

植物表面燃油火力電廠黑煙微粒之顯微鏡鑑定 與 X 光微量分析

孫 岩 章

台北市 國立台灣大學植物病蟲害學系病理組
接受日期：中華民國 81 年 11 月 15 日

摘 要

孫岩章. 1992. 植物表面燃油火力電廠黑煙微粒之顯微鏡鑑定與 X 光微量分析. 植病會刊 1:196-202.

台北縣萬里鄉大坪村海芋、芥菜及甘藍菜表面，及基隆市瑪西里一帶之文旦、甘藍表面上之黑煙，經以光學顯微鏡觀察，發現皆以小於 $1\ \mu\text{m}$ 之粉狀黑煙及 $1-3\ \mu\text{m}$ (平均 $2\ \mu\text{m}$) 之反光球狀黑煙為主要成員，而此 2 種典型黑煙與萬里鄉東方 10 公里一座燃油火力電廠之排煙具有相同之形態及組成。利用掃描式電子顯微鏡加以觀測，亦能得到相同的結果，而 X 光微量分析的結果，發現花葉表面 $2\ \mu\text{m}$ 之黑煙主含 Si 及 Al 二元素，與電廠排煙中 $2\ \mu\text{m}$ 者相同，而與 $3\ \mu\text{m}$ 以上或蜂窩狀黑煙者不同。而基隆市附近 5 家其他工廠之排煙皆與花葉上所見者完全不同。自 1992 年 4 月 1 日至 5 月 12 日於萬里鄉大坪村設站採集到 31 批共 60 個樣品，發現皆含有上述典型顆粒，此與採樣期間每日皆有東風吹襲有關。綜合研判，可知燃油火力電廠之排煙確實可以被傳送而沈降於 10 公里外之花葉表面。

關鍵字：黑煙、火力發電廠、X 光微量分析。

緒 言

台灣地區的空气污染除了氣態物質傷害到植物之外，粒狀物質的污染一直十分嚴重，故亦有不少公害糾紛係牽涉到粒狀污染物的污染。為此，本研究乃希望利用顯微鏡及 X 光微量分析儀的技術，設法建立微粒污染來源的鑑定技術，其目的的一方面可以讓污染者了解其污染危害到環境品質的實情，另一方面也可以做為公害鑑定的科學根據，以求公平合理地解決公害造成的糾紛。

理論上，由受體 (Receptor) 上著手探討污染物流布之來龍去脈者，是謂「受體模式」(Receptor model)，而此一科技大體上可以分成化學分析法及顯微鏡鑑定法兩大類 (2)，前者一般係利用濾紙上採集到的大量微粒樣品，進行詳細的成份分析，再與已知背景微粒之成份相比對、統計，而定出其不同來源權分 (Source apportionment)；而後者則是利用顯微鏡，直接依賴微粒之色澤、形態、大小等等，與已知者相互比對，達成鑑別的目的。

而所謂之鑑別 (Differentiation) 或鑑定 (Identification)，事實上並未限定於一定要使用那一種設備或科技，唯一般是在人類可以用肉眼判別時用肉眼，用肉眼不能判別時，就得依賴光學顯微鏡、電子顯微鏡、或甚至其他之化學分析技術。在國外，以往利用顯微鏡技術或利用 X 光微量分析儀 (X-ray microanalyzer) 進行微粒之鑑定分析已有不短的歷史 (1,4,6)。例如對於燃油與燃煤火力電廠之飛灰或微粒，即有甚多文獻加以探討 (1,5,6)。唯其一般並未用於直接由葉片上加以鑑定分析。而在國內，作者過去亦曾對大氣中重油燃燒產生之黑煙加以探討過 (7)，另外亦曾在行政院環境保護署的支持下，針對北部及中部地區沈降性微粒來源加以鑑定與權分分析 (Apportionment) (8)。但亦皆僅止於針對大氣中某一時段之樣品，對於葉片上者，亦未曾仔細研析過。另一方面，促成本研究之進行者，則是自 1990 年 7 月起，接獲自農民之陳情，關於台北縣萬里鄉李姓農民種植海芋及蔬菜多年普遍受害後，輾轉經農會、縣政府、桃園改良場等等，而引發本研究室參與鑑定之行動。本研究乃利用光學顯微

鏡、掃描式電子顯微鏡及能量分散性 X 光微量分析儀 (Energy dispersive X-ray microanalyzer, 簡稱 EDX) 此三項設備, 對台北縣萬里鄉及基隆瑪西里的受害案加以多方面的鑑定、分析與探討。

材料與方法

田間受害情況之觀察

於 1990 年起即經常往台北縣萬里鄉大坪村一帶, 調查海芋花卉、芥菜、甘藍等植物受害之情形。而後於 1992 年又因基隆市環境保護局之請託, 而前往基隆市瑪西里一帶調查文旦及甘藍等植物上受到污染的情況。田間觀察係依表面黑化情形予以紀錄比較之。

植物表面微粒之顯微鏡鑑定

上述之海芋花卉、芥菜、甘藍、文旦葉片等植物材料帶回實驗室後, 即以刀片切取受污染部位, 置於玻璃載玻片上, 再利用 Olympus BH2-UMA 型之垂直光源顯微鏡加以觀察, 並在 200 倍及 500 倍下與已知來源之微粒相互比較, 鑑定之。

為進行電子顯微鏡觀察及 X 光微量分析, 將花卉或葉片標本切取小片, 置於導電之碳帶 (Carbon tape) 上, 再置於銅質載物台上。乾燥後, 取一部份鍍金, 另一些鍍碳, 再利用 JEOL-T330A 型掃描式電子顯微鏡先行觀測, 先確定觀測到典型顆粒後, 再利用 LINK QX-2000 型 X 光微量分析儀, 進行微量成份分析, 並攝取掃描影像。

田間大氣微粒之採樣與氣象資料分析

為了瞭解典型微粒沈降於萬里鄉大坪村一帶之情形, 乃於 1991 年 4 月 1 日至 5 月 12 日, 於種植海芋花卉之李姓農民田中, 以及種植芥菜之菜田上, 分別架設木質遮雨採樣器一組, 其詳細構造如作者另一篇報告 (8) 所述。基本上遮雨成效係由上大下小兩片圓形木板組成, 其上為直徑 21 cm 者, 下為直徑 12 cm 者, 下片中央再放置一個 9 cm 之無菌塑膠培養皿, 使其遮雨角度達 45 度角。塑膠培養皿內則黏放玻璃載玻片, 以供光學顯微鏡之觀察, 或放置銅質載物台, 以供掃描式電子顯微鏡之觀測。採樣週期以 1 至 2 日為主, 即每隔 1 日或最多 2 日, 更換新的採樣皿, 並將採到之樣品攜回實驗室, 進行鑑定分析。

為了解上述採樣期間之風向及降雨情形, 乃向中央氣象局調取基隆站之同期間氣象資料, 並統計其東風時數資料, 以供有關擴散情況之研析。

燃油火力電廠所排黑煙微粒之採樣與鑑定

經初步鑑定研判, 認為位於萬里鄉東方約 10 公里遠之一座燃油火力發電廠最有可能是花卉及蔬菜上黑煙之排放者, 故於 1991 年 12 月 2 日, 在環保局人員之協助下, 針對該火力電廠之四部鍋爐廢氣進行採樣。採樣時, 係以塑膠培養皿附著玻璃載玻片及銅質載物台, 對準廢氣支管採樣數秒至數分鐘, 並即封蓋, 帶回實驗室進行光學及掃描電子顯微鏡之觀測。

另外, 由於該座火力電廠於 1991 年起加裝靜電集塵器, 故亦將環保局所移送之靜電集塵煙粒納入比對, 並取此部份之黑煙進行 EDX 分析。

其他可能污染源排煙之採樣與鑑定比對

為了多方面了解基隆市一帶之其他污染源排煙之情形, 乃在環保局人員協助下, 針對基隆市六堵工業區一家具重油鍋爐之工廠、一家製造電池碳棒之工廠、瑪西里一家具重油鍋爐之工廠、大武崙工業區一家鋼鐵工廠及基隆港附近一家磷肥工廠等, 進行排煙之採樣, 其方法如同前述燃油電廠排煙之採樣。採樣後, 再進行顯微鏡觀測與鑑定。

X 光微量分析

不論銅質載物台或葉片上之微粒, 其若鍍金時, 金薄膜的厚度一方面會使低原子序元素之 X 光無法被測出, 另一方面會使金 X 光光譜變成背景光譜, 故在本研究中一般以鍍 300 埃 (Å) 之金膜為準, 並於分析時注意檢視金光譜, 予以扣除。

又不同之顆粒粒徑, 可能會有不同之成份, 故本研究中 EDX 之電子束掃射方式皆選用單點掃射方式。另因 EDX 分析只能測出含量較多元素, 故對於波峰不夠高或未穩定出現之光譜皆暫時不予納入。

結 果

田間植物受污染情況之觀察

在台北縣萬里鄉及基隆市瑪西里觀察的結果, 發現植物表面受到黑煙之污染情況, 乃隨著品種之不同而有所差異。其於海芋花卉上, 一般皆污染花苞外表, 待花苞展開時再污染花冠內部, 由於海芋植物係種植於水田中, 花梗由莖基長出到花苞開放只需 2 至 5 日, 在此 2 至 5 日內花冠即常受到污染, 因此可見污染程度之嚴重。

至於芥菜與甘藍菜, 則黑煙皆會沈積於特定部位, 尤其是芥菜的葉柄基部以及甘藍菜的積水葉表, 典型

芥菜葉柄受污染後之情形如圖一所示。文旦方面，則係整片葉片皆會附著黑煙，尤其以上表面為最多，由於文旦葉片係多年生，故葉上黑煙可能係多年來附著的結果，此可由越年幼之葉片黑煙越少之現象證實之。

而田間受污染之季節分佈，以秋冬春三季污染較多，夏季污染較少。

植物表面微粒之顯微鏡觀測

將海芋花冠上受污染的表面切下，置於垂直光源顯微鏡下觀察，一般可在表皮細胞突起上看到甚多粉狀黑煙，黑煙屬不定形，粒徑多小於 $1\ \mu\text{m}$ ；而在突起基部可看到 1 至 $3\ \mu\text{m}$ 之球形黑煙，其中央因反光而發亮。此兩類黑煙在甘藍葉表亦皆可以看到，而在芥菜葉柄基部，則因沈積時間較久而使兩類黑煙混雜，且球狀黑煙數量相對地減少。至於在文旦葉上，則因黑煙沈積量較多，只有在剝除部份黑煙後，方可清楚



圖一、台北縣萬里鄉大坪村花卉蔬菜受到黑煙附著之典型外觀 - 芥菜葉柄基部在長期黑煙沈降後變成灰黑色。

Fig. 1. Smoke-polluted mustard leaves found at Ta-Pin Hill of Wan-Li, Taipei County, showing black appearance on the petiole surface.

看到上述兩類黑煙。基本上上述植物表面皆可看到 1 至 $3\ \mu\text{m}$ 之反光球形黑煙，其在垂直光源顯微鏡下之形態如圖二所示，而在掃描式電子顯微鏡下之形態則如圖三所示。由圖二及三可知其表面十分光滑。

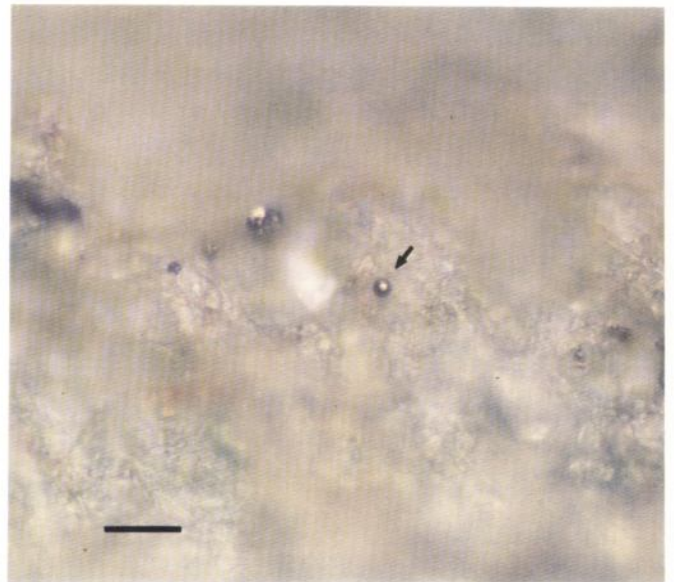
田間大氣微粒之採樣與氣象資料分析

於1991年4月1日至5月12日於萬里鄉大坪村設立2個微粒沈降採樣站測定之結果，如表一所示，發現前後共31批採樣所得的60個樣品中，皆可在玻璃載玻片上發現如同上述 1 - $3\ \mu\text{m}$ 之反光球形黑煙粒子，顯示在該採樣期間，污染幾乎不斷地發生。

再調查此一期間之氣象資料，結果如表一所示，由表中可知與採樣時間同步的每一次，皆有吹東風的時刻，此段時間不中斷的東風吹襲，相信是使污染不斷發生的原因所在。

燃油火力電廠所排黑煙微粒之比對

於1991年12月2日前往萬里鄉東方10公里一家燃油火力發電廠，採取四部鍋爐排煙樣品共29個，結果發現每個培養皿上之載玻片，皆附有二型黑煙，其一為小於 $1\ \mu\text{m}$ 之粉狀煙塵，另一為 1 至 $3\ \mu\text{m}$ 之反光球狀黑煙，此一典型之反光球狀黑煙與在花卉及蔬菜上所見者完全相同，由於此一典型 $2\ \mu\text{m}$ 之黑煙為其他污染源排煙者所未見，故可做為燃油火力電廠之代表性黑煙微粒。另外檢視該火力電廠靜電集塵器收集



圖二、台北縣萬里鄉大坪村及基隆市瑪西里蔬菜上，皆可利用垂直光源顯微鏡觀察到如本圖中央大小2微米之典型反光球形黑煙粒子。(標尺 = $10\ \mu\text{m}$)

Fig. 2. Typical $2\text{-}\mu\text{m}$ black particle with light-reflecting appearance found on leaf or flower surfaces at Wan-Li, Taipei and Ma-Shi, Keelung areas. (Bar = $10\ \mu\text{m}$)

表一、1991年4月至5月於台北縣萬里鄉大坪村花田與菜田上設站採集微粒之結果及採樣時之氣象資料
 TABLE 1. Deposition frequency of typical 1-3 μm particles on two sampling stations (first on calla farm, second on vegetable farm) measured from April 1 to May 12, 1991 as compared to the simultaneous local meteorological data

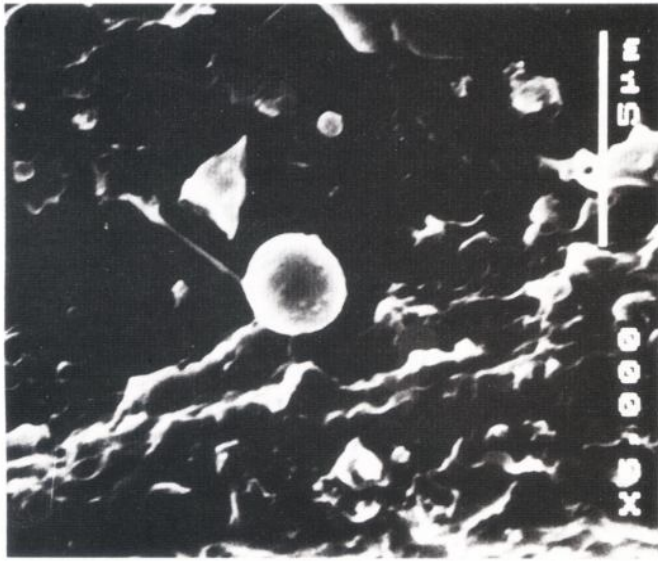
Sampling date ¹	Deposition of 1-3 μm typical particle ²		Total hour with E wind ³	Total raining hour	Rainfall (mm)
	Station 1	Station 2			
0401 - 0402	+	+	13.5	0	0
0402 - 0403	+	+	22.5	2	0
0403 - 0404	+	+	12.0	0	0
0404 - 0405	+	+	6.0	0	0
0405 - 0406	+	+	7.5	7	9.3
0406 - 0408	+	+	4.5	18	31.0
0408 - 0409	+	+	6.0	6	4.5
0409 - 0410	+	+	3.0	0	0
0410 - 0411	+	+	1.5	0	0
0411 - 0412	+	+	4.5	0	0
0412 - 0413	+	+	7.5	0	0
0413 - 0414	+	+	24.5	18	3.4
0414 - 0415	+	+	18.5	10	7.6
0415 - 0417	+	+	15.5	0	0
0417 - 0419	+	+	28.5	18	14.8
4019 - 4021	+	+	34.0	3	3.0
0421 - 0422	+	+	21.0	0	0
0422 - 0423	+	+	7.5	0	0
0423 - 0424	+	+	1.5	0	0
0424 - 0425	+	ND	13.5	2	0.1
0425 - 0426	+	ND	4.5	0	0
0430 - 0501	+	+	12.0	22	49.4
0501 - 0502	+	+	18.0	19	72.3
0502 - 0503	+	+	24.0	6	4.9
0503 - 0504	+	+	15.0	11	6.8
0504 - 0505	+	+	4.5	5	2.6
0505 - 0506	+	+	7.5	0	0
0506 - 0508	+	+	19.5	12	1.6
0508 - 0509	+	+	13.5	11	2.0
0509 - 0511	+	+	22.5	15	1.9
0511 - 0512	+	+	3.0	0	0

1. Each four arabic numerals represents a date as (month-day), that started or stopped at noon on each day.
2. "+" = positive result, "-" = negative result, ND = not determined.
3. Counted with full hours showing wind direction of E, NEE, and SEE plus half hours showing wind direction of NE and SE from the original meteorological data.

下來的微粒，發現則多以大型蜂窩狀黑煙為主，其形態與作者另一篇報告所述者(7)相同，但亦夾雜有少量的小型反光球狀黑煙，粒徑以1 μm 至3 μm 為最多，但亦有大於3 μm 者如圖四所示。由以上型態學之比較，吾人可知該火力電廠之排煙中，確實有此1-3 μm 之反光球形黑煙，其形態與葉片上所見者全屬相同。

其他可能污染源排煙之鑑定比對

採取基隆市六堵工業區、大武崙工業區及瑪西里一家具重油鍋爐工廠之排煙，並檢測所排微粒之結果，發現二家小型重油鍋爐排出的煙粒，皆以大型蜂窩狀黑煙為主要顆粒，而未見有小於2 μm 之黑色煙塵。



圖三、受到黑煙污染之葉片，可利用掃描式電子顯微鏡，觀測到大小 2 μm 之光滑球形粒子。

Fig. 3. Two-micron sperical particles with smoothy surface observed on leaf or flower surfaces with scanning electron microscope.

而另外一家鋼鐵廠、一家磷肥工廠及一家碳棒工廠之排煙，也皆不含典型 2 μm 之黑煙。

能量分散性 X 光微量分析儀 (EDX) 分析結果

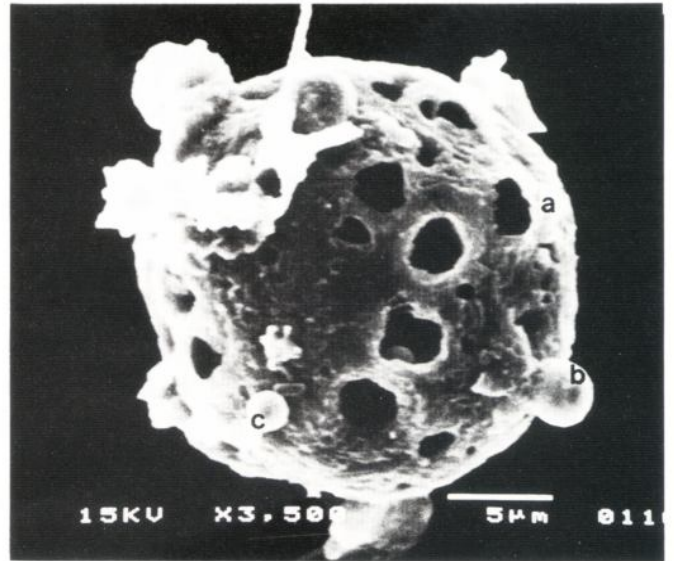
由於初步分析發現材料鍍碳與鍍金，分析結果有所不同，故吾人取甘藍菜葉片材料，比較其上典型 2 μm 顆粒之 EDX 分析結果，發現鍍碳者可測知含有 Si、Al 及可能來自植物之 K 等，如圖五 (A) 所示；而鍍金者除了背景之 Au 外，亦可測出含有 Si 及 Al，如圖五 (B) 所示，因此可以肯定典型 2 μm 微粒主要含有 Si 及 Al，另一方面亦可肯定鍍金者尚不致造成重大干擾。

至於燃油火力電廠之黑煙，吾人係取自靜電集塵器集取下之樣品，發現其屬蜂窩球狀者主要含有 S 及 V 等，如圖六 (A) 所示；而在 3 μm 以上者則含有 Si 及 S，如圖六 (B) 所示；只有在 1 至 2 μm 之典型粒子，方含有 Si 及 Al，如圖六 (C) 所示。

由以上 EDX 分析，可再進一步證實，花葉上之 2 μm 粒子與該燃油火力電廠之 2 μm 粒子有相同的化學組成。

討 論

黑煙沈降於植物表面，一方面會影響光合作用及植物之生長 (3)，另一方面亦會影響農產品之品質，即以本件污染案中之海芋花為例，原為純白色，受到



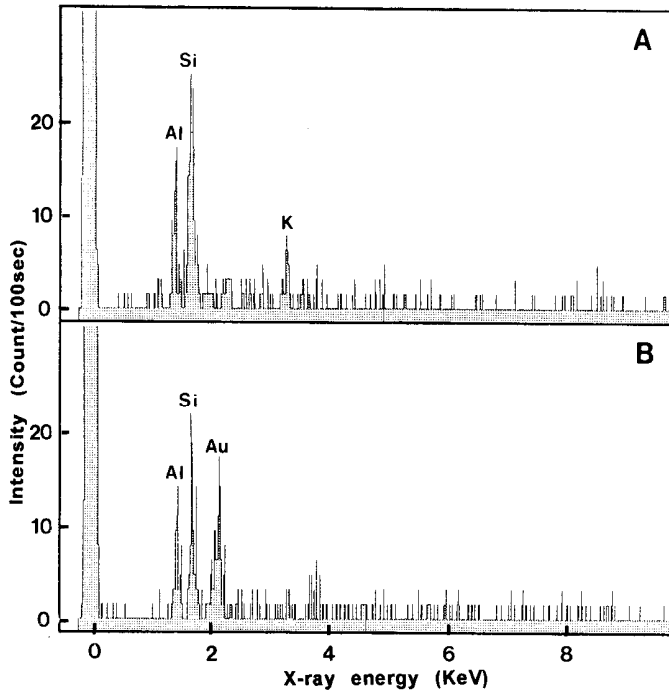
圖四、台北縣萬里鄉東方燃油火力電廠排煙靜電集塵器採到之不同大小顆粒，包括大型蜂窩狀粒子 (a)，大於 3 μm 之粒子 (b)，以及附著於大粒子上而與花葉上所見相同之 1-3 μm 典型反光球形粒子 (c)。

Fig. 4. Smoke particles with different shape collected from the electrostatic precipitator of an oil-fired power plant located at 10 km east of Wan-Li, Taipei, containing (a) large honeycomb-shaped particle, (b) sperical particle larger than 3 μm, and (c) sperical particle of 1-3 μm with appearance similar to those found on the vegetation surfaces.

黑煙之污染，自會喪失其商品價值。而黑煙附著之後，一般極難以水清洗，故收穫後的處理十分困難。

此類黑煙之污染，以肉眼檢視，甚易誤解為煤煙病造成的徵狀，但在顯微鏡下，二者實有天壤之別，而本案利用光學顯微鏡、電子顯微鏡及 EDX 之比對，可以證實火力電廠之排煙，應可沈降於 10 公里外之萬里鄉地區，以及 7 公里外之瑪西地區。因為目前已知在不同的作業，不同的燃料，不同的燃燒溫度或設備下，排煙顆粒之形態皆會有所不同 (7,8)，而在本案例中花葉上的顆粒，不論其形態大小、組成比例及化學成份，皆與上風區火力電廠排放者相符，而其他污染源排放者卻呈現完全不同的形態與大小。

至於為何火力電廠的排煙可以吹送 10 公里遠，到達花葉表面，則可能與地形、煙囪高度及風速風向有關。因為吾人已知煙囪越高者，擴散將會越遠，而風速及風向更控制著擴散的方向，在表一中吾人發現此一地區在污染嚴重時期常有盛行的東北季風，相信其為重要的污染配合條件，又由於萬里鄉大坪村海拔高達 300 M，而火力電廠煙囪高度只有 200 M，是否因為此地形因素而加重沈降量，仍有待證實之。

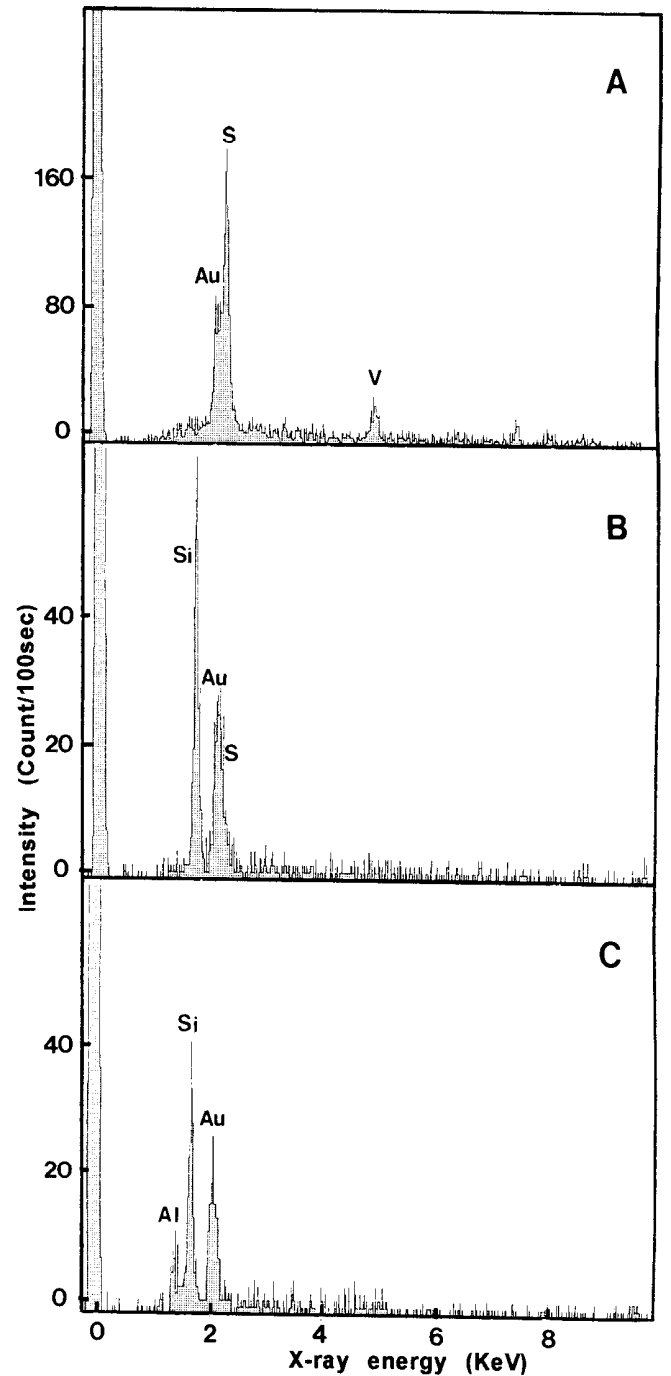


圖五、受黑煙污染甘藍菜葉片表面典型顆粒EDX分析結果。(A)經鍍碳並以EDX分析結果，顯示含有Si、Al及可能來自背景植物之K。(B)經鍍金後以EDX分析之結果，顯示主要成份除了背景金之外，為Si及Al。

Fig. 5. EDX spectra of 1-3 μm typical particles deposited on cabbage leaf surface. (A) Spectrum showing higher content of Si and Al in addition to K from the background leaf tissue when the specimen was coated with carbon. (B) Spectrum showing higher content of Si and Al in addition to the background Au when the specimen was coated with Au.

利用光學顯微鏡、掃描式電子顯微鏡及EDX對於空氣污染微粒加以觀測及鑑定的技術，無疑地是一十分理想的鑑定技術，這在國外已行之多年，但在國內，則仍屬起步階段。基本上，有些污染微粒之鑑定只需光學顯微鏡即可獨立完成，尤其是在受鑑定的顆粒具有特殊的形態或顏色時，換言之是在具有高的專一性(Specificity)之時。唯若其專一性不足時，則宜進一步利用掃描式電子顯微鏡及EDX元素分析，以增加鑑別能力。唯吾人應知EDX本身仍係屬於一種半定量的微量分析儀，故在結果分析時必須十分謹慎，尤其因為微粒本身粒徑及厚度皆甚小，X光極易穿透，造成背景元素加入的干擾。故在本研究中，一方面以增加測定重複次數，提高可信度，另一方面則對於含量不高之元素，暫持保留態度，並對於不同背景造成的干擾予以扣除，如此方能得到相當一致之結果。

此些污染物及污染源的鑑別，無疑地可以提供污染者改善其設備，受害者尋求補償之科學依據。但乾淨的空氣，亦是植物及所有生物共同的一項基本需求。



圖六、受害區東方燃油電廠排煙中，各類粒子之EDX分析結果。(A)大型蜂窩狀粒子，如圖四(a)部位，經鍍金EDX分析，顯示主要含S及V。(B)屬3 μm 以上之粒子，如圖四(b)部位者，經鍍金再以EDX分析，顯示主要含Si及S。(C)屬1-3 μm 之典型球形粒子，如圖四(c)部位者，經鍍金測EDX之結果，顯示主要含Si及Al。

Fig. 6. EDX spectra of smoke particles from oil-fired power plants. (A) Spectrum of the honeycomb-shaped particles as that shown on Fig. 4 (a), showing the higher content of S and V in addition to the background Au from the coating. (B) Spectrum of the spherical particle larger than 3 μm as that shown on Fig. 4 (b), showing the higher content of Si and S in addition to the background Au. (C) Spectrum of the 1-3 μm spherical particle as that shown on Fig. 4 (c), expressing the higher content of Si and Al.

謝 辭

本研究部份承蒙行政院環保署之贊助，另一部份承蒙行政院國家科學委員會之支持，研究計畫編號 NSC-82-0409-B-002-084，謹表謝忱。又研究採樣承林文龍、謝進修、陳泰安等之幫忙甚多，在此深表謝意。

引用文獻

1. Cheng, R. J., Mohnen, V. A., Shen, T. T., Current, M., and Hudson, J. B. 1976. Characterization of particulates from power plants. *J. Air Pollut. Contl. Assn.* 26:787-790.
2. Cooper, J. A., and Watson, J. G. J. 1980. Receptor oriented method of air particulate source apportionment. *J. Air Pollut. Contl. Assn.* 30:1116-1125.
3. Ernst, W. H. O. 1982. Monitoring of particulate pollutants. Pages 121-128 in: *Monitoring of Air Pollution by Plants*. L. Stenbing and H. J. Jager. eds. Dr. W. Junk Publishers. The Hague.
4. Farmer, M. E., and Linton, R. W. 1984. Correlative surface analysis studies of environmental particles. *Environ. Sci. Technol.* 18:319-326.
5. Kaufherr, N., and Lichtman, D. 1984. Comparison of micron and submicron fly ash particles using scanning electron microscopy and X-ray elemental analysis. *Environ. Sci. Technol.* 18:544-547.
6. Shen, T. T., Cheng, R. J., Mohnen, V. A., Current, M., and Hudson, J. B. 1977. Characterization of differences between oil-fired and coal-fired power plant emissions. Pages 386-391 in: *Proceedings of the 4th International Clean Air Congress*, May 16-20, 1977, Tokyo.
7. Sun, E. J. 1993. Microscopic identification of atmospheric black smoke particles from heavy oil combustion. *J. Environ. Protection Soc. R.O.C.* 16: (In Press).
8. Sun, E. J. 1993. Microscopic identification and source apportionment of airborne particles deposited in northern and central Taiwan. *J. Environ. Protection Soc. R.O.C.* 16: (In Press).

ABSTRACT

Sun, E. J. 1993. Microscopic identification and X-ray microanalysis of smoke particles deposited on vegetation surface originated from an oil-fired power plant. *Plant Pathol. Bull.* 1:196-202. (Department of Plant Pathology and Entomology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan)

The black smoke particles heavily deposited on the surfaces of calla flowers, mustard and cabbage leaves collected from Ta-Pin Hill area of Wanli, Taipei county, and those on the wentan and cabbage leaves at Ma-Shi area of Keelung city were found to consist of 1-3 μm light-reflecting black spheres and many submicron amorphous particulates when observed under a metallurgical microscope. The composition of deposited particles on vegetation surface was found to be similar to that emitted from an oil-fired power plant located about 10 km east from Ta-Pin Hill of Wanli, but different to those from two heavy oil-fired boilers of nearby textile factories, one fertilizer factory, one steel refinery and exhausts from various vehicles. Scanning electron microscopy of the deposited 1-3 μm particles also showed the same appearance as those collected from the stack of the oil-fired power plant. Further analysis with an energy-dispersive X-ray microanalyzer showed that both particles contained principally Si and Al, although larger particles collected from electrostatic precipitator of the power plant might contained more S and V other than Si and Al. Sixty petri dish samplers from two particle collection stations collected daily from April 1 to May 12, 1991 in the farms at Ta-Pin Hill showed that typical 1-3 μm particles deposited on this area everyday, while simultaneous meteorological data indicated that east wind dominated or existed during each collecting day in this period. These evidences revealed that the heavily deposited particles on the vegetation surface were from the upwind power plant 10 km away.

Key words: Smoke, Particulate, Power plant, X-ray microanalysis.