到2000年(民國89年)的0.05%。如圖 22所示，在民國89年前交通排放為造成二氧化硫濃度大的原因之一，由此可知過去斗六、崙背兩站二氧化硫濃度為交通排放所造成；而隨著汽油含硫份的改良，二氧化硫主要來源為石化燃料燃燒或處理含

硫物過程所產生，台西站在2000年(民國89年)之後卻不見減少反而增加的情形，可能為鄰近工業區之開始營運始用，造成台西站二氧化硫濃度逐年升高的主因。

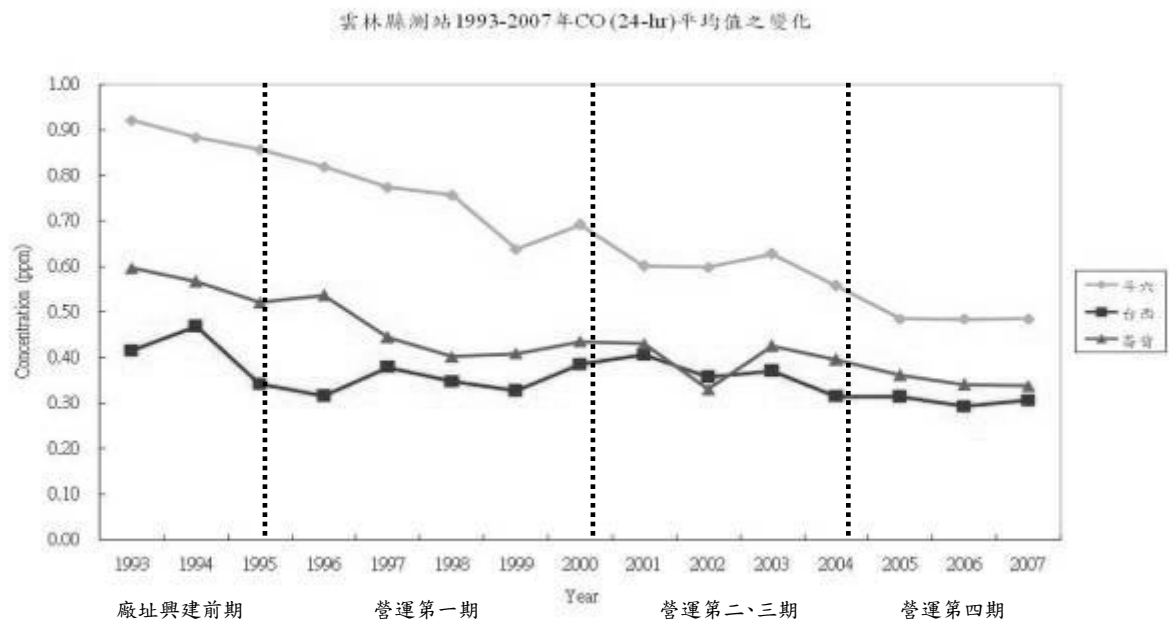


圖 18 雲林地區斗六、崙背及台西三測站一氧化碳(CO)年平均值變化

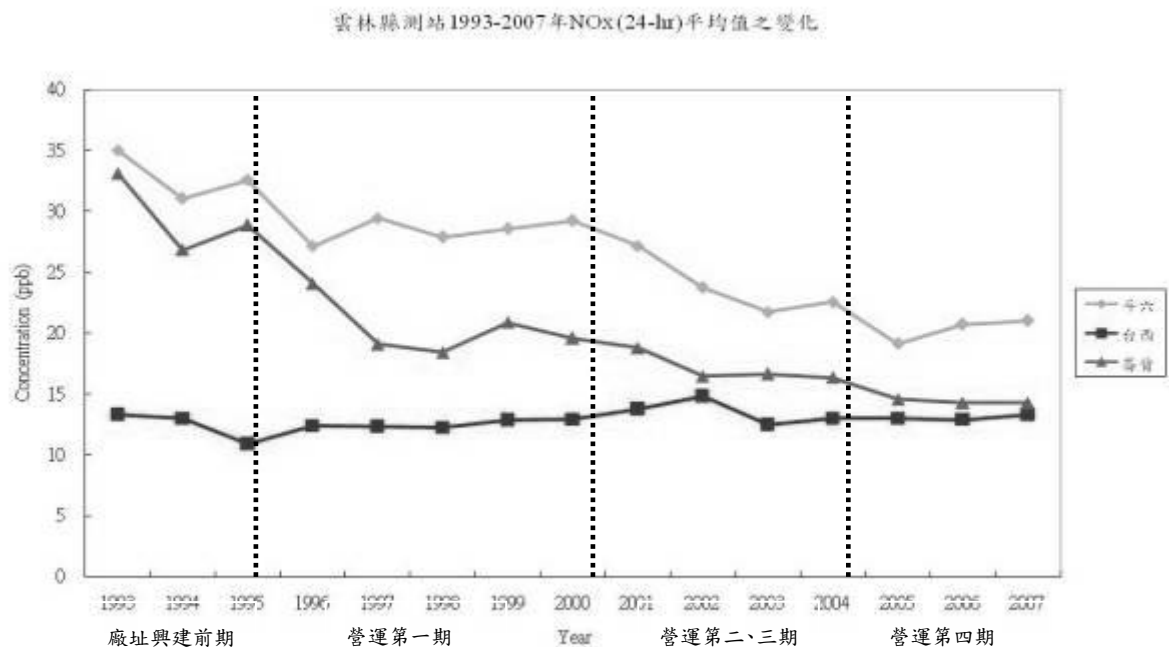


圖 19 雲林地區斗六、崙背及台西三測站氮氧化物(NOx)年平均值變化

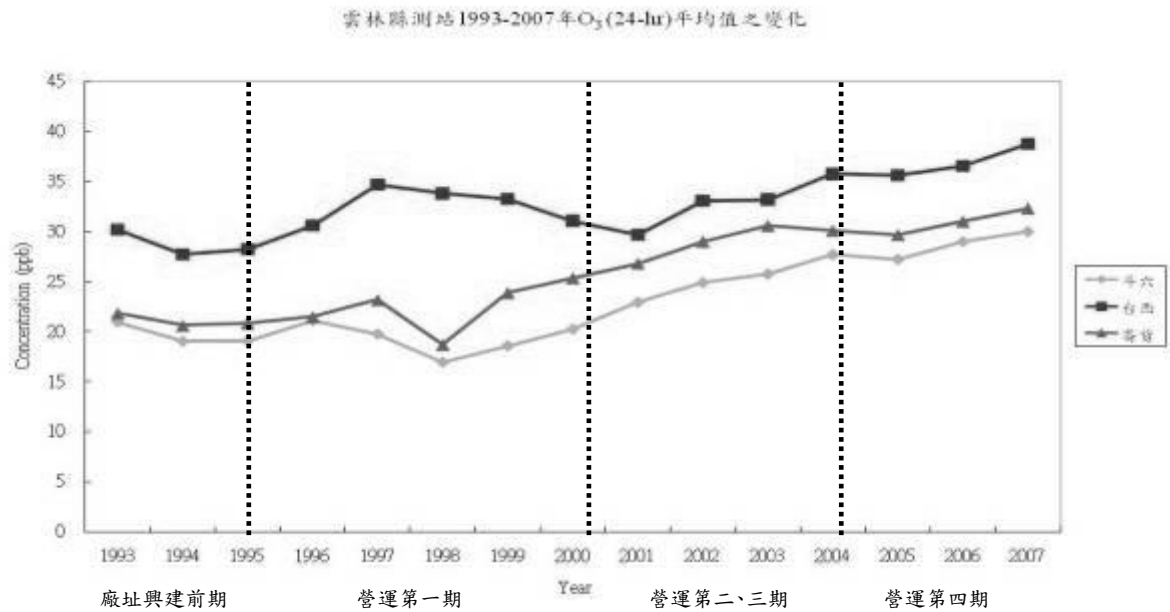


圖 20 雲林地區斗六、崙背及台西三測站臭氧(O₃)年平均值變化

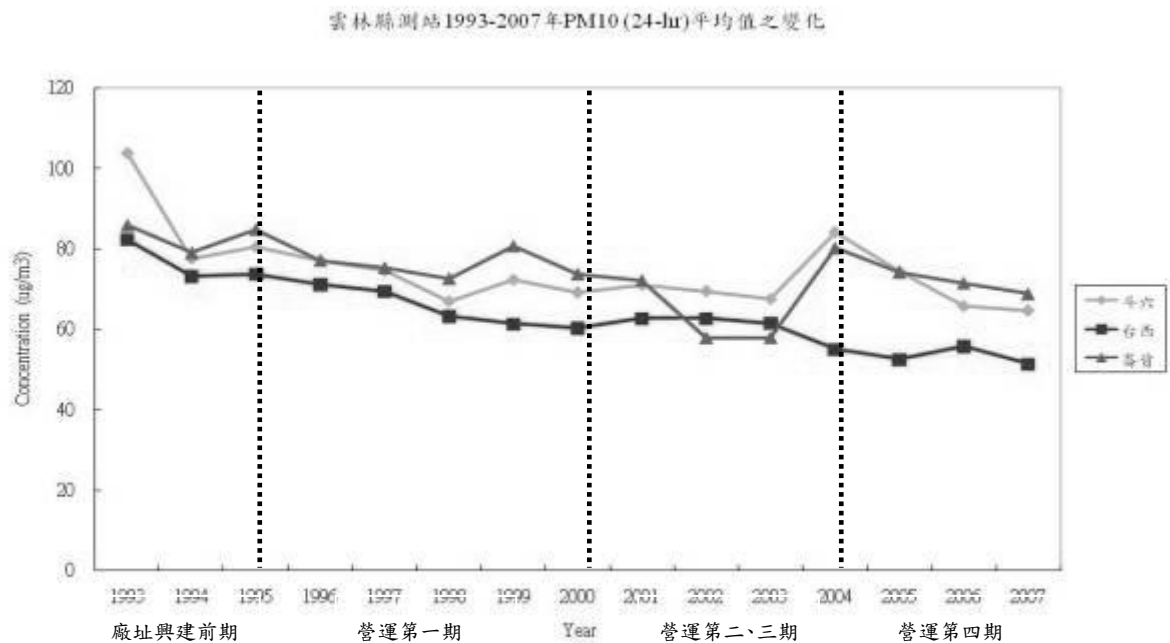


圖 21 雲林地區斗六、崙背及台西三測站懸浮微粒(PM₁₀)年平均值變化

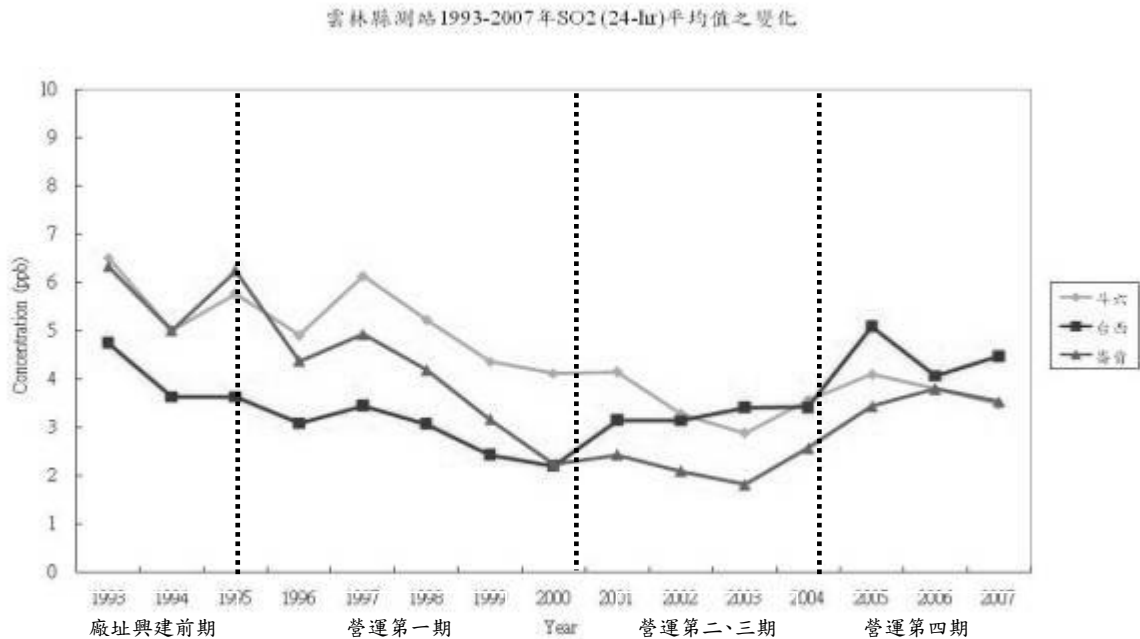


圖 22 雲林地區斗六、崙背及台西三測站二氧化硫(SO₂)年平均值變化

(三)雲林地區三測站之月份變化

在雲林地區空品測站之污染物月份變化情形，由於夏季時混合層高度上升，造成污染物濃度被稀釋，所以在圖 23至圖 27皆可看到6-8月(夏季)污染物濃度較低。

氮氧化物主要來源為交通工具排放，亦為光化學反應之前驅物，在紫外光較強的夏季，光化學作用更劇，造成氮氧化物濃度降低，如圖 24所示，三測站中以斗六站的濃度較高，且三測站都於夏季6-8月出現濃度較低的情形。

由圖 25所示，臭氧的高濃度集中於一年間的春季與秋季，更以鄰近六輕工業區之台西站濃度最高，主要原因是臭氧為光煙霧污染問題中的主要對象，為空氣中之還原性有機物質經過光化學作用所產生。所以當陽光越強，光化學作用越劇；然而，在夏季時混合層之高度會增加，以及大氣擴散，造成污染物濃度被稀釋而降低。

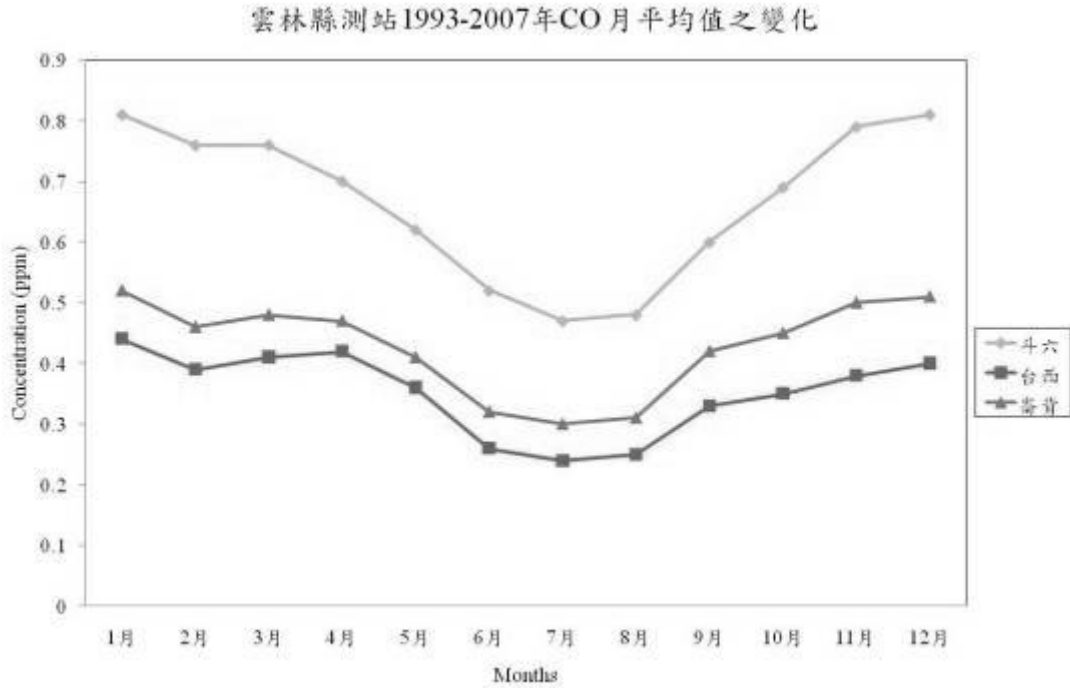


圖 23 雲林地區斗六、崙背及台西 1993-2007 年一氧化碳(CO)月平均值變化

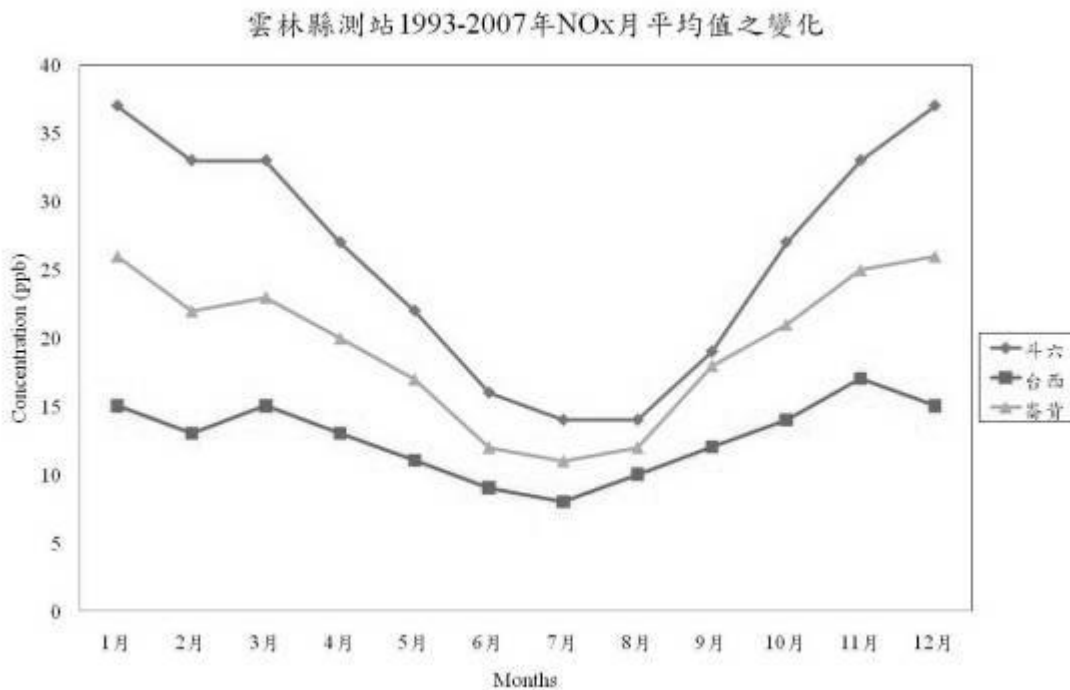


圖 24 雲林地區斗六、崙背及台西 1993-2007 年氮氧化物 (NO_x)月平均值變化

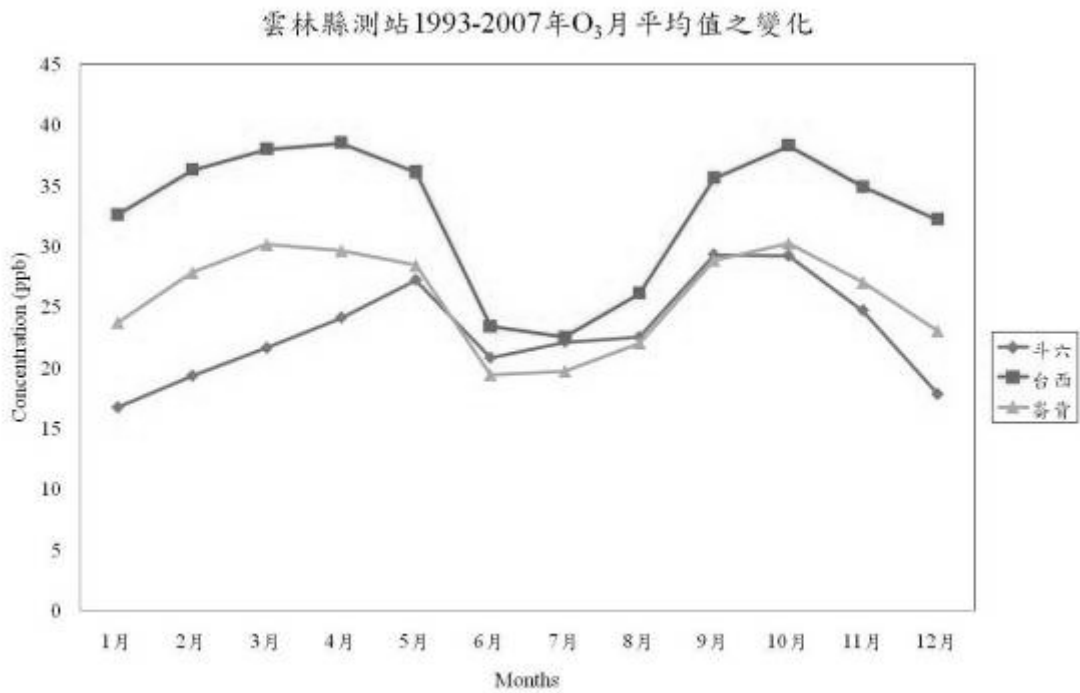


圖 25 雲林地區斗六、崙背及台西 1993-2007 年臭氧(O₃)月平均值變化

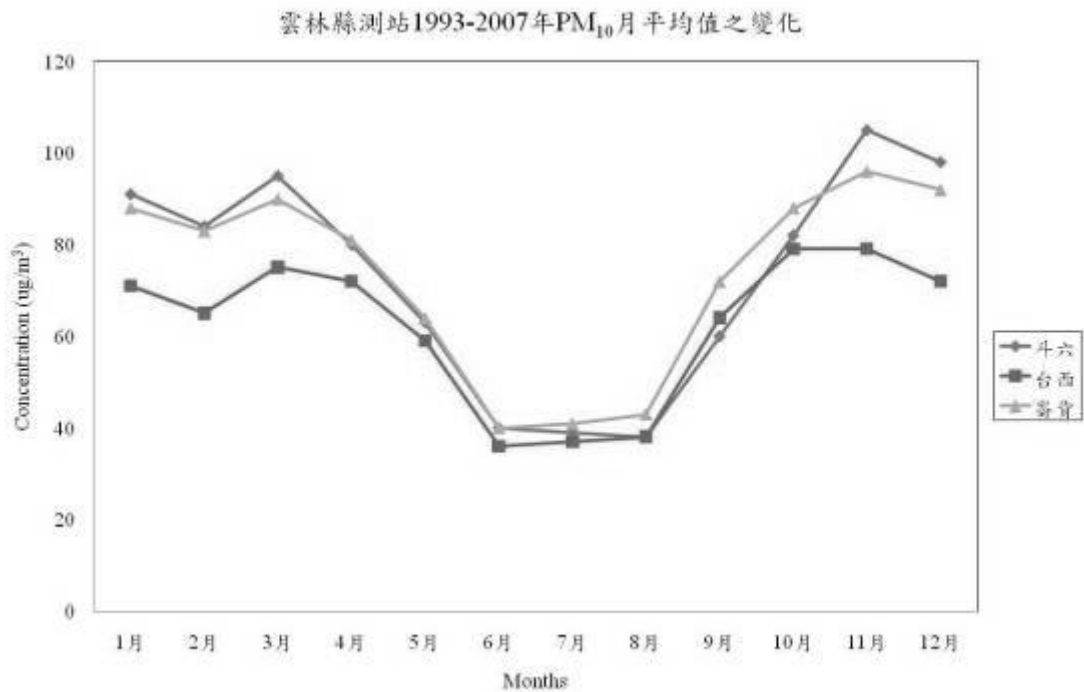


圖 26 雲林地區斗六、崙背及台西 1993-2007 年懸浮微粒(PM₁₀)月平均值變化

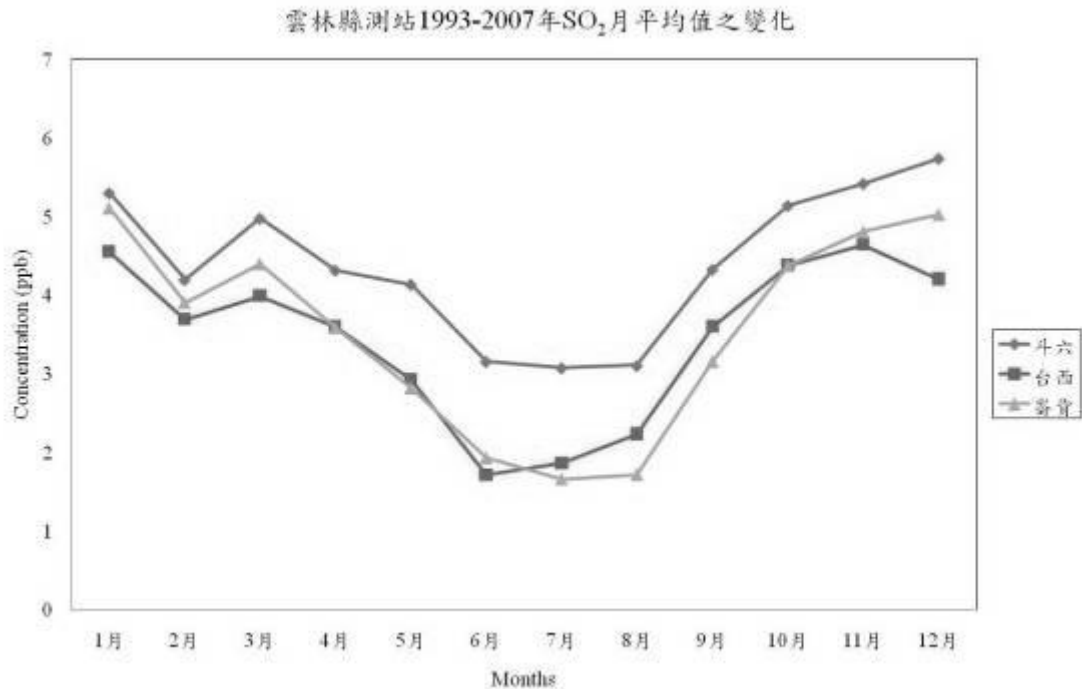


圖 27 雲林地區斗六、崙背及台西 1993-2007 年二氧化硫(SO₂)月平均值變化

(二) 雲林地區三測站之小時變化情形

一氧化碳主要是燃料不完全燃燒所產生，汽機車排放廢氣是主要來源。

各站CO晝夜濃度變化趨勢如圖 28所示，其中斗六站變化趨勢在上下班時間CO濃度有明顯上升，由於該站地處經濟較為繁榮且交通流量較大的地點，推判應是受汽機車等移動性污染源影響所致，而台西與崙背二站因地處空曠風速相對較大，有利污染物擴散，CO濃度相對較低。另外同為亦受交通排放之污染物氮氧化物，在此三站上下班時間受汽機車等移動性污染源影響，NO_x濃度上升，中午時段受風速增強影響，有利於污染物擴散，NO_x濃度明顯降低(如圖 29所示)。

此三測站臭氧晝夜變化趨勢分析如圖 30，以台西站的濃度在夜晚時濃度高於其他二站，且三測站均呈現典型的臭氧光化反應，濃度區域分布相當均勻，最高濃度均出現在14時左右。

懸浮微粒主要來源包括地表揚塵、車輛排放廢氣、露天燃燒、營建施工及農地耕作或由空氣污染物轉化成之二次污染物。各站PM₁₀晝夜變化趨勢如

圖 31，其中崙背等站小時濃度變化約自上午7時開始隨著日間活動增加而上升，而斗六站最高濃度出現在20時，可能原因為當地夜間活動仍頻繁，交通流量大所影響。

二氧化硫主要來自石化燃料燃燒或處理含硫物過程所產生，主要來源為燃燒石化燃料的發電廠及工廠鍋爐，以及一部份是來自交通排放。各站SO₂晝夜變化趨勢如圖 32，其中崙背、斗六二站變化趨勢相似，SO₂濃度約自上午7時開始隨著日間活動增加而上升，9時至10時達到最大。

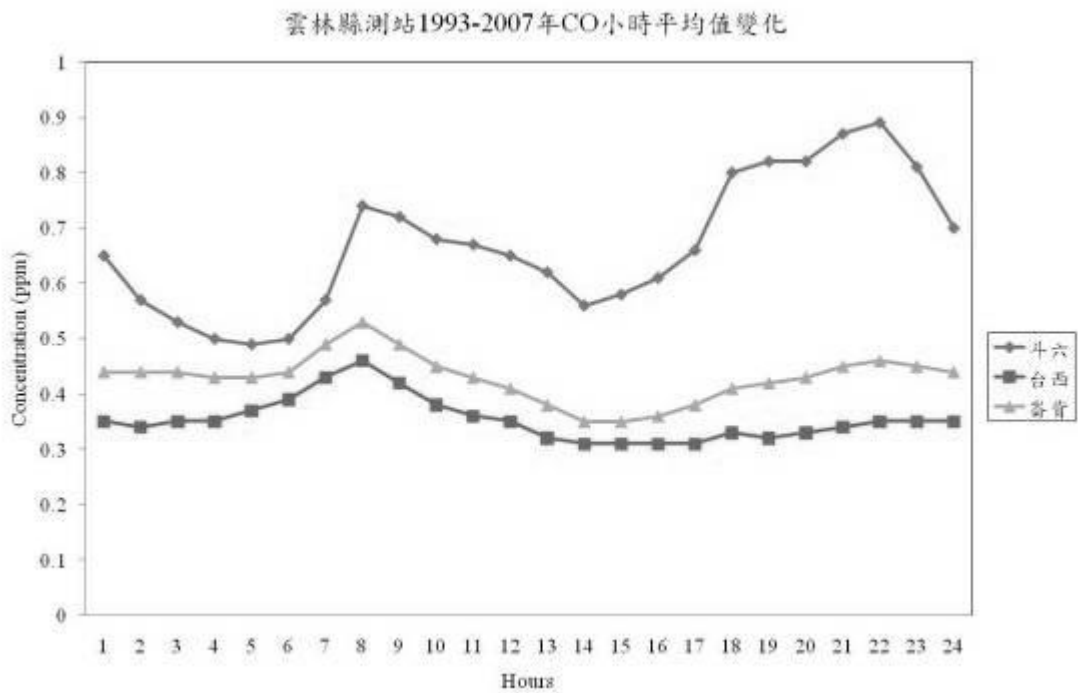


圖 28 雲林地區斗六、崙背及台西 1993-2007 年一氧化碳(CO)小時平均值變化

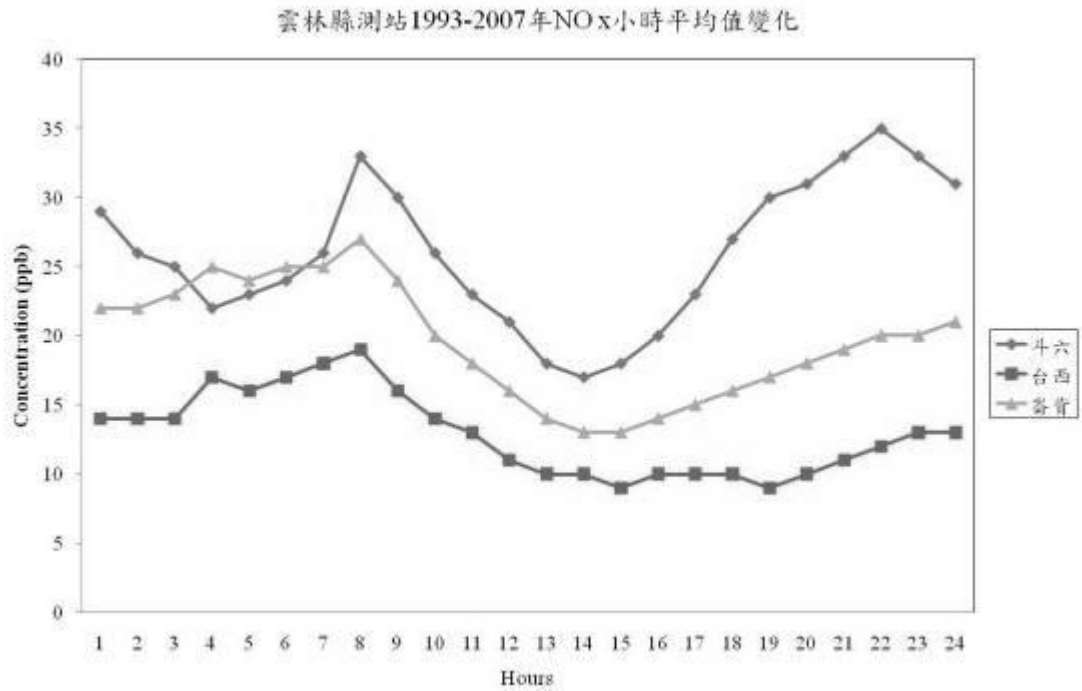


圖 29 雲林地區斗六、崙背及台西 1993-2007 年氮氧化物(NO_x)小時平均值變化

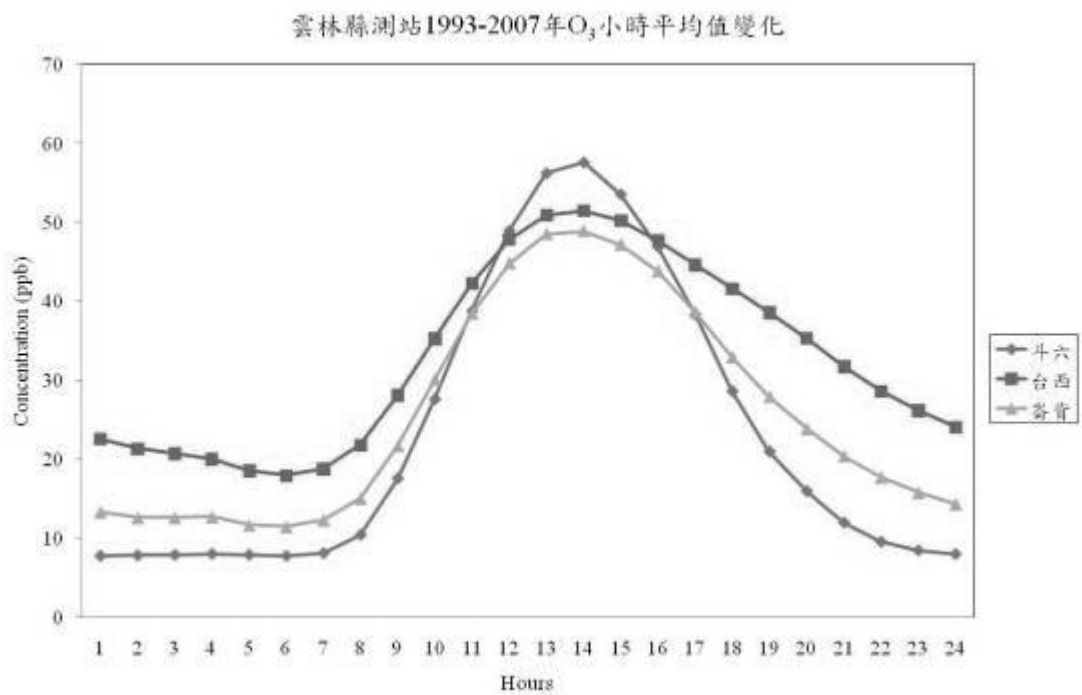


圖 30 雲林地區斗六、崙背及台西 1993-2007 年臭氧(O₃)小時平均值變化

雲林縣測站1993-2007年PM₁₀小時平均值變化

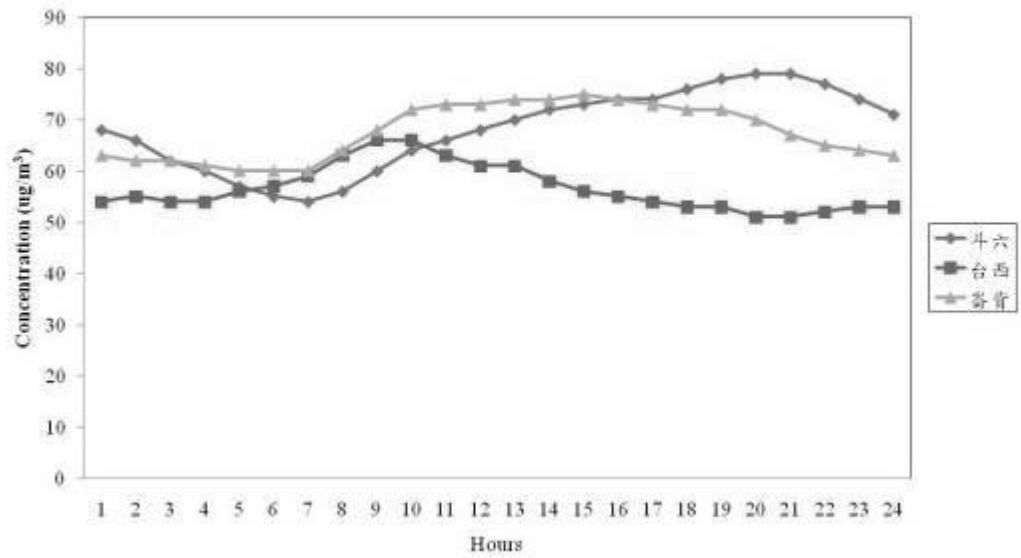


圖 31 雲林地區斗六、崙背及台西 1993-2007 年懸浮微粒(PM₁₀)小時平均值變化

雲林縣測站1993-2007年SO₂小時平均值變化

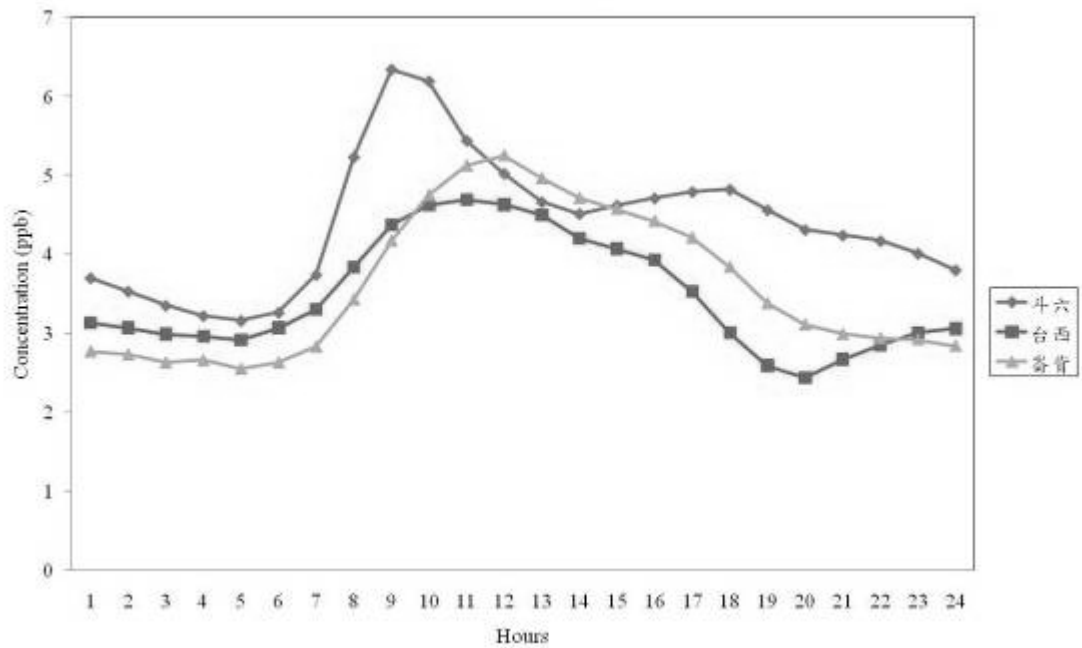


圖 32 雲林地區斗六、崙背及台西 1993-2007 年二氧化硫(SO₂)小時平均值變化

2. 台西光化學測站資料分析

環保署在 2007 年 3 月於台西站架設光化測站，已進行揮發性有機物質的監控，本研究蒐集台西光化測站 2007 年 3 月至 2008 年 4 月(共 13 個月)之揮發性有機物質資料，並進行敘述性統計分析(如表 31 至表 37)。

如圖 33 所示，我們可發現在這 13 個月中總揮發性有機碳氫化合物以 Alkanes 占總 VOCs 的百分之 60%，其次為 Aromatics 及 Alkenes。

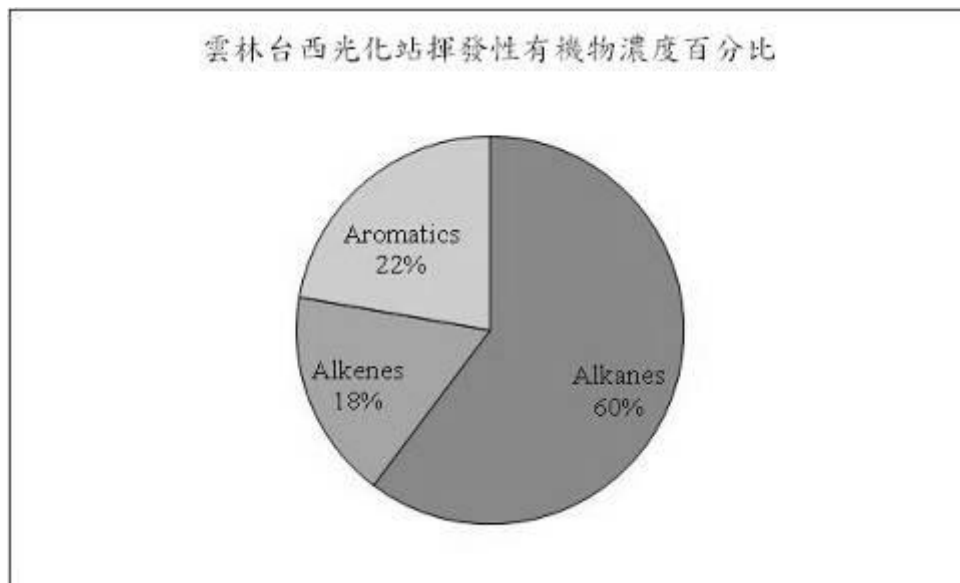


圖 33 台西站 2007 年 3 月至 2008 年 4 月揮發性有機物質濃度百分比

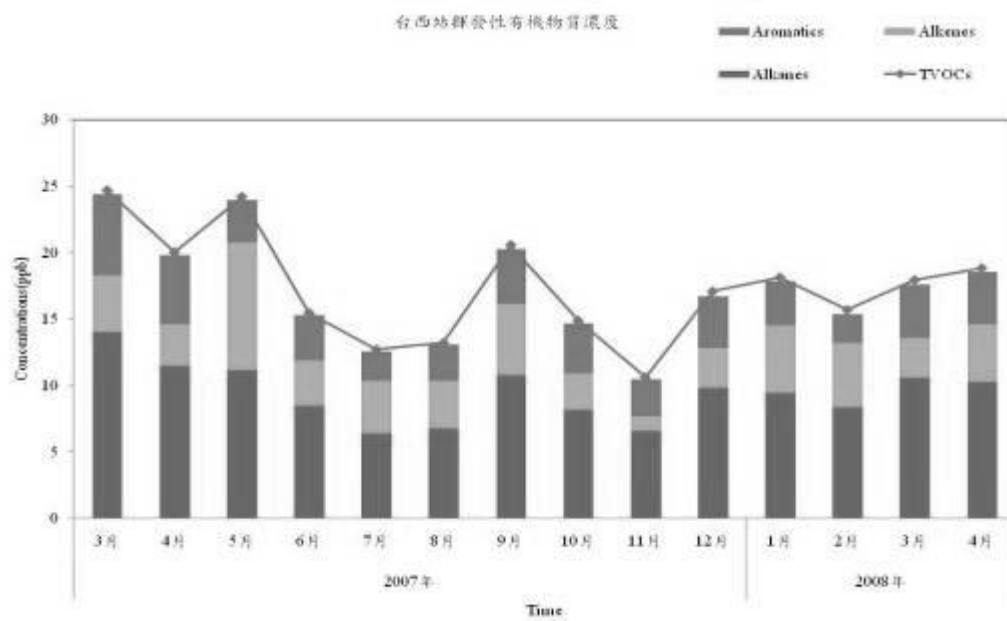


圖 34 雲林台西光化站 2007 年 3 月至 2008 年 4 月揮發性有機物質月平均濃度

表 31 台西光化測站 2007 年 3 月至 2008 年 4 月總揮發性有機碳氫化合物(TVOC)與烷類(alkane)每小時濃度(ppb)值之敘述性統計 (N=9695 小時)

VOCs	Mean	SD	95% CI-L	95% CI-U	maximum
TVOCs	17.27	22.26	16.81	17.74	437.40
Alkanes 總合	9.33	10.13	9.12	9.54	274.80
Ethane	2.17	1.51	2.14	2.20	36.24
Propane	1.87	3.65	1.80	1.95	139.09
iso-Butane	0.66	1.36	0.63	0.69	60.68
n-Butane	1.14	1.78	1.10	1.17	65.85
Cyclopentane	0.08	0.10	0.08	0.09	4.49
iso-Pentane	1.00	1.48	0.97	1.03	21.19
n-pentane	0.32	0.53	0.31	0.33	7.73
2,2-dimethylbutane	0.06	0.04	0.06	0.06	0.58
2,3-dimethylbutane	0.08	0.07	0.08	0.08	0.71
2-methylpentane	0.31	0.31	0.30	0.32	3.04
3-methylpentane	0.25	0.44	0.24	0.26	16.61
n-Hexane	0.34	0.41	0.33	0.35	5.73
Methylcyclopentane	0.20	0.25	0.19	0.20	6.37
2,4-Dimethylpentane	0.06	0.09	0.06	0.06	2.95
Cyclohexane	0.16	0.19	0.16	0.16	2.54
2-Methylhexane	0.10	0.11	0.10	0.11	1.53
2,3-Dimethylpentane	0.06	0.05	0.06	0.06	0.66
3-Methylhexane	0.10	0.11	0.10	0.10	1.51
2,2,4-Trimethylpentane	0.07	0.06	0.06	0.07	1.39
n-Heptane	0.10	0.11	0.10	0.11	1.19
Methylcyclohexane	0.06	0.05	0.06	0.06	0.63
2,3,4-Trimethylpentane	0.03	0.02	0.03	0.03	0.75
2-Methylheptane	0.10	0.12	0.10	0.11	2.13
3-Methylheptane	0.05	0.06	0.05	0.06	0.94
n-Octane	0.05	0.06	0.05	0.05	1.22
n-Nonane	0.03	0.03	0.03	0.03	0.76
n-Decane	0.03	0.03	0.03	0.03	0.70
n-Undecane	0.04	0.11	0.04	0.04	9.73
n-Dodecane	0.03	0.04	0.03	0.03	1.53

95% CI-L: 95% confidence interval - lower limit; 95% CI-U: 95% confidence interval – upper limit.

表 32 台西光化測站 - 2007 年 3 月至 2008 年 4 月烯類(alkene)每小時濃度(ppb) 值之敘述性統計(N=9695 小時)

VOCs	Mean	SD	95% CI-L	95% CI-U	maximum
Alkenes總合	4.17	12.71	3.90	4.43	334.80
Ethylene	1.88	5.25	1.77	2.00	110.32
propylene	1.67	9.47	1.47	1.87	308.77
t-2-butene	0.16	0.20	0.15	0.16	5.40
1-Butene	0.18	0.53	0.17	0.19	23.98
cis-2-Butene	0.19	1.27	0.16	0.22	54.21
t-2-pentene	0.08	0.12	0.07	0.08	2.23
1-pentene	0.08	0.14	0.08	0.09	2.03
c-2-pentene	0.06	0.10	0.06	0.06	2.23
iso-prene	0.16	0.17	0.15	0.16	1.56

表 33 台西光化測站- 2007 年 3 月至 2008 年 4 月芳香族(aromatic)每小時濃度(ppb) 值之敘述性統計(N=9695 小時)

VOCs	Mean	SD	95% CI-L	95% CI-U	maximum
Aromatics總合	3.53	3.92	3.44	3.61	84.07
Benzene	0.47	0.91	0.46	0.49	50.33
Toluene	1.84	2.62	1.79	1.90	77.35
Ethylbenzene	0.16	0.18	0.16	0.17	6.74
m,p-Xylene	0.35	0.46	0.34	0.36	20.85
Styrene	0.09	0.19	0.09	0.10	6.73
o-Xylene	0.16	0.19	0.15	0.16	7.18
Isopropylbenzene	0.03	0.05	0.03	0.03	1.47
n-Propylbenzene	0.04	0.03	0.04	0.04	1.04
m-Ethyltoluene	0.08	0.10	0.08	0.09	3.40
p-Ethyltoluene	0.06	0.06	0.06	0.06	1.84
1,3,5-Trimethylbenzene	0.05	0.05	0.05	0.05	1.52
o-Ethyltoluene	0.05	0.05	0.05	0.05	1.48
1,2,4-Trimethylbenzene	0.14	0.15	0.14	0.14	3.13
1,2,3-Trimethylbenzene	0.06	0.05	0.06	0.06	0.58
m-Diethylbenzene	0.01	0.01	0.01	0.01	0.33
p-Diethylbenzene	0.03	0.02	0.02	0.03	0.28

表 34 台西光化測站 – 2007 年 3 月至 2008 年 4 月總揮發性有機碳氫化合物(TVOC),烷類(alkanes),烯類(alkenes)及芳香族(aromatics) 每小時濃度(ppb)值之敘述性統計

	Year	2007										2008			
	Month	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
	N	187	664	714	666	744	584	719	681	494	685	711	629	715	709
TVOC	Mean	24.69	20.04	24.20	15.48	12.73	13.22	20.58	14.90	10.63	17.09	18.14	15.70	17.94	18.84
	SD	15.92	16.85	41.51	34.57	21.63	17.48	26.25	13.10	6.43	14.85	18.63	13.34	13.03	18.42
	95% CI-L	22.39	18.76	21.13	12.80	11.16	11.79	18.64	13.90	10.05	15.97	16.75	14.65	16.96	17.47
	95% CI-U	26.98	21.33	27.28	18.15	14.30	14.66	22.51	15.90	11.22	18.22	19.53	16.76	18.92	20.22
	Maximum	84.36	204.65	410.88	437.40	333.05	187.62	271.34	121.71	55.44	187.28	213.47	120.32	134.10	144.57
Alkanes	Mean	14.07	11.53	11.16	8.50	6.40	6.83	10.82	8.17	6.64	9.88	9.50	8.37	10.60	10.31
	SD	8.67	8.68	13.65	21.31	9.43	7.31	11.34	6.41	3.50	6.12	5.81	4.65	7.06	9.51
	95% CI-L	12.82	10.87	10.15	6.85	5.71	6.23	9.98	7.68	6.32	9.42	9.06	8.00	10.07	9.60
	95% CI-U	15.32	12.19	12.17	10.15	7.08	7.43	11.66	8.66	6.96	10.34	9.93	8.74	11.13	11.02
	Maximum	48.66	63.55	158.89	274.80	170.49	54.83	82.86	57.47	26.05	53.28	49.06	60.36	96.39	101.54
Alkenes	Mean	4.23	3.06	9.64	3.36	3.96	3.54	5.30	2.78	1.04	2.95	5.04	4.84	3.03	4.30
	SD	5.67	5.68	29.87	10.23	12.27	9.82	15.51	6.45	0.82	7.73	13.76	9.04	4.17	9.05
	95% CI-L	3.42	2.63	7.43	2.56	3.07	2.73	4.15	2.29	0.96	2.37	4.02	4.13	2.72	3.62
	95% CI-U	5.05	3.50	11.86	4.15	4.85	4.35	6.45	3.27	1.11	3.54	6.07	5.56	3.34	4.97
	Maximum	43.47	99.01	334.80	129.89	156.76	127.68	181.09	81.05	5.30	122.18	156.50	72.28	55.67	79.89
Aromatics	Mean	6.08	5.22	3.17	3.46	2.25	2.72	4.17	3.76	2.78	3.90	3.29	2.18	3.95	3.98
	SD	3.51	5.64	3.11	4.77	2.92	3.24	4.39	3.19	2.53	3.52	3.16	3.11	4.48	4.02
	95% CI-L	5.57	4.79	2.94	3.09	2.03	2.45	3.84	3.51	2.55	3.64	3.06	1.93	3.61	3.68
	95% CI-U	6.58	5.65	3.40	3.83	2.46	2.99	4.49	4.00	3.01	4.17	3.53	2.42	4.29	4.28
	Maximum	18.54	84.07	19.07	39.38	39.44	29.28	30.83	26.29	25.62	26.36	31.08	37.03	53.35	30.22

表 35 台西光化測站 – 2007 年 3 月至 2008 年 4 月烷類(alkanes),烯類(alkenes)及芳香族(aromatics)每小時濃度值佔總揮發性有機碳氫化合物(TVOC)比例之敘述性統計

	Year	2007										2008			
	Month	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
	N	187	664	714	666	744	584	719	681	494	685	711	629	715	709
Alkanes/ TVOC	Mean	58%	60%	58%	54%	54%	56%	57%	59%	64%	62%	62%	63%	62%	59%
	SD	5%	9%	12%	7%	10%	11%	9%	12%	9%	9%	15%	18%	10%	11%
	95% CI-L	57%	59%	57%	54%	54%	55%	56%	58%	63%	62%	61%	62%	61%	58%
	95% CI-U	58%	60%	59%	55%	55%	57%	58%	60%	65%	63%	64%	65%	63%	59%
	Maximum	69%	81%	94%	79%	83%	89%	92%	100%	79%	82%	85%	87%	93%	89%
Alkenes/ TVOC	Mean	14%	13%	22%	21%	25%	21%	18%	14%	10%	13%	16%	21%	15%	17%
	SD	7%	10%	15%	9%	12%	13%	12%	15%	5%	10%	18%	22%	10%	13%
	95% CI-L	13%	12%	21%	21%	24%	20%	17%	13%	9%	13%	15%	19%	15%	16%
	95% CI-U	15%	14%	23%	22%	26%	22%	19%	15%	10%	14%	17%	23%	16%	18%
	Maximum	52%	84%	91%	79%	99%	82%	84%	88%	44%	66%	91%	89%	73%	77%
Aromatics/ TVOC	Mean	27%	26%	19%	23%	19%	22%	23%	26%	24%	22%	19%	13%	20%	23%
	SD	7%	9%	9%	8%	9%	10%	10%	9%	8%	7%	7%	7%	9%	11%
	95% CI-L	26%	25%	18%	23%	19%	21%	22%	25%	23%	21%	19%	13%	19%	22%
	95% CI-U	27%	26%	19%	24%	20%	23%	24%	27%	25%	22%	20%	14%	21%	23%
	Maximum	45%	83%	58%	59%	75%	68%	63%	48%	78%	46%	64%	42%	72%	74%

表 36 台西光化測站 – 2007 年 3 月至 2008 年 4 月各碳數揮發性有機物(VOC)每小時濃度值(ppb)之敘述性統計

	Year	2007										2008			
	Month	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
C2	N	187	664	714	666	744	584	719	681	494	685	711	629	715	709
	Mean	4.49	4.13	4.45	2.21	2.24	2.26	4.11	4.02	2.86	4.83	7.29	7.61	4.87	4.30
	SD	3.16	2.97	6.60	4.14	4.35	3.39	6.27	5.38	1.09	3.18	11.83	8.92	2.06	3.13
	95% CI-L	4.03	3.90	3.96	1.89	1.93	1.98	3.65	3.61	2.76	4.59	6.41	6.90	4.72	4.06
	95% CI-U	4.94	4.35	4.94	2.53	2.56	2.54	4.57	4.43	2.96	5.07	8.18	8.31	5.03	4.53
C3	Maximum	19.09	43.30	93.37	53.96	49.36	35.71	91.95	82.38	7.07	48.30	113.77	74.76	18.74	35.52
	Mean	4.36	3.07	9.06	3.11	3.03	2.52	4.46	2.27	1.55	2.95	2.71	2.13	3.04	4.38
	SD	6.08	5.87	29.35	15.04	12.73	5.99	13.20	4.91	0.75	6.17	6.74	1.27	3.99	10.50
	95% CI-L	3.48	2.63	6.89	1.94	2.10	2.03	3.49	1.90	1.48	2.48	2.21	2.03	2.74	3.59
	95% CI-U	5.24	3.52	11.24	4.27	3.95	3.01	5.44	2.64	1.62	3.42	3.21	2.23	3.33	5.16
C4	Maximum	46.64	115.85	342.61	195.89	234.04	65.41	214.79	87.50	5.59	113.01	144.93	19.12	55.83	97.31
	Mean	2.78	2.13	2.95	2.47	1.58	1.74	2.60	1.78	1.41	2.03	1.92	1.53	2.27	2.32
	SD	2.32	2.11	4.56	8.58	1.78	2.01	3.32	1.50	1.07	1.71	1.63	1.15	3.23	2.82
	95% CI-L	2.45	1.97	2.62	1.81	1.45	1.58	2.35	1.66	1.31	1.91	1.79	1.44	2.03	2.11
	95% CI-U	3.12	2.29	3.29	3.13	1.71	1.91	2.84	1.89	1.51	2.16	2.04	1.62	2.51	2.53
C5	Maximum	12.82	19.76	54.62	118.50	17.04	16.89	29.79	11.08	7.86	17.06	16.08	12.60	71.62	34.65
	Mean	3.10	2.37	2.34	2.06	1.97	2.04	2.58	1.08	0.60	1.40	1.14	0.88	1.55	1.77
	SD	1.81	2.90	3.35	2.86	2.62	4.21	4.55	1.73	0.46	1.96	1.70	1.25	1.57	2.48
	95% CI-L	2.83	2.15	2.09	1.84	1.78	1.69	2.25	0.95	0.56	1.25	1.02	0.78	1.44	1.58
	95% CI-U	3.36	2.59	2.59	2.28	2.16	2.38	2.92	1.22	0.64	1.55	1.27	0.98	1.67	1.95
C6	Maximum	12.67	26.86	33.90	35.67	27.77	60.31	75.16	20.31	4.54	31.62	21.46	20.21	11.52	23.02
	Mean	3.45	2.61	1.87	1.71	1.30	1.46	2.25	1.61	1.11	1.80	1.71	1.35	2.05	1.85
	SD	1.77	1.83	1.85	2.72	1.34	1.82	2.18	1.53	0.78	1.39	1.50	1.24	2.89	1.55
	95% CI-L	3.19	2.47	1.74	1.49	1.21	1.31	2.09	1.49	1.04	1.69	1.59	1.25	1.84	1.74
	95% CI-U	3.70	2.75	2.01	1.92	1.40	1.61	2.41	1.73	1.18	1.90	1.82	1.44	2.27	1.97
C7	Maximum	9.17	10.11	13.92	35.81	12.02	22.47	24.82	12.70	6.57	11.36	15.38	13.08	56.62	10.56
	Mean	3.22	3.12	1.87	2.18	1.37	1.90	2.87	2.60	1.93	2.56	2.17	1.37	2.65	2.69
C7	SD	2.61	4.49	2.25	3.31	2.32	2.73	3.58	2.46	1.95	2.66	2.32	2.34	3.11	3.11

	Year	2007										2008			
	Month	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
	95% CI-L	2.85	2.78	1.71	1.92	1.20	1.68	2.61	2.42	1.75	2.36	2.00	1.18	2.42	2.45
	95% CI-U	3.60	3.46	2.04	2.44	1.54	2.13	3.14	2.79	2.11	2.76	2.34	1.55	2.88	2.92
	Maximum	13.43	78.92	15.68	36.74	33.96	28.15	26.00	21.26	20.08	20.77	23.15	27.47	23.31	24.93
C8	Mean	2.09	1.63	1.04	1.02	0.74	0.81	1.11	1.00	0.78	1.01	0.83	0.56	0.99	1.01
	SD	1.17	1.83	1.09	1.01	0.83	0.82	1.03	0.83	0.70	0.93	0.83	0.86	0.99	0.94
	95% CI-L	1.92	1.49	0.96	0.95	0.68	0.74	1.03	0.94	0.72	0.94	0.77	0.49	0.91	0.94
	95% CI-U	2.26	1.77	1.12	1.10	0.80	0.87	1.18	1.07	0.85	1.09	0.89	0.62	1.06	1.08
	Maximum	7.46	36.48	7.14	8.01	7.62	9.53	8.52	5.84	5.53	6.38	8.16	10.41	10.36	6.51
C9	Mean	0.99	0.82	0.51	0.60	0.44	0.42	0.53	0.49	0.37	0.42	0.34	0.23	0.43	0.48
	SD	0.34	0.94	0.55	0.53	0.36	0.35	0.43	0.44	0.32	0.39	0.35	0.34	0.44	0.46
	95% CI-L	0.94	0.74	0.47	0.56	0.41	0.39	0.50	0.46	0.34	0.39	0.31	0.20	0.40	0.45
	95% CI-U	1.03	0.89	0.55	0.64	0.47	0.45	0.57	0.53	0.40	0.45	0.37	0.26	0.47	0.52
	Maximum	2.56	13.31	9.81	3.92	2.76	2.93	2.57	4.33	2.43	2.91	3.40	3.88	3.04	3.07
C10	Mean	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03
	SD	0.02	0.03	0.02	0.04	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02
	95% CI-L	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03
	95% CI-U	0.06	0.06	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.04	0.03
	Maximum	0.18	0.33	0.21	0.52	0.17	0.23	0.23	0.19	0.18	0.22	0.22	0.22	0.27	0.16
C11	Mean	0.12	0.09	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.02	0.03	0.06	0.03
	SD	0.05	0.07	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.02	0.02	0.03	0.38	0.03
	95% CI-L	0.11	0.09	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02
	95% CI-U	0.12	0.10	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.02	0.03	0.09	0.03
	Maximum	0.29	0.40	0.13	0.29	0.29	0.37	0.26	0.27	0.26	0.18	0.21	0.28	9.73	0.38
C12	Mean	0.05	0.04	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.03	0.04	0.05	0.03
	SD	0.02	0.02	0.01	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.08	0.04	0.03	0.06	0.05	0.04
	95% CI-L	0.05	0.04	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.04	0.03
	95% CI-U	0.05	0.04	0.02	0.04	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.05	0.04
	Maximum	0.14	0.15	0.10	0.68	0.68	0.18	0.13	0.12	1.53	0.68	0.22	0.73	0.35	0.27

表 37 台西光化測站 – 2007 年 3 月至 2008 年 4 月各碳數揮發性有機物(VOC)每小時濃度值佔總揮發性有機碳氫化合物(TVOC)比例之敘述性統計

	Year	2007										2008			
	Month	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
	N	187	664	714	666	744	584	719	681	494	685	711	629	715	709
C2/ TVOC	Mean	18%	24%	24%	16%	18%	19%	23%	29%	30%	32%	37%	45%	33%	28%
	SD	4%	11%	11%	5%	6%	8%	9%	14%	8%	10%	14%	16%	12%	12%
	95% CI-L	17%	24%	23%	16%	17%	18%	22%	28%	29%	31%	36%	44%	32%	27%
	95% CI-U	19%	25%	25%	16%	18%	19%	24%	30%	30%	33%	38%	46%	34%	29%
	Maximum	30%	86%	94%	47%	53%	70%	60%	91%	67%	75%	93%	94%	74%	74%
C3/ TVOC	Mean	14%	14%	19%	12%	14%	15%	15%	14%	15%	16%	16%	16%	16%	17%
	SD	8%	7%	14%	7%	10%	10%	9%	6%	3%	5%	5%	5%	7%	11%
	95% CI-L	13%	13%	18%	12%	14%	14%	15%	14%	15%	15%	15%	16%	16%	16%
	95% CI-U	15%	14%	20%	13%	15%	16%	16%	15%	15%	16%	16%	17%	17%	18%
	Maximum	55%	65%	85%	67%	98%	77%	86%	72%	22%	60%	68%	46%	72%	79%
C4/ TVOC	Mean	10%	10%	14%	15%	15%	14%	13%	12%	13%	12%	12%	11%	12%	12%
	SD	3%	3%	6%	5%	5%	5%	4%	4%	4%	3%	4%	4%	4%	4%
	95% CI-L	10%	10%	14%	14%	14%	14%	13%	12%	12%	12%	11%	11%	11%	12%
	95% CI-U	11%	10%	14%	15%	15%	15%	13%	12%	13%	12%	12%	11%	12%	12%
	Maximum	19%	24%	54%	66%	35%	40%	31%	26%	29%	28%	30%	32%	69%	31%
C5/ TVOC	Mean	14%	11%	12%	16%	18%	14%	11%	6%	5%	7%	6%	6%	8%	9%
	SD	4%	6%	6%	5%	6%	5%	6%	4%	2%	2%	3%	2%	3%	4%
	95% CI-L	13%	10%	12%	16%	18%	13%	11%	6%	5%	7%	6%	6%	8%	8%
	95% CI-U	14%	11%	13%	17%	19%	14%	12%	6%	6%	8%	7%	6%	8%	9%
	Maximum	22%	44%	43%	42%	51%	43%	43%	42%	10%	21%	25%	21%	29%	27%
C6/ TVOC	Mean	15%	14%	10%	12%	12%	12%	12%	10%	10%	10%	10%	9%	11%	10%
	SD	3%	5%	3%	3%	4%	4%	3%	3%	3%	3%	3%	4%	4%	3%
	95% CI-L	15%	13%	10%	12%	11%	11%	12%	10%	10%	10%	10%	9%	10%	10%
	95% CI-U	16%	14%	11%	12%	12%	12%	12%	11%	10%	11%	10%	9%	11%	10%
	Maximum	23%	46%	38%	22%	74%	46%	35%	28%	31%	32%	37%	39%	42%	34%
C7/	Mean	13%	14%	10%	14%	11%	14%	15%	18%	16%	14%	13%	8%	13%	15%

	Year	2007										2008			
	Month	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
TVOC	SD	6%	7%	7%	7%	7%	9%	9%	7%	7%	6%	6%	6%	8%	9%
	95% CI-L	13%	14%	10%	13%	10%	13%	14%	17%	16%	13%	12%	7%	12%	14%
	95% CI-U	14%	15%	11%	14%	11%	15%	16%	18%	17%	14%	13%	8%	14%	16%
	Maximum	31%	62%	48%	55%	57%	66%	50%	43%	58%	32%	37%	32%	53%	61%
C8/ TVOC	Mean	9%	8%	6%	8%	7%	7%	6%	7%	7%	6%	5%	3%	5%	6%
	SD	2%	2%	3%	3%	3%	4%	2%	3%	3%	2%	2%	2%	3%	3%
	95% CI-L	9%	8%	6%	8%	7%	7%	6%	7%	6%	5%	5%	3%	5%	6%
	95% CI-U	10%	8%	6%	8%	7%	7%	6%	7%	7%	6%	5%	3%	5%	6%
	Maximum	14%	27%	40%	28%	51%	54%	22%	24%	22%	38%	34%	12%	33%	35%
C9/ TVOC	Mean	5%	5%	4%	5%	5%	4%	3%	3%	3%	2%	2%	1%	2%	3%
	SD	2%	4%	2%	2%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	2%
	95% CI-L	5%	4%	3%	5%	5%	4%	3%	3%	3%	2%	2%	1%	2%	3%
	95% CI-U	5%	5%	4%	5%	5%	4%	4%	4%	3%	2%	2%	1%	2%	3%
	Maximum	10%	48%	14%	15%	26%	23%	11%	10%	12%	8%	7%	4%	9%	22%
C10/ TVOC	Mean	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	SD	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	95% CI-L	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	95% CI-U	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Maximum	1%	3%	1%	3%	3%	2%	1%	1%	3%	1%	1%	1%	3%	2%
C11/ TVOC	Mean	1%	1%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	SD	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%
	95% CI-L	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	95% CI-U	1%	1%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Maximum	3%	4%	2%	3%	6%	9%	2%	4%	2%	2%	1%	2%	31%	4%
C12/ TVOC	Mean	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	SD	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
	95% CI-L	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	95% CI-U	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Maximum	1%	2%	1%	5%	3%	3%	6%	1%	14%	7%	2%	6%	4%	4%

3. 氣象資料分析

根據本研究所蒐集到之環境監測相關文獻中指出，氣象因子會造成污染物濃度差異變化之原因，例如位於土耳其 Izmir 城市鄰近之煉油廠及石化工廠，發現位於下風處之採樣點，所採集到的總揮發性有機碳氫化合物(TVOC)濃度有高於其他兩處採樣點，此外，作者也認為溫度較高會造成 TVOC 易揮發，以致看到 TVOC 濃度亦較高的情形(Cetin et al., 2003)。

本研究利用台西站所監測之風速、風向、雨量、溫度以及濕度等資料，來分析探討當地一年之氣象因子情形，始更能了解污染物濃度與氣象因子的關係。

(一)風向與風速

利用台西光化測站資料，探討 2007 年 4 月至 2008 年 3 月之風向及風速資料。風的來向與大小，以風玫瑰圖(WRPILOT Version 5.9)來表示之，利用各月份之風向風速資料，繪製這一年之各別月份風玫瑰圖，以了解各月份之風向風速變化情形。

由圖 35 可得知，本地區之風向約於 5 月開始，風向從多偏東北北方向($0\sim45^\circ$)轉自南面(180°)而來，約至 8 月左右，對於這段時間的風向，由於受到夏季西南季風之影響，故風向多以南及西面($180\sim270^\circ$)而來，其風速多以 $<5\text{ m/s}$ 之情形頻率較多；而從 9 月開始，由於東北季風慢慢增強，以致此地區之風向皆以北方及東北方向($0\sim45^\circ$)來的風面居多，且風速大多為 $>5\text{ m/s}$ 為主，六輕工業區位於台西監測站之東北北方向，故可推論當風向來自北及東北($0\sim45^\circ$)時，台西站位於下風處，即可監測到來自工業區之污染物種，且由於此地區的風速強，可能會造成污染物的擴散情形快速之情形發生。

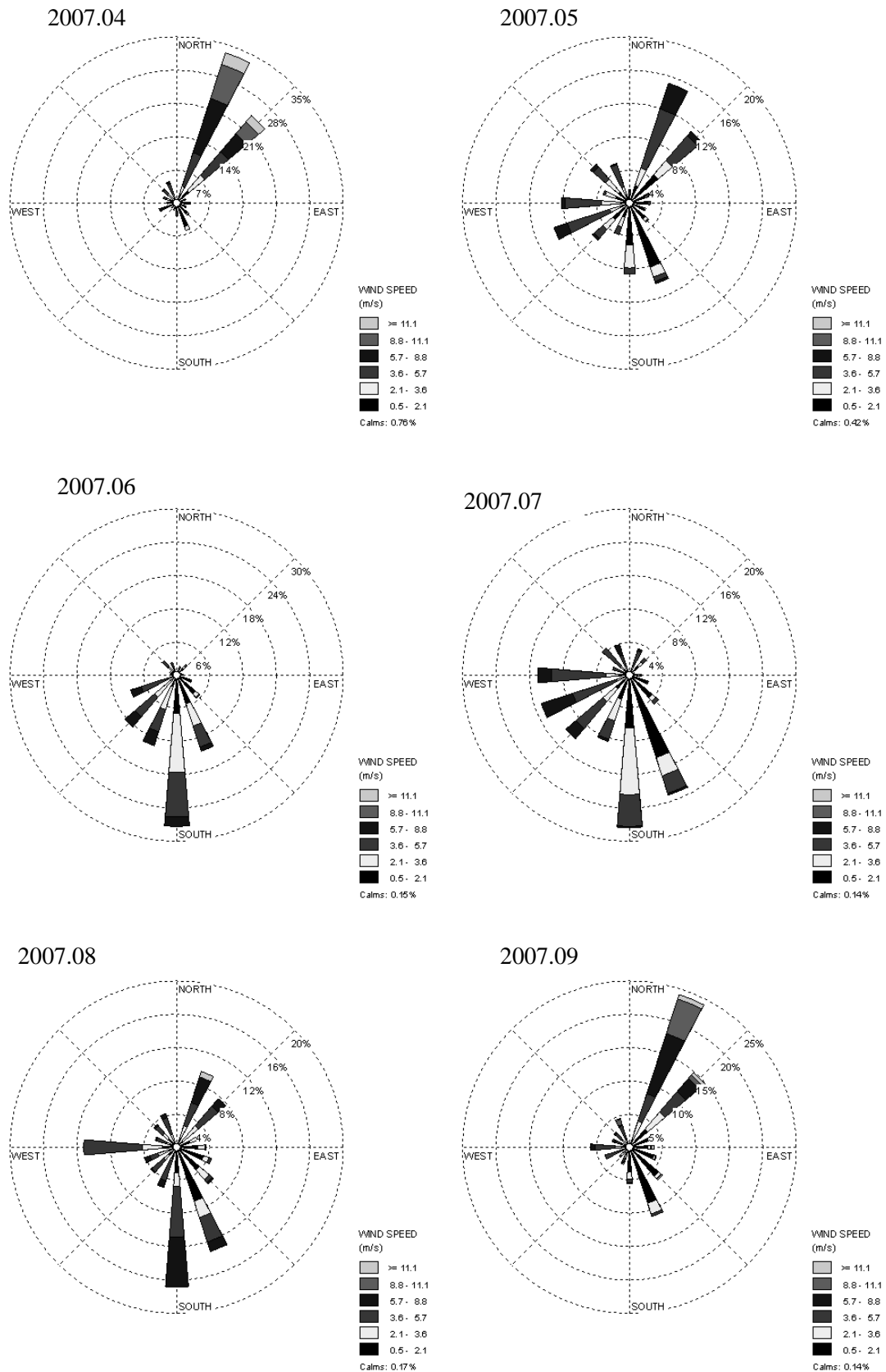
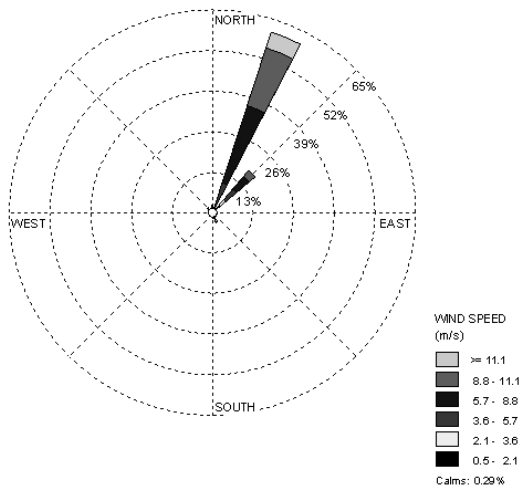
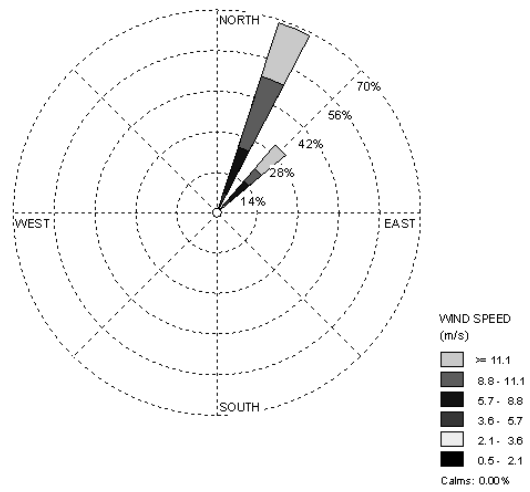


圖 35 台西站一年間(2007 年 4 月至 2008 年 3 月)風玫瑰圖

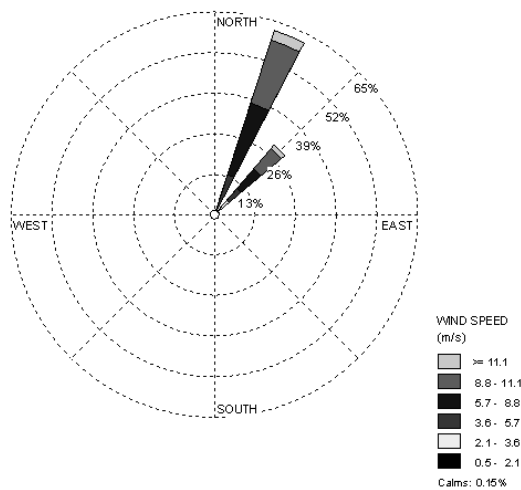
2007.10



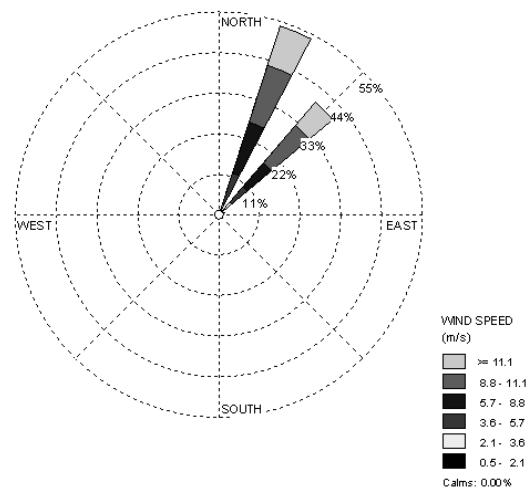
2007.11



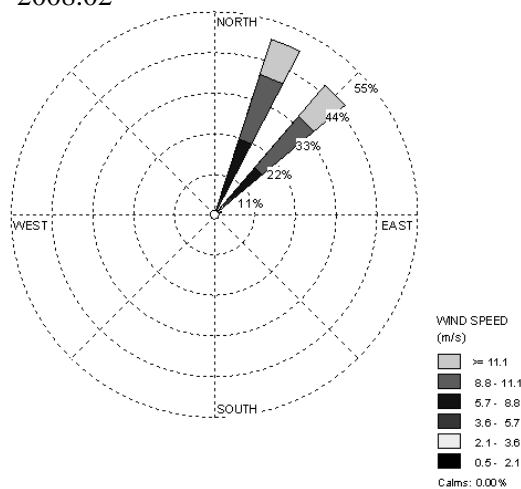
2007.12



2008.01



2008.02



2008.03

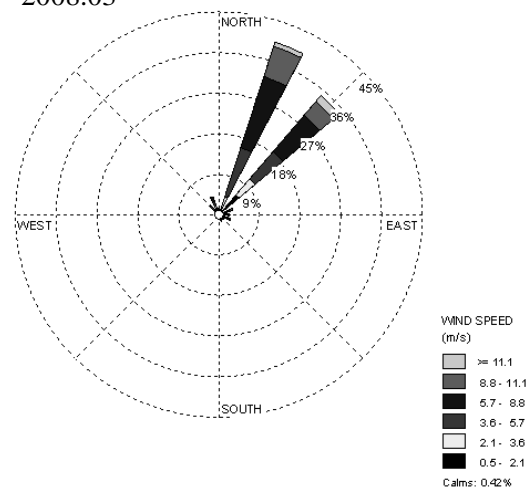


圖 35 台西站一年間(2007 年 4 月至 2008 年 3 月)風玫瑰圖(續)

本計畫分析台西與崙背測站之風向資料，假設當風向為 270° ~ 360° 或 0° ~ 45° 時，六輕工業區附近之雲林縣鄉鎮位於下風處，以探討工業區附近居民在一年中與不同月份中位居工業區下風處之時數與其比例(表 38、表 39、表 40)。由表 38 得知工業區附近居民在一年中約有 58%-71% (台西站)或 32%-72% (崙背站)的時間位居下風處。由表 39 與表 40 得知工業區附近居民在一年中的 1、2、3、10、11、12 月最常處於下風處，6、7、8 月最少處於下風處。

此外，進一步評估在 1996-2007 各年間，由台西與崙背測站所得之各小時下風情形(yes vs. no)之一致性，以 SAS v9.0 軟體計算所得之 Kappa 值分別為: 0.77 (1996)、0.87、0.86、0.87、0.84、0.71、0.82、0.86、0.57、0.27、0.35、0.38 (2007)，皆達統計上的顯著意義；但是，值得注意的是 2005-2007 之 Kappa 值顯著低於其他年份。

表 38 以台西與崙背空品測站每小時風向資料，分析工業區附近居民一年中位居工業區下風處之時數(hour)與其比例

測站	年代	下風處時數 (hr)	總時數 (hr)	有效數值總時數 (hr)	下風時數/ 總時數	下風時數/ 有效值時數
台西	1995	4368	6936*	6784	63%	64%
	1996	5059	8664	7677	58%	66%
	1997	5420	8760	8008	62%	68%
	1998	4917	8640	7174	57%	69%
	1999	3501	8592	6083	41%	58%
	2000	5667	8760	7975	65%	71%
	2001	5564	8760	8434	64%	66%
	2002	5429	8760	8560	62%	63%
	2003	5795	8760	8590	66%	67%
	2004	5786	8640	8241	67%	70%
	2005	5296	8736	8537	61%	62%
	2006	5305	8736	8623	61%	62%
	2007	5235	8760	8705	60%	60%
	2007	5235	8760	8705	60%	60%
崙背	1993	2367	2928*	2860	81%	83%
	1994	5734	8760	8337	65%	69%
	1995	5702	8616	7914	66%	72%
	1996	4623	8280	6590	56%	70%
	1997	5541	8760	8543	63%	65%
	1998	5222	8760	8398	60%	62%
	1999	5176	8712	8295	59%	62%
	2000	5227	8760	7792	60%	67%
	2001	5826	8760	8486	67%	69%
	2002	4951	8592	8148	58%	61%
	2003	5456	8760	8451	62%	65%
	2004	4856	8712	8248	56%	59%
	2005	2774	8712	8649	32%	32%
	2006	3182	8760	8692	36%	37%
	2007	3138	8736	8554	36%	37%

*該年度之總監測時數不足一年。

表 39 以台西空品測站每小時風向資料，分析工業區附近居民一年中各個月份位居工業區下風處之時數(hour)與其比例

年代	月份	下風處時數 (hr)	總時數 (hr)	有效數值總時數 (hr)	下風時數/ 總時數	下風時數/ 有效值時數
1995	3	86	336	239	26%	36%
	4	482	720	714	67%	68%
	5	422	744	738	57%	57%
	6	210	720	712	29%	29%
	7	123	744	736	17%	17%
	8	375	744	730	50%	51%
	9	551	720	715	77%	77%
	10	714	744	743	96%	96%
	11	668	720	717	93%	93%
	12	737	744	740	99%	100%
1996	1	673	744	734	90%	92%
	2	547	648	603	84%	91%
	3	569	744	737	76%	77%
	4	317	720	607	44%	52%
	5	21	744	38	3%	55%
	6	102	720	712	14%	14%
	7	247	744	719	33%	34%
	8	209	696	671	30%	31%
	9	405	696	672	58%	60%
	10	637	744	737	86%	86%
	11	617	720	707	86%	87%
	12	715	744	740	96%	97%
1997	1	718	744	742	97%	97%
	2	628	672	669	93%	94%
	3	563	744	740	76%	76%
	4	533	720	711	74%	75%
	5	99	744	466	13%	21%
	6	120	720	468	17%	26%
	7	268	744	731	36%	37%
	8	224	744	735	30%	30%
	9	451	720	717	63%	63%
	10	627	744	694	84%	90%
	11	513	720	621	71%	83%
	12	676	744	714	91%	95%
1998	1	689	744	718	93%	96%
	2	517	672	624	77%	83%
	3	618	744	707	83%	87%
	4	148	600	384	25%	39%
	5	276	744	357	37%	77%
	6	98	720	714	14%	14%
	7	12	744	205	2%	6%
	8	136	744	722	18%	19%
	9	484	720	711	67%	68%
	10	614	744	674	83%	91%

年代	月份	下風處時數 (hr)	總時數 (hr)	有效數值總時數 (hr)	下風時數/ 總時數	下風時數/ 有效值時數
	11	680	720	707	94%	96%
	12	645	744	651	87%	99%
1999	1	564	696	580	81%	97%
	2	78	672	120	12%	65%
	3	0	744	0		
	4	376	720	523	52%	72%
	5	375	744	732	50%	51%
	6	115	600	574	19%	20%
	7	73	744	722	10%	10%
	8	39	744	521	5%	7%
	9	407	720	667	57%	61%
	10	213	744	361	29%	59%
	11	588	720	610	82%	96%
	12	673	744	673	90%	100%
2000	1	635	720	665	88%	95%
	2	610	696	647	88%	94%
	3	638	744	707	86%	90%
	4	468	720	666	65%	70%
	5	454	744	712	61%	64%
	6	121	720	706	17%	17%
	7	279	744	719	38%	39%
	8	109	744	501	15%	22%
	9	433	720	554	60%	78%
	10	617	744	731	83%	84%
	11	665	720	701	92%	95%
	12	638	744	666	86%	96%
2001	1	578	744	631	78%	92%
	2	581	672	646	86%	90%
	3	505	744	729	68%	69%
	4	544	720	699	76%	78%
	5	403	744	730	54%	55%
	6	181	720	701	25%	26%
	7	313	744	704	42%	44%
	8	325	744	724	44%	45%
	9	328	720	699	46%	47%
	10	690	744	733	93%	94%
	11	683	720	713	95%	96%
	12	433	744	725	58%	60%
2002	1	642	744	733	86%	88%
	2	610	672	647	91%	94%
	3	468	744	705	63%	66%
	4	415	720	717	58%	58%
	5	410	744	727	55%	56%
	6	116	720	715	16%	16%
	7	274	744	731	37%	37%
	8	215	744	727	29%	30%

年代	月份	下風處時數 (hr)	總時數 (hr)	有效數值總時數 (hr)	下風時數/ 總時數	下風時數/ 有效值時數
	9	429	720	694	60%	62%
	10	582	744	731	78%	80%
	11	640	720	714	89%	90%
	12	628	744	719	84%	87%
2003	1	658	744	719	88%	92%
	2	580	672	664	86%	87%
	3	620	744	728	83%	85%
	4	477	720	706	66%	68%
	5	463	744	734	62%	63%
	6	208	720	706	29%	29%
	7	118	744	736	16%	16%
	8	242	744	726	33%	33%
	9	464	720	700	64%	66%
	10	598	744	733	80%	82%
	11	654	720	705	91%	93%
	12	713	744	733	96%	97%
2004	1	703	744	725	94%	97%
	2	582	696	682	84%	85%
	3	629	744	710	85%	89%
	4	414	720	661	58%	63%
	5	379	744	715	51%	53%
	6	331	576	539	57%	61%
	7	199	744	677	27%	29%
	8	295	744	723	40%	41%
	9	415	720	671	58%	62%
	10	696	744	732	94%	95%
	11	487	720	662	68%	74%
	12	656	744	744	88%	88%
2005	1	678	744	744	91%	91%
	2	585	672	670	87%	87%
	3	595	744	744	80%	80%
	4	416	720	720	58%	58%
	5	252	744	713	34%	35%
	6	91	696	670	13%	14%
	7	157	744	618	21%	25%
	8	226	744	744	30%	30%
	9	397	720	717	55%	55%
	10	615	744	742	83%	83%
	11	595	720	720	83%	83%
	12	689	744	735	93%	94%
2006	1	641	744	682	86%	94%
	2	580	672	671	86%	86%
	3	550	744	744	74%	74%
	4	316	696	666	45%	47%
	5	335	744	742	45%	45%
	6	157	720	718	22%	22%

年代	月份	下風處時數 (hr)	總時數 (hr)	有效數值總時數 (hr)	下風時數/ 總時數	下風時數/ 有效值時數
	7	187	744	744	25%	25%
	8	280	744	743	38%	38%
	9	412	720	720	57%	57%
	10	597	744	730	80%	82%
	11	565	720	719	78%	79%
	12	685	744	744	92%	92%
2007	1	718	744	744	97%	97%
	2	513	672	672	76%	76%
	3	507	744	738	68%	69%
	4	465	720	717	65%	65%
	5	307	744	744	41%	41%
	6	88	720	701	12%	13%
	7	155	744	738	21%	21%
	8	198	744	743	27%	27%
	9	346	720	720	48%	48%
	10	593	744	735	80%	81%
	11	666	720	713	93%	93%
	12	679	744	740	91%	92%

表 40 以崙背空品測站每小時風向資料，分析工業區附近居民一年中各個月份位居工業區下風處之時數(hour)與其比例

年代	月份	下風處時數 (hr)	總時數 (hr)	有效數值總時數 (hr)	下風時數/ 總時數	下風時數/ 有效值時數
1993	9	428	720	692	59%	62%
	10	670	744	730	90%	92%
	11	591	720	706	82%	84%
	12	678	744	732	91%	93%
1994	1	678	744	728	91%	93%
	2	570	672	646	85%	88%
	3	646	744	712	87%	91%
	4	450	720	684	63%	66%
	5	354	744	720	48%	49%
	6	194	720	704	27%	28%
	7	297	744	708	40%	42%
	8	199	744	657	27%	30%
	9	493	720	706	68%	70%
	10	605	744	728	81%	83%
	11	596	720	626	83%	95%
	12	652	744	718	88%	91%
1995	1	685	744	710	92%	96%
	2	644	672	660	96%	98%
	3	595	744	687	80%	87%
	4	498	720	683	69%	73%
	5	360	744	637	48%	57%
	6	17	720	366	2%	5%
	7	132	744	732	18%	18%
	8	333	744	724	45%	46%
	9	513	720	699	71%	73%
	10	542	600	576	90%	94%
	11	652	720	703	91%	93%
	12	731	744	737	98%	99%
1996	1	680	744	726	91%	94%
	2	595	696	693	85%	86%
	3	547	744	707	74%	77%
	4	548	720	713	76%	77%
	5	397	744	658	53%	60%
	6	82	720	609	11%	13%
	7	186	744	586	25%	32%
	8	0	744	0		
	9	229	720	313	32%	73%
	10	597	744	692	80%	86%
	11	593	720	709	82%	84%
	12	169	240	184	70%	92%
1997	1	695	744	735	93%	95%
	2	628	672	666	93%	94%
	3	520	744	683	70%	76%
	4	539	720	703	75%	77%

年代	月份	下風處時數 (hr)	總時數 (hr)	有效數值總時數 (hr)	下風時數/ 總時數	下風時數/ 有效值時數
	5	292	744	719	39%	41%
	6	185	720	710	26%	26%
	7	244	744	714	33%	34%
	8	208	744	732	28%	28%
	9	440	720	705	61%	62%
	10	620	744	729	83%	85%
	11	506	720	708	70%	71%
	12	664	744	739	89%	90%
1998	1	653	744	737	88%	89%
	2	510	672	659	76%	77%
	3	598	744	735	80%	81%
	4	323	720	698	45%	46%
	5	418	744	720	56%	58%
	6	103	720	712	14%	14%
	7	90	744	729	12%	12%
	8	202	744	726	27%	28%
	9	439	720	665	61%	66%
	10	553	744	636	74%	87%
	11	676	720	716	94%	94%
	12	657	744	665	88%	99%
1999	1	591	696	604	85%	98%
	2	578	672	666	86%	87%
	3	615	744	736	83%	84%
	4	547	720	709	76%	77%
	5	370	744	718	50%	52%
	6	121	720	710	17%	17%
	7	72	744	724	10%	10%
	8	80	744	688	11%	12%
	9	360	720	640	50%	56%
	10	470	744	672	63%	70%
	11	680	720	710	94%	96%
	12	692	744	718	93%	96%
2000	1	597	744	647	80%	92%
	2	449	696	487	65%	92%
	3	569	720	654	79%	87%
	4	468	720	695	65%	67%
	5	419	744	703	56%	60%
	6	108	720	693	15%	16%
	7	238	744	713	32%	33%
	8	96	744	466	13%	21%
	9	380	720	595	53%	64%
	10	589	744	730	79%	81%
	11	601	720	669	83%	90%
	12	713	744	740	96%	96%
2001	1	681	744	722	92%	94%
	2	624	672	657	93%	95%

年代	月份	下風處時數 (hr)	總時數 (hr)	有效數值總時數 (hr)	下風時數/ 總時數	下風時數/ 有效值時數
	3	528	744	730	71%	72%
	4	546	720	695	76%	79%
	5	357	744	713	48%	50%
	6	186	720	698	26%	27%
	7	251	744	721	34%	35%
	8	288	744	715	39%	40%
	9	426	720	688	59%	62%
	10	649	744	726	87%	89%
	11	638	720	696	89%	92%
	12	652	744	725	88%	90%
2002	1	616	744	737	83%	84%
	2	525	672	569	78%	92%
	3	521	744	724	70%	72%
	4	415	720	694	58%	60%
	5	385	744	709	52%	54%
	6	112	720	704	16%	16%
	7	255	744	716	34%	36%
	8	188	744	731	25%	26%
	9	406	720	704	56%	58%
	10	556	744	717	75%	78%
	11	346	552	415	63%	83%
	12	626	744	728	84%	86%
2003	1	656	744	728	88%	90%
	2	568	672	656	85%	87%
	3	616	744	731	83%	84%
	4	458	720	696	64%	66%
	5	437	744	721	59%	61%
	6	195	720	709	27%	28%
	7	103	744	731	14%	14%
	8	235	744	727	32%	32%
	9	355	720	649	49%	55%
	10	556	744	722	75%	77%
	11	634	720	701	88%	90%
	12	643	744	680	86%	95%
2004	1	693	744	735	93%	94%
	2	574	696	680	82%	84%
	3	653	744	734	88%	89%
	4	458	720	684	64%	67%
	5	388	744	676	52%	57%
	6	378	720	689	53%	55%
	7	162	696	651	23%	25%
	8	164	744	608	22%	27%
	9	296	696	651	43%	45%
	10	352	744	685	47%	51%
	11	390	720	711	54%	55%
	12	348	744	744	47%	47%

年代	月份	下風處時數 (hr)	總時數 (hr)	有效數值總時數 (hr)	下風時數/ 總時數	下風時數/ 有效值時數
2005	1	289	696	677	42%	43%
	2	300	672	672	45%	45%
	3	352	744	744	47%	47%
	4	269	720	683	37%	39%
	5	211	744	744	28%	28%
	6	90	720	720	13%	13%
	7	151	744	742	20%	20%
	8	158	744	741	21%	21%
	9	210	720	719	29%	29%
	10	197	744	743	26%	27%
	11	330	720	720	46%	46%
	12	217	744	744	29%	29%
2006	1	297	744	743	40%	40%
	2	232	672	672	35%	35%
	3	352	744	744	47%	47%
	4	240	720	720	33%	33%
	5	228	744	744	31%	31%
	6	131	720	720	18%	18%
	7	136	744	744	18%	18%
	8	218	744	732	29%	30%
	9	287	720	720	40%	40%
	10	332	744	730	45%	45%
	11	364	720	679	51%	54%
	12	365	744	744	49%	49%
2007	1	331	744	743	44%	45%
	2	330	672	672	49%	49%
	3	334	744	742	45%	45%
	4	303	696	666	44%	45%
	5	294	744	744	40%	40%
	6	99	720	720	14%	14%
	7	145	744	723	19%	20%
	8	174	744	736	23%	24%
	9	253	720	720	35%	35%
	10	317	744	744	43%	43%
	11	283	720	716	39%	40%
	12	275	744	628	37%	44%

依據上述所探討之風向變化情形，將總揮發性有機碳氫化合物(TVOC)濃度加入考慮，探討 2007 年 3 月至 2008 年 4 月(共 13 個月)之逐時濃度與風向之關係情形，以更能夠明瞭當風向來自北面時，TVOC 濃度是否有較高之情形。如圖 36 所示，發現 TVOC 濃度為 $>100\text{ppb}$ 時，大部份之風向是來自 $0\sim45^\circ$ 及 $300\sim360^\circ$ 的風。此外，若將 TVOC 濃度 $>200\text{ppb}$ 定義為高濃度事件，可清楚發現高濃度事件之風向大多來自 $0\sim45^\circ$ 及 $315\sim360^\circ$ ，也就是來自北面的風，故可推論造成這種情形的原因可能為來自測站北方的六輕工業區。

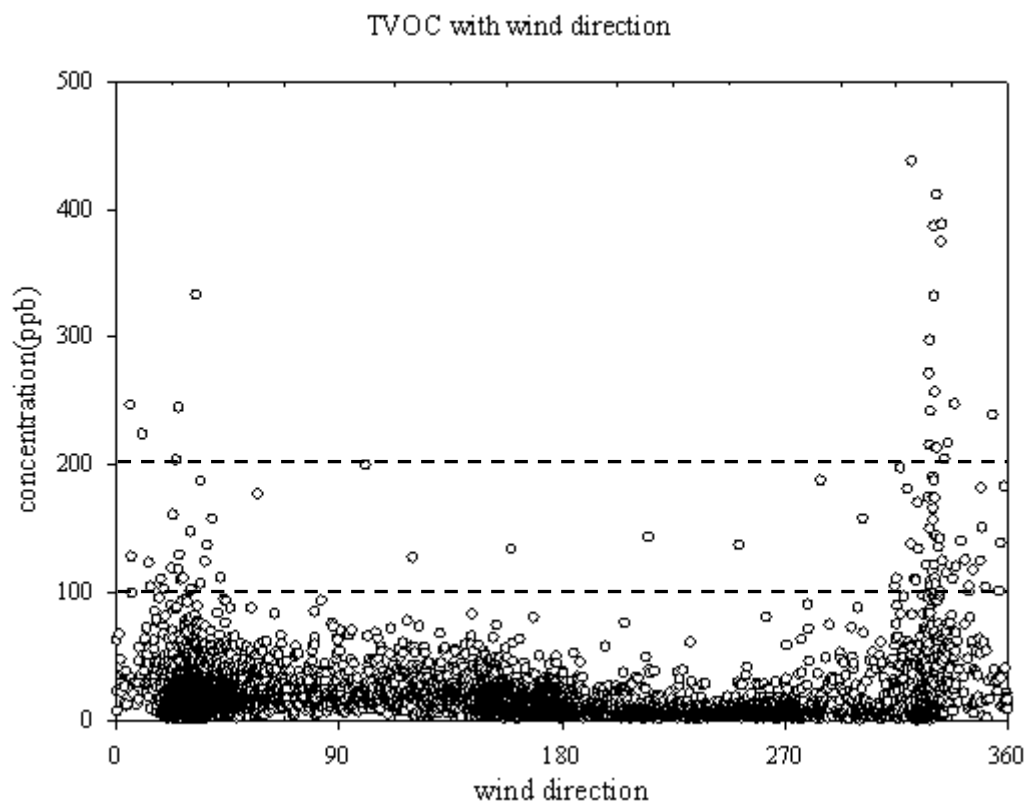


圖 36 雲林台西光化測站 2007 年 3 月至 2008 年 4 月總揮發性有機碳氫化合物 (TVOC)濃度與風向關係圖

針對總揮發性有機碳氫化合物(TVOC)高濃度事件日進行更進一步討論，共 23 個特殊事件，發現其中有 9 個高濃度事件來自 2007 年 5 月 7 日至 15 日，進一步分析此期間之濃度變化情形，如圖 37 所示，發現 TVOC 高濃度($>200\text{ppb}$)大多發生於白天午間至下午(12 點至 17 點)之時刻。

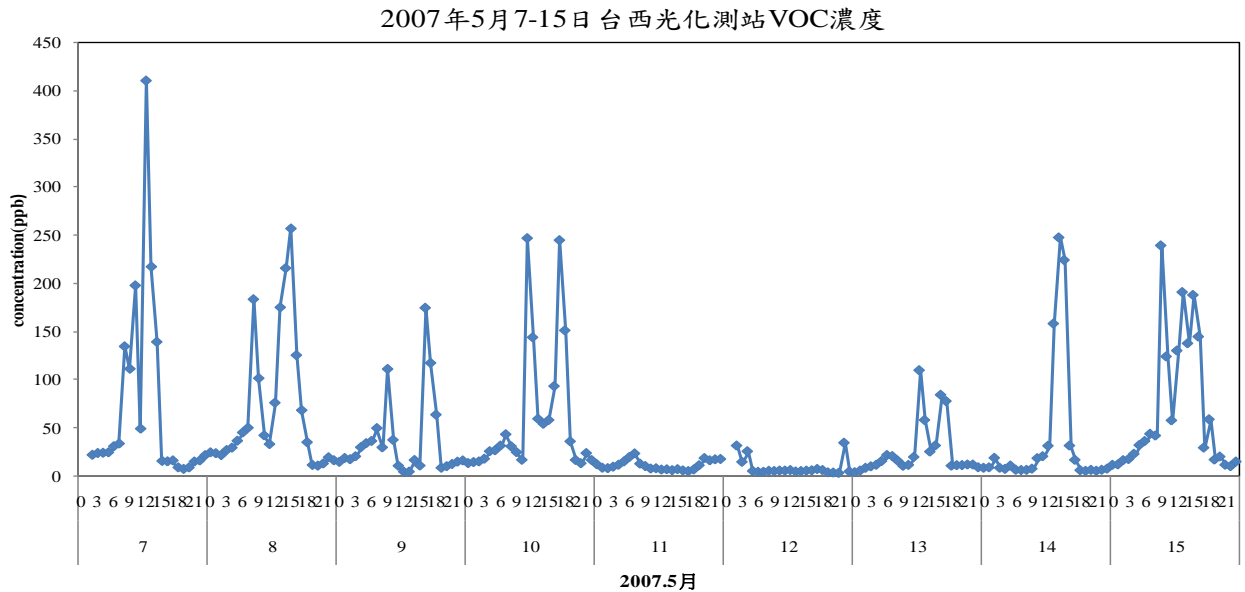


圖 37 高濃度事件(TVOC conc.>200ppb)期間(2007 年 5 月 7-15 日)逐時濃度分佈圖

另外，在過去國內學者(Lee et al., 2007)所做的陸海風(land-sea breezes)研究中，探討彰化沿海附近之每小時風向之變化，指出當月份在 4 至 8 月份時，白天的風向來自西南面，意即風向是從海面所吹來；反之夜晚的風向來自東南面，意即來自陸地面之風向。

利用台西測站 2007 年整年之資料，取各月份之第一天，探討十二個月之風向逐時變化，如圖 38 所示，發現在 11 月、12 月、1 月及 2 月份(即冬季)時，日夜之風向變化不大，都是來自於東北面之風向，可能原因為東北季風強盛，故風向多從東北面吹來；反觀 3 月至 10 月，可發現與過去研究(Lee et al., 2007)相同之情形，白天(早上 9 點至下午 6 點間)風向來自西南海面，夜晚風向則來自陸面，代表白天較易受到工業區所造成之空氣污染所影響。

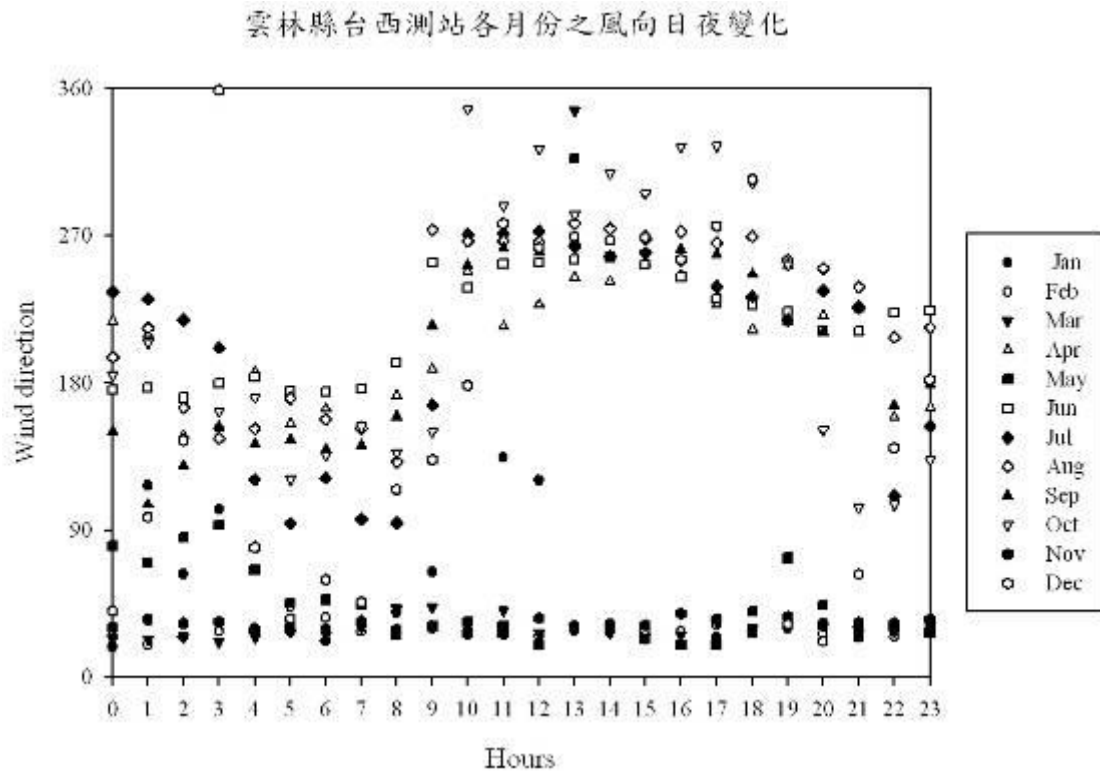


圖 38 雲林縣台西測站 2007 年各月份之風向小時變化

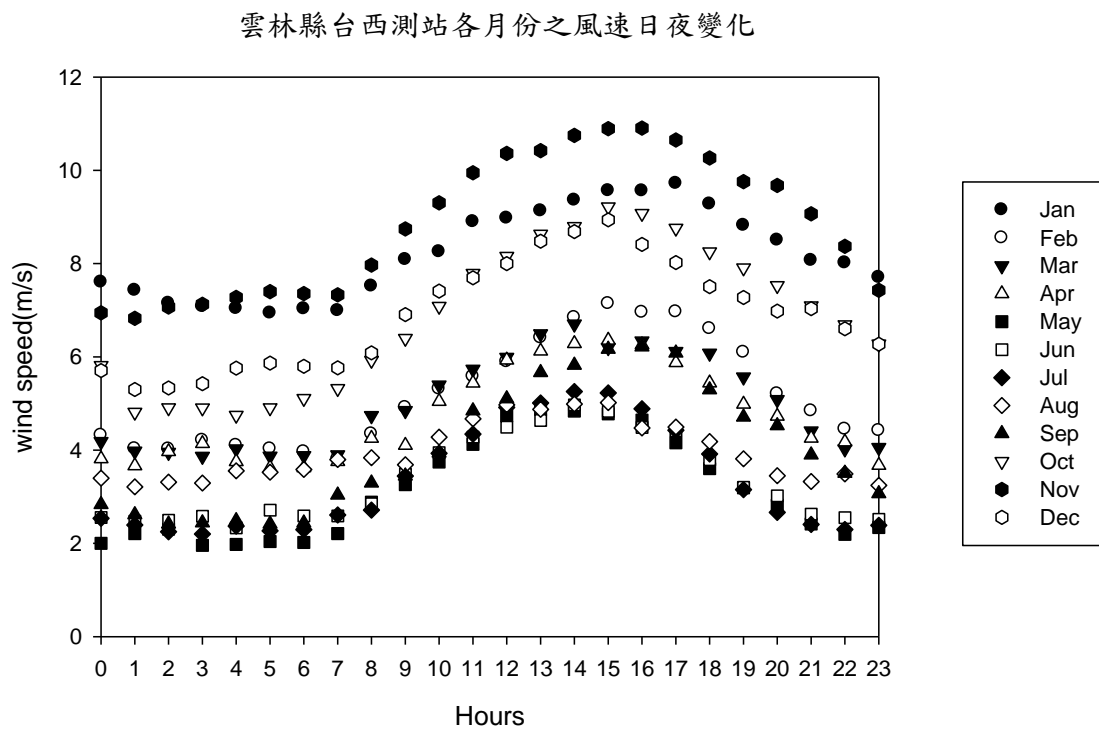


圖 39 雲林縣台西測站 2007 年各月份之風速小時變化

(二)溫濕度

圖 40 為台西站 1994 年 9 月至 2007 年 12 月各月份之逐時溫度平均值，可發現春季(3、4 及 5 月)、夏季(6、7 及 8 月)、秋季(9、10 及 11 月)與冬季(12、1 及 2 月)平均溫度分別為 22.96、28.22、24.87 及 17.75℃；相對濕度資料長度從 2005 年 1 月至 2007 年 12 月共 3 個月，其春、夏、秋及冬季相對濕度分別為 75.6、79.02、76.51 及 77.95%。

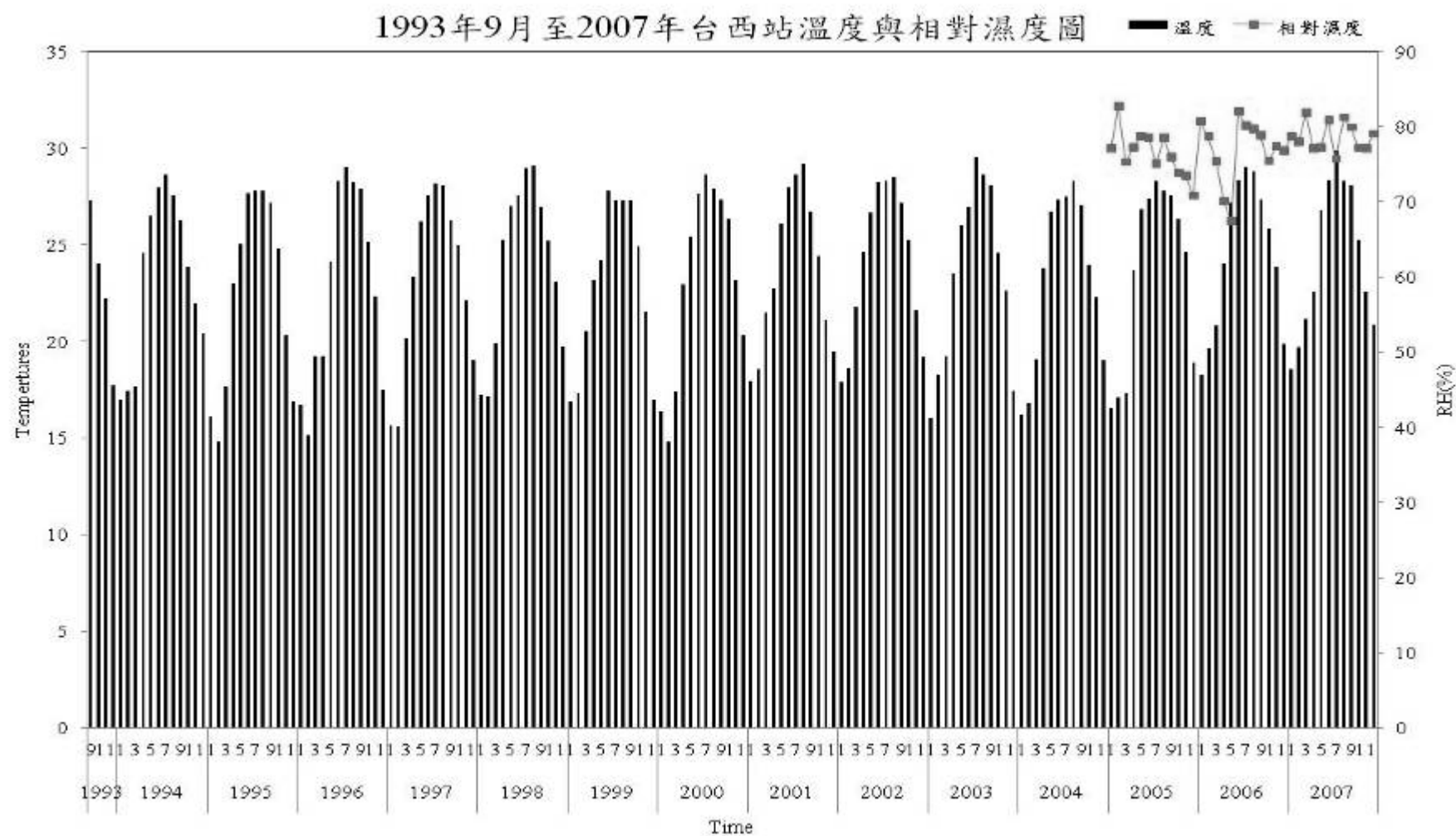


圖 40 雲林地區台西測站 1993 年 9 月至 2007 年 12 月溫度與相對濕度圖

(三) 累積雨量

下圖為 1993 年 9 月至 2007 年 12 月台西站累積雨量變化圖，可看到近年來的雨量有明顯高於過去幾年之情形。

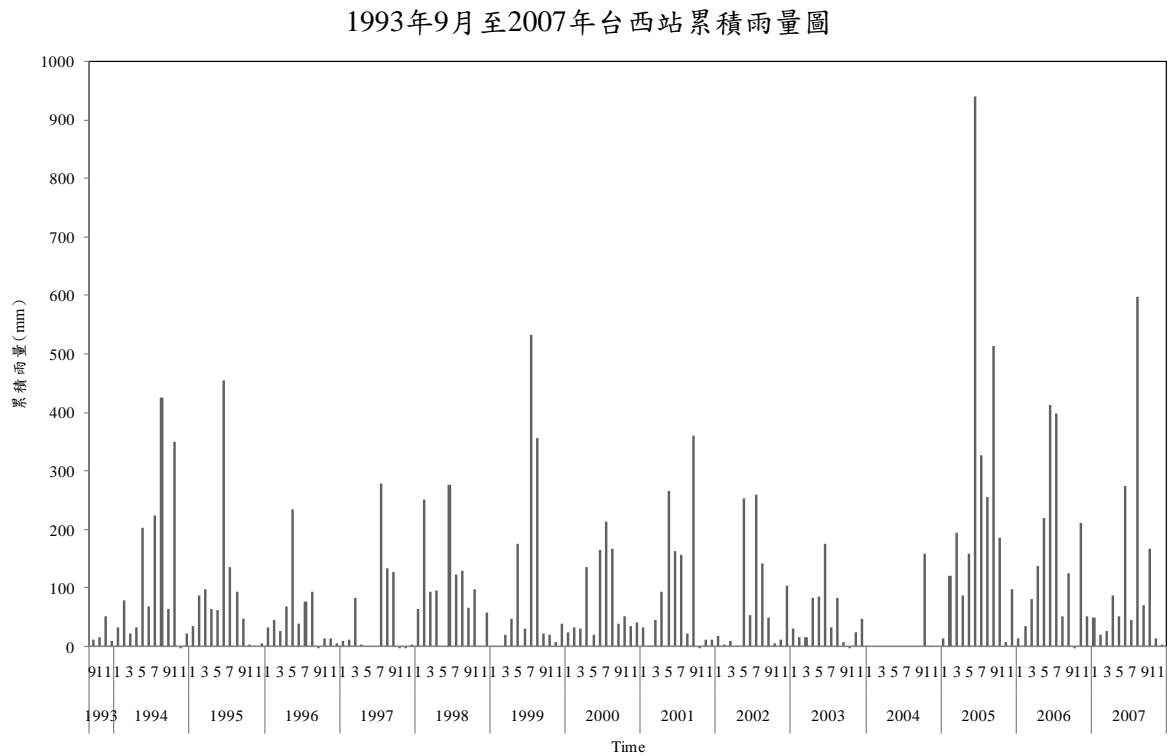


圖 41 雲林地區台西測站 1993 年 9 月至 2007 年 12 月累積雨量圖

4. 空品測站資料與環評報告之比較

依據「籌建烯烴廠及相關工業開發計畫環境影響評估報告說明書」中，針對六輕工業區第一期所新建之烯烴廠(包含乙烯、異辛醇、合成酚、己內醯胺等 8 種產品)及相關工業(包含下游產品如高密度聚乙烯、線性低密度聚乙烯、環氧氯丙烷等 11 種產品)，進行施工期間及運轉期間，對當地環境空氣品質之影響的模擬，發現在施工期間，廠址周界附近之懸浮微粒約增加 $390\mu\text{g}/\text{NM}^3$ ，而在二氧化硫方面，預估建廠後廠址附近年平均最大值最大會增加 7ppb，一小時濃度最大值為 115ppb，與本研究相較，台西站所測得的二氧化硫年平均平均值介於 2.20~5.09ppb，雖低於上述環評所模擬出來之值，但由於環評模擬為廠址附近的污染最大變化，且與台西站仍有 5 公里以上之距離，可能造成監測站之值較低之情形。

而根據「六輕四期擴建計畫環境影響說明書」中描述，六輕的四期擴建會造成二氧化硫年平均增量 0.8ppb，加上未擴建時之背景值 3.5ppb 後為 4.3ppb，二氧化氮年平均增加 3.3ppb，加上未擴建時之背景值 18.8ppb 後為 22.1ppb，在衍生性污染物臭氧的預測分析發現，最大的臭氧濃度主要於台西鄉、東勢鄉及四湖鄉之交界處但增加量均小於 4ppb，若相較於在台西站所觀察到的年平均値，從 2004 年開始，臭氧濃度是逐年在增加 0.9~2.6ppb 不等，表示雖然運轉後臭氧每年之增加量低於容許增量限制(4ppb)，但臭氧濃度逐年在升高是不可否認的。

而在上述兩本環境影響評估報告中，皆未提及到興建場址後之揮發性有機物質的排放增加量，僅在「六輕四期擴建計畫環境影響說明書」中提到揮發性有機物的查核方式，利用美國環保署提出的 AP-42，進行計算工廠中有機污染物的排放，然而，由風向及光化學測站資料發現，此廠址可能為造成高濃度事件的原因之一，故環境影響評估中若能加入揮發性有機物濃度增加量的模擬，則更能掌握廠址附近有害污染物濃度情形。

5. 地下水資料蒐集

在過去國內地下水的污染調查案件調查中，發現地下水可能與健康為何有關，例如過去在雲林、台中及彰化發生地下水受重金屬污染案件，導致民眾的恐慌。本研究利用行政院環保署全國環境水質監測網資料，蒐集六輕工業區鄰近之地下水監測站資料(測站編號為 4410 台西國小、4412 麥寮國小、4414 大同國小及 4415 橋頭國小)(如圖 42 所示)，共蒐集 2000 年至 2008 年資料，採樣檢測之頻率以每年四次(每季一次)之方式進行。監測項目包含：水溫($^{\circ}\text{C}$)、總溶解性固體物、氨氮、硝酸鹽氮、硫酸鹽、酸鹼值、總鹼度、總有機碳、導電度、總硬度、氯鹽、鎘、鉻、銅、鋅、鐵、錳、鉛、鈣、砷、納、鉀及鎂。依據行政院環保署 90.11.21 環署水字號第七三六七一號令發布之地下水污染監測基準(簡稱地下水監測基準)，分類北區應屬於第二類(非飲用水水源保護區之地下水)，以了解地下水水質不合格之情形。發現此四個監測點之氨氮及重金屬鐵之濃度接略高於監測基準濃度值，尤以橋頭國小之氨氮濃度較高，另外，橋頭國小與大同國小之總硬度及重金屬錳之平均濃度高於平均值，其總溶解性固體量濃度略高於監測基準濃度。



(圖片來源：google map)

圖 42 六輕工業區鄰近之地下水監測站位置圖

表 41 台西國小及麥寮國小地下水監測資料(2000 年至 2008 年)

污 染 物	台 西 國 小				麥 寮 國 小				監 測 基 準
	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum	
pH 值	7.3	0.2	7	7.9	7.0	0.3	6.7	7.8	--
總溶解性固體量(mg/L)	625.933	165.251	398	933	526.867	121.536	339	712	1250
氯鹽(mg/L)	97.533	121.213	22.4	736	26.937	13.768	6.2	62	625
硫酸鹽(mg/L)	88.721	50.679	23.7	248	63.167	39.810	9.9	157	625
硝酸鹽氮(mg/L)	0.199	0.582	0.01	3.05	1.594	1.974	0.02	6.51	25
總有機碳(mg/L)	1.664	0.553	0.85	2.81	1.560	0.505	0.57	2.19	10
氨氮(mg/L)	0.540	0.881	0.17	5.3	0.261	0.307	0.03	1.35	0.25
總鹼度(mg/L)	351.818	43.349	283	411	401.333	6.807	396	409	--
硬度(mg/L)	309.724	74.329	159	461	396.600	128.047	172	618	750
鎘(mg/L)	0.003	0.002	0.001	0.007	0.001	0.001	0.001	0.002	0.025
銅(mg/L)	0.013	0.008	0.003	0.027	0.015	0.009	0.006	0.029	5
鋅(mg/L)	0.022	0.019	0.006	0.09	0.024	0.020	0.003	0.08	25
鐵(mg/L)	1.440	1.468	0.137	6.6	1.043	1.125	0.009	2.61	1.50
鉛(mg/L)	0.030	0.023	0.01	0.087	0.024	0.010	0.014	0.04	0.25
錳(mg/L)	0.228	0.152	0.084	0.682	0.515	0.340	0.007	1	0.25
鉻(mg/L)	0.008	0.005	0.003	0.016	0.007	0.002	0.005	0.01	0.25
鎂(mg/L)	35.854	13.371	17.6	64	27.143	12.346	12.3	52	--
砷(mg/L)	0.096	0.051	0.022	0.261	0.024	0.024	0.0005	0.0673	0.25
鉀(mg/L)	20.909	11.664	0.24	37.3	8.764	10.034	0.26	29.9	--

表 42 明倫國小及大同國小地下水監測資料(2000 年至 2008 年)

污 染 物	橋頭國小				大同國小				監測 基準
	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum	
pH 值	6.8	0.2	6.5	2.3	6.9	0.2	6.5	7.3	--
總溶解性固體量(mg/L)	1171.5	220.55	780	1720	1137.3	174.5	378	1410	1250
氯鹽(mg/L)	106.9	122.8	36	788	35.05	8.10	13.3	46.7	625
硫酸鹽(mg/L)	297.09	87.22	134	453	405.47	124.17	50.6	527	625
硝酸鹽氮(mg/L)	0.3	0.695	0.02	3.6	1.509	7.118	0.02	37.8	25
總有機碳(mg/L)	2.039	0.773	0.78	4.04	2.053	0.806	0.8	3.74	10
氨氮(mg/L)	2.86	1.851	0.38	8.75	0.414	0.151	0.13	0.84	0.25
總鹼度(mg/L)	475.91	54.363	439	591	364.8	36.99	345	473	--
硬度(mg/L)	795.77	209.80	329	1160	781.4	172.09	158	1080	750
鎘(mg/L)	0.002	0.0008	0.001	0.003	0.002	0.0015	0.001	0.006	0.025
銅(mg/L)	0.012	0.007	0.001	0.024	0.009	0.004	0.002	0.015	5
鋅(mg/L)	0.021	0.015	0.005	0.06	0.027	0.023	0.003	0.080	25
鐵(mg/L)	2.839	2.371	0.184	10.1	3.525	1.188	1.28	5.4	1.50
鉛(mg/L)	0.028	0.016	0.006	0.052	0.045	0.048	0.01	0.158	0.25
錳(mg/L)	0.836	0.344	0.337	1.81	0.295	0.231	0.07	1.4	0.25
鉻(mg/L)	0.008	0.005	0.006	0.02	0.008	0.003	0.003	0.012	0.25
鎂(mg/L)	64.85	18.82	17.9	93.9	50.73	32.96	0.1	82.1	--
砷(mg/L)	0.022	0.017	0.0039	0.0798	0.023	0.013	0.0031	0.0737	0.25
鉀(mg/L)	17.184	11.448	0.26	44.6	2.338	2.903	0.29	11.8	--

利用所得到之四個站(台西國小、麥寮國小、大同國小及橋頭國小)地下水監測資料，進行 2000 年至 2008 年總溶解固體物、總硬度、氨氮、硝酸鹽氮及總有機碳等濃度之長期趨勢分析：

如圖 43 所示，台西國小之地下水監測結果於 2004 年 8 月後，總溶解固體物及總硬度漸漸增加，氨氮及硝酸鹽氮於近年來則無太大變化(如圖 44 所示)。

麥寮國小之地下水監測結果於 2001 至 2003 年總溶解固體物及總硬度漸增加，而於 2007 濃度略降；氨氮及硝酸鹽氮濃度變化差異大，氨氮濃度於近年來出現濃度較低之情形，然而硝酸鹽氮於近年來濃度較高。(如圖 45、圖 46 所示)

大同國小之地下水監測結果於近年來(2008 年)總溶解固體物及總硬度漸增加，氨氮濃度於 2000 年開始增加，2005 年後濃度略降且維持較平衡之狀態。(如圖 47、圖 48 所示)

橋頭國小之總溶解固體物及總硬度漸於 2000 年至 2004 年濃度增加，2005 年濃度下降並維持一平衡，氨氮濃度則是於 2000 年開始漸增。(如圖 49、圖 50 所示)

針對台西國小、大同國小、麥寮國小及橋頭國小 2001 年至 2008 年地下水監測站總有機碳之濃度變化作一討論(如圖 51)，發現台西國小站之濃度有增加之趨勢。

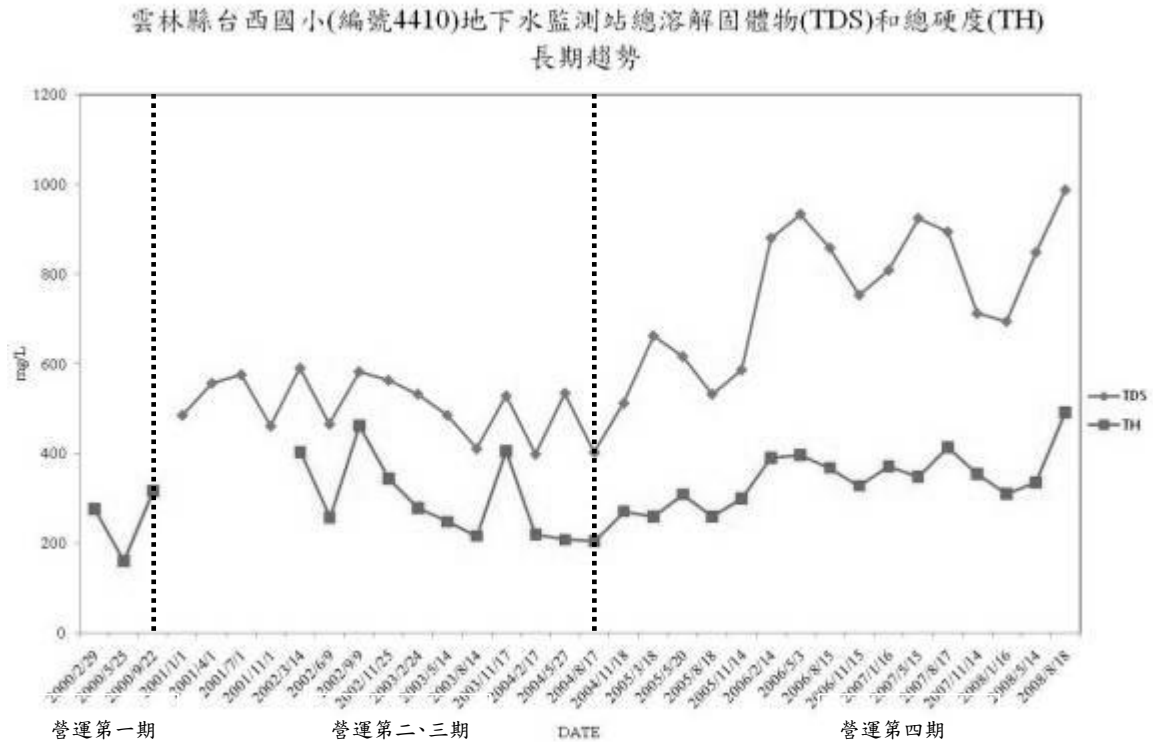


圖 43 雲林縣台西國小 2000 年至 2008 年地下水監測站總溶解固體物及總硬度之變化

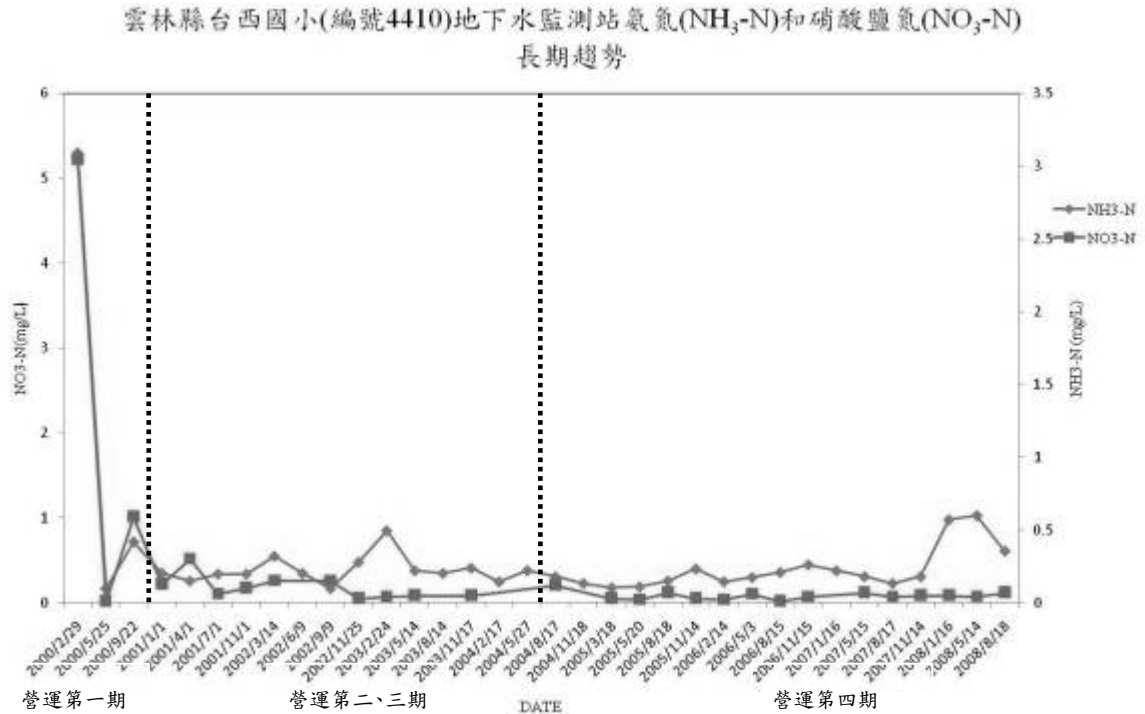


圖 44 雲林縣台西國小 2000 年至 2008 年地下水監測站氨氮及硝酸鹽氮之變化

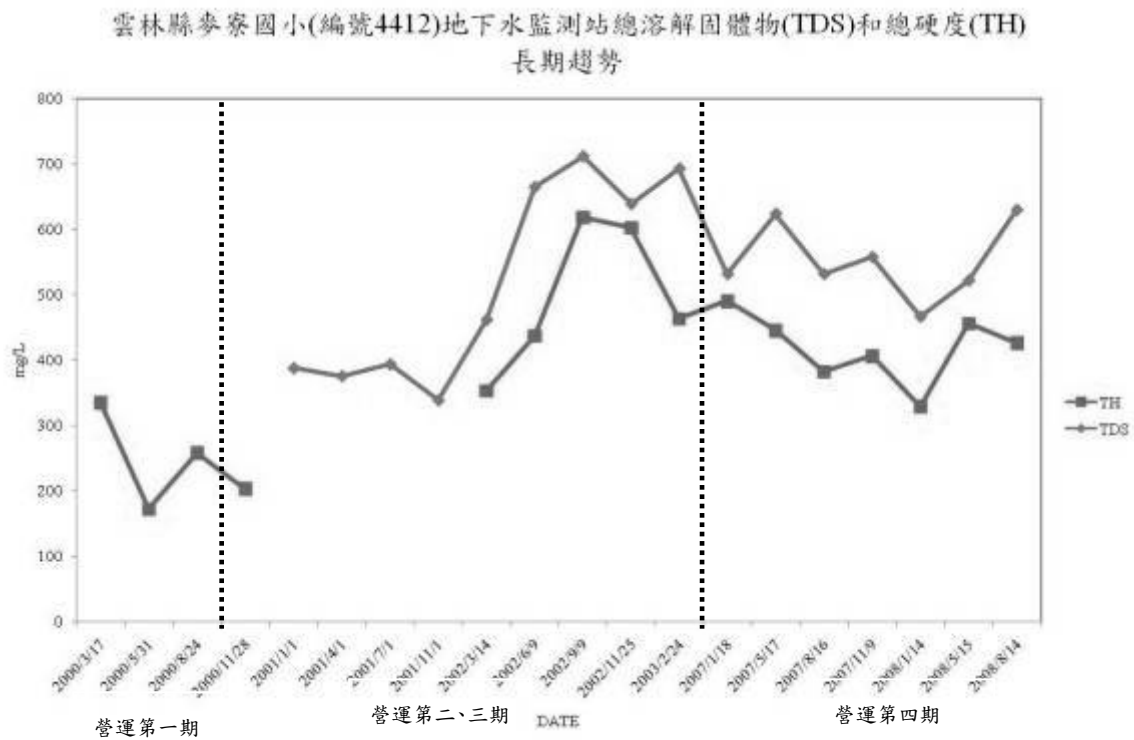


圖 45 雲林縣麥寮國小 2000 年至 2008 年地下水監測站總溶解固體物及總硬度之變化

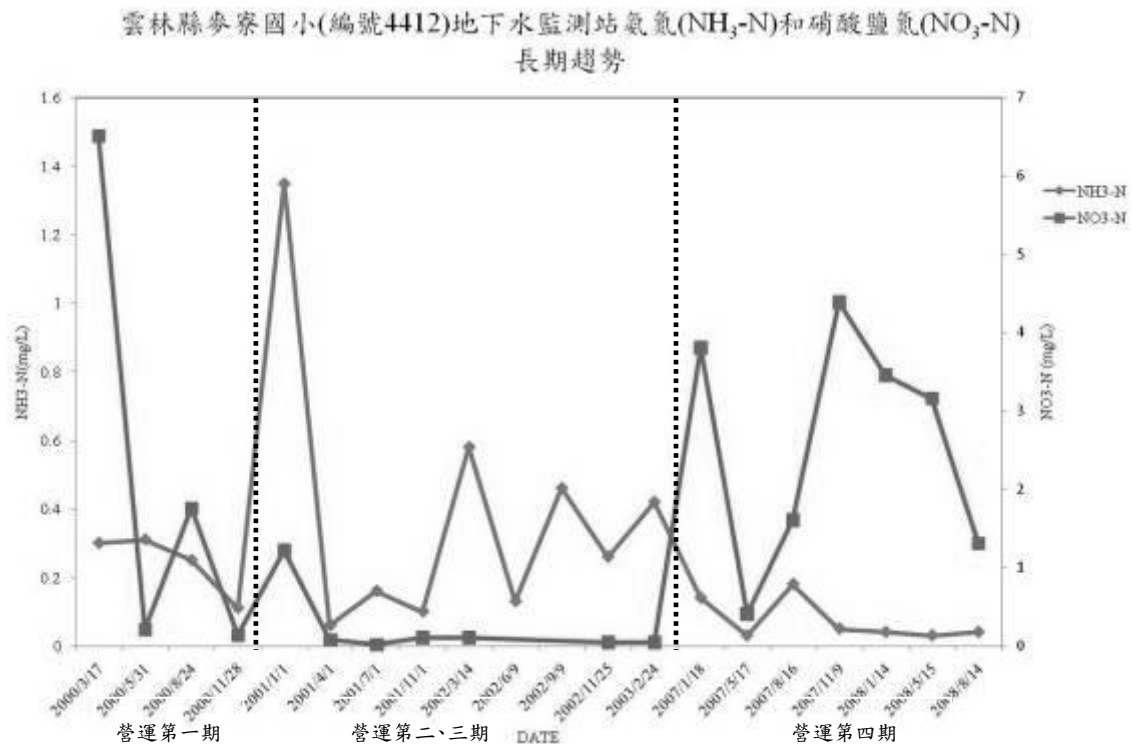


圖 46 雲林縣麥寮國小 2000 年至 2008 年地下水監測站氨氮及硝酸鹽氮之變化

空氣污染對沿海地區環境及居民健康影響

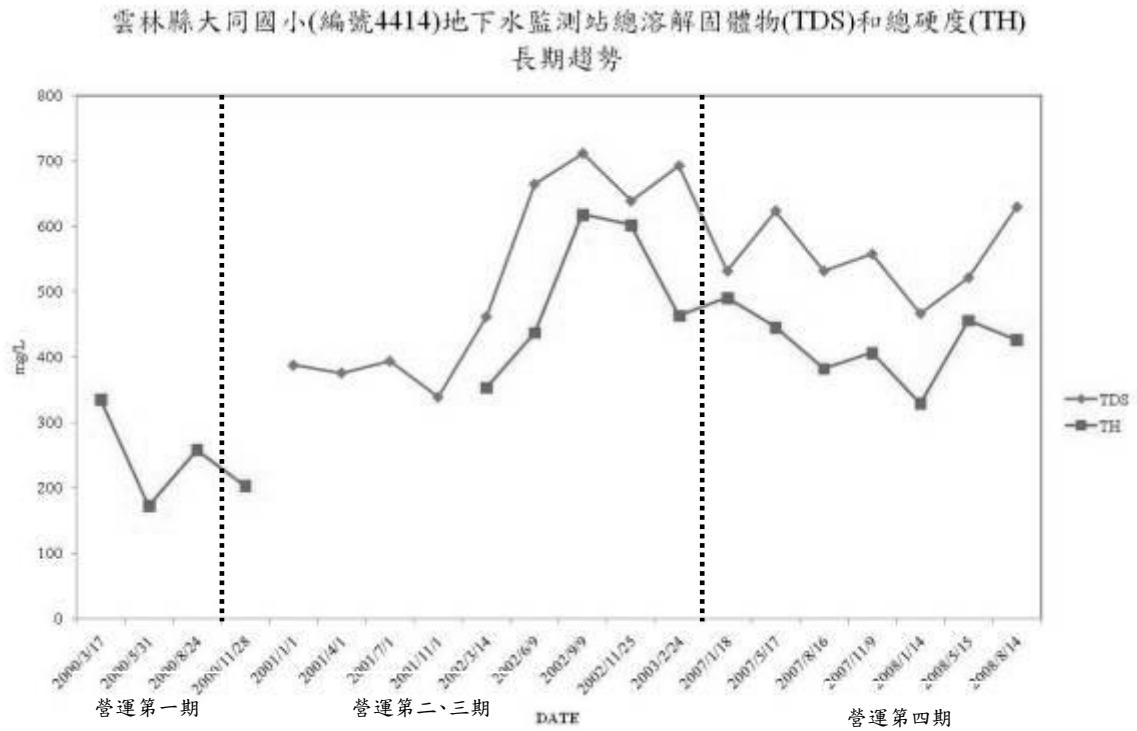


圖 47 雲林縣大同國小 2000 年至 2008 年地下水監測站總溶解固體物及總硬度之變化

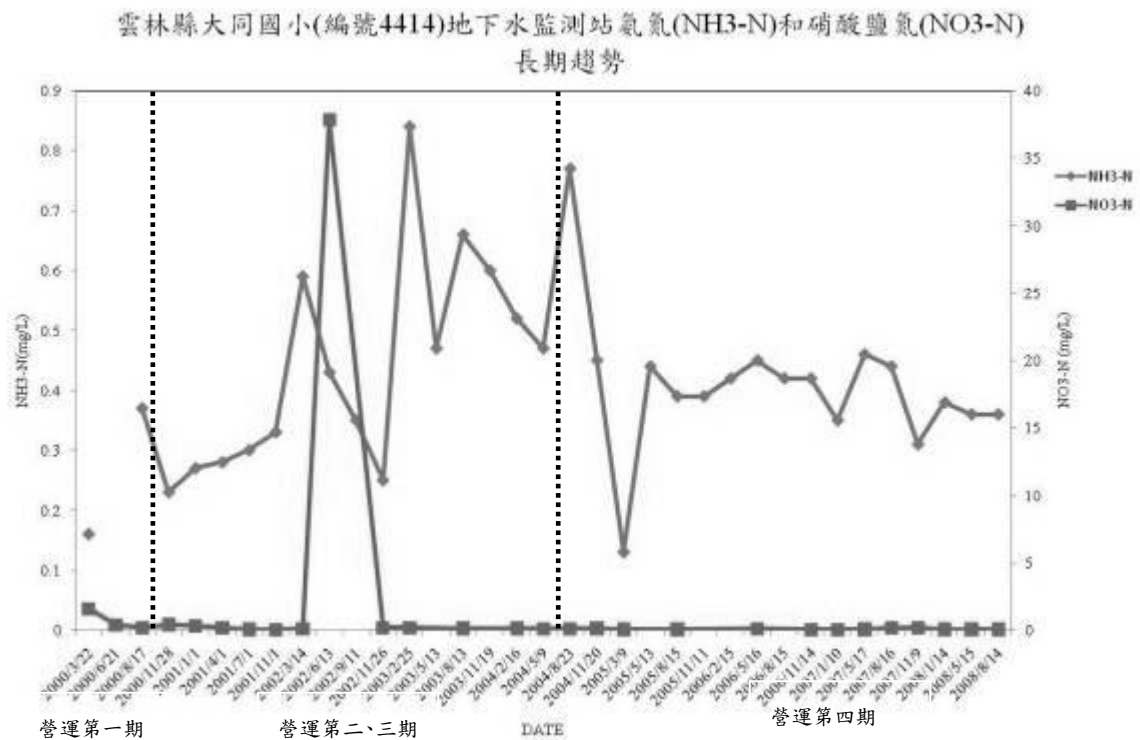


圖 48 雲林縣大同國小 2000 年至 2008 年地下水監測站氨氮及硝酸鹽氮之變化

空氣污染對沿海地區環境及居民健康影響

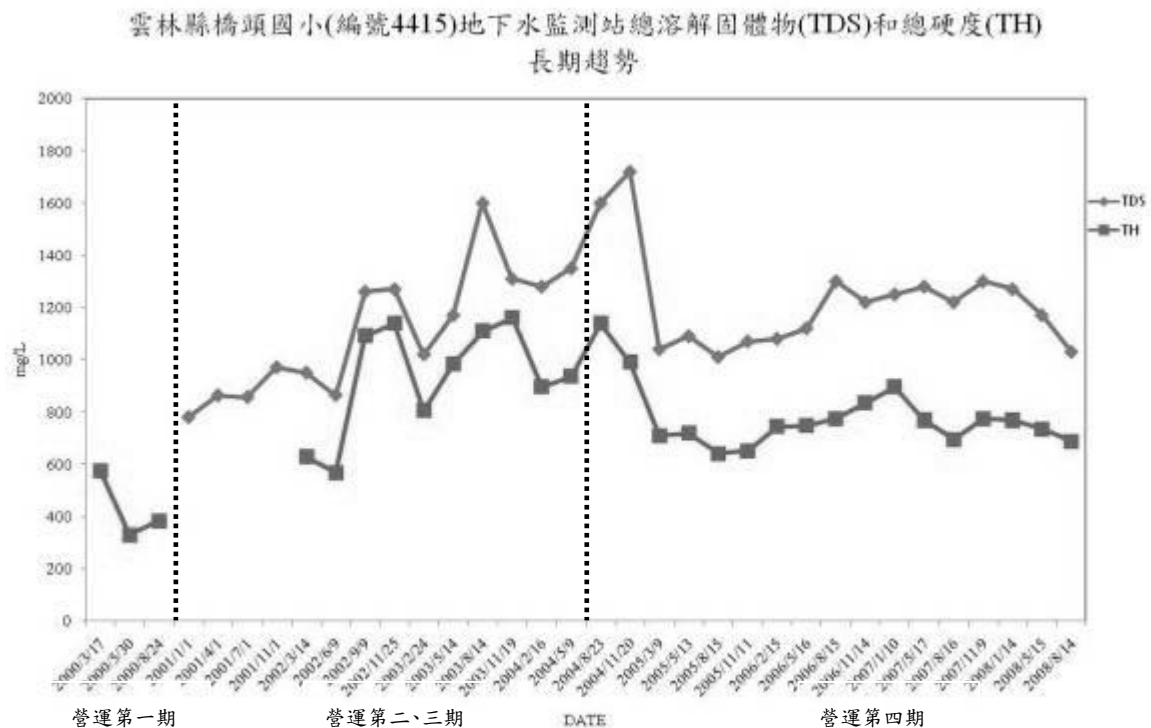


圖 49 雲林縣橋頭國小 2000 年至 2008 年地下水監測站總溶解固體物及總硬度之變化

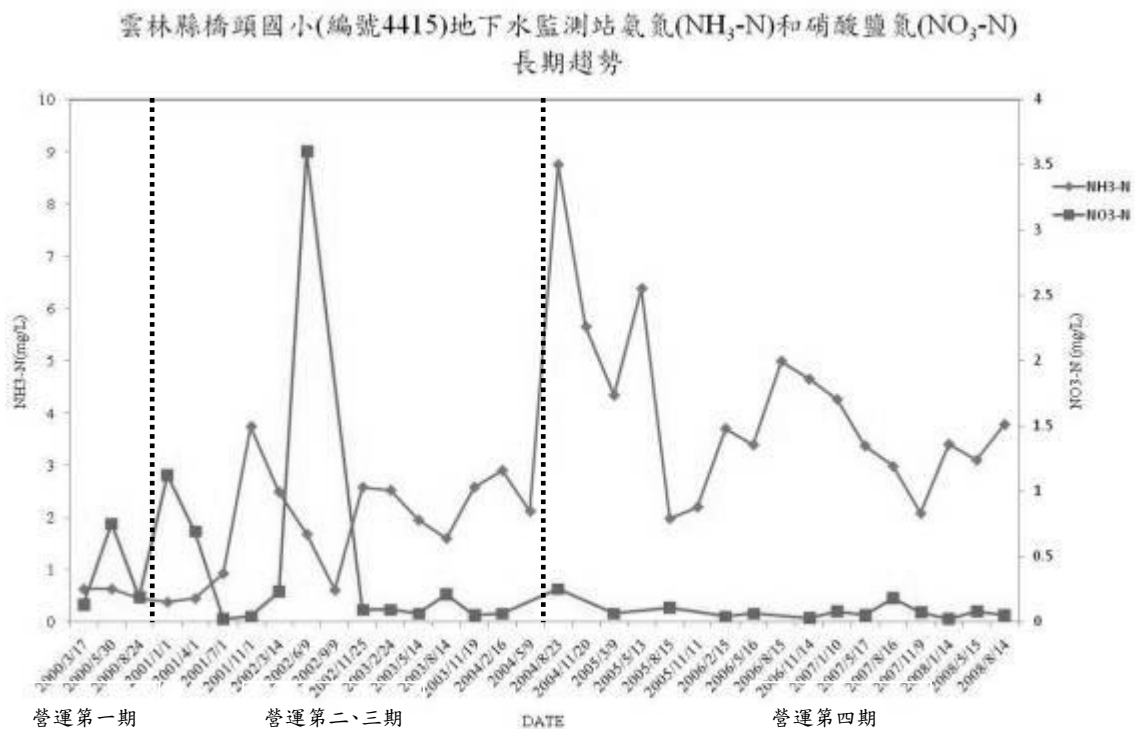


圖 50 雲林縣橋頭國小 2000 年至 2008 年地下水監測站氨氮及硝酸鹽氮之變化

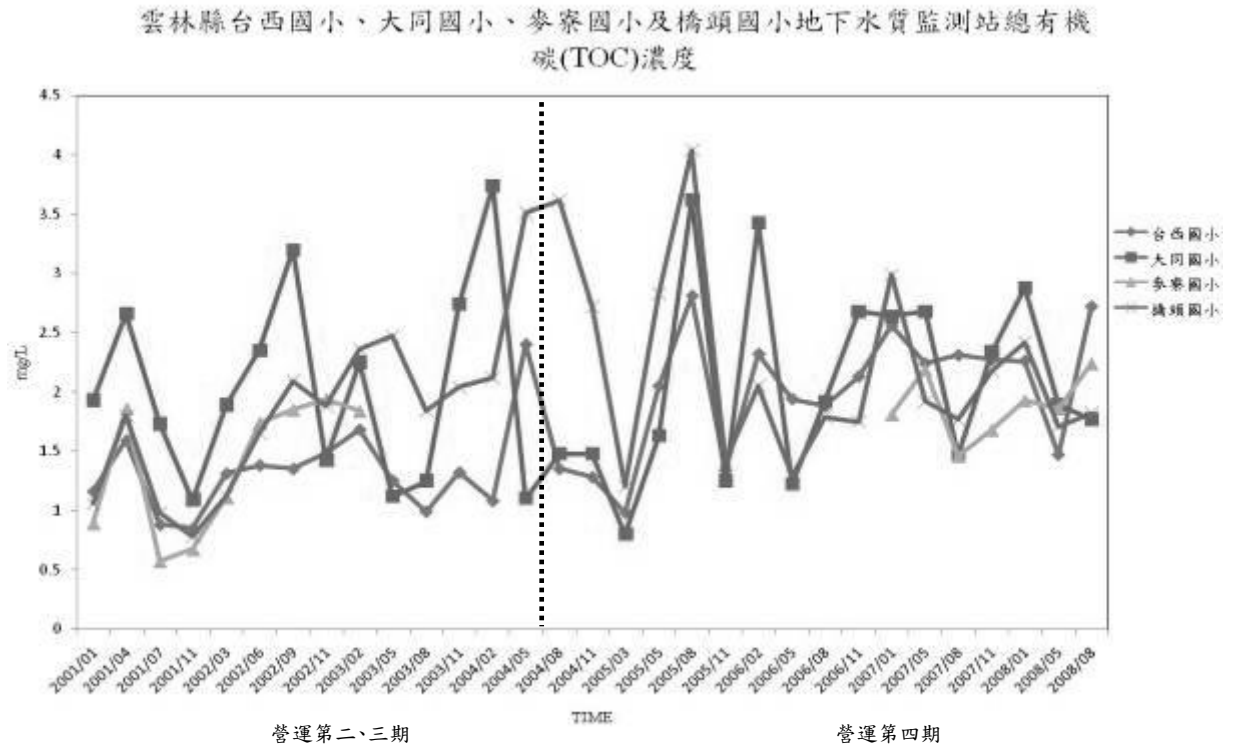


圖 51 雲林縣台西國小、大同國小、麥寮國小及橋頭國小 2001 年至 2008 年地下水監測站總有機碳之濃度變化

三、居民健康資料蒐集

1. 本計畫彙整之健康與人口統計資料

本計畫彙整之健康與人口統計資料包括：

- (一)衛生署 1971 年至 2006 年的死因資料檔；
- (二)衛生署 1980 年至 2005 年的癌症登記資料；
- (三)全民健康保險資料庫 1996 年至 2006 年的住院資料；
- (四)全民健康保險資料庫 1996 年至 2006 年的西醫門診資料；
- (五)國家衛生研究院出版的「台灣健康地圖集系列-癌症死亡率 1998-2002」；
- (六)行政院衛生署國民健康局出版的「中華民國癌症死亡率分佈地圖集 (1972-2001)」；
- (七)內政部 1971 年至 2006 年的人口統計資料。

2. 雲林縣人口學資料

本計畫分析雲林縣位於六輕工業區周邊各鄉鎮(麥寮鄉、臺西鄉、東勢鄉、崙背鄉、褒忠鄉)在 1980-2006 之人口資料，包括：總人口數、各年齡層人口數(每五歲、0-14 歲、15-64 歲、 ≥ 65 歲)與所佔有比例、扶老比、扶幼比、扶養比等(圖 52、表 43)。

鄰近六輕工業區的麥寮鄉、臺西鄉、東勢鄉、崙背鄉、褒忠鄉在 2006 年的總人口數約為 121,874 人，除了麥寮鄉以外，各鄉鎮之總人口數在 1980-2006 年間逐年下降。其中， ≥ 65 歲者所佔總人口比例皆呈現逐年增加情形，約在 1988-1989 年間超過 7%，邁入高齡化社會，而且臺西鄉與東勢鄉 ≥ 65 歲者在 2006 達到 16%；而 0-14 歲者所佔比例則逐年降低(圖 52、表 43)。

此外，本計畫並收集整理 2006 年(民國 95 年)雲林縣各鄉鎮市人口密度、增加率、死亡率(表 44)，麥寮鄉、臺西鄉、東勢鄉、崙背鄉、褒忠鄉之人口密度介於 370 - 512 人/平方公里。表 45 顯示 2006 年(民國 95 年)年底雲林縣各鄉鎮市滿 15 歲以上現住人口之教育程度。其中，麥寮鄉、臺西鄉、東勢鄉、崙背鄉、

褒忠鄉中滿 15 歲以上現住人口中大學、研究所、專科肄業者所佔比例相近，但低於雲林縣整體之比例。

這些資料將做為本計畫進一步比較各鄉鎮市死亡率等資料之參考。

(a) 麥寮鄉與臺西鄉

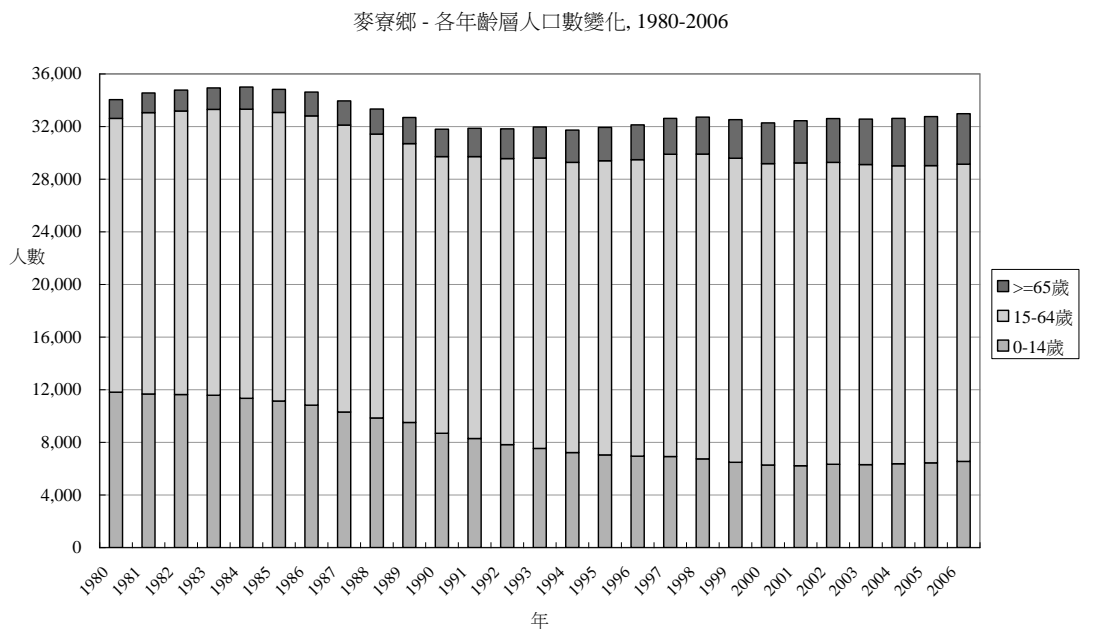


圖 52 六輕工業區周邊鄉鎮，各年齡層人口數變化情形, 1980-2006

(a) 麥寮鄉與臺西鄉

(b) 東勢鄉與崙背鄉

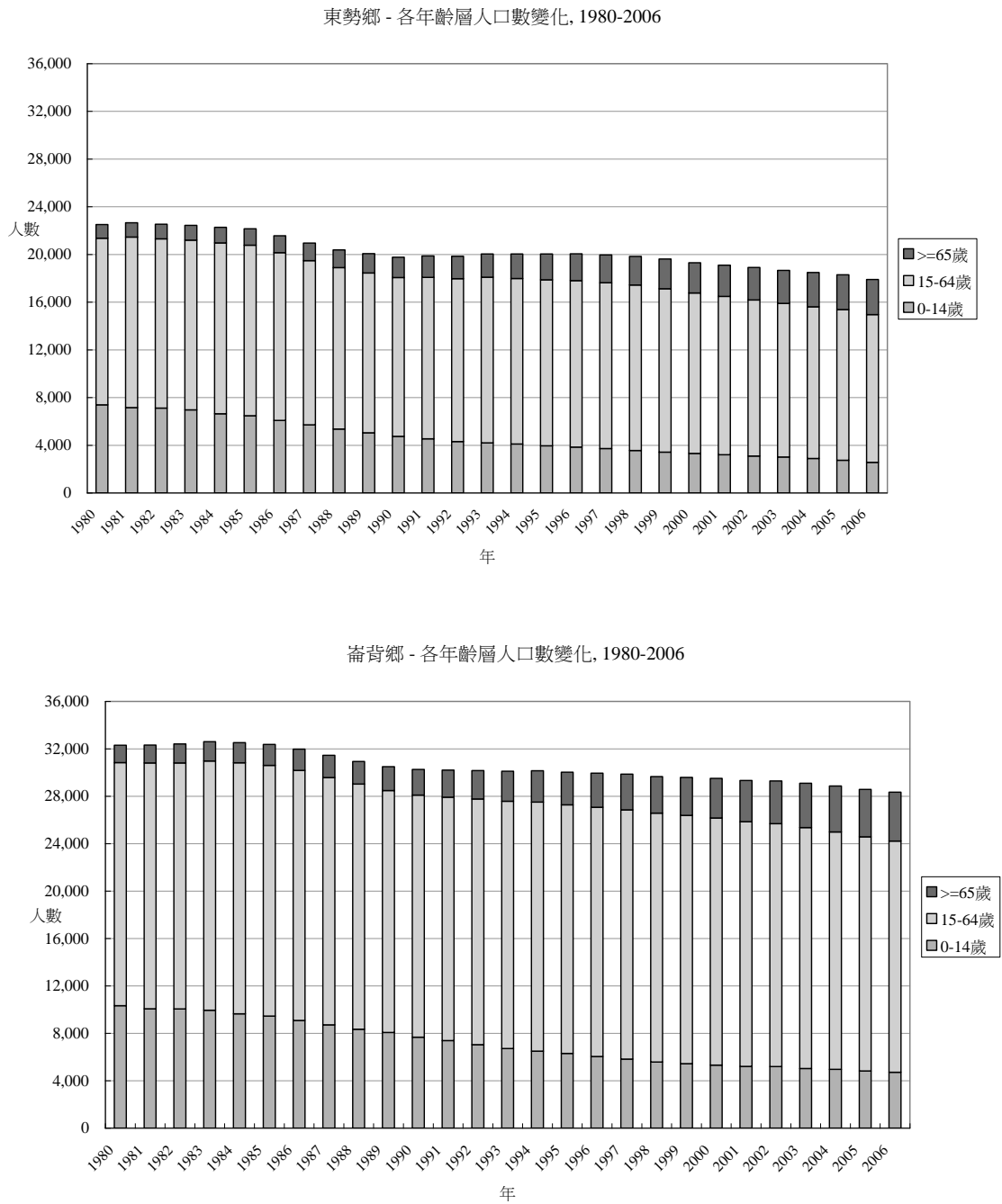


圖 52 六輕工業區周邊鄉鎮，各年齡層人口數變化情形, 1980-2006

(b)東勢鄉與崙背鄉

(c) 褒忠鄉

褒忠鄉 - 各年齡層人口數變化, 1980-2006

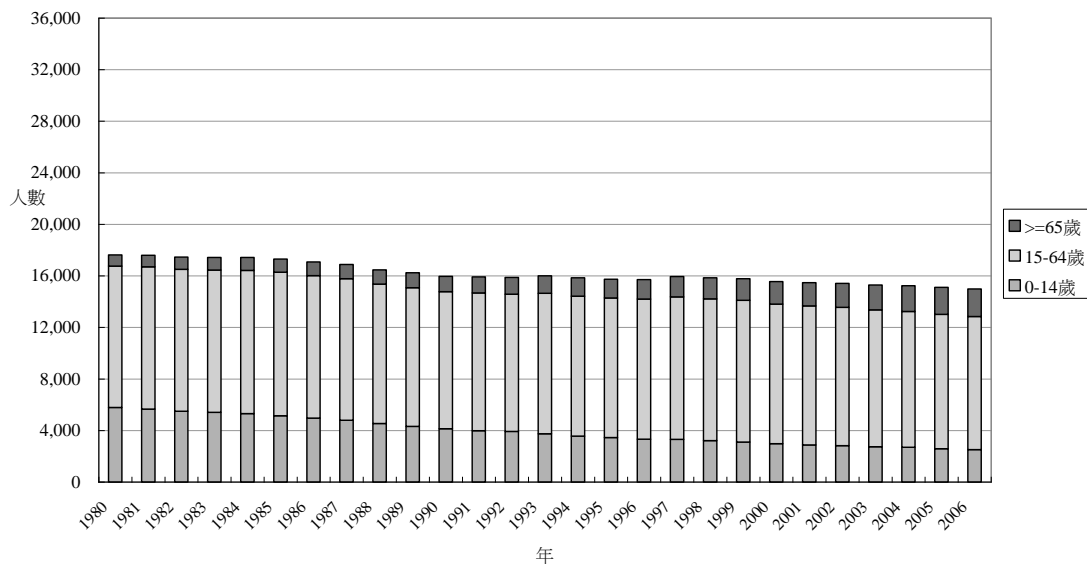


圖 52 六輕工業區周邊鄉鎮，各年齡層人口數變化情形, 1980-2006

(c)褒忠鄉

表 43 六輕工業區周邊鄉鎮之人口數與各年齡層之比例

鄉鎮市	年	總人口數	0-14 歲/ 總人數	15-64 歲/ 總人數	≥65 歲/ 總人數	扶老比 ^a	扶幼比 ^b	扶養比 ^c
東勢鄉	1991	19,874	23%	68%	9%	13%	34%	47%
	1992	19,844	22%	69%	9%	14%	32%	45%
	1993	20,040	21%	69%	10%	14%	30%	44%
	1994	20,039	20%	69%	10%	15%	30%	44%
	1995	20,037	20%	69%	11%	16%	28%	44%
	1996	20,045	19%	70%	11%	16%	28%	44%
	1997	19,960	19%	70%	12%	17%	27%	44%
	1998	19,838	18%	70%	12%	17%	26%	43%
	1999	19,617	17%	70%	13%	18%	25%	43%
	2000	19,308	17%	70%	13%	19%	25%	44%
	2001	19,101	17%	69%	14%	20%	24%	44%
	2002	18,904	16%	69%	14%	21%	24%	44%
	2003	18,667	16%	69%	15%	21%	23%	45%
	2004	18,486	16%	69%	16%	23%	23%	45%
	2005	18,296	15%	69%	16%	23%	22%	45%
	2006	17,901	14%	69%	16%	24%	21%	44%
崙背鄉	1991	30,206	24%	68%	8%	11%	36%	47%
	1992	30,170	23%	69%	8%	12%	34%	46%
	1993	30,105	22%	69%	8%	12%	32%	44%
	1994	30,154	22%	70%	9%	13%	31%	44%

鄉鎮市	年	總人口數	0-14 歲/ 總人數	15-64 歲/ 總人數	>=65 歲/ 總人數	扶老比 ^a	扶幼比 ^b	扶養比 ^c
	1995	30,034	21%	70%	9%	13%	30%	43%
	1996	29,948	20%	70%	10%	14%	29%	42%
	1997	29,860	19%	70%	10%	14%	28%	42%
	1998	29,662	19%	71%	10%	15%	27%	41%
	1999	29,594	18%	71%	11%	15%	26%	41%
	2000	29,504	18%	71%	11%	16%	26%	42%
	2001	29,332	18%	70%	12%	17%	25%	42%
	2002	29,293	18%	70%	12%	18%	25%	43%
	2003	29,094	17%	70%	13%	18%	25%	43%
	2004	28,859	17%	69%	13%	19%	25%	44%
	2005	28,572	17%	69%	14%	20%	24%	45%
	2006	28,348	17%	69%	15%	21%	24%	45%
麥寮鄉	1991	31,863	26%	67%	7%	10%	39%	49%
	1992	31,820	25%	68%	7%	10%	36%	46%
	1993	31,960	24%	69%	7%	11%	34%	45%
	1994	31,722	23%	70%	8%	11%	33%	44%
	1995	31,932	22%	70%	8%	11%	32%	43%
	1996	32,118	22%	70%	8%	12%	31%	43%
	1997	32,614	21%	70%	8%	12%	30%	42%
	1998	32,717	21%	71%	9%	12%	29%	41%
	1999	32,527	20%	71%	9%	13%	28%	41%
	2000	32,277	19%	71%	10%	14%	27%	41%
	2001	32,436	19%	71%	10%	14%	27%	41%
	2002	32,599	19%	70%	10%	14%	28%	42%
	2003	32,566	19%	70%	11%	15%	28%	43%
	2004	32,613	20%	69%	11%	16%	28%	44%
	2005	32,748	20%	69%	11%	16%	29%	45%
	2006	32,968	20%	69%	12%	17%	29%	46%
臺西鄉	1991	31,430	24%	68%	8%	12%	35%	47%
	1992	31,277	22%	69%	9%	13%	32%	46%
	1993	31,202	22%	69%	9%	13%	32%	45%
	1994	31,007	21%	69%	10%	14%	30%	44%
	1995	30,720	20%	70%	10%	14%	29%	43%
	1996	30,405	20%	70%	11%	15%	28%	43%
	1997	30,494	19%	70%	11%	15%	27%	43%
	1998	29,912	19%	70%	11%	16%	27%	43%
	1999	29,587	18%	70%	12%	17%	26%	43%
	2000	29,230	18%	70%	12%	18%	25%	43%
	2001	29,238	17%	70%	13%	18%	25%	43%
	2002	29,079	17%	70%	13%	19%	24%	43%
	2003	28,534	16%	70%	14%	20%	23%	43%
	2004	28,077	16%	70%	15%	21%	22%	43%
	2005	28,152	15%	70%	15%	21%	22%	43%
	2006	27,676	15%	70%	16%	22%	21%	43%
褒忠鄉	1991	15,918	25%	67%	8%	12%	37%	49%
	1992	15,870	25%	67%	8%	12%	37%	49%
	1993	15,997	23%	68%	8%	12%	34%	47%

鄉鎮市	年	總人口數	0-14 歲/ 總人數	15-64 歲/ 總人數	>=65 歲/ 總人數	扶老比 ^a	扶幼比 ^b	扶養比 ^c
	1994	15,844	22%	69%	9%	13%	33%	46%
	1995	15,743	22%	69%	9%	13%	32%	45%
	1996	15,714	21%	69%	10%	14%	31%	45%
	1997	15,946	21%	69%	10%	14%	30%	44%
	1998	15,853	20%	69%	10%	15%	29%	44%
	1999	15,784	20%	70%	11%	15%	28%	43%
	2000	15,550	19%	70%	11%	16%	28%	44%
	2001	15,476	19%	70%	12%	17%	27%	43%
	2002	15,414	18%	70%	12%	17%	26%	44%
	2003	15,289	18%	69%	13%	18%	26%	44%
	2004	15,231	18%	69%	13%	19%	26%	45%
	2005	15,111	17%	69%	14%	20%	25%	45%
	2006	14,981	17%	69%	14%	21%	24%	45%

a 扶老比=65 歲以上年底人口數/15-64 歲年底人口數

b 扶幼比=0-14 歲以上年底人口數/15-64 歲年底人口數

c 扶養比=(0-14 歲+65 歲以上)年底人口數/15-64 歲年底人口數

表 44 2006 年(民國 95 年)，雲林縣各鄉鎮市人口密度、增加率、死亡率

	戶數 (戶)	人口數 (人)	人口密度 (人/km ²)	人口增加率 (%)	粗出生率 (‰)	粗死亡率 (‰)
二崙鄉	8,507	30,908	519	-14.48	10.70	10.18
口湖鄉	9,262	31,515	392	-19.17	10.53	10.59
土庫鎮	8,274	31,341	639	-6.59	9.35	9.41
大埤鄉	6,340	22,064	490	-12.66	8.29	9.95
元長鄉	9,024	30,150	421	-18.24	9.89	11.11
斗六市	31,827	104,918	1,120	5.90	8.44	7.26
斗南鎮	14,514	47,969	996	-2.04	8.54	7.25
水林鄉	9,599	30,112	413	-15.95	9.59	11.13
北港鎮	14,694	44,657	1,076	-9.43	8.36	8.29
古坑鄉	10,185	35,079	211	-9.71	7.89	8.62
台西鄉	8,332	27,676	512	-16.91	10.60	10.17
四湖鄉	8,619	27,946	362	-17.92	9.86	11.31
西螺鎮	13,427	49,207	988	-10.14	9.36	7.89
東勢鄉	5,556	17,901	370	-21.59	8.62	10.94
林內鄉	5,488	20,608	548	-5.36	9.68	8.03
虎尾鎮	20,581	68,979	1,003	5.98	9.92	7.02
崙背鄉	7,911	28,348	485	-7.84	10.33	8.19
麥寮鄉	11,033	32,968	411	6.72	11.60	7.85
莿桐鄉	8,614	31,163	613	-8.24	10.29	7.51
褒忠鄉	4,106	14,981	404	-8.60	10.24	8.64

資料來源：雲林縣政府主計處 - 95 年雲林縣統計要覽。

表 45 2006 年(民國 95 年)底，雲林縣滿 15 歲以上現住人口之教育程度－按鄉鎮市別分

地區	性別	總計	大學研究所肄、畢	專科肄、畢	高中職肄、畢	國(初)中職肄、畢	小學肄、畢	不識字者
雲林縣	計	602,060	12%	10%	29%	18%	25%	6%
	男	316,638	13%	10%	31%	22%	23%	1%
	女	285,422	12%	10%	26%	14%	27%	11%
斗六市	計	84,124	19%	14%	33%	14%	18%	2%
	男	42,328	21%	14%	34%	15%	15%	1%
	女	41,796	17%	13%	31%	13%	21%	4%
斗南鎮	計	39,427	16%	12%	31%	15%	24%	2%
	男	20,099	17%	12%	33%	17%	20%	0%
	女	19,328	15%	11%	28%	13%	29%	4%
虎尾鎮	計	56,032	16%	12%	33%	16%	21%	3%
	男	28,556	16%	12%	35%	18%	17%	1%
	女	27,476	15%	11%	30%	14%	25%	5%
西螺鎮	計	39,763	13%	10%	30%	17%	24%	5%
	男	20,551	13%	9%	34%	20%	23%	1%
	女	19,212	13%	10%	27%	13%	26%	10%
土庫鎮	計	25,826	11%	9%	29%	17%	27%	7%
	男	13,613	11%	9%	32%	20%	25%	1%
	女	12,213	11%	9%	26%	12%	28%	13%
北港鎮	計	37,003	15%	11%	30%	17%	22%	5%
	男	19,275	16%	11%	34%	19%	19%	1%
	女	17,728	14%	11%	26%	14%	26%	9%
古坑鄉	計	29,034	10%	10%	29%	19%	29%	2%
	男	15,449	11%	10%	32%	22%	25%	0%
	女	13,585	10%	9%	26%	16%	34%	4%
大埤鄉	計	18,461	11%	9%	28%	18%	28%	6%
	男	9,894	11%	9%	31%	21%	27%	1%
	女	8,567	11%	8%	26%	14%	28%	13%
莿桐鄉	計	25,906	11%	9%	30%	18%	27%	4%
	男	13,507	11%	9%	33%	22%	24%	1%
	女	12,399	11%	10%	27%	14%	30%	8%
林內鄉	計	16,805	11%	10%	32%	16%	25%	4%
	男	8,785	12%	11%	36%	18%	23%	1%
	女	8,020	11%	10%	28%	14%	28%	8%
二崙鄉	計	25,819	9%	8%	26%	21%	28%	8%
	男	13,883	9%	8%	28%	26%	27%	1%
	女	11,936	9%	8%	23%	14%	29%	16%
崙背鄉	計	23,636	9%	9%	26%	22%	28%	6%
	男	12,534	10%	8%	29%	27%	26%	1%
	女	11,102	9%	9%	22%	16%	32%	11%

地區	性別	總計	大學研究所肄、畢	專科肄、畢	高中職肄、畢	國(初)中職肄、畢	小學肄、畢	不識字者
麥寮鄉	計	26,419	9%	8%	28%	21%	26%	7%
	男	14,201	9%	8%	31%	26%	25%	1%
	女	12,218	8%	9%	25%	15%	27%	15%
東勢鄉	計	15,337	8%	7%	24%	22%	33%	4%
	男	8,399	8%	7%	27%	28%	29%	1%
	女	6,938	9%	8%	22%	14%	37%	8%
褒忠鄉	計	12,469	10%	8%	28%	20%	24%	9%
	男	6,690	10%	8%	31%	25%	24%	2%
	女	5,779	10%	8%	25%	15%	25%	17%
台西鄉	計	23,624	9%	7%	24%	21%	28%	10%
	男	12,812	9%	7%	25%	27%	30%	2%
	女	10,812	9%	7%	22%	15%	25%	21%
元長鄉	計	25,851	9%	8%	26%	18%	31%	8%
	男	14,107	9%	8%	29%	23%	30%	1%
	女	11,744	9%	7%	22%	12%	33%	16%
四湖鄉	計	23,986	8%	7%	24%	21%	25%	14%
	男	13,280	8%	7%	26%	28%	26%	5%
	女	10,706	8%	7%	22%	14%	24%	25%
口湖鄉	計	26,684	9%	7%	25%	21%	26%	12%
	男	14,430	8%	6%	27%	27%	28%	2%
	女	12,254	9%	8%	23%	14%	22%	23%
水林鄉	計	25,854	8%	7%	23%	20%	28%	12%
	男	14,245	8%	7%	26%	26%	30%	2%
	女	11,609	8%	7%	20%	13%	26%	25%

原始資料來源：雲林縣政府主計處 - 95 年雲林縣鄉鎮統計指標。

四、環境暴露與健康效應之相關性分析

在過去，工業區所造成之空氣污染環與附近居民之健康效應常被探討，本研究主要將健康效應情形分為三種類型，一為傳統污染物(如一氧化碳、二氧化硫等)，與欲探討族群之健康情形統計資料(如死因資料檔、癌症登記資料檔及健保資料庫等)；二為光化測站資料結合揮發性有機污染物之風險參數所估算出來之急性健康效應、慢性健康效應以及致癌風險等；除了上述兩種以外，還有其他未被監測到之 air toxics 所造成之健康效應，

國內及國外之空氣污染物與健康效應研究相當多，根據本研究所蒐集之位於工業廠址附近之居民健康效應文獻中發現，空氣污染物與人體呼吸系統、白血病及新生兒體重方面等效應有相關。

我國環保署網站公布之空氣品質及污染物指標則中，將當日空氣中之懸浮微粒 (PM₁₀)、二氧化氮 (NO₂)、二氧化硫 (SO₂)、一氧化碳(CO)與臭氧(O₃)列為監測之污染物質。根據本研究之設計，蒐集距離場址最近之台西測站資料，所獲得之空氣品質監測站 PM₁₀、NO₂、SO₂、CO、O₃ 濃度資料亦是每日逐時的監測資料，每日有二十四筆數據。

健康資料蒐集為，由行政院衛生署蒐集 1972 年至 2006 年之死亡資料檔、衛生署國民健康局 1979 年至 2005 年癌症登記檔、全民健保 1996 年至 2006 年資料及全民健保 1996 年至 2006 年西醫門診資料等，結合空氣品質監測站資料，進行生態型流行病學研究，探討兩者之相關性分析。

1. 死因資料分析結果

六輕工業區周邊鄉鎮與對照區鄉鎮各死因之年齡標準化死亡率與標準化死亡比呈現於附錄一的表 A1-1，此部份結果之重點在：(一)分別看暴露區各鄉鎮與對照區各鄉鎮之年齡標準化死亡率(每十萬人)在 1996-1998 年或之前(運轉前)、1999-2001 年(運轉_{第 1-3 年})、2002-2004 年(運轉_{第 4-6 年})、2005-2006 年間(運轉_{第 7-8 年})是否顯著比前一時期高，表中的「c」欄若為「*」則表示有顯著差異；(二)分別看暴露區各鄉鎮與對照區各鄉鎮的標準化死亡比在運轉前、運轉_{第 1-3 年}、運轉_{第 4-6 年}、運轉_{第 7-8 年}間是否顯著比台灣地區高，表中的「d」欄若為「*」則表示有顯著

空氣污染對沿海地區環境及居民健康影響

差異。

i. 各鄉鎮之標準化死亡率

標準化死亡率在運轉_{第1-3年}與運轉_{第4-6年}及運轉_{第7-8年} (2002-2004、2005-2006)

顯著比前一時期高的死因整理如下：

鄉鎮名	死因類別	年代
臺西鄉	惡性腫瘤	2002-2004
	肺癌	2002-2004
麥寮鄉	喉癌	1999-2001
褒忠鄉	先天性畸形	1999-2001
虎尾鎮	皮膚癌	2002-2004
莿桐鄉	惡性腫瘤	1999-2001
	腫瘤	1999-2001
	胰臟癌	1999-2001
	攝護腺癌	1999-2001
	膀胱癌	2002-2004

ii. 各鄉鎮之標準化死亡比

標準化死亡比在運轉_{第4-6年}及運轉_{第7-8年}(2002-2004、2005-2006)顯著比台灣地

區高的死因整理如下：

組別	鄉鎮名	死因類別	年代
E1	臺西鄉	全死因(不含外因)	2002-2004
		全死因(不含外因)	2005-2006
		惡性腫瘤	2002-2004
		惡性腫瘤	2005-2006
		腫瘤	2002-2004
		腫瘤	2005-2006
		消化系統疾病	2002-2004
		消化系統疾病	2005-2006
		皮膚及皮下組織疾病	2002-2004
		口腔癌(含口咽及下咽)	2002-2004
		口腔癌(含口咽及下咽)	2005-2006
		食道癌	2002-2004
		肝癌	2002-2004
		肝癌	2005-2006
		肺癌	2002-2004
		子宮頸癌	2005-2006
		缺血性心臟病	2005-2006
		慢性阻塞性肺部疾病	2002-2004
E2	東勢鄉	全死因(不含外因)	2002-2004
		全死因(不含外因)	2005-2006

組別	鄉鎮名	死因類別	年代
		惡性腫瘤	2002-2004
		惡性腫瘤	2005-2006
		傳染病及寄生蟲病	2005-2006
		腫瘤	2002-2004
		腫瘤	2005-2006
		骨骼肌肉系統及結締組織之疾病	2002-2004
		骨骼肌肉系統及結締組織之疾病	2005-2006
		口腔癌(含口咽及下咽)	2002-2004
		肝癌	2002-2004
		肝癌	2005-2006
		肺癌	2002-2004
		慢性阻塞性肺部疾病	2002-2004
		慢性阻塞性肺部疾病	2005-2006
E3	崙背鄉	全死因(不含外因)	2002-2004
		全死因(不含外因)	2005-2006
		惡性腫瘤	2002-2004
		腫瘤	2002-2004
		循環系統疾病	2005-2006
		先天性畸形	2005-2006
		口腔癌(含口咽及下咽)	2002-2004
		肝癌	2002-2004
		胰臟癌	2002-2004
		子宮頸癌	2002-2004
		缺血性心臟病	2002-2004
		缺血性心臟病	2005-2006
E4	麥寮鄉	全死因(不含外因)	2002-2004
		全死因(不含外因)	2005-2006
		惡性腫瘤	2002-2004
		惡性腫瘤	2005-2006
		傳染病及寄生蟲病	2002-2004
		腫瘤	2002-2004
		腫瘤	2005-2006
		內分泌、營養及新陳代謝疾病與免疫性疾患	2002-2004
		精神疾患	2002-2004
		循環系統疾病	2002-2004
		骨骼肌肉系統及結締組織之疾病	2002-2004
		口腔癌(含口咽及下咽)	2002-2004
		肝癌	2002-2004
		肝癌	2005-2006
		攝護腺癌	2005-2006
		缺血性心臟病	2002-2004
		缺血性心臟病	2005-2006

組別	鄉鎮名	死因類別	年代
E5	褒忠鄉	全死因(不含外因)	2002-2004
		全死因(不含外因)	2005-2006
		惡性腫瘤	2005-2006
		腫瘤	2005-2006
		精神疾患	2002-2004
		呼吸系統疾病	2002-2004
		口腔癌(含口咽及下咽)	2005-2006
		食道癌	2005-2006
		肝癌	2005-2006
		慢性阻塞性肺部疾病	2002-2004
		慢性阻塞性肺部疾病	2005-2006
E6	四湖鄉	全死因(不含外因)	2002-2004
		全死因(不含外因)	2005-2006
		惡性腫瘤	2002-2004
		惡性腫瘤	2005-2006
		腫瘤	2002-2004
		腫瘤	2005-2006
		內分泌、營養及新陳代謝疾病與免疫性疾患	2005-2006
		精神疾患	2005-2006
		循環系統疾病	2002-2004
		消化系統疾病	2002-2004
		先天性畸形	2005-2006
		口腔癌(含口咽及下咽)	2002-2004
		口腔癌(含口咽及下咽)	2005-2006
		肝癌	2002-2004
		肝癌	2005-2006
C1	虎尾鎮	全死因(不含外因)	2005-2006
		惡性腫瘤	2005-2006
		腫瘤	2005-2006
		精神疾患	2002-2004
		口腔癌(含口咽及下咽)	2005-2006
		結腸癌	2005-2006
		肝癌	2005-2006
		肺癌	2002-2004
		非何杰金淋巴瘤	2002-2004
		腦血管疾病	2002-2004
C2,C3	二崙鄉	全死因(不含外因)	2002-2004
		全死因(不含外因)	2005-2006
		惡性腫瘤	2002-2004
		惡性腫瘤	2005-2006
		腫瘤	2002-2004
		腫瘤	2005-2006

組別	鄉鎮名	死因類別	年代
		神經系統及感覺器官之疾病	2002-2004
		循環系統疾病	2005-2006
		口腔癌(含口咽及下咽)	2005-2006
		直腸癌	2005-2006
		肝癌	2002-2004
		肝癌	2005-2006
		膽囊癌	2002-2004
		白血病	2002-2004
		腦血管疾病	2002-2004
		腦血管疾病	2005-2006
C4,C5	荊桐鄉	全死因(不含外因)	2002-2004
		全死因(不含外因)	2005-2006
		惡性腫瘤	2005-2006
		腫瘤	2005-2006
		循環系統疾病	2002-2004
		消化系統疾病	2005-2006
		泌尿生殖系統疾病	2005-2006
		骨骼肌肉系統及結締組織之疾病	2002-2004
		骨骼肌肉系統及結締組織之疾病	2005-2006
		口腔癌(含口咽及下咽)	2002-2004
		口腔癌(含口咽及下咽)	2005-2006
		肝癌	2005-2006
		皮膚癌	2005-2006
		腦血管疾病	2002-2004
C6	元長鄉	全死因(不含外因)	2002-2004
		全死因(不含外因)	2005-2006
		惡性腫瘤	2002-2004
		惡性腫瘤	2005-2006
		腫瘤	2002-2004
		腫瘤	2005-2006
		內分泌、營養及新陳代謝疾病與免疫性疾患	2005-2006
		循環系統疾病	2005-2006
		消化系統疾病	2002-2004
		消化系統疾病	2005-2006
		肝癌	2002-2004
		肝癌	2005-2006
		喉癌	2002-2004
		腦血管疾病	2005-2006
		慢性阻塞性肺部疾病	2002-2004

iii. 暴露區與對照區鄉鎮標準化死亡率之比較

六輕工業區周邊鄉鎮暴露區與對照區鄉鎮各死因之年齡標準化死亡率之比

較則呈現於附錄一的表 A1-2。，此部份結果之重點在：分別比較各個暴露鄉鎮與它的對照鄉鎮的年齡標準化死亡率(每十萬人)是否有顯著的差異，表中的「b」欄若為「*」則表示：暴露組>對照組，有顯著差異；表中的「c」欄若為「*」則表示：暴露組<對照組，有顯著差異。

標準化死亡率在運轉^{第4-6年}及運轉^{第7-8年}(2002-2004、2005-2006)暴露區顯著比

對照區高的死因整理如下：

暴露區	對照區	死因類別	年代
臺西鄉	虎尾鎮	全死因(不含外因)	2002-2004
		全死因(不含外因)	2005-2006
		惡性腫瘤	2002-2004
		惡性腫瘤	2005-2006
		腫瘤	2002-2004
		腫瘤	2005-2006
		消化系統疾病	2005-2006
		肝癌	2002-2004
		肝癌	2005-2006
東勢鄉	二崙鄉	膀胱癌	2002-2004
崙背鄉	二崙鄉	泌尿生殖系統疾病	2005-2006
		先天性畸形	2005-2006
		缺血性心臟病	2002-2004
麥寮鄉	荊桐鄉	肝癌	2002-2004
		肝癌	2005-2006
		攝護腺癌	2005-2006
		缺血性心臟病	2002-2004
褒忠鄉	荊桐鄉	呼吸系統疾病	2002-2004
		慢性阻塞性肺部疾病	2002-2004

標準化死亡率在運轉^{第4-6年}及運轉^{第7-8年}(2002-2004、2005-2006)暴露區顯著比

對照區低的死因整理如下：

暴露區	對照區	死因類別	年代
東勢鄉	二崙鄉	口腔癌(含口咽及下咽)	2005-2006
		鼻咽癌	2002-2004
		膽囊癌	2002-2004
		女性乳癌	2005-2006
		攝護腺癌	2002-2004
崙背鄉	二崙鄉	膽囊癌	2002-2004
褒忠鄉	荊桐鄉	口腔癌(含口咽及下咽)	2002-2004
		皮膚癌	2005-2006

2. 癌症登記資料分析結果

六輕工業區周邊鄉鎮與對照區鄉鎮各癌症之年齡標準化發生率與標準化發生比呈現於附錄二的表 A2-1，此部份結果之重點在：(一)分別看暴露區各鄉鎮與對照區各鄉鎮的年齡標準化發生率(每十萬人)在 1996-1998 年或之前(運轉前)、1999-2001 年(運轉_{第 1-3 年})、2002-2005 年(運轉_{第 4-7 年})是否顯著比前一時期高，表中的「c」欄若為「*」則表示有顯著差異；(二)分別看暴露區各鄉鎮與對照區各鄉鎮的標準化發生比在運轉前、運轉_{第 1-3 年}、運轉_{第 4-7 年}是否顯著比雲林縣高，表中的「d」欄若為「*」則表示有顯著差異。

i. 各鄉鎮之標準化發生率

標準化發生率在運轉_{第 1-3 年}與運轉_{第 4-7 年}顯著比前一時期高的死因整理如下：

鄉鎮名	癌症類別	年代
臺西鄉	消化器官及腹膜	1999-2001
	全癌症	2002-2005
	消化器官及腹膜	2002-2005
	呼吸系統及胸腔內器官	2002-2005
	肺癌	2002-2005
東勢鄉	造血系統及網狀內皮系統(白血病除外)	1999-2001
	全癌症	2002-2005
	胰臟癌	2002-2005
	腎臟癌	2002-2005
	甲狀腺	2002-2005
崙背鄉	全癌症	1999-2001
	甲狀腺	1999-2001
麥寮鄉	全癌症	2002-2005
	急性骨髓樣白血病	2002-2005
褒忠鄉	鼻咽癌	1999-2001
四湖鄉	全癌症	1999-2001
	消化器官及腹膜	1999-2001
	肝癌	1999-2001
	女性乳癌	2002-2005
虎尾鎮	消化器官及腹膜	1999-2001
	結腸直腸癌	1999-2001
	結腸癌	1999-2001
二崙鄉	泌尿器官	1999-2001
	全癌症	2002-2005
莿桐鄉	全癌症	1999-2001

鄉鎮名	癌症類別	年代
	消化器官及腹膜	1999-2001
	腎臟癌	2002-2005
元長鄉	喉癌	1999-2001

ii. 各鄉鎮之標準化發生比

標準化發生比在運轉第1-3年與運轉第4-7年顯著比雲林縣高的死因整理如下：

鄉鎮名	癌症類別	年代
臺西鄉	唇、口腔及咽	1999-2001
	口腔癌(含口咽及下咽)	1999-2001
	消化器官及腹膜	1999-2001
	肝癌	1999-2001
	全癌症	2002-2005
	唇、口腔及咽	2002-2005
	口腔癌(含口咽及下咽)	2002-2005
	消化器官及腹膜	2002-2005
	肝癌	2002-2005
	膽囊癌	2002-2005
	呼吸系統及胸腔內器官	2002-2005
	女性生殖器官	2002-2005
東勢鄉	泌尿器官	1999-2001
	膀胱癌	1999-2001
崙背鄉	急性骨髓樣白血病	1999-2001
	胰臟癌	2002-2005
麥寮鄉	肝癌	1999-2001
	全癌症	2002-2005
	消化器官及腹膜	2002-2005
	胃癌	2002-2005
	肝癌	2002-2005
四湖鄉	肝癌	1999-2001
	皮膚	1999-2001
	皮膚，非惡性黑色素瘤	1999-2001
	肝癌	2002-2005
虎尾鎮	結腸直腸癌	1999-2001
	結腸癌	1999-2001
	呼吸系統及胸腔內器官	1999-2001
	肺癌	1999-2001
	喉癌	2002-2005
	女性乳癌	2002-2005
莿桐鄉	口腔癌(含口咽及下咽)	2002-2005
元長鄉	急性骨髓樣白血病	1999-2001
	肝癌	2002-2005

iii. 暴露區與對照區鄉鎮標準化發生率之比較

六輕工業區周邊鄉鎮與對照區鄉鎮各癌症之年齡標準化發生率之比較則呈現於附錄二的表 A2-2。此部份結果之重點在：分別比較各個暴露鄉鎮與它的對照鄉鎮的年齡標準化發生率(每十萬人)是否有顯著的差異，表中的「b」欄若為「*」則表示：暴露組>對照組，有顯著差異；表中的「c」欄若為「*」則表示：暴露組<對照組，有顯著差異。

標準化發生率在運轉第4~6年及運轉第7~8年暴露區顯著比對照區高的死因整理如下：

暴露區	對照區	癌症類別	年代
臺西鄉	虎尾鎮	全癌症	2002-2005
		唇、口腔及咽	2002-2005
		口腔癌(含口咽及下咽)	1999-2001
		口腔癌(含口咽及下咽)	2002-2005
		消化器官及腹膜	2002-2005
		肝癌	1999-2001
		肝癌	2002-2005
麥寮鄉	荊桐鄉	消化器官及腹膜	2002-2005
		肝癌	1999-2001
		肝癌	2002-2005
		急性骨髓樣白血病	2002-2005

標準化發生率在運轉第4~6年及運轉第7~8年暴露區顯著比對照區低的死因整理如下：

暴露區	對照區	癌症類別	年代
臺西鄉	虎尾鎮	結腸直腸癌	1999-2001
		結腸癌	1999-2001
		肺癌	1999-2001
		結締組織、軟組織及其他皮下組織	1999-2001
		結締組織、軟組織及其他皮下組織	2002-2005
東勢鄉	二崙鄉	膽囊癌	1999-2001
		胰臟癌	1999-2001
		喉癌	2002-2005
		造血系統及網狀內皮系統(白血病除外)	2002-2005
崙背鄉	二崙鄉	膽囊癌	1999-2001
褒忠鄉	荊桐鄉	白血病	2002-2005
		腎臟癌	2002-2005
四湖鄉	元長鄉	女性乳癌	1999-2001

3. 台西與崙背空氣品質監測站周邊鄉鎮居民-健保門診及住院與各空氣污染物關係之分析結果

表 A3-1、3-2、3-3 分別呈現 1996-2006、1996-2000、2001-2006 台西站附近 10 公里內鄉鎮，每日住院或門診人數與台西站各空氣污染物平均值之相關性分析結果(Pearson 相關係數)。呼吸道疾病和循環系統疾病的每日住院和門診人數與各空氣污染物 Lag 0~Lag 3 平均值大多有顯著相關。

表 A3-4、3-5、3-6 分別呈現 1996-2006、1996-2000、2001-2006 崙背站附近 10 公里內鄉鎮，每日住院和門診人數與台西站各空氣污染物平均值之相關性分析結果(Pearson 相關係數)。呼吸道疾病和循環系統疾病的每日住院和門診人數與各空氣污染物 Lag 0~Lag 3 平均值大多有顯著相關。

表 A3-14 呈現台西測站 1996-2006、1996-2000、2001-2006 年間各空氣污染物日平均濃度與其周邊鄉鎮(<10 km)每日循環系統疾病門診就醫關係的 GAM 模式分析結果。其中 CO 的相對危險性(relative risk, RR)大都小於 1，其他空氣污染物的 RR 則大多大於 1。RR 達到顯著的有：2001-2006 年 CO, lag 3 (RR=0.51)；2001-2006 年 NO, lag 2 (RR=1.01)、lag 0-3 average (RR=1.02)；2001-2006 年 NO_x, lag 2 (RR=1.01)、lag 0-3 average (RR=1.01)。O₃、PM₁₀、SO₂ 的 RR 都未達到顯著。

表 A3-15 呈現崙背測站 1996-2006、1996-2000、2001-2006 年間各空氣污染物日平均濃度與其周邊鄉鎮(<10 km)每日循環系統疾病門診就醫關係的 GAM 模式分析結果。其中的相對危險性(relative risk, RR)大多大於 1。RR 達到顯著的在 2001-2006 年僅有 O₃, lag 2 (RR=0.997)；在 1996-2000 年 RR 達到顯著的有 NO、NO_x、O₃、PM₁₀。CO 與 SO₂ 的 RR 都未達到顯著。

表 A3-16 呈現台西測站 1996-2006、1996-2000、2001-2006 年間各空氣污染物日平均濃度與其周邊鄉鎮(<10 km)每日呼吸道疾病門診就醫關係的 GAM 模式分析結果。CO 與 NO 的 RR 都未達到顯著，其他空氣污染物的 RR 有些達到顯著性且 RR > 1。

表 A3-17 呈現崙背測站 1996-2006、1996-2000、2001-2006 年間各空氣污染物日平均濃度與其周邊鄉鎮(<10 km)每日呼吸道疾病門診就醫關係的 GAM 模式分析結果。NO 的 RR 都未達到顯著，其他空氣污染物的 RR 有很多達到顯著

性且 $RR > 1$ 。

表 A3-18 呈現台西測站 1996-2006、1996-2000、2001-2006 年間各空氣污染物日平均濃度與其周邊鄉鎮(<10 km)每日循環系統疾病住院關係的 GAM 模式分析結果。所有空氣污染物的 RR 有很多達到顯著性，但是有的 $RR > 1$ 、有些 $RR < 1$ 。

表 A3-19 呈現崙背測站 1996-2006、1996-2000、2001-2006 年間各空氣污染物日平均濃度與其周邊鄉鎮(<10 km)每日循環系統疾病住院關係的 GAM 模式分析結果。 O_3 的 RR 都未達到顯著，其他空氣污染物的 RR 有些達到顯著性且大多 $RR > 1$ 。

表 A3-20 呈現台西測站 1996-2006、1996-2000、2001-2006 年間各空氣污染物日平均濃度與其周邊鄉鎮(<10 km)每日呼吸道疾病住院關係的 GAM 模式分析結果。 NO 的 RR 都未達到顯著，其他空氣污染物在 lag 0 的 RR 有很多達到顯著性且 $RR > 1$ 。

表 A3-21 呈現崙背測站 1996-2006、1996-2000、2001-2006 年間各空氣污染物日平均濃度與其周邊鄉鎮(<10 km)每日呼吸道疾病住院關係的 GAM 模式分析結果。所有空氣污染物的 RR 有很多達到顯著性，但是有的 $RR > 1$ 、有些 $RR < 1$ 。

4. 台西與崙背空氣品質監測站周邊鄉鎮居民-死亡與各空氣污染物關係之分析結果

表 A3-7、3-8、3-9 分別呈現 1993-2007、1993-2000、2001-2007 台西站附近 10 公里內鄉鎮，每日死亡人數與台西站各空氣污染物平均值之相關性(Pearson 相關係數)。呼吸道疾病、循環系統疾病、總死亡(不含外因)的每日死亡人數與各空氣污染物 Lag 0~Lag 3 平均值有些有顯著相關。

表 A3-10、3-11、3-12 分別呈現 1993-2007、1993-2000、2001-2007 崙背站附近 10 公里內鄉鎮，每日死亡人數與台西站各空氣污染物平均值之相關性(Pearson 相關係數)。呼吸道疾病、循環系統疾病、總死亡(不含外因)的每日死亡人數與各空氣污染物 Lag 0~Lag 3 平均值有些有顯著相關。

表 A3-22 呈現 1993-2007、1993-2000、2001-2007 台西測站各空氣污染物日平均濃度與其周邊鄉鎮(<10 km)每日循環系統疾病死亡關係的 GAM 模式分析結

果。只有 PM_{10} 與 SO_2 的 RR 達到顯著，且其 $RR < 1$ ；其他空氣污染物的 RR 皆未達到顯著性。

表 A3-23 呈現 1993-2007、1993-2000、2001-2007 崙背測站各空氣污染物日平均濃度與其周邊鄉鎮(<10 km)每日循環系統疾病死亡關係的 GAM 模式分析結果。只有 NO_2 與 SO_2 的 RR 達到顯著，且其 $RR > 1$ ；其他空氣污染物的 RR 皆未達到顯著性。

表 A3-24 呈現 1993-2007、1993-2000、2001-2007 台西測站各空氣污染物日平均濃度與其周邊鄉鎮(<10 km)每日呼吸道疾病死亡關係的 GAM 模式分析結果。只有 CO ($RR > 1$)與 O_3 ($RR < 1$)的 RR 達到顯著；其他空氣污染物的 RR 皆未達到顯著性。

表 A3-25 呈現 1993-2007、1993-2000、2001-2007 崙背測站各空氣污染物日平均濃度與其周邊鄉鎮(<10 km)每日呼吸道疾病死亡關係的 GAM 模式分析結果。只有 NO_x , lag 2 的 RR 達到顯著，且其 $RR > 1$ ；其他空氣污染物的 RR 皆未達到顯著性。

表 A3-26 呈現 1993-2007、1993-2000、2001-2007 台西測站各空氣污染物日平均濃度與其周邊鄉鎮(<10 km)每日死亡(不含外因) 關係的 GAM 模式分析結果。只有 CO, lag 0 ($RR > 1$)、 O_3 , lag 3 ($RR < 1$)、 PM_{10} , lag 0 ($RR < 1$)與 SO_2 , lag 0 ($RR < 1$)的 RR 達到顯著；其他的 RR 皆未達到顯著性。

表 A3-27 呈現 1993-2007、1993-2000、2001-2007 崙背測站各空氣污染物日平均濃度與其周邊鄉鎮(<10 km)每日死亡(不含外因) 關係的 GAM 模式分析結果。只有 CO 的 RR 皆未達到顯著；其他空氣污染物的 RR 有些達到顯著性，但是有的 $RR > 1$ 、有些 $RR < 1$ 。

5. 台西光化測站周邊鄉鎮居民-死亡與 VOC 關係之分析結果

表 A3-13 呈現 200703-200804 台西光化站附近 10 公里內鄉鎮，每日死亡人數與台西光化站各 VOC 每日平均值之相關性(Pearson 相關係數)。僅少數的相關係數達統計上的顯著性。

表 A3-28 呈現台西光化測站 200703-200804 間各 VOC 日平均濃度與其周邊 10-km 內鄉鎮每日死亡數關係的 GAM 模式分析結果。由於多數 VOC 的 RR 之

95% CI 的很不精確，因此僅呈現 benzene、toluene、ethylbenzene、m,p-xylene、alkanes、alkenes、aromatics、TVOC 之結果，所有的 RR 皆未達到顯著性。

6. 揮發性有機物質濃度對居民之健康風險

根據本研究所蒐集之環境監測文獻中指出，位於石化工業區附近之揮發性有機化合物(VOC)之逸散情形是可被發現的，然而，暴露於這些可能溢散的揮發性有機物質中，可能會造成急性、慢性或是癌症等健康效應的發生。

在本研究中，利用台西光化學測站 2007 年 3 月至 2008 年 4 月之資料，並參考美國環保署(USEPA)及加州環保署(Cal EPA)所公布之資料，分別鑑定出具有急性、慢性效應之揮發性有機物質種類，進行健康風險之估算。另外，也針對具有致癌性之物質進行癌症風險計算。

探討健康效應的範疇中，以下述污染物為主，包括正己烷、苯、甲苯、乙苯、間、對-二甲苯、苯乙烯、鄰-二甲苯、丙烯等八種污染物的濃度趨勢資料及健康風險資料，分別彙整如下：

表 46 揮發性有機物質之風險參數

VOCs	Conversion Factor (1ppb= $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Acute REL ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Chronic REL ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Unite Risk Factor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹
N-hexane	3.52		7000	
Benzene	3.19	1300	60	USEPA : $2.2 \times 10^{-6} \sim 7.8 \times 10^{-6}$ Cal EPA : 29.0×10^{-6}
Toluene	3.77	37000	300	
Ethylbenzene	4.34		2000	
M,p-xylene	4.34	22000	700	
Styrene	4.26	21000	900	
O-xylene	4.34	22000	700	
Propylene	1.72		3000	

註一：@25°C, 1atm

i. 急性健康風險

了解這些對於健康有害的 VOCs 污染物後，由於急性暴露參考標準”

RELa”，其意義為短時間(一小時)暴露在此濃度下的環境，吸入環境中的毒

性物質，預期不會發生不良的健康效應。因此，針對苯、甲苯、間,對-二甲苯、苯乙烯及鄰-二甲苯等五種具有 acute REL 資料進行急性健康效應計算，將光化測站逐時的濃度資料，代入急性健康計算，將同一地區不同污染物所產生的 Hazard Quotient 累加，即可計算出此地區總污染物所產生的急性健康風險，若 $H1a \geq 1$ ，則可能會造成在標的器官(Target Organ)上不良的健康效應產生。

圖 53 為雲林台西站造成急性效應之污染物，包括苯、甲苯、間,對-二甲苯、苯乙烯、鄰-二甲苯之平均逐時濃度，經各污染物之危害商數加總後，所得危害指數。雲林台西測站之急性健康危害指數平均值為 1.31×10^{-3} ，最大值為 1.23×10^{-1} 。

在過去國內學者於高雄研究中，納入 10 種污染物計算出 $H1a$ ，相較於本研究為利用光化測站資料，僅利用 5 種污染物(苯、甲苯、間,對-二甲苯、苯乙烯及鄰-二甲苯)所估算出之 $H1a$ ，造成資料不足且風險值低估之情形。

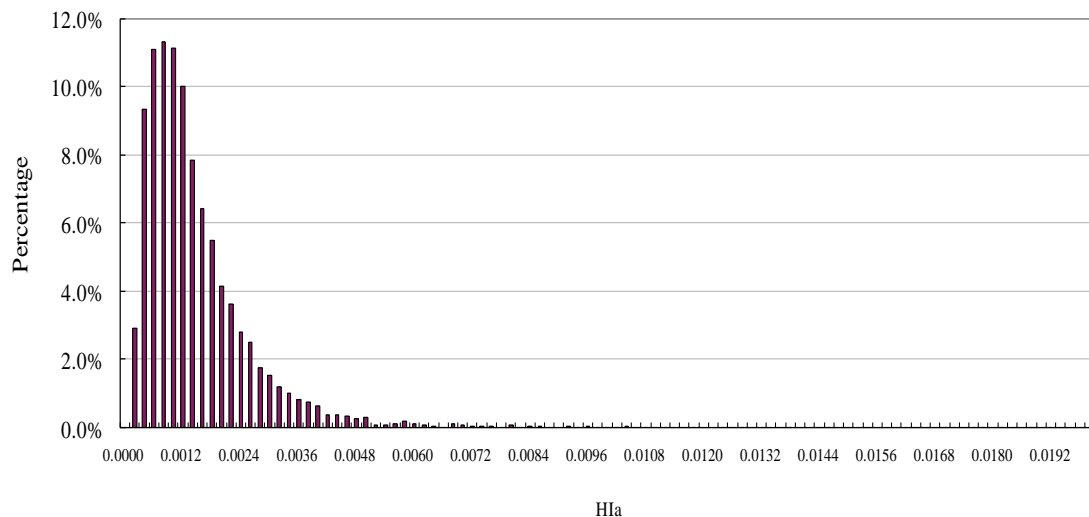


圖 53 雲林台西光化測站資料之急性健康危害指數($H1a$)

ii. 慢性健康風險

慢性健康風險的部分，屬於慢性健康危害的污染物有正己烷、苯、甲苯、乙苯、間,對-二甲苯、苯乙烯、鄰-二甲苯、丙烯。表 47 為上述八種污染物之總濃度平均值，將總濃度平均值帶入慢性健康風險的計算公式，先獲得各

污染物之危害商數(Hazard Quotient, HQ)，再將各污染物之危害商數加總，即可得到慢性健康風險指數(HIc)的平均值。所計算之健康風險值則列於表 47 中顯示，台西測站之數值未超過判別的依據($HIc \geq 1$)。

表 47 台西站揮發性有機物(VOC)平均濃度(單位：ppb)及慢性健康風險

	平均濃度(ppb)	危害商數(HQ)
N-hexane	0.34	1.71×10^{-4}
Benzene	0.47	2.50×10^{-2}
Toluene	1.84	2.31×10^{-2}
Ethylbenzene	0.16	3.47×10^{-4}
M,p-xylene	0.35	2.17×10^{-3}
Styrene	0.09	4.26×10^{-4}
O-xylene	0.16	9.92×10^{-4}
Propylene	1.67	9.58×10^{-4}
HIc		0.053

iii. 致癌風險

根據美國 IARC 中已將苯列為致癌物質，利用台西站之苯之濃度資料，計算其所產生的終生致癌風險，將統計資料分別以 US EPA 及 Cal EPA 建議的 Unit Risk Factor 參數，帶入致癌風險公式，結果如表 48，若其平均值以 Cal EPA 的建議值結果而言，所估算出來之致癌風險為 4.35×10^{-5} ；若以 US EPA Unit Risk Factor= 2.2×10^{-6} 代入，所估算之致癌風險為 3.30×10^{-6} 。

表 48 台西站苯的致癌風險

苯之濃度平均值=0.47ppb	
致癌風險(Cal EPA)	4.35×10^{-5}
致癌風險(US EPA)*	3.30×10^{-6}

*計算時以 Unit Risk Factor= 2.2×10^{-6} 代入。

7. 未監測之 air toxics

在六輕工業區，目前共有五家公司 66 個廠參與生產(不含廢水處理廠及港口)，其製程數為 166 個，其複雜性是可想而知的。在這些大量之製程中，所利用之原料物種約 71 種，其中又以乙烯、丙烯、甲醇及丙酮等為常用之原料，如下表所示。

表 49 六輕工業區原料物種清單

原料物種		中文	英文	CAS No.	使用工廠個數
有機	1	1,4 丁二醇	1,4-butanediol	110-63-4	1
	2	4,4-二異氰酸二苯甲烷	MDI	101-68-8	1
	3	VR	VR	159939-87-4	1
	4	一氧化碳	carbon monoxide	630-08-0	4
	5	乙烯	ethylene	74-85-1	13
	6	乙硼烷	diborane	19287-45-7	1
	7	丁二烯	butadiene	106-99-0	1
	8	丁烯	butylene	25167-67-3	2
	9	丁烷	n-butane	106-97-8	1
	10	丁醇	1-butanol	71-36-3	1
	11	三氯矽烷	trichlorosilane	10025-78-2	1
	12	丙二酚	bisphenol A	1980-5-7	1
	13	丙烯	propylene	115-07-1	11
	14	丙烯酸	acrylic acid	1979-10-7	2
	15	丙烯酸甲酯	methyl acrylate	96-33-3	1
	16	丙烯醇	allyl alcohol	107-18-6	1
	17	丙烯腈	acrylonitrile	107-13-1	2
	18	丙酮	acetone	67-64-1	5
	19	丙醛	propanal	123-38-6	1
	20	四氫呋喃	tetrahydrofuran	109-99-9	1
	21	戊烷	pentane	109-66-0	1
	22	甲苯	toluene	108-88-3	3
	23	甲醇	methyl alcohol	67-56-1	7
	24	甲醛	formaldehyde	50-00-0	3
	25	辛烯	octene	111-66-0	1
	26	苯	benzene	71-43-2	3
	27	苯乙烯	styrene	100-42-5	1

原料物種		中文	英文	CAS No.	使用工廠個數
有機	28	氫氟酸	hydrofluoric acid	7664-39-3	1
	29	異辛醇	isooctyl alcohol	26952-21-6	2
	30	酚	phenol	108-95-2	5
	31	氯乙烯	vinylidene chloride	75-35-4	1
	32	對二甲苯	p-xylene	106-42-3	2
	33	鄰二甲苯	o-xylene	95-47-6	1
	34	酸酐	--	--	1
	35	鄰甲酚	o-cresol	95-48-7	1
	36	醋酸	acetic acid	64-19-7	5
	37	醋酸乙烯酯	vinyl acetate	108-05-4	2
	38	重質真空製汽油	--	--	1
	39	液化石油氣	liquefied petroleum gas	68476-85-7	2
	40	丁二烯萃餘油	BBR	--	1
	41	重油	heavy fuel oils	RJ3691950	4
	42	原油	--	--	2
	43	柴油	diesel	64742-46-7	3
	44	輕油	naphtha	8030-30-6	7
	45	甲基第三丁基醚萃餘油	MTBE	1634-04-4	1
	46	裂解汽油	PYGAS	--	3
無機	47	氫氧化鈉	sodium hydroxide	1310-73-2	8
	48	氫氧化鉀	potassium hydroxide	1310-58-3	1
	49	氯	chlorides	16887-00-6	2
	50	二種混酸	mixed acid	--	1
	51	三種混酸	mixed acid	--	1
	52	硫酸	sulfuric acid	7664-93-9	1
	53	發煙硫酸	pyrosulfuric acid	7783-5-3	1
	54	硝酸	nitric acid	7697-37-2	1
	55	鹽酸	hydrochloric acid	7647-01-0	6
	56	氰酸	cyanic acid	420-05-3	1
	57	磷化氫	phosphine	7803-51-2	1
液態	58	氨水	ammonium hydroxide	1336-21-6	1
	59	液氨	anhydrous ammonia	7664-41-7	6

原料物種		中文	英文	CAS No.	使用工廠個數
液態	60	超純水	--	--	2
	61	雙氧水	hydrogen peroxide	7722-84-1	1
氣態	62	空氣	--	--	1
	63	氧氣	oxygen	7782-44-7	3
	64	氯氣	chlorine	7782-50-5	1
	65	氫氣	hydrogen	1333-74-0	2
固態	66	工業鹽	--	--	1
	67	不銹鋼	--	--	1
	68	切削液	--	--	1
	69	矽	silicon	7440-21-3	1
	70	煤	coal	125612-26-2	3
	71	碳鋼	carbon steel	--	1

此外，六輕工業區僅進口原油，其餘原料多皆經過石油煉解而得，經過製程而得到之產物共有 67 種，包含苯環類、丁二烯、聚氯乙烯等產物，如表 50 所示。

表 50 六輕工業區產物物種清單

產物物種		中文	英文	CAS No.	生產工廠個數
有機	1	1,4 丁二醇	1,4-butanediol	110-63-4	1
	2	2 甲基 1,3 丙二醇	2-methyl-1,3-propanediol	2163-42-0	1
	3	2-氯丙烯	2-chloropropene	557-98-2	1
	4	丙酮	acetone	67-64-1	1
	5	乙腈	acetonitrile	1975-5-8	1
	6	丙烯腈	acrylonitrile	107-13-1	1
	7	抗氧化劑	AO/CPE	--	1
	8	芳香烴（苯、甲苯、酚）	benzene、toluene、phenol	71-43-2、108-88-3、108-95-2	3
	9	二甲基甲醯氨	N,N-dimethylformamide	1968-12-2	1
	10	環氧氯丙烷	epichlorohydrin	106-89-8	1
	11	乙二醇	ethylene glycol	107-21-1	3
	12	環氧樹脂	EPOXY	--	1
	13	環氧大豆油	ESO	--	1
	14	聚乙烯醋酸乙烯酯	EVA/LDPE	--	1

產物物種		中文	英文	CAS No.	生產工廠個數
有機	15	氰氫酸	hydrogen cyanide	74-90-8	1
	16	高密度聚乙烯	HDPE	9002-88-4	1
	17	異壬醇	isononanol	27458-94-2	1
	18	線性低密度聚乙烯	LLDPE	9002-88-4	1
	19	LPG	LPG	--	1
	20	MAA	MAA	--	1
	21	甲基丙烯酸甲酯	methylmethacrylate	80-62-6	1
	22	四碳	MTBE/B-1	1634-04-4	2
	23	聚碳酸酯樹脂	PC	--	1
	24	酚	phenol	108-95-2	1
	25	聚丙烯	polypropylene	9003-07-0	1
	26	聚苯乙烯/ABS 樹脂	polystyrene/ acrylonitrile butadiene styrene	--	1
	27	純對苯二甲酸	purified terephthalic acid	--	1
	28	聚氯乙烯	polyvinyl chloride	9002-86-2	1
	29	苯乙烯	styrene	100-42-5	2
	30	彈性纖維	SPANDEX/PTMG	--	1
	31	安定劑	STAB	--	1
	32	氯乙烯	vinylidene chloride	75-35-4	1
	33	乙烯	ethylene	74-85-1	3
	34	二甲苯	xylene	1330-20-7	1
	35	三聚甲醛	paraformaldehyde	30525-89-4	1
	36	丙烯	propylene	115-07-1	3
	37	丙烯酸	acrylic acid	1979-10-7	2
	38	丙烯酸丁酯	butyl acrylate	141-32-2	1
	39	丙烯酸異辛酯	isobutyl acrylate	106-63-8	1
	40	丙醇	propanol	71-23-8	1
	41	四氫呋喃	tetrahydrofuran	109-99-9	1
	42	甲苯	toluene	108-88-3	1
	43	甲醛	formaldehyde	50-00-0	1
	44	汽油	--	--	1
	45	柏油	--	--	1
	46	柴油	diesel	64742-46-7	1

產物物種		中文	英文	CAS No.	生產工廠個數
	47	航空燃油/煤油	--	--	1
有機	48	異丁醇	isobutyl alcohol	78-83-1	1
	49	粗丙酸	propionic acid	1979-9-4	1
	50	酚醛樹脂	phenol-formaldehyde resin	9003-35-4	1
	51	聚乙烯醇	polyvinyl alcohol	9002-89-5	1
	52	聚四亞甲基醚二醇	polytetramethylene glycol	25190-06-1	1
	53	輕油	naphtha	8030-30-6	2
	54	醋酸	acetic acid	64-19-7	1
	55	醋酸乙烯	vinyl acetate	108-05-4	2
	56	燃料油	--	--	1
無機	57	氫氧化鈉	sodium hydroxide	1310-73-2	1
	58	雙氧水	hydrogen peroxide	7722-84-1	1
	59	一氧化碳	carbon monoxide	630-08-0	1
	60	氯氣	chlorine	7782-50-5	1
	61	硫酸	sulfuric acid	7664-93-9	1
	62	鹽酸	hydrochloric acid	7647-01-0	2
	63	蒸汽	--	--	2
	64	氫氣	hydrogen	1333-74-0	2
固體	65	12 吋矽晶圓片	--	--	1
	66	8 吋矽晶圓片	--	--	1
	67	碳纖	--	--	1

在本廠址中，製程所需之原料含乙烯、丙烯、甲醇、丁二烯等共 71 種物質與化合物，在產物如苯、醋酸乙烯、氯乙烯、丁二醇等共 67 種物質與化合物，在這些原料及產物中，僅有少部份如乙烯、丙烯、苯、苯乙烯等於光化測站中可被監測到；此外，除了每製程單元中的原料及產物為可能之污染物外，在每單元製程進行時，仍有許多可能之物質逸散或是成為廢氣而被排放出來，這是傳統測站及光化測站所無法監測得到之部分，故在空氣污染之環境暴露對居民健康之相關性的估算及健康風險計算，是有遇到資料不足並缺乏的。

8. 研究限制

i. 健康資料分析

本計畫彙整分析六輕工業區周邊鄉鎮居民的居住地區與空氣污染物等環境因子和死亡、癌症發生、健保門診與住院之關係，分析之資料皆來自現有資料庫，屬於次級資料分析(secondary data analyses)，其可能限制討論如下：

- (1) 本計畫以台西或崙背空氣品質監測站的各空氣污染物濃度資料代表其周邊 10 公里內鄉鎮居民的暴露，受限於現有資料與資源無法實際量測各鄉鎮或各居民的空氣污染暴露，可能對結果造成資訊偏差(information bias)。
- (2) 本計畫分析死因資料檔以估計各鄉鎮之死因別年齡標準化死亡率與標準化死亡比，死因資料檔中的鄉鎮資料乃案例死亡時的戶籍地，本計畫以此代表案例生前長期居住之地(資料庫中不含此資訊)，可能對一些案例的暴露有錯誤分類(misclassification)的情況，造成資訊偏差。再者，資料中有關死因別的判斷來自死亡證明書，在某些死因的分類可能有錯誤，可能對結果造成資訊偏差。
- (3) 本計畫分析衛生署的癌症登記資料以估計各鄉鎮之癌症別年齡標準化發生率與標準化發生比，癌症登記資料檔中的鄉鎮資料乃案例被診斷出癌症時的戶籍地，本計畫以此代表案例長期居住之地(資料庫中不含此資訊)，可能對一些案例的暴露有錯誤分類的情況，造成資訊偏差。
- (4) 本計畫分析全民健康保險資料庫的住院資料(特定主題分檔，未經抽樣)，乃以各鄉鎮內的醫療院所的所有健保住院數代表該鄉鎮的住院數，若該醫療院所的住院病患來自其他鄉鎮(資料庫中不含此資訊)、或是該鄉鎮的居民至其他鄉鎮的醫療院所住院(資料庫中不含此資訊)，則會造成對健康資料的錯誤分類的情況，造成資訊偏差。
- (5) 本計畫分析全民健康保險資料庫的西醫門診處方及治療明細檔(系統抽樣檔)，乃以各鄉鎮內的醫療院所的所有健保西醫門診數代表該鄉鎮的西

醫門診數，若該醫療院所的西醫門診病患來自其他鄉鎮(資料庫中不含此資訊)、或是該鄉鎮的居民至其他鄉鎮的醫療院所求診(資料庫中不含此資訊)，則會造成對健康資料的錯誤分類的情況，造成資訊偏差。

- (6) 本計畫在比較暴露區各鄉鎮與對照區各鄉鎮不同時期的年齡標準化死亡率，或是比較各鄉鎮的標準化死亡比是否顯著比台灣地區高時，受限於資料無法控制性別、年齡、都市化程度(針對暴露區與對照區的比較時)之外的可能干擾因子(potential confounders)，可能對結果造成偏差(confounding effect)。這也是次級資料分析的限制。
- (7) 本計畫在比較暴露區各鄉鎮與對照區各鄉鎮不同時期的年齡標準化癌症發生率，或是比較各鄉鎮的標準化發生比是否顯著比雲林縣高時，受限於資料無法控制性別、年齡、都市化程度(針對暴露區與對照區的比較時)之外的可能干擾因子，可能對結果造成偏差。這也是此類次級資料分析的限制。
- (8) 本計畫以時間序列分析，採用 generalized additive models (GAM)來探討各空氣污染物與各地區每日死亡、癌症發生、住院、門診數之關係，在此分析中乃以每個地區為自己的對照區，因此許多傳統的干擾因子不會對結果產生干擾作用，但是一些隨時間變化的因子(如：其他空氣污染物、溫度、星期日期等)則可能干擾結果，本計畫已將溫度、星期日期放至 GAM 模式中，但是未同時考慮其他空氣污染物的影響(僅做 single pollutant model)，結果可能有些偏差。

考量上述研究限制(多數與次級資料分析的限制有關)，對本計畫初步結果中觀察到的健康與暴露的關係(associations)宜進一步以分析型(analytical)的流行病學研究(如病例-對照研究與世代研究)探討，方能釐清暴露與健康效應之真正關係。

ii. 環境資料分析

根據所蒐集到之國外相關文獻中，於石化工業區附近進行揮發性有機物空氣污染對沿海地區環境及居民健康影響

質環境採樣結果發現，含有二氯乙烯、醇類、酮類以及含氯之 VOC 等(Cetin et al., 2003) (如表 51 所示)，但這些物質僅有 Hexane 等在台灣環保署光化測站中所監測，其餘七種皆未在監測中。此外，在過去國內文獻，詹等人的研究中指出，利用 OP-FTIR 遙測技術，針對高雄縣大社工業區進行採樣，所監測到共有 39 種 air toxics 揮發性有機污染物(如表 52 所示)，其中納入計算之慢性致癌風險值之物質共有 19 種(chan et al., 2006)，相較之下，本研究僅利用光化測站資料之 8 種物質計算慢性風險，可能會造成風險值嚴重低估的情形。況且，於這些未被監測之物質中，已有多種物質如 1,3-丁二烯、環氧乙烷、MTBE 及丙烯腈等，如表 53 所示。

表 51 國外學者於石化廠附近進行監測之揮發性有機物濃度(Cetin et al., 2003)

VOC	concentration ($\mu\text{g m}^{-3}$)
n-Hexane	4.1±5.0
Ethyl alcohol	29.5±34.8
Acetone	23.4±30.2
Ethyl acetate	17.3±34.7
n-Butyl alcohol	13.8±23.3
Methyl isobutyl ketone	2.8±3.7
Butyl acetate	6.5±7.4
Ethylene dichloride	38.5±59.5

表 52 國內學者 1997-1999 於高雄大社工石化工業區環境監測所採集到 39 種揮發性有機物 (in ppb)(Chan et al., 2006)

Chemical	%	Low estimate ^a		High estimate ^b		Maximum concentrations
		Mean	SD	Mean	SD	
Acetic acid	6.8%	2.5	13.9	7.1	13.2	557
Acetone	5.6%	7.7	49.3	17.4	47.8	1,180
Acetylene	11.1%	1.0	3.7	3.4	3.1	80
Acrylonitrile	18.9%	43.5	178.9	47.8	177.8	4,198
Ammonia	53.4%	21.2	62.4	21.5	62.3	1,476
Benzene	3.5%	3.0	27.5	14.6	26.2	990
n-Butane	2.6%	0.2	7.4	7.6	7.2	740
1,3-Butadiene	15.2%	7.7	37.3	10.5	36.7	3,080
Butyl acetate	3.8%	0.1	1.7	2.9	1.7	140
Chlorodifluoromethane	3.3%	0.3	3.4	1.0	3.4	286
Chloroform	1.0%	0.4	7.4	1.3	7.3	270
Cyclohexane	41.2%	33.0	643.6	33.4	643.6	60,830
Dichlorodifluoromethane	< 0.1%	< 0.1	0.1	0.7	0.1	9
Dimethyl ether	0.4%	0.1	1.2	3.2	1.1	107
Ethyl acetate	16.5%	0.6	6.0	3.4	5.7	259
Ethyl acrylate	1.8%	0.2	3.7	3.0	3.6	180
Ethyl benzene	0.3%	0.3	6.0	12.3	5.4	436
Ethylene	61.9%	179.7	577.3	180.6	577.0	23,596
Ethylene oxide	7.7%	9.0	67.1	12.6	66.6	4,705
N,N-Dimethylformamide	17.6%	53.4	211.7	59.2	210.2	3,488
Formic acid	1.4%	2.4	32.6	5.2	32.4	2,808
n-Hexane	0.5%	0.2	4.2	1.8	4.1	205
Hydrogen cyanide	2.3%	2.9	24.7	26.3	22.1	1,200
Isopropanol	1.5%	5.4	83.7	6.2	83.7	4,234
Methanol	37.8%	23.4	78.8	24.3	78.5	2,449
Methyl acetate	1.4%	0.5	9.1	3.2	9.0	316
2-methyl 2-butene	< 0.1%	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	14,000
Methyl ethyl ketone	19.1%	55.1	200.3	64.7	197.7	6,265
Methyl methacrylate	12.7%	8.1	30.8	10.1	30.3	660
2-Methyl pentane	0.5%	0.2	5.5	4.1	5.3	335
Octane	< 0.1%	< 0.1	3.5	0.9	3.5	433
n-Pentane	1.2%	0.4	5.0	3.4	4.8	234
Propane	2.3%	1.8	25.5	8.4	25.1	1,600
Propylene	25.6%	31.4	119.6	35.0	118.7	3,202
1,2-Propylene oxide	1.7%	0.1	3.0	7.9	2.9	230
Styrene	10.2%	9.6	41.1	13.3	40.2	526
Toluene	6.1%	35.7	214.4	47.0	212.5	3,630
Trichlorofluoromethane	0.5%	< 0.1	0.7	0.7	0.7	46
Vinyl acetate	20.0%	18.4	92.9	20.5	92.5	4,298

^a '0' replaced measurements less than LOD as low estimate.

^b 'LOD/ $\sqrt{2}$ ' replaced measurements less than LOD as high estimate.

表 53 未被光化測站監測之揮發性有機化合物之風險係數

污 染 物		Unit Risk	Cancer risk
中文	英文	($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	($\text{mg}/\text{kg}\cdot\text{d}$) ⁻¹
1,3-丁二烯	1,3-Butadiene	--	6.0×10^{-1}
1,2-二氯乙烷	1,2-Dichloroethane	1.6×10^{-6}	7.2×10^{-2}
三氯乙烯	Trichloroethylene	2.0×10^{-6}	7.0×10^{-3}
氯仿	Chloroform	5.3×10^{-6}	1.9×10^{-2}
四氯乙烯	Tetrachloroethylene	1.0×10^{-6}	2.1×10^{-2}
二氯甲烷	Methylene chloride	1.0×10^{-6}	3.5×10^{-3}
四氯甲烷	Tetrachloromethane	4.2×10^{-5}	1.5×10^{-1}
1,1,1-三氯乙烷	1,1,1-Trichloroethane	1.0×10^{-6}	--
氯乙烯	Vinyl Chloride	7.8×10^{-5}	2.7×10^{-1}
丙烯晴	Acrylonitrile	2.9×10^{-4}	1.0×10^{-0}
環氧乙烷	Ethylene oxide	8.8×10^{-5}	3.1×10^{-1}
環氧丙烷	Propylene oxide	3.7×10^{-6}	1.3×10^{-2}
甲醛	Formaldehyde	6.0×10^{-6}	2.1×10^{-2}

此外，除了上述之 air toxics 外，仍有其他可能會造成健康危害之因子，在過去文獻中，針對煉油廠及石化工業區附近進行植物及土壤之採樣，進行其之成份分析，發現在廠址附近之樣本，鎳(Ni)、鈇(V)及砷(As)等物質濃度明顯高於其他金屬無機物(Bosco et al., 2005, Manno et al., 2006)，這些物質可能會造成急性症狀如喉嚨痛、咳嗽等情形，慢性危害如皮膚炎等(如表 54 所示)；此外，六輕廠址之發電廠為火力發電，意即燃煤而產生電力，然而燃燒會產生大量的二氧化碳以及煤灰，造成空氣污染。其中火力發電廠之懸浮微粒是造成人體呼吸器官病變的主要原因之一，在過去研究中指出，中部至西南沿海呼吸系統癌症在台中火力發電廠與通霄火力發電廠運轉之後，有明顯上升的趨勢(資料來源：行政院衛生署國民健康局)。且微粒夾帶重金屬及有機物之成份，在過去發電廠的研究中常被探討其微粒中含有 PAH 及重金屬等，皆未納入本次健康風險估算，固可推論本研究所計算出之風險嚴重低估實際上之情形。

表 54 鎳、鈮及砷所造成之健康危害

金屬	英文簡稱	急性危害	慢性危害
鎳	Ni	頭痛、喉嚨痛及聲音嘶啞，亦會造成呼吸困難、肺水腫及肺部間質性纖維化等。	皮膚炎、慢性呼吸道疾病、腎小管氣泡化等。
鈮	V	咳嗽、刺激眼睛等。	動物實驗中，發現猴子和老鼠呼吸到含有鈮化合物的灰塵時常引起肺細胞的改變。
砷	As	咳嗽、呼吸困難、胸痛、肺水腫、急性呼吸衰竭等。	癌症、皮膚炎、肝腫大及心血管疾病等。砷目前已被 IARC 歸類為確定為人類致癌物（Group 1）。

此外，在地下水監測資料蒐集部分，由於地下水之監測資料之水體濃度(如氨氮、硝酸鹽氮、總有機碳等)動盪甚大，其可能受到沿海地區地下水污染特性(如海水及農牧業廢水)所影響，為本研究限制之一。

五、 未來環境流行病學規劃

本計畫就現階段成果，規劃未來的環境流行病學調查，以下說明初步規劃之目標與工作內容，包括各種流行病學調查研究方法之比較。

壹、 初步規劃之目標

本計畫現階段規劃之環境流行病學調查目標為：(一)針對工業區附近居民建立一個流行病學調查世代，追蹤探討環境暴露與居民健康之關係；(二)進行工業區附近地區空氣中重金屬與揮發性有機物之監測，以評估居民之重金屬與揮發性有機物暴露量；(三)進行大氣擴散等模式分析，評估工業區排放之揮發性有機物等物質對附近居民增加之健康風險；(四)未來定期持續追蹤此世代，探討工業區排放物質的短期與長期暴露對居民健康之可能影響。

貳、 初步規劃之工作內容

1. 流行病學調查-居民健康與暴露之關係

(1)文獻回顧

收集石化工業區附近環境監測之相關文獻及居民和區內員工健康與暴露之空氣污染對沿海地區環境及居民健康影響

國內外流行病學調查研究報告，進行文獻的整理與判讀，依流行病學調查設計方法與健康效應類別，彙整成完善之資料庫。

(2)各種流行病學調查研究方法之比較

針對工業區周邊居民之環境流行病學調查，可能採用的研究方法與其相對的優缺點整理如下：

橫斷面式研究 (cross-sectional study) – 為描述型研究，調查現有疾病或症狀之盛行率(prevalence)；優點：有助於疾病-暴露(工業區排放之 VOCs 等可能有害物質)關係之假說的形成；缺點：不適合於較罕見之疾病或暴露，不適合於暴露-疾病關係假說之驗證，疾病與暴露之先後順序較難確認。

病例對照研究 (case-control study) – 針對特定的疾病收集新病例(incident cases)與無此病的對照者，比較病例組與對照組過去的暴露(工業區排放之 VOCs 等可能有害物質)情形；優點：適合於較罕見、潛伏期較長之疾病(如：癌症)，適合於暴露-疾病關係假說之驗證，可同時探討多個暴露與此疾病之關係；缺點：無法直接估算疾病之發生率，疾病與暴露之先後順序有時較難確認，較容易受回憶偏差(recall bias)與選擇偏差(selection bias)的影響。

世代研究 (cohort study) – 將研究對象依暴露(工業區排放之 VOCs 等可能有害物質)情況分為暴露組與非暴露組，追蹤調查未來特定疾病之發生；優點：可直接獲得疾病之發生率(incidence rate)，可直接測量暴露與其生物指標，可以確認疾病與暴露之先後順序，可同時觀察同一個暴露對多個疾病的影響，適合於暴露-疾病關係假說之驗證；缺點：不適合於較罕見、潛伏期較長之疾病，需較大的樣本數，長期追蹤(follow-up)若追蹤率過低會影響結果，長期追蹤耗費時間且需較多經費。

考量上述各研究設計之優缺點，本計畫建議以世代研究的方法進行未來之環境流行病學調查，直接獲得疾病之發生率，確認疾病與暴露之先後順序，同時觀察暴露對多個疾病的影響，以得到正確的暴露-疾病之關係。

(3)建立流行病學調查世代

空氣污染對沿海地區環境及居民健康影響

為使世代研究的居民具代表性、減少評估結果的樣本選擇性偏差，且瞭解工業區附近不同鄉鎮、性別、年齡組別居民之健康狀況，建議以隨機抽樣的方式，在研究鄉鎮選取參加世代研究的居民，或是先依大氣擴散模擬結果，選取影響區域與對照區域村里，再進行隨機抽樣選取研究對象。

(4)可能調查之健康效應和生物指標

依據石化工業區對其附近居民造成之健康效應的文獻回顧結果，可能調查之健康效應包括：呼吸道症狀與疾病、癌症(如白血病、肝癌、肺癌、淋巴瘤、骨癌、腦癌、膀胱癌等)、新生兒低出生體重、出生嬰兒性別比例、婦女懷孕週數、甲狀腺炎等。再者，工業區內有汽電共生廠與燃煤廠的排放，建議將懸浮微粒與其中重金屬成份可能之健康效應納入考量。

本計畫初步規劃可針對參加世代研究居民進行健康調查，包括：健康史(包括：癌症、心血管疾病、呼吸道症狀與疾病等)、一般理學檢查、心電圖、肺功能測試、血壓脈搏等，採集尿液與血液檢體，進行下列檢測：(i)臨床生化指標，包括：血液中全血計數及白血球分類、肝功能指標、腎功能指標、心血管疾病指標；尿液中腎功能指標等；(ii)尿液中重金屬；(iii)尿液中 VOCs 代謝產物之檢測。

(5)暴露評估

本計畫建議使用下列 2.環境污染物濃度監測資料，並結合地理資訊系統與風向風速資料，估計每位參加世代研究居民的居住地與工業區上下風之對應關係和距離之遠近，並考量其時間活動模式，估計每位居民的暴露指標。此外，亦建議採用上述(4)之暴露生物指標評估居民的重金屬與特定 VOCs 的暴露情況。

(6)收集其他重要相關因子，以進行可能干擾因子之校正或評估

本計畫建議以問卷調查，用面訪的方式，由受過訓練的訪員，使用問卷與輔助工具，收集參與計畫居民的居住史與住家室內空氣污染情形、一般健康史、家族健康史、固定使用的藥物、生育史、飲食習慣、工作史與職業暴露、生活習慣、與時間活動模式等資料，以提供統計分析時進行可能干擾因子之校正或其他評估。

(7)進行環境暴露與健康效應相關性分析

整理分析每位居民的暴露指標與健康狀態，以迴歸分析模式探討暴露與居民各健康效應或各生化指標之關係，同時考量交互作用並調整可能干擾因子的影響。

2. 環境重金屬與揮發性有機物之監測

工業區內有汽電共生廠與燃煤廠的排放，建議將懸浮微粒與其中重金屬成份可能之健康效應納入考量。針對研究地區，在不同季節、並配合健康檢查時間，進行空氣採樣分析。預計分析之污染物包括金屬粒狀污染物(分析微粒中的重金屬成分及 PAH)與揮發性有機氣體(包括含氯之揮發性有機氣體)，所得結果將供評估參加研究居民的各空氣污染物暴露量、以及進行 3.風險評估之用。並且配合風險評估所需，進行工業區內揮發性有機物排放濃度之檢測。

3. 風險評估

針對工業區排放之個別揮發性有機物等化學物質，進行大氣擴散與多介質傳輸模式之模擬，結合本土之暴露參數，並依循風險評估之有害物質鑑定(hazard identification)、暴露評估(exposure assessment)、劑量反應評估(dose-response assessment)與風險特性化(risk characterization)等步驟，評估工業區排放之各化學物質對附近居民所增加之致癌風險、急性與慢性非致癌風險。

4. 未來持續追蹤此世代

本計畫初步規劃未來定期持續追蹤此世代，進行兩年一次之健康與暴露評估，調查前述可能健康效應或疾病(如：癌症、心血管疾病、呼吸道症狀與疾病、新生兒低出生體重、出生嬰兒性別比例、婦女懷孕週數等)的發生率(incidence rate)，探討環境因子的短期與長期暴露對居民健康狀態之可能影響。在長期追蹤之後，亦可在本研究世代，針對特定疾病進行 nested case-control study 的研究。

參、 期程

初步建議一期為時兩年，每兩年完成一次世代研究居民的暴露評估、健康檢查、問卷調查、環境重金屬與揮發性有機物之監測、風險評估，以及資料的統計

分析。

肆、 結論與建議

依據上面之結果本研究有下列三項結論：

- 一、 六輕工業區於 2000 年 8 月第一期完工營運後，雲林地區空氣品質已發生下列變化：全縣臭氧(O_3)濃度逐年升高；斗六、崙背一帶懸浮微粒(PM_{10})濃度上升；台西一帶二氧化硫(SO_2)濃度漸增，且總揮發性有機碳氫化合物(TVOC)於下風時段濃度高達 200ppb 以上。六輕工業區營運後雲林地區地下水之品質發生以下變化：台西國小站之地下水總溶解物體物(TDS)濃度及總有機碳(TOC)濃度逐漸增加。
- 二、 以 1993 至 2007 年長期氣象資料統計顯示，六輕工業區附近居民於一年之中台西鄉約有 58~71%，崙背鄉有 32~72% 位居工業區之下風。這兩個鄉鎮一年中秋冬季節(10 月~3 月)最常處於下風處，夏季(6~8 月)最少處於下風處。
- 三、 以 1999 年六輕工業區開始有揮發性有機物(VOC)排放為運轉基準年，工業區周邊 10 公里內的臺西鄉、東勢鄉、崙背鄉、麥寮鄉、褒忠鄉與四湖鄉等六個鄉鎮居民的死亡率、癌症發生率、疾病就診率等三個指標判斷，當地居民健康狀況已發生下列變化：
 - (1) 死亡率上有(i)臺西鄉的惡性腫瘤和肺癌的死亡率在運轉第 4~6 年顯著比運轉第 1~3 年高、麥寮鄉的喉癌死亡率在運轉第 1-3 年顯著比運轉前高之外，其他四鄉鎮則未呈現增加情形；(ii)六個鄉鎮與其個別對照鄉鎮的死亡率比較結果顯示，臺西鄉與麥寮鄉的肝癌在運轉前與運轉期間都一致地顯著高於其對照鄉鎮；(iii)以全台灣的個別癌症死亡率為標準做比較，發現在工業區運轉期間六個鄉鎮在惡性腫瘤、口腔癌(含口咽及下咽)、肝癌的標準化死亡比都顯著大於 100，其中在工業區運轉前臺西鄉、麥寮鄉與四湖鄉的肝癌標準化死亡比也顯著大於 100。
 - (2) 癌症發生率上有(i) 除褒忠鄉外的五個鄉鎮的全癌症年齡標準化發生率

在工業區運轉期間都顯著比運轉前高，或是隨著運轉時間變長而增高；個別鄉鎮有不同的癌症發生率(如肺癌、甲狀腺癌、急性骨髓樣白血病、肝癌等)在工業區運轉期間顯著比運轉前高，其中值得注意的是麥寮鄉的急性骨髓樣白血病發生率在運轉第 4-7 年顯著比運轉第 1-3 年高，這項結果與國內外相關文獻有相似的發現；(ii)與個別對照鄉鎮的比較，發現臺西鄉與麥寮鄉兩鄉的肝癌發生率一致地在運轉期間顯著高於其對照鄉鎮，此外臺西鄉的口腔癌與麥寮鄉的急性骨髓樣白血病發生率在運轉期間也都顯著高於其對照鄉鎮；(iii) 以雲林縣的個別癌症發生率為標準做比較，發現在工業區運轉前與運轉期間臺西鄉、麥寮鄉與四湖鄉等三個鄉鎮的肝癌標準化發生比都顯著大於 100；在運轉第 1-3 年間崙背鄉的急性骨髓樣白血病標準化發生比都顯著大於 100。

- (3) 以時間序列分析台西與崙背兩個空氣品質監測站一氧化碳(CO)、一氧化氮(NO)、二氧化氮(NO₂)、氮氧化物(NO_x)、臭氧(O₃)、懸浮微粒(PM₁₀)、二氧化硫(SO₂)等空氣污染物對其周邊 10 公里範圍內的鄉鎮居民每日健保門診、健保住院、死亡的急性效應影響的結果顯示：(i) 在 2001-2006 年間台西站的二氧化氮(NO₂)與臭氧(O₃)濃度，和崙背站的懸浮微粒(PM₁₀)與二氧化硫(SO₂)濃度和每日循環系統疾病住院之間有顯著相關；(ii) 在 2001-2007 年間崙背站的二氧化氮(NO₂)與二氧化硫(SO₂)濃度和每日循環系統疾病死亡之間有顯著相關。

四、以台西光化學測站 2007 年 3 月到 2008 年 4 月共 13 個月的苯平均濃度和美國加州環保署 (Cal EPA) 和美國聯邦環保署 (US EPA) 的單位致癌風險值估算，該地區居民終生的致癌風險約為 3.30×10^{-6} (US EPA) 或 4.35×10^{-5} (Cal EPA)。然而上述風險值可能因為六輕工業區製程所需之原料、產物、單元製程中的許多有害物質尚未被光化測站監測到而被低估。

本研究有下列三點建議：

- 一、 本計畫建議應進一步以分析型的流行病學研究，實際量測與評估工業區周邊鄉鎮居民的暴露量與健康狀況，並控制可能干擾因子的影響以及考量交互作用，並進行長期的追蹤調查，以釐清暴露與健康效應之真正關係。
- 二、 在未來的環境流行病學研究中，納入實際採樣以釐清當地之空氣污染實際狀況，更了解當地居民所受之衝擊及影響。建議實際採樣分析的物種如下：
 - (1) 懸浮微粒之採樣：將採集鄰近地區之大氣，採集大氣中懸浮微粒，並搭配感應耦合電漿質譜儀(ICP-MS)進行微粒之金屬分析。
 - (2) 揮發性有機氣體：以採氣袋採樣技術，並搭配氣相層析質譜儀(GC-MS)與霍式轉換紅外線光譜儀(FTIR)遙測技術分析，以利了解並補充尚未在光化測站所監測之物種如 1,3-丁二烯、含氯之化合物如氯乙烯、二氯乙烯、四氯甲烷、1,4-二氯苯及三氯甲烷等濃度資訊，並且即時監測廠址附近之污染情形。
- 三、 採用大氣擴散模式以及多介質模式，參考本土之暴露參數，進行污染物濃度的推估，進一步評估工業區排放之化學物質對附近居民可能之急性、慢性和致癌等三方面的健康風險。

五、參考文獻

- Abdul-Wahab, S. A. and B. Yaghi (2004). "Use of plants to monitor contamination of air by SO₂ in and around refinery." *Journal of Environmental Science and Health Part A Toxic-Hazardous Substances & Environmental Engineering* 39(6): 1559-1571.
- Ahmad O, Boschi-Pinto C, Lopez AD, Murray CJL, Lozano R, Inoue M. Age standardization of rates: a new WHO standard. Geneva, World Health Organization, 2001.
- Belli S., Benedetti M., Comba P., Lagravinese D., Martucci V., Martuzzi M., Morleo D., Trinca S., Viviano G., 2004. Case-control study on cancer risk associated to residence in the neighbourhood of a petrochemical plant. *Eur J Epidemiol* 19, 49-54.
- Benedetti M., Iavarone I., Comba P., 2001. Cancer risk associated with residential proximity to industrial sites: a review. *Arch Environ Health* 56,342-9.
- Bowman Frank M., Seinfeld John H. 1994. Fundamental basis of incremental reactivities of organics in ozone formation in VOC/NO_x mixtures. *Atmospheric Environment* 28(20): 3359-3368.
- Carter William P.L. 1994. Development of ozone reactivity scales for volatile organic compounds. *Journal of the Air & Waste Management Association* 44: 881-899.
- Cetin, E., M. Odabasi, et al. (2003). "Ambient volatile organic a petrochemical (VOC) concentrations around compound complex and a petroleum refinery." *Science of the Total Environment* 312(1-3): 103-112.
- Chan C. C., Shie R. H., Chang T. Y., Tsai D. H., 2006. Workers' exposures and potential health risks to air toxics in a petrochemical complex assessed by improved methodology. *Int Arch Occup Environ Health* 79, 135-42.
- Chang C.C., Lo J.F., Wang J.L. 2001. Assessment of reducing ozone forming potential for vehicles using liquefied petroleum gas as an alternative fuel. *Atmosphere Environment* 35: 6201-6211.
- Chen, C.-L., C.-M. Shu, et al. (2006). "Location and characterization of emission sources for airborne volatile organic compounds inside a refinery in Taiwan." *Environmental Monitoring and Assessment* 120(1-3): 487-498.
- Chen D., Cho Sung- II., Chen C, Wang X., Damokosh A.I., Ryan L., Smith T.J., Christiani D.C., Xu X., 2000. Exposure to benzene, occupational stress, and reduced birth weight. *Occup Environ Med* 57,661-67.
- Chen P.C., Lai Y.M., Wang J.D., Yang C.Y., Hwang J.S., Kuo H.W., Huang S.L., and Chan C.C., 1998. Adverse Effect of Air Pollution on Respiratory Health of Primary School Children in Taiwan. *Environmental Health Perspectives*

- 106(6),331-5.
- Chiang, H.-L., T. Jiun-Horng, et al. (2007). "VOC concentration profiles in an ozone non-attainment area: A case study in an urban and industrial complex metroplex in southern Taiwan." *Atmospheric Environment* 41(9): 1848-1860.
- Chiu, K. H., U. Sree, et al. (2005). "Differential optical absorption spectrometer measurement of NO₂, SO₂, O₃, HCHO and aromatic volatile organics in ambient air of Kaohsiung Petroleum Refinery in Taiwan." *Atmospheric Environment* 39(5): 941-955.
- De Santis, F., A. Fino, et al. (2004). "Monitoring the air quality around an oil refinery through the use of diffusive sampling." *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 378(3): 782-788.
- Huang Y.L. and Batterman S., 2000. Residence location as a measure of environmental exposure: a review of air pollution epidemiology studies. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 10, 66-85.
- Elbir T., Cetin B., Cetin E., Bayram A., Odabasi M., 2007. Characterization of volatile organic compounds (VOCs) and their sources in the air of Izmir, Turkey. *Environ Monit Assess* 133, 149-60.
- Esteve J, Benhamou E, Raymond L. Statistical methods in cancer research: volume 4, descriptive epidemiology. Lyon, International Agency for Research on Cancer, 1994.
- Felknor S. A., Delclos G. L., Lerner S. P., Burau K. D., Wood S. M., Lusk C. M., Jalayer A. D., 2003. Bladder cancer screening program for a petrochemical cohort with potential exposure to beta-naphthylamine. *Journal of Occupational & Environmental Medicine* 45(3), 289-94.
- FPCC. Formosa PetroChemical Corporation. Accessed on (2008/1/20), http://www.fpcc.com.tw/six/six_1_dtl.asp
- Ghosh Rakesh , Rankin Judith, Pless-Mullooli Tanja, Glinianaia Svetlana. 2007 Does the effect of air pollution on pregnancy outcomes differ by gender? A systematic review.. *Environmental Research* 105, 400–408.
- Hansen.C, Neller.A, Williams.G, Simpson.R. 2006. Maternal exposure to low levels of ambient air pollution and preterm birth in Brisbane, Australia. *BJOG* 113, 935–941.
- Huang Y.L. and Batterman S., 2000. Residence location as a measure of environmental exposure: a review of air pollution epidemiology studies. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 10, 66-85.
- Kajekar Radhika. 2007. Environmental factors and developmental outcomes in the lung. *Pharmacology & Therapeutics* 114, 129–145.
- Kalabokas, P. D., J. Hatzianestis, et al. (2001). "Atmospheric concentrations of

- saturated and aromatic hydrocarbons around a Creek oil refinery." *Atmospheric Environment* 35(14): 2545-2555.
- Kulkarni, P., S. Chellam, et al. (2007). "Tracking petroleum refinery emission events using lanthanum and lanthanides as elemental markers for PM_{2.5}." *Environmental Science & Technology* 41(19): 6748-6754.
- Lee B. S., Chiou C. B., 2007. The use CFC-12, CFC-11 and CH₃CCl₃ to trace terrestrial airborne pollutant transport by land-sea breezes. *Atmospheric Environment* 41, 3360-3372
- Lee E. H., Eum, K. D., Cho S. I., Cheong, H. K., Paek do, M., 2007. Acquired dyschromatopsia among petrochemical industry workers exposed to benzene *Neurotoxicology* 28(2), 356-363.
- Lee M. S., Paek D., Eum K. D., Siegrist J., Li J., Lee H. E., Cho S. I., 2008. Paternal work stress and prolonged time to pregnancy. *Int Arch Occup Environ Health* DOI 10.1007/s00420-008-0324-2
- Lee Sue J., Hajat Shakoor, Steer Philip J., Filippi Veronique., 2008. A time-series analysis of any short-term effects of meteorological and air pollution factors on preterm births in London, UK, *Environmental Research* 106, 185–194
- Liao M.F., Huang J.L., Chiang L.C., Wang F.Y., and Chen C.Y., 2005. Prevalence of Asthma, Rhinitis, and Eczema from ISAAC Survey of Schoolchildren in Central Taiwan. *Journal of Asthma* 42, 833-37. Lin C.M., Li C.Y., Mao I.F., 2004. Increased Risks of Term Low-Birth-Weight Infants in a Petrochemical Industrial City with High Air Pollution Levels. *Archives of Environmental Health* 59(12), 663-68.
- Lin C.M., Li C.Y., Mao I.F., 2004. Increased Risks of Term Low-Birth-Weight Infants in a Petrochemical Industrial City with High Air Pollution Levels. *Archives of Environmental Health* 59(12), 663-68. Lin, T. Y., U. Sree, et al. (2004). "Volatile organic compound concentrations in ambient air of Kaohsiung petroleum refinery in Taiwan." *Atmospheric Environment* 38(25): 4111-4122.
- Liu C.C., Chen C.C., Wu T. N., and Yang C.Y., 2008. Association of Brain Cancer with Residential Exposure to Petrochemical Air Pollution in Taiwan. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* 71(5), 310-14.
- Liao M.F., Huang J.L., Chiang L.C., Wang F.Y., and Chen C.Y., 2005. Prevalence of Asthma, Rhinitis, and Eczema from ISAAC Survey of Schoolchildren in Central Taiwan. *Journal of Asthma* 42, 833-37. Mackenzie C.A., Lockridge A., and Keith M. 2005. Declining Sex Ratio in a First Nation Community. *Environmental Health Perspectives* 113(10), 1295-98.
- Mackenzie C.A., Lockridge A., and Keith M. 2005. Declining Sex Ratio in a First Nation Community. *Environmental Health Perspectives* 113(10), 1295-98.

- Moreno, T., X. Querol, et al. (2006). "PM source apportionment and trace metallic aerosol affinities during atmospheric pollution episodes: a case study from Puertollano, Spain." *JEM Journal of Environmental Monitoring* 8(10): 1060-1068.
- Na, K., Y. P. Kim, et al. (2001). "Concentrations of volatile organic compounds in an industrial area of Korea." *Atmospheric Environment* 35(15): 2747-2756.
- Ostermark, U. (1995). "Characterization of volatile hydrocarbons emitted to air from a cat-cracking refinery." *Chemosphere* 30(9): 1813-1817.
- Pan B. J., Hong Y. J., Chang G. C., Wang M. T., Cinkotai F. F., Ko Y. C., 1994. Excess cancer mortality among children and adolescents in residential districts polluted by petrochemical manufacturing plants in Taiwan. *Journal of Toxicology and Environment Health* 43, 117-129.
- Pankow James F., Luo Wentai, Bender David A., Isabelle Lorne M., Hollingsworth Jay S., Chen Cai, Asher William E., Zogorski John S. 2003. Concentrations and co-occurrence correlations of 88 volatile organic compounds (VOCs) in the ambient air of 13 semi-rural to urban locations in the United States. *Atmospheric Environment* 37(36): 5023-5046.
- Parker Jennifer D., Woodruff Tracey J., Basu Rupa and Schoendorf Kenneth C., 2005. Air Pollution and Birth Weight Among Term Infants in California. *Pediatrics* 115, 121-128
- Pasetto R., Comba, P., Pirastu R., 2008. Lung cancer mortality in a cohort of workers in a petrochemical plant: occupational or residential risk? *Int J Occup Environ Health* 14(2), 124-128.
- Pope C. A., Dockery D. W., Epidemiology of Particle effects. In: ST H., JM S., HS K., RL M., Eds., *Air pollution and Health*. London: Academic Press, 1999, pp. 673-705.
- Rao, B. P. S., M. F. Ansari, et al. (2007). "Monitoring and assessment of particulate matter and poly aromatic hydrocarbons (PAHs) around a petroleum refinery." *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 79(2): 197-201.
- Rao, P., S. Ankam, et al. (2005). "Monitoring of hydrocarbon emissions in a petroleum refinery." *Environmental Monitoring and Assessment* 108(1-3): 123-132.
- Ras-Mallorqui, M. R., R. M. Marce-Recasens, et al. (2007). "Determination of volatile organic compounds in urban and industrial air from Tarragona by thermal desorption and gas chromatography-mass spectrometry." *Talanta* 72(3): 941-950.
- Rodu B., Delzell E., Beall C., Sathiakumar N., 2001. Mortality among employees at a petrochemical research facility. *American Journal of Industrial Medicine*

- 39(1),29-41.
- Rogers J. Felix and Dunlop Anne L.,2006. Air Pollution and Very Low Birth Weight Infants: A Target Population? *Pediatrics* ;118;156-164
- Rosamilia K.,Wong O., Raabe G. K.,1999. A Case-Control Study of Lung Cancer Among Refinery Workers. *Journal of occupational and environmental medicine* 41(12),1091-1103.
- Savitz D. A., Bornschein R. L., Amler R. W., Bove F. I., Edmonds L. D., Hanson J. W., Kaye W. E., Khoury M., Kiely M., Lemasters G. K., Sever L. E., Shepard T. H., Spengler R. F., Steinberg K. K., Yeargin-Allsopp M., 1997. Assessment of reproductive disorders and birth defects in communities near hazardous chemical sites. I. Birth defects and developmental disorders. *Reprod Toxicol* 11, 223-30.
- Scialli A. R., Swan S. H., Amler R. W., Baird D. D., Eskenazi B., Gist G., Hatch M. C., Kesner J. S., Lemasters G. K., Marcus M., Paul M. E., Schulte P., Taylor Z., Wilcox A. J., Zahniser C., 1997. Assessment of reproductive disorders and birth defects in communities near hazardous chemical sites. II. Female reproductive disorders. *Reproductive Toxicology* 11, 231-242.
- Smith M.T., Jones R.M., and Smith A.H., 2007. Benzene Exposure and Risk of Non-Hodgkin Lymphoma. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 16(3),385-91
- Speer S.A., Semenza J.C., Kurosaki T.,Anton-Culver H.,2002.Risk factors for acute myeloid leukemia and multiple myeloma:A Combination of GIS and Case-Control studies. *Journal of Environmental Health* 64(7),9-16.
- Sorahan T. Mortality of UK oil refinery and petroleum distribution workers, 1951-2003. *Occupational Medicine* 57(3),177-185.
- Thurston S. W.,Ryan L.,Christiani D. C.,Snow R.,Carlson J.,You L.,Cui S.,Ma G.,Wang L.,Huang Y.,Xu X.,2000. Petrochemical exposure and menstrual disturbances. *American Journal of Industrial Medicine* 38(5),555-564.
- Tompa A.,Jakab M. G.,Major J.,2005. Risk management among benzene-exposed oil refinery workers. *International Journal of Hygiene & Environmental Health* 208(6),509-516.
- Tsai S. P.,Ahmed F.S.,Wendt J.K.,Bhojani F.,Donnelly R. P.,2008. The impact of obesity on illness absence and productivity in an industrial population of petrochemical workers. *Annals of Epidemiology* 18(1),8-14.
- Tsai S P.,Ahmed F S.,Wendt J K.,Foster D E.,Donnelly R P.,Strawmyer T R. ,2007. A 56-year mortality follow-up of Texas petroleum refinery and chemical employees, 1948-2003. *Journal of Occupational & Environmental Medicine* 49(5),557-567.
- Tsai S. P., Cardarelli K. M., Wendt J. K., Fraser A. E., Mortality patterns among

- residents in Louisiana's industrial corridor, USA, 1970-99. Vol. 61, 2004, pp. 295-304.
- Tsai S.P., Fox E. E., Ransdell J. D., Wendt J. K., Waddell L. C., Donnelly R. P., 2004. A hematology surveillance study of petrochemical workers exposed to benzene. *Regulatory Toxicology & Pharmacology* 40(1), 67-73
- Tsai S. P., Wendt J. K., Cardarelli K. M., Fraser A. E., 2003. A mortality and morbidity study of refinery and petrochemical employees in Louisiana. *Occupational & Environmental Medicine* 60(9), 627-633
- Ulf Ostermark, 1995. Characterization of volatile hydrocarbons emitted to air from a cat-cracking refinery. *Chemosphere* 30, 1813-1817.
- Weng H.H., Tsai S.S., Chiu H.F., Wu T.N., Yang C.Y., 2008. Association of childhood Leukemia with Residential Exposure to Petrochemical Air Pollution in Taiwan. *Inhalation Toxicology* 20, 31-36.
- Wong O., Harris F., Rosamilia K., Raabe G. K., 2001. An updated mortality study of workers at a petroleum refinery in Beaumont, Texas, 1945 to 1996. *Journal of Occupational & Environmental Medicine* 43(4), 384-401.
- Wong O., Harris F., Rosamilia K., Raabe G. K., 2001. Updated mortality study of workers at a petroleum refinery in Torrance, California, 1959 to 1997. *Journal of Occupational & Environmental Medicine* 43(12), 1089-1102.
- Wyrobek A. J., Schrader S. M., Perreault S. D., Fenster I., Huszar G., Katz D. F., Osorio A. M., Sublet V., Evenson D., 1997. Assessment of reproductive disorders and birth defects in communities near hazardous chemical sites. III. Guidelines for field studies of male reproductive disorders. *Reproductive Toxicology* 11, 243-259.
- Xu X., Cho S. I., Sammel M., You L., Cui S., Huang Y., Ma G., Padungtod C., Pothier L., Niu T., Christiani D., Smith T., Ryan L., Wang L., 1998. Association of petrochemical exposure with spontaneous abortion. *Occupational & Environmental Medicine* 55(1), 31-36.
- Yang C. Y., Chiu H. F., Chiu J. F., Kao W. Y., Tsai S. S., Lan S. J., 1997a. Cancer mortality and residence near petrochemical industries in Taiwan. *J Toxicol Environ Health* 50, 265-73.
- Yang C. Y., Wang J. D., Chan C. C., Chen P. C., Huang J. S., Cheng M. F., 1997b. Respiratory and irritant health effects of a population living in a petrochemical-polluted area in Taiwan. *Environ Res* 74, 145-9.
- Yang C. Y., Cheng M. F., Chiu J. F., Tsai S. S., 1999. Female lung cancer and petrochemical air pollution in Taiwan. *Archives of environmental health* 54, 180-185.
- Yang C. Y., Cheng B. H., Hsu T. Y., Tsai S. S., Hung C. F., Wu T. N., 2000. Female

- lung cancer mortality and sex ratios at birth near a petroleum refinery plant. Environ Res 83, 33-40.
- Yang C.-Y., Chiu H.-F., Tsai S.-S., Chang C.-C., Chuang H.-Y., 2002. Increased Risk of Preterm Delivery in Areas with Cancer Mortality Problems from Petrochemical Complexes. Environmental Research 89, 195-200.
- Yang C. Y., Chang C. C., Chuang H. Y., Ho C. K., Wu T. N., Chang P. Y., 2004. Increased risk of preterm delivery among people living near the three oil refineries in Taiwan. Environ Int 30, 337-42.
- Yu C.-L., Wang S.-F., Pan P.-C., Wu M.-T., Ho C.-K., Smith T. J., Li Y., Pothier L., Christiani D. C., and the Kaohsiung Leukemia Research G, Residential Exposure to Petrochemicals and the Risk of Leukemia: Using Geographic Information System Tools to Estimate Individual-Level Residential Exposure. Vol. 164, 2006, pp. 200-207.
- 中央氣象局 <http://www.cwb.gov.tw/>
- 田浚致，2004，「利用空氣擴散模式模擬石化工業區致癌性污染物之濃度及推估居民之致癌風險」，碩士論文，國立成功大學環境醫學研究所。
- 行政院農業委員會林務局全球資訊網 <http://www.forest.gov.tw/web/index.asp>
- 林盟喬，2002，「空氣污染與新生兒狀況相關的研究」，博士論文，高雄醫學大學公共衛生學研究所。
- 南亞塑膠工業股份有限公司環工暨工安管理中心，2004，「六輕四期擴建計畫環境影響說明書」。
- 財團法人成大研究發展基金會，2005，「雲林離島式基礎工業區環境與居民身體健康之暴露及風險評估研究」，經濟部工業局 94 年度專案計畫成果報告。
- 財團法人台灣動物科技研究所 <http://www.atit.org.tw/>
- 陳彥如，2000，「年輕族群原發性腦瘤與石化工業居住暴露關係之探討」，碩士論文，高雄醫學大學公共衛生學研究所。
- 國立中央大學工程中心，1991，「籌建烯烴廠及相關工業開發計畫環境影響評估報告說明書」。
- 國立雲林科技大學環境與安全工程系，2008，「96 年度六輕相關計畫之特定有害空氣污染物所致健康風險評估報告」。
- 雲林縣全球資訊網
<http://www.yunlin.gov.tw/content/index.asp?m=1&m1=3&m2=13>
- 雲林縣綜合發展計畫
http://gisapsrv01.cpami.gov.tw/CPIS/cprpts/yunlin/total/ch3/total_3.htm
- 雲林縣政府全球統計網-行政統計
http://www.yunlin.gov.tw/from_month/index.asp?m=99&m1=3&m2=21
- 雲林縣工商策進會 <http://www1.yunlin.gov.tw/idipc/main.html>
- 空氣污染對沿海地區環境及居民健康影響

九十六年農業統計年報 <http://www.coa.gov.tw/view.php?catid=17729>

詹長權、王家麟、蔡黛華、王介亨，2007，「台灣光化學污染之形成、傳輸機制及其影響」，行政院環保署，EPA-96-FA11-03-D060。

詹長權，謝國煌，洪益夫，何國榮，粘秋桂，王怡仁，洪崇凱，蔡承遠，吳芝喜，葉麗芳，徐美鎔，1993. 以管制燃料油品質降低都會區大氣中苯濃度之監測計畫. 行政院環保署，EPA-82-E4F1-08-23.

詹嘉瑋，2006，「六輕離島工業區對空氣品質之影響評估研究」，國立雲林科技大學環境與安全工程系碩士論文。

經濟部工業局，2006，「雲林離島式基礎工業區空氣汙染總量調整規劃」。

鄭明芬，1997，「石化工業污染與居民癌症死亡率關係之研究」。碩士論文，高雄醫學大學公共衛生學研究所。

劉介宇、洪永泰、莊義利、陳怡如、翁文舜、劉季鑫、梁賡義。台灣地區鄉鎮市區發展類型應用於大型健康調查抽樣設計之研究。健康管理學刊 2006；4(1)：1-22。

劉長明，1992，「某石化工業區附近社區居民癌症及重要死因標準化死亡比分析」，碩士論文，高雄醫學大學公共衛生學研究所。

環保署地方環境資料庫 <http://edb.epa.gov.tw/localenvdb/YunLin/index.htm>

闕大順，2001，「年輕族群白血病與石化相關暴露之流行病學研究-以高密度石化工業區為例之病例對照研究」，碩士論文，高雄醫學大學公共衛生學研究所。

謝瑞豪，2000，「以開放式霍氏紅外線光譜儀重建工業區空氣毒性物質之時空分佈」，碩士論文，國立台灣大學職業醫學與工業衛生研究所。