

九十二年度環保署/國科會空污防制科研合作計畫

都會區有害性空氣污染物之管制策略及效益評估

子計畫一

工業都會區污染源有機性有害空氣污染物排放特徵與排放係數

調查研究

(計畫編號：NSC92-EPA-Z-242-001)

期末報告

計畫主持人：江鴻龍教授

共同主持人：許逸群教授

研究人員：馬森義

執行單位：輔英科技大學環境工程衛生系

崑山科技大學環境工程系

中華民國九十三年一月

中文摘要

本研究主要乃彙整建立有害空氣污染物排放量推估方法及探討高雄都會區有機性有害空氣污染物（VOCs 部分）不同污染源排放特徵及清單。固定源彙整縣市環保局執行行業排放調查相關研究報告，依縣市所獲 THC 修正清單資料為依據，瞭解研究區域內 VOCs 排放貢獻較大之工廠及其排放量。計算所得固定源 THC 總排放量約為 47,903 公噸/年，篩分其中排放量前百大工廠清單之 THC 排放量合計為 35,058 公噸/年，約佔高雄都會區總排放量 73 %。另由排放量前百大工廠名單依行業別進行分類，篩選出石油化工原料製造業、石油煉製業、合成樹脂及塑膠製造業、合成橡膠製造業、塗料漆料及相關產品製造業、鋼鐵冶煉業等排放量較大之六行業；此六行業之管道/逸散所致 THC 排放比例約為 1：7。

移動源排放量推估方法使用交通量調查法，推算不同車種於各道路之車行里程，再由該道路之平均車行速度，援引 TEDs5.0 移動源 THC 排放係數，推算出該車種於各道路之 THC 排放量，最後將 HAPs 物種在總 VOCs 中所佔比例與 THC 排放量相乘，即求得各 HAPs 物種之排放量。

估算結果高雄都會區固定源六大行業排放之有機性 HAPs 依序為甲苯 1,383 公噸/年、苯 1,312 公噸/年、二甲苯 1,162 公噸/年、丁酮 547 公噸/年、苯乙烯 499 公噸/年、丙烯晴 216 公噸/年等；各行業排放主要 HAP 物種分別為：鋼鐵業為甲苯 4 公噸/年、甲醛 2 公噸/年；石化業為甲苯 551 公噸/年、苯 326 公噸/年；石油煉製業為甲苯 548 公噸/年、苯 984 公噸/年；合成橡膠業為甲苯 21 公噸/年；塗料漆料業為甲苯 31 公噸/年；合成樹脂業為甲苯 228 公噸/年。依排放製程別區分，六行業中主要排放製程為燒結程序、煉焦程序、原油常壓蒸餾程序、戊烷異構化程序、媒組程序、輕油裂解程序、芳香烴製造程序、PU 皮製造程序(乾式)、其他石油製品製造程序、加氫脫硫處理程序；主要排放 HAP 物種為甲苯、苯。

移動源排放有機性有害空氣污染物估算結果以甲苯排放量佔最高，達 2,446 公噸/年，其次為苯之 1,182 公噸/年、二甲苯 906 公噸/年、乙苯 305 公噸/年、苯乙烯 23 公噸/年。依車輛種類特性解析主要排放有機性 HAPs 顯示汽車、二行程機車、四行程機車之主要污染物為甲苯，其排放量依序為 893、795、676 公噸/年，柴油車則以苯為主要排放物種為，排放量為 162 公噸/年。

關鍵字：有害空氣污染物、揮發性有機物、固定源、移動源、排放係數

英文摘要

The problems of air toxic emission and secondary air pollutants are concerned by the public. In Europe, America and Japan, the control of hazardous air pollutants (HAPs) is becoming an issue after the achievement of the criteria air pollutant control. The literatures of HAPs are comprehended in this study. Besides, the emission sources, speciation profile, localized emission factor, detailed list of HAPs are investigated. The investigative area focuses on the Kaohsiung industrial metropolitan and the VOCs are the target HAPs. Base on the literatures and the Taiwan Emission Data System (TEDs) and stationary sources data of Kaohsiung EPB, we select the major VOCs emission sources (i.e. steel industry, oil-refining industry, petrochemical industry, PU synthetic leather and surface coating etc.) to survey the VOCs emission factor and speciation profile.

The major HAPs emission sources are including oil-refining industry, petrochemical industry, PU synthetic leather, surface coating, steel refinery and electrical industry in the Kaohsiung metropolitan. In addition, the fugitive emission of HAPs was higher than stack emission. Furthermore, the emission of passenger car is higher than 2-stroke and 4-stroke motorcycle.

The major HAPs species are toluene (1,383ton/yr), benzene (1,312 ton/yr), xylene (1,162 ton/yr), methyl ethyl ketone(547 ton/yr)and styrene (499 ton/yr) of stationary sources. The major HAPs of steel industry, petrochemical industry, oil refinery industry, synthesis rubber industry, coating and painting industry, synthesis resin industry was toluene (4 ton/yr), toluene (551ton/yr), benzene(984 ton/yr), toluene (21 ton/yr), toluene (31 ton/yr), and toluene (228 ton/yr), respectively.

In addition, toluene (2,446 ton/yr), benzene (1,182 ton/yr), ethylbenzene (305 ton/yr), xylene (906 ton/yr), and styrene (23 ton/yr) were the major HAPs species for mobile sources. The sequence of HAPs emission in Kaohsiung metropolitan was motorcycle (2-stroke and 4-stroke) > vehicle > truck.

Key words : hazardous air pollutants; volatile organic compounds; stationary source; mobile source; emission factor

子計畫一

「工業都會區污染源有機性有害空氣污染物排放特徵與排放係數調查研究」

第一章 緒論.....	1
1-1 研究背景.....	1
1-2 研究目的.....	1
第二章 文獻回顧.....	1
2-1 固定源排放特徵.....	2
2-2 移動源排放特徵.....	3
第三章 研究方法.....	3
3-1 有機性有害空氣污染物排放量推估.....	3
3-1-1 固定源.....	3
3-1-2 移動源.....	4
第四章 結果與討論.....	5
4-1 國內外污染源排放係數比較.....	5
4-2 高雄都會區固定源 THC 排放特性.....	6
4-2-1 固定源有機性污染物排放量.....	6
4-2-2 移動源有機性污染物排放量.....	8
4-3 高雄都會區有機性 HAPs 排放特徵.....	8
4-3-1 固定源有機性 HAPs 污染物排放清單.....	8
4-3-1-1 煙道採樣分析.....	8
4-3-1-2 六大行業有機性 HAPs 排放量.....	8
4-3-1-3 六大行業主要製程有機性 HAPs 排放量.....	8
4-3-1 移動源源有機性 HAPs 污染物排放清單.....	9
4-3-2-1 道路別有機性 HAPs 排放量.....	9
4-3-2-2 車種別有機性 HAPs 排放量.....	9
4-4 高雄都會區有機性 HAPs 排放空間分佈.....	9
4-4-1 固定源 HAPs 污染物空間分佈.....	9
4-4-2 移動源 HAPs 污染物空間分佈.....	10
第五章 結論.....	10
參考文獻.....	11
期中審查意見答覆	
期末審查意見答覆	

第一章 緒論

1-1 研究背景

隨著民眾對空氣污染危害性及對衍生性空氣污染物生成機制的認知，有害空氣污染物問題，已成為歐美日等先進國家繼一般空氣污染物管制獲具成效後之主要空氣污染管制工作重點。為順應世界潮流並保護民眾健康，國內環保署於民國 81 年 7 月提出「環境保護五年中程施政計畫」，將有害空氣污染物管制列為重點工作，並積極推動各項有害空氣污染物排放管制規範研訂計畫，以作為推動台灣地區有害空氣污染物管制之基準。且於民國 83 年公佈國內建議優先列管 30 種有害空氣污染物，分為揮發性有機化合物(21 種)、重金屬(4 種)、酸氣(3 種)及其他(PAHs 及奈；2 種)等四類，其中 VOCs 物種為目前列管之有害空氣污染物之主要物種。而國內目前對污染源空氣污染物雖已初步建立碳氫化合物之排放資料庫，但此項排放源資料庫並未包括碳氫化合物特徵成份組成比例之資料，國內國科會、環保署與經濟部工業局曾多次進行固定污染源排放特徵調查，但仍未能確實掌握有害空氣污染物之排放現況，建立其排放源清單。鑑於目前國內外已優先列管有害空氣污染物，而台灣地區尚未依污染源類別建置有害空氣污染物(VOCs 部分)排放清單，因而整合目前國內對污染源有害空氣污染物排放特徵調查資料，並以實測分析補充部分不足之污染源 HAPs 特徵與排放係數，逐步建構國內 HAPs 排放清單。

1-2 研究目的

本計畫執行主要以高雄都會區之污染特性調查為主，計畫執行目的為：

1. 收集並解析國內外污染源排放有機性 HAPs 資料
2. 建構污染源（固定、移動）排放量推估方法
3. 建置污染源有機性 HAPs (VOCs 部份) 排放清單
4. 篩選污染物排放係數缺乏且排放量大之固定源進行實測
5. 解析固定源有機性 HAPs (VOCs 部份)特徵結構與排放係數
6. 解析移動源有機性 HAPs (VOCs 部份)特徵結構與排放係數
7. 高雄都會區污染源 HAPs(VOCs 部份)排放貢獻來源

第二章 文獻回顧

本研究以國內 HAPs 管制需求較為迫切之高雄都會區為範疇，參酌國外都會區 HAPs 管制理念，建立不同污染源 HAPs 排放清單，提供他項子計畫做為減量評估及策略擬定之基本，並由總計畫整合後訂定高雄都會區 HAPs 管制策略。

根據目前蒐集國外資料顯示，世界各國對有害空氣污染物管制工作時程差異極大，其中以美國起步最早，制定規範亦最完整，自 1970 年代即開始推動各項先驅工作，並自 1990 年起開始管制。於 1990 年清淨空氣法(1990 Clean Air Act)已公告列管 188 種有

害空氣污染物，其中有機性 HAPs 約佔 70%，列表有機性 HAPs 之 97% 均為揮發性有機物。日本自 1990 年代開始推動管制無機性及有機性有害空氣污染物；歐洲國家則自 1980 年代即開始推動各項先期作業，荷蘭政府目前已公告 48 種優先列管物質(包括含氯、金屬及 VOCs 等)，其中 38 種為重要有害空氣污染物，對人體及環境有嚴重危害性之化合物，須要求最大排放減量。德國「聯邦空氣清淨法」(Federal Clean Air Act)要求聯邦政府管制移動源及固定源，更將污染物區分為致癌物、有機物、無機性粉塵及氣態無機污染物等四種物質，目前已訂定有害空氣污染物排放標準之污染物約有 200 種。瑞士「空氣污染控制法案」針對 160 種無機及有機污染物依其毒性及對生態影響可能性加以分類，針對臭氧及粒狀物之環境空氣品質標準，則要求對光化污染物之前驅物(如 VOCs 及 NO_x 之排放)及有機物、硝化有機物、粒狀物等有害空氣污染物進行控制。瑞典對機動車輛、固定污染源之碳氫化合物及溶劑使用操作之 VOCs 排放訂定減量計畫，預計在 2005 年時將 VOCs 排放減量至 1988 年之 1/2，並已篩選出 40 種對環境有害之物種。加拿大政府，在「國家污染物排放清單」篩選 178 種有害物質(具持續性、生物累積性或毒性)列為有害空氣污染物，進行管制。

國外文獻方面，Wadden (1986) 利用飛機進行東京上空 300~1500 公尺處之空氣樣品採集，結果顯示由車輛排放廢氣所致 VOCs 約佔區域性排放量 7.0%，汽油蒸發所致約佔 10.5%，石化煉油排放佔 26.0%，油漆溶劑揮發排放佔 27.2%，其餘排放源佔 0.93%。Scheff (1989) 指出石油精煉業排放之揮發性有機物以烷烴類、苯、甲苯、二甲苯為主，而汽車排放之揮發性有機物以乙烯、丙烯、丁烷、戊烷、苯、甲苯、二甲苯為主，顯示都會區中 HC 排放固定源及移動源似乎具對等之重要性。

Edwards(1991)曾對 21 家有機化學品製造廠進行 VOCs 排放調查，結果顯示 VOCs 排放源自製程尾氣排放者佔 53%，逸散源排放佔 41%，儲槽和負載操作平衡排放佔 5%，溢出所致排放則小於 1%，此結果顯示管道與逸散排放，皆為重要之污染來源。

2-1 固定源排放特徵

石化業、表面塗裝、鋼鐵及金屬相關產業等相關產業及產品被認為是揮發性有機物主要排放源。依環保署資料顯示臺灣地區民國八十六年空氣防制方案污染控制減量後人為污染源 NMHC 總排放量中，固定源佔 66.3%、移動源佔 33.7%，若考慮固定源中工業製程所致污染排放，又以石化工業佔 NMHC 總排放量 11.6% 為最多；工業表面塗裝與工業溶劑使用分別佔 7.9%、5.0% 為其次。因而石化工業為大氣環境 VOCs 重要排放源。

環保署研究計畫(1996)指出1998年時國內二甲基甲醯胺年產能可達5萬公噸、酚年產能將達23萬公噸、甲苯年產能為9.3萬公噸、二甲苯之年產能為97萬公噸。另一調查計畫指出甲醇主要來自醋酸製程(使用量73,920公噸/年)、甲酚主要用於漆包線塗裝製程

(使用量1,980公噸/年)，甲基異丁酮主要使用在表面塗裝及PVC油墨製程(使用量5,800公噸/年)，醋酸丁酯主要來自表面塗裝及PU合成皮製程(使用量1,600公噸/年)，二硫化碳主要來自碳製造(10,440公噸/年)，環氧乙烷主要來自乙二醇製程(使用量130,000公噸/年)。國內蔡氏(1998)彙整並檢測72處南高屏地區VOCs排放量高之ABS、聚氯乙稀、壓克力樹脂、PU合成皮、對苯二甲酸、環氧乙烷、乙二醇等相關製程煙道，結果顯示不同製程煙道排放VOCs特徵與濃度皆差異很大，顯示VOCs物種排放特性有再詳細調查之必要性。

2-2 移動源排放特徵

美國南加州空氣品質管理局(SCAQMD)於「有害空氣污染物暴露研究計畫」(Multiple Air Toxics Exposure Study II, MATE II)中指出，以固定監測及移動監測器進行採樣，將所採集之樣品進行分析，排放濃度較高之有害空氣污染物以甲苯、苯、二氯甲烷及苯乙烯為主。Leong 等人(2002)探討曼谷地區污染排放，結果顯示非尖峰時段大氣苯濃度約 16.3 ~ 30.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，尖峰時段則介於 15.1 ~ 42.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之間。

國內陳氏(1997)以隧道實驗與動力計分別實測汽車，THC 平均排放係數為 3.28 g/km；而使用中二、四行程機車排放 THC 平均排放係數分別為 18.18、2.48 g/km。翁氏(1998)調查機車引擎排氣 VOCs 特性，主要 VOCs 成分為 Isopentane、2-Methylpentane、3-Methylpentane、Toluene，而醛酮類成分則以 Formaldehyde、Acetaldehyde 及 Acetone 為主。何氏(1999)曾研究汽油車及柴油車 VOCs 排放特徵，主要成分為 Toluene、Benzene、m,p-Xylene、1,2,4-Trimethylbenzene、2-Methylpentane、Isopentane、Propylene 及 o-Xylene 等。

第三章 研究方法

本研究主要內容為建立有害空氣污染物排放量推估方法，並探討台灣地區排放源排放有機性有害空氣污染物(VOCs 部分)特徵，調查研究區域內污染源有機性有害空氣污染物(VOCs 部分) 排放特徵與排放清單。研究區域以 HAPs 管制需求迫切之高雄都會區為對象，揮發性有機物為研究標的，並發展計畫相關研究內容。參考國內對污染源有害空氣污染物排放特徵調查資料，彙整並進行比對，再以實測分析補充部分不足之污染源 VOCs 特徵與排放係數資料，以此方式逐步建構本土性有機性有害空氣污染物排放清單。

3-1 有機性有害空氣污染物排放量推估

3-1-1 固定源

高雄都會區固定源有機性有害空氣污染物排放推估係以縣市環保局 THC 修正清單資料為依據，所得工廠數約 2,000 餘家，其 THC 總排放量約為 47,903 公噸/年，篩分其中排放量大之前 100 家工廠清單，THC 排放量為 35,058 公噸/年，約佔高雄都會區總排

放量 73 %。參考縣市環保局污染源資料所得 THC 排放數據，援引其中工廠相關製程編碼資料及污染源分類碼 (Source Classify Code, SCC) 碼，彙整單一工廠管道排放與製程逸散之 THC 排放資料，配合美國聯邦環保署 FIRE 6.23 資料庫載錄之細項有機污染物排放係數，將排放係數進行百分率換算，估算行業別單一工廠相關製程之有害空氣污染物排放量，據以建構固定源有機性有害空氣污染物排放清單。

此外，為使固定源有機性有害空氣污染物排放係數更加完整，並確認排放清單物種之正確性，本研究亦挑選排放量大之工廠相關製程，進行管道/逸散有機性有害空氣污染物採樣及分析，獲致其排放特徵資料，以實測值補充不足之細項有機污染物排放資料，使高雄都會區固定源排放有機性有害空氣污染物清單更加完善。

固定源有機性有害空氣污染物排放推估乃參考縣市環保局污染源排放資料數據，援引其中工廠相關製程編碼資料及污染源分類碼 SCC 碼，彙整單一工廠管道排放與製程逸散之 THC 排放資料，配合 FIRE 6.23 資料庫載錄之細項有機污染物排放係數，將排放係數進行百分率換算，估算行業別單一工廠相關製程之有害空氣污染物排放量。固定源有機性 HAPs 排放量估算建構流程如圖 3-1 所示。

3-1-2 移動源

本研究移動源推估方法採用交通量調查法，推算不同車種於各道路之車行里程，再由該道路之平均車行速度，援引 TEDs 5.0 資料庫移動源 THC 排放係數，可推算該車種於各道路之 THC 排放量，最後將 HAPs 物種在總 VOCs 中所佔比例與 THC 排放量相乘，即求得各 HAPs 物種之排放量。移動源有機性 HAPs 排放量估算建構流程如圖 3-2 所示。

1. THC 排放量估算

以機動車輛登記數及環保署 TEDs 5.0 資料庫中調查之車行里程數，將各道路車流量資料車種類別歸併與 TEDs 5.0 一致；參酌交通部、營建署及各縣市政府委辦計畫所執行之車流量調查資料，將不同車種於各道路之車流量及道路長度依下式計算成各車種之車行里程。

$$VKT_{ij} = VMT_{ij} * L_j$$

i ：車種

j ：道路

VKT_{ij} ： i 車種於 j 道路之車行里程

VMT_{ij} ： i 車種於 j 道路之車流量

L_j ：道路長度

由 TEDs 5.0 移動源之污染物排放係數清單中，依各車種於不同車行速度下援引對應之 THC 排放係數，配合車行里程依下式進行 THC 排放量推估。

$$E_i = EF_{ij} * VKT_{ij}$$

i ：車種

j ：特定道路

E_1 ： i 車種於 j 道路之 THC 排放量

EF_{ij} ： i 車種於 j 道路車速下之 THC 排放係數

VKT_{ij} ： i 車種於 j 道路之車行里程

2. HAPs 排放量估算

首先建立車種所排放之廢氣 VOCs 物種清單及排放係數；再依 VOCs 物種與 THC 之比例關係求取 VOCs 物種排放量。車種 VOCs 之計算式表示如下：

$$E_2 = E_1 * R_i$$

$$R_i = (EF_v / EF_T) * (EF_{Hi} / EF_v)$$

$$EF_v = \sum EF_{Hi}$$

E_2 ： i VOCs 物種排放量

R_i ： i VOCs 物種佔 THC 之比例

EF_v ：VOCs 排放係數

EF_T ：THC 排放係數

EF_{Hi} ： i VOCs 物種排放係數

3-2 計畫目標污染物篩選

依據第一年固定源及移動源有機性 HAPs 排放量估算成果，以「有害權重強度」評量研究區域各項有機化合物之健康風險，並配合環保署建議優先列管之有機性 HAPs，挑選苯、甲苯、1,2-二氯乙烷、氯乙烯、三氯乙烯及甲醛等，為本研究今年之目標污染物。

第四章 結果與討論

4-1 國內外污染源排放係數比較

固定源有機性有害空氣污染物排放量推估，參考縣市環保局污染源資料，援引其中工廠相關製程編碼資料與污染源分類碼（Source Classify Code, SCC）碼，並配合美國聯邦環保署 FIRE 6.23 資料庫載錄之細項有機污染物排放係數，將排放係數進行百分率換算，估算行業別單一工廠相關製程之有害空氣污染物排放量。但是國內外工廠林立，種類不下千種，且各行業所排放之污染物亦大不相同，更會因為操作條件的不同及原物料純度之差異，使相同之製程會有不同之污染物產生，而使國內外污染物指紋資料數據出現些許變化。

例如石油化工原料製造與石油煉製業中，烯烴類相關製程：如加氫脫硫處理程序、LPG 處理程序、第二異構化程序等，參考縣市環保局污染源資料，給定污染源分類碼（Source Classify Code, SCC）為 30600105，以此分類碼，進行細項有機污染物排放係數查詢（美國聯邦環保署 FIRE 6.23 資料庫），發現污染物指紋紀錄為 SO_x 、 NO_x 、PM

等物種，經參考臭氧濃度區揮發性有機物特徵與排放源關聯性研究論文，文中指出經實場實測結果顯示，烯烴類相關製程排放之污染物有苯、甲苯、乙苯、二甲苯等污染物，以此數據為依據，彙整該製程之 THC 排放量及乾基流量等數據，進行排放係數推算，建立指紋數據，以提供排放量推估使用。

另外，合成樹脂及塑膠製造業中之 PU 皮製造程序(乾式)，縣市環保局污染源資料，給定污染源分類碼 (Source Classify Code, SCC) 為 30101880 或 40200803，因為燃料種類不同，因此建議使用之分類碼亦不相同，根據建議參考使用之分類碼，進行細項有機污染物排放係數查詢 (美國聯邦環保署 FIRE 6.23 資料庫)，發現污染物指紋紀錄只有 VOCs，並無細部污染物係數之記載，因此參考工業局「台灣主要排放空氣污染物工業最佳可行控制技術研討」報告，文中提及 PU 皮製造程序(乾式)之實場實測數據顯示，該製程排放之污染物有二甲基甲醯胺、丁酮及甲苯，因此參考此數據，經彙整後，提供排放量推估所需之排放係數。

4-2 高雄都會區固定源 THC 排放特性

4-2-1 固定源有機性污染物排放量

1. 行業別 THC 排放特性

固定源有機性有害空氣污染物排放量推估，依縣市環保局 THC 修正清單資料顯示，高雄都會區 THC 排放量為 47,903 公噸/年，前百大工廠之 THC 排放總量約為 35,058 公噸/年 (約佔高雄都會區排放量 73%)，其中六行業之 THC 排放總量為 32,203 公噸/年，管道排放為 3,873 公噸/年，製程逸散為 28,201 公噸/年，管道/逸散比例約為 1:7。

若以 TEDs5.1 資料庫為依據，彙整六大行業，分別為石油化工原料製造業、石油煉製業、合成樹脂及塑膠製造業、合成橡膠製造業、塗料漆料及相關產品製造業、鋼鐵冶煉業，其 THC 排放量依序為 13,043、9,279、3,736、1,969、2,220、12,164 公噸/年，如表 4-1 所示。其中石化業、合成樹脂業及合成橡膠業，TEDs 5.1 資料庫呈現之數據與縣市環保局資料數據差異較大，經核對許可資料及現場勘驗分析，TEDs 5.1 資料確有遺漏，因而以縣市環保局建置之資料為固定源估算依據。

將縣市環保局資料與 TEDs 資料庫進行各工廠製程比對結果顯示，以石化業之台塑仁武廠為例，TEDs 5.1 資料庫記錄該廠相關製程總數為 8 個，但縣市環保局資料記載該廠製程卻有 15 個，兩者差異 7 個製程。TEDs 5.1 資料庫所未記載的 7 個製程分別為氟氯化物化學製造程序、碳纖維製品製造程序、廢冷媒焚化製造程序、氫氟酸化學製造程序、鹼氯化學製造程序、鹽酸化學製造程序、合成有機纖維化學製造程序，7 個製程排放量差異為 175 公噸/年，皆顯示 TEDs5.1 資料庫有再確認之必要性。

另石化業之中油林園廠，TEDs5.1 資料庫記錄該廠相關製程總數為 8 個，但縣市環保局資料紀錄製程卻有 10 個，兩者差距 2 個製程，分別為廢鹼氧化處理程序及丁二烯

石油化學製造程序，兩個資料庫 THC 排放差異量為 175 公噸/年；相同之 8 個製程中，其他石油製品製造程序及芳香烴製造程序排放量明顯有出入，排放量分別為 TEDs 5.1 (2 公噸/年)、縣市環保局資料 (1,253 公噸/年)，相差頗大。

合成樹脂及塑膠製造業之三芳化學廠，縣市環保局資料所記載的製程，凹版印刷程序、鍋爐蒸氣產生程序、合成纖維加工程序、PVC 皮製造程序，四個製程 THC 排放量有 376 公噸/年，而在 TEDs 5.1 資料庫中遺漏該四項製程。

經多家工廠執行製程確認程序後，顯示 TEDs 5.1 資料庫目前仍有遺漏且排放資料來源多為工廠許可數據，一般為最大操作量，對排放量將有高估之現象。而縣市環保局資料，主要為檢測及抽檢數據，且經本計畫查閱相關許可資料及檢測數據，並比對工廠相關製程及配合縣市至現場查核，因而判定縣市環保局資料較為正確，於後續 HAPs 估算將援用縣市環保局資料。

目前依據縣市環保局資料估算結果顯示，石油化工原料製造業、石油煉製業、合成樹脂及塑膠製造業、合成橡膠製造業、塗料漆料及相關產品製造業、鋼鐵冶煉業，THC 排放量依序為 4,846、9,263、2,401、406、1,523、13,764 公噸/年，合計六行業之 THC 排放量為 32,203 公噸/年，約佔前百大工廠 THC 排放量之 91.8 %。

2. 製程別 THC 排放特性

參考縣市環保局資料，六大行業有機污染物排放量為 32,203 公噸/年，其中管道排放與製程逸散之有機污染物排放量分別為 3,873 及 28,201 公噸/年，佔六行業總排放量比例分別為 12 % 及 88 %。

解析六行業之相關製程，約包含 200 種不同類型的製程，THC 排放量較大製程依序為燒結製程 (9,235 公噸/年)、煉焦製程 (4,233 公噸/年)、原油常壓蒸餾程序 (1,820 公噸/年)、戊烷異構化程序 (1,562 公噸/年)、煤組程序 (1,161 公噸/年)、輕油裂解程序 (960 公噸/年)、芳香烴製造程序 (932 公噸/年)、PU 皮製造程序(乾式) (663 公噸/年)、其他石油製品製造程序 (584 公噸/年)、加氫脫硫處理程序 (578 公噸/年)，其中燒結製程佔六行業排放量之 28.7 %、煉焦製程佔 13.1%、原油常壓蒸餾程序、戊烷異構化程序佔 4.8 %、煤組程序佔 3.6 %、輕油裂解程序佔 3.0 %、芳香烴製造程序佔 2.9 %、PU 皮製造程序(乾式) 佔 2.1 %、其他石油製品製造程序佔 1.8 %、加氫脫硫處理程序佔 1.8 %，如表 4-2 所示。

由上述資料顯示，燒結製程、煉焦製程、原油常壓蒸餾程序、戊烷異構化程序、煤組程序、輕油裂解程序、其他石油製品製造程序、加氫脫硫處理程序，其有機污染物排放幾乎源自製程逸散；芳香烴製造程序 5 % 源自管道排放，95 % 來自製程逸散；PU 皮製造程序(乾式)產生之有機污染物排放幾乎源自管道排放。

鋼鐵冶煉業之燒結及煉焦程序，其 THC 排放量為六大行業所有製程中排放量之最高，但其 VOCs 詳細物種資料較為缺乏，本計畫於執行期間與鋼鐵工廠接洽，並且委託

合格之檢測公司進行燒結及煉焦相關製程之實場實測獲取物種特性資料，進行有機性有害空氣污染物排放量推估。

4-2-2 移動源有機性污染物排放量

高雄都會區移動源排放量推估結果為 33,394 公噸/年，如表 4-3 所示，高雄市之排放量約為高雄縣之兩倍。車種排放特性，高雄市以二行程機車所佔比例為最高(9,224 公噸/年)，汽油車、四行程機車、柴油車依序為 6,921、5,203、326 公噸/年。高雄縣部份則以汽油車及二行程機車為排放量較大之車種，分別為 4,889 及 3,914 公噸/年，四行程機車為 2,218 公噸/年，柴油車為 362 公噸/年。

由於交通工具所排放之有害空氣污染物對於人體健康影響甚大，且對道路周邊之鄰近居民健康風險影響高，故挑選車流量大之道路進行估算，表 4-4 為本研究解析高雄都會區主要道路 THC 排放量，其中以高雄市中華路排放量(1,423 公噸/年)較大，其餘依次為中山路(915 公噸/年)、民族路(887 公噸/年)、國道一號(750 公噸/年)及九如路(729 公噸/年)。

4-3 高雄都會區有機性 HAPs 排放特徵

4-3-1 固定源有機性 HAPs 污染物排放清單

4-3-1-1 煙道採樣分析

鋼鐵冶煉業之燒結及煉焦程序，其 THC 排放量為六大行業所有製程中排放量之最高，但其 VOCs 詳細物種資料較為缺乏，因此進行實場實測。燒結程序為將原料焦炭及燒結礦、拌合料等物質，送入高爐冶煉，並經由轉爐之煉鋼程序後提供後續不同程序使用。採樣結果經分析後，得知其污染物種有 2,2-Dimethylbutane、Cyclopentane、2,3-Dimethylbutane、2-Methylpentane、Benzene、Toluene 等，彙整後，提供後續推估使用。

煉焦程序，其原料為煤或焦炭，經高爐冶煉後，提供後續不同程序使用。採樣結果經分析後，得知其污染物種有 ethyl benzene、2,3,4-Trimethylpentane、Toluene、2-Methylheptane、3-Methylheptane、1,2-Dibromoethane 等，彙整後，提供後續推估使用。

4-3-1-2 六大行業有機性 HAPs 排放量

彙整六行業工廠相關製程排放之單項有機化合物，排放量大的 HAPs 物種依序為甲苯(1,383 公噸/年)、苯(1,312 公噸/年)、二甲苯(1,162 公噸/年)、丁酮(547 公噸/年)、苯乙烯(499 公噸/年)、丙烯晴(216 公噸/年)。而計畫目標污染物排放量為氯乙炔(106 公噸/年)、三氯乙炔(65 公噸/年)、1,2-二氯乙烷(62 公噸/年)、甲醛(56 公噸/年)，如表 4-5 所示。

4-3-1-3 六大行業主要製程有機性 HAPs 排放量

六行業中有害空氣污染物排放製程主要為燒結程序、煉焦程序、原油常壓蒸餾程序

、戊烷異構化程序、媒組程序、輕油裂解程序、芳香烴製造程序、PU 皮製造程序(乾式)、其他石油製品製造程序及加氫脫硫處理程序；主要排放物種為甲苯、苯。如表 4-6 所示。目標污染物中，甲苯的排放量最大，其主要來源行業為石油煉製業、石油化工原料製造業、塗料漆料及相關產品製造業；其次為苯，其主要來源行業為石油煉製業、石油化工原料製造業，如表 4-7 所示。

4-3-1 移動源有機性 HAPs 污染物排放清單

4-3-2-1 道路別有機性 HAPs 排放量

高雄都會區主要道路估算結果如表 4-8 所示，主要道路有機性 HAPs 排放量依序為甲苯（510 公噸/年）、苯（264 公噸/年）、二甲苯（204 公噸/年）、乙苯（68 公噸/年）、苯乙烯（5 公噸/年）。整體而言，單一道路之 HAPs 排放量以國道一號及中華路為最大，其中甲苯之貢獻量以機車為最大量，而國道無機車行駛，因此中華路之甲苯排放量(104 公噸/年)大於國道一號甚多。

4-3-2-2 車種別有機性 HAPs 排放量

表 4-9 說明高雄都會區車輛有機 HAPs 排放資料，其中苯、甲苯、乙苯、二甲苯、苯乙烯總排放量依序為 1,182、2,446、305、906、23 公噸/年。各類車種中又以汽油車排放之有機 HAPs 量為最大，其排放量大小依序為甲苯（893 公噸/年）、二甲苯（537 公噸/年）、苯（464 公噸/年）、乙苯（140 公噸/年）、苯乙烯（8 公噸/年）。

4-4 高雄都會區有機性 HAPs 排放空間分佈

4-4-1 固定源 HAPs 污染物空間分佈

由排放量推估結果顯示，本計畫之固定源六種 HAPs 排放量分別為苯（1,312 公噸/年）、甲苯（1,383 公噸/年）、三氯乙烯（65 公噸/年）、1,2-二氯乙烷（62 公噸/年）、甲醛（56 公噸/年）、氯乙烯（44 公噸/年）。估算各污染源 HAPs 物種排放量及標定污染源空間座標，切割成 1 公里大小之網格數據，再繪製空間分佈圖，瞭解污染物之排放空間分佈範圍，其結果如圖 4-1 至圖 4-12 所示。

將固定污染源分成管道排放及製程逸散兩部分進行，以空間分佈圖得知，在管道排放方面，苯的主要分佈範圍在林園鄉及小港區交界處；甲苯分佈範圍以橋頭鄉居多，主要由石油化工原料製造業、合成樹脂及塑膠業及石油煉製業所造成，而鄰近之楠梓區一有重要排放源(例中油高煉廠)，高雄縣南邊之林園鄉附近甲苯排放量亦較大，主要原因為林園工業區石化業污染源排放所致；三氯乙烯分佈範圍主要位於仁武鄉與楠梓區交界；1,2-二氯乙烷以仁武鄉西半部居多；甲醛分佈範圍以楠梓區與橋頭鄉交界最多，而林園鄉及小港區也有少量排放；氯乙烯排放量分佈情形則是以橋頭鄉與岡山鎮交接處為主要範圍，主要由於石油化工原料製造業(例台塑仁武廠及福聚)與合成樹脂及塑膠製造業(例三芳化工)排放量較大所致。

製程逸散方面，苯與甲苯之污染空間分佈相近，以楠梓區、橋頭鄉、仁武鄉、大社鄉為排放量較高區域，其中以石油化工原料製造業及石油煉製業為主，此外小港區及林園鄉也有少量分佈，以合成樹脂及塑膠製造業及鋼鐵冶煉業為主；而三氯乙烯則以林園鄉附近為主要分佈範圍，以石油化工原料製造業為主要來源行業；1,2-二氯乙烷高排放量區則位於仁武鄉，主要由石油化工原料製造業所致(例台塑仁武廠)；甲醛分佈範圍在大寮鄉及小港區為主要；氯乙烯分佈範圍以仁武鄉北方及大社鄉南方為主。

4-4-2 移動源 HAPs 污染物空間分佈

移動源排放量推估分成主要道路與次要道路兩部份，將推估結果數據推估排放量及標定污染源空間座標，切割成 1 公里大小之網格數據，進行繪製空間分佈圖，瞭解污染物之排放空間分佈範圍，如圖 4-13 至圖 4-17 所示。

分佈範圍以主要道路週邊為主，二甲苯、苯及甲苯主要分佈範圍主要為前鎮區、苓雅區西半部、前金區、新興區與三民區高雄火車站附近，因為市區主要道路，例如國道一號、中山路、中正路及九如路等，為人們每日通行必經之路，因此主要道路沿線周圍屬污染排放量較高之區域；此外推估結果顯示甲苯為所有道路車輛排放 HAPs 物種排放量最高者，主因為二/四行程機車所致，導致市區主要道路污染物排放量居高位；而乙苯及苯乙烯則以前金區、新興區為主要分佈範圍。

第五章 結論

本研究以推估高雄都會區有機性有害空氣污染物為研究標的，固定源方面，THC 排放量依據來源為縣市環保局定檢數據，並配合 FIRE 6.23 資料庫，對固定源管道及製程進行排放量推估；而移動源部分則以 TEDs 5.0 資料庫 THC 排放係數，配合蒐集之交通部、營建署及各縣市政府委辦計畫所執行之車流量調查資料，進行排放量推估，現階段成果如下：

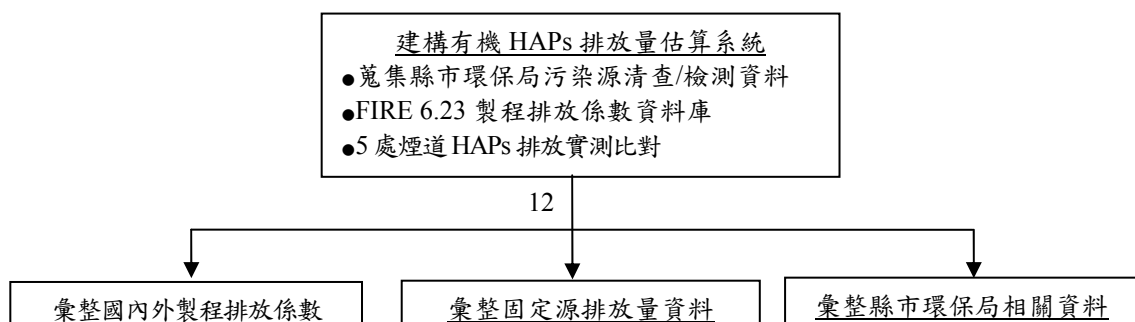
- 1.高雄都會區 THC 排放量，固定源 47,903 公噸/年，移動源 33,394 公噸/年，固定源佔總排放量之 60%，移動源佔 40%。
- 2.高雄都會區固定源有機性有害空氣污染物排放量，六行業之排放量為甲苯 1,383 公噸/年、苯 1,312 公噸/年、二甲苯 1,162 公噸/年、丁酮 547 公噸/年、苯乙烯 499 公噸/年、丙烯晴 216 公噸/年。其中甲苯之貢獻來源行業為石油化工原料製造業、石油煉製業及合成樹脂及塑膠製造業。
- 3.高雄都會區移動源有機性有害空氣污染物排放量，甲苯 2,446 公噸/年、苯 1,182 公噸/年、乙苯 305 公噸/年、二甲苯 906 公噸/年、苯乙烯 23 公噸/年。依車輛種類特性區分，汽車、二行程機車、四行程機車之主要有機性有害空氣污染物為甲苯，其排放量依序為 893、795、676 公噸/年，柴油車之主要有機性有害空氣污染物為苯，其排放量為 162 公噸/年。

參考文獻

1. 行政院環保署，1996，”有害空氣污染物二甲基甲醯胺、酚、甲苯暨二甲苯排放標準及管制規範研定計畫”。
2. 行政院環保署，1996，”有害空氣污染物甲醇、夫喃、甲酚、甲基異丁酮、醋酸丁酯、二硫化碳暨環氧乙烷排放調查及管制規範研定計畫”。
3. 鄭景智、許逸群、蔡俊鴻、林達昌，1997，”固定污染源管道排放揮發性有機物特徵研究”，第十四屆空氣污染技術研討會論文專輯。
4. 陳煥文，1997，”以遂道實驗推估車輛氣態污染物排放係數之研究”，國立成功大學環境工程研究所碩士論文。
5. 蔡俊鴻，1998，”光化學二次污染現象與機制-子計畫一：固定源排放揮發性有機物光化反應潛勢指標研究”，NSC 87-2211-E-006-037，行政院國科會。
6. 翁閔政，1998，“機車排氣之揮發性有機特徵及光化反應性研究”，國立成功大學環境工程研究所碩士論文。
7. 蔡俊鴻，1999，”石化廠 VOCS 逸散源排放量及暴露評估量測技術研究”，88-CPC-E-006-029，行政院國科會。
8. 何文淵，1999，”汽油車引擎廢氣揮發性有機物成分及光化反應潛勢”，國立成功大學環境工程研究所碩士論文。
9. 經濟部工業局，1999，”台灣主要排放空氣污染物工業最佳可行控制技術研討”期末報告。
10. 台灣區國道高速公路局，2000，各收費站交通量及通行費統計表。
<http://www.freeway.gov.tw/>
11. 交通部運研所，2000，運輸資料分析第二十五期。
12. 高雄市政府新建工程處，2000，八十八下半年及八十九年度高雄市道路交通量特性調查。
13. 交通部公路總局，2000，八十九年度台灣省公路交通量調查統計表。
http://www.thb.gov.tw/new_main_03_04_body.htm
14. 中華電信公司數據通信分公司，2000，臺灣地區機動車輛登記數。
<http://www.motc.gov.tw/service/hot-motor.htm>
15. 內政部營建署，2000，台灣省市區道路交通特性研究。
16. 劉育穎，2001，”機車排放醛酮類化合物特徵與光化反應性研究”，國立成功大學環境工程研究所碩士論文。
17. 行政院環保署，2001，”空氣排放量清冊更新管理及環境耗損推估計畫”。
18. 行政院環保署，2002，”空氣污染物排放量清冊更新管理及空氣品質折耗量推估計畫”。

畫”。

19. 高雄縣政府環境保護局，2003，移動污染源對空氣污染改善之影響評估計畫。
20. Wadden, Richard A., 1986, ”Source Discrimination of Short-Term Hydrocarbon Samples Measured Aloft“, *Environ. Sci. Technol.*, Vol.20, pp : 473-483.
21. Scheff, P.A., Aronian, P.F., Wadden, R.A., Bates, B.A., 1989, “Development of volatile organic compound source fingerprints for receptor modeling applications. In Transactions, Receptor Models in Air Resources Management”, Watson, J.G., Ed.” Air & Waste Management Association, Pittsburgh, PA, pp : 83-107.
22. SCAQMD, 1999, ”Multiple Air Toxics Exposure Study II” source.
<http://www.aqmd.gov/matesiidf/matestoc.htm> .
23. Scheff P. A., Porter J. A., and Doskey P. V., 1991, “Improvement of VOCS Source Fingerprints for Vehicles and Refineries” , the 84th Annual Meeting & Exhibition of the Air & Waste Management Association ,British Columbia.
24. Edwards, Wayne C., 1991,“VOCS Emissions from Major Organic Chemical Plants in Canada “, the 84th Annual Meeting and Exhibition of the Air & Waste Management Association”, Vancouver, B.C, Columbia.
25. Leong, S. T., Muttamara, S., Laortanakul, P., 2002, ”Influence of Benzene Emission from Motorcycles on Bangkok Air Quality”, *Atmos. Environ.* 36, 651-661.



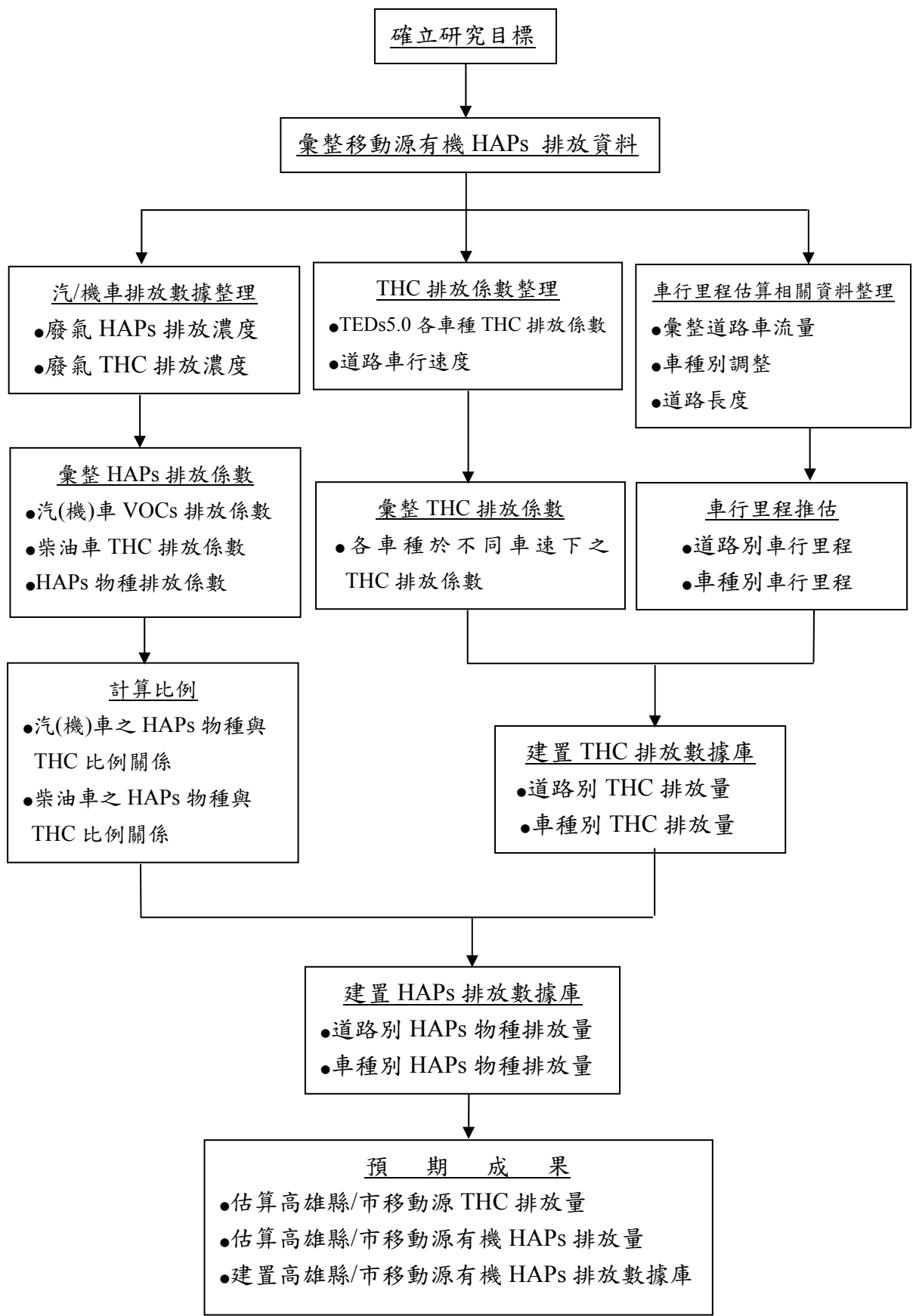


圖 3-2 高雄都會區移動源有機性 HAPs 排放估算流程

表 4-1 高雄都會區前百大工廠之六行業 THC 排放量 (公噸/年)

行業別 \ 數據來源	TEDs 5.1	縣市環保局	六行業佔百大工廠 %
石油化工原料製造業	13,043	4,846	13.8
石油煉製業	9,279	9,263	26.4
合成樹脂及塑膠製造業	3,736	2,401	6.8
合成橡膠製造業	1,969	406	1.2
塗料漆料及相關產品製造業	2,220	1,523	4.3
鋼鐵冶煉業	12,164	13,764	39.3
加總	42,411	32,203	91.8

備註：1.百大工廠 THC 總量 35,058 公噸/年
2.六行業佔百大工廠 %，數據依據為縣市環保局

表 4-2 高雄都會區固定源六行業中前 10 大製程別 THC 排放量及貢獻比例 (公噸/年)

製程名稱	管道排放 THC	製程逸散 THC	合計 THC	佔六行業%
燒結程序	0	9,235	9,235	28.7
煉焦程序	0	4,233	4,233	13.1
原油常壓蒸餾程序	0	1,820	1,820	5.7
戊烷異構化程序	0	1,562	1,562	4.8
媒組程序	0	1,161	1,161	3.6
輕油裂解程序	0	960	960	3.0
芳香烴製造程序	7	888	932	2.9
PU 皮製造程序(乾式)	663	0	663	2.1
其他石油製品製造程序	0	584	584	1.8
加氫脫硫處理程序	0	578	578	1.8

表 4-3 高雄都會區移動源 THC 排放量(公噸/年)

車種別	機車		汽油車	柴油車	總計
	二行程	四行程			
高雄都會區					
THC 排放量	13,138	7,421	11,819	1,017	33,394

表 4-4 高雄都會區主要道路 THC 排放量(公噸/年)

地區	車種 道路	二行程機車	四行程機車	汽油車	柴油車	總量
高雄市	國道一號	0	0	161	40	201
	國道十號	0	0	36	4	40
	民族路	388	219	269	11	887
	中山路	356	201	317	41	915
	中華路	595	336	474	18	1423
	博愛路	236	133	160	3	532
	中正路	93	53	122	6	273
	九如路	317	179	222	12	729
高雄縣	國道一號	0	0	440	109	549
	國道三號	0	0	72	17	89
	國道十號	0	0	362	37	399
	五甲路	87	50	31	3	172
	澄清路	7	4	3	0	15
	國泰路	40	23	34	4	100
	鳳林路	301	171	111	14	597
總量		2,420	1,369	2,814	319	6,921

表 4-5 高雄都會區固定源有機性 HAPs 污染物排放量 (公噸/年)

排序	有機性 HAPs 物種	排放量
1	甲苯	1,383
2	苯	1,312
3	二甲苯	1,162
4	丁酮	547
5	苯乙烯	499
6	丙烯晴	216
7	乙苯	198
8	二甲基甲醯胺	160
9	氯乙烯	106
10	三氯乙烯	65
11	環氧乙烷	64

12	1,2-二氯乙烷	62
13	甲醛	56
14	二氯甲烷	32
15	酚	22
16	奈	8

表 4-6 高雄都會區固定源六行業中前 10 大製程目標污染物排放量 (公噸/年)

目標污染物 製程別	1,2-二氯 乙烷	苯	甲醛	三氯乙烯	甲苯	氯乙烯
燒結程序	--	0.93	--	0.04	3.22	--
煉焦程序	--	0.06	--	0.04	0.4	--
原油常壓蒸餾程序	--	--	--	--	--	--
戊烷異構化程序	--	243.93	--	--	134.95	--
媒組程序	--	181.4	--	--	100.36	--
輕油裂解程序	--	149.88	--	--	82.92	--
芳香烴製造程序	--	111.38	--	--	76.13	--
PU 皮製造程序(乾式)	--	0	--	--	198.96	--
其他石油製品製造程序	--	91.17	--	--	50.44	--
加氫脫硫處理程序	--	90.33	--	--	49.98	--

表 4-7 高雄都會區固定源行業別 HAPs 目標污染物排放量 (公噸/年)

目標污染物 行業別	1,2-二氯乙烷	苯	甲醛	三氯乙烯	甲苯	氯乙烯
石油化工原料製造業	62	326	29	65	551	22
石油煉製業	--	984	1	--	548	--
合成樹脂及塑膠製造業	--	0	24	--	228	22
合成橡膠製造業	--	0	1	--	21	--
塗料,漆料及相關產品製造業	--	1	0	--	31	--
鋼鐵冶煉業	--	1	2	0	4	--
加總	62	1,312	56	65	1,383	44

表 4-8 高雄都會區主要道路有機性 HAPs 排放量(公噸/年)

地區 \ 道路 \ 物種		苯	甲苯	乙苯	二甲苯	苯乙烯
高雄市	國道一號	12.7	15.5	3.3	9.7	0.1
	國道十號	2.0	3.0	0.6	1.9	0
	民族路	28.7	64.6	7.4	22.0	0.6
	中山路	34.0	67.1	8.7	25.2	0.6
	中華路	46.7	103.9	12.1	36.6	1.0
	博愛路	16.7	38.7	4.3	13.0	0.4
	中正路	9.6	20.1	2.6	8.0	0.2
	九如路	24.0	53.2	6.2	18.2	0.5
高雄縣	國道一號	34.7	42.1	8.9	26.4	0.3
	國道三號	5.6	6.8	1.4	4.3	0.1
	國道十號	20.2	30.4	5.6	18.6	0.3
	五甲路	5.4	12.4	1.3	3.7	0.1
	澄清路	0.5	1.1	0.1	0.3	0.0
	國泰路	3.7	7.4	0.9	2.7	0.1
	鳳林路	19.4	43.3	4.8	13.0	0.4
總量		264	510	68	204	5

表 4-9 高雄都會區車種別有機性 HAPs 排放量(公噸/年)

地區 \ 車種 \ 物種		苯	甲苯	乙苯	二甲苯	苯乙烯
高雄市	二行程機車	231	558	48	111	6
	四行程機車	158	474	43	106	5
	汽油車	272	523	82	314	5
	柴油車	58	30	12	21	0
高雄縣	二行程機車	98	237	21	47	2
	四行程機車	68	202	18	45	2
	汽油車	192	370	58	222	3
	柴油車	104	53	22	39	0
總量		1,182	2,446	305	906	23

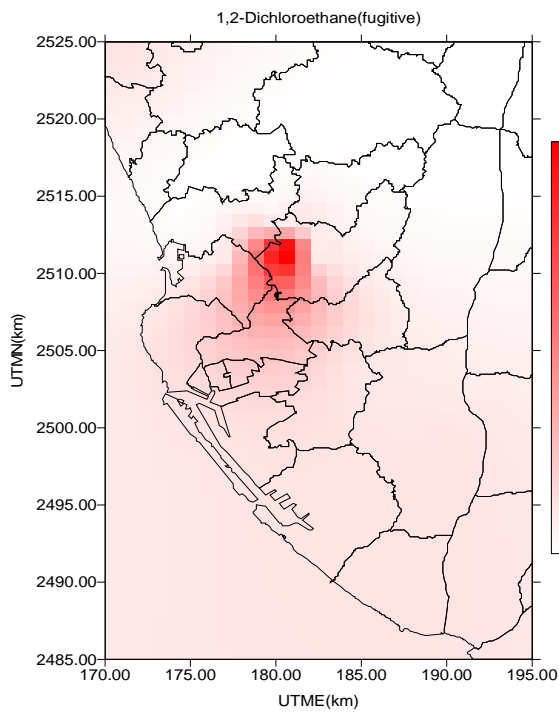


圖 4-1 高雄都會區固定源有機性污染物種 (1,2-二氯乙烷)逸散排放空間分佈圖

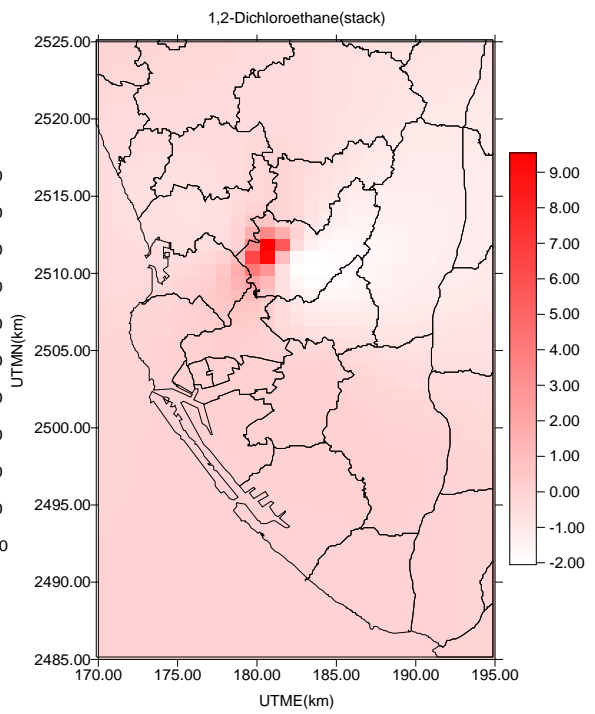


圖 4-2 高雄都會區固定源有機性污染物種 (1,2-二氯乙烷)管道排放空間分佈圖

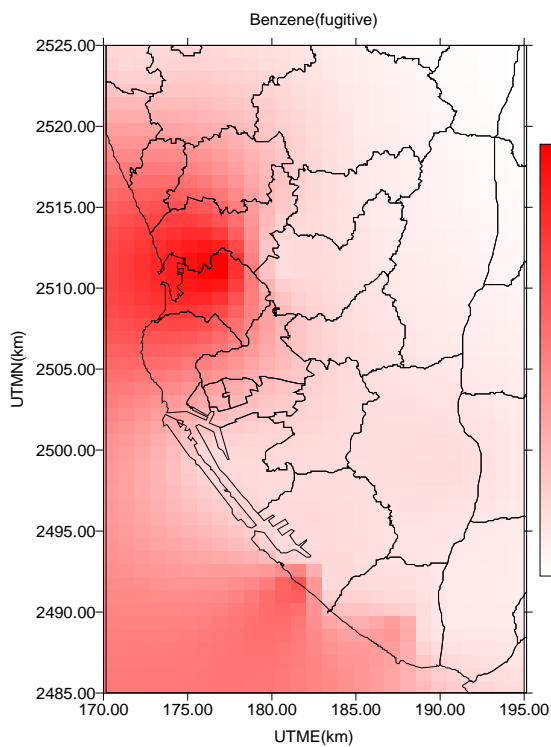


圖 4-3 高雄都會區固定源有機性污染物種 (苯)逸散排放空間分佈圖

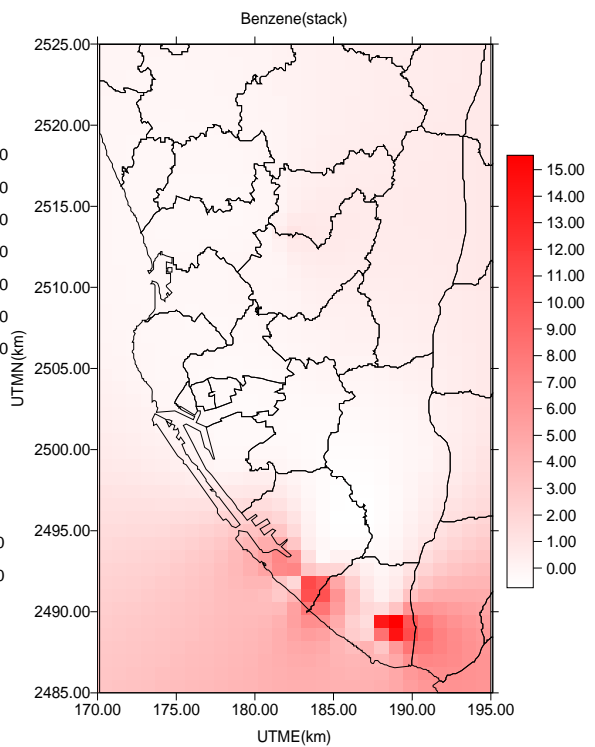


圖 4-4 高雄都會區固定源有機性污染物種 (苯)管道排放空間分佈圖

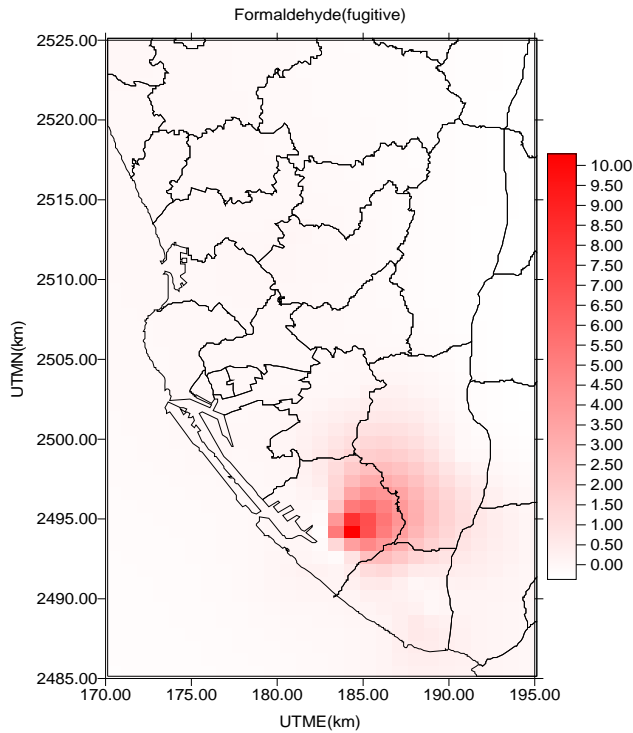


圖 4-5 高雄都會區固定源有機性污染物種
(甲醛)逸散排放空間分佈圖

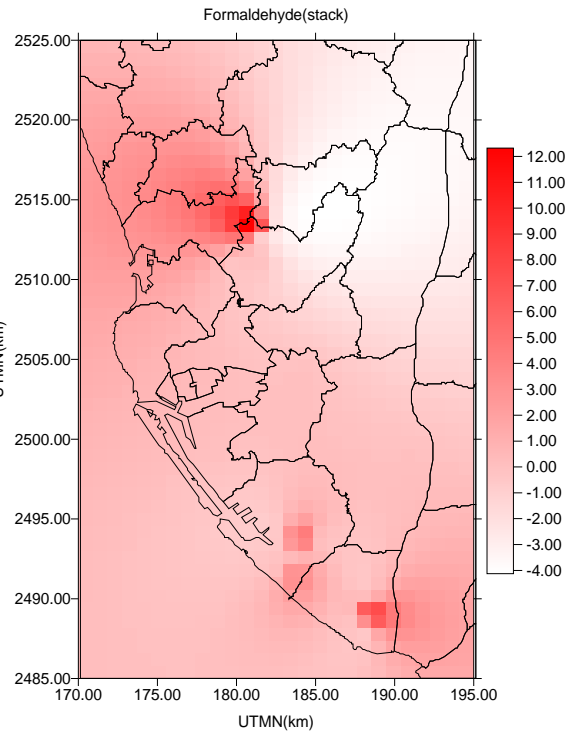


圖 4-6 高雄都會區固定源有機性污染物種
(甲醛)管道排放空間分佈圖

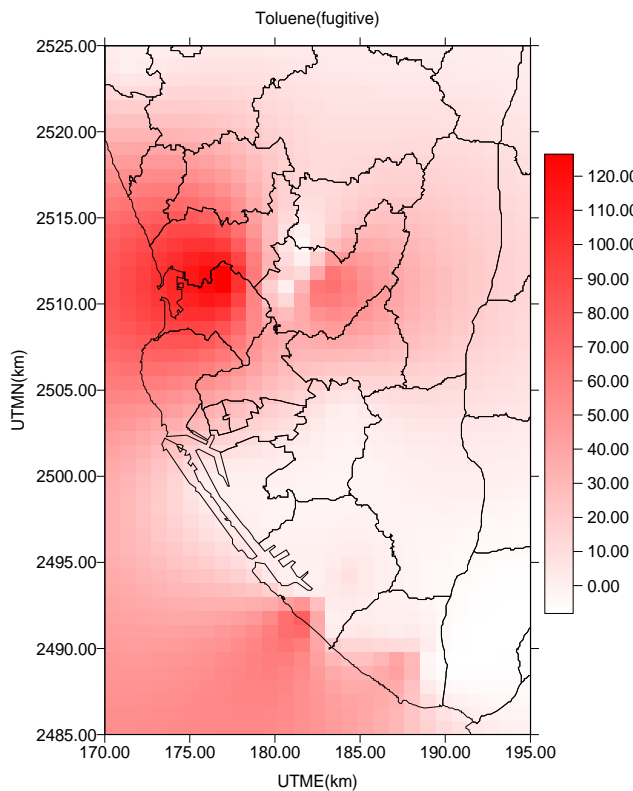


圖 4-7 高雄都會區固定源有機性污染物種
(甲苯)逸散排放空間分佈圖

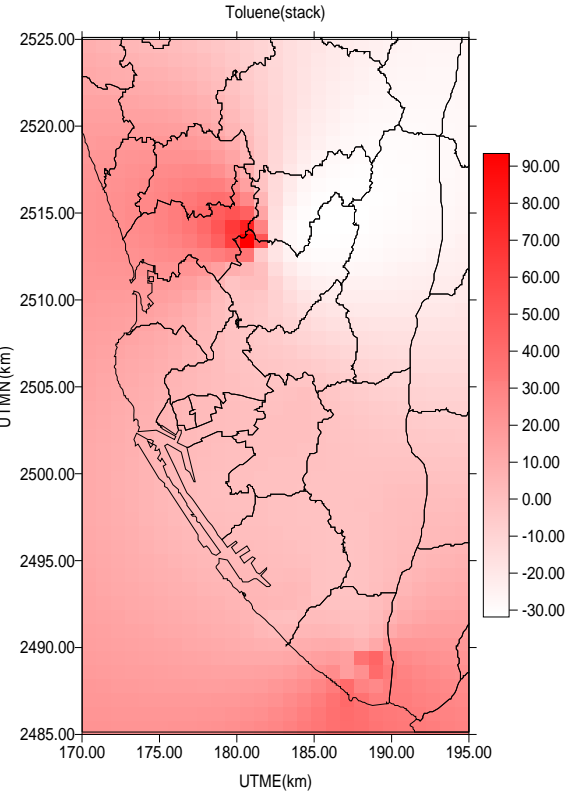


圖 4-8 高雄都會區固定源有機性污染物種
(甲苯)管道排放空間分佈圖

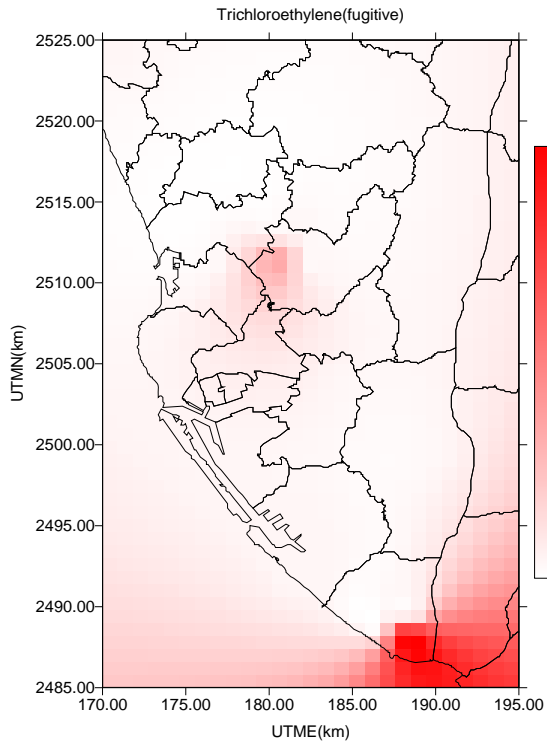


圖 4-9 高雄都會區固定源有機性污染物種
(三氯乙烯)逸散排放空間分佈圖

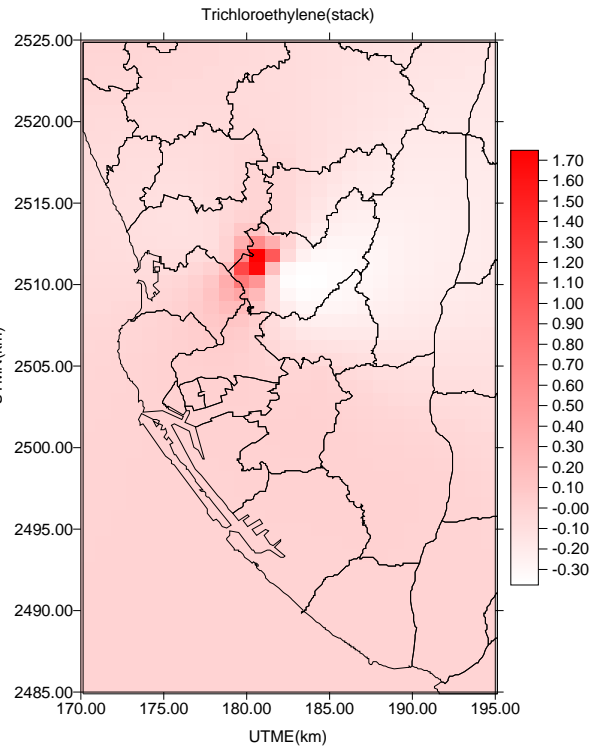


圖 4-10 高雄都會區固定源有機性污染物種
(三氯乙烯)管道排放空間分佈圖

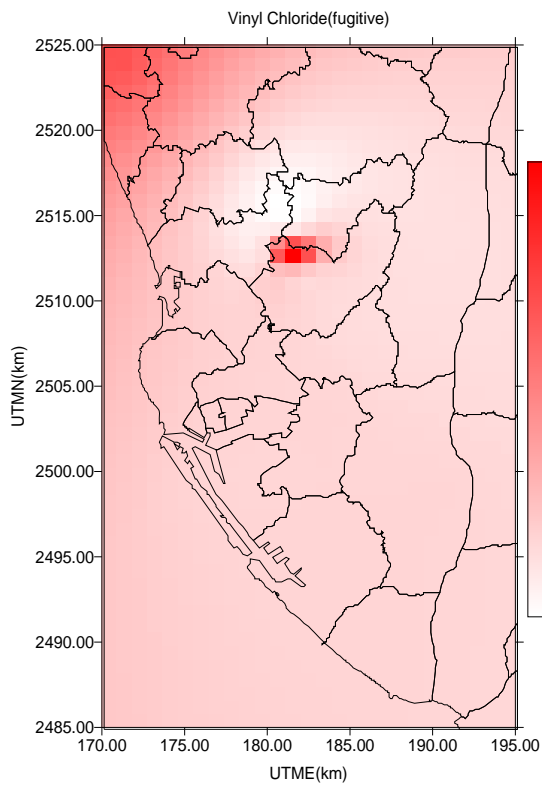


圖 4-11 高雄都會區固定源有機性污染物種
(氯乙烯)逸散排放空間分佈圖

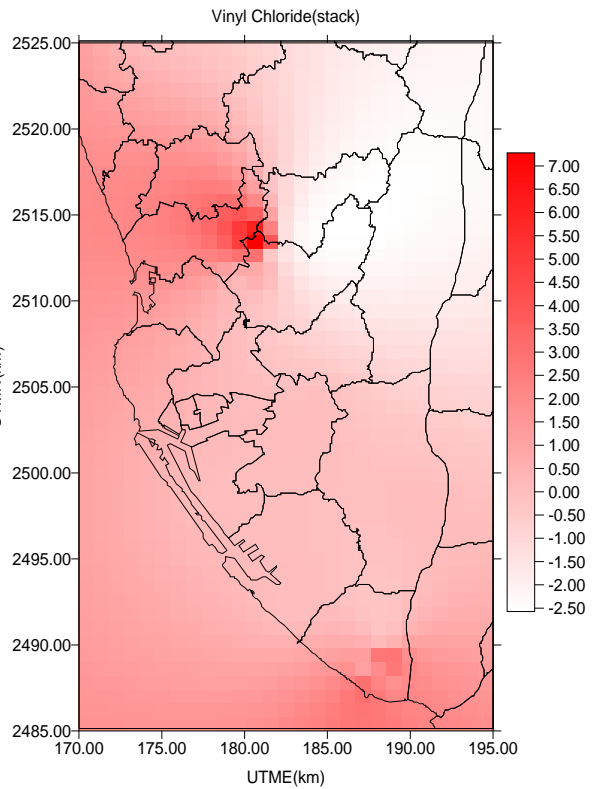


圖 4-12 高雄都會區固定源有機性污染物種
(氯乙烯)管道排放空間分佈圖

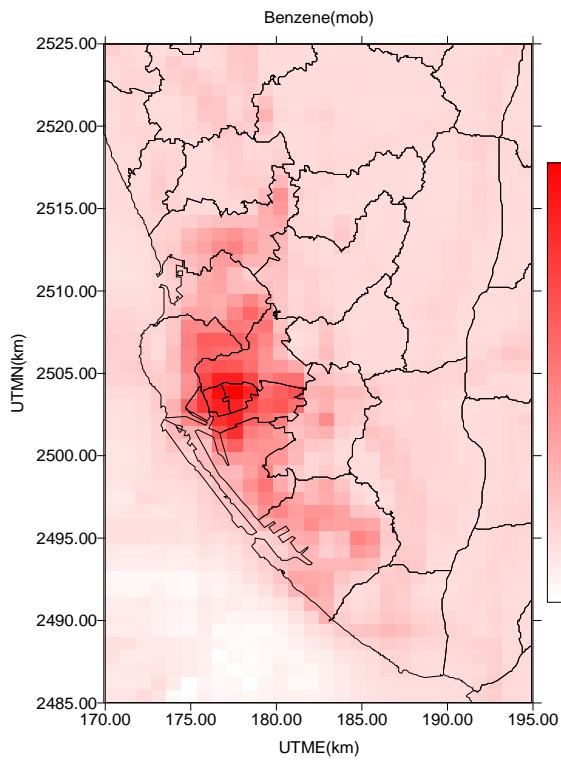


圖 4-13 高雄都會區移動源有機性污染物種
(苯)排放空間分佈圖

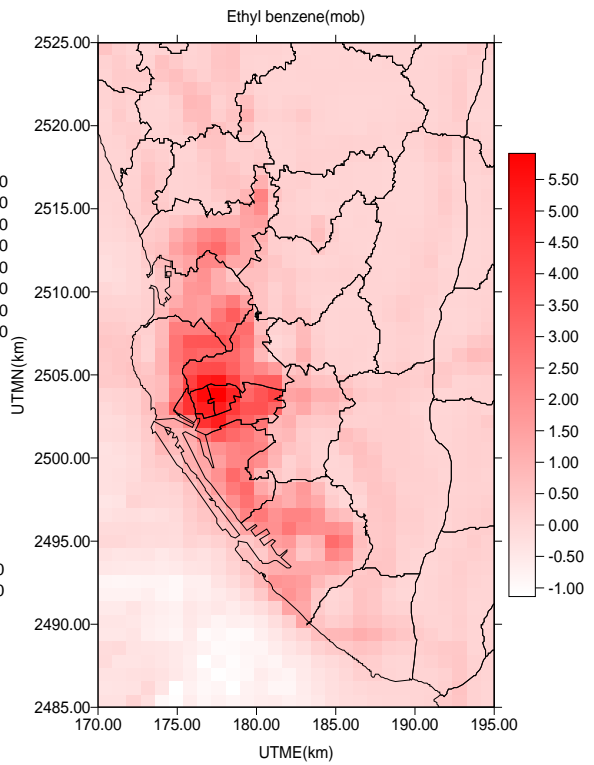


圖 4-14 高雄都會區移動源有機性污染物種
(乙苯)排放空間分佈圖

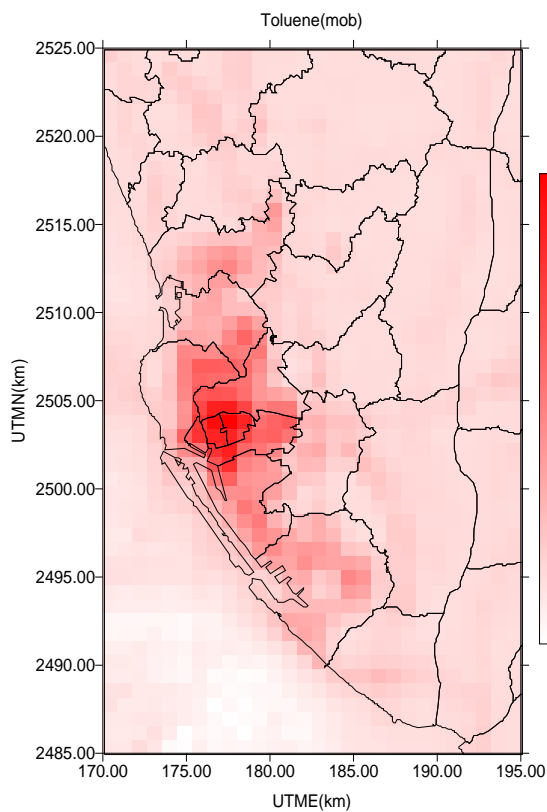


圖 4-15 高雄都會區移動源有機性污染物種
(甲苯)排放空間分佈圖

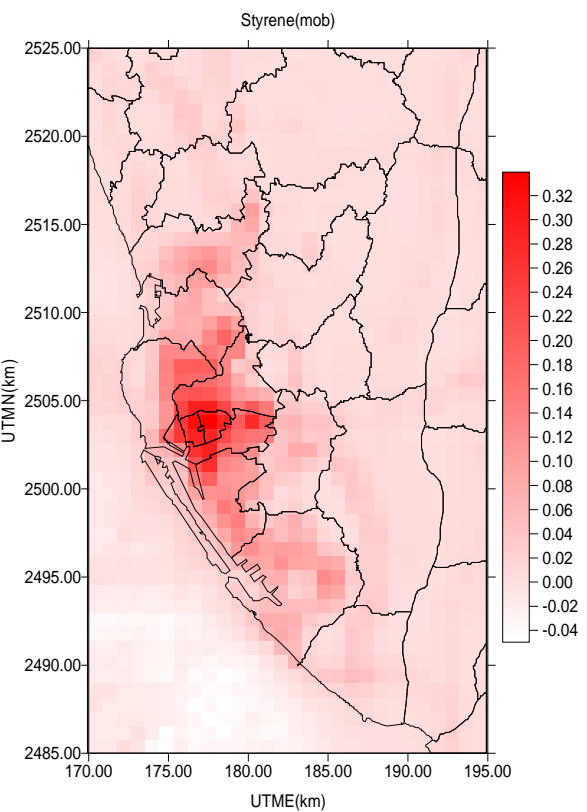


圖 4-16 高雄都會區移動源有機性污染物種
(苯乙烯)排放空間分佈圖

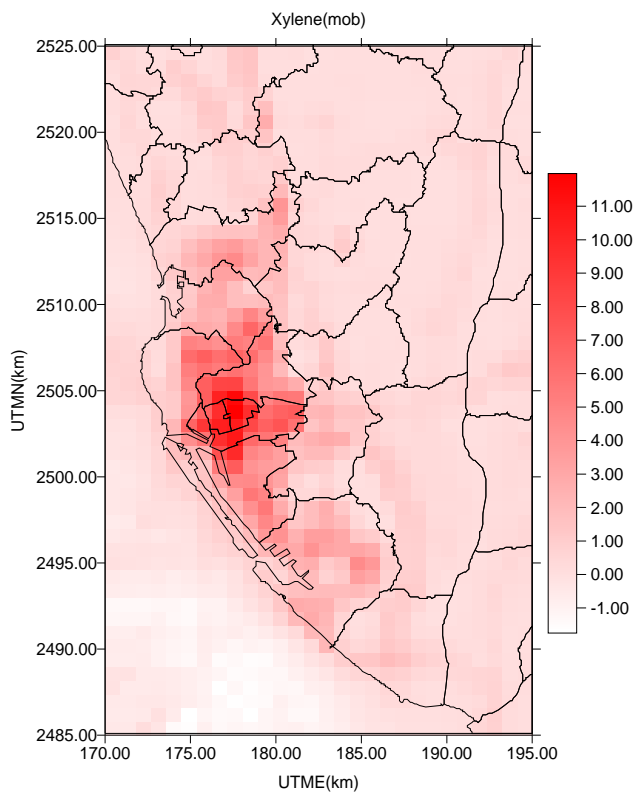


圖 4-17 高雄都會區移動源有機性污染物種
(二甲苯)排放空間分佈圖

期中報告審查委員意見與意見答覆

	審查委員意見	意見答覆
1	估計排放量所依據的資料以及所做的假設而造成的估計誤差與變動性是否可能酌予考量。	推估資料已做合理化假設，且將推估結果與 TEDs 資料做一比對，並無太大差異。
2	排放量推估的變動性(%)，建議加以評估。	遵照辦理，並在後續推估過程，詳加說明。
3	對於縣市環保局推估 THC 排放量與 TEDs5.1 有重大差異，請加以說明，並建議兩種方法的適用狀況。	縣市環保局資料為檢測及抽測數據，而 TEDs5.1 資料為排放許可數據，因此會有差異。檢測及抽測數據為實際操作時所排放，而排放許可數據為申請排放許可時之最大排放量，因此進行排放量推估時，以實際操作時排放量為依據較為適當。另一原因為 TEDs5.1 資料更新中，恐有遺漏。
4	從 THC 排放推估 HAP 所用的比例，宜說明來源。	1.固定源部份參考 FIRE6.23 資料庫，進行污染物種排放係數建置，將碳氫化合物加總數據與各物種係數經換算後，得到各物種所佔之比例，進行推估。 2.移動源部份參考國內相關研究報告，建立汽油車、機車排放污染物種係數及 THC 排放係數等資料，經換算後，得到各物種所佔之比例，進行推估。
5	排放係數參考現有資料庫外，建議就實際調查數據，加以比對，以使估算值更為準確。	已計畫對排放量大之相關工廠製程，進行實地採樣，並將實測值與現有資料庫進行比對。

期末報告審查委員意見與意見答覆

	審查委員意見	意見答覆
1	減量潛勢的衡量以 BACT 為基準，但除此之外亦可藉由其他方式來減量，如特定方式納入考慮，減量潛勢的衡量結果將有何不同。在筆略上，是否可考慮多元的減量方式，藉以評估減量潛勢。	目前國內並無針對 HAPs 訂定有排放標準，因此減量之依據僅依已公告之 BACT 規範及行業別排放標準。至於源頭減量或製程替換乃屬產業界志願性或誘因性之政策，且依製程別及業別而不一。
2	以目前國內的資料而言，健康風險與 HAPs 排放量之間的統計關聯如何？相關資料的可及性及可靠性如何？	謝謝指正。HAP 物種所致風險與該物種之危害強度、排放地點(都會區、郊區)有關係，與其排放量並非成正相關關係。
3	本計劃所要達到的效益究竟是什麼？總排放量的減少，健康效益的增加，還是其他指標？推估的結果如何？	謝謝指正。今年度效益評估重點著重於單位減量之成本呈現，亦即僅就「直接成本」考量，並未納入「間接成本」(即整體社會所付出代價)，並以不同物種不同污染源貢獻危害影響人口數進行初步探討，提供未來 HAP 策略之參考。推估結果詳見報告第 4-4 節。
4	美國的各项策略以平均管制為主，我國未來適合採納的策略是否也適合以此種工具為主？是否可考慮改採納的配套措施(如誘因機制)	謝謝指正。由所蒐集之文獻指出，美國 HAP 管制乃以技術基準為主，輔以各項配套措施方式。本計畫參酌此策略基準與目前國內推動之揮發性有機物排放管制規劃，建置高雄工業都會區 HAP 管制策略架構；以技術基準管制為前提，並已納入誘因機制(如：鼓勵減量、排放收費)促使污染源污染改善；此外，並引進歐洲近年推動之「自發性減量」與「教育宣導」觀念，刺激產業界對環境改善之自發性意識與責任感，主動進行 HAPs 污染減量工作，以期達成「保護民眾健康」之目標。
5	子計劃間整合度佳，成果豐富	謝謝指正。
6	是否從個子計劃間所建立之方法能建立一動態系統模式，以作為決策工具。	謝謝指正。此動態系統模式涉及多種資料庫連結，包括即時排放量、物種指紋資

		料、氣象資料、模式模擬格式等，部分 HAP 相關基本資料庫仍待建立，未來推動 HAP 管制時可針對「動態系統模式」深入研究規劃。
7	明年柴油小汽車開放進口之衝擊是否能在 此計畫所建立之方法流程下作成評估	謝謝指正。在背景資料(車輛數、平均行駛里程、排放量資料、污染物排放係數等資料)完善下，可依本計畫研擬之流程架構做 HAP 危害性評估。
8	減量第二階段在健康考慮下，進一步要求 Hot spot 之優先減量，是否應在法令面及公平正義原則下加以分析考量	謝謝指正。第一階段排放量削減後，若該污染源污染物排放量所致危害仍大於允許濃度範圍或允許排放量，則被認定為「Hot Spot」，為達保障民眾健康與環境空氣品質目標，本計畫建議針對 Hot Spot 優先進行管制，若 Hot Spot 主要貢獻源為移動污染源所致，則應為全面改善；若為特定區域工廠所致，則應減量至符合法規訂定基準值以下；唯相關執行準則仍需有法源依據，目前國內有害空氣污染物相關法規尚有待增修訂，建議環保署於後續推動有害空氣污染物管制規範時，可納入執行準則說明。
9	本年度 BACT 的符合度只要滿足排放濃度或是控制效率之一就可，與去年不同，是否為法規的改變	目前國內並未有針對 HAPs 訂定之排放標準或空品標準，因此本計畫減量空間之計算乃依「固定污染源最佳可行控制技術」及分列於行業別與 HAPs 相同物種之排放標準。
10	在油品改善的重心放在降低油品中硫含量，指出在煉油程序中已有「去氫脫硫製程」，因此不需額外投資，但操作成本是否會增加	汽油中 HAP 重要排放物種為苯，若於製程中降低苯含量於技術及經濟考量之可行性較低；然由製程中採降低硫含量以提昇觸媒轉化效率間接降低苯排放量，以製程操作成本而言，降低硫含量較降低苯含量具可行性。

11	<p>在都會區 HAPs 管制策略的提出，第一階段以「技術基準」為策略，此階段的排放量削減可降低居民健康風險多少？建議可加以評估</p>	<p>謝謝指正。所規劃管制策略於第一階段乃以「技術基準」為原則，直接降低 HAP 排放量，間接降低民眾健康風險危害程度。詳細結果請見第 4-2 節。</p>
12	<p>目前對於健康風險的估算是以大氣濃度來考量，然而居民可能不會持續在此濃度暴露長時間，因此現階段的風險評估可能會有高估</p>	<p>本研究用於模擬風險之濃度乃為不同污染源周界大氣濃度，對該區域居民即為一般環境之暴露濃度。另比較大氣環境監測濃度與模擬濃度平均濃度之差異，甲苯模擬值($1.195\mu\text{g}/\text{m}^3$)<實測值($264\mu\text{g}/\text{m}^3$)，顯示模擬值具合理性。</p>