

空氣中的懸浮微粒與落塵量之關係

張柏成*

一、前　　言

污染空氣的物質很多，但通常被看得到的就是懸浮在空中及落在家具或地面上的塵埃。所謂塵埃就是固體（大部份）或液體的微粒，從形成的地方經過空氣運動被帶到其他地方，這些微粒大小不一，因此輕重各異。它們可以大到 $100\sim200\mu$ ，也可能小到連肉眼也看不到的微塵（小於 1μ ）。而較大的微粒，約在 10μ 左右，因為本身的重量會慢慢沉降於地面或其他物體表面上，形成我們所謂之落塵，而比較小的微粒，約在 2μ 左右，則會懸浮在空氣中，成為浮游塵。界乎兩者中間的微粒則視其重量及特性可能沉降亦有可能懸浮於空氣中，常見一些物理現象如碰撞成被黏着（如潮濕之表面）亦會令很小的微粒脫離懸浮之行列。衡量空氣中的微粒，常用之方法有三：(一)落塵量，即每平方公里土地，每個月之落塵總重量；(二)懸浮微粒，包括粒徑大於 10μ 的微粒總重量；及(三)浮游塵，不包括粒徑大於 10μ 之微粒總重量，因為成為落塵之微粒當然是粒徑比較大或較重的微粒，唯此項實驗需時甚長，而懸浮微粒實驗僅需24小時即有結果，而且是包括粒徑大於 10μ 以上之微粒總重量，所以從懸浮微粒之測定，理論上可以推算每月之落塵量，因為粒徑大於 10μ 之微粒因重力關係會自然沉降。本報告係引用臺灣省環境衛生實驗所出版之民國六十九年及七十年之年報（註一）及臺北市環境保護局之臺北市空氣及水污染測定結果報告（註二）之最近二年臺灣省及臺北市之落塵量及懸浮微粒之數據，經過統計學之分析，希望導出此兩者之關連。

二、數據分析及討論

臺灣省環境衛生實驗所（現已與臺灣省水污染防治所合併為臺灣省環境保護局）於全國十八個縣市（澎湖除外）設有110個測驗站其中98個祇做落塵量，懸浮微粒及黑煙測定。

落塵量採用落塵筒法 (Dustfall Jar)，每三十天採樣一次，以測定落塵量，其單位是噸／平方公里／月。

懸浮微粒則採用快速吸塵器 (High Volume Sampler)，以玻璃纖維濾低抽取空中微粒，24小時採樣一次，單位是微克／立方公尺。所採取到的微粒包括 10μ 以上之粗粒。

臺北市則在各區設有16個（到72年2月增為17個）測定站，每月均有測定結果公報。高雄市68年十月改制院轄市，因缺高雄市之資料，所以本報告之分析祇包括高雄縣，而不包括高雄市。

因為懸浮微粒之測定比較省時間，所以在此嘗試以懸浮微粒為 x ，落塵量為 y ，透過直線迴歸法找出兩者之關係，以下式表示之：

* 逢甲大學公害防治研究中心主任

本小組委員

$$y = ax + b$$

x : 懸浮微粒, $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$

y = 落塵量, $\text{Ton}/\text{Km}^2/\text{month}$

a, b 為常數

如果相關系數接近 1，則上列關係式可資利用，接近 0 則表示兩者無上則之關係存在。

臺灣地區之各縣市之迴歸分析結果見圖一至圖廿。同時表一綜合所有結果，而臺北市各區之分析歸納於表二之中。

表一

月平均值

縣市名	迴歸直線	相關係數	懸浮微粒 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	落塵量 $\text{Ton}/\text{Km}^2/\text{month}$
臺北縣	$y = 0.0022x + 11.3$	0.024	280	11.9
桃園縣	$y = -0.007x + 8.6$	0.102	172	7.5
新竹縣	$y = 0.020x + 9.18$	0.247	230	13.8
苗栗縣	$y = 0.015x + 5.72$	0.282	150	7.9
臺中縣	$y = 0.014x + 7.3$	0.189	215	10.4
彰化縣	$y = 0.021x + 4.79$	0.588	223	9.5
南投縣	$y = -0.003x + 6.92$	-0.093	168	6.4
雲林縣	$y = 0.05x - 0.13$	0.729	136	6.7
嘉義縣	$y = 0.013x + 5.86$	0.293	200	8.4
臺南縣	$y = 0.023x + 5.67$	0.51	174	9.7
高雄縣	$y = 0.016x + 6.54$	0.457	235	10.4
屏東縣	$y = -0.003x + 9.16$	0.052	187	8.7
花蓮縣	$y = 0.036x + 2.56$	0.551	177	8.9
臺東縣	$y = 0.013x + 3.59$	0.328	133	5.3
基隆市	$y = 0.021x + 9.56$	0.239	231	14.4
臺中市	$y = 0.001x + 7.52$	0.031	208	7.7
臺南市	$y = 0.009x + 7.55$	0.161	237	9.6
宜蘭縣	$y = 0.069x - 1.21$	0.573	171	10.7
臺北市	$y = 0.12x + 2.9$	0.699	103	15.1
臺灣省 (年平均)	$y = 0.088x - 9.21$	0.883	—	—

表二

月平均值

測定站	迴歸直線	相關係數	懸浮微粒 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	落塵量 $\text{Ton}/\text{Km}^2/\text{month}$
康定路	$y = 0.094x + 5.86$	0.729	125	17.6
昆明街派出所	$y = 0.0048x + 19.1$	0.025	154	19.8
雙園分局	$y = 0.083x + 7.76$	0.77	114	17.2
古亭區公所	$y = 0.018x + 13.9$	0.12	113	15.9
景美分局	$y = -0.003x + 14.7$	-0.018	79	14.5

芳和國中	$y = 0.078 x + 8.5$	0.58	68	15
政大	$y = 0.013 x + 11.3$	0.14	65	12.2
松山分局	$y = 0.03 x + 11.7$	0.51	121	15.4
南港分局	$y = -0.002 x + 16.6$	-0.022	174	16.2
大直派出所	$y = -0.022 x + 13.4$	-0.15	83	11.5
士林分局	$y = 0.024 x + 13.6$	0.21	97	13.5
北投區公所	$y = -0.067 x + 17.5$	-0.71	71	12.7
陽明山國小	$y = 0.18 x + 4.4$	0.518	40	11.5
建成分局	$y = 0.082 x + 14.2$	0.30	111	23.3
長春國小	$y = -0.126 x + 30.1$	-0.242	97	17.8
內湖分局	$y = 0.076 x + 6.34$	0.591	89	13.1

上面已經提到，變數（懸浮微粒）及應變數（落塵量）的相互關係是否成立，可由相關係數來決定，相關係數越接近1，表示所求得之迴歸直線可以代表兩者間之關係。從表一可以看出，臺灣地區各地之懸浮微粒與落塵量間之關係變化甚大，臺北縣之相關係數最低，祇有0.024，而臺灣省之年平均值則最高為0.883。如果以相關係數之大小來分組，大概可以有下列之意義：

表三 臺灣省之統計數字

相關係數	意義	地區數	所佔百分比
0—0.2	落塵量與懸浮微粒無直線關係存在	7	35
0.2—0.5	兩者有直線關係存在，但可能有較大的偏差	5	25
0.5—1.0	兩者之關係可由迴歸直線估計偏差較少	8	40
		總數 20	100

從上列統計數字，可以看出，臺灣省各地區中有40%的地方其落塵量可以從懸浮微粒的數字予以估計。有25%的地方兩者的直線關係存在，但懸浮微粒數字經過迴歸直線的推算，落塵量的偏差可能比較大，但可以應用。有35%的地方兩者無直線關係存在，那就是說不管懸浮微粒如何變化，該地區的落塵量均維持在某一個範圍內，即此地區之落塵量變化不大。

臺灣地區佔地三萬多平方公里，而且有中央山脈阻隔，北部為丘陵區，南部平原區，而東部則為山區，所以上表顯示之地區性差異是可以理解的。臺北市佔地約1000平方公里，而且位處盆地，表一顯示各區之平均值所得的落塵量及懸浮微粒相關係數相當高，但此迴歸直線並不見得可以應用到臺北市每一地區，即各地區仍有區域性之差異存在。此現象可由表四得知。

表四 臺北市之統計數字

相關係數	意義	區數	佔百分比
0—0.2	落塵量與懸浮微粒無直線關係存在	6	37.5
0.2—0.5	兩者有直線關係存在但可能有較大的偏差	3	18.8
0.5—1.0	兩者之關係可由迴歸直線估計，偏差較少	7	43.7
		總數 16	100

從上表可以看出，雖然在臺北市，各區之差異仍相當大，能以迴歸直線估算落塵量之地區祇佔62%左右，而且約19%之地區可能有較大的偏差。約三分之一的地圖常年落塵量比較穩定，與空氣中的懸浮微粒的濃度變化無關。

綜合臺灣省及臺北市之分析結果可以知道，不管在較廣闊之臺灣地區或較小的臺北市，區域性的差異仍然存在，而引起落塵量與懸浮微粒相關之差異可能與該地區的微粒的特性有關。如果懸浮微粒中比 10μ 大的微粒較多，則落塵量應該較大（風速等氣候因素不考慮時），而比 10μ 小的微粒多，則懸浮微粒與落塵量可能無直線關係存在。

一份由鄭福田及李俊璋（註三）提出之「論臺北市粒狀物空氣污染」論文中指出松山，南港，龍山及木柵等區之懸浮微粒分析中，比 4.7μ 小之微粒在四區中都超過總微粒重量之70%以上。從表二可知，除南港分局外，其他三區之迴歸直線相關係數都在0.022到0.15中間，南港區的相關係數為0.51，這可能與取樣時，懸浮微粒的變化有關。這也表示出從統計數字中導出的數據常會有偏差的原因。

下表歸納逢甲大學自行測定之逢甲大學不同地點空氣中懸浮微粒濃度之結果。

表五 逢甲大學空氣之懸浮微粒濃度 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)

地點	浮游塵 (10 μ 以下)	懸浮微粒 (含10 μ 以上)
大門口	99	344
圖書館	230	172
男生宿舍	392	440
郵局	80	192
平均值	200	287

數據中圖書館之浮游塵比懸浮微粒多，是因為取樣時間不同，空氣中的微粒，會有變化，男生三、四宿舍因為靠近運動場，故懸浮微粒之濃度較大。而各地點之平均值顯示10 μ 以下之微粒仍佔總量之70%，同理此處亦可解釋臺中市懸浮微粒與落塵量相關係數偏低（見表一， $r = 0.031$ ）的現象。

臺中市的落塵量不算高，祇有 7.7噸／平方公里／月，屬輕度污染。但在逢甲大學測到之懸浮微粒（含 10μ 以上）之濃度達 $287\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 已超過一般地區之月平均值限值 $260\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ，及測到之浮游塵（ 10μ 以下）的濃度 $200\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ，很接近一般地區之月平均限值 $210\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ （註四），尤其是小於 10μ 之微粒屬可以被吸入呼吸系統之微粒，影響至鉅，應該加以注意。

三、結論

- (1)從所收集到的二年數據中，可以利用統計分析方法導出臺灣各地區之懸浮微粒與落塵量之迴歸直線。
- (2)約有60%的地區中，可以利用迴歸直線從懸浮微粒的濃度估計該地區之落塵量，但估計數字都會受較大（約25%地區）或較少（約42%地區）統計偏差的影響，而35%左右的地區，落塵量與懸浮微粒的濃度變化無關。
- (3)以區平均值導出的較大地區（臺北市或臺灣省）之迴歸直線，其相關係數（ $0.699\sim0.883$ ）相當高，但大地區下仍然不能避免有小區域之差異，因此應用迴歸直線時應該加以注意。

參考文獻

- (註一) 臺灣省環境衛生實驗所：「臺灣省環境衛生實驗所年報，中華民國六十九年及七十年」，中華民國七十一年七月一日。
- (註二) 臺北市政府環境保護局：「臺北市空氣，水污染測定結果報告」，中華民國七十一年五月至七十二年三月。
- (註三) 鄭福田、李俊璋：「論臺北市粒狀物空氣污染」，中國工程學刊（編印中）
- (註四) 行政院衛生署環字第 79818 號刊登公報：「中華民國臺灣地區環境空氣品質標準」，中華民國64年10月1日。









