

行政院國家科學委員會專題研究計劃成果報告
都市垃圾焚化爐及移動污染源對大氣中重金屬之相對貢獻量研究

計畫編號：NSC 87-2621-P-002-024

執行期限：86年8月1日 至 87年7月31日

計畫主持人：鄭福田 教授 台灣大學環境工程學研究所
劉希平 副教授 輔仁大學公共衛生學系

一、中文摘要：

本研究著重於燃燒不完全之多環芳香族碳氫化合物(polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)為主,造成潛在健康影響外,如果排放源附近農業生產之產品品質亦值得懷疑,必須詳加檢測,以防止焚化爐之排放污染物進入食物鏈,進而間接影響人體健康。雖然這些有機化合物在大氣中較易參與光化作用和衰變,但仍不失為固定污染源之重要污染指標化合物。分析之目標PAH苯環數自2環之naphthalene至6環之benzo[ghi]perylene,分析樣本將氣體樣本分為濾紙攔截之固相和吸附劑吸附之氣相PAH,採樣地點為台中垃圾焚化爐附近區域之上下風處,採樣點包括中區職訓中心、文山國小、大忠國小、神召神學院、瑞峰國小及焚化爐廠區等六點。

研究結果顯示焚化爐煙道廢氣中之PAH濃度高達 2 ug/m^3 ,但主要之PAH種類為四環以下之PAH,例如phenanthrene、fluoranthene及pyrene,顯示垃圾焚化過程並未產生高環數之PAH。經由周圍環境採樣點之分析結果顯示PAH濃度約在 0.1 至 4 ng/m^3 ,主要PAH物種為高環數之PAH,例如benzo[b,k]fluoranthene及benzo[ghi]perylene。經由統計變異性分析

(ANOVA)後,其焚化爐廢氣與周圍目標點之空氣品質並無明顯之相關性,因此都市垃圾焚化爐周圍環境之不完全燃燒碳氫化合物可能主要由交通車輛之廢氣或其他工商業鍋爐燃燒所造成之結果。

關鍵詞：多環芳香族碳氫化合物、垃圾焚化爐、風險評估

Abstract

The predominant pollution chemicals associated with solid waste incinerators are air pollutants, such as heavy metals, dioxins, nitrous oxide, carbon monoxide, etc. Though numerous pollution control techniques can be applied to minimize the pollution emission, the emission from incinerator stack should not be neglected. Some of hazardous air pollutants (HAPs) have been regarded as probable chemicals that induce human health problems. This research chooses PAHs (polycyclic aromatic hydrocarbons, such as phenanthrene, pyrene, chrysene and benzo[a]pyrene) as target chemicals. The health risk assessment associated with these chemicals should be further discussed for the purpose of ensuring the living quality in the neighborhood of a specific pollution source.

This study investigated PAHs emission from a solid waste incinerator and the PAH distribution patterns at the target neighborhood area. The main purpose was to evaluate the target pollutant contribution from the incinerator to the surrounding environment.

The analyzed PAH compounds include 2 benzene ring naphthalene up to 6 benzene ring benzo[ghi]perylene. Each air sample was separated into filter-retained particulate phase and adsorbent-trapped gas phase. The PAH results from the incinerator stack test and the ambient air samples were then compared. The result indicated that the PAHs from the solid waste incinerator was not significant to the surrounding area. The possible PAHs sources include transportation vehicle exhaust and other burning processes.

Keywords: PAHs, solid waste incinerator, risk assessment, hazardous air pollutants.

二、緣由與目的

目前政府推廣垃圾焚化爐之最大阻力是焚化爐預定地之民眾反對聲浪，反對聲浪之背後為對於焚化爐煙囪排放之有毒物質對人體之健康影響。為了確實達到推廣垃圾焚化爐和保障附近住家居民之空氣品質，環保署陸續委託學術機關、研究單位與工程顧問公司研擬焚化爐空氣污染物污染控制技術、排放標準及作業規範等相關研究(工研院化工所，79年；康城工程顧問公司，83與84年)。

雖然空氣污染防治設備之相關技術與

資訊已相當完備(Wark, 1981, Cooper, 1986)，台灣地區固定污染源之排放標準亦持續在檢討修正中(鄭福田，民國83年)，然而實際焚化爐煙囪排氣控制設備之效率仰賴實際測試工作之查核，根據實際焚化爐之操作記錄，常規之檢測仍有待加強。此外，民眾一直存疑的是焚化爐之廢氣是否對附近居民造成健康威脅，此點也是許多地區不願意接受垃圾焚化爐在居家、學校或是日常活動範圍附近之主要原因。

鑑於垃圾焚化爐是未來台灣地區處理固體廢棄物之最主要方法，因此建立嚴格之煙道排放標準，應是最佳方法。然而嚴格之排放標準應建立在合理之健康風險上，風險評估技術在歐美各國已逐步檢討及應用(Sage, 1980)，期待能建立合乎環保要求和最少影響人民健康情況下，制定政府與民眾均可接受之政策與方式。

然而台灣地區焚化爐之煙道排氣檢測工作與周界空氣品質之關連性在過去並未確實監測，更無法藉由推估有害空氣污染物對人體之致癌風險來修正焚化爐煙囪空氣污染物之排放標準，因此本研究希望能以HAPs做一個示範研究，經由各方面之檢測與收集資料，探討垃圾焚化爐和其周圍可能存在之HAPs污染源所造成之關連性，作為未來管制固定污染源之依據。

三、實驗方法及材料

本研究主要調查空氣中附著於懸浮微粒(固相)及存在於氣體狀態(氣相)之PAHs，所以主要之採樣裝置為同時採取空氣中固氣相之PS-1採樣器。PS-1之採流量設定於200lpm，每次採樣前均以孔口流

量計測試其不同水柱高度之流量，製作採樣風量及抽氣流量之檢量線，採樣前後均紀錄其壓差，作為估算其全程採樣流量之依據。濾紙為直徑為90mm之石英纖維濾紙（Gelman QFF, Pallflex Co. Putnam, CT），主要之作用為捕捉通過濾紙氣體中之懸浮微粒。濾紙後方設有PUF-XAD16-PUF(PXP)吸附劑，PXP吸附劑可有效地吸附氣體中之PAHs，如此可充分地分析出採樣過程中氣體樣本中氣固相之PAHs。

Gelman石英纖維濾紙之準備過程為450°C高溫前處理及穩定秤重，PXP之準備過程丙酮、正己烷、丙酮及二氯甲烷連續24小時以上之Soxhlet萃取，萃取後並以真空乾燥箱乾燥吸附劑中之有機溶劑。

PAH之萃取過程亦分為石英纖維濾紙萃取及PXP Soxhlet萃取等兩個步驟，在萃取過程前在所有樣本內均添加入重氫PAHs作為實驗回收率測試之用。石英纖維濾紙萃取是採用超音波震盪萃取，PXP Soxhlet萃取則以正己烷與二氯甲烷（1：1）循環萃取24小時以上，萃取、濃縮後以GC/MS分析。

四、結果與討論

首先針對垃圾焚化爐之煙道測試進行比對工作，研究過程發現台中焚化爐經由代檢業進行之煙道檢測結果有極嚴重之偏差。由於煙道流速之量測錯誤，導致流量及排放量計算錯誤，除了可能影響台中焚化爐之固定污染源申報資料錯誤外，更可能造成研究空氣品質擴散模式之錯誤。

本研究共計採集台中焚化爐煙道排氣兩次，一次為86年冬季，另一次為87年春

季。由於共有三根煙道，因此採區隨機採樣，每次任選兩根煙道進行檢測，每次共採取5至6組樣本，各分為固體及氣體樣本，而後進行PAH分析。煙道排氣之特性穩定，並未因季節而變化，排氣溫度約為攝氏160度，含氧率為10%，含水率為6-17%，氣體比重約為0.8，排氣流速為10-12m/sec，乾基排氣量約在900至1000 Nm³/min。其中變化較大的項目為含水率，可能之影響原因為垃圾中之水份及成份變異性較大。PAH於煙道排氣之分佈情形如圖1所示，主要之PAH物種為二環之naphthalene、三環之phenanthrene、四環之fluoranthene及pyrene等，濃度分佈多半為2-11 ug/m³，占煙道排氣粒狀物總重之0.05%以下。雖然有高環數之PAH存在，但其濃度相當低，檢測樣本數中發現之頻率亦不高，應可忽略其影響。由此結果判斷垃圾焚化過程產生之PAH量不大，而且多半分佈於低環數之物種，其對人體之危害性較低。因此單就垃圾焚化爐燃燒排放之PAH來看，其對於周圍環境之影響應不大。

垃圾焚化爐周圍環境之分佈主要考量因素為以焚化爐為中心，以可能風場之上下風處作為設立採樣點之考量。除了焚化廠外，採樣點分別為中區職訓中心、文山國小、大忠國小、神召神學院及瑞峰國小等。採樣次數共計三次，其中一次為配合焚化爐歲修停爐期間，進行之背景濃度檢測。圖2顯示典型PAH濃度及物種分佈圖，PAH濃度約在0.1至4 ng/m³之間，PAH分佈情形極為類似，其中最主要之PAH均為五環之benzo[b,k]fluoranthene。與焚化爐排氣

中PAH不同之處為周圍環境主要PAH均為高環數之PAH，而且多半存在於固相。經由統計變異性分析(ANOVA)後，其焚化爐廢氣與周圍目標點之空氣品質並無明顯之相關性，因此都市垃圾焚化爐周圍環境之不完全燃燒碳氫化合物可能主要由交通車輛之廢氣或其他工商業鍋爐燃燒所造成之結果。

五、計畫成果自評

- 1.經由實際垃圾焚化爐之煙道檢測，發現過去代檢業之檢測缺失，並以發表相關成果於環境檢驗通訊雜誌，除詳細檢討煙道檢測之基本原理外，並針對可能發生之錯誤進行頗析及建議，希望能藉由此計畫提昇國內環境檢測業之分析品質。本研究已發表相關結果於環境檢驗通訊雜誌第20及21期。
- 2.經由垃圾焚化爐煙道排氣及周圍環境採樣之PAH分析結果來判斷，焚化爐主要排放圍氣相低環數之PAH，濃度約為2-11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。而周圍環境之PAH則為1 ng/m^3 固相高環數之PAH，因此兩者之關連性極低，焚化爐排放之廢氣造成方圓2公里範圍內之空氣品質影響不大。
- 3.本計畫之缺點為無法收集到現階段台灣地區汽機車、柴油車等排氣中PAH資料作為推估移動污染源貢獻於環境中PAH之數量，但依據本計畫之初步結果，移動污染源之PAH應是一般環境中PAH最主要之來源。

六、參考文獻

工業技術研究院化學工業研究所 (民國79

年)「焚化爐業空氣污染物排放標準作業規範稽查手冊研訂計畫」，行政院環保署委託計畫：，民國79年6月。

鄭福田 (民國83年)「固定污染源空氣污染物排放標準檢討修正之研究」，行政院環保署委託研究計畫，民國83年6月。

Cooper, C.D. and Alley, F.C. (1986) "Air Pollution Control: A design approach", Editors: Cooper, C.D. and Alley, F.C., PWS Engineering, Boston.

Sage, A.P. and White, E.B. (1980) "Methodologies for risk and hazard assessment: A survey and status report", IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics, SMC, Vol. 10, No. 8, pp. 425-445.

Tchobanoglous, G.; Theisen, H. and Eliassen, R. (1977) "Solid waste:engineering principles and management issues", editors: Tchobanoglous, G.; Theisen, H. and Eliassen, R.

Wark, K. and Warner, C.F. (1981) "Air Pollution: Its origin and control", Editors: Wark, K. and Warner, C.F., Harper & Row Publishers, New York.

圖1. 垃圾焚化爐煙道排氣中PAH之氣固相濃度分布狀況
(柱形圖上方較淡者為氣相，下方顏色較深者為固相)

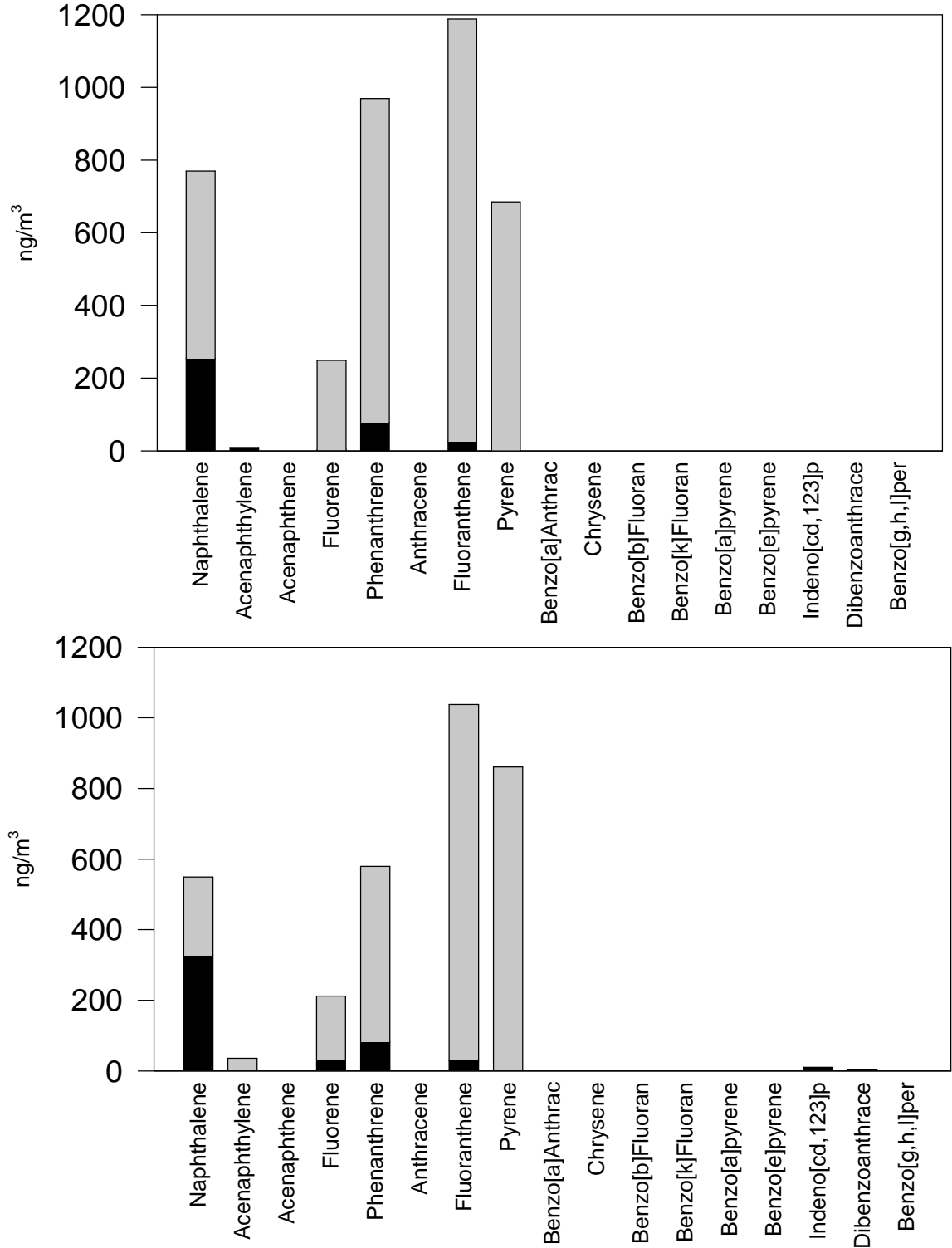


圖2. 垃圾焚化爐周圍環境空氣中PAH之氣固向濃度分布狀況
(柱形圖上方較淡者為氣相，下方顏色較深者為固相)

