

台灣麥寮地區大氣中懸浮微粒化學組成之探討

魏致中¹ 陳宛青² 王秋森³

本研究的主要目的乃在測量六輕石化廠未運轉前麥寮地區大氣中懸浮微粒的質量濃度及化學組成。此種大氣中微粒的背景值，在未來六輕石化廠運轉後，可用於評估其污染程度及對當地居民之健康影響，對於污染控制因應對策之規劃亦應有所幫助。

麥寮地區大氣中懸浮微粒的採樣於1992年11月、1993年2月、5月、8月、11月及12月在彰化縣大城國中、雲林縣臺西衛生所及麥寮衛生所使用微孔均勻沉積衝擊器(MOUDI™)及分道採樣器進行，每季密集採樣歷時3-7天，每個樣本採24hr。化學組成分析包括以X射線螢光分析儀進行20種元素分析，以元素分析儀進行元素碳(EC)和有機碳(OC)的分析。

採樣和稱重的結果顯示，麥寮地區大多數的懸浮微粒樣本細粒徑(氣動直徑 $<2.5\ \mu\text{m}$)濃度範圍介於 $10\text{--}50\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，粗粒徑($2.5<\text{氣動直徑}<10\ \mu\text{m}$)介於 $15\text{--}45\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，均較台北都會區低。由於三個採樣點距離都在25km以內，細粒徑或粗粒徑懸浮微粒樣本的質量濃度數據顯示，不同採樣日之變異較不同採樣點間的變異情形顯著。X射線螢光分析儀分析結果顯示，在細粒徑中含量較高的元素為S、Cl、K、Si、Zn、Ca和Fe，在粗粒徑中則以Si、Cl、Al、Fe、Ca、K和S較高。EC和OC的質量濃度，在不同採樣日及不同採樣地點間變異相當大；EC的質量濃度變異範圍，在細粒徑從低於偵測極限到 $10.7\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，粗粒徑則從低於偵測極限到 $3.29\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；OC的質量濃度，在細粒徑為 $0.01\text{--}10.5\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，在粗粒徑則為 $0.17\text{--}6.76\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，均較台北都會區為低。(中華衛誌 1996; 15(2): 124-133)

關鍵字：懸浮微粒；化學組成；X射線螢光分析儀。

前 言

大型工業區可能引起嚴重的空氣污染。如果在一個原來沒有顯著污染的地區內興建一個大規模的石化工業區，其可能帶來的懸浮微粒、揮發性有機化合物、二氧化硫、氮

氧化物、一氧化碳及二次形成的污染物，將是當地居民關切的問題。已在雲林縣麥寮鄉開始興建的六輕石化工業區便是一例。

六輕石化工業區的營建工程已自1993年5月開始動工，最先開始的是周邊道路的拓寬工程。本研究中所指的麥寮地區包括彰化縣大城鄉、雲林縣麥寮鄉及台西鄉，這三個地區南北相連，位於台灣的中部海濱。本研究在此地區測量大氣中懸浮微粒之質量濃度及其化學組成，並進一步探討化學元素的季節變化與來源，這些數據可做為此地區的背景值，供未來石化廠運轉後比較，對空氣污染控制策略的擬定應有所幫助。

¹工業技術研究院工業安全衛生技術發展中心

²台灣大學公共衛生研究所

³台灣大學公共衛生學系

聯絡人：王秋森

聯絡地址：台北市仁愛路1段1號1432室

電話：(02)341-0065

傳真：(02)393-2714

收稿日期：83年12月

接受日期：85年1月

材料與方法

為探討麥寮地區大氣中懸浮微粒之質量濃度及其化學組成，乃在此地區選擇彰化縣大城國中、雲林縣麥寮衛生所與台西衛生所三個地點，自 1992 年 11 月起至 1994 年 1 月止，使用微孔均勻沈積衝擊器 (Micro-Orifice Uniform Deposit Impactor, MOUDI™, MSP, Minneapolis, Minnesota)、分道採樣器 (Dichotomous Sampler, Series 240, Andersen, Atlanta, Georgia) 於不同季節進行大氣中懸浮微粒的採樣，每一季節採樣 3-7 天(採樣點的

基本資料見表一)。採樣時係使用鐵氟龍濾紙 (Teflon filter, R2PJ037, Gelman Sciences) 與石英濾紙 (Quartz filter, 2500 QAT, Pallflex)，在採樣前後均經過溫濕度控制、去除靜電等調理後，使用微量天平 (M3P-000V001, Sartorius, Germany) 稱重之。此外，為確保採樣時的品保品管，乃在採樣地點放置一片濾紙作為現場空白 (field blank)，並於 1993 年 12 月 29 日至 1994 年 1 月 3 日在麥寮衛生所放置二台分道採樣器同時進行採樣，作為重複採樣 (duplicate sampling)。

表一 六次密集採樣之日期、地點及使用之採樣器與採樣高度

採樣日期	使用儀器	採樣地點及高度 (m)		
		大城國中	麥寮衛生所	台西衛生所
11/5-11/7/92 2/8-2/10/93	微孔均勻 沈積衝擊器	5.4	8.4	7.1
5/13-5/15/93 8/10-8/16/93 11/12-11/14/93 12/29/93-1/3/94	分道採樣器	5.7	5.4	7.4

鐵氟龍濾紙所採得的懸浮微粒樣本，係委託台電試驗所以X射線螢光分析儀(X-ray Fluorescence Spectrometer, XRF, KeveX 770, Fisons)進行分析，本研究共測定Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, Pb二十種化學元素。

石英濾紙所採集的懸浮微粒樣本保存在 0℃ 以下冰箱內，以減少有機碳 (organic carbon, OC) 的損失。元素碳(elemental carbon, EC) 與總碳(total carbon, TC)的含量係以元素分析儀(Heraeus CHN-O-RAPID)測定。因為同一片濾紙必需分別分析EC與TC，乃將濾紙剪半，各以1/2片分析EC與TC。EC和TC的分析方法甚多[1-5]，Cadle等人[3]曾針對加熱方法、消化、萃取、光學技術等分析方法作一比較，認為消化、萃取、光學技術等分析方法明顯較加熱的分析方法複雜。本研究

使用Cadle等人發展的方法，在溫度 350℃ 加熱30min以分離EC與OC。EC的分析係將採樣所得之1/2片濾紙稱重後，將一半片濾紙放入等速加溫爐中，溫度控制在350℃，加熱30min以蒸發去除OC，經元素分析儀分析，即得EC含量。由於受限於元素分析儀樣本加入入口的口徑大小，僅能放入1/4片濾紙。空白濾紙經同樣步驟分析可得其EC含量。樣本與空白濾紙之差即為濾紙所採集懸浮微粒樣本之EC含量。TC的分析則將採樣所得之濾紙經剪半後的另一半片濾紙稱重後，不經高溫爐處理，再剪為1/4片濾紙稱重後，直接以元素分析儀分析，即可得到TC含量。空白濾紙經同樣步驟分析可得其TC含量。樣本與空白濾紙之差即為濾紙所採集懸浮微粒樣本之TC含量。

由於元素分析儀所附天平之稱重最低極

限為0.03mg，若使用乙醯苯胺(acetanilid, C_8H_9NO ，其中C佔71.1% 質量)製作檢量線，則所能偵測到的最低碳含量為0.021mg。但1/4片濾紙所採到之碳含量一般均低於此值，為克服此問題，乃採用標準品添加法分析。標準品添加法乃在每一樣品內加入已知量的乙醯苯胺作為標準碳，連同濾紙所採得微粒以元素分析儀分析其中的碳含量，測得的碳含量減去所添加乙醯苯胺的碳含量，即得濾紙所採得微粒的碳含量。為確保使用標準品添加法的準確性，以16個不同質量的標準品製作檢量線，其中6個點集中在0.7mg碳含量附近(因為每次分析時乙醯苯胺所添加的量約為0.7mg)，R square必須在0.995以上才接受。

在1992年11月5-7日與1993年2月8-10日採樣時使用MOUDI™為採樣器，後因MOUDI™各階所採得之截取氣動直徑並不包括 $2.5\mu m$ ，且樣本數過多，自1993年5月後乃改用分道採樣器採樣。分道採樣器採樣所得之結果，可得到細粒徑(氣動直徑 $< 2.5\mu m$)與粗粒徑($2.5 < \text{氣動直徑} < 10\mu m$)懸浮微粒之質量濃度。由於MOUDI™各階截取氣動直徑並不包括 $2.5\mu m$ ，為了對採樣點進行各採樣時間懸浮微粒與元素質量濃度的比較，MOUDI™數據處理時除了計算出不同粒徑區間懸浮微粒與元素質量濃度外，再進一步利用Curve Fitting的方式推算粗、細粒徑懸浮微粒與元素質量濃度。濃度推算結果之可信度

係以Curve Fitting之R Square值來判斷，其值在0.95以上才接受。

結 果

一、麥寮地區大氣中懸浮微粒之質量濃度

圖1、2顯示自1992年11月起至1994年1月止各季採樣得到之大氣懸浮微粒質量濃度。大多數樣本的細粒徑懸浮微粒質量濃度介於 $10-50\mu g/m^3$ ；粗粒徑懸浮微粒質量濃度則介於 $15-45\mu g/m^3$ 。且無論粗粒徑或細粒徑懸浮微粒，在同地點不同採樣日之濃度變異情形均較同日之不同採樣點間的變異情形顯著。其原因除氣象因素(如風速、風向)之外，亦可能與地方性(local)污染源有關。由於三個採樣點相距都在25km以內，同日不同採樣點之粗、細粒徑懸浮微粒濃度經one-way ANOVA分析P值均大於0.05，即同日不同採樣點所採懸浮微粒之質量濃度並無統計上的顯著差異。

此外，由圖2可知，自1993年5月後麥寮衛生所粗粒徑氣懸微粒濃度常高於其它兩採樣站，尤以1993年8月最為顯著。另一相關之受體模式研究結果顯示[10]：自1993年5月後麥寮衛生所粗粒徑氣懸微粒之路塵貢獻量明顯高於其它兩採樣站，此可能與1993年5月後麥寮鄉有大規模道路拓建工程開始進行有關，使得路塵對麥寮衛生所粗粒徑懸浮微粒

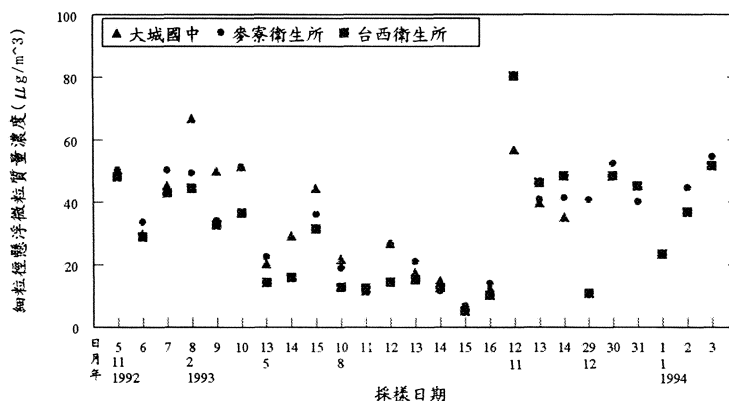


圖1 大城、麥寮、台西三鄉大氣中細粒徑懸浮微粒之質量濃度

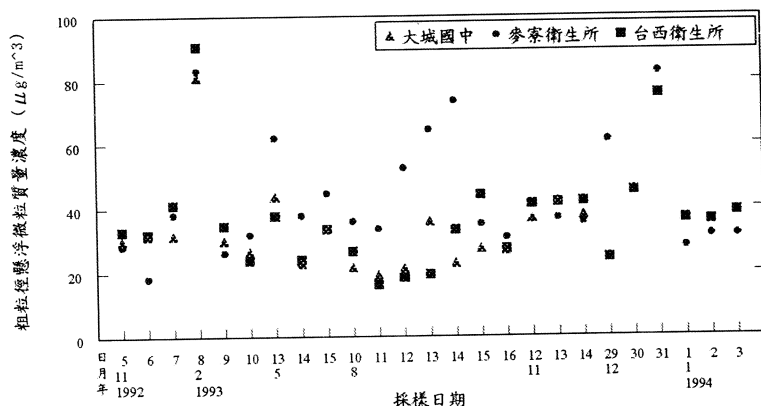


圖2 大城、麥寮、台西三鄉大氣中粗粒徑懸浮微粒之質量濃度

之貢獻量增加。

二、麥寮地區各季節大氣中懸浮微粒經XRF
分析所得之元素質量濃度

表二、三為本研究在麥寮地區進行懸浮

微粒採樣，經稱重及XRF分析所得之各季節
懸浮微粒及主要元素之平均質量濃度。由數
據顯示在各季節含量較高的元素相差不多，
在同一地點不同採樣日之主要元素濃度變異

表二 麥寮地區各季節大氣中細粒徑懸浮微粒與含量較高之元素的平均質量濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

採樣時間	11/5-11/7/92		2/8-2/10/93		5/13-5/15/93	
	平均值*	分布範圍**	平均值	分布範圍	平均值	分布範圍
總質量	42.1	28.9-50.3	45.2	32.6-66.7	25.6	14.3-44.4
Si	0.677	0.276-1.284	0.853	0.299-1.653	0.245	0.136-0.402
S	1.977	1.214-2.584	1.395	1.120-1.716	1.505	0.773-2.483
Cl	1.025	0.648-1.425	0.762	0.563-1.150	0.148	0.055-0.427
K	0.453	0.226-0.753	0.501	0.299-0.793	0.184	0.114-0.268
Ca	0.312	0.083-0.896	0.335	0.114-1.045	0.144	0.045-0.636
Fe	0.257	0.166-0.424	0.382	0.176-0.711	0.126	0.060-0.209
Zn	0.145	0.061-0.261	0.069	0.048-0.100	0.055	0.035-0.098
採樣時間	8/10-8/16/93		11/12-11/14/93		12/29/93-1/3/94	
	平均值	分布範圍	平均值	分布範圍	平均值	分布範圍
總質量	14.5	5.0-26.8	48.6	35.2-80.4	40.9	10.9-56.4
Si	0.232	0.066-0.547	0.240	0.150-0.303	0.315	0.028-1.037
S	1.107	0.321-2.228	2.865	1.777-3.521	2.391	1.365-3.383
Cl	0.075	0.011-0.203	0.665	0.328-1.296	1.349	0.834-1.898
K	0.201	0.043-0.549	0.359	0.306-0.422	0.531	0.219-0.983
Ca	0.087	0.023-0.297	0.174	0.046-0.748	0.145	0.038-0.431
Fe	0.106	0.026-0.248	0.109	0.074-0.150	0.134	0.051-0.310
Zn	0.043***	N.D.-0.078	0.095	0.057-0.178	0.100	0.040-0.163

* 平均值為每一季節所有24-hr樣本之算術平均值

** 分布範圍為每一季節所採之24-hr樣本最低值至最高值範圍

*** 其平均值係將低於偵測極限的樣本濃度假設為 0，然後求其算術平均

N.D. 為低於偵測極限

註：表中11/5-11/7/92及2/8-2/10/93所列平均質量濃度及分布範圍數值係根據採樣所得
之濃度數據經 curve fitting 而得。

表三 麥寮地區各季節大氣中粗粒徑懸浮微粒與含量較高之元素的平均質量濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

採樣時間	11/5-11/7/92		2/8-2/10/93		5/13-5/15/93	
	平均值*	分布範圍**	平均值	分布範圍	平均值	分布範圍
總質量	31.5	18.2-41.3	47.5	23.8-90.6	37.6	22.8-61.9
Al	0.814	0.624-1.056	0.969	0.448-1.339	1.317	0.629-2.817
Si	2.133	1.325-2.870	2.609	1.158-3.724	—***	—
S	0.188	0.142-0.252	0.206	0.146-0.268	0.168****	N.D.-0.260
Cl	1.825	1.391-2.402	1.959	1.314-2.684	1.192	0.664-1.874
K	0.494	0.304-0.607	0.704	0.330-1.241	0.527	0.166-1.293
Ca	0.814	0.419-1.865	1.231	0.518-3.433	0.599	0.263-1.037
Fe	0.760	0.475-0.971	1.286	0.586-2.369	0.837	0.270-2.136
採樣時間	8/10-8/16/93		11/12-11/14/93		12/29/93-1/3/94	
	平均值	分布範圍	平均值	分布範圍	平均值	分布範圍
總質量	30.9	16.1-64.4	39.1	35.4-42.0	44.4	24.4-90.2
Al	1.450	0.631-4.024	1.251	0.844-1.687	1.594	0.760-3.537
Si	—	—	—	—	—	—
S	0.142	0.078-0.202	0.463	0.268-0.872	0.382	0.262-0.541
Cl	0.547	0.106-1.692	1.114	0.390-1.677	2.737	0.890-4.783
K	0.459	0.137-1.327	0.448	0.388-0.547	0.632	0.293-1.389
Ca	0.477	0.193-1.054	0.790	0.498-1.836	0.914	0.439-1.731
Fe	0.778	0.209-2.803	0.789	0.643-1.021	0.938	0.363-2.372

* 平均值為每一季節所有24-hr樣本之算術平均值

** 分布範圍為每一季節所採24-hr樣本之最低值至最高值範圍

*** —表示數據缺失

**** 其平均值係將低於偵測極限的樣本濃度假設為 0，然後求其算術平均

N.D. 為低於偵測極限

註：表中 11/5-11/7/92 及 2/8-2/10/93 所列平均質量濃度及分布範圍數值係根據採樣所得之濃度數據經 curve fitting 而得

情形均較同日不同採樣點間之變異情形顯著。在細粒徑中主要為S($0.321-3.52 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、Cl($0.011-1.90 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、Si($0.028-1.65 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、Ca($0.023-1.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、K($0.043-0.983 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、Fe($0.026-0.711 \mu\text{g}/\text{m}^3$)和Zn(低於偵測極限至 $0.261 \mu\text{g}/\text{m}^3$)；粗粒徑中則為Si($1.16-3.72 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、Cl($0.390-4.78 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、Al($0.448-4.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、Fe($0.209-2.80 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、Ca($0.193-3.43 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、K($0.137-1.39 \mu\text{g}/\text{m}^3$)和S(低於偵測極限至 $0.872 \mu\text{g}/\text{m}^3$)。

三、麥寮地區大氣懸浮微粒中EC與OC之質量濃度

表四為自1993年8月起各季採集的大氣懸浮微粒樣本所含之EC與OC質量濃度，及其OC/EC的比值。無論是EC或OC，在同地點

不同採樣日及同日而不同採樣地點間變異均相當大。EC的質量濃度變異範圍，在細粒徑可從低於偵測極限到 $10.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，在粗粒徑可從低於偵測極限到 $3.29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；OC的質量濃度，在細粒徑為 $0.01-10.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，在粗粒徑則為 $0.17-6.76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

討 論

一、麥寮地區大氣懸浮微粒樣本以XRF分析所得之元素質量濃度

1. 麥寮地區大氣中懸浮微粒之元素組成
自1992年11月份起採樣所得到的懸浮微粒，在細粒徑中含量較多的元素為Si、S、Cl、K、Ca、Fe、Zn²⁰，而在粗

表四 麥寮地區大氣中懸浮微粒元素碳(EC)、有機碳(OC)質量濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)及OC/EC的比值

粒徑範圍	地點	採樣日期	細粒徑			粗粒徑		
			EC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	OC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	OC/EC	EC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	OC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	OC/EC
	大城國中	08/10/93	1.13	3.74	3.31	0.67	2.28	3.42
	大城國中	08/11/93	2.29	1.09	0.48	0.31	2.70	8.64
	麥寮衛生所	08/12/93	6.00	3.03	0.51	2.46	3.24	1.32
	麥寮衛生所	08/13/93	2.26	4.40	1.95	2.94	0.17	0.06
	台西衛生所	08/14/93	1.70	2.90	1.71	1.02	6.76	6.62
	台西衛生所	08/15/93	0.78	0.01	0.01	0.81	0.71	0.87
	台西衛生所	11/12/93	10.66	10.53	0.99	3.29	0.52	0.16
	麥寮衛生所	11/13/93	3.77	4.58	1.21	N.D.	3.67	—
	大城國中	11/14/93	6.97	5.75	0.82	2.66	1.61	0.61
	台西衛生所	12/29/93	1.46	2.40	1.64	0.07	1.47	21.32
	台西衛生所	12/30/93	4.36	4.21	0.97	0.32	1.93	6.07
	台西衛生所	12/31/93	7.23	1.05	0.14	2.25	2.27	1.01
	台西衛生所	01/01/94	N.D.	4.88	—*	1.77	1.06	0.60
	台西衛生所	01/02/94	3.73	3.94	1.06	1.18	1.20	1.02
	台西衛生所	01/03/94	6.29	9.73	1.55	1.75	2.51	1.44

* 一表示因 EC 濃度低於偵測極限，故無法求出 OC/EC 比值

N.D. 為低於偵測極限

粒徑中，主要為 Al、Cl、K、Ca、Fe 及 Si，S 次之。進一步藉由追蹤元素的探討，有助於懸浮微粒來源的找尋。所謂追蹤元素，即具備特異性資訊而可協助找尋一特定微粒源之元素。由國內外文獻探討得知各種微粒源的追蹤元素如下：海水噴沫(Na, Cl)，農作廢棄物燃燒 (K)，土壤、塵土(Al, Si, Ca)，燃煤工廠及電廠(S, Al, Fe)等。由此觀之，麥寮地區的大氣懸浮微粒可能與海水噴沫、農作廢棄物燃燒、路塵、燃煤工廠及電廠排放等微粒源有關。

2. 麥寮地區大氣懸浮微粒中之元素 K

麥寮地區大氣懸浮微粒中之元素 K 為含量較多的元素之一。麥寮地區不同季節大氣中細粒徑懸浮微粒所含之 K 質量濃度列於表二。Stevens[6]認為當空氣中 K 的質量濃度超過 $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，則常

與農作廢棄物燃燒排放有關。由表二可見微粒中 K 的質量濃度大多超過 $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，應與農作廢棄物燃燒排放之貢獻有關。細粒徑懸浮微粒之 K 元素濃度在秋(1992年11月5-7日，1993年11月12-14日)、冬(1993年2月8-10日，1993年12月29日至1994年1月3日)季偏高，此與麥寮地區在秋、冬季有大面積農廢燃燒的情形一致。

此外，在細粒徑中土壤、塵土微粒亦含有 K，但其對大氣中懸浮微粒之貢獻可經由 K/Fe 的比值與農作廢棄物燃燒產生的微粒所貢獻的部分加以區分。另一相關之微粒源研究數據顯示[7]，麥寮地區土壤、塵土細粒徑微粒的 K/Fe 比值介於 0.56-0.64，而農作廢棄物燃燒產生的細粒徑微粒之 K/Fe 比值則高達 42-357。若大氣中細粒徑微粒 K 的來源只由農作廢棄物燃燒與土壤、塵土微粒所貢獻，則懸浮微粒的 K/Fe 比值

高於0.56-0.64的部分可推測是由農作廢棄物燃燒而來。表五為麥寮地區不同季節大氣中細粒徑懸浮微粒之K/Fe 比值。其中冬季採樣(1993年2月8-10日)與春季採樣(1993年5月13-15日)細粒徑微粒之K/Fe比值平均為1.49與1.53，較其它採樣季節為低；此可能與不同季

節農作廢棄物燃燒量多寡有關。

各季節粗粒徑微粒中K的質量濃度(見表三)亦相當高，可能係因農作廢棄物燃燒所產生的微粒(大部分集中在細粒徑)，在空氣中停留時因相對濕度高，逐漸長成粗粒徑的懸浮微粒，或者由微粒膠結所造成。

表五 麥寮地區大氣中細粒徑懸浮微粒K/Fe比值之季節變異

採樣時間	K/Fe 平均值*	K/Fe 分布範圍**
11/5-11/7/92	1.72	1.08-2.20
2/8-2/10/93	1.49	0.96-1.70
5/13-5/15/93	1.53	1.14-2.28
8/10-8/16/93	2.23	0.88-8.45
11/12-11/14/93	3.50	2.76-4.81
12/29/93-1/3/94	4.05	2.44-6.47

* 平均值為每一季節所有 24-hr 樣本K/Fe 比值之算術平均值

** 分布範圍為每一季節所有 24-hr 樣本K/Fe 比值之最小值至最大值範圍

3. 麥寮地區大氣懸浮微粒中之元素Si、Al、Ca

Si、Al、Ca 等元素均為地殼的主要組成元素，經風化後形成土壤、塵土微粒。大氣中懸浮微粒所含之Si、Al、Ca等元素通常由土壤、塵土所貢獻而來。Al 的來源亦與一些工業排放有關。

麥寮地區大氣中不同季節粗粒徑懸浮微粒所含元素Al的質量濃度(參見表三)，自1993年春季採樣(5月13-15日)以後各季節之平均值均大於 $1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。若假設Al由工業排放之微粒源所貢獻的部分均為長距離且呈穩定排放，則其在粗粒徑中自1993年春季採樣後所增加的質量濃度可能來自1993年5月份起之當地道路拓建，造成土壤、塵土微粒貢獻量的增加。進一步看不同季節懸浮微粒所含Ca的質量濃度(見表二、三)，無論細粒徑與粗粒徑中，不

同季節的平均質量濃度變動均不明顯。當地修路所造成的塵土微粒應為未鋪柏油路塵及土壤，但因麥寮地區未鋪柏油路塵與土壤所含Ca的質量百分比，不論在粗、細粒徑中都甚低(低於2%)[7]，因此修路造成土壤、塵土微粒的貢獻量增加，對大氣中Ca的質量濃度影響並不大。測量所得之Ca濃度數據與此推論一致。大氣中Si的質量濃度因採樣濾紙受到矽酮的污染，造成資料缺失，在此不討論。

4. 麥寮地區大氣懸浮微粒中之元素Cl

大氣中懸浮微粒所含元素Cl為海水噴沫所產生微粒的追蹤元素，而麥寮地區三個採樣地點都臨海，海水噴沫所產生微粒對大氣中懸浮微粒應有相當的貢獻量，且會受到不同季節風向的影響。麥寮地區在不同季節大氣中細、粗粒徑懸浮微粒所含之元素Cl質

量濃度可參見表二、三。分析數據顯示，粗粒徑懸浮微粒樣本所含之Cl元素濃度均較細粒徑微粒為高；且無論粗粒徑或細粒徑懸浮微粒，Cl的質量濃度都以夏季採樣(1993年8月 10-16日)時最低，而在冬季採樣(1993年12月 29日至1994年1月3日)時最高。這可由風向變化及東北季風的強弱來解釋。依據環保署崙背監測站(與麥寮鄉同一緯度，相距約10.8km)之氣象資料，麥寮地區僅8月份夏季採樣時為南風，且風速偏低；而其它各季節都吹北風，並在冬季有較高的風速，而造成Cl質量濃度的季節性差異。

5. 麥寮地區大氣懸浮微粒中之元素S、Fe
大氣中S、Fe等元素多與工廠排放有關。麥寮地區不同季節大氣中懸浮微粒所含S、Fe 質量濃度的變異見表二、三。S在細、粗粒徑微粒中之平均質量濃度都以夏季採樣(1993年 8月10-16 日)較低，可能係因8月採樣時吹南風，而燃煤工廠及發電廠多在麥寮地區之北方所致。Fe的平均質量濃度在細、粗粒徑微粒中沒有明顯的季節變動，可能表示有穩定長期的工業排放微粒源。

二、麥寮地區大氣中懸浮微粒之EC及OC質量濃度

大氣環境中的EC，會減低視程，並會對氣候有所影響；OC主要為光化學反應的產物，其中許多成分具致癌性及致突變性。麥寮地區大氣中懸浮微粒之EC及OC質量濃度在不同採樣日之間變動頗大(參見表四)。懸浮微粒所含EC質量濃度之分布範圍，在細粒徑從低於偵測極限到 $10.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，在粗粒徑則是從低於偵測極限到 $3.29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；OC的質量濃度，在細粒徑為 $0.01\text{--}10.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，粗粒徑則為 $0.17\text{--}6.76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。根據黃 [8]所測量台北都會區懸浮微粒所含之EC與 OC質量濃度，EC在細粒徑中範圍為 $5\text{--}33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，粗粒徑則為 $4\text{--}35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；OC在細粒徑中範圍為 $6\text{--}50$

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，粗粒徑則為 $2\text{--}23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。與台北都會區相比，麥寮地區大氣懸浮微粒所含EC與OC的質量濃度均較低。

大氣懸浮微粒中EC與OC之質量濃度常與溫度、相對溼度、雨量等氣象條件有關。OC/EC的比值，常可做為光化學反應之二次污染物的指標。而OC/EC比值之變異，係因OC或EC質量濃度之變異所造成。在夏季陽光較強時，光化學反應較為激烈，有較多的氣相中有機化合物經反應而轉變為微粒，致使氣懸微粒中的OC質量濃度增加，使得OC/EC的比值會較大；而冬季陽光較弱時，光化學反應較不激烈，因而使得OC/EC的比值會較小。此外，Ogren[9]曾討論下雨時大氣中EC的質量濃度會受到雨滴清除作用的影響。將麥寮地區採樣期間溫度、相對溼度及雨量等氣象資料與大氣懸浮微粒中EC與OC的質量濃度相比對，8月10, 11, 14日、11月13日及12月29日等採樣日有雨，而粗粒徑OC/EC的比值都相當高，這可能係因EC的質量濃度受到雨水清除的作用而變小，從而使OC/EC的比值變大。另外，雨天粗粒徑微粒中EC的質量濃度均較細粒徑為低，這可由粒徑較大的微粒較容易受雨水清除來解釋。進一步來看晴天的採樣日，OC/EC 的比值與溫度、相對濕度的相關性並不明顯，可能係因所有樣本均為24-hr採樣，因此無法進一步瞭解日夜間顯著變化的溫度、相對濕度與OC/EC比值的關係。

本研究因採樣器數量有限，故採樣期間每日最多僅有一採樣點可使用石英濾紙進行採樣，以便於進行碳分析(其餘三台採樣器係分別置於三採樣點以鐵氟龍濾紙採樣，以進行XRF分析)，因而無法更進一步瞭解同日而不同採樣地點之EC與OC濃度變異情形。此為本研究之限制。

結 論

本研究得到下列三點結論：

- (一)1992年11月至1994年1月各季採樣期間，大多數樣本之懸浮微粒質量濃度變異範

圖，細粒徑介於 $10\text{--}50\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，粗粒徑介於 $15\text{--}45\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。且不論細粒徑或粗粒徑中，同地點不同採樣日之變異較同日不同採樣點之間的變異情形顯著。

(二) 麥寮地區大氣中懸浮微粒樣本以XRF分析所得之元素質量濃度，在細粒徑中較高的為S、Cl、K、Si、Zn、Ca和Fe，在粗粒徑中較高的為Si、Cl、Al、Fe、Ca、K和S。

(三) 麥寮地區大氣懸浮微粒所含EC及OC之質量濃度，在不同採樣日及不同採樣地點間變異相當大。EC的質量濃度變異範圍，在細粒徑可從低於偵測極限到 $10.7\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，在粗粒徑可從低於偵測極限到 $3.29\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；OC的質量濃度，在細粒徑為 $0.01\text{--}10.5\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，在粗粒徑則為 $0.17\text{--}6.76\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

本研究藉由麥寮地區大氣中懸浮微粒質量濃度及其化學組成的探討，作為麥寮地區的背景值。與本研究相關的另一研究 [10]，利用麥寮地區大氣中懸浮微粒化學組成資料，以受體模式推估主要的微粒來源，粗粒徑懸浮微粒以海水噴沫 (各季估計貢獻量百分率平均 $2.5\text{--}11.4\%$)、磚窯業等(燃煤、重油)工業排放($7.2\text{--}27.4\%$)、農作廢棄物燃燒($31.3\text{--}42.0\%$)及道路揚塵($21.2\text{--}42.1\%$)為主要來源，細粒徑部分則以農作廢棄物燃燒($31.2\text{--}39.1\%$)、磚窯業等(燃煤、重油)工業排放($10.9\text{--}18.9\%$)、柴油車排放($7.5\text{--}12.1\%$)及二次形成氣膠所含之硫酸根($16.5\text{--}26.0\%$)等微粒源為主。目前六輕工業區正在興建當中，未來在石化廠運轉後，可再測量麥寮地區大氣中懸浮微粒質量濃度及其化學組成，並進一步利用受體模式推估污染源的貢獻量，對於污染控制因應對策應有所幫助。

誌 謝

感謝國科會提供研究計劃(NSC 83-0421-B-002-318Z)之經費補助。此外，本研究承蒙大城國中陳燦焜校長、蔡慶湘主任，麥寮衛生所余立俊主任、台西衛生所陳專修主任提供採樣場地；台大環工所蔣本基所長、交大環工所蔡春進副教授、中興大學鄭曼婷教授、成大環工所吳義林副教授在採樣期間的儀器支援；台電試驗所黃宗正科長及張金寶先生、台大環工所楊萬發教授、台大醫學院貴重儀器中心於樣本分析時的大力協助，均使得研究工作得以順利進行，在此一併致謝。

參考文獻

1. Appel BR, Colodny P, Wesolowski JJ. Analysis of carbonaceous materials in southern California atmospheric aerosols. *Environ Sci Technol* 1976; 10: 359-363.
2. Groblicki PJ, Cadle SH, Ang CC, Mulawa PA. Interlaboratory comparison of methods for the analysis of organic and elemental carbon in atmospheric particulate matter. General Motors Research Laboratories, 1983; ENV-152.
3. Cadle SH, Groblicki PJ, Mulawa PA. Problems in the sampling and analysis of carbon particulate. *Atmospheric Environment* 1983; 17:553-600.
4. Kadowaki S. Characterization of carbonaceous aerosols in the Nagoya urban area. 1. Elemental and organic carbon concentrations and the origin of organic aerosols. *Environ Sci Technol* 1990; 24:741-744.
5. Cadle SH, Mulawa PA. Atmospheric carbonaceous species measurement methods comparison study: General Motor results. *Aerosol Sci Technol* 1990; 12:128-141.
6. Stevens RK. Sampling and analysis methods for use in source apportionment studies to determine impact of wood burning on fine particle mass. *En-*

CHEMICAL COMPOSITIONS OF AMBIENT AEROSOLS IN THE MELIAO AREA

CHIH-CHUNG WEI¹, WAN-CHING CHEN², CHIU-SEN WANG³

The primary objective of this study was to measure the mass concentration and chemical compositions of ambient aerosols in the Meliao area, where the construction of a petrochemical complex was underway. The results could be used as the background data for evaluating the nature and health effects of particulate air pollutants from the petrochemical complex in the future.

Samples of ambient aerosols at Meliao, Taihsi, and Dacheng were obtained by cascade impactors and dichotomous samplers from November 1992 to January 1994. Samples were analyzed for 20 elements by an X-ray fluorescence (XRF) spectrometer. In addition, concentrations of elemental carbon (EC) and organic carbon (OC) in the samples were determined by an elemental analyzer.

The mass concentration of ambient aerosols in the Meliao area was found to be main-

ly in the range of 10-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in the fine fraction (aerodynamic diameter $< 2.5 \mu\text{m}$) and mainly in the range of 15-45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in the coarse fraction ($2.5 < \text{aerodynamic diameter} < 10 \mu\text{m}$). According to the results of the XRF analysis, the abundant elements in the fine fraction were S, Cl, K, Si, Zn, Ca and Fe and those in the coarse fraction were Si, Cl, Al, Fe, Ca, K and S. The mass concentrations of EC and OC varied markedly with sampling dates and sites. The mass concentration of EC varied from under the detection limit to 10.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in the fine fraction and from under the detection limit to 3.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in the coarse fraction. The mass concentration of OC was in the range of 0.01-10.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in the fine fraction and in the range of 0.17-6.76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in the coarse fraction. (*Chin J Public Health (Taipei)* : 1996; 15(2): 124-133)

Key words: *ambient aerosols; chemical compositions; XRF analysis.*

¹Center of Industrial Safety and Hygiene, Industrial Technology Research Institute, Hsinchu, Taiwan

²Institute of Public Health, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

³Department of Public Health, National Taiwan University, Taipei, Taiwan