

大氣擴散式之數值模擬在污染物 排放標準限制之應用

莊進源 呂世宗 沈世宏

中央氣象局

(中華民國六十八年 三 月二十四日收到)

摘 要

本文係檢討大氣擴散式之數值模擬與高雄市區污染物排放標準之限制係數。大氣擴散式之硫氧化物模擬值與二氧化鉛法實測值甚為一致。因此在大氣擴散式模擬上，如有完整的資料，其模擬結果確能為限制污染物排放標準之依據。

一、前 言

空氣污染之管制在訂定維護人體健康與保護財物之環境品質標準後，就是要訂各排放源之排放標準，以為各工廠改善其排放物之依據。其排放標準太鬆則環境品質無法維持，如太緊則浪費工廠之財力，因而選擇適當之排放標準在經濟建設發展上極為重要。然而，由於各地區排放源分佈密度，氣象因素及地形各有不同，排放濃度，與所構成之地面濃度關係亦隨各地區而不相同。因此在一個地區為制定適當排放標準，除非有歷年之環境品質測定資料與排放源排放量資料作為參考，否則只有依靠大氣擴散式之電算模擬數值。

本文係利用大氣擴散式之電算模擬，配合環境品質之實測資料，探討高雄地區排放標準之限制係數，以資將來保護環境之參考。

二、訂排放標準之基本概念與排放削減率

污染物質在大氣中之濃度，決定於排放源強度，排放源之立體分佈以及大氣擴散能力。在大氣污染濃度之垂直分佈中以人類生活層即地面附近之污染濃度最重要，環境品質標準亦以此層之資料為準。

一般說，污染物自排放源排出後，究竟在地面

附近造成多高的濃度，可經由兩種途徑來瞭解。其一是在地面適當高度（平常以 1.5 m 為宜），裝設測定儀測定污染物濃度。其二即由排放源及氣象等資料，利用電算機以適當的大氣擴散式模擬，求出地面附近之污染濃度。

以設站測定，尤其使用連續自動測定儀可以精確的測出污染濃度。然而其缺點是以現有測定技術，僅可測出一地點之濃度時間變化，如做全面之監視必須多設測站。在經費限制下，測站數目亦受到限制。

以本文所使用之測定方法：二氧化鉛法（鉛燭法）：測定硫氧化物而言，其成本較低廉可廣設測站（約每 1.5 平方公里設一測站），然而此種方法僅可測定一個月之平均值。雖然在訂環境品質時，月平均值亦有參考價值，而對瞭解污染物在短時間之高濃度影響人體與作物之效應⁽¹⁾，月平均值之意義即較差。

對二氧化硫而言，我國之空氣環境品質要求是大氣中二氧化硫每小時平均值不可超過 0.3 ppm（百萬分之一份體積比），每日平均值不可超過 0.1 ppm，每年平均值不可超過 0.05 ppm。

從排放源與氣象等資料，利用大氣擴散模式，以電算機模擬地面污染濃度在歐、美及日本已應用甚廣，所使用之擴散模式種類亦甚多。但大致可分為兩大類型。其一為經驗統計模式。其二即為數值

分析模式。本文係使用前者，為實用性較廣，較節省電算時間者。利用電算機求解之方法，其優點為可在短時間內求出全面地區之污染濃度分布，一小時或長時間之平均值分別可以不同模式求出。因此在排放標準之訂定，土地與交通等規劃以及污染濃度之預測等應用此法甚為方便。而其主要缺點為模擬結果之準確度通常受輸入資料，如排放源與氣象等資料之限制，要更準確之結果則需更多之參數資料，而其電算成本亦愈高。

測定或計算地面附近之污染濃度，主要目的在瞭解排放源排放量與地面污染濃度之關係。獲得此項關係後，始可依據環境品質標準訂定排放源之排放量標準。

以測站測定之環境品質為直接依據，制定排放標準之方法甚為簡便。稱為簡便逆算模式(Simple Rollback Model)⁽²⁾。而後各研究者逐步修改並將複雜之擴散式與電算機加以應用，提出修正逆算模式(Modified Rollback Model)⁽³⁾。

效簡述以兩種模式訂定排放標準供為參考。

1.簡便逆算模式。

假設具較長半生期之污染物在任一地點之濃度等於一基線濃度加上另一數值，此數值正比於影響此地點所有污染物排放量之總計時即可寫成下式：

$$C(r) = B + K(r)E \dots\dots\dots(1)$$

式中 C(r) 為 r 地點之濃度，r 為空間座標(x, y, z)，B 為基線濃度，K(r) 為 r 地點之比例常數，E 為污染物總排放量。基線濃度為不受此地區排放物所影響之濃度。比例常數 K 則受氣象條件，排放源分布等所影響，而將隨地點不同。

應用①式於制定排放標準時，可將環境品質標準 C_s 代入①式則可得容許排放量 E_s 如下

$$E_s = (C_s - B) / K \dots\dots\dots(2)$$

由於 K 值隨地點而不同，K 值之選擇將可決定容許排放量 E_s，因此為保證空氣品質維護區內任一點之濃度均在標準以下，應選擇該地區可能發生之最高污染濃度 C_{max} 為 K 值之計算依據，則以下式：

$$K = (C_{max} - B) / E \text{ 代入②式可得}$$

$$E_s = (C_s - B)E / (C_{max} - B) \dots\dots\dots(3)$$

若要將此標準適用到數年後，其間排放量之成長因

素 G 必須計入。G 為數年後排放量與基準年之比值，則③式變為

$$E_s = (C_s - B)E / G(C_{max} - B)$$

因此，排放量之必要削減百分比 R 如下：

$$\begin{aligned} R &= 100 \left[1 - \frac{E_s}{E} \right] (\%) \\ &= 100 \left[1 - \frac{(C_s - B)}{G(C_{max} - B)} \right] (\%) \\ &= 100 \left[\frac{GC_{max} - C_s + B(1 - G)}{G(C_{max} - B)} \right] (\%) \\ &= 100 \left[\frac{GC_{max} - C_s + B(1 - G)}{GC_{max} - B + B(1 - G)} \right] (\%) \end{aligned} \dots\dots\dots(4)$$

由於 B(1-G)，一般情形下很小，可以省略不計即④式可改寫如下

$$R = 100 \left[\frac{GC_{max} - C_s}{GC_{max} - B} \right] (\%) \dots\dots\dots(5)$$

上式即為常用之簡便逆算模式。應用此式時可將測站中發生之最大濃度 C_{max} 及上風處測站尋出之基線濃度 B，環境品質標準 C_s 以及估計之成長因素 G 代入即可獲得應削減排放量之百分比。

2.修正逆算模式。

若前述半生期較長之污染物質在某一地區，其排放源排放量分佈以 E(r,t) 表示，式中 r 為空間座標(x, y, z)，而 t 為時間，則環境空氣中此污染物質的濃度分佈 C(r, t) 可以下式表示。

$$\begin{aligned} C(r,t) &= \int_0^t dt' \int dr' F(r, r'; t, t') E \\ &\quad (r', t') + \int dr' [(Cr', t') F(r, r'; \\ &\quad t, t')] t' \dots\dots\dots(6) \end{aligned}$$

式中 F(r, r'; t, t') 為大氣擴散關係式。決定於風向，風速，穩定度等氣象條件及其他邊界條件，如地形及混合層高度等。E(r, t) 應包括所有排放源。點排放源如大型工廠，面排放源如住宅，小工廠地區及線排放源如汽車、飛機等。

在管制環境品質時，其品質標準所要求之濃度均為一段時間之平均值 $\bar{C}(r)$ 。若所取時間足夠長時，(6)式中之初值可以基線濃度 B 代替。B 值與可控制之排放源無關。

設一段時距 T = t₂ - t₁ 之 C(r,t) 平均值 $\bar{C}(r)$ 表示如下：

$$\bar{C}(r) = \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} dt \int_0^1 dt' F(r, r'; t, t') E(r', t') + B \dots\dots\dots (7)$$

如再假設在平均所取時距內為穩定狀態，上式則可簡化為：

$$\bar{C}(r) = \int dr' F(r, r') E(r') + B \dots\dots\dots (8)$$

此式與①式類似，而為①式之修正式。

如推測數年後之濃度變化，則需考慮成長因素 G(r)，同時數年後之濃度 C_t(r) 可表示如下：

$$C_t(r) = \int dr' F(r, r') [1 - R(r')] E(r') G(r') + B \dots\dots\dots (9)$$

式中 R(r') 為排放量削減率。

在制定排放標準時，期望某一目標年，地面環境濃度 C_t(r) 必須小於環境品質濃度標準 C_a。即

$$C_t(r) \leq C_a \quad r = (x, y, z) \dots\dots\dots (10)$$

解(9)，(10)兩式可以得到各地點之容許排放量 E_a(r)，如下：

$$E_a(r) = [1 - R(r)] E(r) G(r) \dots\dots\dots (11)$$

如果在同一地點有不同類型之排放源，⑩式則應寫成合成式，

$$E_a(r) = \sum_i [1 - R_i(r)] E_i(r) G_i(r) \dots\dots\dots (12)$$

經排放源調查結果發現高雄地區 99.3% 之排放量來自點排放源，因此該地區之 E(r, t) 可寫為下式

$$E(r, t) = \sum_i E_p(r_i) \delta(r - r_i) = \sum_i \bar{E}_p \delta(r - r_i) \dots\dots\dots (13)$$

式中 E_p 為點排放源，δ(r_i) 為 Delta function， \bar{E}_p 為穩定狀態值。

將⑬式代入⑥式與⑪式即得

$$C_t(r) = \int dr' F(r, r') [1 - R(r')] \sum_i \bar{E}_p \delta(r'_i) G(r'_i) + B = \sum_i F(r, r_i) [1 - R(r_i)] \bar{E}_p G(r_i) + B \dots\dots\dots (14)$$

$$E_a = \sum_i [1 - R(r_i)] \bar{E}_p G(r_i)$$

$$E_{a,i} = [1 - R(r_i)] \bar{E}_p G(r_i) \dots\dots\dots (15)$$

將⑭，⑮式換為直角座標時，即以下式可求出地面濃度。

$$C_t(x, y, z, t) = \sum_i F(x, y, z, t; x_i, y_i, H_i) (1 - R_i) \bar{E}_{p,i} G_i + B \dots\dots\dots (16)$$

$$E_{a,i} = (1 - R_i) \bar{E}_{p,i} G_i \dots\dots\dots (17)$$

式中 H_i 為排放源之有效高度。

擴散關係式以 Gaussian 分佈型可寫成如下

$$F(x, y, z, t; x_i, y_i, H_i) = \frac{1}{\pi \sigma_R \sigma_z U} \exp \left[-\frac{R^2}{2\sigma_R^2} \right] \exp \left[-\frac{H_z^2}{2\sigma_z^2} \right] \dots\dots\dots (18)$$

若 H_i + σ_z ≤ L

$$F(x, y, z, t; x_i, y_i, H_i) = \frac{1}{\pi \sigma_R \sigma_z N} \exp$$

$$\left[-\frac{R^2}{2\sigma_R^2} \right] \sum_{N=-\infty}^{\infty} \exp \left\{ \left[-\frac{(H_i + 2NL)^2}{2\sigma_z^2} \right] \right\}$$

若 L < H_i + σ_z < 1.6 L ... (19)

$$F(x, y, z, t; x_i, y_i, H_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_R L N} \exp$$

$$\left[-\frac{R^2}{2\sigma_R^2} \right]$$

若 H_i + σ_z < 1.6 L ... (20)

$$\text{式中 } \sigma_R = aS^b, \sigma_z = cS^d, U = U_0 \left(\frac{H_i}{z_0} \right)^p \dots\dots\dots (21)$$

$$R = (y_1 - y) \sin \theta - (x_1 - x) \cos \theta$$

$$S = (y_1 - y) \cos \theta + (x_1 - x) \sin \theta$$

θ 為風向與正北方之夾角

L 為大氣混合層高度

U 為風速，(m)

S 為排放點 (x₁, y₁) 與接受點 (x, y) 之下風距離 (m)

R 為排放點 (x₁, y₁) 與接受點 (x, y) 之橫風距離 (m)

σ_R 為橫風方向擴散標準偏差。

σ_z 為垂直方向擴散標準偏差。

a, b, c, d 為常數，決定於大氣穩定度與下風距離。

以 Gaussian 擴散式分析單一煙道下風處濃度可以得到最高濃度與發生最高濃度之位置如下

$$S_{max} = \left(\frac{2d}{b+d} \frac{H_i^2}{C^2} \right)^{\frac{1}{2d}} \dots\dots\dots (22)$$

$$C_{max} \cdot U = \exp\left[\frac{-(b+d)C^2}{4d}\right] / \pi \left(\frac{2d}{b+d} \frac{H_1^2}{C^2}\right)^{\frac{b+d}{2d}} \dots\dots\dots (23)$$

由(22), (23)式可見最高濃度反比於 $H_1^{\frac{b+d}{d}}$, 而發生位置正比於 $H_1^{-\frac{1}{d}}$

因此, 從單一煙道下風最高濃度考慮, 如將排放量之限制正比於煙道有效高度之 $\frac{b+d}{d}$ 次方, 則由單一煙道排放源產生之最高濃度亦可以比例常數 K 表示如下:

$$\text{若 } E_{s1} = K_1 H_1^{\frac{b+d}{d}} \dots\dots\dots (24)$$

$$\text{由(23)式 } C_{max} U = K_1 \exp\left[\frac{-(b+d)C^2}{4d}\right] / \pi \left[\frac{2d}{(b+d)C^2}\right]^{\frac{b+d}{2d}} \dots\dots\dots (25)$$

固定 K_1 值時, 只要滿足(24)式, 無論以降低 E_{s1} 值或提高 H_1 值來完成均不影響(23)式之 C_{max} 值。但由於最高濃度發生位置 S_{max} , 只與 H_1 之 $\frac{1}{d}$ 次方成正比, H_1 值之改變將影響最高濃度之發生位置。在許多排放源密集之地區, 由於加成之效果將使最高濃度不僅發生在單一煙道發生最高濃度之位置。此時最高濃度發生位置應為排放源密度分佈及有效高度 H_1 之函數。

將(24)式代入(14), (15)式時, 可看出

$$C_r(r) = \sum_i F(r, r_i) K_1 H_1^{\frac{b+d}{d}} + B \dots (26)$$

$$1 - R(r_i) = \frac{K_1 H_1^{\frac{b+d}{d}}}{E_{p1} G(r_i)}$$

$$R_1 = \frac{E_{p1} G_1 - K_1 H_1^{\frac{b+d}{d}}}{E_{p1} G_1} \dots\dots\dots (27)$$

應用電算機改變 K_1 及 H_1 之值, 可計算出不同狀況之 $C_r(r)$ 值, 再以(23)式之限制, 尋找合適之 K_1 及 H_1 值, 由 K_1, H_1 及 G_1 值, 則可求出排放削減百分比 R_1 。

三、電算模擬結果之檢討

1. 測站分布與採樣測驗。

在高雄地區, 如圖一(圓圈代表測站位置)共設二氧化鉛測站 184 處。密集處每平方公里有一站, 平均約每 1.5 平方公里一站。

總測定時間十一個月半(1976 年 4 月至 1977 年 3 月)取樣分析九次, 其中有二次長達二個月, 一次達月半。圖二, 圖三分別為全期平均值等濃度曲線與較重污染之 1977 年 1, 2 月份等濃度曲線。

因二氧化鉛法係測定每月通過圓筒與二氧化鉛發生反應之硫氧化物數量, 並非代表大氣中氧化硫真正濃度, 須求出與大氣中二氧化硫實際濃度之關連性始有意義。本研究則以 Kimoto 製之導電度法大氣二氧化硫自動分析記錄儀測定紀錄做比較, 求出其連關性。

表一為這些測定結果比較表。表一第三列為二氧化鉛法測值, 日平均量係以累積量除以日數而得, 單位應為 $MgSO_3 / \text{天} / 100cm^2 pbo_2$ 。第四列為導電度法連續自動測定紀錄儀之測定值, 平均量係所有小時測值之平均, 單位為 ppm。第五列為此兩測定法之比值。其他三列為相同期間所測定之風速, 溫度與濕度等氣象資料。

將 1977 年 4 月初至 5 月底共取 22 個樣品之比值。其平均值為 0.0278 So_2 ppm/ So_3 mg. 標準偏差為 0.0053。

兩種測定法測定結果之比值(偏高部份)可獲得下列關連

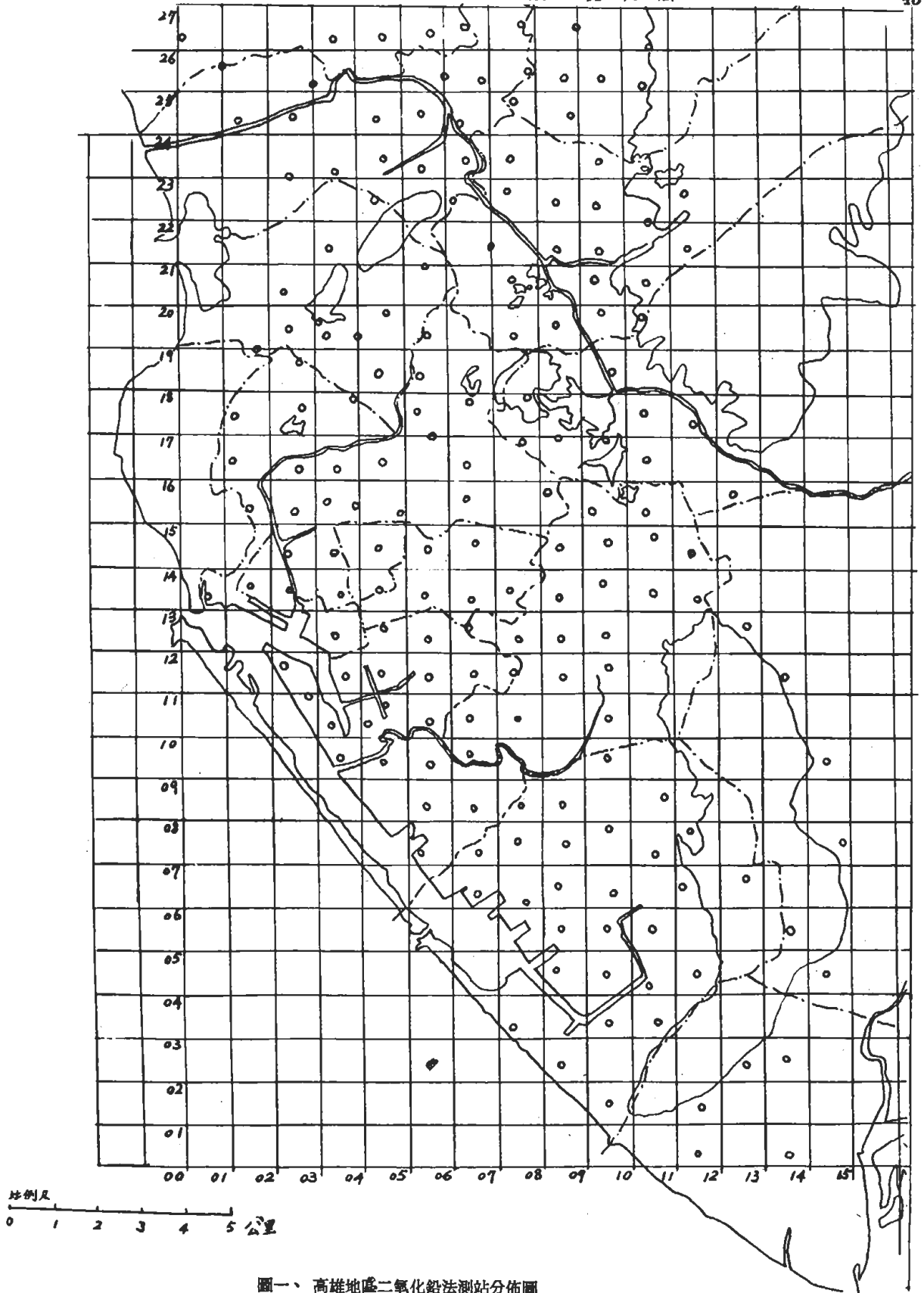
$$C_{so_2} \text{ (ppm)} = 0.026 C_{so_3}^{1.3} \text{ (mg/day / 100 cm}^2 \text{ pbo}_2\text{)}$$

$$= 0.00031 C_{so_3}^{1.3} \text{ (mg / 30 day / 100cm}^2 \text{ pbo}_2\text{)}$$

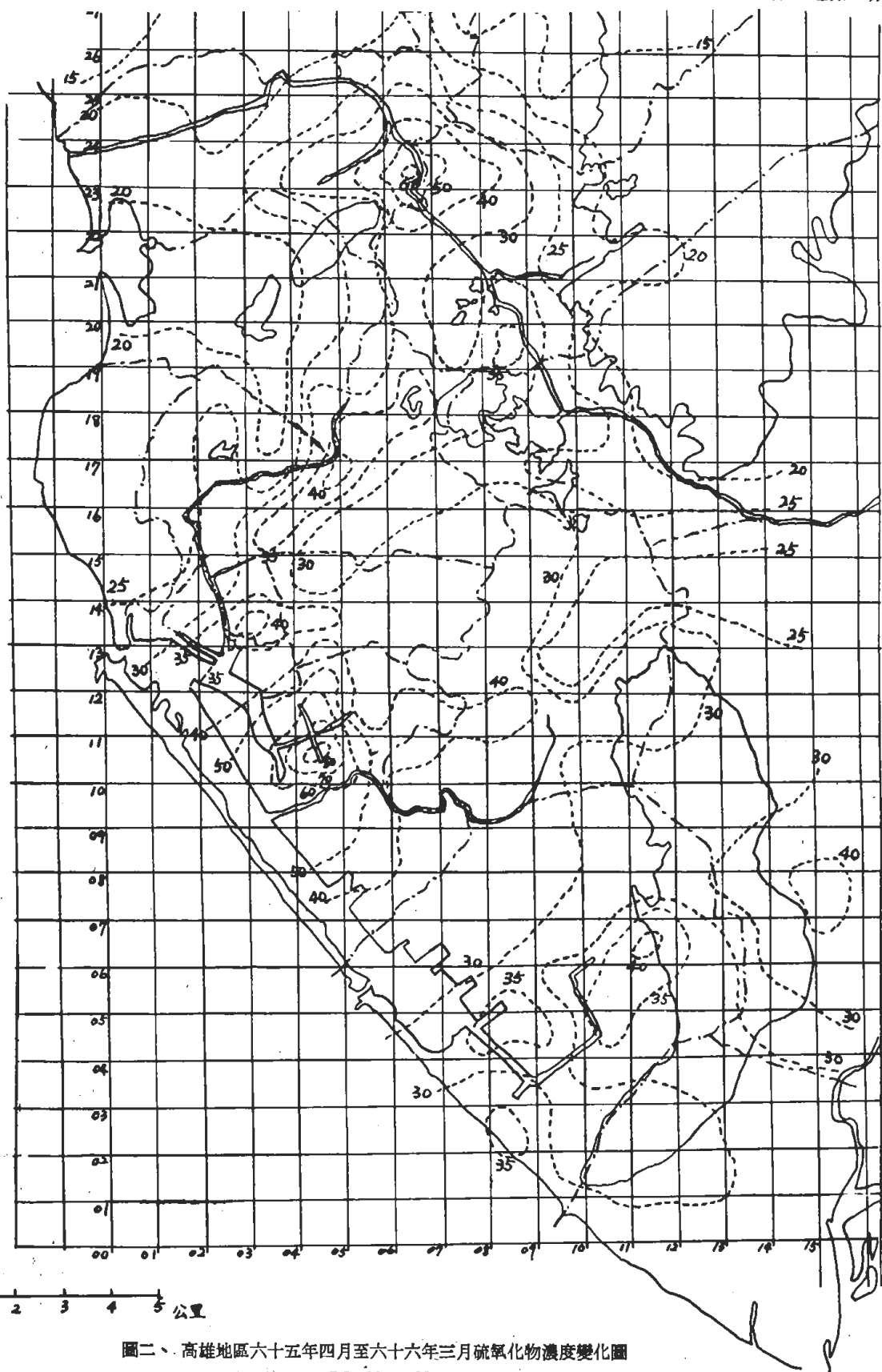
$$\dots\dots\dots (28)$$

2. 排放源資料

將高雄地區二氧化硫排放量超 50 噸/年之煙道列為點排放源。此種點排放源共計 252 個排放點源。每點源收集之資料, 包括煙道座標位置(相對於基準點), 高度, 出口截面積, 排氣量, 排氣溫度, 操作時間及二氧化硫排放量等。若屬於燃燒重油設備其二氧化硫排放量即以含硫量 3.5% 完全燃燒計算。若屬其他設備, 其排放量則以煙道濃度測定值及排氣量計算之。(排放源資料太多不登載)

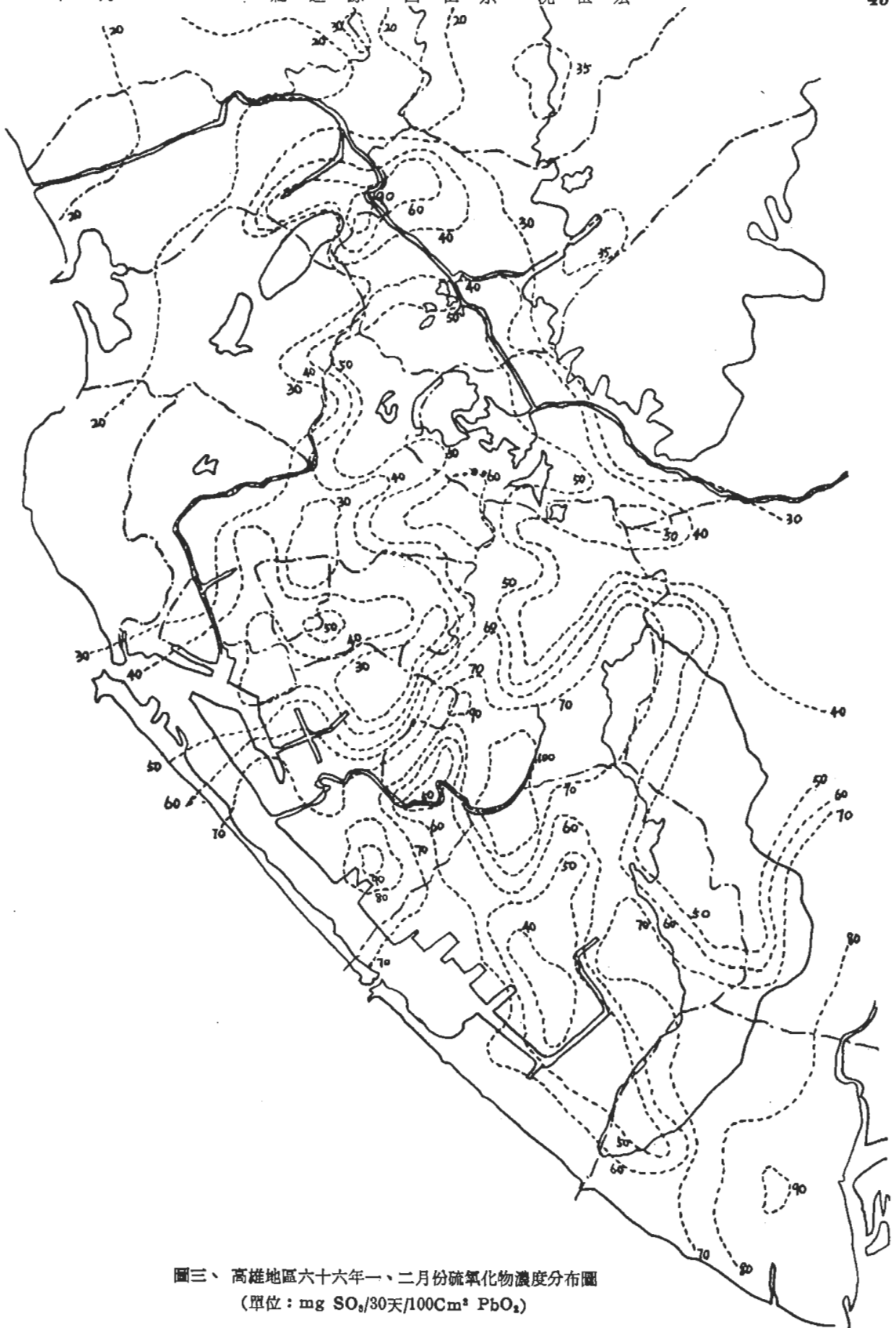


圖一、高雄地區二氧化鉛法測站分佈圖



圖二、高雄地區六十五年四月至六十六年三月硫氧化物濃度變化圖

(單位：mg SO₂/30天/100Cm² PbO₂)



圖三、高雄地區六十六年一、二月份硫氧化物濃度分布圖
(單位： $\text{mg SO}_2/30\text{天}/100\text{Cm}^3 \text{ PbO}_2$)

表一、二氧化鉛與導電度法實驗比較表

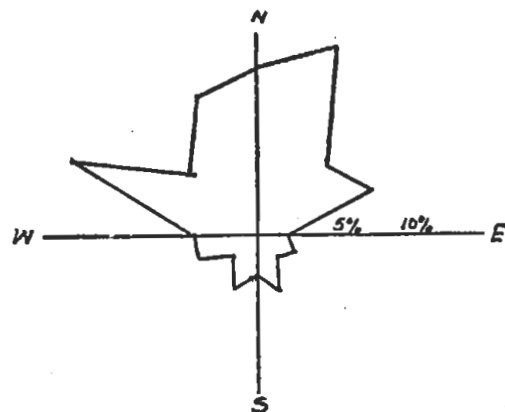
編號	日數	SO ₂ mg		SO ₂ ppm		SO ₂ ppm/ SO ₂ mg/ Day	風速 m/sec	溫度 °C	濕度 (%)
		累積量	日平均量	累積量	平均量				
1	3.5	8.012	2.289	0.1554	0.0444	0.0194	1.04	25.7	78.25
2	5.5	13.72	2.494	0.245	0.0446	0.0179	0.919	26.03	77.00
3	7.5	22.89	3.052	0.333	0.0445	0.0146	0.962	26.39	76.88
4	9.5	33.60	3.537	0.479	0.0504	0.0142	0.886	26.49	76.50
5	11.5	42.09	3.660	0.580	0.0504	0.0138	0.859	25.92	75.83
6	15.5	33.56	2.165	0.937	0.0604	0.0279	0.831	25.86	74.13
7	17.5	48.42	2.767	1.122	0.0641	0.0232	0.836	26.06	74.50
8	19.5	62.19	3.189	1.279	0.0656	0.0206	0.819	26.21	74.85
9	21.5	47.58	2.213	1.441	0.0670	0.0303	0.825	26.29	74.77
10	23.5	62.86	2.675	1.673	0.0712	0.0266	0.830	26.40	74.58
11	25.5	84.28	3.305	1.848	0.0725	0.0219	0.841	26.53	74.58
12	27.5	84.48	3.072	1.904	0.0692	0.0225	0.878	26.71	74.54
13	31.5	60.95	1.935	2.105	0.0668	0.0345	0.897	27.00	74.47
14	33.5	62.86	1.877	2.204	0.0658	0.0351	0.884	27.11	74.41
15	35.5	93.97	2.647	2.231	0.0654	0.0247	0.938	27.18	74.25
16	39.5	78.01	1.975	2.590	0.0656	0.0332	0.914	27.18	75.15
17	41.5	114.54	2.760	2.690	0.0648	0.0235	0.890	27.17	75.81
18	43.5	106.58	2.450	2.790	0.0641	0.0262	0.882	27.26	76.07
19	45.5	85.59	1.881	2.902	0.0638	0.0339	0.873	27.28	76.33
20	47.5	81.99	1.726	3.023	0.0636	0.0368	0.863	27.28	76.42
21	49.5	87.91	1.776	3.170	0.0640	0.0362	0.859	27.26	76.64

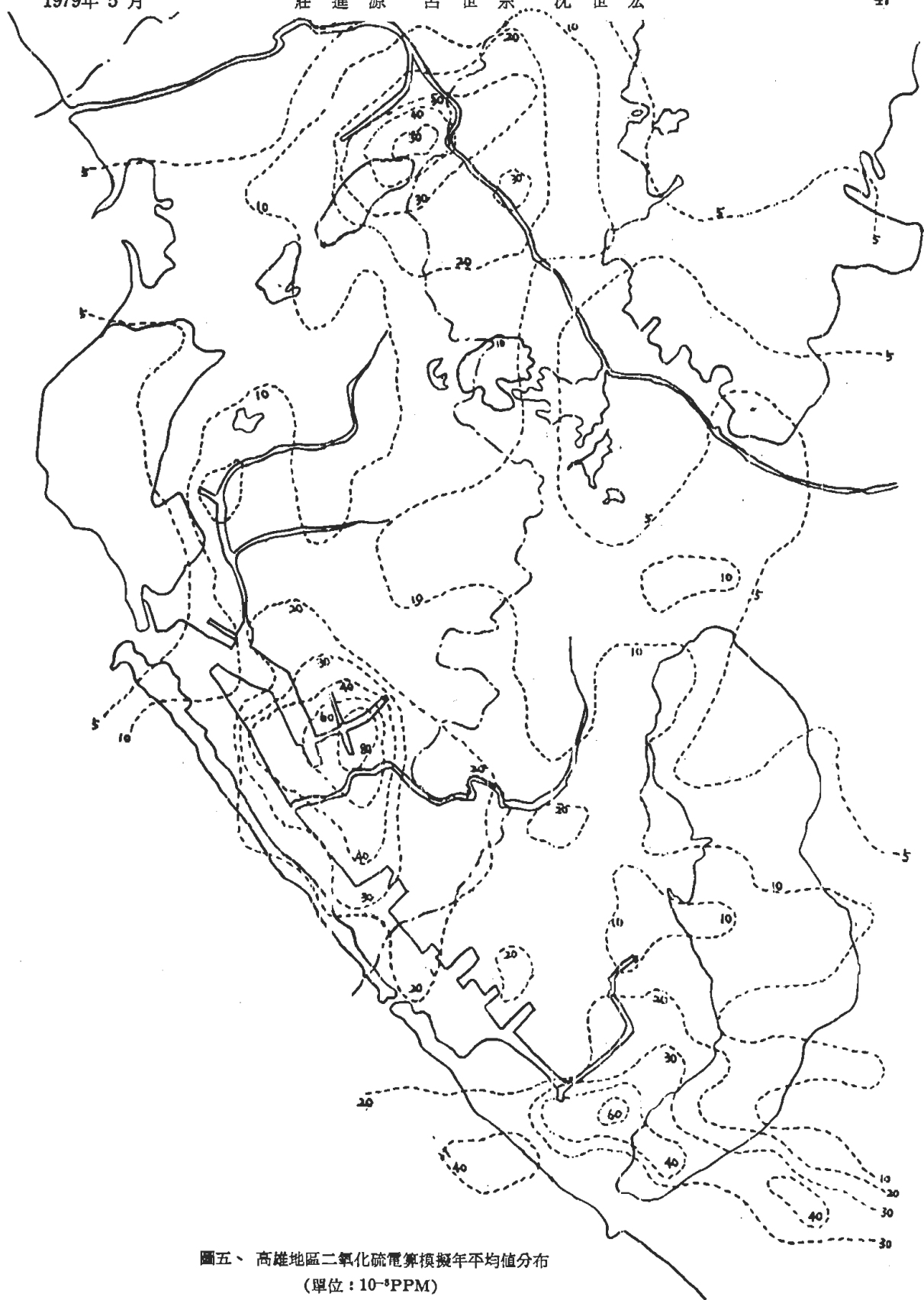
3.氣象資料

將高雄地區在前述實行二氧化鉛法測定期間(自1976年4月至1977年3月)之風向、風速、雲高、雲量溫度等氣象資料,依據Turner⁽⁵⁾之穩定度分類法,分成各等級之穩定度,各級穩定度所佔百分比如表二。每日氣象觀測次數為八次,風向分佈如圖四,出現較多之風向為北,西北及東北等三方向。穩定度以中立狀態D級最多。而風速出現最多為1.8~3.5m/sec之範圍。將各級風速乘上權數後平均風速即為3.33 m/sec(表三)。

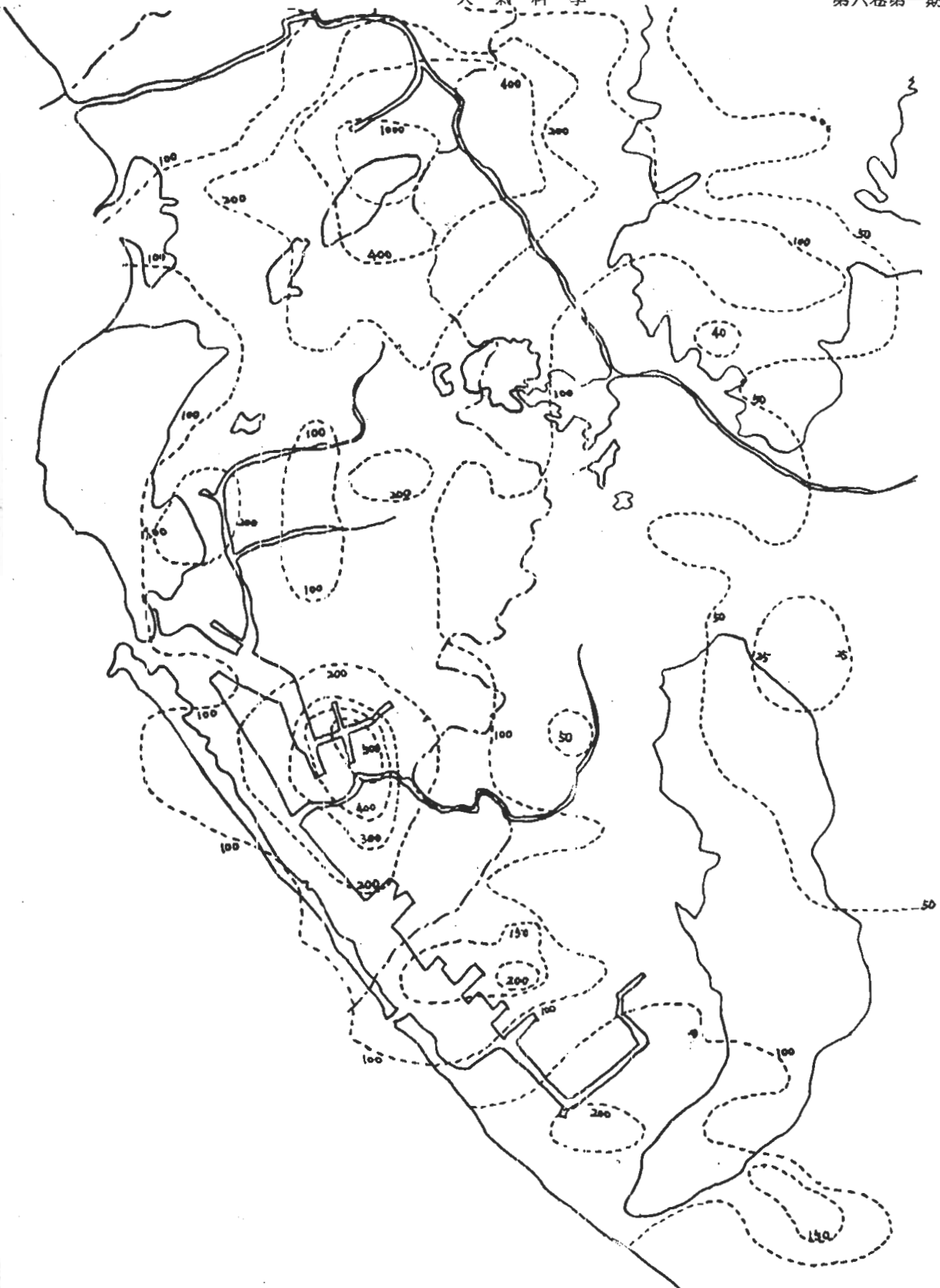
表二、高雄地區各級穩定度分佈
(1976年4月至1977年3月)

穩定度	A	B	C	D	E	F
百分比(%)	0.59	9.39	12.87	43.77	10.58	22.93

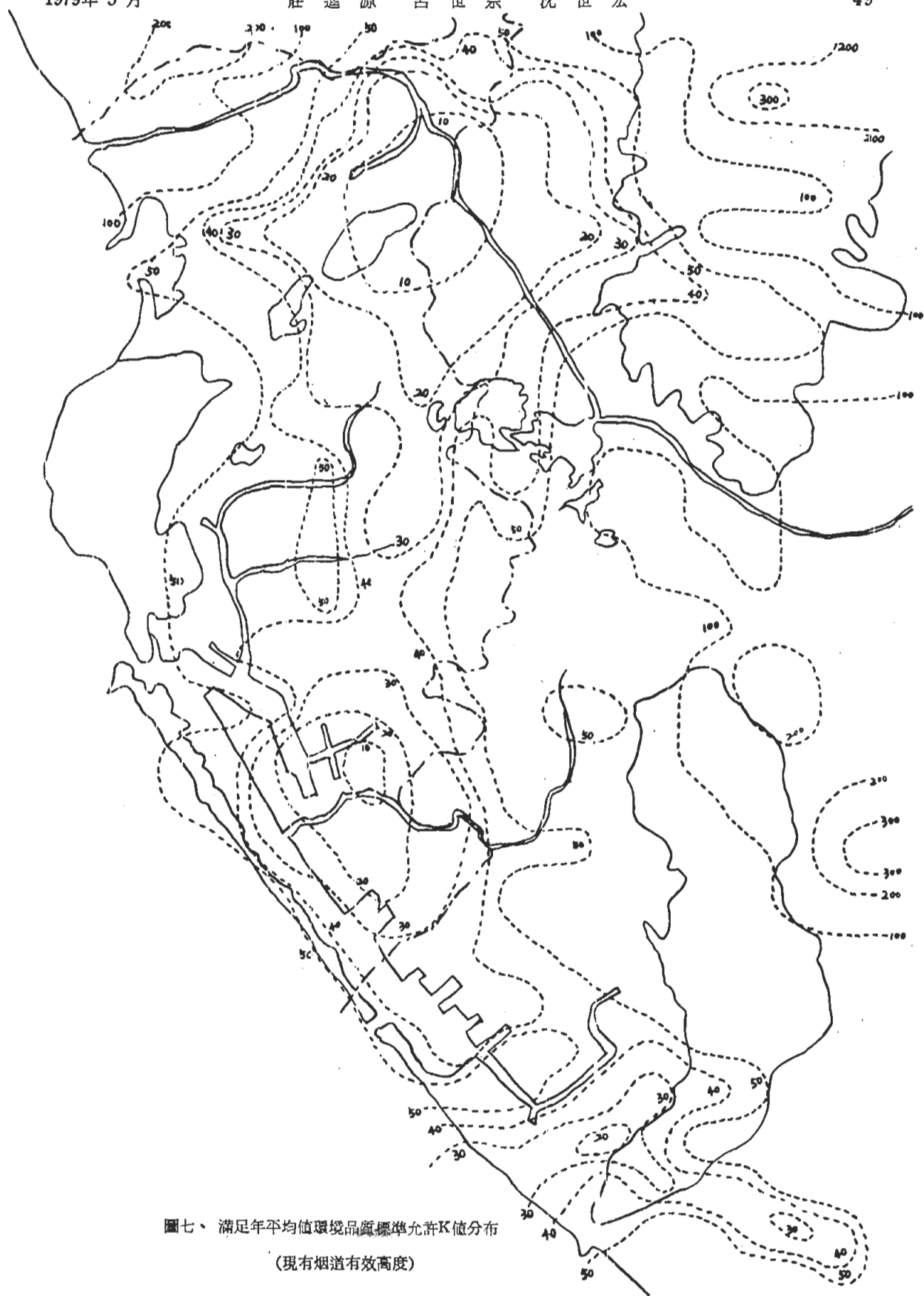
圖四 高雄地區玫瑰圖
(1976年4月至1977年3月)



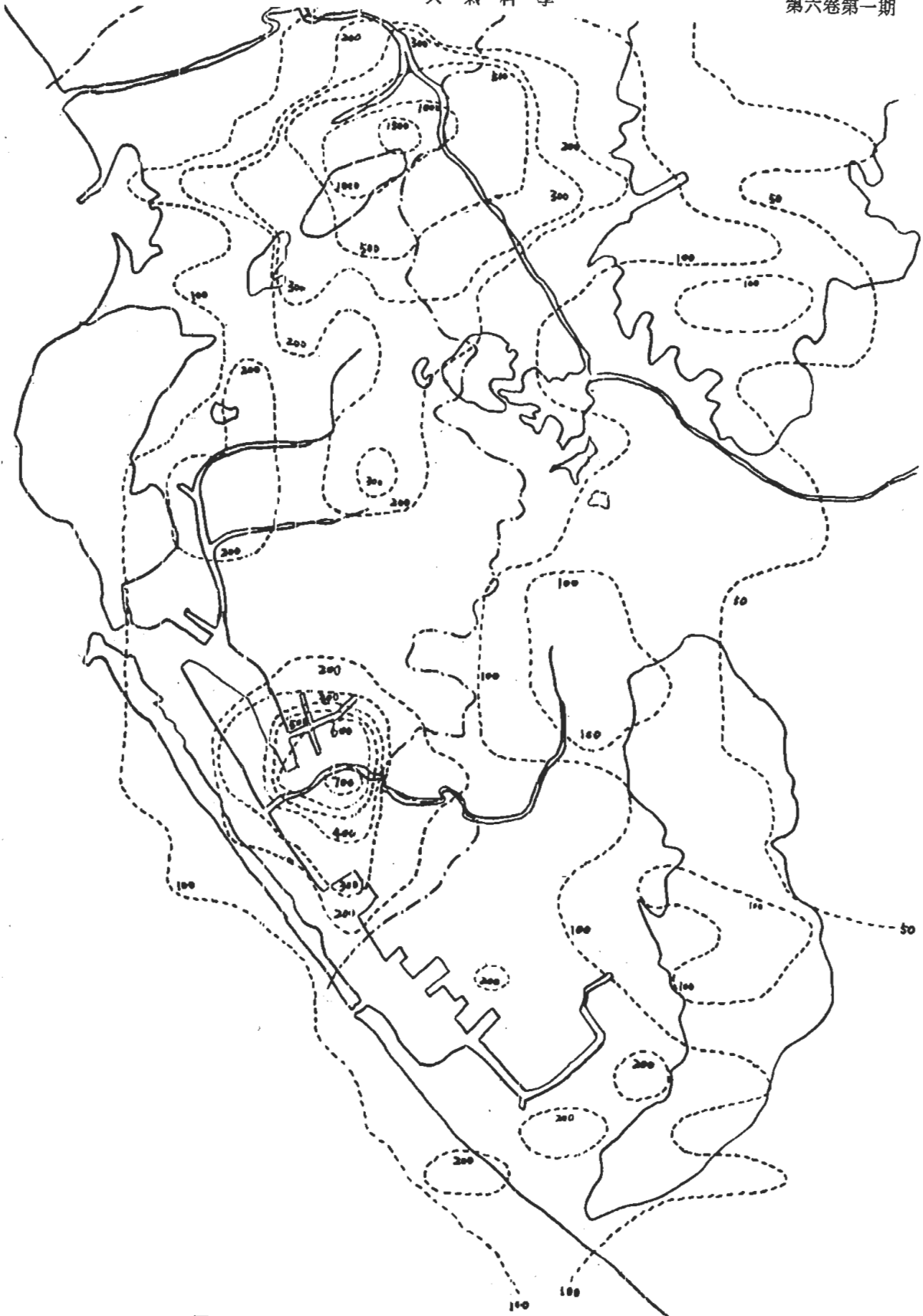
圖五、高雄地區二氧化硫電算模擬年平均値分布
(單位： 10^{-8} PPM)



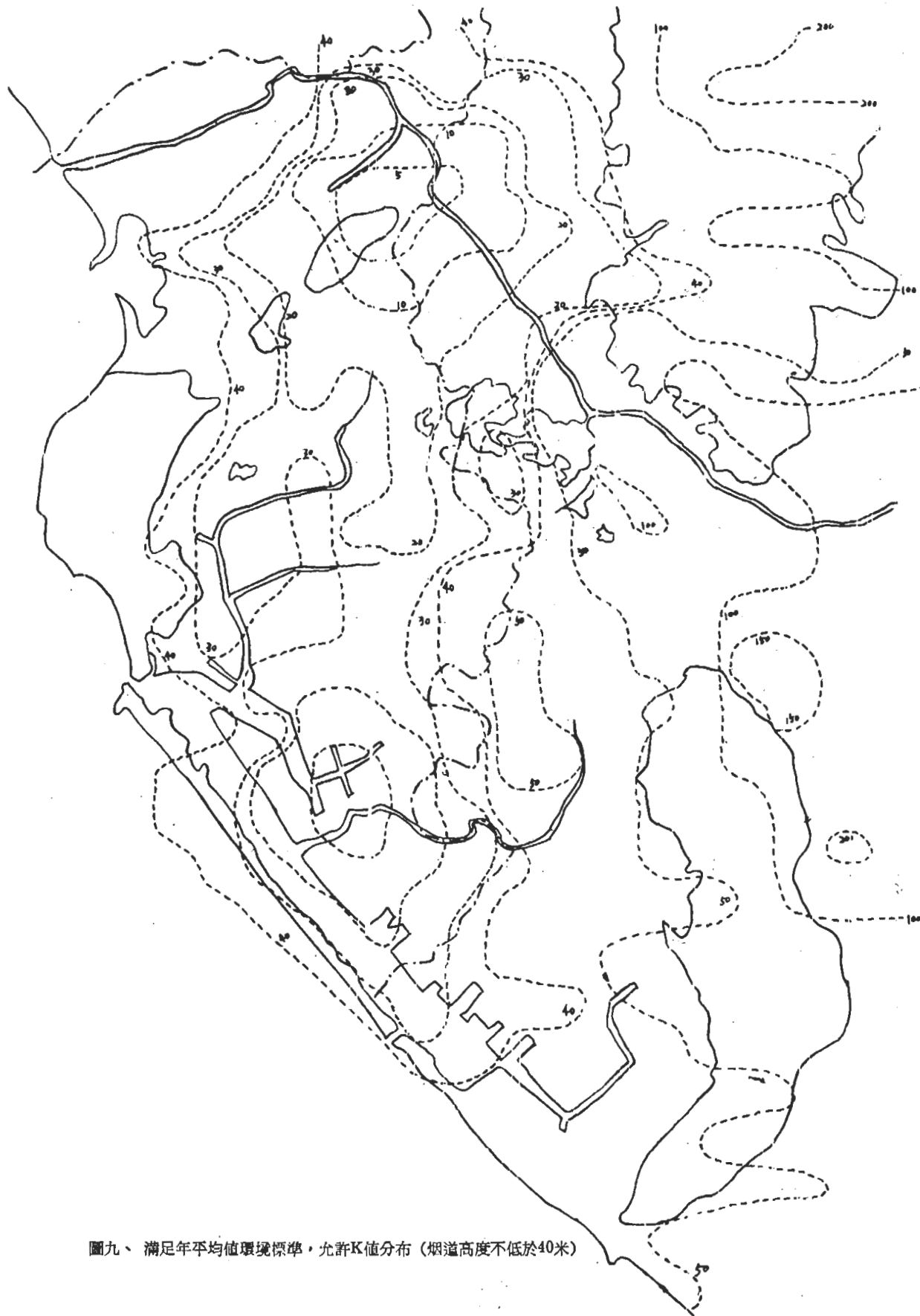
圖六、排放量限制係數K等於一、現有烟道高度之模擬地面濃度分布
(單位： 10^{-5} PPM)



圖七、滿足年平均值環境品質標準允許K值分布
(現有烟道有效高度)



圖八、排放量限制係數K等一、烟道高度不低於40米之模擬地面濃度分布
(單位： 10^{-5} PPM 年平均值)



圖九、滿足年平均值環境標準，允許K值分布（煙道高度不低於40米）

表三 高雄地區各級風速分佈百分比

風速 (m/sec)	0~1.7	1.8~3.5	3.6~5.7	5.8 <	平均
百分比 (%)	24.82	37.0	25.1	13.37	3.33

在電算地面污染濃度時，以代表性之氣象條件穩定度 D 級與風速 3.33 m/sec 代入。將十六個風向均演算一遍，再以各風向發生之百分比為權數乘以各風向，相加之後做為年平均值。

另一極重要之氣象因素為混合層高度。由於高雄地區此時無此實測資料，本次電算即在 D 級穩定度時，假設為 500 m。以高雄地區最遠距離在 50 公里內，此段距離煙柱擴散寬度垂直方向之標準偏差，大部分仍小於此混合層高度。因此 500 m 之假設屬於較低之混合層，却無影響於此地區之地面濃度計算。

對擴散幅度之標準偏差指數 a, b, c, d 等值，假設如表四、五，此為參考 Bowne⁽⁶⁾ (1974) 之資料經分段估計之數值。

表四、橫風方向煙柱擴散係數

$$\sigma_R = aS^b; \text{若 } \sigma_R < 10, \text{ 則令 } \sigma_R = 10$$

距離 (S) m	1000 以下		1000~50,000		50,000 以上	
	a	b	a	b	a	b
A	2.1094	0.7270	2.1786	0.7223	0.081	1.0266
B	1.4580	0.7447	1.4085	0.7499	1.1642	0.7674
C	1.2663	0.7328	1.2769	0.7316	0.7758	0.7717
D	1.4564	0.6709	1.2573	0.6920	0.2827	0.8302
E	1.4526	0.6264	1.0910	0.6679	0.5161	0.7370
F	1.6638	0.5607	0.7819	0.6700	0.2167	0.7886

表五、上下方向煙柱擴散係數

$$\sigma_z = cS^d; \text{若 } \sigma_z < 10, \text{ 則令 } \sigma_z = 10$$

距離 (S) m	1~500		500~10,000		10,000 以上	
	c	d	c	d	c	d
A	0.0862	1.4517	0.0233	1.5229	0.0233	1.5229
B	0.1056	1.1386	0.0407	1.2922	0.407	1.2922
C	0.0956	1.0829	0.0634	1.1490	0.0434	1.1490
D	0.3278	0.8153	0.1792	0.9124	223.81	1.1383
E	1.0285	0.5675	0.7044	0.6285	10.2981	0.3372
F	2.1380	0.4081	1.4656	0.4689	6.875	0.3010

又在電算時，假設全區為一平面，煙道有效高度仍以 Brigg's $\frac{2}{3}$ 次方定律^(7,8) 計算。擴散式則如 18, 19, 20 等式所示。

4. 排放標準限制係數 K 之決定

自表四、五可見 a, b, c, d 值隨穩定度及距離不同。因此 (b+d)/d 值亦隨之變化 (如表六)。以高雄地區各級穩定度發生之百分比為權數

表六、各級穩定度 10 公里內之 $\frac{b+d}{d}$ 值

穩定度	A	B	C	D	E	F
$\frac{b+d}{d} < 1$ 公里	1.5008	1.6540	1.6767	1.8229	2.1003	2.3739
$\frac{b+d}{d} > 1$ 公里	1.4743	1.5803	1.6367	1.7587	2.0804	2.4289

求得平均之 (b+d)/d 約等於 1.9, 因此容許排放量 Q 可表示如下

$$Q = K \times 0.0008H^{1.9} \dots\dots\dots (29)$$

式中 Q 為容許排放量 (g/sec), H 為污染源之有效高度 (m), K 為比例常數。

在電算過程中, 先設 K=1, 以現有各煙道之排放狀況計算其排放量, 然後以此排放量與各種氣象資料代入擴散關係式求出各點之地面污染濃度。接受點分置於高雄地區, x, y 方向間隔為 1 公里。取交點為其計算點。共計算 398 點。算出各點濃度後以 0.05 ppm 除之。所得數值即為該點排放限制係數 K。

5. 模擬結果之檢討

① 簡便逆算模式之應用,

我國環境空氣品質標準要求二氧化硫年平均濃度不可超過 0.05 ppm, 日平均值為 0.1 ppm, 小時平均值 0.3 ppm 為。若依據電算模擬結果, 應用簡便逆算模式則可得現有排放量應削減之百分比。從二氧化硫法與導電法兩種測定法所得結果, 顯示 50mg So₂/30 天/100cm³pbo₂ 時, So₂ 濃度約為 0.05 ppm, 電算模擬濃度分布圖中, 高濃度中心大致可分成四區, 即座標 (2,16), (5,11), (6,23), (10,3) 及 (14,1) 等。其發生之最高濃度各為 28, 86, 58, 65, 與 41 ppm, 依據各月份發生最大風向之上風處濃度分析, 此地區之基線濃度則為 5 mg So₂, 或為 0.0025 ppm So₂。假設不考慮其年成長因素則各區高濃度中心排放量應削減率如下:

- (2,16): 低於環境品質標準 R₁=0%
- (5,11): R₂≐47%
- (6,23): R₃≐25%
- (10,3): R₄≐35%
- (14,1): R₅≐0% (年平均濃度低於環境品質標準, 但一、二月份應削減)

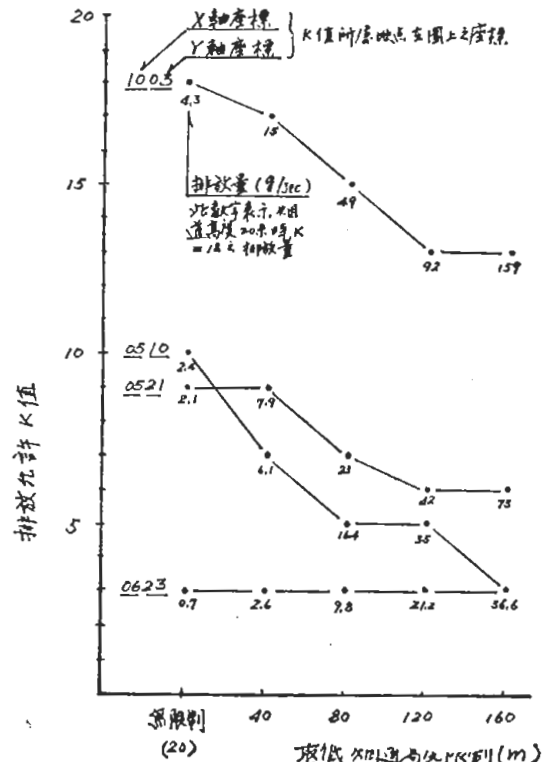
② 修正逆算模式之應用,

圖五為以電算模擬之年平均濃度分布, 與圖二之實測值比較, 其濃度分布情形極相似。而最高濃度值亦相近。低濃度部份, 圖五較圖二為低, 其原因可能有三: ①二氧化硫半生期之假設不當 (本文假設為 30 分鐘)。②面源排放量未計入。(而高雄地區面源排放量佔全量 0.7%)。③基線濃度未加入。因此要獲得更接近實測值分布, 需進一步之

研究。

圖六為以⊗式, K=1 及現有煙道高度計算排放量後, 求出之濃度分布, 圖七為將圖六各點濃度除 0.05 ppm 得到之數值。即為該點滿足環境品質標準之年平均值所允許之 K 值。為求出某一排放源應削減之排放量, 可以⊗式先求出該點發生最大濃度之下風距離, 然後以此距離為半徑, 在圖六劃圓形, 而選圓中最小之 K 值為其排放限制值, 將此 K 值代入⊗式即可獲得其削減百分比。

圖八為以⊗式, 設 K=1, 煙道高度不低於 40 m 計算之濃度分布圖, 圖九即為圖八之 K 值分布圖。電算模擬結果, 從圖七, 九等顯示提高煙道高度即增加擴散能力而可滿足地面濃度標準。圖十係以不同地點四處, 在煙道高度不同情形下, 對 K 值之變化情形。從此可瞭解煙道高度限制與 Q, K 值之關係。K 值減小⊗式中之 Q 值即降低, 有效煙道高度增加 Q 值亦可提高。此兩種因素在何處最為適當即需進一步分析。而且排放量削減成本與提



圖十 最低煙道高度限制下, 不同地點允許排放 K 值之變化及煙道高度為最低高度者允許排放量 (g/sec) 之變化。

高煙道經費亦應更深入之探討，在本文中如將基線濃度，成長因素合併考慮當可獲得更合理的限制環境空氣品質標準之K值。

四、結 言

環境污染隨工業，都市發展而更嚴重，不可不事先預防，而過於嚴厲管制又將妨礙工業經濟之成長與發展，如何找到最適當之限制條件，本文所提方法似可提供初步之依據。

致 謝

本文之完成承黃惠珠，童正霞協助測驗，吳聰能，廖美淑及張瑞琴諸位協助資料整理特此申謝。

參 考 文 獻

- Robert. J. Bibbero, Irving; G. Young, 1974; "Systematic approach to air pollution control", Honeywell Inc.
 Noel de Nevers, J. Roger Morris, 1975; "Rollback Modeling, Basic and modified."; Journal of the air pollution control association vol. 25, No. 9.

- T. Y. Chang and B. Weinstock, 1975; "Generalized Rollback modeling for Urban air pollution control", *ibid.* vol. 25, No. 10.
 Joan Hrenko Novak and D. Bruce Turner, 1976; "An efficient Gaussian-plume multiple-source air quality algorithm", *ibid.* vol. 26, No. 6.
 Turner D. B. 1970: "Workbook of atmospheric dispersion estimate" U. S. Public Health Service Publication. 999-Ap-26.
 N, E. Bowne, 1974: "Diffusion Rate", Journal of air pollution control association, vol. 24, No. 9.
 S. B. Carpenter, Thomas L. Montgomery, 1971: "Principal plume dispersion models; AVT power plants", *ibid.*, vol. 21, No. 8.
 EPA:1978; "User's Guide for the climatological dispersion model"
 R. I. Jarsen, 1969: Journal of the air pollution control association vol, 19, p, 24-30.
 A. C. Stern, 1868: Air pollution. vol. 3.
 HEW, 1970: Air quality criteria for sulfur dioxide, public health service publication, No.1619.

A Preliminary Study on the Diffusion Model Applied to Air Pollution Control

by

Chin-Yuan Chuang, Shih-Chong Lu, Shu-Hung Shen
 Central Weather Bureau

Abstract

This paper demonstrates the diffusion model simulation and the air pollution control factors over Kao-Hsiung city.

The simulation models give fairly good correlation with the results of lead candle networks.

This study reveals that if there are more enough parameters, the simulation results can be used as effective information of strategy decision making of air pollution control.