

研究臺灣地區氣懸膠體之特性

Study on the Characteristic of Aerosol around Taiwan Area

呂世宗 陳福來 繆在澄
Shih-chong Lu Fu-lai Chen Tsai-chen Miu

摘要

第一部分：臺灣地區氣懸膠體粒徑大小之分布

以 Anderson sampler 在臺北、臺中、日月潭、嘉義、臺南、高雄、恒春、臺東、花蓮、基隆等地採取氣懸膠體樣品，測析其含量與粒徑之分布，測析結果顯示，這些地區之

氣懸膠體含量與粒徑分布，均可以 $N(r) = kNoe^{-\frac{r}{d}}$ 示之。

另一方面，臺灣地區之 Respirable dust 以重量比約在 50 % 以下，其所佔比例以盆地地區為大，其含量與當地換氣效果有關，並且熱效應對流作用，易形成濃度之日變化。

第二部分：降水對空氣污染之除污評估

都市大氣污染預測模式決定於風向風速及混合層高度，但是降水之沖洗效率及污染之沉澱速度亦為重要之因素。

本研究乃分析臺灣地區海水及雨水中氯離子和硫酸根之含量，由濃度比計算二氧化硫之濃縮定數，以及污染物之沉澱速度，供研究擬定都市大氣污染預測模式之應用。

ABSTRACT

PART I: The Size Distribution of Aerosol Particles in Taiwan Area

The aerosol samples are collected by Anderson Sampler at Taipei, Taichung, Jihyuehtan, Chiai, Tainan, Kaohsiung, Hengchun, Taitung, Hwalien and Keelung to calculate the concentrations and diameters of aerosol. The primary result shows that the concentrations and diameters of aerosol could be showed as the following equation

$$N(r) = kNoe^{-\frac{r}{d}}$$

The respirable dusts has less than 50 percent in Taiwan area, the basin area is particularly higher due to the bad transport velocity of air. The heat effect and convection might cause the different daily variation of aeroaoil concentration.

PART II: The Precipitation Scavenging Effect on Atmospheric Pollution in Taiwan Area.

The prediction model of air pollution for city is decided by wind direction, wind velocity and mixing depth. But otherwise the washing rate of precipitation and the sedimentary velocity of pollutants are also the important factors.

This paper is to analysis the concentration of sulphion and chloride ion in the rain and sea water along the Taiwan area. Comparing the conentration ratio, we calculate the enriched constant of sulphur dioxide and the sedimentary velocity of pollutants to comfirm the availability of the prediction model of air pollution for city.

第一部分：臺灣地區氣懸膠體粒徑大小之分布

The Size Distribution of Aerosol Particles in Taiwan Area.

一、前 言

大氣污染物中最易感覺者為氣懸膠體，因這些懸浮污染物能直接影響能見度①，散射太陽光，吸收太陽輻射，影響氣溫之垂直分布②，並且與霧、雲、雨等之形成③均有密切關係。

目前許多學者均以氣懸膠體為影響氣候之主要因素④，臺灣地區近年來，建設工程不斷的進行，工業發展迅速，氣懸膠體之污染日增，筆者已發現其污染程度不單影響氣候因素⑤，對人類健康亦有重大之威脅，因粒徑在 3.3μ 以下之氣懸膠體 (Respirable dust)，易被吸收進入人體，影響呼吸系統之健康。⑥

本文係在臺灣地區主要都市收集氣懸膠體，測析其粒徑分布，供有關單位預防環境污染之參考。

二、樣品之採取

以樣品採取器 (Andersen Sampler) 分別在臺北、臺中、日月潭、嘉義、臺南、高雄、恆春、臺東、花蓮、基隆等地，將氣懸膠體分為 $>9.2\mu$, $5.5-9.2\mu$, $3.3-5.5\mu$, $2.0-3.3\mu$, $1.0-2.0\mu$, $0.6-1.0\mu$, $0.03-0.6\mu$, $<0.03\mu$ 等八級粒徑，採取為樣品。樣品採取高度為 1.5 公尺，抽氣速度每分鐘 29 公升，一天共採取七次。即分別於地方時 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23 等，各抽取一小時，然後以顯微鏡測析之。

另外以高速集塵器 (High volume air Sampler) 在臺北分四級粒徑大小採取樣品，以天秤測析其分布情形。

三、觀測結果與檢討

茲將各地觀測結果列於表一。從表一，圖一顯示，臺灣地區每單位體積空氣中之氣懸膠體粒數與粒徑之分布，大體可以

$$N(r) = k Noe^{-\frac{r}{d}}$$

之方程式示之。

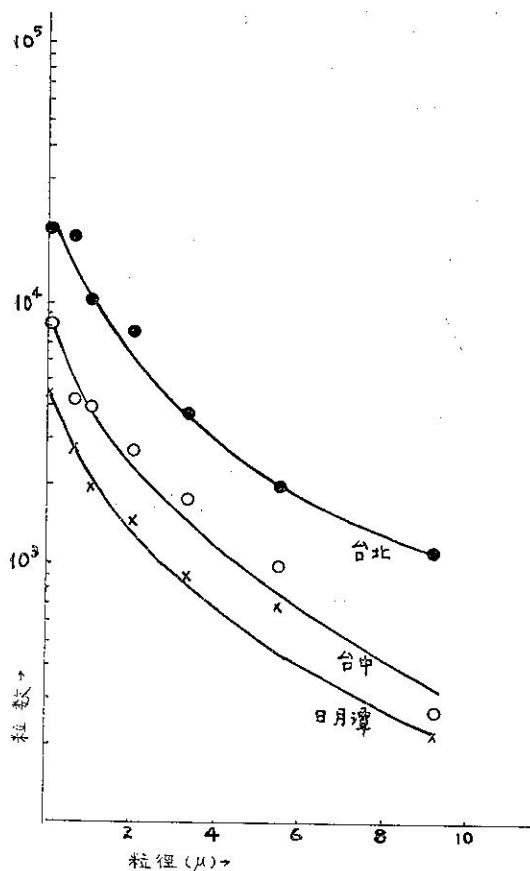
式中 r =氣懸膠體粒徑 (μ)， Noe =測析氣懸膠體總粒數， $N(r)$ =粒徑在 $r\mu$ 之氣懸膠體粒數， d =分級採取樣品時之平均粒徑， k =常數。

臺灣地區氣懸膠體之粒數與粒徑之分布情形略同，方程式之 k 值約介於 0.31-0.39 之間，因此式可推出每單位體積空氣中各粒徑之氣懸膠體含量。

表一 臺灣地區氣懸膠體粒徑分布曲線

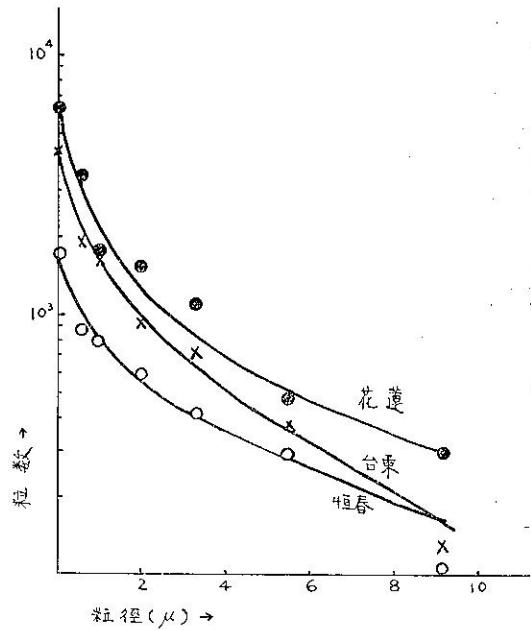
| 地點 | 分 布 曲 總 | 備 考 |
|-----|------------------------------------|------------------------------|
| 臺 北 | $N(r) = 0.31 Noe^{-\frac{r}{3.6}}$ | 1. Noe :測析氣懸膠體總粒數 |
| 臺 中 | $N(r) = 0.32 Noe^{-\frac{r}{3.6}}$ | 2. $N(r)$:粒徑 $r\mu$ 之氣懸膠體粒數 |
| 日月潭 | $N(r) = 0.35 Noe^{-\frac{r}{3.6}}$ | 3. r :氣懸膠體粒徑 (μ) |
| 嘉 義 | $N(r) = 0.39 Noe^{-\frac{r}{3.6}}$ | 4. 測析粒徑 $0.6-9.2\mu$ |
| 臺 南 | $N(r) = 0.34 Noe^{-\frac{r}{3.6}}$ | 5. 單位體積空氣中之氣懸膠體含量 |
| 高 雄 | $N(r) = 0.35 Noe^{-\frac{r}{3.6}}$ | |
| 恆 春 | $N(r) = 0.37 Noe^{-\frac{r}{3.6}}$ | |
| 臺 東 | $N(r) = 0.33 Noe^{-\frac{r}{3.6}}$ | |
| 花 蓮 | $N(r) = 0.35 Noe^{-\frac{r}{3.6}}$ | |
| 基 隆 | $N(r) = 0.33 Noe^{-\frac{r}{3.6}}$ | |

氣懸膠體在臺灣地區之分布，大致與污染源有關，污染源越多，氣懸膠體之數量亦多，西部地區較東部地區約多一倍，尤其是臺北地區較之各地為高，

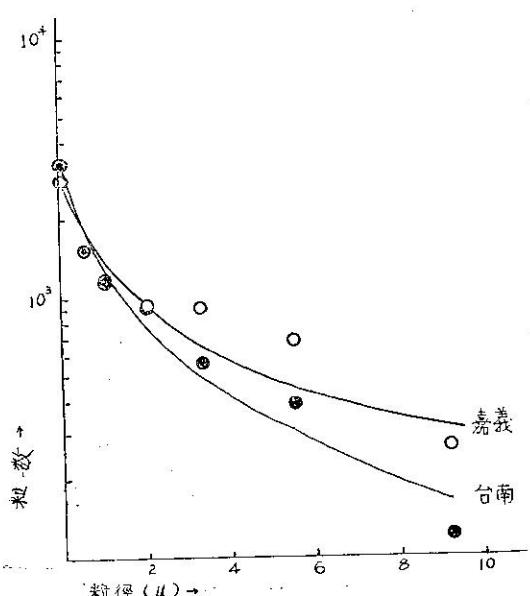


圖一(a) 氣懸膠體粒徑分布曲線

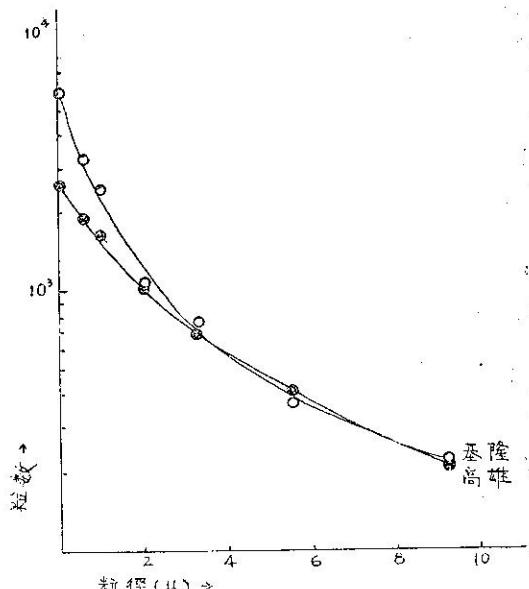
次為基隆，但基隆前一日降雨量達 40.5mm，因此氣懸膠體受雨水沖洗之影響，數量必然減少甚多，恆春地區平均含量較少，亦受降雨之影響。各地粒徑分布曲線請參考圖一。



圖一(c) 氣懸膠體粒徑分布曲線



圖一(b) 氣懸膠體粒徑分布曲線



圖一(d) 氣懸膠體粒徑分布曲線

表二 臺灣地區氣懸膠體含量與氣象因素之相關

| 地點 | 風速 | | 氣溫 | | 濕度 | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 當時 | 3時前 | 當時 | 3時前 | 當時 | 3時前 |
| 臺北 | 0.46 | 0.11 | 0.24 | 0.32 | -0.13 | -0.40 |
| 日月潭 | 0.46 | 0.18 | 0.37 | 0.75 | -0.34 | -0.74 |
| 基隆 | -0.56 | -0.30 | 0.50 | 0.30 | 0.35 | 0.04 |
| 高雄 | -0.09 | 0.07 | -0.52 | 0.13 | 0.34 | -0.36 |
| 臺中 | 0.70 | 0.03 | 0.44 | 0.26 | -0.39 | -0.21 |
| 臺南 | 0.50 | 0.47 | 0.24 | 0.43 | -0.27 | -0.44 |
| 嘉義 | 0.82 | 0.46 | 0.41 | 0.77 | -0.44 | -0.74 |
| 恆春 | 0.62 | -0.62 | 0.60 | -0.07 | -0.65 | 0.05 |
| 花蓮 | 0.04 | 0.86 | 0.28 | 0.73 | -0.29 | -0.67 |
| 臺東 | -0.60 | 0.37 | 0.10 | 0.08 | -0.04 | -0.04 |

表三 臺北氣懸膠體各粒徑之重量比

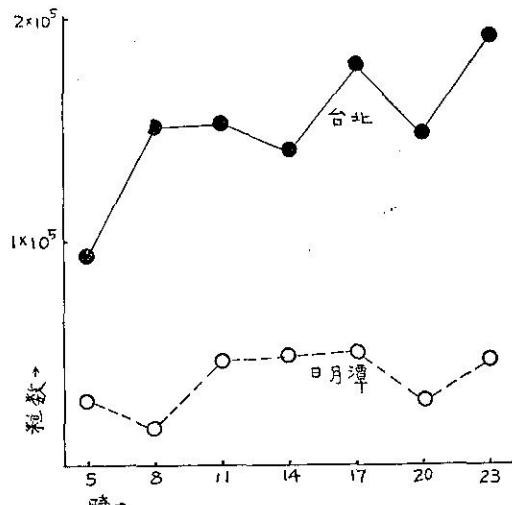
| 粒徑 | $\geq 18\mu$ | 8μ | 3.7μ | $\leq 1.6\mu$ |
|---------|--|--------|----------|---------------|
| 重量 (mg) | 36.3 | 23.2 | 28.0 | 22.3 |
| 百分比 (%) | 33.06 | 21.12 | 25.50 | 20.30 |
| 備註 | 1. 抽氣設備使用High Volume air Sampler. 2. 濾紙用 Glass Fiber. | | | |

臺灣地區氣懸膠體之日變化，由於地形及污染源分布之不同，各地亦有差異。臺北地區係盆地地形，其變化與風速有關，經計算其相關為 0.46，與溫濕度則關係較微，請參考表二。日變化並無一定的規則，極大值發生於 23 時，極小值出現於 5 時。日月潭之日變化與臺北相似，唯其極小值在 8 時出現如圖二 a。

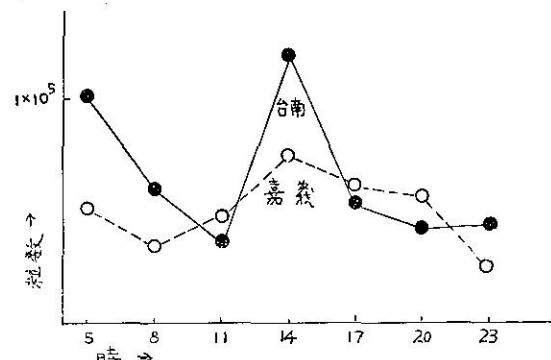
嘉南平原之氣懸膠體受氣象因素之影響較為明顯，與風速及氣溫成正相關，最高達 0.82，與濕度成負相關，最高亦達 -0.74，嘉南地區地勢平坦，換氣效果良好，因此受氣象因素之影響，至為敏感。此地區之日變化與臺北盆地不同，在 5 時及 14 時各有一次高峯，絕對最高值在 14 時出現，最低值則在 23 時出現，如圖二 b。

臺中、基隆、高雄等人口集中，工業發達的地區，其含量與氣象因素之關係較為複雜，基隆及高雄與風速成負相關，此二地均為沿海地區，收集站離海面甚近，風速較強時之風向，多由海面吹向陸地，因此風速較強時，氣懸膠體反而減少。而臺中則因離海岸較遠，四周污染源較多，其與氣象因素之相關與臺

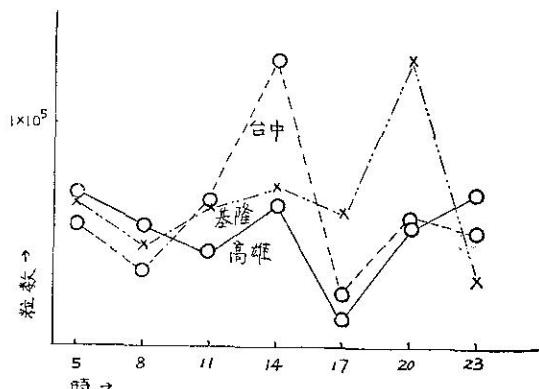
北盆地及嘉南平原之情形略同。但其日變化則與基隆、高雄相似，即每日於 5 時、14 時、20 時三次出現高峯，最低值則在 17 時及 23 時出現，如圖二 c。



圖二 a 氣懸膠體含量日變化

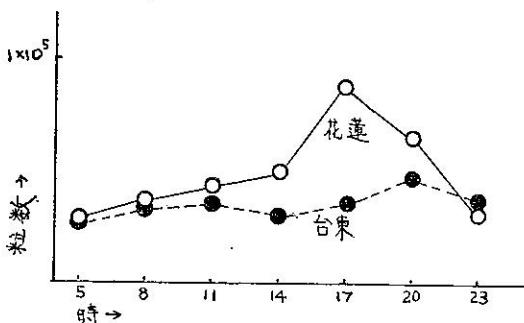


圖二 b 氣懸膠體含量日變化



圖二 c 氣懸膠體含量日變化

東部地區之氣懸膠體較西部為少，因東部地區工商業都沒有西部發達，所以污染源亦減少甚多，因此氣懸膠體之含量也較少。日變化比其他各地單純，僅17時或20時有一次高峯，最低值則在5時出現，此種現象與人文活動較為吻合，與氣象因素關係較小，如圖二 d。



圖二 d 氣懸膠體含量日變化

另以高速集塵器收集之樣品中，以天秤稱得各粒徑之分布狀況為 18μ 者有 36.3mg ， 8μ 者有

23.2mg ， 3.7μ 者有 28.0mg ，小於 1.6μ 者有 22.3mg ，其中對於人類呼吸器危害較大，其粒徑在 3.7μ 以下者，約佔總數之 45.8% 左右，請參考表三。

四、結論

測析結果顯示，臺灣地區之氣懸膠體在大氣中含量與粒徑均有規律之分布，各地區氣懸膠體含量與當地換氣速度有密切關係，尤其是粒徑在 10μ 以下者為甚。近海地區因換氣效果良好，氣懸膠體之含量亦少，因這些氣懸膠體粒徑小者均懸浮在大氣中，隨大氣擾亂飄流，易受從熱輻射產生之對流作用影響，形成濃度之日變化。

此種日變化在盆地地區，或換氣效果較差對流作用旺盛地區，更為顯著。其他地區即易受人類生活活動之影響。

另一方面臺灣地區氣懸膠體之 respirable dust，以重量比計算約在 50% 以下，其所佔比例以盆地地區為大。

第二部分：降水對空氣污染之除污評估

The Precipitation Scavenging Effect on Atmospheric Pollution in Taiwan Area.

一、前言

大氣污染是大氣自淨作用不平衡而發生，尤其是幾年來社會經濟不斷的發展，工廠數量繼續增加，污染物大量排放，大氣自淨作用已到界限，無法維持原來的平衡，因此大氣污染濃度亦不斷的增高。

為確保人民的安全，須適當管制此種人工的大氣污染，管制此種大氣污染最好的辦法是減少有關污染源的排放量，但此種政策必定引起工廠方面為防污設備大量投資，在產品上增加成本，在國外市場削減競爭力，終於影響國內經濟發展。為促進兩全其美，須充分收集有關環境資料，更了解污染之真面目，以最少投資保持經濟發展，並確保人民健康。

因此環境評估是目前的要務，而大氣對污染物之自淨作用，在環境評估上是基本要素。在大氣自淨中，風、降水、氣溫等均是重要的因素，尤其是降水對大氣中污染物之沖洗淨化作用為最。

都市污染數值模擬是目前管制都市污染之良好指

標，而所用擴散模式中，降水之除污率亦是重要因素。

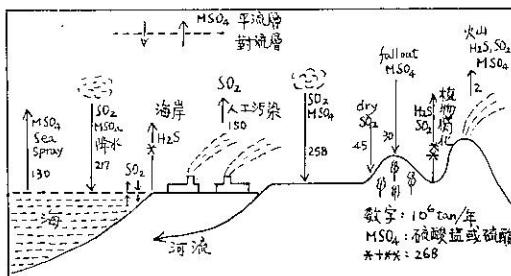
本文係以大氣中二氧化硫含量之變化情形，探究臺灣主要城市地區降水對大氣污染之除污功能，以資更了解大氣自淨能力，並且決定都市污染擴散模式中，有關降水之除污項目，同時檢討粒子沉澱速度，以便確定適用於臺灣主要城市地區之有效數值模式。

二、地球上二氧化硫之產生與循環

地球上二氧化硫之產生可分為天然與人工兩大類。前者由海水飛沫、火山爆發、山林火災、細菌腐化等為主，後者由煤、石油等化石燃料之燃燒，煉油等為主要來源。估計地球上一年之二氧化硫等硫化物產生量約為 1.5×10^{11} 公斤^⑦，此硫化物於大氣、海洋、陸地間形成一大循環^⑧，在大氣中二氧化硫 (SO_2) 被氧化為亞硫酸 (SO_3)，硫酸霧或被浮游粒子吸收後發生化學作用而變質，所以它在大氣中滯留時間約為四天，但因工業發達，化石燃料之消耗量日

增，而易構成局部性之二氧化硫污染。

依據 Lazrus (1972) 研究結果證實，從地表排放大氣中之硫化物，除工業界產生外、海水飛沫、細菌腐化等為主要來源（參考圖一）。



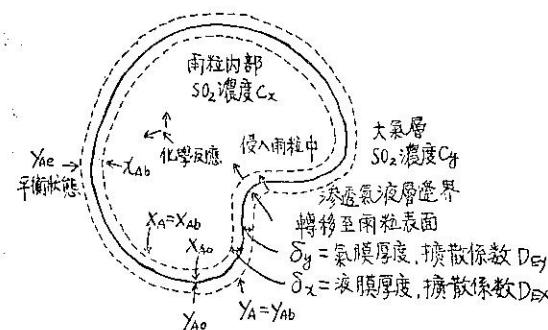
圖一 地表附近硫化物之循環 (A.L. Lazrus 等, Scieace, 1972)

這些硫化物即被降水沖洗成為硫酸 (SO_4)。降落地面，繼續污染水源，而這種變化主要是在大氣混合層內進行的。

三、降水對二氧化硫之沖洗作用

在大氣自淨中，降水之沖洗作用是主角，沖洗作用由發生時間，可分為 Rain-out 和 Washout 兩階段⑨，前者在雲中發生，大部分因二氧化硫分子，經 Brown 運動與雲粒相碰而附着雲粒或成為凝結核，此在降水前進行。後者是在低層大氣中二氧化硫分子，於降水時經雨粒相碰合成發生的除污情形。

降落中雨粒與大氣中二氧化硫分子之互相作用可示如圖二 ⑩。即雨粒與大氣中二氧化硫分子互相作



圖二 二氧化硫分子對雨粒之滲透過程

用，可分為二氧化硫分子由大氣層移至雨粒表面，滲透氣液層邊界，然後侵入雨粒中等三階段。在這些運動中，二氧化硫分子有些引起化學反應而變質，有些即保持為溶解二氧化硫分子之特性。雨粒中二氧化硫濃度，隨周圍氣壓大小不同。有些二氧化硫分子亦可

能再分解，而由雨粒轉移至大氣層。

依照 Fick 擴散模式，其互相轉移現象可示

$$\begin{aligned} N_{AO} &= -C_Y D_{EY} \frac{\partial Y_A}{\partial r} \mid \text{雨粒表面} \\ &= -C_X D_{EX} \frac{\partial X_A}{\partial r} \mid \text{雨粒表面} \end{aligned} \quad (1)$$

式中 N_{AO} 為從雨粒侵入氣液表面之二氧化硫分子平均流速， D_{EY} , D_{EX} 各為氣層與液層之有效擴散係數。 C 為二氧化硫含量濃度。

如在正常狀態下， C , D 各為一定，並假設液膜、氣膜之厚度各為 δ_x , δ_y 時，(1)式可寫為

$$\begin{aligned} N_{AO} &= -\frac{C_Y D_{EY}}{\delta_y} (Y_{Ab} - Y_{Ao}) \\ &= -\frac{C_X D_{EX}}{\delta_x} (X_{AO} - X_{Ab}) \end{aligned} \quad (2)$$

式中 $X_A Y_A$ 各為液層與氣層中二氧化硫分子之含量比， b , o , 各示境界條件。

如氣層質量輸送係數為 K_Y ，液層質量輸送係數為 K_X 時，(2)式即可寫如

$$N_{AO} = -K_Y (Y_{Ab} - Y_{Ao}) \dots \text{(在氣層)} \quad (3)$$

$$N_{AO} = -K_X (X_{AO} - X_{Ab}) \dots \text{(在液層)} \quad (4)$$

在(3)、(4)式中，測定 X_{AO} , Y_{AO} 較難，通常可將與液層含量比 X_{Ab} ，平衡之氣層含量比 Y_{Ab} 代替 $(Y_{Ab} - Y_{AO})$ 與 $(X_{AO} - X_{Ab})$ ，並取 $(Y_{Ab} - Y_{Ao})$ 來決定質量輸送數 N_{AO}

$$\therefore N_{AO} = -\bar{K}_Y (Y_{Ab} - Y_{Ao}) \dots \text{(5)}$$

式中 \bar{K}_Y 為氣層綜合質量輸送係數。由此可知通過雨粒氣液層之二氧化硫分子多少，均由大氣中二氧化硫分子含量比影響。

為進一步了解，降水對二氧化硫分子之沖洗情形，可由二氧化硫之連續方程式求出 Washout 速度，即對雨中（液層）之二氧化硫，可得

$$\frac{\partial \rho_{AX}}{\partial t} = -\nabla \rho_{AX} V_{AX} + W + r_{AX} \dots \text{(6)}$$

對大氣中（氣層）之二氧化硫，即得

$$\frac{\partial \rho_{AY}}{\partial t} = -\nabla \rho_{AY} V_{AY} - W + r_{AY} \dots \text{(7)}$$

式中 ρ_{AY} , ρ_{AY} 各為二氧化硫在液層與氣層之密度， V_{AX} , V_{AY} 各為平均速度， r_{AX} , r_{AY} 各示由化學反應產生之有關物質， W 即示速度。

因此二氧化硫分子之全體連續方程式即為

$$\frac{\partial \rho_A}{\partial t} = -\nabla \rho_{AX} V_{AX} - \nabla \rho_{AY} V_{AY} + r_{AX} + r_{AY} \dots (8)$$

如果雨粒是球形，在一定粒度分布，降落時，(6)、(7)式可換寫爲

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho_{AX}}{\partial t} &= -\frac{4\pi N}{3} (\nabla \int_0^\infty a^2 f(a) V_C C_{AX} \times \\ &b(a) da) + W + r_{AX} \dots (9) \end{aligned}$$

$$\frac{\partial \rho_{AY}}{\partial t} = -(\nabla \rho_{AY} V_{AY}) - W + r_{AY} \dots (10)$$

$$\begin{aligned} \therefore \frac{\partial \rho_A}{\partial t} &= -\frac{4\pi N}{3} (\nabla \int_0^\infty a^2 f(a) V_C C_{AX} \times b(a) da \\ &-(\nabla \rho_{AY} V_{AY}) + r_{AX} + r_{AY} \dots (11) \end{aligned}$$

又 Washout 速度 W 可示爲

$$\begin{aligned} W &= -4\pi N \int_0^\infty a^2 f(a) N_{AO} da \\ &= 4\pi N \int_0^\infty a^2 f(a) \bar{K}_Y(a) (Y_{Ab} - Y_{Ae}) da \dots (12) \end{aligned}$$

式中 a 為雨粒半徑。 f 為雨粒粒度分布之機率密度函數， N 為單位體積雨粒數。 V 為雨粒速度， Y_A 為二氧化硫在氣層之含量比， C_{AX} 為雨粒中二氧化硫之分子數。

如 Washout 現象爲非可逆過程時

$$W = \lambda_i Y_{Ab} C_Y \dots (13)$$

式中 λ_i 為 Washout 係數，雨粒間無互相作用時，Washout 係數 λ_i 就是各雨粒 Washout 係數 λ_i 之總合。即

$$\lambda_i = N \int_0^\infty f(a) \lambda_i(a) da \dots (14)$$

同時 washout 係數 λ_i ，綜合質量輸送係數 \bar{K}_Y 之間之關係，可得如下

$$\lambda_i = \frac{4\pi N}{C_Y} \int_0^\infty a^2 \bar{K}_Y f(a) da \dots (15)$$

$$\lambda_i(a) = \frac{4\pi a^2}{C_Y} \bar{K}_Y \dots (16)$$

又如 Washout 現象是可逆現象時，即得

$$W = \lambda_i (Y_{Ab} - Y_{Ae}) C_Y \dots (17)$$

由(13)、(17)式可知，降水對二氧化硫之除污速度，除與 Washout 係數 λ_i ， r 有密切關係外，與大氣中二氧

化硫含量 C_Y 亦有關，同時 Washout 係數 λ_i ， r 均由雨粒大小決定。

四、檢討臺灣地區降水對二氧化硫

之沖洗情形與粒子沉澱速度

(一) 降水中硫酸根 (SO_4^{2-}) 與氯離子 (Cl^-) 之測定

從臺北、基隆、高雄、恆春、花蓮、臺東等地分別採取雨水與海水，測定硫酸根與氯離子之含量，並求 SO_4^{2-}/Cl^- 之比，硫酸根濃縮定數 (E_{SO_4})，硫酸根過剩量 (ΔSO_4) 等，參考表一

在採樣期間 6 月 27 日至 6 月 30 日中度颱風魯碧由臺灣南方之呂宋島，向西進行至東沙島後打轉一圈，再向東北東通過巴士海峽向東北移動，臺灣北部及東部均受颱風環流之影響，至 7 月 2 日均為雨天，西南部有陣雨發生，因此在高雄、臺東分別測出 16.16 mg/l, 22.50 mg/l 之含量氯離子。8 月 8 日至 8 月 10 日，強烈颱風畢莉由臺灣北部登陸向西北西進行，北部地區雨量較大，此時在高雄測出 126.79 mg/l 之氯離子，臺北雨水中之氯離子亦有 14.28 mg/l 之高。8 月 20 日至 8 月 21 日，輕度颱風戴特由臺灣北部海面向西北西通過，進入大陸後，臺灣西南部及東部受西南氣流影響，均有強雨，而臺東雨水中測出硫酸根 137.4 mg/l，9 月 7 日至 9 月 9 日強烈颱風美安向西北西進行至琉球附近，轉向北北東侵襲日本，臺灣北部及東部均受影響而降雨，而花蓮雨水即測出硫酸根高達 117.3 mg/l。9 月 16 日至 9 月 18 日中度颱風艾瑞絲，由巴士海峽向西進行至香港附近打轉一圈後減弱消滅，但臺北、臺東雨水中各測出硫酸根含量 85.6 mg/l，及 160.5 mg/l 之高，顯然是受到其環流影響，參考表二。

測驗結果顯示臺灣地區之降水易受海洋氣團之影響，尤其是西南方海洋氣流所引起的降水，其氯離子含量必高，硫酸根含量亦異常的增加，但 PH 值顯出，降水之酸性不大，降水所含的硫酸根，大部分似爲硫酸鹽①，非都市污染之二氧化硫經氧化後，被沖洗降落者。

(二) 降水對二氧化硫之沖洗效果

本來從降水中硫酸根含量過剩量 (ΔSO_4) 可推算降水對二氧化硫之沖洗效果，但因臺灣周圍是海岸，海水硫酸鹽對降水影響甚大，無法判別，尤其是颱風時更難，因此由臺北選出 5 月 4 日、6 月 11 日、7 月 25 日、8 月 9 日、9 月 7 日等五天降雨時所測大氣中二氧化硫含量與其當月平均值，全日晴天時測定

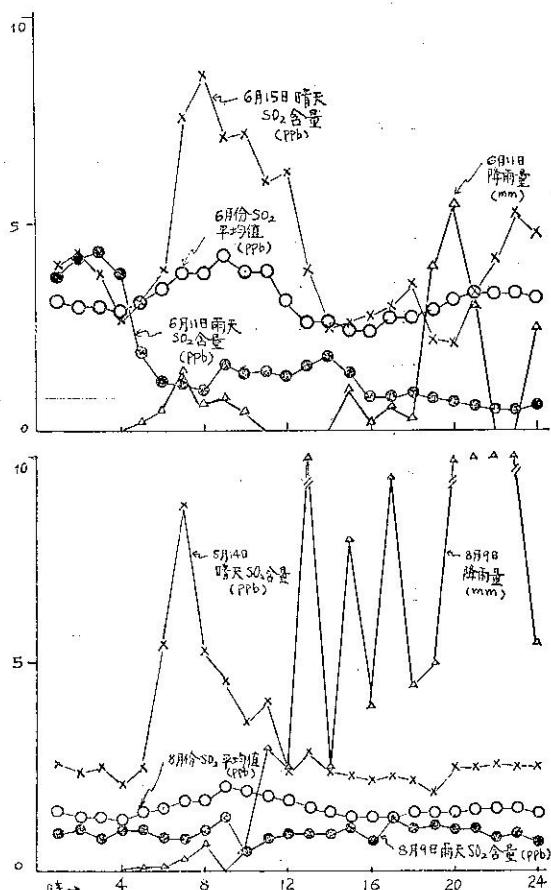
表一 雨水 SO_4^{--} , Cl^- 含量

| 地點 | | 日期 | 項目 | PH | SO_4^{--} (mg/l) | C^- (mg/l) | SO_4/Cl | E SO_4 | ΔSO_4 (mg/l) | 海水 SO_4/Cl | 備註 |
|----|----------|-----|-------|--------|------------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------|--|-------------------------------|----|
| 臺北 | 65. 5. 4 | 6.1 | 78.8 | 1.88 | 41.91 | 315.1 | 78.5 | 0.133 | 臺北 $\text{SO}_2:12.6$ 日月潭 $\text{SO}_2:8.2$ PH:6.9 $\text{Cl}:1.50$ | | |
| | 6. 3 | 6.1 | 7.8 | 3.00 | 2.60 | 19.5 | 7.4 | " | 臺北 $\text{SO}_2:3.0$ 日月潭 $\text{SO}_2:4.4$ | | |
| | 7. 2 | 6.7 | 28.0 | 1.83 | 14.89 | 112.0 | 27.7 | " | 臺北 $\text{SO}_2:-$ 日月潭 $\text{SO}_2:4.1$ PH:5.5 $\text{Cl}:6.01$ | | |
| | 8. 1 | 7.0 | 53.1 | 2.25 | 23.60 | 177.4 | 52.8 | " | 臺北 $\text{SO}_2:0.8$ 日月潭 $\text{SO}_2:3.3$ PH:6.4 $\text{Cl}:2.08$ | | |
| | 8. 9 | 6.6 | 39.1 | 14.28 | 2.74 | 20.6 | 37.2 | " | 臺北 $\text{SO}_2:0.9$ 日月潭 $\text{SO}_2:2.8$ PH:6.5 $\text{Cl}:1.88$ | | |
| | 9.16 | 6.4 | 85.6 | 14.12 | 6.06 | 45.6 | 83.7 | " | 臺北 $\text{SO}_2:1.4$ 日月潭 $\text{SO}_2:4.2$ PH:6.2 $\text{Cl}:2.61$ | | |
| 基隆 | 5. 3 | 6.6 | 87.3 | 4.50 | 19.40 | 168.7 | 86.8 | 0.115 | | | |
| | 6.11 | 7.0 | 14.4 | 2.25 | 6.40 | 55.7 | 14.1 | " | | | |
| | 7. 3 | 6.8 | 10.3 | 2.25 | 4.58 | 39.8 | 10.0 | " | | | |
| | 9. 6 | 6.4 | 31.3 | 5.23 | 5.98 | 52.0 | 30.7 | " | | | |
| 高雄 | 5. 4 | 5.9 | 19.5 | 5.25 | 3.71 | 28.8 | 18.8 | 0.129 | | | |
| | 6.27 | 6.5 | 37.0 | 16.16 | 2.29 | 17.8 | 34.9 | " | | | |
| | 7. 3 | 6.8 | 44.4 | 4.51 | 9.84 | 76.3 | 43.8 | " | | | |
| | 8. 3 | 6.6 | 60.5 | 126.79 | 0.48 | 3.7 | 44.1 | " | | | |
| | 9.25 | 7.0 | 38.3 | 3.59 | 10.67 | 82.7 | 37.8 | " | | | |
| 恆春 | 5. 4 | 7.1 | 86.9 | 3.00 | 28.97 | 275.9 | 86.6 | 0.105 | | | |
| | 6.26 | 7.0 | 74.5 | 6.00 | 12.42 | 118.3 | 73.9 | " | | | |
| | 7.25 | 6.6 | 65.8 | 3.01 | 21.86 | 208.2 | 65.5 | " | | | |
| | 8.23 | 7.0 | 51.4 | 6.30 | 8.16 | 77.7 | 50.7 | " | | | |
| | 9. 6 | 7.3 | 50.2 | 6.54 | 7.68 | 73.1 | 49.5 | " | | | |
| 花蓮 | 5. 4 | 7.2 | 56.2 | 69.43 | 0.81 | 7.3 | 48.5 | 0.111 | | | |
| | 6.26 | 7.2 | 16.5 | 9.76 | 1.69 | 15.2 | 15.4 | " | | | |
| | 7. 3 | 6.9 | 42.0 | 2.25 | 18.67 | 168.2 | 41.8 | " | | | |
| | 8.23 | 7.1 | 35.0 | 4.73 | 7.43 | 66.9 | 34.5 | " | | | |
| | 9. 8 | 6.5 | 117.3 | 5.23 | 22.43 | 202.1 | 116.7 | " | | | |
| 臺東 | 5. 4 | 6.4 | 13.8 | 1.88 | 7.34 | 61.9 | 13.6 | 0.120 | | | |
| | 6.26 | 7.1 | 9.5 | 3.75 | 2.53 | 21.1 | 9.1 | " | | | |
| | 7. 3 | 6.7 | 77.0 | 22.50 | 3.42 | 28.5 | 74.3 | " | | | |
| | 8.23 | 7.1 | 137.4 | 3.94 | 34.87 | 290.6 | 136.9 | " | | | |
| | 9.16 | 8.3 | 160.5 | 2.94 | 54.59 | 454.9 | 160.1 | " | | | |

表二 採取雨水樣品時之氣象情況

| 地點 | 降雨量項目 | | | 採取樣品前雨量 | | | 降雨性質 | 備註 |
|----|-------|----|------|---------|------|-------|------|----|
| | 月 | 日 | 前三天 | 前二天 | 前一天 | 當天 | | |
| 臺北 | 5 | 4 | 0.3 | 0 | 3.1 | 34.3 | 陣雨 | |
| | 6 | 3 | 90.1 | 4.3 | 0 | 42.5 | 陣雨 | |
| | 7 | 2 | 0 | 0 | 1.2 | 11.6 | 颱風 | |
| | 8 | 9 | 0 | 0 | 0 | 169.7 | 颱風 | |
| | 9 | 16 | 0 | 1.5 | T | 2.5 | 颱風 | |
| 基隆 | 5 | 3 | 0 | 4.1 | 0 | 11.0 | 陣雨 | |
| | 6 | 11 | 0 | 10.0 | 4.9 | 16.1 | 陣雨 | |
| | 7 | 3 | 0 | 0 | 2.0 | 134.6 | 颱風 | |
| | 8 | 9 | 0 | 0 | 0 | 38.6 | 颱風 | |
| | 9 | 6 | 0 | 0 | 0 | 31.2 | 颱風 | |
| 高雄 | 5 | 4 | 0 | 0.1 | 47.5 | 7.4 | 陣雨 | |
| | 6 | 27 | 0 | 17.0 | 5.0 | 70.0 | 颱風 | |
| | 7 | 3 | 0.3 | T | 0.5 | 26.5 | 颱風 | |
| | 8 | 3 | 0 | 0 | 0 | 7.0 | 陣雨 | |
| | 9 | 25 | 0 | 0 | T | 15.5 | 陣雨 | |
| 恆春 | 5 | 4 | 0 | 0 | 0 | 13.7 | 陣雨 | |
| | 6 | 26 | 0 | 0 | 4.8 | 86.5 | 颱風 | |
| | 7 | 25 | 0 | 0.5 | 6.0 | 34.1 | 陣雨 | |
| | 8 | 23 | 0.8 | 0 | 4.2 | 64.6 | 颱風 | |
| | 9 | 6 | 0 | 0 | 0 | 13.6 | 颱風 | |
| 花蓮 | 5 | 4 | 0.3 | T | 0.1 | 11.9 | 陣雨 | |
| | 6 | 26 | 0 | 0 | 0 | 17.5 | 颱風 | |
| | 7 | 3 | 0.3 | 1.5 | 7.3 | 72.0 | 颱風 | |
| | 8 | 23 | 0 | 0 | 0 | 37.2 | 颱風 | |
| | 9 | 8 | 0 | 0 | 0 | 49.5 | 颱風 | |
| 臺東 | 5 | 8 | 0 | 0 | 3.7 | 21.3 | 陣雨 | |
| | 6 | 26 | 0 | 0.3 | 1.0 | 95.3 | 颱風 | |
| | 7 | 3 | 2.1 | 0 | 1.7 | 11.1 | 颱風 | |
| | 8 | 23 | 0 | 0 | 11.1 | 189.9 | 颱風 | |
| | 9 | 16 | 0.3 | 0 | 4.6 | 38.6 | 颱風 | |

值，降水量等互相比較，其變化情形如圖三顯示，大氣中二氧化硫濃度之每天兩次頂峯，均因降水而消失，而且雨天二氧化硫含量一般比平均值為低，但經降水所影響之濃度，因雨天大氣混合層高度較低，甚快復原而維持原來的特性。因此在短時間的都市污染數值模式，須考慮此沖洗效果。



圖三 降水對二氧化硫之沖洗效果

(二) 落塵沉澱速度之估計

對臺灣地區污染，筆者②曾加以分為大規模與局部性的污染，稱為大規模者，乃由各國在空中之核子試爆所引起的污染，局部性者乃工業區等小範圍的污染。

筆者曾於大規模侵臺之放射性微塵為追蹤劑估計其沉澱速度③，這些微塵飄游至臺灣上空時，受混合層內之氣流支配，因此在混合層內之微塵顆粒其大小相當，可以同一標準加以分析，這些放射性微塵之沉澱速度在混合層內之活動，仍然可代表一般浮游粒子之活動情形，設放射性微塵之沉澱速度V

$$以 V = \frac{\text{單位面積落塵量之沉澱率}}{\text{大氣中濃度}}$$

之定義，對臺北市落塵之平均沉澱速度加以估計時，得到其沉澱速度之平均值為 0.08 cm/sec 之間，這些落塵顆粒估計在 20μ 左右，因此其沉澱速度可適用 Stoke's 定律。

對於局部氣象因素與落塵沉澱之關係，加以分析時，發現沉澱速度與氣溫，濕度等有密切關係，但在夏季日射量較強時，其沉澱速度反而變小之現象。

五、結論

在初步測驗結果顯出，臺灣地區降水中之硫酸根，氯離子濃縮定數甚高，這些硫酸根、氯離子之來源，多由海洋氣流所引起的，尤其是颱風季節為最。

從大氣中二氧化硫含量測驗結果，已證實降水對大氣中二氧化硫含量有明確的沖洗效果，但因雨天大氣混合層高度變低，大氣中二氧化硫濃度復原甚快，因此在短時間內的都市污染數值模式，須考慮此沖洗效果。

以放射性微塵估計落塵沉澱速度，在 0.08 cm/sec 至 0.53 cm/sec 之間。在臺灣地區因位置特殊，從降水中硫酸根過剩量 (ΔSO_4)，推算除污率較難，而且因地形複雜，落塵沉澱速度之幅度亦大，需要長期的測驗記錄來證實。

參 考 文 獻

1. G. C. Holyworth (1962): Some Effect of Air Pollution on Visibility in and Near Cities Rpt. SEC TR A62-5, Taft Sanitary Engineering Center, Cincinnati, Ohio, 69-88.
2. G.A. Demmarris (1961): Vertical Temperature Difference Observed Over on Urban Area Bull Am Met. Soc, 42(8), 548-554.
3. J. Warner (1968): A Reduction in Rainfall Associated With Smoke From Sugarcane Fires, J. Appl Met 7, 247-251.
4. W. Back (1972): Atmospheric Pollution, Mc Grow-hill, Inc
5. 呂世宗等 (1972): 研究高空放射塵及大氣污染長期變化對氣象因素之關係，氣象學報18卷一期 p. 1-7.
6. 寺部本次 (1969): 大氣污染測定法，技報堂 p. 16-65.
7. 河村武，1972: 天氣 No. 9, Vol 19 p. 1-17.
8. A.L. Lazarus, et al, 1972: Science 175, 587.
9. 角皆靜男，1972: 雨水分析
10. 田島隆俊等，1975: 環境技術 No. 3, Vol 4.
11. 三宅泰雄，1957: 地球化學
12. 呂世宗等，1972: 氣象學報第18卷一期
13. Lu Shih-Chong, 1963: Chinese Journal of Physics No. 1, Vol 1, 17-20.

作者通訊處：中央氣象局

保 密 防 諜 ·
人 人 有 責 ·
匪 諜 自 首 ·
既 往 不 完 ·