

固定污染源戴奧辛及重金屬排放調查及管制計畫

計畫編號：E P A - 1 0 2 - F A 1 2 - 0 3 - A 0 9 6

計畫執行期間：102年3月18日至102年12月31日

受託單位：中興工程顧問股份有限公司

計畫經費：新台幣 18,000,000 元

計畫主持人：陳怡伶

計畫執行人員：羅 鈞、張翰青、周劍平、李秀霞、
易志峰、潘樹德、賴映方、江光華、
江瑞欽、陳瞻豪

「固定污染源戴奧辛及重金屬排放調查及管制計畫」

基本資料表

甲、委辦單位	行政院環境保護署			
乙、執行單位	中興工程顧問股份有限公司			
丙、年 度	102	計畫編號	EPA-102-FA12-03-A096	
丁、專案性質	☐ 基礎研究	☒ 應用研究	☐ 技術發展	
戊、專案領域	環境規劃與管理			
己、計畫屬性	☐ 科技類	☒ 非科技類		
庚、全程期間	102 年 3 月 ~ 102 年 12 月			
辛、本期期間	102 年 3 月 ~ 102 年 12 月			
壬、本期經費	0 億 18,000 千元			
	資本支出		經常支出	
	土地建築 0 千元		人事費 4,050.6 千元	
	儀器設備 0 千元		材料費 0 千元	
	其 他 0 千元		其 他 13,949.4 千元	
癸、摘要關鍵詞（中英文各 3 則） 環境監測（Environmental Monitoring） 戴奧辛（Dioxin） 重金屬（Heavy metal）				
參與計畫人力資料：（如僅代表簽約而未參與實際研究計畫者則免填以下資料）				
參與計畫 人員姓名	工作要項 或撰稿章節	現職與 簡要學經歷	參與時間 (人月)	聯絡電話及 e-mail 帳號
陳怡伶	計畫主持人， 綜合管理與督導	中興公司計畫主任、 台灣大學環工所碩士	9	02-2769-8388 轉 20805 ylchen@mail.sinotech.com.tw
羅 鈞	戴奧辛及重金屬 國內外管制資料彙整	中興公司計畫主任、 美國 NJIT 環工所碩士	7	02-2769-8388 轉 20878 loujin@mail.sinotech.com.tw
張翰青	排放量推估、 檢測資料彙整與撰寫	中興公司工程師、 成功大學環工所碩士	9	02-2769-8388 轉 20863 hanc@mail.sinotech.com.tw
周劍平	環境空氣戴奧辛監測、 重金屬流布調查	主任、 清大原科所碩士	5	03-573-2681 cpchou@itri.org.tw
李秀霞	重金屬排放調查及 排放量推估	專案工程師、 中興大學環工所碩士	5	03-591-3676 SammiLee@itri.org.tw
易志峰	戴奧辛採樣及環境空 氣戴奧辛、重金屬監測	採樣組長、 南開工專電子專科	5	0928941375 Itri3551@itri.org.tw
潘樹德	環境空氣戴奧辛及 重金屬監測	中環公司技術經理、 美國德州大學化學碩士	1	07-815-2248 ctc815@ms16.hinet.net
賴映方	環境空氣戴奧辛及 重金屬監測	中環公司專案主任、 清華大學原科所碩士	5	07-815-2248 evonnelai0611@gmail.com
江光華	重金屬排放檢測、 環境空氣重金屬監測	上準公司主任、 東海大學環科學士	1	04-2358-2525 sundream@sundream.org.tw
江瑞欽	環境空氣重金屬監測	上準公司副組長、 中興大學環工所碩士	2	04-2358-2525 oldamcar@sundream.com.tw
陳瞻豪	重金屬排放檢測	上準公司品管員、 高雄海洋科大海環系學士	5	04-2358-2525 s9512181@sundream.com.tw

行政院環境保護署計畫成果中英文摘要(簡要版)

一、中文計畫名稱：

固定污染源戴奧辛及重金屬排放調查及管制計畫

二、英文計畫名稱：

The project of draft control strategy and emission investigation for Dioxins and heavy metals from the stationary sources.

三、計畫編號：

EPA-102-FA12-03-A096

四、執行單位：

中興工程顧問股份有限公司

五、計畫主持人：

陳怡伶

六、計畫開始時間：

102/03/18

七、執行結束時間：

102/12/31

八、報告完成日期：

102/11/30

九、報告總頁數：

590 頁

十、使用語言：

中文，英文

十一、報告電子檔名稱：

EPA102FA1203A096

十二、報告電子檔格式：

Acrobat(PDF)

十三、中文摘要關鍵詞：

戴奧辛，重金屬，環境監測，汞物種流布

十四、英文摘要關鍵詞：

Dioxin, Heavy Metal, Environmental Monitoring, Speciation Changes of Mercury

十五、摘要：

本計畫主要工作內容包括：排放資料庫更新與建置、排放檢測與環境監測、高雄地區排放源重金屬汞貢獻比例探討及燒結爐、燃煤汽電共生鍋爐汞物種流布機制及排放減量策略規劃等四大部分。

推估 101 年戴奧辛排放量為 32.9~129 g I-TEQ/年，平均值 51.4 g I-TEQ/年；重金屬鉛排放量約為 15.9 噸/年(12.9~25.6 噸/年)、鎘排放量約為 0.880 噸/年(0.686~2.63 噸/年)、汞排放量約為 1.85 噸/年(1.34~4.47 噸/年)、砷排放量約為 4.20 噸/年(3.04~10.7 噸/年)，歷年排放量變化幅度小。

戴奧辛排放檢測以氯乙烯製造、添加廢棄物之水泥窯、瀝青拌合業、燃油鍋爐及小型燃材蒸氣鍋爐為主，檢測發現小型燃材鍋爐排放濃度值超過排放管制標準值，由於 WHO₂₀₀₅-TEF 與 I-TEF 相較其中部分毒性當量係數下降，故大部分行業別以 WHO₂₀₀₅-TEF 換算之毒性當量濃度低於以 I-TEF 換算者，平均毒性當量濃度降為 96%，PCBs 對毒性濃度影響小，約佔 2%~17%，平均 7%。

重金屬檢測部分發現，瀝青拌合業以刨除料為原料，部分重金屬排放係數高；半導體及光電業被認為是砷主要排放源，但檢測結果顯示，光電業排放係數較高，而半導體業檢測濃度小於偵測極限，顯示二業別雖均使用相同原料，但排放情形仍有差異。過去所火化場均引用美國汞排放係數，本次檢測顯示因防制設備可有效降低污染物排放，實際檢測汞排放係數遠低於美國係數。

環境空氣戴奧辛監測，本年度除延續過去一般空品站及排放源集中區測點外，新增 3 個交通測站，監測結果顯示，一般空品站監測濃度平均值與 101 年接近，為近 5 年內較低者；排放源集中區之水美測點、鋼聯測點及全興測點均有較其他相同性質測點高，主因這些測點附近有重大排放源，監測濃度易受本身排放影響。

環境空氣重金屬監測結果顯示，102 年鉛、鎘、鎳及砷監測年平均濃度均未偏高。大氣汞部分，以高雄地區濃度較高，主要原因在於重大污染源集中所致。

本年度對行業別汞物種流布調查行業為燒結爐及燃煤汽電共生鍋爐，燒結爐檢研究顯示，經由混雜料進入之總汞 8%經由 ESP 的飛灰產出，經由燒結礦總汞約佔 11%，大部分(81%)則經由煙囪排放至大氣，惟廢氣二價汞比例約佔 82%，且該製程目前已進行 SCR 後端

增設 FGD 工程，預期完成後，應可大幅降低總汞排放濃度。燃煤汽電共生鍋爐調查顯示，對總汞去除率達 95%，最終排放至大氣汞物種以元素汞和二價汞為主，顯示該所裝設之袋式集塵器之集塵效率佳，減少附著於粒狀物上之汞的排放。

高雄市汞排放量占國內比例甚高，本計畫以所有排放源汞排放量資料進行擴散模擬顯示，移動源對大氣環境中汞濃度貢獻比例低；濃度分部顯示以高市南部區域較高，北部較低，模擬結果值與過去各研究監測濃度值十分相近；主要高濃度區域有二，包含臨海工業區與火化場附近，其中火化場為批次式操作，空氣污染防治設備操作難度，煙囪低、擴散不易，對附近區域影響較大；臨海工業區因電弧爐林立及中鋼公司一貫作業煉鋼製程排放量大，排放擴散後對區域有顯著影響。除此，本計畫於高雄市唐榮鐵工廠架設汞自動連續監測設備分析汞物種組成，監測結果顯示，平均元素汞濃度為 5.27 ng/m^3 ，與過去監測結果相符。且由二價汞來源方向顯示，可能來自燒結爐，與流布調查結果可互相印證。

法規研修、整合方面，本計畫協助修訂「煉鋼及鑄造電爐粒狀污染物管制及排放標準」，本項標準於 102 年 11 月 19 日正式發布，可有助於煉鋼及鑄造電爐粒狀物排放控制，並可進一步減少重金屬排放；目前固定源戴奧辛排放標準均已生效，本計畫協助督察總隊稽查監督檢測及報告審核，計畫執行期間共計完成 30 座次監督檢測工作。102 年(統計至 11 月底)總計環保單位(含環保署與縣市環保局)完成稽查檢測 129 座次，稽查檢測數量佔煙道數的 19%。檢測結果共有 14 座次檢測不符排放標準，與過去相仿。近幾年稽查結果顯示，傳統之鋼鐵業及大型廢棄物焚化爐等重大污染源已較少超標，顯示排放標準管制生效後，已有顯著管制成效，故今年度稽查對象偏重於過去之非主要排放源(如燃材鍋爐及火化場等)。此類排放源因操作情況不如傳統大戴奧辛排放源穩定，較易有超標情形。

十六、英文摘要：

The scope of this project includes: 1) Establishing and updating of the emission inventory; 2) Monitoring for the stationary emission and the ambient environment; 3) Investigating the contribution of mercury emission in the Kaohsiung metropolis; 4) Investigating the speciation changes of mercury in sintering plants and coal-fired cogeneration boilers and emission reduction strategies.

The total dioxin emission quantity in Taiwan is estimated to be 32.9~129 g I-TEQ/year in 2012 with an average of 51.4 g I-TEQ/year. As for the heavy metal emissions in 2012, the total lead emission is 15.9 metric tons/year, cadmium emission is 0.880 metric tons/year, mercury emission is 1.85 metric tons/year, and arsenic emission is 4.20 metric tons/year. The changes are small over the years.

The emission of dioxins is primarily from manufacturing of vinyl chloride, cement, asphalt mixing, oil boilers, and small wood-burning boilers. Statistics shows that the emission from small wood-burning boilers has exceeded the emission standards. Since the toxicity equivalence coefficients for some substances in the I-TEF are lower than the WHO₂₀₀₅-TEF, conversion from WHO₂₀₀₅-TEF to I-TEF has reduced the equivalent toxicity by 96%. PCBs only accounts for 2~17% of toxicity equivalence, with an average of 7%.

The monitoring of heavy metal emission shows that asphalt mixing with reclaimed asphalt pavement can produce high concentration of heavy metals. Manufacture of semiconductors and optoelectronics were believed as major sources for selenium emission. However, our monitoring data showed that the emission from optoelectronic manufacturers were high, whereas the emission from semiconductor manufacturers were under detection limits. Indicating that, even though, the manufacturing of semiconductors and optoelectronics uses the same materials, the composition of pollutant is different. Our monitoring data also showed that the pollutant control devices have successfully reduced the emission of mercury. The actual detected of mercury emission coefficient is much lower than the U.S. coefficient.

In addition to the existing monitoring stations, 3 mobile source monitoring stations were set up this year to monitor the ambient dioxins. The monitored concentration was close to last year's, reaching the five-year low point. Concentrations of dioxins were high at Shuimei, Ganglien, and Quanxing monitoring stations due to the surrounding major emission sources.

The monitoring of ambient heavy metal showed that the average concentrations of lead, cadmium, nickel and selenium didn't rise comparing to last year. However, the concentration of mercury was higher in Kaohsiung area due to multiple major emission sources.

This year studies were done on the fate and transport of mercury in steel

sintering plants and coal-fired cogeneration boilers. In sintering plants, 8% of total mercury was in the fly ash collected by the ESP, 11% was in the sinter, and 81% was emitted to the atmosphere through stacks in the form of Hg(II). FGD were installed after the SCR control devices to reduce the emission of mercury. In coal-fired cogeneration plants, 95% of total mercury was removed. The mercury released from the stack are mostly in the form of elemental mercury and mercury(II), indicating that bag houses have good removal rate for mercury attached on particulate matters.

The amount of mercury emitted from the Kaohsiung area accounts for majority of mercury emitted in the entire country. Modeling showed that the Linhai industrial zone and the crematorium were major hot spots. The crematorium is working as batch operation; therefore, the operation of the control devices is difficult. Linhai Industrial Zone consists of several electric arc furnaces and the China Steel Corporation; all of them are major emission sources. The continuous monitoring system installed in the Tang Eng Iron Work factory shows that the average concentration of elemental mercury is 5.27 ng/m^3 , consistent with past monitoring results. The mercury(II) also comes from the direction of sintering plant, which is consistent with the findings from the fate and transport study.

The “Steelmaking and Casting Furnace Particulate Pollutants Control and Emission Standards” was promulgated on November 19th, 2013, hoping to reduce the emission of particulate matters and heavy metal from the steelmaking and casting furnaces. Currently, stationary source Dioxin Emission Standards have been taking effect. We have supervised the 30 of 95 inspection assignments out last year. 14% of all emission sources were inspected. 11 inspections had failed to meet the emission standards, the number is similar to past years.

固定污染源戴奧辛及重金屬 排放調查及管制計畫

目 錄

	頁次
第一章 緒 言	1-1
1.1 計畫緣起及背景	1-1
1.2 計畫目標	1-2
1.3 計畫工作內容與執行進度	1-3
1.4 本計畫執行架構說明	1-3
第二章 戴奧辛及重金屬管制法令彙整	2-1
2.1 戴奧辛	2-1
2.2 重金屬	2-7
第三章 排放調查與環境監測	3-1
3.1 戴奧辛排放檢測	3-3
3.1.1 檢測對象規劃	3-4
3.1.2 檢測結果討論	3-11
3.2 重金屬排放檢測	3-18
3.2.1 檢測對象規劃	3-18
3.2.2 檢測結果討論	3-22
3.3 戴奧辛環境空氣監測	3-29
3.3.1 監測作業規劃	3-29
3.3.2 監測結果討論	3-31
3.4 重金屬環境空氣監測	3-56
3.4.1 監測作業規劃	3-56
3.4.2 監測結果	3-58
3.4.3 監測結果比較解析	3-71
第四章 汞物種流布機制及排放減量策略規劃	4-1
4.1 研究業別國內分佈現況	4-2
4.2 調查對象規劃	4-8

4.3	汞流布調查結果說明	4-11
4.3.1	Sinter-A 廠燒結工場	4-11
4.3.2	CHP-AA 廠燃煤汽電共生鍋爐	4-15
4.4	汞排放控制技術蒐集分析	4-23
第五章	高雄地區排放源重金屬汞貢獻比例探討	5-1
5.1	大氣汞現況解析	5-1
5.2	排放源現況解析	5-1
5.3	排放擴散模擬	5-5
5.4	大氣中汞自動連續監測	5-10
5.5	高雄地區主要汞排放來源及管制策略建議	5-18
第六章	戴奧辛及重金屬排放資料庫更新與建置	6-1
6.1	排放係數與排放量推估方法說明	6-1
6.2	排放量推估與更新	6-9
6.2.1	戴奧辛	6-9
6.2.2	重金屬	6-30
6.3	歷年排放量變化分析	6-49
6.3.1	戴奧辛	6-49
6.3.2	重金屬	6-53
第七章	協助辦理戴奧辛與重金屬管制相關事宜	7-1
7.1	戴奧辛排放源管制	7-1
7.1.1	加強排放源集中區管制作業研商	7-3
7.1.2	加強各縣市火化場戴奧辛排放改善作業	7-9
7.1.3	稽查檢測行政配合	7-13
7.1.4	戴奧辛減量成效分析	7-19
7.2	重金屬排放源管制	7-20
7.2.1	煉鋼電爐粒狀物排放標準推動	7-20
7.2.2	行業別重金屬定檢規劃	7-27
7.2.3	水泥旋窯汞排放管制標準研訂草案	7-35
7.2.4	排放標準含氧率校正基準探討	7-40
第八章	結論與後續規劃	8-1

8.1 結 論	8-1
8.2 後續規劃	8-3
參考文獻	參-1
附錄一 評選會委員意見及回覆	
附錄二 第一次工作進度報告審查意見及回覆	
附錄三 期中工作進度報告審查意見及回覆	
附錄四 期末報告審查意見及回覆	
附錄五 水保公約節錄	
附錄六 本計畫檢測與監測方法及品保品管規劃說明	
附錄七 歷年戴奧辛空氣品質監測結果與國外監測資料蒐集	
附錄八 歷年重金屬空氣品質監測結果與國外監測資料蒐集	

圖 目 錄

	頁次
圖 1-1 計畫工作內容架構彙整圖	1-4
圖 1-2 本計畫執行架構圖	1-7
圖 3-1 本計畫排放調查及環境監測項目	3-1
圖 3-2 水泥旋窯製程	3-6
圖 3-3 我國瀝青拌合廠分布圖	3-9
圖 3-4 瀝青拌合製程圖	3-10
圖 3-5 磚瓦窯業製程及污染物產生位置示意圖	3-20
圖 3-6 隧道窯廢氣處理流程示意圖	3-21
圖 3-7 重金屬排放檢測結果－P 廠(磚瓦窯業)	3-23
圖 3-8 重金屬排放檢測結果－Q 廠(磚瓦窯業)	3-24
圖 3-9 重金屬排放檢測結果－M 廠(瀝青拌合業)	3-25
圖 3-10 重金屬排放檢測結果－R 廠(半導體業)	3-26
圖 3-11 重金屬排放檢測結果－S 廠(光電業)	3-27
圖 3-12 重金屬排放檢測結果－T 火化場	3-28
圖 3-13 歷年一般空氣品質測站戴奧辛監測濃度	3-36
圖 3-14 三類測站/點戴奧辛監測濃度比較	3-37
圖 3-15 大里站及彰化站位置及 102 年 2 月監測風花圖	3-38
圖 3-16 大里站及彰化站 102 年 2 月 PM ₁₀ 監測濃度變化圖	3-39
圖 3-17 嘉義站位置及 102 年 5 月監測風花圖	3-41
圖 3-18 中正機場 99 年風花圖	3-48
圖 3-19 水美測點附近排放源分布圖	3-49
圖 3-20 全興工業區平面圖	3-53
圖 3-21 興達電廠汞排放擴散模擬圖	3-58
圖 3-22 一般空品站環境空氣砷與粒狀物濃度相關性分析	3-65
圖 3-23 一般空品站環境空氣鎘與粒狀物濃度相關性分析	3-65
圖 3-24 一般空品站環境空氣鉻與粒狀物濃度相關性分析	3-66
圖 3-25 一般空品站環境空氣鎳與粒狀物濃度相關性分析	3-66
圖 3-26 鋼鐵業集中區周界空氣砷與粒狀物濃度相關性分析	3-67

圖 3-27	鋼鐵業集中區周界空氣鉻與粒狀物濃度相關性分析	3-67
圖 3-28	一般空品站環境空氣鎳與粒狀物濃度相關性分析	3-68
圖 3-29	一般空品站環境空氣鐵與粒狀物濃度相關性分析	3-68
圖 3-30	歷年一般空品站重金屬砷濃度變化圖	3-73
圖 3-31	歷年一般空品站重金屬鎘濃度變化圖	3-74
圖 3-32	歷年一般空品站重金屬鎳濃度變化圖	3-74
圖 3-33	歷年一般空品站重金屬鉛濃度變化圖	3-75
圖 4-1	民國 100 年國內大氣汞排放量結構分布圖	4-1
圖 4-2	一貫作業煉鋼廠製程流程圖	4-2
圖 4-3	一貫作業煉鋼廠煉焦、燒結、高爐汞質量平衡結果	4-4
圖 4-4	國內煉鋼業電弧爐汞排放濃度分布圖	4-5
圖 4-5	鋼鐵業燒結工場燒結製程汞流布檢測採樣位置圖	4-9
圖 4-6	燃煤汽電共生鍋爐汞流布檢測採樣位置圖	4-10
圖 4-7	sinter-A 廠燒結工場煙道氣汞物種流布分析圖	4-14
圖 4-8	美國 EPA 發展之無灰採樣裝置示意圖	4-20
圖 4-9	煙道排氣中汞濃度與氯含量相關性探討	4-25
圖 4-10	煙道排氣中汞濃度與氯含量相關性探討	4-25
圖 5-1	100 年高雄地區重金屬汞主要排放源之分佈圖	5-3
圖 5-2	100 年高雄地區各污染源重金屬汞排放貢獻比例圖	5-3
圖 5-3	排放源重金屬汞貢獻比例探討執行方法說明	5-6
圖 5-4	本計畫使用高雄地區氣象資料風花圖	5-7
圖 5-5	高雄市最大 24 小時汞濃度模擬結果	5-9
圖 5-6	Tekran 監測分析儀主機部份	5-11
圖 5-7	Tekran 監測儀採樣機組部份	5-11
圖 5-8	Tekran 監測儀器示意圖	5-12
圖 5-9	本計畫汞自動連續監測設備架設情形	5-13
圖 5-10	本計畫汞自動連續監測設備監測地點及附近排放源分布 圖	5-14
圖 5-11	102 年 8~10 月元素汞監測濃度(每 5 分鐘一筆)	5-15
圖 5-12	102 年 8~10 月元素汞監測濃度日變化圖	5-15

圖 5-13	102 年 8 月風花圖及汞物種監測污染玫瑰圖	5-16
圖 6-1	我國內戴奧辛與重金屬排放資料庫架構	6-2
圖 6-2	88 年與 101 年戴奧辛排放量推估固定源數比較	6-5
圖 6-3	本計畫排放量推估計算方法	6-6
圖 6-4	101 年焚化設施戴奧辛排放量比例	6-16
圖 6-5	歷年廢棄物焚化爐排放係數變化趨勢圖	6-18
圖 6-6	101 年燃料鍋爐戴奧辛排放量比例	6-21
圖 6-7	101 年燃煤鍋爐燃煤量及戴奧辛排放量比例	6-22
圖 6-8	歷年燒結爐活動強度與排放係數	6-27
圖 6-9	歷年電弧爐活動強度與排放係數	6-27
圖 6-10	101 年戴奧辛排放量結構	6-29
圖 6-11	101 年燃燒源重金屬(鉛、鎘、汞及砷)排放量比例	6-34
圖 6-12	歷年我國戴奧辛排放量變化趨勢圖	6-49
圖 6-13	歷年我國戴奧辛排放量結構變化圖	6-50
圖 6-14	各空品區歷年戴奧辛排放量變化	6-52
圖 6-15	各縣市稻草露天燃燒戴奧辛排放量	6-53
圖 6-16	歷年重金屬(鉛、鎘、汞、砷)排放量	6-59
圖 7-1	91 年與 101 年戴奧辛排放行業別比例變化	7-2
圖 7-2	排放源集中區戴奧辛排放量與空氣品質監測結果比較圖 ...	7-4
圖 7-3	100 年高雄市小港區監測點位置參考	7-7
圖 7-4	101 年高雄市排放源密集區域監測點位置參考	7-7
圖 7-5	煉鋼電爐粒狀物排放標準修正概要	7-22
圖 7-6	煉鋼及鑄造電爐粒狀物排放標準符合情形	7-27
圖 7-7	美國水泥旋窯汞排放濃度彙整	7-37
圖 7-8	歐洲地區水泥旋窯汞排放濃度彙整	7-38
圖 7-9	我國水泥旋窯汞排放濃度、係數與美國排放標準比較	7-39
圖 7-10	以廢棄物為燃料鍋爐檢測過程排氣含氧率分布圖	7-46

表 目 錄

頁次

表 1-1	本計畫工作內容彙整表	1-5
表 1-2	本計畫工作進度表	1-6
表 2-1	我國戴奧辛管制及排放標準	2-1
表 2-2	世界各國及地區之戴奧辛排放結構及管制法令彙整	2-2
表 2-3	我國重金屬管制及排放標準	2-8
表 2-4	世界各國重金屬排放管制業別彙整表	2-8
表 2-5	世界各國重金屬排放結構及管制規範彙整表	2-9
表 2-6	全球汞排放量推估結果彙整表(2010 年基準年)	2-19
表 3-1	本計畫排放調查及環境監測工作分工表	3-2
表 3-2	我國戴奧辛行業別排放量彙整	3-4
表 3-3	100 年我國氯乙烯產量表	3-5
表 3-4	水泥旋窯重金屬汞排放檢測值標準換算結果	3-6
表 3-5	水泥廠製程 100 年物料申報資料之添加物	3-7
表 3-6	本計畫規劃戴奧辛排放檢測對象	3-11
表 3-7	本計畫戴奧辛排放檢測結果	3-12
表 3-8	歷年氯乙烯製造戴奧辛排放檢測結果	3-13
表 3-9	歷年水泥 E 廠戴奧辛排放檢測結果	3-14
表 3-10	國外燃油鍋爐戴奧辛排放係數研究結果	3-15
表 3-11	歷年排放源戴奧辛類化合物排放量檢測結果彙整	3-17
表 3-12	固定污染源重金屬檢測名單	3-18
表 3-13	各縣市磚瓦窯業家數統計表	3-20
表 3-14	火化場空氣污染防治設備概況	3-21
表 3-15	重金屬排放檢測結果－P 廠(磚瓦窯業)	3-23
表 3-16	重金屬排放檢測結果－Q 廠(磚瓦窯業)	3-24
表 3-17	重金屬排放檢測結果－M 廠(瀝青拌合業)	3-25
表 3-18	重金屬排放檢測結果－R 廠(半導體業)	3-26
表 3-19	重金屬排放檢測結果－S 廠(光電業)	3-27
表 3-20	重金屬排放檢測結果－T 火化場(火化場)	3-28

表 3-21	本計畫戴奧辛環境空氣品質監測點彙整表	3-30
表 3-22	102 年 2 月環境空氣戴奧辛監測結果	3-32
表 3-23	102 年 5 月環境空氣戴奧辛監測結果	3-33
表 3-24	102 年 8 月環境空氣戴奧辛監測結果	3-34
表 3-25	102 年 10 月環境空氣戴奧辛監測結果	3-35
表 3-26	大里站戴奧辛與粒狀物空氣品質監測結果比較表	3-38
表 3-27	彰化站戴奧辛與粒狀物空氣品質監測結果比較表	3-39
表 3-28	嘉義站戴奧辛與粒狀物空氣品質監測結果比較表	3-40
表 3-29	仁武站戴奧辛與粒狀物空氣品質監測結果比較表	3-42
表 3-30	歷年一般空品站戴奧辛監測濃度較高者彙整表	3-43
表 3-31	水美焚化爐測點戴奧辛空氣品質監測結果	3-46
表 3-32	水美焚化爐測點氣象條件表	3-47
表 3-33	水美測點監測結果與附近戴奧辛排放源指紋相關係數	3-50
表 3-34	全興工業區服務中心戴奧辛空氣品質監測結果比較表	3-52
表 3-35	鋼聯測點戴奧辛空氣品質監測結果比較表	3-54
表 3-36	重金屬空氣品質監測站監測時程表	3-57
表 3-37	本計畫空氣中粒狀物金屬空氣品質監測結果	3-60
表 3-38	本計畫各測點空氣中粒狀物重金屬比例結果彙整表	3-63
表 3-39	本計畫各測點空氣中汞空氣品質監測結果	3-70
表 3-40	我國歷年一般空品站重金屬監測結果	3-72
表 3-41	我國歷年大氣氣態汞監測結果彙整	3-76
表 4-1	一貫作業煉鋼廠煉焦、燒結、高爐進出料汞含量濃度	4-3
表 4-2	一貫作業煉鋼廠煉焦、燒結、高爐之汞排放係數	4-4
表 4-3	鋼鐵業燒結爐重金屬汞排放檢測結果彙整	4-5
表 4-4	國內鋼鐵業燒結工場現況	4-6
表 4-5	國內燃煤汽電共生廠運轉現況	4-6
表 4-6	燒結工場及燃煤鍋爐汞物種流布檢測名單	4-10
表 4-7	Sinter-A 燒結工場汞流布計算表	4-12
表 4-8	CHP-AA 廠燃煤鍋爐汞流布計算表	4-16
表 4-9	中國大陸燃煤汞含量標準表	4-17

表 4-10	CHP-AA 廠燃煤鍋爐防制設備單元廢氣汞物種流布彙整	4-20
表 4-11	燃煤鍋爐汞流布調查結果比較表	4-22
表 4-12	燃煤電廠汞之排放控制技術彙整表	4-24
表 4-13	燃煤電廠汞管末處理控制技術分析	4-27
表 5-1	高雄地區空氣中氣態汞監測結果彙整表	5-2
表 5-2	高雄地區移動源汞排放推估使用係數表	5-4
表 5-3	高雄地區固定源汞排放前 20 大排放源	5-8
表 5-4	Tekran 汞物種儀器規範介紹	5-12
表 6-1	我國與美國戴奧辛排放量推估架構比較表	6-3
表 6-2	我國與日本戴奧辛排放量推估架構比較表	6-4
表 6-3	行業別排放係數及排放量分級分類表	6-8
表 6-4	活動強度及排放係數不確定性推估範圍	6-8
表 6-5	101 年各業別戴奧辛排放量	6-10
表 6-6	101 年戴奧辛排放量推估可信度等級	6-14
表 6-7	移動源戴奧辛排放推估使用係數表	6-19
表 6-8	101 年度重金屬排放清冊	6-31
表 6-9	101 年各業別重金屬排放量推估可信度等級	6-33
表 6-10	大型垃圾資源回收廠重金屬排放推估結果	6-35
表 6-11	中小型焚化爐重金屬排放推估結果	6-36
表 6-12	火化場重金屬排放推估結果	6-37
表 6-13	燃煤發電鍋爐重金屬排放推估結果	6-38
表 6-14	燃煤汽電共生鍋爐重金屬排放推估結果	6-39
表 6-15	水泥旋窯重金屬排放推估結果	6-40
表 6-16	燒結爐重金屬排放推估結果	6-42
表 6-17	煉鋼業電弧爐重金屬排放推估結果	6-43
表 6-18	集塵灰高溫冶煉設施重金屬排放推估結果	6-44
表 6-19	非鐵金屬熔煉業重金屬排放推估結果	6-45
表 6-20	半導體砷排放推估結果	6-46
表 6-21	光電業排放推估結果	6-46
表 6-22	101 年稻草露天焚化重金屬推估結果	6-47

表 6-23	101 年農業廢棄物露天焚化重金屬推估	6-48
表 6-24	歷年各空品區戴奧辛排放量比例	6-52
表 6-25	UNEP 與我國環保署推估汞排放量(2010 年)比較表	6-54
表 6-26	燃燒煙煤之防制設備處理效率分類	6-55
表 7-1	排放源集中區戴奧辛空氣品質監測結果彙整表	7-4
表 7-2	桃園縣－戴奧辛環境空氣濃度	7-5
表 7-3	彰化縣－戴奧辛環境空氣濃度	7-6
表 7-4	高雄市－戴奧辛環境空氣濃度	7-6
表 7-5	桃園縣、彰化縣、高雄市戴奧辛污染源查核數量	7-8
表 7-6	桃園縣、彰化縣、高雄市燃材鍋爐戴奧辛超標情形彙整 ...	7-8
表 7-7	佶鼎科技戴奧辛排放濃度	7-9
表 7-8	火化場空氣污染防治設備概況	7-10
表 7-9	未裝設防制設備之火化場戴奧辛檢測結果	7-12
表 7-10	火化場防制設備種類與戴奧辛排放濃度分析	7-13
表 7-11	101 年戴奧辛列管污染源與檢測結果彙整	7-14
表 7-12	102 年(至 11 月底)戴奧辛列管污染源與檢測結果彙整	7-14
表 7-13	101 年戴奧辛稽查不合格業者及後續處理情形	7-15
表 7-14	102 年(至 11 月底)戴奧辛稽查不合格業者及後續處理情形	7-17
表 7-15	排放標準與稽查對戴奧辛排放減量成效分析表	7-19
表 7-16	鋼鐵業相關標準研商歷程	7-21
表 7-17	鋼鐵業燒結工場空氣污染物排放標準	7-21
表 7-18	國內外電爐粒狀物排放標準比較	7-21
表 7-19	煉鋼及鑄造電爐粒狀污染物排放標準對照表	7-22
表 7-20	常見重金屬之危害性	7-28
表 7-21	我國重金屬管制及排放標準彙整表	7-29
表 7-22	業別重金屬排放量比例	7-29
表 7-23	歐盟重金屬排放結構	7-30
表 7-24	第一至三批公私場所應定期檢測及申報之固定污染源 (僅列有變更或更新之業別)	7-33

表 7-25	水泥旋窯代處理廢棄物資料彙整表	7-36
表 7-26	美國水泥旋窯有害空氣污染物管制標準表	7-37
表 7-27	歐盟水泥旋窯重金屬空氣污染物排放標準表	7-38
表 7-28	國內水泥旋窯汞排放係數、排放量彙整表	7-40
表 7-29	戴奧辛與其他空氣污染物排放標準之含氧校正基準比較 表	7-42
表 7-30	以廢棄物為燃料鍋爐戴奧辛檢測之含氧校正情形分析表 .	7-45
表 7-31	以廢棄物為燃料鍋爐重金屬檢測之含氧校正情形分析表 .	7-45

報告大綱

本計畫共有五大工作項目，包含「排放資料庫更新與建置」、「排放檢測與環境監測」、「高雄地區排放源重金屬汞貢獻比例探討分析」、「探討燒結爐及汽電共生鍋爐汞物種流布機制及排放減量策略規劃」、「協助辦理戴奧辛及重金屬減量、污染事件緊急應變等事宜」，本報告之撰寫依據工作項目內容分為八大章。

第一章為緒言，介紹本計畫緣起、內容、執行進度與架構。

第二章則為戴奧辛及重金屬管制法令彙整，包含國內外相關法令及管制方向。

第三章為本計畫執行之排放調查與環境監測。今年度執行石化業（二氯乙烯製造）、添加廢棄物之水泥窯、瀝青拌合業、燃油鍋爐、小型燃材蒸氣鍋爐等5根次戴奧辛排放檢測；另針對瀝青、磚瓦窯及光電、半導體等業別進行5根次重金屬排放調查。環境監測部分則執行148站次戴奧辛(含多氯戴奧辛、多氯呋喃及似戴奧辛多氯聯苯)與42站重金屬（鉛、鎘、汞、砷、鉻、鎳及六價鉻等15項目）環境空氣監測。監測及檢測結果均做為後續排放量推估與排放來源探討之依據。

第四章為汞物種流布機制及排放減量策略規劃，今年度研究業別為燒結爐及燃煤汽電共生鍋爐，分析汞流布檢測當時之主要含汞進料及產品與煙囪排氣之汞含量，進行整體汞質量平衡分析，了解主要汞來源及排放途徑，提出排放減量策略。

第五章內容則為高雄地區排放源重金屬汞貢獻比例探討，以高雄地區固定污染源重金屬汞排放進行擴散模擬，與過去監測結果比對，並藉由汞自動連續監測結果尋找主要排放源，提出未來管制建議。

第六章為戴奧辛及重金屬排放資料庫更新與建置，依據稽查、定檢及相關產業調查數據，更新及建置戴奧辛及重金屬排放清冊，並與國外排放推估結果及係數相互比較，提昇推估可信度。

第七章之協助辦理戴奧辛與重金屬管制相關事宜則包含協助環保署辦理加強戴奧辛排放源集中區管制作業研商會、將火化場裝設空氣污染防制設備之輔導納入考評項目，以加強各縣市火化場戴奧辛排放

改善作業，另配合督查總隊戴奧辛稽查，全程陪同監督檢測。重金屬部分則協助環保署推動煉鋼電爐粒狀物排放標準，並研擬行業別重金屬定檢，且協助探討各排放標準含氧率校正基準規定等。

第八章則為結論與後續規劃，包含本計畫執行成果彙整與對未來執行工作之規劃。

以上各章節與工作項目對應如表一。

表一 本計畫工作項目與報告章節對應表

工作項目	工作細項及權重	相關章節
一、排放資料庫更新與建置	1. 依據年度相關稽查、定檢及相關產業調查數據，更新及建置戴奧辛及重金屬排放清冊。	第六章
	2. 評估及研擬擴大排放資料庫配套措施。	第六章
二、排放檢測與環境監測	1. 148 站次戴奧辛環境空氣監測	3.3 節
	2. 42 站次重金屬環境空氣監測	3.4 節
	3. 5 根次戴奧辛排放檢測	3.1 節
	4. 5 根次重金屬排放檢測	3.2 節
三、高雄地區排放源重金屬汞貢獻比例探討分析		第五章
四、探討燒結爐及汽電共生鍋爐汞物種流布機制及排放減量策略規劃	1. 煙道氣之汞物種採樣分析	第四章
	2. 分析主要含汞進料及產品總汞含量	第四章
	3. 整體汞質量平衡分析及提出排放減量策略	第四章
	4. 蒐集汞排放最新管制趨勢，規劃管制策略	第二章、第四章
五、協助辦理戴奧辛及重金屬減量、污染事件緊急應變等事宜。	1. 戴奧辛及重金屬相關法規研修、整合	第七章
	2. 全程陪同督查總隊戴奧辛稽查監督檢測	第七章
	3. 定期彙整提報戴奧辛相關資料	第七章
	4. 追蹤戴奧辛及重金屬重大排放源排放現況、減量成效及評估進一步減量可行策略。	第七章

行政院環境保護署計畫成果摘要(詳細版)

計畫名稱：固定污染源戴奧辛及重金屬排放調查及管制計畫

計畫編號：EPA-102-FA12-03-A096

計畫執行單位：中興工程顧問股份有限公司

計畫主持人：陳怡伶

計畫期程：102 年 03 月 18 日起 102 年 12 月 31 日止

計畫經費：18,000,000 元整

摘要

本計畫主要工作內容包括：排放資料庫更新與建置、排放檢測與環境監測、高雄地區排放源重金屬汞貢獻比例探討及燒結爐、燃煤汽電共生鍋爐汞物種流布機制及排放減量策略規劃等四大部分。

本計畫主要工作內容包括：排放資料庫更新與建置、排放檢測與環境監測、高雄地區排放源重金屬汞貢獻比例探討及燒結爐、燃煤汽電共生鍋爐汞物種流布機制及排放減量策略規劃等四大部分。

戴奧辛及重金屬排放量更新方面，推估 101 年戴奧辛排放量為 32.94~129.36 g I-TEQ/年，平均值 51.37 g I-TEQ/年。重金屬部分，鉛排放量約為 15.871 噸/年、鎘排放量約為 0.880 噸/年、汞排放量約為 1.847 噸/年、砷排放量約為 4.199 噸/年，歷年排放量變化幅度小。

排放檢測戴奧辛部分，執行氯乙炔製造、添加廢棄物之水泥窯、瀝青拌合業、燃油鍋爐及小型燃材蒸氣鍋爐共 5 根次檢測，除小型燃材蒸氣鍋爐排放濃度值超過固定污染源戴奧辛排放管制標準值外，其餘均符合排放標準。由於 WHO₂₀₀₅-TEF 與 I-TEF 相較其中部分毒性當量係數下降，故大部分行業別以 WHO₂₀₀₅-TEF 換算之毒性當量濃度低於以 I-TEF 換算者，平均毒性當量濃度降為 96%，且 PCBs 對毒性濃度影響小，約佔 2%~17%，平均 7%。

重金屬檢測部分發現，本次檢測之瀝青拌合業以刨除料為原料，部分重金屬排放係數高。半導體及光電業被認為是砷的重要排放源，本次檢測結果顯示，光電業的砷排放係數較高，而半導體業檢測濃

度小於偵測極限。依據火化場的汞排放檢測結果計算而得之排放係數遠低於過去所引用的美國排放係數，顯示本次檢測之火化場因有防制設備可有效降低污染物排放。

環境空氣戴奧辛監測，本年度除延續 101 年之一般空品站及排放源集中區測點外，新增 3 個交通測站。本年度一般空氣品質測站監測濃度平均值與 101 年較為接近，為近 5 年內較低者，但 5 月及 8 月的最大值與過去相較偏高。本年度排放源集中區之水美測點、鋼聯測點及全興測點均有較其他排放源集中區測點高之測值，主因這些測點附近有排放源，當風向變化使得測點位於排放源下風處，即易造成戴奧辛空氣濃度偏高情況。

環境空氣重金屬監測結果顯示，102 年鉛、鎘、鎳及砷監測年平均濃度均未偏高。大氣汞部分，以高雄地區濃度較高，主要原因在於重大污染源集中所致。

本年度延續 101 年度對行業別汞物種流布進行研究，以做為未來管制之參考，今年研究行業為燒結爐及燃煤汽電共生鍋爐。燒結爐檢測結果顯示，經由混雜料進入燒結機之總汞，約 8%經由 ESP 的飛灰排出，經由燒結礦排出的總汞約佔 11%，大部分(81%)則經由煙囪排放至大氣，惟煙囪排放之二價汞比例約佔 82%，且該燒結爐目前已進行 SCR 後端增設 FGD 工程，預期完成後，將對二價汞的去除有顯著貢獻，亦可大幅降低總汞排放濃度。燃煤汽電共生鍋爐檢測結果顯示，對總汞去除率達 95%，最終排放至大氣汞物種以元素汞和二價汞為主，粒狀物結合汞之比例低，顯示該鍋爐所裝設之袋式集塵器之集塵效率佳，減少附著於粒狀物上之汞的排放。

為尋找高雄市主要汞排放源，本計畫以現有之汞排放源資料進行排放擴散模擬，結果顯示，移動源汞排放對大氣環境中汞濃度貢獻比例低。整體濃度以高雄市南部區域較高，北部較低，模擬結果值與過去各研究監測濃度值相近，顯示大部分汞排放源均已掌握。空氣中濃度較高區域有二，包含中鋼公司附近與高雄市火化場附近，尤其是火化場為批次式操作，增加空氣污染防制設備的操作難度，也可能降低其效率，再加上煙囪低，對附近區域造成較大影響；電弧爐煉鋼亦為批次式操作若再加上採百葉窗排放，對附近區域亦造成較大影響。一貫作業煉鋼則因排放量大，排放擴散後對區域有顯

著影響。此外，本計畫於高雄市唐榮鐵工廠架設汞空氣品質自動連續監測設備，且分析汞物種組成，分析監測結果，平均元素汞濃度為 5.27ng/m^3 ，與過去本計畫監測結果相符，且由二價汞來源方向顯示，可能來自燒結爐，且依據今年流布調查而得之排放濃度計算該爐之汞排放量大，應列為優先管制對象，然該廠已進行 FGD 裝設，由於 FGD 可有效去除二價汞，對後續燒結爐之汞排放應有明顯控制效果，可持續進行檢測掌握。

戴奧辛及重金屬相關法規研修、整合方面，本計畫協助環保署修訂「煉鋼及鑄造電爐粒狀污染物管制及排放標準」，並於 102 年 11 月 19 日正式發布，該標準可有助於煉鋼及鑄造電爐粒狀物排放控制，並進一步減少重金屬排放。

目前固定源戴奧辛排放標準均已生效，督察總隊稽查檢測工作，本計畫協助監督檢測及報告審核，計畫執行期間共計完成 30 座次監督檢測工作。102 年業者自行檢測共執行 169 座次。環保單位(含環保署與縣市環保局，統計至 11 月底)完成稽查檢測 129 座次，稽查檢測數量佔煙道數的 19%，檢測結果共有 14 座次檢測不符排放標準，與過去相仿。近幾年稽查結果顯示，傳統之鋼鐵業及大型廢棄物焚化爐等重大污染源已較少超標，顯示排放標準管制生效後，已有顯著管制成效，故今年度稽查對象偏重於過去之非主要排放源(如燃材鍋爐及火化場等)。此類排放源因操作情況不如傳統大戴奧辛排放源穩定，較易有超標情形。

前言

戴奧辛與部分重金屬被美國環保署列為有害空氣污染物，排放管制工作一直為環保施政重點。

為加強戴奧辛排放管制，我國環保署透過各業別排放檢測、解析排放現況，更新排放清冊、掌握優先管制對象。對於重大污染排放源，透過國外管制標準蒐集、控制技術分析及健康風險評估，擬定管制及排放標準發布實施，前後歷經十年，將國內所有固定污染源戴奧辛排放源包括：廢棄物焚化爐、電弧爐、燒結爐、鋼鐵業集塵灰高溫冶煉設施及一般固定污染源全數納入管制；後續更透過各環保單位加強排

放稽查及要求業者定期檢測提報，督促污染源做好排放管理，落實戴奧辛排放減量工作。為進一步瞭解排放管制成效，環保署自 95 年度開始選定國內一般空品站進行環境空氣戴奧辛監測，歷年監測結果顯示，96 年~ 101 年間，國內一般空品站戴奧辛平均濃度介於 $0.029 \text{ pg I-TEQ/m}^3 \sim 0.051 \text{ pg I-TEQ/m}^3$ ，大氣濃度遠低於日本環境空氣戴奧辛品質基準(0.6 pg I-TEQ/m^3)，環境空氣濃度與 91、92 年度調查數據相較，也已經明顯降低許多，亦顯示管制工作已經具有相當成效。今年度計畫將持續進行戴奧辛空氣品質監測，並以各環保機關檢測數據推估更新排放量，掌握管制成效。

對於重金屬排放管制，環保署於 81 年起於行業別排放標準中訂定與重金屬管制項目；並逐年進行資料庫更新與隨時進行法令檢討研修；基於燃煤電廠排放汞為國際間關注焦點，美國在 2012 年正式發布燃煤電廠汞排放標準，我國環保署亦於 102 年 1 月 21 日發布之電力設施空氣污染物排放標準修訂草案中，正式納入汞排放標準值。為瞭解國內排放現況及控制設備效率探討，於去年度計畫已針對二座燃煤電廠進行汞流布調查，調查結果顯示燃煤機組既有完善空污防制設備對汞排放去除率約有 87%，汞最終主要存在於飛灰中，排放於大氣濃度均小於 $1.0 \text{ } \mu\text{g/Nm}^3$ ，可以符合全世界最嚴格排放管制標準；然汞之排放來源眾多，本年度環保署選定汞排放量較大之煉鋼業燒結爐及燃煤汽電共生鍋爐進行整體流布調查，並從防制設備效率、進料分析檢討可行排放減量策略，做為未來管制參考依據。96 年度起本計畫依據環保署發布之環境空氣監測方法，以 PM_{10} 採樣方式執行重金屬環境監測，大氣汞亦參照環檢所公告監測方法執行。監測結果顯示，一般空品站環境空氣濃度皆低於歐盟於 2012 年實施之環境空氣品質基準。今年度亦將持續進行重金屬空氣品質監測，並增加排放源集中區及環境敏感地區測點。

依據歷年國內大氣汞監測數據顯示，氣態汞濃度以高雄地區較高，從歷年固定源汞排放量顯示，高雄市汞排放量占國內約 24%，主要排放源以鋼鐵業燒結爐、電弧爐、燃煤鍋爐及廢棄物焚化爐為主，其中又集中於臨海工業區附近；為持續追蹤本地區大氣汞環境現況，本計

畫以現有之固定源排放資料進行污染擴散模擬，並以本團隊所購置之大氣汞連續監測設備進行監測，相互比對尋找主要排放源並提供管制建議。

執行方法

本計畫管制污染物對象包括戴奧辛及重金屬，主要工作項目為：排放資料庫系統更新與建置、排放檢測與環境監測、高雄地區排放源重金屬汞貢獻比例探討分析、探討燒結爐及汽電共生鍋爐汞物種流布機制及排放減量策略規劃與協助辦理戴奧辛及重金屬減量、污染事件緊急應變等事宜等五大項目，執行方法說明如下：

- 一、排放資料庫系統更新與建置：以 101 年檢測結果計算排放係數並配合 101 年活動強度計算 101 年度各污染源排放量，同時依據檢測數據及活動強度取得可靠性，分別對排放量等級進行分類。
- 二、排放檢測與環境監測：戴奧辛部份針對石化業(二氯乙烯製造)、添加廢棄物之水泥窯、瀝青拌合業、燃油鍋爐及小型燃材蒸氣鍋爐等排放源進行戴奧辛與平面型多氯聯苯排放檢測。重金屬排放檢測針對瀝青、磚瓦窯、半導體、光電業及火化場進行。環境空氣監測則針對環保署一般空品站、交通測站及排放源集中區測點之戴奧辛及重金屬，採樣分析方法及執行單位詳表 1 所示。為確保數據品質，本計畫檢測部份委託環保署認證合格檢測單位執行，環境空氣戴奧辛監測由工研院綠環所、中環公司執行；環境空氣重金屬監測由工研院綠環所及中環公司共同執行，六價鉻監測由上準公司執行。煙囪排放戴奧辛由工研院綠環所及中環公司執行；重金屬(含六價鉻)排放檢測由上準公司執行。燃煤鍋爐汞物種流布由工研院綠環所及上準公司執行。
- 三、高雄地區排放源重金屬汞貢獻比例探討分析：進行高雄地區固定污染源重金屬汞擴散模擬，探討分析各排放源之貢獻比例。並配合本團隊所購置之大氣汞連續監測設備於高雄小港區監測結果，分析主要排放源並提供管制建議。

表 1 本計畫排放調查及環境監測工作分工表

檢測項目	檢測項目		檢測方法	執行單位	數量
排放調查	戴奧辛類 (含 PCDDs、PCDFs、DL-PCBs)		NIEA A807.75C NIEA A808.74B NIEA M803.00B	工研院綠環所	5 根次
	重金屬	鉛、鎘、汞、砷等 15 項	NIEA A302.73C	上準公司	5 根次 (另增火化場 1 根次)
		六價鉻	NIEA A308.10C	上準公司	5 根次
	環境監測	戴奧辛類 (含 PCDDs、PCDFs、DL-PCBs)		NIEA A809.11B NIEA A810.13B NIEA M803.00B	工研院綠環所 中環公司
重金屬		鉛、鎘及砷等 14 項	NIEA A208.12C NIEA A305.10C NIEA A306.10C	工研院綠環所 中環公司	42 站次
		汞	NIEA A304.10C	上準公司	42 站次
		六價鉻	NIEA A309.10B	上準公司	42 站次
		燒結爐與燃煤汽電共生鍋爐汞物種流布調查		ASTM D6784-02 NIEA M318.00C NIEA W330.52A	工研院綠環所 上準公司

四、探討燒結爐及汽電共生鍋爐汞物種流布機制及排放減量策略

規劃：本計畫對燒結爐及汽電共生鍋爐汞物種進行研究，以做為未來管制燃煤鍋爐汞排放之參考。使用方法與國際間使用方法相同，以美國 ASTM D6784-02(OH Method)進行煙道氣中汞物種分析，此方法可分析元素汞、二價汞及粒狀物結合汞。燒結爐流布檢測，本計畫於燒結工廠之燒結爐後、ESP 後、SCR 後(煙囪)進行同步採樣，並針對汞流布檢測當時之混雜料、燒結礦、底渣、飛灰等原料/產品同步採樣，以了解汞在機組間流布情形。燃煤汽電共生鍋爐則於鍋爐後、BF 後、FGD 後(煙囪)進行同步採樣，以了解汞物種在煙道氣中轉換情形，並針對汞流布檢測當時之粉煤、氧化鎂、製程水、底渣、飛灰及原廢水進行汞含量分析，以進行汞的流布計算，了解燃煤汽電共生鍋爐汞最終分布情形。

五、辦理緊急應變及相關事宜：本計畫協助環保署修訂「煉鋼及鑄造電爐粒狀污染物管制及排放標準」，並於 102 年 11 月 19 日正式發布，該標準可有助於煉鋼及鑄造電爐粒狀物排放控

制，並進一步減少重金屬排放。在督察總隊至排放源進行戴奧辛稽查時，本計畫則全程陪同檢測。

結果

- 一、本計畫推估 101 年度戴奧辛排放量為 32.94~129.36 g I-TEQ/年，平均值 51.37 g I-TEQ/年，與 98 至 100 年相近。
- 二、101 年度重金屬鉛排放量約為 15.871 噸/年、鎘排放量約為 0.880 噸/年、汞排放量約為 1.847 噸/年及砷排放量約為 4.199 噸/年。
- 三、戴奧辛排放檢測完成石化業(氯乙烯製造)、添加廢棄物之水泥窯、瀝青拌合業、燃油鍋爐、小型燃材蒸氣鍋爐各 1 座次排放源之排放檢測，除燃材蒸氣鍋爐外，均符合一般性固定污染源戴奧辛排放管制標準值 ($1.0 \text{ ng I-TEQ/Nm}^3$)。由於 WHO₂₀₀₅-TEF 與 I-TEF 相較其中部分毒性當量係數下降，故大部分行業別以 WHO₂₀₀₅-TEF 換算之毒性當量濃度低於以 I-TEF 換算者，平均毒性當量濃度降為 96%，且 PCBs 對毒性濃度影響小，約佔 2%~17%，平均 7%。
- 四、重金屬排放檢測結果顯示，磚瓦窯業各項重金屬排放濃度不高，本次檢測之瀝青拌合業以刨除料為原料，部分重金屬排放係數高，由於過去未執行瀝青拌合業重金屬檢測，目前尚無數據可供比較。半導體及光電業被認為是砷的重要排放源，本次檢測結果顯示，光電業的砷排放係數較高，而半導體業檢測濃度小於偵測極限。依據火化場的汞排放檢測結果計算而得之排放係數遠低於過去所引用的美國排放係數，顯示本次檢測之火化場因有防制設備可有效降低污染物排放。
- 五、戴奧辛環境空氣品質監測於 102 年 2、5、8 及 10 月執行。在一般空品站監測部分，測站監測濃度平均值與 101 年較為接近，為近 5 年內較低者，但 5 月及 8 月的最大值與過去相較偏高。本年度排放源集中區之水美測點、鋼聯測點及全興測點均有較其他排放源集中區測點高之測值，主因這些測點附

近有排放源，當風向變化使得測點位於排放源下風處，即易造成戴奧辛空氣濃度偏高情況。

六、重金屬環境空氣品質監測結果顯示，與粒狀物相關重金屬鉛、鎘、鎳及砷，年平均濃度均未偏高。

七、為尋找高雄市主要汞排放源，本計畫以現有之汞排放源資料進行排放擴散模擬，結果顯示，移動源汞排放對大氣環境中汞濃度貢獻比例低。整體濃度以高雄市南部區域較高，北部較低，模擬結果值與過去各研究監測濃度值相近，顯示大部分汞排放源均已掌握。空氣中濃度較高區域有二，包含中鋼公司附近與高雄市火化場附近，尤其是火化場為批次式操作，增加空氣污染防治設備的操作難度，也可能降低其效率，再加上煙囪低，對附近區域造成較大影響；電弧爐煉鋼亦為批次式操作若再加上採百葉窗排放，對附近區域亦造成較大影響。一貫作業煉鋼則因排放量大，排放擴散後對區域有顯著影響。此外，本計畫於高雄市唐榮鐵工廠架設汞空氣品質自動連續監測設備，且分析汞物種組成。平均元素汞濃度為 5.27ng/m^3 ，與過去本計畫監測結果相符，且由二價汞來源方向顯示，可能來自燒結爐，且依據今年流布調查而得之排放濃度計算該爐之汞排放量大，應列為優先管制對象，然該廠已進行 FGD 裝設，由於 FGD 可有效去除二價汞，對後續燒結爐之汞排放應有明顯控制效果，可持續進行檢測掌握。

八、探討燒結爐及燃煤汽電共生鍋爐汞物種流布機制及排放減量策略規劃

(一) 燒結爐

燒結爐進料為混雜料，分析其汞含量約為 0.0284 mg/kg ，汞排出管道包含飛灰、燒結礦及煙囪排放廢氣，其汞含量分別為大 ESP 的飛灰為 1.5690 mg/kg ，小 ESP 的飛灰為 0.0870 mg/kg ，燒結礦為 0.0054 mg/kg ，煙囪排放廢氣為 $17.148\text{ }\mu\text{g/Nm}^3$ 。

將各原物料使用量與產生量配合汞含量計算汞的總流入

與排出量，發現經由混雜料進入燒結機之總汞，約 8%經由 ESP 的飛灰排出，經由燒結礦排出的總汞約佔 11%，大部分(81%)則經由煙囪排放至大氣，惟煙囪排放之二價汞比例約佔 82%，且該燒結爐目前已進行 SCR 後端增設 FGD 工程，預期完成後，將對二價汞的去除有顯著貢獻，亦可大幅降低總汞排放濃度。

(二) 燃煤汽電共生鍋爐

燃煤汽電共生鍋爐的進料包含粉煤、氧化鎂粉、製程水，其汞含量分別為粉煤 0.0448 mg/kg、氧化鎂粉 0.0051 mg/kg、製程水 0.030 μ g/L。將當日各原物料使用量配合汞含量計算，進入製程之汞主要來自粉煤，佔 99.8%，經由飛灰排出的比例最高，佔 81.6%，其次經由原廢水排出，佔 14.0%，經由廢氣排放至大氣者，佔 4.4%。對總汞去除率達 95%，最終排放至大氣汞物種以元素汞和二價汞為主，粒狀物結合汞之比例低，顯示該鍋爐所裝設之袋式集塵器之集塵效率佳，減少附著於粒狀物上之汞的排放。

九、協助辦理戴奧辛及重金屬減量、污染事件緊急應變等事宜

(一) 戴奧辛及重金屬相關法規研修、整合方面，本計畫協助環保署修訂「煉鋼及鑄造電爐粒狀污染物管制及排放標準」，並於 102 年 11 月 19 日正式發布，該標準可有助於煉鋼及鑄造電爐粒狀物排放控制，並進一步減少重金屬排放。

(二) 依據目前國內重金屬排放業別之特性，本計畫建議針對燃煤發電鍋爐、水泥窯、焚化爐、電弧爐、燒結爐及集塵灰回收等排放源進行重金屬鉛、鎘、汞、砷、鉻、鎳排放定檢規定，半導體及光電業則檢測砷。

(三) 戴奧辛及重金屬排放稽查作業監督檢測及合格分析。102 年業者自行檢測共執行 169 座次。環保單位(含環保署與縣市環保局，統計至 11 月底)完成稽查檢測 129 座次，稽查檢測數量佔煙道數的 14%，檢測結果共有 14 座次檢

測不符排放標準，與過去相仿。近幾年稽查結果顯示，傳統之鋼鐵業及大型廢棄物焚化爐等重大污染源已較少超標，顯示排放標準管制生效後，已有顯著管制成效，故今年度稽查對象偏重於過去之非主要排放源(如燃材鍋爐及火化場等)。此類排放源因操作情況不如傳統大戴奧辛排放源穩定，較易有超標情形。

結論

- 一、以年度排放係數推估 101 年度戴奧辛排放量平均為 51.4 g I-TEQ/年，從推估結果發現，近年戴奧辛排放總量變化不大，顯示各項排放標準生效，各排放源已進行排放改善，未來除持續稽查督促業者維持良好管理外，並應加強對非法排放源之管控。
- 二、101 年度重金屬鉛排放量約為 15.87 噸/年、鎘排放量約為 0.880 噸/年、汞排放量約為 1.85 噸/年及砷排放量約為 4.20 噸/年；歷年來排放量變化不大，今年新增部分推估類別與檢測數據，使推估結果更符合實際。
- 三、戴奧辛排放檢測發現，燃材蒸氣鍋爐排放濃度超過固定污染源戴奧辛排放管制標準值(1.0 ng I-TEQ/Nm³)，已將相關結果轉告地方環保局，要求加強相關該類污染源稽查工作。
- 四、磚瓦窯、瀝青拌合業、半導體、光電業及火化場之重金屬排放濃度均符合排放標準，惟各業別使用原料不同，部分重金屬排放濃度有較高情形，可做為排放來源辨別依據。
- 五、戴奧辛空氣品質監測在一般空品站測值穩定，且遠低於日本戴奧辛空品標準；但排放源集中區桃園水美測點、鋼聯測點及全興測點均有較其他排放源集中區測點高之測值，主因為該測點受附近排放源異常排放影響，易造成戴奧辛空氣濃度偏高情況。針對污染源集中區域，本計畫已協助辦理召集轄區縣市環保局進行研商，要求各單位針對轄區內燃材鍋爐優先管制，並交流各單位執行經驗，發現銅污泥處理亦為易超

標排放源，可做為未來各單位管制之參考。

- 六、重金屬環境空氣品質監測顯示，與粒狀物相關重金屬鉛、鎘、鎳及砷，年平均濃度均未偏高。大氣汞監測結果以高雄地區濃度較高，主要原因在於重大污染源過於集中所致。
- 七、本計畫以高雄市固定源汞排放源資料進行排放擴散模擬，配合本計畫在高雄小港區的汞自動連續監測結果研判，燒結爐確為汞主要排放源，電弧爐煉鋼與火化場的排放亦不容忽視。
- 八、燒結爐及燃煤汽電共生鍋爐汞物種流布機制研究結果顯示，經由混雜料進入燒結機之總汞，絕大部分則經由煙囪排放至大氣，其煙囪排放二價汞比例約佔 82%，目前燒結爐已進行增設 FGD 工程，完成後對汞去除將有顯著貢獻，預期亦可大幅降低總汞排放濃度。燃煤汽電共生鍋爐進入製程之汞主要來自粉煤，經由飛灰排出的比例最高，佔 81.6%，經由廢氣排放至大氣者，佔 4.4%。最終排放至大氣汞物種以元素汞和二價汞為主，顯示該鍋爐所裝設之袋式集塵器之集塵效率佳，減少粒狀汞的排放。
- 九、本計畫協助修訂「煉鋼及鑄造電爐粒狀污染物管制及排放標準」，本項標準已於 102 年 11 月 19 日正式發布，對未來煉鋼及鑄造電爐粒狀物管制有幫助，亦有助於重金屬排放控制。此外，本計畫亦協助研擬固定源重金屬定檢，且檢討縣市環保局考評項目，加強對戴奧辛與重金屬排放源之操作條件查核與稽查管制。藉由各環保單位之合作，加強各排放源管制工作，維護空氣品質。
- 十、固定源戴奧辛排放標準均已生效，督察總隊稽查檢測工作，本計畫協助監督檢測及報告審核，計畫執行期間共計完成 30 座次監督檢測工作。102 年業者自行檢測共執行 169 座次。環保單位(含環保署與縣市環保局，統計至 11 月底)完成稽查檢測 129 座次，稽查檢測數量佔煙道數的 19%，檢測結果共有 14 座次檢測不符排放標準，與過去相仿。近幾年稽查結果顯

示，傳統之鋼鐵業及大型廢棄物焚化爐等重大污染源已較少超標，顯示排放標準管制生效後，已有顯著管制成效，故今年度稽查對象偏重於過去之非主要排放源(如燃材鍋爐及火化場等)。此類排放源因操作情況不如傳統大戴奧辛排放源穩定，較易有超標情形。

後續規劃

- 一、依據戴奧辛監測結果顯示，桃園觀音工業區濃度偏高，本計畫依目前稽查與監測結果尋找出可能排放源為處理含銅污泥之廢棄物處理業，後續將與地方環保局共同合作，持續追蹤排放源改善情形，並與監測結果進行比對；針對此類型排放源，亦要求其他縣市環保局加強稽查，以避免附近戴奧辛空氣品質劣化。
- 二、本年度戴奧辛稽查結果顯示，除醫療焚化爐經常性不格外，火化場不合格比例越來越高，環保署除 99 年度已經辦理現場輔導工作，提供技術改善參考資訊，惟後續發現囿於經費不足，部分火化場仍未能採行有效防制設備，或已有防制設備卻無法良好操作。針對火化場管制，已建議納入未來縣市環保局考評規定，將縣市環保局輔導火化場裝設空氣污染防制設備有具體成果者，予以加分鼓勵縣市環保局對轄區內未裝設防制設備的火化場進行輔導裝設，後續應追蹤各縣市成效。
- 三、本年度在高雄地區汞連續監測結果顯示，汞濃度變化大，藉由物種配合排放源特性，可以有效尋找主要排放源，建議相關作業方式，可在其他排放源集中區進行，以助於擬定可行管制策略。
- 四、燒結爐汞流布檢測結果顯示，燒結爐煙囪排放二價汞比例高，目前已進行 FGD 裝設工程，預期完成後可有效去除二價汞並使總汞排放濃度下降，後續應持續追蹤 FGD 裝設後成效，做

為是否研訂燒結爐汞排放標準之參考。

五、針對使用廢棄物之水泥窯進行戴奧辛排放檢測，雖排放濃度未超出標準，然經由水泥廠實際調查發現，東部地區水泥窯使用廢棄物種類多且成分複雜，可能對水泥窯重金屬排放造成影響，建議後續可進行相關研究，尋找水泥窯之合理處理廢棄物最佳添加量，並評估是否仿效美國訂定管制標準必要性，也可以符合目前國際汞公約管制要求。

第一章 緒 言



第一章 緒言

1.1 計畫緣起及背景

戴奧辛與部分重金屬被美國環保署列為有害空氣污染物，排放管制工作一直為環保施政重點。為加強戴奧辛排放管制，環保署透過各業別排放檢測、解析排放現況，更新排放清冊、掌握優先管制對象。對於重大污染排放源，透過國外管制標準蒐集、控制技術分析及健康風險評估，擬定管制及排放標準發布實施，前後歷經十年，將國內所有固定污染源戴奧辛排放包括：中小型廢棄物焚化爐、電弧爐、燒結爐、鋼鐵業集塵灰高溫冶煉設施及一般固定污染源全數納入管制；後續更透過各環保單位加強排放稽查及要求業者定期檢測提報，督促污染源做好排放管理，落實戴奧辛排放減量工作。

為進一步瞭解排放管制成效，環保署自 95 年度開始選定國內一般空品站進行環境空氣戴奧辛監測，歷年監測結果顯示，96 年~101 年間，國內一般空品站戴奧辛平均濃度介於 $0.029 \text{ pg I-TEQ/m}^3 \sim 0.051 \text{ pg I-TEQ/m}^3$ ，大氣濃度遠低於日本環境空氣戴奧辛品質基準 (0.6 pg I-TEQ/m^3)；環境空氣戴奧辛濃度以中部空品區較高，中部、南部環境空氣濃度皆以秋冬季較高、夏季較低，受季節影響明顯。由於國內戴奧辛排放量持續改善，環境空氣濃度與 91、92 年度調查數據相較，也已經明顯降低許多，亦顯示管制工作已經具有相當成效。

對於重金屬排放管制，環保署於 81 年起陸續於「廢棄物焚化爐空氣污染物排放標準」、「固定污染源空氣污染物排放標準」、「鉛二次冶煉廠空氣污染物排放標準」等排放標準中訂定與重金屬管制項目；並逐年進行資料庫更新與隨時進行法令檢討研修；在最新管制現況部分，美國繼中國、德國之後，終於 2012 年正式發布燃煤電廠汞排放標準，顯示燃煤電廠汞排放為國際間最關注議題且具管制必要性，環保署 102 年 1 月 21 日發布於電力設施空氣污染物排放標準修訂草案中，正式納入汞排放標準值，目前初步草擬既存汞排放標準值為 $5.0 \mu\text{g/Nm}^3$ ，新設標準值則為 $2.0 \mu\text{g/Nm}^3$ 。

為瞭解國內排放現況及控制設備效率探討，於去年度計畫中針對二座燃煤電廠進行汞流布調查，調查結果顯示燃煤機組既有完善空污防制設備對汞排放去除率約有 87%，汞最終主要存在於飛灰中，排放於大氣濃度均小於 $1.0 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ，可以符合全世界最嚴格排放管制標準；然固定污染源汞排放來源眾多，本年度環保署則選定汞排放量較大之煉鋼業燒結爐及燃煤汽電共生鍋爐進行整體流布調查，並從防制設備效率、進料分析檢討可行排放減量策略，做為未來管制策略參考依據。

96 年度起本計畫依據環保署發布之環境空氣監測方法，以 PM_{10} 採樣方式執行重金屬環境監測，該監測結果顯示，一般空品站環境空氣濃度均未偏高，在中、南部地區，秋冬季環境空氣濃度明顯高於夏季，季節變化趨勢與環境空氣戴奧辛濃度十分類似；至於大氣汞部分也參照環檢所公告監測方法，於 96 年同步進行大氣汞、粒狀汞監測，以建置國內大氣汞環境現況資料。

依據歷年國內大氣汞監測數據顯示，氣態汞濃度以高雄地區較高，從歷年固定源汞排放量顯示，高雄市汞排放量占國內約 24%，主要排放源以鋼鐵業燒結爐、電弧爐、燃煤鍋爐及廢棄物焚化爐為主，其中又集中於臨海工業區附近；為持續追蹤本地區大氣汞環境現況，本年度規劃密集、持續性監測，同時為釐清高雄地區固定污染源排放對於該地區大氣汞監測濃度貢獻比例，於本計畫進行污染擴散模擬進行評估，以區分排放源貢獻比、跨區域傳輸量及可能逸散源。

1.2 計畫目標

依據評選須知之規定，本計畫共有下列五大目標，分別為：

- 一、更新及建置戴奧辛及重金屬(鉛、鎘、汞、砷)排放清冊。
- 二、執行國內戴奧辛及重金屬排放調查與環境監測。
- 三、高雄地區排放源重金屬汞貢獻比例探討分析。
- 四、探討燒結爐及汽電共生鍋爐汞物種流布機制及排放減量策略規劃。
- 五、協助環保署辦理戴奧辛及重金屬管制、減量、污染事件緊急應變等相關事宜。

1.3 計畫工作內容與執行進度

依據評選須知規定，本計畫各項工作內容共分為四大類，彙整如圖 1-1，細項工作內容整理如表 1-1，各項工作內容執行進度如表 1-2。

1.4 本計畫執行架構說明

環保署對於戴奧辛及重金屬排放管制工作，主要以加強排放標準制定、加強稽查檢測作業、更新排放資料庫及執行環境空氣監測，建構整體施政主軸；而本計畫主要目標即在於提供相關技術服務工作，以協助達成相關管制目標。

在加強排放管制工作部份，目前已發布多項排放管制標準，近年來主要目的在於持續蒐集國外最新管制資訊、檢討國內環境現況，以評估排放標準增修必要性；標準生效後需瞭解各排放源符合情形，需執行稽查及定檢工作，以落實法規執行度；針對各排放源排放現況進行瞭解後及污染源資料庫掌握，逐年進行排放資料更新，掌握最新排放現況；並透過定期空氣品質監測以瞭解環境現況，監測結果回饋作為是否需研訂或加嚴排放標準之參考。

本(102)年度除延續前面所述工作目標外，主要工作重點在加強排放管制部分為汞排放流布機制探討、定檢及稽查結果評析、稽查檢測監督及重金屬定檢建議；空氣品質監測則為行例行戴奧辛與重金屬空氣品質監測，並尋找可能排放來源；另一項工作重點則為高雄地區重金屬汞排放源貢獻比例探討。各項工作內容及撰寫章節彙整如圖 1-2。



圖 1-1 計畫工作內容架構彙整圖

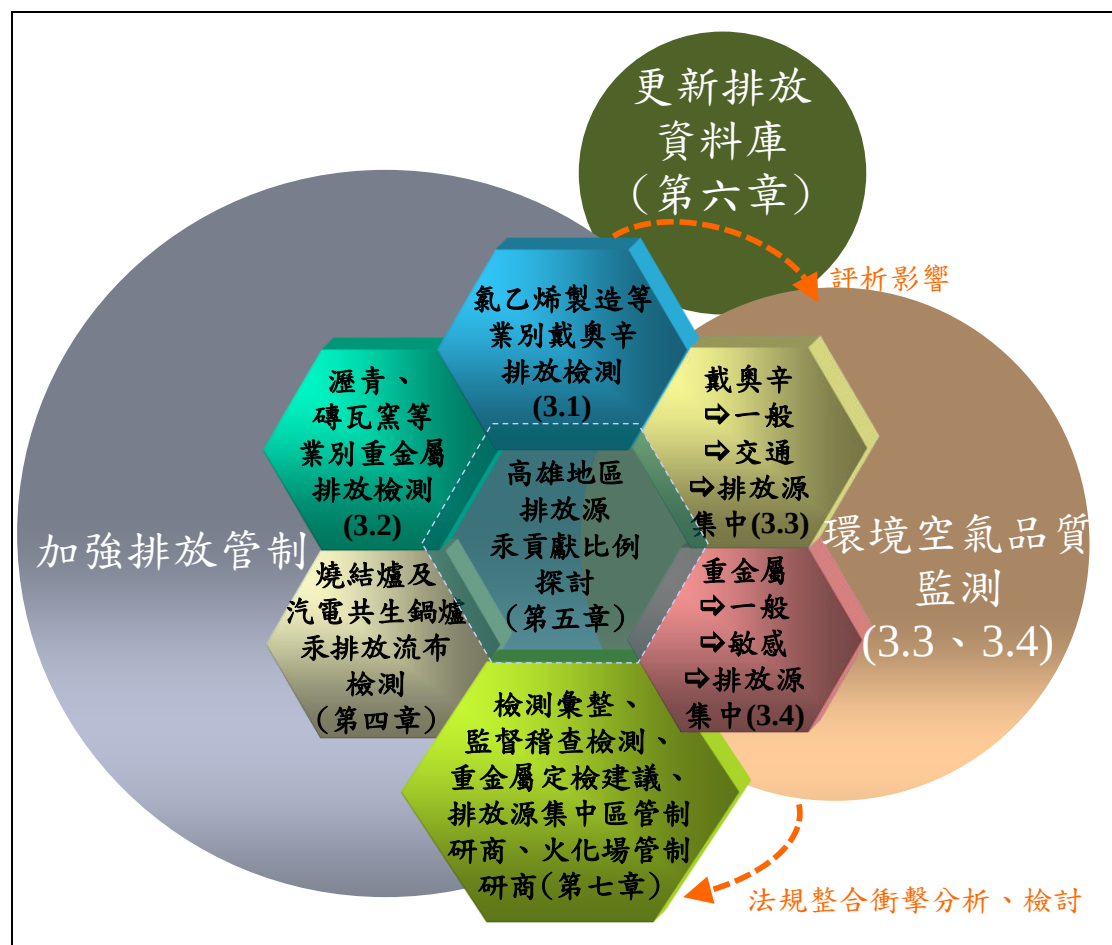
表 1-1 本計畫工作內容彙整表

工作項目	工作內容
一、排放資料庫更新與建置	(一)依據年度相關稽查、定檢及相關產業調查數據，更新及建置戴奧辛及重金屬排放清冊。 (二)評估及研擬擴大排放資料庫配套措施。
二、排放檢測與環境監測	(一)規劃及執行戴奧辛及重金屬環境空氣監測作業： 1.規劃監測點選擇原則，於篩選測點執行戴奧辛(含多氯戴奧辛、多氯呋喃及似戴奧辛多氯聯苯)環境空氣監測至少 148 站次(含一般空品站、交通測站及排放源集中區)，每站監測時間至少 72 小時以上(每季一次)。並與歷年監測數據比較，對環境空氣戴奧辛濃度提出檢討評估及原因分析。 2.規劃監測點選擇原則，於篩選測點執行重金屬(鉛、鎘、汞、砷、鉻、鎳及六價鉻等 15 項目)環境空氣監測總計 42 站次(含一般空品區、環境敏感區及排放源集中區)，每次監測必須 24 小時以上(半年一次)。並與歷年監測數據比較，對環境空氣重金屬濃度提出檢討、評估及原因分析。 3.彙整國內相關監測數據(監資處、縣市環保局)，針對環境空氣戴奧辛及重金屬濃度提出檢討、評估，並規劃可行減量方案。 (二)針對石化業(二氯乙烯製造)、添加廢棄物之水泥窯、瀝青拌合業、燃油鍋爐、小型燃材蒸氣鍋爐進行戴奧辛排放檢測，分析項目包含多氯戴奧辛、多氯呋喃及似戴奧辛多氯聯苯，檢測數量至少需 5 根次。並評析以 I-TEF 或 WHO-TEF 換算對於排放毒性當量濃度之影響。 (三)針對瀝青、磚瓦窯等業別重金屬(15 項重金屬及六價鉻)排放調查，檢測數量至少需 5 根次。
三、高雄地區排放源重金屬汞貢獻比例探討分析：進行高雄地區固定污染源重金屬汞擴散模擬，探討分析各排放源之貢獻比例	
四、探討燒結爐及汽電共生鍋爐汞物種流布機制及排放減量策略規劃(燒結爐及汽電共生鍋爐各一座)	(一)於各空氣污染物防制設備後各排放管道、進行氣狀汞、氧化汞及粒狀汞採樣分析，每機組至少檢測 2 次。 (二)針對汞流布檢測當時之主要含汞進料及產品，進行實際汞採樣分析，分析總汞含量。 (三)進行整體汞質量平衡分析及提出排放減量策略及可能衝擊影響分析。 (四)配合國際管制趨勢，蒐集汞排放最新管制趨勢，並規劃未來排放管制策略。
五、協助辦理戴奧辛及重金屬減量、污染事件緊急應變等事宜。	(一)戴奧辛及重金屬相關法規研修、整合及衝擊分析，整合已發布排放標準，檢討研訂(修)管制法令。 (二)配合督查總隊戴奧辛稽查，需全程陪同監督檢測，同時對於稽查對象、篩選策略原則提出相關建議事項。 (三)每月彙整戴奧辛排放源稽查、定檢相關資料，提報本署，以利掌管制工作執行現況。針對經常性不合格對象，應研擬因應對策，供本署參考。 (四)追蹤、解析國內戴奧辛及重金屬重大排放源排放現況、減量成效及評估進一步減量可行策略。

表 1-2 本計畫工作進度表

工作項目	工作細項及重點	權重 (%)	進度 (%)	102 年											
				3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月		
一、更新及建置戴奧辛及重金屬排放清冊	1.彙整戴奧辛排放稽查及定檢資料	3	100												
	2.戴奧辛及重金屬排放清冊更新	10	100												
	3.追蹤戴奧辛與重金屬重大排放源現況與減量成效	3	100												
	4.評估及研擬擴大重金屬排放資料庫配套措施	2	100												
二、戴奧辛及重金屬排放調查與環境監測	1.戴奧辛及重金屬環境空氣監測														
	(1)戴奧辛環境空氣監測共 148 站次(每季 37 站)	20	100												
	(2)重金屬環境空氣監測共 42 站次(每半年 21 站)	10	100												
	2.氯乙烯製造、添加廢棄物之水泥窯、瀝青拌合業、燃油鍋爐、小型燃煤蒸氣鍋爐等業別戴奧辛(含多氯戴奧辛、多氯呋喃及戴奧辛類多氯聯苯)排放檢測 5 根次	5	100												
	3.瀝青、磚瓦窯等業別重金屬排放檢測 5 根次	5	100												
三、高雄地區排放源重金屬汞貢獻比例探討	1.高雄地區重金屬汞排放資料建立	3	100												
	2.高雄地區重金屬汞排放擴散模擬	5	100												
	3.高雄地區重金屬汞排放來源分析與控制技術分析	7	100												
四、探討燒結爐及汽電共生鍋爐汞物種流布機制及排放減量策略規劃	1.各空污防制設備後之煙道氣與進料、產品汞含量採樣分析	10	100												
	2.檢測結果之汞質量平衡分析及減量策略研擬	5	100												
五、辦理緊急應變及相關事宜	1.戴奧辛及重金屬法規研修檢討	5	100												
	2.配合督查總隊戴奧辛稽查作業全程監督	5	100												
	3.派駐駐署人員	2	100												
	第 1 次工作進度報告、期中報告、期末報告初稿		-	-		📖			📖				📖		
預定進度累積百分比(%)		-	-	12	25	46	52	63	75	81	95	99	100		
實際進度累積百分比(%)		-	-	12	25	46	52	60	75	81	95	99	100		

註：＝表預定進度，■表實際進度。



註：括號內為本報告撰寫章節

圖 1-2 本計畫執行架構圖

第二章 戴奧辛及重金屬管制法令彙整



第二章 戴奧辛及重金屬管制法令彙整

2.7 戴奧辛

一、我國

環保署自民國 85 年起即持續進行行業別排放調查，以管制戴奧辛排放，將國內主要戴奧辛排放源－廢棄物焚化爐、鋼鐵業電弧爐、燒結工場及集塵灰高溫冶煉設施等重大排放源納管；後續為持續加強戴奧辛管制工作，也針對一般性固定污染源發布「固定污染源戴奧辛排放標準」；使國內所有固定污染源所排放戴奧辛全數受到管制，已發布戴奧辛管制標準整理如表 2-1 所示。

二、其他國家

蒐集美洲、歐洲、亞洲、大洋洲等各國家及地區之戴奧辛立法管制情形及排放量結構；由於各國發布統計排放量基準年並不一致，本計畫以蒐集最新版資訊為主，並將持續進行更新，整理如表 2-2。由表中可看出，各國對戴奧辛排放管制以焚化爐為主，鋼鐵業排放源亦為主要管制對象，就排放限值及管制業別而言，我國固定源戴奧辛排放管制在世界各國屬較嚴格者。

表 2-1 我國戴奧辛管制及排放標準

管制對象	適用條件	排放標準 (ng I-TEQ/Nm ³)	施行日期 (民國年/月/日)
(一)廢棄物焚化爐	10 ton/hr 以上或 300 ton/day	新設	86/08/08
		既存	90/08/08
(二)中小型廢棄物焚化爐	4 ton/hr 以上	新設	90/01/01
		既存	92/01/01
	4 ton/hr 以下	新設	90/01/01
		既存	93/01/01
(三)煉鋼業電弧爐	無處理規模限制	新設	91/01/01
		既存	5
		既存	93/01/01
(四)鋼鐵業燒結工場	無處理規模限制	新設	0.5
		既存	93/06/16
		既存	2.0
(五)鋼鐵業集塵灰高溫冶煉設施	無處理規模限制	新設	1.0
		新設	97/01/01
		新設	0.4
		新設	94/10/12
(六)一般性固定污染源	無處理規模限制	新設	94/10/12
		新設	9
		新設	95/09/01
		新設	1
(七) 高雄市鋼鐵業燒結工場戴奧辛管制及排放標準	地方加嚴標準，目前適用對象為中鋼公司 4 座燒結爐	新設	0.5
		新設	(4 座燒結爐平均)
		新設	99/01/01

表 2-2 世界各國及地區之戴奧辛排放結構及管制法令彙整(1/5)

國家/區域		戴奧辛排放量/主要排放源	戴奧辛管制法規			
			管制業別	排放限值	/ 生效日期	
美洲	1. 美國	2000年基準年(於2006年發布)排放於大氣戴奧辛量為1,244 g-TEQ/年，主要排放源為庭院廢棄物燃燒、醫療廢棄物焚化爐及都市廢水處理場污泥	都市廢棄物焚化爐	/ 13~125 ng/dscm	/ 2006	
			醫療廢棄物焚化爐	/ 0.013~0.054 ng TEQ/dscm/	2009	
			有害廢棄物焚化爐	/ 0.2~0.4 ng TEQ/dscm	/ 2002	
			事業廢棄物焚化爐	/ 0.13 ng TEQ/dscm	/ 2011	
			能源回收單元	/ 0.076~0.32 ng TEQ/dscm	/ 2011	
			水泥窯	/ 0.2 ng TEQ/dscm	/ 2013	
			鋁二級冶煉	/ 0.25~15.0 ug I-TEQ/進料	/ 2002	
	2. 加拿大	2001年基準年推估排放於大氣戴奧辛量為172 g-TEQ/年，主要排放源為都市焚化爐、木材燃燒及鋼鐵業燒結爐	廢棄物焚化爐	/ 0.08~0.10 ng I-TEQ/Rm ³	/ 2001	
			紙業黑液鍋爐	/ 0.1~0.5 ng I-TEQ/Rm ³	/ 2001	
			煉鋼業燒結爐	/ 0.2~1.35 ng I-TEQ/Rm ³	/ 2001	
			煉鋼業電弧爐	/ 0.1~0.15 ng I-TEQ/Rm ³	/ 2001	
亞洲	1. 日本	2009年基準年推估排放於大氣戴奧辛量為158~161g-TEQ/年，主要排放源為一般廢棄物焚化爐(23%)、事業廢棄物焚化爐(21%)、小型焚化爐(21%)煉鋼業電弧爐(18%)及一般廢棄物焚化爐(13%)	都市廢棄物焚化爐	/ 0.1~80 ng I-TEQ/m ³	/ 2000	
			電弧爐	/ 0.5~20 ng I-TEQ/m ³	/ 2000	
			燒結爐	/ 0.1~2.0 ng I-TEQ/m ³	/ 2000	
			鋅回收設施	/ 1.0~10 ng I-TEQ/m ³	/ 2000	
			鋁合金製造業	/ 1.0~20 ng I-TEQ/m ³	/ 2000	
	2. 台灣	2009年推估排放於大氣戴奧辛量為52.9 g-TEQ/年，主要排放源為電弧爐、事業廢棄物焚化、集塵灰處理設施及燒結爐。	廢棄物焚化爐	/ 0.1 ng I-TEQ/m ³	/ 2001	
			中小型廢棄物焚化爐	/ 0.1~0.5 ng I-TEQ/m ³	/ 2004	
			電弧爐	/ 0.5 ng I-TEQ/m ³	/ 2007	
			燒結爐	/ 0.5~1.0 ng I-TEQ/m ³	/ 2008	
	3. 中國	2004年為基準年，推估排放量為5,042 g-TEQ/年，主要排放源為鋼鐵及金屬冶煉業(2,486.2)、發電業(1,304.4)及廢棄物焚化(610.47)。	生活垃圾焚化爐	/ 1.0 ng I-TEQ/m ³	/ 2002	
			危險廢物焚化爐	/ 0.5 ng I-TEQ/m ³	/ 2002	
			燒結爐	/ 0.5~1.0 ng I-TEQ/m ³	/ 2012	
			電弧爐	/ 0.5~1.0 ng I-TEQ/m ³	/ 2012	

表 2-2 世界各國及地區之戴奧辛排放結構及管制法令彙整(2/5)

國家/區域		戴奧辛排放量/主要排放源	戴奧辛管制法規 管制業別 / 排放限值 / 生效日期		
亞洲	4.香港	1997年基準年推估排放於大氣戴奧辛量為23-33 g-TEQ/年，主要排放源為都市廢棄物焚化爐(91%)。	依據大陸標準，未另行制訂地區性法規		
	5.新加坡	推估戴奧辛排放量為20 g-TEQ/年，管制對象為焚化爐	廢棄物焚化爐	/	0.1~1.0 ng I-TEQ/m ³ / 2001
歐洲	1.奧地利	2007年基準年推估排放於大氣戴奧辛量為48 g-TEQ/年，主要排放源為木材燃燒(36%)及鋼鐵業燒結爐(41%)	焚化爐	/	0.1 ng I-TEQ/m ³ / 1994
			燒結爐	/	0.4 ng I-TEQ/m ³ / 1997
			鋼鐵業	/	0.4 ng I-TEQ/m ³ / 1997
			銅冶煉業	/	0.9 ng I-TEQ/m ³ /
	2.比利時	2007年基準年推估排放於大氣戴奧辛量為58.0 g-TEQ/年，主要排放源為木材燃燒、燒結爐。	都市廢棄物焚化爐	/	0.1 ng I-TEQ/m ³ / 1995
			污泥焚化爐	/	0.1 ng I-TEQ/m ³ / 2000
			煉油業觸媒再生	/	0.5~2.5 ng I-TEQ/m ³ / 2002
			金屬冶煉業	/	0.5~1.0 ng I-TEQ/m ³ / 2003
			非鐵金屬冶煉業	/	0.5~2.5 ng I-TEQ/m ³ / 2002
			燒結爐	/	0.5~2.5 ng I-TEQ/m ³ / 2002
			火葬場	/	0.1 ng I-TEQ/m ³ / 2003
			木材焚化(處理量>1 t/h)	/	0.1 ng I-TEQ/m ³ / 1997
	3.丹麥	2000年推估排放於大氣戴奧辛量為45-72g-TEQ/年，主要排放源為都市廢棄物焚化爐(44%)、鋼鐵業電弧爐(15%)及露天燃燒(12%)。	廢棄物焚化爐	/	0.1 ng I-TEQ/m ³ / 1997
	4.芬蘭	2000年推估排放於大氣戴奧辛量為64-82 g-TEQ/年，主要排放源為燒結爐(47%)及木材燃燒(28%)。	廢棄物焚化爐	/	1.0 ng I-TEQ/m ³ /
	5.法國	2007年基準年推估排放於大氣戴奧辛量為117 g-TEQ/年，主要排放源為木材燃燒、都市廢棄物焚化爐及燒結爐。	都市廢棄物焚化爐	/	0.1 ng I-TEQ/m ³ / 1997
	6.希臘	2000年推估排放於大氣戴奧辛量為90-135 g-TEQ/年，主要排放源為醫療焚化爐(38%)、木材燃燒(38%)。	遵循歐盟，未另行訂定各業別戴奧辛排放濃度限值		

表 2-2 世界各國及地區之戴奧辛排放結構及管制法令彙整(3/5)

國家/區域		戴奧辛排放量/主要排放源	戴奧辛管制法規		
			管制業別	排放限值	生效日期
歐洲	7.德國	2007年基準年推估排放於大氣戴奧辛量為83 g-TEQ/年，主要排放源為燒結爐(51%)。	都市廢棄物焚化爐	/ 0.1 ng I-TEQ/m ³	/ 1990
			火葬場	/ 0.1 ng I-TEQ/m ³	/ 1997
			鋼鐵業及金屬冶煉製程(含集塵灰處理設施)期望排放標準值為0.1 ng I-TEQ/m ³ ，但不得超過0.4 ng I-TEQ/m ³ ，自2002年生效。		
	8.愛爾蘭	2000年推估排放於大氣戴奧辛量為26-39 g-TEQ/年，主要排放源為燃煤(28%)、燃燒木材(28%)、露天燃燒(13%)。	廢棄物焚化爐原則上遵循歐盟建議，以0.1 ng I-TEQ/Nm ³ 為排放限值		
	9.盧森堡	2000年推估排放於大氣戴奧辛量為8-12 g-TEQ/年，主要排放源為電弧爐(81%)。	都市廢棄物焚化爐	/ 0.1 ng I-TEQ/m ³	/ 1991
	10.荷蘭	2000年推估排放於大氣戴奧辛量為66-82 g-TEQ/年，主要排放源為木材處理業(81%)。	水泥窯	/ 0.1 ng I-TEQ/m ³	/
			焚化爐(都市及有害廢棄物)	/0.1 ng I-TEQ/m ³	/ 1989
	11.挪威	2000年推估排放於大氣戴奧辛量為34-54 g-TEQ/年，主要排放源為燃燒木材(42%)。	都市廢棄物焚化爐	/ 0.1~2.0 ng I-TEQ/m ³	/
	12.葡萄牙	2000年推估排放於大氣戴奧辛量為88-133 g-TEQ/年，主要排放源為燃燒木材(67%)。	廢棄物焚化爐原則上遵循歐盟建議，以0.1 ng I-TEQ/Nm ³ 為排放限值		
	13.西班牙	2000年推估排放於大氣戴奧辛量為112-327 g-TEQ/年，主要排放源為燃燒木材(23%)、電弧爐(22%)。	廢棄物焚化爐原則上遵循歐盟建議，以0.1 ng I-TEQ/Nm ³ 為排放限值		
	14.瑞典	2007年基準年推估排放於大氣戴奧辛量為36 g-TEQ/年，主要排放源為木材處理業、廢棄物焚化爐。	都市廢棄物焚化爐	/ 0.1~2.0 ng I-TEQ/m ³	/ 1993
	15.義大利	2007年基準年推估排放於大氣戴奧辛量為318 g-TEQ/年，主要排放源為事業廢棄物焚化爐、燒結爐。	都市廢棄物焚化爐	/ 0.1 ng I-TEQ/m ³	/ 1997
	16.瑞士	2000年推估排放於大氣戴奧辛量為54-87 g-TEQ/年，主要排放源為露天燃燒(17%)及電弧爐(16%)。	廢棄物焚化爐原則上遵循歐盟建議，以0.1 ng I-TEQ/Nm ³ 為排放限值		

表 2-2 世界各國及地區之戴奧辛排放結構及管制法令彙整(4/5)

國家/區域		戴奧辛排放量/主要排放源	戴奧辛管制法規 管制業別 / 排放限值 / 生效日期
歐洲	17.英國	2007年基準年排放於大氣戴奧辛量為169 g-TEQ/年，主要排放源為都市廢棄物焚化爐、非鐵金屬冶煉。	遵循歐盟，未另行訂定各業別戴奧辛排放濃度限值
大洋洲	1.澳大利亞	2002年為基準年，排放於大氣戴奧辛量為500g-TEQ/年，主要排放源為人為非控制燃燒(67%)。	未訂定全國性各業別戴奧辛排放濃度限值
	2.紐西蘭	1998年為基準年，推估排放於大氣戴奧辛量為14-51g-TEQ/年，主要排放源為垃圾掩埋焚燒(71%)。	焚化設施排放標準已在研議中

註： 1. 若該法規含新設、既存或因規模不同而有不同生效日期時，本表所列為最早之生效日。

2. 本表之生效日期均以西元年表示

表 2-2 世界各國及地區之戴奧辛排放結構及管制法令彙整(5/5)

	戴奧辛排放量 (g TEQ/年)	已完成排放標準發布之行業別							蒐集資料來源
		焚化爐	電弧爐	燒結爐	鋁二次冶煉	鋅回收業	水泥窯	火葬場	
1.美國	1,244 (2000 年)	◆			◆		◆		1. “Exposure and Human Health Reassessment of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo- <i>p</i> -Dioxin (TCDD) and Related Compounds”, (SAB Review Draft), National Center for Environmental Assessment Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, September 2000 2. “CANADA-WIDE STANDARDS for DIOXINS AND FURANS”, Canadian Council of Ministers of the Environment, May 1, 2001 3. “CANADA-WIDE STANDARDS for DIOXINS AND FURANS” : Iron Sintering Plants , Canadian Council of Ministers of the Environment, March, 2003 4. “CANADA-WIDE STANDARDS for DIOXINS AND FURANS” : Steel Manufacturing Electric Arc Furnaces , Canadian Council of Ministers of the Environment, March, 2003 5. ダイオキシン類の排出量の目録（排出インベントリ），平成 24 年 3 月(2012 年)，環境省 6. “An Assessment of Dioxin Emissions in Hong Kong : Final Report”, March 2000, Kowloon, Hong Kong, Environmental Resources Management 7. “Regionally Based Assessment of Persistent Toxic Substances : South East Asia and South Pacific Regional Report”, December 2002, United Nations Environment Programme. 8. “European Union emission inventory report 1990–2010 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution”, 2012. 9. New Zealand inventory of dioxin emissions to air, land and water, and reservoir sources , Organochlorines Programme Ministry for the Environment , 2000 10. National Dioxins Program—Technical Report No. 3 Inventory of Dioxin Emissions in Australia, 2004。 11. 中華人民共和國履行《關於持久性有機污染物的斯德哥爾摩公約》國家實施計畫，2007
2.加拿大	172 (2001 年)	◆	◆	◆					
3.日本	158~160 (2011 年)	◆	◆	◆	◆	◆			
4.中國	5,042 (2004 年)	◆	◆	◆					
5.香港	23 ~ 33 (1997 年)	◆							
6.新加坡	20 (2000 年)	◆							
7.奧地利	39 (2010 年)	◆	◆	◆					
8.比利時	59 (2010 年)	◆	◆	◆	◆			◆	
9.丹麥	26 (2010 年)	◆							
10.芬蘭	15 (2010 年)	◆							
11.法國	98 (2010 年)	◆							
12.德國	68 (2010 年)	◆				◆		◆	
13.匈牙利	44 (2010 年)	◆							
14.愛爾蘭	16 (2010 年)	◆							
15.義大利	262 (2010 年)	◆							
16.盧森堡	1.1 (2010 年)	◆					◆		
17.荷蘭	30 (2010 年)	◆							
18.波蘭	421 (2010 年)	◆							
19.葡萄牙	8.2 (2010 年)	◆							
20.羅馬尼亞	157 (2010 年)	◆							
20.西班牙	140 (2010 年)	◆							
21.瑞典	43 (2010 年)	◆							
22.英國	186 (2010 年)	◆		◆					
23.澳洲	500 (2002 年)	◆							
24.紐西蘭	14~51 (1998 年)								

2.2 重金屬

一、我國

在重金屬排放管制部分，目前已發布「固定污染源空氣污染物排放標準」訂有鉛、鎘及其化合物排放標準，另依行業別分別訂有「鉛二次冶煉廠鉛排放標準」及「廢棄物焚化爐空氣污染物排放標準」；另外，目前已積極進行燃煤電廠汞排放標準研訂工作，目前草案值訂為既存燃煤電廠 $5 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 及新設燃煤電廠 $2 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ，相關排放管制標準整理如表 2-3。

為加強重金屬排放管制工作，目前積極建置重金屬排放資料庫及排放現況調查，主要行業別包括：銅二次熔煉、鋁二次熔煉、鎂二次熔煉、燃煤鍋爐汞排放、燃煤汽電共生鍋爐、煉鋼業電弧爐、鋼鐵業燒結工場、水泥旋窯、半導體業及光電業、資源回收業等，進行煙道排放檢測以瞭解國內重金屬排放現況及可能對民眾所造成之風險危害，積極評估是否應加強排放管制標準研訂工作，以降低重金屬對環境及民眾造成的危害。

二、其他國家

世界各國重金屬排放管制對象以廢棄物焚化爐及金屬二次熔煉為主(表 2-4)；近期較受矚目的燃煤發電鍋爐重金屬汞排放管制，依據美國研究調查發現，因一般燃煤均含微量汞，煤燃燒後約有 2/3 的汞會排放於大氣中，其他 1/3 經空污防制設備捕集後，留存於底灰、飛灰或排煙脫硫設備廢水；為對燃煤電廠排放汞進行管制，歷經多年調查及努力，美國最終於 2011 年 12 月完成標準訂定、發布實施；而加拿大環境部委員會也仿效美國作法，於 2006 年 10 月發布燃煤發電鍋爐汞排放管制規範，同樣依據不同燃煤性質訂定不同管制標準。

另外，針對另一汞的大排放源波特蘭水泥廠，美國環保署亦於 2010 年 9 月 9 日發佈有害空氣污染物排放管制標準，預訂於 2013 年全面實施，估計每年可減少約 1.66 萬磅或 92% 的汞排放；其他國家則尚未研擬相關管制標準，而新加坡則類似我國，訂有固定污染源重金屬排放標準管制。各國詳細管制標準如表 2-5。

表 2-3 我國重金屬管制及排放標準

法規名稱	發布日期 (民國年/月/日)	實施標準
(一) 固定污染源空氣污染物排放標準	81/04/10	❖鉛及其化合物：10 mg/Nm ³ ❖鎘及其化合物：1 mg/Nm ³ ❖其他空氣污染物：依據污染源之排放管道口高度與排放管道至該污染源周界之最短水平距離計算
(二) 鉛二次冶煉廠空氣污染物排放標準	81/08/28	❖鉛及其化合物：10 mg/Nm ³
(三) 廢棄物焚化爐空氣污染物排放標準	95/12/25 修正發布	<u>2007 年 1 月 1 日(含)以後設立之廢棄物焚化爐</u> (一)處理量未達 4 公噸/小時 ❖鉛及其化合物：0.5 mg/Nm ³ ❖鎘及其化合物：0.04 mg/Nm ³ ❖汞及其化合物：0.05 mg/Nm ³ (二)處理量 4 公噸/小時以上 ❖鉛及其化合物：0.2 mg/Nm ³ ❖鎘及其化合物：0.02 mg/Nm ³ ❖汞及其化合物：0.05 mg/Nm ³ <u>2007 年 1 月 1 日前設立之廢棄物焚化爐</u> (一)處理量未達 4 公噸/小時 ❖鉛及其化合物：0.5 mg/Nm ³ ❖鎘及其化合物：0.04 mg/Nm ³ ❖汞及其化合物：0.1 mg/Nm ³ (二)處理量 4 公噸/小時以上 ❖鉛及其化合物：0.2 mg/Nm ³ ❖鎘及其化合物：0.02 mg/Nm ³ ❖汞及其化合物：0.05 mg/Nm ³
(四) 臺中市電力設施空氣污染物排放標準 (地方法規)	95/05/10 修正發布 101/06/07 由臺中 縣修正為臺中市	❖同型燃煤機組應每半年定期擇半數以上機組輪流進行粒狀物粒徑分布及重金屬之汞、鉻、鎘、鉛、鎳、砷及多環芳香烴化合物。
(五) 臺中市固定污染源六價鉻排放標準 (地方法規)	101/05/24 發布 101/11/24 施行	❖排放管道為 500 ng/Nm ³ 、周界為 5 ng/Nm ³ 。 ❖適用製程類別為電弧爐煉鋼製程、廢棄物焚化爐製程、燃煤鍋爐、金屬二級冶煉製程及含鉻電鍍製程。
(六) 電力設施空氣污染物排放標準	草案預告	汞及其化合物 ❖既存燃煤電廠：5 µg/Nm ³ ❖新設燃煤電廠：2 µg/Nm ³

表 2-4 世界各國重金屬排放管制業別彙整表

國別	燃煤發電 鍋爐	焚化爐	熔煉業	工業窯爐	燃燒爐	鉛蓄電池	波特蘭 水泥廠	固定污染源
美國	◆	◆	◆	◆	◆		◆	
加拿大	◆	◆	◆					
日本			◆					
新加坡								◆
韓國	◆	◆					◆	◆
德國	◆	◆			◆		◆	◆
歐盟		◆						
中國	◆			◆		◆		

表 2-5 世界各國重金屬排放結構及管制規範彙整表(1/9)

國家/區域		重金屬排放現況	管制業別或製程		管制法規				
					管制項目	排放限值	生效/修訂日		
美洲	美國	(一)1998 年排放調查: 1.砷:(噸) 非鐵金屬製程:1371,鐵金屬:542,其它工業製程:54;水泥製造:31,焚化:620 (二)美國大氣排放源 1.砷:(Kilo megatons/year) 主要包括能源產品:0.470,礦業、熔煉及精鍊:0.370,工業:0.0530,廢棄物焚化爐:0.003,殺蟲劑等人為排放源 0.104 (三)1990-1993 美國國家毒物調查 33 種都市 HAPs 排放: 1.砷:(噸/年) 非鐵金屬冶煉:3.49073 廢棄物焚化爐:0.00060 2.鎘:(噸/年) 非鐵金屬冶煉:4.96640 廢棄物焚化爐:0.00102 3.鉛:(噸/年) 非鐵金屬冶煉:117.67273 廢棄物焚化爐:0.00958 4.汞:(噸/年) 非鐵金屬冶煉:1.118595 廢棄物焚化爐:0.07402 5.鎳:(噸/年) 非鐵金屬冶煉:24.86 廢棄物焚化爐:0.006	鉛二次熔煉業 ^{註1}	新設(2011/05/19 後修建或重建者)	鉛	0.2 mg/ dscm	2012/01/05		
				既設(2011/05/19 前設置)		1.0 mg/ dscm			
			大型都市垃圾焚化爐 ^{註2} (>250 噸/天) (7% O ₂)	新設 (1994/9/20 後建置或 1996/6/19 後修建或重建者)	鉛	140µg/dscm	2006/05/10		
					鎘	10 µg/dscm			
				既設 (1994/9/20 前設置)	汞	50µg/dscm 或 85%排放減量			
					鉛	400 µg/dscm			
					鎘	35 µg/dscm			
					汞	50 µg/dscm 或 85%排放減量			
			小型都市垃圾焚化爐 (35~250 噸/天) (7% O ₂)	既設 ^{註3} (1999/8/30(含)前建置)	全廠燃燒容量 >250 噸/天	鉛	0.490 mg/dscm	2003/01/31	
						鎘	0.040 mg/dscm		
						汞	0.080 mg/dscm 或 85%排放減量		
				全廠燃燒容量 ≤ 250 噸/天	鉛	1.6 mg/dscm	2001/06/06		
					鎘	0.10 mg/dscm			
					汞	0.080 mg/dscm 或 85%排放減量			
					新設(1999/8/30 後建置或 2001/6/6 後修建或重建者) ^{註4}	鉛		0.20 mg/dscm	2011/03/21
						鎘		0.020 mg/dscm	
汞	0.080 mg/dscm 或 85%排放減量								
商業、工業固體廢棄物焚化單元 ^{註5}	既設固體廢棄物焚化爐 (1999/11/30~2010/6/4 設置或 2001/6/1~2011/9/21 修建或重建者)	鉛	0.04 mg/dscm	2011/03/21					
		鎘	0.004 mg/dscm						
		汞	0.47mg/dscm						

- 註： 1. 法規名稱：National Emissions Standards for Hazardous Air Pollutants From Secondary Lead Smelting
 2. 法規名稱：Standards of Performance for New Stationary Sources and Emission Guidelines for Existing Sources: Large Municipal Waste Combustors
 3. 法規名稱：Combustion Unites Constructed on or Before August 30, 1999
 4. 法規名稱：New Source Performance Standards for New Small Municipal Waste Combustion Units
 5. 法規名稱：Standards of Performance for New Stationary Sources and Emission Guidelines for Existing Sources: Commercial and Industrial Solid Waste Incineration Units
 6. dscm(Dry Standard Cubic Meter)為 15℃、1atm 狀態下體積

表 2-5 世界各國重金屬排放結構及管制規範彙整表(2/9)

國家/區域		重金屬排放現況	管制業別或製程				管制法規			
							管制項目	排放限值	生效/修訂日	
美洲	美國	(四)2005 年汞排放調查 (噸/年) 1.電廠：53 2.都市垃圾焚化爐：2 3.醫療廢棄物焚化爐：1	商業、工業固體廢棄物焚化單元 ^{註1}	新設 (2010/6/4(含)後 建置或 2011/9/21 後修 建或重建者)	固體廢棄物焚化爐		鉛	0.0019 mg/dscm	2011/03/21	
							鎘	0.0023 mg/dscm		
							汞	0.00016 mg/dscm		
					能源回收單元	液/氣體	鉛	0.096 mg/dscm		
							鎘	0.0023 mg/dscm		
							汞	0.00025 mg/dscm		
					固體		鉛	0.00313mg/dscm		
							鎘	0.00051 mg/dscm		
							汞	0.00033 mg/dscm		
					水泥旋窯代處理廢棄物		鉛	0.0026 mg/dscm		
							鎘	0.00048 mg/dscm		
							汞	0.0062mg/dscm		
					小型焚化爐 (模組式)		鉛	0.26 mg/dscm		
							鎘	0.61 mg/dscm		
							汞	0.0035 mg/dscm		
			工業、商業、公用鍋爐及製程加熱爐 (>10 MMBtu/hr) ^{註2}	固體燃料燃燒單元		新設	汞	3.5E-06 lb/MMBtu 輸入熱值	2011/05/16	
						既存		4.6E-06 lb/MMBtu 輸入熱值		
				液體燃料燃燒單元		新設		2.1 E-07 lb/MMBtu 輸入熱值		
						既存		3.5 E-06 lb/MMBtu 輸入熱值		
				液體燃料燃燒單元 (非大陸地區)		新設		7.8 E-07 lb/MMBtu 輸入熱值		
						既存		7.8 E-07 lb/MMBtu 輸入熱值		
				氣體燃燒單元		新設		7.9 E-06 lb/MMBtu 輸入熱值		
						既存		1.3 E-05 lb/MMBtu 輸入熱值		

- 註： 1. 法規名稱：Standards of Performance for New Stationary Sources and Emission Guidelines for Existing Sources: Commercial and Industrial Solid Waste Incineration Units
 2. 法規名稱：Industrial, Commercial, and Institutional Boilers and Process Heaters and Commercial and Industrial Solid Waste Incineration Units
 3. dscm(Dry Standard Cubic Meter)為 15℃、1atm 狀態下體積

表 2-5 世界各國重金屬排放結構及管制規範彙整表(3/9)

國家/區域		重金屬排放現況	管制業別或製程		管制法規		
					管制項目	排放限值	生效/修訂日
美洲	美國		醫療焚化爐 mg/dscm (g/dscf) (7% O ₂)	2008/12/01 前設置或 2010/04/16 前修改 ^{註1}	鉛	L : 0.036(0.016) ; M : 0.018(0.0079) ; S : 0.31(0.14) ; SR : 0.50(0.22)	2013/05/13
					鎘	L : 0.0092(0.0040) ; M : 0.013(0.0057) ; S : 0.017(0.0074) ; SR : 0.11(0.048)	
					汞	L : 0.018(0.0079) ; M : 0.025(0.011) ; S : 0.014(0.0061) ; SR : 0.0051(0.0022)	
				2008/12/01 後設置或 2010/04/16 後修改者 ^{註2}	鉛	L : 0.00069 (0.00030) ; M : 0.018 (0.0079) ; S : 0.31 (0.14)	2009/10/06
					鎘	L : 0.00013 (0.000057) ; M : 0.0098 (0.0043) ; S : 0.017 (0.0074)	
					汞	L : 0.0013(0.00057) ; M : 0.0035 (0.0015) ; S : 0.014 (0.0061)	

- 註： 1. 法規名稱：Federal Plan Requirements for Hospital/Medical/Infectious Waste Incinerators Constructed On or Before December 1, 2008, and Standards of Performance for New Stationary Sources: Hospital/Medical/Infectious Waste Incinerators
2. 法規名稱：Standards of Performance for New Stationary Sources and Emissions Guidelines for Existing Sources: Hospital/Medical/Infectious Waste Incinerators
3. L=Large(>500 lb/hr of waste); M=Medium (>200 to ≤ 500 lb/hr of waste); S=Small (≤ 200 lb/hr of waste); SR = Small rural (small HMIWI >50 miles from boundary of nearest SMSA, burning <2,000 lb/wk of waste).
4. dscm(Dry Standard Cubic Meter)、dscf(Dry Standard Cubic feet)為 15°C、1atm 狀態下體積

表 2-5 世界各國重金屬排放結構及管制規範彙整表(4/9)

國家/區域		重金屬排放現況	管制業別或製程			管制法規		
						管制項目	排放限值	生效/修訂日
美洲	美國		有害廢棄物 燃燒源 ^{註1} (7% O ₂)	焚化爐	既設	汞	130µg/dscm	2005/10/12
						半揮發性金屬 ^{註2}	230 µg/dscm	
						低揮發性金屬 ^{註2}	92 µg/dscm	
					新設	汞	8.1 µg/dscm	
						半揮發性金屬	10 µg/dscm	
						低揮發性金屬	23 µg/dscm	
				水泥窯	既設	汞	有害廢棄物進料濃度限值 3.0ppmw 及 120µg/dscm(MTEC ^{註3})或總排放濃度 120µg/dscm	
						半揮發性金屬	7.6×10^{-4} lb/MMBtu 及 300µg/dscm	
						低揮發性金屬	2.1×10^{-5} lb/MMBtu 及 56 µg/dscm	
					新設	汞	有害廢棄物進料含汞濃度限值 1.9 ppmw 及 120µg/dscm(MTEC)或總排放濃度 120µg/dscm	
						半揮發性金屬	6.2×10^{-5} lb/MMBtu 及 180µg/dscm	
						低揮發性金屬	1.5×10^{-5} lb/MMBtu 及 54µg/dscm	
				輕骨料窯爐	既設	汞	120 有害廢棄物 MTEC 進料限值或 總排放濃度 120µg/dscm	
						半揮發性金屬	3.0×10^{-4} lb/MMBtu 及 250 µg/dscm	
						低揮發性金屬	9.5×10^{-5} lb/MMBtu 及 110 µg/dscm	
					新設	汞	120 有害廢棄物 MTEC 進料限值或 總排放濃度 120µg/dscm	
						半揮發性金屬	3.7×10^{-5} lb/MMBtu 及 43µg/dscm	
						低揮發性金屬	3.3×10^{-5} lb/MMBtu 及 110µg/dscm	

註： 1. 法規名稱：National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants: Final Standards for Hazardous Air Pollutants for Hazardous Waste Combustors

2. 半揮發性金屬：(Pb+Cd)、低揮發性金屬：(As+Be+Cr)

3. MTEC：maximum theoretical emission concentration, and is equivalent to the feed rate divided by gas flow rate.

4. dscm(Dry Standard Cubic Meter)為 15℃、1atm 狀態下體積

表 2-5 世界各國重金屬排放結構及管制規範彙整表(5/9)

國家/區域		重金屬排放現況	管制業別或製程			管制法規		
						管制項目	排放限值	生效/修訂日
美洲	美國		有害廢棄物燃燒源 ^{註1} (7% O ₂)	固體燃料鍋爐	既設	汞	11μg/dscm	2005/12/12
						半揮發性金屬 ^{註2}	180μg/dscm	
						低揮發性金屬 ^{註2}	380μg/dscm	
					新設	汞	11μg/dscm	
						半揮發性金屬	180μg/dscm	
						低揮發性金屬	190μg/dscm	
				液體燃料鍋爐	既設	汞	19μg/dscm (HW Fuel < 10,000Btu/lb) 4.2×10 ⁻⁵ (lb/MM Btu) (HW Fuel ≥ 10,000Btu/lb)	
						半揮發性金屬	150μg/dscm (HW Fuel < 10,000Btu/lb) 8.2×10 ⁻⁵ (lb/MM Btu) (HW Fuel ≥ 10,000Btu/lb)	
						低揮發性金屬	370μg/dscm (HW Fuel < 10,000Btu/lb) 1.3×10 ⁻⁴ (lb/MM Btu) (HW Fuel ≥ 10,000Btu/lb)	
					新設	汞	6.8μg/dscm (HW Fuel < 10,000Btu/lb) 1.2×10 ⁻⁶ (lb/MM Btu) (HW Fuel ≥ 10,000Btu/lb)	
						半揮發性金屬	78μg/dscm (HW Fuel < 10,000Btu/lb) 6.2×10 ⁻⁶ (lb/MM Btu) (HW Fuel ≥ 10,000Btu/lb)	
						低揮發性金屬	12μg/dscm (HW Fuel < 10,000Btu/lb) 1.4×10 ⁻⁵ (lb/MM Btu) (HW Fuel ≥ 10,000Btu/lb)	
				鹽酸生產熔爐	既設	汞	以總氯標準替代	
						半揮發性金屬	(Total Chlorine:150ppmv 或 99.923%去除效率)	
						低揮發性金屬		
				新設		汞	以總氯標準替代	
						半揮發性金屬	(Total Chlorine:25ppmv 或 99.987%去除效率)	
						低揮發性金屬		

註： 1. 法規名稱：National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants; Final Standards for Hazardous Air Pollutants for Hazardous Waste Combustors
 2. 半揮發性金屬：(Pb+Cd)、低揮發性金屬：(As+Be+Cr)
 3. dscm(Dry Standard Cubic Meter)為 15℃、1atm 狀態下體積

表 2-5 世界各國重金屬排放結構及管制規範彙整表(6/9)

國家/區域		重金屬排放現況	管制業別或製程		管制法規		
					管制項目	排放限值	生效/修訂日
美洲	美國		波特蘭水泥廠 ^{註1}	既設	汞	55 lb/MM tons clinker(不需含氧校正)	2013/02/12
				新設(2009/05/06 後開始建造、改裝或重建者)	汞	21 lb/MM tons clinker(不需含氧校正)	
			電廠 ^{註2}	燃煤電廠設計燃煤值>8300BTU/lb	汞	新設 0.003 lb/GWh 既存 0.0130(lb/GWh)	2013/04/24
				燃煤電廠設計燃煤值<8300BTU/lb		新設 0.04 (lb/GWh) 既存 0.04 (lb/GWh)	
				IGCC		新設 0.003 (lb/GWh) 既存 0.03(lb/GWh)	
				燃油機組		新設 0.0001 (lb/GWh) 既存 0.0020(lb/GWh)	
				燃油機組(離島)		新設 0.0004 (lb/GWh) 既存 0.0004 (lb/GWh)	
				固體石化衍生燃料		新設 0.002 (lb/GWh) 既存 0.002 (lb/GWh)	
美洲	加拿大	2003 年汞排放量(公噸): (1)焚化爐: 1.181 (2)非鐵金屬: 1.320 (3)水泥: 0.417 (4)電力: 2.432 (5)鋼: 0.417 (6)其他: 1.18	各式焚化爐(>120 噸/年, 11%O ₂) ^{註3}	都市垃圾焚化爐	汞	20 µg/Rm ³	2006
				醫療焚化爐		20 µg/Rm ³	2006
				有害廢棄物焚化爐		50 µg/Rm ³	2003
				污泥焚化爐		70 µg/Rm ³	2005
			既存醫療焚化爐(≤120 噸/年, 11%O ₂) ^{註3}			40 µg/Rm ³	2006
			鹼金屬熔煉製程(鋅、鎳、鉛、銅) ^{註3}	既存	汞	2g Hg/ton metal 成品	2008
				新設和擴充	汞	0.2 g Hg/ton metal 成品(鋅、鎳、鉛) 1 g Hg/ton metal 成品(銅)	2000
			燃煤發電鍋爐(新設) ^{註4}	煙煤	汞	85%	2006/10/11
				次煙煤		75%	
				褐煤		75%	
				混煤		85%	

註： 1. 法規名稱：National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for the Portland Cement Manufacturing Industry and Standards of Performance for Portland Cement Plants

2. 法規名稱：National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants From Coal- and Oil-Fired Electric Utility Steam Generating Units and Standards of Performance for Fossil-Fuel-Fired Electric Utility, Industrial-Commercial-Institutional, and Small Industrial-Commercial- Institutional Steam Generating Units

3. 法規名稱：Canada-wide Standard for Mercury Emissions (Endorsed by Ministers - June 2000)

4. 法規名稱：Canada-wide Standards for Mercury Emissions from Coal-fired Electric Power Generation Plants(Endorsed by Ministers, October 11, 2006)

5. Rm³ 為 25°C、1atm 狀態下體積

表 2-5 世界各國重金屬排放結構及管制規範彙整表(7/9)

國家/區域		重金屬排放現況	管制業別或製程			管制法規		
						管制項目	排放限值	生效日
中國	無相關排放資料	工業窯爐	金屬熔煉	1997/01 前設置	鉛	一級 5 mg/Nm ³	1997/01/01	
						二級 30 mg/Nm ³		
						三級 45 mg/Nm ³		
				1997/01 後設置	汞	一級 0.05 mg/Nm ³		
						二級 3 mg/Nm ³		
						三級 5 mg/Nm ³		
			1997/01 前設置	鉛	一級 禁排			
					二級 10 mg/Nm ³			
					三級 35 mg/Nm ³			
			1997/01 後設置	汞	一級 禁排			
二級 1 mg/Nm ³								
三級 3 mg/Nm ³								
其他	1997/01 前設置	鉛	一級禁排，二、三級 0.1 mg/Nm ³					
	1997/01 後設置	汞	一級禁排，二、三級 0.01 mg/Nm ³					
燃煤電廠			汞	0.03 mg/Nm ³	2012/01/01			
電子玻璃業(CRT 與平板顯示器玻璃、電光源玻璃等) (含氧率為 8%)			鉛	含鉛電子玻璃 既存：玻璃熔爐：0.7 mg/m ³ 配料、碎玻璃等其他通風生產設備：5 mg/m ³ 新設：玻璃熔爐：0.7 mg/m ³ 配料、碎玻璃等其他通風生產設備：3 mg/m ³	2013/07/01~ 2015/06/30 既 存玻璃業適用 既存標準， 2015/07/01 後 一律適用新設 標準。 新設標準於 2013/07/01 施 行			
				砷		使用砷化物為澄清劑 既存：玻璃熔爐：0.5 mg/m ³ 配料、碎玻璃等其他通風生產設備：5 mg/m ³ 新設：玻璃熔爐：0.5 mg/m ³ 配料、碎玻璃等其他通風生產設備：3 mg/m ³		
			銻			使用銻化物為澄清劑 既存及新設：玻璃熔爐：5 mg/m ³		

註： 1. 法規名稱：中華人民共和國國家標準，工業爐窯大氣污染物排放標準(GB 9078-1996)，1996 年 3 月 7 日發布
 2. 法規名稱：中華人民共和國國家標準，火電廠大氣污染物排放標準(GB 13223-2011)，2011 年 7 月 29 日發布
 3. 法規名稱：中華人民共和國國家標準，電子玻璃工業大氣污染物排放標準(GB 29495-2013)，2013 年 3 月 14 日發布

表 2-5 世界各國重金屬排放結構及管制規範彙整表(8/9)

國家/區域		重金屬排放現況	管制業別或製程		管制法規		
					管制項目	排放限值	生效日
亞洲	日本	日本 2003 年重金屬排放資料 (1)砷及其無機化合物：9.402 公噸 (2)鎳化合物：8.223 公噸 (3)六價鉻化合物：0.769 公噸 (4)鎘及其化合物：1.668 公噸 (5)鉍及其化合物：0.016 公噸 (6)汞及其化合物：0.021 公噸 (7)鉛及其化合物：63.18 公噸	非鐵金屬熔煉業	銅、鉛、鋅精煉	鉛	10 mg/Nm ³	1998
				銅、鉛、鎘精鍊製程	鉛	30 mg/Nm ³	
				鉛二次冶煉熔煉爐	鎘	1.0 mg/Nm ³	
				玻璃製造之烘爐及原料氧化鉛	鉛	10 mg/Nm ³	
			玻璃製造之烘爐及熔煉爐 製造鎘顏料或 CdCO ₃ 之乾燥設備	原料 CdS	鉛	20 mg/Nm ³	
					鎘	1.0 mg/Nm ³	
					鎘	1.0 mg/Nm ³	
					鎘	1.0 mg/Nm ³	
亞洲	韓國	無相關排放資料	焚化爐 (S：20℃、12% O ₂)	處理量 ≥ 2 T/H (感染性廢棄物處理設施為 0.2 T/H)	鉛	0.2 mg/Sm ³	2005/01/01
				0.2 T/H ≤ 處理量 < 2 T/H	鎘	0.02 mg/Sm ³	
				處理量 < 0.2 T/H	鉛	1.6 mg/Sm ³	
					鎘	0.1 mg/Sm ³	
			焚化爐 (S：20℃、12% O ₂)		鉛	5 mg/Sm ³	2009/01/01
					鎘	0.2mg/Sm ³	
					汞	0.1 mg/Sm ³	
			發電設施 (使用固體燃料的設施) (6% O ₂)		砷	0.5 mg/Sm ³	
					鎘	0.5 mg/Sm ³	
			(固體燃料使用量 2 公噸/小時以上)		鎘	0.1 mg/Sm ³	
					鉛	0.2 mg/Sm ³	
			(固體燃料使用量 200 公斤/小時~2 公噸/小時)		鎘	0.1 mg/Sm ³	
					鉛	1.6 mg/Sm ³	
			燒結金屬製造設施 (15% O ₂)		汞	0.1 mg/Sm ³	
			水泥業 (13% O ₂)		汞	0.1 mg/Sm ³	
					砷	0.5 mg/Sm ³	
			所有排放設施(除上方規定外)		汞	5 mg/Sm ³	
					砷	3 mg/Sm ³	
					鎘	1.0 mg/Sm ³	
					銅	10 mg/Sm ³	
					鎳	20 mg/Sm ³	
					鋅	10 mg/Sm ³	
					鉻	1.0 mg/Sm ³	
					鉛	5 mg/Sm ³	

表 2-5 世界各國重金屬排放結構及管制規範彙整表(9/9)

國家/區域		重金屬排放現況	管制業別或製程		管制法規		
					管制項目	排放限值	生效日
亞洲	新加坡	無相關排放資料	任何工業製程的排放管道		鉛	5 mg/Nm ³	2001/01/01
					鎘	3 mg/Nm ³	
					汞	3 mg/Nm ³	
					砷	1 mg/Nm ³	
					銅	5 mg/Nm ³	
					銻	5 mg/Nm ³	
歐洲	歐盟	2006 年歐盟 EU27 國重金屬排放量： 1.鉛及其化合物：2,239 噸 2.鎘及其化合物：127 噸 3.汞及其化合物：93 噸 4.砷及其化合物：198 噸 5.銅及其化合物：3,429 噸 6.鎳及其化合物：1,335 噸 7.鋅及其化合物：6,751 噸 8.鉻及其化合物：376 噸	有害廢棄物 焚化爐	1996/12/31 前設立	鎘、鉍	0.1 mg/Nm ³	-
					汞	0.1 mg/Nm ³	
					其他 (銻、砷、鉛、鉻、鈷、銅、錳、鈇)	1 mg/Nm ³	
				1997/01/01 後設立	鎘、鉍	0.1 mg/Nm ³	-
					汞	0.1 mg/Nm ³	
					其他 (銻、砷、鉛、鉻、鈷、銅、錳、鈇)	1 mg/Nm ³	
	德國	2006 年重金屬排放量： 1.鉛及其化合物：108 噸 2.鎘及其化合物：3 噸 3.汞及其化合物：3 噸 4.砷及其化合物：5 噸 5.銅及其化合物：2,113 噸 6.鎳及其化合物：108 噸 7.鋅及其化合物：1,885 噸 8.鉻及其化合物：31 噸	燃燒廠	固體燃料	汞及其化合物，成為汞指標物	0.03mg/m ³	2004
					鎘,鉍	0.05mg/m ³	
					砷,鉛,鉻,鈷,銅,錳,鎳,鈇,錫及其化合物及其指標物	0.5 mg/m ³	
					排除砷化三氫的砷、鎘、鈷的水溶性化合物、排除銀鉻酸鹽和鉛鉻酸鹽的鉻(VI)、砷、鎘、鋇、鉻	0.05 mg/m ³	
				液體燃料	鎘,鉍	0.5 mg/m ³	
					砷,鉛,鉻,鈷,銅,錳,鎳,鈇,錫及其化合物及其指標物	0.5 mg/m ³	
					排除砷化三氫的砷、鎘、鈷的水溶性化合物、排除銀鉻酸鹽和鉛鉻酸鹽的鉻(VI)、砷、鎘、鋇、鉻	0.05 mg/m ³	

三、全球汞評估報告(Global Mercury Assessment 2013, UNEP)

由於汞具有全球流通性，聯合國環境規劃署（UNEP）在 2013 年發表全球汞評估報告，報告中對於目前全球汞排放量、釋放於水體之量及汞在環境中之傳輸及宿命(transport and fate)，提供詳盡的最新資訊，該報告對於國內未來汞污染排放推估結果及規劃未來監測方向將有極大助益，摘錄其主要發現，說明如下：

(一)全球汞排放量推估

該報告以 2010 年為基準年，推估汞排放至大氣量約為 1,960(1,010-4,070)噸，推估誤差約在 50-100%，相關業別推估汞排放量結果整理如表 2-6；排放量趨勢大致上符合近年文獻推估量；但主要排放類別有些出入；該評估報告推估對全球汞排放的最大影響為小型金礦精煉(Artisanal and small-scale gold mining, 簡稱：ASGM)排放量，ASGM 排放量(727 公噸)竟然超過全球燃煤所排出汞量(排放量為 474 公噸)，成為最大排放源；上述兩項製程佔了全球大氣汞排放推估量 62%，其他主要固定污染排放源包含鐵與非鐵金屬製程以及水泥製程，在固定污染源排放量部分與國內推估主要行業別結果大致相符合，該報告中並未推估廢棄物焚汞排放量。

其中有關燃煤電廠、水泥旋窯、煉鋼業等都是國內主要傳統產業，我國已經加速制定汞的排放標準，在修訂電力業空氣污染管制標準中確定加入；國內相關燃煤電廠空氣污染物相對較為完備，但部分老舊燃煤汽電共生鍋爐，則需加快腳步汰換相關空氣污染防治設備，以降低汞及其他空氣污染物排放。

東南亞的汞排放量占全球 39.7%，以中國大陸排放量佔東南亞地區 75%為最高，相較於中國的年排放量(約 600 噸)如此大，當然該計畫係全球尺度推估排放於大氣量，與本計畫以實際檢測數據、排放係數所推估排放量有所不同，但該報告與中國大陸所提出報告都一致顯示，因為經濟發展迅速，大量燃燒石化原料，造成汞排放大增是一不爭事實。

表 2-6 全球汞排放量推估結果彙整表(2010 年基準年)

排放源	排放量(範圍)，公噸	排放量比例(%)
1.化石燃料燃燒		
(1)燃煤	474 (304 - 678)	24
(2)燃油及燃氣	9.9 (4.5 - 16.3)	1
2.礦石、金屬及冶煉		
(1)鐵初級冶煉	45.5 (20.5 - 241)	2
(2)非鐵金屬初級冶煉	193 (20.5 - 660)	10
(3)大規模煉金製程	97.3 (0.7 - 247)	5
(4)汞礦產源	11.7 (6.9 - 17.8)	< 1
3.水泥製造程序	173 (65.5 - 646)	9
4.石油煉製業	16 (7.3 - 26.4)	1
5.污染廠址釋出	82.5 (70 - 95)	4
6.小規模煉金製程	727 (410 - 1,040)	37
7.鹼氣工業排放	28.4 (10.2 - 54.7)	1
8.消費性產品	95.6 (23.7 - 330)	5
9.火化場(牙齒)	3.6 (0.9 - 11.9)	< 1
總計	1,960 (1,010 - 4,070)	100

資料來源：UNEP Global mercury assessment 2013(sources, emissions, releases, and environmental transport)

(二)環境中傳輸及宿命

研究報告中提及大氣排放減量與食物鏈中汞含量降低的延遲可能長達數十年之久，而汞污染對於人體健康危害主要是來自於食物的攝取，因此大氣汞減量要反應到實際國人健康的效益可能不是立竿見影。

最後提到全球汞的大氣排放高峰是在 1950s-1970s，而在北美歐洲於 2005 之前大氣汞排放量是有下降的趨勢，但是新的排放推估顯示，亞洲與新國家的工業發展與能源需求，全球大氣汞排放量有上升的可能。

(三)全球大氣汞濃度現況

國際間一般大氣汞監測主要項目可分為：氣態元素汞(gaseous elemental mercury, GEM)、氧化汞(gaseous oxidized mercury, GOM or RGM)及粒狀汞(particulate mercury, PHg or PBM)三大類；其中氧化汞及粒狀汞監測困難度相當高，最主要的是大氣中濃度相當低，而氣態元素汞監測技術相當成熟，

一般都是以長期、長時間監測為主；國際間進行大氣汞監測網設置已經長達 15-20 年之久，我國環保署鹿林山測站設置大氣汞自動連續測站於 2007 年正式成立，目前已分別加入全球大氣汞監測網(AMNet)及美國國家汞沉降監測網(NADP)，相關數據已被 UNEP 正式引用。

依據目前監測結果顯示，氣態元素汞背景濃度在北美及歐洲有逐漸下降的趨勢，而工業革命後，南半球的大氣汞濃度一直低於北半球主要是因為工業發展與燃料使用強度集中在北半球所致。

(四)目前研究調查主要問題(Major gaps in knowledge)

1. 汞排放推估仍存在有許多不確定性，主要來自於活動強度、進料汞含量資訊不足，空氣污染控制設備的差異；尤其是對於聚乙烯單體製程(主要在中國)、二次金屬冶煉、燃料油與氣萃取、移動源及製程、工業廢棄物焚化與掩埋、污泥焚化、以及補牙材料製程與掩埋場相關排放因子資訊更加缺乏。
2. 對大氣汞分佈調查及高海拔大氣汞測量數據仍然缺乏；相關資訊可以協助釐清長程污染傳輸及跨洲傳輸量比例。尤其台灣與中國及東南亞相鄰，汞易受大尺度區域影響，目前國內背景站已有鹿林山監測站，但平地大氣汞監測僅靠目前半年一次、手動式採樣很難反映出實際狀況，建議應該評估設置自動監測系統。
3. 氧化汞及粒狀汞採樣誤差太大，尤以氧化汞分析最為困難，誤差會導致對大氣中物理化學過程不明，而影響模式的推估值，建議應加速採樣方法開發。
4. 汞在大氣中可以以氣態或顆粒物存在，但是這兩種形態物化特性差別很大，而造成其乾沉降的速率有顯著的差別，但又無法有效分離，而其又是主要大氣到生態圈的傳輸途徑；目前主要的大氣汞乾沉降數據都是使用間接方法算得；但因氧化汞採樣誤差高達 40-60%，

而造成間接方法的數據也產生相當大誤差。

本項研究調查報告為國際對於汞排放調查最新資訊，依據其建議，對國內執行汞排放管制之未來執行方向建議如下：

- (一) 持續加強行業別汞排放源調查、確定排放係數。
- (二) 對於目前一般平地大氣汞監測方式也應該逐步導向以較長時間、較密集頻率進行監測，最好方式應以架設自動連續監測系統為宜，且監測項目應與國際同步，以利將來數據可以接軌、應用。
- (三) 加速完成行業別汞排放立法管制工作，目前焚化爐空氣污染物排放標準已納入汞，電力業空氣污染物排放標準中，燃煤鍋爐已經確定將汞納入管制，水泥窯應是未來立法管制重點。
- (四) 目前環保署已公告元素氣態汞及粒狀汞手動式監測方法，但對於國際近期研究重點氧化汞部分，目前尚未有公告，當然國際間亦尚未有手動式標準方法，建議密切觀察國外標準方法立法動態，可做為未來發布標準方法參考依據。

第三章 排放檢測與環境監測



第三章 排放調查與環境監測

對排放源及環境空氣現況進行調查及監測為本計畫延續性重點工作，本年度工作內容包括戴奧辛及重金屬排放源排放檢測、戴奧辛、重金屬環境大氣現況監測及新增之燒結爐及燃煤汽電共生鍋爐汞流布情形調查，架構整理如圖 3-1。

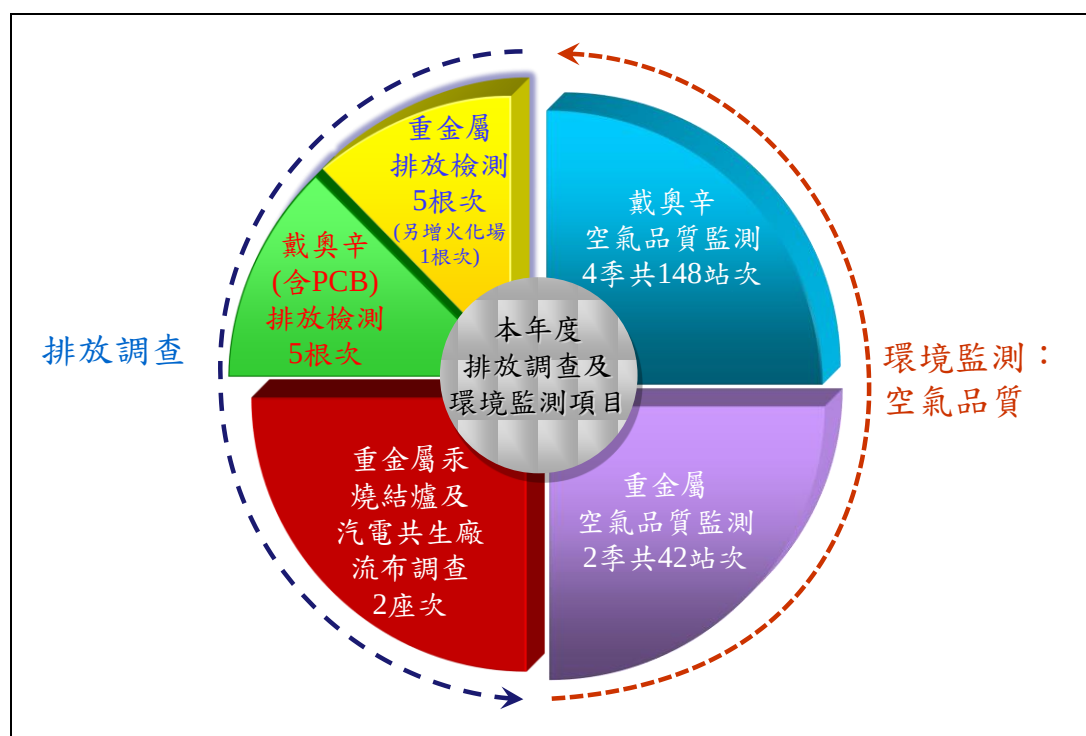


圖 3-1 本計畫排放調查及環境監測項目

由於檢測及監測數量多，單一檢驗單位無法全部執行所有項目，本計畫之檢驗分析工作由經環境檢驗所認證之工研院綠環所、中環公司及上準公司等三個單位執行，檢驗工作分工如表 3-1；本計畫於執行檢測及監測前，已撰寫品保規劃書，包含本計畫採樣分析方法及品保規定，故相關採樣及分析方法部分，不再贅述。

本年度所投入最大資源仍以戴奧辛環境空氣監測，其次為重金屬環境空氣監測；為使資料完整性高，戴奧辛檢測或監測，均將 DL-PCBs 納入分析項目，除擴充資料庫內容外，更利於瞭解將來使用 I-TEF 或 WHO₂₀₀₅-TEF 不同計算基準之差異；此外，過去重金屬排放資料庫推

估過程，火化場重金屬汞均使用國外排放係數，缺乏本土化檢測數據，故本計畫額外多執行一座火化場汞排放檢測，以瞭解排放現況。

由於燃煤汽電共生鍋爐與燒結爐汞物種流布包含煙道氣及各原物料分析，獨立於第四章說明其調查結果。

表 3-1 本計畫排放調查及環境監測工作分工表

項目	檢測分析項目		檢測方法	執行單位
排放調查	戴奧辛類 (含 PCDDs、PCDFs、DL-PCBs)		NIEA A807.75C NIEA A808.74B NIEA M803.00B	工研院綠環所
	重金屬	鉛、鎘、汞、砷等 15 項	NIEA A302.73C	上準公司
		六價鉻	NIEA A308.10C	上準公司
環境監測	戴奧辛類 (含 PCDDs、PCDFs、DL-PCBs)		NIEA A809.11B NIEA A810.13B NIEA M803.00B	工研院綠環所 中環公司
	重金屬	鉛、鎘及砷等 14 項	NIEA A208.12C NIEA A305.10C NIEA A306.10C	工研院綠環所 中環公司
		汞	NIEA A304.10C	上準公司
		六價鉻	NIEA A309.10B	上準公司
燒結爐與燃煤汽電共生鍋爐汞物種流布調查			ASTM D6784-02 NIEA M318.00C NIEA W330.52A	工研院綠環所 上準公司

註：燒結爐與燃煤汽電共生鍋爐汞物種流布結果分析於第四章。

3.1 戴奧辛排放檢測

民國 86 年環保署公告「廢棄物焚化爐戴奧辛排放標準」，將大型垃圾焚化爐排放戴奧辛納入管制，為我國第一個戴奧辛行業別排放標準。後續則針對中小型廢棄物焚化爐、煉鋼業電弧爐、鋼鐵業燒結工場及鋼鐵業集塵灰高溫冶煉設施等主要戴奧辛排放業別訂定戴奧辛排放標準，至 95 年則公告「固定污染源戴奧辛排放標準」，將國內固定污染源排放戴奧辛均納入管制。前述排放標準制訂均以當時世界通用之國際毒性當量係數(I-TEF)做為戴奧辛毒性當量濃度轉換依據，管制物質包含多氯戴奧辛與多氯呋喃。然世界衛生組織(WHO)累積 15 年研究資料，於 2005 年 7 月邀集專家進行戴奧辛毒性當量係數檢討工作，並於 2006 年公告 WHO₂₀₀₅ 版之戴奧辛毒性當量係數，調降部分多氯戴奧辛與多氯呋喃之毒性當量係數，並納入 12 個多氯聯苯。

為了解毒性當量因子變更後對排放源排放戴奧辛毒性當量濃度的影響，並利於建置行業別排放係數，自 99 年度計畫起，依據各行業別排放量大小進行行業別戴奧辛排放調查，過去兩年度計畫已針對戴奧辛排放量較大業別-廢棄物焚化爐、燒結爐、電弧爐、非鐵金屬冶煉、火化場及鋼鐵業集塵高溫冶煉設施進行多氯戴奧辛、多氯呋喃及戴奧辛類多氯聯苯排放檢測。本(102)年度則針對氯乙烯製造、添加廢棄物之水泥窯、瀝青拌合業、燃油鍋爐及小型蒸氣鍋爐進行排放檢測，分析項目同樣包含多氯戴奧辛、多氯呋喃及戴奧辛類多氯聯苯。

依據排放清冊之排放量排序，自 99 年起至今，本計畫執行之戴奧辛排放檢測行業別總排放量佔全國之 76.6%，已涵蓋大部分戴奧辛排放源(表 3-2)，對於釐清國內主要排放源現況有極大幫助。

表 3-2 我國戴奧辛行業別排放量彙整

排放源類別	100 年排放量 (g I-TEQ/年)	類別排放量 佔總量比例	備註
1.廢棄物焚化爐	4.362	7.83%	99 年度計畫檢測
2.鋼鐵業燒結爐	9.840	17.65%	
3.煉鋼業電弧爐	13.206	23.69%	
小計	27.408	49.17%	
1.銅二次冶煉	1.475	2.65%	100 年度計畫檢測
2.鋁二次冶煉	1.141	2.05%	
3.火化場	0.337	0.60%	
4.煉鋼業集塵灰高溫冶煉設施	0.190	0.34%	
5.電力業燃煤鍋爐	8.318	14.92%	
小計	11.461	20.56%	
1.氯乙烯製造	0.264	0.47%	本計畫檢測
2.添加廢棄物之水泥窯	0.679	1.22%	
3.瀝青拌合廠	0.122	0.22%	
4.燃油鍋爐	2.597	4.66%	
5.小型蒸氣鍋爐	0.176	0.31%	
小計	3.837	6.88%	
其他	13.034	23.38%	累計已執行行業別排放量佔全國 76.6%
總計	55.740	100%	

3.7.7 檢測對象規劃

依據 100 年戴奧辛排放量推估結果顯示，石化業(氯乙烯製造)、添加廢棄物之水泥窯、瀝青拌合業、燃油鍋爐、小型蒸氣鍋爐 100 年戴奧辛排放量為 3.837 g I-TEQ/年，占全國排放量 6.88%(表 3-2)，茲將各業別現況及本計畫規劃檢測對象篩選原則說明如下：

一、氯乙烯製造

氯乙烯製造主要是要先由氯與乙烯合成二氯乙烷(EDC)，然後再以熱裂解的方式將 EDC 脫去氯化氫而變成氯乙烯(VCM)，即 PVC 的單體。後續透過聚合反應將 VCM 聚合成 PVC，PVC 是聚氯乙烯(Polyvinylchloride)的簡稱，因為便宜、製造方便，而成為產量僅次於 PE 的第二大泛用塑膠，是五大泛用塑膠(PE、PVC、PP、PS、ABS)中唯一的含氯塑膠。

在以氯化氫、乙烯、氧氣製造二氯乙烷的氯氧化製程中，因需在 225℃ 以銅催化反應，此條件接近戴奧辛形成的最佳條件，故此製程被列為可能產生戴奧辛的製程之一。然整體氯

乙烯製程中，由氯化氫、乙烯、氧氣製造二氯乙烷製造二氯乙烷再熱裂解脫氯化氫而變成氯乙烯為一連續製程，故此製程之戴奧辛排放係數多以氯乙烯產量做為估算基準。

國內氯乙烯生產約 160 萬公噸、少量不足部分以進口替代。生產業者，整理如表 3-3，本計畫選定產量最大之氯乙烯 A 廠進行檢測。

表 3-3 100 年我國氯乙烯產量表

名稱	管制編號	排放口編號	氯乙烯產量(公噸)
1.氯乙烯 A 廠	P5801602	P002	604,454
2.氯乙烯 B 廠	S2201109	P204	429,394
3.氯乙烯 C 廠	S1900685	P205	249,118
4.氯乙烯 D 廠	S1900372	P007	328,419
小計	-	-	1,611,387

二、添加廢棄物之水泥窯

水泥是經由原料配料、原料粉碎及拌合、燒成與研磨等過程而製成之粉體，其製程如圖 3-2 所示。生料磨可將石灰石、粘土、矽砂、鐵渣等原料以適當比例加以粉碎再經均勻拌合存於生料庫中。生料經預熱設備燃燒後，經旋窯以約 1500℃ 高溫燒至半熔融，冷卻後即為熟料。後續與石膏水泥一併進行研磨，即可成為水泥製品。整體製程無廢棄物排放，僅有廢氣由煤磨機煙囪及靜電集塵器煙囪排放。

環保署自 92 年度起，即針對本製程進行重金屬排氣檢測，歷年共執行 8 座排放檢測，其中受到關注重金屬汞檢測結果整理如表 3-4 所示。由表中看出，近年來水泥窯增加處理廢輪胎、煤灰、污泥等廢棄物，使得重金屬排放濃度上昇。但對於處理廢棄物之水泥窯戴奧辛排放檢測資料較為不足，且近年來水泥窯處理廢棄物種類及量均大幅增加，故本年度再進行戴奧辛排放調查，以確認水泥窯添加廢棄物對戴奧辛排放影響，檢測對象選擇水泥 E 廠。

表 3-5 為全台各水泥廠 101 年物料申報資料中非基本原料(基本原料為石灰石、黏土、矽砂、鐵礦、石膏等)之添加物，除水泥 H 廠外，水泥 E 廠、水泥 F 廠、水泥 H 廠、水泥 J 廠及水泥 K 廠均於製程中加入污泥等廢棄物。

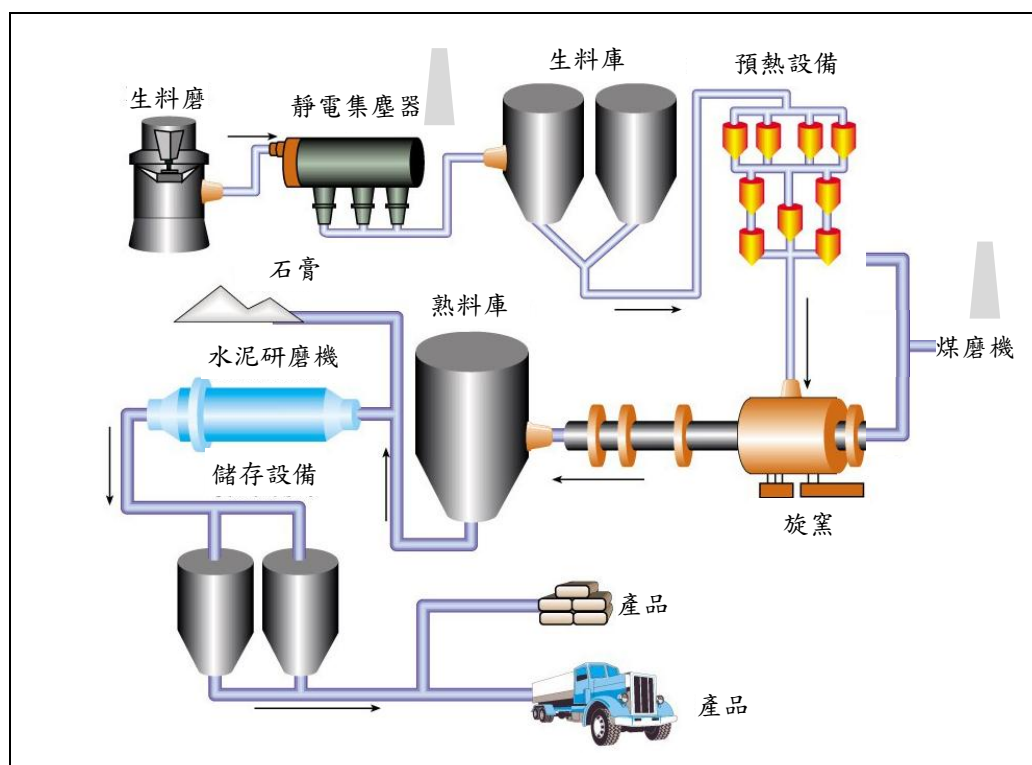


圖 3-2 水泥旋窯製程

表 3-4 水泥旋窯重金屬汞排放檢測值標準換算結果

年度	檢測對象	排放濃度	排放係數		添加物或代處理之廢棄物
		mg/Nm ³	mg/ton	lb/MM ton	
92	水泥 E 廠	2.16×10^{-2}	43.51	95.92	煤灰
94	水泥 F 廠	2.41×10^{-3}	3.66	8.07	-
95	水泥 G 廠	1.3×10^{-3}	3.33	7.34	-
	水泥 H 廠	9.6×10^{-3}	14.39	31.72	-
	水泥 I 廠	2.0×10^{-2}	5.02	11.07	-
	水泥 J 廠	1.0×10^{-2}	22.83	50.33	廢輪胎
100	水泥 K 湖	1.62×10^{-2}	46.55	102.62	煤灰
	水泥 L 廠	3.5×10^{-2}	109.82	242.11	煤灰、無機性污泥、有機性污泥、氟化鈣污泥、非有害污泥、污泥混合物、焚化爐底渣、爐渣、化鐵爐爐渣、廢石灰、廢油、鑄鐵砂

美國環保署標準：既存污染源：55 lb/MM tons；新設污染源：21 lb/MM tons

表 3-5 水泥廠製程 100 年物料申報資料之添加物

序號	廠名	非基本原料之添加物	100 年熟料產量 (公噸)
1	水泥 J 廠	廢輪胎、爐石	193,635
2	水泥 E 廠	氟化鈣污泥、煤灰、氧化鎂脫硫無機性污泥	2,340,443
3	水泥 K 廠	無機性污泥、氟化鈣污泥、煤灰	702,799
4	水泥 L 廠	煤灰、無機性污泥、有機性污泥、氟化鈣污泥、非有害污泥、污泥混合物、焚化爐底渣、爐渣、化鐵爐爐渣、廢石灰、廢油混合物、鑄鐵砂	612,772
5	水泥 A 廠	無	664,178
6	水泥 F 廠	底灰、飛灰、廢潤滑油	3,583,633
7	水泥 H 廠	煤灰、廢潤滑油	1,153,199
8	水泥 G 廠	廢潤滑油	4,060,533

在各廠許可證登載使用之煤灰，依據 91 年 1 月 9 日發布之經濟部事業廢棄物再利用管理辦法(最新版本為 101 年 7 月 19 日修正發布)定義，再利用種類編號三「煤灰」之來源為燃煤發電廠或事業之燃煤鍋爐產生之飛灰或底灰。但依相關法規認定為有害事業廢棄物者，不適用之。事業廢棄物代碼為 R-1101：煤灰(此代碼將於 104/01/01 起停用)，後增加代碼包含 R-1106：燃煤飛灰及 R-1107：燃煤底灰(或含燃煤飛灰之底灰)。各廠使用煤灰(含飛灰及底灰)之主要原因為其含有約 20%~30%之 Al_2O_3 ，性質類似黏土，進入旋窯之原料添加煤灰可替代黏土，減少黏土用量。由於目前各廠廢棄物代碼除水泥 F 廠因應環保局要求已於許可證中將煤灰更改為燃煤飛灰及燃煤底灰，其餘廠仍使用煤灰之代碼，而此代碼包含飛灰及底灰，故各廠廢棄物處理量較不易分辨飛灰及底灰使用量。104 年後未來各廠所使用之飛灰及底灰應分開申報，較易釐清飛灰及底灰使用量。本計畫調查，水泥 L 廠使用飛灰與底灰(來源為汽電共生廠)替代部分黏土，由於飛灰顆粒細，該廠先將之造粒後再加入生料磨，底灰則直接加入生料磨。水泥 E 廠使用飛灰(來源為汽電共生廠)替代部分黏土，直接加入生料磨，使用量約為原料之 1%~2%。水泥 F 廠自建廠起即使用國內某電廠之飛灰(電廠以輸送管線直接送至水泥廠飛灰儲槽)及底

灰(以車輛運送)以替代黏土，用量為原料之 5%，飛灰用量約為底灰之 3~4 倍。

此外，**水泥 K 廠**之廢棄物再利用登載使用煤灰，但實際使用為焚化廠水洗飛灰，因廢棄物代碼無水洗飛灰，故以 R-1101 煤灰申請，102 年 5 月變更為以「D-2499 其他未歸類之一般事業廢棄物」項目申報。

三、瀝青拌合業

國內高速公路及各級道路多以瀝青鋪面，需使用大量瀝青混凝土，故本項業別運作受公共工程推動影響甚鉅。依據台灣區瀝青工業同業公會之資料顯示，全國計有 162 家瀝青廠，主要分佈於宜蘭縣、台南市、高雄市與桃園縣(圖 3-3)。

國內之拌合廠形式主要為分拌式，由冷料供料系統、瀝青系統、粒料乾燥與加熱系統及拌合塔等四大單元所組成(圖 3-4)。組成瀝青混凝土的各種不同尺寸粒料，分別由不同供料倉按配比以輸送帶送入位於各料倉下的總成輸送帶上，再將混合粒料送入乾燥器中。分拌式廠的圓筒形乾燥爐為逆流式，燃燒器位於傾斜圓筒乾燥爐之較低端，粒料由較高端進入乾燥爐中，由旋轉爐中的葉片將粒料提高並因重力而往下掉落，使其散佈於由燃燒器形成的火焰與熱氣流中，因著重力及圓筒的傾斜角度，粒料往乾燥爐的低處流動，水份隨著熱氣流排出、粒料溫度提高，直至乾燥爐末端而進入熱料提昇機。熱料提昇機以鍊條帶動的提料斗將高溫熱料帶至拌合塔頂端，卸入振動篩的各層篩網上，一般拌合塔頂之振動機座會有四層網篩，頭一層為攔截網。其它三層網篩將烘乾後之粒料分為四部分，再按各不同粒料比例與瀝青膠泥於拌合機拌合成瀝青混凝土，而拌合過程中所產生之粒狀污染物，經由集塵系統收集處理後由管道排放。

本計畫團隊於 100 年計畫執行觀音工業區進行水美測點戴奧辛空氣品質監測時，該測點西側正進行**瀝青拌合 M 廠**興

建工程，此區域為戴奧辛濃度較高區域，為了解新設排放源對附近影響，本計畫爰針對瀝青拌合 M 廠進行戴奧辛排放檢測，並將檢測安排與水美測點戴奧辛空氣品質監測同時進行，以利於後續分析水美測點是否受此排放源影響。

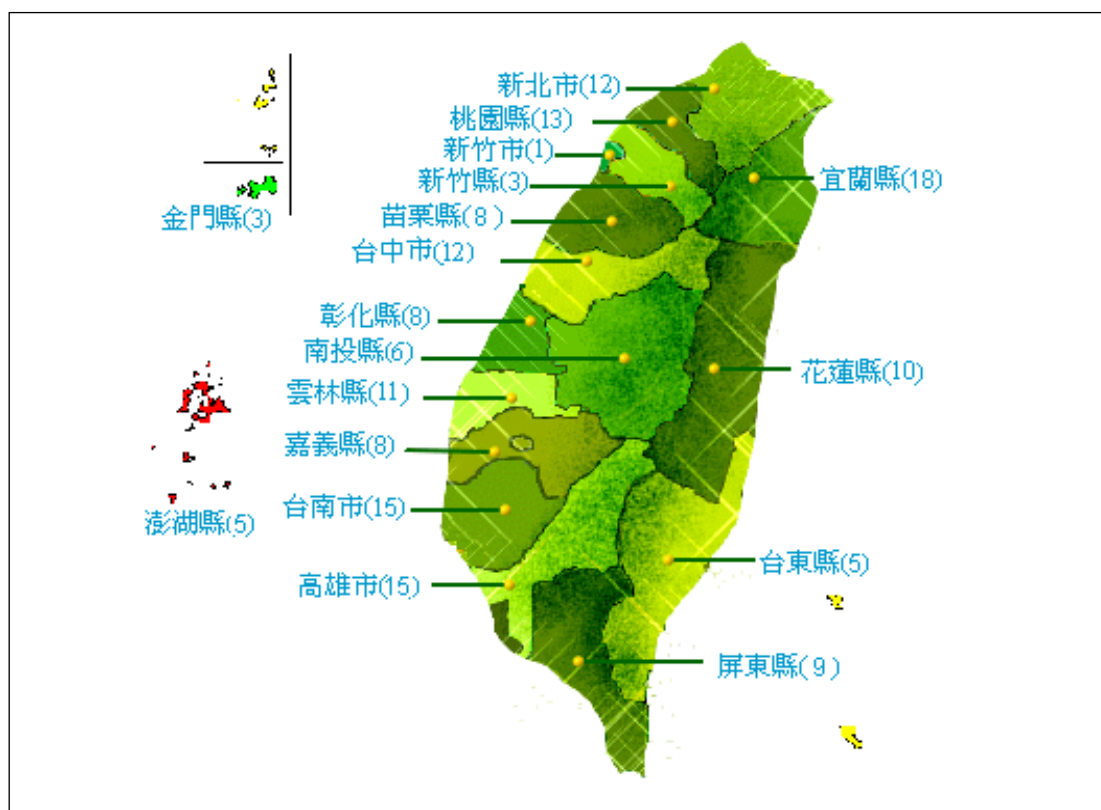


圖 3-3 我國瀝青拌合廠分布圖

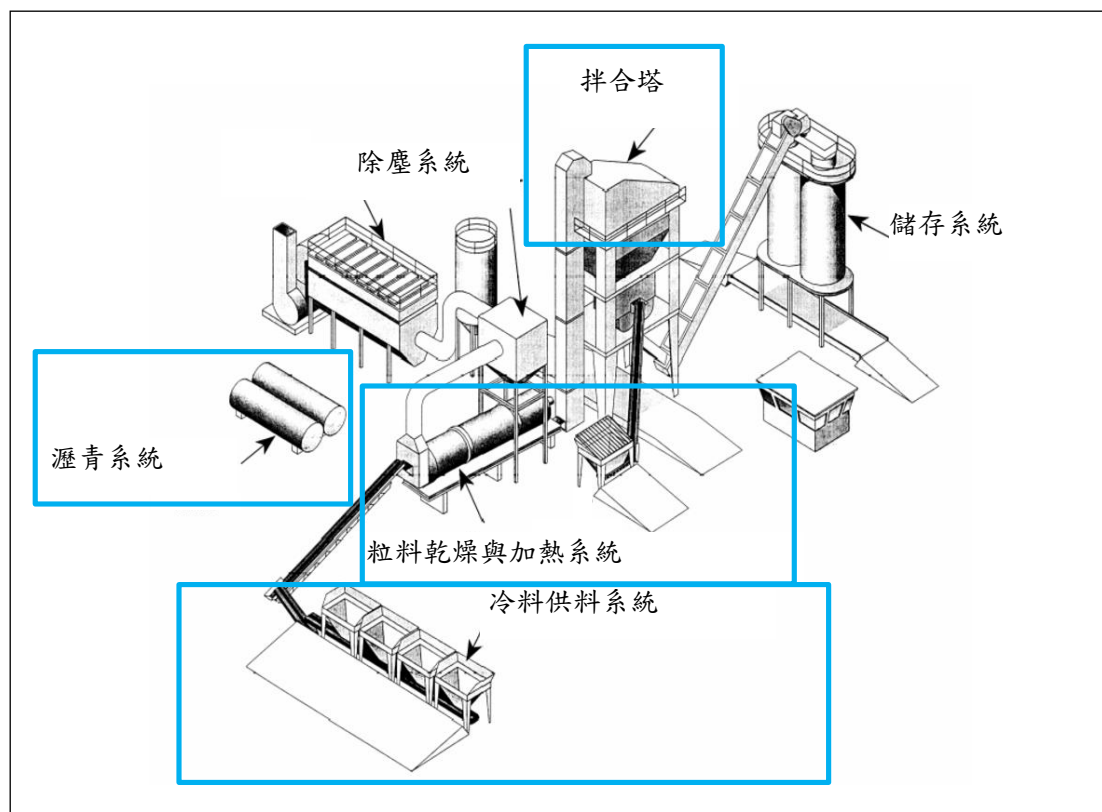


圖 3-4 瀝青拌合製程圖

四、燃油鍋爐

國內燃油鍋爐除台電公司所轄電廠外，均為小型鍋爐；由於國外文獻顯示排放濃度低，國內始終缺乏實際檢測數據，目前本類別戴奧辛排放量推估乃引用國外係數，選訂對燃油量大台電公司 **N 電廠** 進行檢測。

五、小型蒸氣鍋爐

小型蒸氣鍋爐為許多工廠為自身需求設置；本計畫於 100 年計畫執行全興測點(位於全興工業區服務中心)戴奧辛空氣品質監測時，發現較高濃度，依據監測之風向研判，**蒸汽鍋爐 O 廠** 為可能排放源，且依據其他縣市檢測結果發現，燃材鍋爐之排放濃度變動大，故針對該廠進行戴奧辛排放檢測，並將檢測安排與全興測點戴奧辛空氣品質監測同時進行，以利於後續分析全興測點是否受此排放源影響；本計畫檢測對象彙整如表 3-6。

表 3-6 本計畫規劃戴奧辛排放檢測對象

排放源類別	檢測對象	檢測原因	檢測日期
1.氯乙烯製造	氯乙烯 A 廠	國內產能最大	102/04/01~03
2.添加廢棄物之水泥窯	水泥 E 廠	處理污泥等廢棄物	102/03/27~29
3.瀝青拌合業	瀝青拌合 M 廠	1.位於排放源集中區 2.與戴奧辛空品監測結果比對	102/05/07~08(配合戴奧辛空氣品質監測同時執行)
4.燃油鍋爐	燃油鍋爐 N 廠	燃油量大	102/03/20~22
5.小型燃材蒸氣鍋爐	小型燃材蒸氣鍋爐 O 廠	1.位於排放源集中區 2.與戴奧辛空品監測結果比對	102/05/14~15(配合戴奧辛空氣品質監測同時執行)

3.7.2 檢測結果討論

本計畫戴奧辛排放檢測結果整理如表 3-7，由表中數據可看出，**氯乙烯 A 廠**、**水泥 E 廠**、**N 電廠**及**瀝青拌合 M 廠**之平均戴奧辛排放濃度值別為 0.032、0.030、0.001、0.654 ng I-TEQ/Nm³，均符合固定污染源戴奧辛排放管制標準值(1.0 ng I-TEQ/Nm³)。**燃材蒸氣鍋爐 O 廠**排放濃度為 2.839 ng I-TEQ/Nm³，已超過固定污染源戴奧辛排放管制標準值(1.0 ng I-TEQ/Nm³)，本計畫所進行調查檢測屬研究性質，無法做告發處分依據，但仍將相關結果轉告地方環保局，要求加強相關稽查工作。

一、氯乙烯製造

氯乙烯 A 廠檢測平均濃度為 0.032 ng I-TEQ/Nm³，以 WHO₂₀₀₅-TEF 換算後戴奧辛類毒性當量濃度為以 I-TEF 換算戴奧辛濃度之 90%，顯示本業別之類戴奧辛多氯聯苯排放濃度相對較低。

彙整本業別歷年檢測比較如表 3-8，本次檢測結果計算所得之排放係數為 5.05 ng I-TEQ/公噸氯乙烯產量，遠低於本業別平均值 163 ng I-TEQ/公噸氯乙烯產量。由表 3-8 可看出，本業別之排放濃度值雖低，但變動幅度大，排放係數變異也大，本次檢測結果將納入做為排放係數推估之用。

表 3-7 本計畫戴奧辛排放檢測結果

排放源	檢測日期	戴奧辛排放濃度				PCBs/ Dioxins	(PCDD/Fs+ PCBs(WHO ₂ 005-TEQ))/(P CDD/Fs(I-T EQ))	活動強度		排氣量 (Nm ³ /min)	排氣 含氧率 (%)	排放係數	
		PCDD/Fs	PCDD/Fs	PCBs	PCDD/Fs+ PCBs								
		(ng I-TEQ/Nm ³)	(ng WHO ₂₀₀₅ -TEQ/Nm ³)										
		[A]	[B]	[C]	[D]=[B]+[C]								
氯乙 烯 A 廠	102/04/ 09~10	0.032	0.028	0.001	0.029	1.91%	91%	89.59	公噸氯 乙 烯產 量/小時	235	8.9	4.970	ng I-TEQ/ 公噸氯乙 烯產量
		0.032	0.027	0.001	0.028	1.80%	88%	89.59		236	8.7	4.999	
		0.033	0.029	0.001	0.030	1.80%	91%	90.47		239	8.7	5.192	
		平均	0.032	0.028	0.001	0.029	1.84%	90%		89.88	237	8.8	
添加廢棄物之水 泥窯 E 廠	102/03/ 28~29	0.025	0.023	0.004	0.027	15.02%	106%	187.84	公噸熟 料產量/ 小時	6,591	9.9	52.998	ng I-TEQ/ 公噸熟 料產量
		0.047	0.047	0.006	0.054	11.97%	114%	187.84		6,590	10.3	99.511	
		0.016	0.014	0.003	0.017	15.57%	103%	186.40		6,570	10.3	34.442	
		平均	0.030	0.028	0.004	0.032	14.19%	108%		187.36	6,584	10.2	
燃油鍋爐 N 廠	102/03/ 21~22	0.001	0.001	0.0001	0.002	7.66%	117%	0.04	千公秉 燃油量/ 小時	11,964	6.0	25,631.767	ng I-TEQ/ 千公秉 燃油量
		0.001	0.001	0.00005	0.001	6.43%	82%	0.04		11,997	5.9	11,682.340	
		0.001	0.001	0.00001	0.001	0.54%	102%	0.04		11,875	6.1	22,731.212	
		平均	0.001	0.001	0.0001	0.001	4.87%	100%		0.04	11,945	6.0	
瀝 青 拌 合 M 廠	102/05/ 07~08	0.165	0.139	0.0035	0.142	2.44%	86%	16.00	公噸瀝 青拌合 量/小時	331	17.7	204.806	ng I-TEQ/公 噸瀝青 拌含量
		0.046	0.039	0.0006	0.039	1.53%	85%	16.00		330	17.8	57.420	
		1.750	1.585	0.0972	1.682	5.78%	96%	16.00		330	17.8	2,165.130	
		平均	0.654	0.587	0.0338	0.621	3.25%	89%		16.00	330	17.8	
小型燃材 蒸氣鍋爐 O 廠	102/05/ 14	5.370	5.007	0.2481	5.255	4.72%	98%	0.55	公噸燃 材量/小 時	510	18.0	298,750.582	ng I-TEQ/公 噸燃材 量
		1.756	1.594	0.0903	1.684	5.36%	96%	0.55		510	18.2	97,703.018	
		1.391	1.269	0.0803	1.349	5.95%	97%	0.55		506	18.5	76,761.120	
		平均	2.839	2.623	0.1395	2.763	5.34%	97%		0.55	509	18.2	
排放標準		1.0	-										

註： 1. PCDD/Fs 指多氯戴奧辛與多氯呋喃。
 2. DL-PCBs 為類戴奧辛多氯聯苯。
 3. Dioxins 指多氯戴奧辛與多氯呋喃與類戴奧辛多氯聯苯。

表 3-8 歷年氯乙烯製造戴奧辛排放檢測結果

廠名	煙囪代號	檢測時間	排放濃度 (ng I-TEQ/Nm ³)	排放係數 (ng I-TEQ/公噸氯乙烯產量)
氯乙烯 A 廠	PV01	98/12/15~16	0.142	22.2
		99/01/11~12	0.032	4.32
		100/10/28	0.199	25.4
		102/04/09~10 (本計畫)	0.032	5.05
	PV02	100/10/28	0.561	77.5
	PV06	100/10/29	0.706	101.9
氯乙烯 B 廠	P203	100/07/25	0.728	492.2
	P204	100/09/05	0.318	93.8
		98/09/28~29	0.239	1,658
氯乙烯 C 廠	P205	100/10/11	0.030	15.4
		100/11/07	0.151	88.3
氯乙烯 D 廠	P007	100/01/13	0.766	257.6
		100/01/24	1.450	567.3
		100/08/11	0.456	80.8
		100/10/20~21	0.289	113.3

二、添加廢棄物之水泥窯

本廠 100 年申報使用之原物料除水泥原料外，另有氟化鈣污泥、煤灰、氧化鎂脫硫無機性污泥等，本計畫執行檢測時，實際使用之原物料除水泥原料外，另含鐵渣及煤灰。

檢測濃度顯示，包含之 DL-PCBs 毒性當量濃度佔總戴奧辛濃度之 14.19%，高於過去三年本計畫檢測各業別平均值 8%，顯示本業別之類戴奧辛多氯聯苯排放濃度相對較高。

本次檢測結果求得之排放係數為 62.317 ng I-TEQ/公噸熟料產量，與本計畫過去其他檢測結果相較，屬略高者(表 3-9)，高於業別平均排放係數 55.460 ng I-TEQ/公噸熟料產量 12%。

水泥窯有高溫特性，故用以處理部分廢棄物，然而據本計畫至水泥窯廠調查，發現部分水泥窯使用廢棄物種類多，且含有重金屬含量較高的廢棄物，可能衍生重金屬排放濃度高的問題，後續可針對添加廢棄物的水泥窯進行重金屬流布調查，尋找水泥窯可處理廢棄物之合理最大量。

表 3-9 歷年水泥 E 廠戴奧辛排放檢測結果

廠名	煙囪代號	檢測時間	排放濃度 (ng I-TEQ/Nm ³)	排放係數 (ng I-TEQ/公噸熟料產量)
水泥 E 廠	P101	99/06/08	0.010	34.8
		100/05/09	0.006	17.3
	P301	99/06/10	0.010	20.7
		100/05/11	0.013	26.3
		102/03/28~29 (本計畫)	0.030	62.3
本行業別平均			0.027	55.5

三、燃油鍋爐

燃油發電鍋爐 N 廠戴奧辛平均排放濃度值為 0.001 ng I-TEQ/Nm³，排放係數為 21,682 ng I-TEQ/千公秉燃油量。

由於以前國內並未進行燃油鍋爐戴奧辛排放檢測，故排放量推估引用國外研究結果(表 3-10)。美國戴奧辛再評估報告有三筆排放係數(83,100~314,000 ng I-TEQ/千公秉油用量，本計畫採用)。日本有 11 座燃油電廠檢測結果，因其採用毒性當量係數為 WHO₉₈-TEF，無物種組成可計算 I-TEQ，故無法引用，但一般而言，WHO₉₈-TEQ 較 I-TEQ 高，若以 I-TEF 計算日本研究結果，應低於 30,004 ng I-TEQ/千公秉油用量，即與本計畫採樣結果較為相近。由於檢測結果僅一筆數據，目前暫不以此取代原排放係數，僅做為排放量最小值推估用。

四、瀝青拌合業

瀝青拌合 M 廠係以回收瀝青做為原料，檢測濃度符合排放標準，但濃度範圍變動大，三筆檢測數據中，最大值為最小值之 38 倍。以檢測數據求得之排放係數為 809 ng I-TEQ/公噸瀝青量，遠高於過去因國內無瀝青拌合業戴奧辛排放檢測數據所採用之國外排放係數(0.2~47 ng I-TEQ/公噸瀝青量，平均為 13.6 ng I-TEQ/公噸瀝青量)。

表 3-10 國外燃油鍋爐戴奧辛排放係數研究結果

	美國		日本
排放係數 (ng TEQ/千公秉 燃油量)	314,000	83,100、14,700	30,004 ^a 、9,537 ^b
資料來源	U.S. Environmental Protection Agency, “Exposure and Human Health Reassessment of 2,3,7,8- Tetra chlorodibenzo-p-Dioxin (TCDD) and Related Compounds Part I: Estimating Exposure to Dioxin-Like Compounds. Volume 2: Sources of Dioxin-Like Compounds in the United States Exposure Assessment and Risk Characterization”, 2000		ダイオキシン類の排出量の目録（排出インベントリ），平成 24 年 3 月(西元 2012 年)，日本環境省
係數說明	1.未註明檢測數量 2.以 I-TEF 換算	1.兩座 cold side ESP 電廠 檢測結果 2.以 I-TEF 換算。	1.a 為 11 座燃油電廠檢測結果，以 WHO ₉₈ -TEF 換算。 b 僅註明為 19 座火力電廠檢測結果，未說明燃油電廠檢測數量，以 WHO ₂₀₀₅ -TEF 換算。 2. 原係數單位為 ng-TEQ/kWh，以每升重油發電量 4.22kWh 換算(以日本 10 座火力電廠 1998 年發電熱效率平均值 40%計算)。
係數來源	U.S. Environmental Protection Agency, “Locating and estimating air emissions from sources of dioxins and furans. Research Triangle Park, NC: Office of Air Quality Planning and Standards”, 1997	EPRI (Electric Power Research Institute), “Electric utility trace substances synthesis Report”, 1994	a 為 1998、1999 日本通商產業省調查結果。 b 為 2009 年日本排放量推估引用值，標註為平成 9~19 年(西元 1997~2007 年)檢測結果。

由於瀝青拌合業非為主要戴奧辛排放行業，國際間對其排放研究結果不多，過去本計畫引用之排放係數出自美國戴奧辛再評估報告數據，該報告指出，美國國內無瀝青拌合業之戴奧辛排放檢測結果，故引用 Bremmer et al. (1994)對荷蘭瀝青拌合廠的研究結果 47 ng I-TEQ/每公噸瀝青拌合量(該廠採 46%回收瀝青為原料，空氣污染防制設備為 cyclones 和 fabric filter)及 Umweltbundesamt (1996)於三座德國瀝青拌合廠(回收瀝青為原料的比例為 30%至 60%，空氣污染防制設備

為 fabric filter)採樣分析而得之排放係數：0.2、3.5、3.8 ng I-TEQ/每公噸瀝青拌合量之四筆數據平均值 14 ng I-TEQ/每公噸瀝青拌合量做為排放係數，推估美國瀝青拌合業之戴奧辛排放量。但該報告亦敘明，這只是初步推估結果，未來應進行實際採樣分析，方能確認實際排放量範圍。

本計畫檢測對象全採回收瀝青為原料，與國外四筆檢測數據所用回收瀝青比例 30%至 60%不同，由於無其他資料供參考且本次檢測結果與國外係數差異過大，故本數據僅做為排放量最大值推估用，暫不納入平均排放量計算。

五、小型燃材蒸氣鍋爐

本計畫採得 3 個戴奧辛排放樣品，分析濃度值均超過固定污染源戴奧辛排放管制標準值(1.0 ng I-TEQ/Nm³)，排放係數為 157,738 ng I-TEQ/公噸燃材量，顯示燃材鍋爐可能因燃料性質不穩定而易有高濃度排放。依據近年污染源變動情形，燃材鍋爐數量有增加趨勢，且過去亦有其他燃材鍋爐排放較高濃度情形，對附近地區亦造成一定衝擊，故其排放管制為未來應努力課題。

本計畫採樣時，同步執行附近全興測點之戴奧辛空品監測，監測結果為 0.468 pg I-TEQ/m³，亦為該測點監測紀錄之第 2 高值。依監測風向分析，**小型燃煤鍋爐 O 廠**非為影響全興測點之主要排放源，顯示本區域尚有其他較高濃度之排放源(詳細分析請參見 3.3.2 節)，環保署已邀集環保局針對排放源較集中區域進行戴奧辛排放管制工作方向討論，請參見第 7.5 節。

六、歷年來戴奧辛類化合物排放檢測資料彙整

歷年來本計畫已針對戴奧辛排放量較大業別進行戴奧辛類化合物(dioxins)排放採樣(含多氯戴奧辛(Polychlorinated dibenzo-p-dioxins, PCDDs)、多氯呋喃(Polychlorinated dibenzofurans, PCDFs)及多氯聯苯(Polychlorinated biphenyls, PCBs)，結果彙整如表 3-11。

由表中可看出，由於 WHO₂₀₀₅-TEF 與 I-TEF 相較其中部分毒性當量係數下降，故大部分行業別以 WHO₂₀₀₅-TEF 換算之毒性當量濃度低於以 I-TEF 換算者，平均毒性當量濃度降為 96%，且 PCBs 對毒性濃度影響小，約佔 2%~17%，平均 7%。

表 3-11 歷年排放源戴奧辛類化合物排放量檢測結果彙整

序號	檢測對象			PCDDs 與 PCDFs		PCBs	dioxins	PCBs/dioxins	WHO ₂₀₀₅ -TEQ/ I-TEQ
				(ng I-TEQ/Nm ³)	(ng WHO ₂₀₀₅ -TEQ/Nm ³)				
1	大型 廢棄物 焚化爐	MWI-A	P002	0.019	0.017	0.001	0.018	4%	94%
2		MWI-B	P001	0.038	0.035	0.001	0.036	3%	95%
3		MWI-C	P002	0.034	0.031	0.002	0.033	5%	97%
4		MWI-D	P003	0.008	0.008	0.001	0.008	6%	99%
5		MWI-E	P101	0.019	0.018	0.001	0.019	7%	100%
-		平均		0.024	0.022	0.001	0.023	5%	97%
6	中小型 廢棄物 焚化爐	WI-A	P201	0.022	0.020	0.001	0.021	6%	97%
7		WI-B	P002	0.072	0.065	0.008	0.073	11%	101%
8		WI-C	P001	0.263	0.237	0.013	0.251	5%	95%
9		WI-D	P002	0.029	0.026	0.001	0.028	5%	95%
10		WI-E	P001	0.028	0.024	0.002	0.026	6%	94%
-		平均		0.083	0.075	0.005	0.080	6%	96%
11	煉鋼業 電弧爐	EAF-A	P002	0.211	0.194	0.009	0.204	5%	97%
12		EAF-B	P001	0.014	0.012	0.002	0.015	17%	102%
13		EAF-C	P002	0.424	0.366	0.055	0.421	13%	99%
-		平均		0.216	0.191	0.022	0.213	11%	99%
14	煉鋼業 燒結爐	Sinter-A	PS11	0.169	0.116	0.007	0.123	6%	73%
15		Sinter-B	PE01	0.201	0.168	0.019	0.187	10%	93%
-		平均		0.185	0.142	0.013	0.155	9%	84%
16	銅二次 冶煉	Non F-Cu-A	P102	0.011	0.010	0.001	0.011	11%	102%
17	鋁二次 冶煉	Non F-Al-A	P002	0.357	0.303	0.022	0.325	7%	91%
18	火化場	Cremation-A	P001	0.777	0.700	0.070	0.769	9%	99%
19	燃煤電廠	Coal_PP-A	P001	0.003	0.003	0.000	0.003	9%	103%
20	集塵灰 高溫冶煉	EAF_Ash-A	P010	0.339	0.279	0.026	0.304	8%	90%
21	氯乙烯 製造	PVC-A (本計畫 A)	PV01	0.032	0.028	0.001	0.029	2%	90%
22	添加廢棄物 之水泥窯	Cement-A (本計畫 E)	P301	0.030	0.028	0.004	0.032	13%	110%
23	燃油鍋爐	Oil_PP-A (本計畫 N)	P401	0.001	0.001	0.000	0.001	5%	103%
24	瀝青拌合	Aspha-A (本計畫 M)	P102	0.654	0.587	0.034	0.621	5%	95%
25	小型燃材蒸 氣鍋爐	S_coal-A (本計畫 O)	P201	2.839	2.623	0.140	2.763	5%	97%
平均				-	-	-	-	7%	96%

3.2 重金屬排放檢測

3.2.1 檢測對象規劃

依據評選須知，本計畫應執行 5 座次重金屬排放檢測，包括：瀝青拌合業、磚瓦窯業等。由於國內無火化場汞排放係數，目前排放量均以國外係數推估，是否符合國內情況尚有疑慮，故本計畫增加 1 座次火化場排放檢測。各業別檢測對象篩選原則說明如下：

- (一) 規模：依各固定污染源設備及生產規模篩選，原則以生產規模較大，污染情形可能較嚴重之對象為優先考量。
- (二) 空污防制設備類別：依各固定污染源型式及管末污染防制設備，篩選防制設備完善之系統。
- (三) 特定污染源：配合環保署政策，針對新發現之特定污染源進行煙道排氣檢測。

依據上述篩選原則，檢測名單如表 3-12 所示。

表 3-12 固定污染源重金屬檢測名單

類別	廠商名稱	篩選原則				執行日期
		地區	製程	活動強度	防制設備	
瀝青拌合	瀝青拌合 M 廠	北	瀝青混凝土製造程序	298000 公噸/年	旋風分離器+脈動式袋式集塵器	102/09/12~13
磚瓦窯	磚瓦窯 P 廠	南	磚瓦(紅磚)製品製造程序	220,500 公噸/年	洗滌塔+其他袋式集塵器	102/06/06、06/27
	磚瓦窯 Q 廠	北	磚瓦(紅磚)製品製造程序	90,860 公噸/年	洗滌塔+袋式集塵器	102/10/08~09
半導體	半導體 R 廠	北	積體電路晶圓製造程序	1.46 公噸/年	洗滌塔	102/09/09-10
光電	光電 S 廠	南	磊晶區	5.45 公噸/年	洗滌塔	102/09/09-10
火化場	T 火化場	南	火化程序	14,224 具/年	降溫塔+旋風集塵器+袋式集塵器(活性炭)	102/07/17、07/30

目前各產業現況說明如下：

一、瀝青拌合業

國內瀝青拌合廠規模多屬中小型企業，然在公共工程建設中扮演極重要角色，舉凡高速公路、快速道路、省道、縣道甚至鄉道均以瀝青鋪面，而道路定期維護、災難搶修或配

合其他工程重新鋪面等皆需使用到大量的瀝青混凝土，而依據公共工程委員會估計，瀝青混凝土年需求量約 1,404 萬公噸，瀝青拌合廠介紹請參見 3.1.1 節。

二、磚瓦窯業

磚瓦窯業為一古老傳統行業，由早期的八卦窯，發展至自動化生產的隧道窯，除了提昇產量，同時可以節省能源。由於紅磚製造需要大量粘土，因此磚窯廠大多集中於容易取得原料土之地區。磚窯廠散佈於全省各地，根據環保署「固定污染源資料庫」顯示，磚瓦窯業廠家數有 103 家，其中以高雄、台南、苗栗、桃園等四個縣市較多，如表 3-13 所示。

磚瓦窯廠主要特性為佔地廣大，有足夠空間存放原料土、燃料及其它機械設備，主要有粉碎機、攪拌機、製磚機、乾燥窯、隧道窯及空氣污染防制設備等。典型磚瓦窯業製程及污染物產生位置如圖 3-5 所示。

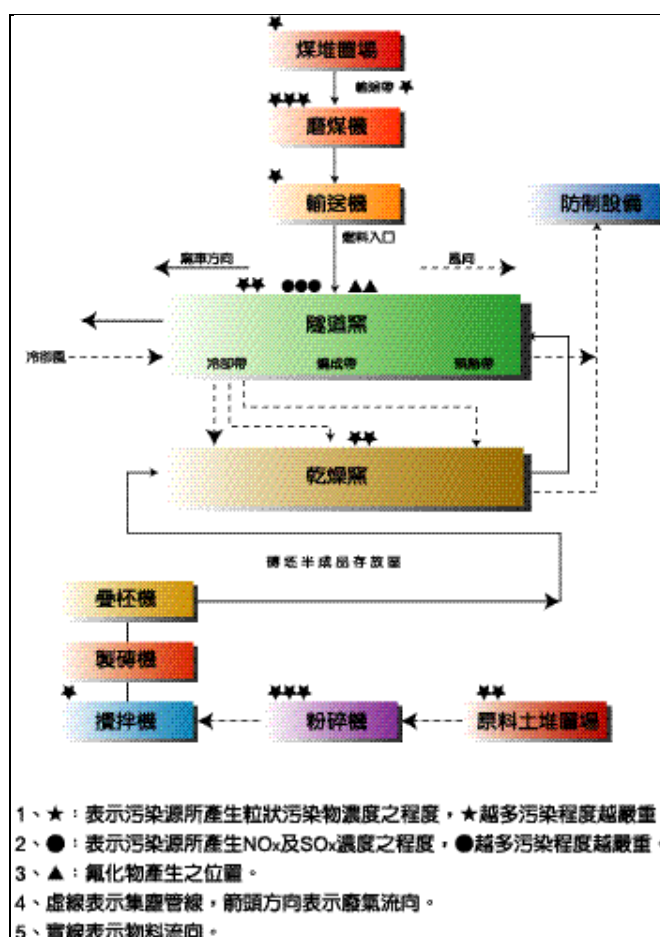
紅磚製造過程係將配製後之原料經由製磚機製成土坯後，堆置於台車送入乾燥窯乾燥，使磚坯降低含水份，接著再送入隧道窯，隧道窯內部分為預熱帶、燒成帶、冷卻帶，其燒成溫度約 950-980℃ 左右，使用燃料以煤炭為主，經粉碎後從窯頂部投入，另外，為了維持燒成帶溫度均勻，於燒成帶側面噴入重油或粉煤為輔助燃料，燒成段係污染主要來源。

磚窯業者為節省燃料成本，大多利用隧道窯預熱段之餘熱，導入乾燥窯進行磚坯乾燥，由於引入之熱氣多未經預先處理，易造成粒狀物、硫氧化物及氮氧化物等污染物的逸散。在煅燒的過程中，由於經脫水乾燥、結晶轉移與熱分解等現象，使得原料中之碳酸鹽、硫酸鹽等成份會因高溫而分解，釋出含 SO_x、NO_x 與氟化物等污染物。另外，燃料的選擇亦直接影響污染物排放的濃度與種類，如以生煤為燃料，粉塵為其主要空氣污染物，SO_x、NO_x 與 CO 的排放則視其操作情形而異；如以石油焦或低硫重油為燃料，硫氧化物則為其主要排放污染物。

表 3-13 各縣市磚瓦窯業家數統計表

縣市	家數	縣市	家數
1.新北市	7	嘉義縣	1
2.桃園縣	14	台南市	19
3.新竹市	1	高雄市	21
一、北部地區小計	22	屏東縣	3
4.苗栗縣	16	南部地區小計	44
5.臺中市	2	宜蘭縣	1
6.彰化縣	5	花蓮縣	2
7.南投縣	5	臺東縣	3
8.雲林縣	1	東部地區小計	6
二、中部地區小計	29	澎湖縣	2
		離島地區	2

資料來源：環保署固定污染源資料庫。

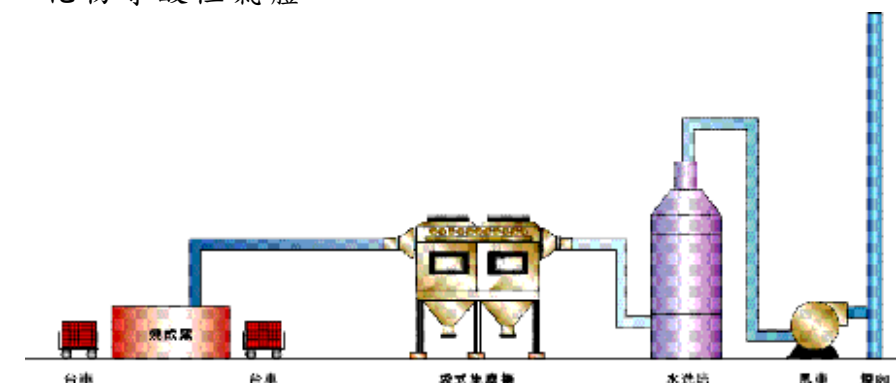


資料來源：行政院環境保護署「固定污染源空氣污染防制技術輔導案例及執行成效彙編」

圖 3-5 磚瓦窯業製程及污染物產生位置示意圖

為解決空氣污染問題，磚瓦窯業者多數以袋式集塵機與

濕式洗滌塔組合或單獨使用，如圖 3-6 所示，先利用袋式集塵機去除煤灰等粒狀物，再由濕式洗滌塔去除硫氧化物及氟化物等酸性氣體。



資料來源：環保署「固定污染源空氣污染防治技術輔導案例及執行成效彙編」

圖 3-6 隧道窯廢氣處理流程示意圖

三、火化場

國內火化場空氣污染防治設備現況如表 3-14，共有 34 家火化場、192 座設施，多數火化場裝設粒狀物控制設備，但仍有 8 家火化場未裝設空氣污染物防制設備。

表 3-14 火化場空氣污染防治設備概況(1/2)

編號	火化場名稱		爐數	空氣污染防治設備概況	100 年火化量
1	台北市	第二殯儀館	14	7 套防制設備，每 2 座火化爐連接 1 套防制設備及排放管道，每套防制設備設有旋風集塵器+袋式集塵器+活性炭	20,611
2	新北市	新北市三峽殯儀館火葬場	12	袋式集塵器+觸媒反應處理設備	13,368
3	台中市	台中市生命禮儀管理所-中港火化場	12	6 套防制設備，每 2 座火化爐連接 1 套防制設備及排放管道，二段式冷卻器、袋式集塵器及戴奧辛觸媒反應塔。	13,510
4		台中市生命禮儀管理所-大甲火化場	4	無防制設備	3,513
5	台南市	台南市殯葬管理所	10	5 套防制設備，每 2 座火化爐連接 1 套防制設備及排放管道，防制設備為戴奧辛觸媒反應塔及袋式集塵器。	8,223
6		柳營區火化廠(祿園)	5	空氣逆洗式袋式集塵器	2,694
7		左鎮區八德安樂園(私立)	6	無防制設備	1,428
8		新營區火化廠(福園)	5	觸媒反應塔+袋式集塵器	2,478
9		財團法人白河鎮大仙寺	4	旋風分離器+袋式集塵器	48

表 3-14 火化場空氣污染防治設備概況(2/2)

編號	火化場名稱	爐數	空氣污染防治設備概況	100 年火化量
10	高雄市	(第一館)三民區火化場	18 降溫塔+旋風集塵器+袋式集塵器+活性碳	14,224
11		(第二館)仁武區火化場	5 熱交換器+旋風集塵器+袋式集塵器+活性碳	3,172
12	宜蘭縣	宜蘭縣殯葬管理所(員山福園)	3 戴奧辛觸媒反應塔	1,891
13		羅東鎮殯葬管理所(壽園)	2 旋風集塵器+袋式集塵器+活性碳	871
14	桃園縣	桃園市立殯葬所	8 座火化爐有 6 座無污染防治設備，2 座設有旋風集塵器+袋式集塵器+活性碳	4,391
15		中壢市立殯葬所(羽昇館)	6 袋式集塵器	5,824
16	新竹縣	竹東鎮立火葬場	3 無防制設備	2,336
17	苗栗縣	大湖鄉火葬場	2 目前停爐裝設防制設備及採樣平台	790
18		獅頭山火葬場(私立)	3 冷卻塔+脈動式袋式集塵器	1,280
19	南投縣	集集鎮慈德寺火化場(私立)	10 水冷式降溫塔+袋式集塵器+活性碳	8,983
20	雲林縣	虎尾鎮公所惠來火化場	7 洗滌塔	5,113
21	屏東縣	屏東市立火化場	4 無防制設備	3,225
22		高樹鄉立火化場	3 無防制設備	1,357
23		枋寮鄉立火化場	6 旋風集塵器+袋式集塵器	2,727
24	花蓮縣	吉安鄉慈雲山火葬場	6 旋風集塵器	1,927
25		鳳林鎮第一公墓火葬場	3 降溫設備+袋式集塵器+活性碳	282
26		玉里鎮松浦火葬場	3 袋式集塵器+活性碳	604
27		瑞穗鄉立火化場	2 無防制設備	130
28	台東縣	台東市火化場	3 熱交換器+旋風集塵器+袋式集塵+活性碳	1,565
29		成功鎮火化場	2 無防制設備	191
30	澎湖縣	澎湖縣菊島福園	3 旋風集塵器+袋式集塵器	591
31	基隆市	基隆市立殯葬管理所	6 旋風集塵器+袋式集塵器(2 座爐報備停爐)	3,559
32	新竹市	新竹市殯葬管理所羽化館	6 旋風集塵器+袋式集塵器+活性碳	3,578
33	嘉義市	嘉義市火化場	4 觸媒轉換器+袋式集塵器+火星過濾器	4,259
34	金門縣	金門縣殯葬管理所(金門仙州福園)	2 袋式集塵器	83

3.2.2 檢測結果討論

一、磚瓦窯業—P 廠及 Q 廠

重金屬排放檢測結果如表 3-15、表 3-16 及組成特性如圖 3-7，P 廠重金屬中以鉛、鋅、鋇、錳濃度較高，Q 廠則為鉻、鎳、鋅較高，推測與兩者皆使用燃煤為燃料，且 Q 廠另有添加煤灰、廢磚為原料有關。Cr⁶⁺與總鉻比例(排放係數)為磚瓦窯 P 廠 18%及 Q 廠 0.1%，兩者差異甚大。

如以固定源排放量申報資料中 101 年紅磚產量約為 188 萬公噸，以該量計算鉛、鎘、汞、砷排放量，分別為鉛 0.014 公噸、鎘 0.001 公噸、汞 0.011 公噸及砷 0.002 公噸，其排放量皆不大。

表 3-15 重金屬排放檢測結果－P 廠(磚瓦窯業)

重金屬項目	實測濃度 (mg/Nm ³)	排氣量 (Nm ³ /min)	檢測時排放量 (mg/小時)	檢測時紅磚產量 (公噸/小時)	排放係數 (mg/公噸紅磚)
鉛(Pb)	0.0036	705.88	153	15.1	10.08
鎘(Cd)	ND<0.00029		12.3		0.81
汞(Hg)	0.0011		46.6		3.08
砷(As)	0.0004		16.9		1.12
銻(Sb)	0.0011		46.6		3.08
鉍(Be)	ND<0.00035		14.8		0.98
鉻(Cr)	0.0012		50.8		3.36
銅(Cu)	ND<0.0015		63.5		4.20
鈷(Co)	ND<0.00036		15.3		1.01
鋇(Ba)	0.0039		165.2		10.92
錳(Mn)	0.0044		186.4		12.32
鎳(Ni)	0.0012		50.8		3.36
硒(Se)	0.0029		122.8		8.12
鋅(Zn)	0.0042		177.9		11.76
六價鉻(Cr ⁶⁺)	0.000165	1094.4	10.8	17.9	0.61

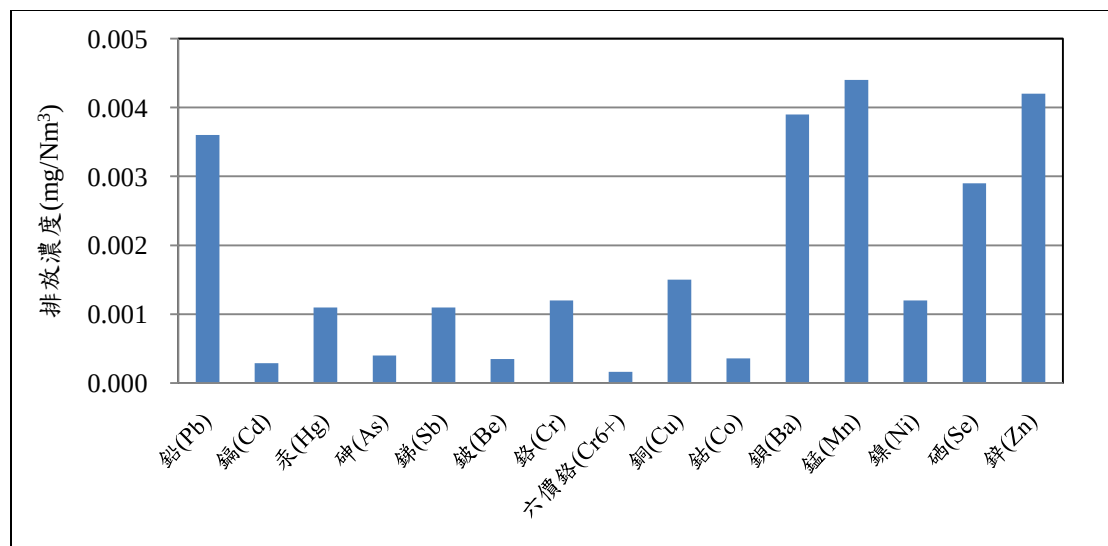


圖 3-7 重金屬排放檢測結果－P 廠(磚瓦窯業)

表 3-16 重金屬排放檢測結果－Q 廠(磚瓦窯業)

重金屬項目	實測濃度 (mg/Nm ³)	排氣量 (Nm ³ /min)	檢測時排放量 (mg/小時)	檢測時紅磚產量 (公噸/小時)	排放係數 (mg/公噸紅磚)
鉛(Pb)	<0.0022	830.14	109.58	19.79	5.54
鎘(Cd)	ND<0.00029		14.44		0.73
汞(Hg)	0.0035		174.33		8.81
砷(As)	ND<0.00036		17.93		0.91
銻(Sb)	0.0005		24.90		1.26
鉍(Be)	ND<0.00035		17.43		0.88
鉻(Cr)	0.0244		1215.32		61.41
銅(Cu)	ND<0.0015		74.71		3.78
鈷(Co)	ND<0.00036		17.93		0.91
鋇(Ba)	0.0055		273.95		13.84
錳(Mn)	0.0024		119.54		6.04
鎳(Ni)	0.0205		1021.07		51.60
硒(Se)	0.0023		114.56		5.79
鋅(Zn)	0.0116		577.78		29.20
六價鉻(Cr ⁶⁺)	0.0000282	835.3	1.41	19.79	0.07

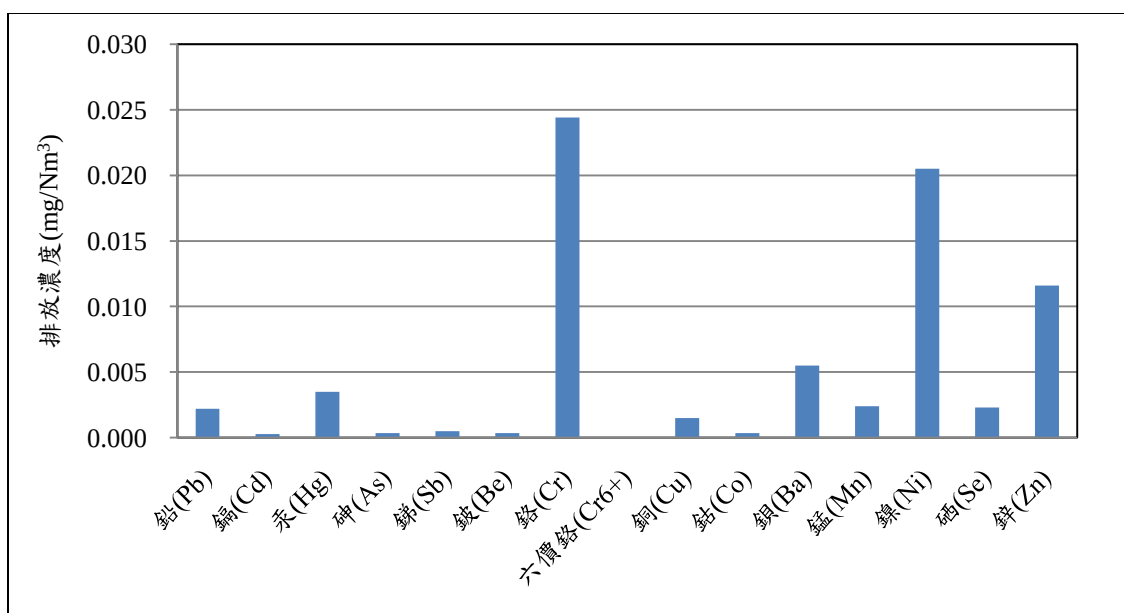


圖 3-8 重金屬排放檢測結果－Q 廠(磚瓦窯業)

二、瀝青拌合－M 廠

瀝青拌合 M 廠重金屬排放檢測結果如表 3-17 及組成特性如圖 3-9，其中汞之排放係數非常高，與有害廢棄物焚化爐之係數接近(見 6-2 節)，由於瀝青拌合 M 廠使用刨除料作為原

料，與一般瀝青拌合的原料不同，因此，此檢測數據較難以代表整體瀝青拌合業之排放，由於部分重金屬排放係數高，建議後續可針對採用刨除料為主之瀝青拌合廠進行研究。

表 3-17 重金屬排放檢測結果－M 廠(瀝青拌合業)

重金屬項目	實測濃度 (mg/Nm ³)	排氣量 (Nm ³ /min)	檢測時排放量 (mg/小時)	檢測時進料量 (公噸/小時)	排放係數 (mg/公噸)
鉛(Pb)	0.0007	313.77	13.18	0.5	26.36
鎘(Cd)	ND<0.00017		3.20		6.40
汞(Hg)	0.0065		122.37		244.74
砷(As)	ND<0.00036		6.78		13.55
銻(Sb)	0.0086		161.91		323.81
鉍(Be)	ND<0.0002		3.77		7.53
鉻(Cr)	ND<0.00036		6.78		13.55
銅(Cu)	ND<0.0015		28.24		56.48
鈷(Co)	0.0061		114.84		229.68
鋇(Ba)	0.0067		126.14		252.27
錳(Mn)	0.0071		133.67		267.33
鎳(Ni)	0.0332		625.03		1250.06
硒(Se)	ND<0.00036		6.78		13.55
鋅(Zn)	0.0105		197.68		395.35
六價鉻(Cr ⁶⁺)	0.00017	318.74	3.25	0.5	6.50

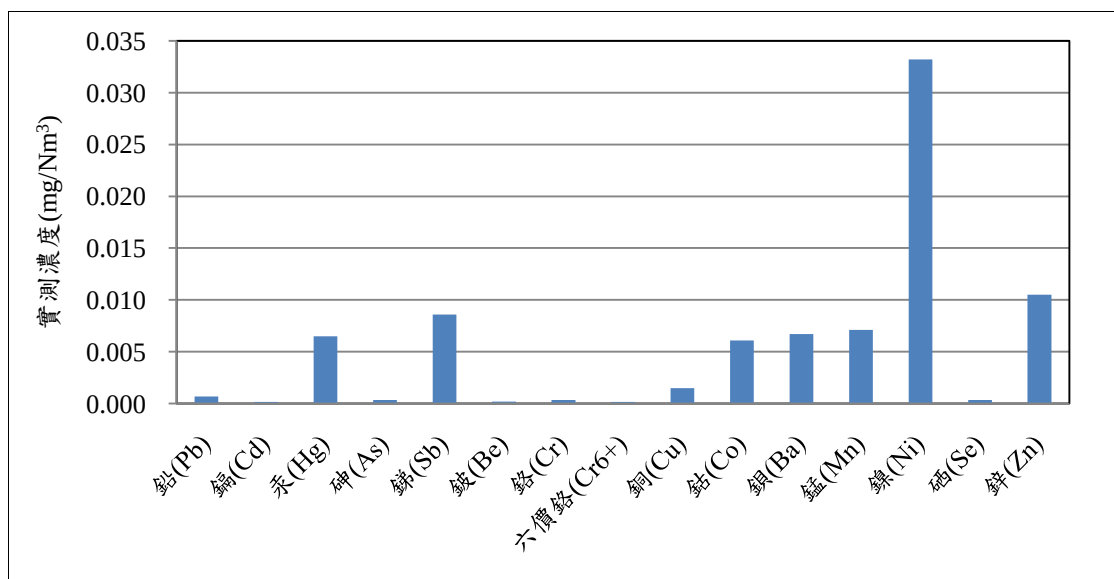


圖 3-9 重金屬排放檢測結果－M 廠(瀝青拌合業)

三、半導體及光電業－半導體 R 廠及光電 S 廠

半導體 R 廠及光電 S 廠之重金屬排放檢測結果如表 3-19、3-20 及組成特性如圖 3-13 及圖 3-14，半導體 R 廠並無明顯之砷排放，且該廠之砷化氫使用量少，年使用量僅 36 公斤，所排放之量亦有限。光電 S 廠則明顯以砷排放為主，排放係數與 6.2.2 節光電業係數相近。顯示半導體及光電業雖使用砷化氫為原料，但排放情形仍有差異，且由於此二產業之排放管道多且複雜，雖均屬使用砷化氫之製程，但仍有可能檢測之濃度非常低。

表 3-18 重金屬排放檢測結果－R 廠(半導體業)

重金屬項目	實測濃度 (mg/Nm ³)	排氣量 (Nm ³ /min)	檢測時排放量 (mg/小時)	檢測時進料量 (公斤砷化氫/小時)	排放係數 (mg/公斤)
鉛(Pb)	ND<0.0006	1219.31	43.90	0.003	13168.55
鎘(Cd)	ND<0.00017		12.44		3731.09
汞(Hg)	ND<0.00023		16.83		5047.94
砷(As)	ND<0.00036		26.34		7901.13
銻(Sb)	ND<0.0002		14.63		4389.52
鉍(Be)	ND<0.0002		14.63		4389.52
鉻(Cr)	0.0004		29.26		8779.03
銅(Cu)	ND<0.0015		109.74		32921.37
鈷(Co)	ND<0.00036		26.34		7901.13
鋇(Ba)	0.0007		51.21		15363.31
錳(Mn)	0.0027		197.53		59258.47
鎳(Ni)	0.0008		58.53		17558.06
硒(Se)	ND<0.00036		26.34		7901.13
鋅(Zn)	0.0073		534.06		160217.33
六價鉻(Cr ⁶⁺)	0.000358	1196.06.35	2.43		6092.73

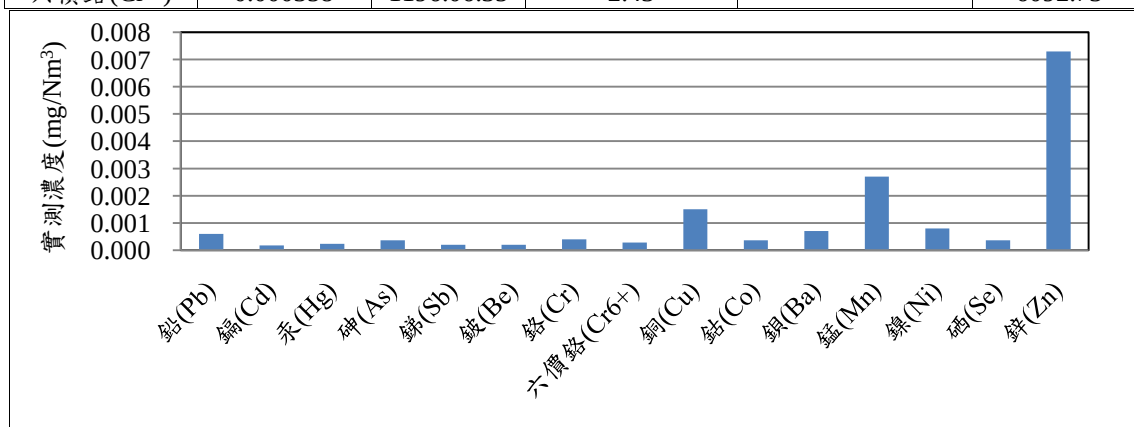


圖 3-10 重金屬排放檢測結果－R 廠(半導體業)

表 3-19 重金屬排放檢測結果－S 廠(光電業)

重金屬項目	實測濃度 (mg/Nm ³)	排氣量 (Nm ³ /min)	檢測時排放量 (mg/小時)	檢測時進料量 (公斤砷化氫/小時)	排放係數 (mg/公斤)
鉛(Pb)	ND<0.0006	238	8.57	0.142	60.34
鎘(Cd)	ND<0.00017		2.43		17.10
汞(Hg)	ND<0.00023		3.28		23.13
砷(As)	0.0846		1208.09		8507.66
銻(Sb)	ND<0.00019		2.71		19.11
鉍(Be)	ND<0.0002		2.86		20.11
鉻(Cr)	0.0132		188.50		1327.44
銅(Cu)	0.0011		15.71		110.62
鈷(Co)	ND<0.00036		5.14		36.20
鋇(Ba)	0.0044		62.83		442.48
錳(Mn)	0.0035		49.98		351.97
鎳(Ni)	0.0211		301.31		2121.89
硒(Se)	ND<0.00036		5.14		36.20
鋅(Zn)	0.0059		84.25		593.32
六價鉻(Cr6+)	0.00039	239.7	2.43	0.142	39.50

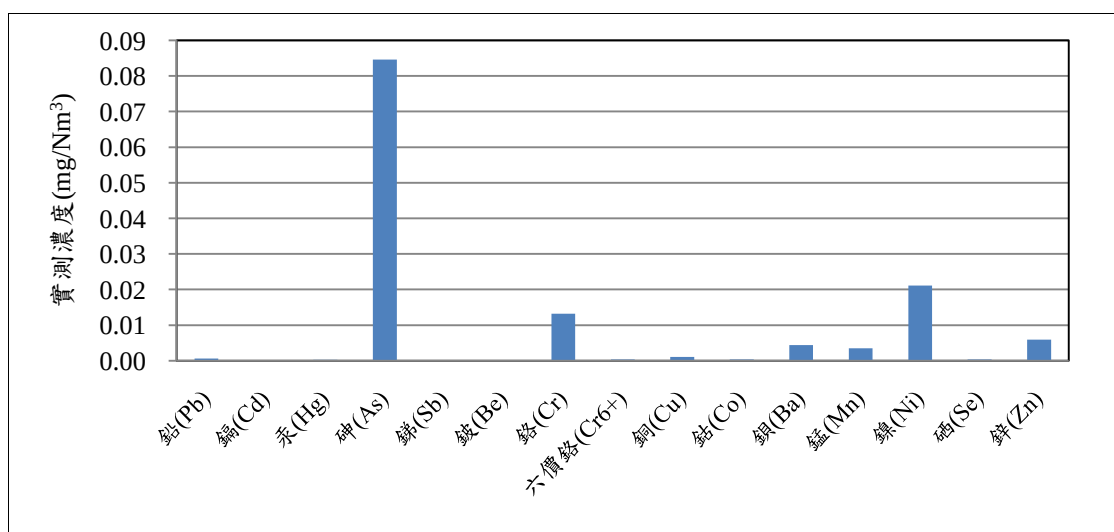


圖 3-11 重金屬排放檢測結果－S 廠(光電業)

四、火化場－T 火化場

T 火化場重金屬排放檢測結果如表 3-20 及組成特性如圖 3-12，其中汞之排放係數與本計畫推估排放量所使用之係數 (1,500 mg/具，參考美國 EPA) 相比，差異甚大。因 T 火化場有裝設防制設備，顯示火化場裝有防制設備可有效降低污染

物排放。但因火化場各別差異大，需累積較多數據後，才能確立本土化排放係數。

表 3-20 重金屬排放檢測結果－T 火化場(火化場)

重金屬項目	實測濃度 (mg/Nm ³)	排氣量 (Nm ³ /min)	檢測時排放量 (mg/小時)	檢測時進料量 (具/小時)	排放係數 (mg/具)
鉛(Pb)	0.0025	313.77	19.68	1	19.68
鎘(Cd)	ND<0.00017		1.34		1.34
汞(Hg)	ND<0.00023		1.81		1.81
砷(As)	ND<0.00056		4.41		4.41
銻(Sb)	<0.0006		4.72		4.72
鉍(Be)	ND<0.0002		1.57		1.57
鉻(Cr)	ND<0.00056		4.41		4.41
銅(Cu)	ND<0.00023		18.10		18.10
鈷(Co)	ND<0.00056		4.41		4.41
鋇(Ba)	0.0034		26.76		26.76
錳(Mn)	0.0041		32.27		32.27
鎳(Ni)	ND<0.00056		4.41		4.41
硒(Se)	ND<0.00056		4.41		4.41
鋅(Zn)	0.0047		37.00		37.00
六價鉻(Cr ⁶⁺)	0.000358	113.35	2.43	1	2.43

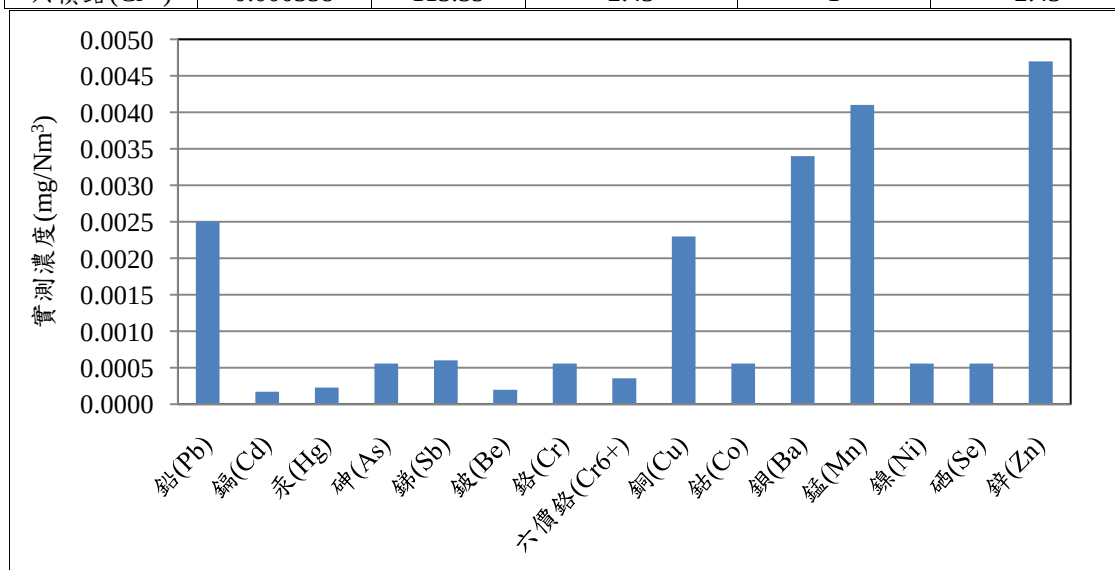


圖 3-12 重金屬排放檢測結果－T 火化場

3.3 戴奧辛環境空氣監測

3.3.1 監測作業規劃

本年度戴奧辛空氣品質監測作業之選點原則以建立長期資料及掌握排放源集中區戴奧辛空品為主。在一般空氣品質監測部分，為使監測資料可與過去資料進行比對，以了解長期戴奧辛空氣品質變化情形，本計畫之一般空氣品質監測站部分延續過去持續監測測站進行。

除一般測站外，戴奧辛排放源集中區域之空氣品質亦為民眾關注焦點。依據排放源分布，台灣地區戴奧辛排放源分布可分為三大區塊，分別為北部之桃園地區、中部之台中至彰化地區及南部高雄地區。本工作團隊於 98 年起已進行排放源集中區之戴奧辛空氣品質監測，結果顯示排放源集中區之濃度值確實比同空品區監測結果平均值略高，且多數測站測值均為該空品區之最大值，且不同季節濃度值變化大，顯示排放源集中區可能因異常排放或氣象條件使得附近戴奧辛濃度較高。此外，亦增加交通測站之戴奧辛空品監測，以使民眾了解交通源戴奧辛排放對空氣品質之影響。本年度規劃戴奧辛空氣品質監測站彙整如表 3-21 所示，共計 37 個監測站，於 102 年 2、5、8、10 月各監測一次，總計監測 148 站次。監測項目包含多氯戴奧辛、多氯呋喃及戴奧辛類多氯聯苯 (Dioxin-like PCBs，簡稱 DL-PCBs)，監測結果除可建立我國戴奧辛空氣品質資料外，亦可供進行毒性當量係數由 I-TEF 變更為 WHO₂₀₀₅-TEF 對戴奧辛空氣品質濃度值之影響分析之用。

有關環境空氣戴奧辛、呋喃及戴奧辛類多氯聯苯調查監測，採樣部分依據環保署公告之「空氣中戴奧辛及呋喃採樣方法」(NIEA A809.11B)執行。分析部分，戴奧辛(PCDDs)及呋喃(PCDFs)依據環保署公告之「空氣中戴奧辛及呋喃檢測方法」(NIEA A810.13B)執行。而戴奧辛類多氯聯苯(Dioxin-like PCBs；簡稱 DL-PCBs)則依據環保署公告之「戴奧辛類多氯聯苯檢測方法—氣相層析/高解析質譜法」(NIEA M803.00B)執行。

表 3-21 本計畫戴奧辛環境空氣品質監測點彙整表

序號	監測類別	環保署 監測站代號	空氣品質區	縣市別	測站名稱	監測時間
1	一般空品	3	北部空品區	新北市	萬里站(綜合商場)	102 年 2、5、8、10 月各監測一次，共 4 季
2		2		新北市	汐止站(樟樹國小)	
3		15		台北市	松山站(松山國小)	
4		17		桃園縣	桃園站(桃園農工)	
5		22	竹苗空品區	新竹縣	湖口站(信勢國小)	
6		24		新竹市	新竹站(東門國小)	
7		26		苗栗縣	苗栗站(苗栗縣議會)	
8		30	中部空品區	台中市	大里站(大里市公所)	
9		32		台中市	西屯站(啟聰學校)	
10		36		南投縣	南投站(康壽國小)	
11		33		彰化縣	彰化站(延平社區活動中心)	
12		38	雲嘉南空品區	雲林縣	崙背站(崙背國中)	
13		39		嘉義縣	新港站(新港國小)	
14		42		嘉義市	嘉義站(興嘉國小)	
15		(I1)		嘉義市	嘉義測點(民生國中)	
16		43	高屏空品區	台南市	新營站(新營國小)	
17		46		台南市	台南站(中山國中)	
18		49		高雄市	仁武站(八卦國小)	
19		53		高雄市	楠梓站(楠梓國小)	
20		59	宜蘭空品區	屏東縣	屏東站(中正國小)	
21		65		宜蘭縣	宜蘭站(復興國中)	
22		63		花蓮縣	花蓮站(中正國小)	
23		62		台東縣	台東站(台東縣政府)	
24	交通	68*	北部空品區	桃園縣	中壢站(中壢國小)	102 年 2、5、8、10 月各監測一次，共 4 季
25		50*	高屏空品區	高雄市	鳳山站(曹公國小)	
26		71*	空品區	高雄市	復興站(復興國小)	
27	排放源集中區	(H1)	北部空品區	桃園縣	中山測點(中山國小)	
28		(H2)		桃園縣	八德測點(八德國小)	
29		(H3)		桃園縣	水美測點(水美焚化廠)	
30		(L1)	中部空品區	台中市	月眉測點(月眉國小)	
31		(L4)		台中市	內埔測點(內埔國小)	
32		(N3)		彰化縣	全興測點(全興工業區服務中心)	
33		(N4)		彰化縣	鋼聯測點(台灣鋼聯)	
34		57*	高屏空品區	高雄市	前鎮站(獅甲國中)	
35		(E1)		高雄市	餐旅測點(餐旅國中)	
36		(E2)		高雄市	大林埔測點(中油大林埔油庫)	
37		(E4)		高雄市	中鋼測點(中鋼公司)	
38		(U1)	花東空品區	花蓮縣	和平測點(和平工業區服務中心)	

註：1. 代號以英文字母開頭者為本計畫設置之監測點，*表本年度新增監測點。

2. 嘉義站因學校不願借電，於 102 年 8 月移至鄰近之民生國中監測。

3.3.2 監測結果討論

一、所有測站監測結果

102 年 2 月之平均多氯戴奧辛與多氯呋喃監測濃度為 $0.067 \text{ pg I-TEQ/m}^3$ ($0.058 \text{ pg WHO}_{2005\text{DF}}\text{-TEQ/m}^3$)，多氯聯苯監測濃度平均值則為 $0.009 \text{ pg WHO}_{2005}\text{-TEQ/m}^3$ (表 3-22)；102 年 5 月之平均多氯戴奧辛與多氯呋喃監測濃度為 $0.041 \text{ pg I-TEQ/m}^3$ ($0.036 \text{ pg WHO}_{2005\text{DF}}\text{-TEQ/m}^3$)，多氯聯苯監測濃度平均值則為 $0.003 \text{ pg WHO}_{2005}\text{-TEQ/m}^3$ (表 3-23)；102 年 8 月之平均多氯戴奧辛與多氯呋喃監測濃度為 $0.030 \text{ pg I-TEQ/m}^3$ ($0.026 \text{ pg WHO}_{2005\text{DF}}\text{-TEQ/m}^3$)，多氯聯苯監測濃度平均值則為 $0.003 \text{ pg WHO}_{2005}\text{-TEQ/m}^3$ (表 3-24)；102 年 10 月之平均多氯戴奧辛與多氯呋喃監測濃度為 $0.053 \text{ pg I-TEQ/m}^3$ ($0.046 \text{ pg WHO}_{2005\text{DF}}\text{-TEQ/m}^3$)，多氯聯苯監測濃度平均值則為 $0.010 \text{ pg WHO}_{2005}\text{-TEQ/m}^3$ (表 3-25)。將本年度監測結果與過去歷年同期監測結果比較，本年度一般空氣品質測站監測濃度平均值與 101 年較為接近(圖 3-13)，為近 5 年內較低者，但 5 月及 8 月的最大值與過去相較偏高。

依測站性質分類，一般空品測站、交通空品測站、排放源集中區測點之監測值如圖 3-14，除 8 月三類測站/測點之監測濃度均低且相近外，排放源集中區測點監測結果明顯高於其他測站。

二、一般空品測站測值分析

一般空品測站監測結果濃度較高($>1.0 \text{ pg I-TEQ/m}^3$)測站包含大里站(102 年 2 月 $0.103 \text{ pg I-TEQ/m}^3$)、彰化站(102 年 2 月 $0.126 \text{ pg I-TEQ/m}^3$)、嘉義站(102 年 5 月 $0.104 \text{ pg I-TEQ/m}^3$)及仁武站(102 年 8 月 $0.149 \text{ pg I-TEQ/m}^3$)，此三站過去亦曾出現較高測值，由於大里站和彰化站距離較近且性質類似，以下將一併分析。

表 3-22 102 年 2 月環境空氣戴奧辛監測結果

編號	測站/點類別	測站/點編號	監測站/點	PCDD/Fs		PCBs	PCDD/Fs+PCBs	採樣日期
				(pg I-TEQ/m ³)	(pg WHO-TEQ/m ³)	(pg WHO-TEQ/m ³)	(pg WHO-TEQ/m ³)	
1	一般空品站	3	萬里站(綜合商場)	0.006	0.005	0.000	0.005	102/02/20~02/23
2		2	汐止站(樟樹國小)	0.006	0.006	0.001	0.006	102/02/20~02/23
3		15	松山站(松山國小)	0.005	0.004	0.001	0.005	102/02/19~02/22
4		17	桃園站(桃園農工)	0.012	0.011	0.001	0.012	102/02/19~02/22
5		22	湖口站(信勢國小)	0.018	0.016	0.002	0.018	102/02/19~02/22
6		24	新竹站(東門國小)	0.045	0.039	0.003	0.042	102/02/25~02/28
7		26	苗栗站(苗栗縣議會)	0.042	0.037	0.003	0.04	102/02/25~02/28
8		30	大里站(大里區公所)	0.103	0.091	0.007	0.098	102/02/25~02/28
9		32	西屯站(啟聰學校)	0.056	0.049	0.004	0.053	102/02/25~02/28
10		36	南投站(康壽國小)	0.045	0.038	0.003	0.041	102/02/25~02/28
11		33	彰化站(延平社區活動中心)	0.126	0.11	0.011	0.121	102/02/25~02/28
12		38	崙背站(崙背國中)	0.062	0.054	0.005	0.059	102/02/25~02/28
13		39	新港站(新港國小)	0.057	0.055	0.002	0.057	102/02/18~02/21
14		42	嘉義站(興嘉國小)	0.048	0.045	0.002	0.047	102/02/18~02/21
15		43	新營站(新營國小)	0.040	0.036	0.002	0.038	102/02/18~02/21
16		46	台南站(中山國中)	0.022	0.02	0.001	0.021	102/02/18~02/21
17		49	仁武站(八卦國小)	0.055	0.048	0.004	0.052	102/02/18~02/21
18		53	楠梓站(楠梓國小)	0.057	0.051	0.003	0.054	102/02/18~02/21
19		59	屏東站(中正國小)	0.037	0.033	0.003	0.036	102/02/22~02/25
20		65	宜蘭站(復興國中)	0.005	0.005	0.001	0.005	102/02/19~02/22
21		63	花蓮站(中正國小)	0.008	0.007	0.001	0.008	102/02/19~02/22
22		62	台東站(台東縣政府)	0.012	0.011	0.000	0.012	102/02/22~02/25
-		-	平均值	0.039	0.035	0.003	0.038	-
-		-	最大值	0.126	0.11	0.011	0.121	-
-		-	最小值	0.005	0.004	0.000	0.005	-
23	交通測站	68	中壢站(中壢國小)	0.041	0.036	0.002	0.039	102/02/19~02/22
24		50	鳳山站(曹公國小)	0.054	0.049	0.004	0.053	102/02/26~03/01
25		71	復興站(復興國小)	0.035	0.031	0.003	0.034	102/02/26~03/01
-		-	平均值	0.043	0.039	0.003	0.042	-
-	排放源集中區	-	最大值	0.054	0.049	0.003	0.053	-
-		-	最小值	0.035	0.031	0.002	0.034	-
26		H1	中山測點	0.010	0.009	0.001	0.010	102/02/19~02/22
27		H2	八德測點	0.019	0.017	0.002	0.018	102/02/19~02/22
28		H3	水美測點	0.813	0.681	0.205	0.886	102/02/19~02/22
29		L1	月眉測點	0.047	0.041	0.003	0.044	102/02/25~02/28
30		L2	內埔測點	0.096	0.086	0.005	0.091	102/02/25~02/28
31		N3	全興測點	0.192	0.172	0.021	0.193	102/02/25~02/28
32		N4	鋼聯測點	0.131	0.112	0.010	0.123	102/02/25~02/28
33		57	前鎮站(獅甲國中)	0.032	0.029	0.003	0.032	102/02/26~03/01
34		E1	餐旅測點	0.051	0.045	0.004	0.049	102/02/26~03/01
35		E2	大林埔測點	0.054	0.047	0.006	0.053	102/02/26~03/01
36		E4	中鋼測點	0.019	0.017	0.001	0.019	102/02/27~03/02
37		U1	和平測點	0.010	0.009	0.001	0.010	102/02/19~02/22
-		-	平均值	0.131	0.112	0.024	0.136	-
-		-	最大值	0.813	0.681	0.205	0.886	-
-		-	最小值	0.010	0.009	0.001	0.01	-
-	所有測站	-	平均值	0.067	0.058	0.009	0.067	-
-		-	最大值	0.813	0.681	0.205	0.886	-
-		-	最小值	0.005	0.004	0.000	0.005	-

註：1. PCDD/Fs 毒性當量濃度分別以 I-TEF 及 WHO₂₀₀₅-TEF 換算，PCB 則以 WHO₂₀₀₅-TEF 換算。
2. PCDD/Fs+PCBs 為以 WHO₂₀₀₅-TEF 換算之 PCDD/Fs 和 PCB 毒性當量濃度之總和。

表 3-23 102 年 5 月環境空氣戴奧辛監測結果

編號	測站/點類別	測站/點編號	監測站/點	PCDD/Fs		PCBs	PCDD/Fs+PCBs	採樣日期
				(pg I-TEQ/m ³)	(pg WHO-TEQ/m ³)	(pg WHO-TEQ/m ³)	(pg WHO-TEQ/m ³)	
1	一般空品站	3	萬里站(綜合商場)	0.012	0.011	0.001	0.012	102/05/07~05/10
2		2	汐止站(樟樹國小)	0.013	0.011	0.001	0.012	102/05/07~05/10
3		15	松山站(松山國小)	0.012	0.010	0.001	0.011	102/05/07~05/10
4		17	桃園站(桃園農工)	0.019	0.016	0.001	0.017	102/05/06~05/09
5		22	湖口站(信勢國小)	0.028	0.025	0.002	0.027	102/05/06~05/09
6		24	新竹站(東門國小)	0.013	0.010	0.002	0.012	102/05/13~05/16
7		26	苗栗站(苗栗縣議會)	0.007	0.007	0.002	0.009	102/05/13~05/16
8		30	大里站(大里區公所)	0.010	0.008	0.002	0.010	102/05/13~05/16
9		32	西屯站(啟聰學校)	0.021	0.017	0.003	0.020	102/05/13~05/16
10		36	南投站(康壽國小)	0.012	0.011	0.002	0.013	102/05/13~05/16
11		33	彰化站(延平社區活動中心)	0.027	0.023	0.003	0.025	102/05/13~05/16
12		38	崙背站(崙背國中)	0.010	0.008	0.002	0.011	102/05/13~05/16
13		39	新港站(新港國小)	0.012	0.011	0.001	0.012	102/05/06~05/09
14		42	嘉義站(興嘉國小)	0.104	0.092	0.003	0.096	102/05/06~05/09
15		43	新營站(新營國小)	0.031	0.027	0.002	0.029	102/05/06~05/09
16		46	台南站(中山國中)	0.024	0.021	0.002	0.023	102/05/06~05/09
17		49	仁武站(八卦國小)	0.026	0.023	0.002	0.025	102/05/06~05/09
18		53	楠梓站(楠梓國小)	0.023	0.020	0.002	0.022	102/05/06~05/09
19		59	屏東站(中正國小)	0.027	0.023	0.002	0.026	102/05/10~05/13
20		65	宜蘭站(復興國中)	0.011	0.009	0.001	0.010	102/05/07~05/10
21		63	花蓮站(中正國小)	0.005	0.004	0.001	0.005	102/05/06~05/09
22		62	台東站(台東縣政府)	0.006	0.005	0.001	0.006	102/05/10~05/13
-		-	平均值	0.021	0.018	0.002	0.020	-
-		-	最大值	0.104	0.092	0.003	0.096	-
-		-	最小值	0.005	0.004	0.001	0.005	-
23	交通測站	68	中壢站(中壢國小)	0.054	0.046	0.004	0.050	102/05/06~05/09
24		50	鳳山站(曹公國小)	0.032	0.029	0.002	0.031	102/05/14~05/17
25		71	復興站(復興國小)	0.021	0.019	0.003	0.022	102/05/10~05/13
-		-	平均值	0.036	0.031	0.003	0.034	-
-	排放源集中區	-	最大值	0.054	0.046	0.004	0.050	-
-		-	最小值	0.021	0.019	0.002	0.022	-
26		H1	中山測點	0.046	0.040	0.003	0.042	102/05/06~05/09
27		H2	八德測點	0.095	0.087	0.003	0.090	102/05/06~05/09
28		H3	水美測點	0.060	0.052	0.007	0.059	102/05/06~05/09
29		L1	月眉測點	0.019	0.016	0.002	0.018	102/05/13~05/16
30		L2	內埔測點	0.021	0.019	0.004	0.024	102/05/13~05/16
31		N3	全興測點	0.468	0.431	0.021	0.452	102/05/13~05/16
32		N4	鋼聯測點	0.057	0.054	0.005	0.059	102/05/13~05/16
33		57	前鎮站(獅甲國中)	0.017	0.016	0.003	0.019	102/05/10~05/13
34		E1	餐旅測點	0.038	0.035	0.003	0.038	102/05/14~05/17
35		E2	大林埔測點	0.032	0.028	0.003	0.031	102/05/14~05/17
36		E4	中鋼測點	0.084	0.073	0.008	0.081	102/05/14~05/17
37		U1	和平測點	0.013	0.010	0.000	0.011	102/05/07~05/10
-	所有測站	-	平均值	0.085	0.077	0.005	0.082	-
-		-	最大值	0.468	0.431	0.021	0.452	-
-		-	最小值	0.013	0.010	0.000	0.011	-
-		-	平均值	0.041	0.036	0.003	0.039	-
-	所有測站	-	最大值	0.468	0.431	0.021	0.452	-
-		-	最小值	0.005	0.004	0.000	0.005	-

註：1. PCDD/Fs 毒性當量濃度分別以 I-TEF 及 WHO₂₀₀₅-TEF 換算，PCB 則以 WHO₂₀₀₅-TEF 換算。
 2. PCDD/Fs+PCBs 為以 WHO₂₀₀₅-TEF 換算之 PCDD/Fs 和 PCB 毒性當量濃度之總和。

表 3-24 102 年 8 月環境空氣戴奧辛監測結果

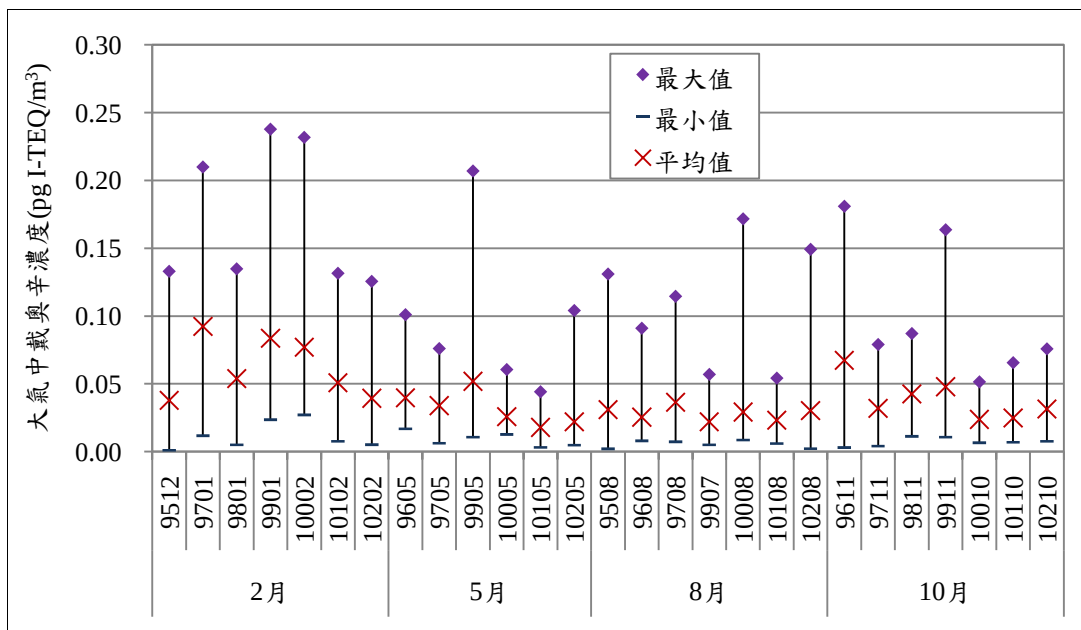
編號	測站/點類別	測站/點編號	監測站/點	PCDD/Fs		PCBs	PCDD/Fs+PCBs	採樣日期
				(pg I-TEQ/m ³)	(pg WHO-TEQ/m ³)	(pg WHO-TEQ/m ³)	(pg WHO-TEQ/m ³)	
1	一般空品站	3	萬里站(綜合商場)	0.015	0.012	0.002	0.014	102/08/06~08/09
2		2	汐止站(樟樹國小)	0.020	0.017	0.003	0.020	102/08/06~08/09
3		15	松山站(松山國小)	0.026	0.022	0.003	0.025	102/08/06~08/09
4		17	桃園站(桃園農工)	0.051	0.045	0.004	0.049	102/08/05~08/08
5		22	湖口站(信勢國小)	0.021	0.018	0.002	0.020	102/08/05~08/08
6		24	新竹站(東門國小)	0.020	0.018	0.002	0.021	102/08/12~08/15
7		26	苗栗站(苗栗縣議會)	0.015	0.014	0.002	0.015	102/08/12~08/15
8		30	大里站(大里區公所)	0.028	0.024	0.003	0.027	102/08/12~08/15
9		32	西屯站(啟聰學校)	0.023	0.020	0.003	0.022	102/08/12~08/15
10		36	南投站(康壽國小)	0.013	0.011	0.003	0.014	102/08/12~08/15
11		33	彰化站(延平社區活動中心)	0.027	0.024	0.004	0.027	102/08/12~08/15
12		38	崙背站(崙背國中)	0.037	0.033	0.003	0.036	102/08/12~08/15
13		39	新港站(新港國小)	0.098	0.087	0.004	0.091	102/08/05~08/08
14		I1	嘉義測點(民生國中)	0.032	0.029	0.001	0.030	102/08/05~08/08
15		43	新營站(新營國小)	0.010	0.009	0.001	0.010	102/08/05~08/08
16		46	台南站(中山國中)	0.011	0.010	0.002	0.012	102/08/05~08/08
17		49	仁武站(八卦國小)	0.149	0.133	0.003	0.136	102/08/05~08/08
18		53	楠梓站(楠梓國小)	0.016	0.014	0.002	0.016	102/08/05~08/08
19		59	屏東站(中正國小)	0.031	0.028	0.003	0.030	102/08/09~08/12
20		65	宜蘭站(復興國中)	0.016	0.015	0.003	0.018	102/08/05~08/08
21		63	花蓮站(中正國小)	0.002	0.002	0.001	0.003	102/08/05~08/08
22		62	台東站(台東縣政府)	0.005	0.005	0.001	0.005	102/08/09~08/12
-		-	平均值	0.030	0.027	0.003	0.029	-
-		-	最大值	0.149	0.133	0.004	0.136	-
-		-	最小值	0.002	0.002	0.001	0.003	-
23	交通測站	68	中壢站(中壢國小)	0.020	0.017	0.003	0.020	102/08/05~08/08
24		50	鳳山站(曹公國小)	0.021	0.019	0.002	0.021	102/08/20~08/23
25		71	復興站(復興國小)	0.014	0.013	0.002	0.015	102/08/20~08/23
-		-	平均值	0.019	0.016	0.002	0.019	-
-	排放源集中區	-	最大值	0.021	0.019	0.003	0.021	-
-		-	最小值	0.014	0.013	0.002	0.015	-
26		H1	中山測點	0.046	0.040	0.005	0.045	102/08/05~08/08
27		H2	八德測點	0.018	0.015	0.002	0.017	102/08/05~08/08
28		H3	水美測點	0.018	0.015	0.003	0.019	102/08/05~08/08
29		L1	月眉測點	0.027	0.024	0.003	0.027	102/08/12~08/15
30		L2	內埔測點	0.021	0.018	0.004	0.021	102/08/12~08/15
31		N3	全興測點	0.069	0.062	0.008	0.069	102/08/12~08/15
32		N4	鋼聯測點	0.014	0.013	0.002	0.015	102/08/12~08/15
33		57	前鎮站(獅甲國中)	0.011	0.009	0.002	0.011	102/08/20~08/23
34		E1	餐旅測點	0.073	0.061	0.006	0.067	102/08/20~08/23
35		E2	大林埔測點	0.045	0.037	0.008	0.045	102/08/20~08/23
36		E4	中鋼測點	0.031	0.026	0.003	0.029	102/08/20~08/23
37		U1	和平測點	0.006	0.005	0.002	0.006	102/08/05~08/08
-	所有測站	-	平均值	0.032	0.027	0.004	0.031	-
-		-	最大值	0.073	0.062	0.008	0.069	-
-		-	最小值	0.006	0.005	0.002	0.006	-
-		-	平均值	0.030	0.026	0.003	0.029	-
-	所有測站	-	最大值	0.149	0.133	0.008	0.136	-
-		-	最小值	0.002	0.002	0.001	0.003	-

- 註：1. PCDD/Fs 毒性當量濃度分別以 I-TEF 及 WHO₂₀₀₅-TEF 換算，PCB 則以 WHO₂₀₀₅-TEF 換算。
 2. PCDD/Fs+PCBs 為以 WHO₂₀₀₅-TEF 換算之 PCDD/Fs 和 PCB 毒性當量濃度之總和。
 3. 編號 14 之測點原於環保署嘉義測站監測，因用電問題無法於該測站持續監測，改於其鄰近之民生國中執行。

表 3-25 102 年 10 月環境空氣戴奧辛監測結果

編號	測站/點類別	測站/點編號	監測站/點	PCDD/Fs		PCBs	PCDD/Fs+PCBs	採樣日期
				(pg I-TEQ/m ³)	(pg WHO-TEQ/m ³)	(pg WHO-TEQ/m ³)	(pg WHO-TEQ/m ³)	
1	一般空品站	3	萬里站(綜合商場)	0.008	0.007	0.001	0.008	102/10/15~10/18
2		2	汐止站(樟樹國小)	0.014	0.013	0.001	0.014	102/10/15~10/18
3		15	松山站(松山國小)	0.012	0.010	0.001	0.012	102/10/14~10/17
4		17	桃園站(桃園農工)	0.023	0.020	0.003	0.023	102/10/14~10/17
5		22	湖口站(信勢國小)	0.048	0.041	0.004	0.046	102/10/14~10/17
6		24	新竹站(東門國小)	0.031	0.027	0.003	0.030	102/10/07~10/10
7		26	苗栗站(苗栗縣議會)	0.027	0.024	0.003	0.027	102/10/07~10/10
8		30	大里站(大里區公所)	0.055	0.048	0.004	0.053	102/10/07~10/10
9		32	西屯站(啟聰學校)	0.018	0.016	0.002	0.017	102/10/07~10/10
10		36	南投站(康壽國小)	0.023	0.020	0.003	0.023	102/10/07~10/10
11		33	彰化站(延平社區活動中心)	0.042	0.037	0.005	0.042	102/10/07~10/10
12		38	崙背站(崙背國中)	0.054	0.048	0.004	0.053	102/10/07~10/10
13		39	新港站(新港國小)	0.044	0.039	0.003	0.042	102/10/07~10/11
14		I1	嘉義測點(民生國中)	0.076	0.067	0.004	0.071	102/10/07~10/10
15		43	新營站(新營國小)	0.036	0.031	0.003	0.034	102/10/07~10/10
16		46	台南站(中山國中)	0.034	0.030	0.003	0.033	102/10/07~10/10
17		49	仁武站(八卦國小)	0.050	0.045	0.003	0.048	102/10/07~10/10
18		53	楠梓站(楠梓國小)	0.030	0.026	0.003	0.029	102/10/07~10/10
19		59	屏東站(中正國小)	0.038	0.032	0.003	0.035	102/10/15~10/18
20		65	宜蘭站(復興國中)	0.013	0.011	0.001	0.012	102/10/14~10/17
21		63	花蓮站(中正國小)	0.011	0.010	0.001	0.011	102/10/14~10/17
22		62	台東站(台東縣政府)	0.008	0.007	0.001	0.008	102/10/15~10/18
-		-	平均值	0.032	0.028	0.003	0.030	-
-		-	最大值	0.076	0.067	0.005	0.071	-
-		-	最小值	0.008	0.007	0.001	0.008	-
23	交通測站	68	中壢站(中壢國小)	0.053	0.048	0.004	0.052	102/10/14~10/17
24		50	鳳山站(曹公國小)	0.024	0.020	0.002	0.023	102/10/11~10/14
25		71	復興站(復興國小)	0.020	0.018	0.002	0.020	102/10/11~10/14
-		-	平均值	0.032	0.029	0.003	0.032	-
-	排放源集中區	-	最大值	0.053	0.048	0.004	0.052	-
-		-	最小值	0.020	0.018	0.002	0.020	-
26		H1	中山測點	0.022	0.018	0.003	0.021	102/10/14~10/17
27		H2	八德測點	0.036	0.031	0.003	0.034	102/10/14~10/17
28		H3	水美測點	0.676	0.580	0.251	0.831	102/10/14~10/17
29		L1	月眉測點	0.061	0.053	0.006	0.059	102/10/07~10/10
30		L2	內埔測點	0.030	0.027	0.004	0.031	102/10/07~10/10
31		N3	全興測點	0.055	0.049	0.007	0.056	102/10/07~10/10
32		N4	鋼聯測點	0.057	0.050	0.005	0.055	102/10/07~10/10
33		57	前鎮站(獅甲國中)	0.019	0.017	0.003	0.020	102/10/11~10/14
34		E1	餐旅測點	0.038	0.034	0.003	0.037	102/10/11~10/14
35		E2	大林埔測點	0.107	0.096	0.010	0.105	102/10/11~10/14
36		E4	中鋼測點	0.048	0.042	0.005	0.047	102/10/11~10/14
37		U1	和平測點	0.010	0.010	0.001	0.011	102/10/14~10/17
-	所有測站	-	平均值	0.097	0.084	0.025	0.109	-
-		-	最大值	0.676	0.580	0.251	0.831	-
-		-	最小值	0.010	0.010	0.001	0.011	-
-		-	平均值	0.053	0.046	0.010	0.056	-
-	所有測站	-	最大值	0.676	0.580	0.251	0.831	-
-		-	最小值	0.008	0.007	0.001	0.008	-

- 註：1. PCDD/Fs 毒性當量濃度分別以 I-TEF 及 WHO₂₀₀₅-TEF 換算，PCB 則以 WHO₂₀₀₅-TEF 換算。
 2. PCDD/Fs+PCBs 為以 WHO₂₀₀₅-TEF 換算之 PCDD/Fs 和 PCB 毒性當量濃度之總和。
 3. 編號 14 之測點原於環保署嘉義測站監測，因用電問題無法於該測站持續監測，改於其鄰近之民生國中執行。



註：圖中橫軸為監測月份，9512 表 95 年 12 月監測。因 100 年後固定於 2、5、8、10 月監測，為利比較，將 95 年至 99 年之監測以較近月份歸類。

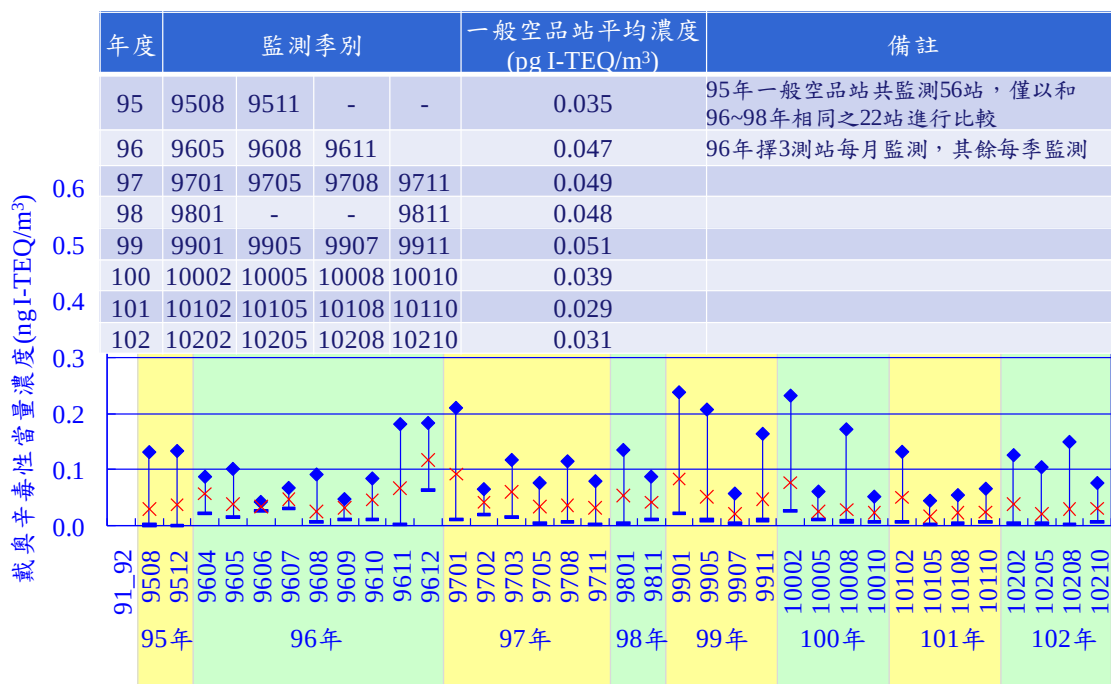
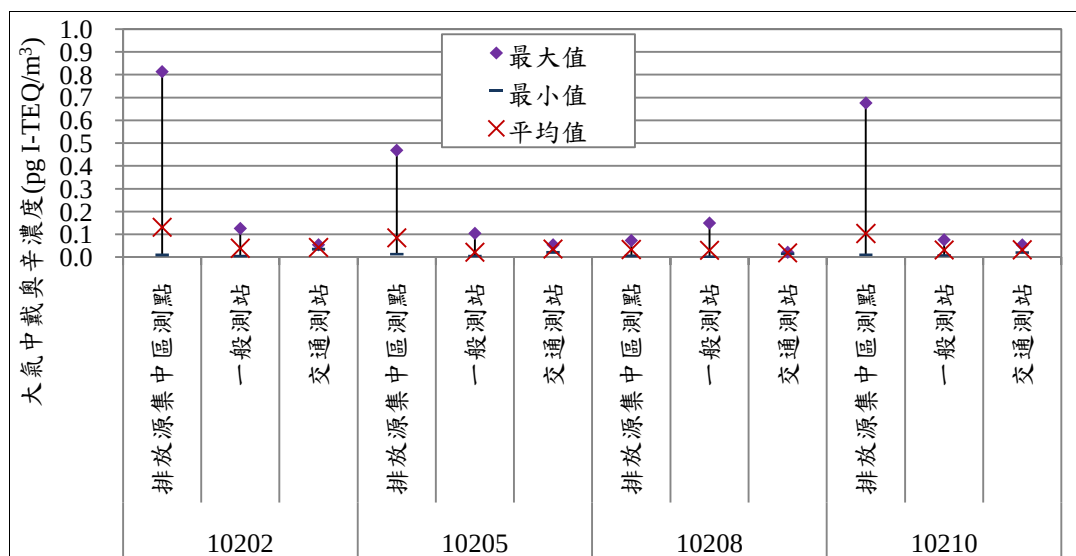


圖 3-13 歷年一般空氣品質測站戴奧辛監測濃度



註：圖中橫軸為監測月份，10202 表 102 年 2 月監測。

圖 3-14 三類測站/點戴奧辛監測濃度比較

(一) 大里站與彰化站

此兩測站位置及 102 年 2 月風花圖如圖 3-15，兩測站東側均有較高地勢，當風由海邊往內陸吹，因地形阻擋而造成擴散不良。

彙整歷年大里站戴奧辛及粒狀物空氣品質監測結果如表 3-26，可看出戴奧辛監測濃度較高多發生於 1、2 月，且監測當時之粒狀物平均監測濃度高於戴奧辛監測濃度較低者，且主要風向多為西風至西北風，顯示監測當時氣象條件擴散較不良，致使空氣品質有較劣化現象。

彰化站在 100 年 5 月以前均位於忠孝國小，後遷移至東南方 2.3 公里處之延平社區活動中心，99 年 1 月及 100 年 2 月曾出現 $0.166 \text{ pg I-TEQ/m}^3$ 及 $0.232 \text{ pg I-TEQ/m}^3$ 之較高監測值，歷年監測結果如表 3-27。由表中看出，測值較高均出現在盛行風向為西風、西北風時，且粒狀物濃度亦較高，顯示本站在擴散不良時較易出現戴奧辛濃度值偏高情形。

彙整本計畫 102 年 2 月監測時大里站及彰化站 PM_{10} 監測濃度如圖 3-16，自 24 日起，大里站及彰化站之 PM_{10} 小時濃度值已有高於 $100 \mu\text{g/m}^3$ 的情形出現，至 26 日午後下降，28 日再上昇，而本計畫於此兩測站之監測時間

為 2 月 25 日至 28 日，正好為 PM₁₀ 濃度較高時，顯示監測當時擴散不良，空氣品質較易劣化。

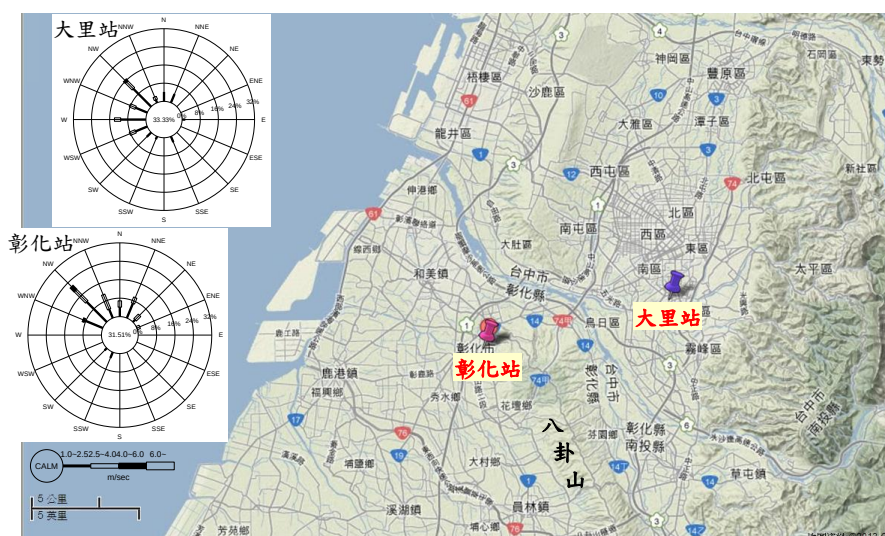


圖 3-15 大里站及彰化站位置及 102 年 2 月監測風花圖

表 3-26 大里站戴奧辛與粒狀物空氣品質監測結果比較表

監測濃度分類	監測季別	採樣日期	PCDDs/Fs (pg I-TEQ/m ³)	PM ₁₀ (μg/m ³)	PM _{2.5} (μg/m ³)	是否降雨	主要風向	靜風比例 (%)
監測濃度 ≥0.1 pg I-TEQ/m ³	9708	97/08/18~08/21	0.115	42.95	31.73	否	西	21.88
	9801	98/01/12~01/15	0.112	72.31	48.65	否	西北	35.42
	9905	99/05/17~05/20	0.102	59.29	32.15	否	西	23.66
	10002	100/02/21~02/24	0.131	84.92	53.11	否	西	36.84
	10102	101/02/13~02/16	0.113	68.61	43.22	否	西北	28.13
	10202	102/02/25~02/28	0.103	105.44	63.00	否	西北	33.33
	平均		0.113	72.25	45.31	-	-	-
監測濃度 <0.1 pg I-TEQ/m ³	9705	97/05/19~05/22	0.038	51.24	35.92	否	西	28.13
	9711	97/11/03~11/06	0.079	57.93	36.37	否	西北	41.67
	9811	98/11/16~11/19	0.028	31.46	16.54	否	東北	4.17
	9901	99/01/19~01/22	0.098	74.48	43.60	否	西北	36.79
	9907	99/07/26~07/29	0.034	20.24	11.69	是	南	16.67
	9911	99/11/15~11/18	0.046	37.54	23.22	否	東北、西北	27.17
	10005	100/05/16~05/19	0.039	52.60	30.18	是	西	31.26
	10008	100/08/08~08/11	0.009	25.79	15.17	是	西南、南	27.08
	10010	100/10/24~10/27	0.03	47.14	28.43	否	西北	13.54
	10105	101/05/07~05/10	0.039	57.93	39.14	是	西南	19.79
	10108	101/08/06~08/09	0.019	40.19	35.13	是	南	4.17
	10110	101/10/08~10/11	0.028	56.92	29.66	否	東北	12.5
	10205	102/05/13~05/16	0.010	37.82	13.04	是	南南東	45.07
	10208	102/08/12~08/15	0.028	48.11	31.23	是	南南東	27.40
	10210	102/10/07~10/10	0.055	62.64	50.54	否	西北	23.29
	平均		0.039	46.80	29.32	-	-	-

註：1. 監測季別以年月表示，10202 表 102 年 2 月監測。

2. 上表中粗體且劃下線者表示本計畫監測，其餘為過去監測結果。

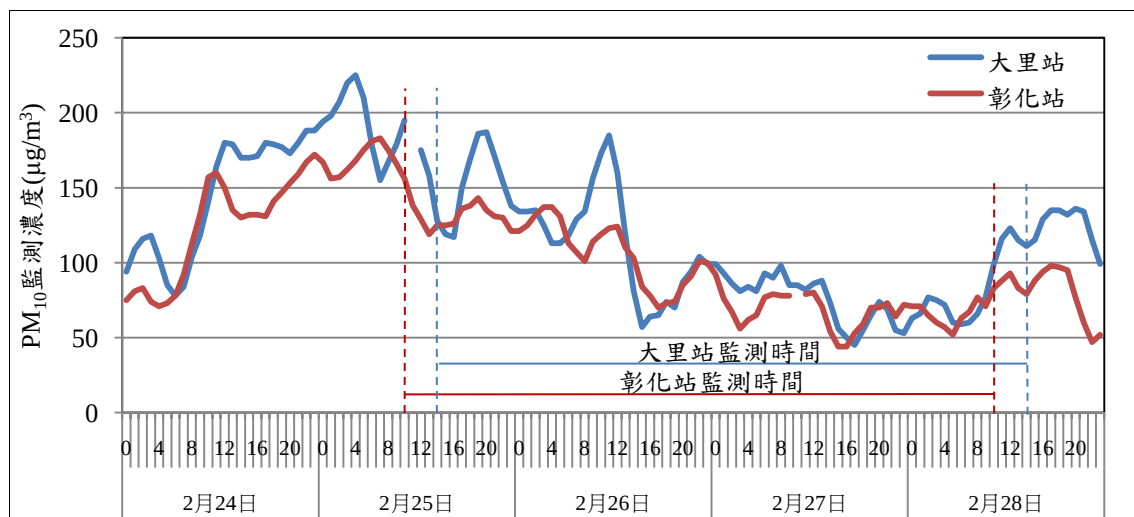
表 3-27 彰化站戴奧辛與粒狀物空氣品質監測結果比較表

監測濃度分類	監測季別	採樣日期	PCDDs/Fs (pg I-TEQ/m ³)	PM ₁₀ (μg/m ³)	PM _{2.5} (μg/m ³)	是否降雨	主要風向	靜風比例 (%)
監測濃度 ≥0.1 pg I-TEQ/m ³	9901	99/01/19~01/22	0.166	75.44	45.31	否	東北、西北	23.96
	10002	100/02/21~02/24	0.232	70.39	49.68	否	西北	40.63
	10102	101/02/13~02/16	0.132	58.41	37.95	否	東北	23.66
	10202	102/02/25~02/28	0.126	93.57	61.66	否	西北	31.51
	平均		0.164	74.45	48.65	-	-	-
監測濃度 <0.1 pg I-TEQ/m ³	9605	96/05/21~05/24	0.040	38.24	28.66	否	西南、南	14.63
	9608	96/08/13~08/16	0.052	38.27	25.85	是	南	66.67
	9705	97/05/19~05/22	0.039	54.27	37.84	否	東北	12.5
	9708	97/08/18~08/21	0.060	41.97	22.72	否	南南西	8.33
	9711	97/11/03~11/06	0.038	64.35	26.81	否	西北	8.51
	9801	98/01/12~01/15	0.090	99.71	48.85	否	東北	7.37
	9811	98/11/16~11/19	0.029	41.94	22.65	否	東北	3.13
	9905	99/05/17~05/20	0.070	50.71	32.73	否	西南	5.32
	9907	99/07/26~07/29	0.011	18.90	13.76	是	南	1.08
	9911	99/11/15~11/18	0.038	32.29	24.75	否	北北西	6.26
	10005	100/05/16~05/19	0.061	42.67	32.39	是	西北、東北	18.75
	10008	100/08/08~08/11	0.015	27.10	17.55	是	西南西	53.76
	10010	100/10/24~10/27	0.011	42.16	17.55	否	北	20.83
	10105	101/05/07~05/10	0.022	64.51	41.01	是	西南西	31.26
	10108	101/08/06~08/09	0.033	51.39	39.61	否	南南西	11.7
	10110	101/10/08~10/11	0.021	55.93	31.86	否	東北	1.04
	10205	102/05/13~05/16	0.027	30.88	20.23	是	東南、西南	45.83
	10208	102/05/12~08/15	0.027	48.11	31.23	是	西北、南南西	30.66
	10210	102/10/07~10/10	0.042	59.25	40.72	否	西北	31.51
	平均		0.038	47.51	29.30	-	-	-

註：1. 監測季別以年月表示，10202 表 102 年 2 月監測。

2. 上表中粗體且劃下線者表示本計畫監測，其餘為過去監測結果。

3. 彰化站在 100 年 5 月以前位於忠孝國小，後遷移至延平社區活動中心(灰底者)。

圖 3-16 大里站及彰化站 102 年 2 月 PM₁₀ 監測濃度變化圖

(二) 嘉義站

歷年嘉義站戴奧辛空氣品質監測結果與粒狀物濃度比較如表 3-28，由表中可看出，本站戴奧辛濃度較高時，多出現在主要風向為西北西風、靜風比例大於 25%，監測當時 PM₁₀ 濃度高於 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。嘉義站位置及 102 年 5 月風花圖如圖 3-17，本測站東側有較高地勢，當風由海邊往內陸吹，可能因地形阻擋而造成擴散不良。

表 3-28 嘉義站戴奧辛與粒狀物空氣品質監測結果比較表

監測濃度 分類	監測 季別	採樣日期	PCDDs/Fs (pg I-TEQ/m ³)	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	是否 降雨	主要風向	靜風比例 (%)
監測濃度 ≥0.1 pg I-TEQ/m ³	9701	97/01/09~01/12	0.120	132.17	111.82	否	西北西	34.38
	9801	98/01/12~01/15	0.135	104.40	58.36	否	西北西	28.13
	9901	99/01/18~01/21	0.105	112.82	68.60	否	西北西	26.04
	9905	99/05/11~05/14	0.207	100.76	58.55	否	西北西	6.38
	10205	102/05/06~05/09	0.104	89.05	55.19	否	西北西	30.14
	平均		0.134	107.84	70.50	-	-	-
監測濃度 <0.1 pg I-TEQ/m ³	9508	95/08/14~08/17	0.033	40.78	24.48	否	東南	2.08
	9512	95/12/15~12/18	0.045	63.28	33.36	否	東北東	20.21
	9605	96/05/14~05/17	0.038	90.83	53.39	否	西南西	17.71
	9608	96/08/13~08/16	0.015	22.80	13.61	否	南	14.58
	9611	96/11/19~11/22	0.095	80.99	46.19	否	西北西	18.75
	9705	97/05/19~05/22	0.048	53.34	33.54	否	東北	43.75
	9708	97/08/19~08/22	0.051	40.20	23.35	否	南	33.33
	9711	97/11/03~11/06	0.057	93.22	45.42	否	西北西	40.63
	9811	98/11/09~11/12	0.056	77.30	49.49	否	西北西	28.13
	9907	99/07/19~07/22	0.045	36.74	23.22	否	東南	18.75
	9911	99/11/15~11/18	0.080	68.65	37.87	否	西北西	16.67
	10002	100/02/21~02/24	0.097	120.02	85.94	否	西北西	26.09
	10005	100/05/16~05/19	0.028	53.10	36.19	否	西北西	26.04
	10008	100/08/22~08/25	0.033	41.68	26.30	否	東南	18.75
	10010	100/10/19~10/22	0.051	91.67	54.38	否	西北西	21.88
	10102	101/02/13~02/16	0.085	98.81	57.39	否	西北西	10.42
	10105	101/05/14~05/17	0.009	40.22	21.17	否	南南西	17.71
	10108	101/08/13~08/16	0.036	47.40	33.10	否	西北西	9.38
	10110	101/10/08~10/11	0.062	89.32	39.73	否	西北西	4.35
	10202	102/02/18~02/21	0.048	75.61	44.83	否	西北西	12.33
	10208	102/08/05~08/08	0.032	33.00	20.25	否	東南東	8.22
	10210	102/10/07~10/10	0.076	72.89	44.44	否	西北西	36.49
	平均		0.051	66.30	39.15	-	-	-

註：1. 監測季別以年月表示，10202 表 102 年 2 月監測。

2. 上表中粗體且劃下線者表示本計畫監測，其餘為過去監測結果。

3. 原於環保署嘉義測站監測，因用電問題無法於該測站持續監測，102 年 8 月起改於其鄰近之民生國中執行(灰底者)。

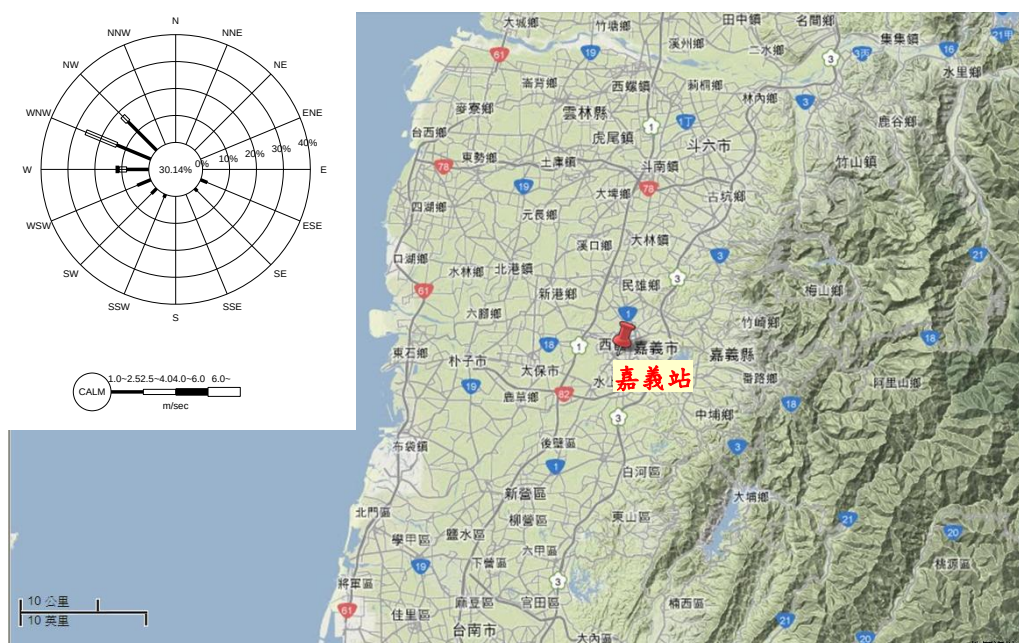


圖 3-17 嘉義站位置及 102 年 5 月監測風花圖

(三) 仁武站

歷年仁武站戴奧辛空氣品質監測結果與粒狀物濃度比較如表 3-29，目前該站戴奧辛濃度較高僅出現 3 站次，2 次出現在主要風向為西北風且伴隨著較高的 PM_{10} 濃度，1 次主要風向來自南及東風。本測站位於八卦國小，較近的戴奧辛排放源包含南方約 2.5 公里的高雄市中區焚化爐及 3.2 公里的高雄市火化場。經由此二排放源之排放指紋與 102 年 8 月監測結果比對並不相符，推測可能造成較高濃度的原因為高雄市中區焚化爐異常排放或附近有其他異常排放之污染源，惟本站監測到主要風向來自南方之情況僅此一次，尚無其他資料可作進一步比較。

表 3-29 仁武站戴奧辛與粒狀物空氣品質監測結果比較表

監測濃度 分類	監測 季別	採樣日期	PCDDs/Fs (pg I-TEQ/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	PM _{2.5} (µg/m ³)	是否 降雨	主要風向	靜風比例 (%)
監測濃度 ≥0.1 pg I-TEQ/m ³	09512	95/12/19~12/22	0.111	84.11	54.11	否	西北	9.38
	10002	100/02/14~02/17	0.134	95.85	56.04	否	西北	11.46
	10208	102/08/05~08/08	0.149	37.68	17.19	否	南、東	24.66
	平均		0.132	72.55	42.45	-	-	-
監測濃度 <0.1 pg I-TEQ/m ³	09508	95/08/18~08/21	0.062	48.95	36.84	否	西、東	13.54
	09605	96/05/21~05/24	0.043	31.12	26.25	否	東南	23.96
	09608	96/08/22~08/25	0.022	36.51	29.60	否	南南東	41.67
	09611	96/11/14~11/17	0.081	102.89	70.84	否	東南、西南	44.79
	09701	97/01/08~01/11	0.081	119.71	78.17	否	西北	32.29
	09705	97/05/19~05/22	0.046	62.60	45.89	否	西北	36.46
	09708	97/08/19~08/22	0.021	36.69	24.88	否	南南東	21.88
	09711	97/11/03~11/06	0.069	93.84	53.23	否	西北	30.21
	09801	98/01/05~01/08	0.063	82.53	50.80	否	西北	7.29
	09811	98/11/16~11/19	0.044	86.89	38.09	否	西北	6.25
	09901	99/01/18~01/21	0.089	127.96	79.13	否	西北	30.49
	09905	99/05/18~05/21	0.046	51.13	26.42	否	西北西	24.73
	09907	99/07/19~07/22	0.027	48.35	22.85	否	東	17.71
	09911	99/11/09~11/12	0.070	164.64	93.88	否	西北西	26.09
	10005	100/05/09~05/12	0.038	48.50	26.79	否	西北	20.83
	10008	100/08/15~08/18	0.027	48.50	26.79	否	南南西	8.33
	10010	100/10/11~10/14	0.030	46.82	21.87	否	西北	35.42
	10102	101/02/06~02/09	0.050	67.15	35.04	否	西北	19.79
	10105	101/05/07~05/10	0.044	62.50	43.06	否	西北西	12.50
	10108	101/08/13~08/16	0.040	46.82	21.87	否	西北西	29.17
	10110	101/10/08~10/11	0.020	96.94	43.22	否	西北	19.10
	10202	102/02/18~02/21	0.055	90.19	32.70	否	西北	10.96
	10205	102/05/06~05/09	0.026	72.43	38.27	否	西北西	24.66
	10210	102/10/07~10/10	0.050	61.04	37.80	否	西北西	34.25
	平均		0.048	72.28	41.85	-	-	-

註：1. 監測季別以年月表示，10202 表 102 年 2 月監測。

2. 上表中粗體且劃下線者表示本計畫監測，其餘為過去監測結果。

3. 原於環保署嘉義測站監測，因用電問題無法於該測站持續監測，102 年 8 月起改於其鄰近之民生國中執行(灰底者)。

(三) 一般空品站監測高濃度原因探討

茲將過去本計畫於一般空氣品質監測站監測得戴奧辛空品監測濃度大於 0.1 pg I-TEQ/m³ 者彙整如表 3-30，由表中可看出，2 月份為較易出現高濃度測值月份，且呈現區域性均有高濃度的情況，例如 97 年 1 月之竹苗、中部及雲嘉南空品區均呈現較高濃度值，98 年 1 月為中部、雲嘉南空品區，99 年 1 月及 100 年 2 月則是從中部、雲嘉南至高屏空品區，顯示上述季別應為空品擴散不良造

表 3-30 歷年一般空品站戴奧辛監測濃度較高者彙整表

戴奧辛監測物質及濃度單位：PCDDs/Fs (pg I-TEQ/m³)

序號	環保署 測站編號	測站名稱	空品區	監測季別																監測濃度>0.1pg I-TEQ/m ³ 之比例
				2 月							5 月			8 月				10 月		
				9512	9701	9801	9901	10002	10102	10202	9605	9905	10205	9508	9708	10008	10208	9611	9911	
1	17	桃園站	北部	0.022	0.056	0.013	0.043	0.051	0.034	0.012	0.101	0.033	0.019	0.073	0.052	0.172	0.051	0.019	0.031	7%
2	24	新竹站	竹苗	0.020	0.144	0.013	0.042	0.069	0.033	0.045	0.029	0.040	0.013	0.023	0.027	0.042	0.020	0.042	0.018	4%
3	26	苗栗站	竹苗	0.054	0.141	0.017	0.056	0.038	0.039	0.042	0.026	0.039	0.007	0.030	0.024	0.011	0.015	0.061	0.013	4%
4	30	大里站	中部	0.028	0.210	0.112	0.098	0.131	0.113	0.103	0.038	0.102	0.010	0.092	0.115	0.009	0.028	0.116	0.046	30%
5	33	彰化站	中部		0.183	0.090	0.166	0.232	0.132	0.126	0.040	0.070	0.027		0.060	0.015	0.027	0.157	0.038	24%
6	31	忠明站	中部	0.060	0.173	0.056	0.093	0.083			0.035	0.035		0.044	0.060			0.181	0.040	12%
7	36	南投站	中部	0.133	0.071	0.097	0.072	0.075	0.061	0.045	0.047	0.041	0.012	0.131	0.081	0.009	0.013	0.086	0.033	7%
8	39	新港站	雲嘉南	0.042	0.200	0.134	0.104	0.135	0.086	0.057	0.068	0.064	0.012	0.040	0.026	0.028	0.098	0.092	0.164	19%
9	42	嘉義站	雲嘉南	0.045	0.120	0.135	0.105	0.097	0.085	0.048	0.038	0.207	0.104	0.033	0.051	0.033	0.032	0.095	0.080	19%
10	38	崙背站	雲嘉南	0.077	0.185	0.069	0.238	0.083	0.048	0.062	0.030	0.073	0.010	0.030	0.059	0.024	0.037	0.126	0.043	11%
11	43	新營站	雲嘉南	0.028	0.108	0.089	0.090	0.071	0.079	0.040	0.037	0.047	0.031	0.031	0.021	0.041	0.010	0.109	0.059	7%
12	49	仁武站	高屏	0.111	0.081	0.063	0.089	0.134	0.050	0.055	0.043	0.046	0.026	0.062	0.021	0.027	0.149	0.081	0.070	11%
13	53	楠梓站	高屏	0.098	0.089	0.075	0.108	0.095	0.040	0.057	0.036	0.053	0.023	0.039	0.024	0.033	0.016	0.081	0.069	4%

註： 1. 監測季別以年月表示，10202 表 102 年 2 月監測。因 100 年後固定於 2、5、8、10 月監測，為利比較，將 95 年至 99 年之監測以較近月份歸類。

2. 歷年監測於 2、8、10 月份者各 7 季，5 月 6 季。本表僅列出過去監測結果季別戴奧辛濃度值大於 0.1pg I-TEQ/m³ 者。

3. 上表劃底線者表戴奧辛監測濃度值大於 0.1pg I-TEQ/m³，其他測值供參考用。

4. 上表測站除彰化站由忠孝國小遷移至延平活動中心、忠明站監測至 100 年 5 月以外，其餘測站均為持續監測測站。

成區域性濃度較高。此外，96 年 11 月之中部、雲嘉南空品區出現較高濃度值，除擴散不良造成外，11 月份為較易發生露天燃燒稻草季節，為造成戴奧辛空氣品質濃度上昇之可能原因。除前述大區域劣化情形外，監測濃度 $>0.1 \text{ pg I-TEQ/m}^3$ 之比例小於 12% 之測站大多僅有 1~3 次出現監測濃度值較高情形(如南投站、桃園站、仁武站)，顯示為偶發情形，推測與其附近排放源臨時異常排放有關。

綜上，中部、雲嘉南至高屏空品區於 2 月份空氣擴散不良之情況下，較易有戴奧辛濃度較高情形發生，可適時提醒敏感族群減少外出或配戴口罩防護，惟目前監測濃度值最高值僅為日本戴奧辛空氣品質基準 (0.6 pg-TEQ/m^3) 之 40%，不需恐慌。

三、排放源集中區測點

本年度排放源集中區監測結果顯示，水美測點在 2 月、8 月分別出現高測值 (0.813 、 $0.676 \text{ pg I-TEQ/m}^3$)、鋼聯測點在 2 月出現高測值 ($0.131 \text{ pg I-TEQ/m}^3$)、全興測點則在 2 月、5 月出現高測值 (0.192 、 $0.468 \text{ pg I-TEQ/m}^3$)，茲將各測點產生較高監測濃度原因分析如下。

(一)水美測點

本計畫於 101 年 2 月起於水美焚化廠辦公室頂樓每季進行戴奧辛空氣品質監測，歷年監測結果如表 3-31。該測站監測值均高於本署其他排放源附近戴奧辛監測值，且 102 年 2 月測值已高於日本一般區域戴奧辛空氣品質基準值 ($0.6 \text{ WHO}_{2005}\text{-TEQ/m}^3$ ，此測值只規範一般空品區，不含工業區及道路旁，僅供參考用)。

監測時各季氣象條件整理如表 3-32，各季盛行風向，101 年 5 月為西南西風，與其他月份多為北風、北北東風及東北風不同。101 年 5 月及 8 月監測時，監測點西方正在進行中陸廠區興建工程。本測點附近之氣象站為中正機

場站，其 99 年各季氣象資料如圖 3-18 所示，主要風向為北北東至東北東風，夏季盛行風為西南風，與其他季別不同。

圖 3-19 為水美測點位置與附近排放源分布圖，遠東新世紀鍋爐戴奧辛排放濃度於 99 年時曾經高達 39 ng I-TEQ/Nm^3 (燃材)，告發改善後於 100 年 4 月自行檢測合格，桃園縣環保局原排定於 100 年 9 月進行稽查檢測，然當日設備臨時損壞停工，故未執行。後續廠商即著手進行製程變更，將燃料由木材改為煤，名稱改為科德能源科技股份有限公司觀音廠，製程開始變更日期為 100 年 11 月，目前尚無該廠稽查數據。此外，水美焚化廠東北方有佶鼎科技，該廠以回旋轉式乾燥爐加熱含銅污泥，煉製氧化銅及硫酸銅，102 年桃園縣環保局稽查結果為 $3.51 \text{ ng I-TEQ/Nm}^3$ ，亦為本區域戴奧辛貢獻源之一。

表 3-33 為水美測點歷年戴奧辛監測指紋與附近排放源戴奧辛排放指紋相關性比較結果。由過去監測結果顯示，102 年 5 月、8 月監測之戴奧辛組成與其他季別較為不同，此兩季節的監測濃度亦較低，顯示影響的排放來源不同。由各排放源排放指紋之相關性可看出，遠東新世紀、水美、勁鍊與佶鼎等排放源排放不穩定，同一排放源歷次檢測之戴奧辛排放指紋有明顯差異，甚至同一排放源同次檢測之三個樣品其戴奧辛組成亦有不同，如勁鍊 98 年 12 月稽查，三筆檢測結果平均求得之戴奧辛排放組成與該次檢測最高濃度樣品之戴奧辛組成相關係數僅 0.58、佶鼎 102 年 3 月稽查三筆排放組成之相關係數為 0.39、0.68、0.81，故以前述排放源之排放指紋和監測結果比對，因監測與檢測非同步執行，再加上排放源排放情況不穩定，可能造成比對結果的誤差。遠東新世紀、水美、勁鍊及佶鼎排放指紋分別與監測之較高濃度季別(除 102 年 5 月、8 月以外季別)有較好的相關性，顯示在水美測點監測到較高戴奧辛濃度

時，其戴奧辛指紋與這些排放源類似，即這些排放源為可能影響水美測點的來源。

由空品監測結果顯示，本區域為戴奧辛空氣品質較差區域，戴奧辛監測濃度較高時之主要風向為東北風，對照排放源分布圖(圖 3-19)，附近排放源如遠東新世紀(現改為科德能源)、水美、勁鍊與佶鼎科技屢有排放超標，顯示操作不穩定，其所排放之廢氣亦可能影響監測點之測值。監測點西側亦有新增之中陸工業觀音廠，本計畫進行排放檢測，採取 3 個樣品，分析結果為 0.165、0.046、1.750，平均 0.654 ng I-TEQ/Nm³，未超標但濃度變動大，詳細分析請參見 3.1.2 節。

綜上所述，水美測點附近戴奧辛排放源多且操作排放情形不穩定，易造成附近區域戴奧辛濃度上昇，欲解決本區域戴奧辛濃度偏高情形，需針對區域內戴奧辛排放源同時加以管制，方能奏效。

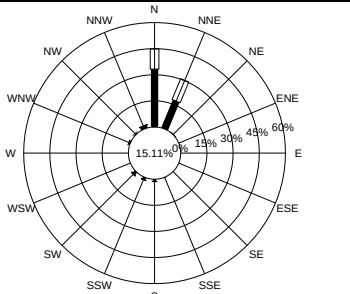
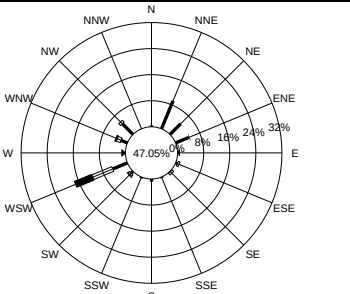
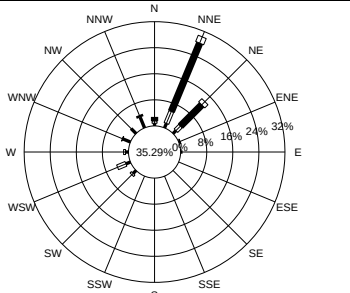
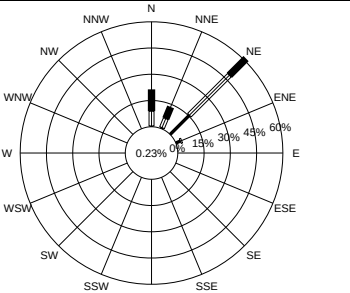
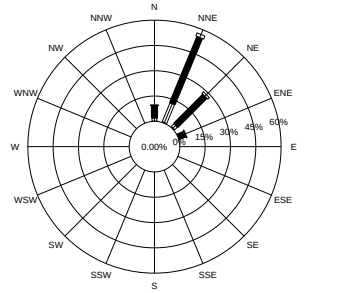
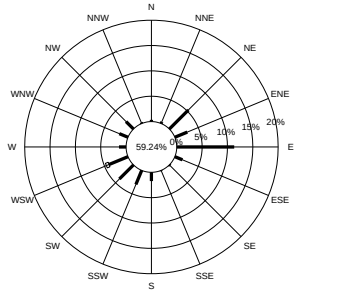
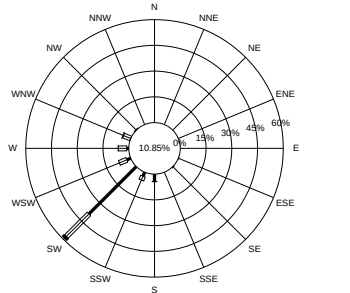
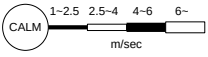
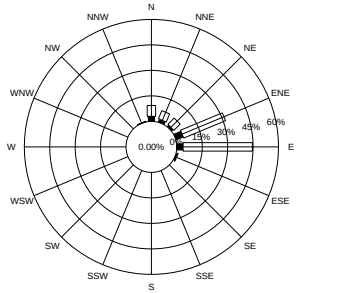
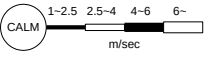
表 3-31 水美焚化爐測點戴奧辛空氣品質監測結果

監測地點 (經緯度座標)	監測季別	監測日期	戴奧辛空氣品質監測濃度			
			I-TEQ/m ³	WHO ₂₀₀₅ -TEQ/m ³		
			(戴奧辛與呋喃)	DL-PCBs	戴奧辛類化合物	
水美焚化廠 辦公室頂樓 (25°03'54",121°05'79")	10102	101/02/06~09	0.272	0.245	0.068	0.313
	10105	101/05/14~17	0.462	0.386	0.135	0.520
	10108	101/08/13~16	0.451	0.397	0.072	0.469
	10110	101/10/01~04	0.522	0.445	0.110	0.555
	10110* (配合稽查執行)	101/10/24~27	0.396	0.357	0.122	0.478
	<u>10202</u>	<u>102/02/19~22</u>	<u>0.813</u>	<u>0.681</u>	<u>0.205</u>	<u>0.886</u>
	<u>10205</u>	<u>102/05/06~09</u>	<u>0.060</u>	<u>0.052</u>	<u>0.007</u>	<u>0.059</u>
	<u>10208</u>	<u>102/08/05~08</u>	<u>0.018</u>	<u>0.015</u>	<u>0.003</u>	<u>0.019</u>
	<u>10210</u>	<u>102/10/14~17</u>	<u>0.676</u>	<u>0.580</u>	<u>0.251</u>	<u>0.831</u>
水美焚化廠 污水處理廠 (25°03'65",121°05'77")	10110* (配合稽查執行)	101/10/24~27	0.323	0.292	0.105	0.397

註：1. 監測季別以年月表示，10102 表 101 年 2 月監測。

2. 上表中粗體且劃下線者表示本計畫監測，其餘為過去監測結果。

表 3-32 水美焚化爐測點氣象條件表

季別	101 年 2 月	101 年 5 月
風花圖		
主要風向	北風	西南西風
季別	101 年 8 月	101 年 10 月
風花圖		
主要風向	北北東風	東北風
季別	102 年 2 月	102 年 5 月
風花圖		
主要風向	北北東風	東風、西南西風
季別	102 年 8 月	102 年 10 月
風花圖	 	 
主要風向	西南風	東風

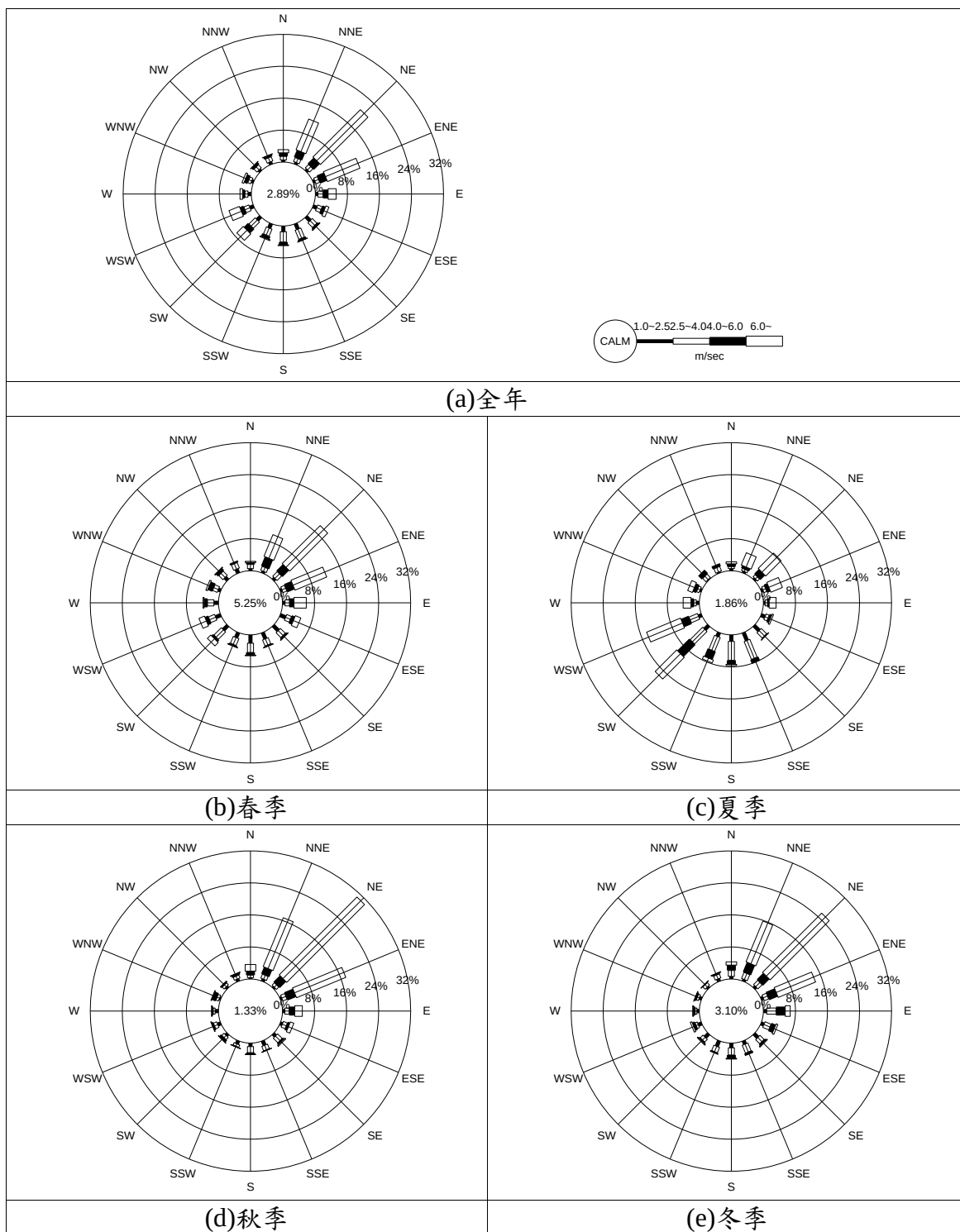


圖 3-18 中正機場 99 年風花圖



圖 3-19 水美測點附近排放源分布圖

表 3-33 水美測點監測結果與附近戴奧辛排放源指紋相關係數

監測或檢測		監測季別								遠東新世紀		水美						勁鍊					信鼎			協承 昌	台灣 永光
		10102	10105	10108	10110	10202	10205	10208	10210	09912 稽查	09907 定檢	10111 稽查	09904 稽查	09907 稽查	09912 定檢	10003 調查	10110 稽查	09812 稽查#1	09812 稽查	09905 定檢	10108 稽查	10110 稽查	10203 稽查	10203 稽查	10203 稽查	101 稽查	101 稽查
監測	10102 (0.272)	1																									
	10105 (0.462)	<u>0.93</u>	1																								
	10108 (0.451)	<u>0.96</u>	<u>0.96</u>	1																							
	10110 (0.522)	<u>0.97</u>	<u>0.95</u>	<u>0.99</u>	1																						
	10202 (0.813)	<u>0.98</u>	0.86	<u>0.94</u>	<u>0.96</u>	1																					
	10205 (0.060)	0.75	0.83	0.75	0.74	0.63	1																				
	10208 (0.018)	0.79	0.86	0.81	0.78	0.65	<u>0.97</u>	1																			
	10210 (0.676)	<u>0.98</u>	<u>0.92</u>	<u>0.95</u>	<u>0.96</u>	<u>0.96</u>	0.81	0.80	1																		
遠東 新世紀	09912 稽查 (39)	<u>0.91</u>	<u>0.95</u>	<u>0.95</u>	<u>0.96</u>	<u>0.90</u>	0.74	0.75	<u>0.93</u>	1																	
	09907 定檢	0.42	0.62	0.52	0.43	0.28	0.48	0.63	0.32	0.40	1																
水美	10111 稽查 (1.271)	<u>0.92</u>	0.89	<u>0.94</u>	<u>0.94</u>	<u>0.93</u>	0.63	0.66	<u>0.91</u>	<u>0.93</u>	0.41	1															
	09904 稽查	0.66	0.84	0.74	0.70	0.52	<u>0.93</u>	<u>0.95</u>	0.69	0.72	0.72	0.61	1														
	09907 稽查	<u>0.92</u>	<u>0.98</u>	<u>0.95</u>	<u>0.94</u>	0.85	0.89	0.89	<u>0.94</u>	<u>0.96</u>	0.51	0.88	0.86	1													
	09912 定檢	<u>0.96</u>	<u>0.95</u>	<u>0.98</u>	<u>0.98</u>	<u>0.94</u>	0.74	0.79	<u>0.95</u>	<u>0.95</u>	0.45	0.90	0.72	<u>0.94</u>	1												
	10003 調查	0.52	0.74	0.65	0.58	0.38	0.70	0.80	0.48	0.58	<u>0.93</u>	0.53	0.90	0.69	0.60	1											
	10110 稽查	0.61	0.79	0.66	0.63	0.46	<u>0.95</u>	<u>0.93</u>	0.65	0.68	0.63	0.53	<u>0.98</u>	0.83	0.65	0.82	1										
勁鍊	09812 稽查#1(3.43)	<u>0.95</u>	<u>0.93</u>	<u>0.98</u>	<u>0.97</u>	<u>0.96</u>	0.63	0.69	<u>0.92</u>	<u>0.93</u>	0.49	<u>0.95</u>	0.62	0.88	<u>0.96</u>	0.57	0.52	1									
	09812 稽查 (1.23)	0.70	0.77	0.72	0.70	0.56	<u>0.97</u>	<u>0.96</u>	0.76	0.67	0.46	0.55	<u>0.91</u>	0.84	0.70	0.68	<u>0.91</u>	0.58	1								
	09905 定檢	0.82	<u>0.96</u>	0.90	0.86	0.73	0.79	0.86	0.79	0.87	0.77	0.79	0.89	<u>0.92</u>	0.88	0.87	0.82	0.85	0.74	1							
	10108 稽查	0.69	0.88	0.77	0.71	0.55	0.82	0.87	0.67	0.73	0.86	0.66	<u>0.94</u>	0.84	0.73	<u>0.93</u>	0.89	0.70	0.77	<u>0.96</u>	1						
	10110 稽查	0.47	0.40	0.40	0.39	0.43	0.30	0.34	0.42	0.38	0.15	0.34	0.23	0.38	0.48	0.16	0.22	0.41	0.26	0.34	0.28	1					
信鼎	10203 稽查#1(1.01)	<u>0.93</u>	0.84	<u>0.94</u>	<u>0.95</u>	<u>0.97</u>	0.51	0.58	0.90	0.89	0.31	<u>0.93</u>	0.47	0.81	<u>0.93</u>	0.40	0.37	<u>0.97</u>	0.48	0.73	0.53	0.39	1				
	10203 稽查#2(0.47)	<u>0.92</u>	0.74	0.80	0.82	0.90	0.66	0.69	0.89	0.69	0.27	0.75	0.49	0.73	0.81	0.32	0.45	0.81	0.62	0.60	0.50	0.45	0.81	1			
	10203 稽查#3(9.05)	0.40	0.10	0.21	0.22	0.45	-0.04	0.01	0.31	0.05	-0.08	0.23	-0.23	0.02	0.23	-0.24	-0.26	0.31	-0.07	-0.04	-0.13	0.31	0.39	0.68	1		
協承昌 101 稽查		0.78	0.87	0.79	0.77	0.65	<u>0.99</u>	<u>0.98</u>	0.81	0.78	0.58	0.68	<u>0.96</u>	<u>0.92</u>	0.78	0.77	<u>0.96</u>	0.67	<u>0.95</u>	0.85	0.88	0.31	0.55	0.66	-0.05	1	
台灣永光 101 稽查		0.74	0.82	0.70	0.70	0.63	<u>0.90</u>	0.84	0.77	0.78	0.47	0.65	0.84	0.86	0.71	0.61	0.90	0.62	0.80	0.77	0.80	0.29	0.50	0.62	-0.01	<u>0.91</u>	1

註： 1. 監測與檢測以年月表示，如 10102 表 101 年 2 月監測/檢測。檢測若超過排放標準，則標註檢測濃度。

2. 相關係數大於 0.9 以粗體加底線表示

(二) 全興測點與鋼聯測點

本計畫自 98 年度起於全興測點(全興工業區服務中心)開始監測戴奧辛空氣品質，該站測值(表 3-34)多高於其他一般空氣品質監測站監測值，依據工業區分布(圖 3-20)，服務中心位於工業區之東北角，工廠主要分布於服務中心南方及西方，出現較高濃度時，靜風比例多偏高，盛行風向不一，以來自西南及南方之比例略高。鋼聯測點為 101 年度新增之排放源集中區測點，設置於台灣鋼聯行政大樓後方修護廠二樓頂，監測結果如表 3-35，100 年 8 月及 102 年 2 月監測濃度值偏高，各季監測之主要風向均不同，尚無法歸類監測濃度高時之主要風向。

本團隊於 101 年計畫即篩選此兩測點附近排放源，進行排放擴散模擬，結果顯示，各排放源對全興工業區服務中心測點年平均濃度值貢獻比例為中龍鋼鐵 49%、獻麒紡織 15%，其餘排放源 10%以下。而 24 小時最大值各排放源貢獻比例為中龍鋼鐵 65%、獻麒紡織 56%，其餘排放源 10%以下。各排放源對鋼聯測點年平均濃度值貢獻比例為中龍鋼鐵 74%，其餘排放源 10%以下。而 24 小時最大值各排放源貢獻比例為中龍鋼鐵 96%、台灣鋼聯 47%、獻麒紡織 15%，其餘排放源 10%以下。前述結果指出，獻麒紡織排放量雖不大(0.062g I-TEQ/年)，但臨近監測點，在適合氣象條件下，易對下風測點產生影響。

本計畫於 102 年 5 月針對獻麒紡織進行燃材鍋爐戴奧辛排放檢測，3 個樣品分析結果為 5.370、1.756、1.391，平均 2.839 ng I-TEQ/Nm³，已超過排放標準(但屬研究性質，故不做為告發依據，有關數據解析請參見第 3.1.2 節)。採樣當日主要風向為東南東風，故獻麒紡織排放對位於其東南東方之全興工業區測站影響不大，但當日全興工業區監測濃度達 0.468 pg I-TEQ/m³，顯示附近仍有其他排放源異常排放。

表 3-34 全興工業區服務中心戴奧辛空氣品質監測結果比較表

監測地點	監測季別	監測日期	PCDD/Fs			PCBs		PCDD/Fs+PCBs		彰化站粒狀物濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		是否降雨	靜風比例(%)	主要風向
			(pg I-TEQ/ m^3)	(pg WHO-TEQ/ m^3)	(pg/ m^3)	(pg WHO-TEQ/ m^3)	(pg/ m^3)	(pg WHO-TEQ/ m^3)	(pg/ m^3)	PM ₁₀	PM _{2.5}			
全興工業區服務中心	09811*	98/11/16~19	0.050	0.047	0.702	0.006	1.593	0.052	2.295	41.94	22.65	否	16.13	北北西
	09901*	99/01/19~22	0.324	0.292	3.447	0.018	4.521	0.311	7.968	75.44	45.31	否	60.67	西北
	09905*	99/05/17~20	0.584	0.520	7.497	0.028	6.927	0.547	14.424	50.71	32.73	否	41.33	南南西
	09907*	99/07/26~29	0.281	0.251	3.05	0.014	3.037	0.266	6.087	18.90	13.76	是	7.37	東南
	09911#	99/11/15~18	0.048	0.043	0.604	0.005	2.074	0.048	2.677	32.29	24.75	否	36.61	西北西
	10002#	100/02/21~24	0.081	0.072	0.918	0.007	1.676	0.079	2.594	70.39	49.68	是	51.73	西北
	10005#	100/05/16~19	0.082	0.071	0.807	0.008	2.938	0.079	3.745	42.67	32.39	否	62.12	北北西
	10008#	100/08/08~11	0.221	0.200	3.979	0.007	2.926	0.207	6.905	27.10	17.55	是	50.92	西南
	10010#	100/10/17~20	0.055	0.049	0.646	0.007	2.343	0.057	2.988	42.16	27.47	否	39.45	北北西
	10102&	101/02/13~16	0.083	0.076	1.531	0.005	2.361	0.08	3.892	58.60	38.14	否	12.7	東北東
	10105&	101/05/07~10	0.167	0.147	1.47	0.009	3.415	0.156	4.885	64.34	40.93	否	40.89	南南西
	10108&	101/08/06~09	0.223	0.199	2.159	0.014	4.246	0.213	6.405	51.39	39.61	否	22.63	南
	10110&	101/10/08~11	0.029	0.026	0.417	0.003	1.309	0.029	1.335	55.93	31.86	否	12.92	北
	<u>10202</u>	<u>102/02/25~28</u>	<u>0.192</u>	<u>0.172</u>	<u>2.174</u>	<u>0.021</u>	<u>3.893</u>	<u>0.193</u>	<u>6.067</u>	<u>93.57</u>	<u>61.66</u>	否	<u>52.53</u>	北北西
	<u>10205</u>	<u>102/05/13~16</u>	<u>0.468</u>	<u>0.431</u>	<u>3.844</u>	<u>0.021</u>	<u>3.841</u>	<u>0.452</u>	<u>7.682</u>	<u>51.39</u>	<u>39.61</u>	是	<u>68.40</u>	東南東
	<u>10208</u>	<u>102/08/12~15</u>	<u>0.027</u>	<u>0.024</u>	<u>0.611</u>	<u>0.004</u>	<u>2.288</u>	<u>0.027</u>	<u>2.899</u>	<u>44.04</u>	<u>25.99</u>	是	<u>50.12</u>	南、東南風
	<u>10210</u>	<u>102/10/07~10</u>	<u>0.055</u>	<u>0.049</u>	<u>0.716</u>	<u>0.007</u>	<u>3.020</u>	<u>0.056</u>	<u>3.736</u>	<u>59.25</u>	<u>40.72</u>	否	<u>65.94</u>	西北、北北西風

註：09811、09901、09905、09907 等四季為 98 年度計畫監測結果(*)，09911、10002、10005、10008、10010 為 99 年度計畫監測結果(#)，10102、10105、10108、10110 為 101 年度計畫監測結果(&)，劃線者為本計畫監測結果。



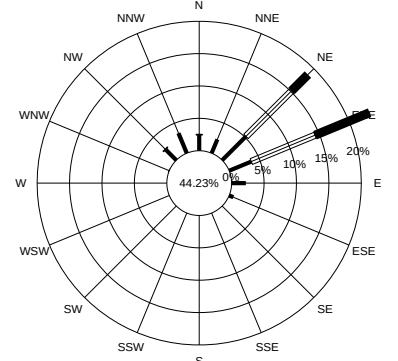
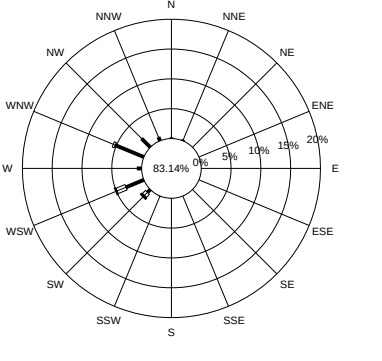
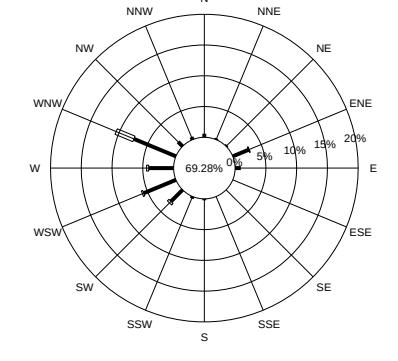
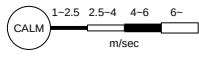
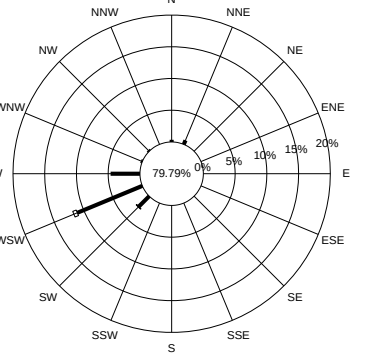
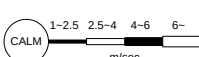
資料來源：經濟部工業局全興工業區服務中心網站(<http://www.moeaidb.gov.tw/iphw/chuansing/index.do?id=14>)

圖 3-20 全興工業區平面圖

表 3-35 鋼聯測點戴奧辛空氣品質監測結果比較表(1/2)

季別		101 年 2 月	101 年 5 月
監測日期		101/02/13~16	101/05/07~10
風花圖			
主要風向		西北風	西風
是否降雨		否	否
PCDD/Fs	(pg I-TEQ/m ³)	0.064	0.084
	(pg/m ³)	0.964	1.366
彰化站 粒狀物濃度 (μg/m ³)	PM ₁₀	58.60	64.34
	PM _{2.5}	38.14	40.93
季別		101 年 8 月	101 年 10 月
監測日期		101/08/06~09	101/10/08~11
風花圖			
主要風向		東南風	北風
是否降雨		否	否
PCDD/Fs	(pg I-TEQ/m ³)	0.192	0.063
	(pg/m ³)	2.770	0.781
彰化站 粒狀物濃度 (μg/m ³)	PM ₁₀	51.39	55.93
	PM _{2.5}	39.61	31.86

表 3-35 鋼聯測點戴奧辛空氣品質監測結果比較表(2/2)

季別	102 年 2 月		102 年 5 月	
監測日期	102/02/25~28		102/05/13~16	
風花圖				
主要風向	東北風		西北西、西南西風	
是否降雨	否		是	
PCDD/Fs	(pg I-TEQ/m ³)	0.131	0.057	
	(pg/m ³)	1.947	0.793	
彰化站 粒狀物濃度 (μg/m ³)	PM ₁₀	93.57	51.39	
	PM _{2.5}	61.66	39.61	
季別	102 年 8 月		102 年 10 月	
監測日期	102/08/12~15		102/10/07~10	
風花圖	 		 	
主要風向	西北西風		西南西風	
是否降雨	是		否	
PCDD/Fs	(pg I-TEQ/m ³)	0.014	0.057	
	(pg/m ³)	0.209	0.904	
彰化站 粒狀物濃度 (μg/m ³)	PM ₁₀	44.04	59.25	
	PM _{2.5}	25.99	40.72	

3.4 重金屬環境空氣監測

3.4.1 監測作業規劃

重金屬環境空氣監測自 96 年起即開始執行，初期以一般空品站及背景站為主，後續增加環境敏感區及重大污染源附近測點，屬延續性工作；依據評選須知內容規定，重金屬監測項目為：砷、鎘、鉻、銅、鐵、鎳、鉛及汞(氣態汞及粒狀汞)及六價鉻(Cr^{6+}) 等 15 個項目，本年度規劃測站 21 站次(監測頻率：每半年監測一次，共計 42 站次)，在過去監測均採手動式檢測，採樣時間都以 24 小時，本年度特將採樣時間延長至 48 小時，同一測站可獲得二筆數據，除可累積更多監測數據外，更藉此瞭解時間、濃度差異性。

測站選定主要考量因素為：建立長期資料庫(一般空品站)及污染源集中區。過去測站選定均以一般空品測站(96 年~101 年)或交通測站(98 年)為主，監測結果發現交通與一般空品測站測值並無太大差異，故後續將交通站測點改以環境敏感區位或污染源集中區為對象，而一般空品測站部分，基於建立長期資料庫，仍選定與過去相同測站，持續辦理。

100 年因應中科三期開發案環境影響評估爭議，納入環境敏感區域監測，主要針對后里地區(豐興鋼鐵周界)、彰化縣二林(中科四期開發基地)、全興工業區；而污染源集中區選定鋼鐵業集中之高市小港區進行監測，監測結果發現環境敏感區位及污染源集中區附近重金屬濃度確實較一般空品站為高，顯示將重大污染源周界持續納入監測有其必要性。

101 年除針對環境敏感區位監測，擴大排放源集中區周界，並選定重金屬主要排放廠區周界為監測地點，以中鋼公司(鋼鐵業)、台灣鋼聯公司(集塵灰高溫冶煉設施)及水泥窯、燃煤電廠集中之花蓮縣和平工業區。

本(102)年度規劃監測地點，監測類別延續過去測站類型概分為：一般空品站、環境敏感區、排放源集中區及重大污染源附近四類，一般空品站維持過去 9 站，以持續監測；環境敏感區則選擇南科測點(台南科學園區，環檢所監測出現高值)、麥寮站(六輕

工業區)、潮寮測點、仁武站及前鎮站(環檢所監測高雄地區汞濃度高值地區)；排放源集中區選擇全興工業區及臨海工業區監測；重大污染源附近則選定 4 個重金屬主要排放源附近監測，總計針對 21 站，分別於 102 年 5 月及 10 月執行環境空氣重金屬監測工作(表 3-36)，監測工作由工研院、中環公司及上準公司共同執行。

表 3-36 重金屬空氣品質監測站監測時程表

序號	監測性質	環保署空品測站編號/性質	縣市別	監測地點/目的	第一次監測時間	第二次監測時間	採樣/分析單位
1	一般空品	15/一般空品	台北市	松山站*(松山國小)/延續性	2013/05/22-23	2013/10/28-29	工研院
2		24/一般空品	新竹市	新竹站*(東門國小)/延續性	2013/05/22-23	2013/10/28-29	工研院
3		30/一般空品	台中市	大里站*(大里區公所)/延續性	2013/05/22-23	2013/10/28-29	工研院
4		36/一般空品	南投縣	南投站(康壽國小)/延續性	2013/05/27-28	2013/10/28-29	工研院
5		38/一般空品	雲林縣	崙背站*(崙背國中)/延續性	2013/05/27-28	2013/10/21-22	工研院
6		42/一般空品	嘉義市	嘉義測點(民生國中)/延續性(原興嘉國小)	2013/06/06-07	2013/09/29-30	中環公司
7		43/一般空品	台南縣	新營站*(新營國小)/延續性	2013/05/17-18	2013/09/28-29	中環公司
8		53/一般空品	高雄市	楠梓站*(楠梓國小)/延續性	2013/05/17-18	2013/09/28-29	中環公司
9		65/一般空品	宜蘭縣	宜蘭站(復興國中)/延續性	2013/05/20-21	2013/10/21-22	工研院
10	環境敏感區	-	台中市	內埔測點^(內埔國小)/中科三期附近	2013/05/22-23	2013/10/28-29	工研院
11		79/工業測站	雲林縣	麥寮站@(雲林縣消防局麥寮分隊)/環境敏感區(本年新增)	2013/05/27-28	2013/10/21-22	中環公司
12		-	台南市	南科測點@(南科管理局)/過去監測有高值(本年新增)	2013/06/03-04	2013/10/14-15	中環公司
13		49/一般空品	高雄市	仁武站@(八卦國小)/環境敏感區(本年新增)	2013/05/17-18	2013/09/28-29	中環公司
14		57/工業測站	高雄市	前鎮站@(獅甲國中)/環境敏感區(本年新增)	2013/05/26-27	2013/10/03-04	中環公司
15		-	高雄市	潮寮測點@(潮寮國小)/金屬工業集中區(本年新增)	2013/05/26-27	2013/10/03-04	中環公司
16	排放源集中區	-	彰化縣	全興測點&(全興工業區服務中心)/非鐵金屬業集中	2013/05/20-21	2013/10/21-23	工研院
17		52/一般空品	高雄市	林園站!(汕尾國小)/排放源集中區：臨海工業區下方(本年新增)	2013/06/03-04	2013/10/14-15	中環公司
18	重大污染源附近	-	彰化縣	鋼聯測點#(台灣鋼聯公司)/碳鋼集塵灰設施	2013/05/20-21	2013/10/21-22	工研院
19		-	高雄市	中鋼測點#(中鋼公司廠區周界)/鋼鐵業	2013/06/03-04	2013/10/14-15	中環公司
20		-	高雄市	路竹測點%(高雄興達港區漁會路竹辦事處)/燃煤電廠(本年新增)	2013/06/03-04	2013/10/14-15	中環公司
21		-	宜蘭縣	蘇澳測點%(台泥蘇澳廠)/水泥業集中(本年新增)	2013/05/20-21	2013/10/21-22	工研院

- 註： 1. 一般空品測站為環保署空氣品質監測站，*表歷年相同監測地點，以建立長期測測數據，其中嘉義市原在嘉義站(興嘉國小)監測，由於該校不同意借電，改在隔壁民生國中監測。
2. ^表 99 年度計畫(100 年監測)納入環境敏感區監測，今年持續監測為內埔測點，位於台中市后里區內埔國小，附近為中科三期。
3. &表 99 年度計畫(100 年監測)納入排放源集中區監測，包含全興測點(全興工業區服務中心，附近排放源為非鐵金屬業)、職訓中心測點(附近為臨海工業區)。
4. #表 101 年度計畫納入排放源集中區監測，包含鋼聯測點(主要排放源為台灣鋼聯，屬碳鋼集塵灰冶煉設施)、中鋼測點(廠區周界，附近主要排放源為鋼鐵業)。
5. @表本年度計畫納入環境敏感區監測，包含麥寮站、南科測點、仁武站、前鎮站、潮寮測點。
6. !表本年度計畫納入排放源集中區監測，包含林園站(位於臨海工業區下方)。
7. %表本年度計畫納入重大污染源附近監測，路竹測點(高雄興達港區漁會路竹辦事處，附近燃煤電廠)及蘇澳測點(台泥蘇澳廠附近)。

除過去延續性測點外，對於本年度新增測點的選取，本計畫以污染源排放模擬最大著地濃度進行選點，以確實瞭解對環境所造成衝擊，其中燃煤電廠汞排放對其附近地區影響部分，本年度新增台電興達電廠周圍進行監測，圖幅 9418-4SE 彌陀，採用 95~99 年台南地面氣象站(46741)及東港探空站資料(46747)進行興達電廠汞排放擴散模擬，模擬範圍(162000,2516000)~(176000,2536000)，網格距離 200 公尺。

模擬結果顯示，最大著地濃度點位於煙囪東南側約 2 公里(永安鄉，附近為養殖漁池，圖 3-21)，經由實地現勘，本計畫選擇在高雄興達港區漁會路竹辦事處(路竹測點)進行監測。

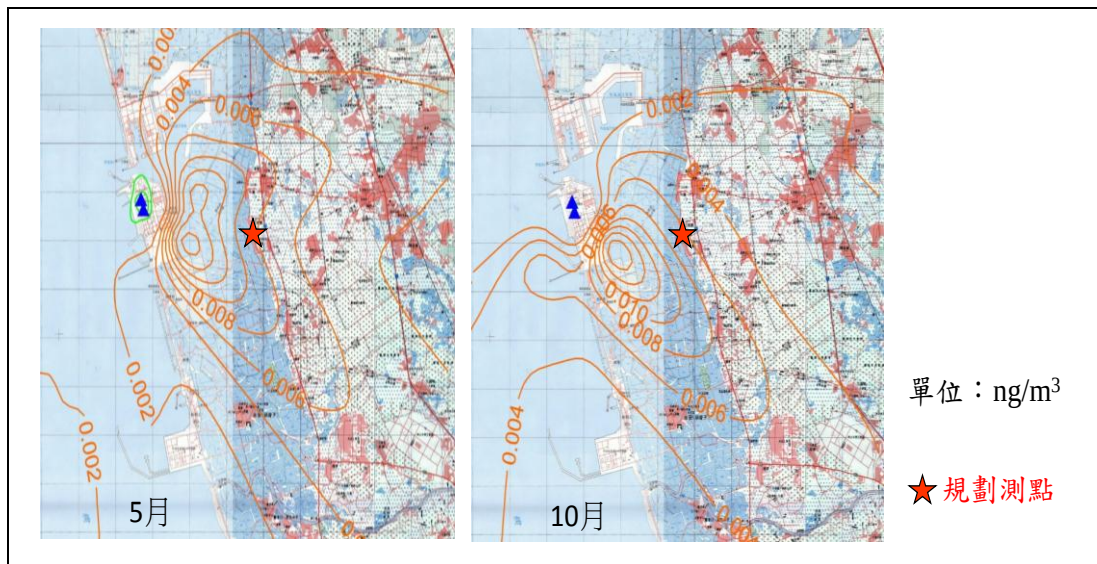


圖 3-21 興達電廠汞排放擴散模擬圖

3.4.2 監測結果

一、粒狀物重金屬成分與濃度

(一)一般空品站

本年度監測結果整理如表 3-37，每季監測結果有二筆數據，取平均值為代表；一般空品站(九站)重金屬砷、鎘、鎳及鉛平均濃度均未偏高，由於一般空品站較不會受到特定排放源影響，較可反映一般空品現況；監測結

果發現二日差異不大；重金屬特性組成以鐵、鎂、鋁及鋅等四大類比例較高，各測站組成特性無明顯差異，各重金屬比例整理如表 3-38。

依據國外文獻調查結果顯示，由於除汞以外之重金屬沸點高、不易汽化，在大氣中主要以附著在粒狀物方式存在，故重金屬濃度高低與否應與粒狀物濃度高低有相關性，分析環境空氣中砷、鎘、鉻及鎳濃度與大氣中 PM_{10} 及 $PM_{2.5}$ 濃度相關性整理如圖 3-22~圖 3-25，從圖中可看出，重金屬濃度與 PM_{10} 濃度相關性較佳，與 $PM_{2.5}$ 濃度相關性較差。

另大氣中六價鉻 (Cr^{6+}) 濃度相當低 ($0.048 \sim 0.163 \text{ ng/m}^3$)， Cr^{6+} /總鉻比例約在 1.56%~13.0%， Cr^{6+} 所佔比例不高，顯示環境空氣中總鉻物種成份以 Cr^{3+} 為主。

(二) 環境敏感區

環境敏感區域為主要以內埔測點、南科測點、麥寮站及高雄市附近測站為重點區域，監測結果如表 3-37。監測數據並未出現高濃度值，特性組成與一般空品站類似，各測站各重金屬測值比例也無顯著差異(詳表 3-38)。

空氣中六價鉻 (Cr^{6+}) 濃度同樣相當低 ($0.045 \sim 0.271 \text{ ng/m}^3$)， Cr^{6+} /總鉻比例約在 1.75%~7.0%，與一般空品站監測結果類似。

(三) 重大污染源附近及污染源集中區

重大排放區附近濃度會受到排放源、監測當時風向影響甚大，從本年度監測發現，中鋼公司、台灣鋼聯及全興工業區因鋼鐵業集中，所監測得重金屬雖仍以鐵比例最高，從監測數據發現，不同時間鉻、鎳及鋅比例差異甚大，監測時明顯受到附近排放源影響，各項重金屬濃度偏高。

表 3-37 本計畫空氣中粒狀物金屬空氣品質監測結果(1/3)

項目	單位	方法偵測極限	一般空品													
			松山站 (北市松山國小)		新竹站 (竹市東門國小)		大里站 (中市大里公所)		南投站 (投縣康壽國小)		崙背站 (雲縣崙背國小)		嘉義測點 (嘉市民生國中)		新營站 (南市新營國小)	
			102/05	102/10	102/05	102/10	102/05	102/10	102/05	102/10	102/05	102/10	102/06	102/09	102/05	102/09
鋁(Al)	ng/m ³	1.38	87.2	100	43.3	118	64.2	209	60.7	203	66.4	925	134	103	98.4	141
砷(As)	ng/m ³	0.03	0.476	0.580	0.462	1.33	0.801	1.75	0.464	1.31	1.32	3.95	0.807	0.572	0.843	1.15
			0.528		0.896		1.28		0.887		2.64		0.690		0.997	
鋇(Ba)	ng/m ³	0.07	13.7	9.41	4.88	7.55	19.1	17.0	4.04	9.78	2.58	6.89	50.5	10.5	5.43	9.44
鈹(Be)	ng/m ³	0.14	< 0.14	< 0.14	< 0.14	< 0.14	< 0.14	< 0.14	< 0.14	< 0.14	< 0.14	< 0.14	< 0.14	< 0.14	< 0.14	< 0.14
鎘(Cd)	ng/m ³	0.01	0.155	0.083	0.097	0.270	0.283	0.559	0.128	0.376	0.125	0.414	0.727	0.085	0.183	0.442
			0.119		0.184		0.421		0.252		0.270		0.406		0.313	
鈷(Co)	ng/m ³	0.07	0.165	0.126	0.110	0.242	0.301	0.480	0.125	0.337	0.146	1.02	0.194	0.198	0.106	0.196
鉻(Cr)	ng/m ³	0.01	3.30	1.85	2.32	1.85	6.16	5.00	2.62	3.02	2.32	6.31	1.52	1.372	1.78	3.17
銅(Cu)	ng/m ³	0.07	22.2	14.1	13.3	35.6	22.6	24.8	14.9	19.2	14.9	75.8	14.5	17.6	50.3	29.7
鐵(Fe)	ng/m ³	0.69	326	285	155	332	456	837	165	574	194	2,354	322	319	241	441
鎂(Mg)	ng/m ³	1.38	107	229	85.7	208	65.4	296	75.8	229	96.4	818	93.8	188	104	280
錳(Mn)	ng/m ³	0.07	8.35	7.79	4.84	9.25	23.2	37.0	5.79	21.2	8.89	49.0	11.1	12.7	12.3	19.0
鎳(Ni)	ng/m ³	0.07	3.09	1.65	2.83	2.78	4.21	5.45	3.00	3.88	3.00	5.16	2.89	3.09	1.41	5.15
			2.37		2.81		4.83		3.44		4.08		2.99		3.28	
鉛(Pb)	ng/m ³	0.07	6.80	4.34	6.71	8.59	10.1	17.6	6.07	14.3	5.95	21.3	11.6	16.3	9.88	15.5
			5.57		7.65		13.9		10.2		13.6		14.0		12.7	
銻(Sb)	ng/m ³	0.07	1.59	1.09	0.58	2.52	1.28	2.70	0.59	1.37	0.70	1.30	0.781	2.10	0.712	2.01
硒(Se)	ng/m ³	0.07	0.40	0.44	1.04	1.11	0.27	1.31	0.39	0.96	0.43	1.97	0.403	0.916	0.294	1.09
鈮(V)	ng/m ³	-	6.22	2.42	5.30	2.53	1.81	4.24	1.34	3.56	3.88	5.34	-	-	-	-
鋅(Zn)	ng/m ³	0.07	51.9	20.8	34.2	41.6	85.6	130	24.4	97.9	32.1	84.1	45.7	74.8	59.8	92.0
六價鉻(Cr ⁶⁺)	ng/m ³	0.015	0.100	0.188	0.091	0.119	0.096	0.109	0.066	0.163	0.131	0.120	0.153	0.070	<0.048	0.109
Cr ⁶⁺ /鉻(Cr)	%	-	3.3	10.2	3.9	6.4	1.6	2.2	2.5	5.4	5.7	1.9	10.1	5.1	2.7	3.4
PM ₁₀	μg/m ³	-	24.8	28.8	16.2	30.6	25.8	78.7	20.9	58.1	18.2	104	32.4	52.9	20.9	54.5

註：1. 因於採樣設備不足，六價鉻僅採集一個樣品。

2. 雲林縣以北地區，增加重金屬鈮(V)分析項目，以瞭解該重金屬於大氣中濃度，南部測站未進行分析。

表 3-37 本計畫空氣中粒狀物金屬空氣品質監測結果(2/3)

項目	單位	方法 偵測 極限	一般空品				環境敏感區									
			楠梓站 (高市楠梓國小)		宜蘭站 (宜縣復興國中)		內埔測點 (內埔國小)		麥寮站 (雲縣消防局麥寮分隊)		南科測站 (南科污水廠)		仁武站 (高市八卦國小)		前鎮站 (高市獅甲國中)	
			102/05	102/09	102/05	102/10	102/06	102/10	102/05	102/10	102/06	102/10	102/05	102/09	102/05	102/10
鋁(Al)	ng/m ³	1.38	87.6	153	38.6	73.8	57.3	230.0	64.8	875	155	357	111	312	86.2	375
砷(As)	ng/m ³	0.03	0.865	0.283	0.644	2.22	0.836	1.907	1.63	4.20	1.36	2.09	0.923	0.419	0.641	2.86
			0.574		1.43		1.37		2.92		1.73		0.671		1.75	
鋇(Ba)	ng/m ³	0.07	10.8	11.9	3.03	3.31	6.8	9.8	2.74	6.71	9.70	8.11	9.35	14.4	8.11	12.7
鈹(Be)	ng/m ³	0.14	<0.14	<0.14	< 0.14	< 0.14	< 0.14	< 0.14	<0.14	<0.14	<0.14	<0.14	<0.14	<0.14	<0.14	<0.14
鎘(Cd)	ng/m ³	0.01	0.307	0.448	0.124	0.283	0.541	0.466	0.138	0.545	0.228	0.454	1.13	0.496	0.448	0.248
			0.378		0.204		0.503		0.342		0.341		0.813		0.348	
鈷(Co)	ng/m ³	0.07	0.155	0.382	0.098	0.138	0.301	0.773	0.133	0.963	0.260	0.693	0.273	0.189	0.322	0.855
鉻(Cr)	ng/m ³	0.01	1.83	1.57	2.03	0.545	4.41	5.63	2.31	6.22	3.37	5.93	2.72	2.34	1.80	1.80
銅(Cu)	ng/m ³	0.07	24.3	18.7	8.48	19.4	20.11	35.20	39.9	24.8	30.2	22.7	19.1	18.7	20.8	25.3
鐵(Fe)	ng/m ³	0.69	222	430	113	232	558.4	1429.2	182	2,293	384	1,051	307	506	282	980
鎂(Mg)	ng/m ³	1.38	121	289	112	230	108.3	331.1	112	863	143	602	134	289	213	622
錳(Mn)	ng/m ³	0.07	11.4	12.7	3.80	8.37	62.394	143.93	7.18	49.6	15.4	36.1	17.1	12.9	11.8	30.8
鎳(Ni)	ng/m ³	0.07	13.5	6.77	2.00	2.16	4.211	9.649	2.89	5.31	4.98	6.09	3.44	5.99	9.69	5.87
			10.1		2.08		6.93		4.10		5.54		4.72		7.78	
鉛(Pb)	ng/m ³	0.07	9.49	16.7	5.78	17.5	29.669	20.375	5.35	29.4	11.2	21.9	12.7	23.8	12.8	20.7
			13.1		11.6		25.02		17.4		16.6		18.3		16.8	
銻(Sb)	ng/m ³	0.07	0.852	1.83	0.506	0.601	1.092	2.194	0.494	1.22	1.22	1.74	2.87	1.59	2.23	1.78
硒(Se)	ng/m ³	0.07	0.403	0.480	0.680	1.54	0.398	0.974	0.525	2.83	0.486	1.20	0.826	0.771	0.628	3.34
鈮(V)	ng/m ³	-	-	-	3.39	3.91	2.693	5.404	5.35	6.67	-	-	-	-	-	-
鋅(Zn)	ng/m ³	0.07	131	94.6	25.5	40.3	262.2	158.9	37.8	94.6	81.8	118	69.8	89.2	72.3	79.7
六價鉻(Cr ⁶⁺)	ng/m ³	0.015	0.057	0.072	0.050	0.071	0.088	0.157	0.064	0.109	0.154	0.271	<0.049	0.074	0.068	0.126
Cr ⁶⁺ /鉻(Cr)	%	-	3.1	4.6	2.5	13.0	2.0	2.8	2.8	1.8	4.6	4.6	1.8	3.2	3.8	7.0
PM ₁₀	μg/m ³	-	23.9	52.0	29.3	39.3	22.9	52.4	20.5	110	47.8	79.2	26.2	52.0	22.2	93.7

註：1.囿於採樣設備不足，六價鉻僅採集一個樣品。

2.雲林縣以北地區，增加重金屬鈮(V)分析項目，以瞭解該重金屬於大氣中濃度，南部測站未進行分析。

表 3-37 本計畫空氣中粒狀物金屬空氣品質監測結果(3/3)

項目	單位	方法偵測極限	環境敏感區		污染源集中區				重大污染源附近							
			潮寮測點 (高市潮寮國小)		全興測點 (工業區服務中心)		林園站 (高市汕尾國小)		銅聯測點 (彰縣銅聯廠區)		中鋼測點 (高雄中鋼公司廠區周界)		路竹測點 (高雄興達漁會路竹辦事處)		蘇澳測點 (宜縣台泥蘇澳廠)	
			102/05	102/10	102/05	102/10	102/06	102/10	102/05	102/10	102/06	102/10	102/06	102/10	102/05	102/10
鋁(Al)	ng/m ³	1.38	103	400	222	228	91.9	279	92.2	205	221	351	148	336	309	640
砷(As)	ng/m ³	0.03	1.28	3.00	0.787	3.45	1.28	2.31	2.47	4.22	2.78	3.30	1.26	3.16	1.33	2.79
			2.14		2.12		1.80		3.35		3.04		2.21		2.06	
鋇(Ba)	ng/m ³	0.07	3.24	14.4	11.5	8.35	8.98	8.67	12.7	16.2	14.3	15.9	8.50	9.64	4.87	9.06
鈹(Be)	ng/m ³	0.14	<0.14	<0.14	<0.14	<0.14	<0.14	<0.14	<0.14	<0.14	<0.14	<0.14	< 0.14	<0.14	<0.14	<0.14
鎘(Cd)	ng/m ³	0.01	0.401	0.390	0.651	0.523	0.243	0.404	0.590	3.03	0.959	1.12	0.398	0.541	0.319	0.493
			0.396		0.587		0.324		1.81		1.04		0.470		0.406	
鈷(Co)	ng/m ³	0.07	0.203	0.663	0.683	0.329	0.180	0.517	4.83	0.409	0.780	0.756	0.302	0.842	0.332	0.567
鉻(Cr)	ng/m ³	0.07	2.33	3.70	5.72	3.69	1.16	3.62	361	11.4	11.5	6.23	2.08	5.48	4.96	7.36
銅(Cu)	ng/m ³	0.69	21.4	25.2	56.6	11.9	12.7	14.6	107	45.2	86.4	49.3	42.8	22.0	17.9	14.2
鐵(Fe)	ng/m ³	1.38	351	1,075	709	666	239	637	2,092	1,721	1,543	1,514	360	913	605	1,078
鎂(Mg)	ng/m ³	0.07	194	676	157	421	135	645	146	602	209	576	158	680	363	760
錳(Mn)	ng/m ³	0.07	16.1	35.7	26.8	22.8	7.67	22.3	169	83.4	82.0	79.6	11.3	32.7	11.7	24.8
鎳(Ni)	ng/m ³	0.07	4.53	5.75	8.88	4.85	4.36	6.08	292	5.36	16.7	15.8	5.61	8.21	3.11	3.57
			5.14		6.87		5.22		149		16.3		6.91		3.34	
鉛(Pb)	ng/m ³	0.07	19.1	31.8	40.0	29.8	10.7	21.4	29.0	878	34.7	43.9	16.4	29.5	17.8	25.0
			25.5		34.9		16.1		454		39.3		23.0		21.4	
銻(Sb)	ng/m ³	0.07	1.21	2.03	1.54	1.47	0.801	1.70	1.19	2.93	2.48	2.15	2.11	2.33	0.700	0.86
硒(Se)	ng/m ³	0.07	0.314	4.21	0.503	2.46	0.481	0.950	0.451	3.56	0.608	1.36	0.537	1.89	0.750	1.74
鈮(V)	ng/m ³	-	-	-	4.40	5.51	-	-	3.06	6.81	-	-	-	-	4.90	5.77
鋅(Zn)	ng/m ³	0.07	73.8	121	325	94.4	46.5	81.4	324	4,264	982	403	101	124	72.3	65.6
六價鉻(Cr ⁶⁺)	ng/m ³	0.015	<0.045	0.139	0.096	0.113	0.117	0.142	0.055	0.095	0.436	0.231	0.079	0.115	0.104	1.54
Cr ⁶⁺ /鉻(Cr)	%	-	1.9	3.8	1.7%	3.1%	10.1%	3.9%	0.0%	0.83%	3.8%	3.7%	3.8%	2.1%	2.1%	20.9%
PM ₁₀	μg/m ³	-	30.4	81.7	36.6	63.1	28.0	66.8	31.2	93.0	49.8	90.3	43.4	81.7	43.4	83.3

註：1.白濾紙平均金屬濃度(Fm) = 0.01903 × 25 × 9 = 4.28

2.囿於採樣設備不足，六價鉻僅採集一個樣品。

3.雲林縣以北地區，增加重金屬鈮(V)分析項目，以瞭解該重金屬於大氣中濃度，南部測站未進行分析。

表 3-38 本計畫各測點空氣中粒狀物重金屬比例結果彙整表(1/2)

站名	監測時間	鐵(Fe)	鎂(Mg)	鋁(Al)	砷(As)	鋇(Ba)	鉍(Be)	鎘(Cd)	鈷(Co)	鉻(Cr)	銅(Cu)	錳(Mn)	鎳(Ni)	鉛(Pb)	銻(Sb)	硒(Se)	鋅(Zn)
松山站	102/05	51.5%	17.1%	13.8%	0.1%	2.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	3.5%	1.3%	0.5%	1.1%	0.3%	0.1%	8.2%
	102/10	42.2%	33.8%	14.8%	0.1%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	2.1%	1.2%	0.2%	0.6%	0.2%	0.1%	3.1%
新竹站	102/05	43.6%	24.1%	12.2%	0.1%	1.4%	0.02%	0.03%	0.03%	0.7%	3.8%	1.4%	0.8%	1.9%	0.2%	0.3%	9.6%
	102/10	43.0%	27.0%	15.4%	0.2%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	4.6%	1.2%	0.4%	1.1%	0.3%	0.1%	5.4%
大里站	102/05	60.0%	8.6%	8.5%	0.1%	2.5%	0.01%	0.04%	0.05%	0.8%	3.0%	3.1%	0.5%	1.3%	0.2%	0.0%	11.3%
	102/10	52.8%	18.7%	13.2%	0.1%	1.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	1.6%	2.3%	0.3%	1.1%	0.2%	0.1%	8.2%
南投站	102/05	45.5%	20.9%	16.7%	0.1%	1.1%	0.02%	0.04%	0.03%	0.7%	4.1%	1.6%	0.6%	1.7%	0.2%	0.1%	6.7%
	102/10	48.7%	19.4%	17.2%	0.1%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	1.6%	1.8%	0.3%	1.2%	0.1%	0.1%	8.3%
崙背站	102/05	45.2%	22.4%	15.5%	0.3%	0.6%	0.02%	0.03%	0.03%	0.5%	3.5%	2.1%	0.7%	1.4%	0.2%	0.1%	7.5%
	102/10	54.1%	18.8%	21.3%	0.1%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	1.7%	1.1%	0.1%	0.5%	0.0%	0.0%	1.9%
嘉義測點	102/06	46.6%	13.6%	19.4%	0.1%	7.3%	0.0%	0.1%	0.0%	0.2%	2.1%	1.6%	0.4%	1.7%	0.1%	0.1%	6.6%
	102/09	42.6%	25.0%	13.7%	0.1%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	2.3%	1.7%	0.4%	2.2%	0.3%	0.1%	10.0%
新營站	102/05	41.1%	17.8%	16.8%	0.1%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	8.6%	2.1%	0.2%	1.7%	0.1%	0.1%	10.2%
	102/09	42.3%	26.9%	13.6%	0.1%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	2.9%	1.8%	0.5%	1.5%	0.2%	0.1%	8.8%
楠梓站	102/05	34.9%	19.0%	13.8%	0.1%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	3.8%	1.8%	2.1%	1.5%	0.1%	0.1%	20.7%
	102/09	41.4%	27.8%	14.7%	0.0%	1.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	1.8%	1.2%	0.7%	1.6%	0.2%	0.0%	9.1%
宜蘭站	102/05	35.9%	35.3%	12.2%	0.2%	1.0%	0.02%	0.04%	0.03%	0.6%	2.7%	1.2%	0.6%	1.8%	0.2%	0.2%	8.1%
	102/10	36.8%	36.3%	11.7%	0.4%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	3.1%	1.3%	0.3%	2.8%	0.1%	0.2%	6.4%

表 3-38 本計畫各測點空氣中粒狀物重金屬比例結果彙整表(2/2)

站名	監測時間	鐵(Fe)	鎂(Mg)	鋁(Al)	砷(As)	鋇(Ba)	鉍(Be)	鎘(Cd)	鈷(Co)	鉻(Cr)	銅(Cu)	錳(Mn)	鎳(Ni)	鉛(Pb)	銻(Sb)	硒(Se)	鋅(Zn)
內埔測點	102/05	50.0%	9.7%	5.1%	0.1%	0.6%	0.01%	0.05%	0.03%	0.4%	1.8%	5.6%	0.4%	2.7%	0.1%	0.0%	23.5%
	102/10	60.0%	13.9%	9.7%	0.1%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	1.5%	6.0%	0.4%	0.9%	0.1%	0.0%	6.7%
麥寮站	102/05	39.6%	24.3%	14.1%	0.4%	0.6%	0.02%	0.03%	0.03%	0.5%	8.7%	1.6%	0.6%	1.2%	0.1%	0.1%	8.2%
	102/10	53.9%	20.3%	20.6%	0.1%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.6%	1.2%	0.1%	0.7%	0.0%	0.1%	2.2%
南科測點	102/06	45.6%	17.0%	18.4%	0.2%	1.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	3.6%	1.8%	0.6%	1.3%	0.1%	0.1%	9.7%
	102/10	47.0%	26.9%	16.0%	0.1%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	1.0%	1.6%	0.3%	1.0%	0.1%	0.1%	5.3%
仁武站	102/05	44.3%	19.4%	16.0%	0.1%	1.4%	0.0%	0.2%	0.0%	0.4%	2.8%	2.5%	0.5%	1.8%	0.4%	0.1%	10.1%
	102/09	39.6%	22.6%	24.4%	0.0%	1.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	1.5%	1.0%	0.5%	1.9%	0.1%	0.1%	7.0%
前鎮站	102/05	39.0%	29.4%	11.9%	0.1%	1.1%	0.0%	0.1%	0.0%	0.2%	2.9%	1.6%	1.3%	1.8%	0.3%	0.1%	10.0%
	102/10	45.3%	28.8%	17.3%	0.1%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	1.2%	1.4%	0.3%	1.0%	0.1%	0.2%	3.7%
潮寮測點	102/05	44.2%	24.4%	13.0%	0.2%	0.7%	0.0%	0.1%	0.0%	0.3%	2.7%	2.0%	0.6%	2.4%	0.2%	0.0%	9.3%
	102/10	44.8%	28.2%	16.7%	0.1%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	1.1%	1.5%	0.2%	1.3%	0.1%	0.2%	5.1%
全興測點	102/05	45.3%	10.0%	14.1%	0.1%	0.7%	0.00%	0.04%	0.04%	0.4%	3.6%	1.7%	0.6%	2.6%	0.1%	0.0%	20.8%
	102/10	44.4%	28.1%	15.2%	0.2%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.8%	1.5%	0.3%	2.0%	0.1%	0.2%	6.3%
林園站	102/06	42.5%	24.1%	16.4%	0.2%	1.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	2.3%	1.4%	0.8%	1.9%	0.1%	0.1%	8.3%
	102/10	36.9%	37.4%	16.2%	0.1%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.8%	1.3%	0.4%	1.2%	0.1%	0.1%	4.7%
鋼聯測點	102/05	57.5%	4.0%	2.5%	0.1%	0.3%	0.00%	0.02%	0.13%	9.9%	2.9%	4.7%	8.0%	0.8%	0.0%	0.0%	8.9%
	102/10	21.9%	7.7%	2.6%	0.1%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.6%	1.1%	0.1%	11.2%	0.0%	0.0%	54.3%
中鋼測點	102/06	48.1%	6.5%	6.9%	0.1%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	2.7%	2.6%	0.5%	1.1%	0.1%	0.0%	30.6%
	102/10	49.4%	18.8%	11.5%	0.1%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	1.6%	2.6%	0.5%	1.4%	0.1%	0.0%	13.1%
路竹測點	102/06	41.9%	18.4%	17.3%	0.1%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	5.0%	1.3%	0.7%	1.9%	0.2%	0.1%	11.7%
	102/10	42.1%	31.3%	15.5%	0.1%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	1.0%	1.5%	0.4%	1.4%	0.1%	0.1%	5.7%
蘇澳測點	102/05	42.8%	25.7%	21.9%	0.1%	0.3%	0.00%	0.02%	0.02%	0.4%	1.3%	0.8%	0.2%	1.3%	0.0%	0.1%	5.1%
	102/10	40.9%	28.9%	24.3%	0.1%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.5%	0.9%	0.1%	0.9%	0.0%	0.1%	2.5%

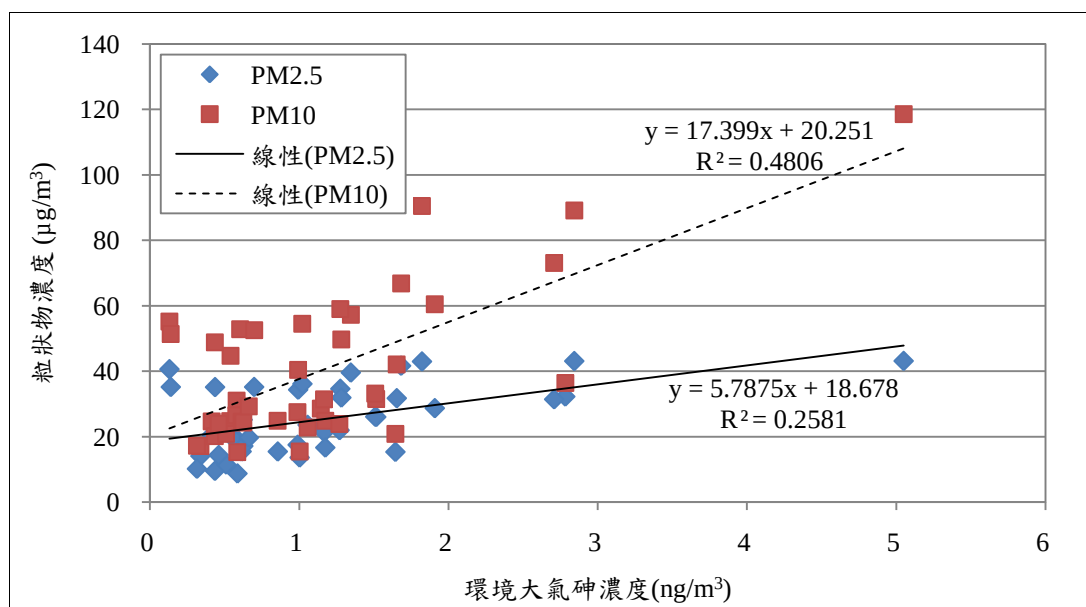


圖 3-22 一般空品站環境空氣砷與粒狀物濃度相關性分析

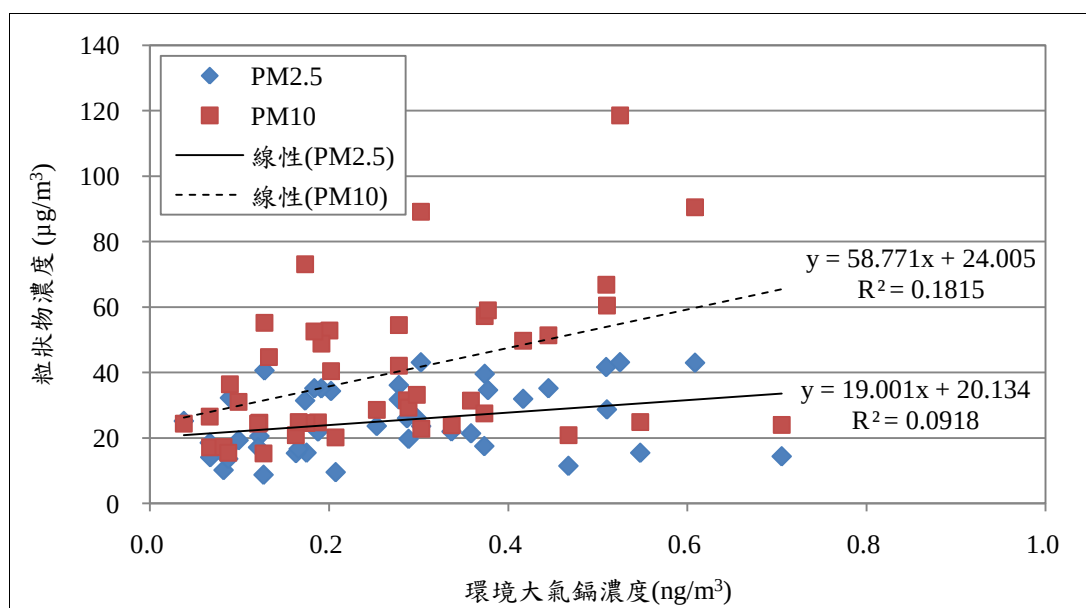


圖 3-23 一般空品站環境空氣鎘與粒狀物濃度相關性分析

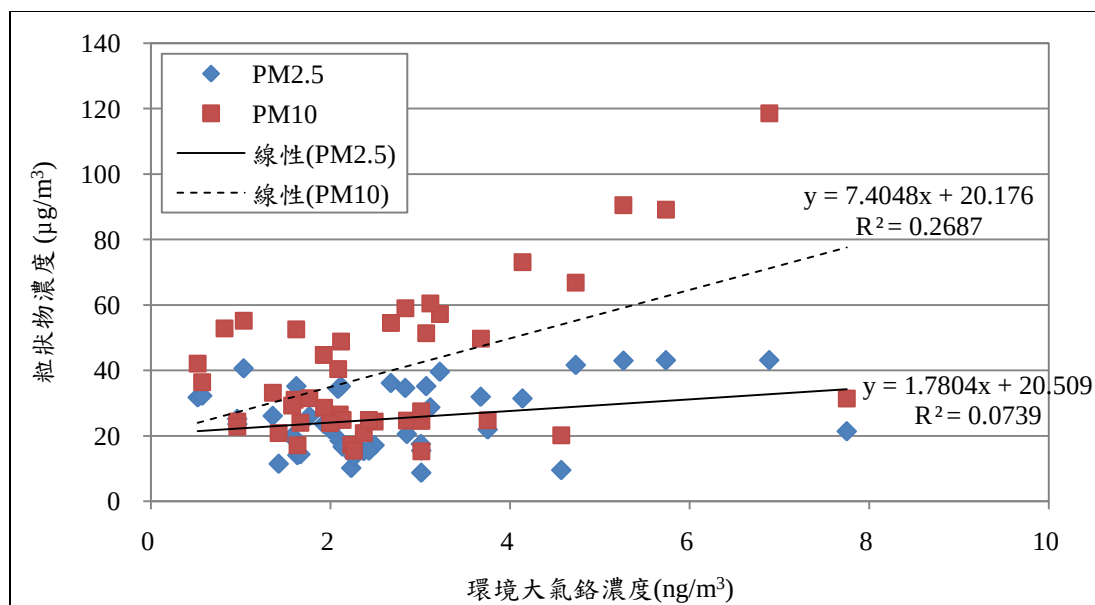


圖 3-24 一般空品站環境空氣鉻與粒狀物濃度相關性分析

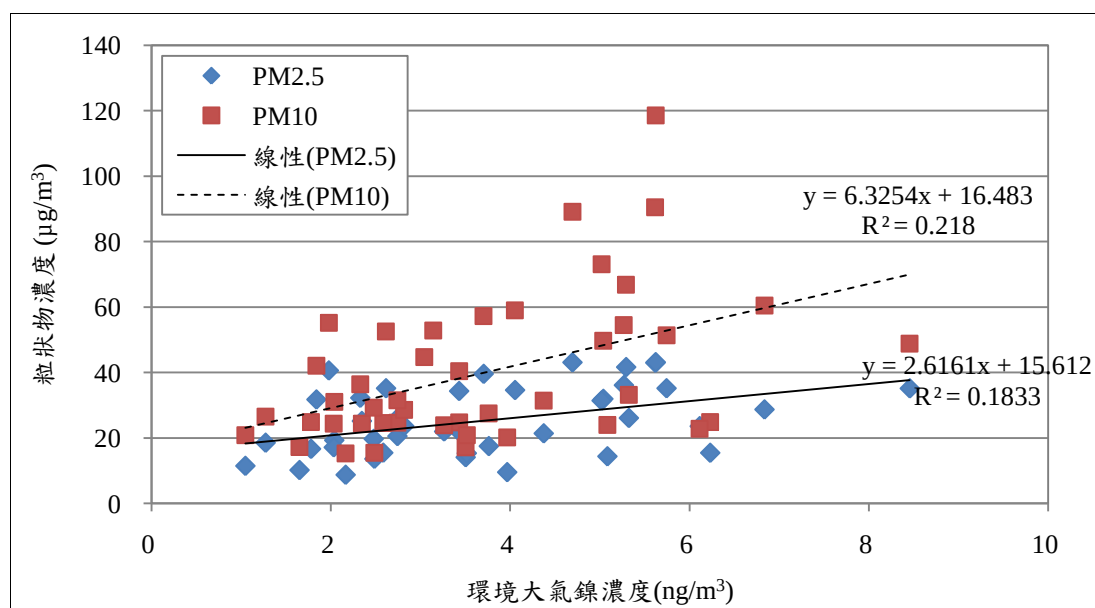


圖 3-25 一般空品站環境空氣鎳與粒狀物濃度相關性分析

分析環境空氣中砷、鉻、鎳及鐵濃度與大氣中粒狀物濃度相關性如圖 3-26~圖 3-29，重金屬砷及鐵與粒狀物之相關性較佳，且其與 PM₁₀ 的相關性較與 PM_{2.5} 的相關性好，與一般空品站結果相似。但相對地鉻及鎳與粒狀物濃度之相關性較差，明顯有受到附近排放源影響。

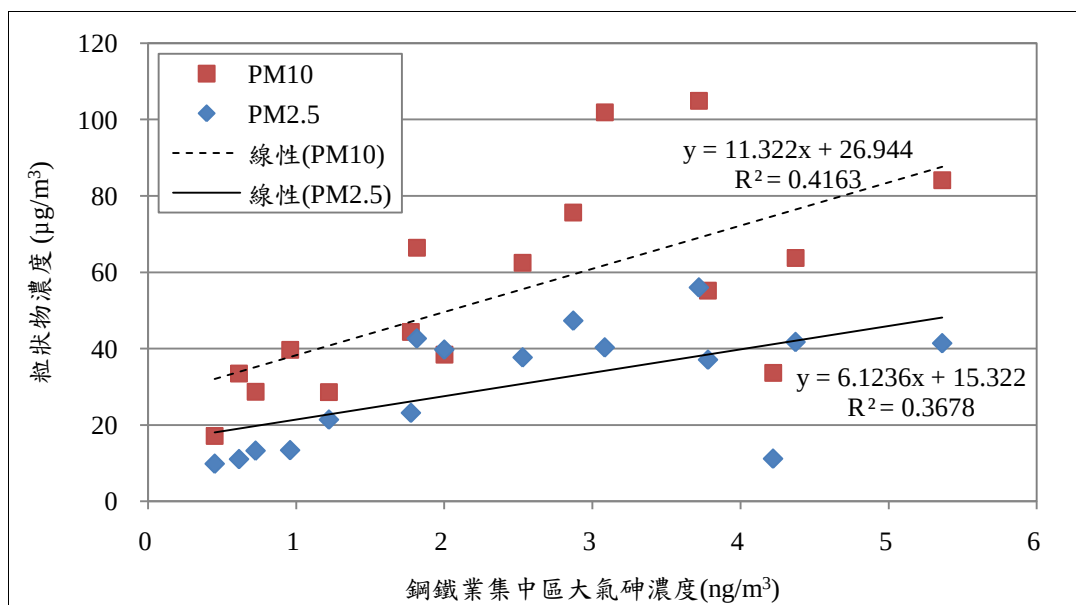


圖 3-26 鋼鐵業集中區周界空氣砷與粒狀物濃度相關性分析

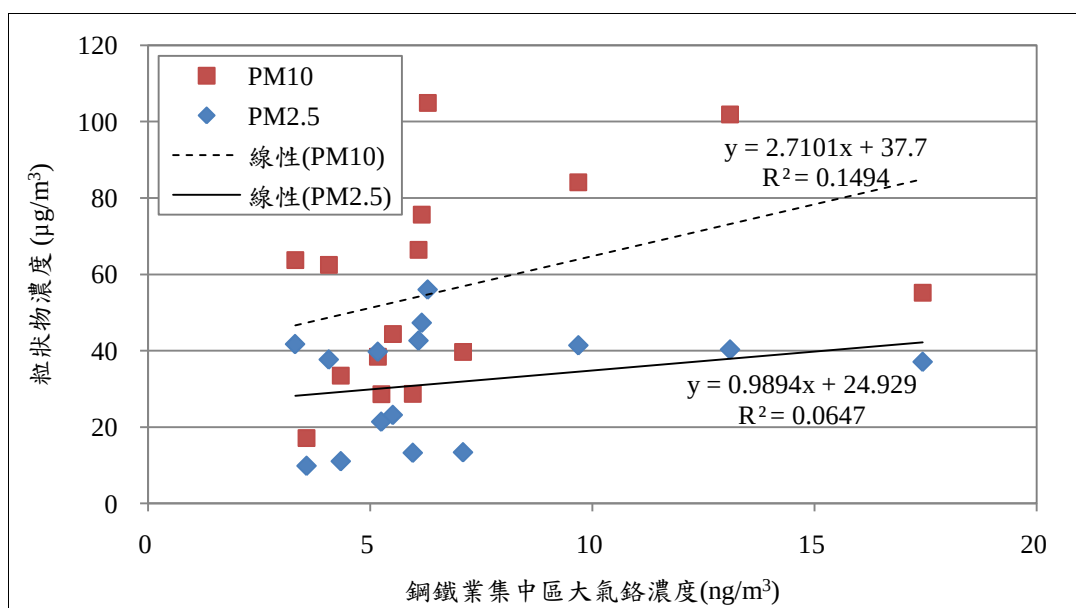


圖 3-27 鋼鐵業集中區周界空氣鉻與粒狀物濃度相關性分析

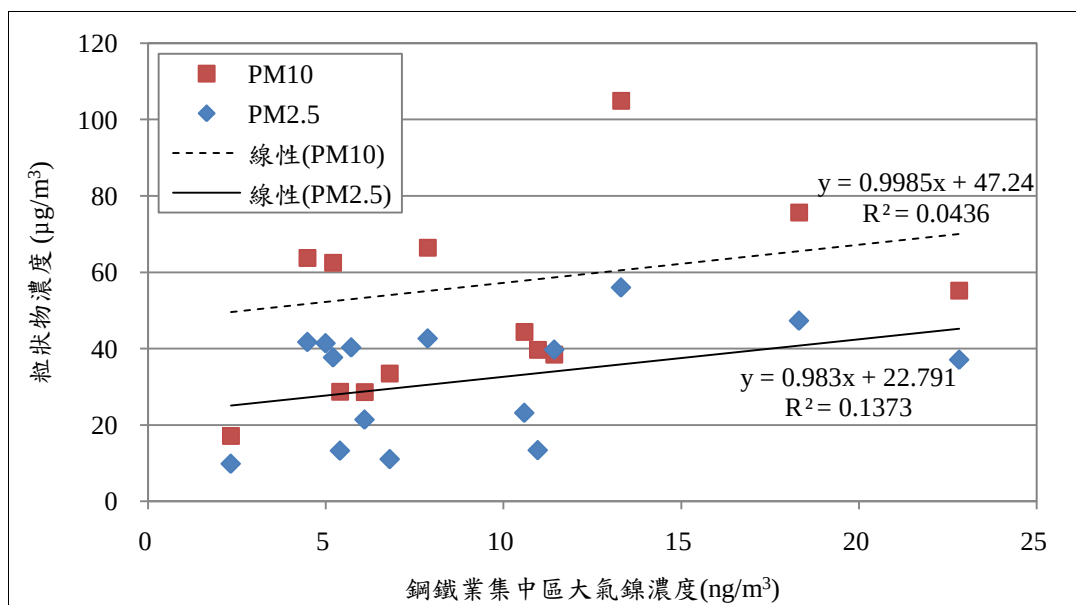


圖 3-28 一般空品站環境空氣鎳與粒狀物濃度相關性分析

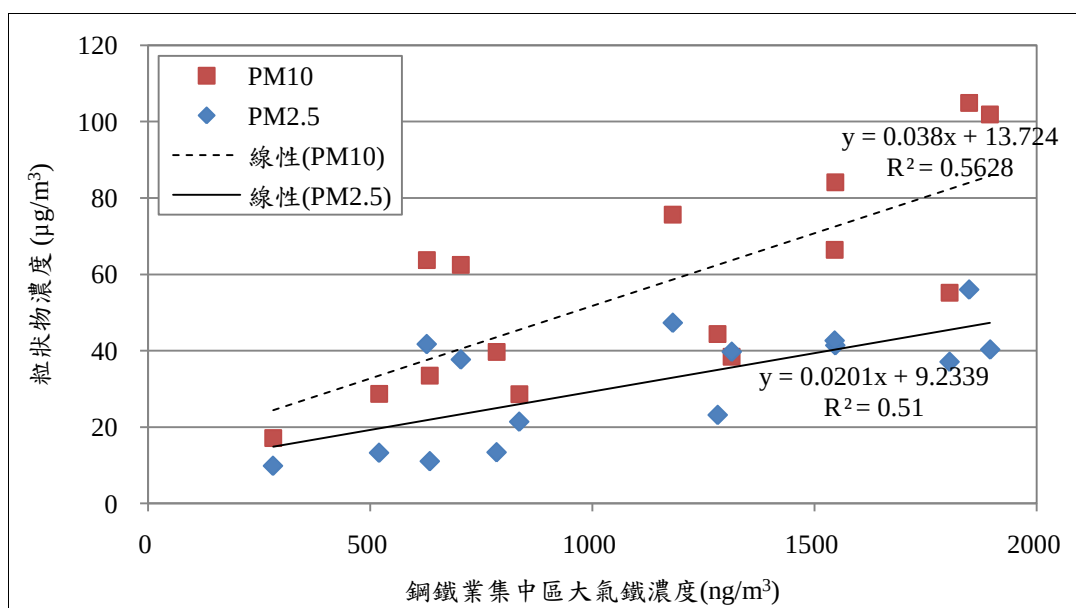


圖 3-29 一般空品站環境空氣鐵與粒狀物濃度相關性分析

至於以水泥旋窯、火力電廠旁之蘇澳測點及路竹測點，並未發現有異常現象，與這些污染源煙囪濃度高，擴散情況良好也有相關性，但目前僅第一年進行監測，實際狀況仍有待更多數據累積、評估。

重大污染源周界 Cr^{6+} 濃度同樣相當低 ($0.055 \sim 1.54 \text{ ng/m}^3$)，以中鋼測點濃度最高， Cr^{6+} /總鉻比例約在 $0.02\% \sim 20.9\%$ ，顯示環境空氣仍以 Cr^{3+} 為主。

二、大氣汞監測結果

大氣汞監測結果如表 3-39，說明如下：

(一) 一般空品站

本年度 5 月份監測結果在一般空品站，氣態汞濃度為 $1.77 \sim 7.44 \text{ ng/m}^3$ ，其中以台北市松山站第一天濃度最高；粒狀汞濃度 $10.6 \sim 111 \text{ pg/m}^3$ ，粒狀汞佔氣態汞比例約 $0.3\% \sim 2.6\%$ ，粒狀汞所佔比例極低。

(二) 環境敏感區

本年度 5 月份監測結果在環境敏感區位附近，氣態汞濃度為 $2.30 \sim 11.1 \text{ ng/m}^3$ ，粒狀汞濃度 $30.1 \sim 282 \text{ pg/m}^3$ ，粒狀汞佔氣態汞比例約 $0.4\% \sim 11.2\%$ 。

環境敏感區以高雄是前鎮站(環保署工業測站)氣態汞濃度最高，而過去環檢所監測出現高值地區麥寮地區(麥寮站)、南科污水廠(南科測點)、高市潮寮國中(潮寮測點)、仁武八卦國小(仁武站)並未出現高值，顯示大氣汞會受到監測當時風向、風速影響甚大。

表 3-39 本計畫各測點空氣中汞空氣品質監測結果

測站形態	監測地點	監測時間	氣態汞 (ng/m ³)	粒狀汞 (pg/m ³)	粒狀汞/ 氣態汞
一般空品站	1.松山站(北市松山國小)	102/05	4.75	22.2	0.5%
		102/10	3.45	17.7	0.5%
	2.新竹站(竹市東門國小)	102/05	2.30	25.0	1.1%
		102/10	2.09	22.8	1.1%
	3.大里站(中市大里區公所)	102/05	1.80	17.2	1.0%
		102/10	4.32	15.2	0.4%
	4.南投站(投縣康壽國小)	102/05	3.73	19.0	0.5%
		102/10	4.29	32.8	0.8%
	5.崙背站(雲縣崙背國小)	102/05	1.96	42.2	2.2%
		102/10	3.54	39.9	1.1%
	6.嘉義測點(嘉市民生國中)	102/05	3.27	14.7	0.4%
		102/10	4.91	76.3	1.6%
	7.新營站(南市新營國小)	102/05	2.48	64.5	2.6%
		102/10	2.89	68.3	2.4%
	8.楠梓站(高市楠梓國小)	102/05	2.54	65.4	2.6%
		102/10	3.09	67.1	2.2%
	9.宜蘭站(宜縣復興國中)	102/05	4.09	27.7	0.7%
		102/10	3.94	28.9	0.7%
環境敏感區	10.內埔測點(台中后里內埔國小)	102/05	2.37	30.1	1.3%
		102/10	4.80	871	18.1%
	11.麥寮站(雲林麥寮消防局)	102/05	3.21	89.4	2.8%
		102/10	2.62	77.1	2.9%
	12.南科測點(管理局污水處理廠)	102/05	2.82	145	5.1%
		102/10	3.59	45.7	1.3%
	13.仁武站(高雄市八卦國小)	102/05	2.83	213	7.5%
		102/10	2.77	104	3.8%
污染源集中區	14.前鎮站(高市工業測站)	102/05	8.90	61.1	0.7%
		102/10	3.94	28.9	0.7%
	15.潮寮測點(高雄大寮潮寮國小)	102/05	4.12	47.4	1.2%
		102/10	5.67	106	1.9%
	16.全興測點(工業區服務中心)	102/05	2.65	26.4	1.0%
		102/10	3.57	10.0	0.3%
重大污染源 附近	17.林園站(高雄林園汕尾國小)	102/05	4.23	22.7	0.5%
		102/10	2.47	46.6	1.9%
	18.鋼聯測點(彰縣台灣鋼聯公司)	102/05	10.0	29.7	0.3%
		102/10	24.3	77.8	0.3%
	19.中鋼測點(高雄中鋼公司廠區)	102/05	1.63	125	7.7%
		102/10	2.47	261	10.5%
	20.路竹測點(興達漁會路竹分處)	102/05	2.49	82.8	3.3%
		102/10	1.29	52.2	4.0%
	21.蘇澳測點(台泥蘇澳廠區)	102/05	18.0	88.3	0.5%
		102/10	4.24	36.4	0.9%

(三) 污染源集中區與重大污染源附近

重大污染源附近氣態汞濃度為 $1.45 \sim 23.2 \text{ ng/m}^3$ ，粒狀汞濃度 $18.6 \sim 215 \text{ pg/m}^3$ ，粒狀汞佔氣態汞比例約 $0.2\% \sim 11.9\%$ ；從本次監測數據發現，氣態汞以台泥蘇澳廠最高，台灣鋼聯公司次之；台泥蘇澳廠主要是煉製水泥，使用煤為燃料，且台泥公司在煉製水泥過程，會添加燃煤鍋爐飛灰作為添加物。依據過去進行汞流布分析結果顯示，燃煤發電過程最終汞主要存在於飛灰中。因此，飛灰在水泥旋窯高溫冶煉後，再度釋放於大氣中，造成附近環境空氣汞有偏高現象，依據美國 EPA 研究報告顯示，要降低水泥旋窯汞排放濃度，可行策略建議於集塵器前端添加活性碳，以吸附方式解決。

另一高濃度地點為台灣鋼聯廠區，鋼鐵業集塵灰中含有高量重金屬，目前該公司為降低戴奧辛排放濃度，已於集塵器前端添加活性碳，建議可以評估最佳添加量方式，除戴奧辛外，另可有效降低重金屬排放濃度，避免大氣環境濃度有偏高現象，至於粒狀汞濃度部分，中鋼公司廠區濃度較高，主要應是受到逸散性影響。

3.4.3 監測結果比較解析

一、粒狀物重金屬成分與濃度

一般空品站歷年來監測點共有九站，監測工作自 96 年起開始實施，歷年監測結果整理如表 3-40，並無特別高濃度數值。

從一般空品測站歷年度監測數據(圖 3-30~圖 3-33)可以發現，北、中、南各測站間並無明顯差異性，但整體趨勢看來，環境空氣重金屬濃度有呈現逐年下降趨勢。其中北部地區松山站、東門站整體趨勢雖呈現下降趨勢，但 101 年監測期間，推測受到長程傳輸影響(詳 101 年度報告說明)，監測濃度升高。

以整體濃度來看，環境空氣以鉛濃度較高，鎳及砷濃度次之；
重金屬鎘濃度最低，趨勢與目前排放量推估結果相吻合。

表 3-40 我國歷年一般空品站重金屬監測結果(1/2)

項目	監測時間	最大值(ng/m^3)	最小值(ng/m^3)	平均值(ng/m^3)	
重金屬 砷	2007/08	1.74	0.27	0.99	1.61
	2007/11	4.77	0.73	2.22	
	2008/05	4.65	0.82	2.04	1.93
	2008/11	5.06	0.28	1.81	
	2009/11	4.43	0.28	2.02	2.02
	2010/05	5.59	0.84	2.68	2.61
	2010/11	6.89	0.76	2.54	
	2011/05	2.18	0.52	1.04	1.30
	2011/11	2.37	0.52	1.55	
	2012/05	2.16	0.39	1.19	2.02
	2012/10	6.10	1.48	2.85	
	2013/05	1.64	0.31	0.74	1.10
	2013/10	5.05	0.13	1.46	
重金屬 鎘	2007/08	1.24	0.01	0.34	0.47
	2007/11	2.02	0.16	0.60	
	2008/05	0.89	0.01	0.44	0.48
	2008/11	1.29	0.01	0.51	
	2009/11	1.35	0.04	0.58	0.58
	2010/05	1.45	0.38	0.67	0.61
	2010/11	1.49	0.13	0.55	
	2011/05	0.63	0.01	0.26	0.29
	2011/11	0.57	0.11	0.32	
	2012/05	0.74	0.13	0.42	0.51
	2012/10	1.12	0.32	0.59	
	2013/05	0.47	0.04	0.21	0.25
	2013/10	0.61	0.07	0.28	
重金屬 鎳	2007/08	13.4	0.07	4.34	4.50
	2007/11	12.9	1.12	4.66	
	2008/05	16.7	0.96	4.58	4.41
	2008/11	9.94	1.18	4.23	
	2009/11	13.2	0.98	5.45	5.45
	2010/05	12.5	1.61	7.21	5.62
	2010/11	7.02	2.15	4.03	
	2011/05	9.88	0.07	4.56	4.37
	2011/11	8.35	1.36	4.18	
	2012/05	5.60	0.30	3.24	3.95
	2012/10	6.42	3.30	4.66	
	2013/05	23.7	1.05	4.10	3.96
	2013/10	8.45	1.27	3.83	

表 3-40 我國歷年一般空品站重金屬監測結果(2/2)

項目	監測時間	最大值(ng/m^3)	最小值(ng/m^3)	平均值(ng/m^3)	
重金屬 鉛	2007/08	43.5	4.31	23.2	25.9
	2007/11	75.1	7.72	28.7	
	2008/05	37.8	8.72	21.7	25.9
	2008/11	83.3	1.98	30.1	
	2009/11	53.4	10.8	27.3	27.3
	2010/05	47.1	18.1	30.3	29.1
	2010/11	73.8	7.13	27.9	
	2011/05	30.0	5.19	15.7	14.5
	2011/11	22.4	6.5	13.4	
	2012/05	23.1	3.77	14.1	21.4
	2012/10	55.4	12.2	28.8	
	2013/05	17.4	3.16	8.03	11.4
	2013/10	28.0	3.62	14.7	

至於重大污染源附近監測結果顯示，監測濃度會受到附近排放影響，例如本計畫 5 月份在銅聯測點監測第 1 日時，發現鄰近廢鐵回收廠正在搬運廢鐵，目視即可見粉塵飛揚，採樣濾紙為褐色，與一般採樣後濾紙顏色(灰色)不同，該次採樣可能受粉塵影響，鎳、鐵等重金屬濃度均高，第 2 日採樣濾紙即為灰色，且測值與其他測值近似，顯示銅聯監測之高濃度值為受附近工廠操作逸散造成之單一事件。

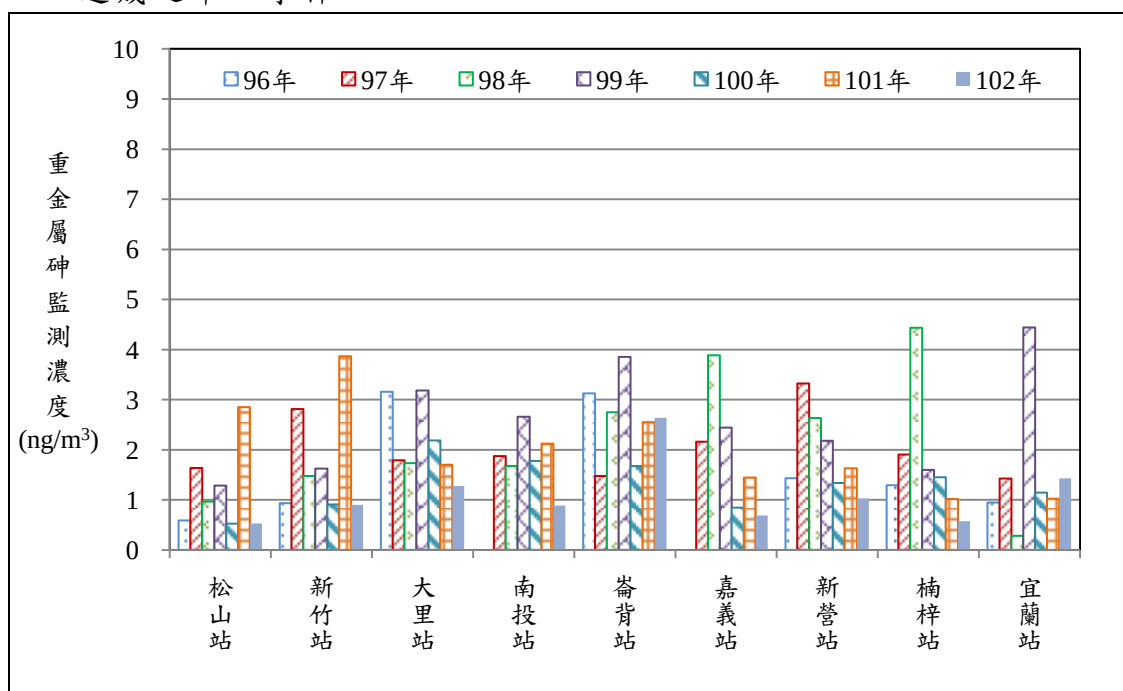


圖 3-30 歷年一般空品站重金屬砷濃度變化圖

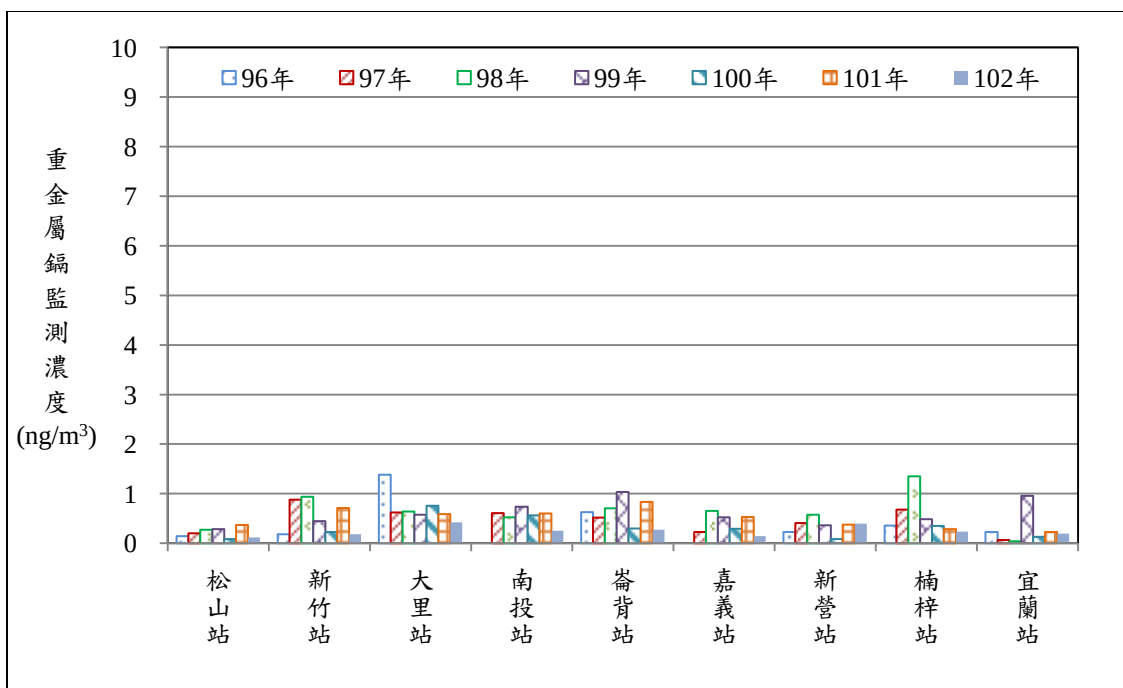


圖 3-31 歷年一般空品站重金屬鎘濃度變化圖

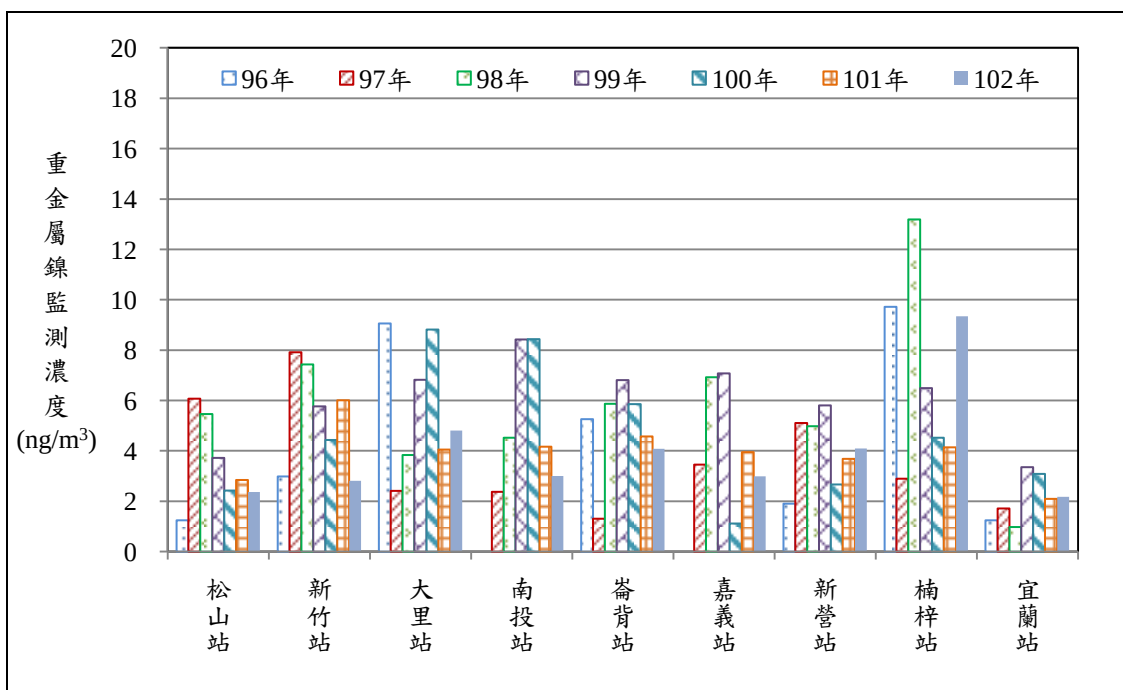


圖 3-32 歷年一般空品站重金屬鎳濃度變化圖

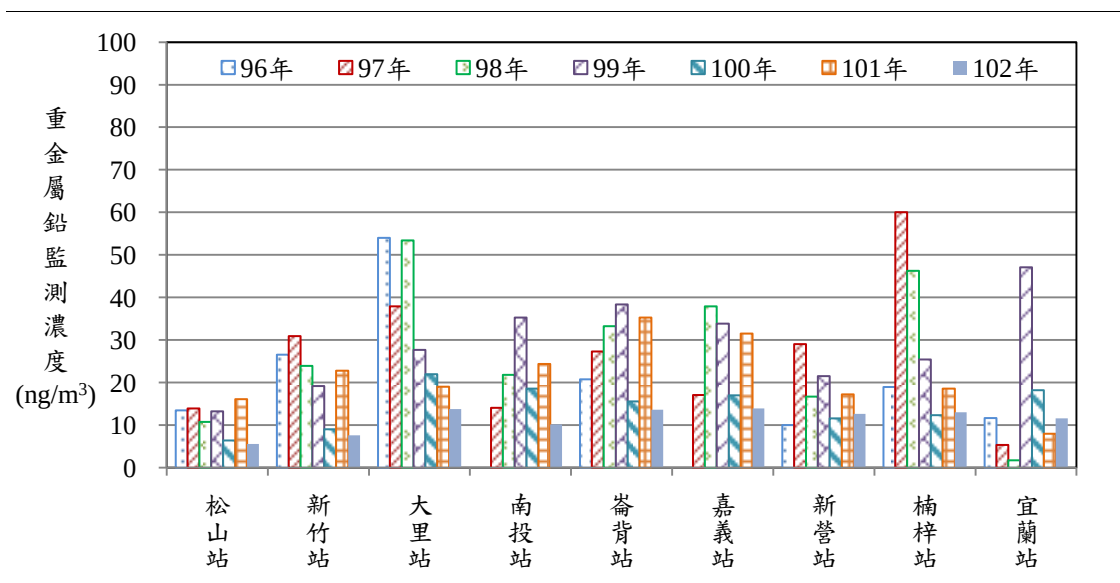


圖 3-33 歷年一般空品站重金屬鉛濃度變化圖

二、大氣汞

國內對於大氣汞監測，無論環保單位或是學術機構過去都有進行相關研究調查，整理發表於國內外期刊或研討會之相關資料及數據於附錄八；彙整一般空品區及污染源附近歷年監測結果如表 3-41。

在一般空品站監測數據解析發現，在北部、中部地區數值，東南科技大學於 2004 年利用 Model Gardis-3 自動監測儀所得到濃度偏高且年代較久遠，建議該數值為參考用，其他地區濃度普遍都低於 5 ng/Nm^3 以下。無論環境檢驗所或中山大學監測都顯示高雄地區濃度較國內其他地區都高。因過去監測都採手動式方式採樣，所得到數據相當零散且代表性不足，因此實際濃度有必要作進一步釐清，或進行長期性監測。從目前監測地區發現，桃園地區缺乏監測數值，建議未來應進行監測。

在污染源集中區，過去成功大學在中部燃煤電廠附近進行監測，其中中部燃煤電廠附近大氣汞監測平均濃度值並未偏有偏高現象；而高雄重大污染源附近大氣汞濃度有偏高趨勢，屬一致現象。

表 3-41 我國歷年大氣氣態汞監測結果彙整(1/3)

一、一般空品區(1/2)

序 號	縣 市	採樣點	監測日期	氣狀汞濃度(ng/m ³)			方 法	文 獻
				平均	最小	最大		
1	台北市	松山站	2007/08~2012/10	2.64	1.30	3.90	NIEA A304.10C	文獻 1~6
2	新北市	深坑	2004/04~06	9.4	1.1	90.7	Model Gardis-3 攜帶式自動儀	文獻 7
3	新竹市	東門站	2007/08~2012/10	2.79	1.48	4.15	NIEA A304.10C	文獻 1~6
4	新竹縣	竹北市	2003/10~12	7.8	3.4	28.3	Model Gardis-3 攜帶式自動儀	文獻 7
5	新竹縣	峨眉	2003/10~12	6.1	1.1	21.5	Model Gardis-3 攜帶式自動儀	文獻 7
6	新竹縣	湖口 工業區	2003/10~12	6.3	2.3	23.6	Model Gardis-3 攜帶式自動儀	文獻 7
7	台中市	大里站	2007/08~2012/10	3.30	1.62	6.95	NIEA A304.10C	文獻 1~6
8	台中市	大里站	2010/09/14~15	1.81	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
9	台中市	西屯站	2010/09/13~14	2.92	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
10	台中市	沙鹿站	2010/09/13~14	2.99	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
11	台中市	沙鹿區	2011/03	6.14	2.23	7.05	二段式手動金汞齊採樣 8 小時+螢光分析(CVAFS)	文獻 9
12	台中市	忠明站	2010/09/13~14	4.24	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
13	台中市	崇倫站	2010/10/25~26	2.66	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
14	台中市	豐原站	2010/09/13~14	2.53	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
15	南投縣	南投站	2008/05~2012/10	3.45	2.55	5.11	NIEA A304.10C	文獻 1~6
16	南投縣	南投站	2010/09/29~30	3.36	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
17	南投縣	埔里站	2010/09/30~10/01	1.40	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
18	彰化縣	二林站	2010/09/14~15	2.21	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
19	彰化縣	彰化站	2010/09/14~15	3.32	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
20	彰化縣	線西站	2010/09/14~15	2.80	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
21	雲林縣	斗六站	2010/09/16~17	1.55	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
22	雲林縣	台西站	2010/09/16~17	1.95	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
23	雲林縣	崙背站	2010/09/16~17	17.2	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
24	雲林縣	崙背站	2007/08~2012/10	3.06	1.90	4.92	NIEA A304.10C	文獻 1~6
25	嘉義市	嘉義站	2010/09/30~10/01	3.04	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
26	嘉義市	嘉義站	2008/05~2012/10	3.61	2.08	6.02	NIEA A304.10C	文獻 1~6
27	嘉義縣	朴子站	2010/09/16~17	1.48	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
28	嘉義縣	鹿林山	2010/09/27~28	3.41	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
29	嘉義縣	鹿林山	2006/04~2007/12	1.73	0.24	5.75	Tekran 2537A/1130/1135 汞自動連續監測儀	文獻 10
30	嘉義縣	新港站	2010/09/30~10/01	1.61	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
31	台南市	台南站	2010/10/04~05	2.48	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
32	台南市	安南站	2010/09/29~30	2.39	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
33	台南市	南科	2010/10/04~05	2.76	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
34	台南市	烏山頭 水庫	2010/09/27~28	3.76	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
35	台南市	善化站	2010/09/29~30	1.54	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
36	台南市	新營站	2010/09/27~28	2.68	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
37	台南市	新營站	2007/08~2012/10	3.13	1.88	4.70	NIEA A304.10C	文獻 1~6
38	高雄市	三民站	2010/09/24~25	7.67	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8

表 3-41 我國歷年大氣氣態汞監測結果彙整(2/3)

一、一般空品區(2/2)

序號	縣市	採樣點	監測日期	氣狀汞濃度(ng/m^3)			方法	文獻
				平均	最小	最大		
39	高雄市	大寮站	2010/10/06~07	7.41	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
40	高雄市	小港站	2010/09/23~24	4.21	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
41	高雄市	小港站	2010	9.00	7.33	9.87	NIEA A304.10C	文獻 11
42	高雄市	中山大學環工所	2010	2.41	2.03	2.83	NIEA A304.10C	文獻 11
43	高雄市	仁武站	2010/09/23~24	3.72	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
44	高雄市	仁武站	2010	7.21	6.08	8.98	NIEA A304.10C	文獻 11
45	高雄市	左營站	2010/10/25~26	2.39	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
46	高雄市	左營站	2010	5.9	3.79	6.79	NIEA A304.10C	文獻 11
47	高雄市	林園站	2010/10/06~07	7.59	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
48	高雄市	前金站	2010/10/25~26	8.13	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
49	高雄市	前金站	2010	5.08	2.17	8.1	NIEA A304.10C	文獻 11
50	高雄市	前鎮站	2010/09/24~25	1.39	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
51	高雄市	前鎮站	2010	7.46	7.09	7.91	NIEA A304.10C	文獻 11
52	高雄市	美濃站	2010/09/23~24	1.44	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
53	高雄市	復興站	2010/09/24~25	1.95	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
54	高雄市	楠梓站	2010/09/24~25	2.62	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
55	高雄市	楠梓站	2010	5.83	3.01	8.42	NIEA A304.10C	文獻 11
56	高雄市	楠梓站	2007/08~2012/10	3.37	1.44	5.13	NIEA A304.10C	文獻 1~6
57	高雄市	鳳山	2010/09/23~24	2.42	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
58	高雄市	橋頭	2010/10/25~26	3.49	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
59	屏東縣	屏東	2010/10/07~08	2.89	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
60	屏東縣	恆春	2010/10/11~12	2.42	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
61	屏東縣	潮州	2010/10/07~08	6.28	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
62	宜蘭縣	冬山站	2007/08~2011/05	3.05	1.32	5.15	NIEA A304.10C	文獻 1~6
63	宜蘭縣	宜蘭站	2011/10~2012/10	2.89	2.34	3.64	NIEA A304.10C	文獻 1~6
64	花蓮縣	花蓮	2010/10/13~14	5.43	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
65	花蓮縣	長濱	2010/10/13~14	2.55	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
66	台東縣	台東	2010/10/13~14	1.61	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
67	台東縣	和平	2010/10/14~15	4.16	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8
68	台東縣	關山	2010/10/13~14	2.42	-	-	NIEA A304.10C	文獻 8

二、排放源附近(1/2)

序號	縣市	採樣點	採樣日期	氣狀汞濃度(ng/m^3)			方法	文獻
				平均	最小	最大		
1	中部地區 燃煤 電廠 附近	採樣點 A	2008/11~2011/03	2.59	1.46	3.93	US EPA Method IO-5	文獻 12
2		採樣點 B	2008/11~2011/03	3.44	2.24	6.01	US EPA Method IO-5	文獻 12
3		採樣點 C	2008/11~2011/03	3.71	2.58	5.28	US EPA Method IO-5	文獻 12
4		採樣點 D	2008/11~2011/03	4.12	3.56	6.20	US EPA Method IO-5	文獻 12
5		採樣點 E	2008/11~2011/03	3.49	2.68	5.37	US EPA Method IO-5	文獻 12
6	台中市	內埔國小	2010/11~2012/10	4.16	3.08	6.81	NIEA A304.10C	文獻 1~6
7	台中市	月眉國小	2010/11~2011/05	3.03	2.07	3.99	NIEA A304.10C	文獻 1~6
8	台中市	正隆紙廠舊警衛室	2011/10	3.14	3.14	3.14	NIEA A304.10C	文獻 1~6
9	台中市	豐興鋼鐵停車場	2011/10	4.32	4.32	4.32	NIEA A304.10C	文獻 1~6
10	彰化縣	萬興國中	2010/11~2011/10	4.43	3.07	6.14	NIEA A304.10C	文獻 1~6

表 3-41 我國歷年大氣氣態汞監測結果彙整(3/3)

二、排放源附近(2/2)

序號	縣市	採樣點	採樣日期	氣狀汞濃度(ng/m^3)			方法	文獻
				平均	最小	最大		
11	彰化縣	全興工業區服務中心	2010/11~2012/10	3.81	2.01	6.89	NIEA A304.10C	文獻 1~6
12	彰化縣	台灣鋼聯	2012/05~2012/10	4.82	1.83	7.8	NIEA A304.10C	文獻 1~6
13	高雄市	勞工局職訓中心	2010/11~2012/10	4.71	3.48	6.22	NIEA A304.10C	文獻 1~6
14	高雄市	中鋼公司	2012/05~2012/10	6.67	4.66	8.67	NIEA A304.10C	文獻 1~6
15	高雄市	中鋼公司	2010	11.92	5.47	18.37	NIEA A304.10C	文獻 11
16	高雄市	唐榮鐵工廠	2010	9.01	3.79	14.23	NIEA A304.10C	文獻 11
17	高雄市	中油大林廠	2010	9.65	8.22	11.08	NIEA A304.10C	文獻 11
18	高雄市	台電大林廠	2010	9.12	5	13.24	NIEA A304.10C	文獻 11
19	高雄市	仁武焚化爐	2010	8.33	6.38	10.28	NIEA A304.10C	文獻 11
20	花蓮縣	和平工業區服務中心	2012/05~2012/10	3.62	2.4	4.83	NIEA A304.10C	文獻 1~6

註： 1. NIEA A304.10C 為空氣中汞檢測方法—冷蒸氣原子螢光光譜儀法，與 US EPA Method IO-5 相同。

2. 文獻 1：行政院環境保護署(2007)，「固定污染源毒性空氣污染物(戴奧辛及重金屬)管制規範研擬、控制技術評估及排放清冊調查計畫」

文獻 2：行政院環境保護署(2008)，「固定污染源毒性空氣污染物(戴奧辛及重金屬)排放清冊調查及管制計畫」

文獻 3：行政院環境保護署(2009)，「固定污染源毒性空氣污染物(戴奧辛及重金屬)排放調查及管制計畫」

文獻 4：行政院環境保護署(2010)，「固定污染源戴奧辛及重金屬排放調查與健康風險評估計畫」

文獻 5：行政院環境保護署(2011)，「固定污染源戴奧辛、多環芳香烴(PAHs)及重金屬排放調查與管制計畫」

文獻 6：行政院環境保護署(2012)，「固定污染源戴奧辛及重金屬排放區域總量管理計畫」

文獻 7：Atmospheric gaseous mercury in Northern Taiwan, Tien-Ho Kuo, Cheng-Fen Chang, Andrius Urba, Kestutis Kvietkus, Science of The Total Environment, Volume 368, Issue 1, Pages 10 – 18, September 2006

文獻 8：臺中以南地區空氣中氣狀汞調查，環保署環境檢驗所：程惠生、賴金郎、曹國田、陳重方、巫月春

文獻 9：Atmospheric mercury pollution at an urban site in central Taiwan: Mercury emission sources at ground level, Jiaoyan Huang, Chia-Kuan Liu, Ci-Song Huang, Guor-Cheng Fang, Chemosphere, Volume 87, Issue 5, Pages 579 – 585, April 2012

文獻 10：Guey-Rong Sheu, Nebg-Huei Lin, Jia-Lin Wang, Chung-Ted Lee, Chang-Feng Ou Yang, Sheng-Hsiang Wang, Atmospheric Environment(2010), Temporal distribution and potential sources of atmospheric mercury measured at a high-elevation background station in Taiwan.

文獻 11：九十九年度高雄市汞污染源周界及敏感點大氣汞污染監測計畫，國立中山大學環境工程研究所，中華民國 100 年 03 月 21 日

文獻 12：Mercury Emissions from a Coal-Fired Power Plant and Their Impact on the Nearby Environment, Aerosol and Air Quality Research, 2012

3. 表格加灰底者表示監測濃度平均值大於 $5 \text{ ng}/\text{m}^3$

第四章 汞物種流布機制及排放減量策略規劃



第四章 汞物種流布機制及排放減量策略規劃

由於汞排放至大氣後，可能導致長程傳輸效應，為全球關切環保問題，成為世界關注焦點。依美國重金屬汞排放結構顯示，燃煤電廠為汞主要排放源，美國環保署最早在1995年就開始進行相關研究計畫，準備立法管制燃煤電廠之汞排放，終於在2011年12月發布燃煤電廠汞排放標準；這段期間內國際間一些燃煤量大國家，如德國、中國大陸、韓國等國家亦紛紛發布燃煤電廠汞排放標準，我國亦於修訂電力業空氣污染物排放標準草案時，將汞污染物納入管制項目中。

依據本計畫推估100年重金屬汞排放量結構發現(如圖4-1所示)，國內汞排放量以電力產源(30%)及廢棄物焚化爐(15%)為主要排放源，其次為鋼鐵業(電弧爐、燒結爐)等排放源。

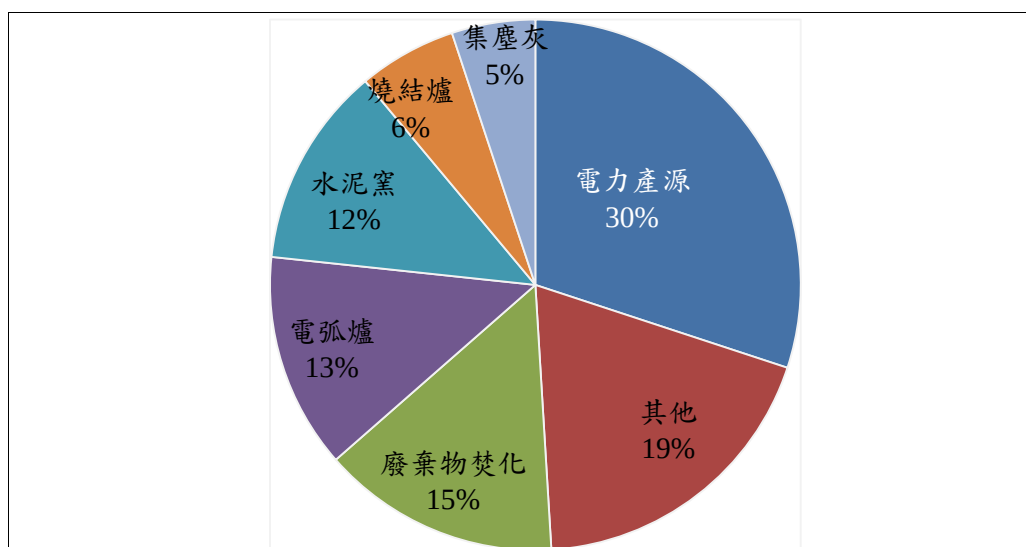


圖 4-1 民國 100 年國內大氣汞排放量結構分布圖

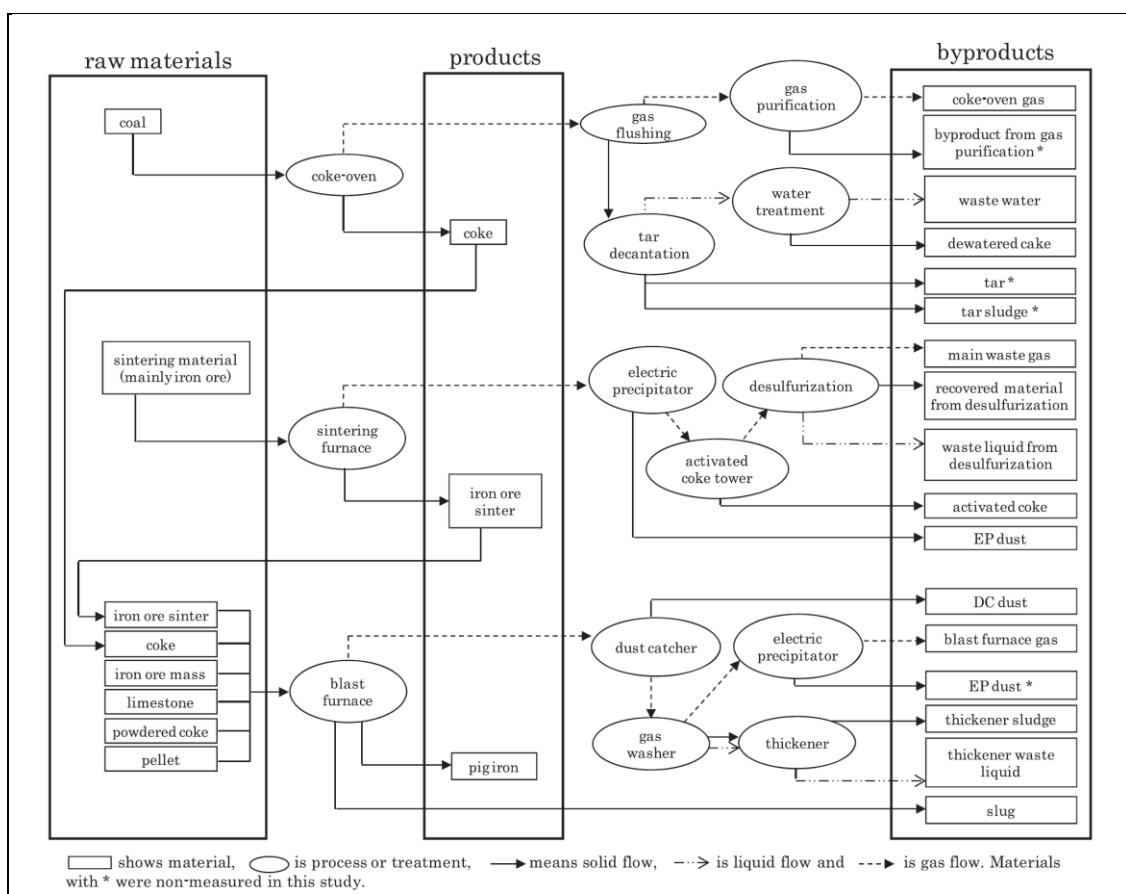
為因應電廠汞管制標準實施，國際電廠研發單位、環保單位及學術界紛紛進行可行減量控制技術研發，針對汞物種(speciation)流布情形進行模廠及實廠研究調查，本團隊於去年(101)度研究計畫已進行國內燃煤電廠汞流布調查，了解汞在燃煤電廠轉換機制並提出管制建議。今年度，規劃針對排放量大之燒結爐及燃煤汽電共生鍋爐進行汞流布調查。

4.1 研究業別國內分佈現況

依據工作內容，本年度需完成燒結爐、汽電共生鍋爐流布調查各 1 座，國內鋼鐵業燒結工場及燃煤汽電共生廠產業現況，說明如下：

一、鋼鐵業燒結工場

一貫作業煉鋼廠製程流程分為三階段：煉焦製程 (coke oven process)、燒結製程 (sintering furnace process)、高爐製程 (blast furnace process)，如圖 4-2。燃煤經煉焦爐後變為焦炭，粉鐵礦、混雜料等混合後經燒結製程成為燒結礦，上述煉焦及燒結製程之產物焦炭及燒結礦成為高爐製程的原料，最後經熔煉成為粗鋼，煉製過程中另會產生廢棄物及焦油等副產品。



資料來源：Fukuda, 2011

圖 4-2 一貫作業煉鋼廠製程流程圖

為瞭解一貫作業煉鋼廠三製程之汞排放情形，Fukuda¹曾針對此三製程進行進出料的汞濃度調查，其濃度結果如表 4-1。廢氣部分，燒結爐最高為 22.0 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ，高爐次之為 3.34 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ，煉焦爐為 1.77 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 濃度最低。由質量平衡結果(圖 4-3)可發現，煉焦爐及高爐之汞排放於大氣之比例小，多存在於副產品中。而燒結爐之汞排放比例則會受所裝設之防制設備的影響，設有 EP 配合脫硫設備或活性焦吸附設備者，對廢氣之汞捕捉能力皆較只裝設 EP 者高。由排放係數結果亦可發現(表 4-2)，燒結製程之排放係數為 19.6~82.8 mg Hg/ton 粗鋼、煉焦製程為 0.280 mg Hg/ton 粗鋼、高爐為 1.59 mg Hg/ton 粗鋼，顯示一貫作業煉鋼廠之大氣汞排放主要貢獻來自燒結製程，即燒結製程若裝設有效且適當的防制設備對於汞之減量效益最大，故依其排放特性，本計畫選擇燒結製程作為汞流布研究之對象。

表 4-1 一貫作業煉鋼廠煉焦、燒結、高爐進出料汞含量濃度

Form of samples	Category	Samples			Number of samples	Hg concentration				Units
		Coke-oven process	Sintering furnace process	Blast furnace process		Average	Min	Max	Standard deviation	
Solid	Raw materials	Coal	Sintering material		3	43.6	30.8	56.8	10.6	µg kg ⁻¹
					6	53.4	21.7	74.2	18.7	
				Iron ore mass	3	32.9	16.7	53.2	15.2	
			Limestone	2	19.9	8.90	30.9	11.0		
			Powdered coal	3	38.3	11.0	84.2	32.7		
	Products	Coke		5	3.99	0.10	11.1	4.2		
			Iron ore sinter Pellet	9	2.96	0.00	20.8	6.4		
				2	0.35	0.30	0.40	0.05		
			Pig iron	2	0.00	0.00	0.00	0.00		
	Byproducts	Dewatered cake		2	595	258	933	338		
				6	12523	2050	28500	8915		
				1	8340	8340	8340	—		

資料來源：Fukuda, 2011

¹ Naomichi Fukuda, Masaki Takaoka, Shingo Doumoto, Kazuyuki Oshita, Shinsuke Morisawa, Tadao Mizuno, “Mercury emission and behavior in primary ferrous metal production”, Atmospheric Environment 45, 2011

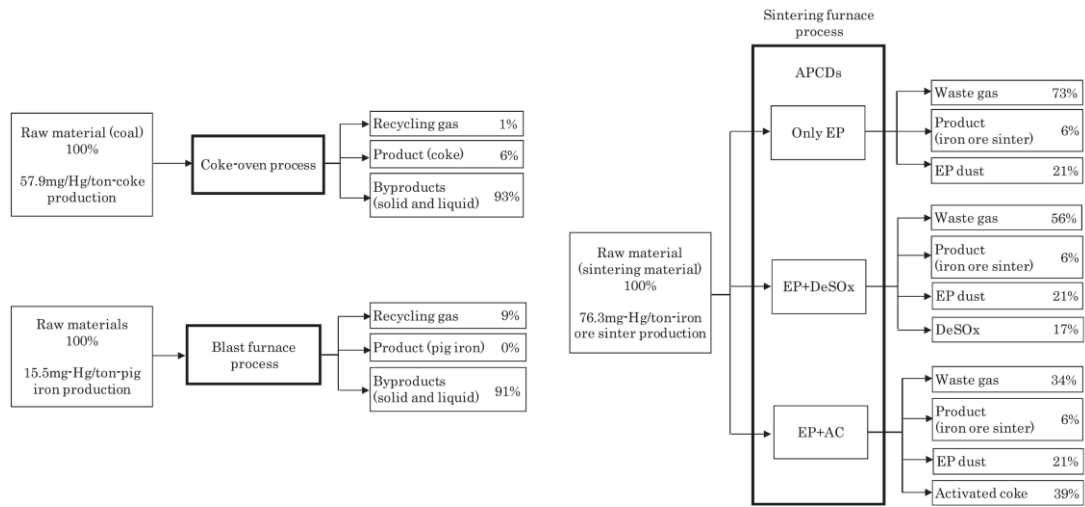


Fig. 2. Mercury mass balance in coke-oven process, sintering furnace process and blast furnace process.

資料來源：Fukuda, 2011

圖 4-3 一貫作業煉鋼廠煉焦、燒結、高爐汞質量平衡結果

表 4-2 一貫作業煉鋼廠煉焦、燒結、高爐之汞排放係數

製程	防制設備	汞排放係數(每噸鋼產量)	單位
Coke-oven process	—	0.280	mg Hg
Sintering furnace process	EP	82.8	mg Hg
	EP + DeSO _x	47.5	
	EP + AC	19.6	
	—	1.59	mg Hg
Blast furnace process	—	0.0488 ^a	g Hg
Overall emission factor in Japan ^{a,b}	—	(0.0469) ^b	

註：a. 排放係數以 EP:EP+DeSO_x:EP+AC 之比例為 3:3:4 計算而得

b. 不計煉焦爐及高爐回收氣體之排放係數

資料來源：Fukuda, 2011

國內過去有關燒結爐重金屬汞排放數據相當缺乏，僅於民國 94 年由工業技術研究院進行一次檢測，汞平均濃度為 4.27 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (表 4-3)。依據國外資料顯示，歐盟燒結爐汞排放濃度為 15~82 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ，濃度高低與否與礦源有絕大相關性。至於鋼鐵業另一主要排放源電弧爐，同樣於 94 年由工業技術研究院進行 6 座碳鋼廠、4 座不銹鋼廠檢測，結果如圖 4-4 所示，檢測濃度範圍介於 1.24 ~ 6.67 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ，碳鋼及不銹鋼排

放濃度並無太大差異性，與燒結工場差異性也不大。

國內一貫作業煉鋼燒結工場有 2 廠，分別位在高雄市及台中市，基本資料如表 4-4；Sinter-A 廠四座燒結工場最早設立於民國 66 年，運轉迄今已有相當時間，四座燒結爐均有安裝靜電集塵器(ESP)，選擇性觸媒還原設備(SCR)則 2 號機因空間不足尚未安裝外，其餘皆有裝設 SCR。2 號機將加裝 SCR 及濕式排煙脫硫設施(FGD)，預計於 106 年完工；3 號機及 4 號機也計畫加裝 FGD，分別可於 104 年及 102 年可完工。

Sinter-B 廠之兩座新燒結工場，第一座已於 99 年運轉，第二座將於 102 年 3 月正式啟用。因屬新廠，防制設備齊全，裝設有 ESP、SCR、FGD。

表 4-3 鋼鐵業燒結爐重金屬汞排放檢測結果彙整

檢測對象	煙道汞排放濃度($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)		
Sinter A 廠 (4 號燒結爐)	4.25	5.08	3.47
	平均：4.27		

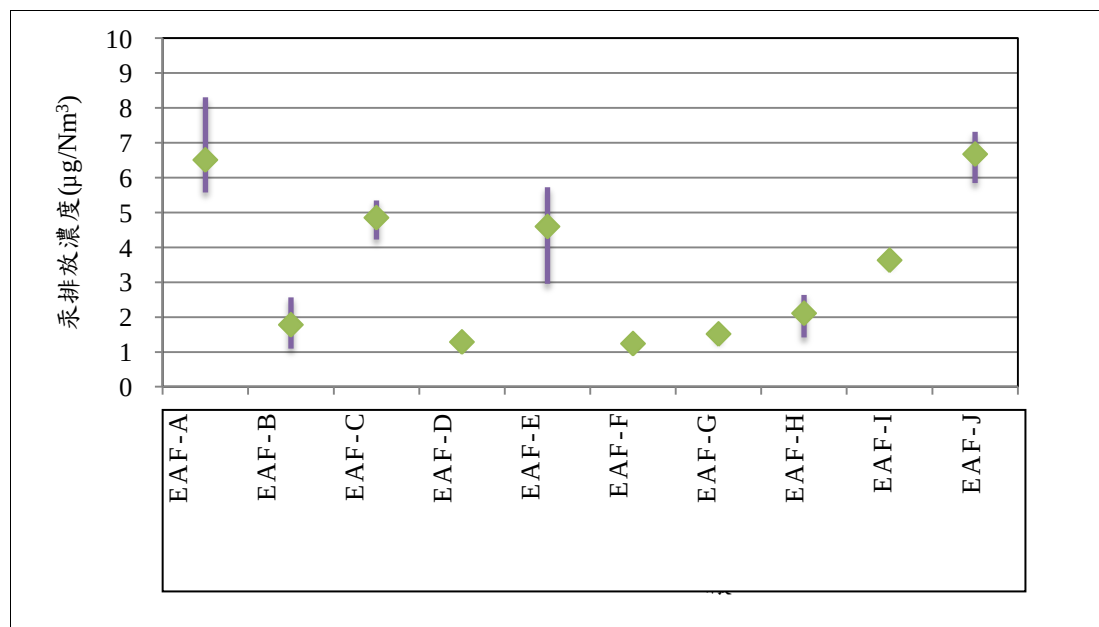


圖 4-4 國內煉鋼業電弧爐汞排放濃度分布圖

表 4-4 國內鋼鐵業燒結工場現況

序號	廠別	燒結工場數量	設計粗鋼產量(萬公噸/年)	設置年	污染防制設備
1	燒結 sinter-A 廠	4	1,080	民國 66~84 年	1.既存：#1、#3、#4 號：ESP+SCR，#2 號：ESP 2.目前正進行 FGD 工程施作，預計 106 年底全部完工
2	燒結 sinter-B 廠	2	500	民國 99 年、103 年	ESP+SCR+FGD

資料來源：1.公司網站。

2.A 廠脫硫裝置正陸續安裝中。

二、燃煤汽電共生廠

國內除燃煤電廠外，燃煤汽電共生鍋爐數量也相當龐大，初步調查國內使用燃煤之汽電共生廠(或設施)，共計有 32 處，64 座機組，平均分布於北、中、南三區，基本資料如表 4-5。

表 4-5 國內燃煤汽電共生廠運轉現況(1/2)

序號	縣市	廠商名稱	數量	鍋爐燃燒型式	污染防制設備			96 年總發電量(MWh/年)	96 年總燃煤量(噸/年)
					粒狀污染物	NO _x	SO _x		
1	雲林縣	CHP-A 廠	3	切線	ESP	LNB+OFA+SCR	FGD	13,030,796	5,043,382
2	雲林縣	CHP-B 廠	6	前牆	ESP	LNB+OFA+SCR	FGD	1,983,420	1,993,169
3	雲林縣	CHP-C 廠	5	前牆	ESP	LNB+OFA+SCR	FGD	2,020,299	2,331,570
4	高雄市	CHP-D 廠	4	前牆/爐格	ESP	LNB+OFA+SCR	FGD	2,003,377	1,108,271
5	嘉義縣	CHP-E 廠	4	前牆	ESP	LNB+OFA/LNB+OFA	FGD	2,217,102	1,011,149
6	彰化縣	CHP-F 廠	3	前牆	ESP	LNB+OFA/LNB+OFA	FGD	1,321,738	659,177
7	桃園縣	CHP-G 廠	2	前牆	ESP	LNB+OFA+SCR/	MgO-FGD	1,803,196	777,111
8	宜蘭縣	CHP-H 廠	2	前牆	ESP	LNB+OFA+SCR	FGD	1,582,439	767,103
9	苗栗縣	CHP-I 廠	3	切線	ESP	LNB+OFA/LNB+OFA/	FGD	770,903	526,000
10	高雄市	CHP-J 廠	2	前牆	ESP	LNB+OFA/LNB+SCR	FGD	472,766	310,811
11	桃園縣	CHP-K 廠	2	前牆	ESP	LNB+OFA+SCR	FGD	741,961	315,350
12	台中市	CHP-L 廠	2	爐格/對牆	BF/ESP	OFA/LNB+OFA	FGD	397,689	264,955
13	高雄市	CHP-M 廠	3	切線	ESP	OFA+SNCR	半乾式洗滌塔	810,436	405,218
14	高雄市	CHP-N 廠	1	前牆	ESP	SCR	FGD	402,550	263,111
15	新北市	CHP-O 廠	2	前牆	ESP	LNB+OFA	FGD	322,471	199,972
16	新北市	CHP-P 廠	2	前牆	ESP	LNB/LNB	FGD	286,707	156,695
17	桃園縣	CHP-Q 廠	1	切線	ESP	LNB	FGD	268,433	185,536
18	高雄市	CHP-R 廠	1	切線	ESP	LNB+OFA+SCR	FGD	294,442	177,475

表 4-5 國內燃煤汽電共生廠運轉現況(2/2)

序號	管制編號	廠商名稱	數量	鍋爐燃燒型式	污染防制設備			96 年總發電量 (MWh/年)	96 年總燃煤量 (噸/年)
					粒狀 污染物	NO _x	SO _x		
19	嘉義縣	CHP-S 廠	1	前牆	ESP	LNB+OFA	FGD	272,800	147,545
20	雲林縣	CHP-T 廠	2	前牆	ESP	LNB/LNB	FGD	215,994	148,240
21	新竹縣	CHP-U 廠	1	切線	ESP	LNB	FGD	224,854	141,409
22	彰化縣	CHP-V 廠	1	切線	ESP	LNB+OFA+FGR	FGD	188,194	117,020
23	台南縣	CHP-W 廠	1	對牆	ESP	LNB	FGD	236,581	115,152
24	台南縣	CHP-X 廠	1	切線	ESP	LNB+OFA	無	127,813	102,481
25	台南縣	CHP-Y 廠	1	流體化床	ESP	SNCR	乾式排煙脫硫	250,184	108,448
26	台東縣	CHP-Z 廠	1	流體化床	ESP	使用回風	石灰石脫硫	187,063	80,148
27	桃園縣	CHP-AA 廠	1	前牆	BF	LNB+OFA	FGD	81,447	72,993
28	台南縣	CHP-AB 廠	1	前牆	ESP	LNB/LNB	FGD	61,734	51,339
29	新竹縣	CHP-AC 廠	1	爐格	BF	無	FGD	27,643	67,378
30	桃園縣	CHP-AD 廠	1	前牆	ESP	LNB+OFA	-	69,957	62,509
31	桃園縣	CHP-AE 廠	2	流體化床	ESP+旋風集塵器	LNB/LNB	-	32,962	55,778
32	新竹縣	CHP-AF 廠	1	前牆	ESP	—	FGD	10,295	46,077

4.2 調查對象規劃

一、鋼鐵業燒結工場

本計畫規劃執行 1 座燒結工場燒結製程汞物種流布檢測，其中在煙道氣管道包括：燒結機後、靜電集塵器後、選擇性觸媒反應器後(煙囪)等 3 個位置進行煙道排氣檢測，分析氣狀汞、氧化汞及粒狀汞，每機組至少檢測 2 次。並針對汞流布檢測當時之赤鐵礦(Fe_2O_3)、助熔劑(石灰石、蛇紋石)、混雜料、細焦炭、燒結礦及飛灰等，進行實際汞採樣分析，分析總汞含量，採樣位置如圖 4-5。

由於 sinter-A 廠、sinter-B 廠除在後續污染防制設備有所不同(sinter-B 廠目前已具備乾式排煙脫硫系統；sinter-A 廠、目前正在興建濕式排煙脫硫系統)，整體製程並無太大差異，當然從汞物種特性可以發現，氧化汞具有水溶性，因此濕式排煙脫硫系統對汞將具有較佳去除效果；本計畫將協調 sinter-A 及 sinter-B，任何一座燒結爐都可以作為本計畫研究對象。

二、燃煤汽電共生廠

本計畫規劃執行 1 座燃煤汽電共生鍋爐汞物種流布檢測，其中針對煙道氣管道包括：鍋爐後、袋式集塵器後、排煙脫硫設備後(煙囪)等 3 個位置進行煙道排氣檢測，分析氣狀汞、氧化汞及粒狀汞，每機組至少檢測 2 次。並針對汞流布檢測當時之粉煤、石灰石粉、製程水、底渣、飛灰、石膏及原廢水，進行實際汞採樣分析，分析總汞含量，採樣位置如圖 4-6。

依據環保署歷年調查及建立之重金屬排放清冊資料庫顯示，國內鋼鐵業燒結工場共計 6 座，而燃煤汽電共生廠共計 65 座。本計畫將各篩選一座具代表性之檢測對象，進行汞物種流布檢測，篩選主要原則說明如下：

(一) 地區：依據歷年來檢測固定污染源分佈情形與區域特性，依北、中、南、東四區篩選具代表性之檢測名單。

(二) 規模：依各固定污染源設備及生產規模篩選，原則上以生產規模較大，排放量可能較大之對象為優先考量。

(三) 空污系統類別：依各固定污染源型式及管末污染防治設備，篩選不同類別之單元系統。

依據上述篩選原則，本計畫研究對象整理如表 4-6。燒結工場部分分別和 sinter-A 廠與 sinter-B 廠洽談採樣研究事宜，經過三次研商會議，最後決定以 sinter-A 廠燒結工場為採樣調查對象，該燒結工場正進行 FGD 新設工程，本計畫於該設備未啟用前進行研究，可建立背景資料，助於了解 FGD 對燒結工場汞去除效率。

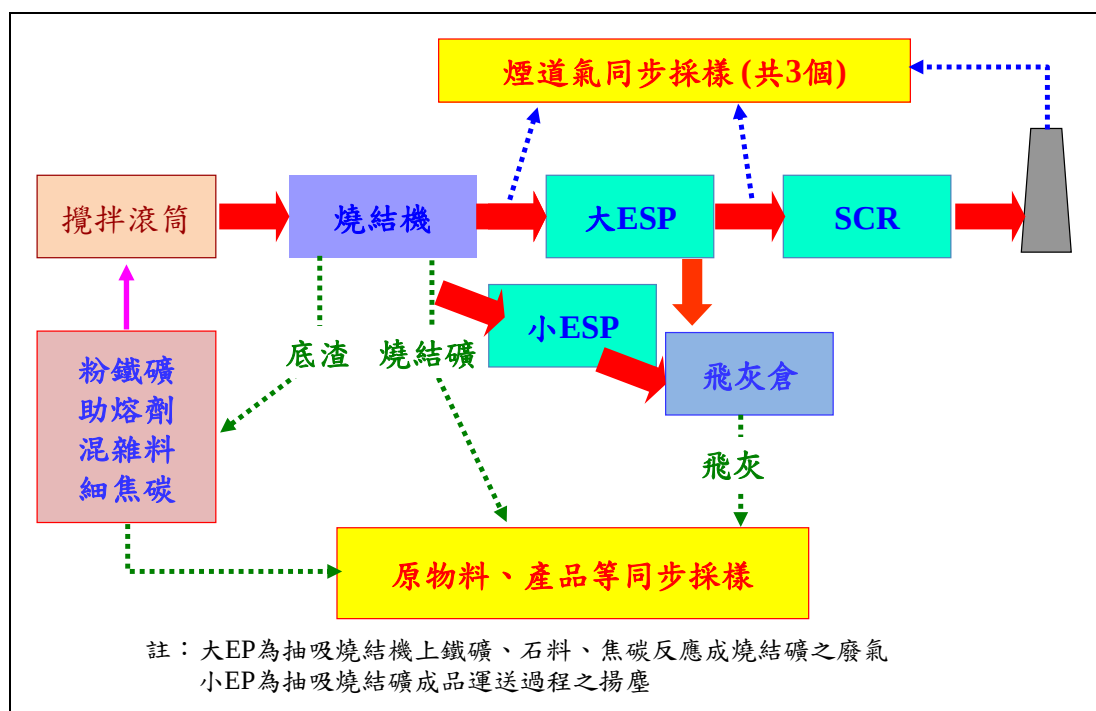


圖 4-5 鋼鐵業燒結工場燒結製程汞流布檢測採樣位置圖

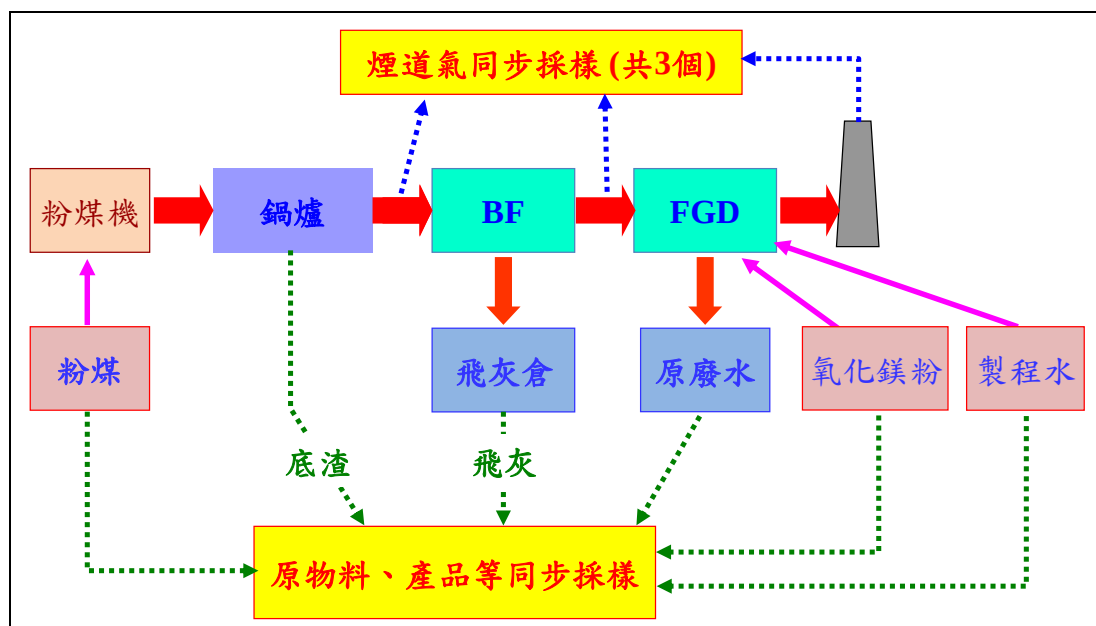


圖 4-6 燃煤汽電共生鍋爐汞流布檢測採樣位置圖

表 4-6 燒結工場及燃煤鍋爐汞物種流布檢測名單

類別	廠商名稱	篩選原則		
		地區	製程	防制設備
燃煤汽電共生廠	CHP-AA 廠	北	煙煤	LNB+BF+FGD
鋼鐵業燒結工場	Sinter-A 廠	南	赤鐵礦、助熔劑、混雜料、細焦碳	ESP+SCR

4.3 汞流布調查結果說明

4.3.1 Sinter-A 廠燒結工場

本計畫於 102 年 10 月 24~25 日執行 sinter-A 重金屬汞流布調查；該機組現行空氣污染防治設備為靜電集塵器(ESP)及選擇性觸媒反應器(SCR)，現正新設濕式脫硫系統(FGD)尚未啟用。調查結果，說明如下：

一、汞質量流布分析(表 4-7)

(一) 進料

本計畫將燒結機之進料含助熔劑、細焦碳等統稱為混雜料，總汞含量介於 0.0270 mg/kg 至 0.0298 mg/kg，平均值為 0.0284 mg/kg，數據變動不大。

依據當日 sinter-A 廠所提供活動強度，混雜料使用量為 799,883 kg/hr 及 814,554 kg/hr，平均 807,219 kg/hr。將混雜料汞含量乘以當日使用量計算經由混雜料進入燒結機的總汞量，以單位時間表示，即為汞質量流，當日之汞質量流為 23,853 mg/hr 及 22,001 mg/hr，平均 22,927 mg/hr。

(二) 產品及最終產物

1. 飛灰(大 ESP，抽吸燒結機上鐵礦、石料、焦碳反應生成燒結礦之廢氣)總汞含量為 1.8120、1.3260 mg/kg，平均值為 1.5690 mg/kg。依據當日 sinter-A 廠所提供活動強度，大 ESP 飛灰量為 890 kg/hr，將大 ESP 飛灰汞含量乘以當日產量計算經由大 ESP 飛灰排出的總汞量，當日之汞質量流為 1,613 mg/hr 及 1,180 mg/hr，平均 1,396 mg/hr。
2. 飛灰(小 ESP，抽吸燒結礦成品運送過程之揚塵)總汞含量為 0.0839、0.0901 mg/kg，平均值為 0.0870 mg/kg。依據當日 sinter-A 廠所提供活動強度，小 ESP 飛灰量為 5,220 kg/hr，將小 ESP 飛灰汞含量乘以當日產量計算經由小 ESP 飛灰排出的總汞量，當日之汞質量流為 438 mg/hr 及 470 mg/hr，平均 454 mg/hr。

表 4-7 Sinter-A 燒結工場汞流布計算表

物質		汞含量分析結果				活動強度			
		單位	102/10/24	102/10/25	平均值	單位	102/10/24	102/10/25	平均值
進料	混雜料	mg/kg	0.0298	0.0270	0.0284	kg/hr	799,883	814,554	807,219
產品及最終產物	飛灰(大 ESP)	mg/kg	1.8120	1.3260	1.5690	kg/hr	890	890	890
	飛灰(小 ESP)	mg/kg	0.0839	0.0901	0.0870	kg/hr	5,220	5,220	5,220
	燒結礦	mg/kg	0.0064	0.0044	0.0054	kg/hr	481,167	472,000	476,583
	煙囪排放廢氣 ^{註1}	µg/Nm ³	18.948	15.348	17.148	Nm ³ /hr	1,076,271	1,094,072	1,085,172

物質		汞質量流 ^{註2}					
		單位	102/10/24	102/10/25	平均值	汞輸出與輸入質量平衡 ^{註3}	
進料	混雜料	mg/hr	23,853	22,001	22,927	100%	
產品及最終產物	飛灰(大 ESP)	mg/hr	1,613	1,180	1,396	23,005	6.09%
	飛灰(小 ESP)	mg/hr	438	470	454		1.98%
	燒結礦	mg/hr	3,065	2,058	2,561		11.17%
	煙囪排放廢氣	mg/hr	20,393	16,792	18,593		81.10%
						100.34%	

註：1. 汞排放標準依據「固定污染源空氣污染物排放標準」第七條規定，排放標準中未列排放管道排放標準之氣體污染物，應依左列方法計算其排放管道之排放標準：高排放管道，即 $h > 6m$ (公尺) 且 $b < 5(h-6)$ ，即污染源距離建築物甚遠或建築物低於 $6m$ ，致以污染源之排放管道口中心為頂點向下 12 度俯角所形成之圓錐與他人建築物並無相交。 $q = a2 \cdot 25 \cdot (h-6)^2$ ， $a2 = 1.1 \times 10^{-5} \times A$ ， A ：勞工作業環境空氣中有害物質容許濃度標準，單位為 mg/m^3 。
 b ：污染源之排放管道口至該污染源周界之最短水平距離，其單位為 m (公尺)。

物質	機組	h ^{說明1} (m)	A ^{說明2} (mg/m ³)	a2 ^{說明3}	q ^{說明4} (g/s)	排氣量 (Nm ³ /hr)	排放濃度限值 ^{說明5} (µg/Nm ³)
汞，蒸氣及其化合物	Sinter-A 廠 4 號機	73	0.05	5.5×10^{-7}	0.062	1,076,271	206
						1,094,072	203

說明：1. h 為排放管道出口之實際高度(m)

2. A 為勞工作業環境空氣中有害物質容許濃度標準(mg/m^3)，「汞，蒸氣及其化合物」為 $0.05mg/m^3$ 。

3. $a2$ 為各污染物之換算常數 $= 1.1 \times 10^{-5} \times A$

4. $a2 \times 25 \times (h-6)^2$

5. 排放濃度限值($\mu g/Nm^3$) = 排放標準(g/s) $\times 3,600(s/hr)$ $\div$ 排氣量(Nm^3/hr) $\times 10^6(\mu g/g)$

2. 汞質量流 = 汞含量分析結果 $\times$ 活動強度

3. 汞輸出與輸入質量平衡以汞輸入為 100% 計算各物質之汞質量流

3. 燒結礦總汞含量為 0.0064、0.0044 mg/kg，平均值為 0.0054 mg/kg。依據當日 sinter-A 廠所提供活動強度，燒結礦產量為 481,167 kg/hr 及 472,000 kg/hr，平均 476,583 kg/hr。將燒結礦汞含量乘以當日產量計算經由燒結礦排出的總汞量，當日之汞質量流為 3,065 mg/hr 及 2,058 mg/hr，平均 2,561 mg/hr。
4. 煙囪排放廢氣總汞濃度為 18.948、15.348 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ，平均值為 17.148 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 。排氣量為 1,076,271 Nm^3/hr 及 1,094,072 Nm^3/hr ，平均為 1,085,172 Nm^3/hr 。將廢氣汞濃度乘以排氣量計算經由廢氣排出的總汞量，當日之汞質量流為 20,393 mg/hr 及 16,792 mg/hr，平均 18,593 mg/hr。依據當日燒結礦產生量，計算該燒結爐汞排放係數為 39.01 mg/公噸燒結礦。

(三) 質量平衡分析

本計畫當日檢測結果顯示，由混雜料進入燒結機之總汞質量流為 22,927 mg/hr，經由飛灰、燒結礦及煙囪排放廢氣等產品及最終產物排出燒結機之汞質量流為 23,005 mg/hr，若以輸入燒結機之總汞量為 100%，本次採樣之總輸出為 100.34%，顯示本次採樣結果已掌握燒結機之汞輸入及輸出情形，足以據此做後續分析。

分析結果顯示，經由混雜料進入燒結機之總汞，約 6.09% 及 1.98% 經由大小 ESP 的飛灰排出，經由燒結礦排出的總汞約佔 11.17%，大部分 (81.10%) 則經由煙囪排放至大氣。

二、汞煙道氣物種流布分析

Sinter-A 廠燒結爐煙道氣之汞物種在各防制設備間分布情形如圖 4-7，燒結爐出口汞物種以元素汞和二價汞為主，經過 ESP 後，粒狀汞明顯減少，且總汞質量減少，與 ESP 飛灰帶走部分汞的現象相符。煙道氣經過 SCR 後，總汞量及粒狀汞量無顯著變化，但元素汞明顯減少而二價汞增加，顯示與

SCR 可將元素汞轉換為二價汞的理論相同。

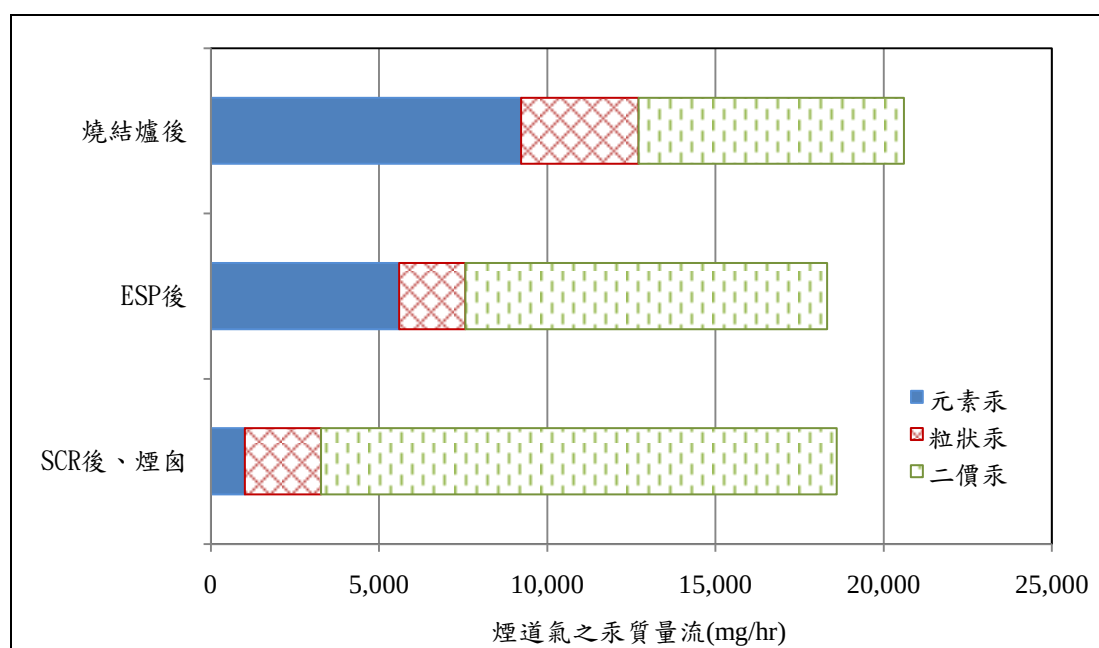


圖 4-7 sinters-A 廠燒結工場煙道氣汞物種流布分析圖

三、減量空間研析

依據本次流布檢測結果，sinters-A 廠燒結爐煙道氣之汞排放係數為 39.01 mg/公噸燒結礦，參考聯合國環境總署之未控制排放係數為 50 mg/公噸燒結礦，控制設備為 ESP 之控制效率為 20%，本次檢測結果相當合理，比較燒結爐後與 ESP 後的粒狀汞，去除率約 9%，若能再提昇粒狀物去除效率，可再降低部分經由廢氣排放至大氣之汞。

由本次煙囪排氣物種可看出，二價汞所佔比例最高，顯示目前 sinters-A 廠之 SCR 已有效將元素汞轉換為二價汞，但缺乏後續去除二價汞之機制。目前 sinters-A 廠已於 4 號燒結爐之 SCR 後端增設 FGD，FGD 除對粒狀物有部分去除效果外，亦可移除易溶於水的二價汞，對 sinters-A 廠燒結爐煙道氣中二價汞的去除應有顯著效果，然該廠之 FGD 裝設於 SCR 之前，假設 FGD 對二價汞的去除率為 80%，預估燒結爐總汞濃度可降至 $9 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ，約為目前的二分之一。

4.3.2 CHP-AA 廠燃煤汽電共生鍋爐

本計畫於 102 年 04 月 23~24 日執行 CHP-AA 廠燃煤汽電共生鍋爐重金屬汞流布調查；該機組所使用燃煤均來自於印尼，空氣污染防治設備為袋式集塵器(BF)及濕式脫硫系統(FGD)，FGD 廢水經過處理後直接排放，與一般燃煤電廠不同在於沒有安裝 SCR，該廠 FGD 使用氧化鎂為原料，沒有石膏等副產品產生。調查結果，說明如下：

一、汞質量流布分析(表 4-8)

(一) 進料

1. 粉煤：取 8 個當日使用之粉煤樣本分析總汞含量，介於 0.0438 mg/kg 至 0.0463 mg/kg，平均值為 0.0448 mg/kg，數據變動不大。國際間僅有中國大陸訂定燃煤汞含量基準(表 4-9)，依據該標準，本調查所使用粉煤均屬於特低汞煤(0.150 mg/kg 以下)。依據當日 CHP-AA 廠所提供活動強度，煤使用量為 7,567 kg/hr 及 8,034 kg/hr，平均 7,805 kg/hr。將粉煤汞含量乘以當日使用量計算經由粉煤進入鍋爐的總汞量，以單位時間表示，即為汞質量流，當日之汞質量流為 343.2 mg/hr 及 356.7 mg/hr，平均 349.9 mg/hr。
2. FGD 使用氧化鎂粉總汞含量為 0.0042、0.0059 mg/kg，平均為 0.005 mg/kg。依據當日 CHP-AA 廠所提供活動強度，氧化鎂粉使用量為 72.2 kg/hr。將氧化鎂粉汞含量乘以當日使用量計算經由氧化鎂粉進入 FGD 的總汞量，當日之汞質量流為 0.3 mg/hr 及 0.4 mg/hr，平均 0.4 mg/hr。
3. 製程水總汞含量平均值為 0.030 µg/L。依據當日 CHP-AA 廠所提供活動強度，製程水使用量為 8,083 L/hr 及 5,488 L/hr，平均為 6,785 L/hr。將製程水汞含量乘以當日用量計算經由製程水進入 FGD 的總汞量，當日之汞質量流為 0.3 mg/hr 及 0.2 mg/hr，平均 0.2 mg/hr。

表 4-8 CHP-AA 廠燃煤鍋爐汞流布計算表

物質		汞含量分析結果				活動強度			
		單位	102/04/23	102/04/24	平均值	單位	102/04/23	102/04/24	平均值
進料	粉煤	mg/kg	0.0454	0.0443	0.0448	kg/hr	7,567	8,034	7,805
	氧化鎂粉	mg/kg	0.0042	0.0059	0.0051	kg/hr	72.2	72.2	72.2
	製程水	μg/L	0.031	0.028	0.030	L/hr	8,083	5,488	6,785
產品及最終產物	底渣(鍋爐)	mg/kg	0.0011	0.0013	0.0012	kg/hr	112.2	118.2	114.7
	飛灰(BF)	mg/kg	0.533	0.574	0.553	kg/hr	444.6	472.6	458.6
	FGD 原廢水	mg/kg	9.63	8.35	8.99	kg/hr	5,083	4,583	4,833
	煙囪排放廢氣 ^{註1}	μg/Nm ³	0.134	0.107	0.120	Nm ³ /hr	114,345	111,561	112,953

物質		汞質量流 ^{註2}						
		單位	102/10/24	102/10/25	平均值	汞輸出與輸入質量平衡 ^{註3}		
進料	粉煤	mg/hr	343.2	356.7	349.9	350.5	99.83%	100%
	氧化鎂粉	mg/hr	0.3	0.4	0.4		0.11%	
	製程水	mg/hr	0.3	0.2	0.2		0.06%	
產品及最終產物	底渣(鍋爐)	mg/hr	0.1	0.2	0.1	311.3	0.03%	88.8%
	飛灰(BF)	mg/hr	236.9	271.1	254.0		72.47%	
	FGD 原廢水	mg/hr	49.0	38.3	43.6		12.44%	
	煙囪排放廢氣 ^{註1}	mg/hr	15.3	11.9	13.6		3.88%	

註：1. 汞排放標準依據「固定污染源空氣污染物排放標準」第七條規定計算

物質	機組	h ^{說明1} (m)	A ^{說明2} (mg/m ³)	a2 ^{說明3}	q ^{說明4} (g/s)	排氣量 (Nm ³ /hr)	排放濃度限值 ^{說明5} (μg/Nm ³)
汞，蒸氣及其化合物	CHP-AA 廠	45	0.05	5.5×10 ⁻⁷	0.021	114,345	658
						111,561	675

說明：1. h 為排放管道出口之實際高度(m)

2. A 為勞工作業環境空氣中有害物質容許濃度標準(mg/m³)，「汞，蒸氣及其化合物」為 0.05mg/m³。

3. a2 為各污染物之換算常數=1.1×10⁻⁵×A

4. a2×25×(h-6)²

5. 排放濃度限值(μg/Nm³)=排放標準(g/s)×3,600(s/hr)÷排氣量(Nm³/hr)×10⁶(μg/g)

2. 汞質量流=汞含量分析結果×活動強度

3. 汞輸出與輸入質量平衡以汞輸入為 100%計算各物質之汞質量流

表 4-9 中國大陸燃煤汞含量標準表

序號	級別名稱	代號	汞含量範圍(mg/kg)
1	特低汞煤	SLHg	<0.150
2	低汞煤	LHg	0.150~0.250
3	中汞煤	MHg	0.251~0.400
4	高汞煤	HHg	>0.400

參考資料：中華人民共和國煤炭行業標準，MT/T 963-2005，煤中汞含量分級

(二) 產品及最終產物

1. 底渣總汞含量為 0.0011、0.0013 mg/kg，平均值為 0.012 mg/kg。依據當日 CHP-AA 廠所提供活動強度，底渣產生量為 112.2 及 118.2 kg/hr，平均 114.7 kg/hr。將底渣汞含量乘以當日用量計算經由底渣排出的總汞量，當日之汞質量流為 0.1 mg/hr 及 0.2 mg/hr，平均 0.1 mg/hr。
2. 飛灰總汞含量為 0.533、0.574 mg/kg，平均值為 0.553 mg/kg。依據當日 CHP-AA 廠所提供活動強度，飛灰量為 444.6 kg/hr 及 472.6 kg/hr，平均為 458.6 kg/hr。將飛灰汞含量乘以當日用量計算經由飛灰排出的總汞量，當日之汞質量流為 236.9 mg/hr 及 271.1 mg/hr，平均 254.0 mg/hr。
3. FGD 原廢水總汞含量：濃度為 9.63、8.35 µg/L，平均濃度為 8.99 µg/L。依據當日 CHP-AA 廠所提供活動強度，原廢水量為 5,083 L/hr 及 4,583 L/hr，平均為 4,833 L/hr。將原廢水汞含量乘以當日用量計算經由原廢水排出的總汞量，當日之汞質量流為 49.0 mg/hr 及 38.3 mg/hr，平均 43.6 mg/hr。
4. 煙囪排放總汞濃度分別為 0.134、0.107 µg/Nm³，平均值 0.120 µg/Nm³，排放濃度可符合目前環保署所公告「電力業空氣污染物排放標準」燃煤鍋爐汞排放標準草案(草案既存標準值：5 µg/Nm³)及全世界最嚴格排放管制標準。

依據當日排氣量 $114,345 \text{ Nm}^3/\text{hr}$ 及 $111,561 \text{ Nm}^3/\text{hr}$ ，平均為 $112,953 \text{ Nm}^3/\text{hr}$ ，計算經由廢氣排出之總汞量，當日之汞質量流為 15.3 mg/hr 及 11.9 mg/hr ，平均 13.6 mg/hr 。以燃煤用量計算鍋爐汞排放係數為 1.742 mg/公噸燃煤 。

(三) 質量平衡分析

本次調查結果顯示，由粉煤、氧化鎂粉及製程水進入製程之汞質量流為 350.5 mg/hr ，經由飛灰、底渣、原廢水及廢氣排出之汞質量流為 311.3 mg/hr ，整體質量平衡平均值為 88.8% ，顯示本次採樣結果已掌握鍋爐之汞輸入及輸出情形，足以據此做後續分析。

進入製程之汞主要來自粉煤，佔 99.8% ，經由飛灰排出的比例最高，佔 81.6% ，其次經由原廢水排出，佔 14.0% ，經由廢氣排放至大氣者，佔 3.7% 及 5.1% ，平均為 4.4% 。顯示污染防制設備完善，對汞捕集於防制設備中有相當大效益，減少經由煙囪排放至大氣。

二、汞煙道氣物種流布分析

CHP-AA 廠燃煤汽電共生鍋爐之各防制設備間廢氣汞物種流布調查結果如表 4-10，從鍋爐出口汞物種成分分析發現， Hg_p 比例高達 85% 以上，其次為 Hg^{2+} ，而 Hg^0 所佔比例為最低； Hg^{total} 去除率約為 94.8% 、 95.7% ，平均值為 95.2% ，顯示既有空氣污染防制設備對於排放於大氣汞有良好控制效果，說明如下：

(一) 廢氣通過 BF 後， Hg_p 大部分都被去除，對於 Hg_p 去除率分別為 99.7% 及 99.8% ，平均為 99.8% ，顯示對本項防制設備對 Hg_p 捕集率十分良好，當然一般 BF 集塵效率最佳，本項調查結果優於 ESP，應屬合理。

(二) Hg^{2+} 經過 FGD 以後， Hg^{2+} 濃度下降不明顯，顯示對 Hg^{2+} 去除未能有相關功效。

(三) 最後排放於大氣汞物種以 Hg^0 及 Hg^{2+} 為主，平均比例分

別為 50.0%及 46.7%，本項調查結果與去年度興達電廠及和平電廠調查結果並不一致。

- (四) 本次調查結果與國內外文獻比較發現，在鍋爐出口端 Hg^0 濃度偏低，其原因可能因煤種種類含量致使煙氣的汞物種比例不同所致；另一原因在於，實廠以 OH Method 進行汞流布採樣時經常發現，於高灰區段(BF 前端)，粉塵經常累積於採樣裝置前端玻璃纖維濾紙上，形成「濾餅」；而廢氣通過濾餅時，可能扮演吸附與催化角色，吸附 Hg^0 、 Hg^{2+} ，並附著於飛灰上轉為 Hg_p ，造成鑑定上誤差，本計畫 Hg_p 比例達 85%以上，有可能受到高粉塵影響。

無灰採樣裝置(Ash-free probe)係一種改良式煙氣採樣系統，為近兩年 USEPA 發展之技術，主要就是為彌補上述可能之誤差。該裝置特殊部分是慣性過濾器，它是由一個多孔質過濾管(porous filter)等元件所組成。藉由抽引氣流與外加馬達氣流所產生之壓差，使抽取之煙氣順利通過陶瓷過濾器並成功阻絕比過濾管孔徑小(約 $2\mu\text{m}$)之飛灰通過，飛灰則經由 U 型 loop 引回煙道。另有熱絕緣靴套著採樣管，以維持煙氣採樣系統適當的操作溫度(如圖 4-8 所示)。

無灰採樣裝置是一種前端系統(front-end system)除塵採樣裝置，必須結合許多市售煙氣汞的測量系統(或方法)，如 OH Method、USEPA Method 30B(Sorbent Trap)、30A(CEM)等；提供無粉塵狀況下煙氣樣品，以避免改變原有煙氣的 Hg^0 、 Hg^{2+} 濃度。

使用無灰採樣器將不受飛灰干擾，適用於高灰量區段物種鑑定(如鍋爐後、SCR 後)，但缺點是無法獲得 Hg_p 數據。依據 CHP-AA 廠或去年度研究調查發現，燃煤鍋爐防制設備對 Hg_p 去除率均高達 99%以上，主要排放問題仍以 Hg^0 及 Hg^{2+} 為主，故無灰採樣器應被視為之一種替代採樣方式。

表 4-10 CHP-AA 廠燃煤鍋爐防制設備單元廢氣汞物種流布彙整

採樣日期	汞物種	汞濃度($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)			去除率
		燃煤鍋爐出口	袋式集塵器(BF)後	排煙脫硫(FGD)後(煙囪)	
102/04/23	Hg _p	2.153	0.004	0.006	99.3%
	Hg ²⁺	0.302	0.074	0.076	
	Hg ⁰	0.130	0.068	0.052	
	Hg _{Total}	2.585	0.146	0.134	89.4%
102/04/24	Hg _p	2.270	0.002	0.004	98.1%
	Hg ²⁺	0.127	0.040	0.043	
	Hg ⁰	0.065	0.055	0.059	
	Hg _{Total}	2.462	0.097	0.107	85.2%
平均值	Hg _p	2.211	0.003	0.005	98.8%
	Hg ²⁺	0.214	0.057	0.060	
	Hg ⁰	0.100	0.060	0.056	
	Hg _{Total}	2.524	0.122	0.120	87.3%

註：去除率=(燃煤鍋爐出口汞流率-煙囪汞流率)/燃煤鍋爐出口汞流率，汞流率=汞濃度×廢氣流量

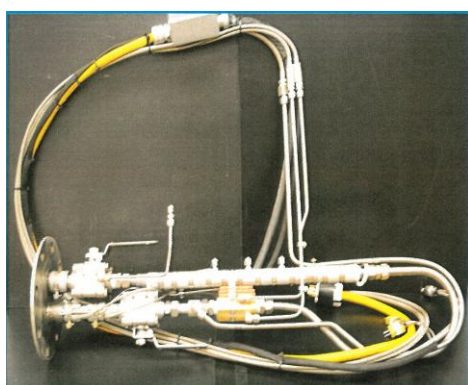


圖 4-8 美國 EPA 發展之無灰採樣裝置示意圖

三、燃煤鍋爐汞物種流布調查結果比較

整理本計畫所執行過三座燃煤鍋爐汞流布調查結果與中國大陸燃煤電廠汞流布結果整理如表 4-11 所示；由表中數據很明顯可以發現，國內燃煤使用之煤汞含量都相當低，而中國大陸六個電廠中貴州及山西省煤汞含量均相當高，廣東、北京電廠使用之煤濃度則較低，故貴州及山西電廠之鍋爐出口 Hg^{total} 濃度都相當高。在污染防制設備方面，中國大陸除北京電廠設有 SCR 外，目前普遍都未裝設，中國已頒布新電力業空氣污染物排放標準，對氮氧化物都予以加嚴，相信未來都必須安裝此項設施。

對於 Hg_p 去除率部分，既有空污設備無論 ESP 或 BF 對於 Hg_p 都有良好去除效果，去除率大都可以達到 99%。 Hg^{2+} 去除方面，主要是仰賴 Hg^{2+} 水溶性佳，可藉由濕式方式去除，一般去除率大約 80% 左右。最終排放於大氣之汞物種應都是以 Hg^0 為主，本次調查結果唯有 CHP-AA 廠之 Hg^0 比例較低，推測其主要原因可能為 BF 除塵效果好，在 BF 表面有觸媒催化效果，會將 Hg^0 轉化成 Hg^{2+} ，所以 Hg^{2+} 比例變高。國內燃煤電廠最終排放至大氣之汞濃度都小於 $1.0\mu g/Nm^3$ ，中國大陸燃煤電廠汞濃度普遍都有較高，針對 Hg^{total} 去除率而言，我國燃煤電廠對汞排放控制去除率明顯優於中國大陸。

表 4-11 燃煤鍋爐汞流布調查結果比較表

國別	燃煤機組	煤源含汞量 (mg/kg)	鍋爐出口 Hg^{total} ($\mu g/Nm^3$)	防制設備	對 Hg_p 去除率(%)	對 Hg^{2+} 去除率(%)	廢氣物種 比例(%)	排放濃度 ($\mu g/Nm^3$)	Hg^{total} 去除率(%)
我國	燃煤鍋爐 K 廠 ⁽¹⁾ 101.04.17	0.024~0.103(5) 平均值：0.046	4.48	SCR+ESP+FGD	99.3%	77.7%	Hg^{2+} ：17.6% Hg^0 ：80.5%	0.476	89.4%
	燃煤鍋爐 K 廠 ⁽¹⁾ 101.04.17	0.031~0.099(5) 平均值：0.046	4.19	SCR+ESP+FGD	98.1%	68.1%	Hg^{2+} ：20.8% Hg^0 ：77.3%	0.620	85.2%
	燃煤鍋爐 D 廠 ⁽¹⁾ 101.07.17	0.033~0.117(4) 平均值：0.070	6.47	SCR+ESP+FGD	99.2%	91.8%	Hg^{2+} ：20.2% Hg^0 ：72.6%	0.548	91.5%
	燃煤鍋爐 D 廠 ⁽¹⁾ 101.07.18	0.029~0.102(4) 平均值：0.063	7.43	SCR+ESP+FGD	99.4%	94.7%	Hg^{2+} ：10.0% Hg^0 ：79.4%	0.920	87.6%
	CHP-AA 廠 102.04.23	0.045~0.046(4) 平均值：0.045	2.59	BF+FGD	99.7%	74.8%	Hg^{2+} ：56.7% Hg^0 ：38.8%	0.134	94.8%
	CHP-AA 廠 102.04.24	0.044~0.045(4) 平均值：0.044	2.46	BF+FGD	99.8%	72.0%	Hg^{2+} ：40.2% Hg^0 ：55.1%	0.107	95.7%
中國大陸 ⁽²⁾	Plnat 1 (貴州)	0.233±0.012 (6)	20.8	ESP+WFGD	99.7%	81.4%	Hg^{2+} ：24.8% Hg^0 ：75.2%	6.69	67.8%
	Plnat 2 (貴州)	0.142±0.038 (3)	15.1	ESP+WFGD	100%	78.9%	Hg^{2+} ：18.5% Hg^0 ：81.7%	4.53	70.0%
	Plnat 3 (貴州)	0.174±0.019 (6)	27.2	ESP+WFGD	100%	97.5%	Hg^{2+} ：8.9% Hg^0 ：91.1%	5.06	81.4%
	Plnat 4 (廣東)	0.035±0.010 (5)	3.13	ESP+WFGD	91.3%	66.7%	Hg^{2+} ：6.2% Hg^0 ：93.8%	2.27	27.5%
	Plnat 5 (山西)	0.385±0.113 (5)	26.9	ESP+CFB+FGD+FF	95.2%	-	Hg^{2+} ：33.2% Hg^0 ：66.7%	9.16	65.9%
	Plnat 6 (北京)	0.017±0.005 (7)	1.92	SCR+ESP+WFGD	100%	70.5%	Hg^{2+} ：10.7% Hg^0 ：88.5%	1.22	36.5%

註：1. 固定污染源戴奧辛及重金屬排放區域總量管理計畫，EPA-101-FA12-03-A060，中華民國 102 年 02 月

2. S.X. Wang, L. Zhang, G.H.Li, Y.Wu, J.M. Hao, N. Pirrone, F. Sprovieri, and M.P. Ancora” Mercury emission and speciation of coal-fired power plants in China”, Atmos. Chem. Phys., 10, 1183-1192,2010

4.4 汞排放控制技術蒐集分析

目前已商業化之汞排放控制技術多針對燃煤鍋爐，既有燃煤電廠廢氣控制技術主要係針對符合 SO_x 、 NO_x 及粒狀污染物等傳統性空氣污染物排放標準而設， NO_x 排放控制採用 SCR，對 SO_x 則用 FGD，粒狀物空氣污染物控制則採 ESP。

然而既有防制設備應用於汞排放控制是否適宜或另需進行調整，依據國外控制技術蒐集發現，一般需先考慮廢氣中主要汞物種型態，包括： Hg^0 、 Hg^{2+} 和 Hg_p ，三者去除策略有所差別。 Hg^0 不易溶於水亦不易移除，應設法減少其形成機會或利用 SCR 促進氧化為 Hg^{2+} ，因 Hg^{2+} 易溶於水，可用濕式 FGD 設備去除，本項技術已被確認。

為增加對汞捕集效果，一般可以於廢氣中噴入溴(Br)等強氧化劑，利用該等氧化劑將廢氣中 Hg^0 氧化為 Hg^{2+} ，再以 FGD 設備去除汞，先將 Hg^0 氧化成 Hg^{2+} 以增加去除效率，這和 SCR 先將 Hg^0 轉化成 Hg^{2+} 有相同效果；也為國外研究 FGD 去除汞主流。

對於 Hg_p 相關調查研究，主要研究對象以除塵設備為主；一般無論 BF 或 ESP 效果均極佳。前述可行控制技術整理於表 4-12 所示，可分為進料管制及管末處理兩大部分，說明如下：

一、煤源汞含量管制

重金屬進入燃煤機組後，由於物質不滅，僅進行相的轉換，因此，降低煤源中汞含量，應為最佳管制策略，透過後端污染防治設備操作，可以更有效降低排放於大氣量。依據本計畫研究調查數據及蒐集國外相關檢測數據統計分析發現，燃煤鍋爐進料煤源總汞含量與出口濃度有良好線性關係，統計分析資料整理如圖 4-9 所示，後續燃煤業者如對進口煤源檢驗其汞含量，應該就可推估其燃燒後未處理狀況下汞排放濃度，透過污染防治設備設置，即可推估其排放大氣汞濃度，做為是否合乎標準重要參考依據。

過去美國研究單位積極進行源頭減量研究，以針對煤源中氯含量研究較多，發現當煤中氯含量越低，燃燒後排放汞物種以 Hg^0 比例越高。國內使用煤希望氯含量越低越好(避免腐蝕、戴奧辛生成)，但如此一來反而有利於 Hg^0 生成，研究結果如圖 4-10 所示。

表 4-12 燃煤電廠汞之排放控制技術彙整表

控制方法	控制技術
1.進料管理及污染預防 (Pollution Prevention)	(1)生質能替代(Biomass substitution) (2)淨煤技術(Coal Cleaning) (3)使用低含量汞煤(Low Mercury Coal) (4)改用天然氣(Natural Gas Substitution) (5)新設燃煤機組(New Coal Plant, IGCC) (6)新設燃氣機組(New Gas Plant)
2.傳統污染物控制技術 (除塵、除酸、deNO _x)	(1)靜電集塵機(ESP)：冷端 CS-ESP、熱端 HS-ESP (2)袋式集塵機(FF) (3)煙道脫硫設備(FGD)：濕式、半乾式、乾式 (4)選擇性還原觸媒分解設施(SCR) (5)非選擇性還原(SNCR) (6)半乾式吸收塔(SDA)
3.傳統技術組合或修改	(1)於集塵設備前端(ESP 或 FF)注入活性炭或含溴活性炭(BAC) (2)增設管狀濕式 ESP (tubular wet ESP) (3)增設 COHPAC+注入活性炭 (4)增設 Polishing 袋式集塵機 (5)碳質濾袋(Carbon Bags for FF) (6)觸媒氧化床+濕式洗滌塔 (7)觸媒分解濾袋 (8)化學氧化劑+濕式洗滌塔 (9)將 ESP 改為濕式洗滌塔 (10)將 ESP 改為 pulse-jet FF (PJFF) (11)提昇洗煤(enhanced coal washing) (12)注入霧狀鈣質吸附劑
4.針對汞新開發之技術 (僅處於研究階段，尚未商業化)	(1)於鍋爐內注入其他吸附劑(standard and brominated powdered activated carbon, PAC)、硫化鈉注入 (2)接觸式活性炭吸附固定床 (3)金屬固定床/ 活性炭觸媒床 (4)PowerSpan Electro Catalytic Oxidation

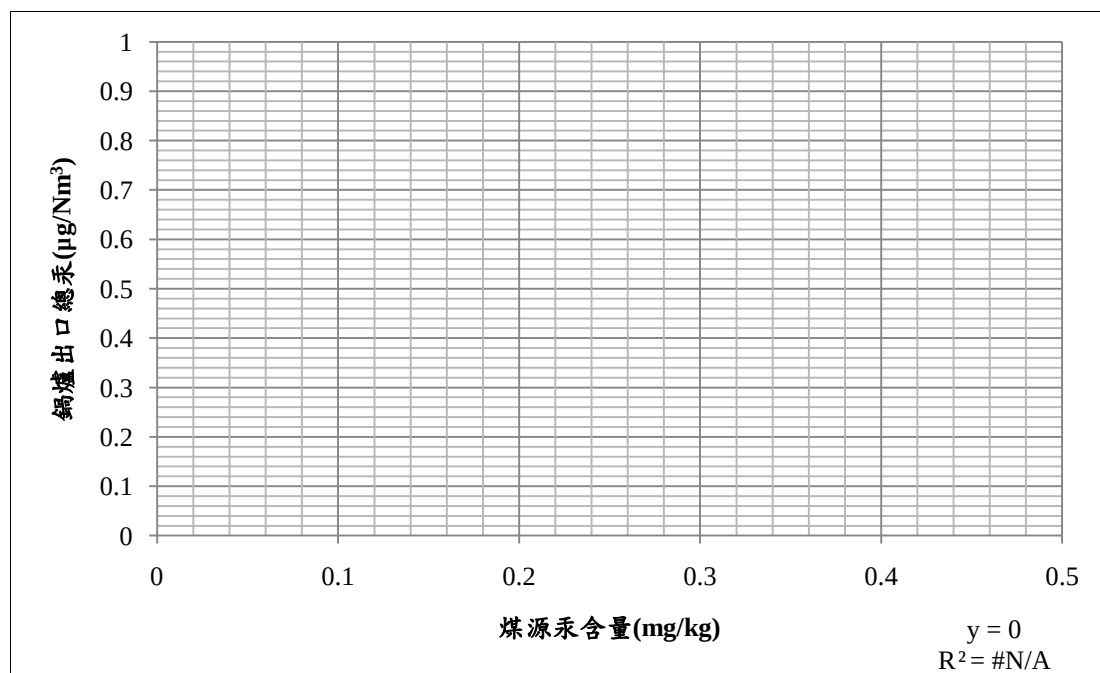


圖 4-9 煙道排氣中汞濃度與氯含量相關性探討

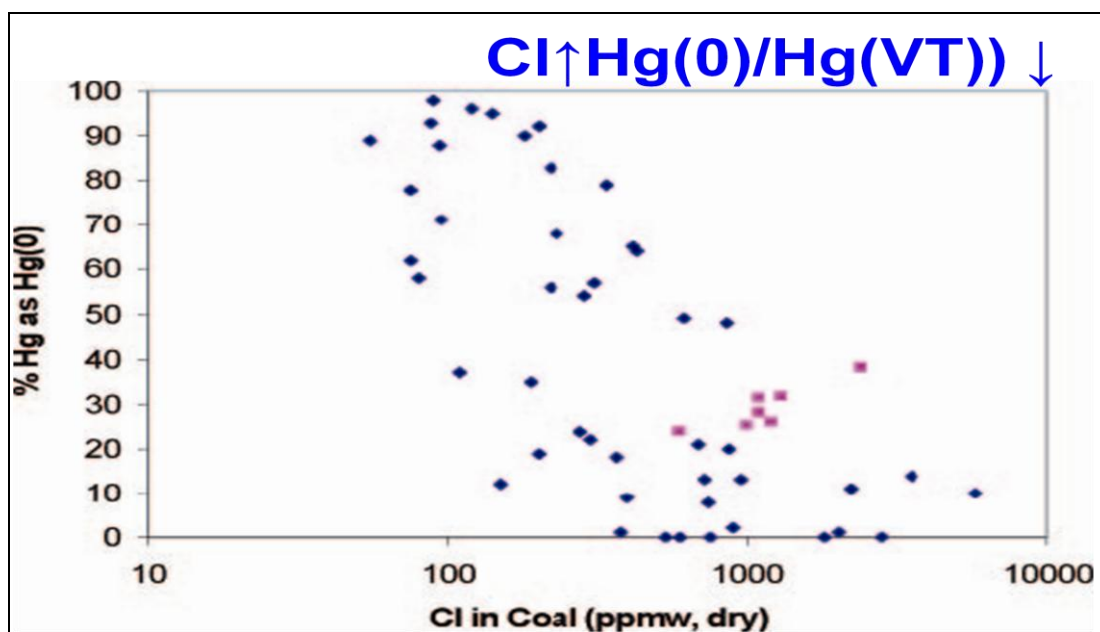


圖 4-10 煙道排氣中汞濃度與氯含量相關性探討

二、管末處理設施

對於汞管末處理去除研究， Hg^{2+} 和 Hg_p 利用 ESP(或 BF)及 FGD 可有效控制已敘述於前，唯一需進一步減量對象為 Hg^0 ；歷經多年

研究，國際間對燃煤電廠 Hg^0 去除技術研究，已定案建議使用氧化劑及吸附劑兩大部分，敘述如下：

- (一) 於除塵設備前之排氣中注入不同種類活性碳吸附劑，以吸附方式除汞，研究發現以鹵素劑溴 (Brominated activated carbon, BAC) 效果最佳。
- (二) 添加強氧化劑方式直接與粉煤混合，進入燃煤鍋爐中燃燒，利用添加劑氧化 Hg^0 ，將 Hg^0 轉換為 Hg^{2+} ，利用後端 ESP 及 FGD 捕集汞，有效將低汞排放濃度。在使用試劑方面，目前又以鹵素劑溴 (Boiler chemical additives, BCAs) 效果最佳。

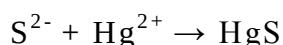
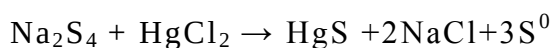
由於 Hg^0 以氣態方式存在，利用吸附原理將氣態污染物捕集於飛灰，吸附劑主要為傳統性活性碳或價錢較為昂貴的溴化活性碳，注入量及使用技術優缺點整理如表 4-13，但吸附劑使用於燃煤電廠有下列兩項關鍵重點必需注意：

- (一) 使用吸附劑必須搭配高效率集塵器效果較佳，利用吸附劑附著於飛灰表面，廢氣通過時將氣態汞捕集一併納入飛灰中，飛灰性質將隨吸附劑使用而會改變。而目前國內燃煤電廠飛灰都以再利用為優先，性質改變後是否會影響再利用目的，都必需審慎研究評估。
- (二) 活性碳吸附效果會受到 SO_3 濃度高低影響，當 SO_3 濃度太高時，活性碳吸附效果不佳。過去焚化爐戴奧辛控制使用活性碳吸附劑有相當良好效果，主要焚化爐防制設備先除酸、後除塵；而燃煤電廠防制設備流程一般都以先除塵、後除酸，實際效果需實廠進行評估。

另外，依據 2006 年中央大學張木彬教授、王柏智於「垃圾焚化及燃煤程序之重金屬排放特性研究」蒐集國外相關資料中，Krivanek (1996) 指出空氣污染防制設備中採用硫化鈉 (Na_2S) 注入技術具有較佳去除效率 (約 73% ~ 99%)，並產生穩定反應物硫化汞 (HgS)。

Licata et al. (2002) 更指出於煙道氣中注入四硫化鈉 (Na_2S_4) 對

於汞排放的抑制效果更優於硫化鈉，因硫化鈉會在灰中殘留臭味(H_2S)且無法抑制汞物種，然四硫化鈉在煙道氣中可分解成元素硫(S^0)及硫離子(S^{2-})，元素硫會與 Hg^0 反應生成硫化汞，而 Hg^{2+} 亦會與二價的硫離子反應成硫化汞，另外四硫化鈉之臭味問題並不像硫化鈉那樣強烈。四硫化鈉煙道氣中反應式如下：



再者，因 Na_2S_4 為液態，相較於活性碳注入技術(ACI)，危險性降低及方便控制；且活性碳須有研磨步驟亦需輸送管線及旋轉設備，若以經濟面來看，活性碳注入法之成本高於四硫化鈉注入法，故四硫化鈉注入法為未來燃煤電廠煙道氣汞控制技術的新考量，然而目前尚屬於研究階段。

表 4-13 燃煤電廠汞管末處理控制技術分析

控制技術、原理		注入量效率分析	優點	缺點
除塵設備前噴入吸附劑，吸附元素汞	1.傳統活性碳(activated carbon injection, ACI)	1.2.0lb/MMacf：20-60% 2.5.0lb/MMacf：20-70% 3.10.0lb/MMacf：20-75%	1.價錢較為便宜 US \$0.7/lb(NT\$50/kg)	1. 吸附效果普通 2. 將使飛灰性質產生變化 3. 吸附效果受溫度、 SO_3 濃度影響
	2.溴化活性碳(brominated activated carbon, brominated ACI)	1.2lb/MMacf：30-40% 2.5lb/MMacf：35-60% 3.10lb/MMacf：60-80%	1. 吸附汞效率最佳 2. 溴化物兼具有對元素汞氧化功用	1. 價錢較為昂貴 US\$1.0/lb(NT\$70/kg) 2. 將使飛灰性質產生變化 3. 吸附效果受溫度、 SO_3 濃度影響
使用氧化劑將元素汞氧化成二價汞	1.氯化添加劑(boiler chemical additives, chloride BAC)	-	價錢較為便宜 US \$0.7/lb (NT\$50/kg)	1. 強氧化性對鍋爐具有強腐蝕性，一般建議都使用於鍋爐後端
	2.溴化添加劑(boiler chemical additives, brominated BAC)	-	適用於低氯燃煤中，去除效率最高	1. 國外有專利權(Alstom) 2. 價錢較為昂貴 US\$1.44/lb(NT\$100/kg)

註：此研究以美國東部煙煤進行

第五章 高雄地區排放源重金屬汞貢獻比例探討



第五章 高雄地區排放源重金屬汞貢獻比例探討

5.1 大氣汞現況解析

依據前述相關研究監測結果顯示，高雄地區大氣汞濃度較其他地區有較偏高情形，本計畫彙整環境檢驗所、中山大學環工所及本計畫歷年監測結果如表 5-1。由表中可以發現，在本計畫之一般空品站楠梓站歷年監測濃度約為 $2.19 \text{ ng/m}^3 \sim 5.13 \text{ ng/m}^3$ ，中山大學環工所 99 年監測濃度為 5.83 ng/m^3 ，然環檢所 99 年監測結果僅 2.62 ng/m^3 ，顯示大氣汞濃度在不同時間監測，結果會有很大差異。另依據環境檢驗所在 99 年監測結果發現，高雄前金、大寮、林園等測站汞濃度均有較高現象，顯見該地區大氣汞濃度確實有較國內其他地區較高趨勢。

當然過去監測由不同單位、不同時間執行，各測站間氣象條件、附近可能污染源條件不同，本計畫在執行監測時將已同步時間進行監測，透過污染排放模擬、監測結果解析，以探討排放源對附近測值貢獻比例。

5.2 排放源現況解析

一、固定污染源

依據環保署 100 年重金屬排放清冊顯示，高雄重金屬汞主要污染排放源包括：燃煤發電鍋爐、燃煤汽電共生鍋爐、大型焚化爐、中小型廢棄物焚化爐、電弧爐、燒結爐、非鐵金屬冶煉業及火葬場等。各行業別家數分佈如圖 5-1 所示。

依據 100 年重金屬排放清冊顯示，台灣地區重金屬汞污染排放總量約為 1.45 公噸，而高雄地區的汞排放量約為 0.33 公噸，佔全國總汞排放 22.8%。以高雄地區而言，各行業別汞排放量的貢獻比例如圖 5-2 所示，其中以電弧爐、燒結爐貢獻比例最高，其次是燃煤鍋爐和汽電共生鍋爐。

重金屬汞排放量係由實際檢測數據及活動強度推估而得，其中，高雄地區電弧爐重金屬汞的檢測比例約 50%，活動強度部分資料齊全，故推估之排放量可列為 B 級。而燃煤發電鍋爐、大型

焚化爐及集塵高溫冶煉等之重金屬汞檢測、分析和活動強度均十分完整，故其排放係數、排放量均可列為 A 級。故此些行業的重金屬汞排放推估量可性度較高。

表 5-1 高雄地區空氣中氣態汞監測結果彙整表

監測地點	執行單位	氣態汞濃度(ng/m ³)	監測時間
楠梓站(普通測站)	環境檢驗所	2.62	99/09/24~25
	中山大學環工所	5.83	99 年
	96 - 100 年監測	2.19 ~ 4.34	96 年 ~ 100 年
	101 年計畫監測結果	5.13	101/05
		4.66	101/10
小港站(光化測站)	環境檢驗所	4.21	99/09/23~24
	中山大學環工所	9.00	99 年
三民站	環境檢驗所	7.67	99/09/24~25
前鎮站(工業測站)	環境檢驗所	1.39	99/09/24~25
	中山大學環工所	7.46	99 年
復興站(交通測站)	環境檢驗所	1.95	99/09/24~25
左營站(普通測站)	環境檢驗所	2.39	99/10/25~26
	中山大學環工所	5.90	99 年
橋頭站(背景測站)	環境檢驗所	3.49	99/10/25~26
前金站	環境檢驗所	8.13	99/10/25~26
	中山大學環工所	5.08	99 年
大寮站(普通測站)	環境檢驗所	7.41	99/10/06~07
林園站(普通測站)	環境檢驗所	7.59	99/10/06~07
仁武站(普通測站)	環境檢驗所	3.72	99/09/23~24
	中山大學環工所	7.21	99 年
美濃站	環境檢驗所	1.44	99/09/23~24
鳳山站(交通測站)	環境檢驗所	2.42	99/09/23~24
中鋼公司 (一貫作業煉鋼廠區)	中山大學環工所	11.29	99 年
	101 年計畫監測結果	8.67	101/05
		4.66	101/10
高雄臨海工業區 (唐榮鐵工廠)	中山大學環工所	9.01	99 年
高雄臨海工業區 (勞工職訓中心)	98 - 100 年監測	3.48 ~ 5.37	98 年 ~ 100 年
	101 年計畫監測結果	6.22	101/05
		4.26	101/10

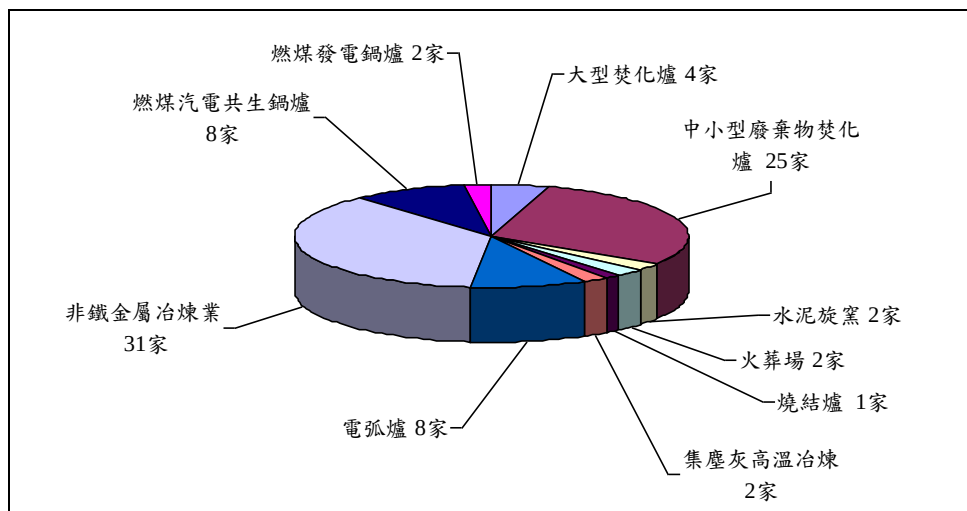


圖 5-1 100 年高雄地區重金屬汞主要排放源之分佈圖

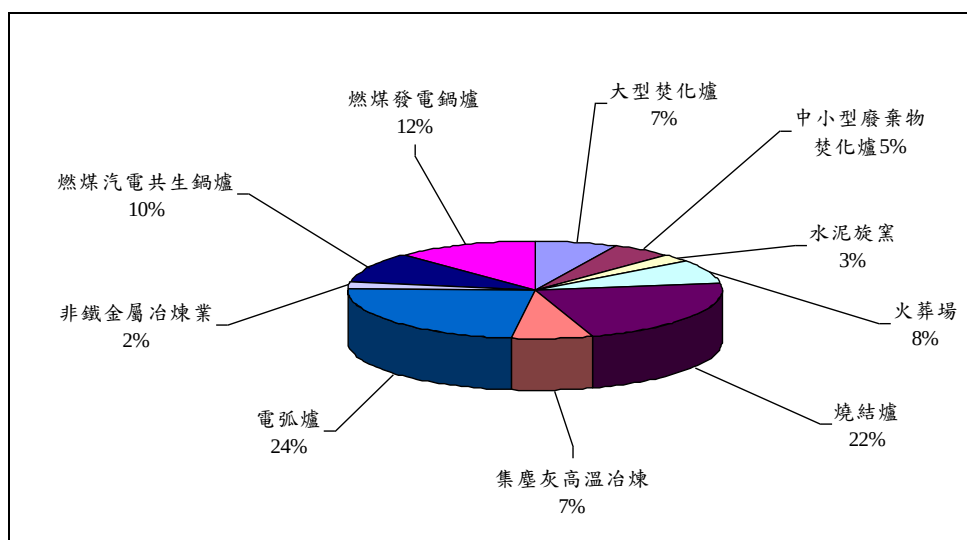


圖 5-2 100 年高雄地區各污染源重金屬汞排放貢獻比例圖

由於過去火化場汞排放量均以國外排放係數推估，可能與國內實際情況不符，今年度本計畫增加高雄市火化場汞排放檢測，並蒐集高雄市政府環保局所執行之火化場稽查檢測資料，修正火化場汞排放量後進行排放擴散模擬。

本年度進行 sinter-A 廠燒結爐汞流布調查，發現其汞排放濃度顯著高於排放推估所引用之 92 年及 94 年檢測結果，以下排放模擬將以今年汞流布檢測結果修正排放量後進行。

二、移動污染源

為利於後續進行排放擴散模擬需使用評估區域內之網格排放量，本計畫以 TEDS7.1 之線源(移動源)車行里程為基礎進行推估，以表 5-2 排放係數計算各網格汞排放量。以此計算結果推估高雄市之移動源汞排放量約為 0.012 kg/年，佔高雄市汞排放量 0.005%。略低於 Jeong-Hun Kim 等人²提出南韓全國排放量中，移動源(線源)所佔比例 0.02%。

表 5-2 高雄地區移動源汞排放推估使用係數表

車種代碼	名稱	Hg 排放係數(ng/km)
Pldgv	自用小客車-汽油	0.248
plddv	自用小客車-柴油	3.975
bldgv	營業汽油小客車(計程車)	0.683
ldgt	汽油小貨車	0.683
lddt	柴油小貨車	3.975
hdgv	柴油大客車	6.894
hddt	柴油大貨車	6.894
bus	公車/客運車	3.975
mc2	二行程機車	0.248
mc4	四行程機車	0.248

註： Hg 排放係數資料來源：Marion Hoyer et.al, "Mercury Emissions from Motor Vehicles"

Table 1. Emission rates for vapor phase elemental plus particulate mercury

Test Vehicle/Driving Cycle	Number of Tests	Emission Rates (ng/mi)
Light-duty gasoline vehicles/HWFET tests	3	0.3-0.5
Light-duty gasoline vehicles/US06 tests	2	1.2-1.4
Heavy-duty diesel vehicle/HWFET test	1	11.1
Heavy-duty diesel vehicle/SC03 test	1	6.4

² Jeong-Hun Kim, Jung-Min Park, Sang-Bo Lee, Deepak Pudasainee, Yong-Chil Seo, "Anthropogenic mercury emission inventory with emission factors and total emission in Korea", 2010

5.3 排放擴散模擬

依據中國大陸中國科學院地球化學研究所發表 2010 年「大氣汞源解析受體模型研究進展」論文說明，汞來源解析一般主要通用有二種數學模型，一種係以污染源為研究對象的擴散模式(diffusion model)，另一種係以污染源區域為研究對象之受體模式(receptor model)；其中受體模式為目前個的方研究重點，主要成熟方法包括：化學質量平衡法(CMB)、正交矩陣因子分解法(PMF)、因子分析法(FA)等等諸多方法，其中影用最廣為化學質量平衡法(CMB)。而本計畫主要特性在於探討高雄市污染源排放汞對當地大氣汞研究，所以選用研究為擴散模式(diffusion model)方法，本方法國立成功大學吳義林教授於 2012 年於 Aerosol and air quality research 期刊中發表 Mercury emissions from a coal-fired power plant and their impact on the nearby environment，針對中部地區燃煤電廠排放汞貢獻比亦採用此方式執行，依本計畫特性亦適合選用本方式。

本計畫執行方法如圖 5-3，高雄地區範圍廣大，本計畫選擇模擬範圍為(164000,2482000)~(216000,2538000)(TWD67 格式)。採用 99 年高雄地面氣象站(46744)及東港探空站資料(46747)(風花圖如圖 5-4)、都市擴散係數。先以較大網格((171000,2487000)~(186000,2534000)採 1000 公尺×1000 公尺網格，其餘區域為 4000 公尺×4000 公尺網格)模擬移動源(線源)排放(線源排放資料解析度為 1000 公尺)，了解線源排放濃度分布情形。固定污染源排放擴散模擬之網格則設定為 400 公尺×400 公尺。

線源排放擴散模擬之氣態濃度值年平均最大值為 0.52 pg/m^3 ，約在中山一路西側，前金與新興區交界，可能因為此處交通較為繁忙，且西側有壽山、柴山等較高地勢，阻擋陸風將污染物往海上移動，造成局部濃度有較高情形。氣態濃度日平均最大值為 0.92 pg/m^3 ，在中山高東側高雄市立殯儀館附近，次高值在三多商圈附近，均因鄰近交通要道造成。日平均最大值約佔 99 年環檢所三民站監測結果 $7,670 \text{ pg/m}^3$ 之 0.01%，與移動源和固定源排放量比例近似，顯示模擬結果合理，且移動源汞排放對大氣環境中汞濃度貢獻比例低。

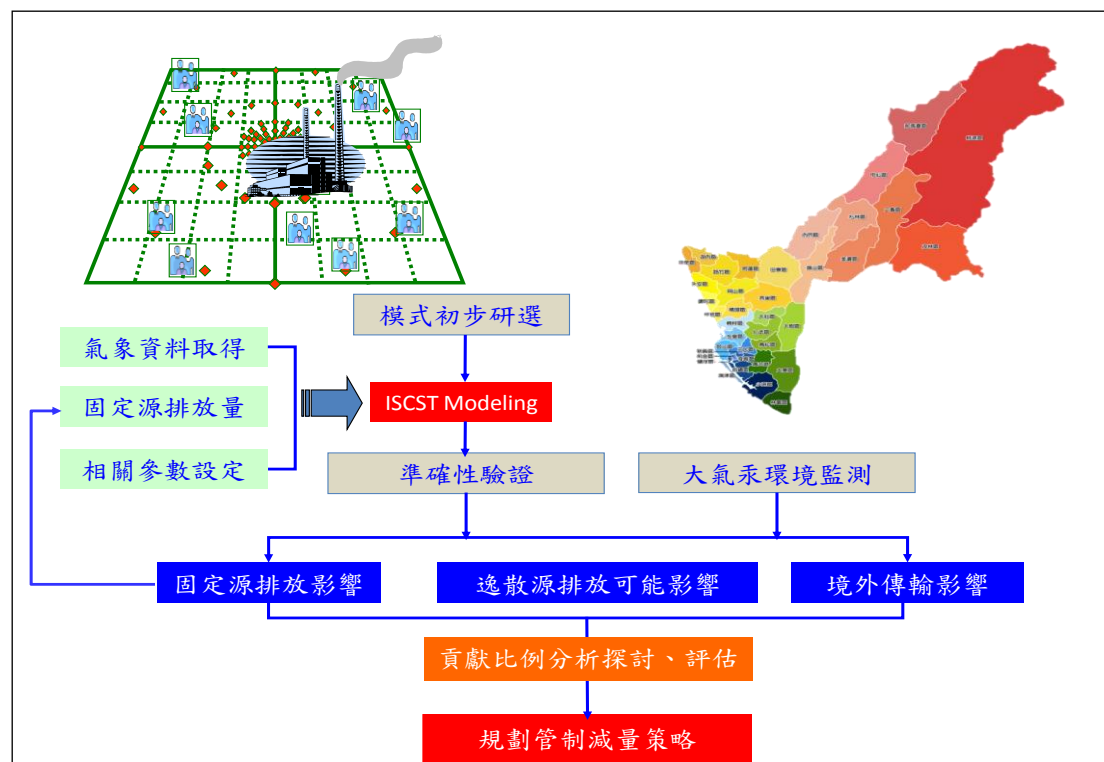


圖 5-3 排放源重金屬汞貢獻比例探討執行方法說明

固定源以高雄地區內 93 個排放源排放資料進行模擬，其中中鋼公司排放量佔 30%，前 20 大排放源佔 98%(表 5-3)。固定源及移動源排放模擬結果顯示，空氣中濃度較高區域有二，包含中鋼公司附近與高雄市火化場附近，主因為排放量較為集中。

由國內外研究結果得知，北半球乾淨大氣汞監測濃度約為 1.5~1.7 ng/m³；中央大學大氣科學系副研究員許桂榮於 2006 年 4 月至 2007 年 12 月在鹿林山每 5 分鐘監測一筆資料³，其平均值為 1.73 ng/m³，25% 監測值超過 2.07 ng/m³。由於缺乏 24 小時背景監測值，暫以該研究之長時間平均值 1.73 ng/m³ 做為最大 24 小時值之背景值。將設定之背景值加上移動源、固定源排放擴散模擬結果後，高雄市最大 24 小時汞濃

³ Guey-Rong Sheu, Neng-Huei Lin, Jia-Lin Wang, Chung-Te Lee, Chang-Feng Ou Yang, Sheng-Hsiang Wang, "Temporal distribution and potential sources of atmospheric mercury measured at a high-elevation background station in Taiwan", Atmospheric Environment, 2010

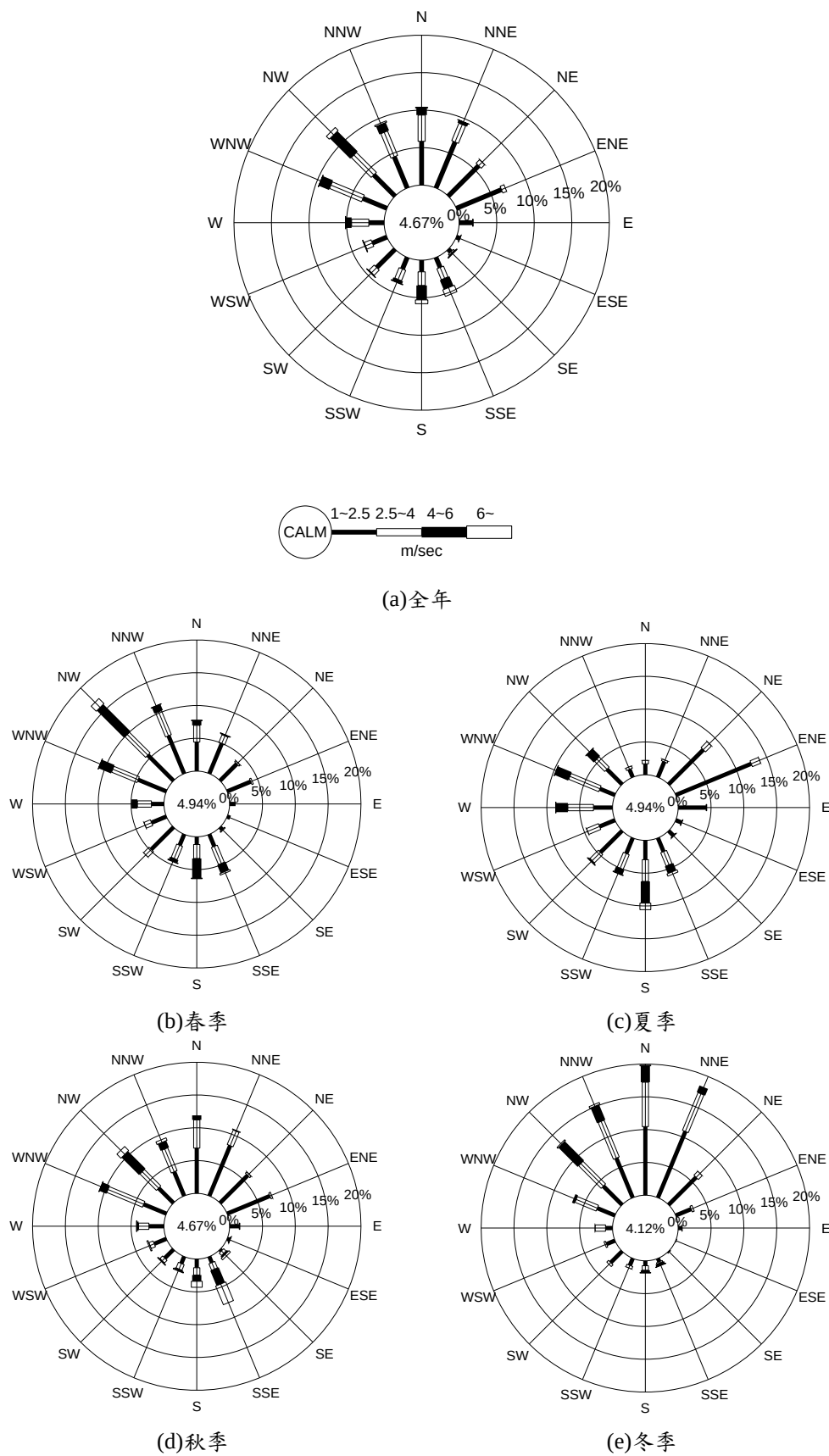


圖 5-4 本計畫使用高雄地區氣象資料風花圖



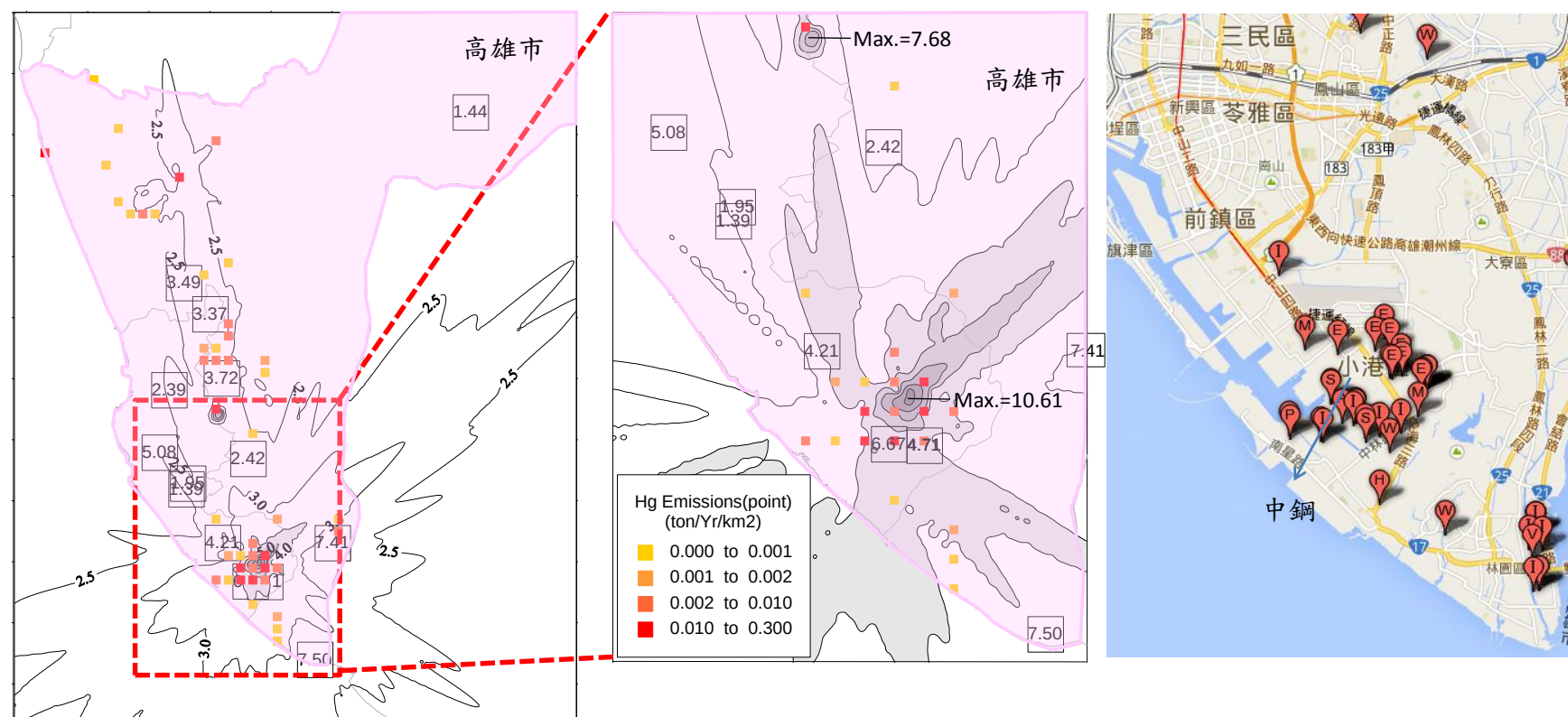
表 5-3 高雄地區固定源汞排放前 20 大排放源

排放源		佔高雄排放比例		排放源		佔高雄排放比例	
中鋼	燒結爐	70%	73%	中石化小港		1%	
	集塵灰處理	3%		台電大林		1%	
	燃煤鍋爐	0%		高雄火化場		1%	
	焚化爐	0%		高雄市南區焚化廠		1%	
台電興達		4%		龍慶鋼鐵		1%	
燐聯鋼鐵		3%		環球水泥阿蓮		1%	
台塑仁武		2%		東南水泥高雄		1%	
高雄中區焚化廠		2%		長春石化大發		0.4%	
震台鋼鐵		2%		高雄岡山焚化廠		0.4%	
協勝發		2%		國喬石化	燃煤鍋爐	0.4%	0.4%
海光		1%			焚化爐	0%	
唐榮不銹鋼		1%		中石化大社		0.3%	

度值分布如圖 5-5。由圖中可看出，整體濃度以高市南區較高，北區較低，模擬結果值與過去各研究監測濃度值相近，顯示大部分汞排放源均已掌握，並可做為擬定管制策略之參考。

模擬區域內有兩個高濃度值，分別位在火化場附近及小港區。高雄市火化場附近之高濃度值主要由高雄市火化場貢獻，其排放量雖僅佔高雄市所有固定源排放量之 1%，然其煙囪排放高度距地僅 5 公尺，排放後擴散不易，對附近地區造成較大影響。小港區為汞排放源較為集中區域，包含中鋼公司、電弧爐煉鋼之海光、震台、協勝發、龍慶及大型焚化爐高雄南區廠均位於此區域，以各排放源貢獻量分析，本區域汞主要來自中鋼公司及海光公司，其中中鋼公司之燒結爐依據今年度汞流布檢測排放濃度計算排放量，遠高於過去以 92 及 94 年檢測推估所得，使其排放對附近影響大增。海光公司因採百葉窗排放，排放高度低，排放後擴散不易，對附近地區造成較大影響。

由模擬結果顯示，高雄市之較高汞濃度值主要受火化場及鋼鐵業(包含電弧爐煉鋼及一貫作業煉鋼)，尤其是火化場為批次式操作，增加空氣污染防治設備的操作難度，也可能降低其效率，再加上煙囪低，對附近區域造成較大影響；電弧爐煉鋼亦為批次式操作若再加上採百葉窗排放，對附近區域亦造成較大影響。一貫作業煉鋼則因排放量大，排放擴散後對區域有顯著影響。



註：1. 單位： ng/m^3
2. 圖中方框內數字表過去研究之監測濃度值

圖 5-5 高雄市最大 24 小時汞濃度模擬結果

5.4 大氣中汞自動連續監測

我國環檢所公告大氣汞監測標準方法為手動式採樣，分為氣態汞(GEM)及粒狀物結合汞(PHg)兩部分，往往採樣經歷 24 小時才得到一筆數據，無法得到即時或長時間、累積性數據。過去本計畫也採用本方式進行且半年監測一次，數值是否足以代表實際狀況，備受質疑。

國際間大氣汞監測主要將監測物種區分為氣態汞(GEM)、粒狀物結合汞(PHg)及反應性二價汞(GOM)等三大部分，文獻中常見以自動連續監測設施執行監測。為對本地區大氣汞環境空氣現況有更進一步瞭解，本(102)年度由工業技術研究院購置一套汞自動連續監測儀(儀器主機及採樣設施如圖 5-6 及圖 5-7)，安裝於高雄地區長期監測。

一、儀器原理介紹

本設施可連續分析 GEM、PHg 及 GOM 等三類物種，為國際間普遍採用監測設備，詳圖 5-8。大氣由泵浦抽入，先經過氣固分離器(denuder)，該分離器塗布 KCl，氣體 GOM 經過分離器會被吸附；氣體再經過一個石英纖維過濾器，捕捉粒徑小於 $2.5\mu\text{m}$ 之微粒以檢測 PHg_{2.5}，與我國公告方法採 TSP 分析不同；最後氣體直接進入分析儀，分析得到 GEM。目前本套設備平均每 5 分鐘可以監測一筆 GEM 數據，每小時(或 2 小時)得到一筆 PHg_{2.5} 及 GOM，規範整理如表 5-4。

二、監測地點

本項設備於 102 年 5 月初購買，經系統測試、驗收、人員訓練等基本訓練後，於 102 年 8 月起執行監測。考量高雄市重工業集中，其中鋼鐵業集中於臨海工業區附近，選定高雄市唐榮不銹鋼廠行政大樓頂(三樓頂)為監測地點，主機與採樣機組架設如圖 5-9。

該監測點附近排放源如圖 5-10 所示，北方有龍慶鋼鐵、震台鋼鐵及海光企業等電弧爐煉鋼廠，其中海光企業之廢氣採百葉窗式排放；測點東方有高雄市南區焚化爐及唐榮鐵工廠電弧爐；南方有中鋼鋁業鋁二次冶煉、李長榮高雄廠焚化爐，中石化小港廠焚化爐；測點西方為中鋼公司，因其佔地廣大，燒結爐在測點之

西及西南方，高溫冶煉、焚化爐及燃煤鍋爐則在測點之西南西方，再稍遠則有台灣中油大林廠焚化爐及台電大林燃煤鍋爐。



圖 5-6 Tekran 監測分析儀主機部份



圖 5-7 Tekran 監測儀採樣機組部份

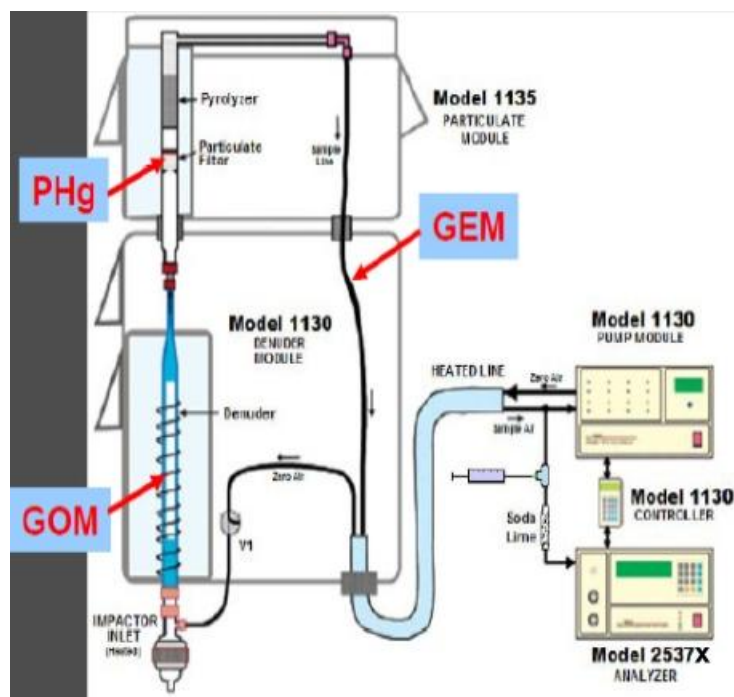


圖 5-8 Tekran 監測儀器示意圖

表 5-4 Tekran 汞物種儀器規範介紹

汞物種	Tekran 系統	樣品數量	儀器偵測極限
氣態汞 (GEM)	Model 2537X	每 5 分鐘一筆數據	$< 0.1 \text{ ng/m}^3$
粒狀汞 (PHg _{2.5})	Model 1135	每 1 或 2 小時一筆數據	$< 1.0 \text{ pg/m}^3$
反應性汞 (GOM)	Model 1130	1. 每 1 或 2 小時一筆數據 2. denuder 每 2 周 recoating	$< 1.0 \text{ pg/m}^3$

三、監測結果

本計畫於 102 年 8 月至 10 月於該地點進行汞監測，茲將每 5 分鐘監測所得之元素汞濃度繪製如圖 5-11，由圖中可看出，約 95% 監測值均低於 10 ng/m^3 ，惟最高值達 397 ng/m^3 。將元素汞監測結果以小時值表示(圖 5-12)，可看出監測地區汞濃度較高值出現在上午 8 時，午後下降，至午夜再上昇，平均元素汞濃度為 5.27 ng/m^3 。

本計畫於監測點架設風速風向儀，同步監測當地風速風向，結果如圖 5-13 之風向頻率所示，由圖中可看出，本計畫監測時主要風向為東風，其次為北北西，與模擬所採用之高雄氣象站資料不同，故在兩者比對時，會加以考慮風向的不同。



圖 5-9 本計畫汞自動連續監測設備架設情形

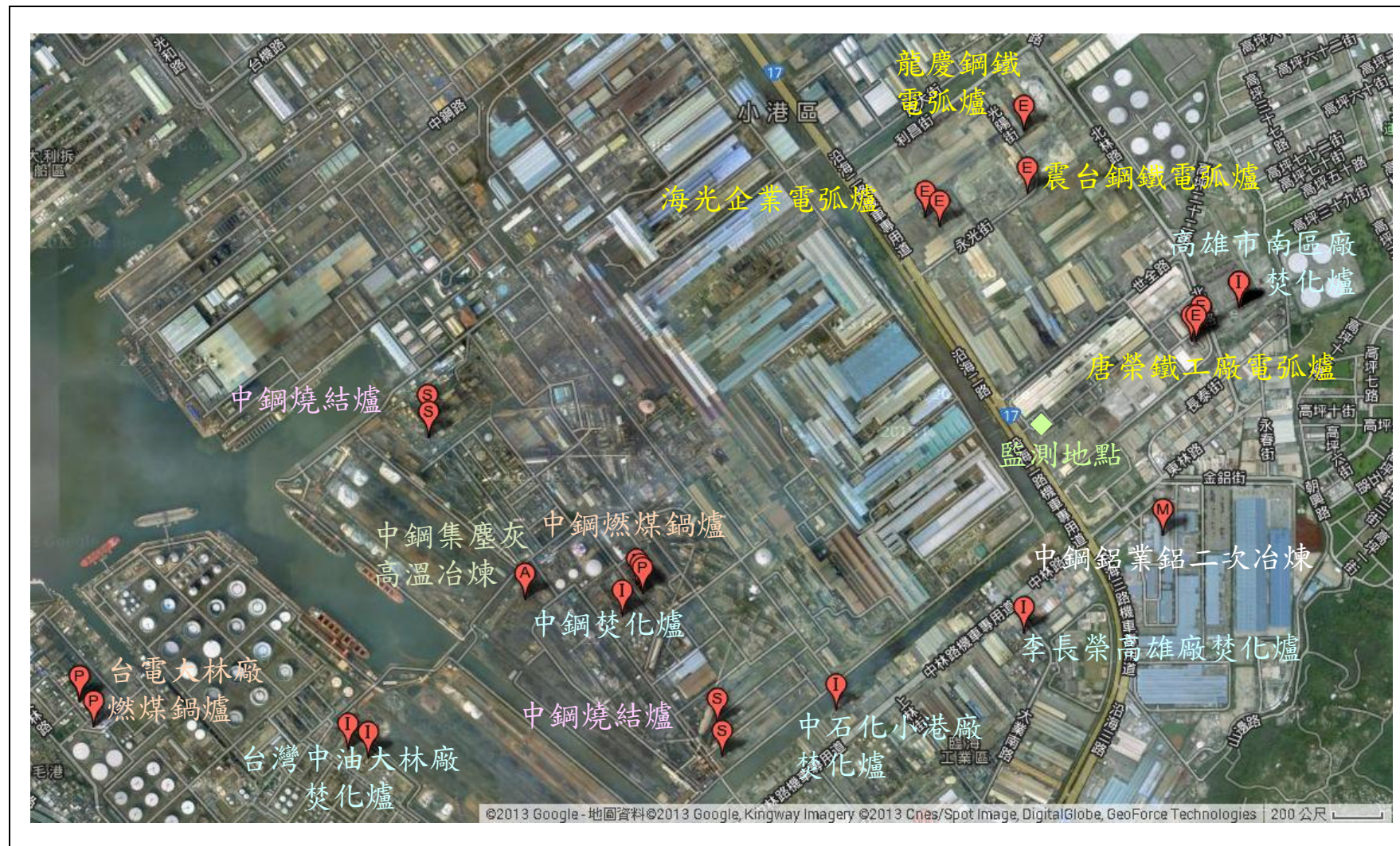


圖 5-10 本計畫汞自動連續監測設備監測地點及附近排放源分布圖

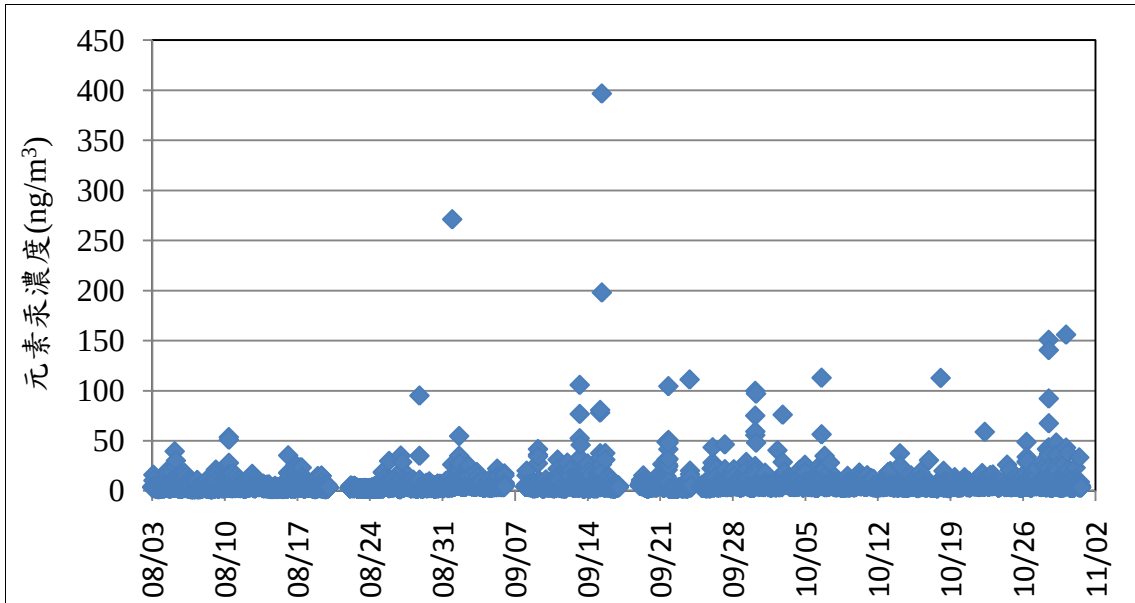


圖 5-11 102 年 8~10 月元素汞監測濃度(每 5 分鐘一筆)

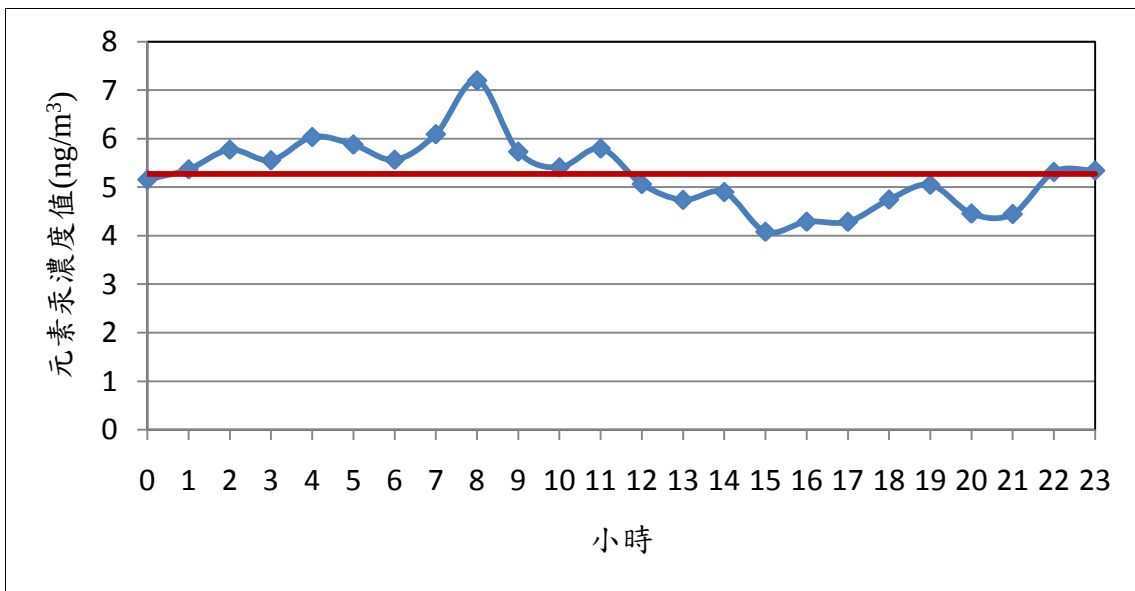
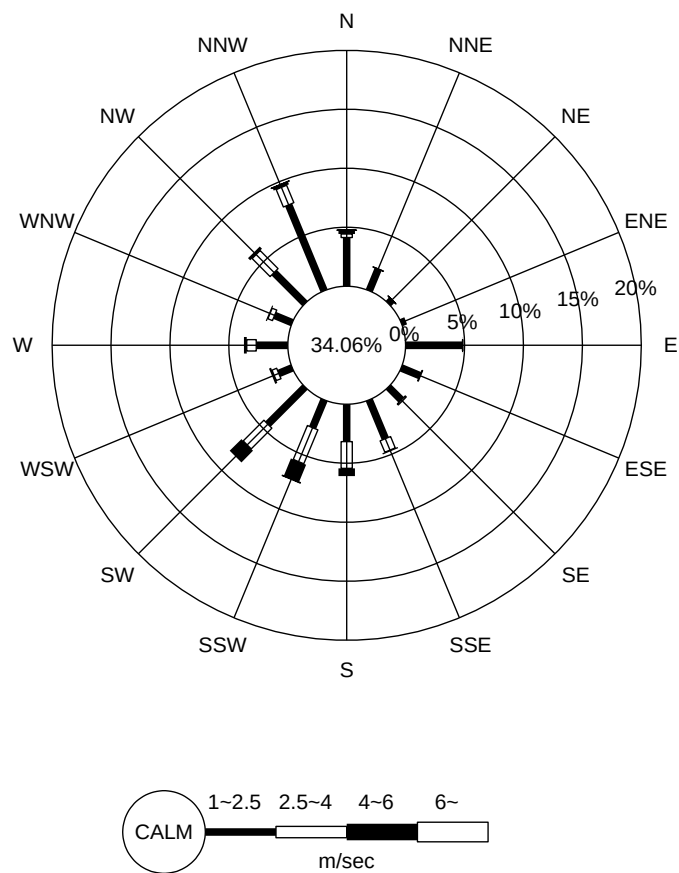
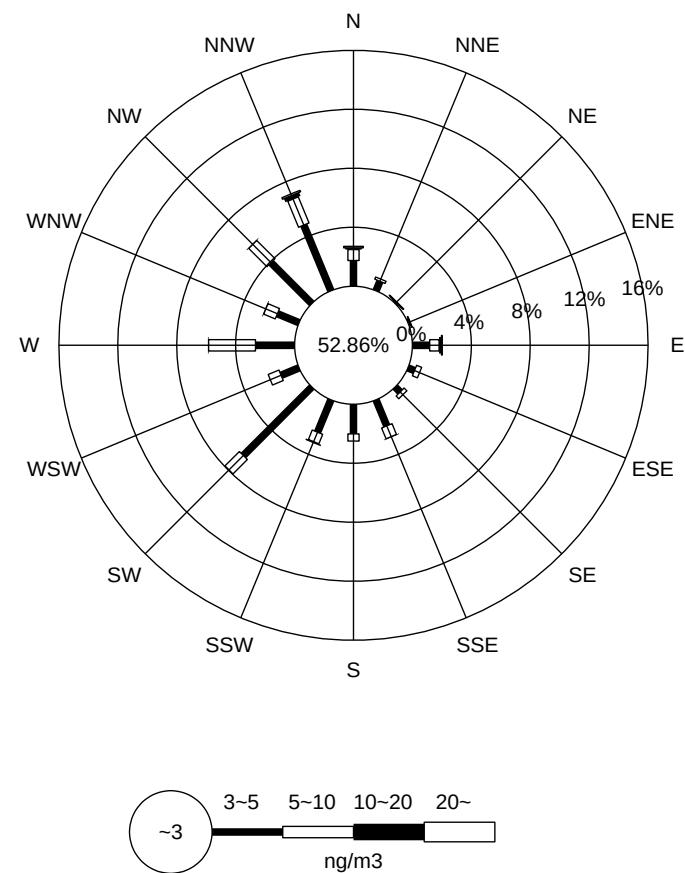


圖 5-12 102 年 8~10 月元素汞監測濃度日變化圖

本計畫監測之風花圖及污染玫瑰圖如圖 5-13，顯示監測期間主要風向自來北北西及西南方。元素汞之來源風向分布大致與風花圖一致，粒狀汞($\text{PHg}_{2.5}$)較高濃度來自北北西方，依位置分布推測可能來源為電弧爐。二價汞較高濃度來自西南、西方與西北、北北西方，由於監測點西側為中鋼公司廠區，推測排放來源為中鋼公司，尤其是燒結爐。

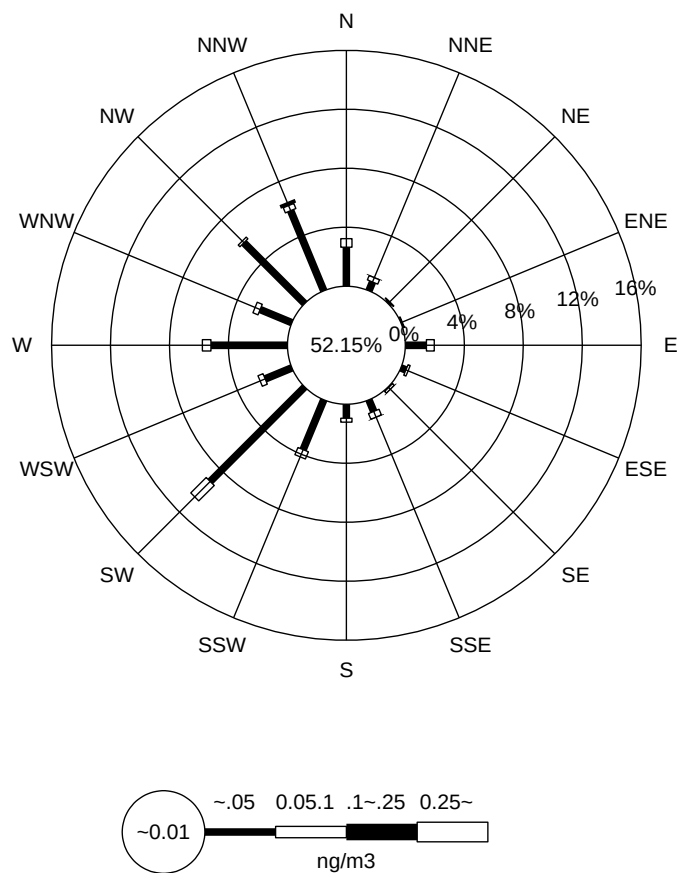


(a)風花圖

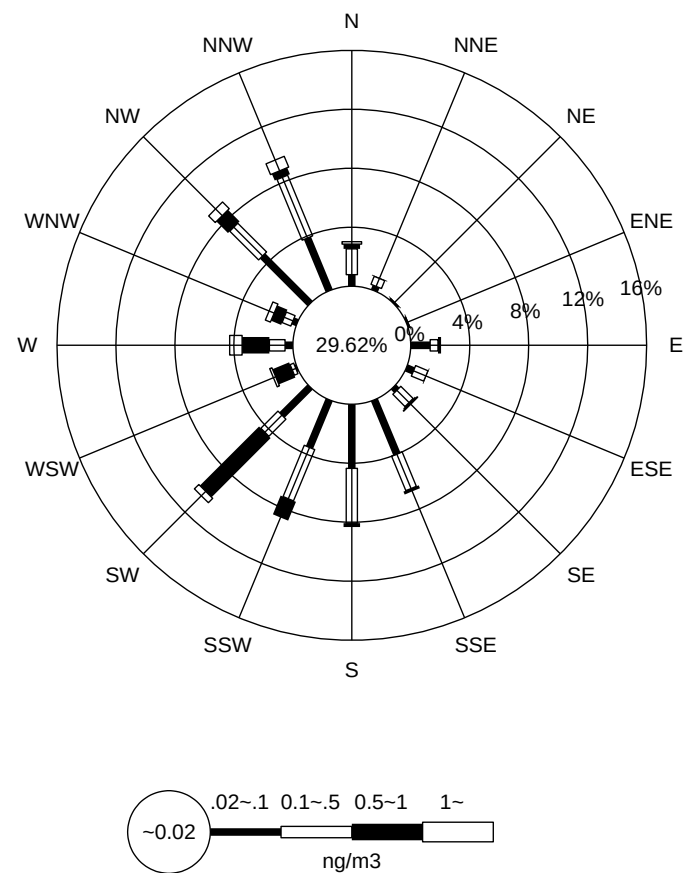


(b)元素汞

圖 5-13 102 年 8 月風花圖及汞物種監測污染玫瑰圖(1/2)



(c)粒狀汞



(d)二價汞

圖 5-13 102 年 8 月風花圖及汞物種監測污染玫瑰圖(2/2)

5.5 高雄地區主要汞排放來源及管制策略建議

依據高雄地區固定源汞排放模擬結果顯示，貢獻較大之排放源包含海光企業、高雄市火化場及中鋼公司；中鋼公司汞排放量大，本計畫於該公司東側之唐榮鐵工廠架設汞自動連續監測設備，了解排放對附近影響情形。由於監測時主要風向為東風，唐榮鐵工廠位於中鋼之上風處，較不易監測到來自中鋼所排放之汞。本計畫監測結果顯示，元素汞及粒狀汞出現較高濃度值時，其風向分布頻率與監測期間之風向分布頻率類似，顯示監測點附近並無主要的元素汞及粒狀汞排放源。但二價汞的風向頻率明顯不同，以來自西南至北方為主。然由今年汞流布調查結果顯示，中鋼煙囪排放二價汞比例約佔 82%，其排放特性與燃煤鍋爐以元素汞為主不同。由以上可看出，本計畫監測時，來自西方至西南方之氣流二價汞比例高，可能即為中鋼燒結爐所排放。

中鋼公司為減少戴奧辛排放，已長期進行空氣污染防制設備維護與增設，本計畫檢測之 4 號燒結爐目前已停爐進行 FGD 裝設，由於 FGD 可有效去除二價汞，對後續中鋼燒結爐之汞排放應有明顯控制效果，預估可使汞排放濃度降至 9 ng/m^3 左右，後續應可在 FGD 完工後，再次檢測確認去除效率。

高雄市火化場過去曾申請空污費補助裝設空氣污染防制設備，以降低戴奧辛排放，然而今年仍有超標紀錄，顯示其防制設備之操作維護尚待加強，除火化場本已列為考評項目之環保局稽查對象，本計畫另建議將環保局輔導火化場裝設空氣污染防制設備有成果者列為考評項目，以加強火化場對空氣污染防制的重視，妥善操作污染防制設備，降低空氣污染物如戴奧辛及汞之排放。

海光企業採百葉窗式排放，因排放高度較低，易影響附近地區且擴散不易。由於排放至大氣之元素汞不易控制，若對粒狀物有效收集亦可使汞排放濃度下降。本計畫今年度協助環保署推動煉鋼電爐粒狀物排放標準，可有效管制煉鋼業電弧爐粒狀物排放，對附著在粒狀物上之汞亦有效果。

第六章 戴奧辛及重金屬排放資料庫更新與建置



第六章 戴奧辛及重金屬排放資料庫更新與建置

6.1 排放係數與排放量推估方法說明

排放量之推估，須先建立欲推估之資料庫架構與範圍，並依據該架構之污染源進行活動強度與排放係數之計算，藉此推估排放量。

一、建立排放資料庫架構

世界各國之排放資料庫架構因各國產業特性而有不同。我國參考美國環保署及日本環境省之排放源架構，並依據國內實際產業情形，增加需要之類別，於民國 88 年開始建立戴奧辛排放資料庫(擴充至今如圖 6-1)。排放源架構與美國及日本比較如表 6-1 及 6-2，主要排放源皆已涵蓋於我國之推估架構中。

自 88 年推估以來，推估的範圍及廠數持續擴充，101 年與 88 年相比，推估業別已從 30 類提升至 35 類，推估之整體架構已獲得相當提升，排放推估亦漸趨完整，不只固定源排放，亦納入交通及逸散性排放源，其中固定源數量的家數也從 250 餘廠增加至 790 餘廠(如圖 6-2)；逸散性排放源也從原本的 5 類增加為 8 類。

重金屬排放量推估略晚於戴奧辛，於 94 年起，參考戴奧辛排放量推估架構建置，除燃燒源、金屬冶煉/製程排放之類別與戴奧辛排放類別較多重覆外，另增加半導體、光電業與資源回收業等易有重金屬排放之類別，擴充至今推估類別共有 23 類。

二、排放量推估方法

建立排放資料庫架構以後，需確認國內行業別概況，國內廠家數較少之行業，將之排放量推估之順序往後移，優先進行排放源多及排放量大之業別推估工作。

依據所架構之排放源計算排放量，排放量推估方式如下：

$$E = \sum (EF_i \times A_i)$$

其中 E：Emission Estimate，排放量(重量/年)

EF_i ：Emission Factor，排放係數(重量/單位活動量)

A_i ：Activity Amount，國內相關行業別活動強度(年活動量)



圖 6-1 我國內戴奧辛與重金屬排放資料庫架構

表 6-1 我國與美國戴奧辛排放量推估架構比較表(1/2)

可能戴奧辛排放源類別 ^{註1}		納入排放量推估	
		台灣	美國
一、燃燒源			
廢棄物焚化爐/火化場	大型都市廢棄物	●	●
	有害廢棄物	●	●
	鍋爐/工業窯爐 ^{註3(a)(b)}	●	●
	醫療廢棄物	●	●
	火化場	●	●
	污水處理污泥焚化爐 ^{註3(a)}	●	●
	輪胎焚燒	●	●
	紙漿/造紙污泥焚化爐 ^{註3(a)}	●	●
	沼氣燃燒		
動力/能源產源	車輛燃料燃燒-含鉛	●	●
	車輛燃料燃燒-無鉛	●	●
	車輛燃料燃燒-柴油	●	●
	木材燃燒-住宅		●
	木材燃燒-工業 ^{註3(b)}	●	●
	燃煤-住宅		
	燃煤-工業/設施	●	●
	燃油-住宅		
	燃油-工業/設施	●	●
其他高溫產源	水泥窯(有害廢棄物燃燒)	●	●
	水泥窯(一般廢棄物燃燒)	●	●
	瀝青拌合場	●	
	石油煉製觸媒再生	●	●
	菸草燃燒	●	●
	活性碳再生		●
	黑液回收鍋爐	●	●
	球土製品製造		●
	玻璃製造		
	石灰窯		
	橡膠製造		
	固態廢棄物衍生性燃料製程 ^{註2}	●	
不受控制燃燒源	掩埋場產氣燃燒	●	
	掩埋場燃燒	●	
	建物火災	●	
	車輛火災	●	
	森林火災	●	
	後院燃燒		
	非控制 PCBs 燃燒		●
	蠟燭燃燒		
	稻草露天燃燒 ^{註2}	●	
	紙錢燃燒 ^{註2}	●	
	農業廢棄物焚化 ^{註2}	●	

表 6-1 我國與美國戴奧辛排放量推估架構比較表(2/2)

可能戴奧辛排放源類別 ^{註1}		納入排放量推估	
		台灣	美國
二、金屬冶煉/精煉			
鋼鐵冶煉/精煉	燒結工場	●	●
	焦炭廠	●	
	電弧爐	●	
	鑄造廠	●	
非鐵金屬冶煉/精煉	鋁一次冶煉		
	銅一次冶煉		●
	鎂一次冶煉		
	鎳一次冶煉		
	鋁二次冶煉	●	●
	銅二次冶煉	●	●
	鉛二次冶煉	●	●
	鋅二次冶煉 ^{註2}	●	
廢電纜回收			
罐類桶類回收		●	
集塵灰高溫冶煉 ^{註2}			●
三、化學製造			
漂白化學紙漿/造紙		●	
一~四氯酚			
五氯酚			
氯苯			
多氯聯苯（洩露/洩漏）			
二氯乙烷/氯乙烯		●	●
氧氮染料/顏料			
2,4-二氯苯乙酸			
都市污水處理			
高油基液體肥皂			

- 註： 1.戴奧辛排放源類別以美國環保署推估類別為準。U.S. EPA(2005), The Inventory of Sources and Environmental Releases of Dioxin-Like Compounds in the United States: The Year 2000 Update，部分類別雖列於該報告之架構，但並未計算其排放量。
 2.表我國推估之項目，但未列於美國排放源清單之類別。
 3.(a)於我國排放量推估列於事業廢棄物焚化爐類別；(b)列於其他燃料鍋爐類別。

表 6-2 我國與日本戴奧辛排放量推估架構比較表(1/2)

可能戴奧辛排放源類別		納入排放量推估		
		台灣	日本	
			每年推估	3年推估一次
主要排放源	一般廢棄物焚化爐	●	●	
	產業廢棄物焚化爐	●	●	
	小型廢棄物焚化爐	●	●	
	火化場	●	●	
	電弧爐	●	●	
	燒結爐	●	●	
	鋅回收設施(集塵灰高溫冶煉設施)	●	●	
	鋁二次冶煉	●	●	

表 6-2 我國與日本戴奧辛排放量推估架構比較表(2/2)

可能戴奧辛排放源類別		納入排放量推估		
		台灣	日本	
			每年推估	3 年推估一次
其他次要排放源	鋁壓延、鋁廢料溶解等			●
	造紙(黑液回收鍋爐)	●		●
	氯乙烯製造設施	●		●
	氯苯製造設施			●
	鋁系陶瓷纖維製造設施			●
	水泥製造設施	●		●
	石灰製造設施			●
	鑄鋼製造設施	●		●
	銅一次冶煉設施			●
	鉛一次冶煉設施			●
	鋅一次冶煉設施			●
	銅回收設施			●
	鉛回收設施			●
	伸銅製品製造設施			●
	銅纜製造設施			●
	車輛及車用品製造(鋁鑄品製造)設施			●
	火力發電廠	●		●
	菸草燃燒	●	●	
	車輛排放	●	●	

參考資料：日本環境省，2013 年，ダイオキシン類の排出量の目録

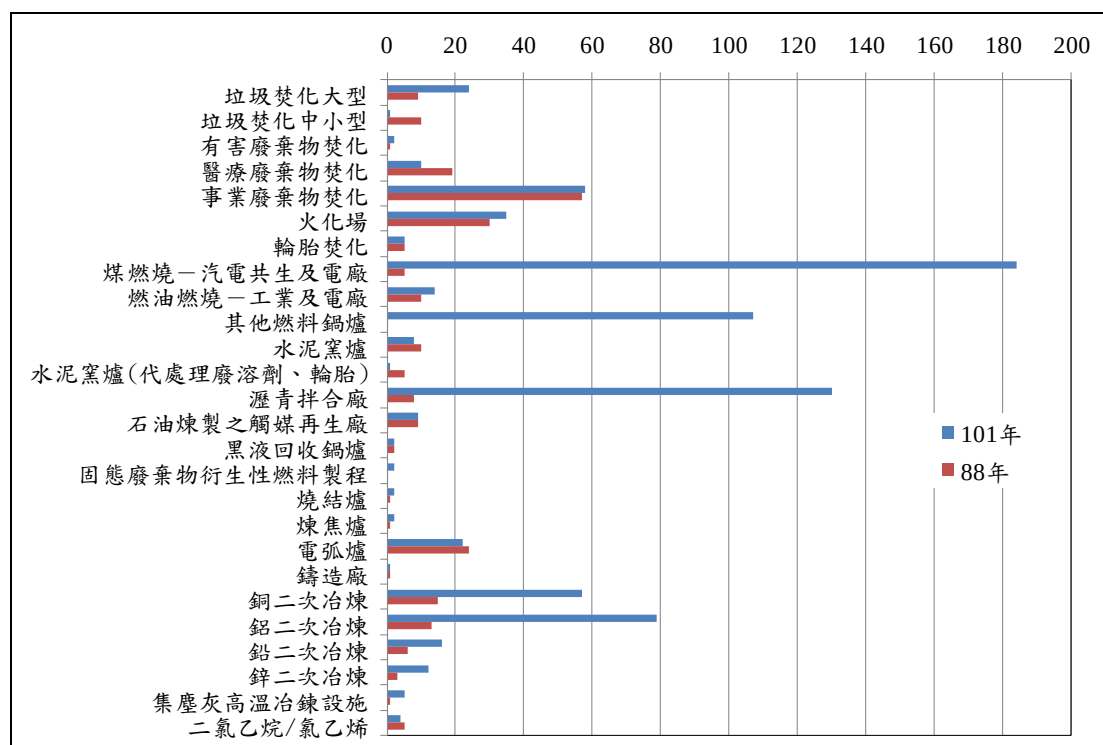


圖 6-2 88 年與 101 年戴奧辛排放量推估固定源數比較

整體排放量推估之計算流程如圖 6-3，分為(1)活動強度的蒐集，蒐集不同產業之原物料用量及產量；(2)排放係數的採用，有實際檢測數據可提供排放係數者以該係數進行排放量推估計算，無實際檢測者則以同業別之平均排放係數或引用國外係數計算；(3)並依據所採用之活動強度及排放係數計算排放量。

因考量各污染源採用之排放係數不同，且各污染源之規模及防治設備不盡相同，因此在本章節後續討論之排放係數為權重排放係數，該係數並非以各污染源之排放係數進行平均，係以業別排放量除以業別活動強度所得，藉此求得之係數可平衡不同規模的污染源。

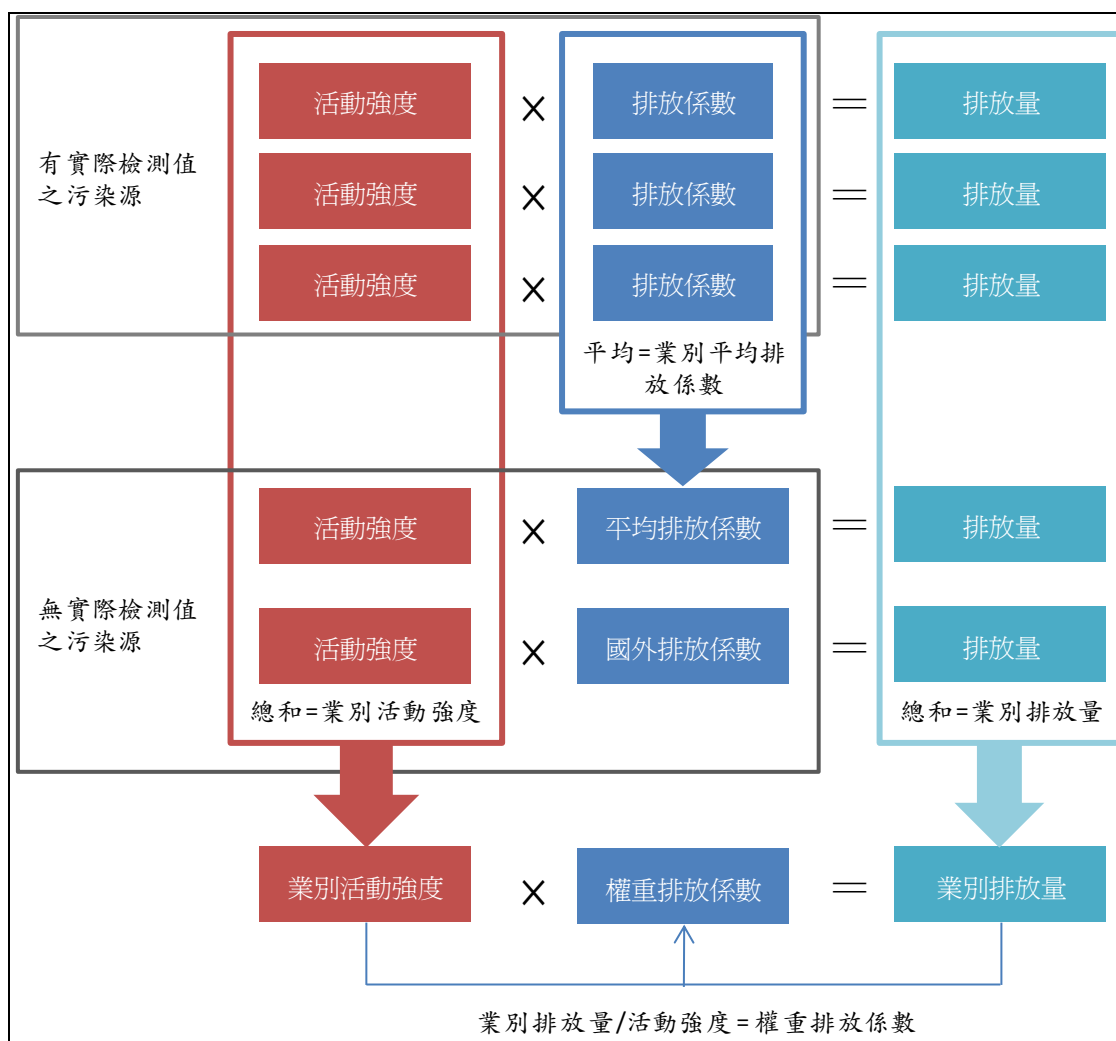


圖 6-3 本計畫排放量推估計算方法

活動強度及排放係數之數據引用說明如下：

(一)活動強度

各行業別之活動強度可由固定源排放量申報資料、空污費資料庫、經濟部統計資料等蒐集，由不同來源之資料可互相比對，了解活動強度之不確定範圍。本計畫蒐集的活動強度優先順序如下：

1. 第一優先：固定源排放量申報原物料量、事業廢棄物申報資料等官方申報資料。
2. 第二優先：許可證實際年用產量，此數據為以往清查或申報量，並不一定為當年度。
3. 第三優先：許可證申請年用產量，申請量接近最大量。
4. 第四優先：利用過去研究統計資料概估活動強度。

(二)排放係數

各行業別排放係數之推估，以國內實際檢測(含定檢及稽查)為主，其餘缺乏檢測數據者，則沿用國外排放係數。

其中戴奧辛主要污染源已有累積相當之檢測結果，足以推估國內實際排放係數，部分次要污染源則採國外排放係數。排放係數推估方式如下：

$$EF_i = \text{檢測排放濃度} \times \text{檢測排氣量} (\text{Nm}^3/\text{min}) \times 60 (\text{分/小時}) \div \text{檢測時活動量} (\text{原料或產品單位/小時})$$

由於並非所有污染源都有實際檢測資料，因此會利用相近污染源或同行業別的平均排放係數計算，排放係數的採用優先順序如下：

1. 第一優先：具有實際檢測資料。
2. 第二優先：同廠同類型製程之實際檢測資料。
3. 第三優先：同業別由實際檢測數據計算之平均係數。
4. 第四優先：引用其他研究或國外係數。

(三)確認排放量可信度

依據排放係數及活動強度之可信度依來源分級，分為如表 6-3 之三種不同等級。

表 6-3 行業別排放係數及排放量分級分類表

項目	排放係數 (Emission factor)	活動強度 (Activity amount)	排放量(排放係數×活動強度) (Emission Estimate)
研判 基準	數據是否具有代表性、是否為 本土排放係數	年使用量及年產量數據正確性	依排放係數及活動強度等級決 定排放量等級
等級 A	數據係國內進行實際檢測且 數據達一定規模、且驗證本 土化排放係數與國外差異不 大	1. 固定源排放量申報原物料 量、事業廢棄物申報資料等官 方申報資料 2. 經由計畫單位進行詳盡之調 查且有可供參考之原始佐證 資料。	排放係數及活動強度皆為 A 級
等級 B	數據係國內進行實際檢測， 但數據未達一定規模，或污 染源之間差異大，平均排放 係數恐有較大落差者	1. 許可證實際年用產量，此數據 為以往清查或申報量，不一定 為目標年度 2. 許可證申請年用產量，申請量 接近最大量 3. 工會或工商統計年報查詢資料	排放係數及活動強度任一為 B 級
等級 C	數據未經實際檢測，直接引 用國外之排放係數	由其他研究資料推估，非實際直 接調查結果	排放係數及活動強度任一為 C 級

(四)排放量不確定性計算

根據上述排放量推估方式，推估時所蒐集的活動強度及排放係數有其不確定性存在，本計劃參考 UNEP 對活動強度之不確定性推估方法，針對各等級之活動強度給予高低值之範圍值，如表 6-4。依該表所列活動強度及排放係數的範圍推估最大排放量及最小值排放量。

$$\text{最大排放量：} E_{\text{upper}} = \sum (EF_{i_upper} \times A_{i_upper})$$

$$\text{最小排放量：} E_{\text{lower}} = \sum (EF_{i_lower} \times A_{i_lower})$$

表 6-4 活動強度及排放係數不確定性推估範圍

項目		低推估值	高推估值	備註
活動強度	等級 A	活動強度 -5%	活動強度 +5%	官方申報資料，不確定性最小
	等級 B	活動強度 -10%	活動強度 +10%	許可證資料，不一定為目標年度之用量，用量有一定差異
	等級 C	活動強度 -30%	活動強度 +30%	非實際調查，不確定性最大
排放係數		平均係數-0.3x(平均係數-最低係數)	平均係數+0.3x(最高係數-平均係數)	

參考資料：AMAP/UNEP, 2013. Technical Background Report for the Global Mercury Assessment 2013, p.16.

6.2 排放量推估與更新

6.2.1 戴奧辛

依據前述推估方式，戴奧辛排放量推估所需之行業別活動強度以該年度環保署固定源每季申報資料為主、許可資料為輔；各行業別排放係數，則以國內實際檢測(含稽查、定檢)為主。

推估 101 年排放至大氣中的戴奧辛排放量介於 32.94~129.36 g I-TEQ/年，平均為 51.37 g I-TEQ/年(表 6-5)，業別排放量可信度等級如表 6-6，整體排放量推估可信度等級為 B，各業別排放量說明如下。

一、燃燒源－焚化設施

我國 101 年焚化設施之戴奧辛排放量約為 4.73 g I-TEQ/年，大型廢棄物焚化爐排放量為 3.97 g I-TEQ/年(垃圾焚化 0.93 g I-TEQ/年；起停爐 3.04 g I-TEQ/年)；小型一般廢棄物焚化爐排放量為 0.12 g I-TEQ/年；有害廢棄物焚化爐排放量為 0.05 g I-TEQ/年；醫療廢棄物焚化爐排放量為 0.07 g I-TEQ/年；事業廢棄物焚化爐排放量為 0.36 g I-TEQ/年；火化場排放量為 0.16 g I-TEQ/年；輪胎焚化為 0.004 g I-TEQ/年(各業別比例如圖 6-4)，大型廢棄物焚化爐佔 84%，為本類別最高，其中垃圾焚化部分佔 19.7%，起停爐佔 64.3%。

(一) 廢棄物焚化爐

1. 大型一般廢棄物焚化爐

101 年國內大型一般廢棄物焚化爐統計焚化量為 6,404,987 公噸，計算得到排放係數為 145 ng I-TEQ/公噸，該數值低於聯合國「高技術焚化，裝設良好空氣污染防治設備之都市廢棄物焚化爐」建議排放係數 500 ng I-TEQ/公噸，顯見國內大型焚化爐在歷年加強稽查管制下，戴奧辛排放控制相當良好；起停爐之排放係數則參考 96 實際檢測結果，並依據 101 年焚化爐之實際起停爐次數紀錄作為活動強度進行推估。

表 6-5 101 年各業別戴奧辛排放量(1/4)

污 染 源 別	權 重 排 放 係 數 值	國 內 活 動 強 度 值	排 放 量 (g-ITEQ/年)			比 例 (%)	備 註 (1.污染源數量；2.排放係數來源；3.活動強度來源)
			平均	最小	最大		
一、燃燒源							
(一)焚化設施產源							
1 垃圾焚化大型	145 ng I-TEQ/公噸廢棄物 9,472,845 ng I-TEQ/起停爐次數	6,404,987 公噸/年 321 次/年	0.931 3.041	0.783 2.889	1.102 3.193	7.73	1. 大型焚化爐共24廠61根管道。 2. 廢棄物焚化部分依各廠之實際檢測數據推估；起停爐係數使用96年北市環保局計畫研究數據。 3. 焚化量及起停爐次數為101年各廠實際數據。
垃圾焚化中小型	25,644 ng I-TEQ/公噸廢棄物	4,586 公噸/年	0.118	0.059	0.236	0.23	1. 小型一般廢棄物焚化爐1廠。 2. 依101年實際檢測數據推估排放係數。 3. 活動強度採用101年固定源申報量。
2 有害廢棄物焚化	1,432 ng I-TEQ/公噸廢棄物	31,970 公噸/年	0.046	0.029	0.064	0.09	1. 有害廢棄物焚化爐共2廠。 2. 依101年檢測數據推估排放係數。 3. 活動強度採用101年固定源申報量。
3 醫療及感染性廢棄物焚化	2,652 ng I-TEQ/公噸廢棄物	25,048 公噸/年	0.066	0.055	0.080	0.13	1. 醫療廢棄物焚化爐共10廠11根管道。 2. 依101年檢測數據推估排放係數。 3. 活動強度採用101年固定源申報量及事廢申報量。
4 事業廢棄物焚化	645 ng I-TEQ/公噸廢棄物	555,335 公噸/年	0.358	0.257	0.502	0.70	1. 事業廢棄物焚化爐共58廠，72根管道。 2. 44座依101年檢測數據，其餘以過去檢測數據推估。 3. 活動強度採用101年固定源申報量及許可實際年用產量。
5 火化場	1,178 ng I-TEQ/具遺體	142,030 具/年	0.167	0.140	0.265	0.33	1. 火化場現有34座。 2. 其中14座依101年實際檢測數據，其餘以過去檢測數據或100~101年之業別平均推估。 3. 火化數量使用內政部統計處年報(101年未出，暫用100年)。
6 輪胎焚化	164 ng-I-TEQ/公噸廢輪胎	33,481 公噸/年	0.005	0.005	0.006	0.01	1. 輪胎裂解廠共5廠。 2. 依101年及92年度檢測數據推估排放係數。 3. 活動強度採用101年固定源申報量及許可實際年用產量與申請量。
(一)焚化產源小計			4.73	4.22	5.45	9.21	

表 6-5 101 年各業別戴奧辛排放量(2/4)

污染源別	權重排放係數值	國內活動強度值	排放量 (g-ITEQ/年)			比例 (%)	備註 (1.污染源數量；2.排放係數來源；3.活動強度來源)
			平均	最小	最大		
(二)電力/能源產源							
1 車輛燃料燃燒	156.7 ng I-TEQ/行駛萬公里	15,032,361 萬公里/年	2.356	0.648	13.623	4.59	1. 分為汽油車、輕重型柴油車、機車。 2. 以國內外文獻之車輛排放係數推估。 3. 依據環保署TEDS 7.1所推估之各縣市、車種之車行里程推估。
(1)汽油車	91.1 ng I-TEQ/行駛萬公里	7,741,023 萬公里/年	0.705	0.008	0.294		
(2)輕型柴油車	32.8 ng I-TEQ/行駛萬公里	441,686 萬公里/年	0.014	0.006	0.041		
(3)重型柴油車	1167 ng I-TEQ/行駛萬公里	984,688 萬公里/年	1.149	0.148	12.801		
(4)機車	83 ng I-TEQ/行駛萬公里	5,864,965 萬公里/年	0.487	0.487	0.487		
2 煤燃燒—汽電共生及電廠、鍋爐使用	130,375 ng I-TEQ/千公噸煤燃量	55,974 千公噸/年	7.298	5.803	14.287	14.21	1. 燃煤電廠6廠23根管道，汽電共生廠共34廠65根管道，鍋爐蒸氣產生程序145廠。 2. 其中51根管道依101年檢測數據，其餘以過去檢測數據或100~101年之業別平均推估。 3. 活動強度採用101年固定源申報量及101年能源平衡表計算總量。
3 燃油燃燒—工業及電廠使用	181,367 ng I-TEQ/千公秉油用量	4,875 千公秉/年	0.884	0.612	1.268	1.72	1. 台電17根管道及其他。 2. 國內無檢測值，以其他國家之排放係數推估。 3. 活動強度採用101年固定源申報量及101年能源平衡表計算總量。
4 其他燃料鍋爐	2,845 ng I-TEQ/公噸燃料	590,383 公噸/年	1.679	0.985	12.105	3.27	1. 國內共有114根管道。 2. 其中38根管道依101年檢測數據，其餘以過去檢測數據或100~101年之業別平均推估。 3. 活動強度採用101年固定源申報量及許可實際年用產量與申請量。
(二)電力/能源產源小計			12.22	8.048	41.282	23.78	
(三)其他高溫產源							
1 水泥窯爐	55 ng I-TEQ/公噸產量	12,301,543 公噸/年	0.681	0.638	0.725	1.33	1. 水泥窯共8廠14根管道。 2. 10管道依101年檢測數據，其餘以過去檢測數據推估。 3. 活動強度採用101年固定源申報量。
2 水泥窯爐(代處理廢溶劑、輪胎)	403 ng I-TEQ/公噸產量	387,542 公噸/年	0.156	0.075	0.399	0.30	1. 水泥窯(代處理廢溶劑)共1廠。 2. 以100~101年檢測數據推估排放係數。 3. 活動強度採用101年固定源申報量。
3 瀝青拌合廠	14 ng I-TEQ/公噸瀝青量	9,220,337 公噸/年	0.126	0.061	0.293	0.24	1. 瀝青拌合廠共130廠。 2. 國內尚未有瀝青拌合廠排放戴奧辛之檢測數據，以其他國家之排放係數推估。 3. 活動強度採用101年固定源申報量。

表 6-5 101 年各業別戴奧辛排放量(3/4)

污染源別	權重排放係數值	國內活動強度值	排放量 (g-ITEQ/年)			比例 (%)	備註 (1.污染源數量；2.排放係數來源；3.活動強度來源)
			平均	最小	最大		
4 石油煉製之觸媒再生廠	10 ng I-TEQ/公秉重組進料	2,322,804 公秉/年	0.023	0.016	0.030	0.05	1. 觸媒再生廠共9廠。 2. 國內尚未有石油煉製之觸媒再生廠排放戴奧辛之檢測數據，以其他國家之排放係數推估。 3. 活動強度為88年工廠提供進料量。
5 黑液回收鍋爐	54 ng I-TEQ/公噸黑液	620,535 公噸/年	0.034	0.030	0.038	0.07	1. 黑液回收鍋爐2廠。 2. 使用101年檢測數據推估排放係數。 3. 活動強度採用101年固定源申報量。
6 固態廢棄物衍生性燃料製程	186 ng I-TEQ/公噸廢棄物	84,767 公噸/年	0.016	0.020	0.020	0.03	1. 固態廢棄物衍生性燃料製程2廠。 2. 使用1筆101年檢測數據推估排放係數。 3. 活動強度採用101年固定源申報量。
(三)其他高溫產源小計			1.04	0.839	1.506	2.02	
(四) 逸散性排放源							
1 掩埋場產氣燃燒	0.85 ng I-TEQ/m ³ 產氣	1,020,000,000 m ³ /年	0.867	0.339	2.155	1.69	1. 國內無檢測數據，以其他國家之排放係數推估。 2. 環保署研究報告掩埋場產氣資料。
2 建物火災	31,433 ng I-TEQ/次	1,200 次	0.038	0.014	0.074	0.07	1. 國內無檢測數據，以其他國家之排放係數推估。 2. 內政部統計火災資料。
3 車輛火災	38,000 ng I-TEQ/次	204 次	0.008	0.005	0.011	0.02	1. 國內無檢測數據，以其他國家之排放係數推估。 2. 內政部統計火災資料。
4 森林火災	16,925 ng I-TEQ/公噸燃燒量	4,762 公噸	0.081	0.032	0.141	0.16	1. 國內無檢測數據，以其他國家之排放係數推估。 2. 行政院農委會統計森林火災資料。
5 煙草燃燒	0.67 ng I-TEQ/香煙	37,3314,621 千支/年	0.025	0.010	0.065	0.05	1. 國內無檢測數據，以其他國家之排放係數推估。 2. 財政部國庫署煙酒管理資訊網101年活動量配合101年人口。
6 稻草露天焚化	35,398 ng I-TEQ/公噸稻草	241,058 公噸/年	8.533	4.899	12.582	16.61	1. 以國內稻草燃燒實測數據研究推估排放係數。 2. 活動強度為101年農委會全國稻米產量配合TEDS 7.1水田露天燃燒量推估。
7 紙錢燃燒	5,170 ng I-TEQ/公噸紙錢	120,000 公噸/年	0.620	0.434	0.807	1.21	1. 以97年環保署紙錢燃燒數據研究推估排放係數。 2. 活動強度以造紙公會統計數量估算。
8 農業廢棄物焚化	11,488 ng I-TEQ/公噸農廢	116,839 公噸/年	1.342	0.852	2.134	2.61	1. 以98~99年環保署計畫農業廢棄物燃燒戴奧辛實驗結果推估。 2. 活動強度為環保署97年調查結果。
(四)逸散性排放源小計			11.51	6.584	17.968	22.41	
一、燃燒源小計			29.50	19.69	66.20	57.42	

表 6-5 101 年各業別戴奧辛排放量(4/4)

污染源別	權重排放係數值	國內活動強度值	排放量 (g-ITEQ/年)			比例 (%)	備註 (1.污染源數量；2.排放係數來源；3.活動強度來源)
			平均	最小	最大		
二、金屬煉製/製程排放							
(一)鋼鐵熔融冶煉							
1 燒結爐	549 ng I-TEQ/公噸燒結礦	15,811,491 公噸/年	8.675	6.028	11.428	16.89	1. 燒結爐共6座。 2. 使用101年之檢測數據推估排放係數。 3. 活動強度採用101年固定源申報量。
2 煉焦爐	129 ng I-TEQ/焦碳產量	4,580,999 公噸/年	0.589	0.299	1.142	1.15	1. 煉焦廠共5廠。 2. 以94-95年環保署計畫之檢測數據推估排放係數。 3. 活動強度採用101年固定源申報量。
3 電弧爐	838 ng I-TEQ/公噸鋼胚	9,741,917 公噸/年	8.165	4.569	16.603	15.89	1. 電弧爐共31廠。 2. 使用99~101年之檢測數據推估排放係數。 3. 活動強度採用101年固定源申報量。
4 鑄造廠	370 ng I-TEQ/公噸進料	3,099,837 公噸/年	1.147	0.434	20.894	2.23	1. 國內無檢測值，以其他國家之排放係數推估。 2. 活動強度為92年調查資料
(一)鋼鐵熔融冶煉小計			18.58	11.330	50.06	36.16	
(二)非鐵金屬熔融冶煉							
1 銅二次冶煉	2,155 ng I-TEQ/公噸進料	496,426 公噸/年	1.070	0.597	5.365	2.08	1. 銅二次冶煉共57廠；鋁二次冶煉共79座；鉛二次冶煉16廠；鋅二次冶煉12廠。 2. 銅及鋁二次冶煉各有18及13廠依101年檢測數據，其餘以過去檢測數據或101年之業別平均推估。鉛及鋅二次冶煉引用國外排放係數。 3. 活動強度採用101年固定源申報量及許可實際年用產量與申請量。
2 鋁二次冶煉	1,092 ng I-TEQ/公噸進料	675,074 公噸/年	0.737	0.544	1.360	1.44	
3 鉛二次冶煉	4,180 ng-I-TEQ/公噸進料	156,477 公噸/年	0.654	0.298	1.075	1.27	
4 鋅二次冶煉	5,000 ng I-TEQ/公噸進料	80,276 公噸/年	0.401	0.191	4.636	0.78	
(二)非鐵金屬熔融冶煉小計			2.86	1.631	12.435	5.57	
(三)金屬回收							
1 集塵灰高溫冶煉設施	496 ng I-TEQ/公噸集塵灰	369,173 公噸/年	0.183	0.153	0.217	0.36	1. 集塵灰高溫冶煉設施共5廠7根管道。 2. 其中6根管道以101年檢測數據推估排放係數，剩餘1根管道以100年檢測數據推估排放係數。 3. 活動強度採用101年固定源申報量。
二、金屬煉製/製程排放小計			21.62	13.114	62.719	42.09	
三、化學製造							
1 二氯乙烷/氯乙烯	139 ng I-TEQ/公噸產量	1,817,398 公噸/年	0.252	0.141	0.437	0.49	1. 氯乙烯製程共4座 2. 以100~101年檢測數據推估排放係數。 3. 以101年土污費申報資料為活動強度。
總 計			51.37	32.94	129.36		

表 6-6 101 年戴奧辛排放量推估可信度等級(1/2)

污染源類別			製程	數量		排放係數	使用之係數				活動強度資料來源	活動強度			等級
				廠	根次		101 年係數	其他年度	平均係數	國外係數		申報/公開資料	許可資料	其他資料	
1	垃圾焚化	大型	廢棄物焚化程序	24	61	A:國內實廠檢測數據	58	3	0		A:實廠焚化量與起停爐次數	61	0	0	A
2		中小型	廢棄物焚化程序	1	1	B:國內實廠檢測數據，但無起停爐排放檢測資料	1	0	0		A:固定源排放量申報原物料量	1	0	0	B
3	有害廢棄物焚化		廢棄物焚化程序	2	2	B:國內實廠檢測數據，但無起停爐排放檢測資料	2	0	0		A:固定源排放量申報原物料量	2	0	0	B
4	醫療及感染性廢棄物焚化		廢棄物焚化程序	10	11	B:國內實廠檢測數據，但無起停爐排放檢測資料	10	1	0		A:固定源排放量申報原物料量/事廢申報量	11	0	0	B
5	事業廢棄物焚化		廢棄物焚化程序	44	58	B:國內實廠檢測數據，但無起停爐排放檢測資料	36	22	0		B:固定源排放量申報原物料量，部分採用許可資料	50	8	0	B
			廢水（液）焚化處理程序	14	14		8	6	0			8	6	0	
6	火化場		火化程序	35	-	B:國內實廠檢測數據，但個別或每次操作差異大	14	8	13		A:內政部統計資料	35	0	0	B
7	輪胎焚化		廢輪胎熱裂解程序/廢輪胎熱處理程序/廢棄物熱處理（焚化處理除外）程序	5	5	B:國內檢測數據，但數據較少，92 及 101 年同業別檢測數據	1	0	4		B:固定源申報量/許可實際及申請量	2	3	0	B
8	車輛排放		-	-	-	C:國外排放係數	-	-	-	v	B:TEDS 推估資料	-	-	-	C
9	煤燃燒—汽電共生及電廠、鍋爐使用		燃煤發電鍋爐	6	23	A:國內實廠檢測數據	12	11	0		A:固定源排放量申報原物料量	23	0	0	A
			燃煤汽電共生	35	65		36	29	0			65	0	0	
			鍋爐蒸氣產生程序	144	153	B:使用平均係數	4	0	149		A:固定源排放量申報原物料量/配合能源平衡表	153	0	0	B
			其他	-	-		-	-	1			-	-	-	
10	燃油燃燒—工業及電廠使用		鍋爐發電程序	4	10	C:國外排放係數	0	0	10		A:固定源排放量申報原物料量/配合能源平衡表	10	0	0	C
			引擎發電程序	9	9		0	0	9			9	0	0	
			其他	-	-				1			-	-	-	
11	其他燃料鍋爐		鍋爐蒸氣產生程序	90	91	B:採樣過程不包括代表性之循環(個別及每次操作差異大)	27	32	32		B:固定源申報量，污染源數量變動大，可能有遺漏	74	17	0	B
			熱媒加熱程序	10	10		3	3	4			9	1	0	
			鍋爐發電程序/鍋爐汽電共生程序	7	8		3	0	5			8	0	0	
			混燒廢棄物	5	5		5	0	0			1	4	0	
12	水泥窯爐		水泥製造程序	8	14	A:國內實廠檢測數據	12	2	0		A:固定源排放量申報原物料量	14	0	0	A
13	水泥窯爐(代處理廢溶劑、輪胎)		水泥製造程序	1	1	A:國內實廠檢測數據	1	0	0		A:固定源排放量申報原物料量	1	0	0	A
14	瀝青拌合廠		瀝青混凝土製造程序	131	131	C:國外排放係數	-	-	130	v	A:固定源排放量申報原物料量	130	0	0	C

表 6-6 101 年戴奧辛排放量推估可信度等級(2/2)

污染源類別		製程	數量		排放係數	使用之係數				活動強度資料來源	活動強度			等級
			廠	根次		101 年係數	其他年度	平均係數	國外係數		申報/公開資料	許可資料	其他資料	
15	石油煉製之觸媒再生廠	觸媒重組程序	9	9	C:國外排放係數	-	-	9	v	C:88 年調查資料	-	-	1	C
16	黑液回收鍋爐	牛皮紙漿製程程序/雜項紙漿製造程序	2	2	A:國內實廠檢測數據	2	0	0		B:固定源排放量申報原物料量/檢測時小時使用量推估	1	0	1	B
17	固態廢棄物衍生性燃料製程	衍生燃料製造程序	2	2	A:國內實廠檢測數據	2	0	0		A:固定源排放量申報原物料量	2	0	0	A
18	掩埋場產氣燃燒	-	-	-	C:國外排放係數	-	-	-		C:研究報告推估值	-	-	-	C
19	建物火災	-	-	-	C:國外排放係數	-	-	-		A:內政部統計資料	-	-	-	C
20	車輛火災	-	-	-	C:國外排放係數	-	-	-		A:內政部統計資料	-	-	-	C
21	森林火災	-	-	-	C:國外排放係數	-	-	-		C:延燒面積為推估值	-	-	-	C
22	煙草燃燒	-	-	-	C:國外排放係數	-	-	-		C:銷售量推估，非實際消費量	-	-	-	C
23	稻草露天焚化	-	-	-	B:本土實驗係數，但影響因子多	-	-	-		C:稻草焚化比例以 TEDS 面源推估方法推估	-	-	-	B
24	紙錢燃燒	-	-	-	B:本土實驗係數，但影響因子多	-	-	-		C:紙錢焚化量為推估值	-	-	-	B
25	農業廢棄物露天焚化	-	-	-	B:本土實驗係數，但影響因子多	-	-	-		C:98 年調查資料，可能有誤差	-	-	-	B
26	燒結爐	鐵初級熔煉／熔礦程序	2	6	A:國內實廠檢測數據	6	0	0		A:固定源排放量申報原物料量	6	0	0	A
27	煉焦爐	焦炭製造／副產品程序	2	6	A:國內實廠檢測數據	0	0	6		A:固定源排放量申報原物料量	6	0	0	A
28	電弧爐	煉鋼程序	15	22	A:國內實廠檢測數據	22	0	0		A:固定源排放量申報原物料量	15	22	0	A
		電弧爐煉鋼製造程序	4	6		6	0	0			4	6	0	
		鑄鋼件鑄造製造程序	1	1		1	0	0			1	1	0	
		鋼鑄造程序	2	2		2	0	0			2	2	0	
29	鑄造廠	-	-	-	C:國外排放係數	-	-	-	v	C:92 年調查資料	-	-	-	C
30	銅二次冶鍊	銅二級冶煉程序	57	57	A:國內實廠檢測數據	18	15	24		B:含固定源排放量申報原物料量、許可證實際年用產量及申請年用產量。	16	41	0	B
31	鋁二次冶鍊	鋁二級冶煉程序	79	79	A:國內實廠檢測數據	36	23	20			36	43	0	B
32	鉛二次冶鍊	鉛二級冶煉程序	16	16	C:國外排放係數	-	-	16	v		5	11	0	C
33	鋅二次冶鍊	鋅二級冶煉程序	12	12	C:國外排放係數	-	-	12	v		4	8	0	C
34	集塵灰高溫冶煉設施	集塵灰熱處理程序/金屬廢料回收處理程序	5	7	A:國內實廠檢測數據	6	1	0		A:固定源排放量申報原物料量	7	0	0	A
35	二氯乙烷/氯乙烯	氯乙烯製造程序	4	4	A:國內實廠檢測數據	2	2	0		A:土污費申報資料	4	0	0	A
總計			797	903	B	336	158	445			776	173	2	

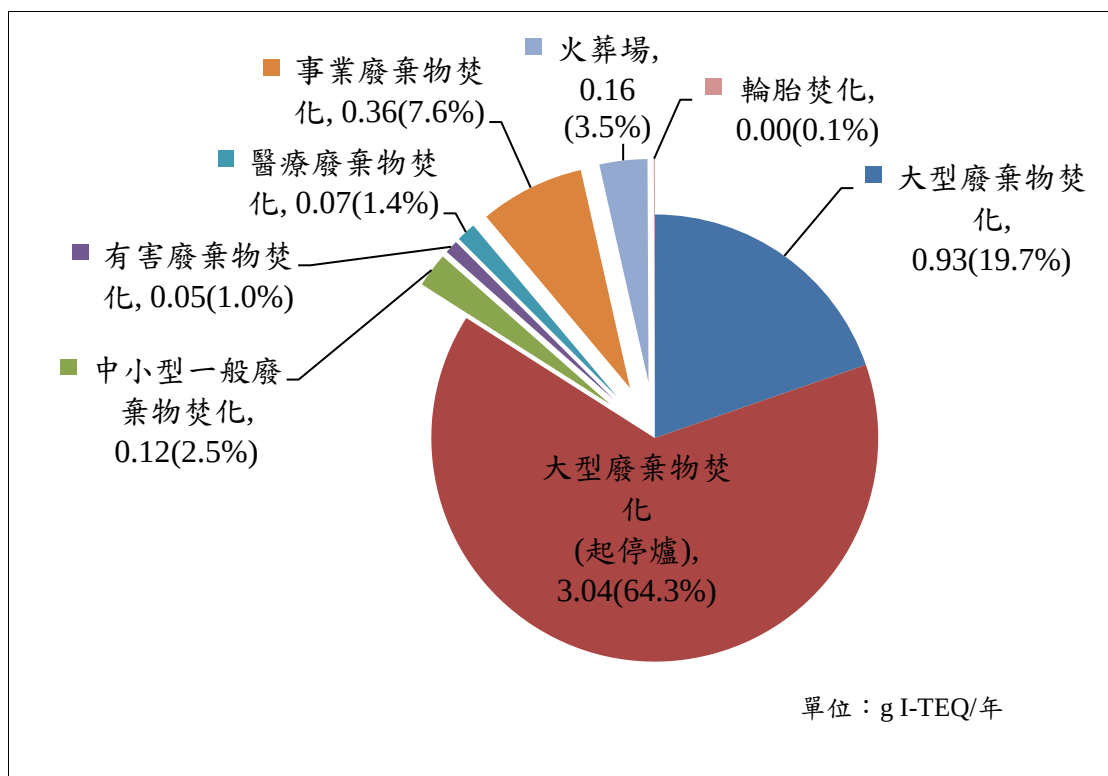


圖 6-4 101 年焚化設施戴奧辛排放量比例

2. 中小型廢棄物焚化爐

國內目前運轉中之一般中小型廢棄物焚化爐，只剩 1 座小型爐，101 年焚化量為 4,586 公噸/年，由於該廠去年稽查檢測不合格，因此排放係數較以往偏高為 25,644 ng I-TEQ/公噸，推估排放量為 0.12 g I-TEQ/年。一般而言小型焚化爐無論在設備與操作條件上無法與大型焚化爐相比，該小型焚化爐排放係數介於「高技術焚化，裝設良好空氣污染防制設備」排放係數 500 ng I-TEQ/公噸及「有控制之焚化，裝設良好空氣污染防制設備之都市廢棄物焚化爐」排放係數 30,000 ng I-TEQ/公噸間，顯示此排放係數屬合理範圍。

3. 有害廢棄物焚化爐

國內有 2 座有害事業廢棄物焚化爐，屬於小型廢棄物焚化爐，排放係數為 1,432 ng I-TEQ/公噸廢棄物，介

於「高技術焚化，裝設良好空氣污染防制設備」排放係數 500 ng I-TEQ/公噸及「有控制之焚化，裝設良好空氣污染防制設備之都市廢棄物焚化爐」排放係數 30,000 ng I-TEQ/公噸之間，配合 101 年焚化量 31,970 公噸，推估排放量為 0.046 g I-TEQ/年。

4. 醫療廢棄物焚化爐

101 年醫療廢棄物焚化量為 25,048 公噸，排放係數為 2,652 ng I-TEQ/公噸廢棄物，推估排放量為 0.066 公噸。國內醫療廢棄物焚化爐分為醫院設立之焚化爐或代處理業者，過去因戴奧辛管制標準生效，對醫院而嚴設置焚化爐不符成本且符合標準困難，已逐漸交由代處理業者焚化，焚化爐數也從 92 年的 24 座減為 10 座。

5. 事業廢棄物焚化爐

大部份屬工廠設置之事業廢棄物焚化爐或代處理業專設處理事業廢棄物之焚化爐；101 年排放係數為 645 ng I-TEQ/公噸，焚化量為 555,335 公噸，推估排放量為 0.358 g I-TEQ/年。

整理歷年來焚化爐戴奧辛排放係數趨勢如圖 6-5，排放標準生效以來，各焚化爐之排放係數已漸趨穩定，與 92 年相比排放係數已大幅降低。其中，中小型垃圾焚化爐因只剩一廠且 102 年度超標，故 102 年係數偏高；有害廢棄物焚化爐則只剩兩廠，且 102 年之檢測資料比往年略高(未超標)，操作變異性相當大，當然係數也受該年檢測之燃燒狀況影響。

(二) 火化場

火化場之定檢規定已於 96 年正式實施，因此國內火化場排放檢測資料已相當充分。101 年推估平均排放係數為 1,178 ng I-TEQ/具遺體，以內政部公告 101 年火化遺體數 142,030 具推估戴奧辛排放量為 0.167 g I-TEQ/年。

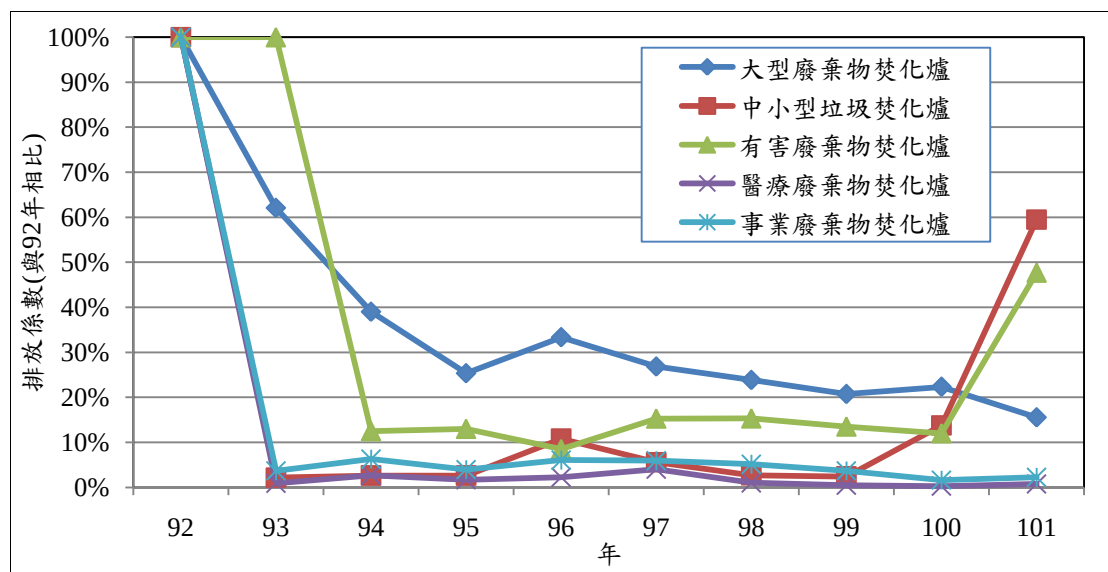


圖 6-5 歷年廢棄物焚化爐排放係數變化趨勢圖

(三)輪胎焚化

目前國內廢輪胎多以機械破碎處理利用，當水泥窯輔助燃料多，經裂解製程回收利用較少，國內目前正式營運之家數不多。平均排放係數為 235 ng I-TEQ/公噸廢輪胎，該排放係數與美國推估之排放係數 282 ng I-TEQ/公噸相近。101 年輪胎焚化量為 33,481 公噸，推估戴奧辛排放量為 0.005 g I-TEQ/年。

二、燃燒源－電力/能源產源

(一)移動源

本計畫原依據之活動強度為 TEDS7.0 推估之各縣市、車種之車行里程做為戴奧辛線源排放量之活動強度。今年度以 TEDS7.1 做為推估依據，並配合國內外研究結果(表 6-7)，推估 101 年車輛行駛戴奧辛排放量為 2.356 g I-TEQ/年。

表 6-7 移動源戴奧辛排放推估使用係數表(1/2)

車種代碼	名稱	戴奧辛排放係數(ng/萬 km) (括號內為最小、最大排放係數)
Pldg●	自用小客車-汽油	91.1(1、38)
pldd●	自用小客車-柴油	32.8(13、93.3)
bldg●	營業汽油小客車(計程車)	91.1(1、38)
ldgt	汽油小貨車	91.1(1、38)
lddt	柴油小貨車	32.8(13、93.3)
hdg●	柴油大客車	1167(150、13000)
hddt	柴油大貨車	1167(150、13000)
bus	公車/客運車	1167(150、13000)
mc2	二行程機車	83
mc4	四行程機車	83

註：1.機車及輕重型柴油車戴奧辛排放係數

類別	戴奧辛排放係數 (ng I-TEQ/萬公里)	文獻
機車	83	重型柴油車、柴油小客車及 SU●車排放戴奧辛污染測試調查， EPA-95-FA13-03-A027
輕型柴油車	1	德國 Schwind et al., 1991; Hutzinger et al., 1992
	13	德國 Schwind et al., 1991; Hutzinger et al., 1992
	93.3	Exposure and Human Health Reassessment of 2,3,7,8- Tetrachlorodibenzo-p-Dioxin (TCDD) and Related Compounds
	24	瑞典 Hagenmaier et al., 1990
	1,050*	重型柴油車、柴油小客車及 SU●車排放戴奧辛污染測試調查， EPA-95-FA13-03-A027
	平均 32.83	*排放係數與其他係數差距較大，不列入平均值估計
重型柴油車	130	德國 Schwind et al., 1991; Hutzinger et al., 1992
	150	德國 Schwind et al., 1991; Hutzinger et al., 1992
	151	美國 Gullett et al., 1997
	160	美國 Gullett et al., 2002
	290	美國 Gullett et al., 1997
	499	美國 Gullett et al., 1997
	550	美國 Gullett et al., 2002
	917.3	台灣 Chang et al, 2004
	1,640	美國 Gullett et al., 2002
	1,720	Exposure and Human Health Reassessment of 2,3,7,8- Tetrachlorodibenzo-p-Dioxin (TCDD) and Related Compounds
	6,630	美國 CARB,1987a;Lew, 1996
	13,000	美國 CARB,1987a;Lew, 1996
	18,600*	重型柴油車、柴油小客車及 SU●車排放戴奧辛污染測試調查， EPA-95-FA13-03-A027
	平均 1167.03	*排放係數與其他係數差距較大，不列入平均值估計

表 6-7 移動源戴奧辛排放推估使用係數表(2/2)

2.汽油車戴奧辛排放係數

編號	戴奧辛排放係數 (pg I-TEQ/km)	戴奧辛排放係數 (ng I-TEQ/萬公里)	文獻
1	0.36	3.6	瑞典 Marklund et al., 1990
2	0.39	3.9	瑞典 Marklund et al., 1990
3	0.7	7	德國 Hagenmaier et al., 1990
4	1	10	紐西蘭 Bingham et al., 1989
5	1.5	15	德國 Schwind et al., 1991; Hutzinger et al., 1992
6	1.5	15	Exposure and Human Health Reassessment of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo- p-Dioxin (TCDD) and Related Compounds
7	2.6	26	德國 Schwind et al., 1991; Hutzinger et al., 1992
8	5.1	51	德國 Hagenmaier et al., 1990
9	5.7	57	德國 Schwind et al., 1991; Hutzinger et al., 1992
10	10	100	比利時 We●ers et al,1992
11	17.7	177	德國 Schwind et al., 1991; Hutzinger et al., 1992
12	20	200	瑞典 Marklund et al., 1987
13	22.93	229.3	台灣 Chang et al, 2004
14	38	380	挪威 Oehme et al, 1991
15	113	1130	重型柴油車、柴油小客車及 SU●車排放戴奧辛污染測試調查，EPA-95-FA13-03-A027
16	200	2000	瑞典 Marklund et al., 1987
17	520	5200	挪威 Oehme et al, 1991
平均	9.11	91.06	由於編號 15 至 17 之排放係數與其他係數差距較大，不列入平均值估計

資料來源：1. Exposure and Human Health Reassessment of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-Dioxin (TCDD) and Related Compounds, National Academy Sciences (NAS) Re●iew Draft, U.S.EPA, 2003

2. M. Oehmea, S. Larssena and E.M. Bre●ika, Emission factors of PCDD and PCDF for road ●ehicles obtained by tunnel experiment, Chemosphere ●olume 23, Issues 11-12, 1991, Pages 1699-1708

3. Moo Been Chang, Shu Hao Changa, Yuan Wu Chenb and Hsuan Chien Hsua, Dioxin emission factors for automobiles from tunnel air sampling in Northern Taiwan, Science of The Total En●ironment ●olume 325, Issues 1-3, 5 June 2004, Pages 129-138

4. 行政院環境保護署，重型柴油車、柴油小客車及 SU●車排放戴奧辛污染測試調查，EPA-95-FA13-03-A027,2007

(二)燃料(煤、油及其他)鍋爐

本單元之煤及油之燃燒量依固定源申報量為主，並配合經濟部能源局之能源平衡表，補足未納入之活動強度量於蒸氣鍋爐及燃油鍋爐。

燃料鍋爐分為煤燃燒(電廠、汽電共生廠、燃煤蒸氣鍋爐)、油燃燒及其他燃料鍋爐(如燃木材)，101 年之推估排放量煤燃燒 7.30 g I-TEQ/年；油燃燒 0.88 g I-TEQ/年；其他燃燒鍋爐 1.68 g I-TEQ/年。各類別分佈如圖 6-6

所示，煤燃燒所佔比例 74.1% 為最大。

101 年燃煤量為 55,974 千公噸，電廠(台電、麥寮汽電、和平)之燃煤量 33,367 千公噸佔 59.6%，汽電共生廠為 16,394 千公噸(29.3%)，燃煤蒸氣鍋爐為 6,212 千公噸(11.1%)。但燃煤蒸氣鍋爐排放量為該類別之 17.0%，與燃煤電廠 52.1% 及汽電共生廠 30.8% 相比，排放量比例較活動強度比例高(圖 6-7)，顯示蒸氣鍋爐排放係數較高。

燃油燃燒部分，過去因國內無燃油電廠及鍋爐排放戴奧辛之檢測數據，以其他國家之平均排放係數 181,367 ng I-TEQ/千公秉油用量推估。本年度執行一座次燃油鍋爐戴奧辛排放檢測，計算排放係數為 21,682 ng I-TEQ/千公秉燃油量，為過去所引用係數 12%，由於僅一筆數據，目前暫不以此取代原排放係數。本類別因國內燃油鍋爐數量繁多(國內 8000 多家)，推估時利用經濟部能源局能源平衡表進行活動強度之總量平衡，101 年工業燃油用量為 4,875 千公秉，推估排放量為 0.88 g I-TEQ/年。

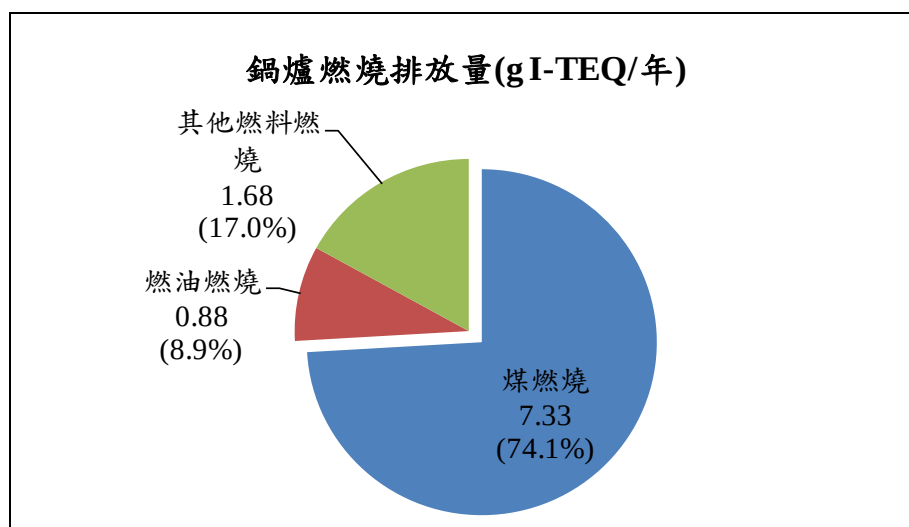
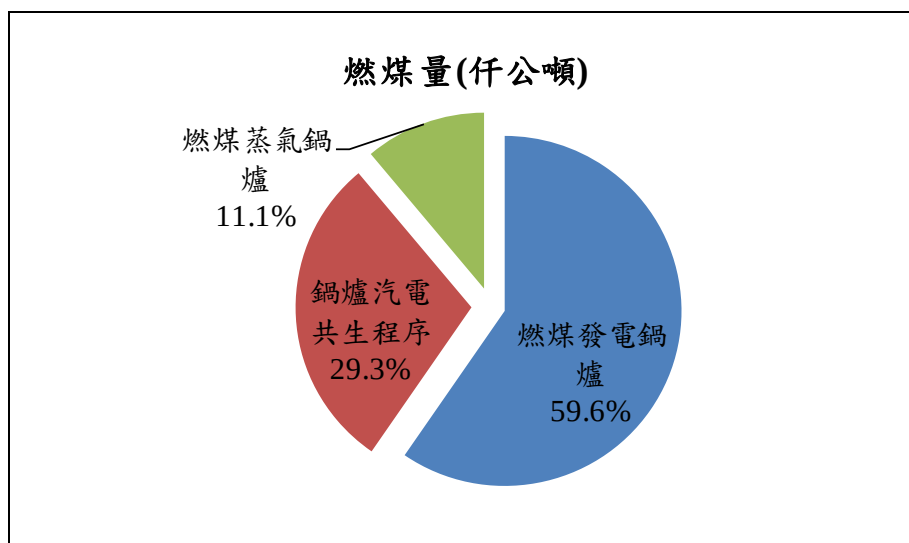
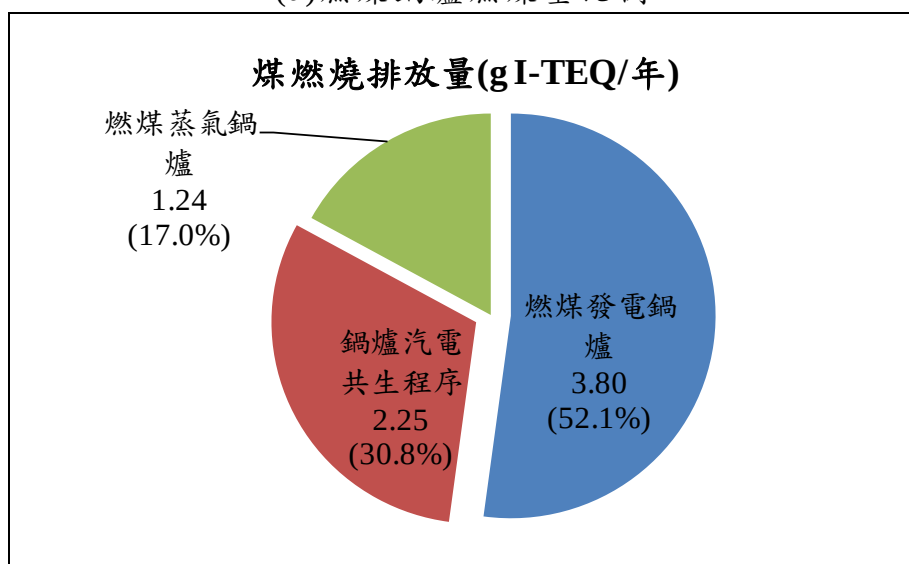


圖 6-6 101 年燃料鍋爐戴奧辛排放量比例



(a)燃煤鍋爐燃煤量比例



(b)燃煤鍋爐戴奧辛排放量比例

圖 6-7 101 年燃煤鍋爐燃煤量及戴奧辛排放量比例

國內部分鍋爐以木屑等資源回收物取代燃油為燃料，在燃燒條件上異於鍋爐，燃料上亦不同於燃油鍋爐，因此自 94 年起，將此類排放源另歸一類。戴奧辛平均排放係數為 2,845 ng I-TEQ/公噸燃料，活動強度為 590,383 公噸，推估排放量為 1.68 g I-TEQ/年。

根據近年檢測結果發現，每年都有數座此類鍋爐戴奧辛排放濃度超標，甚至有高達 39ng I-TEQ/Nm³ 者，本

計畫今年檢測結果求得之排放係數為 157,738 ng I-TEQ/公噸燃材量，亦明顯高於過去。經查發現業者所使用之廢棄物性質差異大，以燃木鍋爐為例，較差者混雜許多其他如塑膠等廢棄物，顯見各批次間燃燒狀況差異很大，且防制設備與焚化爐相比亦較為簡陋。

近年因化石燃料價格高漲，許多原使用燃煤或燃油之鍋爐改為以廢棄物(如木材等)為燃料，以節省開支。另外，亦發現部分業者以鍋爐形式申請排放許可，但實則以燃燒廢棄物為主，藉此規避焚化爐較嚴格之標準。因此本業別之排放狀況與業者數量變動性大，使得排放量推估之不確定性高，需持續觀察其變化；本計畫將建議稽查大隊與縣市環保局增加以廢棄物燃料鍋爐之稽查與操作查核，以掌握排放情形。

三、燃燒源－其他高溫產源

(一) 水泥窯爐

依據水泥窯檢測數據，平均排放係數為 55 ng I-TEQ/公噸；代處理廢溶劑或廢輪胎之水泥窯之平均排放係數為 403 ng I-TEQ/公噸。配合 101 年水泥窯活動強度 12,301,543 公噸及代處理廢溶劑或廢輪胎之水泥窯活動強度 387,542 公噸，排放量各為 0.68 g I-TEQ/年及 0.16 g I-TEQ/年。

(二) 瀝青拌合業

過去因國內無瀝青拌合廠排放戴奧辛之檢測數據，故以其他國家之平均排放係數 13.6 ng I-TEQ /公噸瀝青拌合量推估排放量。今年度本計畫執行 1 座次瀝青拌合廠之戴奧辛排放檢測，濃度範圍變動大，三筆檢測數據中，最大值為最小值之 38 倍。以檢測數據求得之排放係數為 809 ng I-TEQ/公噸瀝青量，遠高於過去因國內無瀝青拌合業戴奧辛排放檢測數據所採用之國外排放係數 (0.2~47 ng I-TEQ/公噸瀝青量，平均為 13.63 ng I-TEQ/公噸瀝青量)。由於檢測結果與國外係數差異過大，故本

數據僅做為排放量最大值推估用，不納入平均排放量計算。以固定源申報資料之瀝青混擬土量 922 萬公噸推估，戴奧辛排放量為 0.13 g I-TEQ/年。

(三) 石油煉製之觸媒再生

國內尚未有石油煉製之觸媒再生程序排放戴奧辛之檢測數據，以美國之排放係數 10 ng I-TEQ/公秉重組進料及工廠提供重組進料量(2,322,804 公秉)推估戴奧辛排放量為 0.023 g I-TEQ/年。

(四) 黑液回收鍋爐

以國內黑液回收鍋爐之戴奧辛檢測數據結果計算平均排放係數為 54 ng I-TEQ /公噸接近聯合國之建議排放係數 70 ng I-TEQ /公噸。活動強度部分則依據空污費申報資料，黑液鍋爐處理量為 620,535 公噸；推估得戴奧辛排放量為 0.03 g I-TEQ/年。

(五) 固態廢棄物衍生性燃料製程

本類別為 101 年新增類別，以國內固態廢棄物衍生性燃料製程之戴奧辛檢測數據結果計算，排放係數為 186 ng I-TEQ /公噸。活動強度部分則依據空污費申報資料，黑液鍋爐處理量為 84,767 公噸；推估得戴奧辛排放量為 0.02 g I-TEQ/年。

四、燃燒源－逸散性排放源

(一) 掩埋場產氣燃燒

國內尚未有掩埋氣體火焰燃燒排放戴奧辛之檢測數據，以其他國家之平均排放係數 0.85 ng I-TEQ/m³產氣及台灣地區廢棄物掩埋場之甲烷氣體年排放量 10.2 億立方公尺，推估戴奧辛排放量為 0.87 g I-TEQ/年。

(二) 建物火災、車輛火災、森林火災

以其他國家之平均排放係數及內政部統計處 101 年國內之火災發生次數資料推估（排放係數及活動強度詳見表 6-2）。

(三) 煙草燃燒

國內尚未有煙草燃燒排放戴奧辛之檢測數據，以其他國家之排放係數 0.67 pg I-TEQ /煙及我國香煙販售量 37,315 百萬支推估戴奧辛排放量為 0.025 g I-TEQ/年。

(四) 稻草露天焚化、紙錢燃燒、農業廢棄物焚化

本類別採環保署計畫所實驗推估之排放係數，稻草焚化排放係數 35,398 ng I-TEQ/公噸，紙錢焚化排放係數 5,170 ng I-TEQ/公噸及農業廢棄物蓮霧、番荔枝(釋迦)及蕃石榴焚化之排放係數 6,000 ng I-TEQ/公噸、21,700 ng I-TEQ/公噸及 3,900 ng I-TEQ/公噸。本類別排放係數雖經本土化之實驗，但因影響露天焚化排放之因素眾多，排放係數代表性較低，僅為實驗結果推估。UNEP 之係數分為兩個等級，露天燃燒之廢氣物乾淨且於良好的燃燒狀況時為 500 ng I-TEQ/公噸，含有殺蟲劑且燃燒狀況較差時為 30,000 ng I-TEQ/公噸。我國農業廢棄物焚化之係數應屬合理。

往年推估國內稻草露天燃燒量，採用農委會公布之稻草產量配合農委會 90~93 年調查稻草焚燒處理之比例推算，但與 TEDS 7.1 面燃燒源推估方式中以一期稻作 18.83%及二期稻作 15.52%相比，往年推估量較少，為避免有低估排放量之情形，本年度改以 TEDS 7.1 方式推估，也以利與其他污染物排放量推估一致。

以 TEDS 7.1 推估之燃燒量為 241,058 公噸，排放量為 8.53 g I-TEQ/年，成為與電弧爐、燒結爐等戴奧辛主要排放源相同的大排放源。

紙錢燃燒之部分，造紙公會統計每年約有 12~15 萬噸之進口及產製金紙，環保署推行環保祭拜，利用集中焚燒等方式減量，集中處理量推估為 1.5 萬噸，推得焚燒量約為 12 萬噸。國內農業廢棄物焚化量依據 98 年環保署計畫調查為 116,839 公噸。上述活動強度僅為推估，可

能存在較大之誤差。紙錢燃燒為 0.62 g I-TEQ/年；農業廢棄物焚化為 1.34 g I-TEQ/年。

五、金屬煉製/製程排放

101 年金屬煉製/製程排放戴奧辛約為 21.62 g I-TEQ/年，鋼鐵業佔 85.9%，排放量為 18.58 g I-TEQ/年；非鐵二級冶煉佔 13.2%，排放量為 2.86 g I-TEQ/年；集塵灰高溫冶煉設施佔 0.8%，排放量為 0.18 g I-TEQ/年。

(一) 鋼鐵熔融冶煉

1. 燒結爐

國內已有 6 座燒結爐，101 年檢測平均排放係數為 549 ng I-TEQ/公噸燒結礦，配合 101 年度活動強度 15,811,491 公噸燒結礦，推估排放量為 8.67g I-TEQ/年。彙整歷年活動強度與排放係數如圖 6-8，可看出至 98 年來排放係數已相當穩定，97 年第二階段標準實施以來，燒結爐之排放情形已獲得控制。中龍 2 期已於 102 年正式運轉，預期未來煉鋼量將會有增加。如維持操作情形，102 年排放量將繼續受活動強度增減所影響。

2. 電弧爐

依照 99-101 年電弧爐檢測數據，電弧爐之平均戴奧辛排放係數為 838 ng I-TEQ/公噸鋼胚產量。101 年電弧爐活動強度為 9,741,917 公噸，戴奧辛排放量為 8.17 g I-TEQ。

彙整歷年電弧爐活動強度與排放係數如圖 6-9，93 年第一階段標準及 95 年第二階段標準皆可以觀察到整體排放係數的降低，維持在 1,246~1,452 ng I-TEQ/公噸鋼胚產量，101 年之排放係數為歷年最低，838 ng I-TEQ/公噸鋼胚產量，與歷年相比期檢測濃度確實有降低，地方環保局亦有反應近年電弧爐檢測濃度已獲得控制，操作狀況良好，鮮少有超標之情形，顯見加嚴標準的生效，確實有效地使業者控制排放，並且保持穩定效能。

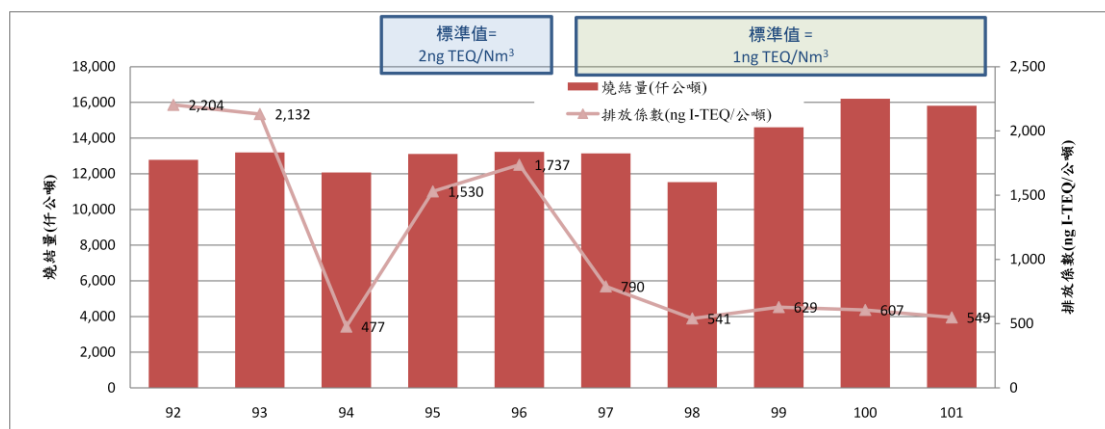


圖 6-8 歷年燒結爐活動強度與排放係數

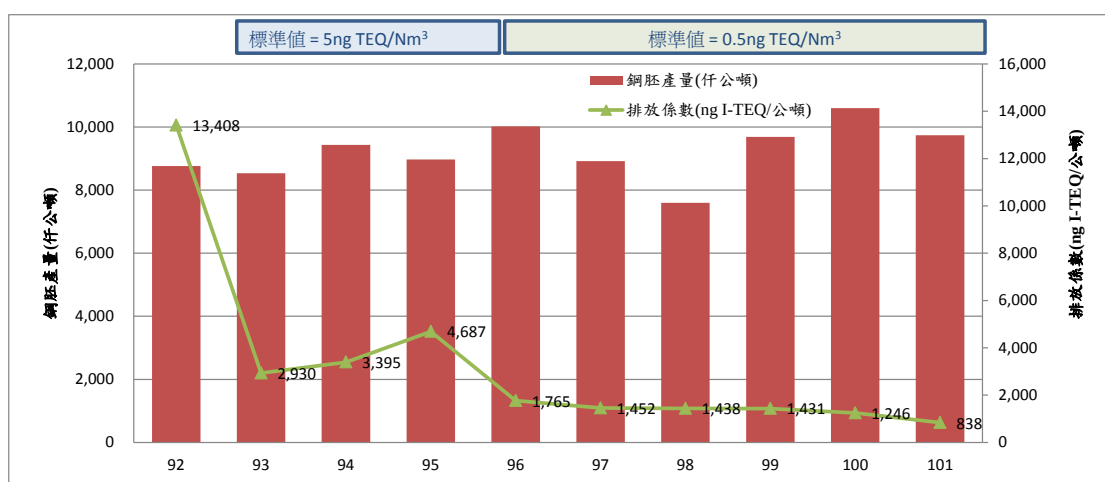


圖 6-9 歷年電弧爐活動強度與排放係數

由排放量推估發現，燒結爐及電弧爐廠因已裝設適當之防制設備，戴奧辛排放情形已獲控制，但考量此二業別之爐體及防制設備運轉已久，未來在汰舊之前可能有操作性能下降之疑慮，無法維持最佳狀態而造成戴奧辛排放量增加。因此燒結爐及電弧爐之排放量在未來無汰舊換新之下，排放量較難有大幅度的降低，應持續觀察是否可持續維持良好操作及控制。

3. 煉焦爐及鑄造廠

煉焦爐之排放係數以 94、95 年各進行 1 座次(各 3 樣品)檢測數據計算，平均排放係數 129 ng I-TEQ/公噸焦炭產量，配合 100 年活動強度 4,580,999 公噸推估戴奧辛排放量為 0.59 g I-TEQ/年。

鑄造廠以國外之平均排放係數 370 ng I-TEQ/公噸金屬進料，配合 92 年調查資料 3,099,837 公噸推估戴奧辛排放量為 1.15 g I-TEQ/年。

(二)非鐵金屬熔融冶煉

1.銅及鋁二次冶煉

依照銅及鋁二次冶煉檢測數據，銅二次冶煉之排放係數為 2,155 ng I-TEQ/公噸金屬進料；鋁二次冶煉為 1,092 ng I-TEQ/公噸金屬進料，配合 101 年活動強度 496,426 公噸/年及 675,073 公噸/年，銅二次冶煉排放量為 1.07 g I-TEQ/年，鋁二次冶煉為 0.74 g I-TEQ/年。

2.鉛及鋅二次冶煉

國內目前缺乏鉛及鋅二次冶煉之戴奧辛檢測數據，鉛二次冶煉直接使用美國之排放係數 50~8,310 ng I-TEQ/公噸鉛產量，鋅二次冶煉引用聯合國環境總署之鋅二次熔爐戴奧辛排放係數 5,000 ng I-TEQ/公噸處理量，活動強度分別為 156,476 公噸及 80,275 公噸，鉛二次冶煉推估排放量為 0.65 g I-TEQ/年，鋅二次冶煉為 0.40 g I-TEQ/年。

(三)金屬回收

1.集塵灰高溫冶煉設施

國內現有 5 家電弧爐集塵灰高溫冶煉設施，分別處理碳鋼與不銹鋼電弧爐之集塵灰(中鋼及中龍設置之廢雜料處理工場亦屬本類)。92 年首度針對本業別進行戴奧辛檢測。95 年由於本業別排放標準已生效，處理碳鋼電弧爐之集塵灰業者亦進行改善工作，排放係數較改善前大幅的降低。由 101 年實際檢測數據，推估平均排放係數為 496 ng I-TEQ/公噸集塵灰。101 年集塵灰處理量為 369,173 公噸，推估戴奧辛排放量為 0.18 g I-TEQ/年。

六、化學製造

(一)二氯乙烷/氯乙烯製程

依據國內檢測結果，本製程之戴奧辛排放係數值為 139 ng I-TEQ/公噸產量。101 年氯乙烯產量 1,817,398 公噸推估，戴奧辛排放量為 0.25 g I-TEQ/年。

101 年排放量推估結果顯示，因傳統戴奧辛主要排放源：焚化爐、電弧爐、燒結工場已加裝完善污染防制設備，再加上良好操作，其排放量已呈現逐年下降。但其他排放源之排放量比例卻有上升趨勢，包含稻草及農廢露天燃燒、鍋爐燃燒及非鐵二次冶煉（圖 6-10）。

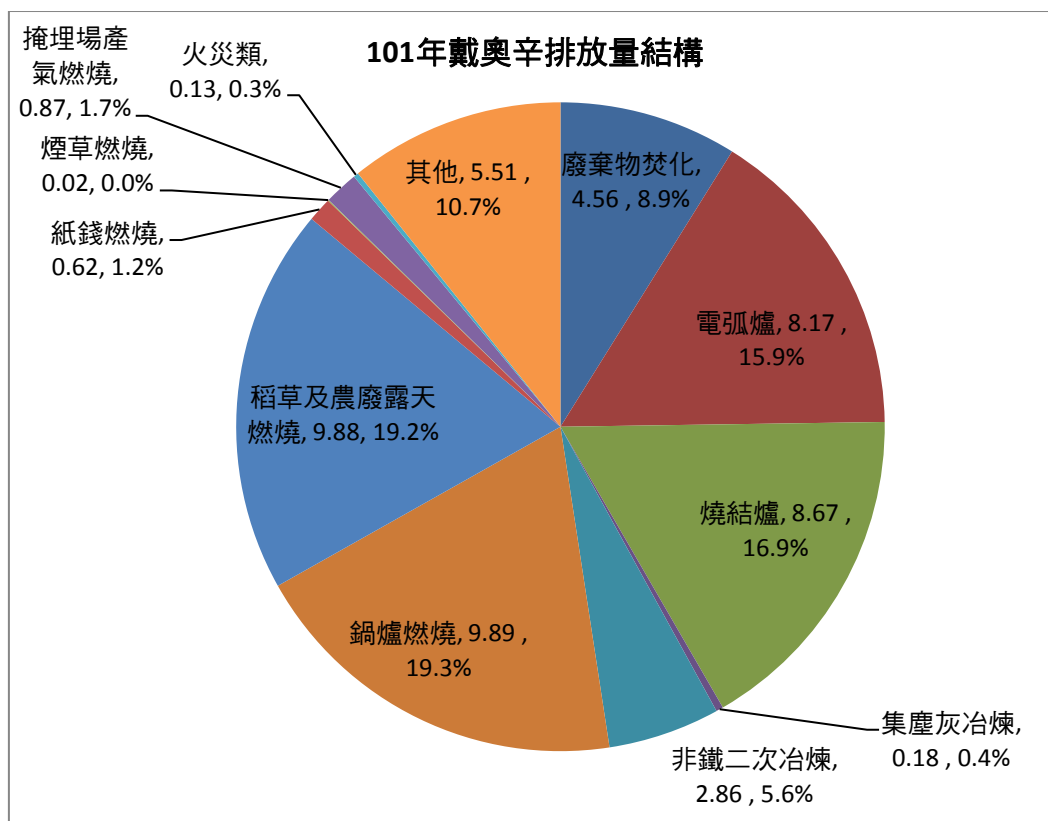


圖 6-10 101 年戴奧辛排放量結構

6.2.2 重金屬

在重金屬排放量推估部分，同樣採用排放係數法進行各類重金屬排放量推估作業。依據過去執行國內重金屬污染源檢測與調查作業，建立不同行業別排放係數，並延續過去重金屬排放資料庫架構，將重金屬污染源區分為燃燒源及金屬冶煉/製程排放兩大類，其中的燃燒源包括焚化爐、火化場、燃煤發電鍋爐、燃煤汽電共生鍋爐、燃煤蒸汽鍋爐、水泥旋窯及瀝青拌合業等；金屬冶煉/製程則包括：電弧爐、燒結爐、非鐵金屬熔煉業及集塵灰高溫冶煉設施等。另外，在砷排放量方面，則涵蓋較特殊之高科技半導體產業及光電產業製程。

各固定污染源重金屬排放係數之推估依據，除了環保署歷年的檢測數據外，亦增加近 3 年縣市環保局稽查檢測數據，而在焚化爐的部分，本年度更納入近 5 年的定期檢測及稽查檢測數據，使得所推估的重金屬排放係數及排放量可信度提升。另外，本計畫參考 UNEP 之活動強度及排放係數不確定性推估方法，針對各等級活動強度給予高低範圍值，及排放係數最小與最大範圍值，進而推估各行業重金屬(鉛、鎘、汞及砷)排放範圍值，作為該行業排放程度評估參考。101 年度各固定污染源重金屬排放係數、排放量及活動強度調查，結果整理如表 6-8 所示。業別排放量可信度等級如表 6-9 所示。

表 6-8 101 年度重金屬排放清冊(1/2)

編號	污 染 源	國 內 數 量(廠數)	活動強度 (噸-*/年)	平均排放係數(mg/ton-*)				排放量(ton/年) (百分比%) (最小值-最大值)			
				鉛	鎘	汞	砷	鉛	鎘	汞	砷
一、燃燒源											
(一)焚化設施產源											
1	大型垃圾焚化爐	24	6,404,987	144.50	8.38	31.88	25.06	0.926 (5.83) (0.647-1.919)	0.054 (6.10) (0.037-0.094)	0.204 (11.06) (0.140-0.364)	0.160 (3.82) (0.0110-0.756)
2	一般廢棄物焚化爐	1	4,586	78.24	3.23	13.04	16.00	0.000 (0.00) (0.0003-0.0012)	0.000 (0.00) (0.0000-0.0001)	0.000 (0.00) (0.0000-0.0001)	0.000 (0.00) (0.0001-0.0001)
3	有害廢棄物焚化爐	2	31,970	460.52	28.50	244.02	18.00	0.015 (0.09) (0.014-0.016)	0.001 (0.10) (0.001-0.001)	0.008 (0.42) (0.005-0.011)	0.001 (0.01) (0.001-0.001)
4	事業廢棄物焚化爐	72	555,335	252.67	20.95	32.45	96.24	0.140 (0.88) (0.089-0.472)	0.012 (1.32) (0.007-0.026)	0.018 (0.98) (0.012-0.262)	0.053 (1.27) (0.034-0.140)
5	醫療焚化爐	9	25,048	2,873.67	73.45	154.11	25.44	0.072 (0.45) (0.046-0.170)	0.002 (0.21) (0.001-0.003)	0.004 (0.21) (0.003-0.009)	0.001 (0.02) (0.000-0.001)
6	火化場	32	142,030	30.1 ⁽¹⁾	-	1500 ⁽²⁾	15 ⁽³⁾	0.004 (0.03) (0.003-0.006)	-	0.213 (11.54) (0.149-0.277)	0.002 (0.06) (0.001-0.003)
(二)電力/能源產源											
1	燃煤發電鍋爐	6	33,367,392	94.89	7.84	5.76	60.43	3.166 (19.95) (2.846-3.541)	0.262 (29.75) (0.216-0.344)	0.192 (10.41) (0.166-0.215)	2.016 (48.02) (1.377-6.869)
2	燃煤汽電共生鍋爐	35	16,393,924	98.29	8.84	12.37	18.84	1.611 (10.15) (1.045-2.029)	0.145 (16.47) (0.104-0.191)	0.203 (10.98) (0.142-0.254)	0.309 (7.35) (0.198-0.444)
3	燃煤蒸汽鍋爐	153	6,212,232	856.45	10.08	43.27	96.18	5.320 (33.52) (4.672-6.136)	0.063 (7.12) (0.049-0.086)	0.269 (14.56) (0.203-0.391)	0.598 (14.23) (0.538-0.657)
(三)其他高溫產源											
1	水泥旋窯	9	12,689,085	17.27	5.70	19.82	49.47	0.219 (1.38) (0.175-0.276)	0.072 (8.22) (0.049-0.095)	0.251 (13.62) (0.179-0.624)	0.628 (14.95) (0.423-1.155)
2	瀝青拌合	131	9,220,337	0.712	0.173	6.615	0.366	0.007 (0.04) (0.005-0.009)	0.002 (0.18) (0.001-0.002)	0.061 (3.30) (0.043-0.079)	0.003 (0.08) (0.002-0.004)
二、金屬冶鍊/製程排放											
1	二級鉛冶煉	15	156,477	2,748.34	29.35	3.78	30.56	0.430 (2.71) (0.353-0.503)	0.005 (0.52) (0.003-0.006)	0.001 (0.03) (0.000-0.001)	0.005 (0.11) (0.003-0.006)
2	二級鋁冶煉	80	675,074	261.90	30.56	20.37	17.94	0.177 (1.11) (0.115-1.095)	0.021 (2.35) (0.013-0.056)	0.014 (0.74) (0.009-0.026)	0.012 (0.29) (0.009-0.015)
3	二級銅冶煉	16	496,426	421.87	22.27	28.71	24.41	0.209 (1.32) (0.133-0.431)	0.011 (1.26) (0.007-0.018)	0.014 (0.77) (0.009-0.028)	0.012 (0.29) (0.008-0.019)
4	二級鋅冶煉	11	80,276	9.74	2.03	0.44	6.27	0.001 (0.00) (0.001-0.001)	0.000 (0.02) (0.0001-0.0002)	0.000 (0.00) (0.000-0.000)	0.001 (0.01) (0.001-0.001)

表 6-8 101 年度重金屬排放清冊(2/2)

編號	污 染 源	國內數 量(廠數)	活動強度 (噸-*/年)	平均排放係數(mg/ton-*)				排放量(ton/年)(百分比%) (最小值-最大值)			
				鉛	鎘	汞	砷	鉛	鎘	汞	砷
二、金屬冶鍊/製程排放											
5	二級鎂冶煉	2	3,837	553.98	61.47	22.69	3,430.11	0.002 (0.01) (0.0019-0.0023)	0.000 (0.03) (0.0002-0.0003)	0.000 (0.00) (0.0001-0.0001)	0.013 (0.31) (0.0012-0.0014)
6	燒結爐	2	15,811,491	54.96	3.17	5.34	0.92	0.869 (5.48) (0.826-0.912)	0.050 (5.70) (0.048-0.053)	0.084 (4.57) (0.080-0.616)	0.015 (0.35) (0.014-0.015)
7	電弧爐-一般碳鋼	15	8,490,679	237.72	8.79	18.65	8.54	2.018 (12.72) (1.394-5.929)	0.075 (8.48) (0.056-0.095)	0.158 (8.58) (0.113-0.251)	0.073 (1.73) (0.052-0.122)
8	電弧爐-不鏽鋼	3	1,148,520	183.85	35.70	24.75	8.31	0.211 (1.33) (0.164-0.243)	0.041 (4.66) (0.029-0.052)	0.028 (1.54) (0.022-0.035)	0.010 (0.23) (0.008-0.012)
9	電弧爐-合金鋼	4	102,718	122.42	11.10	69.23	5.27	0.013 (0.08) (0.012-0.013)	0.001 (0.13) (0.001-0.001)	0.007 (0.39) (0.007-0.008)	0.001 (0.01) (0.001-0.001)
10	集塵灰高溫冶煉設施	5	369,173	163.85	18.41	192.49	22.98	0.060 (0.53) (0.045-0.161)	0.007 (0.82) (0.005-0.011)	0.071 (4.56) (0.057-0.086)	0.008 (0.23) (0.008-0.010)
三、其他											
1	半導體	34	1.46	-	-	-	46.03 ⁽⁴⁾	-	-	-	0.067 (1.82) (0.043-0.135)
2	光電業	11	5.45	-	-	-	8.18 ⁽⁴⁾	-	-	-	0.045 (1.21) (0.028-0.081)
3	稻草露天焚化		241,058	1,104.00	97.20	27.00	641.30	0.266 (1.68)	0.023 (2.66)	0.007 (0.35)	0.155 (3.68)
4	農業廢棄物	-	116,839	1143.01	297.38	333.16	112.68	0.134 (0.84)	0.035 (3.95)	0.039 (2.11)	0.013 (0.31)
合 計								15.871 (12.942-24.563)	0.880 (0.686-2.631)	1.847 (1.342-4.473)	4.199 (3.036-10.748)

註：”(1)”排放係數引用 US EPA ,May 1998；”(2)”排放係數引用 US EPA ,December 1997；

”(3)”排放係數引用 US EPA ,June 1998；”(4)”排放係數單位為 kg/ton-砷化物；

”(5)”最大值採本計畫燒結爐流布結果之排放係數

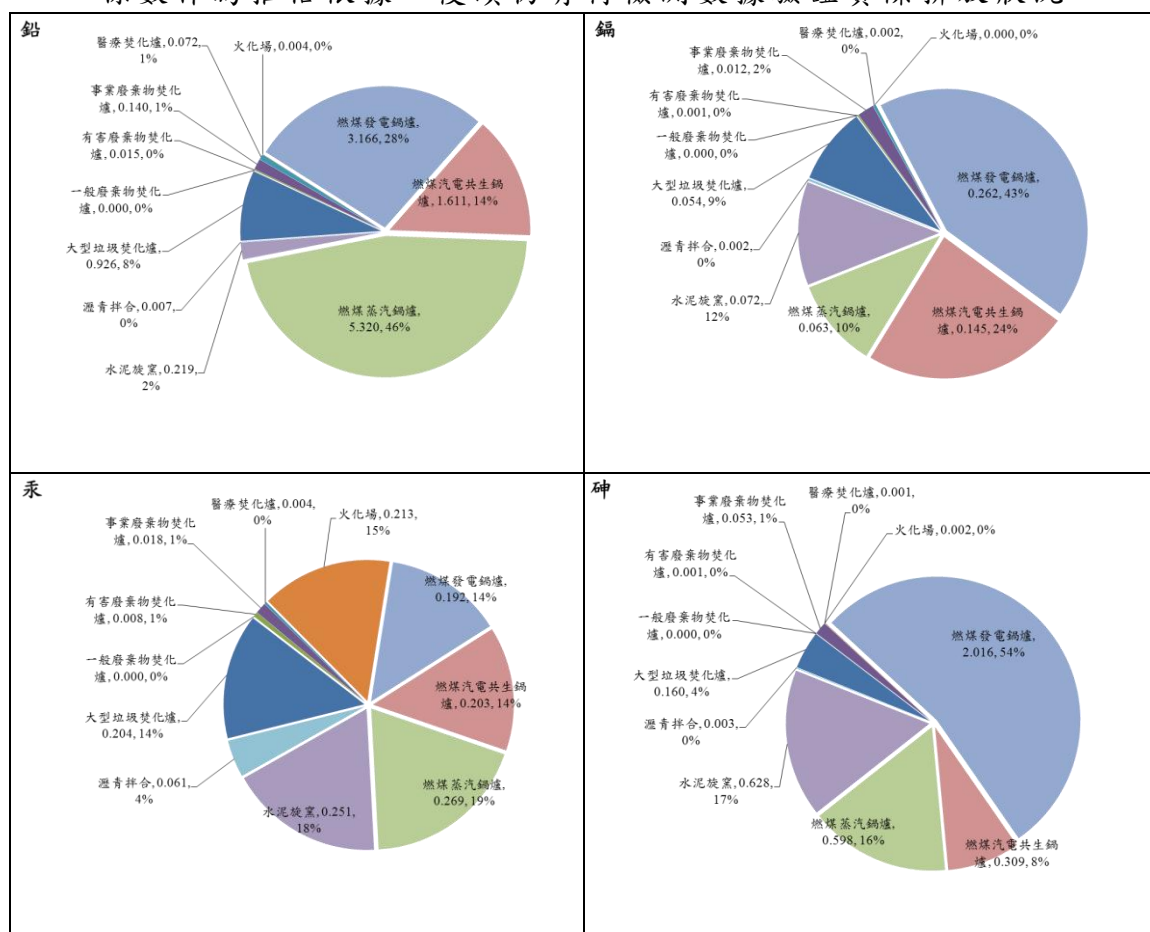
表 6-9 101 年各業別重金屬排放量推估可信度等級

污染源類別	等級	排放係數	活動強度
1 大型垃圾焚化爐	A	A:實廠檢測數據(達 100%)	A:實廠焚化量與起停爐次數
2 一般廢棄物焚化爐	A	A:實廠檢測數據(達 100%)	A:固定源/空污費申報資料
3 有害廢棄物焚化爐	A	A:實廠檢測數據(達 100%)	A:固定源/空污費申報資料
4 事業廢棄物焚化爐	A	A:實廠檢測數據(僅達 60%)	A:固定源/空污費申報資料
5 醫療焚化爐	A	A:實廠檢測數據(僅達 55.6%)	A:固定源/空污費申報資料
6 燃煤發電鍋爐	A	A:實廠檢測數據(僅達 71.4%)	A:固定源/空污費申報資料
7 燃煤汽電共生鍋爐	B	B:實廠檢測數據(僅達 49.2%)	A:固定源/空污費申報資料
8 燃煤蒸汽鍋爐	B	B:實廠檢測數據較缺乏	A:固定源/空污費申報資料
9 水泥窯爐	A	A:實廠檢測數據(僅達 50.0%)	A:固定源/空污費申報資料
10 瀝青拌合	B	B:實廠檢測數據較缺乏	A:固定源/空污費申報資料
11 銅二次冶鍊	B	B:實廠檢測數據較缺乏	B:固定源/空污費申報資料，污染源數量變動大，可能有遺漏
12 鋁二次冶鍊	B	B:實廠檢測數據較缺乏	
13 鉛二次冶鍊	B	B:實廠檢測數據較缺乏	
14 鋅二次冶鍊	B	B:實廠檢測數據較缺乏	
15 鎂二次冶鍊	B	B:實廠檢測數據較缺乏	
16 燒結廠	A	A:實廠檢測數據(僅達 50%)	A:固定源/空污費申報資料
17 電弧爐	A	A:實廠檢測數據(僅達 68%)	A:固定源/空污費申報資料
18 集塵灰高溫冶煉設施	B	B:實廠檢測數據(僅達 40%)	A:事業廢棄物管制系統資料
19 半導體	B	B:實廠檢測數據(達 44%)，各廠差異範圍較大	A:固定源/空污費申報資料
20 光電業	B	B:實廠檢測數據(僅達 23%)	A:固定源/空污費申報資料
21 火化場	C	C:美國排放係數	A:內政部統計處資料
22 稻草露天焚化	B	B:本土實驗係數，但影響因子多	B:稻草焚化比例為推估
23 農業廢棄物露天焚化	B	B:本土實驗係數，但影響因子多	B:98 年調查資料，可能有誤差

為了確實掌握主要固定污染源重金屬(鉛、鎘、汞及砷)污染排放狀況，環保署預定修訂第一至第三批應定期檢測及申報之行業別，並將現行所需檢測之重金屬鉛、鎘、汞外，另新增砷於定期檢測項目中(詳 7.2.2 節)。第一、二批公私場所應定期檢測及申報之固定污染源中，將增加電弧爐煉鋼程序、鐵初級熔煉／熔礦程序及水泥製造程序為應定期檢測重金屬(鉛、鎘、汞、砷)之污染源。新增第三批公私場所應定期檢測及申報之固定污染源，則納入集塵灰高溫冶煉設施、燃煤鍋爐、水泥窯、光電材料、元件或電子零組件製造程序及半導體製造程序為應定期檢測重金屬之污染源。預計公告第一至第三批應定期檢測及申報之行業別後，將有利於各行業別重金屬(鉛、鎘、汞及砷)檢測數據的取得，並逐年建立完整的重金屬(鉛、鎘、汞及砷)排放係數，提升排放量推估的可信度。

燃燒源是重金屬(鉛、鎘、汞及砷)主要污染排放源，101 年燃燒源之重金屬鉛、鎘、汞及砷排放量分別為 15.871(12.942~24.563)、

0.880(0.686~2.631)、1.847(1.342~4.473)及 4.199(3.036~10.748)噸/年。其中，鉛、鎘及砷的主要排放源為燃煤發電鍋爐、燃煤蒸汽鍋爐及燃煤汽電共生鍋爐(如圖 6-9)；而汞的主要排放源為燃煤蒸汽鍋爐及水泥旋窯，其次是火化場、燃煤發電鍋爐、燃煤汽電共生鍋爐及大型垃圾焚化爐等。其中，火化場雖於本計畫檢測一筆資料，但火化場之設備狀態差異很大，因此，目前僅參考美國排放係數作為推估依據，後續仍有待檢測數據驗證實際排放狀況。



單位：公噸/年

圖 6-11 101 年燃燒源重金屬(鉛、鎘、汞及砷)排放量比例

一、燃燒源－焚化設施

(一) 大型垃圾焚化爐

大型垃圾焚化爐之重金屬排放係數推估，係採用環保署 93 年重金屬檢測數據、99 年地方環保局稽查檢測數據，以及近 5 年的定期檢測及稽查檢測數據共同整理推

估而得。以廠次比例來看，目前掌握檢測比例達 79%，若加上近 5 年的定期檢測及稽查檢測數據，則檢測比例高達 100%。另外，由 93 年「未納管戴奧辛排放源改善及大型焚化爐重金屬排放調查計畫」執行成果，發現大型垃圾資源回收廠重金屬(鉛、鎘、汞)定期檢測資料和環保署計劃執行之檢測結果，頗為一致，而 99 年地方環保局稽查檢測數據及近 5 年的定期檢測及稽查檢測數據顯示亦同。

統計 101 年國內垃圾焚化量為 6,404,987 公噸，其重金屬排放係數及排放量推估結果整理如表 6-10。

表 6-10 大型垃圾資源回收廠重金屬排放推估結果

年度	活動強度 (ton-coal/年)	鉛		鎘		汞		砷	
		排放係數 (mg/ton-廢棄物)	排放量 (公噸/年)	排放係數 (mg/ton-廢棄物)	排放量 (公噸/年)	排放係數 (mg/ton-廢棄物)	排放量 (公噸/年)	排放係數 (mg/ton-廢棄物)	排放量 (公噸/年)
94	5,614,930	130.6	0.733	6.99	0.039	41.0	0.230	29.7	0.166
95	5,683,033	129.2	0.734	7.06	0.040	41.1	0.233	28.5	0.162
96	5,948,765	131.6	0.783	7.25	0.043	41.1	0.244	26.8	0.159
97	6,110,837	131.2	0.802	7.11	0.043	40.9	0.250	27.5	0.168
98	6,092,929	131.5	0.801	7.24	0.044	42.7	0.260	26.6	0.162
99	6,235,390	165.1	1.029	7.18	0.045	27.0	0.168	24.5	0.153
100	6,355,422	164.9	1.048	7.33	0.047	28.9	0.184	22.9	0.146
101	6,404,987	144.5	0.926	8.38	0.054	31.9	0.204	25.1	0.160

(二) 中小型焚化爐

中小型廢棄物焚化爐之重金屬排放係數推估，係以環保署於 94 年執行之中小型廢棄物焚化爐重金屬(鉛、鎘、汞及砷)檢測計畫、99 年度地方環保局之重金屬稽查檢測，以及近 5 年定期檢測及稽查檢測數據共同整理推估而得，檢測比例為 56%。依據一般、有害、事業及醫療等四種不同焚化爐類型，101 年廢棄物處理量分別為 4,586 噸/年(檢測比例 100%)、31,970 噸/年(檢測比例 100%)、555,335 噸/年(檢測比例 60%)及 25,048 噸/年(檢測比例 55.6%)，其重金屬排放係數及排放量推估結果整理如表 6-11。其中，有害事業廢棄物焚化爐重金屬排放

量推估部分，在 98 年增加榮民工程股份有限公司彰濱工業區事業廢棄物資源回收處理廠，故各重金屬排放量均增加。

表 6-11 中小型焚化爐重金屬排放推估結果

年度	活動強度 (ton-廢棄物/ 年)	鉛		鎘		汞		砷	
		排放係數 (mg/ton-廢棄物)	排放量 (公噸/年)	排放係數 (mg/ton-廢棄物)	排放量 (公噸/年)	排放係數 (mg/ton-廢棄物)	排放量 (公噸/年)	排放係數 (mg/ton-廢棄物)	排放量 (公噸/年)
(一)一般廢棄物									
94	41,093	268	0.0110	28.34	0.0012	7.44	0.0003	23.00	0.0009
95	33,527	242	0.0081	28.71	0.0010	7.19	0.0002	24.13	0.0008
96	5,275	435	0.0023	25.98	0.0001	9.01	0.0000	15.93	0.0001
97	6,271	434	0.0027	26.00	0.0002	9.00	0.0001	16.00	0.0001
98	6,548	434	0.0028	26.00	0.0002	9.00	0.0001	16.00	0.0001
99	5,210	434	0.0023	26.00	0.0001	9.00	0.0000	16.00	0.0001
100	3,919	434	0.0017	26.00	0.0001	9.00	0.0000	16.00	0.0001
101	4,586	78.2	0.0004	3.23	0.0000	13.04	0.0001	16.00	0.0001
(二)有害廢棄物									
94	17,559	262	0.0046	26.0	0.0005	30.0	0.0005	18.00	0.0003
95	13,820	262	0.0036	26.0	0.0004	30.0	0.0004	18.00	0.0002
96	28,249	262	0.0074	26.0	0.0007	30.0	0.0008	18.00	0.0005
97	28,759	262	0.0075	26.0	0.0007	30.0	0.0009	18.00	0.0005
98	15,989	276	0.0044	26.5	0.0004	42.8	0.0007	18.00	0.0003
99	30,690	413	0.0127	24.0	0.0007	142	0.0043	18.00	0.0006
100	30,565	494	0.0151	28.5	0.0009	258	0.0079	18.00	0.0006
101	31,970	461	0.0147	28.5	0.0009	244	0.0078	18.00	0.0006
(三)事業廢棄物									
94	535,117	196	0.105	16.1	0.009	12.4	0.007	227	0.121
95	600,175	199	0.120	17.1	0.010	12.8	0.008	264	0.158
96	758,126	233	0.176	16.5	0.013	12.8	0.010	365	0.277
97	623,556	190	0.119	15.9	0.010	12.7	0.008	251	0.156
98	609,815	197	0.120	16.3	0.010	13.1	0.008	71.4	0.044
99	704,340	279	0.196	22.8	0.016	44.1	0.031	71.4	0.050
100	577,186	254	0.147	20.5	0.012	41.0	0.024	100.0	0.058
101	555,335	253	0.140	21.0	0.012	32.5	0.018	96.2	0.053
(四)醫療廢棄物									
94	18,240	17,292	0.315	301	0.005	86.6	0.002	25.1	0.000
95	20,148	16,701	0.336	292	0.006	108	0.002	24.4	0.000
96	20,788	16,065	0.334	281	0.006	76.1	0.002	24.9	0.001
97	19,767	16,405	0.324	287	0.006	77.3	0.002	25.0	0.000
98	21,378	16,214	0.347	283	0.006	82.7	0.002	24.6	0.001
99	25,918	14,913	0.387	263	0.007	76.5	0.002	25.0	0.001
100	26,683	14,943	0.399	264	0.007	80.1	0.002	25.2	0.001
101	25,048	2,874	0.072	73.5	0.002	154	0.004	25.4	0.001

隨著「中小型廢棄物焚化爐戴奧辛管制及排放標準」實施後，國內中小型廢棄物焚化爐運轉家數有逐年降低

的趨勢，目前國內一般小型廢棄物焚化爐僅剩彰化和美垃圾焚化爐一家正常運轉中；有害事業廢棄物焚化爐則有榮民工程事業管理處特殊廢棄物焚化處理廠及榮民工程股份有限公司彰濱工業區事業廢棄物資源回收處理廠兩家；而事業廢棄物焚化爐有 72 家，醫療廢棄物焚化爐則尚存 9 家運轉中。

(三)火化場

火化場目前尚無重金屬(鉛、鎘、汞及砷)定檢規範，故檢測數據取得不易，因此，本計畫參考美國火化場之鉛、汞及砷排放係數，再以國內歷年活動強度推估其重金屬排放量，如表 6-12 所示。以內政部公告 101 年火化遺體數 142,030 具，推估重金屬鉛、汞及砷之排放量分別為 0.004、0.213 及 0.002 噸/年。

表 6-12 火化場重金屬排放推估結果

年 度	活動強度 (ton-coal/年)	鉛		鎘		汞		砷	
		排放係數 (mg/ton-廢棄物)	排放量 (公噸/年)	排放係數 (mg/ton-廢棄物)	排放量 (公噸/年)	排放係數 (mg/ton-廢棄物)	排放量 (公噸/年)	排放係數 (mg/ton-廢棄物)	排放量 (公噸/年)
94	114,478	30.10	0.003	-	-	1500.00	0.172	15.00	0.002
95	117,044	30.10	0.004	-	-	1500.00	0.176	15.00	0.002
96	123,217	30.10	0.004	-	-	1500.00	0.185	15.00	0.002
97	126,442	30.10	0.004	-	-	1500.00	0.190	15.00	0.002
98	130,132	30.10	0.004	-	-	1500.00	0.195	15.00	0.002
99	131,249	30.10	0.004	-	-	1500.00	0.197	15.00	0.002
100	138,826	30.10	0.004	-	-	1500.00	0.208	15.00	0.002
101	142,030	30.10	0.004	-	-	1500.00	0.213	15.00	0.002

二、燃燒源－電力/能源產源

(一)燃煤發電鍋爐

目前國內正常運轉中燃煤發電鍋爐共計 21 座，台電公司 16 座、麥寮 3 座及和平電廠 2 座，以燃燒煙煤及亞煙煤為主；而台電大林廠燃煤機組於 101 年 9 月起已除役；而燃煤發電鍋爐污染防制設備設置狀況，在粒狀污染物都以靜電集塵器(ESP)捕集；NO_x 多採用低氮氧化物燃燒機、火上空氣及 SCR 等處理；SO_x 則由 FGD 去除。

環保署於 94 年針對燃煤發電廠之發電鍋爐製程進行重金屬鉛、鎘、汞及砷檢測，檢測對象包括：台電公司台中火力發電廠、大林電廠、林口電廠及興達電廠，以及民營電廠的麥寮火力發電廠及和平火力發電廠等六家，並新增環保局 99 年及 101 年稽查檢測數據，依據相關檢測結果計算排放係數，檢測比例達 71.4%；由於歷年燃煤發電鍋爐的燃煤使用量呈一穩定狀態，故其排放量變動性不大。

依據資料調查統計，國內燃煤發電鍋爐 101 年總燃煤量為 33,367,392 噸，其重金屬排放係數及排放量推估結果整理如表 6-13。

表 6-13 燃煤發電鍋爐重金屬排放推估結果

年度	活動強度 (ton-coal/年)	鉛		鎘		汞		砷	
		排放係數 (mg/ton-coal)	排放量 (公噸/年)	排放係數 (mg/ton-coal)	排放量 (公噸/年)	排放係數 (mg/ton-coal)	排放量 (公噸/年)	排放係數 (mg/ton-coal)	排放量 (公噸/年)
94	30,648,836	108.61	3.329	8.36	0.256	5.09	0.156	55.47	1.700
95	35,189,690	106.44	3.745	8.36	0.294	5.02	0.177	49.20	1.731
96	35,521,154	110.82	3.937	8.53	0.303	4.94	0.176	57.66	2.048
97	35,760,919	108.98	3.897	8.57	0.307	4.96	0.177	53.06	1.898
98	35,236,274	109.40	3.855	8.50	0.299	4.96	0.175	58.88	2.075
99	35,694,293	91.07	3.251	8.16	0.291	5.96	0.213	59.05	2.108
100	33,397,136	88.85	2.967	8.13	0.271	5.96	0.199	60.10	2.007
101	33,367,392	94.89	3.166	7.84	0.262	5.76	0.192	60.43	2.016

(二) 燃煤汽電共生鍋爐

依據基本資料調查結果統計，目前國內正常運轉中之燃煤汽電共生鍋爐共計 35 廠 67 座。污染防治設備以 ESP 或 BF 捕集粒狀污染物；NO_x 多採用低氧化物燃燒機、火上空氣或 SCR 等設備處理；SO_x 則由 FGD 去除。

環保署自 92 年到 97 年間共完成 16 廠次燃煤汽電共生鍋爐煙道氣重金屬排放濃度檢測作業；另新增環保局 99 年及 101 年稽查檢測數據，檢測比例為 49.2%，依據相關檢測結果計算排放係數，以 33 座燃煤汽電共生鍋爐之檢測結果推估 67 座排放量，其代表性尚嫌不足。依據

資料調查統計，國內燃煤汽電共生鍋爐 101 年總燃煤量為 16,393,924 噸，其重金屬排放係數及排放量推估結果整理如表 6-14。

表 6-14 燃煤汽電共生鍋爐重金屬排放推估結果

年 度	活動強度 (ton-coal/年)	鉛		鎘		汞		砷	
		排放係數 (mg/ton-coal)	排放量 (公噸/年)	排放係數 (mg/ton-coal)	排放量 (公噸/年)	排放係數 (mg/ton-coal)	排放量 (公噸/年)	排放係數 (mg/ton-coal)	排放量 (公噸/年)
94	14,821,569	45.50	0.674	18.67	0.277	8.79	0.130	33.61	0.498
95	14,980,905	42.56	0.638	18.66	0.280	8.94	0.134	30.27	0.453
96	17,812,572	49.99	0.890	19.35	0.345	8.02	0.143	26.71	0.476
97	21,169,756	55.90	1.183	14.44	0.306	10.48	0.222	19.91	0.422
98	16,811,493	59.94	1.008	12.39	0.208	10.13	0.170	19.82	0.333
99	17,562,682	82.38	1.447	9.04	0.159	14.17	0.249	20.18	0.354
100	16,885,513	80.14	1.353	8.71	0.147	14.05	0.237	18.20	0.307
101	16,393,924	98.29	1.611	8.84	0.145	12.37	0.203	18.84	0.309

(三) 燃煤蒸汽鍋爐

本年度將小型燃煤蒸汽鍋爐納入重金屬排放清冊中，以 101 年燃煤蒸汽鍋爐的檢測數據推估排放係數，並以 101 年的活動強度計算排放量然而目前僅取得 3 座燃煤蒸汽鍋爐的檢測數據，其代表性明顯不足，待後續逐年取得檢測數據方可進一步評估排放狀況。燃煤蒸汽鍋爐 101 年總燃煤使用量為 6,212,232 公噸，初步估算其重金屬鉛、鎘、汞及砷排放係數分別為 856.45、10.08、43.27 及 96.18 mg/ton-coal；重金屬鉛、鎘、汞及砷排放量分別為 5.320、0.063、0.269 及 0.598 噸/年。

三、燃燒源－其他高溫產源

(一) 水泥旋窯

依據調查資料統計，目前國內運轉中的水泥旋窯共計 16 座；型式大致可分為三類：(1)SP(suspension preheater system kiln)，係利用旋窯排放之高溫熱氣流，經懸浮式多級旋風筒所組成之預熱裝置，將生料與熱氣流進行長時間之熱交換，使生料在進入旋窯前已達充份

預熱之一種預熱系統旋窯；(2)NSP(new suspension preheater system kiln)，於懸浮式預熱機的最後一級旋風器旁，加裝一組二次燃燒系統，將已經預熱之生料藉二次加熱增加熱交換作用，使生料達到接近燒成狀態後再送入旋窯，以節省熟料燒成時間，亦即可縮短旋窯長度；(3)RSP(Reinforced suspension preheater system kiln)，屬於 NSP 旋窯，惟在其預熱爐之熱能輸入高於主燃燒器，更可節省熟料燒成時間。目前國內正常運轉中水泥旋窯型式採用 RSP 型有 6 座、NSP 型 9 座及 NSF(New Suspension Preheater & Flash)型 1 座，設計每日產能 2,200~8,600 噸。

環保署在 92 年即針對水泥廠汞進行排氣檢測，94 年與 95 年度則執行水泥旋窯重金屬鉛、鎘、汞及砷排氣檢測共 5 座，101 年則再增加 2 座進行檢測。

101 年熟料總產量為 12,689,085 噸/年，其重金屬排放係數及排放量推估結果整理如表 6-15，其中 101 年的汞排放係數略增，主要是部份水泥廠於製程中加入煤灰、污泥等廢棄物造成汞排放濃度相對性較高所致，其汞檢測濃度為 0.035 mg/Nm³。

表 6-15 水泥旋窯重金屬排放推估結果

年度	活動強度 (ton-熟料/年)	鉛		鎘		汞		砷	
		排放係數 (mg/ton-熟料)	排放量 (公噸/年)	排放係數 (mg/ton-熟料)	排放量 (公噸/年)	排放係數 (mg/ton-熟料)	排放量 (公噸/年)	排放係數 (mg/ton-熟料)	排放量 (公噸/年)
94	19,982,494	34.30	0.685	7.19	0.144	13.9	0.278	53.3	1.065
95	19,610,805	32.32	0.634	7.18	0.141	13.7	0.269	53.2	1.044
96	18,094,533	28.52	0.516	7.01	0.127	13.4	0.242	56.3	1.019
97	16,299,872	25.17	0.410	6.77	0.110	12.0	0.196	61.7	1.005
98	14,999,422	23.44	0.352	6.79	0.102	12.1	0.181	61.0	0.915
99	14,695,541	23.12	0.340	6.59	0.097	11.6	0.171	64.7	0.951
100	13,600,452	23.91	0.325	7.30	0.099	13.1	0.178	50.6	0.688
101	12,689,085	17.27	0.219	5.70	0.072	19.82	0.251	49.47	0.628

(二) 瀝青拌合業

依據「台灣區瀝青工業同業公會會員名錄」及環保署「固定污染源資料庫」統計顯示，國內瀝青拌合廠總家數計有 209 家，主要為熱拌瀝青混凝土廠及乳化瀝青廠。熱拌瀝青混凝土係以加熱之粗粒料、細粒料、瀝青膠泥及乾燥之填縫料，依一定比例均勻攪拌生產均勻拌合而成。熱拌瀝青製程主要包括乾燥機、熱料提昇機、振動篩、拌合機及粒料堆置場等，製程中乾燥機的廢氣排放，為瀝青拌合廠之主要污染源，而乾燥機與拌合系統廢氣處理，在考量設置操作總成本與處理效率下，以採旋風集塵機為廢氣前處理後，再導引入袋濾集塵系統處理為最佳控制技術，業者亦大都採此系統作為空氣污染防制設備，其處理效率可高達 99%。

本年度嘗試推估瀝青拌合業重金屬(鉛、鎘、汞及砷)排放量，以今(102)年度瀝青拌合 M 廠煙道氣重金屬(鉛、鎘、汞及砷)排放濃度推估其排放係數，並以 101 年活動強度初估排放量。101 年瀝青拌合產量約為 9,220,337 噸，初估其重金屬鉛、鎘、汞及砷排放量分別為 0.007、0.002、0.061 及 0.003 噸/年。因瀝青拌合 M 廠的原料中有加入袍除料，即為再生瀝青，與一般瀝青製程原料不同，其代表性明顯不足，將有待取得更多檢測數據後再予以修正確認。

四、金屬冶煉/製程排放

(一) 燒結爐

目前國內燒結爐有 2 廠 6 座。而環保署在 94 年有針對燒結爐進行煙道氣重金屬排氣檢測，並依據檢測結果，計算重金屬排放係數為：鉛 54.96 mg/公噸燒結量、鎘 3.17 mg/公噸燒結量、汞 5.34mg/公噸燒結量及砷 0.92 mg/公噸燒結量。統計 101 年總燒結礦產量為 15,811,491 噸/年，其重金屬排放係數及排放量推估結果整理如表 6-16。

另外，為瞭解燒結爐製程汞流布情形，本年度針對 **sinter-A** 廠 4 號燒結爐進行汞流布檢測分析，在煙囪排氣的部分，汞的排放濃度為 $17.148\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ，推估所得之汞排放係數為 $39.01\text{mg}/\text{公噸}-\text{燒結量}$ ，汞排放量則為 $0.616\text{噸}/\text{年}$ ，顯然此行業的汞排放量有低估之可能，根據本計畫燒結爐汞流布結果(4.3.1 節)，sinter-A 廠之汞排放以氧化汞為主，sinter-A 廠已開始針對 3 機組陸續裝設濕式排煙脫硫設備(wFGD)，屆時，即可去除大部分可溶於水的氧化汞，大幅降低汞之排放濃度，汞的排放量即可降低。

表 6-16 燒結爐重金屬排放推估結果

年度	活動強度 (ton-燒結礦/年)	鉛		鎘		汞		砷	
		排放係數 (mg/ton-燒結礦)	排放量 (公噸/年)	排放係數 (mg/ton-燒結礦)	排放量 (公噸/年)	排放係數 (mg/ton-燒結礦)	排放量 (公噸/年)	排放係數 (mg/ton-燒結礦)	排放量 (公噸/年)
94	12,077,008	54.96	0.664	3.17	0.0383	5.34	0.064	0.92	0.011
95	13,115,011	54.96	0.721	3.17	0.0416	5.34	0.070	0.92	0.012
96	13,223,212	54.96	0.727	3.17	0.0419	5.34	0.071	0.92	0.012
97	13,141,407	54.96	0.722	3.17	0.0417	5.34	0.070	0.92	0.012
98	11,533,300	54.96	0.634	3.17	0.0366	5.34	0.062	0.92	0.011
99	15,159,101	54.96	0.833	3.17	0.0481	5.34	0.081	0.92	0.014
100	16,208,086	54.96	0.891	3.17	0.0514	5.34	0.087	0.92	0.015
101	15,811,491	54.96	0.869	3.17	0.0501	5.34	0.084	0.92	0.015

(二) 電弧爐

目前國內正常運轉中之電弧爐共計 22 廠，其中一般碳鋼有 15 廠、不銹鋼 3 廠及合金鋼 4 廠。環保署於 94 年即依生產鋼材種類、廢氣排放方式及分佈情形完成 10 廠次煙道氣重金屬(鉛、鎘、汞及砷)排放檢測，其中一般碳鋼有 6 廠次、不銹鋼廠 3 廠次及合金鋼廠 1 廠次；101 年煉鋼業電弧爐產鋼量分別為：一般碳鋼 8,490,679 噸/年、不銹鋼 1,148,520 噸/年及合金鋼 102,718 噸/年。不同鋼材生產製程之重金屬排放係數及排放量推估結果整理如表 6-17。

依據不同鋼材生產製程推估各重金屬排放量，估得

國內電弧爐 101 年重金屬總排放量約為：鉛 2.242 噸/年、
鎘 0.117 噸/年、汞 0.194 噸/年及砷 0.083 噸/年。

表 6-17 煉鋼業電弧爐重金屬排放推估結果

年 度	活動強度 (ton-銅胚/年)	鉛		鎘		汞		砷	
		排放係數 (mg/ton-銅胚)	排放量 (公噸/年)	排放係數 (mg/ton-銅胚)	排放量 (公噸/年)	排放係數 (mg/ton-銅胚)	排放量 (公噸/年)	排放係數 (mg/ton-銅胚)	排放量 (公噸/年)
(一)一般碳鋼									
94	7,709,123	200.38	1.545	7.88	0.061	20.55	0.158	9.30	0.072
95	7,287,333	199.60	1.455	8.15	0.059	19.68	0.143	9.85	0.072
96	8,389,993	191.35	1.605	8.06	0.068	20.27	0.170	9.73	0.082
97	7,530,688	200.68	1.511	8.17	0.061	19.67	0.148	9.81	0.074
98	6,014,105	202.29	1.217	7.71	0.046	21.23	0.128	9.14	0.055
99	8,080,272	224.03	1.810	7.55	0.061	16.13	0.130	8.28	0.067
100	9,235,152	218.06	2.014	8.02	0.074	16.36	0.151	9.18	0.085
101	8,490,679	237.72	2.018	8.79	0.075	18.65	0.158	8.54	0.073
(二)不銹鋼									
94	2,165,505	207.85	0.450	35.66	0.0772	30.52	0.066	9.94	0.022
95	1,659,481	201.95	0.335	40.93	0.0679	27.07	0.045	8.13	0.013
96	1,537,288	203.95	0.314	42.00	0.0646	27.13	0.042	7.97	0.012
97	1,302,387	206.21	0.269	44.39	0.0578	26.75	0.035	7.49	0.010
98	1,474,572	198.80	0.293	41.12	0.0606	26.24	0.039	7.86	0.012
99	1,523,720	197.21	0.300	41.05	0.0625	25.88	0.039	7.78	0.012
100	1,265,815	194.25	0.246	39.37	0.0498	25.82	0.033	8.03	0.010
101	1,148,520	183.85	0.211	35.70	0.0410	24.75	0.028	8.31	0.010
(三)合金鋼									
94	65,867	122.42	0.008	11.10	0.0007	69.23	0.005	5.27	0.000
95	19,919	122.42	0.002	11.10	0.0002	69.23	0.001	5.27	0.000
96	92,320	122.42	0.011	11.10	0.0010	69.23	0.006	5.27	0.000
97	88,572	122.42	0.011	11.10	0.0010	69.23	0.006	5.27	0.000
98	40,690	122.42	0.005	11.10	0.0005	69.23	0.003	5.27	0.000
99	83,562	122.42	0.010	11.10	0.0009	69.23	0.005	5.27	0.000
100	100,460	122.42	0.012	11.10	0.0011	69.23	0.007	5.27	0.001
101	102,718	122.42	0.013	11.10	0.0011	69.23	0.007	5.27	0.001

(三)集塵灰高溫冶煉設施

國內電弧爐集塵灰高溫冶煉設施原僅有兩廠，為瞭解其重金屬污染排放情形，環保署於 95 年針對此兩廠集塵灰高溫冶煉設施進行重金屬排氣檢測。

目前電弧爐集塵灰高溫冶煉設施已增加至 5 廠，故 99 年及 100 年集塵灰總處理量明顯增加許多。而 101 年集塵灰總處理量為 369,173 噸/年，其重金屬排放係數及排放量推估結果整理如表 6-18。101 年排放係數及排放

量明顯增加，主要是增加 1 筆稽查檢測數據，其數據較 95 年環保署檢測數據來得高。

表 6-18 集塵灰高溫冶煉設施重金屬排放推估結果

年度	活動強度 (ton-集塵灰/年)	鉛		鎘		汞		砷	
		排放係數 (mg/ton-集塵灰)	排放量 (公噸/年)	排放係數 (mg/ton-集塵灰)	排放量 (公噸/年)	排放係數 (mg/ton-集塵灰)	排放量 (公噸/年)	排放係數 (mg/ton-集塵灰)	排放量 (公噸/年)
94	84,878	32.2	0.003	3.37	0.000	117	0.010	10.3	0.001
95	103,309	37.3	0.004	3.76	0.000	137	0.014	12.0	0.001
96	113,350	40.1	0.005	3.98	0.000	147	0.017	12.9	0.001
97	108,921	42.6	0.005	4.18	0.000	157	0.017	13.7	0.001
98	102,955	44.3	0.005	4.31	0.000	164	0.017	14.3	0.001
99	353,122	40.9	0.014	4.05	0.001	151	0.053	13.2	0.005
100	438,581	45.6	0.020	4.41	0.002	169	0.074	14.7	0.006
101	369,173	163.85	0.060	18.41	0.007	192.49	0.071	22.98	0.008

(四) 非鐵金屬冶煉業

國內非鐵金屬冶煉業大致上分為鉛、鋁、銅、鋅四大類，少部分的鎂二次冶煉僅有 2 家。環保署於 95 年及 96 年完成非鐵金屬冶煉業重金屬排氣檢測計 9 廠次，其中鉛 3 廠次、鋁 2 廠次、銅 2 廠次、鋅 1 廠次及鎂 1 廠次。另 99 年地方環保局定檢資料有銅 8 廠次及鋁 1 廠次。101 年再增加環保局定檢資料有銅 5 廠次及鋁 6 廠次，依據其檢測數據推估各類非鐵金屬冶煉業之排放係數及排放量。

各類非鐵金屬冶煉業 101 年原物料使用量：鉛 156,477 噸、鋁 675,074 噸、銅 496,426 噸、鋅 80,276 噸、鎂 3,837 噸，推估其重金屬排放係數及排放量結果整理如表 6-19。

表 6-19 非鐵金屬熔煉業重金屬排放推估結果

年 度	活動強度 (ton-原料/年)	鉛		鎘		汞		砷	
		排放係 數(mg/ton- 原料)	排放量 (公噸/年)	排放係 數(mg/ton- 原料)	排放量 (公噸/年)	排放係 數(mg/ton- 原料)	排放量 (公噸/年)	排放係數 (mg/ton-原料)	排放量 (公噸/年)
(一)鉛二次冶煉									
94	66,637	3030.18	0.202	39.18	0.003	4.48	0.000	39.96	0.003
95	74,725	2961.53	0.221	37.69	0.003	5.04	0.000	39.13	0.003
96	80,139	3006.64	0.241	38.67	0.003	4.67	0.000	39.68	0.003
97	56,717	3112.53	0.177	40.97	0.002	3.81	0.000	40.95	0.002
98	53,253	3046.09	0.162	39.53	0.002	4.35	0.000	40.15	0.002
99	65,000	2931.03	0.191	34.70	0.002	3.41	0.000	34.99	0.002
100	108,812	2931.01	0.319	34.13	0.004	2.95	0.000	34.06	0.004
101	156,477	2748.34	0.430	29.35	0.005	3.78	0.001	30.56	0.005
(二)鋁二次冶煉									
94	645,616	129.32	0.083	13.26	0.008	3.98	0.003	180.56	0.116
95	513,141	119.40	0.061	13.98	0.007	3.78	0.002	170.26	0.087
96	664,786	129.37	0.085	13.25	0.009	3.99	0.003	180.61	0.119
97	693,637	128.57	0.088	13.31	0.009	3.97	0.003	179.78	0.124
98	505,869	132.84	0.067	13.00	0.007	4.06	0.002	184.21	0.092
99	701,573	180.54	0.126	20.18	0.014	18.85	0.013	181.18	0.126
100	788,599	185.43	0.145	17.72	0.014	15.74	0.012	193.78	0.152
101	675,074	261.90	0.177	30.56	0.021	20.37	0.014	182.31	0.123
(三)銅二次冶煉									
94	550,637	375.98	0.206	33.66	0.018	48.68	0.027	33.96	0.019
95	530,906	380.28	0.201	33.89	0.018	49.24	0.026	34.21	0.018
96	536,587	405.99	0.217	35.26	0.019	52.59	0.028	35.68	0.019
97	496,354	424.66	0.211	36.25	0.018	55.02	0.027	36.75	0.018
98	465,896	427.28	0.199	36.39	0.017	55.36	0.026	36.90	0.017
99	485,332	513.10	0.249	25.78	0.013	32.82	0.016	25.41	0.012
100	447,625	506.72	0.227	25.24	0.011	32.24	0.014	25.26	0.011
101	496,426	421.87	0.209	22.27	0.011	28.71	0.014	24.41	0.012
(四)鋅二次冶煉									
94	186,961	9.74	0.002	2.03	0.000	0.44	0.000	6.27	0.001
95	110,419	9.74	0.001	2.03	0.000	0.44	0.000	6.27	0.001
96	127,093	9.74	0.001	2.03	0.000	0.44	0.000	6.27	0.001
97	102,124	9.74	0.001	2.03	0.000	0.44	0.000	6.27	0.001
98	87,930	9.74	0.001	2.03	0.000	0.44	0.000	6.27	0.001
99	107,457	9.74	0.001	2.03	0.000	0.44	0.000	6.27	0.001
100	110,714	9.74	0.001	2.03	0.000	0.44	0.000	6.27	0.001
101	80,276	9.74	0.001	2.03	0.000	0.44	0.000	6.27	0.001
(五)鎂二次冶煉									
94	3,120	553.98	0.002	61.47	0.0002	22.7	0.0001	3,430	0.011
95	3,180	553.98	0.002	61.47	0.0002	22.7	0.0001	3,430	0.011
96	4,602	553.98	0.003	61.47	0.0003	22.7	0.0001	3,430	0.016
97	3,689	553.98	0.002	61.47	0.0002	22.7	0.0001	3,430	0.013
98	3,533	553.98	0.002	61.47	0.0002	22.7	0.0001	3,430	0.012
99	3,837	553.98	0.002	61.47	0.0002	22.7	0.00009	3,430	0.013
100	3,837	553.98	0.002	61.47	0.0002	22.7	0.00009	3,430	0.013
101	3,837	553.98	0.002	61.47	0.0002	22.7	0.00009	3,430	0.013

三、其它

(一) 半導體

環保署於 94 年執行半導體重金屬(砷)檢測作業計 15 座，主要以使用砷化物為原料之業者為檢測對象，依據基本資料調查顯示國內使用砷之半導體廠計 34 廠，檢測比例達 44.1%，由排放係數推估結果顯示，差異範圍較大，有待更多的檢測數據驗證。依據資料調查統計，101 年半導體之總砷化氫使用量約為 1.46 噸，推估國內半導體重金屬砷排放量約為 0.067 公噸/年。

由表 6-20 半導體業歷年的砷排放推估結果顯示，其歷年的活動強度大致上沒有太大的變化，但 100 年的活動強度劇增，主要是部分業者活動強度較高所致，而該活動強度數據主要來自於空污費申報數據。

表 6-20 半導體砷排放推估結果

年度	活動強度 (ton-砷化氫/年)	砷	
		排放係數(kg/砷化氫)	排放量(公噸/年)
94	0.3860	41.75	0.016
95	0.4575	42.49	0.020
96	0.3056	41.77	0.013
97	0.4060	41.53	0.017
98	0.4303	45.16	0.019
99	0.5533	46.00	0.025
100	2.5796	47.11	0.122
101	1.4623	46.03	0.067

(二) 光電業

環保署於 95 年執行光電業重金屬檢測工作計 3 座，主要仍以使用砷化物為原料之業者為檢測對象，依據基本資料調查顯示國內使用砷之光電業計 13 廠，排放量推估如表 6-21 所示。調查光電業 101 年砷化物使用量約為 5.45 噸，推估砷排放量約為 0.045 公噸/年。

表 6-21 光電業排放推估結果

年度	活動強度	砷
----	------	---

	(ton-砷化氫/年)	排放係數(kg/砷化氫)	排放量(公噸/年)
94	3.5906	7.06	0.025
95	3.0203	7.51	0.023
96	6.3552	8.53	0.054
97	6.0001	8.83	0.053
98	5.2280	9.06	0.047
99	6.8651	9.51	0.065
100	6.2598	9.51	0.060
101	5.4529	8.18	0.045

(三) 稻草露天焚化

採環保署 98 年度進行之露天燃燒稻草重金屬排放係數實驗，取得鉛、鎘、汞及砷的排放係數。依據農委會全國稻米產量配合稻草焚化比例推估 101 年活動強度為 241,058 噸稻草/年，推估其重金屬排放係數及排放量推估結果整理如表 6-22。

表 6-22 101 年稻草露天焚化重金屬推估結果

重金屬	排放係數(mg/公噸稻草量)	排放量(公噸/年)
鉛	1104	0.266
鎘	97.2	0.023
汞	27.0	0.007
砷	641	0.155

(四) 農業廢棄物露天焚化

採 99 年環保署計畫進行之露天燃燒農業廢棄物重金屬排放係數實驗，並依據環保署計畫調查農業廢棄物焚化量及上述排放係數，推得 101 年農業廢棄物露天焚化重金屬排放量為鉛 0.133 噸/年、鎘 0.035 噸/年、汞 0.039 噸/年及砷 0.013 噸/年。推估其重金屬排放係數及排放量推估結果整理如表 6-23。

表 6-23 101 年農業廢棄物露天焚化重金屬推估

重金屬		排放係數(mg/公噸種類)	排放量(公噸/年)
蕃石榴	鉛	1419	0.014
	鎘	253	0.003
	汞	672	0.007
	砷	156	0.002
蓮霧	鉛	1342	0.025
	鎘	67.5	0.001
	汞	183	0.003
	砷	40.5	0.001
番荔枝	鉛	900	0.030
	鎘	484	0.016
	汞	295	0.010
	砷	144	0.005
棗	鉛	879	0.007
	鎘	290	0.002
	汞	123	0.001
	砷	93.2	0.001
其他	鉛	1220	0.058
	鎘	268	0.013
	汞	383	0.018
	砷	113	0.005

6.3 歷年排放量變化分析

6.3.1 戴奧辛

國內戴奧辛排放管制始於廢棄物焚化爐，環保署於 86 年先針對大型垃圾焚化爐發布當時最嚴格排放標準進行管制，爾後陸續對不同業別排放源研訂排放標準、發布實施，包括中小型焚化爐、煉鋼業電弧爐、鋼鐵業燒結工場、煉鋼業集塵灰高溫冶煉設施及一般性固定源全數納入管制。不同時間、不同業別標準分別生效，配合排放源改善減量，自 91 年開始，國內戴奧辛排放量呈現逐步下降趨勢(如圖 6-12)，顯示管制工作已相當具有成效，歷年戴奧辛排放結構如圖 6-13 所示。

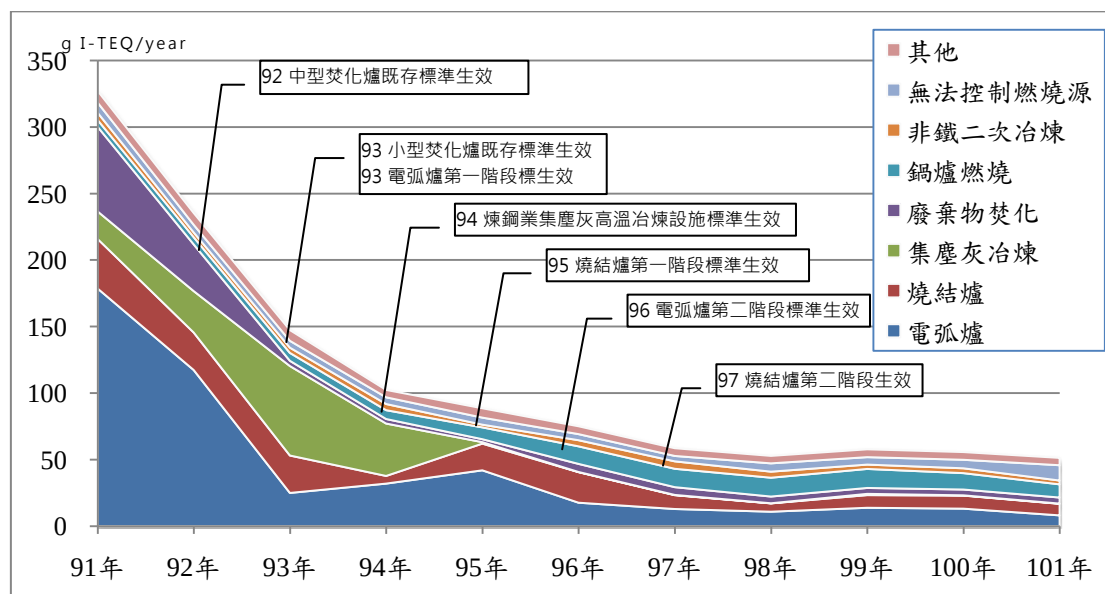


圖 6-12 歷年我國戴奧辛排放量變化趨勢圖

一、歷年排放源結構探討

90 年因實施既存大型廢棄物焚化爐標準，大型焚化爐排放量大幅改善，國內主要排放源為電弧爐及燒結爐(占 66%)；93 年電弧爐及中小型焚化爐標準已生效，電弧爐比例大幅降低。

高溫冶煉設施標準、電弧爐與燒結爐二階段標準於 95 年至 97 年相繼生效後，往年為主要排放源鋼鐵業大幅下降；97

年以後業別排放結構漸趨穩定，97 年至 100 年排放結構並無有大幅度的變化；101 年逸散性排放源成為繼鋼鐵業後之第二大排放源，顯示近年來的管制，已有效控制固定源排放部分，未來管制重點應以逸散性排放源為主。

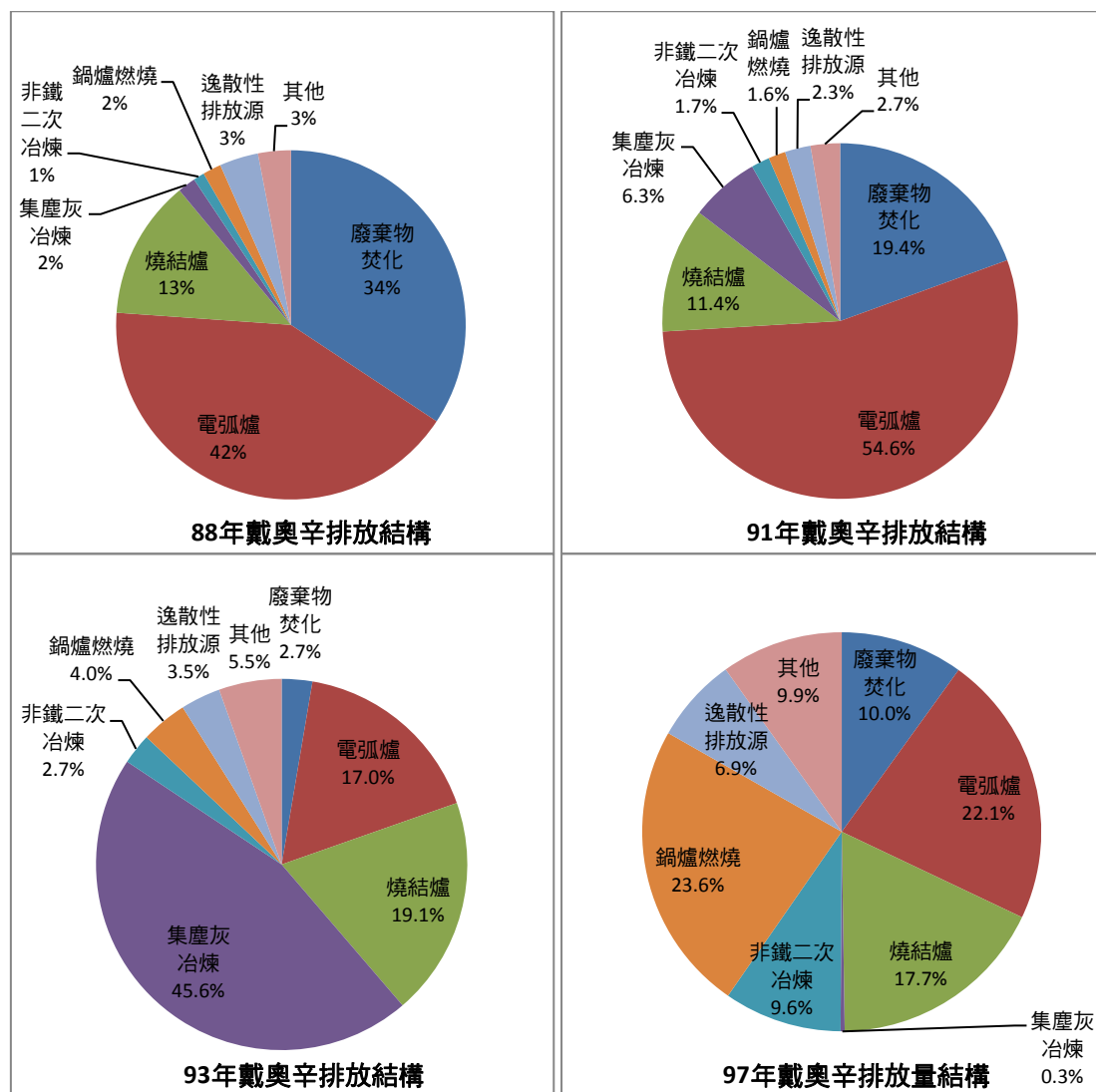


圖 6-13 歷年我國戴奧辛排放量結構變化圖(1/2)

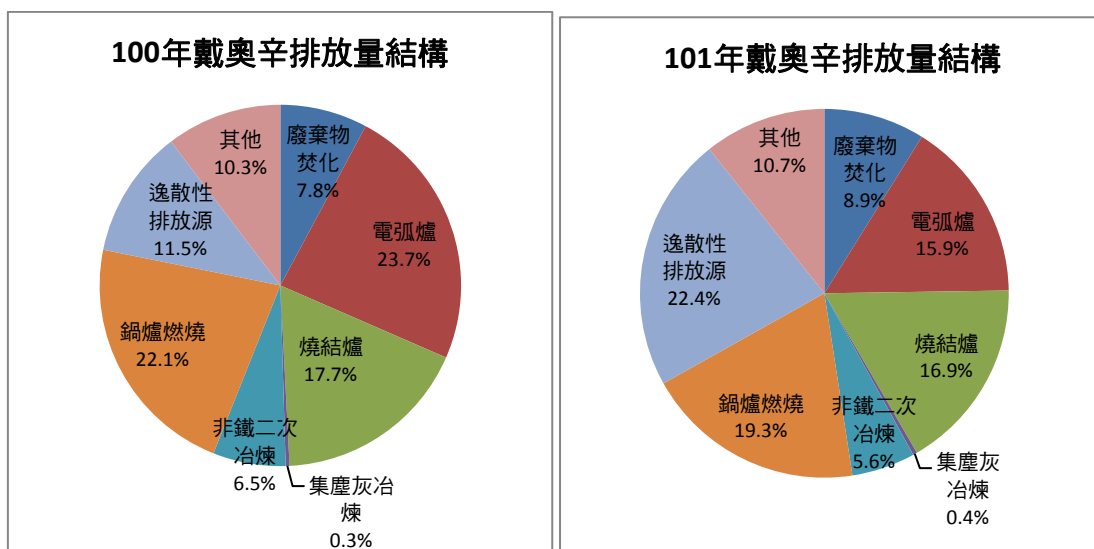


圖 6-13 歷年我國戴奧辛排放量結構變化圖(2/2)

二、空品區排放量分析探討

統計歷年各空品區戴奧辛排放量如表 6-24 及圖 6-14，88 年由於焚化爐排放量大，主要分佈集中在北部、中部與高屏三個空品區(占全國 80%)；90 年起，因管制大型焚化爐，北部空品區顯著降低，排放量以中部與高屏空品區最高，而中部空品區因電弧爐及集塵灰冶煉業集中排放量最大，排放量佔全國 33%~60%。

94 年起因鋼鐵業集塵灰冶煉設施立法管制，中部空品區排放量亦明顯改善。高屏空品區因電弧爐較多，並有燒結爐等重大排放源，歷年來雖排放量有所降低，但仍為戴奧辛主要排放區域；101 年中部空品區及高屏空品區仍為前兩大排放區域，分別佔 23.1%及 30.7%。

101 年將稻草露天燃燒之排放量以各縣市稻米產量分配(如圖 6-15)，發現中部及雲嘉南地區之戴奧辛排放量大，尤其彰化、雲林、嘉義最高。彰化站、嘉義站之戴奧辛監測濃度常觀測到高值，可能與露天燃燒及當地擴散環境有關。

表 6-24 歷年各空品區戴奧辛排放量比例

年	北部	竹苗	中部	雲嘉南	高屏	宜蘭	花東	其他	排放量
88 年	27.0%	5.5%	25.0%	5.9%	28.0%	3.6%	0.1%	4.9%	283
90 年	10.5%	7.0%	39.2%	5.5%	31.1%	1.3%	0.2%	5.2%	251
91 年	9.4%	7.4%	49.6%	4.1%	24.9%	0.8%	0.1%	3.7%	328
92 年	11.7%	8.9%	32.9%	10.4%	30.4%	1.0%	0.2%	4.5%	236
93 年	3.0%	0.9%	59.7%	1.4%	26.6%	1.4%	0.2%	6.9%	148
94 年	10.1%	2.3%	49.2%	6.2%	19.9%	0.6%	0.6%	11.1%	102.6
95 年	22.9%	5.0%	14.3%	6.2%	36.2%	2.1%	1.4%	11.8%	88.9
96 年	13.3%	2.9%	13.4%	9.8%	45.3%	0.8%	1.8%	12.7%	74.8
97 年	14.4%	3.7%	15.0%	8.8%	39.2%	1.0%	1.8%	16.1%	58.8
98 年	15.7%	7.4%	19.1%	9.5%	23.7%	0.9%	2.0%	21.8%	52.9
99 年	12.2%	2.3%	33.2%	12.5%	26.5%	0.7%	0.5%	12.2%	57.8
100 年	10.8%	2.2%	27.3%	10.6%	28.9%	1.8%	0.8%	17.7%	55.7
101 年	12.4%	4.1%	23.1%	13.4%	30.7%	2.2%	2.6%	11.4%	51.4

註：排放量單位：g I-TEQ/年。括弧內數值為該年度佔全國排放量比例。

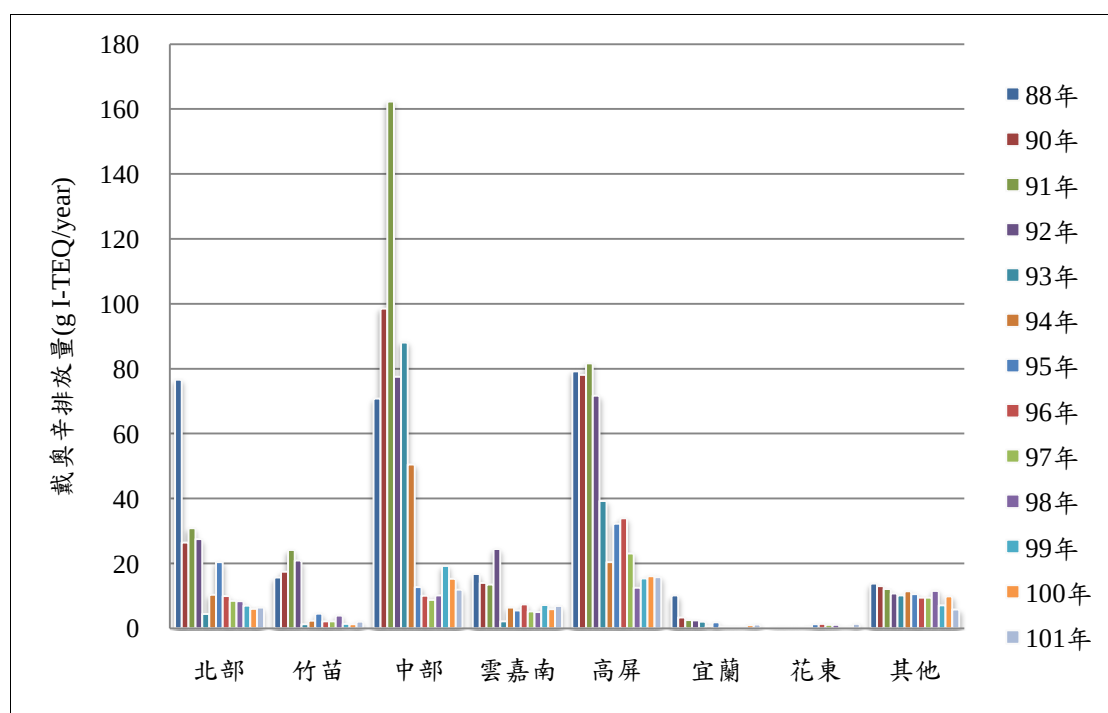


圖 6-14 各空品區歷年戴奧辛排放量變化

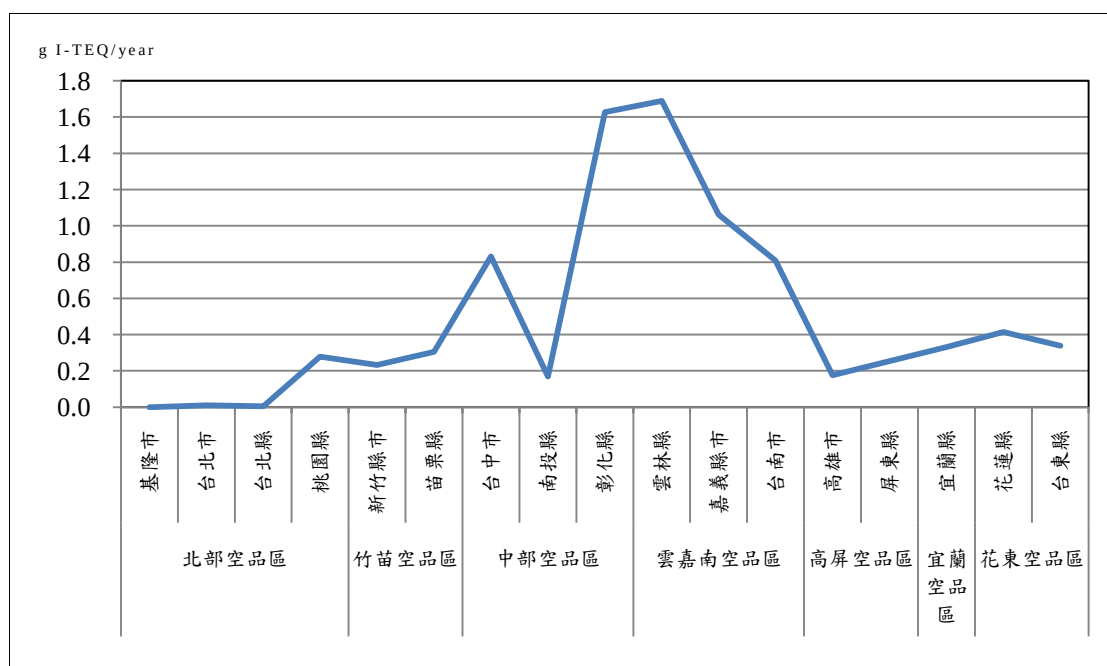


圖 6-15 各縣市稻草露天燃燒戴奧辛排放量

6.3.2 重金屬

一、與聯合國環境總署(UNEP)汞排放量比較分析

本計畫之重金屬排放係數計算方式，主要是採用經防制設備處理後之實際排放檢測數據計算，並根據各廠之實際排放情形推估排放量，較能推估實際排放量，但需進行大量檢測及調查，方能符合實際排放推估量。其中，廢棄物焚化爐、燃煤發電鍋爐、水泥窯爐、燒結爐及電弧爐等行業之排放係數及活動強度可信度等級均屬 A 級，故推估所得的排放量足以代表該行業的實際排放量。

反觀，UNEP 的汞排放量推估方式係蒐集各國活動強度，再採用未經控制排放係數計算業別控制前排放量，再根據各國防制設備之分布情形及效率，計算求得處理量。此等推估方式，防制設備分布及效率之設定對推估結果影響很大。

表 6-25 為 UNEP 與我國環保署推估汞排放量(2010 年)比較表，兩者排放量推估的業別種類差異大，UNEP 以化石燃料燃燒為主，除燃煤外亦對燃油及天然氣進行推估。而金屬煉

製部分，則以一級冶煉為主，並無電弧爐及其他非鐵二級冶煉，UNEP 也在報告中提及在缺乏電弧爐之推估下，鋼鐵製造的排放量有低估的可能。而廢棄物的排放量推估則分為含汞產品進入焚化體系及非焚化體系兩部分，與我國推估方式不同，但在大型焚化爐的推估排放量值與我國相近。UNEP 之燃煤、鋼鐵及水泥等業別與我國排放量差異大，主因為係數選用及防制設備裝設情形與實際狀況的差異所致。

表 6-25 UNEP 與我國環保署推估汞排放量(2010 年)比較表

類別			UNEP/AMAP					我國環保署		
			2010 推估排放量, kg		活動強度			推估排放量	活動強度	
化石燃料燃燒-電廠	煤	煙煤	2877.644	2215.037	46921	40849	kt	462.8	53238	kt
		亞煙煤		662.607		6072	kt			
	重油		44.190		2455		kt	-	-	
	輕油		0.153		85		kt	-	-	
	天然氣		1.958		391621		TJ	-	-	
化石燃料燃燒-工業用	煤		522.047		7525		kt	-	-	
	重油		59.356		3124		kt	-	-	
	輕油		0.249		131		kt	-	-	
	天然氣		0.180		35958		TJ	-	-	
化石燃料燃燒-交通等其他	重油		12.060		603		kt	-	-	
	輕油		8.412		4206		kt	-	-	
	天然氣		0.245		49019		TJ	-	-	
鋼鐵製造 (燒結)			240.033		9358		kt	80.9	15159	kt
非鐵金屬製造(一級)	銅		-		-			-	-	
	鉛		-		-			-	-	
	鋅		-		-			-	-	
	金(大型)		-		-			-	-	
	汞		-		-			-	-	
	鋁		-		-			-	-	
小型金礦			-		-			-	-	
水泥製造			938.939		15918		kt	171.1	14696	kt
煉油			162.935		47922		kt	-	-	
火化			6.479		-			196.9	131249	具
廢棄物	焚化		164.479		-			168.1	6235	kt
	非焚化		453.195		-			-	-	
其他			-		-			329.6		
總計			5492.554					1409.6		

UNEP 排放量計算方式為以未控制排放係數配合活動強度計算未控制排放量，再減控制減量即可得控制後排放量。以下就排放量較大之燃煤鍋爐、燒結爐及水泥旋窯做一推估比較說明。

(一) 燃煤鍋爐

1. 煙煤

(1) 未控制排放係數：0.15 g/t

(2) 活動強度：40,849 kt

(3) 防制設備減量係數：如表 6-26 所示，我國屬 group 1：
 $25\% \times 30\% + 50\% \times 5\% + 65\% \times 20\% + 90\% \times 40\% + 97\% \times 5\% = 63.85\%$

(4) 排放量 = $0.15 \text{ g/t} \times 40,849 \text{ kt} \times (1 - 63.85\%) = 2,215.037 \text{ kg}$

表 6-26 燃燒煙煤之防制設備處理效率分類

防制技術	去除效率, %			防制設備裝設比例, %				
	低	平均	高	County group				
				1	2	3	4	5
Lv1: PM 簡易防制設備：ESP/PS/CYC	15	25	60	30	75	70	100	100
Lv2: FF	40	50	93	5	20	30		
Lv3: 良好效率防制設備: PM+SDA/wFGD	35	65	99	20				
Lv4: 高效率防制設備: PM+FGD+SCR	90	90	99	40	5			
Lv5: 特殊汞防制設備	95	97	99	5				

2. 亞煙煤

(1) 未控制排放係數：0.15 g/t

(2) 活動強度：6072 kt

(3) 防制設備減量係數：如表 6-27 所示，我國屬 group 1：
 $10\% \times 30\% + 50\% \times 5\% + 40\% \times 20\% + 25\% \times 40\% + 75\% \times 5\% = 27.25\%$

(4) 排放量 = $0.15 \text{ g/t} \times 6072 \text{ kt} \times (1 - 27.25\%) = 662.607 \text{ kg}$

表 6-27 燃燒亞煙煤之防制設備處理效率分類

防制技術	去除效率, %			防制設備裝設比例, %				
	低	平均	高	County group				
				1	2	3	4	5
Lv1: PM 簡易防制設備：ESP/PS/CYC	0	10	25	30	75	70	100	100
Lv2: FF	20	50	85	5	20	30		
Lv3: 良好效率防制設備: PM+SDA/wFGD	0	40	75	20				
Lv4: 高效率防制設備: PM+FGD+SCR	0	25	47	40	5			
Lv5: 特殊汞防制設備	50	75	95	5				

3.與我國環保署排放量差異分析：

(1)排放係數

台灣採用的煤種為澳洲煤及印尼煤為主，其燃煤含汞量低，未控制排放係數不應與 UNEP 的通用係數一樣高(UNEP 通用係數與中國煤係數相近)，如表 6-28 所示，實際狀況應較接近澳洲或日本等國之係數。

(2)防制設備

台灣電廠所裝設設備多為 PM+wFGD+SCR 或 PM+wFGD，實際控制效率會比 group 1 高出許多。

如係數改使用澳洲係數，並將防制設備裝設情形改為 PM+wFGD：20%；PM+wFGD+SCR：80%，活動強度不變的情形下：

A.煙煤：

$$0.068 \text{ g/t} \times 40,849 \text{ kt} \times (1-(65\% \times 20\% + 90\% \times 80\%)) \\ = 416.660 \text{ kg}$$

B.亞煙煤：

$$0.032 \text{ g/t} \times 6,072 \text{ kt} \times (1-(40\% \times 20\% + 25\% \times 80\%)) \\ = 139.899 \text{ kg}$$

合計為 556.559kg，與我國推估之 462.8kg 較為接近。

表 6-28 各國燃煤鍋爐未控制汞排放係數

類別		未控制汞排放係數 (g/t)
煙煤	通用係數	0.15
	澳洲	0.068
	日本	0.0454
	韓國	0.046
	中國	0.149
	印度	0.14
	美國	0.1
亞煙煤	通用係數	0.15
	澳洲	0.032
	印度	0.14
	美國	0.055

(二)燒結工廠

在燒結爐工廠部分，UNEP 推估台灣汞排放量為 240kg，是我國環保署推估量 80.9kg 的 3 倍，其差異量頗大。UNEP 對台灣燒結工廠汞排放量推估說明如下：

(1)未控制排放係數：0.05g/t

(2)活動強度：9,358 kt

(3)防制設備減量係數：如表 6-29 所示，我國屬 group 1：
 $20\% \times 30\% + 55\% \times 60\% + 97\% \times 10\% = 48.7\%$

(4)排放量 = $0.05 \text{ g/t} \times 9358 \text{ kt} \times (1 - 48.7\%) = 240 \text{ kg}$

UNEP 評估只有 ESP 的處理效率約為 20%，與本次汞流布結果相似。本年度針對 sinter-A 廠燒結爐進行汞流布檢測分析，在煙囪排氣的部分，汞的排放濃度為 $17.148 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ，推估所得之汞排放係數為 39.01mg/公噸-燒結量，若以 2010 年活動強度為基準，計算所得汞排放量則為 591.4kg，則比 UNEP 所推估的量來得高，而 sinter-A 廠將裝設排煙脫硫設備，屆時，即可去除大部分的氧化汞，而汞的排放量將可能更接近 UNEP 的推估量。

表 6-29 燒結工廠之防制設備處理效率分類

防制技術	去除效率, %			防制設備裝設比例, %				
				County group				
	低	平均	高	1	2	3	4	5
Lv0: 無		0					20	100
Lv1: 基本防制設備: WS(+FF)		5			20	50	80	
Lv2: 標準防制設備: ESP/CYC/FGD		20		30	80	50		
Lv3: 良好效率防制設備: ESP+FGD/ACT/ESP+ACT	40	55	75	60				
Lv4: 高效率防制設備 ESP+ACT/RAC	95	97	99	10				

(三)水泥旋窯

在水泥旋窯部分，UNEP 推估台灣汞排放量為 938.9kg，是我國環保署推估量 171.1kg 的 5.5 倍，差異量大。UNEP 對台灣水泥旋窯汞排放量推估說明如下：

(1)未控制排放係數：0.087g/t

(2)活動強度：15,918 kt

(3)防制設備減量係數：如表 6-30 所示，我國屬 group 1:

$$25\% \times 80\% + 55\% \times 15\% + 75\% \times 4\% + 95\% \times 1\% = 32.2\%$$

(4).排放量=0.087g/t×15918 kt×(1-32.2%) =938.9kg

然而我國環保署係採用水泥旋窯歷年的煙道檢測數據推估，以 2010 年為估算基準，該年度水泥旋窯的檢測數據偏低，加上所使用的活動強度亦比 UNEP 所採用的活動強度低，故有可能低估汞的排放量。另外，因部分業者已經不再生產熟料，使得熟量產能逐年降低，但部分水泥製程中又添加煤灰、污泥等廢棄物，可能造成汞排放濃度增加。因此，要確認台灣水泥旋窯汞的實際排放量，應增加定檢或稽查檢測數據，方能估得最接近實際的排放量。

表 6-30 水泥旋窯之防制設備處理效率分類

防制技術	去除效率, %			防制設備裝設比例, %				
				County group				
	低	平均	高	1	2	3	4	5
Lv0: 無		0				20	50	100
Lv1: PM 簡易防制設備: FF/ESP/PS		25		80	80	80	50	
Lv2: PM 進階防制設備: FF+SNCr/ FF+WS/ ESP+FGD/ optimised FF		55		15	20			
Lv3: 良好效率防制設備: FF+DS/ ESP+DS/ ESP+WS/ ESP+SNCr		75		4				
Lv4: 高效率防制設備: wFGD+ /ACI/FF+scrubber+SNCr		95		1				

二、歷年排放源結構探討

歷年各業別重金屬鉛、鎘、汞、砷排放情形如圖 6-16 所示，整體而言，每年各固定污染源的排放量並無太大的變動，整體排放量變動不大，主要受該年度活動強度影響。本年度為提升各固定污染源重金屬排放係數及排放量推估的可信度，除了採用環保署歷年的檢測數據及縣市環保局稽查檢測數據外，在焚化爐的部分，本年度更納入近 5 年的定期檢測及稽查檢測數據，據以推估排放係數及排放量。

預估在環保署公告實施「第一批至第三批公私場所應定期檢測及申報之固定污染源」後，將有利於各行業別重金屬(鉛、鎘、汞及砷)檢測數據的取得，並逐年建立完整的重金屬(鉛、鎘、汞及砷)排放係數，提升排放量推估的可信度。

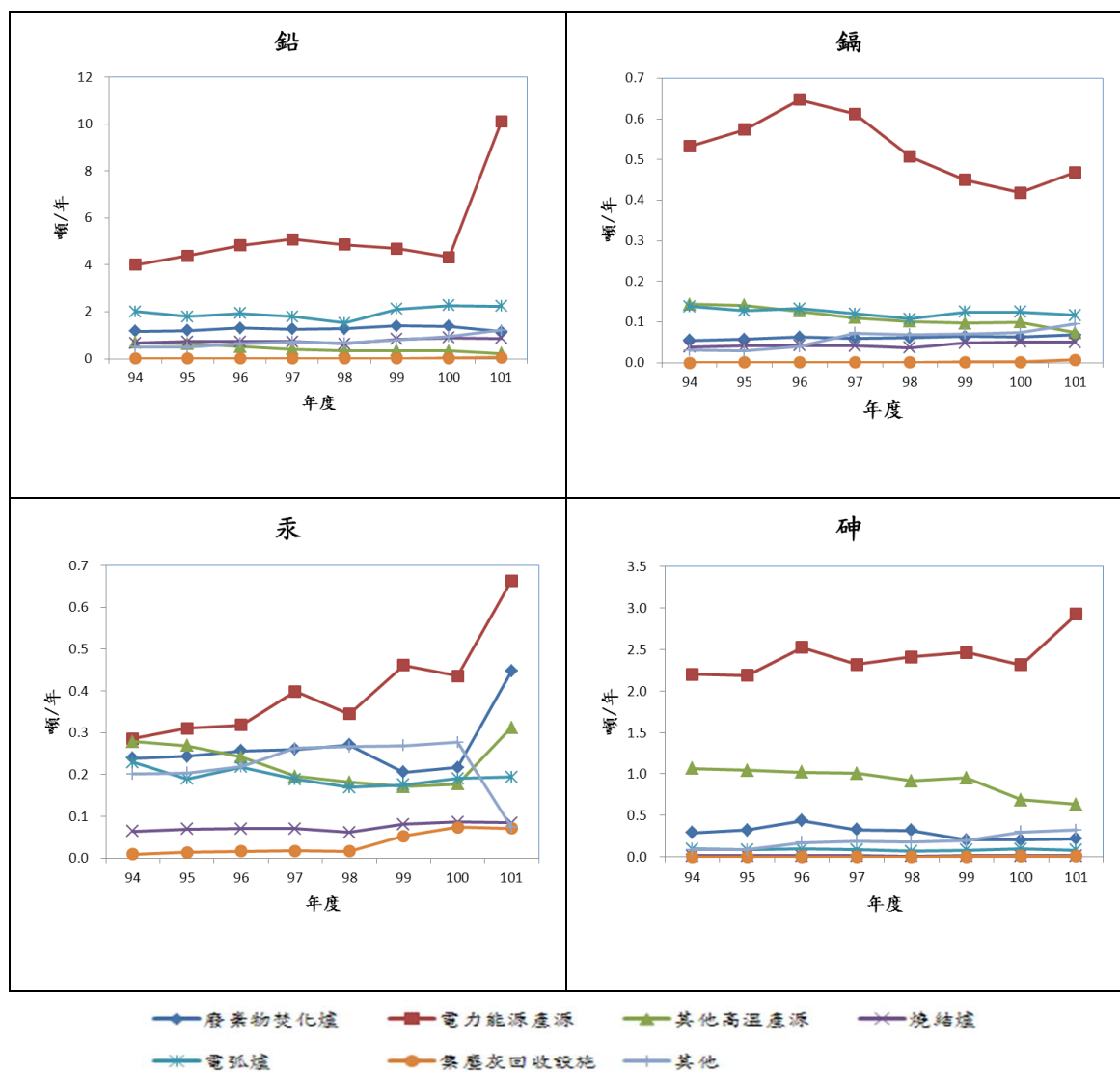


圖 6-16 歷年重金屬(鉛、鎘、汞、砷)排放量

(一) 鉛：101 年排放量約為 15.87 噸/年(12.9~24.6 噸/年)。依據目前固定污染源重金屬檢測數據推估，發現電力能源產源是國內鉛主要排放源，包括：燃煤發電鍋爐、燃煤汽電共生鍋爐及新增之燃煤蒸汽鍋爐。其中，新增之燃煤蒸汽鍋爐僅取得 3 座煙道檢測數據，且其鉛的排放係數高達 787-994.7mg/g，故使得今年度的鉛排放量增加許多。

(二) 鎘：101 年排放量約為 0.880 噸/年(0.686~2.631 噸/年)。電力能源產源仍是國內鎘主要排放源，約佔五成左右，且鎘排放量有逐年微降情形，主要是活動強度降低，及近年增加稽查檢測數據修正排放係數所致。

(三) 汞：101 年排放量約為 1.85 噸/年(1.34~4.47 噸/年)。電力能源產源的汞排放量在 99 年時有些微增加，主要是該年度新增多筆地方環保局稽查檢測數據，修正汞排放係數所致；而電力能源產源在 101 年汞排放量再次增加，是因將燃煤蒸汽鍋爐納入排放清冊中所致。廢棄物焚化爐 101 年汞排放量遽增，主要是採用近 5 年的定期檢測及稽查檢測數據修正汞排放係數，以及活動強度略增。而集塵灰回收設施在 99 年新增 3 家固定污染源後，也有明顯增加。在其他高溫產源部分，原只有水泥旋窯，101 年起則將瀝青拌合業納入此污染類別，故其 101 年汞排放量亦明顯增加。

(四) 砷：101 年排放量約為 4.20 噸/年(3.04~10.7 噸/年)。各固定污染源歷年砷的排放量無較明顯的變化，依據目前檢測數據推估，電力能源產源仍為國內砷主要排放源，約佔六成左右。因砷非為公告應定檢之檢測項目，故砷的檢測數據取得較有限，未來修正定檢公告將砷列為檢測項目後，將有助於釐清砷的排放量。

綜觀上述各固定污染源之重金屬排放狀況，其中，水泥旋窯之各重金屬排放量均有逐年降低之現象，主要是活動強

度降低所致，部分業者已經不再生產熟料，而是以外購熟料代替，例如欣欣水泥嘉義工廠便是如此；但 101 年的水泥旋窯汞排放量卻略增，主要是幸福水泥廠於製程中加入煤灰、污泥等廢棄物造成汞排放濃度相對性較高所致。

三、空品區排放量分析探討

歷年度各空品區及縣市別之重金屬排放量統計分析如表 6-31 所示，其各類重金屬的總排放量差異性不大，主要是受活動強度的影響。

而各類重金屬主要排放區位與來源分析，在鉛排放量部分，以高屏空品區及中部空品區為最高，並以高雄市排放量為冠，其次是台中市。其中，台中市主要污染排放源是台中電廠；而高雄市主要污染排放源為燒結爐、電弧爐及台電興達電廠。

鎘的排放量，仍以高屏空品區及中部空品區為最高，並以高雄市及台中市為主要排放縣市，其次是雲林縣，而主要排放行業別為燃煤電廠及汽電共生廠，但並無特別突兀的單一排放源。

在汞的排放量方面，以高屏空品區及中部空品區為主要排放區域，並以高雄市、台中市及宜蘭縣排放量最高。高雄市主要污染源為燒結爐及大型垃圾焚化爐，而宜蘭縣主要的污染排放源是水泥窯。

砷的排放量，以花東空品區為主要排放區域，並以花蓮縣排放量為最高。主要的污染排放源為和平火力發電廠，唯該廠之排放量係以 94 年度重金屬檢測數據推估而得，較無法反應目前的實際排放狀況。

表 6-31 空品區、各縣市重金屬排放量統計表

空氣品質區	縣市	95 年排放量(噸/年)				96 年排放量(噸/年)				97 年排放量(噸/年)				98 年排放量(噸/年)				99 年排放量(噸/年)				100 年排放量(噸/年)				101 年排放量(噸/年)			
		鉛	鎘	汞	砷	鉛	鎘	汞	砷	鉛	鎘	汞	砷	鉛	鎘	汞	砷	鉛	鎘	汞	砷	鉛	鎘	汞	砷	鉛	鎘	汞	砷
北部空品區	基隆市	0.053	0.001	0.012	0.001	0.062	0.002	0.014	0.002	0.050	0.002	0.014	0.001	0.058	0.002	0.014	0.002	0.067	0.001	0.006	0.001	0.051	0.001	0.006	0.001	0.035	0.000	0.009	0.002
	新北市	0.473	0.043	0.051	0.278	0.448	0.042	0.046	0.241	0.366	0.035	0.043	0.170	0.297	0.027	0.046	0.157	0.348	0.029	0.043	0.161	0.255	0.026	0.042	0.151	0.268	0.025	0.069	0.155
	台北市	0.031	0.007	0.095	0.004	0.034	0.007	0.100	0.004	0.029	0.006	0.094	0.004	0.035	0.007	0.103	0.004	0.037	0.008	0.109	0.003	0.044	0.009	0.124	0.004	0.078	0.005	0.083	0.006
	桃園縣	0.719	0.045	0.072	0.151	0.794	0.063	0.082	0.175	0.872	0.041	0.095	0.146	0.801	0.038	0.088	0.145	1.231	0.043	0.095	0.142	1.236	0.043	0.100	0.157	1.295	0.047	0.145	0.200
	小計	1.277	0.096	0.229	0.434	1.338	0.115	0.242	0.421	1.317	0.083	0.247	0.322	1.190	0.074	0.251	0.308	1.682	0.080	0.252	0.308	1.586	0.079	0.272	0.312	1.676	0.077	0.306	0.362
竹苗空品區	新竹縣	0.018	0.017	0.010	0.032	0.020	0.016	0.009	0.027	0.021	0.014	0.010	0.026	0.016	0.010	0.009	0.017	0.024	0.006	0.006	0.013	0.027	0.008	0.008	0.017	0.104	0.007	0.013	0.020
	新竹市	0.061	0.003	0.007	0.007	0.067	0.004	0.008	0.033	0.053	0.003	0.008	0.041	0.045	0.003	0.005	0.037	0.061	0.004	0.011	0.035	0.054	0.003	0.007	0.109	0.079	0.005	0.025	0.032
	苗栗縣	0.105	0.015	0.027	0.014	0.117	0.016	0.030	0.019	0.120	0.018	0.034	0.018	0.101	0.017	0.035	0.018	0.212	0.015	0.029	0.016	0.236	0.015	0.031	0.016	0.201	0.014	0.043	0.018
	小計	0.184	0.035	0.044	0.053	0.204	0.035	0.047	0.080	0.194	0.035	0.051	0.085	0.162	0.029	0.049	0.072	0.296	0.025	0.047	0.063	0.316	0.026	0.046	0.141	0.385	0.026	0.080	0.070
中部空品區	台中市	2.155	0.178	0.156	0.125	2.233	0.183	0.165	0.127	2.226	0.184	0.164	0.125	2.169	0.179	0.154	0.112	2.431	0.198	0.192	0.111	2.336	0.187	0.195	0.117	2.506	0.180	0.189	0.121
	南投縣	0.221	0.005	0.011	0.003	0.209	0.004	0.012	0.006	0.206	0.004	0.013	0.006	0.202	0.004	0.012	0.003	0.006	0.001	0.014	0.001	0.019	0.001	0.015	0.001	0.022	0.001	0.016	0.001
	彰化縣	0.082	0.025	0.040	0.025	0.143	0.031	0.057	0.024	0.279	0.094	0.098	0.070	0.154	0.025	0.061	0.019	0.251	0.019	0.128	0.019	0.234	0.018	0.143	0.020	0.295	0.017	0.126	0.027
	小計	2.458	0.208	0.208	0.153	2.585	0.218	0.235	0.158	2.711	0.282	0.275	0.202	2.525	0.207	0.226	0.134	2.687	0.218	0.334	0.131	2.589	0.205	0.352	0.137	2.822	0.198	0.331	0.149
雲嘉南空品區	雲林縣	0.572	0.153	0.097	0.230	0.666	0.176	0.096	0.236	0.692	0.135	0.104	0.175	0.750	0.110	0.108	0.154	0.805	0.080	0.097	0.108	0.796	0.079	0.095	0.129	1.016	0.083	0.104	0.127
	嘉義縣	0.047	0.027	0.018	0.035	0.059	0.028	0.017	0.026	0.070	0.004	0.019	0.004	0.069	0.004	0.015	0.003	0.084	0.006	0.020	0.003	0.083	0.006	0.020	0.003	0.218	0.011	0.031	0.004
	嘉義市	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.006	0.002	0.001	0.001
	台南市	0.187	0.021	0.045	0.038	0.212	0.022	0.052	0.042	0.244	0.022	0.064	0.044	0.194	0.017	0.055	0.034	0.209	0.020	0.061	0.038	0.218	0.020	0.064	0.034	0.303	0.022	0.076	0.048
	小計	0.806	0.201	0.162	0.303	0.937	0.226	0.167	0.305	1.007	0.162	0.189	0.223	1.013	0.132	0.179	0.191	1.099	0.106	0.180	0.150	1.098	0.106	0.181	0.166	1.543	0.119	0.211	0.180
高屏空品區	高雄市	3.514	0.251	0.354	0.398	3.634	0.258	0.352	0.455	3.460	0.242	0.336	0.439	3.056	0.227	0.317	0.405	3.224	0.240	0.331	0.379	3.408	0.235	0.338	0.345	3.514	0.235	0.348	0.365
	屏東縣	0.020	0.001	0.017	0.010	0.052	0.002	0.017	0.087	0.023	0.001	0.016	0.009	0.027	0.001	0.016	0.009	0.031	0.002	0.018	0.010	0.047	0.002	0.018	0.009	0.188	0.004	0.021	0.012
	小計	3.534	0.252	0.371	0.409	3.685	0.261	0.369	0.542	3.484	0.243	0.353	0.448	3.083	0.228	0.332	0.414	3.255	0.241	0.349	0.390	3.455	0.236	0.356	0.354	3.702	0.239	0.369	0.377
宜蘭空品區	宜蘭縣	0.160	0.092	0.204	0.060	0.165	0.098	0.191	0.054	0.136	0.082	0.149	0.042	0.133	0.080	0.142	0.039	0.303	0.067	0.128	0.040	0.275	0.063	0.138	0.041	0.286	0.042	0.202	0.023
花東空品區	花蓮縣	0.797	0.085	0.079	2.312	0.934	0.090	0.084	2.636	0.894	0.087	0.084	2.543	0.965	0.088	0.080	2.668	0.641	0.076	0.078	2.767	0.574	0.071	0.067	2.398	0.565	0.068	0.069	2.363
	台東縣	0.009	0.002	0.003	0.011	0.011	0.002	0.003	0.012	0.003	0.001	0.003	0.002	0.003	0.001	0.004	0.002	0.003	0.001	0.003	0.001	0.003	0.001	0.003	0.001	0.003	0.001	0.004	0.001
	小計	0.806	0.087	0.082	2.323	0.945	0.092	0.087	2.648	0.897	0.088	0.086	2.545	0.968	0.089	0.084	2.671	0.644	0.077	0.081	2.767	0.577	0.072	0.071	2.399	0.568	0.069	0.074	2.363
其他	金門縣	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	澎湖縣	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
	連江縣	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
總計		9.226	0.970	1.301	3.735	9.859	1.044	1.339	4.208	9.746	0.975	1.352	3.866	9.074	0.839	1.266	3.830	9.968	0.814	1.373	3.848	9.896	0.786	1.416	3.550		10.982	0.769	1.574

3.526

註：1.96 年後之重金屬排放量未包含稻草露天焚化及農業廢棄物焚化；2.101 年重金屬排放量不包含不知廠名之燃煤蒸汽鍋爐。

第七章 協助辦理戴奧辛與重金屬管制相關事宜



第七章 協助辦理戴奧辛與重金屬管制相關事宜

7.1 戴奧辛排放源管制

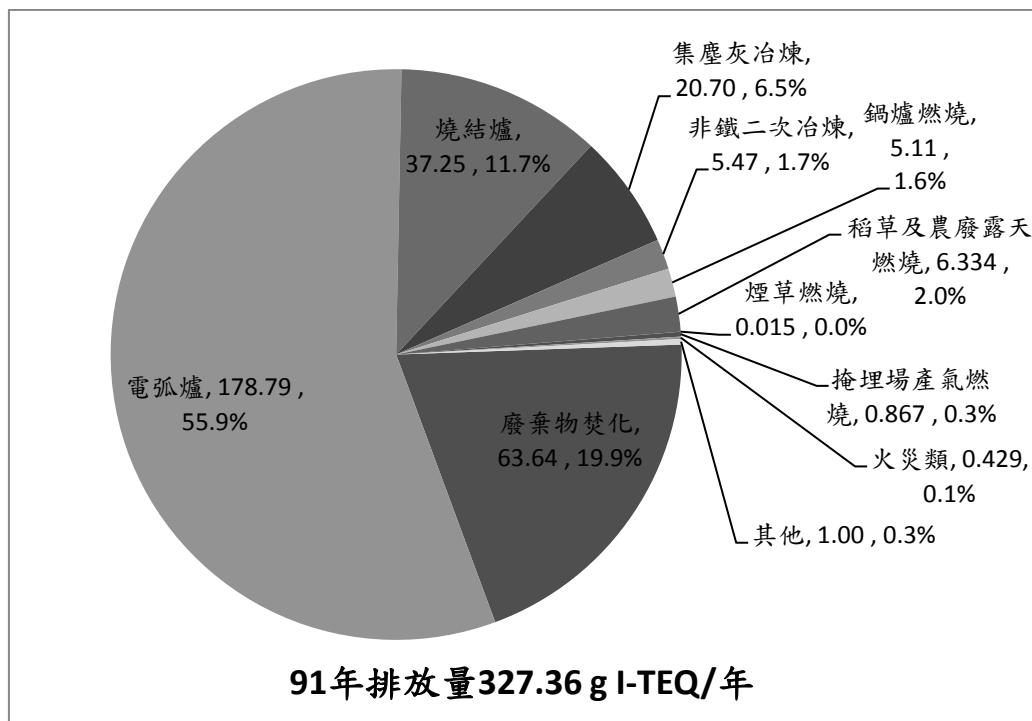
環保署自 86 年制定大型廢棄物焚化爐戴奧辛排放標準後，陸續進行戴奧辛排放量調查及清冊建置，在過程中，針對排放量較大排放源，如中小型廢棄物焚化爐、電弧爐、燒結工場及鋼鐵業集塵灰高溫冶煉設施等訂定戴奧辛排放標準，至 95 年公告固定污染源戴奧辛排放標準，將國內固定污染源排放戴奧辛均納入管制。

由 91 年與 101 年戴奧辛排放量業別比例分布(圖 7-1)可看出，排放量結構在 10 年間有顯著變化。焚化爐、電弧爐、燒結爐等主要排放源因已有業別排放標準且在各級環保單位稽查下，多已有適當防制設備且良好操作，使排放量比例下降。相對而言，鍋爐燃燒(9.89g I-TEQ/年)、露天燃燒(9.88 g I-TEQ/年)及非鐵二次冶煉(2.86 g I-TEQ/年)之排放量雖有小幅上升，但在整體排放量大幅下降下，其三者排放總量比例顯著增加。

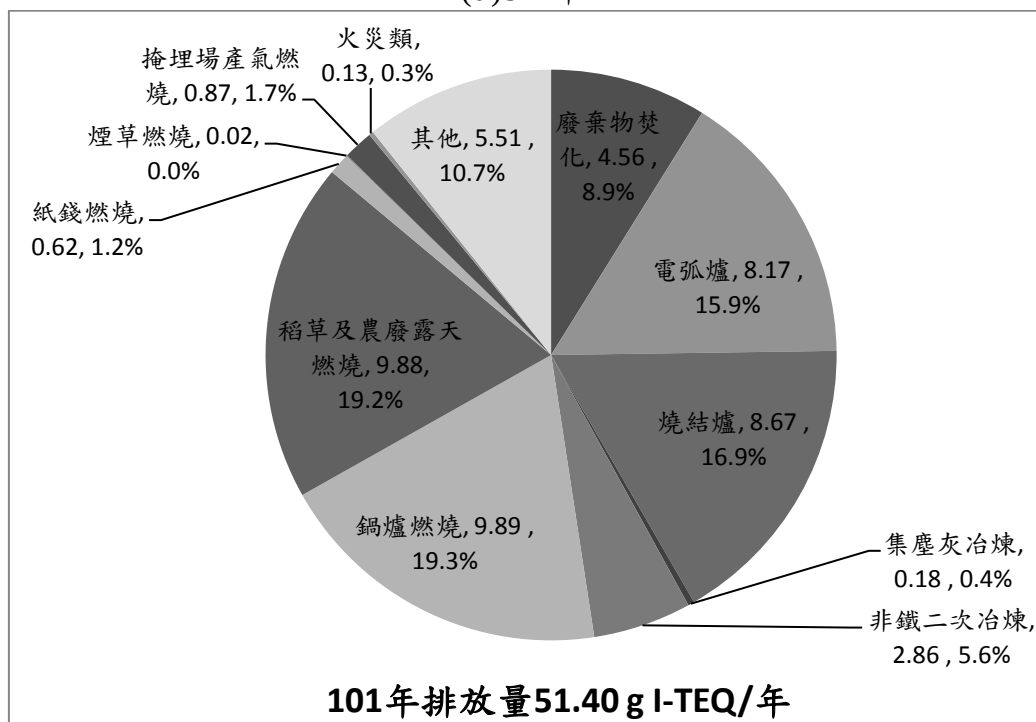
依據國內外研究文獻結果顯示，鍋爐其排放濃度並不高，故並未被列為管制調查重點。然近年油價上漲及資源再利用觀念逐漸普及，使用廢棄物做為燃料之鍋爐日漸增加；因廢棄物成分雜且大小不均，燃燒情況較差，使得戴奧辛排放易超標。以燃材鍋爐為例，主要使用木材工廠裁切剩餘之下腳料或回收後破碎之木質家具，由近年稽查結果顯示，此類排放源超標比例高且亦常出現異常高濃度值，若異常排放即可能對附近空氣品質造成影響。此外，火化場亦屢有超標檢測紀錄，因其為批次之操作特性，易因燃燒情況不佳且部分火化場因經費問題並未加裝污染防制設備，使得超標情形更常發生。故未來戴奧辛管制重點對象，應加強針對使用廢棄物之鍋爐或火化場污染源。

目前戴奧辛排放管制以透過加強查核、稽查促使業者良好操作之方式，然此方式需投入大量資源。故本年度除延續過去追蹤稽查不合格業者外，另請排放源集中區之環保局在核發許可時應詳加確認排放源與申請內容是否相符，並於後續查核時核對實際操作情形與申請內容符合情形，以減少排放源異常操作情形。時應詳加確認排放源與申

請內容是否相符，並於後續查核時核對實際操作情形與申請內容符合情形，以減少排放源異常操作情形。



(a)91 年



(b)101 年

圖 7-1 91 年與 101 年戴奧辛排放行業別比例變化

至於另一排放比例高的類別為逸散性排放源，主要包含農廢露天燃燒。過去農民認為燃燒稻草可防制病蟲害並使土壤肥沃，但燃燒稻草並不能防制病蟲害且尚有其他使土壤肥沃的方式，例翻耕或在田間堆肥。因近年來務農人力減少，農民經常就地焚燒稻草，除造成空氣污染、可能引發火災外，其濃煙亦可能造成交通安全疑慮，對環境及民眾安全均造成威脅。故近年來相關機關均致力推動宣導禁止此行為。環保單位在稻米收割前即大力宣導禁止，另主要稻米產區亦聯合設置稻草再利用平台，推廣收割後稻草之再利用，包含稻草農業鋪面、稻草蓆裸露地鋪設、稻草工藝品製作及稻草粗飼料等，以減少稻草露天燃燒比例，目前已可看出成效。

7.7.1 加強排放源集中區管制作業研商

本計畫自 95 年起執行空品戴奧辛環境監測，初期以一般空品站監測為主，98 年起，增加於北、中、南之排放源集中區域進行監測，茲將各排放源集中區測點測值彙整如表 7-1，由表中可看出，排放源集中區之平均監測值為一般空品區之 2~10 倍，此外，歷年各排放源集中區戴奧辛空氣品質與所在縣市戴奧辛排放量分析如圖 7-2。

由圖中可看出，南部(高雄市)排放源集中區戴奧辛空氣品質有改善趨勢，北部(桃園縣)因增加水美測點，而有明顯惡化趨勢。就排放量而言，南部排放量最低，但空氣品質監測濃度亦最低，顯示北部及中部排放源集中區內應有排放不穩定之排放源。

由檢測資料顯示，超標排放源中燃材(木屑)鍋爐所佔比例高，做為燃料之木材體積較大，故燃燒狀況差，且可能混合其他廢棄物及部分廢木材有塗漆，均為造成戴奧辛高濃度排放的可能原因。且近年來因油價上漲造成污染源型態改變，使用廢棄物為燃料鍋爐增加，亦可能為造成排放源集中區戴奧辛空氣品質濃度增加的原因。此外，部分污染源申請為鍋爐，實際卻為處理廢棄物之焚化爐，故其操作條件均不如焚化爐，亦可能造成較高濃度排放。

表 7-1 排放源集中區戴奧辛空氣品質監測結果彙整表

監測地點			戴奧辛監測濃度(pg I-TEQ/m^3)	超過 0.1 pg I-TEQ/m^3 比例
全台灣一般空品測站			0.041 (0.001 ~ 0.238)	6%
排放源集中區	北部	水美焚化廠	0.425 (0.060 ~ 0.813)	86%
		全興工業區服務中心	0.193 (0.029 ~ 0.584)	53%
	中部	台灣鋼聯	0.099 (0.057 ~ 0.192)	33%
		高雄市餐旅國中	0.052 (0.022 ~ 0.125)	7%
	南部	中油大林埔油庫	0.052 (0.019 ~ 0.108)	7%
		高雄市勞工局職訓中心	0.087 (0.031 ~ 0.200)	15%
		中鋼公司	0.047 (0.019 ~ 0.084)	0%

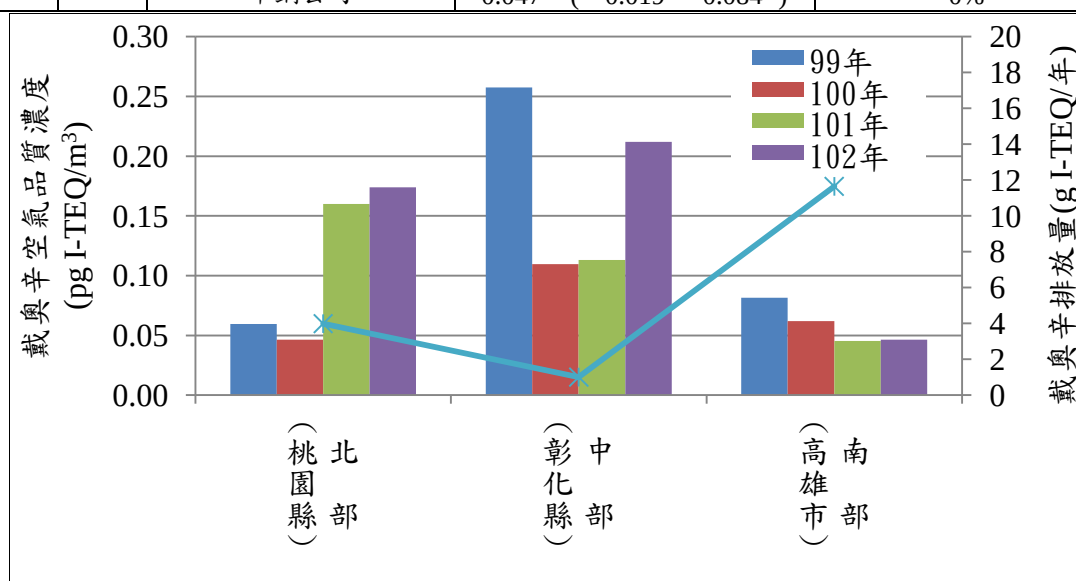


圖 7-2 排放源集中區戴奧辛排放量與空氣品質監測結果比較圖

環保署於 102 年 7 月 22 日邀集桃園縣、彰化縣、高雄市對轄區內排放源集中區域之管制進行研商，針對如何管制轄區內污染源排放戴奧辛進行討論；會議結論請環保局在核發鍋爐許可時，確實了解實際用途，以避免焚化爐以鍋爐名義申請；後續則需加強查核其燃料用量是否與許可相符。針對可能存在之地下工廠或刻意以較小設計處理量規避設置許可之排放源加強清查，擴充轄區內排放源資料，並將查核結果回報中央，以確實掌握既有排放資料庫，以達到逐年降低排放源集中區戴奧辛空品濃度。後續三縣市環保局均提供目前轄區內戴奧辛監測及檢測資料。

空品監測部分，由三縣市所提供之環境空氣戴奧辛濃度可觀察得知(表 7-2~7-4、圖 7-3~7-4)，與本計畫環境調查結果相似。如桃園觀音工業區之測站(樹林國小、觀音國小及白玉村辦公室)及全興工業區測站

確實有濃度較高之情形發生，另外發現大園工業區之測站也偶有偏高值出現。高雄小港區濃度則較無明顯高值出現，小港區雖污染源密集，多為鋼鐵業等傳統大型污染源，該業別雖排放量大，但經過多年的管制，已多方面的改善，排放濃度不高，近年鮮少有超標事宜，排放多已受控制。由本署近年的研究調查結果來看，排放源結構已隨管制標準的實施而改變，污染潛勢較高之行業別已不能只從傳統的大型污染源著手。

表 7-2 桃園縣－戴奧辛環境空氣濃度(1/2)

(1)觀音工業區

採樣地區	採樣地點	採樣日期	戴奧辛毒性當量 (pg-TEQ/Nm ³)
觀音工業區	樹林國小	99.02.24~26	<u>0.158</u>
		99.07.13~15	<u>0.206</u>
	觀音國小	99.02.24~26	<u>0.215</u>
	白玉村辦公室	99.07.13~15	0.086
99 年周界大氣戴奧辛平均值			0.166
觀音工業區	白玉村辦公室	100.01.19~21	<u>0.131</u>
		100.07.26-28	0.042
	樹林國小	100.01.19~21	0.015
		100.07.26-28	0.051
100 年周界大氣戴奧辛平均值			0.060
觀音工業區	白玉村辦公室	101.04.17-19	0.071
	樹林國小	101.04.17-19	0.088
101 年周界大氣戴奧辛平均值			0.080

(2)大園工業區

大園工業區	大園國小	99.01.19~21	<u>0.358</u>
		99.03.03~05	<u>0.132</u>
	潮音國小	99.03.03~05	<u>0.229</u>
		99.07.07~09	<u>0.224</u>
	內海國小	99.03.03~05	0.082
		99.07.07~09	0.034
99 年周界大氣戴奧辛平均值			0.177
大園工業區	內海國小	100.01.17-19	0.021
		100.08.09-11	0.038
	潮音國小	100.01.17-19	<u>0.133</u>
		100.08.09-11	0.052
100 年周界大氣戴奧辛平均值			0.061
大園工業區	內海國小	101.04.23-25	<u>0.405</u>
	潮音國小	101.04.23-25	<u>0.588</u>
101 年周界大氣戴奧辛平均值			0.497

表 7-2 桃園縣－戴奧辛環境空氣濃度(2/2)

(3)中壢工業區戴奧辛環境空氣濃度

採樣地區	採樣地點	採樣日期	戴奧辛毒性當量濃度 (pg-TEQ/Nm ³)
中壢工業區	忠福國小	99.07.05~07	0.022
	內定國小	99.07.05~07	0.044
99 年周界大氣戴奧辛平均值			0.033
中壢工業區	忠福國小	100.01.04-06	0.044
		100.08.23-25	0.054
	內定國小	100.01.04-06	0.037
		100.08.23-25	0.033
100 年周界大氣戴奧辛平均值			0.042
中壢工業區	忠福國小	101.05.01-03	0.324
	內定國小	101.05.01-03	0.027
101 年周界大氣戴奧辛平均值			0.176

表 7-3 彰化縣－戴奧辛環境空氣濃度

採樣地區	採樣地點	採樣日期	戴奧辛毒性當量 (pg-TEQ/Nm ³)
全興工業區	全興工業區服務中心	101.06.24-26	0.228
	伸港鄉大同國民小學	101.06.24-26	0.023
	上豪加油站	101.06.24-26	0.005
彰濱工業區-線西區	消防局第一大隊 伸港分隊	101.06.26-28	0.012
	信鐵有限公司	101.06.26-28	0.013
	藤本舖手調 茶飲連鎖店	101.06.26-28	0.018

表 7-4 高雄市－戴奧辛環境空氣濃度

採樣地點	991029	1000919	1010813
國立高雄大學	0.029	-	-
楠梓國中	0.031	-	-
文府國小	0.068	-	-
福康國小	0.043	-	-
前鎮高中	0.034	-	-
空中大學	0.027	0.046	-
小港國小	0.036	0.025	-
鳳鳴國小	0.092	0.051	-
中鋼燒結	0.064	0.049	-
南區廠	0.042	0.061	0.045
路竹高中	-	-	0.020
岡山農工	-	-	0.030
大社國小	-	-	0.021
仁武高中	-	-	0.030
三民高中	-	-	0.028
潮寮國中	-	-	0.027
林園高中	-	-	0.024

註：99 年監測選擇以高雄市區為主；100 年以小港區為主；101 年以排放源密集區域為主

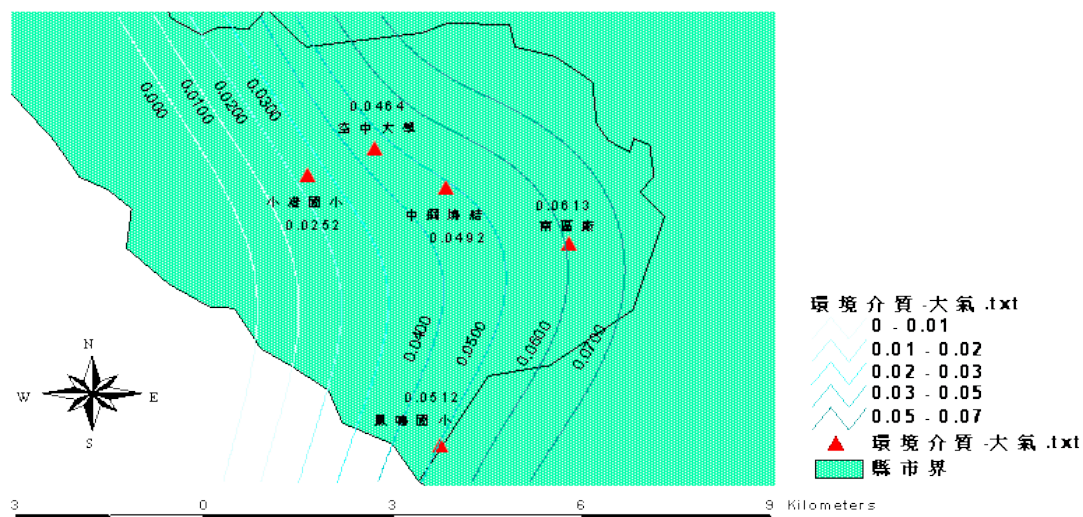


圖 7-3 100 年高雄市小港區監測點位置參考

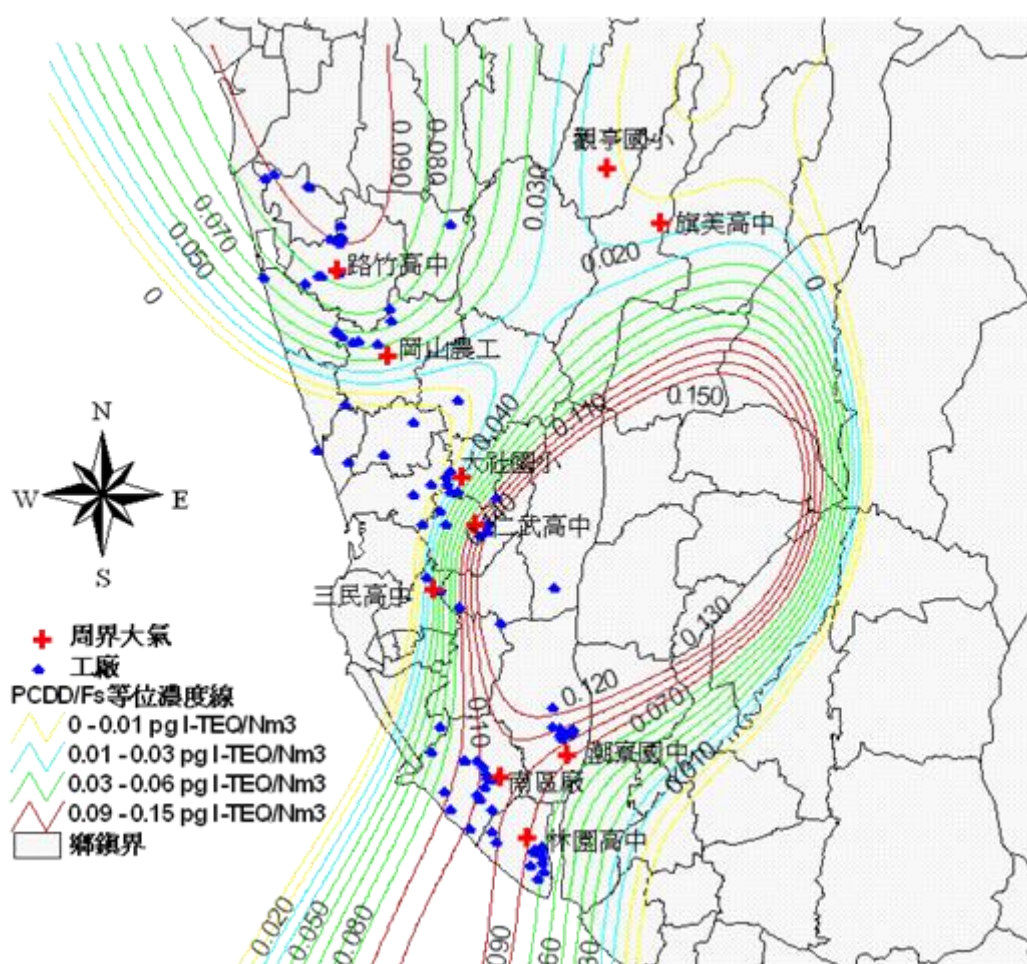


圖 7-4 101 年高雄市排放源密集區域監測點位置參考

各縣市另針對轄區內污染源進行查核並了解污染源運作狀況，依據各縣市提報資料統計查核數量如表 7-5。

其中以廢棄物為燃料之鍋爐，今年有 4 廠之戴奧辛濃度超標，皆為使用木屑或木材為燃料之鍋爐，如表 7-6，顯示燃材鍋爐為易超標之類別，且部分業者之防制設備效率明顯不足，應加強管制並確認防制設備是否可以有效控制戴奧辛之排放。

表 7-5 桃園縣、彰化縣、高雄市戴奧辛污染源查核數量

類別		桃園縣	彰化縣	高雄市
焚化爐	大型	3	1	5
	中型	1	1	2
	小型(非醫療)	16	1	13
	醫療	2	0	3
以廢棄物為燃料鍋爐		3	2	15
電弧爐		1	1	12
燒結爐		0	0	4
鋼鐵業集塵灰高溫冶煉		0	1	2
電力設施(燃煤鍋爐及汽電共生)		3	1	8
金屬二級冶煉	鋁二級冶煉	0	1	17
	銅二級冶煉	8	0	2
	鋅二級冶煉	0	0	1
水泥製造業		0	1	0
其他		1	0	6
非列管名單		1	0	0
總計		39	10	90

表 7-6 桃園縣、彰化縣、高雄市燃材鍋爐戴奧辛超標情形彙整

縣市	管編	廠名	檢測日期	排放濃度 (ng-TEQ/Nm ³)	使用 燃料	使用量	APCD
桃園縣	H47A1580	科德能源大園廠	102/05/27	16.699	木屑	0.69 T/hr	其他慣性收集器+旋風分離器+洗滌塔
彰化縣	N09A0946	正昌能源	102/04/09	0.572	木材	1.45 T/hr	SCR 設備+旋風分離器+脈動式袋式集塵器+吸附設備
高雄市	S2003121	大隆保利龍	102/04/25	2.18	木材	2.4 T/day	濕式旋風分離器
	S2900929	寬原實業 (生產保利龍)	102/08/20	1.64	木材	0.488 T/hr	旋風分離器+脈動式袋式集塵器

桃園縣環保局除了對已納管的戴奧辛進行操作查核外，另有對非屬戴奧辛列管源的佶鼎科技股份有限公司觀音廠進行稽查，且戴奧辛稽查結果超標(表 7-7)。該廠由於時有大量黑煙排放，故環保局前往現場了解並進行稽查，發現該廠許可登載為廢棄物物理處理程序，雖不屬於戴奧辛列管源，但實質上使用旋轉式乾燥爐(窯)將含銅污泥高溫加熱，煉製氧化銅及硫酸銅，製程特性類似銅二級冶鍊，與同縣鴻程科技公司之製程相似(鴻程科技亦曾於 97、99 年超標)。銅二級冶煉使用含銅下腳料、其他含銅金屬碎屑，其他銅(如銅合金)或含銅污泥做為原料，前述原料可能含潤滑油、塑膠、塗料、絕緣物質等，在加溫乾燥或熔煉過程中，可能產生戴奧辛，且依據文獻⁴指出，銅二級冶煉之廢氣在後續降溫過程中，因廢氣中富含含銅粒子，可催化戴奧辛再合成，故戴奧辛再合成現象明顯，且其飛灰含戴奧辛濃度高，建議持續關注此類窯爐。本計畫於 102 年 10 月進行水美測點監測時(監測濃度為 0.676 pg I-TEQ/Nm³)，發現監測點約東方有黑煙排放，依位置研判，可能為佶鼎科技，且該季監測時主要風向為東風及東北東風，顯示佶鼎科技所排放之空氣污染物，可能影響該季水美測點監測結果。

由桃園縣的經驗發現，除戴奧辛原本列管的污染源外仍有可能有其他潛在的高風險污染源，此類污染源較難由許可及資料庫中資料判定，需仰賴現場查核並不定期執行抽驗以了解是否應納入列管。

表 7-7 佶鼎科技戴奧辛排放濃度

管編	廠名	檢測日期	排放濃度 (ng-TEQ/Nm ³)	APCD
H5307933	佶鼎科技觀音廠	102/6/20	3.51	洗滌塔

7.1.2 加強各縣市火化場戴奧辛排放改善作業

近年來火化場排放戴奧辛問題逐漸引起關注，且尚有許多火化場未裝設任何空氣污染防治設備(表 7-8)，過去也曾因廢氣排放問題造成

⁴ Haiqian Li, Yonglong Lu, Li Li, "PCDD/Fs emission, risk characterization, and reduction in China's secondary copper production industry", Frontiers of Environmental Science & Engineering, August 2013, Volume 7, Issue 4

附近民眾抗議。為督促火化場裝設污染防制設備且良好操作，環保署於 96 年召集內相關單位討論排放改善事宜，環保署更於 99 年針對部分未裝設污染防制設備之火化場進行輔導。

為掌握其戴奧辛排放情形，環保署於 96 年起規定，火化場每兩年需定檢一次戴奧辛排放濃度值。然近年定檢與稽查檢測數據顯示，排放濃度超標比例相當高(6%~28%，表 7-9)，且未裝設空氣污染防制設備之火化場超標比例高於已裝設者。

依據各火化場裝設防制設備與戴奧辛稽查或定檢排放濃度分析如表 7-10，使用防制設備種類和排放濃度高低無顯著關係，但未裝設防制設備者排放濃度值卻顯著高於有防制設備者；依據殯葬管理條例修正案於 101 年 7 月 1 日施行，其中第十五條規定火化場應有空氣污染防制設施，而高雄市、臺中市、臺南市、桃園縣、花蓮縣等縣市之殯葬管理條例亦規定火化場應設置空氣污染防制設備。本計畫建議在縣市環保局考評時將縣市環保局輔導火化場裝設空氣污染防制設備有具體成果者，可予以加分之規定納入，希望可推動未裝設污染防制設備之火化場儘速改善，維持良好操作，以降低戴奧辛排放濃度，維護環境品質。

表 7-8 火化場空氣污染防治設備概況(1/2)

編號	火化場名稱		爐數	空氣污染防制設備概況	100 年火化量
1	台北市	第二殯儀館	14	7 套防制設備，每 2 座火化爐連接 1 套防制設備及排放管道，每套防制設備設有旋風集塵器+袋式集塵器+活性炭	20,611
2	新北市	新北市立殯儀館火葬場(三峽昇華園)	12	袋式集塵器+觸媒反應處理設備	13,368
3	台中市	台中市生命禮儀管理所-中港火化場	12	6 套防制設備，每 2 座火化爐連接 1 套防制設備及排放管道，二段式冷卻器、袋式集塵器及戴奧辛觸媒反應塔。	13,510
4		台中市生命禮儀管理所-大甲火化場	4	無防制設備	3,513
5	台南市	台南市殯葬管理所	10	5 套防制設備，每 2 座火化爐連接 1 套防制設備及排放管道，防制設備為戴奧辛觸媒反應塔及袋式集塵器。	8,223
6		柳營區火化廠(祿園)	5	空氣逆洗式袋式集塵器	2,694
7		左鎮區八德安樂園(私立)	6	無防制設備	1,428
8		新營區火化廠(福園)	5	觸媒反應塔+袋式集塵器	2,478
9		財團法人白河鎮大仙寺(私立)	4	旋風分離器+袋式集塵器	48

表 7-8 火化場空氣污染防治設備概況(2/2)

編號	火化場名稱	爐數	空氣污染防治設備概況	100 年 火化量
10	高雄市	(第一館)三民區火化場	18 降溫塔+旋風集塵器+袋式集塵器+活性碳	14,224
11		(第二館)仁武區火化場	5 熱交換器+旋風集塵器+袋式集塵器+活性碳	3,172
12	宜蘭縣	宜蘭縣殯葬管理所(員山福園)	3 戴奧辛觸媒反應塔	1,891
13		羅東鎮殯葬管理所(壽園)	2 旋風集塵器+袋式集塵器+活性碳	871
14	桃園縣	桃園市立殯葬所	8 座火化爐有 6 座無污染防治設備，2 座設有旋風集塵器+袋式集塵器+活性碳	4,391
15		中壢市立殯葬所(羽昇館)	6 袋式集塵器	5,824
16	新竹縣	竹東鎮立火葬場	3 無防制設備	2,336
17	苗栗縣	大湖鄉火葬場	2 目前停爐裝設防制設備及採樣平台	790
18		獅頭山火葬場(私立)	3 冷卻塔+脈動式袋式集塵器	1,280
19	南投縣	集集鎮慈德寺火化場(私立)	10 水冷式降溫塔+袋式集塵器+活性碳	8,983
20	雲林縣	虎尾鎮公所惠來火化場	7 洗滌塔	5,113
21	屏東縣	屏東市立火化場	4 無防制設備	3,225
22		高樹鄉立火化場	3 無防制設備	1,357
23		枋寮鄉立火化場	6 旋風集塵器+袋式集塵器	2,727
24	花蓮縣	吉安鄉慈雲山火葬場	6 旋風集塵器	1,927
25		鳳林鎮第一公墓火葬場	3 降溫設備+袋式集塵器+活性碳	282
26		玉里鎮松浦火葬場	3 袋式集塵器+活性碳	604
27		瑞穗鄉立火化場	2 無防制設備	130
28	台東縣	台東市火化場	3 熱交換器+旋風集塵器+袋式集塵+活性碳	1,565
29		成功鎮火化場	2 無防制設備	191
30	澎湖縣	澎湖縣菊島福園	3 旋風集塵器+袋式集塵器	591
31	基隆市	基隆市立殯葬管理所	6 旋風集塵器+袋式集塵器(2 座爐報備停爐)	3,559
32	新竹市	新竹市殯葬管理所羽化館	6 旋風集塵器+袋式集塵器+活性碳	3,578
33	嘉義市	嘉義市火化場	4 觸媒轉換器+袋式集塵器+火星過濾器	4,259
34	金門縣	金門縣殯葬管理所(金門仙州福園)	2 袋式集塵器	83

表 7-9 未裝設防制設備之火化場戴奧辛檢測結果

防制設備 裝設情形	管 編	火化場名稱	煙 囪	檢 測 日 期	戴奧辛檢測濃度 (ng I-TEQ/Nm ³)	備 註
部分火化 爐已裝設 空氣污染 防制設備	H4211858	桃園市立殯葬所	P001	96/12/28	0.905	
			P007	98/01/11	0.365	
			P008	98/01/11	0.373	
	D2804684	台南市殯葬管理所	P010	99/10/11	0.156	
			P011	99/12/07	0.006	
			P003	99/10/11	0.3	
			P004	99/10/06	0.21	
			P005	97/11/22	0.338	
			P006	97/11/22	0.439	
			P007	99/10/19	0.036	
			P008	97/12/04	0.025	
			P009	99/10/06	0.017	
全部火化 爐均未裝 設空氣污 染防制設 備	J58A1918	新竹縣竹東鎮立火葬場	P001	98/10/02	0.429	
			P002	98/07/02	2.09	超標
				99/10/06	0.345	
			P003	99/07/21	1.27	超標
				99/10/08	0.345	
				101/10/09	2.986	超標
	K0002936	苗栗縣大湖鄉火葬場	尚未設置採樣平台及防制設備，無法執行定期檢測，現正進行污染改善及採樣平台設置。			
	B8800424	台中市生命禮儀管理所- 大甲火化場	P001	98/02/25	0.629	
			P004	101/10/02	1.04	超標
	R0903081	台南市左鎮區八德安樂園 (私立)	P001	100/01/11	4.026	超標
			P004	98/02/21	2.795	超標
			P006	97/12/10	1.67	超標
	-	屏東市立火化場	P001	98/01/07	0.12	
				99/08/30	0.343	
			P002	98/01/05-06	3.7	超標
				99/07/05	0.448	
			P003	98/01/05-06	7.4	超標
	T52A0461	屏東縣高樹鄉立火葬場	P001	98/04/09	0.00007	
				99/05/10	0.042	
	U9903200	花蓮縣瑞穗鄉立火化場	P001	98/01/01	0.319	
				99/12/14	2.34	超標
	V7603531	台東縣成功鎮火化場	P001	100/03/06	0.279	
			P002	98/06/30	3.633	超標
				98/11/27	0.898	

表 7-10 火化場防制設備種類與戴奧辛排放濃度分析

防制設備種類	平均排放濃度值(ng I-TEQ/Nm ³)
水冷降溫塔+袋式集塵器+活性炭	0.004
冷卻塔+袋式集塵器	0.025
洗滌塔	0.029
旋風集塵器+袋式集塵器	0.060
袋式集塵器	0.129
旋風集塵器+袋式集塵器+活性炭	0.289
袋式集塵器+活性炭	0.293
袋式集塵器+觸媒	0.373
旋風集塵器	0.374
降溫塔+袋式集塵器+活性炭	0.486
冷卻塔+袋式集塵器+觸媒	0.544
無	1.080

7.1.3 稽查檢測行政配合

歷年來督察總隊執行相關戴奧辛稽查工作，均由本計畫人員監督執行作業；茲將近兩年度稽查結果、超標現況，整理說明如下：

一、101 年度

彙整督察總隊、各縣市環保局 101 年各類污染源檢測結果如表 7-11。101 年自行檢測共執行 321 座次，環保單位稽查檢測 160 座次，稽查檢測數量佔煙道數 24%，共計有 11 座次檢測不符排放標準，不合格率 7%；稽查不合格業者及後續辦理情形列於表 7-13。不合格部分全數已完成處分，其中兩座目前處於停爐狀態。

二、102 年度(統計至 11 月底)

各類污染源稽查、定檢結果整理如表 7-12，總計 102 年自行檢測共執行 247 座次，環保署與縣市環保局完成稽查 129 座次，稽查檢測數量佔煙道數 19%，檢測結果共有 14 座次檢測不符排放標準，稽查不合格率 11%；超標業者及後續辦理情形列於表 7-14；除兩業者告發處分中外，其餘不合格業者也已全數已完成處分。

由近幾年檢測結果趨勢可看出，傳統的鋼鐵業及大型廢棄物焚化等重大污染源已較少超標，顯示排放標準管制生效後，管制成效已發揮效用；取而代之的是以廢棄物為燃料鍋爐(燃材鍋爐)及火化場等業別。因此，本計畫請環保局及環保署督查總隊配合增加稽查以廢棄物為燃料鍋爐類別或增加非

屬戴奧辛列管源之檢測，如桃園縣於觀音工業區發現估鼎科技有戴奧辛異常排放之情形。本計畫針對燃材鍋爐於 7.1.1 節、火化場於 7.1.2 節分析討論。

表 7-11 101 年戴奧辛列管污染源與檢測結果彙整

污染源類別	操作運轉		定檢數量 [B]	稽查數量 [C]	稽查率 ([C]/[A])	稽查檢測 不合格數 [D]	稽查 不合格率 ([D]/[C])
	家數	座次 [A]					
大型焚化爐	24	61	65	23	38%	0	0%
中型焚化爐	7	9	6	9	100%	0	0%
小型焚化爐	58	76	32	31	41%	3	10%
醫療廢棄物焚化爐	10	11	9	10	91%	2	20%
以廢棄物為燃料	94	100	29	14	14%	4	29%
水泥窯爐 (代處理廢棄物)	3	4	2	3	75%	0	0%
燒結爐	2	5	9	3	60%	0	0%
電弧爐	23	33	20	15	45%	0	0%
集塵灰熱回收	5	7	11	2	25%	0	0%
火化場	34	87	12	11	13%	2	18%
電力業	45	90	39	19	21%	0	0%
鋁二次冶煉	74	98	43	8	8%	0	0%
銅二次冶煉	44	52	17	5	10%	0	0%
水泥窯爐	5	9	8	0	0%	0	-
其他	16	21	8	2	10%	0	0%
總計	444	663	310	155	23%	11	7%

註：101 年度業者定檢結果均合格

表 7-12 102 年(至 11 月底)戴奧辛列管污染源與檢測結果彙整

污染源類別	操作運轉		定檢數量 [B]	稽查數量 [C]	稽查率 ([C]/[A])	稽查檢測 不合格數 [D]	稽查 不合格率 ([D]/[C])
	家數	座次 [A]					
大型焚化爐	24	61	69	18	30%	1	6%
中型焚化爐	7	9	5	7	78%	1	14%
小型焚化爐	59	79	24	25	32%	1	4%
醫療廢棄物焚化爐	10	11	8	8	73%	1	13%
以廢棄物為燃料	102	109	26	19	17%	6	32%
水泥窯爐 (代處理廢棄物)	3	4	2	1	25%	0	0%
燒結爐	2	5	9	5	100%	0	0%
電弧爐	22	32	20	8	25%	0	0%
集塵灰熱回收	5	7	11	2	29%	0	0%
火化場	34	92	10	8	9%	1	13%
電力業	44	90	25	9	10%	0	0%
鋁二次冶煉	75	98	18	8	8%	2	25%
銅二次冶煉	44	52	13	3	6%	1	33%
水泥窯爐	5	9	1	0	0%	0	-
其他	16	21	6	8	38%	0	0%
總計	452	679	247	129	19%	14	11%

註：102 年度業者定檢結果均合格

表 7-13 101 年戴奧辛稽查不合格業者及後續處理情形(1/2)

序號	稽查對象	類別	管制編號	煙囪編號	稽查日期	檢測濃度	標準	超標可能原因	後續處理情形	可行改善策略
						(ng TEQ/Nm³)				
1	漢杞工程	醫療廢棄物焚化爐	L0508830	P101	101/6/26	0.822	0.5	1.急冷效率不足。	1.環保局告發處分。	1.穩定式操作
2					101/8/29	3.2	0.5	2.操作不穩定。	2.已針對製程設備清灰，濾袋更換。	2.增加急冷效果
3	雅昌實業二廠	以廢棄物為燃料(木屑)	N2907908	P001	101/7/26	1.35	0.5	1.袋式集塵設備及旋風分離防制效果不足。 2.鍋爐燃燒溫度不足。 3.袋式集塵器濾袋更換頻率不足。	1.已由環保局告發處分。 2.已針對製程設備清灰，濾袋更換	1.穩定式操作，注意物料摻配 2.防制設備操作改善
4	台彰纖維	以廢棄物為燃料(廢木柴)	N0809356	P006	101/9/13	2.10	0.5	1.袋式集塵設備及濕式排煙脫硫設備防治效果不足。 2.鍋爐燃燒溫度不足。 3.袋式集塵器濾袋更換頻率不足。 4.原物料(進料)含氯物質(雜質)比例偏高，易形成戴奧辛物質。	1.已由環保局告發處分。 2.已針對製程設備清灰、原物料進料品質進行雜質篩選作業，降低含氯物質進入焚化)。	1.穩定式操作，注意物料摻配 2.防制設備操作改善 3.濾袋定期更換
5	彰化縣和美鎮公所垃圾焚化廠	垃圾焚化小型焚化爐	N0904089	P001	101/8/9	10.77	0.5	1.空污防治設備(急冷塔崩塌)使煙道溫度無法降溫，致使後段空污設備效能降低。 2.活性碳碘值抽測結果與該廠活性碳採購規格有差異，可能導致防制設備效果不佳。	1.已由環保局告發處分。 2.已進行急冷塔整修更新工程，並針對袋式集塵設備及煙道管線進行積灰清除作業、濾袋更換。	落實防制設備維護保養
6	台中縣大甲鎮立殯儀館	火化場	B8800424	P004	101/10/2	1.04	0.5	1.未設防制設備。 2.操作溫度過低。	1.環保局告發處分。 2.102 年 E004 火爐停止操作。	1.加裝防制設備 2.應確實執行預熱

表 7-13 101 年戴奧辛稽查不合格業者及後續處理情形(2/2)

序號	稽查對象	類別	管制編號	煙囪編號	稽查日期	檢測濃度	標準	超標可能原因	後續處理情形	可行改善策略
						(ng TEQ/Nm ³)				
7	正豐紙業	以廢棄物為燃料(木屑)	L8601936	P101	101/10/16	0.642	0.5	1.活性碳噴注設備損壞。	1.環保局告發處分。 2.改善活性碳噴注設備。	落實防制設備維護保養
8	長春石油化學苗栗二廠	事業廢棄物焚化小型	K6801123	P804	101/8/21	2.49	0.5	1.製程前段降溫灑水頭阻塞，降溫異常，致使戴奧辛濃度異常。 2.廢污泥含銅，可能致使戴奧辛再生成。	1.已由環保局告發處分。 2.改善降溫灑水頭換新	1.改善降溫設備中 2.注意物料摻配
9	竹東鎮立火葬場	火化場	J58A1918	P003	101/10/9	2.986	1.0	1.降溫不足。 2.陪葬品可能含有過多塑膠製品，致使戴奧辛生成。	1.已由環保局告發處分。 2.已告知火葬場管理者減少大體含氯成分之陪葬品，如塑膠製品等。 3.已請鄉公所儘速向內政部申請空氣污染防制設備經費，鄉公所表示將配合辦理。	1.加裝防制設備 2.應確實執行預熱
10	勁鍊科技	事業廢棄物焚化小型	H5308645	P001	101/10/25	2.86	0.5	1.濾袋破損 2.活性碳噴注使用再生碳	1.已由環保局告發處分。 2.更換濾袋。	1.業者於已更換濾袋 2.已完成改善
11	福泰保利龍	以廢棄物為燃料(木屑)	S2002366	P001	101/11/7	0.592	0.5	1.該廠家中午休息時間到就把高溫設備及後端防制設備關掉，造成爐火溫度下降且無防制設備繼續進行污染物控制，所以檢測在該廠家製程操作狀況非正常穩定下進行。	1.已執行裁處，福泰公司提出訴願。	1.穩定操作，注意物料摻配 2.防制設備操作改善

表 7-14 102 年(至 11 月底)戴奧辛稽查不合格業者及後續處理情形(1/2)

序號	稽查對象	類別	管制編號	煙囪編號	稽查日期	檢測濃度	標準	超標可能原因	後續處理情形	可行改善策略
						(ng TEQ/Nm ³)				
1	新格發企業股份有限公司	鋁二級冶鍊	E5600654	P002	102/3/18	1.32	1.0	袋式集塵器壓差增加，粒狀物收集效率降低	已告發處分	落實防制設備維護保養
2	中國鋼鐵股份有限公司	事業廢棄物焚化中型	E5600841	PI11	102/3/28	1.264	0.1	垃圾組成摻配問題	已告發處分	穩定操作，注意物料摻配
3	海德魯材料股份有限公司	鋁二次冶煉	P46A2857	P001	102/4/8	0.651	0.5	操作不當、原物料含氯成分過高	已告發處分	進料應經過篩選，含氯成份應去除
4	正豐紙業股份有限公司	以廢棄物為燃料	L8601936	P101	102/4/15	2.122	0.5	1.活性碳噴注設備損壞 2.燒 RDF。內含廢木材/廢橡膠，可能檢測時摻配較差	已告發處分	1.落實防制設備維護保養 2.穩定操作，注意物料摻配
5	台中市文山垃圾焚化廠	大型焚化爐	B2402442	P002	102/4/22	0.15	0.1	垃圾組成摻配問題	已告發處分	改善情形:加強垃圾攪拌作業，以使垃圾均質焚化
6	大隆保利龍股份有限公司	以廢棄物為燃料	S2003121	P001	102/4/25	2.18	0.5	空氣污染防制設備僅有一套濕式炫風分離器，目前無法有效控制 PCDD/Fs 污染物	已告發處分	評估防制設備是否需要加強
7	科德能源科技股份有限公司大園廠	以廢棄物為燃料	H47A1580	P101	102/5/27	16.699	0.5	1.以木材為燃料，進料參雜廢棄物 2.濾紙過黑，防制設備(僅有旋風分離器及洗滌塔)無法有效去除粒狀物	已告發處分	1.進料應經過目視確認，將參雜之廢棄物取出 2.評估防制設備是否需要加強
8	佶鼎科技股份有限公司觀音廠	銅二級冶煉	H5307933	P201	102/6/20	3.51	0.5	1.許可登記為加熱乾燥製程，原本不列為戴奧辛列管原，但經桃園縣環保局清查發現該廠使用含銅污泥為原料進行冶煉，類似銅二級冶煉之製程	已告發處分	1.應裝設具戴奧辛處理能力之有效防制設備 2.原料含氯量須注意

表 7-14 102 年(至 11 月底)戴奧辛稽查不合格業者及後續處理情形(2/2)

序號	稽查對象	類別	管制編號	煙囪編號	稽查日期	檢測濃度	標準	超標可能原因	後續處理情形	可行改善策略
						(ng TEQ/Nm ³)				
9	高雄市殯葬管理處第一殯儀館	火化場	E5009166	P001	102/6/25	1.54	1.0	其火化場因設備維修經費短缺，且無專業人員進行每日設備維護，故防制設備狀態操作屬於不穩定	已告發處分	防制設備應確實運作
10	正昌能源有限公司	以廢棄物為燃料	N09A0946	P201	102/6/27	0.572	0.5	1.空氣污染防治設備效果不足(設備老化破損) 2.鍋爐燃燒(焚化)溫度不足 3.袋式集塵器濾袋更換頻率不足 4.原物料(進料)含氯物質(雜質)比例偏高，易形成戴奧辛物質	已告發處分	1.應規劃防制設備更新汰舊，評估防制設備是否需要加強。 2.進料應經過目視確認，將參雜之廢棄物取出。
11	寬原實業股份有限公司	以廢棄物為燃料	S2900929	P301	102/8/20	1.64	0.5	燃燒木材來源包含棧板，含氯量進料增加，造成戴奧辛檢測超標	已告發處分	進料應經過目視確認，將參雜之廢棄物取出
12	台光染整股份有限公司海湖廠	以廢棄物為燃料	H4600597	P401	102/8/26	4.24	0.5	燃燒木材雜質多，可能有含氯成分	告發處分中	進料應經過目視確認，將參雜之廢棄物取出
13	林口長庚醫院	醫療廢棄物焚化爐	H4801487	P001	102/9/17	1.132	0.5	活性碳噴入及袋式集塵器操作正常，進料含許多針筒等含氯物質所致	已告發處分	1.進料摻配 2.增加急冷效果
14	榮民工程股份有限公司大發事業廢棄物處理廠	有害廢棄物小型焚化爐	S2009990	P001	102/10/28	0.884	0.5	垃圾組成摻配問題	告發處分中	穩定操作，注意物料摻配

7.1.4 戴奧辛減量成效分析

我國戴奧辛排放量已逐年下降。為分析各措施的效益，嘗試計算法規制訂及後續稽查所造成的減量，計算方式如下：

- 一、設定基準年：以 91 年為計算基準
- 二、以主要行業別廢棄物焚化爐、中小型廢棄物焚化爐、電弧爐、燒結工場、鋼鐵業集塵灰高溫冶煉設施為主。
- 三、戴奧辛排放管制法規的生效日期，由於生效日多為 1 月 1 日，故其當年之排放量視為受法規生效影響，法規生效之減量為生效日當年排放量扣除前一年排放量。若法規為兩階段，則第二階段減量計算方式相同，一、二階段減量加總為該法規之減量貢獻。其他排放減量則視為後續稽查的貢獻。
- 四、蒐集前述行業別歷年稽查煙囪數，以計算單次稽查對排放減量的貢獻。由於各行業排放量差異大，故此貢獻以相對於原排放量之比例表示。

依前述假設計算各措施減量如表 7-15，由表中可看出，中小型廢棄物焚化爐及集塵灰高溫冶煉設施之削減以法規生效為主，中小型廢棄物焚化爐法規施行後，許多設備不佳焚化爐即停止操作；而鋼鐵業集塵灰高溫冶煉設施在法規頒布時該行業別有異常高濃度排放，為符合法規需求改善後，即有顯著的減量。單次查對基準年排放減量貢獻比例以鋼鐵業燒結工場最高，中小型廢棄物焚化爐最低。

表 7-15 排放標準與稽查對戴奧辛排放減量成效分析表

行業別	基準年排放量 (g I-TEQ/年)	91 年至 101 年排放削減量			單次稽查對基準年 排放減量貢獻比例
		(g I-TEQ/年)	法規生效 貢獻比例	稽查 貢獻比例	
廢棄物焚化爐	5.122	4.191	36%	64%	0.260%
中小型廢棄物焚化爐	61.112	60.570	99%	1%	0.004%
煉鋼業電弧爐	178.788	170.623	48%	52%	0.303%
鋼鐵業燒結工場	37.246	28.571	46%	54%	0.927%
鋼鐵業集塵灰高溫冶煉設施	67.281	67.098	98%	2%	0.065%
綜合貢獻比例	-	-	66%	34%	0.271%

註：綜合貢獻比例採基準年排放量為權重，即比例乘以該行業基準年排放量除以總基準年排放量。

7.2 重金屬排放源管制

依據國內重金屬排放資料顯示，燃煤發電鍋爐、電弧爐、水泥窯及焚化爐為主要之排放源。重金屬由於沸點高，多附著於粒狀物上排放至大氣，因此在管制重金屬時，管制粒狀物是個有效而較為簡易的方法，美國 EPA 的 HAPs 管制方式即納入此精神。環保署已著手針對特定行業別加嚴粒狀物排放標準，如針對發電鍋爐，已預告修正「電力設施空氣污染物排放標準」，針對鋼鐵業部分，本計畫協助推動相關標準，已於 101 年 6 月公告修正「鋼鐵業燒結工場空氣污染物排放標準」、102 年 11 月公告修正「煉鋼業電爐粒狀污染物排放標準」，上述標準生效後，除粒狀物的減量，亦可期待對重金屬之減量效益。針對多以氣態方式排放之重金屬汞，焚化爐已有相關排放標準實施；燃煤發電鍋爐，則已於預告修正標準中納入汞之限值。但針對主要排放源之重金屬檢測數據略顯不足，除焚化爐有定檢規定外，其他行業別並無相關規定，因此，本計畫建議針對主要排放源進行定檢制度，藉此達到業者的自我管理，並了解實際排放狀況。水泥窯有高溫特性，故目前用以處理部分廢棄物，然而據本計畫至水泥窯廠調查，發現部分水泥窯使用廢棄物種類多，且含有重金屬含量較高的廢棄物，可能衍生重金屬排放濃度高的問題，亦需加以管制。

7.2.1 煉鋼電爐粒狀物排放標準推動

環保署業已發布細懸浮微粒(PM_{2.5})空品標準，為達成空品改善目標，爰規劃加嚴固定污染源排放標準。依據本計畫團隊於 100 年度執行環保署「固定污染源空氣污染物排放相關標準檢討修正計畫」時，已針對既有「鋼鐵業燒結工場空氣污染物排放標準」及「煉鋼業電爐粒狀污染物排放標準」等傳統空氣污染物排放標準進行檢討分析、研擬排放標準修正草案，相關法制作業程序整理如表 7-16；其中「鋼鐵業燒結工場空氣污染物排放標準」已於 101 年 6 月 14 日完成修正發布(表 7-17)。

「煉鋼業電爐粒狀污染物排放標準」部分，參考國外標準並基於控制技術可行，標準值實較為寬鬆(表 7-18)。本計畫針對該標準修訂，

於 102 年 11 月 19 日發布實施，法規更名為「煉鋼及鑄造電爐粒狀污染物管制及排放標準」，修正內容如圖 7-5 與表 7-19，使標準內容與管制對象(電弧爐及鑄造電爐)更明確。排放標準值之修訂內容分為三部分，電弧爐廠房逸散：廠房加料期及出鋼期之粒狀污染物不透光率加嚴至均需小於 10%，並規範煉鋼期間除加料期及出鋼期(最長不超過六分鐘)，爐蓋均不得打開；電弧爐集塵設備排放口粒狀污染物限值由 50 mg/Nm³ 加嚴為新設污染源 12 mg/Nm³ 及既存污染源 10 mg/Nm³。

表 7-16 鋼鐵業相關標準研商歷程

日期	研商單位	討論議題
100 年 7 月	政策簡報	燒結爐及電爐標準修訂內容
100 年 9 月	鋼鐵公會研商	
100 年 9 月	主管機關、縣市環保局研商	
101 年 6 月 14 日	發布鋼鐵業燒結工場空氣污染物排放標準	
101 年 9 月	草案預告	煉鋼電爐粒狀污染物排放標準
102 年 1 月	主管機關、縣市環保局研商會	
102 年 3 月	拜訪台中鑄造公會	
102 年 4 月	鑄造工會研商會議	
102 年 11 月 19 日	發布煉鋼及鑄造電爐粒狀污染物管制及排放標準	

表 7-17 鋼鐵業燒結工場空氣污染物排放標準

污 染 物	管制對象 (含氧量)	現行規定	修正規定	實施日期
粒狀物 (mg/Nm ³)	新設	-	20	發布日起實施
	既存	75	75	發布日起實施
			30	103 年 1 月 1 日
SO _x (ppm)	新設	-	50	發布日起實施
	既存	250	175	發布日起實施
			100	(1)76 年 1 月 1 日以後設立排放源，於 105 年 1 月 1 日起實施 (2)67 年 1 月 1 日至 75 年 12 月 31 日間設立排放源，107 年 1 月 1 日起實施
NO _x (ppm)	新設	-	65	發布日起實施
	既存	1.75 年前設立 290 ppm 2.76 年後設立 170 ppm	100	107 年 1 月 1 日

表 7-18 國內外電爐粒狀物排放標準比較

管制項目	國內管制法規		美國電爐 40 CFR	歐盟電弧爐 BAT	韓國 (電弧爐)	日本 電弧爐	中國 電弧爐
	現行法規排 放標準	台中市加 嚴標準					
排放管道 粒狀污染物 (mg/Nm ³)	50	1.新：10 2.既：15	1.新：4.6 2.既：12	1.新：5 2.既：15 3.以日平均	20	1.碳鋼廠：200 2.不銹鋼廠：150 3.其他：100	1.新：20 2.既：50
廠房逸散 不透光率 (%)	加料期:20% 出鋼期:40% 其它:0%	-	6%	廠房內收集 效率需達 98%以上	-	-	-

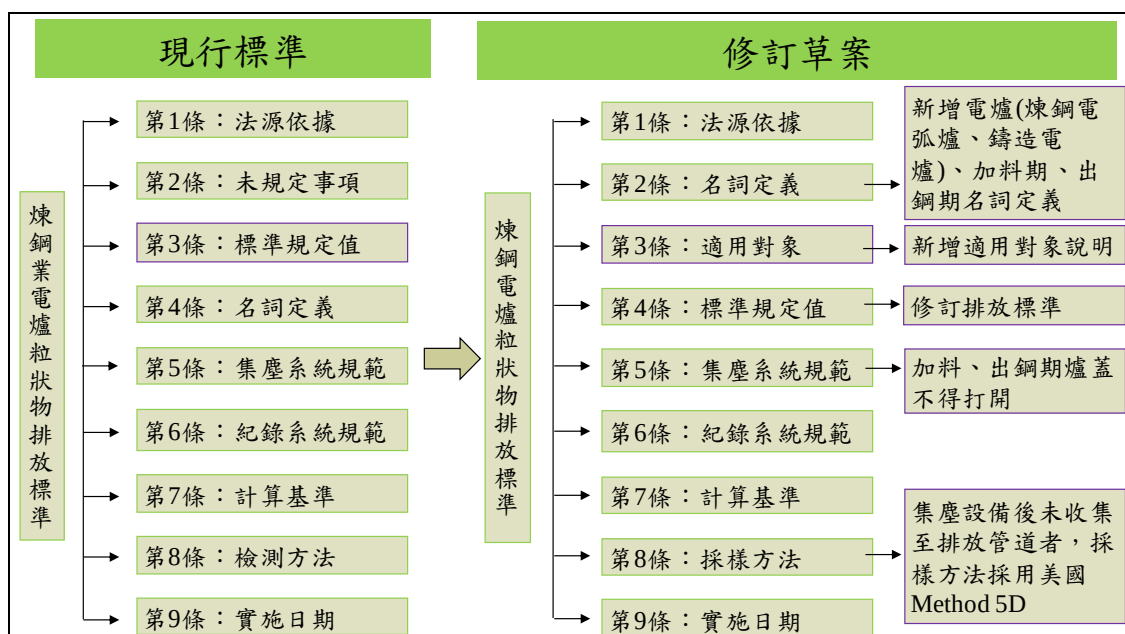


圖 7-5 煉鋼電爐粒狀物排放標準修正概要

表 7-19 煉鋼及鑄造電爐粒狀污染物排放標準對照表(1/5)

修正名稱	現行名稱	說明
煉鋼及鑄造電爐粒狀污染物管制及排放標準	煉鋼業電爐粒狀污染物排放標準	一、明訂本標準適用於煉鋼及鑄造電爐。 二、增加本法第二十三條第二項為本標準之訂定依據，修正標準名稱為「煉鋼及鑄造電爐粒狀污染物管制及排放標準」。
修正條文	現行條文	說明
第一條 本標準依空氣污染防制法第二十條第二項及第二十三條第二項規定訂定之。	第一條 本標準依空氣污染防制法第二十條第二項規定訂定之。	增加空氣污染防制法第二十三條第二項為本標準之訂定依據。
	第二條 本標準未規定事項適用其他相關之規定。	一、本條刪除。 二、煉鋼及鑄造電爐屬空氣污染防制法規範之固定污染源，其排放之空氣污染物，仍應符合固定污染源空氣污染物排放標準之規定，本標準未規定事項自適用之，無須另行規定，爰予刪除。

表 7-19 煉鋼及鑄造電爐粒狀污染物排放標準對照表(2/5)

修正條文	現行條文	說明
第二條 本標準用詞，定義如下： 一、<u>新設污染源</u>：指中華民國一百零二年十一月十九日後設立之污染源。 二、<u>既存污染源</u>：指中華民國一百零二年十一月十九日前已完成建造、建造中、完成工程招標程序或未經招標程序已訂立工程施作契約之污染源。但既存污染源符合固定污染源設置與操作許可證管理辦法第三條規定之變更條件者，以新設污染源論。 三、<u>電爐</u>：指以電為動力來源熔煉鋼、鐵及其合金之電弧爐、感應爐及電阻爐。 四、<u>煉鋼電弧爐</u>：指利用電弧產生的熱量進行廢鐵、廢鋼或銑鐵冶煉之電弧爐。 五、<u>鑄造電爐</u>：指從事鋼、鐵及其合金元件鑄造(含鋼鑄造程序或灰鐵鑄造程序等)之電爐(含電弧爐、感應爐及電阻爐)。 六、<u>加料期</u>：指自煉鋼電弧爐爐蓋開啟加料至爐蓋關閉後三分鐘，<u>本標準附表粒狀污染物排放標準廠房逸散不透光率所容許之加料期限</u>為六分鐘。 七、<u>出鋼期</u>：指自煉鋼電弧爐開始傾斜出鋼時至恢復直立位置後之三分鐘，<u>本標準附表粒狀污染物排放標準廠房逸散不透光率所容許之出鋼期限</u>為六分鐘。	第四條 本標準<u>專用名詞</u>定義如左： 一、<u>電爐</u>：指所有熔煉鋼、鐵及其合金之電爐或感應爐。 二、<u>加料期</u>：指自爐蓋開啟加料至爐蓋關閉後三分鐘，<u>加料期最長不超過六分鐘</u>。 三、<u>出鋼期</u>：指自電爐開始傾斜出鋼時至恢復直立位置後之三分鐘，<u>出鋼期最長不超過六分鐘</u>。	一、條次變更。 二、增加本標準新設及既存污染源之定義。 三、本法管制對象為以電為動力來源之電爐，爰明確定義，以利各界遵循。 四、增加煉鋼電弧爐及鑄造電爐(電弧爐、感應爐及電阻爐)之定義，利於適用排放標準之判定。 五、加料期及出鋼期於定義內說明僅適用於煉鋼電弧爐，應修正並增加容許之最長時間。
第三條 本標準適用於煉鋼及鑄造電爐		一、 <u>本條新增。</u> 增加適用對象說明。
第四條 本標準規定值如附表。	第三條 本標準規定值如附表。	條次變更。
第五條 煉鋼電弧爐爐蓋，除加料期及出鋼期外，均不得打開。但於維修保養、停爐及故障期間不適適用之。	第五條 集塵系統屬加料、出鋼時屋頂始打開並排出氣，其餘時間無逸散性排放者，則屋頂打開時所允許排放物之不透光率及排放時間同廠房逸散之標準。	為有效降低粒狀物逸散性排放，修正原條文文字，明定除加料或出鋼期外，煉鋼電弧爐爐蓋不得打開，同時增加維修保養、停爐及故障期間排除之規定。

表 7-19 煉鋼及鑄造電爐粒狀污染物排放標準對照表(3/5)

修正條文	現行條文	說明
第六條 煉鋼電弧爐之集塵覆蓋流量及爐內自由空間壓力紀錄系統完成後始得進行加料期、出鋼期之不透光率及時間判定。	第六條 電爐之集塵覆蓋流量及爐內自由空間壓力紀錄系統完成後始得進行加料期、出鋼期之不透光率及時間判定。	加料期、出鋼期僅適用於煉鋼電弧爐，修正條文文字。
第七條 本標準濃度值計算均以凱氏溫度二七三度及一大氣壓下未經稀釋之乾燥排氣體積為計算基準。 電爐有一個以上集塵設備，其粒狀污染物濃度(C)依下列公式計算： $C = \frac{\sum_{i=1}^n (Cs \cdot Qs)_i}{\sum_{i=1}^n (Qs)_i}$ i：集塵設備之廢氣排放口，i = 1,2,3,...,n。 n：集塵設備廢氣排放口之總數目。 Cs：各集塵設備廢氣排放口之粒狀污染物濃度，單位為毫克／立方公尺(mg/Nm ³)。 Qs：各集塵設備廢氣排放口之排氣體積流量，單位為立方公尺／小時(Nm ³ /hr)。 Cs·Qs：各集塵設備廢氣排放口之粒狀污染物排放量，單位為毫克／小時(mg/hr)。	第七條 本標準濃度值計算均以凱氏溫度二七三度及一大氣壓下未經稀釋之乾燥排氣體積為計算基準。	本條說明濃度值計算之基準，現行附表有關標準濃度值計算規定，應一體適用，爰將附表中有關濃度計算之規定，移列於本條，並修正符號定義說明文字，以臻明確。
	第八條 本標準污染物之測定依附表及中央主管機關增修訂公告之方法。	一、本條刪除。 二、各項污染物採樣及測定方法，依空氣污染防治法第四十四條規定，應由中央主管機關訂定之標準檢測方法辦理。無需另行規定，本條爰予刪除。
第八條 本標準除另定施行日期者外，自發布日施行。	第八條 本標準自發布日施行。	一、條次變更。 二、文字修正。

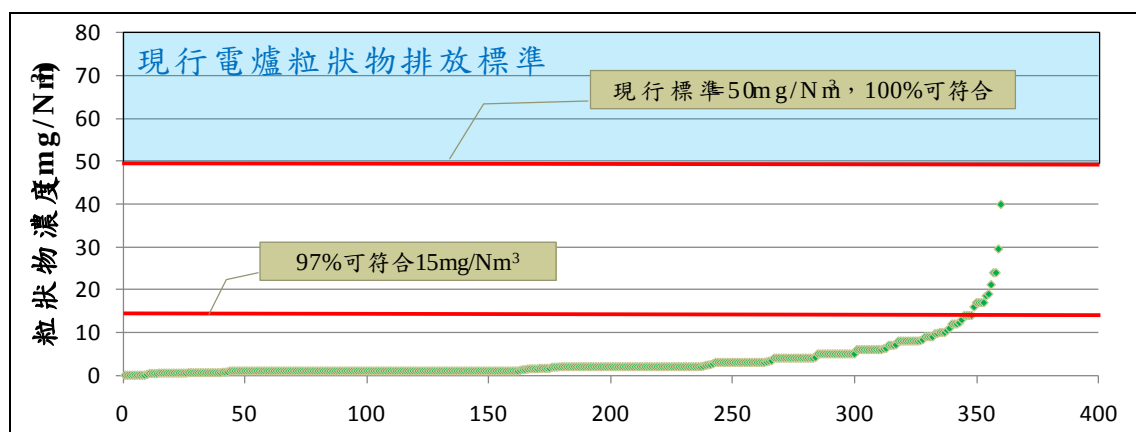
表 7-19 煉鋼及鑄造電爐粒狀污染物排放標準對照表(4/5)

修正名稱					現行名稱			說明	
附表 煉鋼及鑄造電爐粒狀污染物管制及排放標準					附表 煉鋼業電爐粒狀污染物排放標準			標準名稱修正為煉鋼及鑄造電爐粒狀污染物管制及排放標準，併同修正附表名稱。	
修正規定					現行規定			說明	
污染源		粒狀污染物 排放標準		污 染 源	粒狀污 染 物 排 放 標 準	測定方法			
一、 煉 鋼 及 鑄 造 電 爐 廢 氣 排 放 口	新 設 污 染 源	煉鋼電弧爐	重量濃度 (mg／Nm ³)	10	二、 集 塵 設 備 排 放 口	粒狀污 染 物 濃 度 小 於 五 〇 mg／Nm ³	1.排放管道：依行政院環境保護署公告之方法或參照日本JIS Z8808或US EPA METHOD 5。 2.氣體組成：以Hempel法或Orsat法，依CNS K9018或參照日本JIS K2301。 3.採樣時間至少四小時，如僅有一電爐則其採樣時間應以能包含一完整的操作循環，如必須縮短採樣時間，應得到主管機關之核准，但採樣氣體體積應至少達四.五立方公尺。 4.電爐有一個以上集塵設備，其粒狀污染物濃度(C)依左列公式計算。 $C = \frac{\sum_{n=1}^N (Cs \cdot Qs)_n}{\sum_{n=1}^N (Qs)_n}$ Cs：每一立方公尺空氣(乾基)中粒狀污染物之濃度，單位為毫克／立方公尺(mg/Nm ³)。 N：集塵設備之數目。 Qs：排氣之體積流量，單位為立方公尺／小時(Nm ³ /hr)。 (Cs·Qs) _n 或 (Qs) _n ：各集塵設備之排放或排氣總量。	一、依空氣污染防治法第四十四條規定，粒狀污染物之測定方法，依中央主管機關訂定之標準檢測方法辦理，爰予刪除。 二、電爐有一個以上集塵設備時之粒狀污染物濃度計算方式移至修正條文第七條規定。 三、為加強集塵設備排放口粒狀污染物改善，既存污染源參考歐盟二〇一〇年鋼鐵業最佳可行技術，修訂集塵設備排放口粒狀污染物濃度為十五mg/Nm ³ ；新設污染源參考美國二〇〇七年發布電弧爐有害空氣污染物排放標準，修訂煉鋼電弧爐集塵設備排放口粒狀污染物濃度為十mg/Nm ³ ，鑄造電爐集塵設備排放口粒狀污染物濃度為十二mg/Nm ³ 。 四、考量鑄造電爐多屬中小規模業者，針對既存鑄造電爐業者給予緩衝期，分兩階段實施排放標準。	
			不透光率 (%)	10					
		鑄造電爐	重量濃度 (mg／Nm ³)	12					
			不透光率 (%)	10					
	既 存 污 染 源	煉鋼電弧爐	重量濃度 (mg／Nm ³)	15					
			不透光率 (%)	10					
		鑄造電爐	30						
			重量濃度 (mg／Nm ³)	15 (自中華民國一百零六年一月一日施行)					
			10						
			不透光率(%)	10					

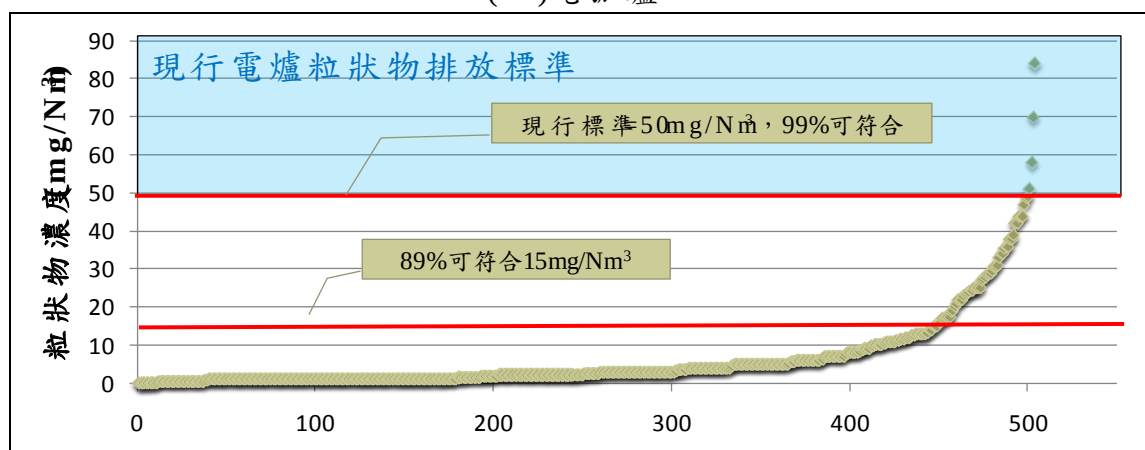
表 7-19 煉鋼及鑄造電爐粒狀污染物排放標準對照表(5/5)

修正名稱						現行名稱				說明	
二、煉鋼電弧爐廠房逸散	新設污染源及既存污染源	加料期或出鋼期	不透光率	10	<u>發布日</u>	一、廠房逸散	<u>加料期(最長不超過六分鐘)</u>	不透光率小於 <u>20%</u>	以目測判煙或經主管機關核可之不透光率測定設備。	一、本標準採用之不透光率測定方法於備註描述。 二、加料期限或出鋼期限已於第二條名詞定義，本表不重覆規定。 三、加強集塵抽風系統改善，可有效抑止廠房粉塵逸散，故規定非加料出鋼期之不透光率為 0%。考量目前國內目測判煙判定不透光率最低值，訂定加料期或出鋼期不透光率標準為 10 %。	
		非加料出鋼期		0			<u>出鋼期(最長不超過六分鐘)</u>	不透光率小於 <u>40%</u>			
							非加料出鋼期	不透光率小於或等於 0%			
三、煉鋼電弧爐集塵灰洩料設施	新設污染源及既存污染源		不透光率(%)	10	<u>發布日</u>	三、底灰處理	不透光率小於 10%		以目測判煙或經主管機關核可之不透光率測定設備。	一、本標準採用之不透光率測定方法於備註描述。	
備註	本標準規定之不透光率測定方法如下： 1.目測判煙。 2.以固定污染源空氣污染物連續自動監測設施管理辦法規定之不透光率連續自動監測設施測定。									明訂本標準採用之不透光率測訂方法。	

「煉鋼及鑄造電爐粒狀污染物管制及排放標準」標準值之符合情形如圖 7-6 所示，由於現有電弧爐及鑄造電爐多已安裝最佳防制設備袋式集塵器，定期更換濾袋並穩定操作即可符合新標準值，對業者衝擊不大，且對於鑄造業者並予以 4 年改善期限。



(一)電弧爐



(二)鑄造電爐

圖 7-6 煉鋼及鑄造電爐粒狀物排放標準符合情形

7.2.2 行業別重金屬定檢規劃

囿於重金屬種類繁多，形態多變且多具累積性而不易分解，對人體及環境有危害性(表 7-20)。大部分重金屬經由燃燒而排放於大氣，其中僅汞之揮發性高，排放以氣態為主，其餘重金屬多因沸點高而附著於粒狀物上，因此管制粒狀物等同具有管制重金屬之效益。但目前排放基線數據仍不足，故本計畫檢討目前國內重金屬排放情形，擬定應

需定檢重金屬之行業別，並將定檢規定修訂第一、二批及新增第三批公私場所應定期檢測及申報之固定污染源，以完備排放資料庫，並以定檢方式落實排放管制及自我管理。

表 7-20 常見重金屬之危害性

項目	鉛	鎘	汞	砷	鉻	鎳
致癌性	1.可能具致癌性 2.動物實驗顯示有致癌性，但對人體證據不足(US EPA, B2 級)	1.對人體可能具致癌性(US EPA, B1 級) 2.攝食為主要途徑	1.對人體不致癌	1.對人體確定具致癌性(US EPA, A 級) 2.攝食為主要途徑	1.六價鉻具致癌性致瘤性(US EPA, A 級) 2.吸入為主要途徑	1.次硫化鎳對人體確定具致癌性(US EPA, A 級) 2.吸入為主要途徑
非致癌性	1.慢性累積性中毒 2.對神經、造血及循環系統產生危害 3.影響兒童智力發展	1.引發貧血、腎傷害、肝病變、新陳代謝危害、痛痛病	1.蓄積人體腎、肝及腦，造成危害 2.甲基汞對人體 3.神經系統危害 鹵化汞 ⇨ 水俣病	1.砷的累積可能引發急性中毒 2.脫水、循環器官障礙、烏腳病	1.引發鉻性皮膚潰瘍 2.鉻性鼻炎	1.致敏性金屬 2.呼吸與免疫系統傷害 3.皮膚過敏發炎

一、法源依據及目前現況

基於管制工作必要性，環保署可依據空氣污染防治法第二十二條授權「公私場所具有經中央主管機關指定公告之固定污染源者，應於規定期限內完成設置自動監測設施，連續監測其操作或空氣污染物排放狀況，並向主管機關申請認可；其經指定公告應連線者，其監測設施應於規定期限。前項以外之污染源，主管機關認為必要時，得指定公告其應自行或委託檢驗測定機構實施定期檢驗測定。」。目前環保署目前已完成第一批、第二批公私場所應定期檢測及申報之固定污染源公告，主要對象均屬國內重大污染排放源，包括：發電業、鋼鐵業、廢棄物焚化爐等。

然重金屬部分，目前除廢棄物焚化爐已於第一批、第二批公告需針對「廢棄物焚化爐空氣污染物排放標準」中管制之鉛、鎘、汞等三類重金屬實施定檢外，並未針對其他排放源及其他重金屬(如砷、鉻、鎳等)規範定檢規定。其他固定污染源，雖有「固定污

污染源空氣污染物排放標準」訂定鉛、鎘及「鉛二次冶煉廠空氣污染物排放標準」訂定鉛標準，然皆未有訂定相關定檢規定，因此，其他業別及重金屬資料相對缺乏。其中，台中市電力設施空氣污染物排放標準中針對燃煤機組雖無重金屬之排放標準，但對汞、鉻、鎘、鉛、鎳、砷及多環芳香烴化合物設有定檢義務規範。現有國內管制標準整理如表 7-21。

根據國內重金屬(鉛、鎘、汞、砷)排放清冊，主要排放源為燃煤鍋爐、電弧爐、焚化爐、水泥窯，目前除焚化爐及草案制訂中的燃煤鍋爐外並無定檢規定。重金屬之業別排放量排序如表 7-22 所示。

表 7-21 我國重金屬管制及排放標準彙整表

法規名稱	發布日期	實施標準
1.固定污染源空氣污染物排放標準	81/04/10	鉛、鎘、其他污染物依第七條所列方法計算
2.鉛二次冶煉廠空氣污染物排放標準	81/08/28	鉛
3.廢棄物焚化爐空氣污染物排放標準	95/12/25	鉛、鎘、汞依處理量及既存新設劃分
4.臺中市電力設施空氣污染物排放標準(地方法規)	95/05/10	同型燃煤機組應每半年定期擇半數以上機組輪流進行粒狀物粒徑分布及重金屬之汞、鉻、鎘、鉛、鎳、砷及多環芳香烴化合物。
5.臺中市固定污染源六價鉻排放標準(地方法規)	101/05/24	排放管道及周界 ❖適用製程類別為電弧爐煉鋼製程、廢棄物焚化爐製程、燃煤鍋爐、金屬二級冶煉製程及含鉻電鍍製程。
6.電力設施空氣污染物排放標準	草案	汞

表 7-22 業別重金屬排放量比例

類別	1	2	3	4	5	6
鉛	燃煤發電鍋爐 (43.9%)	電弧爐 (23.0%)	焚化爐 (11.9%)	燒結爐 (9.0%)	二級冶鍊 (8.4%)	水泥窯 (3.9%)
鎘	燃煤發電鍋爐 (55.0%)	電弧爐 (14.5%)	水泥窯 (10.4%)	焚化爐 (9.3%)	燒結爐 (6.7%)	二級冶鍊 (4.2%)
汞	燃煤發電鍋爐 (34.1%)	焚化爐 (19.4%)	水泥窯 (19.3%)	電弧爐 (14.6%)	燒結爐 (6.9%)	集塵灰高溫冶煉設施(5.7%)
砷	燃煤發電鍋爐 (65.9%)	水泥窯 (17.9%)	焚化爐 (6.1%)	二級冶鍊 (4.4%)	半導體/光電 (3.2%)	電弧爐 (2.4%)

(1)燃煤發電鍋爐：40 廠； (2)焚化爐：大型 24 廠、中小型約 75 廠； (3)水泥窯：8 廠；
(4)電弧爐 23 廠；(5)燒結爐：2 廠； (6)二級冶煉：約 145 廠； (7)集塵灰回收設施：5 廠；
(8)半導體/光電：56 廠/14 廠；(9)其他：火化場和稻草及農業廢棄物露天燃燒

二、國外管制對象

各國重金屬管制之業別如前表 2-4，各國管制以焚化爐、燃煤發電鍋爐為主，對熔煉業及水泥廠亦有不少國管制；管制項目最多者為鉛、鎘、汞，其次為砷、鉻等。歐盟之重金屬排放結構如表 7-23，發電設施、鋼鐵業、工業燃燒製程為主要重金屬排放源。

表 7-23 歐盟重金屬排放結構

排序	歐盟主要排放源
鉛 (Pb)	工業燃燒製程(非鐵金屬及其他)、鋼鐵業、交通
鎘 (Cd)	工業燃燒製程(非鐵金屬及其他)、鋼鐵業、發電設施
汞 (Hg)	工業燃燒製程(其他)、鋼鐵業、發電設施
砷 (As)	工業燃燒製程(非鐵金屬及其他)、發電設施
鉻 (Cr)	工業燃燒製程(其他)、發電設施
鎳 (Ni)	工業燃燒製程(非鐵金屬及其他)、發電設施

三、重金屬定檢業別篩選原則

本計畫依據排放現況及需求，分為檢測鉛、鎘、汞、砷、鉻、鎳及僅檢測砷之業別，茲說明如下：

(一) 檢測物質為鉛、鎘、汞、砷、鉻、鎳：燃煤發電鍋爐、水泥窯、焚化爐、電弧爐、燒結爐及集塵灰回收

1. 此六物質為國外業別排放管制物質，定檢結果可做為排放情形掌握及未來擬訂排放標準之參考。

(1) 鉛、鎘、汞：現行廢棄物焚化爐規範定檢項目，擴大至其他業別。

(2) 砷：國外管制物質且具致癌物質。

(3) 鉻：國外管制物質且六價鉻具有致癌性，以總鉻方式定檢可與其他重金屬一併檢測，如未來有六價鉻疑慮，再進行六價鉻單獨檢測之考量。

(4) 鎳：歐盟環境空氣品質管制項目。

2. 業別排放量大：由表 7-22 統計結果，燃煤發電鍋爐、電弧爐、水泥窯及焚化爐等行業重金屬排放量大。

3. 廠別排放量大：燒結爐其排放量雖小於前述業別，但國內只有 2 廠，單一廠之排放量大。

4. 水泥窯、焚化爐、電弧爐、燒結爐等排放受進料影響

大，進料成分不同，會造成後續重金屬排放比例有較大差異，雖並非 4 物質都是主要排放源(如水泥窯之鉛、電弧爐及燒結爐之砷非排放量前 3 名或 10%以上)，但仍應了解其排放情形。

5. 集塵灰回收設施主要處理鋼鐵業之集塵灰，其排放性質與進料相關，變動較大，國內現有家數不多，可納為定檢對象以掌握排放情況。

(二) 檢測物質為砷：半導體及光電業

1. 蝕刻、擴散製程使用砷化氫，與其他製程之原料中含微量重金屬性質不同，故其檢測項目僅針對蝕刻、擴散製程排放管道執行砷檢測。
2. 半導體及光電業之砷排放一直為民眾關心議題，雖總排放量不大，但其多為逸散性排放，對附近地區較易造成影響，建議納為定檢對象。

(三) 其他未納入之業別

1. 二級冶鍊：其總排放量較小，家數多，亦即單一廠別排放量較小，且有許多為規模小之工廠，為避免影響層面太大，建議暫不納為定檢對象。
2. 其他業別：汞之其他類別排放源主要包含火化場和稻草及農業廢棄物露天燃燒，限於國內目前無火化場汞排放實測數據，排放量係以國外排放係數推估，可能與國內實際狀況有較大差異。

四、可能衝擊分析

(一) 排放管道採樣問題

1. 重金屬採樣之採樣設施要求與戴奧辛相同，已有實施戴奧辛檢測者，無重金屬採樣問題。
2. 半導體/光電業並非戴奧辛定檢對象，故採樣平台並不一定符合規範，廠區內煙道設於屋頂(多為屋頂上方突出約 15 公尺以下)，較無負重問題。
3. 如半導體/光電業之煙道無法符合採樣設施規範時，可

依據採樣設施規範第八條：「污染源倘因故未能依本規範設置採樣設施時，應參考中央主管機關公告之相關空氣污染物標準檢測方法規定，並提書面資料說明，經主管機關認可。」實施之。

(二) 定檢費用估算

1. 每次檢驗(鉛、鎘、汞、砷、鉻、鎳) 1 個樣品約 44,000 元，單一重金屬與多個重金屬之採樣程序相同，僅分析時需多加判讀，檢測費用差異小。以含有 3 個排放管道之工廠為例，每年定檢 1 次，費用約 132,000 元。
2. 半導體業排放管道多，分為酸排、鹼排及 VOC 排放，蝕刻、擴散製程屬酸排放，酸排放約佔全煙道之 1/3~2/3，以每廠 20 根次，重金屬砷檢測 1 樣品 29,000 元計算，每年約需負擔 58,000 元，整體產業需要支出 4 仟萬元之檢測費用，負擔龐大，因此，建議訂定予其他行業別不同檢測頻率，以三年為一個循環分批檢測。

五、公告內容

公告內容如表 7-24，除燃煤鍋爐、集塵會高溫冶煉設施及半導體光電業新增於第三批外，其與業別於第一、二批內新增重金屬項目。

六、預期效益

- (一) 有害物質重金屬為國際管制關切重點，恐對人體有致癌或其他傷害，亦對環境造成影響，其中固定污染源為主要排放源之一，藉本公告可將燃煤發電鍋爐、水泥窯、煉鋼業等主要排放源納入定檢對象，掌握國內排放現況。
- (二) 固定源排放標準已有重金屬標準，藉由本公告實施，要求業者自我管理，達到環境保護之義務。
- (三) 針對高風險業別了解實際排放狀況，未來可協助重點排放源進行輔導改善。

表 7-24 第一至三批公私場所應定期檢測及申報之固定污染源(僅列有變更或更新之業別)(1/2)

批次	行業別	製程	公告之 固定污染源	條件說明	固定污染源空氣污染物測定項目及頻率										說明		
					粒 狀 物	硫 氧 化 物	氮 氧 化 物	氟 化 物	氯 化 氫	重金屬及其 他化合物 (鉛、鎘、 汞、砷、鉻、 鎳)	氣 體 組 成	排 放 流 率	檢 測 級 數	檢 測 頻 率			
一	各行業	廢棄物焚 化程序	焚化爐	一、具同一排放口 總設計或實際 處理量每小時 二公噸以上， 未滿十公噸者	●		●		●	●	●	第二級	每六個月一 次	1. 國際主要管制對象，亦屬重金屬主要排放 源，目前已有業別排放標準(鉛、鎘、汞)， 本次增加砷。 2. 排放量佔比為鉛(16%)、鎘(8%)、汞(15%)、 砷(6%)。 3. 檢測頻率及設施規模大小依「第一、二批公私 場所應定期檢測及申報之固定污染源」。 4. 國內廠家數：大型 24 廠；中小型約 75 廠。			
				二、具同一排放口 總設計或實際 處理量每小時 十公噸以上者	●		●		●	●	●	第一級	每三個月一 次				
一	鋼鐵冶煉 業及其他 具有下列 製造程序 之行業	電弧爐煉 鋼程序	電弧爐	所有此類設備	●		●				●	●	第二級	每六個月一 次	1. 國內重金屬主要排放源。 2. 排放量佔比為鉛(22%)、鎘(15%)、汞 (13%)、砷(3%)。 3. 國內廠家數：23 廠。		
										●		●	●	第三級		每年一次	
		鐵初級熔 煉／燒結 程序	燒結爐	所有此類設備	●	●	●					●	●	第二級		每六個月一 次	1. 國內重金屬主要排放源。 2. 排放量佔比為鉛(9%)、鎘(6%)、汞(6%)。 3. 國內廠家數：2 廠。
										●		●	●	第三級		每年一次	
			集塵排放口	所有此類設備	●							●	●	第三級	每年一次		
一	水泥製造 業	水泥製造 程序	熟料冷卻 機、水泥磨、 煤磨	所有此類設備	●							●	●	第二級	每六個月一 次	1. 國際主要管制對象，屬於重金屬汞之主要 排放源。近年研究調查發現汞排放值高。 2. 排放量占比為鎘(12%)、汞(12%)、砷(18%) 3. 國內廠家數量：8 廠。	
			旋窯及生料 磨	所有此類設備	●		●					●	●	第一級	每三個月一 次		
										●		●	●	第三級	每年一次		

表 7-24 第一至三批公私場所應定期檢測及申報之固定污染源(僅列有變更或更新之業別)(2/2)

批次	行業別	製程	公告之 固定污染源	條件說明	固定污染源空氣污染物測定項目及頻率										說明
					粒 狀 物	硫 氧 化 物	氮 氧 化 物	氟 化 物	氯 化 氫	重金屬及其 他化合物 (鉛、鎘、汞、 砷、鉻、鎳)	氣 體 組 成	排 放 流 率	檢 測 級 數	檢 測 頻 率	
二	各行業	廢棄物焚 化程序(含 一般廢棄 物及事業 廢棄物)	焚化爐	依照公告「公私場所 應申請設置、變更及 操作許可之固定污 染源」之附表所列相 同製程條件說明	●	●	●	●	●	●	●	●	第三級	每年一次	同第一批廢棄物焚化程序說明
三	各行業	鍋爐發電 程序、鍋爐 汽電共生 程序	使用燃煤為燃 料之鍋爐	依照公告「公私場所 應申請設置、變更及 操作許可之固定污 染源」之附表所列相 同製程條件說明						●	●	●	第三級	每年一次	1. 國際主要管制對象，亦屬國內重金屬 最大排放源，排放量佔比：鉛(42%)、 鎘(50%)、汞(30%)、砷(62%) 2. UNEP 資料中最大的汞之工業排放。 3. 國內廠家數量：40 廠 93 機組。
三	各行業	各製程	集塵灰高溫冶 煉設施	所有此類設備						●	●	●	第三級	每年一次	1. 處理鋼鐵業集塵灰，原料含有大量重 金屬。 2. 屬國內重金屬汞主要排放源，排放量 佔 5%。 3. 國內廠家數量：5 廠。
三	電子零組 件製造業 及其他具 有下 列製 造程 序之 行業	光電材 料、元件或 電子零組 件製造程 序*	從事光電材 料、元件或電子 零組件製造，並 具有塗佈、去塗 佈、上膠、蝕刻 或顯影等作業 之設備	蝕刻及擴散製程						●(砷)	●	●	第三級	每年檢測數量 需達應當年度 應定檢對象之 三分之一，三 年內不重覆檢 測	1. 使用砷化氫為原料，屬砷之主要排放 源。 2. 排放量占比為：砷(5%) 3. 國內廠家數量：半導體 56 廠；光電 為 14 廠。
		半導體製 造程序*	從事晶片製 造、晶圓製造、 晶圓封(包)裝、 積體電路或其 他半導體之設 備							●(砷)	●	●	第三級		

7.2.3 水泥旋窯汞排放管制標準研訂草案

一、國內運轉現況

水泥業為國內重要民生基本工業，產業特性是極耗能、空污染排放量大，過去十年國內水泥熟料產量持續遞減，以 101 年為例，產量約在 1,269 萬公噸左右，一般生產 1 公噸水泥約需耗損 0.12 公噸煤。伴隨國內西部地區開採礦權於 92 年全部結束，目前除高雄市東南水泥公司旋窯持續運轉外(利用早期開採石灰礦)，主要廠家都集中於東部宜蘭及花蓮地區，國內目前運轉中共有 15 座旋窯；水泥旋窯所用燃料為煙煤，主要的除塵設備均採用靜電集塵等設施。

水泥旋窯製程為一循環系統，旋窯產生廢氣進入生料預熱設備後，經由廢熱回收鍋爐、噴霧塔，再到生料研磨設備，其廢氣溫度降至 100℃ 左右，並作為烘乾原料所用，研磨後之原料由 ESP 收集後即為生料，再送入生料庫中貯存使用，而後由生料庫中取生料投入生料預熱設備，預熱後之生料再進入旋窯中製成熟料，其中靜電集塵器應屬於製程單元，而噴霧塔收集下來的部分生料，亦直接進入生料庫，整體製程無廢棄物排放，僅有廢氣由煤磨機煙囪及 ESP 煙囪排放。

二、國內水泥窯汞排放現況

環保署自 92 年度起陸續針對本製程進行重金屬排放調查，其中汞為最受關注重金屬項目，歷年檢測結果其排放濃度介於 1.3 ~34.9 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ，係數為 3.33~ 43.5 mg/ton-clinker。

其中水泥 K 廠有 2 座旋窯，水泥熟料產量約 70 萬公噸/年，排放濃度為 16.2 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ，排放係數為 46.6 mg/公噸產量；水泥 L 廠亦有 2 座旋窯，熟料產量約 60~70 萬公噸/年，排放濃度為 34.9 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ，排放係數為 110 mg/公噸產量，與國內其他水泥旋窯檢測結果相較，濃度較為偏高。

由於水泥旋窯目前都以安裝靜電集塵器為管末處理設施，排放濃度高低推測主要與使用物料及是否有添加其他物料有關；經實場調查東部地區水泥旋窯有添加廢棄物相關資料整

理如表 7-25 所示，從表中數據可以發現，**水泥 E 廠**、**水泥 L 廠**及**水泥 K 廠**汞濃度相對較高，主要應是原物料中添加廢棄物有一定相關性。

表 7-25 水泥旋窯代處理廢棄物資料彙整表

廢棄物項目	水泥 L 廠	水泥 E 廠	水泥 F 廠	水泥 K 廠
1.燃煤汽電共生廠-底灰	進入旋窯			無
2.燃煤汽電共生廠-飛灰	進入旋窯			無
3.廢棄物焚化爐水洗飛灰	無			進入旋窯
4.氟化鈣污泥-水廠、高科技業	進入旋窯		無	
5.無機污泥-FGD 水洗設施	進入旋窯		無	進入旋窯

三、國外管制現況分析

(一)美國

美國最新於 2013 年 02 月針對水泥旋窯所排放有害空氣污染物發佈修訂管制及排放標準(40 CFR parts 60 and 63, National emission standards for hazardous air pollutants for Portland cement manufacturing Industry and standard of performance for Portland cement plants; final rule)，其中涉及有害空氣污染物管制對象就是 Hg、戴奧辛、HCl、THC 及 PM；相關標準值整理如表 7-26。

美國對水泥旋窯有害空氣污染物管制，PM 及汞二項污染物以排放係數(lb/公噸熟料)概念進行管制；戴奧辛、HCl 及 THC 則以排放濃度進行管制，所以含氧率校正基準一律為 7%O₂；其中既存污染源部份，汞排放標準值為 55.0 lb/公噸熟料，戴奧辛排放濃度標準為 0.2 TEQ-ng/dscm，可以做為未來訂定排放標準參考依據。

美國 EPA 在法令制訂過程，針對 100 多座水泥旋窯汞排放濃度進行檢測，相關檢測數據整理如圖 7-7 所示，從圖中數據可以發現，除其中 2 座水泥旋窯汞排放濃度有異常偏高現象外，大部分排放濃度皆低於 100ppb 以下，

依據該篇報告所述，二筆高值最主要來自於礦源中汞含量高，目前係採活性碳噴入方式降低汞排放濃度。

表 7-26 美國水泥旋窯有害空氣污染物管制標準表

管制污染物	粒狀物 (lb/公噸熟料)	汞 (lb/公噸熟料)	戴奧辛 (TEQ-ng/dscm) 7%O ₂	總碳氫化合物 (ppm vd)7%O ₂	氯化氫(HCl) (ppm vd) 7%O ₂
新設污染源	0.02	21.0	0.2	24	3
既存污染源	0.07	55.0	0.2	24	3

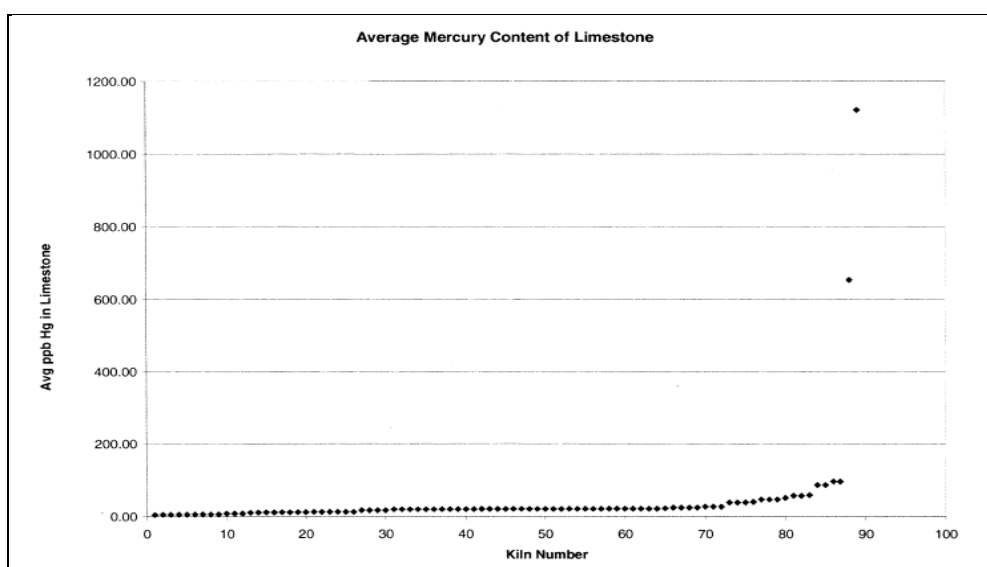


圖 7-7 美國水泥旋窯汞排放濃度彙整

(二) 歐盟

歐洲地區共有約 268 家水泥廠、370 座水泥旋窯，統計至 2004 年，歐盟對 306 個水泥旋窯進行汞排放調查，調查結果顯示排放汞濃度介於 0 ~ 570 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 差異性相當大，平均濃度 20 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ，其中以 <5 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 以下濃度為最多，相關資料整理如圖 7-8 所示。

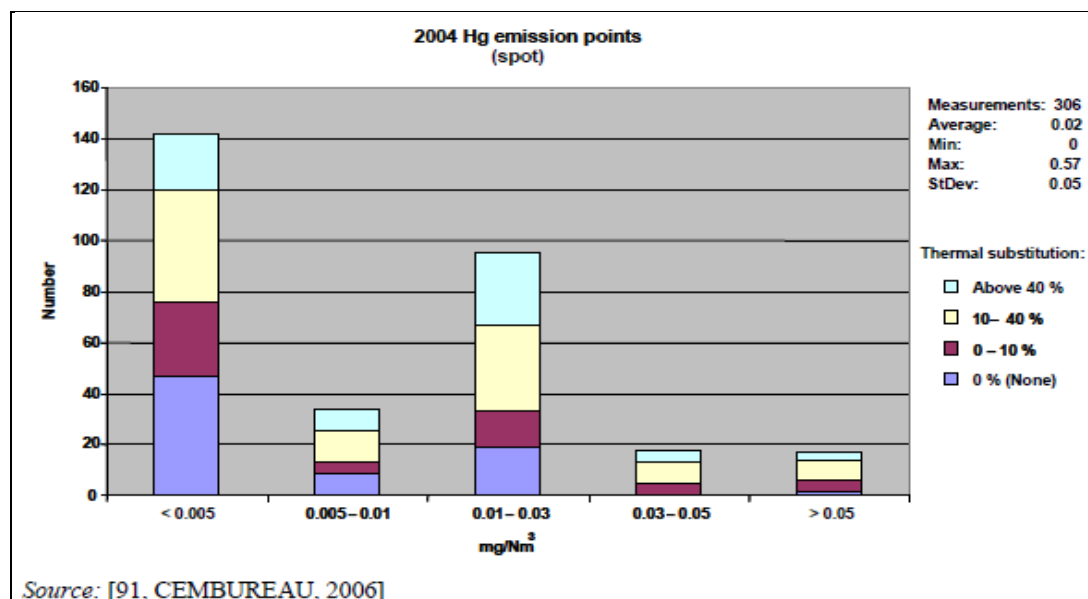


圖 7-8 歐洲地區水泥旋窯汞排放濃度彙整

在針對水泥旋窯重金屬排放控制技術分析方面，相關控制技術可達到值整理如表 7-27，其中對於水泥旋窯部分汞部分，由於水泥窯主要安裝靜電集塵器或袋室集塵器為主，汞排放濃度以 $50 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (同廢棄物焚化爐汞排放標準，含氧率基準為 $10\%\text{O}_2$)，標準值相對寬鬆。

表 7-27 歐盟水泥旋窯重金屬空氣污染物排放標準表

重金屬項目	單位	最佳可行技術可達到濃度值
(一)汞 (Hg)	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	< 50 (10%含氧量效正)
(二)鎘、砷(Cd+Tl)	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	< 50 (10%含氧量效正)
(三)其他重金屬總和 ($\Sigma\text{As, Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V}$)	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	< 500 (10%含氧量效正)

四、控制技術評估

影響水泥窯汞排放濃度因素眾多，最主要當然與使用原物料有關，依據歐盟對 BAT 建議事項部份，主要可行控制技術分為三部分：選擇低汞生料、控制添加廢棄物含汞量比例及安裝有效空氣污染防制設備；其中管末污染防制設備，建議以安裝靜電集塵器或袋式集塵器為主，國內水泥旋窯都以安裝靜電集塵器為除塵設備，符合 BAT 要求。對於原物料控制添加廢棄物含汞量比例部分，由於目前尚缺乏相關檢驗數

據，需進一步研究方能提出建議值。

五、建議排放標準

美國已對水泥旋窯訂定汞排放標準，對於既存污染源排放係數濃度標準值 55.0 lb/公噸熟料(換算排放標準濃度約 15 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)，對照國內排放現況，**水泥 L 廠**及**水泥 E 廠**超過美國標準值，而**水泥 K 廠**則十分接近該標準值，未添加廢棄物水泥旋窯汞濃度都相當低，顯示從原物料管控可以有效降低汞排放濃度。

歐盟水泥旋窯未訂定排放標準，但參考其 BAT 建議為 50 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ，該項標準值等同廢棄物焚化爐汞排放標準，對照於國內排放現況實過於寬鬆，因此，建議參採美國排放標準濃度 15 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 為國內法規建議值；該標準實施後，估計國內將有三座水泥旋窯將無法符合相關標準(其中**水泥 K 廠**排放濃度約 16.2 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ，與標準值十分接近)，建議可以降低廢棄物(水洗飛灰)添加比例達到法規要求。

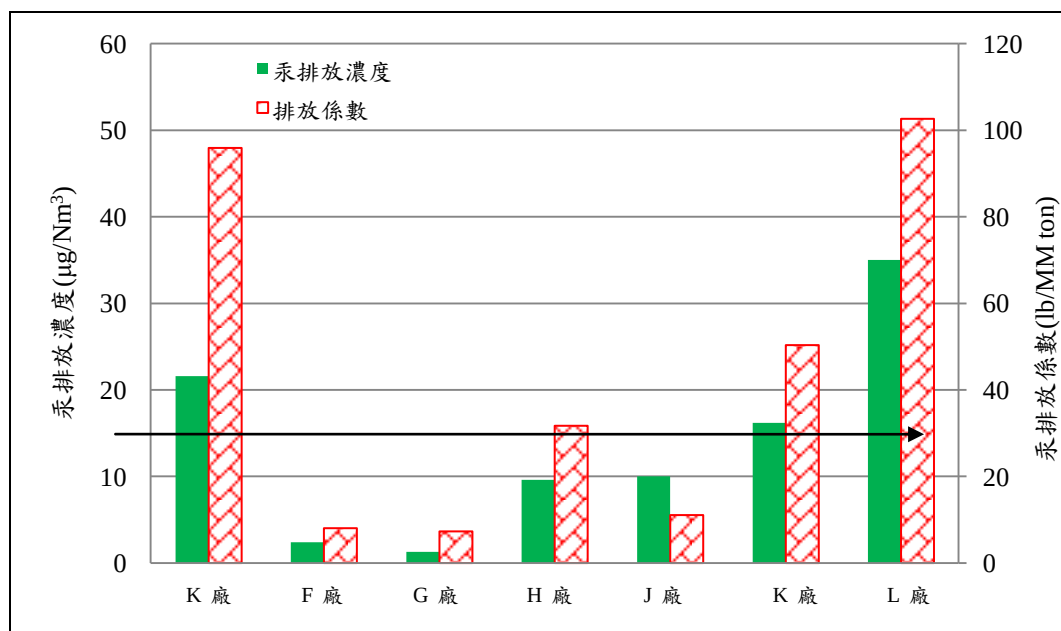


圖 7-9 我國水泥旋窯汞排放濃度、係數與美國排放標準比較

六、減量成效及影響衝擊分析

(一) 減量成效分析

國內水泥旋窯產量歷年來呈現持續下降(表 7-28)，以 101 年為例，水泥總產量為 1,360 萬公噸，汞排放量為 0.178 公噸，如以 $15 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 為國內法規建議值，預估汞排放減量為 0.066 公噸/年，減量成效為 37.3%。

表 7-28 國內水泥旋窯汞排放係數、排放量彙整表

年度	水泥產量(公噸熟料)	汞排放係數(mg/公噸熟料)	排放量(公噸/年)
94	19,982,494	13.93	0.278
95	19,610,805	13.72	0.269
96	18,094,533	13.37	0.242
97	16,299,872	12.03	0.196
98	14,999,422	12.10	0.181
99	14,695,541	11.64	0.171
100	13,600,452	13.06	0.178
101	12,689,085	18.4	0.233

(二) 衝擊影響分析

依據過去幾年實廠調查結果與建議排放標準相較顯示，排放標準草案僅部分 3 家廠家、6 座水泥旋窯會受到影響，皆屬於有利用旋窯代處理事業廢棄物之水泥旋窯，本部份可以建議適度降低廢棄物添加比例；由於汞對人體危害以轉換為甲機汞後，造成神經系統危害，汞並無致癌性，故無致癌風險斜率，無法估算其對人體健康、延壽效益部分。

7.2.4 排放標準含氧率校正基準探討

國內空氣污染源類別眾多，為維護環境品質及民眾健康，環保署陸續研訂固定污染源空氣污染物排放標準及各行業別空氣污染物排放標準，管制污染物包含粒狀污染物、氮氧化物、硫氧化物、戴奧辛及重金屬等。然因污染源及污染物性質不同，產生同一排放源在各不同

管制法規中含氧校正基準不同的情形，易使得業者混淆且造成環保單位執法時之爭議。

茲將現行各業別之各空氣污染物排放標準含氧校正基準彙整如表 7-29，說明如下：

一、固定污染源空氣污染物排放標準：除特定行業標準另有規定者，燃燒過程以 6% 氧氣為參考基準，非燃燒過程則以未經稀釋之乾燥排氣體積為計算基準。

二、戴奧辛排放標準：戴奧辛排放法規相對於其他傳統污染物之排放標準制訂時間晚，但因戴奧辛為世紀之毒，廣受民眾關切，故先針對戴奧辛排放量大的行業別如廢棄物焚化爐、電弧爐等訂定排放標準，後續因部分廢棄物非於焚化爐處理，而進入水泥窯、鍋爐等，故於中小型廢棄物焚化爐增訂以一般或事業廢棄物作為燃料或輔助燃料之固定源，準用排放標準值及定檢規定。接著訂定鋼鐵業燒結工場、集塵灰高溫冶煉設施之戴奧辛排放標準，最後訂定一般固定污染源之戴奧辛排放標準，將所有污染源排放戴奧辛全數納入管制。

其中廢棄物焚化爐之含氧率校正基準與焚化爐之其他污染物排放標準相同為 11%；燒結爐和粒狀物等排放標準相同採 15% 含氧率校正；電弧爐、集塵灰高溫冶煉設施則因污染源非屬燃燒源，而不需經含氧校正。至於一般固定污染源，則因包含污染源種類多，特性亦不同，故只適用排放標準值，不需經含氧校正。

三、含氧校正基準在不同標準有差異或判定有爭議者：

(一) 行業別標準需進行含氧校正

由表 7-29 可看出，廢棄物焚化爐、煉鋼業電弧爐、鋼鐵業燒結工場、鋼鐵業集塵灰高溫冶煉設施、磚瓦窯業開放式隧道窯、瀝青拌合業、陶瓷業噴霧乾燥機、半導體製造業、光電材料及元件製造業等行業別在戴奧辛和其他污染物排放標準之含氧校正基準並無差異，但電力設施、鉛二次冶煉、水泥業、玻璃業、熱風乾燥機等業別除戴奧辛以外之空氣污

表 7-29 戴奧辛與其他空氣污染物排放標準之含氧校正基準比較表(1/2)

管制對象			管制項目	除戴奧辛外之空氣污染物排放標準		戴奧辛排放標準	
				含氧校正基準	標準名稱	含氧校正基準	標準名稱
(一)固定污染源	燃燒過程		-	6%	固定污染源空氣污染物排放標準	不需校正	固定污染源戴奧辛排放標準
	非燃燒過程		-	不需校正			
(二)廢棄物焚化爐	事業廢棄物焚化爐	未達 400 公斤/小時	氯化氫	11%	廢棄物焚化爐空氣污染物排放標準	11% (以廢棄物為輔助燃料之固定源準用中小型廢棄物焚化爐戴奧辛排放標準值，不適用含氧校正規定，亦即不需含氧校正)	中小型廢棄物焚化爐戴奧辛管制及排放標準 廢棄物焚化爐戴奧辛管制及排放標準
		400 公斤/小時以上	一氧化碳				
	一般廢棄物焚化爐	未達 2 公噸/小時	不透光率				
		2~10 公噸/小時	粒狀污染物				
		10 公噸/小時以上	硫氧化物				
	廢棄物焚化爐	未達 400 公斤/小時	氮氧化物				
			鉛及其化合物				
		400 公斤/小時以上	鎘及其化合物				
	汞及其化合物		11% (以廢棄物為輔助燃料之固定源準用排放標準值，不適用含氧校正規定，回歸固定源標準，以 6%校正)				
(三)煉鋼業電弧爐			粒狀污染物	不需校正	煉鋼業電爐粒狀污染物排放標準	不需校正	煉鋼業電弧爐戴奧辛管制及排放標準
(四)鋼鐵業燒結工場			粒狀污染物	15%	鋼鐵業燒結工場空氣污染物排放標準	15%	鋼鐵業燒結工場戴奧辛管制及排放標準
			硫氧化物				
			氮氧化物				
			一氧化碳				
			其他污染物	6%			
(五)鋼鐵業集塵灰高溫冶煉設施				不需校正 (非燃燒過程)	固定污染源空氣污染物排放標準	不需校正	鋼鐵業集塵灰高溫冶煉設施戴奧辛管制及排放標準
(六)磚瓦窯業開放式隧道窯			粒狀污染物	不需校正	磚瓦窯業開放式隧道窯粒狀污染物排放標準	不需校正	固定污染源戴奧辛排放標準
(七)瀝青拌合業			粒狀污染物	不需校正	瀝青拌合業粒狀污染物排放標準	不需校正	固定污染源戴奧辛排放標準
(八)陶瓷業噴霧乾燥機			粒狀污染物	不需校正	陶瓷業噴霧乾燥機粒狀污染物排放標準	不需校正	固定污染源戴奧辛排放標準

表 7-29 戴奧辛與其他空氣污染物排放標準之含氧校正基準比較表(2/2)

管制對象		管制項目	除戴奧辛外之空氣污染物排放標準		戴奧辛排放標準	
			含氧校正基準	標準名稱	含氧校正基準	標準名稱
(九)半導體製造業		揮發性有機物	規範削減率	半導體製造業空氣污染物排放標準	不需校正	固定污染源戴奧辛排放標準
		三氯乙烯				
		硝酸、鹽酸、磷酸及氫氟酸				
		硫酸				
(十)光電材料及元件製造業		揮發性有機物	規範處理效率	光電材料及元件製造業空氣污染物排放標準	不需校正	固定污染源戴奧辛排放標準
		氫氟酸				
		鹽酸				
(十一)電力設施	柴油引擎機組、燃油引擎機組	氮氧化物	13%	電力設施空氣污染物排放標準	不需校正	固定污染源戴奧辛排放標準
	氣渦輪機組、複循環機組		15%			
	其他		6%			
(十二)鉛二次冶煉廠	以空氣助燃	鉛	6%	鉛二次冶煉廠空氣污染物排放標準	不需校正	固定污染源戴奧辛排放標準
		粒狀物				
		硫氧化物				
(十三)水泥業	以純氧助燃	氮氧化物	15% (排氣含氧率 <15%以 15%計， >20%以 20%計)	水泥業空氣污染物排放標準	不需校正	固定污染源戴奧辛排放標準
	旋窯預熱機	粒狀物	10%			
	生料磨、熟料冷卻機	粒狀物	不需校正			
(十四)玻璃業	旋窯	氮氧化物	10%	玻璃業氮氧化物排放標準	不需校正	固定污染源戴奧辛排放標準
	平板(透明)玻璃、玻璃纖維製造用熔融爐	氮氧化物	15%			
	影像管、光學、色板、燈罩、電器用玻璃製造用熔融爐		16%			
(十五)熱風乾燥機	其他玻璃製造用熔融爐		15%	熱風乾燥機粒狀污染物排放標準	不需校正	固定污染源戴奧辛排放標準
	化工製品業磷酸二鈣工場氣流乾燥機之排放管道	粒狀污染物	17%			
	化工製品業三聚磷酸鈉工場焙燒機之排放管道		18%			

染物排放標準均規定含氧校正基準，但其排放戴奧辛受固定污染源戴奧辛排放標準規範，因戴奧辛為燃燒情況不佳而生之產物，與硫氧化物、重金屬等其他空氣污染物存在原料中的情形不同，不需進行含氧校正，亦未制訂含氧校正基準。

(二) 以廢棄物作為燃料或輔助燃料之固定源

「中小型廢棄物焚化爐戴奧辛管制及排放標準」第十一條之一規定「以一般或事業廢棄物作為燃料或輔助燃料之固定污染源，應依當地主管機關許可之使用量或燃料種類，自中華民國九十三年一月一日起，準用第五條及第十條之規定。」其中第五條為戴奧辛排放限值，第十條為定期檢測規定，而本排放標準之含氧校正基準在第六條規定，故準用本排放標準之其他固定污染源不需進行含氧校正。

「廢棄物焚化爐空氣污染物排放標準」第十二條之一規定，「以一般或事業廢棄物作為燃料或輔助燃料之固定污染源，應依當地主管機關許可之使用量，準用第八條附表二之規定。」其中第八條附表二為重金屬排放限值，而本排放標準之含氧校正基準在第十條規定，故準用本排放標準之其他固定污染源不適用含氧校正規定，回歸固定污染源排放標準，以 6% 校正。

前述以一般或事業廢棄物作為燃料或輔助燃料之固定污染源，排放戴奧辛不需含氧校正，而重金屬則以 6% 含氧率校正，易造成業者混淆。以目前檢測結果統計，以廢棄物為燃料鍋爐戴奧辛及重金屬之含氧校正情形如表 7-30 及表 7-31，依據中小型廢棄物焚化爐戴奧辛管制及排放標準規定，戴奧辛排放不需進行含氧校正，目前檢測結果未校正之比例為 80%。其次為依據中小型焚化爐含氧校正基準 11% 者，亦有少數業者以 6% 校正，惟未校正比例逐年增加，顯示業者及檢測機構多已了解法規規定，錯誤比例下降。

表 7-30 以廢棄物為燃料鍋爐戴奧辛檢測之含氧校正情形分析表

含氧校正基準		6%	11%	未校正
資料筆數		7	48	222
佔總資料筆數比例		3%	17%	80%
分年度比例	2013	0%	14%	86%
	2012	4%	13%	83%
	2011	2%	21%	77%
	2010	3%	19%	78%
業者所在縣市		-	-	新北市
		-	桃園縣	桃園縣
		新竹縣	-	-
		-	苗栗縣	苗栗縣
		台中市	台中市	台中市
		-	彰化縣	彰化縣
		-	-	雲林縣
		-	台南市	台南市
		高雄市	高雄市	高雄市
		-	-	屏東縣
		-	-	宜蘭縣
		-	-	花蓮縣
		-	台東縣	台東縣

表 7-31 以廢棄物為燃料鍋爐重金屬檢測之含氧校正情形分析表

含氧校正基準		6%	11%	未校正
資料筆數		99	188	54
佔總資料筆數比例		29%	55%	16%
分年度比例	2013	33%	50%	17%
	2012	30%	39%	31%
	2011	25%	65%	10%
	2010	31%	60%	9%
業者所在縣市		桃園縣	桃園縣	桃園縣
		-	苗栗縣	苗栗縣
		台中市	-	台中市
		彰化縣	彰化縣	彰化縣
		雲林縣	雲林縣	雲林縣
		台南市	台南市	-
		高雄市	高雄市	高雄市
		宜蘭縣	-	-

重金屬目前檢測結果採 11%校正者佔 55%，以 6%校正佔 29%，未校正之比例為 16%。顯示業者目前對是否應校正、含氧校正基準為多少尚有疑問，需先釐清後再加強對業者宣導。茲將最近三年以廢棄物為燃料鍋爐重金屬與戴奧辛排放檢測

之含氧率統計如圖 7-10，重金屬檢測之平均含氧率為 11.6%，戴奧辛為 12.6%。若將重金屬修正以含氧率 6%校正，污染源排放濃度約為未校正之 1.6 倍、為以 11%校正之 1.5 倍；若以含氧率 11%校正，污染源排放濃度約為未校正之 1.06 倍。

由於燃料價格上昇，國內近年來使用木材或塊煤燃料的鍋爐增加，此類鍋爐燃燒效率較差，易有較高濃度污染物排放且排氣含氧率較高。為促使業者加強能源效率，建議可將以廢棄物為燃料之鍋爐其重金屬排放以 6%進行含氧校正。

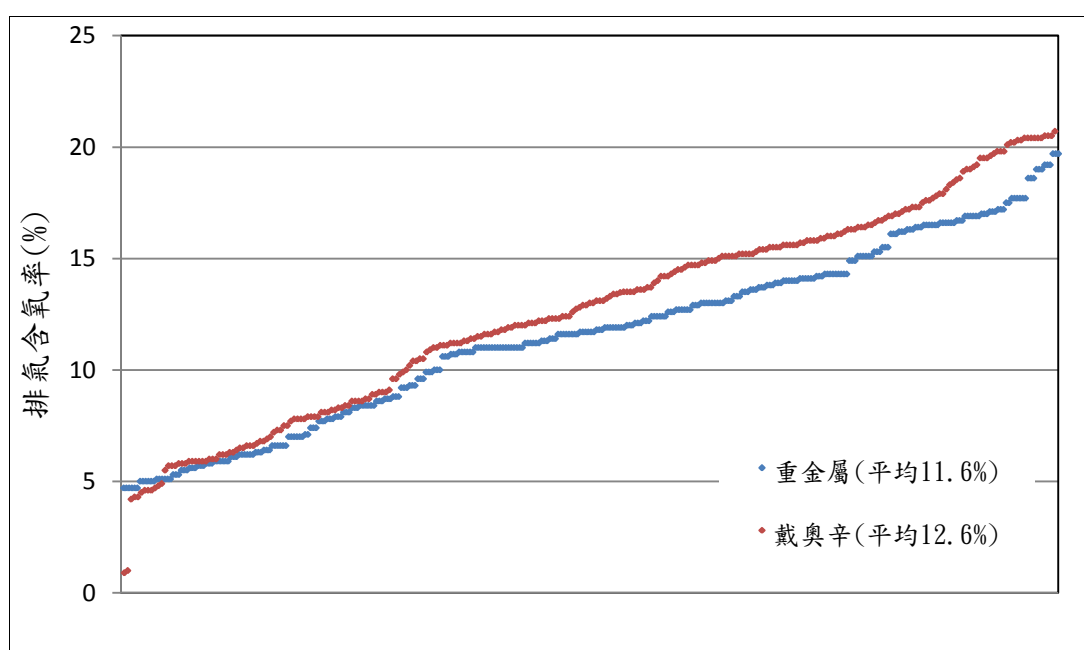


圖 7-10 以廢棄物為燃料鍋爐檢測過程排氣含氧率分布圖

第八章 結論與後續規劃



第八章 結論與後續規劃

8.1 結論

- 一、以年度排放係數推估 101 年度戴奧辛排放量平均為 51.4 g I-TEQ/年，從推估結果發現，近年戴奧辛排放總量變化不大，顯示各項排放標準生效，各排放源已進行排放改善，未來除持續稽查督促業者維持良好管理外，並應加強對非法排放源之管控。
- 二、101 年度重金屬鉛排放量約為 15.87 噸/年、鎘排放量約為 0.880 噸/年、汞排放量約為 1.85 噸/年及砷排放量約為 4.20 噸/年；歷年來排放量變化不大，今年新增部分推估類別與檢測數據，使推估結果更符合實際。
- 三、戴奧辛排放檢測發現，燃材蒸氣鍋爐排放濃度超過固定污染源戴奧辛排放管制標準值(1.0 ng I-TEQ/Nm³)，已將相關結果轉告地方環保局，要求加強相關該類污染源稽查工作。
- 四、磚瓦窯、瀝青拌合業、半導體、光電業及火化場之重金屬排放濃度均符合排放標準，惟各業別使用原料不同，部分重金屬排放濃度有較高情形，可做為排放來源辨別依據。
- 五、戴奧辛空氣品質監測在一般空品站測值穩定，且遠低於日本戴奧辛空品標準；但排放源集中區桃園水美測點、銅聯測點及全興測點均有較其他排放源集中區測點高之測值，主因為該測點受附近排放源異常排放影響，易造成戴奧辛空氣濃度偏高情況。針對污染源集中區域，本計畫已協助辦理召集轄區縣市環保局進行研商，要求各單位針對轄區內燃材鍋爐優先管制，並交流各單位執行經驗，發現銅污泥處理亦為易超標排放源，可做為未來各單位管制之參考。
- 六、重金屬環境空氣品質監測顯示，與粒狀物相關重金屬鉛、鎘、鎳及砷，年平均濃度均未偏高。大氣汞監測結果以高雄地區濃度較高，主要原因在於重大污染源過於集中所致。
- 七、本計畫以高雄市固定源汞排放源資料進行排放擴散模擬，配合本計畫在高雄小港區的汞自動連續監測結果研判，燒結爐確為汞主

要排放源，電弧爐煉鋼與火化場的排放亦不容忽視。

- 八、燒結爐及燃煤汽電共生鍋爐汞物種流布機制研究結果顯示，經由混雜料進入燒結機之總汞，絕大部分則經由煙囪排放至大氣，其煙囪排放二價汞比例約佔 82%，目前燒結爐已進行增設 FGD 工程，完成後對汞去除將有顯著貢獻，預期亦可大幅降低總汞排放濃度。燃煤汽電共生鍋爐進入製程之汞主要來自粉煤，經由飛灰排出的比例最高，佔 81.6%，經由廢氣排放至大氣者，佔 4.4%。最終排放至大氣汞物種以元素汞和二價汞為主，顯示該鍋爐所裝設之袋式集塵器之集塵效率佳，減少粒狀汞的排放。
- 九、本計畫協助修訂「煉鋼及鑄造電爐粒狀污染物管制及排放標準」，本項標準已於 102 年 11 月 19 日正式發布，對未來煉鋼及鑄造電爐粒狀物管制有幫助，亦有助於重金屬排放控制。此外，本計畫亦協助研擬固定源重金屬定檢，且檢討縣市環保局考評項目，加強對戴奧辛與重金屬排放源之操作條件查核與稽查管制。藉由各環保單位之合作，加強各排放源管制工作，維護空氣品質。
- 十、固定源戴奧辛排放標準均已生效，督察總隊稽查檢測工作，本計畫協助監督檢測及報告審核，計畫執行期間共計完成 30 座次監督檢測工作。102 年業者自行檢測共執行 169 座次。環保單位(含環保署與縣市環保局，統計至 11 月底)完成稽查檢測 129 座次，稽查檢測數量佔煙道數的 19%，檢測結果共有 14 座次檢測不符排放標準，與過去相仿。近幾年稽查結果顯示，傳統之鋼鐵業及大型廢棄物焚化爐等重大污染源已較少超標，顯示排放標準管制生效後，已有顯著管制成效，故今年度稽查對象偏重於過去之非主要排放源(如燃材鍋爐及火化場等)。此類排放源因操作情況不如傳統大戴奧辛排放源穩定，較易有超標情形。

8.2 後續規劃

- 一、依據戴奧辛監測結果顯示，桃園觀音工業區濃度偏高，本計畫依目前稽查與監測結果尋找出可能排放源為處理含銅污泥之廢棄物處理業，後續將與地方環保局共同合作，持續追蹤排放源改善情形，並與監測結果進行比對；針對此類型排放源，亦要求其他縣市環保局加強稽查，以避免附近戴奧辛空氣品質劣化。
- 二、本年度戴奧辛稽查結果顯示，除醫療焚化爐經常性不合格外，火化場不合格比例越來越高，環保署除 99 年度已經辦理現場輔導工作，提供技術改善參考資訊，惟後續發現囿於經費不足，部分火化場仍未能採行有效防制設備，或已有防制設備卻無法良好操作。針對火化場管制，已建議納入未來縣市環保局考評規定，將縣市環保局輔導火化場裝設空氣污染防制設備有具體成果者，予以加分鼓勵縣市環保局對轄區內未裝設防制設備的火化場進行輔導裝設，後續應追蹤各縣市成效。
- 三、本年度在高雄地區汞連續監測結果顯示，汞濃度變化大，藉由物種配合排放源特性，可以有效尋找主要排放源，建議相關作業方式，可在其他排放源集中區進行，以助於擬定可行管制策略。
- 四、燒結爐汞流布檢測結果顯示，燒結爐煙囪排放二價汞比例高，目前已進行 FGD 裝設工程，預期完成後可有效去除二價汞並使總汞排放濃度下降，後續應持續追蹤 FGD 裝設後成效，做為是否研訂燒結爐汞排放標準之參考。
- 五、針對使用廢棄物之水泥窯進行戴奧辛排放檢測，雖排放濃度未超出標準，然經由水泥廠實際調查發現，東部地區水泥窯使用廢棄物種類多且成分複雜，可能對水泥窯重金屬排放造成影響，建議後續可進行相關研究，尋找水泥窯之合理處理廢棄物最佳添加量，並評估是否仿效美國訂定管制標準必要性，也可以符合目前國際汞公約管制要求。

參考文獻



參考文獻

- Australia Government, Department of Environmental and Heritage. (2004). Inventory of Dioxin Emissions in Australia. *National Dioxins Program- Technical Report No. 3*, Australia: Author.
- Biswas, P. and Wu, C. Y. (1998). Control of toxic metal emissions from combustors using sorbents: A review. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 48, 113-127.
- Biswas, P. & Zachariah, M. R. (1997). In situ immobilization of lead species in combustion environments by injection of gas phase silica sorbent precursors. *Environ. Sci. Technol.*, 31, 2455-2463.
- Canadian Council of Ministers of the Environment. (2003). *Canada-Wide Standards for Dioxins and Furans : Iron Sintering Plants*. Canada: Author.
- Canadian Council of Ministers of the Environment. (2003). *Canada-Wide Standards for Dioxins and Furans : Steel Manufacturing Electric Arc Furnaces*. Canada: Author.
- Canadian Council of Ministers of the Environment. (2001). *Canada-Wide Standards for Dioxins and Furans : Iron Sintering Plants*. Canada: Author.
- Chang, M. B. (2004). *Mercury Pollution in Taiwan Conference*. Taipei.
- Chein, H. M., Hsu, Y. D., Aggarwal, S. G., Chen, T. M., & Huang, C. C. (2006). Evaluation of arsenical emission from semiconductor and opto-electronics facilities in Hsin-chu, Taiwan. *Atmospheric Environment*, 40, 1901-1907.
- Communication from the Commission to the Council, the European Parliament and the European Economic and Social Committee, (2001). Community Strategy for Dioxins, Furans and Polychlorinated Biphenyls. *Official Journal of the European Communitie*. C322/2.
- Diaz-Somoano, M. and Martinez-Tarazona, M.R. (2004). Retention of arsenic and selenium compounds using limestone in a coal gasification flue gas. *Environ. Sci. Technol.*, 38, 899-903.
- Diaz-Somoano, M., Lopez-Anton, M.A., and Martinez-Tarazona, M.R. (2004). Retention of arsenic and selenium during hot gas desulfurization using metal oxide sorbents. *Energy & Fuels*, 18, 1238-1242.
- Entec UK Limited. (2001). *Economic evaluation of air quality targets for heavy metals*. Belgium: European Commission.
- Environmental Resources Management. (2000). An Assessment of Dioxin Emissions in Hong Kong: Final Report. Kowloon, Hong Kong: Author.
- European Environment Agency. (2011). European Union emission inventory report 1990-2009 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP). *EEA Technical report, No 7*.
- European IPPC Bureau.(2001). *Best Available Techniques Reference Document on the Production of Iron and steel*. European Commission: Author.

- Fukuda, N., Takaoka, M., Doumoto, S., Oshita, K., Morisawa, S. and Mizuno, T. (2011). Mercury emission and behavior in primary ferrous metal production. *Atmospheric Environment*, 45, 3685-3691.
- Germani, M.S., and Zoller, W.H. (1988). Vapor-phase concentrations of arsenic, selenium, bromine, iodine, and mercury in the stack of a coal-fired power plant. *Environ. Sci. Technol.*, 22, 1079-1085.
- Goodarzi, F. and Huggins, F.E. (2005). Speciation of arsenic in feed coals and their ash byproducts from Canadian power plants burning sub-bituminous and bituminous coals. *Energy & Fuels*, 19, 905-915.
- Greenburg, R. R., Zoleer, W. H., & Gordon, G. E. (1978). Composition and Size Distribution of Particles Released in Refused Incineration", *Environ. Sci. Technol.*, 12, 560-577.
- Gullett, B.K. and Ragnunathan, K. (1994). Reduction of coal-based metal emission by furnace sorbent injection. *Energy & Fuels*, 8, 1068-1076.
- Guo, X., Zheng, C.G., and Xu, M.H. (2004). Characterization of arsenic emissions from a coal-fired power plant. *Energy & Fuels*, 18, 1822-1826.
- Ho, T. C., Kobayashi, N., Lee, Y. K., Lin, C. J. & Hopper, J. R. (2002). Modeling of mercury sorption by activated carbon in a confined, a semi-fluidized, and a fluidized bed. *Waste Management*, 22, 391-398.
- Huan, J., Liu, C. K., Huang, C. S., Fang, G. C. (2012). Atmospheric mercury pollution at an urban site in central Taiwan: Mercury emission sources at ground level. *Chemosphere*, 87(5), 579-85.
- IPPC. (2005). *Reference document on the best available techniques for waste incineration*. Jadhav, R.A. and Fan, L.S. (2001). Capture of gas-phase arsenic oxide by lime: kinetic and mechanistic studies. *Environ. Sci. Technol.*, 35, 794-799
- Kim, D. G., Min, Y. K., Jeong, J. Y., Kim, G. H., Kim, J. Y., Son, C. S. & Lee, D. H. (2007). Ambient air monitoring of PCDD/Fs and co-PCBs in Gyeonggi-do, Korea, *Chemosphere*, 67, 1722-1727.
- Lopez-Anton, M.A., Diaz-Somoano, M., Spears, D.A., & Martinez-Tarazona, M. R. (2006). Arsenic and selenium capture by fly ashes at low temperature, *Environ. Sci. Technol.*, 40(12), 3947-3951.
- Lee, M.-H., Cho, K., Shah, A. P., & Biswas, P. (2005). Nanostructured sorbents for capture of cadmium species in combustion environments. *Environ. Sci. Technol.*, 39, 8481-8489.
- Luo, K., Zhang, X., Chen, C., and Lu, Y. (2004). Estimate of arsenic emission amount from the coal power stations in China. *Chinese science bulletin*, 49, 2138-2189.
- Mager, K., Meurer, U., & Wirling, J. (2003). Minimizing Dioxin and Furan Emissions during Zinc Dust Recycle by the Waelz Process", *Recycling, JOM*.
- Mahuli, S., Agnihotri, R., Chauk, S., Ghosh-dastidar, A., & Fan L. S. (1989) Mechanism of arsenic sorption by hydrated lime. *Environ. Sci. Technol.*, 31, 3226-3231.

- New Air Emission Standards for industries, 26/12/2000 (<http://www.env.gov.sg>)
- Ontario Ministry of the Environment. (2004). *Guideline A-8: Guideline for the Implementation of Canada-wide standards for emissions of Mercury and Dioxin and Furans*. Canada: Author.
- Organochlorines Programme Ministry for the Environment. (2000). *New Zealand inventory of dioxin emissions to air, land and water, and reservoir sources*. New Zealand: Author.
- Quass, U., Fermann, M., & Bröker, G. (2000). *The European Dioxin Emission Inventory Stage II, Volum3*. Germany: North Rhine-Westphalia State Environment Agency.
- Sinkkonen, S. & Paasivirta, J. (2000). Degradation half-life times of PCDDs, PCDFs and PCBs for environmental fate modeling. *Chemosphere*, 40, 943-949.
- Srivastava, R.K., Staudt, J.E., & Jozewicz, W. (2005). Preliminary estimates of performance and cost of mercury emission control technology applications on electric utility boiler: an update. *Environmental progress*, 24, 198-213.
- Staudt, J.E., Engelmeyer, T., Weston, W. H. & Sigling, R. (2002). The impact of arsenic on coal fired power plants equipped with SCR. *Presented at ICAC of forum, Houston*, February 12-13.
- Sterling, R.O., & Helble, J.J. (2003). Reaction of arsenic vapor species with fly ash compounds: kinetics and speciation of the reaction with calcium silicates. *Chemosphere*, 51, 1111-1119.
- UNEP. (2002). *Regionally Based Assessment of Persistent Toxic Substances : South East Asia and South Pacific Regional Report*. Switzerland: Author.
- U.S. EPA. (2006). An Inventory of Sources and Environmental Releases of Dioxin-Like Compounds in the United States for the Years 1987, 1995, and 2000. (EPA/600/P-03/002F), Washington, DC: Author.
- U.S. EPA. (2003). Exposure and Human Health Reassessment of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-Dioxin (TCDD) and Related Compounds. *National Academy Sciences (NAS) Review Draft*. Washington, DC: Author.
- U.S. EPA. (2000). *Great Lakes Binational Toxics Strategy —PCDD (Dioxins) And PCDF (Furans): Sources and Regulations. Draft Report*. Washington, DC: Author.
- U.S. EPA. (1998) *Locating and estimating air emissions from sources of lead and lead compounds*. (EPA-454/R-98-006). Washington, DC: Author.
- U.S. EPA. (1998) *Locating and estimating air emissions from sources of arsenic and arsenic compounds*. (EPA-454/R-98-013). Washington, DC: Author.
- U.S. EPA. (1993) *Locating and estimating air emissions from sources of cadmium and cadmium compounds*. (EPA-454/R-98-013) Washington, DC: Author.
- U.S. EPA. (1997). *Mercury Study Report to Congress Volume II: An Inventory of Anthropogenic Mercury Emissions in the United States*. Washington, DC: Author.
- Yao, H., Asito, N., Mkilaha, I.S.N. and Naruse, I. (2002). Comparative study of lead and cadmium compounds capture by sorbents. *Journal of Chemical Engineering of*

Japan, 35, 401–408.

日本環境省(2010)，**ダイオキシン類の排出量の目録**（排出インベントリー），日本。

日本環境省(2001~2011)，平成 12~21 年度ダイオキシン類に係る環境調査結果，日本。

日本環境省(2009)，平成 20 年度大気汚染状況について，日本。

日本環境庁(2000)，平成 11 年度地方公共団体等における有害大気汚染物質モニタリング調査結果について，日本。

台北市政府環境保護局(2009)，「台北市內湖、木柵及北投垃圾焚化廠周界空氣及土壤中戴奧辛濃度資料建立計畫」。

行政院環境保護署(2005)，「九十一、九十二、九十三年度建立台灣地區戴奧辛排放清冊及排放資料庫三年工作計畫」。

行政院環境保護署(2004)，「大型垃圾焚化廠周界空氣、植物及土壤中戴奧辛含量調查計畫」，EPA-93-FA12-03-A105。

行政院環境保護署(2006)，「大型垃圾焚化廠周界空氣、植物及土壤中戴奧辛含量調查計畫」，EPA-94-FA12-03-A147。

行政院環境保護署(2007)，「大型垃圾焚化廠周界空氣、植物及土壤中戴奧辛含量調查計畫」，EPA-95-FA12-03-A119。

行政院環境保護署(2008)，「大型垃圾焚化廠周界空氣、植物及土壤中戴奧辛含量調查計畫」，EPA-96-FA12-03-A175。

行政院環境保護署(2003)，「大型垃圾焚化廠附近居民血液中戴奧辛濃度資料建立計畫」，EPA-92-FA12-03-A010。

行政院環境保護署(2004)，「中小型廢棄物焚化爐、煉銅業電弧爐及非鐵金屬冶煉業戴奧辛排放減量改善計畫」。

行政院環境保護署(2001)，「木柵、新店及桃南垃圾焚化爐周界空氣中及植物、土壤戴奧辛含量濃度資料之建立」，EPA-89-FA12-03-257。

行政院環境保護署(1999)，「木柵、新店及桃南垃圾焚化爐附近居民血液中戴奧辛濃度資料之建立專案工作計畫」，EPA-89-FA12-03-258。

行政院環境保護署(2002)，「台北縣八里、彰化縣溪州、嘉義縣鹿草、高雄縣岡山及屏東縣崁頂、台北市內湖、台北市北投及台南市城西里等八座垃圾焚化爐附近居民血液中戴奧辛濃度資料之建立專案工作計畫」，EPA-90-FA12-03-098。

行政院環境保護署(2002)，「台北縣八里、彰化縣溪州、嘉義縣鹿草、高雄縣岡山及屏東縣崁頂等八座垃圾焚化爐周界空氣中及植物、土壤戴奧辛含量濃度資料之建立」，EPA-90-FA12-03-133。

行政院環境保護署(2003)，「未納管戴奧辛排放源改善及大型焚化爐重金屬排放調

查計畫」。

- 行政院環境保護署(1992)，「有害空氣污染物排放管制規範研訂計畫」。
- 行政院環境保護署(2004)，「固定污染源汞排放調查及可行控制技術評估計畫」。
- 行政院環境保護署(2008)，「固定污染源毒性空氣污染物（戴奧辛及重金屬）排放清冊調查及管制計畫」。
- 行政院環境保護署(2009)，「固定污染源毒性空氣污染物（戴奧辛及重金屬）排放調查及管制計畫」。
- 行政院環境保護署(2010)，「固定污染源戴奧辛及重金屬排放調查與健康風險評估計畫」。
- 行政院環境保護署(2011)，「固定污染源戴奧辛、多環芳香烴(PAHs)及重金屬排放調查與管制計畫」。
- 行政院環境保護署(2007)，「固定污染源毒性空氣污染物(戴奧辛及重金屬)管制規範研擬、控制技術評估及排放清冊調查計畫」。
- 行政院環境保護署(2005)，「固定污染源重金屬排放量調查與控制技術評估及減量管制策略研擬」。
- 行政院環境保護署(2002)，「建立台灣地區戴奧辛排放清冊及排放資料庫計畫」。
- 行政院環境保護署(2005)，「國內有害空氣污染物質排放調查及管制策略研擬計畫」，EPA-94-FA12-03-A198。
- 行政院環境保護署(2002)，「電弧爐煉鋼廠乙座與四座垃圾焚化廠附近居民血液中戴奧辛濃度資料之建立計畫」，EPA-91-FA12-03-A124。
- 行政院環境保護署(2007)，「辦理特定有害事業廢棄物戴奧辛含量與流向調查專案工作計畫」。
- 行政院環境保護署(2005)，「鋼鐵冶煉業集塵灰之指紋技術建置計畫」，民國 94 年。
- 行政院環境保護署(2004、2005、2006)，事業廢棄物焚化灰渣整合性管理計畫。
- 吳秀東(1998)，「都市垃圾焚化過程中重金屬的分佈及去除效率之探討」，國立中央大學環境工程研究所碩士論文。
- 吳家誠(1991)，「重金屬之化學物種分類與分析技術」，*化學*，Vol 49, NO. 4。
- 林國旋(1992)，「重金屬於焚化爐中之動態評估」，*技術與訓練*，第七十二卷(二)。
- 屏東縣政府環境保護局(2008)，「屏東縣固定污染源排放戴奧辛與重金屬檢測與環境介質調查計畫」。
- 高雄市政府環境保護局(2010)，「98 年度高雄市周界空氣中硝基多環芳香烴污染物之調查研究」。
- 孫世勤(1993)，「都市垃圾焚化廠廢氣中 PCDD/PCDF 之控制方式」，*第十屆空氣污染控制技術研討會論文集*。

孫世勤(1992)，「都市垃圾焚化爐廢氣中重金屬物質之控制方式」，*中興工程*，第四十一期。

張木彬、林傑、張簡國平(2002)，「都市垃圾焚化及電弧爐煉鋼廠煙道排氣及灰份中戴奧辛濃度及物種分布研究」，*國科會*。

陳建民、李孫榮(1996)，「戴奧辛、環境與人類」，*工業污染防治*，Vol. 57。

經濟部工業局(1990)，「工業污染防治技術服務計畫－工業污染防治技術服務團專案計畫執行成果報告」。

彰化縣政府環境保護局(2005)，彰化縣線西鄉及伸港鄉鴨蛋戴奧辛事件調查報告。

嘉義市政府環境保護局(2009)，「嘉義市環境介質戴奧辛含量調查計畫」。

新北市政府環境保護局(2008~2010)，「樹林及新店垃圾焚化廠周界土壤、植物、空氣戴奧辛檢測作業」。

陈来国,麦碧嫻,许振成等(2008)，「广州市夏季大气中多氯联苯和多溴联苯醚的含量及组成对比」，*环境科学学报*, 28 (1): 150 – 159。

附錄一 評選會委員意見及回覆



附錄一 評選會委員意見及回覆

審查意見	答覆
一、林能暉委員	
1.UNEP 已公告汞為有害物質納入管制，本計畫可就其內容有關部份進行了解與建議。	UNEP 公布之最新汞報告，針對汞排放量推估進行修正，大幅增加小型金礦開產之汞排放量，固定源則仍以煤燃燒為最大排放源，其中該報告提及水泥窯代處理廢棄物造成汞排放之增加。另外，該報告提出汞的 re-emission 亦為汞排放至大氣之大宗，但其計算困難。本計畫將參考國外資料增加排放量推估之完整性。
2.P4-18，4.1.3 節汞流布調查於燒結工場及汽電共生廠對氣狀汞、氧化汞及粒狀汞採樣，採樣方式如何得到最佳結果，應有說明。另外採樣時機在該廠生產時程之配合(操作條件)應有設計規則，使能獲得代表性之資料	遵照辦理，本流布調查廢氣部份係採同步採樣方式執行，以同一時間針對製程設備出口、防制設備出口及煙道排放口同時採集廢氣，分析樣品分別為氣狀汞、氧化汞及粒狀汞；為使採樣得到代表性，本計畫於執行前已至各單位進行採樣前說明，告知需配合事項，並由環保署發文辦理。本計畫已於102.03.15及102.04.25分別與燒結爐業者辦理研商會議。在採樣時機上，一般廢氣採樣時間約3-4小時，同步進行原物料及廢棄物、飛灰、廢水等採樣，並以每小時採集一個樣品，最後以混樣方式進行分析，如發現有異常值時，則可以回頭 check 每一樣品濃度，瞭解過程中是否有異常狀況出現。
3.P3-8，表 3-4 比較各國重金屬排放管制業別，對應我國管制上，是否有所參酌進一步於法令上精進之處？	比較各國重金屬排放管制內容，焚化爐及燃煤鍋爐之重金屬為最受關注之業別。燃煤鍋爐部分，近期已發布電力設施空氣污染物排放標準草案，參考美國管制，將以加嚴粒狀物方式減少重金屬排放，並增加重金屬汞之標準。另外，本計畫亦協助環保署規劃行業別重金屬定檢規定，除焚化爐及燃煤鍋爐外，將要求鋼鐵業及水泥業等業別執行重金屬鉛、鎘、汞、砷之定期檢測並申報其結果，以掌握排放情形，作為未來標準修訂之參考。
4.本年度戴奧辛季採樣及重金屬半年採樣在採樣能力下，是否考量空間及時間之最佳化與同步進行。	本計畫已規劃三個檢測單位進行檢測，因監測站數多，考量人力、設備無法同時進行戴奧辛與重金屬之採樣。但重金屬採樣由24小時採樣增長為2次24小時採樣，

審查意見	答覆
	以求得更多數據。
二、尤建華委員	
1.服務建議書 P2-21 顯示高雄市汞排放量值遠大於其他縣市，但相關環境空氣濃度汞測值卻無明顯偏高，此問題本年度執行相關空品監測、排放清冊及大氣擴散模擬的預見考量對策，使本研究成果更具實用參考價值。	大氣監測主要於一般空品測站進行，監測點地理分布與排放源分布不同，故監測結果與排放量較無明顯相關，本計畫將對高雄地區進行貢獻比例探討，藉此釐清相關疑義。
2.P3-32，過去幾年執行採樣所遭遇的問題說明，及今年執行上品管及其改進對策方法說明	汞流布調查過去所遭遇主要問題在於防制設備前廢氣採樣部分，由於粉塵過高會在濾紙表面吸附氣狀汞、氧化汞，造成採樣誤差；由於國際間對汞流布普遍都採用 OH method 方式執行(可以做不同物種分析)，本計畫亦選擇相同方式執行。此外，本工作團隊另效仿美國 EPA 購買無灰採樣設備，未來如分析數據上出現異常，將使用無灰採樣設備進行採樣，至於原物料及廢棄物採樣部分， <u>同林能暉委員意見答覆</u> ，本計畫以每一小時採樣一次，最後以混樣方式進行分析。
3.P4-22，本計畫執行探討燒結爐及汽電共生鍋爐汞物種流布機制及排放減量策略規劃上，考量採樣分析次數偏少，及影響因子多(煤料、鍋爐操作效率、相關污染防治設備操作因子等)，相關採樣實驗結果如何在統計應用上具代表性，而能更有管制策略參考價值。	燒結爐及汽電共生鍋爐汞物種流布採樣，將根據 101 年計畫執行燃煤電廠汞物種流布經驗並參考國外執行辦法進行最佳設計，並記錄當時各項防制設備操作參數。
三、吳義林委員	
1.本計畫建置之排放源資料庫，應確認資料之完整性。	本計畫之排放源資料庫將持續更新檢測數據及資料庫範圍，使排放內容更趨完整。
2.周界監測結果已持續執行多年，因而如何分析長期之變化趨勢，並且與排放量推估結果互相比對。	感謝委員寶貴意見，要做到排放量推估及環境空氣品質監測相互合理性印證，在實質上有其困難度，主要原因如下： 1.無論戴奧辛與重金屬環境空氣監測均是表現環境現況，除國內排放源外，長程傳輸亦為可能來源，然無法於排放量資料庫中顯現。 2.排放量推估雖已納入大多數主要排放源，然不可控制之燃燒源或中小型未納管污染源較難掌握，排放係數變動亦

審查意見	答覆
	大，造成排放量推估有其不確定性。 3.一般空氣品質監測站監測，其所反應者為一般地區之戴奧辛空氣品質，而過去之戴奧辛排放減量主要均著重於工業區固定源之減量，由於分布空間有差異，故減量成效無法完全反應至空氣品質改善上。例如砷排放量過去推估大約為 4 公噸/年，其中由燃煤電廠排放佔 53%，汞平均排放量約 1.4 公噸/年，其中由燃煤電廠排放佔 14%。在大氣濃度方面，汞主要以氣態為主，歷年監測濃度介於 2.0~5.0ng/m³ 間。砷濃度變化相當大，大約介於 0.5~6.8ng/m³ 間。由排放資料庫顯示，一半以上的砷由燃煤電廠的高煙囪排放，影響範圍大但擴散較易，著地濃度可能因稀釋而較小，而汞由高煙囪排放比例較低，故若僅就排放量比較，可能會忽略排放後擴散效應。單從國內固定源推估排放量反映空氣現況，確時有其困難度，然將持續進行污染源清查，使數據具可靠性。
3.水泥窯之戴奧辛排放係數請區分是否有使用廢溶劑等。	本計畫推估之水泥窯戴奧辛排放係數分為一般水泥窯及代處理廢溶劑及輪胎之水泥窯。
4.排放源區之監測位置，請依三年 ISC 擴散模擬之最大增量位置篩選。	依評選會議上承諾，本計畫針對興達電廠附近重金屬監測布點位置依 ISC 擴散模擬之最大增量位置布點(詳細說明請參見第 3.4 節)。其他測站主要為建立長期資料庫及與過去測站數值做比對，故以過去選定地點進行，並無做過大變動。
四、陳清南委員	
1.P4-63 表 4-31 歷年戴奧辛檢測多次超標排放源名單，高雄市南區焚化爐及高雄市岡山焚化爐、仁武焚化爐都有超標的情況發生，由其以南區焚化爐為最，其原因為合，至於其為一般垃圾焚化爐或事業廢棄物焚化爐，請說明。	高雄市南區焚化爐、高雄市岡山焚化爐及仁武焚化爐皆為一般垃圾大型焚化爐。其中南區焚化爐除一般垃圾外，另處理事業廢棄物，該廠近年事廢比例偏高(55%以上)，又收受處理高雄市橋頭新市鎮既埋垃圾故煙氣 HCl 含量偏高，致使戴奧辛生成偏高，而造成管控不易。高雄市環保局已持續協調垃圾調撥及加強垃圾拌勻等事宜。
2.在執行本案，經標準的儀器設備檢測，	本計畫於採樣時，均蒐集採樣當時各類操

審查意見	答覆
而在過程中周遭環境之氣象溫度、濕度及當時的現象等應請多加說明，作為判斷之依據。	作參數紀錄；於監測時，將紀錄測點周遭環境之狀況，以作為後續分析時之參考。
3.P4-35，表 4-21 重金屬空氣品質監測規劃及預定監測時程，採樣/分析單位之監測方式考慮監測方式，設備等應請統一。	表 4-21 係列出監測工作執行月份，依據過去執行經驗，本計畫要求對各測站都以一周內執行採樣完畢為原則，以降低氣候影響因素，但本年度希望每一測站都採集二組樣品(採樣時間由 24 小時延長至 48 小時)，所以將於二周內採樣完畢，至於使用方法、設備部分，本計畫都依照環檢所公告方式執行，由於數量過於龐大，必需由三家檢測公司共同執行，為確保 QA/QC，樣品都要求進行交叉比對分析，相關規範亦明列於計畫書中。
4.P4-3 目前水泥廠處理污泥、飛灰等之情形，目前處理情形應考慮其處理過程，以昭公信。	本計畫水泥窯部分選定台泥蘇澳廠，該廠水泥製程係生產鹼性水泥，有添加電廠煤灰，採樣時已確實記錄其添加量，以瞭解對排放濃度影響。
5.P3-19 戴奧辛控制策略，在執行過程中配合實際操作情況，應請就實際查核階段作更實際上之論述。	遵照辦理，圖 3-1 係整理一般行業別戴奧辛控制策略，從源頭管理至管末處理設施等相關可行策略，當然技術日新月異、實際查核發現，如操作不當，仍經常性有超標問題產生，將經常性檢討。
6.汞之流布同時與環境監測、廢棄物等相連結，其複雜度高，如和抽絲剝繭找到確實之結論，請說明。	遵照辦理，本計畫執行汞流布調查主要目的在於瞭解不同行業別汞排放特性，從不同汞物種調查，提供降低排放濃度可行策略及做為研訂法規參考依據，過去在燃煤電廠部分已有相當成功案例，同時可以瞭解最終汞物種流布情形；環境監測主要目的在於建立國內環境基線資料庫及追蹤重大排放源附近環境空氣現況，做為管制依據；相關目的、執行策略並不相同。
7.本案影響層面，交通站、電弧爐如何在此過程聚焦，配合先前資料得到一確認的結論。	本案在交通站部分，主要係配合環保署要建立一般空品站、交通站及重大污染源附近戴奧辛環境空氣濃度背景現況，故要求每季進行一次監測；電弧爐為國內戴奧辛及重金屬主要排放源，故在污染源集中區域附近也進行相關監測，從監測數據結果可以回饋、檢討管制成效，進而討論目前排放量推估可能性。
五、張木彬委員	

審查意見	答覆
1.相關計畫已執行多年，就歷年調查監測數據之完整性、代表性及準確性而言，尚有哪些提升空間，如連續採樣方法之引進等，建議再加以思考。	遵照辦理，有關戴奧辛連續採樣方法之引進部分，將建議協調環檢所共同評估公告方法可行性，再納入未來修法可行性。
2.國內磚瓦窯業之規模、原物料使用、空污防制設備等皆有很大的差異性，本年度建議檢測協福窯業及玉峰窯業之重金屬排放情況，其考量點為何？宜進一步說明。	將增加蒐集國內磚瓦窯之資料，使本年度磚瓦窯檢測對象具其代表性。
3.本案為環保署之計畫，針對各地環保局地方性之焚化爐亦有相對戴奧辛與重金屬之測定數據，請亦針對其相關數據瞭解並加以比對。	遵照辦理，目前戴奧辛部分各縣市環保局稽查、業者定檢等相關數據每計畫均逐筆蒐集、評估，做為瞭解現況及推估排放量依據；重金屬目前除大型廢棄物焚化爐有較多檢測數據外，其他數據相對較於缺乏，本計畫亦定期蒐集固定污染源資料庫相關資料進行彙整，長期部份將協助環保署研擬主要行業別定檢規定，加強數據瞭解及比對。

附錄二 第一次工作進度報告審查意見及回覆



附錄二 第一次工作進度報告審查意見及回覆

審查意見	答覆
一、空保處	
1.桃園縣觀音工業區水美焚化廠及彰化縣全興工業區鄰近地區之戴奧辛空氣品質濃度持續偏高，除分析原因外，請儘速邀集桃園縣、彰化縣或其他戴奧辛監測濃度偏高地區之環保局研商具體因應措施。	本計畫彙整北、中、南排放源集中區之戴奧辛空氣品質監測及排放量推估結果，分析北部排放源集中區可能尚有排放不穩定之排放源，另於中部排放源集中區檢測結果則發現燃材鍋爐排放超標。為避免污染源超標排放並維護空氣品質，本計畫建議召集北部(桃園縣)、中部(台中市、彰化縣)及南部(高雄市)排放源集中區之縣市環保局研商，將燃材及塊煤鍋爐與屢次超標排放源列為優先稽查對象，本會議預計於7月22日舉行。
2.針對目前各縣市火化場防制設備裝設情形，應先蒐集相關資料後，邀集內政部及縣市主管機關研擬後續對應之管制方法。	國內現有34家火化場，其中之苗栗縣大湖鄉火葬場停爐改善中，目前共有8家火化廠未裝設防制設備，2家部份裝設(逐年更新)。由96年起之定檢與稽查檢測數據顯示，排放濃度超標比例高(6%~28%)，且以未裝防制設備者比例較高，其中新竹縣竹東鎮立火葬場及台南市私立八德安樂園火葬場為經常超標者，目前各超標3次。殯葬管理條例修正案於101年7月1日施行，其中第十五條規定火化場應有空氣污染防制設施。為促使火化場進行污染防制改善並維持良好操作，以降低戴奧辛排放濃度，維護環境品質，本計畫已規劃相關會議內容，將協助環保署召開。
3.有關食品及土壤之戴奧辛相關標準，其戴奧辛毒性採含多氯聯苯之WHO-TEF計算，而煙道排放或大氣環境戴奧辛毒性則採不含多氯聯苯之I-TEF進行計算，請彙整蒐集國外相關資訊，分析其中差異及原因，並將多氯聯苯檢測費用對業者之衝擊一併納入考量，提供相關評估資訊。	國際間發布戴奧辛排放標準時，各國採用毒性當量係數為I-TEF，尚未有WHO版本之毒性當量轉換係數。依據研究指出，使用WHO-TEF和I-TEF計算所得排放源之毒性當量差異約在±10%以內，故並無變更之急迫性。然對於食品及土壤，由於戴奧辛、DL-PCBs的來源非僅為空氣污染源排放，DL-PCBs所佔比例較高，故將之加入計算考量。目前僅日本以公告轉換毒性當量係數方式變更；美國在2011年以公告方式將毒性當量係數變更為WHO2005-TEF，但排放標準所規範物質

審查意見	答覆
	仍為戴奧辛與呋喃；其餘國家之排放標準多仍採用 I-TEF 為轉換係數。 若我國將固定源之戴奧辛毒性當量係數轉換為 WHO-TEF，各排放源之平均排放濃度差異約在 10% 以內，對超標與否不致有太大影響。然在空氣污染物排放檢測時，戴奧辛與 DL-PCBs 可一同採樣，故將 DL-PCBs 納入分析，需增加分析費用，約為原戴奧辛檢測費用之 35%。
4. 報告書內容應以管制面及需求面等角度撰寫滿使報告書內容更加完整，而非僅提出計畫進度及完成項目。	遵照辦理。
5. 重金屬相關定檢規定應整合戴奧辛，各行業應定檢對象之原因、頻率、業者數量、檢測量能及檢測成本均應納入考量，另請了解國外管制重金屬排放之相關規定，是否有行業別標準。	建議重金屬定檢行業別將整合於第一、二批公私場所應定期檢測及申報之固定污染源公告中，並將第一、二批未公告之行業別於第三批一併公告，公告方式詳 7.2 節。國外各行業別排放標準詳 2.2 節。
6. 請分析國外管制資料及國內排放現況等方面，檢討檢討焚化爐重金屬排放標準加嚴可行性及必要性，並將各業別重金屬排放標準之研訂，一併納入考量。	目前已擬定重金屬定檢業別，將增加燃煤發電鍋爐、燒結爐、電弧爐、水泥窯、集塵灰高溫冶煉設施及半導體光電業等業別實施定檢，往後可藉增加之排放數據，研訂更為適切之排放標準。
7. 請加強蒐集國外多環芳香族碳氫化合物等其他污染物之管制標準及管制情形。	歐盟針對 PAHs 排放量推估結果顯示，最大宗為非工業活動之住宅區排放，其次為農廢燃燒及交通運輸。 目前法國及英國均已訂定 BaP (benzo[a]pyrene, 苯芘) 之建議值，分別為年平均值 0.7 及 0.25 ng/m³，德國則是訂定目標值為 1.3 ng/m³。

附錄三 期中工作進度報告審查意見及回覆



附錄三 期中工作進度報告審查意見及回覆

審查意見	答覆
一、凌委員永健	
1.p.1-5，本計畫累計執行進度 60%，符合規劃。惟圖示預定與實際進度不應完全相同。附錄中宜有檢測方法及品保/品管(QA/QC)之簡要說明。	謝謝委員指正。已修改表 1-2 之工作進度圖示。本計畫針對工作內容所需執行之監測及檢測工作，已擬具品保品管規劃書並提送環保署，另將內容摘要列於附錄六之本計畫檢測與監測方法及品保品管規劃說明。
2.p.3-31，大里及彰化空品站之戴奧辛相對於其他測站持續偏高，宜提出因應對策。	大里及彰化站在 1、2 月較易出現偏高的戴奧辛監測濃度，且伴隨著附近測站測值也相對較高，顯示此兩測站出現高濃度的情形有部分為區域空氣品質惡化，而成因與氣象條件相關。此外，露天燃燒農業廢棄物亦為造成偏高濃度的原因之一，雖近年來各環保單位致力於推動宣導禁止，但此類行為仍舊發生，應再加強宣導與露天燃燒季節之巡查工作，以減少因露天燃燒造成空氣品質劣化情形。
3.p.3-32 日本戴奧辛空品基準(0.6 pg WHO ₂₀₀₅ -TEQ/m ³)，不含工業區及道路旁，宜說明其由來及工業區宜高或低之建議。	目前世界各國僅有日本制訂國家之戴奧辛空氣品質基準，雖然該基準值被質疑過於寬鬆，然仍可提供一般民眾一個參考數量級。 日本戴奧辛空品基準之制訂說明如附錄七，其制訂方式為先訂定每人每日容許戴奧辛攝入量，扣除調查統計而得食品來源的貢獻量，即為經由呼吸之最大攝入量，再配合平均呼吸量即可求得空氣品質之最大容許值。日本政府在試算結果中說明，該試算之假設很多，需考量其結果有高度之不確定性。 依據該基準計算邏輯，空氣品質基準是以設定總攝入容許量扣除經由食物途徑攝入之戴奧辛計算而得，此兩條件對在一般地區及工業區活動之民眾應無異，故工業區之空品基準應與一般地區相同。
4.區域性(工業區)之空氣戴奧辛監測與鄰近排氣戴奧辛關聯性，可以作為污染源增減之參考，期末報告宜提出污染源建議之作法。燃材鍋爐宜提供燃材(廢棄物)之特性及來源說明。	針對排放源集中區，本計畫已協助環保署召集桃園縣、彰化縣及高雄市環保局進行研商，本計畫提出近期燃材鍋爐戴奧辛排放濃度高，請各環保局加強稽查管制外，亦請各縣市環保署提供管制情形做為交

審查意見	答覆
	流，後續桃園縣環保局提出轄區內含銅廢棄物處理戴奧辛濃度高的資料。彙整各縣市環保局與總隊稽查結果顯示，從前傳統之主要戴奧辛排放源如焚化爐、鋼鐵業等，因排放標準已實施一段時日，多數有適宜防制設備，除經常性超標業者外，超標機率低。然而鍋爐或廢棄物熱處理等非傳統大型戴奧辛排放源有排放濃度升高趨勢。針對此情況，本計畫建議各縣市環保局在日常巡查時，發現異常排放黑煙的工廠即可列為可疑對象，進行操作情形了解或列入稽查名單，以減少超標情形。至於目前日益增多的燃材鍋爐，多數使用回收家具、木材工廠下腳料等製成之廢棄木材或木屑為燃料，由於廢棄物可能含有雜質且大小不一，燃燒條件差，可能為導致較高戴奧辛濃度之原因。
5.p.4-67 國內大氣汞排放量、廢棄物焚化爐及水泥旋窯排放濃度為 10^{-2} 級數，相對高於燃煤之 $10^{-3}\sim 10^{-4}$ ，前者總和(27%)，相對於電力產源(30%)，與國外以後者為主不一樣，減量策略規劃不宜集中於電力產源。	感謝委員寶貴意見，目前減量策略規劃原則係依國內排放現況做規劃，廢棄物焚化爐已發布管制標準，電力業亦已提出相關草案值，水泥旋窯亦進行相關評估工作，相關管制方向與汞公約相符。
6.p.6-13 廢棄物焚化爐排放係數中小型及有害在 100 年後明顯上昇，宜提出說明及因應對策。	遵照辦理，詳報告第六章。
7.p.6-24，圖 6-8 宜列出各排放源排放量與年變化趨勢圖，說明產業別戴奧辛的減量成果及後續之規劃工作參考。	遵照辦理，以於報告第七章說明目前減量成果及敘明未來應擴大管制對象。
8.宜補充水俣汞國際公約相關內容，供署裡參考，並擬定國家因應對策。	謝謝委員建議，已將水俣汞國際公約內容重點摘錄於 附錄五 。
9.p.6-38，光電業排放推估結果，宜註明光電業(發光二極體)，不包括平面顯示器。	謝謝委員建議，已補充。
二、鄭委員福田	
1.對於汞之測定，報告第二章提到除氣態汞外，其他不準確，則第三章排放源及其流布調查，是否可信？	本計畫蒐集國內外研究結果，目前多數大氣汞監測均是監測總汞，未特別針對氧化汞及粒狀汞進行研究。然汞在環境中轉換為不同物種，分析汞物種變化有助於了解可能排放來源甚至可進一步控制。 報告第二章關於汞監測之建議摘錄自聯合國環境規劃署的全球汞評估報告。該報

審查意見	答覆
	告指出，在環境大氣汞的監測部分，除氣態汞外，氧化汞及粒狀汞的分析困難，故此兩者的監測結果誤差大。 本計畫團隊工研院購置一部全球唯一可自動連續監測汞物種的商業化監測儀器，國際間亦研究團隊針對其準確度進行探討。本計畫將之設置於高雄市，希望額外增加監測數據，對排放源的解析有幫助。 本計畫排放源的流布調查採用美國 OH Method 進行煙道氣中物種流布分析，此方法亦有許多研究指出其限制及可能誤差，但此方法仍為目前可使用較為準確能分析煙道氣中汞物種之方法。本計畫亦將其可能誤差加以說明。
2.對於各種行業之特性描述及第七章之法規修正脫離現況，應該依實際情況作修正。	謝謝委員指正，已於報告中補充說明並修正。
三、張委員能復	
1.戴奧辛空氣濃度監測結果，逐年皆有變動，共 8 年的趨勢變動，是否有逐年下降，須進一步詮釋。其中產業總體活動強度需拿出來互證。	本計畫嘗試以戴奧辛空品監測結果、戴奧辛排放量、PSI、PSI 超標比例、PM₁₀ 監測值、製造業 GDP、電力及燃氣供應業 GDP 及總 GDP 等 8 個變數進行主成份分析，由因素負荷量圖看出，影響因子分成兩群，第一群為 GDP(含製造業、電力及燃氣供應業及總 GDP)和戴奧辛監測濃度，另一則為 psi 和 PM₁₀。 由主成分分析將資料分組，簡化了變數，GDP(含製造業、電力及燃氣供應業及總 GDP)和戴奧辛監測濃度為同一組變數。為了簡化表示戴奧辛監測濃度，我們以總 GDP 和戴奧辛監測濃度進行迴歸分析，得到 $R^2=0.78$。 綜合以上分析，近年來戴奧辛空品監測濃度與 GDP 呈正相關。
2.已廢棄工廠(場)、有害廢棄物堆置場，對於重金屬排放的影響，有或無？影響多大？請檢討之。	基本金屬煉製業之廢棄工廠多將未經妥善處理之爐渣、集塵灰等棄置於建物內，或鋪於地面，甚至非法掩埋，該類廢棄物含有戴奧辛及重金屬等有害物質，容易藉揚塵而對周遭造成影響。且曾有部分不肖業者於夜間進入已廢棄工廠，私自進行煉

審查意見	答覆
	製等作業，造成非法排放。
3.建議透過燃燒設備(燃燒爐、鍋爐、加熱爐)之設置許可規範，規定燃料特性及應有之防制設備，這樣才能解決燃料特性不穩不明，所產生的戴奧辛排放問題。	目前部分排放源實際為廢棄物焚化，卻登載為使用廢棄物為燃料之鍋爐，缺乏污染防治設備造成較高濃度污染物排放。針對此一問題，空保處已於 102 年 10 月 8 日召開「鍋爐燃燒廢棄物之固定污染源設置及操作許可審查原則」研商會議，要求地方環保局加強許可規範的查核與審核。
4.戴奧辛與重金屬排放清冊建置，以及排放檢測，請考慮其方法學及 SOP 在台灣的適用性，宜拿出來檢討之。	謝謝委員建議，已將各國排放量推估架構、方法及在我國之適用性補充討論於第六章。
四、陳委員清南	
1.p.3-25 表 3-17，102 年 5 月環境空氣戴奧辛監測結果，相當多的數據，台北汐止站、松山站、新竹(東門國小)等項目有測站曾遷移或歷年監測一般空品測站，列在一起雜亂，建請詳加分類解釋。	遵照辦理，已依測站類型分類。
2.表 6-13 煉鋼業電弧爐重金屬排放推估結果其資料來源為何，請說明。	電弧爐排放係數為環保署於 94 年依生產鋼材種類、廢氣排放方式及分佈情形完成 10 廠次煙道氣重金屬(鉛、鎘、汞及砷)排放檢測結果；煉鋼業電弧爐產鋼量為空污費申報資料統計而得。兩者相乘後得到電弧爐重金屬排放量。
3.p.7-30 火化場空氣污染源防制設備之 100 年火化量其採用之空氣污染防制設備以哪種方式污染量較低，更具體建議。	分析各火化場裝設防制設備與戴奧辛稽查或定檢排放濃度關係，發現使用防制設備種類和排放濃度高低無顯著關係，可能與陪葬品及操作情形有關，但未裝設防制設備者排放濃度值高於有防制設備者。
4.p.6-5 廢棄物焚化爐包括：大型一般廢棄物焚化爐、有害廢棄物焚化爐...等，整理成一表，予以肯定。至於目前所遇到的問題與解決方式，建議在其中列入，增加參考資料。	謝謝委員指教，目前所遇到的問題及解決方法已在各相關章節撰寫。
5.本案經整理之後，對於今後遇到的問題，急待解決的問題，另章整理並說明。	已整理於第八章之結論與後續辦理事項。
6.戴奧辛濃度下降之原因，技術性、設備性、學術性等原因，請作說明，作為操作之參考。	傳統之主要戴奧辛排放源如焚化爐、鋼鐵業等，因排放標準已實施一段時日，多數有適宜防制設備，只要業者良好操作及定期維護，超標機率低，故過去十年來戴奧辛排放濃度有明顯下降，但近年來因減量空間已不大，故排放濃度變化不大。

審查意見	答覆
7.農業廢棄物燃燒其成分、公害性及造成植物生長是否有影響，請說明。	本工作團隊曾對農業廢棄物燃燒後氣體進行採樣，包含戴奧辛及重金屬排放，對附近空氣品質的確造成影響。
8.p.15 鋼聯之戴奧辛監測濃度高於 0.6 pg WHO ₂₀₀₅ -TEQ/m ³ ，其成分？	鋼聯測點為 101 年度新增之排放源集中區測點，至今共監測 8 季，監測濃度為 0.014 pg I-TEQ/m ³ 至 0.192 pg I-TEQ/m ³ ，各季監測之主要風向均不同，尚無法歸類監測濃度高時之主要風向與可能排放來源。
9.至於未知排放源有無辦法確認其原因，供其改善。	依據桃園縣環保署稽查含銅污泥處理業經驗，煙囪異常排放黑煙可能為戴奧辛排放源，後需經由實地稽查方能確認其排放情形，若超標則依法要求業者改善。
10.預估量與實際測定量有無相關，本案應將問題嚴加探討，瞭解原因。例如大氣、氣候等。	依據本計畫高雄地區汞排放模擬結果與小港區汞連續監測結果比較，模擬結果可提供整體趨勢，因氣象條件的變化，和實際監測值會有差異。
11.台中內埔國小之鐵、鋅濃度高，與當地之焚化爐有無關係，應透過追蹤，對於瞭解污染源將更有助益。	依據過去監測結果，鐵、鋅濃度高與煉鋼業排放較為相關。
12.焚化爐、火葬場、燃燒稻草、煉鋼廠等廢氣處理及污染性，在期末報告中應有完整性說明、敘述與探討。	本年度計畫針對關注之排放源，例如火化場、燒結爐等，均加以說明目前防制設備情況與後續改善方式。
五、吳委員義林(書面意見)	
1.請確認排放量資料之完整性，例如 p.5-7 之高雄市汞的擴散模擬結果 24 小時值為 0.5~1.0 ng/m ³ 之間，而表 5-1 之監測結果為 1~11 ng/m ³ ，顯示有數量級之差異。	依據高雄市環保局及本計畫火化場汞排放檢測結果修正火化場排放量及依據本計畫汞流布檢測修正中鋼燒結爐排放量後，重新模擬高雄市汞濃度分布如圖 5-4，模擬區域內最大 24 小時值為 10.61 ng/m ³ ，與高雄市區域內監測結果相近。
2.質量流布分析彙整中(例如表 4-10)，請補充不確定性比例(例如標準偏差等)。	遵照辦理。
3.排放量之品質分數請依 6.1 節之原則分析結果為何。	本計畫依排放量為權重，計算整體戴奧辛排放量之等級為 B 級，並將計算原則與結果增列於第 6.2 節。
4.戴奧辛(Dioxins)之監測結果請分固相與氣相。	今年度戴奧辛監測工作內容未包含將固相及氣相分開分析。
5.請量化分析管制措施(策略)之成效。	依據各戴奧辛排放標準生效前後之排放量與後續稽查而造成之持續減量計算，法規生效對戴奧辛減量之貢獻比例為

審查意見	答覆
	66%，稽查貢獻比例為 34%(詳細假設請參見 7.1.4 節)。顯示過去制訂排放標準及配合稽查推動法規落實，的確已見成效。對於已制訂排放標準之行業而言，多數業者已裝設防制設備且多已熟悉良好操作方式，再大量稽查的效果會逐年下降。為使業者持續維持良好操作，建議應於業者換發許可證時，依據實際情況核可，並於後續查核時落實許可量的核對，藉此督促業者維持良好操作，以控制戴奧辛排放。
六、環境檢驗所	
1.設置於高雄之汞自動監測儀器，其粒狀汞僅補集粒徑 $<2.5\mu\text{m}$ 之顆粒，建議說明原因並明確註明，避免與總懸浮微粒(TSP)混淆。	遵照辦理。
2.報告 p.3-62，本所於 2010 年執行崙背站汞監測，請提供明確事證，否則不宜視為異常數值。	遵照辦理。
3.今年 6 月於高雄監測，氣態元素汞(GEM)之數值 $1.17\sim 22.0\text{ng}/\text{m}^3$ ，建議說明可能原因及來源。	P5-10 之 6 月監測值為儀器購入後在新竹測試期間監測結果，當時儀器尚需調校，故數值較為不可信。期末報告將以調整完成後於高雄地區監測結果進行分析。
4.表 3-30 汞監測，其中松山站及宜蘭站測值偏高($7.44、5.21\text{ ng}/\text{m}^3$)，建議檢討相關檢測之品保及品管規定。	經重新檢視，該兩測值之品保及品管紀錄均合於規定。
七、環保署空保處	
1.燃煤或燃材鍋爐之許可規範，針對其燃料的使用及污染防制設備的操作應確實，將進一步請地方環保局加強許可規範的查核與審核。	空保處已於 102 年 10 月 8 日召開「鍋爐燃燒廢棄物之固定污染源設置及操作許可審查原則」研商會議，要求地方環保局加強許可規範的查核與審核。
2.有害空氣污染物(HAPs)與標準污染物(criteria pollutants；如 PM、NO _x 、SO _x 、O ₃ 等)之特性不同，在進行 HAPs 管制時，可考量跳脫標準污染物之管制方式，重新思考管制策略。	本計畫持續蒐集與了解國外管制方向，以提供環保署做為未來管制策略之建議。
3.由於排放檢測耗用資源多，應重新檢視目前排放檢測之規劃，針對有必要之檢測執行，使投入之資源發揮最大效益。	目前已規定主要戴奧辛排放業別進行戴奧辛檢測，故戴奧辛檢測數據已完備，足以掌握國內主要戴奧辛排放源排放狀況。今年度本計畫協助環保署研訂重金屬定檢規定，預期實施後，將可透過定檢使業者了解自身排放情形並建立國內排放

審查意見	答覆
	係數。預期未來由計畫所投入之檢測資源可考慮減少。
4.排放源集中區之戴奧辛監測結果持續偏高，應有更積極之作為。	本計畫依據稽查、監測及縣市環保局提供資料，找出燃材鍋爐、含銅污泥為可能之高濃度排放源，提供各縣市環保局做為優先稽查管制之建議對象，對排放源集中區的空氣品質改善，應有助益。
5.戴奧辛排放量逐年下降，與歷年之空氣品質監測濃度變化趨勢是否有一致之趨勢，應進一步檢討之。	歷年空氣品質監測濃度係以一般空品站進行分析，而戴奧辛排放量主要減量產生於排放源集中區，兩者空間分布不同，較不易展現減量成效。且近年來戴奧辛減量空間小，對於空氣品質改善的影響幅度亦不大。
6.逸散性排放源之排放比例表達方式，請檢討修正，並增加說明已有相關管制作為。	遵照辦理，已修正如圖 7-1。
7.重金屬空氣品質監測結果，今年度於一般測站、環境敏感測點及排放源集中區測站均有出現高值，請檢討相關檢測之品保及品管規定，並分析可能之原因。	經重新檢視，該兩測值之品保及品管紀錄均合於規定。本計畫分析測站之其他污染物濃度，並未同步升高，故未出現較高濃度測值，應為單一事件，但尚無其他資料可供判斷來源。
8.請就本計畫之執行(含監測工作、排放調查、法規研訂等)，解決或改善多少過去無法解決之問題，以及仍無法解決之問題為何?困難點為何?並提出有效解決建議方案。	本計畫依據高雄地區汞排放擴散模擬結果與燒結爐汞流布檢測和本計畫自行架設的汞自動連續監測設備監測結果比對，發現高雄地區汞主要來源為燒結爐、電弧爐及火化場，也掌握燒結爐改善情況，對於高雄地區汞排放源的尋找及未來減量均有助益。 另外在戴奧辛排放源集中區，亦找出燃材鍋爐、含銅污泥為可能之高濃度排放源，提供各縣市環保局做為優先稽查管制之建議對象，對排放源集中區的空氣品質改善，應有助益。

附錄四 期末報告審查意見及回覆



附錄四 期末報告審查意見及回覆

審查意見	答覆
一、李委員崇德	
1.本報告彙整歷年來量測結果，整理得很系統，值得肯定。	謝謝委員肯定。
2.報告 3-13 頁表 3-8，取不同年代、不同廠別量測值成為”本行業別平均”，由於製程可能有差異，原物料及防制設備也可能不同，似乎不宜成為行業別平均。	謝謝委員指正，已刪除平均欄位。
3.報告 3-14 頁，台泥蘇澳廠本年度戴奧辛量測值由 100 年的 0.013 增大到 0.030 ng I-TEQ/Nm ³ ，這的確衍生一個問題，亦即，水泥窯混合處理廢棄物的質與量應審慎考慮訂出規範。	水泥窯添加廢棄物為原料，除影響戴奧辛排放外，亦造成汞排放疑慮，本計畫已於後續規劃中建議未來可針對水泥使用廢棄物對空氣污染物排放影響研究，尋找水泥窯之合理處理廢棄物最佳添加量，並考慮後續是否制訂排放標準與管制規範。
4.報告 3-63 頁，圖 3-21~3-28 建議改成與 PM _{2.5} 進行相關性分析。	已分析一般空品站之環境空氣中砷、鎘、鉻及鎳濃度與大氣中 PM ₁₀ 及 PM _{2.5} 濃度相關性如圖 3-22~圖 3-25，從圖中可看出，重金屬濃度與 PM ₁₀ 濃度相關性較佳，與 PM _{2.5} 濃度相關性較差。分析排放源附近測站之大氣中砷、鉻、鎳及鐵濃度與大氣中粒狀物濃度相關性如圖 3-26~圖 3-29，重金屬砷及鐵與粒狀物濃度之相關性較佳，且其與 PM ₁₀ 的相關性較與 PM _{2.5} 的相關性好，與一般空品站結果相似。但相對地鉻及鎳與粒狀物濃度之相關性較差，應受到附近排放源影響。
5.報告 6-36 頁，表 6-11 的(四)醫療廢棄物 101 年度比 100 年度”鉛”、”鎘”排放係數大降，”汞”大增，”砷”不變，造成原因為何？	本年度新增近 5 年定期檢測及稽查檢測數據，以修正中小型焚化爐之重金屬排放係數，提高其重金屬排放量推估的可信度。然而定檢及稽查檢測項目僅有鉛、鎘及汞，並無砷檢測項目，因此砷的排放係數不變。
6.火化場”汞”排放控制良好，但”戴奧辛”控制不好，原因宜加以探討。	火化場為批次式操作，且陪葬品、棺木等性質不一，再加上排放廢氣均無急冷設備，可能產生再合成現象導致高濃度戴奧辛排放，而汞排放與火化之大體、陪葬品、棺木之汞含量相關，排放濃度變化不如戴奧辛大。
7.煤燃燒排放”汞”宜特別加以注意，目前各縣市生煤使用量增加，需要思考以	目前燃燒生煤鍋爐多數原使用其他燃料，改用生煤後與原設計情況不符，造成

審查意見	答覆
較嚴格防制技術加以規範。	燃燒條件差，而導致較高濃度空氣污染物之排放，如戴奧辛等。且其粒狀物濃度可能亦較高，在 102 年 4 月修正發布之「固定污染源空氣污染物排放標準」中，已修訂粒狀物標準，對汞排放管制亦有效果。
8.本計畫應再彙整高雄市及其他計畫形成完整資料庫。	本計畫蒐集之各縣市執行戴奧辛與重金屬相關資料主要用途為：排放係數、排放量推估、監測與檢測結果比較，已將各縣市資料彙整入本計畫資料庫。
9.本計畫缺乏英文摘要。	謝謝委員指正，已補充。
10. 燃材鍋爐及含銅污泥處理業在後續要嚴加注意。	謝謝委員指教，已增列於後續規劃中。
二、吳委員義林	
1.鋼聯周界檢測之 Ni 濃度高於標準約 15 倍，請分析如何確認可能排放源。	本計畫 5 月份在鋼聯測點監測第 1 日時，發現鄰近廢鐵回收廠正在搬運廢鐵，目視即可見粉塵飛揚，採樣濾紙為褐色，與一般採樣後濾紙顏色(灰色)不同，該次採樣可能受粉塵影響，鎳、鐵等重金屬濃度均高，第 2 日採樣濾紙即為灰色，且測值與其他測值近似，顯示鋼聯監測之高濃度值為受附近工廠操作逸散造成之單一事件。
2.水美測點之高濃度請由風向與不同排放源之指紋資料庫確認可能排放源。	本計畫分析水美測點歷年戴奧辛監測指紋與附近排放源戴奧辛排放指紋相關性如 3.3.2 節。由各排放源排放指紋之相關性可看出，水美測點附近排放源排放不穩定，同一排放源歷次檢測之戴奧辛排放指紋有明顯差異，甚至同一排放源同次檢測之三個樣品其戴奧辛組成亦有顯著不同，故以前述排放源之排放指紋和監測結果比對，因監測與檢測非同步執行，再加上排放源排放情況不穩定，可能造成比對結果的誤差。水美附近排放源排放指紋分別與監測之較高濃度季別有較好的相關性，顯示在水美測點監測到較高戴奧辛濃度時，其戴奧辛指紋與這些排放源類似，即這些排放源為可能影響水美測點的來源。 參照前述排放源特性，兩個焚化爐處理事業廢棄物或醫療廢棄物，因廢棄物來源變化且混燒比例不同，易造成排放情形變化，而銅污泥處理亦受原料性質不穩定影

審查意見	答覆
	響排放，這些不穩定因素造成水美測點監測易有高值出現。
3.高雄之汞監測結果請以污染玫瑰圖分析可能之排放源。	已於 5.4 節增加污染玫瑰圖分析，並據以尋找可能排放源。
4.本計畫已經持續執行多年，請分析下列項目。 (1) 重金屬與 Dioxin 之排放量資料的完整性。 (2) 除了由排放量推估顯示減量成效以外，請亦由周界檢測結果分析管制成效。	(1)本計畫每年均與固定污染源資料庫列管排放源進行比對，對污染源應已大致掌握，並以實際的檢測數據推估排放係數後，再乘以「固定源/空污費申報資料」的活動強度，進而求得各固定污染源的排放量。但由檢測結果顯示，部分業別排放源排放情形不穩定，造成檢測時排放係數即有很大變動，為呈現排放係數變動對排放量推估的影響，本計畫於推估排放量時增加最小及最大值的推估，以涵括污染源排放變動時造成的排放量變化。 (2)自從針對大型焚化爐、中小型垃圾焚化爐、煉鋼業電弧爐、燒結爐、集塵灰高溫冶煉設施等行業制訂戴奧辛排放標準後，我國戴奧辛排放量大幅下降，以 91 年為基準年，至 97 年已削減 82%，但由於行業別排放標準均在 97 年前陸續生效，自 97 年起排放量下降幅度不大，統計 101 年，排放量共約削減 84%。我國全面性戴奧辛空氣品質監測自 96 年起，至 102 年監測結果顯示一般空氣測站之戴奧辛濃度略有下降，由 0.047 pg I-TEQ/m ³ 下降至 0.031 pg I-TEQ/m ³ ，仍有改善趨勢，可顯示管制成效。
5.請確認後續規劃(三)之內容與執行方式。	針對排放源集中區尋找汞排放源，可於集中區之中心地區架設汞自動連續監測設備及風速風向儀，監測 1 個月分析汞物種在不同風向的差異性，再以風向尋找可能排放源，若有明確排放源，可另移至此排放源下風處監測進行驗證。
三、陳委員清南	
1.殯儀館之爐體修建，基隆市、中壢市及台北市陸續興建，在排放戴奧辛污染物	各縣市之火化場陸續進行空氣污染物排放改善，但仍有部分火化場因經費不足未

審查意見	答覆
質應可改進。	改善，或部分已改善火化場因經費問題無專責人員進行設備操作，而使改善成效大打折扣，下年度已將輔導火化場進行空氣污染排放改善列為縣市環保局考評加分項目，應可藉由各縣市環保局的合作，改善火化場排放情形。
2.圖 1-1 計畫工作內容架構彙整字體放大。	遵照辦理。
3.目前本案固定污染源戴奧辛及重金屬排放調查及管制計畫案研究項目相當多項，例如煉鋼電爐、水泥窯、鋼鐵廠、紙廠、火化場等項目相當多，建議逐項列舉就其排放濃度、機制、重金屬濃度、戴奧辛濃度逐一系列以使資料便於被參考或讀者瞭解之用。	由於固定源戴奧辛及重金屬資料繁多，本計畫已彙整 25 業別戴奧辛及 14 業別重金屬排放特徵。
4.電弧爐煉鋼為批次式操作，若加上採百葉窗排放，對附近區域造成較大之影響。目前執行及改善情形為何，請說明。	煉鋼電弧爐戴奧辛排放標準生效後，促使電爐業者進行改善，其中已有業者將原百葉窗式排放改為二段式集塵並由煙囪排放。目前 15 廠生產碳鋼之電弧爐中有 10 廠採煙囪排放、4 廠採百葉窗排放、1 廠有兩爐各採百葉窗與煙囪排放。生產不銹鋼共有 4 廠，3 廠採煙囪排放、1 廠採百葉窗排放。生產鑄鋼共 3 廠，2 廠採煙囪排放，1 廠採百葉窗排放。總計目前電弧爐煉鋼業共 26 個排放管道，19 個為煙囪，7 個為百葉窗。
5.P.4-8 燒結爐廢氣大 ESP 飛灰為 1.569 ng/kg，小 ESP 飛灰為 0.087 ng/kg，其意義何在？請說明。	大 ESP 主要為抽吸燒結機上鐵礦、石料、焦炭反應生成燒結礦之廢氣，小 ESP 則為抽吸燒結礦成品運送過程之揚塵，已將兩個 ESP 之說明補充於 4.3 節。
6.桃園縣焚化爐集中一起，其互動關係，可以作更清楚之瞭解，如水美焚化爐、勁鍊、東和等其互動關係請說明。	水美測站附近排放源對測值影響已分析於 3.3.2 節。
7.水泥窯之燃燒，其飛灰原料中 Cl 去除後，其燃燒後可能產生之污染物如戴奧辛、重金屬等問題，請說明。	水泥窯處理溫度高，原料中所含戴奧辛在處理過程中均會被破壞，惟在後續廢氣降溫過程中，可能因原料含前驅物質而有再合成現象，而重金屬因物質不減，原料中含有重金屬若未於製程中移除，即可能於煙囪排放，故水泥窯原料中若含有氯與重金屬，即可能造成煙囪排放戴奧辛與重金屬問題。

審查意見	答覆
8.環保局稽查含銅污泥處理業發現戴奧辛排放濃度高，其產生機制應多瞭解說明。	銅二級冶煉使用含銅下腳料、其他含銅金屬碎屑，其他銅(如銅合金)或含銅污泥做為原料，前述原料可能含潤滑油、塑膠、塗料、絕緣物質等，在加溫乾燥或熔煉過程中，可能產生戴奧辛，且依據文獻指出，銅二級冶煉之廢氣在後續降溫過程中，因廢氣中富含含銅粒子，可催化戴奧辛再合成，故戴奧辛再合成現象明顯，且其飛灰含戴奧辛濃度高。含銅污泥處理是以旋轉式乾燥爐將含銅污泥高溫加熱，煉製氧化銅及硫酸銅，製程特性類似銅二級冶煉，故亦容易排放較高濃度戴奧辛，後續應持續關注此類窯爐排放情形。
四、鄭委員福田	
1.明年請考量電弧爐管制未盡事宜。	遵照辦理。
2.煉焦爐是否為汞之大排放源請考量。	依據 Fukuda (2011)針對一貫作業鋼廠三個主要排放源：煉焦爐、燒結爐、高爐之進出料汞含量研究，燒結爐為汞之最大排放源，因此本計畫以燒結爐作為先行研究對象，詳參 4.2 節。
3.旋窯及飛灰之處理請注意其去向。	遵照辦理。本計先依據各水泥廠之廢棄物清理計畫書篩選其使用廢棄物種類、來源及後續去向，以掌握廢棄物處理情況。
4.文字修改。	謝謝委員指正，已針對報告文字不妥適之處進行修正。
五、環境檢驗所	
1.近年很多鍋爐改用燃材方式，易導致戴奧辛偏高，考慮以法規或宣導讓相關業者瞭解。	對於燃材鍋爐戴奧辛排放濃度偏高情形，已先與縣市環保局研商，建議透過環保局對業者宣導，應有較好成效。
2.P ₅₋₁₀ ，汞自動連續監測設備，粒徑小於 PM _{2.5} 的汞，應一律以 PHg _{2.5} 表示，不要有的只寫 PHg。	謝謝委員指正，已修改為以 PHg _{2.5} 表示。
3.燃材鍋爐是否也有排放汞？	目前本計畫蒐集有兩筆燃材鍋爐重金屬稽查檢測報告，其汞排放濃度均小於偵測極限，但美國研究指出，木材汞含量約為 0.1~0.4 mg/kg，依木材種類不同而有差異。相較於本計畫研究國內燃煤電廠及燃煤汽電共生鍋爐使用粉煤汞含量約為 0.02~0.12 mg/kg，木材汞含量並不低，故其燃燒後亦有排放汞之可能。
六、環保署空保處	

審查意見	答覆
1.報告中敘述排放濃度、排放比例、排放量時所代表的涵義不同，應說明清楚，避免誤導。	謝謝指正，已於報告內增加說明。
2.戴奧辛或重金屬周界濃度與國外標準比較時，宜瞭解檢測方法是否一致，及其背後意義，非皆以標準進行比較。	謝謝指正，由於各國標準檢驗方法不一，的確在標準的比較上會有誤差，已將可能造成誤解的部分刪除。
3.稽查檢測及周界監測結果宜與縣市或督察總隊進行回饋，俾利後續驗證或應用。	遵照辦理。
4.報告中宜針對排放標準的發布情形進行描述與規劃。	遵照辦理。已將今年度協助推動之煉鋼電爐粒狀物排放標準規劃與制訂過程敘述於第 7.2.1 節。本年度針對使用廢棄物之水泥窯進行戴奧辛排放檢測，發現其戴奧辛排放並未超標，但部分水泥窯添加廢棄物為原料種類多且成分複雜，可能對重金屬排放造成影響，本計畫已於後續規劃中建議可進行相關研究，尋找水泥窯之合理處理廢棄物最佳添加量，並評估是否有仿效美國訂定管制標準之必要性。
5.未來國內的重金屬汞管制方式，請瞭解是否有必要以戴奧辛管制之方式進行？	戴奧辛來源包含原料中可能含戴奧辛或其前驅物、燃燒後氣體降溫過程中再合成產生，機制複雜管制不易。而重金屬汞為物質不減，需於進料或原料中含有方會在後續廢氣中排放。其管制方式可以源頭管制優先，應可比戴奧辛有較好成效。

附錄五 水保公約節錄



附錄五 水俣公約節錄

自2001年起，汞問題成為聯合國環境規劃署(UNEP)每年理事會的重要議題；2002年12月UNEP發表了「全球汞評估報告」(Global Mercury Assessment)，指出環境中汞污染廣泛存在並已危害到人類和動物的健康(因汞具遠距離遷移性)，也指出每年人為排放量(約1,900公噸)約為自然排放量(如火山爆發等)之2倍，重要的人為排放源包括石化燃料使用、金和其他金屬採礦、鐵及非鐵金屬生產、水泥生產及廢棄物處理等。UNEP據此於2003年啟動了防止汞污染的討論會議，直到2009年2月召開的UNEP第25屆環境會議通過要制定具有法律約束力的汞公約，並決定在2010-2013年召開5次政府間談判委員會會議(Intergovernmental Negotiating Committee, INC)來完成汞公約的談判。

終於在2013年1月13日至18日的第五屆政府間談判委員會(INC5)，通過了有關限制和減少汞排放的汞公約實質內容，並將公約名定為日本提議的「水俣汞公約」(Minamata Convention on Mercury)，公約旨在使全球採取一致行動，限制甚至最終淘汰汞的開採和使用，對汞污染進行嚴格的管理和控制，降低各種來源的汞排放。水俣汞公約重要規定摘錄如下：

一、逐步淘汰多種日常生活中會用到的含汞產品，以降低汞的生產與使用：

1. 2020年前禁止生產和進出口的含汞產品有：

- (1) 電池(汞含量<2%之鈕扣電池除外)；
- (2) 開關和繼電器；
- (3) 功率≤30W且汞含量超過5mg的一般照明用緊湊型螢光燈(Compact fluorescent lamps, CFL)；
- (4) 某類型直管螢光燈(Linear fluorescent lamps, LFLs)，如
a. 功率<60W且汞含量超過5mg的普通照明用三波長螢光粉直管日光燈，及b. 功率≤40W且汞含量超過10mg的普通照明用鹵粉直管日光燈；
- (5) 一般照明用之高壓汞蒸氣燈(High pressure mercury

vapour lamps , HPMV)

- (6) 用於電子顯示用的某類型冷陰極螢光燈管 (Cold Cathode Fluorescent Lamps , CCFL) 及無極螢光燈管 (External Electrode Fluorescent Lamp EEFL) : a. 長度 ≤ 500 毫米, 汞含量超過 3.5mg、b. 長度在 500-1500 毫米之間, 汞含量超過 5mg、c. 長度 > 1500 毫米, 汞含量超過 13mg
 - (7) 化妝品(汞含量大於 1ppm), 包含皮膚美白肥皂和面霜, 但使用汞作為防腐劑的眼區化妝品除外;
 - (8) 殺蟲劑, 殺菌劑和局部抗菌劑;
 - (9) 非電子醫療設備, 如溫度計、血壓計、壓力表、濕度計、氣壓表, 除非該非電子測量裝置安裝在大型設備或用於高精度測量, 且沒有合適的無汞替代。
2. 仍有一些含水銀製品成為獲准除外產品, 包括用於軍事用途的產品、作為研究試驗用途之產品、暫無非水銀式替代產品的開關與繼電器、用在電子顯示器的冷陰極燈管及 (Cold Cathode Fluorescent Lamp, 簡稱 CCFL) 及無極螢光燈管 (External Electrode Fluorescent Lamp, 簡稱 EEFL) 及測量器具、宗教或傳統習俗活動用品、疫苗保存用水銀。
 3. 逐步減少使用牙科用汞合金, 可按以下規定採取措施限制使用
 - (1) 以齲齒預防和健康促進為目的設定國家目標, 由此減少牙齒修復的需要;
 - (2) 以減少使用牙科用汞合為目的, 設定國家目標;
 - (3) 推廣使用有效的現有牙科用無汞替代品;
 - (4) 促進無汞牙科修復材料的研究和開發;
 - (5) 鼓勵代表性的專業組織和牙科學院牙科專業人士和學生使用無汞牙科修復替代品, 推廣最佳管理實踐教育和培訓;
 - (6) 不鼓勵傾向於使用牙科用汞合金而非牙科用無汞替代填充物之保險政策、方案和指令;



(7) 鼓勵有利於使用牙科用汞合金牙齒修復替代品之保險政策和方案；

(8) 限制含汞合金用在牙科用填充劑；

(9) 推廣使用最佳環境實踐之牙科設施，以減少汞和汞化合物釋放到水和土地。

二、在產品製造和工業加工過程中逐步減少汞或汞化合物之使用

1. 2025年前逐步禁止氯鹼生產製程使用汞或汞化合物；2018年前逐步禁止乙醛生產過程使用汞或汞化合物作為催化劑。

2. 在氯乙烯，聚氨酯和甲醇鉀的生產過程中，要採取措施逐步淘汰汞之使用、減少汞的依賴，以減少環境中的汞排放，鼓勵無汞催化劑和製程方面的研究和發展。

三、努力減少汞之排放量：

由於公約認為，小型金礦和燃煤電廠是汞污染的最大來源。各國需減少小型金礦的汞使用量(減少或禁止金礦開採)，並在條約生效後三年內，減少甚至禁止這些企業在生產過程中使用汞。各國需控制各種大型燃煤電廠鍋爐、燃煤工業鍋爐、有色金屬冶煉過程與垃圾焚化爐、水泥熟料生產加工設施的汞排放。

附錄六 本計畫檢測與監測方法及品保品管規劃 說明



附錄六 本計畫檢測與監測方法及品保品管規劃說明

為符合本計畫檢測與監測需求，於計畫執行前篩選各項目適用檢驗方法如表1。為使本計畫之檢測品質達到一定水準，乃制定檢驗項目數據品保目標如表2~表6)，說明如下：

一、檢驗數據品保工作項目

(一) 空白分析：每批次之樣品(或每 10 個樣品)執行一次方法空白分析(Method blank sample)。方法空白樣品又稱試劑空白樣品(Reagent blank sample)，係指為監測整個分析過程中可能導入污染而設計之樣品，前述樣品經與待測樣品相同前處理及分析步驟，由方法空白樣品之分析結果，可判知樣品在分析過程是否遭受污染或樣品之背景值。

(二) 查核樣品分析：每批次之樣品(或每 10 個樣品)執行一次查核樣品分析，其測定值依下計算其回收率(P%)。

$$P(\%) = \frac{S}{T} \times 100\%$$

T：查核樣品標準值

S：查核樣品分析值

查核樣品(Quality check sample)係指將適當濃度之標準品(其來源與配製檢量線之標準品不同)添加於與樣品相似的基質中，所配製成的樣品，或濃度經確認之樣品。前述樣品經與待測樣品相同前處理及分析步驟，藉此可確定分析結果的可信度或品質。

(三) 重複分析：每批次之樣品(或每 10 個樣品)執行一次重複分析。同一樣品重複分析二次，得測定值 X₁、X₂，依下式計算其相對差異百分比 RPD。可視需要可將重複分析樣品依濃度劃歸為數個濃度管制範圍。

$$RPD(\%) = \frac{|X_1 - X_2|}{\frac{1}{2}(X_1 + X_2)} \times 100\%$$

表 1 本計畫採樣及分析方法概述(1/2)

檢驗項目		方法編號	方法概要
排放 檢測	戴奧辛、呋喃 及多氯聯苯 (排放管道)	NIEA A807.75C NIEA A808.74B (戴奧辛、呋喃) NIEA M803.00B (多氯聯苯)	煙道氣以等速吸引(排氣流速)方式被抽取，經採樣管，玻璃纖維濾紙及充填管柱之吸附物質進行收集。多氯戴奧辛(PCDDs)、多氯呋喃(PCDFs)及多氯聯苯(DL-PCBs)再被萃取出來，利用高解析度氣相層析儀分離，再以高解析度質譜儀分析。
	重金屬 (排放管道)	NIEA A302.73C	樣品從污染源以等速吸引方式採樣，排放之粒狀物收集在採樣管內及濾紙上，而排放之氣態部份以酸化過氧化氫溶液(分析包含汞在內之待測金屬)及酸化高錳酸鉀(只分析汞)溶液收集。收集之樣品經消化並取適當量以冷蒸氣原子吸收光譜儀(CVAAS)測定汞；以感應耦合電漿原子發射光譜儀(ICP-AES)、火焰式原子吸收光譜儀(AAS)、石墨爐式原子吸收光譜儀(GFAAS)或感應耦合電漿質譜儀(ICP-MS)測定重金屬。
	六價鉻 (排放管道)	NIEA A308.10C	利用等速吸引採集排放管道中六價鉻(Cr^{+6})，所採集的樣品以配置有管柱後反應器(Post-column reactor, PCR)和可見光檢測器的離子層析儀進行六價鉻的分析；經由管柱後反應器(Post-column reactor, PCR)中的二苯基二氮(Diphenylcarbazine)的反應，將 Cr^{+6} 以 CrO_4^{2-} 的形式分離後再以可見光檢測器，進行六價鉻的分析。
環境 監測	戴奧辛、呋喃 及多氯聯苯 (環境空氣)	NIEA A809.11B NIEA A810.13B (戴奧辛、呋喃) NIEA M803.00B (多氯聯苯)	空氣中多氯戴奧辛(PCDDs)、多氯呋喃(PCDFs)及多氯聯苯(DL-PCBs)收集於石英纖維濾紙及聚氨基甲酸酯泡綿(Polyurethane foam, PUF)中，經萃取、濃縮及淨化完全後，利用 13C-同位素標識稀釋法(Isotope Dilution Method)，經氣相層析儀/高解析質譜儀(HRGC/HRMS)分析，測定十七種含 2,3,7,8-氯化戴奧辛及呋喃同源物及十二種平面型多氯聯苯同源物之濃度並計算其總毒性當量濃度。
	重金屬 (環境空氣)	NIEA A208.12C NIEA A305.10C NIEA A306.10C	空氣中粒狀污染物以高量採樣器、PM10 採樣器，經採樣後收集於採樣濾紙上，濾紙分析前，需前處理（微波消化或熱酸萃取）將樣品溶解或消化。利用以感應耦合電漿原子發射光譜儀(ICP-AES)或感應耦合電漿質譜儀(ICP-MS)測定重金屬。
	汞 (環境空氣)	NIEA A304.10C	本方法主要係利用汞在金表面之汞齊化性質進行空氣中汞之捕集測定，方法中所使用之介質為塗覆金之玻璃珠(gold-coated glass beads)，其他具有相同效果如塗覆金之沙粒(gold-coated sand)及固態金介質(solid gold matrix)等均可使用。再使用雙金汞齊—冷蒸氣原子螢光光譜儀(cold vapor atomic fluorescence spectrometry, CVAFS)分別檢測空氣中氣狀及粒狀汞。
	六價鉻 (環境空氣)	NIEA A309.10B	以含有碳酸氫鈉之無灰纖維濾紙進行空氣中六價鉻(Cr(VI))採樣，濾紙經碳酸氫鈉萃取、離子層析管柱分離六價鉻，再和二苯基二氮脲(1,5-Diphenylcarbazine)形成錯離子，以 530 nm 波長之可見光偵測器檢驗樣品之六價鉻含量。

表 1 本計畫採樣及分析方法概述(2/2)

檢驗項目		方法編號	方法概要
燒結爐與燃煤汽電共生鍋爐汞物種流布研究	汞 (水樣)	NIEA W330.52A	水中的汞經硝酸、硫酸及高錳酸鉀及過硫酸鉀溶液氧化成為兩價汞離子後，以還原劑氯化亞錫或硫酸亞錫或氫硼化鈉還原成汞原子，經由氣體載送至吸收管，以原子吸收光譜儀在波長 253.7 nm(或其他汞之特定波長)處之最大吸光度定量之。
	汞 (固體樣品)	NIEA M318.00C	固體樣品置於可程式控制之氧氣分解爐(Oxygenated decomposition furnace)中，經乾燥及熱與化學分解，使汞從樣品中釋出，熱分解後之產物隨即被流動的氧氣流載送到含金之汞齊器(Amalgamator)，其中汞即可被選擇性地捕集。此捕集系統續經氧氣流沖洗，去除殘留氣體或分解產物後，接著快速升溫，以使汞蒸氣釋出。攜帶汞蒸氣的氧氣流最後通過單一波長原子吸收光譜儀光徑上之吸收槽，由 253.7 nm 波長之吸收值(波峰高度或面積)與汞濃度之函數關係，求得樣品中汞的濃度。
	汞物種 (排放管道)	ASTM D6784-02	煙道排氣以等速吸引的方式被抽取，粒狀排放物以濾紙收集，而氣態排放物則以一系列的吸收瓶(chilled impingers)收集，這些吸收瓶包括：三個含 KCl 溶液的吸收瓶、一個含稀硝酸/過氧化氫溶液的吸收瓶和三個含酸性高錳酸鉀溶液的吸收瓶。煙道排氣以採樣裝置收集後，採樣管沖洗液、消化濾紙溶液、含 KCl 溶液的吸收液、含硝酸/過氧化氫吸收液及酸性高錳酸鉀吸收液等五部分，分別以酸及高錳酸根在 95°C 下水浴 2 小時消化之，並以冷蒸氣原子吸收光譜法(CVAAS)分析汞。

表 2 檢驗數據之品保目標(1/2)

編號	檢驗項目		方法編號	精密度(%)	準確性(%)			完整性(%)	方法偵測極限(MDL)
				重複分析	空白分析	添加分析	查核樣品		
1	排放檢測	戴奧辛及呋喃 (排放管道)	NIEA A807.75C NIEA A808.74B	—	< 5MDL	—	70~130	95	0.001 ng TEQ/Nm ³ 及參照方法訂定之 MinDL ^{註 1}
2		多氯聯苯 (排放管道)	NIEA A807.75C NIEA M803.00B	—	—	—	50~150	95	0.00002 ng WHO-TEQ/Nm ³ 及參照方法訂定之 MinDL ^{註 1}
5		重金屬(排放管道)	NIEA A302.73C	< 20	< 2MDL	75~125	80~120	95	註 2
6		六價鉻(排放管道)	NIEA A308.10C	< 20	< 2MDL	80~120	85~115	95	9 ng/Nm ³
3	環境監測	戴奧辛及呋喃 (環境空氣)	NIEA A809.11B NIEA A810.13B	—	4 至 6 氣小於 20 pg 7 至 8 氣小於 150 pg	—	70~130	95	0.004 pg TEQ/m ³ 及參照方法訂定之 MinDL ^{註 1}
4		多氯聯苯 (環境空氣)	NIEA A809.11B NIEA M803.00B	—	—	—	50~150	95	0.0001 pg WHO-TEQ/m ³ 及參照方法訂定之 MinDL ^{註 1}
7		重金屬(環境空氣)	NIEA A208.12C NIEA A305.10C NIEA A306.10C	< 20	< 2MDL	80~120	80~120	95	註 3
8		汞 (環境空氣)	NIEA A304.10C	10(粒狀) 5(氣狀)	現場空白<2%樣品平均值 運送空白<1%樣品平均值	—	90~110(粒狀) 95~105(氣狀)	95	0.16 ng/m ³ (氣狀) 3.07 pg/m ³ (粒狀)
9		六價鉻(環境空氣)	NIEA A309.10B	< 20	< 2MDL	75~125	75~125	95	-
10	燃煤汽電 共生鍋爐 與燒結爐 汞物種流 布研究	製程水及 FGD 原 廢水等水樣中汞	NIEA W330.52A	< 20	< 2 MDL	75-125	80~120	95	0.01µg/L
11		煤、底渣、飛灰等 固體樣品中汞	NIEA M318.00C	< 20	< 2 MDL	80~120	80~120	95	0.002mg/kg
12		煙道排氣中汞物種 (Hg _p 、Hg ⁰ 及 Hg ²⁺)	ASTM D6784-02	< 20	SB(註 3)≤10%DATA 或≤10 IDL(註 5) FB(註 4)≤30%DATA	75-125	80~120	95	0.017µg/Nm ³ (註 4)

註： 1. 依方法要求戴奧辛及呋喃檢測具毒性之化合物共有 17 個，多氯聯苯檢測具毒性之化合物共有 12 個，其偵測極限各有不同，並隨樣品狀況而略有變化，故表中所列為以公告方法所估計之方法偵測極限，實際樣品偵測極限(MinDL)的計算，係程式自動擷取每一個分析時間視窗起始之背景雜訊信號值(background noise)，利用訊號與此一雜訊值之比值(即 S/N，訊號雜訊比)，即可計算每一個時間視窗中每一個待測物之偵測極限值。

2. 排放管道重金屬方法偵測極限(MDL)

元素	報告偵測極限(mg/Nm ³)，ICP/MS	元素	報告偵測極限(mg/Nm ³)，ICP/MS
鉛(Pb)	0.0010	鉍(Be)	0.00035
鎘(Cd)	0.00029	銻(Sb)	0.00034

表 2 檢驗方法及檢驗數據之品保目標(2/2)

3. 環境空氣重金屬報告偵測極限(RDL)：以採樣速率 1.13 m³/min，採樣時間 24 小時總體積 1627.2 m³，切割濾紙九分之一與消化體積 25 毫升之條件進行分析。

元素	報告偵測極限(mg/L)		報告偵測極限(ng/m ³)	
	ICPAES	ICPMS	ICPAES	ICPMS
鋁 (Al)	0.100	0.0100	13.8	1.38
砷 (As)	0.050	0.0002	6.91	0.03
鋇 (Ba)	0.020	0.0005	2.77	0.07
鈹 (Be)	0.005	0.0010	0.69	0.14
鎘 (Cd)	0.020	0.0001	2.77	0.01
鉻 (Cr)	0.020	0.0005	2.77	0.07
鈷 (Co)	0.020	0.0001	2.77	0.07
銅 (Cu)	0.020	0.0005	2.77	0.07
鐵 (Fe)	0.050	0.0050	6.91	0.69
鎂 (Mg)	0.050	0.0100	6.91	1.38
錳 (Mn)	0.010	0.0005	1.38	0.07
鎳 (Ni)	0.050	0.0005	6.91	0.07
鉛 (Pb)	0.050	0.0005	6.91	0.07
銻 (Sb)	0.100	0.0005	13.8	0.07
硒 (Se)	0.200	0.0005	27.6	0.07
鋅 (Zn)	0.020	0.0005	2.77	0.07

4. 隨採樣體積及樣品最終容積不同而略有變化。
5. 溶液空白樣品(Solution Blank, 簡稱 SB)：又稱試劑空白樣品(Reagent blank sample)，指為監測整個分析過程中可能導入污染而設計之樣品，例如：吸收液、沖洗液及空白濾紙等。前述樣品經與待測樣品相同前處理及分析步驟；由空白樣品之分析結果，可判知樣品在分析過程是否遭受污染或樣品之背景值。而 DATA 在此係指樣品的測定值(measured value)
6. 現場空白樣品(Field blank sample, 簡稱 FB)：又稱野外空白樣品，在檢驗室中將不含待測物之試劑水、溶劑或吸附劑置入與盛裝待測樣品相同之採樣容器內，將瓶蓋旋緊攜至採樣地點，在現場開封並模擬採樣過程，但不實際採樣。密封後，再與待測樣品同時攜回檢驗室，視同樣品進行檢測，由現場空白樣品之分析結果，可判知樣品在採樣過程是否遭受污染。
7. 儀器偵測極限(Instrument detection limit, 簡稱 IDL)：儀器偵測極限 (IDL) 之定義為待測物之最低量或最小濃度，足夠在儀器偵測時，產生一可與空白訊號區別之訊號者。亦即該待測物之量或濃度在 99%之可信度(Confidence level)下，可產生大於平均雜訊之標準偏差 3 倍之訊號。

表 3 戴奧辛標準品檢量校正相對感應因子品管限值

待測物	相對感應因子	
	起始檢量校正	每日(批次)檢量校正
	RSD	%差異度
2,3,7,8-TeCDD	25	25
2,3,7,8-TeCDF	25	25
1,2,3,7,8-PeCDD	25	25
1,2,3,7,8-PeCDF	25	25
2,3,4,7,8-PeCDF	25	25
1,2,3,4,7,8-HxCDD	25	25
1,2,3,6,7,8-HxCDD	25	25
1,2,3,7,8,9-HxCDD	25	25
1,2,3,4,7,8-HxCDF	25	25
1,2,3,6,7,8-HxCDF	25	25
1,2,3,7,8,9-HxCDF	25	25
2,3,4,6,7,8-HxCDF	25	25
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	25	25
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	25	25
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	25	25
OCDD	25	25
OCDF	30	30
內標準品		
¹³ C ₁₂ -2,3,7,8-TeCDD	25	25
¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8-PeCDD	30	30
¹³ C ₁₂ -1,2,3,6,7,8-HxCDD	25	25
¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	30	30
¹³ C ₁₂ -OCDD	30	30
¹³ C ₁₂ -2,3,7,8-TeCDF	30	30
¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8-PeCDF	30	30
¹³ C ₁₂ -1,2,3,6,7,8-HxCDF	30	30
¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	30	30
擬似標準品		
³⁷ Cl ₄ -2,3,7,8-TeCDD	25	25
¹³ C ₁₂ -2,3,4,7,8-PeCDF	25	25
¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,7,8-HxCDD	25	25
¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,7,8-HxCDF	25	25
¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	25	25
替代標準品		
¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8,9-HxCDF	25	25

表 4 戴奧辛內標準品回收率品管規範

化合物	回收率
內標準品 (Internal standard solution)	
¹³ C ₁₂ -2,3,7,8-TeCDD	40% ~ 130%
¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8-PeCDD	40% ~ 130%
¹³ C ₁₂ -1,2,3,6,7,8-HxCDD	40% ~ 130%
¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	25% ~ 130%
¹³ C ₁₂ -OCDD	25% ~ 130%
¹³ C ₁₂ -2,3,7,8-TeCDF	40% ~ 130%
¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8-PeCDF	40% ~ 130%
¹³ C ₁₂ -1,2,3,6,7,8-HxCDF	40% ~ 130%
¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	25% ~ 130%
擬似標準溶液 (Surrogate standard solution)	
³⁷ Cl ₄ -2,3,7,8-TeCDD	70% ~ 130%
¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,7,8-HxCDD	70% ~ 130%
¹³ C ₁₂ -2,3,4,7,8-PeCDF	70% ~ 130%
¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,7,8-HxCDF	70% ~ 130%
¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	70% ~ 130%
替代標準溶液 (Alternate standard solution)	
¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8,9-HxCDF	-

表 5 戴奧辛品保品管需求表(環境空氣)

判斷準則	要求
所有資料均需符合鑑定準則	符合方法八.(三).3 節之規範
4 至 6 氯 PCDD/Fs 內標準品回收率	40 至 130%
7 至 8 氯 PCDD/Fs 內標準品回收率	25 至 130%
DL-PCBs 內標準品回收率	25 至 150%
空白基質添加 PCDD/Fs 樣品之準確度	70 至 130%
空白基質添加 DL-PCBs 樣品之準確度	50 至 150%
擬似標準品回收率	70 至 130%
替代標準品回收率	40 至 130%
方法空白及現場空白污染	4 至 6 氯小於 20 pg 7 至 8 氯小於 150 pg
對於方法空白及野外空白之方法偵測極限	0.02 至 0.25 pg/m ³

表 6 環境空氣重金屬品質管制範圍

元素名稱	重複分析	添加分析	查核樣品
鋁(Al)	0~7.9	80.0~120	80.0~120
砷(As)	0~11.7	80.0~116	82.9~119
鋇(Ba)	0~5.1	80.0~118	85.5~115
鈹(Be)	0~9.4	85.3~112	87.9~112
鎘(Cd)	0~10.3	90.8~109	86.7~115
鉻(Cr)	0~10.4	80.0~120	87.9~112
鈷(Co)	0~20.0	80.0~120	80.0~120
銅(Cu)	0~5.0	80.1~115	85.3~119
鐵(Fe)	0~5.9	82.9~114	83.4~119
鎂(Mg)	0~9.9	80.0~120	87.7~112
錳(Mn)	0~6.9	80.0~120	87.5~114
鎳(Ni)	0~6.5	80.0~120	92.4~110
鉛(Pb)	0~8.1	80.0~120	91.0~112
銻(Sb)	0~20.0	91.4~109	89.7~113
硒(Se)	0~20.0	80.0~120	80.0~120
鋅(Zn)	0~5.7	80.0~118	85.1~113

註：依環境檢驗品質管制圖建立指引(NIEA-PA105)，以過去計畫累積至少 15 個查核樣品之測定值(或回收率)製作實驗室管制範圍(不超過方法需求)，作為本計畫查核樣品管制目標。

重複分析(Duplicate analysis)係指為確定分析結果的精密度，

以同一樣品重複分析二次。所得測定值計算其相對差異百分比。重複分析一般為同一樣品重複分析 (Sample duplicate)，但當樣品濃度為未檢出 (Non-detected, ND) 時，則必須使用添加待測物到基質中稱為一個基質添加分析 (Matrix spike/matrix spike duplicate, MS/MSD)。若因樣品量不足等原因仍無法執行時，至少應執行查核樣品之重複分析。

(四) 添加分析：每批次之樣品(或每 10 個樣品)執行一次添加分析。

添加樣品分析之百分回收率 P：

$$P = \frac{(SSR - SR)}{SA} \times 100\%$$

其中：SSR＝添加樣品中待測物之測定量

SR＝原樣品中待測物之測定量

SA＝標準品添加量

或者

$$P = \frac{M - B}{T} \times 100\%$$

其中：T＝目標值，即添加於樣品中之標準品之濃度

M＝添加樣品中待測物之測定濃度

B＝原樣品中待測物之測定濃度

添加分析(Spiked analysis)為確認樣品中有無基質干擾或所用的檢測方法是否適當，將樣品分為二部分，一部分依與待測樣品相同前處理及分析步驟直接檢測，另一部分添加適當量之待測物標準品後，再依樣品前處理、分析步驟檢測。藉此可了解檢測方法之適用性及樣品之基質干擾。

(五) 方法偵測極限(MDL)：方法偵測極限之建立原則上係參照環保署環境檢驗所頒佈之「環境檢測標準方法驗證程序準則」及檢驗室品管手冊來進行，但方法另有特別說明者，則依其規定執行之，樣品若經稀釋或濃縮，則方法偵測極限亦將隨之修正。本計畫各分析項目之方法偵測極限詳表 2。

二、數據品質要素說明

- (一) 精密度：儀器自動分析項目由儀器性能之再現性表示，其他分析項目係由檢驗室進行重覆分析之相對差異偏差為依據，主要目標在瞭解檢驗室對各分析項目之穩定性。
- (二) 準確性：儀器自動分析項目由儀器性能之指示誤差表示，其他分析項目係由檢驗室進行查核樣品分析之回收百分率表示，主要目標在瞭解檢驗室對各分析項目之正確性。
- (三) 代表性：係表示樣品特性愈接近母群體特性愈好。
- (四) 完整性：係評估所得有效數據與預期所得數據之百分比。
- (五) 比較性：係評估不同分析方法或不同實驗室間所得數據的一致性。

附錄七 歷年戴奧辛空氣品質監測結果與國外監 測資料蒐集



附錄七 歷年戴奧辛空氣品質監測結果與國外監測資料蒐集

一、我國歷年監測結果彙整

(一) 91 年~92 年

國內戴奧辛環境空氣監測始於環檢所於 91、92 年度，針對台灣地區進行環境空氣戴奧辛監測調查，監測平均濃度為 0.089 pg I-TEQ/m³。略高於當時日本 2003 年調查結果(188 個測站，663 個樣品平均濃度 0.078(0.0076~0.72) pg WHO₉₈- TEQ/m³)。監測結果(表 1)以中部地區濃度 0.169 pg I-TEQ/m³ 最高，南部地區 0.094 pg I-TEQ/Nm³ 次之；另外國家公園測站平均濃度為 0.019 pg I-TEQ/m³，工業區附近測站戴奧辛平均濃度為 0.095pg I-TEQ/m³。

環境空氣戴奧辛濃度呈現季節變化，南部地區戴奧辛濃度以春季、冬季濃度較高，夏季戴奧辛濃度較低；而北部及中部地區，戴奧辛濃度季節變化並不明顯。依據環檢所調查結果所進行戴奧辛指紋分析結果發現，環境空氣戴奧辛以 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD、OCDD、1,2,3,4,6,7,8-HpCDF 及 OCDF 四種物種所佔比例最高(圖 1)，且不管北、中、南及東部地區都呈現相同趨勢。

表 1 91、92 年台灣地區環境空氣戴奧辛調查結果

調查區域	站名	樣品數		平均值 (pg I-TEQ/m ³)	總平均值 (pg I-TEQ/m ³)		
北部區域	新北市三重明志國中	8	32	0.070	0.045	0.089	
	新北市新店大豐國小	16		0.032			
	台北市中山國小	8		0.044			
中部區域	台中市豐原地政事務所	8	40	0.129	0.169		
	台中市啟聰學校	16		0.165			
	台中市忠明國小	8		0.207			
	台中市大里區公所	8		0.177			
南部區域	高雄市曹公國小	8	32	0.09	0.094		
	高雄市橋頭鄉公所	16		0.104			
	高雄市七賢國中	8		0.078			
東部區域	花蓮縣環保局	16	32	0.03	0.032		
	花蓮縣中正國小	8		0.031			
	花蓮縣光華國小	8		0.039			
國家公園測站		8		0.019			
工業區測站		16		0.095			

資料來源：行政院環境保護署環境檢驗所。

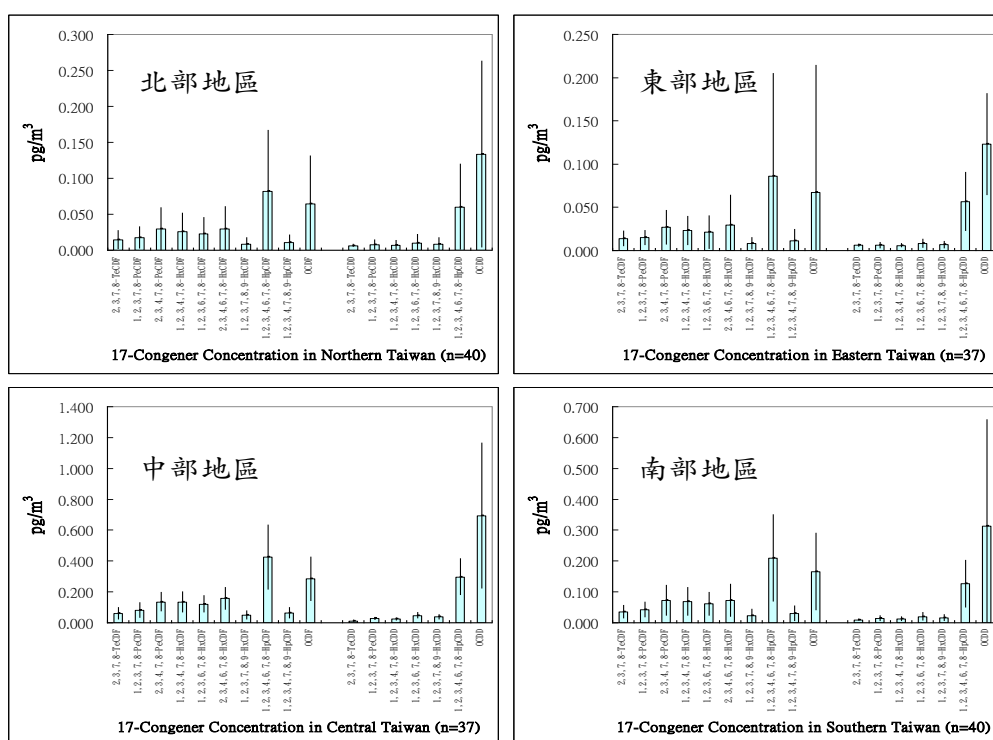


圖 1 91、92 年台灣地區環境空氣戴奧辛指紋分析

(二) 95 年度

為瞭解國內環境空氣戴奧辛現況，環保署空保處自 95 年度起開始執行戴奧辛環境空氣監測，95 年度完成全國 62 站各兩次環境空氣戴奧辛監測工作，監測站包括：一般空品站、移動源測站、背景站、國家公園測站及畜牧業、農業集中區敏感測站，兩季平均濃度分別為 0.032 及 0.041 pg I-TEQ/m³，監測結果如表 2，環境空氣監測值遠低於日本環境空氣戴奧辛標準 (0.6 pg WHO₉₈-TEQ/m³，含 PCB，我國監測僅含戴奧辛與呔喃)，也較環檢所於 91 年、92 年監測結果大幅下降。

(三) 96 年度

96 年度監測計畫改為一縣市、一測站進行 4 次(4 季)較為完整監測，並於北、中、南各擇一站進行逐月之監測。監測結果濃度範圍 0.003~ 0.210 pg I-TEQ/m³(0.003~ 0.217 pg WHO_{98DF}-TEQ/m³，詳表 3)，遠低於日本環境空氣戴奧辛標準 (0.6 pg WHO₉₈-TEQ/m³)。

表 2 95 年度環境空氣戴奧辛監測結果

測站類型	監測數	95 年 8~10 月監測值 (pg I-TEQ/m ³)			95 年 12 月~96 年 1 月監測值 (pg I-TEQ/m ³)		
		平均值	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值
一般測站	50	0.032	0.005	0.131	0.039	0.007	0.133
工業測站	2	0.031	0.026	0.035	0.034	0.022	0.046
交通測站	1	0.007	0.007	0.007	0.017	0.017	0.017
國家公園測站	2	0.007	0.002	0.012	0.018	0.008	0.027
背景測站	1	0.010	0.010	0.010	0.001	0.001	0.001
農業畜牧區	6	0.041	0.018	0.073	0.078	0.021	0.148
總計	62	0.032	0.002	0.131	0.041	0.001	0.148

資料來源：環保署，固定污染源毒性空氣污染物(戴奧辛及重金屬)管制規範研擬、控制技術評估及排放清冊調查計畫，民國 95 年

(四) 97 年度

97 年監測方式仍為 4 季監測，97 年 4 月監測平均濃度範圍 0.006~0.076 (平均 0.034) pg I-TEQ/m³ (0.006 ~ 0.081 (平均 0.036) pg WHO_{98DF}-TEQ/m³)，97 年 8 月平均濃度範圍 0.007~0.115(平均 0.036)pg I-TEQ/m³ (0.008 ~ 0.115 (平均 0.038) pg WHO_{98DF}-TEQ/m³)，97 年 11 月監測濃度範圍 0.004~0.079(平均 0.032)pg I-TEQ/m³ (0.005~0.073(平均 0.033)pg WHO_{98DF}-TEQ/m³)，98 年 1 月監測濃度範圍 0.005 ~ 0.135 (平均 0.054) pg I-TEQ/m³ (0.005 ~ 0.144 (平均 0.057) pg WHO_{98DF}-TEQ/m³)，詳表 4。

(五) 98 年度

98 年度監測除一般空品站外，納入交通測站及重大污染源附近為對象，篩選 34 個監測點，監測頻率為每季監測一次且首次將 dioxin-like PCB 納入分析。四季監測結果介於 0.005~ 0.584 pg I-TEQ/m³，(0.006~ 0.547 pg WHO₂₀₀₅-TEQ/m³)，詳表 5。濃度高低受季節變化影響甚大，其中重大污染源附近彰化縣全興工業區測站於 99 年 1 月及 5 月分別出現 0.324 及 0.584 pg I-TEQ/m³ (0.311 及 0.547 pg WHO₂₀₀₅-TEQ/m³)高濃度值。

表 3 96 年度環境空氣戴奧辛監測結果

單位：pg I-TEQ/m³

序號	環保署監 測站代號	縣市別	測站名稱	96 年									97 年		
				4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
1	1	基隆市	基隆站(基隆女中)	-	0.029	-	-	0.010	-	-	0.012	-	0.023	-	-
2	2	新北市	汐止站(秀峰高中)	-	0.029	-	-	0.008	-	-	0.003	-	0.012	-	-
3	15	台北市	松山站(松山國小)	0.023	0.030	0.042	0.031	0.008	0.011	0.011	0.013	0.064	0.013	0.020	0.017
4	17	桃園縣	桃園站(桃園農工)	-	0.101	-	-	0.021	-	-	0.019	-	0.056	-	-
5	22	新竹縣	湖口站(信勢國小)	-	0.037	-	-	0.091	-	-	0.039	-	0.035	-	-
6	24	新竹市	新竹站(東門國小)	-	0.029	-	-	0.025	-	-	0.042	-	0.144	-	-
7	26	苗栗縣	苗栗站(苗栗縣議會)	-	0.026	-	-	0.013	-	-	0.061	-	0.141	-	-
8	30	台中市	大里站(大里區公所)	0.087	0.038	0.037	0.067	0.065	0.047	0.045	0.116	0.183	0.210	0.042	0.117
9	32	台中市	忠明站(忠明國小)	-	0.035	-	-	0.032	-	-	0.181	-	0.173	-	-
10	36	南投縣	南投站(康壽國小)	-	0.047	-	-	0.045	-	-	0.086	-	0.071	-	-
11	34	彰化縣	彰化站(中孝國小)	-	0.040	-	-	0.052	-	-	0.157	-	0.183	-	-
12	38	雲林縣	崙背站(崙背國中)	-	0.030	-	-	0.017	-	-	0.126	-	0.185	-	-
13	39	嘉義縣	新港站(新港國小)	-	0.068	-	-	0.015	-	-	0.092	-	0.200	-	-
14	42	嘉義市	嘉義站(興嘉國小)	-	0.038	-	-	0.015	-	-	0.095	-	0.120	-	-
15	43	台南市	新營站(新營國小)	-	0.037	-	-	0.011	-	-	0.109	-	0.108	-	-
16	46	台南市	台南站(中山國中)	-	0.037	-	-	0.023	-	-	0.074	-	0.096	-	-
17	49	高雄市	仁武站(八卦國小)	-	0.043	-	-	0.022	-	-	0.081	-	0.081	-	-
18	53	高雄市	楠梓站(楠梓國小)	0.062	0.036	0.027	0.043	0.022	0.040	0.084	0.081	0.106	0.089	0.065	0.048
19	59	屏東縣	屏東站(中正國小)	-	0.030	-	-	0.016	-	-	0.049	-	0.044	-	-
20	66	宜蘭縣	冬山站(冬山鄉托兒所)	-	0.074	-	-	0.028	-	-	0.010	-	0.012	-	-
21	63	花蓮縣	花蓮站(中正國小)	-	0.023	-	-	0.012	-	-	0.022	-	0.017	-	-
22	62	台東縣	台東站(台東縣政府)	-	0.017	-	-	0.009	-	-	0.016	-	0.012	-	-
平均值				0.057	0.040	0.035	0.047	0.025	0.033	0.047	0.067	0.118	0.092	0.042	0.061
最小值				0.023	0.017	0.027	0.031	0.008	0.011	0.011	0.003	0.064	0.012	0.020	0.017
最大值				0.087	0.101	0.042	0.067	0.091	0.047	0.084	0.181	0.183	0.210	0.065	0.117

資料來源：環保署，固定污染源毒性空氣污染物(戴奧辛及重金屬)排放清冊調查及管制計畫，民國 96 年

表 4 97 年度環境空氣戴奧辛監測結果

單位：pg I-TEQ/m³

序號	環保署監測站代號	縣市別	測站名稱	97 年			98 年
				5 月	8 月	11 月	1 月
1	1	基隆市	基隆站(基隆女中)	0.014	0.014	0.004	0.005
2	2	新北市	汐止站(秀峰高中)	0.031	0.026	0.013	0.006
3	15	台北市	松山站(松山國小)	0.016	0.012	0.010	0.009
4	17	桃園縣	桃園站(桃園農工)	0.076	0.052	0.014	0.013
5	22	新竹縣	湖口站(信勢國小)	0.043	0.030	0.032	0.018
6	24	新竹市	新竹站(東門國小)	0.021	0.027	0.021	0.013
7	26	苗栗縣	苗栗站(苗栗縣議會)	0.044	0.024	0.028	0.017
8	30	台中市	大里站(大里區公所)	0.038	0.115	0.079	0.112
9	32	台中市	忠明站(忠明國小)	0.022	0.060	0.040	0.056
10	36	南投縣	南投站(康壽國小)	0.031	0.081	0.039	0.097
11	34	彰化縣	彰化站(中孝國小)	0.039	0.060	0.038	0.090
12	38	雲林縣	崙背站(崙背國中)	0.037	0.059	0.029	0.069
13	39	嘉義縣	新港站(新港國小)	0.055	0.026	0.035	0.134
14	42	嘉義市	嘉義站(興嘉國小)	0.048	0.051	0.057	0.135
15	43	台南市	新營站(新營國小)	0.035	0.021	0.041	0.089
16	46	台南市	台南站(中山國中)	0.037	0.031	0.041	0.090
17	49	高雄市	仁武站(八卦國小)	0.046	0.021	0.069	0.063
18	53	高雄市	楠梓站(楠梓國小)	0.036	0.024	0.061	0.075
19	59	屏東縣	屏東站(中正國小)	0.038	0.033	0.011	0.061
20	66	宜蘭縣	冬山站(冬山鄉托兒所)	0.022	0.015	0.006	0.009
21	63	花蓮縣	花蓮站(中正國小)	0.012	0.012	0.017	0.013
22	62	台東縣	台東站(台東縣政府)	0.006	0.007	0.017	0.010
平均值				0.034	0.036	0.032	0.054
最小值				0.006	0.007	0.004	0.005
最大值				0.076	0.115	0.079	0.135

資料來源：環保署，固定污染源毒性空氣污染物(戴奧辛及重金屬)排放調查及管制計畫，民國 97 年



表 5 98 年環境空氣戴奧辛監測結果

單位：pg I-TEQ/m³

序號	環保署 測站編號	測站名稱	98 年	99 年		
			11 月	1 月	5 月	7 月
1	1	基隆站(基隆女中)	0.020	0.072	0.011	0.010
2	2	汐止站(秀峰高中)	0.027	0.055	0.016	0.016
3	67	三重站交通測站	0.024	0.045	0.029	0.017
4	15	松山站(松山國小)	0.031	0.053	0.027	0.018
5	17	桃園站(桃園農工)	0.045	0.043	0.033	0.057
6	68	中壢站(中壢國小)	0.042	0.068	0.084	0.054
7	H1	中山站(中山國小)	0.049	0.149	0.037	0.057
8	H2	八德站(八德國小)	0.058	0.051	0.066	0.045
9	22	湖口站(信勢國小)	0.052	0.084	0.047	0.047
10	24	新竹站(東門國小)	0.046	0.042	0.040	0.007
11	26	苗栗站(苗栗縣議會)	0.047	0.056	0.039	0.005
12	30	大里站(大里區公所)	0.028	0.098	0.102	0.034
13	L1	月眉站(月眉國小)	0.033	0.037	0.055	0.013
14	X7	后里站(后里鄉公所)	0.067	0.042	0.056	0.010
15	31	忠明站(忠明國小)	0.042	0.093	0.035	0.026
16	36	南投站(康壽國小)	0.037	0.072	0.041	0.010
17	33	彰化站(忠孝國小)	0.029	0.166	0.070	0.011
18	N3	全興站(全興工業區服務中心)	0.050	0.324	0.584	0.281
19	38	崙背站(崙背國中)	0.038	0.238	0.073	0.007
20	39	新港站(新港國小)	0.054	0.104	0.064	0.029
21	42	嘉義站(興嘉國小)	0.056	0.105	0.207	0.045
22	43	新營站(新營國小)	0.059	0.090	0.047	0.025
23	46	台南站(中山國中)	0.087	0.075	0.049	0.025
27	E2	中油大林埔油庫	0.044	0.108	0.073	0.019
28	E3	勞工局職訓中心	0.093	0.190	0.096	0.040
29	53	楠梓站(楠梓國小)	0.074	0.108	0.053	0.021
30	71	復興站(復興國小)	0.046	0.063	0.054	0.017
31	59	屏東站(中正國小)	0.043	0.080	0.063	0.015
32	66	冬山站(冬山鄉立托兒所)	0.037	0.043	0.033	0.028
33	63	花蓮站(中正國小)	0.026	0.024	0.027	0.007
34	62	台東站(台東縣政府)	0.011	0.050	0.018	0.013
所有測站平均值			0.045	0.092	0.071	0.033
所有測站最大值			0.093	0.324	0.584	0.281
所有測站最小值			0.011	0.024	0.011	0.005

資料來源：環保署，固定污染源戴奧辛及重金屬排放調查與健康風險評估計畫，民國 98 年

(六) 99 年度

99 年度監測，以 30 個一般空品站及北中南排放源集中區附近為對象，監測頻率為每季一次(於 99 年 11 月、100 年 2、5、8、10 月各監測 1 次，共計 150 站次) 並將 dioxin-like PCB 納入分析；四季監測結果為 0.007~0.232 pg I-TEQ/m³，戴奧辛類(含戴奧辛與呋喃、dioxin-like PCB)監測濃度為 0.006~0.223 pg WHO₂₀₀₅-TEQ/m³(表 6)。一般空品站在雲嘉南空品區檢測濃度有逐步升高之趨勢，在污染源集中區環境監測數據顯示，高雄市臨海工業區濃度已逐步趨向穩定，但在彰化縣全興工業區濃度有偏高現象。

表 6 99 年度環境空氣戴奧辛監測結果

單位：pg I-TEQ/m³

序號	環保署 測站編號	採樣地點	99 年	100 年				
			11 月	2 月	5 月	8 月	10 月	
1	1	基隆站(基隆女中) 萬里站	0.031	0.027	0.013	0.009	0.012	
2	2	汐止站(秀峰高中)	0.031	0.038	0.024	0.020	0.011	
3	15	松山站(松山國小)	0.025	0.043	0.021	0.012	0.007	
4	17	桃園站(桃園農工)	0.031	0.051	0.054	0.172	0.022	
5	22	湖口站(信勢國小)	0.066	0.050	0.026	0.040	0.010	
6	24	新竹站(東門國小)	0.018	0.069	0.013	0.042	0.022	
7	26	苗栗站(苗栗縣議會)	0.013	0.038	0.013	0.011	0.013	
8	30	大里站(大里區公所)	0.046	0.131	0.039	0.009	0.030	
9	31	忠明站(忠明國小) 西屯站	0.040	0.083	0.019	0.016	0.026	
10	36	南投站(康壽國小)	0.033	0.075	0.017	0.009	0.027	
11	33	彰化站(忠孝國小)	0.038	0.232	0.061	0.015	0.011	
12	38	崙背站(崙背國中)	0.043	0.083	0.015	0.024	0.031	
13	39	新港站(新港國小)	0.164	0.135	0.032	0.028	0.048	
14	42	嘉義站(興嘉國小)	0.080	0.097	0.028	0.033	0.051	
15	43	新營站(新營國小)	0.059	0.071	0.024	0.041	0.031	
16	46	台南站(中山國中)	0.063	0.073	0.022	0.033	0.051	
17	49	仁武站(八卦國小)	0.070	0.134	0.038	0.027	0.030	
18	53	楠梓站(楠梓國小)	0.069	0.095	0.020	0.033	0.031	
19	59	屏東站(中正國小)	0.077	0.069	0.032	0.038	0.021	
20	66	冬山站(冬山鄉立托兒所) 宜蘭站	0.027	0.027	0.027	0.014	0.017	
21	63	花蓮站(中正國小)	0.017	0.039	0.017	0.009	0.007	
22	62	台東站(台東縣政府)	0.011	0.034	0.013	0.010	0.013	
23	H1	中山站(中山國小)	0.031	0.058	0.048	0.038	0.020	
24	H2	八德站(八德國小)	0.052	0.072	0.069	0.039	0.027	
25	L1	月眉站(月眉國小)	0.026	0.105	0.044	0.018	0.020	
26	L2	內埔站(內埔國小)	0.041	0.094	0.041	0.094	0.036	
27	N3	全興站(全興工業區服務中心)	0.048	0.081	0.082	0.221	0.055	
28	E1	餐旅國中	0.077	0.093	0.022	0.037	0.032	
29	E2	中油大林埔油庫	0.078	0.093	0.046	0.034	0.039	
30	E3	勞工局職訓中心	0.100	0.200	0.064	0.031	0.052	
所有測站平均值			0.050	0.083	0.033	0.038	0.027	
所有測站最大值			0.164	0.232	0.082	0.221	0.055	
所有測站最小值			0.011	0.027	0.013	0.009	0.007	

註：100 年 8 月後基隆站(基隆女中)移至萬里站(綜合商場)；忠明站(忠明國小)改為西屯站(台中啟聰學校)；冬山站(冬山鄉立托兒所)改為宜蘭站(宜蘭國小)
資料來源：環保署，固定污染源戴奧辛、多環芳香烴(PAHs)及重金屬排放調查與管制計畫，100 年

(七) 101 年度

101 年度監測，除 99 年度之 30 個測站/測點外，增加 4 個排放源集中區測點，監測頻率為每季一次(於 101 年 2、5、8、10 月各監測 1 次，共計 136 站次)，四季監測結果為 0.003~ 0.522 pg I-TEQ/m³，戴奧辛類(含戴奧辛與呋喃、dioxin-like PCB)監測濃度為 0.003~ 0.555 pg WHO₂₀₀₅- TEQ/m³(表 7)。一般測站監測結果略低於 99 年及 100 年，與 98 年較為相近。污染源集中區監測結果顯示，全興測點仍有較高情形，新增之水美測點、鋼聯測點監測值較過去之污染源集中區測點測值均高，顯示附近排放源密集。

表 7 101 年度環境空氣戴奧辛監測結果

單位：pg I-TEQ/m³

序號	環保署 測站編號	採樣地點	101 年			
			2 月	5 月	8 月	10 月
1	2	汐止站(樟樹國小)	0.013	0.011	0.007	0.011
2	3	萬里站(綜合商場)	0.012	0.005	0.027	0.011
3	15	松山站(松山國小)	0.024	0.006	0.006	0.007
4	17	桃園站(桃園農工)	0.034	0.032	0.019	0.018
5	H1	中山測點(中山國小)	0.045	0.027	0.022	0.020
6	H2	八德測點(八德國小)	0.045	0.013	0.025	0.015
7	H3	水美測點(水美焚化廠)	0.272	0.462	0.451	0.522
8	22	湖口站(信勢國小)	0.029	0.024	0.025	0.028
9	24	新竹站(東門國小)	0.033	0.025	0.015	0.025
10	26	苗栗站(苗栗縣議會)	0.039	0.014	0.022	0.016
11	30	大里站(大里市公所)	0.113	0.039	0.019	0.028
12	L1	月眉測點(月眉國小)	0.031	0.040	0.019	0.026
13	L2	內埔測點(內埔國小)	0.026	0.020	0.032	0.012
14	32	西屯站(台中啟聰學校)	0.091	0.024	0.034	0.015
15	36	南投站(康壽國小)	0.061	0.015	0.008	0.026
16	33	彰化站(延平活動中心)	0.132	0.022	0.033	0.021
17	N1	全興測點(全興工業區服務中心)	0.083	0.167	0.223	0.029
18	N2	鋼聯測點(台灣鋼聯)	0.064	0.084	0.192	0.063
19	38	崙背站(崙背國中)	0.048	0.015	0.014	0.046
20	39	新港站(新港國小)	0.086	0.020	0.054	0.034
21	42	嘉義站(興嘉國小)	0.085	0.009	0.036	0.062
22	43	新營站(新營國小)	0.079	0.008	0.021	0.028
23	46	台南站(中山國中)	0.089	0.015	0.039	0.027
24	49	仁武站(八卦國小)	0.050	0.044	0.040	0.020
25	53	楠梓站(楠梓國小)	0.040	0.035	0.026	0.066
26	E1	餐旅測點(餐旅國中)	0.042	0.032	0.026	0.027
27	E2	大林埔測點(中油大林埔油庫)	0.048	0.024	0.028	0.056
28	E3	職訓中心測點(高雄勞工局職訓中心)	0.093	0.067	0.035	0.071
29	E4	中鋼測點(中鋼公司)	0.059	0.057	0.023	0.040
30	59	屏東站(中正國小)	0.029	0.016	0.022	0.036
31	65	宜蘭站(復興國中)	0.012	0.007	0.019	0.010
32	63	花蓮站(中正國小)	0.010	0.003	0.012	0.007
33	U1	和平測點(和平工業區服務中心)	0.007	0.005	0.055	0.021
34	62	台東站(台東縣政府)	0.008	0.006	0.012	0.007
所有測站平均值			0.057	0.041	0.048	0.043
所有測站最大值			0.272	0.462	0.451	0.522
所有測站最小值			0.007	0.003	0.006	0.007

資料來源：環保署，固定污染源戴奧辛及重金屬排放區域總量管理計畫，102 年

二、其他國家監測結果蒐集

(一) 美國

美國 EPA 自 1998 年 6 月執行全國戴奧辛環境監測網 (National Dioxin Air Monitoring Network, NDAMN) 計畫，該計畫在全國設置 34 個環境監測站(含 Alaska 等)，分布如圖 2，每一測站一年採樣四次，測站選取原則為：

1. 需能提供不同區域環境背景戴奧辛濃度；
2. 建立農業區(畜牧區、穀類生長區)之戴奧辛背景濃度；
3. 提供空氣污染擴散模擬長程傳輸沈降評估數據；
4. 調查長程傳輸戴奧辛邊界濃度。

該計畫執行至 2005 年 2 月止，相關儀器設施轉由州政府繼續使用。34 個監測站係逐步建立，第一年(1998.06-1999.06)共完成 9 個測站，均位於偏遠地區，監測結果如圖 3，平均濃度為 $0.012 \text{ pg WHO}_{\text{DF}}\text{-TEQ}/\text{m}^3$ 。後續之 2002 年至 2003 年監測數據顯示，美國 34 環境空氣戴奧辛監測站平均濃度為 $0.023 \text{ pg WHO}_{\text{DF}}\text{-TEQ}/\text{m}^3$ 。

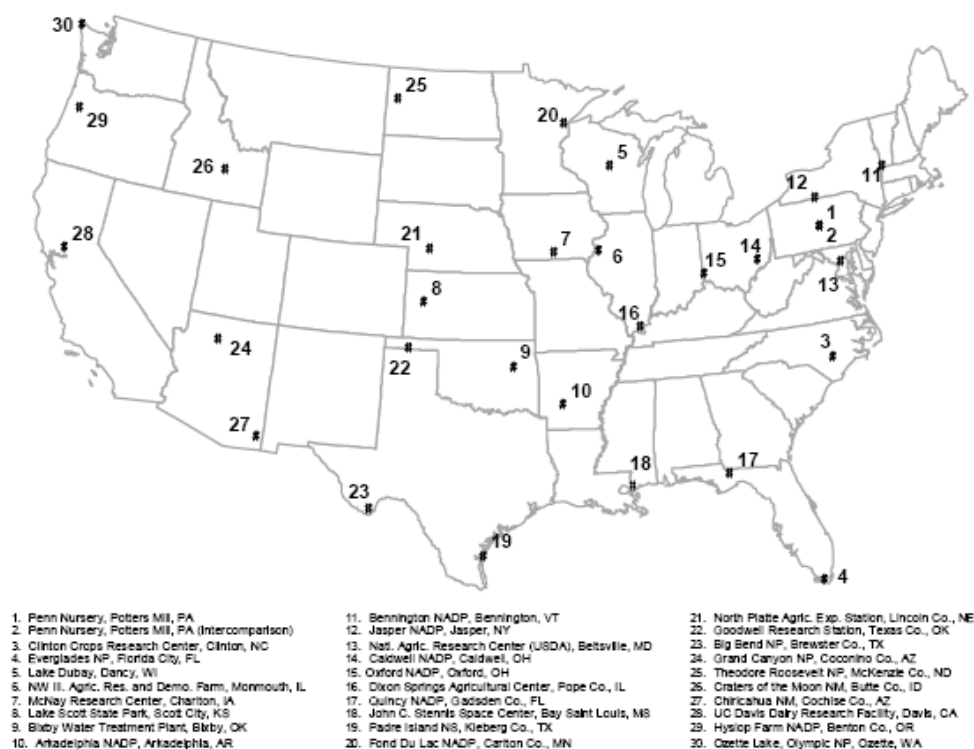


圖 2 美國 EPA 環境空氣戴奧辛監測網分布圖

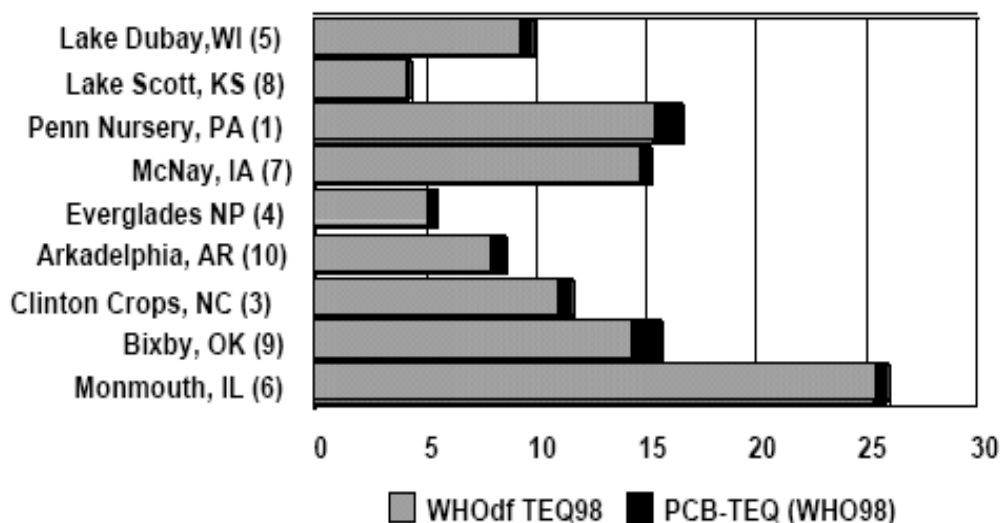


圖 3 美國 EPA 環境空氣戴奧辛濃度分布圖

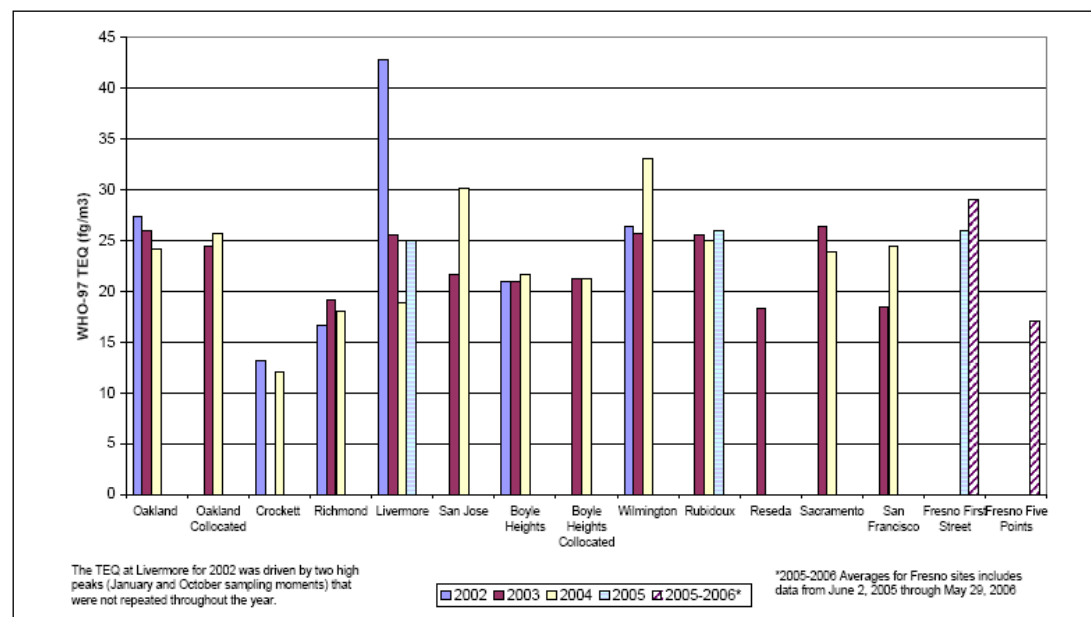
監測期間：1998.06-1999.06

除美國 EPA 執行環境監測計畫外，美國加州州政府環保局為了解環境背景值及提供風險管理策略之參考，於境內設置 10 個環境戴奧辛監測站，從 2001 年 12 月正式啟動，測站選定原則如下：

1. 主要污染源附近(proximity to suspected dioxin sources)
2. 其他相關有毒物質監測濃度有增加地區
3. 環境特別敏感區及現有監測站址

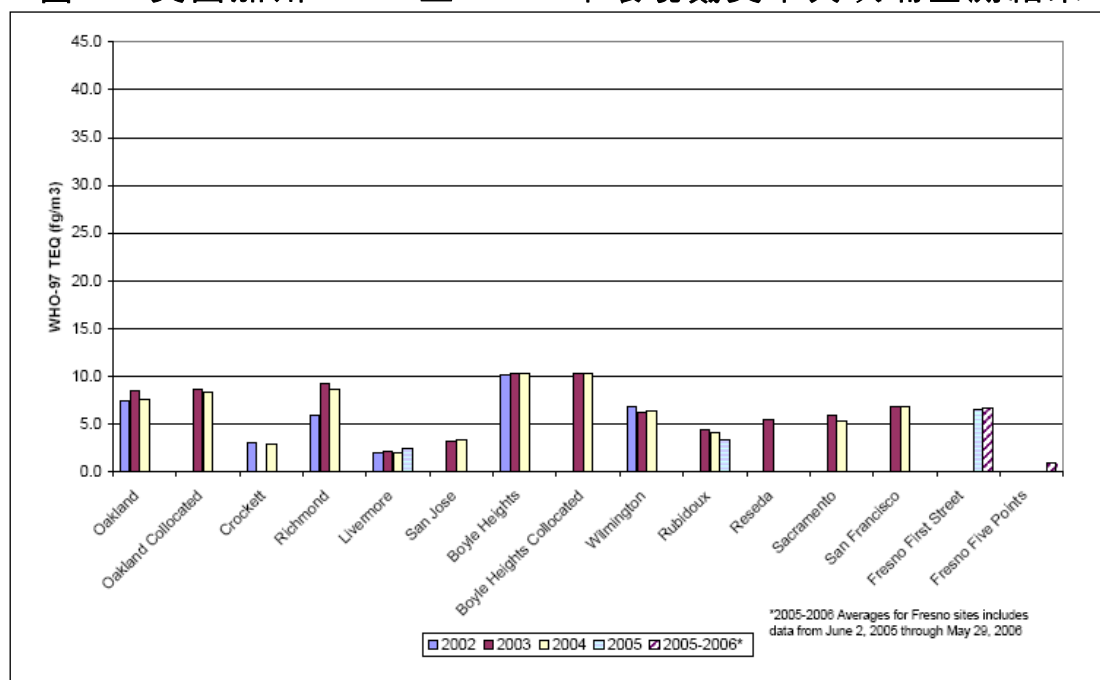
監測工作分兩階段，第一階段為 2002 至 2004 年，第二階段為 2005 至 2006 年，戴奧辛及呋喃監測結果如圖 4，濃度約介於 0.012-0.043 pg WHO_{98DF}-TEQ/m³ 之間；Dioxin-Like PCB 監測結果如圖 5，濃度約介於 0.001-0.01 pg WHO₉₈-TEQ/m³ 之間，Dioxin-Like PCB 毒性當量濃度約為戴奧辛類(含戴奧辛、呋喃及 Dioxin-Like PCB)毒性當量濃度之 20%。季節性變化如圖 6 至圖 7 所示，環境空氣戴奧辛與呋喃濃度於秋冬季濃度較高，而於夏季濃度較低，濃度受季節性影響十分明顯。但 dioxin-like PCB 濃度月變化不大，呈現夏季略高，冬季略低的情形，與戴奧辛與呋喃趨勢不同。

該計畫未持續執行，目前尚無新的監測結果可供分析。



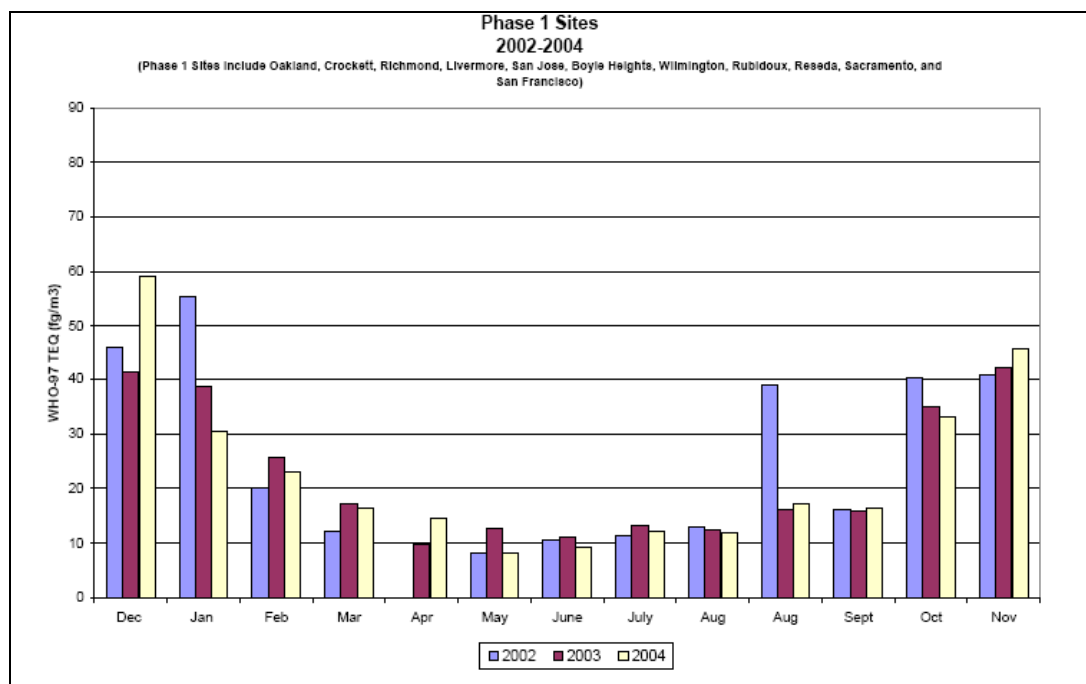
- 註：
1. 圖中之 WHO-97 TEQ 即為一般所稱之 WHO98-TEQ，僅包含 PCDD 及 PCDF
 2. $\text{fg/m}^3 = 10^{-3} \text{pg/m}^3$
 3. 資料來源：California ambient dioxin air monitoring program(<http://www.arb.ca.gov/aaqm/qmosopas/dioxins/dioxins.htm>)

圖 4 美國加州 2002 至 2006 年環境戴奧辛與呋喃監測結果



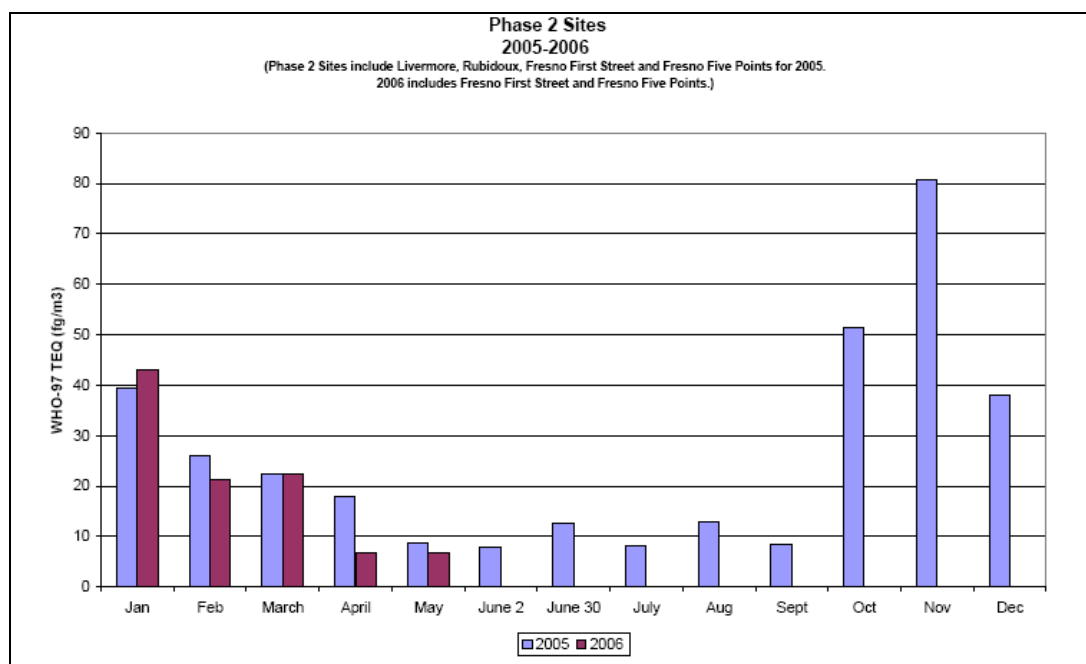
- 註：
1. 圖中之 WHO-97 TEQ 即為一般所稱之 WHO98-TEQ，僅包含 dioxin-like PCB
 2. $\text{fg/m}^3 = 10^{-3} \text{pg/m}^3$
 3. 資料來源：California ambient dioxin air monitoring program(<http://www.arb.ca.gov/aaqm/qmosopas/dioxins/dioxins.htm>)

圖 5 美國加州 2002 至 2006 年環境 PCB 監測結果



(1)2002 至 2004 年

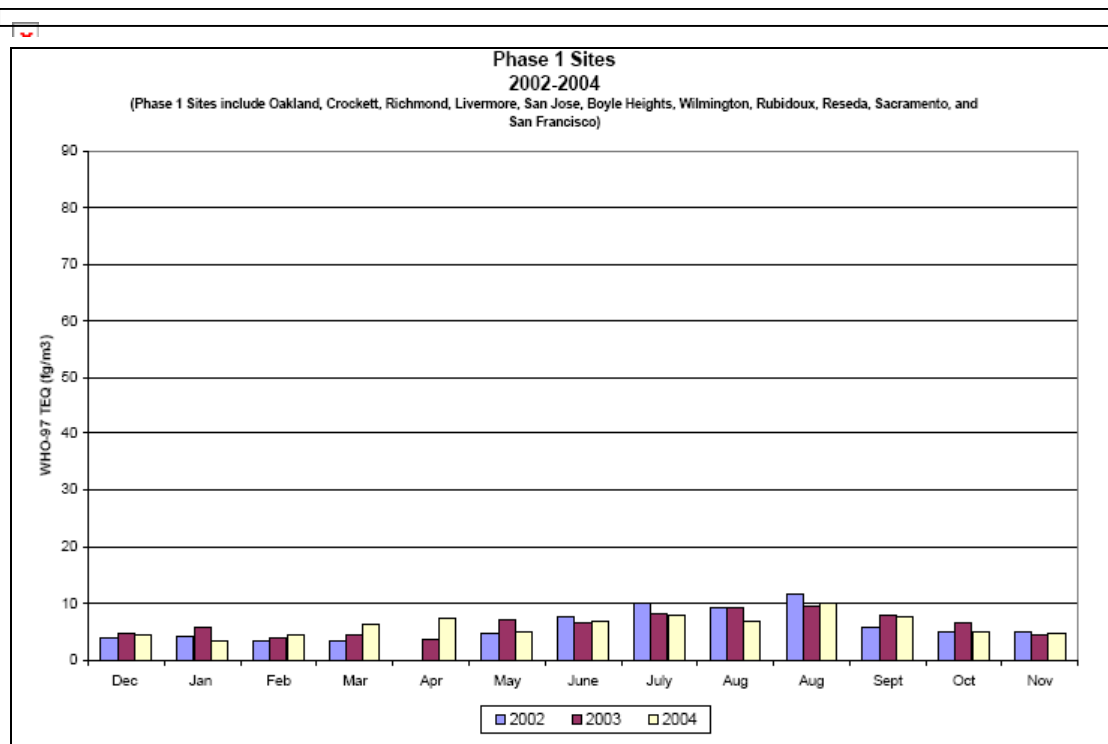
圖 6 美國加州環境戴奧辛與呋喃濃度月變化圖(1/2)



(2)2005 至 2006 年

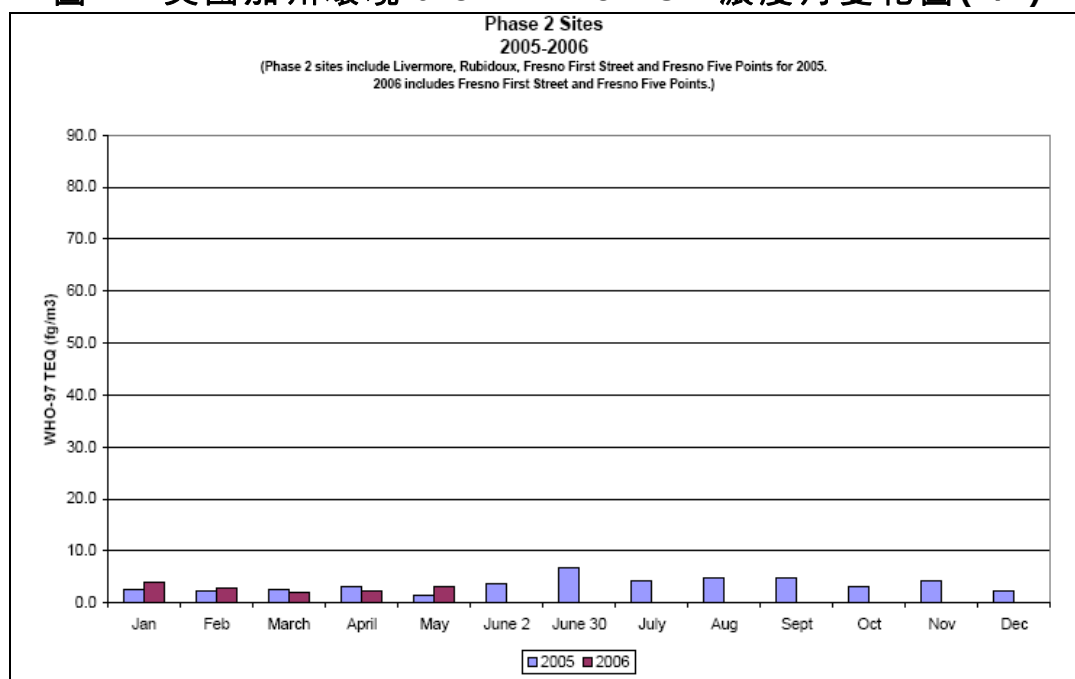
- 註：
1. 圖中之 WHO-97 TEQ 即為一般所稱之 WHO98-TEQ，僅包含 PCDD 及 PCDF
 2. $\text{fg}/\text{m}^3 = 10^{-3} \text{pg}/\text{m}^3$
 3. 資料來源：California ambient dioxin air monitoring program(<http://www.arb.ca.gov/aaqm/qmosopas/dioxins/dioxins.htm>)

圖 6 美國加州環境戴奧辛與呋喃濃度月變化圖(2/2)



(1)2002 至 2004 年

圖 7 美國加州環境 dioxin-like PCB 濃度月變化圖(1/2)



(2)2005 至 2006 年

- 註：
1. 圖中之 WHO-97 TEQ 即為一般所稱之 WHO98-TEQ，僅包含 PCB
 2. $\text{fg}/\text{m}^3 = 10^{-3} \text{pg}/\text{m}^3$
 3. 資料來源：California ambient dioxin air monitoring program(<http://www.arb.ca.gov/aaqm/qmosopas/dioxins/dioxins.htm>)

圖 7 美國加州環境 dioxin-like PCB 濃度月變化圖(2/2)

(二) 日本

日本自平成 2 年度(1990 年)起執行環境大氣戴奧辛濃度監測，初期每兩年監測一次。平成 9 年(1997 年)修訂大氣污染防治法施行令，將戴奧辛列為指定物質，規定廢棄物焚化爐等污染源需採行排放控制措施，各地方政府需於該年 12 月起進行大氣中戴奧辛監測。環境廳(2001 年改為環境省)為掌握全國戴奧辛現況，遂於平成 10 年度(1998 年)進行大規模監測，包含大氣、水質、土壤、底泥等環境介質，對 387 地點、分四季監測大氣戴奧辛濃度，監測站分為工業區附近住宅區、大都市地區、中小型都市地區等三種，道路旁及其附近地區測值之平均值明顯高於其他地區，但因僅有 3 個樣品，且濃度範圍變動大，尚無法對交通源的貢獻下結論。與當時之戴奧辛大氣環境指針值(0.8 pg I-TEQ/m^3)比較，387 個監測點中共有 5 個地點(重大污染源周邊 2 個、大都市地區 2 個及中小型都市地區 1 個)超出此指針值。其後逐年監測，至平成 12 年度(2000 年)起，日本環境廳(2001 年改為環境省)每年均彙集各地方政府之戴奧辛環境調查結果並公告，其中大氣戴奧辛濃度監測結果如表 8，監測濃度逐年下降。

日本歷年環境測點中，有 46 個測點未改變，將其歷年監測濃度變化比較如圖 8，由圖中可明顯看出，監測濃度逐年下降。

日本環境省(2001 年改為環境省)自 1997 年擬定戴奧辛五年計畫，戴奧辛排放量大幅下降，茲將重要減量措施與排放量、大氣監測濃度變化彙整於圖 9，由圖中可看出，日本近年來致力於戴奧辛排放減量，已於大氣濃度中顯現成效。

表 8 日本 2000~2011 年環境大氣戴奧辛監測結果

年度	監測位置	地點數	樣品數	超標地點數	平均值	最小值	最大值
2000 年	一般環境	705	2,816	4	0.14	0.0073	0.76
	重大污染源周邊	189	648	6	0.15	0.0078	1.0
	道路邊	26	98	0	0.17	0.018	0.53
	總計	920	3,562	10	0.15	0.0073	1.0
2001 年	一般環境	762	3068	6	0.14	0.009	1.7
	重大污染源周邊	190	667	2	0.13	0.011	1.1
	道路邊	27	98	0	0.16	0.014	0.6
	總計	979	3,833	8	0.13	0.009	1.7
2002 年	一般環境	731	3037	2	0.093	0.0066	0.84
	重大污染源周邊	206	706	1	0.092	0.0077	0.67
	道路邊	29	104	0	0.091	0.017	0.29
	總計	966	3,847	3	0.093	0.0066	0.84
2003 年	一般環境	691	283	0	0.064	0.0066	0.50
	重大污染源周邊	188	663	1	0.078	0.0076	0.72
	道路邊	34	126	0	0.076	0.014	0.29
	總計	913	3,622	1	0.068	0.0066	0.72
2004 年	一般環境	694	2,654	0	0.058	0.0083	0.34
	重大污染源周邊	161	572	0	0.063	0.0091	0.55
	道路邊	37	138	0	0.055	0.014	0.13
	總計	892	364	0	0.059	0.0083	0.55
2005 年	一般環境	628	2,401	1	0.051	0.0045	0.61
	重大污染源周邊	165	569	0	0.055	0.0039	0.38
	道路邊	32	116	0	0.054	0.018	0.11
	總計	825	3,086	1	0.052	0.0039	0.61
2006 年	一般環境	577	2,179	0	0.051	0.0053	0.39
	重大污染源周邊	158	543	0	0.050	0.0053	0.40
	道路邊	28	100	0	0.050	0.019	0.092
	總計	763	2,822	0	0.050	0.0053	0.40
2007 年	一般環境	565	2,087	0	0.041	0.0042	0.58
	重大污染源周邊	148	500	0	0.040	0.0050	0.28
	道路邊	27	104	0	0.044	0.014	0.11
	總計	740	2,691	0	0.041	0.0042	0.58
2008 年	一般環境	538	1,927	0	0.035	0.0041	0.26
	重大污染源周邊	156	516	0	0.041	0.0032	0.22
	道路邊	27	98	0	0.036	0.011	0.073
	總計	721	2,541	0	0.036	0.0032	0.26
2009 年	一般環境	536	1,909	0	0.031	0.0051	0.20
	重大污染源周邊	147	485	0	0.035	0.0049	0.37
	道路邊	29	104	0	0.031	0.0092	0.061
	總計	712	2,498	0	0.032	0.0049	0.37
2010 年	一般環境	530	1,796	0	0.031	0.0056	0.32
	重大污染源周邊	133	436	0	0.036	0.0054	0.31
	道路邊	28	102	0	0.028	0.0097	0.086
	總計	691	2,334	0	0.032	0.0054	0.32
2011 年	一般環境	522	1,685	0	0.028	0.0051	0.19
	重大污染源周邊	142	461	0	0.032	0.0052	0.45
	道路邊	25	90	0	0.025	0.0096	0.072
	總計	689	2,236	0	0.028	0.0051	0.45

註：1. 監測值單位：pg WHO₉₈-TEQ/m³。

2. 資料來源：「平成 23 年度ダイオキシン類に係る環境調査結果」，日本環境省，平成 25 年 3 月(2013 年 3 月)

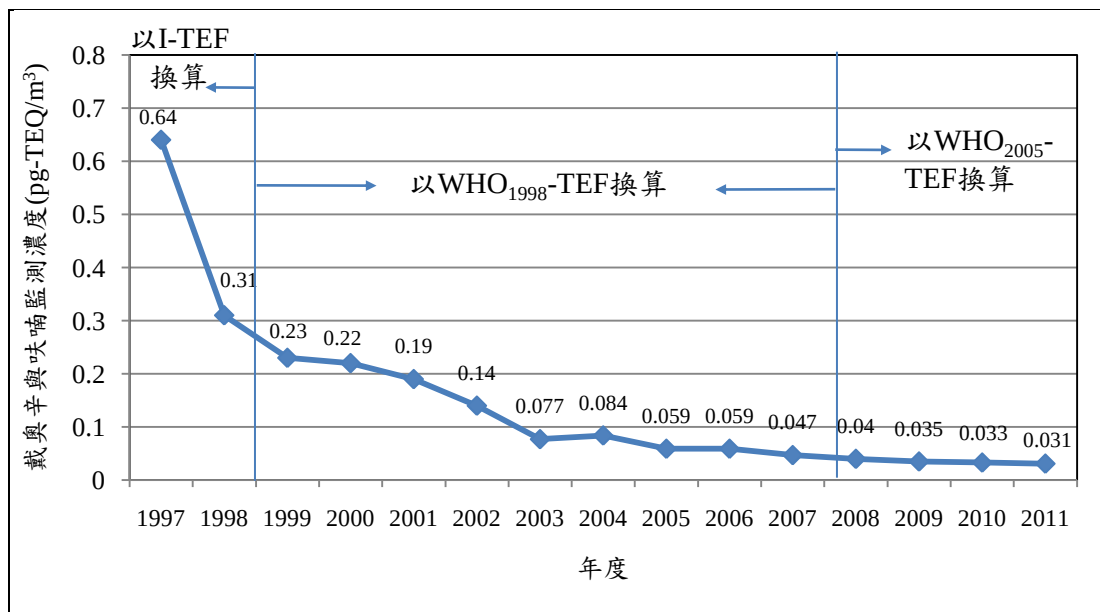
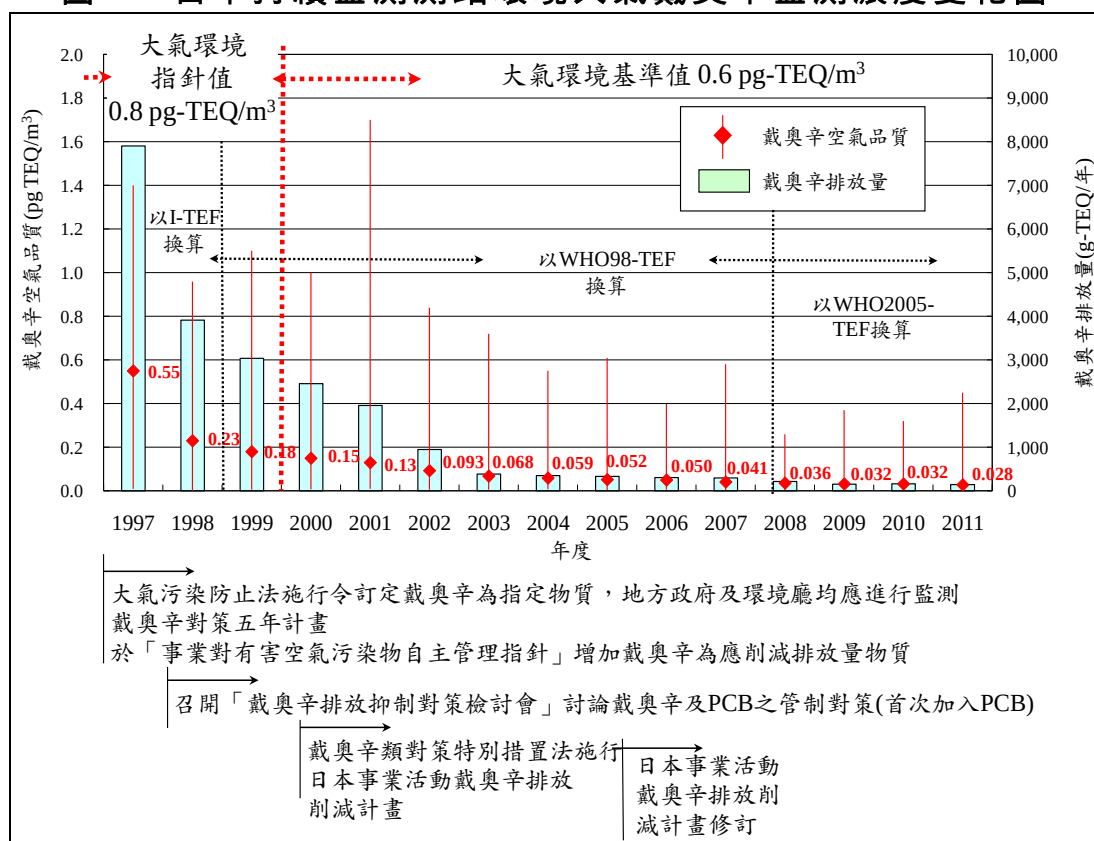


圖 8 日本持續監測測站環境大氣戴奧辛監測濃度變化圖



資料來源：「平成 23 年度ダイオキシン類に係る環境調査結果」，日本環境省，平成 25 年 3 月(2013 年 3 月)、「ダイオキシン類の排出量の目録」，日本環境省，平成 25 年 3 月(2013 年 3 月)，中興公司繪製

圖 9 日本歷年環境大氣戴奧辛監測濃度與排放量變化圖

由於目前世界各國僅有日本訂定環境空氣戴奧辛品質基

準，常被引用來進行戴奧辛空氣品質比較，茲將該基準訂定過程說明如下。

日本在平成 9 年(1997 年)修訂大氣污染防治法施行令，將戴奧辛列為指定物質，規定廢棄物焚化爐等污染源需採行排放控制措施，各地方政府需於該年 12 月起進行大氣中戴奧辛監測。1998 年制定戴奧辛大氣環境指針值為 0.8pg-TEQ/m^3 。1999 年制定戴奧辛類對策特別措置法(ダイオキシン類対策特別措置法)，訂定每人每日容許攝食量為 4pg-TEQ/kg/day ，12 月制定戴奧辛環境標準(「ダイオキシン類による大気の汚染、水質の汚濁(水底の底質の汚染を含む。) 及び土壤の汚染に係る環境基準」，2000 年 1 月施行)，大氣基準值為 0.6pg-TEQ/m^3 (表 9)。大氣基準值適用範圍為一般民眾居住地區，不適用於工業區及道路旁。

該基準值之設定基準為依據民眾暴露量，推估容許之戴奧辛空氣濃度。說明如下：(資料來源：今後の有害大気汚染物質対策のあり方について(第五次答申)，中央環境審議会，平成 11 年(1999 年)12 月 10 日)

1. 設定目標值，依據目前戴奧辛空氣濃度值推估未來減量

依據 1998 年戴奧辛類緊急全國調查結果分布，戴奧辛空氣濃度 95% 高之濃度為 1.36pg-TEQ/m^3 ，假設濃度呈對數分布，95% 戴奧辛空氣濃度達到目標濃度值時，其戴奧辛空氣濃度總平均值之減少率如表 10。

2. 環境介質濃度降低時，民眾總攝入量減少試算

針對日本地區進行模擬，求取當大氣濃度下降時，5~10 年後土壤及水體之戴奧辛濃度變化程度如表 11 所示。再依據 1998 年戴奧辛類緊急全國調查結果，配合民眾之生活特性，分成一般民眾、戴奧辛源主要來自環境、戴奧辛源主要來自食品及戴奧辛源主要來自環境及食品等四類民眾，試算大氣戴奧辛濃度為 0.4pg-TEQ/m^3 、 0.6pg-TEQ/m^3 、

表 9 日本戴奧辛類環境基準

環境介質	基準值	測定方法
大氣	0.6pg-TEQ/m ³ 以下	以裝有聚氯甲酸酯泡綿之採樣筒及後段裝有石英纖維濾紙之採樣設備採取樣品，並以氣相層析儀/高解析質譜儀分析。
水質 (水底之底泥除外)	1pg-TEQ/l 以下	日本工業規格 K 0312 規定之方法。
水底之底泥	150pg-TEQ/g 以下	索氏萃取器採取含有戴奧辛之水底底泥，並以氣相層析儀/高解析質譜儀分析。
土壤	1,000pg-TEQ/g 以下	索氏萃取器採取含有戴奧辛之水底底泥，並以氣相層析儀/高解析質譜儀分析。
備註		
1.基準值以 2,3,7,8-TCDD 毒性換算為準。		
2.大氣及水質(水底之底泥除外)之基準值，以年間平均值為準。		
3.為達成環境基準，當土壤中戴奧辛含量達 250pg-TEQ/g，需進行必要之調查。		

註：大氣基準值適用範圍為一般民眾居住地區，不適用於工業區及道路旁。

資料來源：「ダイオキシン類による大気の汚染、水質の汚濁（水底の底質の汚染を含む。）及び土壤の汚染に係る環境基準」，平成 14 年(2002 年)7 月 22 日。

表 10 日本推估大氣環境戴奧辛濃度總平均值減少率

目標濃度值(pg-TEQ/m ³)	大氣環境濃度總平均值減少率
0.8	41%
0.6	55%
0.4	70%

表 11 日本推估環境介質間戴奧辛濃度減少率關係

	各介質間之減少率比(5~10 年後)	減少率比之變動範圍
大氣濃度	1	-
土壤濃度	0.2	0.22~0.49
水質濃度	0.6	0.67~0.75

0.8pg-TEQ/m³ 時，民眾之戴奧辛攝入量如表 12 所示。

假設 TDI 為 4 pg TEQ/kg/日 且代謝率為 50%，民眾戴奧辛攝入量應小於 2 pg TEQ/kg/日。由表 12 可看出，對戴奧辛源主要來自環境及食品之民眾而言，現況之戴奧辛攝入量已超過 2 pg TEQ/kg/日，而當大氣戴奧辛濃度降至 0.6pg-TEQ/m³ 以下，所有族群之戴奧辛攝入量均可小於 2 pg TEQ/kg/日。

表 12 日本之大氣戴奧辛濃度變化造成攝入量改變推估

攝入類別	現況之戴奧辛攝入量 (pg TEQ/kg/日)	大氣濃度降至目標值(括號內為自大氣攝入之戴奧辛量) 除大氣外之戴奧辛攝入量(pg TEQ/kg/日)		
		0.8pg-TEQ/m ³ (0.20pg-TEQ/kg/日)	0.6pg-TEQ/m ³ (0.15pg-TEQ/kg/日)	0.4pg-TEQ/m ³ (0.10pg-TEQ/kg/日)
一般民眾	1.06 ~ 1.42	0.88 ~ 1.18	0.81 ~ 1.10	0.81 ~ 1.09
戴奧辛源主要來自 環境之民眾	1.09 ~ 2.07	0.90 ~ 1.62	0.84 ~ 1.49	0.83 ~ 1.43
戴奧辛源主要來自 食品之民眾	1.41 ~ 2.06	1.17 ~ 1.71	1.09 ~ 1.60	1.08 ~ 1.59
戴奧辛源主要來自 環境及食品之民眾	1.44 ~ 2.71	1.19 ~ 2.16	1.11 ~ 1.99	1.10 ~ 1.93

3. 大氣環境基準值設定

依據前述試算結果，大氣戴奧辛濃度降至 0.6pg-TEQ/m³ 以下，大氣環境戴奧辛濃度平均減少 55%、土壤戴奧辛濃度平均減少 11%、水及食品之戴奧辛濃度平均減少 33%及 22%。然而前述試算之假設很多，需考量其結果有高度之不確定性高。

4. 毒性當量係數

日本在 1998 年以前，針對戴奧辛排放及環境進行調查，其結果是以 I-TEF 為換算基準，1999 年以後則是採用 WHO₁₉₉₈-TEF。在制定本戴奧辛大氣環境基準值時，所採用之毒性當量係數為 WHO₁₉₉₈-TEF，當時之背景調查資料部分為 PCDD+PCDF，部分尚含 PCB，但進行資料分析時，是採用戴奧辛類(PCDD+PCDF 及 PCB)。

在「ダイオキシン類による大気の汚染、水質の汚濁（水底の底質の汚染を含む。）及び土壤の汚染に係る環境基準」中，僅註明基準值是換算成 2,3,7,8-TCDD 之毒性當量，未於基準中明訂使用之毒性當量係數，毒性當量係數之相關規範列於「戴奧辛對策特別措施法」，2000 年首次施行時是採 WHO₁₉₉₈-TEF，2007 年修訂「戴奧辛對策特別措施法」，將毒性當量係數改為 WHO₂₀₀₆-TEFF(WHO 稱

之為 WHO₂₀₀₅-TEF)，並於 2008 年 4 月 1 日實施。

5. 採樣方法

日本之空氣中戴奧辛類採樣方法與我國標準方法相同，以高量採樣器將戴奧辛類化合物收集於石英纖維濾紙及聚氮甲酸酯泡綿，再進行後續分析。採樣時間之規定，若是求 24 小時平均值，需以 700L/min 之高流量採樣 24 小時(我國標準方法規定之流量為 225L/min，採樣時間為 24 小時以上)，若是求周平均值，則是以 700L/min 之高流量採樣 24 小時，共採 7 次。分析項目包含 PCDDs、PCDFs 及 PCB。(ダイオキシン類に係る大気環境調査マニュアル，平成 20 年(1998 年)3 月，日本環境省)

(三) 亞洲地區

亞洲地區除日本外，尚有韓國及香港等環境空氣戴奧辛監測數據，如表 13 及表 14 所示。韓國近年來監測濃度有下降趨勢，然監測值仍較我國高出許多。

表 13 韓國環境空氣戴奧辛監測結果彙整

監測地點	戴奧辛濃度 (pg I-TEQ/m ³)	co-PCB 濃度 (pg WHO ₁₉₉₈ -TEQ/m ³)	監測期程	研究調查人員
Busan，都會區	0.015~0.027	未採樣分析	1999-2000	Ok et al., 2001
Pusan，都會區	0.029~0.690	未採樣分析	1998-1999	Ok et al., 1999
住宅區	0.024~0.140	未採樣分析		
工業區	0.041~0.647	未採樣分析		
京畿道	0.382~0.777 平均 0.555	未採樣分析	2001	D.G. Kim et al., 2007
	0.279~1.140 平均 0.606	0.01936~0.09748 平均 0.04887	2002	
	0.079~1.188 平均 0.441	0.00663~0.04433 平均 0.02911	2003	
	0.135~0.628 平均 0.347	0.00718~0.06360 平均 0.02774	2004	

資料來源：Dong Gi Kim, Yoon Ki Min, Ju Yong Jeong, Gu Hwan Kim, Joo Yeol Kim, Chin Suk Son, Dong Hoon Lee, "Ambient air monitoring of PCDD/Fs and co-PCBs in Gyeonggi-do, Korea", Chemosphere 67, P.1722-1727, 2007

表 14 香港環境空氣戴奧辛監測結果彙整

年度	監測地點	環境空氣戴奧辛監測值(pg I-TEQ/m ³)	
		中西區	荃灣
1997		0.125	0.154
1998		0.078	0.092
1999		0.096	0.143
2000		0.051	0.061
2001		0.046	0.055
2002		0.057	0.063
2003		0.066	0.071
2004		0.073	0.055
2005		0.082	0.071
2006		0.060	0.066
2007		0.072	0.083
2008		0.041	0.062
2009		0.049	0.053
2010		0.045	0.070
2011		0.049	0.069
2012		0.039	0.028
平均		0.064	0.075

註：1. 上表之監測值為每月監測 1 次，每次監測 24 小時，再以各月之 24 小時值平均而得

2. 監測物質若小於偵測極限，以 1/2 偵測極限計算之。

3. 資料來源：香港特別行政區政府環境保護署網站
(<http://www.epd-asg.gov.hk/english/report/dioxin.html>)

附錄八 歷年重金屬空氣品質監測結果與國外監 測資料蒐集



附錄八 歷年重金屬空氣品質監測結果與國外監測資料蒐集

一、我國歷年監測結果彙整

(一) 重金屬汞

1. 本工作團隊歷年監測結果

本工作團隊執行環保署委託計畫係選定國內 15 處測站(含一般空品測站及排放源集中區測點等)，以半年一次方式監測大氣汞濃度，歷年環境空氣氣態汞濃度為 1.13 ~ 5.90 ng/m^3 ，年平均值為 2.46 ~ 3.47 ng/m^3 ，而粒狀汞濃度低，粒狀汞/氣態汞比例約為 1.2% ~ 10.9%，監測結果如圖 1。

依監測季別分析，發現國內大氣汞濃度夏季(8 月)較低(圖 2)，而以春季(5 月)及秋季(11 月)濃度較高，推測應該是與大氣擴散良好有關。

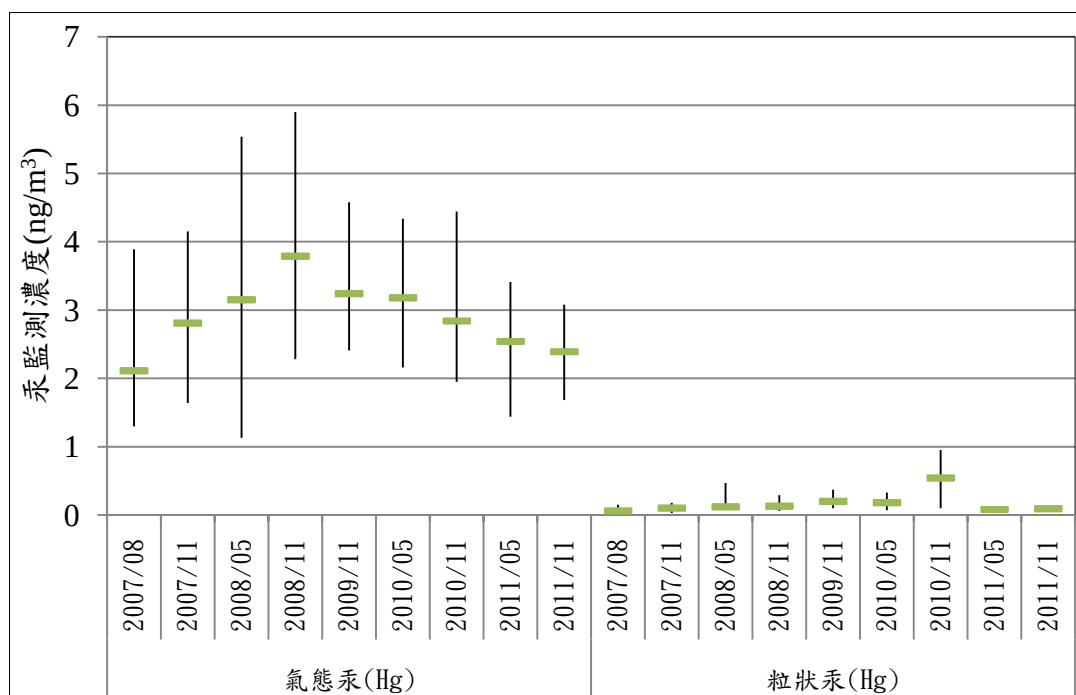


圖 1 本工作團隊歷年環境空氣汞監測結果彙整

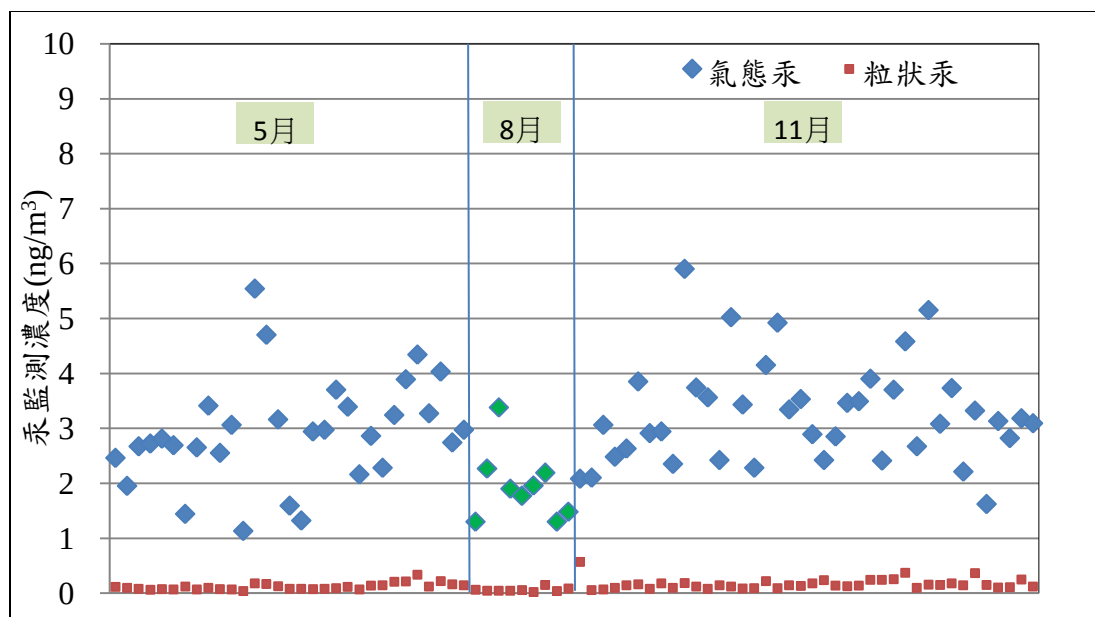


圖 2 本工作團隊監測歷年大氣汞濃度季別變化

以台北市松山站、台中市大里站及高雄市楠梓站為三大都會區代表分析歷年監測數據如表 1，從表中數據可以發現，北部地區氣態汞濃度較中部、南部地區為低，但同一測站粒狀汞濃度差異性大，由於粒狀汞採樣及分析程序相當複雜、困難，稍有不慎就可能引起相當大誤差，在粒狀汞監測部分應可再進行檢討。

表 1 北、中、南三測站環境空氣汞監測結果彙整表

監測時間	監測點	氣態汞 (ng/m ³)	粒狀汞 (ng/m ³)	監測點	氣態汞 (ng/m ³)	粒狀汞 (ng/m ³)	監測點	氣態汞 (ng/m ³)	粒狀汞 (ng/m ³)
2007/08	台北市 松山站	1.30	0.062	台中市 大里站	1.77	0.058	高雄市 楠梓站	2.19	0.149
2007/11		2.08	0.569		2.48	0.094		2.94	0.181
2008/05		2.94	0.073		3.70	0.093		3.16	0.129
2008/11		2.28	0.091		3.34	0.141		3.56	0.079
2009/11		3.90	0.243		4.58	0.372		3.49	0.138
2010/05		2.86	0.135		3.27	0.118		4.34	0.334
2010/11		2.21	0.146		1.62	0.148		3.32	0.362
2011/05		2.81	0.073		3.41	0.095		1.44	0.118
2011/11		2.41	0.073		1.68	0.080		2.85	0.121

2. 環境檢驗所監測結果

(1) 2005 年監測結果

環境檢驗所最早於 2005 年執行「空氣中汞來源及流布調查報告」計畫，選定台中沙鹿測站氣態汞長期監測(使用 Tekran 自動連續監測儀)，監測期間為一年，大氣汞監測值範圍為 1.08 - 14.2 ng/m^3 ，平均 2.99 ng/m^3 (圖 3)。同一測站不同月份或風向，大氣汞平均濃度並無明顯差異，顯示空氣中氣態汞濃度不受季節或風向影響。

環檢所執行該計畫同時於 2005 年 3 月至 4 月至南部地區選定四處測站，使用手動式金汞齊採樣方式，執行長期監測，監測結果發現，以前鎮測站最高、橋頭測站濃度最低，監測結果整理如表 2 所示。

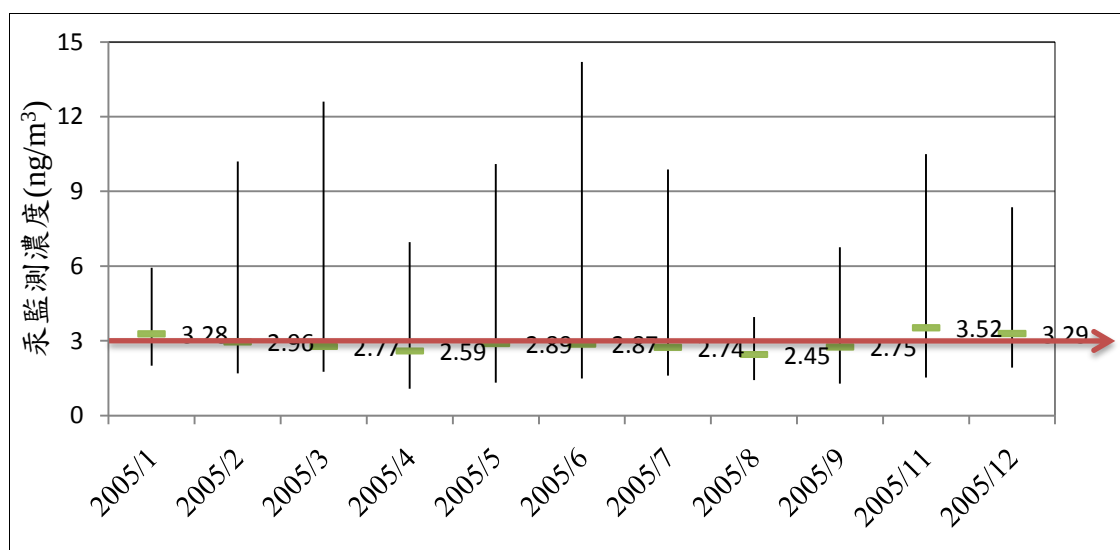


圖 3 環境檢驗所 2005 年沙鹿測站大氣汞監測結果

表 2 環境檢驗所 2005 年氣態汞監測結果彙整表

測站名稱	最大值(ng/m^3)	最小值(ng/m^3)	平均值(ng/m^3)	標準偏差(ng/m^3)
新營測站	15.0	2.24	3.71	1.16
台南測站	11.8	2.72	4.77	1.49
橋頭測站	5.56	2.52	3.86	0.69
前鎮測站	9.04	2.60	5.55	1.52

(2)2010 年監測結果

為進一步瞭解國內大氣汞現況，環境檢驗所於 2010 年發表「臺中以南地區空氣中氣狀汞調查」結果，利用環保署現有空氣品質監測站架設氣態汞採樣設施，進行台中以南地區 45 個測站空氣中氣狀元素汞檢測，並依據「空氣中汞檢測方法－冷蒸氣原子螢光光譜儀法(NIEA A304.10C)」進行樣品分析，結果顯示氣狀汞之平均值為 $3.67 \pm 2.93 \text{ ng/m}^3$ ，最小值 1.40 ng/m^3 ，最大值 17.2 ng/m^3 ，摘要其監測結果如表 3 所示。

表 3 環境檢驗所 2010 年氣態汞監測結果彙整表

序號	採樣點	採樣日期	氣狀汞濃度 (ng/Nm ³)	序號	採樣點	採樣日期	氣狀汞濃度 (ng/Nm ³)
1	崇倫	2010/10/25~26	2.66	24	南科	2010/10/04~05	2.76
2	豐原	2010/09/13~14	2.53	25	楠梓	2010/09/24~25	2.62
3	沙鹿	2010/09/13~14	2.99	26	小港	2010/09/23~24	4.21
4	忠明	2010/09/13~14	4.24	27	三民	2010/09/24~25	7.67
5	西屯	2010/09/13~14	2.92	28	前鎮	2010/09/24~25	1.39
6	大里	2010/09/14~15	1.81	29	復興	2010/09/24~25	1.95
7	彰化	2010/09/14~15	3.32	30	左營	2010/10/25~26	2.39
8	線西	2010/09/14~15	2.80	31	橋頭	2010/10/25~26	3.49
9	二林	2010/09/14~15	2.21	32	前金	2010/10/25~26	8.13
10	斗六	2010/09/16~17	1.55	33	大寮	2010/10/06~07	7.41
11	崙背	2010/09/16~17	17.20	34	林園	2010/10/06~07	7.59
12	台西	2010/09/16~17	1.95	35	仁武	2010/09/23~24	3.72
13	朴子	2010/09/16~17	1.48	36	美濃	2010/09/23~24	1.44
14	新港	2010/09/30~10/01	1.61	37	鳳山	2010/09/23~24	2.42
15	嘉義	2010/09/30~10/01	3.04	38	恆春	2010/10/11~12	2.42
16	鹿林	2010/09/27~28	3.41	39	花蓮	2010/10/13~14	5.43
17	南投	2010/09/29~30	3.36	40	長濱	2010/10/13~14	2.55
18	埔里	2010/09/30~10/01	1.40	41	關山	2010/10/13~14	2.42
19	新營	2010/09/27~28	2.68	42	和平	2010/10/14~15	4.16
20	烏山頭水庫	2010/09/27~28	3.76	43	台東	2010/10/13~14	1.61
21	善化	2010/09/29~30	1.54	44	潮州	2010/10/07~08	6.28
22	安南	2010/09/29~30	2.39	45	屏東	2010/10/07~08	2.89
23	台南	2010/10/04~05	2.48				

資料來源：臺中以南地區空氣中氣狀汞調查，環保署環境檢驗所：程惠生、賴金郎、曹國田、陳重方、巫月春

依據環檢所該年度監測結果推論，以雲林縣崙背測站濃度 17.2 ng/m^3 最高，報告中敘明依據風向推測可能與採樣點附近排放源有關，但監測當時未同步了解附近排放源排放情形，建議未來可進一步追蹤、探討；另外，監測結果發現在高雄地區三民、前金、大寮、林園等地區測站濃度亦有較其他地區高趨勢，推測與高雄地區金屬冶煉業、鋼鐵業蓬勃發展相關。

3. 中台灣地區大氣汞監測(弘光科大環工系方國權教授)

在國科會研究計畫補助下，台中市弘光科大環工系方國權教授於 Chemosphere 期刊，發表中台灣都會地區大氣汞監測結果，該計畫係於該校內設置一大氣汞監測站，長期監測總氣態汞(TGM)、氧化汞(GOM)及粒狀汞(PBM)，監測結果並與國內外數據做一比較，如表 4 所示。從表中數據推測台灣中部地區汞濃度較國外地區高，且引用東南科大郭教授及中央大學於鹿林山監測數據推論，高山地區汞濃度相當低，而平地有偏高趨勢，顯見有區域性污染造成汞濃度偏高。

該研究所採用方法如表 5，探究發現該研究計畫雖然使用環保署公告方法分析氣態汞，但監測時間僅有 8 小時，如果是在白天執行，依據東南科技大學研究之日變化結果，本研究結果可能較 24 小時監測濃度高。粒狀汞部分，該研究使用流率大於環保署公告方法，研究結果無法相比較；而氣態氧化汞由於環檢所未公告標準方法，尚無一致之比較基準。本研究監測數據因與公告標準監測方法不同，建議數據不宜與其他研究結果進行比較。

該研究亦依據監測結果，利用 KSS(knife-edge surrogate surface)及 IEM(Ion-exchange membrane)方法，計算中部地區汞流通率為 $52.9 \pm 18.7 \text{ ng/m}^2\text{-h}$ (表 6)，本項數值明顯較國外其他地區為高，認定有區域性污染源排放造成，並利用

反軌跡模式預測，認定附近垃圾焚化爐及其他農業廢棄物燃燒為排放造成濃度偏高主因。

表 4 中台灣地區空氣中氣狀汞監測結果彙整

汞監測濃度			調查地點	地區特性	出處
TGM (ng/m ³)	GOM (pg/m ³)	PBM (pg/m ³)			
6.14±3.91 ^註	332±153 ^註	71.1±46.1 ^註	台中市沙鹿區	都市/工業區	方國權(2011)
1.73±0.61	12.1±20.0	2.3±2.9	鹿林山測站	背景站	許桂榮(2010)
7.8(5.0-11.0) ^註	-	-	新竹縣竹北	都會區	東南科大環工系 郭天和 (2006)
6.1(4.3-8.1) ^註	-	-	新竹縣峨眉	鄉村地區	
6.3(5.8-6.9) ^註	-	-	新竹縣湖口	工業區	
9.4(7.2-11.5) ^註	-	-	新北市深坑	半鄉村地區	
2.7±1.7	-	-	上海、中國	都會區	Friedli et al.(2011)
3.22±2.10	27.2±19.3	23.9±19.6	Seoul、韓國	都會區	Kim et al., (2009)
2.47±1.43	15.5±54.9	18.1±61.0	Detroit、美國	都市/工業區	Liu et al., (2010)

資料來源：Atmospheric mercury pollution at an urban site in central Taiwan: Mercury emission sources at ground level, Jiaoyan Huan, Chia-Kuan Liu, Ci-Song Huang, Guor-Cheng Fang, 2012

註：本監測數據因與公告標準監測方法不同，建議不宜與其他研究結果進行比較。

表 5 中台灣氣狀汞監測使用儀器設備彙整表

監測項目	總氣態汞 (TGM)	粒狀汞 (PBM)	氣態氧化汞 (GOM)
使用方法	二段式手動金汞齊採樣+螢光分析(CVAFS)	PS-1 玻璃纖維濾紙採樣	採用正壓式採樣器搭配 IEM 採樣，在美國 Ohio 州被使用於進行大氣汞監測
採樣時間	8 小時 (採樣流率 0.3 L/m，與環檢所公告方法相同)	採樣時間 24 小時 (採樣流率 200 L/m，環檢所公告方法 30L/m)	未敘明
環檢所公告方法	雙金汞齊 — 冷蒸氣原子螢光光譜儀 (cold vapor atomic fluorescence spectrometry, CVAFS)		環檢所未公告方法

資料來源：Atmospheric mercury pollution at an urban site in central Taiwan: Mercury emission sources at ground level, Jiaoyan Huang, Chia-Kuan Liu, Ci-Song Huang, Guor-Cheng Fang, *Chemosphere*, Volume 87, Issue 5, Pages 579–585, April 2012

表 6 中台灣地區汞流通率與國外結果比較表

調查地點	地區特性	汞流通量 (ng/m ² -h)	調查時間	出處
台中市沙鹿區	都會、工業、交通密集區	52.9±18.7	2011/03	方國權教授(2011)
Huntington, NY	鄉村地區	0.1±0.1	2009/04-2010/01	Huang et al. (發表中)
Rochester, NY	半都會、交通密集區	0.5±0.3	2009/01-2009/11	
Cleveland, OH	都會區	1.7±0.6	2009/08	
	交通密集區	2.0±0.5		
NVO2, Nevada	鄉村地區	0.5-1.0	2005/03-2006/01	Lyman et al.(2007)
Reno, Nevada	半都會區	0.1-4.5	2005/05-2006/02	Lyman et al.(2007)
NM10, NM	鄉村地區	4.0±3.4	夏季	Caldwell et al.

資料來源： Atmospheric mercury pollution at an urban site in central Taiwan: Mercury emission sources at ground level, Jiaoyan Huang, Chia-Kuan Liu, Ci-Song Huang, Guor-Cheng Fang, *Chemosphere*, Volume 87, Issue 5, Pages 579–585, April 2012

4. 高雄市污染源周界大氣汞監測(中山大學環工所袁中新教授)

該監測係由高雄市政府環境保護局委託中山大學環工所於 2010 年執行，分別針對高雄地區 5 處重大污染源周界、高雄市 6 處空品測站(環境敏感區)以環保署公告「空氣中汞檢測方法－冷蒸氣原子螢光光譜儀法(NIEA A304.10C)」執行大氣汞監測，結果如表 7 及表 8。

重大污染源周界氣態汞監測值介於 8.33 ~ 11.9 ng/m³，以中鋼公司附近濃度最高，仁武焚化廠附近濃度較低，推測主要原因係中鋼公司使用鐵礦砂及焦炭中都含有微量汞所致；其中氣態汞約佔總汞 90%；粒狀汞最高濃度在中鋼公司附近，濃度高達 3.80 ng/m³；在空品站大氣汞監測結果介於 2.17 ~ 9.47 ng/m³，以小港測站監測結果濃度最高，推測小港地區附近鋼鐵廠林立，為造成大氣汞濃度較高主要原因；其中最高粒狀汞濃度亦出現在小港測站附近，濃度為 0.69 ng/m³。

表 7 高雄市重大污染源周界汞監測結果彙整表

項目	中鋼公司	唐榮鐵工廠	中油大林廠	台電大林廠	仁武焚化爐
氣態汞(ng/m^3)	11.92±6.45	9.01±5.22	9.65±1.43	9.12±4.12	8.33±1.95
粒狀汞(ng/m^3)	1.37±1.16	1.07±1.01	0.87±0.22	0.84±0.74	0.80±0.29
氣態汞比例(%)	89.7	89.4	91.73	91.57	91.24
氣態汞最大值(ng/m^3)	28.16	17.99	16.93	22.11	14.95
粒狀汞最大值(ng/m^3)	3.80	3.13	1.24	2.60	1.46

資料來源：九十九年度高雄市汞污染源周界及敏感點大氣汞污染監測計畫，國立中山大學環境工程研究所，中華民國 100 年 03 月 21 日。

表 8 高雄市空品測站大氣汞監測結果彙整表

採樣期程	汞物質	北高雄(ng/m^3)			南高雄(ng/m^3)			背景站 (環工所)
		楠梓站	仁武站	左營站	小港站	前鎮站	前金站	
第一次	氣態汞	3.01	6.65	6.61	9.47	7.65	8.10	2.83
	粒狀汞	0.1	0.41	0.07	0.55	0.42	0.10	0.01
第二次	氣態汞	8.42	6.08	3.79	9.34	7.18	4.14	2.05
	粒狀汞	0.29	0.07	0.04	0.44	0.28	0.04	0.01
第三次	氣態汞	6.5	8.98	6.79	9.87	7.91	5.91	2.73
	粒狀汞	0.26	0.45	0.11	0.69	0.55	0.07	0.02
第四次	氣態汞	5.39	7.13	6.39	7.33	7.09	2.17	2.03
	粒狀汞	0.2	0.33	0.12	0.66	0.63	0.04	0.01
平均值	氣態汞	5.83	7.21	5.90	9.00	7.46	5.08	2.41
	粒狀汞	0.21	0.32	0.09	0.59	0.47	0.06	0.01

資料來源：九十九年度高雄市汞污染源周界及敏感點大氣汞污染監測計畫，國立中山大學環境工程研究所，中華民國 100 年 03 月 21 日。

5. 台灣地區與東亞各國大氣汞監測結果

台灣地區第一座大氣汞自動監測站係設立於鹿林山測站，該測站是國內第一座針對大氣背景環境進行長期監測測站，過去六年來監測站均委託中央大學團隊負責操作、管理；國內藉由鹿林山測站監測數據，有助於釐清我國境外及本地污染源關係，過去 6 年來執行成果相當豐碩。除鹿林山測站外，中央大學團隊並於國內離島、高山等地區進行大氣汞監測，中央大學團隊提供其歷年來相關監測數據整理如表 9 所示。

從監測結果顯示，國內都會或工業區、鄉村地區濃度較離島區域為高，顯見有區域性排放源造成影響。

表 9 台灣地區與東亞各國大氣汞監測結果彙整表

觀測地點	地點特性	汞平均濃度(ng/m^3)	參考文獻
台灣地區	馬祖	2.00	Sheu et al.(2009)
	彭佳嶼	1.67	Sheu et al.(2009)
	蘭嶼	1.53	Sheu et al.(2009)
	南沙太平島	2.13	Sheu et al.(2009)
	東沙島	2.14	Sheu et al.(2012)
	南中國海北端	2.01	Sheu et al.(2012)
	竹子山	1.86	Sheu et al.(2009)
	合歡山	1.77	Sheu et al.(2009)
	鹿林山	1.73	Sheu et al.(2010)
	富貴角	2.09	Sheu et al.(2009)
	桃園新屋鄉	3.78	許等(2007)
	桃園復興鄉	2.90	許等(2007)
	恆春鎮	2.15	Sheu et al.(2012)
	台北市石牌區	3.90	Sheu (unpublished)
	新北市泰山區	4.18	許等(2006)
	桃園中壢市	3.62	許等(2007)
	彰化線西鄉	2.69~3.10	Sheu (unpublished)
日本	富士山	1.44	Sheu (unpublished)
韓國	濟州島	1.91	Sheu (unpublished)
越南	峴港(DaNang)	3.86	Sheu et al.(2012)
泰國	清邁	2.18	Sheu et al.(2012)

資料來源：中央大學許桂榮教授提供，2012 年 5 月。

6. 鹿林山背景站(中央大學大氣系)

環保署監資處委託國立中央大學大氣科學系在南投鹿林山置大氣汞自動連續監測系統，長期監測國內空氣品質背景值及大氣汞空品背景現況，該監測係採用 Tekran 2537A/1130/1135 汞自動連續監測儀。

該項設備可以同時監測 TGM、GOM 及 PBM 等三類汞物種，使用儀器原理為 CVAFS；其中 TGM 每 5 分鐘分析出一個數據，GOM 及 PBM 則每小時得到一個數據。

彙整監測時間自 2006 年 4 月~2007 年 12 月底監測結果整理如表 10 所示，監測結果顯示 TGM 介於 $0.24\sim 5.75\text{ ng}/\text{m}^3$ ，平均值為 $1.73\text{ ng}/\text{m}^3$ ；GOM 介於 $\text{N.D.}\sim 194.7\text{ pg}/\text{m}^3$ ，平均值為 $12.1\text{ pg}/\text{m}^3$ ；PBM 介於 $\text{N.D.}\sim 38.4\text{ pg}/\text{m}^3$ ，平均值為 $2.3\text{ pg}/\text{m}^3$ 。

本計畫監測結果顯示，鹿林山測站 TGM 十分接近北半

球背景濃度值(1.5~1.7 ng/m³)，從季別分析來看，TGM 以夏季最低，秋冬季節濃度較高。

表 10 鹿林山測站大氣汞監測結果彙整

項目	全年	春季	夏季	秋季	冬季
一、TGM (ng/m³)					
樣品數	65,679	14,625	19,256	19,425	12,373
最小值(Min.)	0.24	0.25	0.24	0.33	0.73
中值(Median)	1.62	1.65	1.29	1.86	1.91
最大值(Max.)	5.75	5.75	3.61	5.11	4.13
平均值(Mean)	1.73	1.70	1.33	2.01	1.98
標準偏差(S.D.)	0.61	0.51	0.39	0.62	0.60
二、GOM (pg/m³)					
樣品數	3,772	1,124	943	1,058	647
最小值(Min.)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
中值(Median)	4.7	3.8	2.0	5.4	8.9
最大值(Max.)	194.7	133.1	131.2	194.7	180.9
平均值(Mean)	12.1	10.4	8.0	15.8	15.2
標準偏差(S.D.)	20.0	16.3	15.1	24.7	22.2
三、PBM (pg/m³)					
樣品數	3,769	1,124	944	1,054	647
最小值(Min.)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
中值(Median)	0.3	N.D.	N.D.	0.5	2.9
最大值(Max.)	38.4	38.4	25.1	27.6	36.0
平均值(Mean)	2.3	2.6	1.1	1.7	4.5
標準偏差(S.D.)	3.9	4.7	2.4	2.6	4.8

資料來源：Guey-Rong Sheu, Nebg-Huei Lin, Jia-LinWang, Chung-Ted Lee, Chang-Feng Ou Yang, Sheng-Hsiang Wang, Atmospheric Environment(2010), Temporal distribution and potential sources of atmospheric mercury measured at a high-elevation background station in Taiwan.

7. 燃煤電廠汞排放及其對附近環境衝擊分析(國立成功大學環工所吳義林教授)

國立成功大學環工所吳義林教授 2012 年於 Aerosol and Air Quality Research 發表”Mercury Emissions from a Coal-Fired Power Plant and Their Impact on the Nearby Environment”論文；該文針對中台灣一燃煤電廠，依據 ISCST 模擬擴散最高著地濃度後，選定五處地點(A、B、C、D、E)進行長期氣態汞及粒狀汞監測，監測結果整理如表 11 所示。

從測數據顯示，氣態汞及粒狀汞平均濃度分別介於 2.59-4.12 ng/m³ 及 105-182 pg/m³，氣態汞約占總汞 96% 以上，從季別來看，冬季汞濃度較夏季高，吳教授透過煙道檢測結果，進行 ISCST 擴散模擬發現，該燃煤電廠汞排放汞擴散後濃度，對照實測值貢獻比小於 1% 以下。附近除研究中台電燃煤電廠外，臨近亦有大型煉鋼廠、電弧爐工廠等，相關排放應對大氣汞濃度有所影響。

表 11 中部地區燃煤電廠附近大氣汞監測結果彙整表

採樣點	氣態汞 (ng/m ³)			粒狀汞 (pg/m ³)		
	平均值	濃度範圍	RSD(%)	平均值	濃度範圍	RSD(%)
採樣點 A	2.59	1.46 ~ 3.93	36	105	64 ~ 139	30
採樣點 B	3.44	2.24 ~ 6.01	22	140	97 ~ 227	22
採樣點 C	3.71	2.58 ~ 5.28	21	182	100 ~ 256	33
採樣點 D	4.12	3.56 ~ 6.20	9.8	171	130 ~ 303	17
採樣點 E	3.49	2.68 ~ 5.37	21	169	109 ~ 316	25

8. 中國大陸貴陽地區大氣汞監測結果

中國大陸貴陽地區因有汞礦且居民於冬季期間大量使用燃煤取暖，該地區大氣汞現況引起國際間相當大關注，中國國家科學研究院於 2008~2009 年期間於該地區進行大氣汞監測，同樣使用國際間普遍使用 Tekran 2537A 自動連續監測儀，但與中央大學大氣系團隊於鹿林山測站不同處在於，針對 GOM 及 PBM 兩項汞物種，該研究係以手動式進行採樣後分析，而 TGM 部份採用自動連續分析儀，本文於 2011 年發表於 Atmospheric Research 期刊中。

測站地點則選定一般住宅區 (Guiyang Monitoring Station Agency，簡稱 GMSA) 及該團對研究辦公室 (Institute of Geochemistry Chinese Academy of Science，簡稱：IGCAS) 頂樓設置，並未特別設置於重大污染源周界旁。

該文章彙整自 2006 年 4 月~2007 年 12 月監測結果整理

如表 12 所示；GMSA 測站監測結果顯示，TGM 濃度介於 $2.1\sim440\text{ ng/m}^3$ ，平均值為 7.4 ng/m^3 、中值濃度為 6.7 ng/m^3 ；GOM 濃度介於 $1.6\sim750\text{ pg/m}^3$ ，平均值為 24 pg/m^3 ；PBM 介於 $43\sim7,420\text{ pg/m}^3$ ，平均值為 $1,330\text{ pg/m}^3$ ；而 IGCAS 測站監測結果，TGM 濃度介於 $0.53\sim380\text{ ng/m}^3$ ，平均值 6.2 ng/m^3 、中值濃度為 5.3 ng/m^3 ；GOM 濃度介於 $1.4\sim210\text{ pg/m}^3$ ，平均值為 19 pg/m^3 ；PBM 介於 $6.9\sim2,350\text{ pg/m}^3$ ，平均值為 250 pg/m^3 ，從監測數據來看，GMSA 測站濃度明顯高於 IGCAS 站。

從本文兩處測站監測結果顯示，貴陽地區瞬間 TGM 濃度會高達數百 ng/m^3 ，顯示既有污染源排放對該地區影響甚大；對於 GOM 及 PBM 部份，本地區兩處測站結果均顯示，PBM 濃度明顯高於 GOM，與中央大學大氣系工作團隊於鹿林山監測結果不同；推測其原因可能為貴陽地區排放源排放粒狀物中含有非常高汞濃度，對 PBM 影響甚大，二處測站 PBM 平均值分別為 TGM 之 18% 及 4%，比例明顯高於其他相關研究文獻；GOM 濃度大都小於 TGM 1% 以下 (平均為 0.3%)，與其他文獻研究結果十分相似。

在以往國際間大氣汞環境監測，大部份都以空品背景測站或高空測站為主，長程傳輸為研究、調查主要標的，當然普遍調查對象都是 TGM、GOM 及 PBM_p 等三大類汞物種，類似本研究調查針對重大污染源集中區大氣汞監測發表文獻並不多；本篇研究結果發現，其實污染源集中區汞物種研究結果與背景站是不同的，亦顯示貴陽地區應加強相關管制措施，有效降低大氣汞濃度。

表 12 中國大陸貴陽地區大氣汞監測結果

GMSA 測站 (9 月~11 月,2008)	TGM (ng/m ³)	PBM (pg/m ³)	GOM (pg/m ³)
平均值(Mean)	7.4	1,330	24
中值(Median)	6.7	910	13
最大值(Max.)	440	7,420	750
最小值(Min.)	2.1	43	1.6
變異數(Variance)	0.66	1	2.5
樣本數(N)	25,633	178	178
IGCAS 測站 (2 月、5 月、7 月,2008)	TGM (ng/m ³)	Hg _p (pg/m ³)	GOM (pg/m ³)
平均值(Mean)	6.2	250	19
中值(Median)	5.3	81	12
最大值(Max.)	380	2,350	210
最小值(Min.)	0.53	6.9	1.4
變異數(Variance)	0.89	1.8	1.2
樣本數(N)	29,045	192	192

資料來源：Na Liu, Guangle Qiu, Msyhyre S. Landis, Xinbin Feng, Xuewu Fu, Lihai Shang. Atmospheric Research (2011), Atmospheric mercury species measured in Guiyang, Guizhou province.

9. 中國大陸個地區大氣汞監測結果彙整

中國大陸煤使用量為全球之冠，依據聯合國推估全球汞排放量，亦以中國大陸最高，近年來於國際期刊中陸續發表一些大氣汞監測結果，茲摘錄近期發表於 Atmospheric environment “Speciated atmospheric mercury and its potential sources in Guiyang, China”2011 論文，該論文彙整中國大陸主要都市氣態元素汞(GEM)、反應性二價汞(GOM or GOM)及粒狀汞(PBM)監測濃度與美洲地區主要都會區濃度比較，相關資料整理如表 13。

從表中數據可以發現，中國主要都會區汞濃度較美國高出許多，顯見對於污染源管制相當具有急迫性；從監測數據亦可以看出，中國大陸 GOM 及 PBM 濃度比美國高出許多，由於無法探究分析使用方法是否一樣，實驗室可能誤差也必須納入考量。

該研究計畫亦針對 GEM 及 PBM 監測濃度相關性做探討，由於粒狀汞可能是逸散性所造成，該計畫在靜風狀態

下進行採樣，發現二者相關性相當良好，在 GEM 濃度高時，PBM 濃度也高，顯示應是與污染源排放有相關性，並非受到採樣當時氣象條件所影響，相關資料整理如圖 4 所示。

表 13 中國大陸與美洲各都會區汞監測結果比較表

國家	調查地區/年份	PBM (ng/m ³)		GEM(pg/m ³)		GOM(pg/m ³)	
		平均值	標準差	平均值	標準差	平均值	標準差
中國	貴陽/2009.8-12	9.72	10.2	368	676	35.7	43.9
中國	北京/2003.1-12	n/a	n/a	1180	820	n/a	n/a
中國	北京/1998.1,2,9	9.7	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
中國	上海/2004-2006	n/a	n/a	560	220	n/a	n/a
中國	長春/1999-2000	18.4	n/a	276	n/a	n/a	n/a
美國	底特律/2004.12	2.47	1.43	18.0	61.0	15.5	54.9
加拿大	多倫多/2003-2004	4.5	3.1	21.5	16.4	14.2	13.2
美國	雷諾/2006-2009	2.0	0.7	7	7	18	22
SE	Goteborg/2005	1.96	0.38	12.5	5.9	2.5	4.1
美國	休士頓/2004.8-12	1.66	0.36	2.5	5.2	6.9	7.9
美國	密爾瓦基/2004-2005	2.48	1.67	11.8	0.3	10.3	0.2
美國	Tusca/2003.6-7	4.05	1.28	16.4	19.5	13.6	20.4
墨西哥	墨西哥市/2006	7.2	4.8	187	300	62	64
美國	聖路易市/2002.10-12	4.6	6.0	483	1954	737	2864

資料來源：Speciated atmospheric mercury and its potential sources in Guiyang, China, Xuewu Fu, Xinbin Feng, Guangle Qiu, Lihai Shang, Hui Zhang, 2011

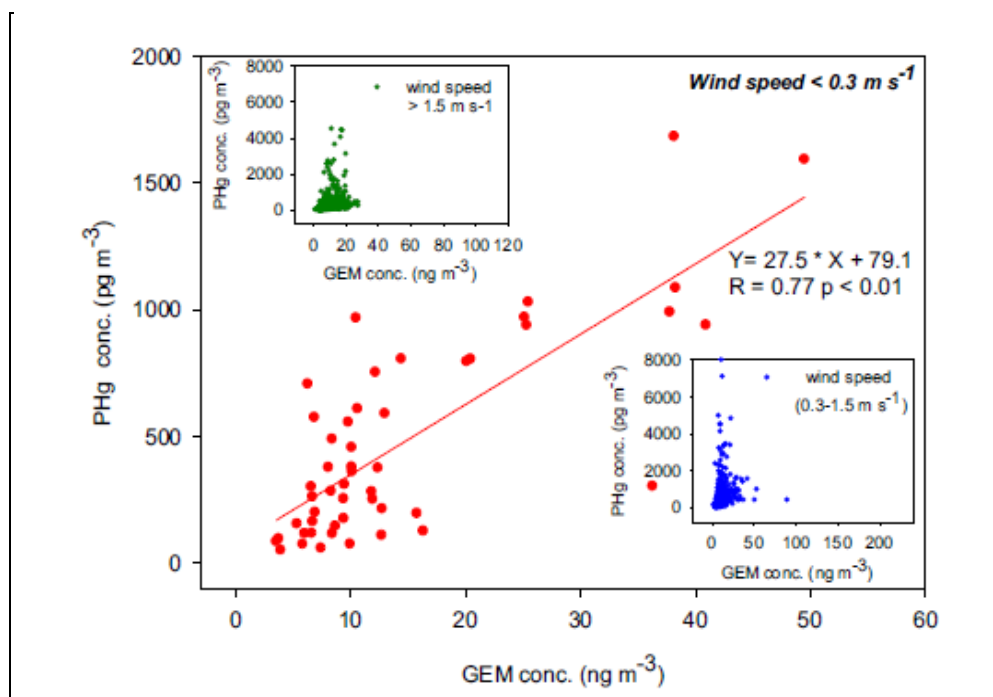


圖 4 在靜風狀態下氣態汞與粒狀汞相關性探討

10. 日本歷年大氣汞監測結果

日本環境省自 1998 年起，選定 47 處監測站進行長期進行氣態汞監測(並未進行粒狀汞或反應性汞等物種監測)，歷年濃度平均濃度介於 2.3 ~2.5 ng/m³ 間(圖 5)，數值與國內監測值接近，該監測方式應是採手動式方式採樣、分析，為在該國所出具調查報告中，並未對方法做出說明。

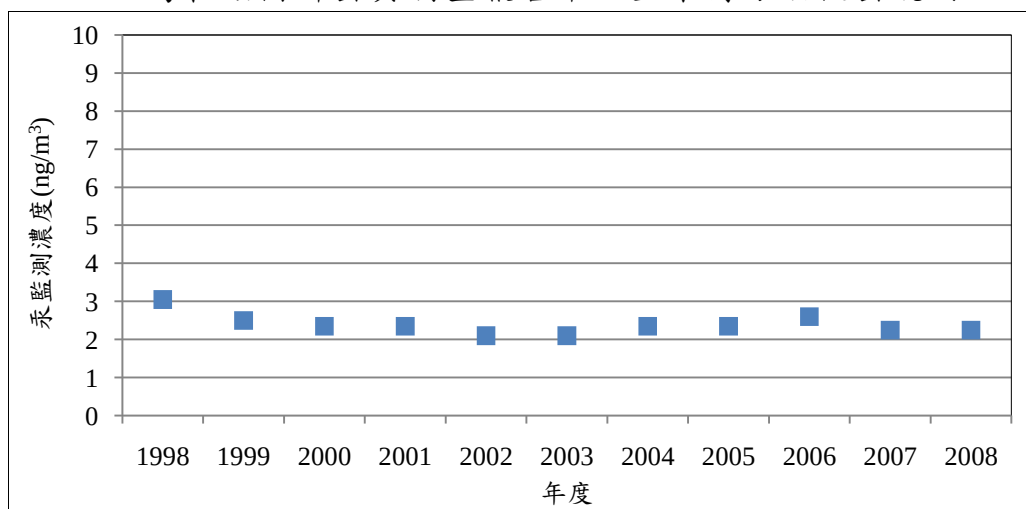


圖 5 日本地區大氣汞歷年監測結果彙整

11. 美國大氣汞監測結果

彙整美國 TVA reasearch & technology Application 於 2007 年發表在 Atmospheric environment 有關大氣汞監測論文 ”Atmospheric mercury in the Great somky mountains compared to regional and global levels，該文章摘錄 40-50 個各式測站 GEM、GOM 及 PBM 監測濃度；其中 GEM 平均濃度介於 1.61 ~ 5.20 ng/m³，GOM 與 PBM 濃度相當低，數據整理如表 14 所示。

從表中可以發現大氣汞濃度差異大且受不同條件影響，例如在排放源附近 GEM 濃度相對受到污染源排放影響，而 GOM 與 PBM 都很低，但可以看到 PBM 濃度高於 GOM，顯示有受到區域性排放源影響；但在偏遠地區、南北極 GOM 與 PBM 濃度十分接近，這與大氣化學反應有關，而不受到人為排放源直接影響。

表 14 美國不同區域內汞監測數據彙整表

汞物種/測站類型	平均值(Mean) (ng/m ³)	出現濃度範圍 (ng/m ³)	標準偏差(SD) (ng/m ³)	測站數量
1.元素汞，GEM	-	-	-	-
(1)偏遠地區	1.70	1.5 – 2.35	0.172	22
(2)北極地區	1.61	1.5 – 1.8	0.077	4
(3)都會區/排放源附近	5.20	2.4 – 9.4	3.472	19
2.反應性二價汞，GOM	-	-	-	-
(1)偏遠地區	0.018	0.006 – 0.089	0.029	10
(2)北極地區	0.036	0.002 – 0.07	0.048	2
(3)都會區/排放源附近	0.052	0.083 - 0.121	0.038	7
3.粒狀汞，PBM	-	-	-	-
(1)偏遠地區	0.021	0.006 – 0.042	0.029	11
(2)北極地區	0.010	-	n. a.	1
(3)都會區/排放源附近	0.185	0.023 – 0.074	0.361	6

資料來源：Atmospheric mercury in the Great somky mountains compared to regional and global levels，Ralph J. Valente, Catherine Shea, K. Lynn Humes, Roger L. Tanner, 2007

(二) 其他重金屬(粒狀物形態之重金屬)

1. 本計畫歷年監測結果

本工作團隊歷年針對大氣中以粒狀物形態存在重金屬監測項目包含鋁、砷、鉍、鉍、鎘、鉻、銅、鐵、鎂、錳、鎳、鉛、硒、鈷、銻、鋅、釩及 99 年度起加入之六價鉻，執行方式係每半年監測一次，監測方法則是依照環檢所公告方式執行。目前國際間對環境空氣重金屬僅歐盟有公告鉛、鎘、鉍、鎳等四項環境基準值(年平均値)，但與我國採樣方法不盡相同，無法進行比較。由於監測數據項目繁多，摘錄鉛、鎘、鉍、鎳等四項進行分析。

彙整自 96 年度起歷年來環境空氣重金屬監測結果如表 15，各項重金屬、各測站年平均濃度砷濃度範圍 0.52 ~ 4.44 ng/m³，鎘濃度範圍 0.04 ~ 1.38 ng/m³，鎳濃度範圍 0.86 ~ 9.73 ng/m³，鉛濃度範圍 5.35 ~ 60.0 ng/m³。從濃度值來看，大致上是以北部地區重金屬濃度較低，各重金屬濃度以鎘最低。另彙整歷年監測結果單次濃度最高、最低及平均值整理如表 16。

分析歷年各項重金屬監測值與 PM_{10} 相關性如圖 6 ~ 圖 9，從數據發現，當 PM_{10} 濃度較高時，一般重金屬濃度也會較高，顯見重金屬濃度高低與 PM_{10} 濃度有良好相關性。

表 15 2007~2011 年台灣地區重金屬監測年平均値彙整表

測站名稱	監測濃度	砷(ng/m^3)	鎘(ng/m^3)	鎳(ng/m^3)	鉛(ng/m^3)
歐盟環境基準值(年平均値，僅供參考用)		6.0	5.0	20.0	500
台北市松山站	年平均値	0.52 ~ 1.63	0.09 ~ 0.29	1.24 ~ 6.08	6.39 ~ 13.9
新竹市東門站	年平均値	0.91 ~ 2.81	0.18 ~ 0.88	2.98 ~ 7.92	9.03 ~ 30.9
台中市大里站	年平均値	1.79 ~ 3.18	0.31 ~ 1.38	2.42 ~ 9.06	22.0 ~ 54.0
雲林縣崙背站	年平均値	1.68 ~ 3.85	0.30 ~ 1.03	4.38 ~ 6.82	15.6 ~ 38.4
嘉義市興嘉站	年平均値	0.87 ~ 2.44	0.23 ~ 0.53	1.02 ~ 7.08	17.1 ~ 33.9
台南市新營站	年平均値	1.36 ~ 3.32	0.07 ~ 0.41	0.96 ~ 5.82	10.0 ~ 29.1
高雄市楠梓站	年平均値	1.29 ~ 1.91	0.29 ~ 0.68	2.90 ~ 9.73	12.4 ~ 60.0
宜蘭縣冬山站	年平均値	0.95 ~ 4.44	0.04 ~ 0.96	0.86 ~ 3.37	5.35 ~ 47.2
花蓮縣中正站	年平均値	1.05 ~ 2.86	0.10 ~ 0.67	1.65 ~ 2.26	6.02 ~ 27.9

註：2009 年僅有一筆數據，不納入年平均値計算。

表 16 2007~2011 年台灣地區重金屬監測結果彙整表

測站名稱	監測濃度	砷 (ng/m^3)	鎘 (ng/m^3)	鎳 (ng/m^3)	鉛 (ng/m^3)	PM_{10} ($\mu g/m^3$)
台北市 松山站	最大值	2.30	0.44	7.37	19.4	48
	最小値	0.43	0.07	0.33	5.19	17
	平均値	1.00	0.19	3.53	11.6	30
新竹市 東門站	最大值	3.69	1.29	9.42	43.5	56
	最小値	0.71	0.11	2.13	8.06	23
	平均値	1.56	0.49	5.52	21.7	38
台中市 大里站	最大值	5.46	2.02	12.9	75.1	134
	最小値	0.90	0.01	1.81	11.2	23
	平均値	2.48	0.75	6.46	37.4	70
雲林縣 崙背站	最大值	5.59	1.45	9.65	47.1	129
	最小値	1.26	0.25	2.62	10.6	49
	平均値	2.84	0.67	5.61	28.3	82
嘉義市 興嘉站	最大值	3.88	0.67	7.14	49.7	107
	最小値	0.30	0.14	0.07	11.0	30
	平均値	2.11	0.39	4.29	24.8	64
台南市 新營站	最大值	4.29	0.57	8.27	37.8	94
	最小値	0.80	0.01	0.01	8.72	16
	平均値	2.13	0.30	3.80	17.9	60
高雄市 楠梓站	最大值	4.43	1.35	13.38	83.3	130
	最小値	0.58	0.01	1.72	9.65	21
	平均値	1.88	0.55	6.74	31.1	66
宜蘭縣 冬山站	最大值	6.89	1.49	3.77	73.8	73
	最小値	0.28	0.01	0.01	1.76	9
	平均値	1.80	0.30	2.01	18.5	32
花蓮縣 中正站	最大值	3.97	0.92	3.16	41.7	47
	最小値	0.42	0.01	1.12	3.18	11.5
	平均値	1.50	0.27	1.88	11.3	29.0

資料來源：本計畫彙整歷年監測結果

分析歷年各項重金屬監測值與 PM_{10} 相關性如圖 5 ~ 圖 8，從數據發現，當 PM_{10} 濃度較高時，一般重金屬濃度也會較高，顯見重金屬濃度高低與 PM_{10} 濃度有良好相關性。

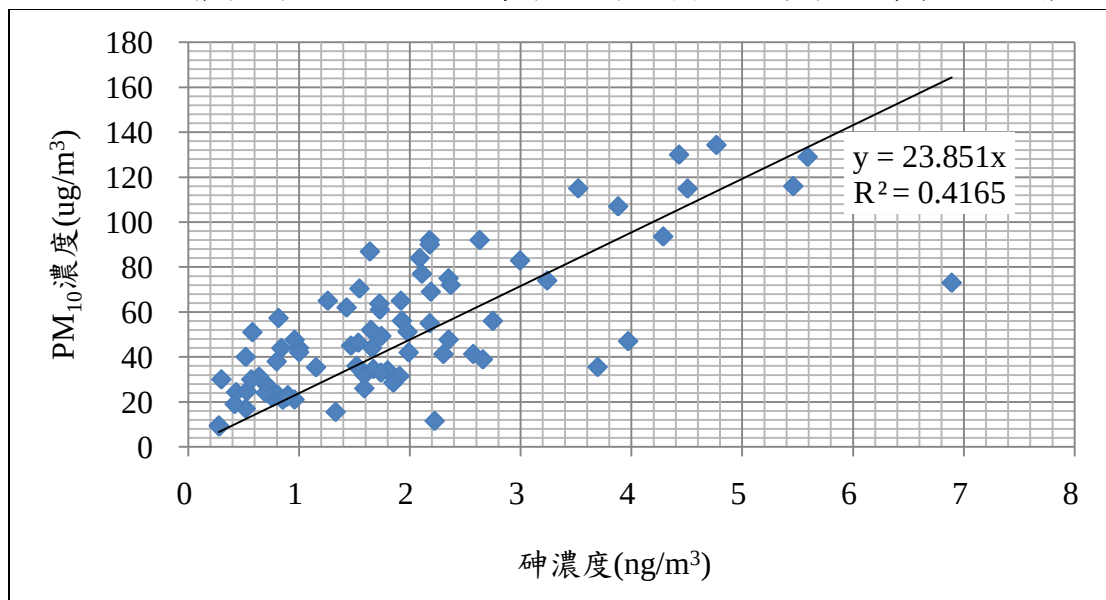


圖 6 歷年環境空氣砷濃度與 PM_{10} 相關性探討分析

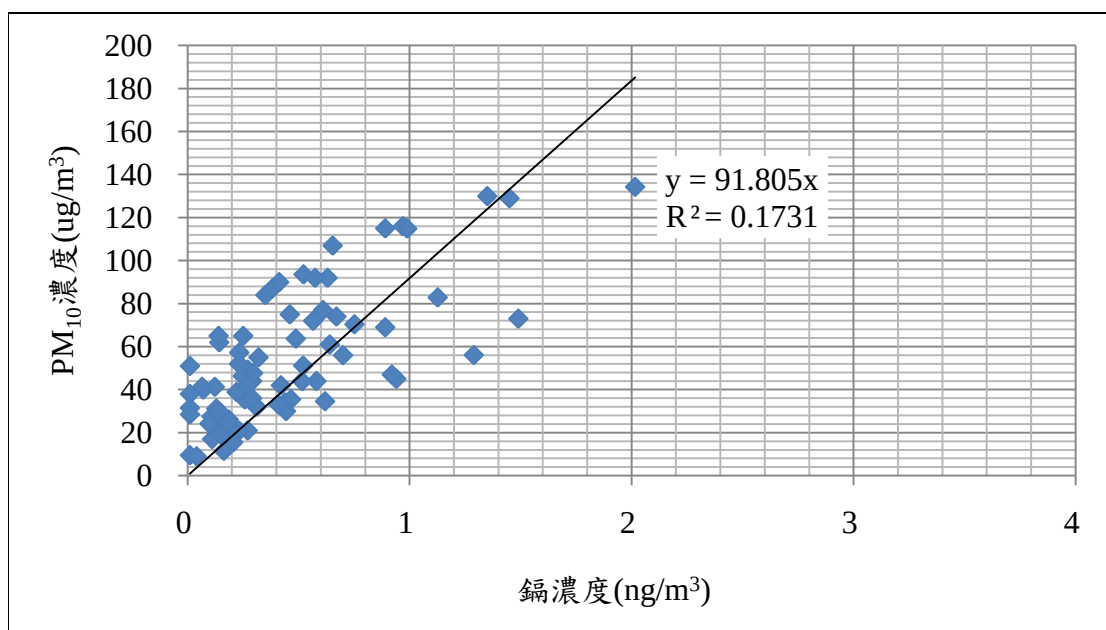


圖 7 歷年環境空氣鎘濃度與 PM_{10} 相關性探討分析

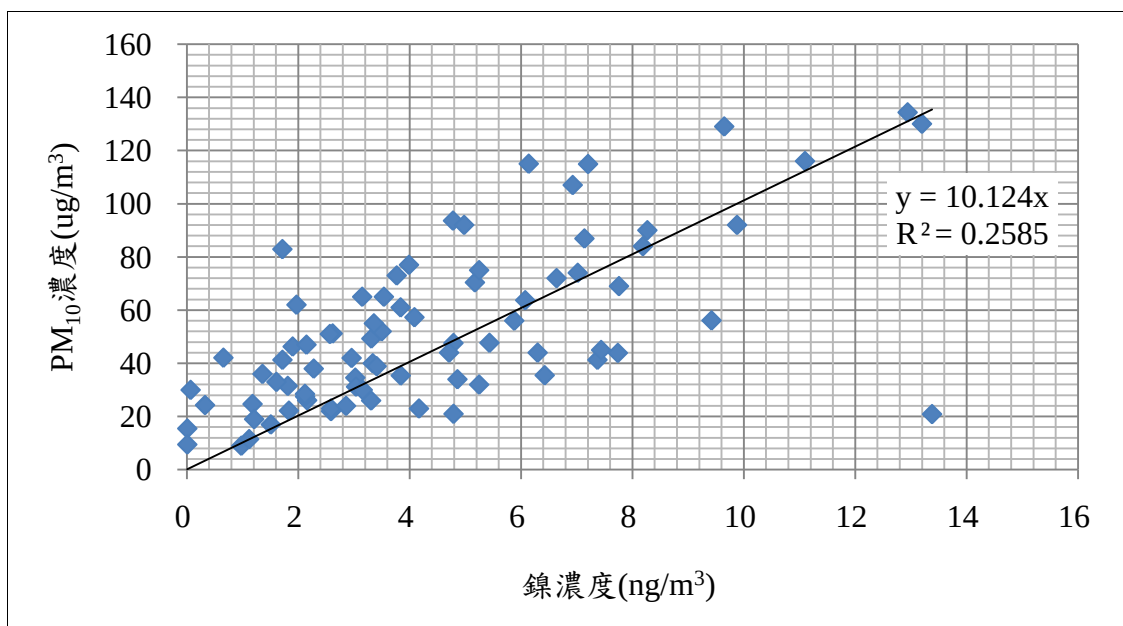


圖 8 歷年環境空氣鎳濃度與 PM₁₀ 相關性探討分析

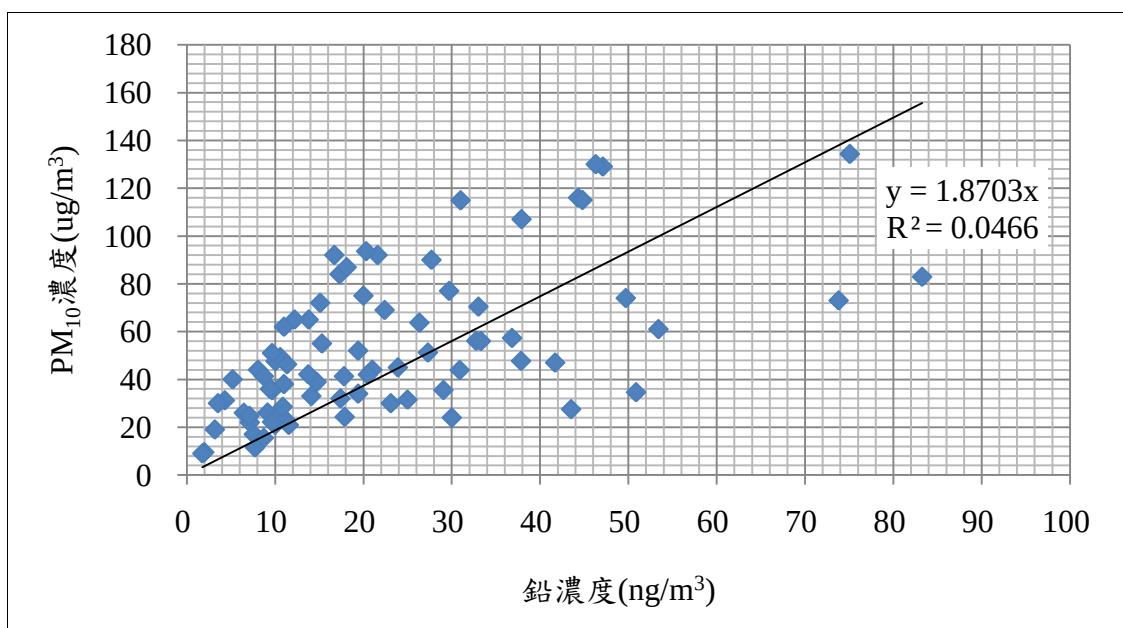


圖 9 歷年環境空氣鉛濃度與 PM₁₀ 相關性探討分析

2. 環境檢驗所監測結果

為進一步瞭解國內大氣其他重金屬現況，環檢所於 2010 年執行台中以南地區空氣中粒狀物元素含量調查，共選定台中、南投、彰化、雲林、嘉義、台南、高雄、屏東及花東等地區 10 個縣市 47 個採樣點，每個採樣點於夏季及冬季各以高流量採樣器連續採樣 24 小時，採取 PM₁₀ 樣品，進行 Be、Al、V、Cr、Mn、Co、Ni、Cu、Zn、As、Se、Ag、Cd、Ba、Th、Tl、Pb 及 Sb 等 18 種重金屬含量分析，摘要其監測結果如表 17 所示。

依據該計畫調查數據顯示，以重金屬鎳來說，高雄橋頭測站、林園工業區、潮寮國小濃度較為偏高；砷及鎘以台南科學園區濃度較高，顯示有區域性污染排放源造成濃度有較高趨勢，值得持續追蹤。

環境檢驗所研究結論如下：

- (1) 砷、鎘、鎳、鉛等空氣中粒狀物元素項目，檢測平均值均(二次)仍符合歐盟標準，但我國空氣中粒狀物元素含量錳、鎳、銅、鋅、砷、鎘、鉛、硒等檢測年平均値較英國及澳洲高，可能與我們人口密集，人為污染貢獻量較大有關。
- (2) 最大值大都位於高雄地區及台南科學園區等採樣點，此與高雄、台南地區臨近工業區，工業活動對空氣中元素含量貢獻量可能有正相關，建議未來可進一步調查研究。
- (3) 高雄橋頭採樣點 PM₁₀、錳、銅、鋅、砷、硒、鎘、鉍、銻及鉛等檢測平均值除高於鹿林山背景站、屏東恆春公園站外，亦高於其他縣市普通測站，其背景站之設置功能是否與當初設置功能相同宜再評估。

表 17 環檢所 2011 年環境空氣中粒狀物元素含量檢測結果(1/2)

(單位 PM₁₀：μg/m³，其他：ng/m³)

採樣地點	型態	PM ₁₀	鉍	鋁	鈮	鉻	錳	鈷	鎳
台中沙鹿國中	普通	32.9	0.01	584	7.86	5.30	22.3	0.34	7.78
台中縣環保局	普通	35.7	0.01	763	7.35	6.02	30.2	0.39	7.60
南投康壽國小	普通	39.6	0.0	901	7.42	5.05	18.4	0.34	9.01
彰化忠孝國小	普通	39.5	0.02	632	10.6	6.25	21.0	0.48	10.8
彰化萬合國小	普通	40.0	0.01	970	10.4	5.48	10.4	0.24	8.60
雲林崙背國中	普通	56.2	0.02	650	11.9	3.72	18.2	0.37	8.43
嘉義嘉興國小	普通	52.7	0.02	652	6.16	5.03	31.8	0.61	9.38
台南亞蔬中心	普通	51.5	0.02	852	10.4	13.3	31.7	0.59	14.0
台南烏山頭水場	普通	71.0	0.03	1038	16.0	7.51	33.4	0.40	10.5
台南安順國小	普通	70.4	0.04	845	14.9	17.0	31.0	0.74	13.9
高雄復興國小	普通	40.9	0.03	557	17.0	8.46	23.0	0.47	13.3
台東關山圖書	普通	24.8	0.01	186	1.21	0.42	4.00	0.22	2.03
台東水母水場	普通	22.0	0.0	28.5	2.46	0.33	1.51	0.03	1.46
花蓮中正國小	普通	23.2	0.0	157	2.95	0.16	3.44	0.20	1.72
彰化線西國中	工業	27.6	0.0	632	8.21	2.80	13.8	0.30	7.67
雲林台西圖書館	工業	51.6	0.04	1244	15.0	4.14	20.4	0.54	9.72
台南科學園區	工業	105	0.06	1695	11.4	18.5	57.0	0.87	15.2
高雄林園工業區	工業	63.0	0.04	1018	14.6	10.6	38.3	1.18	21.1
高雄潮寮國小	工業	86.2	0.04	1106	10.4	14.5	71.8	0.82	18.5
花蓮和平工業區	工業	43.7	0.02	1063	5.7	3.64	19.0	0.64	6.86
鳳山曹公國小	交通	69.4	0.05	1126	12.3	39.4	44.1	0.40	14.9
屏東恆春	公園	20.7	0.0	218	6.30	0.96	4.76	0.12	4.24
高雄橋頭	背景	56.0	0.03	1073	11.2	17.7	33.8	0.66	28.6
鹿林山	背景	7.7	0.0	0.0	0.72	0.77	1.36	0.04	1.02
我國空氣品質標準（月平均）									
歐盟環境品質基準(年平均)									20
英國 2008 年平均值（年平均）					2.02	3.54			3.21
澳洲 2008 年平均值（年平均）					2.6			0.19	3.5

資料來源：台中以南地區空氣中粒狀物元素含量調查研究，環保署環境檢驗所：巫月春、曹國田、程惠生、陳重方、賴金郎、黃星榜、陳滄欽、蘇育德

表 17 環檢所 2011 年環境空氣中粒狀物元素含量檢測結果(2/2)

(單位 PM₁₀：μg/m³，其他：ng/m³)

採樣地點	型態	銅	鋅	砷	硒	鉍	鎘	鉛	銻
台中沙鹿國中	普通	41.2	149	0.70	0.72	0.07	0.51	18.1	9.4
台中縣環保局	普通	116	115	0.86	0.84	0.04	0.52	19.8	4.66
南投康壽國小	普通	20.9	99.4	1.30	0.74	0.04	0.37	17.3	1.60
彰化忠孝國小	普通	50.0	150	0.92	0.94	0.04	0.58	18.7	4.08
彰化萬合國小	普通	14.3	245	1.56	0.64	0.03	0.40	14.2	1.22
雲林崙背國中	普通	30.2	41.2	1.36	1.66	0.08	0.64	31.6	2.24
嘉義嘉興國小	普通	49.0	167	1.38	1.12	0.07	1.16	47.5	2.72
台南亞蔬中心	普通	46.7	250	2.56	1.78	0.12	0.65	34.8	3.57
台南烏山頭水場	普通	47.5	107	1.44	1.32	0.08	0.49	21.0	1.40
台南安順國小	普通	27.1	190	1.82	1.57	0.12	0.63	35.6	2.84
高雄復興國小	普通	56.4	117	0.90	0.90	0.52	0.52	23.1	2.42
台東關山圖書	普通	23.8	28.0	0.10	0.14	0.01	0.11	2.20	0.18
台東水母水場	普通	12.2	16.6	0.26	0.23	0.02	0.08	2.41	0.14
花蓮中正國小	普通	29.7	21.8	0.62	0.48	0.11	0.26	4.78	0.47
彰化線西國中	工業	34.6	196	1.02	0.59	0.04	0.66	20.2	1.42
雲林台西圖書館	工業	25.2	107	1.53	2.46	0.10	0.46	16.6	1.82
台南科學園區	工業	52.6	350	3.70	3.45	0.23	4.07	59.6	3.68
高雄林園工業區	工業	27.2	156	1.87	1.88	0.21	1.12	33.9	3.76
高雄潮寮國小	工業	48.7	257	2.64	2.85	0.18	1.48	66.8	3.54
花蓮和平工業區	工業	45.6	49.6	0.74	0.53	1.00	0.86	7.00	0.74
鳳山曹公國小	交通	96.2	154	1.68	1.46	0.09	0.72	31.4	2.04
屏東恆春	公園	14.5	33.0	0.28	0.58	0.03	0.14	5.76	0.28
高雄橋頭	背景	32.2	238	2.62	1.61	0.18	1.24	37.4	2.86
鹿林山	背景	11.0	22.7	0.08	0.13	0.01	0.07	2.44	0.14
我國空氣品質標準（月平均）								1000	
歐盟環境品質基準(年平均)				6.0			5.0	500	
英國 2008 年平均値（年平均）		15.6	71.8	0.63			0.34	16.0	
澳洲 2008 年平均値（年平均）		8.2	33.0	0.60	0.2		0.17	30.0	

資料來源： 台中以南地區空氣中粒狀物元素含量調查研究，環保署環境檢驗所：巫月春、曹國田、程惠生、陳重方、賴金郎、黃星榜、陳滄欽、蘇育德

二、其他國家監測結果資料蒐集

(一) Seasonal variation of heavy metals in ambient air and precipitation at a single site in Washington, DC, 2008

美國 Howard University 化學系於 2007 年針對美國 Washington, DC 進行大氣環境空氣重金屬及濕沉降(wet deposition)監測，相關監測結果於 2008 年發表在 Environmental Pollution “Seasonal variation of heavy metals in ambient air and precipitation at a single site in Washington, DC”；該監測地點屬於都會區，該地區主要固定源(電廠、工業鍋爐、焚化爐及住宅取暖設施)及交通源。基於採樣安全性、避免樣品污染及代表性等多方因素考量後，該研究計畫選定 Howard University 位於 Washington, DC 校園內為監測地點，選定大氣環境空氣及濕沉降兩項為調查因子，重金屬部分則以選訂砷、鎘、鉻及鉛等四項重金屬為本研究調查對象。

其中大氣環境空氣部份，採樣期間從 2006 年 7 月~2007 年 1 月，連續達 7 個月，每一樣品連續採樣 6 天，使用 multi-stage cyclone impactor 採樣器；濕沉降(wet deposition)部分採樣期間從 2006 年 1 月~2007 年 1 月，連續時間長達一年，同樣是每 6 天採集一個樣品。

監測結果顯示，重金屬砷濃度介於 $0.800 \sim 15.7 \text{ ng/m}^3$ 、重金屬鎘濃度介於 $1.50 \sim 30.0 \text{ ng/m}^3$ 、重金屬鉻濃度介於 $16.8 \sim 112 \text{ ng/m}^3$ 、重金屬鉛濃度介於 $2.90 \sim 137 \text{ ng/m}^3$ ，各季別監測結果整理如表 1 所示；重金屬濃度以鉻最高，其中較為特殊部份，重金屬濃度以夏季最高(台灣地區以秋、冬季較高，與擴散條件有關)，如果以歐盟環境基準值做比較發現，重金屬鎘大氣濃度超過歐盟環境基準值。

表 18 Washingyom, DC 不同季別重金屬監測濃度值

重金屬 項目	砷(As)		鎘(Cd)		鉻(Cr)		鉛(Pb)	
	大氣 (ng/m ³)	濕沉降 (μg/l)	大氣 (ng/m ³)	濕沉降 (μg/l)	大氣 (ng/m ³)	濕沉降 (μg/l)	大氣 (ng/m ³)	濕沉降 (μg/l)
冬季 監測值	5.50±0.46 (0.69)	0.33±0.22 (0.26)	4.61±0.27 (0.31)	0.40±0.20 (0.24)	60.6±2.1 (2.9)	0.69±0.57 (0.78)	5.7±1.5 (2.2)	1.12±0.70 (1.16)
春季 監測值	-	0.34±0.11 (0.13)	-	0.27±0.26 (0.33)	-	0.98±0.74 (1.0)	-	1.41±0.92 (1.07)
夏季 監測值	11.1±6.7 (8.3)	0.60±0.50 (0.58)	6.25±3.53 (4.2)	0.32±0.39 (0.47)	51.0±20.5 (26.9)	1.12±1.0 (1.58)	103±55.3 (65.5)	1.20±0.79 (1.09)
秋季 監測值	4.2±2.0 (2.4)	0.25±0.16 (0.18)	7.1±2.8 (4.26)	1.1±1.2 (1.5)	50.3±18.3 (20.9)	0.52±0.45 (0.70)	30.9±19.6 (23.6)	0.33±0.25 (0.36)
平均值	5.7±2.9	0.35±0.21	6.5±2.6	0.59±0.68	52.3±16.7	0.80±0.74	39.5±32.4	0.89±0.75
歐盟環境 基準值	6.0		5.0				500	

註：()內數值代表變異值

資料來源：Seasonal variation of heavy metals in ambient air and precipitation at a single site in Washingyom, DC, Samuel Melaku, Vernon Morris, Dharmaraj Raghavan, Charles Hosten, 155(2008)88-98